



AKILLI TERMOSTAT KULLANIMININ KONUTLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNE KATKISI ÜZERİNE DEĞERLENDİRME

Deniz Cura & Oğuz Çicek Hacer Şekerci Öztura
ECA Valf Sanayii A.Ş. Yaşar Üniversitesi

Özet

Enerji kaynaklarının sınırlı, enerji maliyetlerinin yüksek olması, artan nüfus ile orantılı olarak artan enerji ihtiyacı, bizleri yeni enerji kaynaklarının varlığını araştırmaya ve mevcut kaynaklardan elde ettiğimiz enerjiyi de daha verimli kullanmaya zorlamaktadır.

Bir diğer yandan gelişen teknolojilerin günlük hayatımıza daha fazla girmesi ile akıllı ev otomasyonları çok yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır.

Konutlarda uygulanan akıllı ev otomasyonları ile kullanıcıların yaşam konforunun daha az enerji ile sağlanması gerçekleşecektir.

Bu çalışmada konutlara kullanılan akıllı termostatların enerji verimliliğine olan etkileri literatür bazında detaylı olarak incelenmektedir.

Giriş

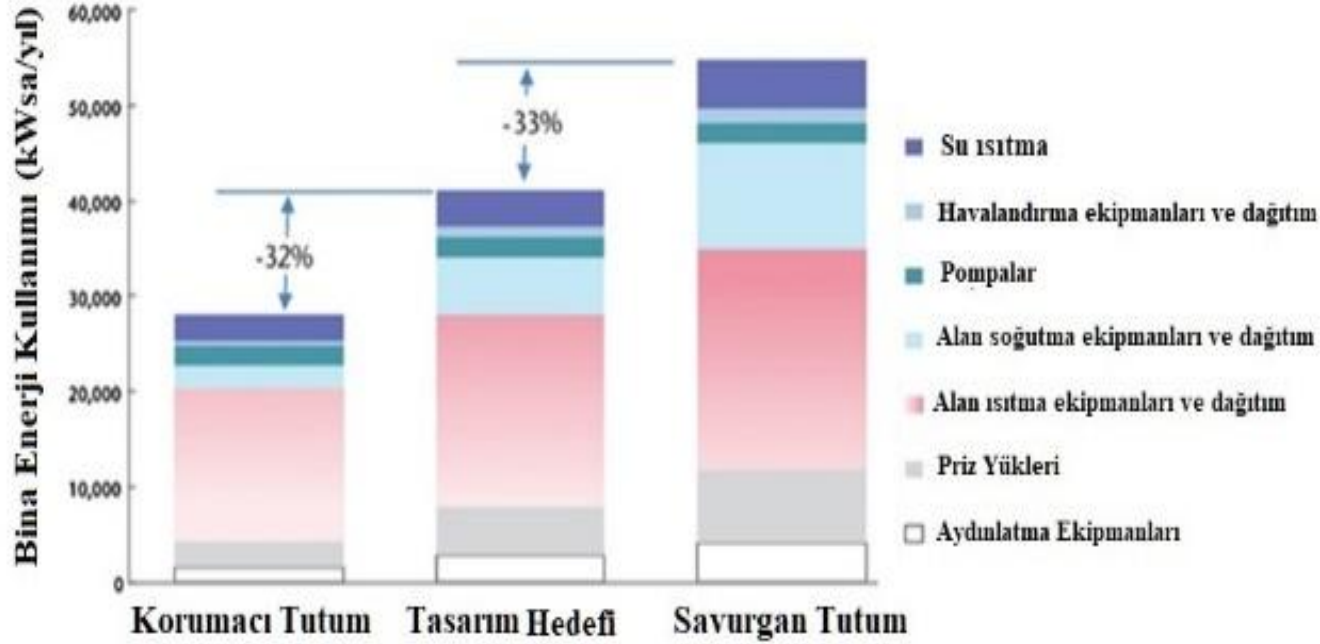
2021 yılı verilerine göre ülkemizin birincil enerji tüketimi 159,5 milyon TEP olarak gerçekleşerek, bu toplam enerjinin %16,47'si konutlarda kullanılmıştır.

Yıllık ülke toplam tüketiminin %30,8'i doğal gaz olup, bu doğal gaz miktarının 16,7 milyar m³ ile %27,9'u konutlarda tüketilmiştir.

Konutların doğalgaz tüketimi 2022 yılında ise 18,1 milyar m³ olarak %33,8 oranında gerçekleştiği görülmüştür.

Bu çalışmada ev tipi kalorifer sistemlerinde yoğun olarak kullanılan termostatların kullanımının enerji verimliliğine etkilerini farklı ülke ve farklı alışkanlıklar bazında inceleyen araştırmalar ile, çalışmaların son yıllarda birçok farklı alanda yöneldiği nesnelerin interneti ve makine öğrenmesinin akıllı termostat uygulamalarındaki kullanımları detaylı olarak incelenecektir.

Konutlarda enerji kullanım alanları sıcak su, ısıtma, soğutma ve aydınlatma gibi farklı alanlarda gerçekleşmektedir. Konutlarda sistem tasarımlarında yapılacak iyileştirmeler ve bu konutlarda yaşayan insanların davranışlarındaki olumlu değişimlerle neredeyse yarıya düşen yıllık enerji kullanımını görülmektedir.



Avrupa Birliği Projesi olan çalışmada analizler yapılırken *kullanıcıların alışkanlıkları, kültürleri, yaşları, teknoloji kullanım becerileri, çevre dostu davranışlar, maliyet, kişi konforu, çalışma verimi, güvenlik* gibi konu başlıkları ön plana alınmıştır.

Kaynak: Tuan Anh Nguyen, Marco Aiello, “Energy intelligent buildings based on user activity: A survey”, Energy and Buildings, 56 (2013) p:244-257

Akıllı Termostat Kullanım Alanları



Konutlarda ve ofislerde enerji verimliliği çalışmalarında görülen yaklaşımlarının sınıflandırması yanda görülmektedir.

2006 ile 2022 yılları arasında yayınlanmış çalışmaların %46,8'i cihaz kullanarak verimlilik çalışmalarını incelerken, %53,2'si kullanıcı davranışlarına odaklanmıştır.

Kullanıcı temelli bakış açısına göre, *kişilerin pozisyonu, o andaki aktiviteleri, alışkanlıkları, enerji açısından puant dışı zamanın kullanılması* gibi yöntemler belirlenerek, bunlara göre kullanım senaryoları oluşturulması başlıca amaçtır.

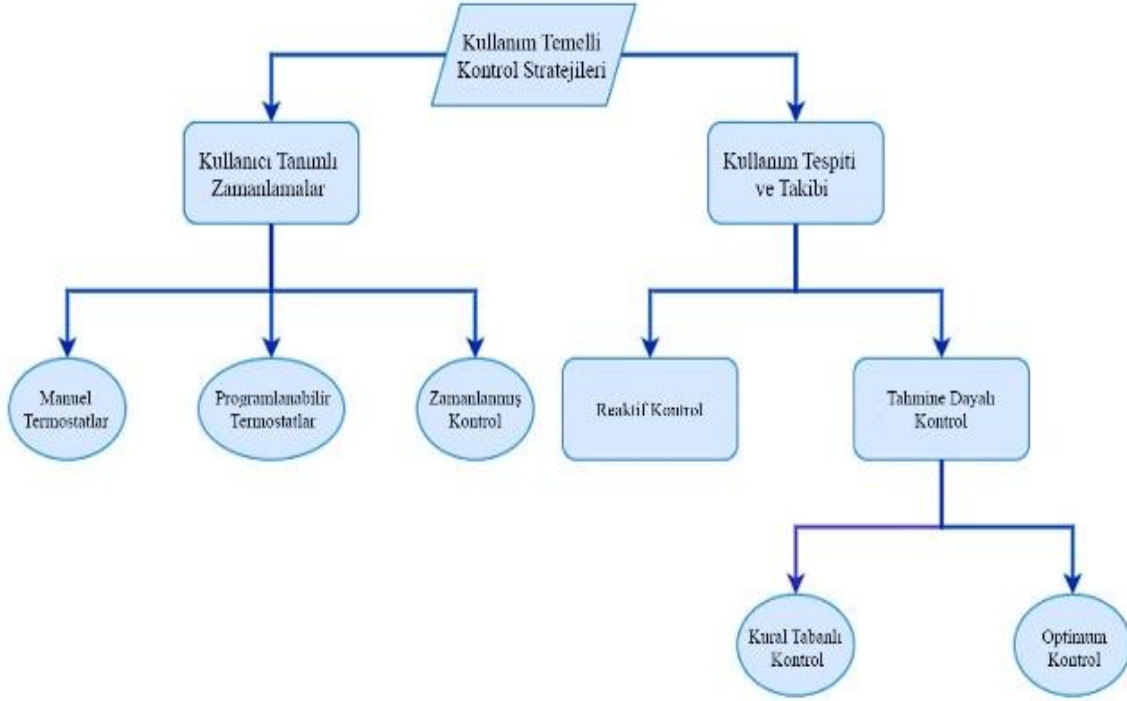
Cihaz temelli yaklaşımda ise kullanıcıdan bağımsız olarak ortamdaki tüm cihazlar ve bunların çalışma döngüleri üzerinden verimlilik çalışmaları yürütülür (Akıllı ev uygulamaları & sensörlerin yoğun kullanımı).

Kaynak: Muhammad Zaman Fakhar, Emre Yalcın & Alper Bilge, “A survey of smart home energy conservation techniques”, Expert Systems With Applications, Volume 213, Part B, 1 March 2023

Kullanıcıların bina içindeki konumlarının belirlenmesi ve görüntülenmesinden elde edilen geçmiş ve mevcut verilerin kullanılması ile kapalı mekanlardaki hava kalitesini (ve enerji verimliliğini) sağlayacak kullanıcı temelli araştırmalar yapılmıştır.

İklimlendirme sistemlerinin kullanıcı temelli kontrol yöntemleri ve kullanıcı bilgilerinin sisteme entegrasyonu içeren sınıflama yanda görülmektedir.

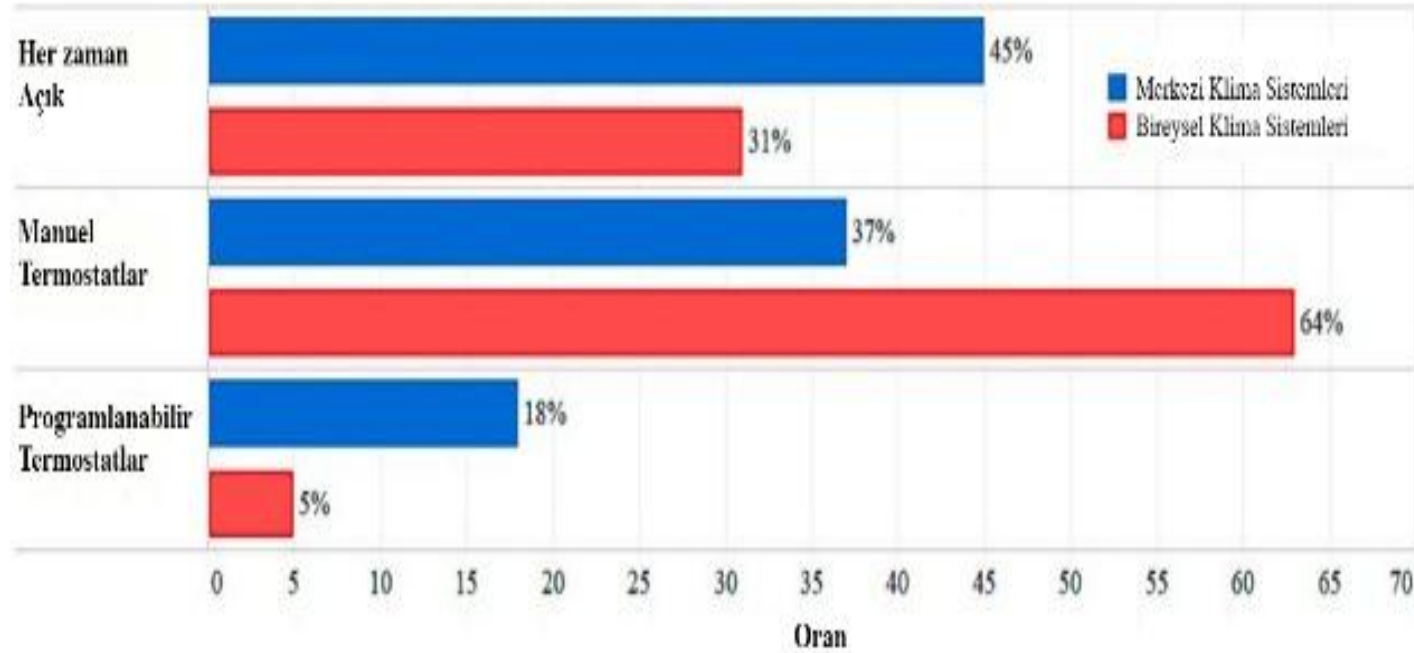
İlk yöntem kullanıcının *manuel, programlama veya takvim oluşturarak*, ikincisi ise *varlık sensörü gibi kullanıcıyı algılayan sensörler veya görüntüleme yöntemleri* ile yapılan kontrollerdir.



Kaynak: Mohammad Esrafilian-Najafabadi, Fariborz Haghghat, “Occupancy-based HVAC control systems in buildings: A state-of-the-art review”, Building and Environment, Vol 197, 15 June 2021

Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir araştırmaya göre iklimlendirme sistemlerinin merkezi veya kişisel olarak elle veya programlanabilir termostatlar ile sürekli açık olmalarının yüzdeleri aşağıda görülmektedir.

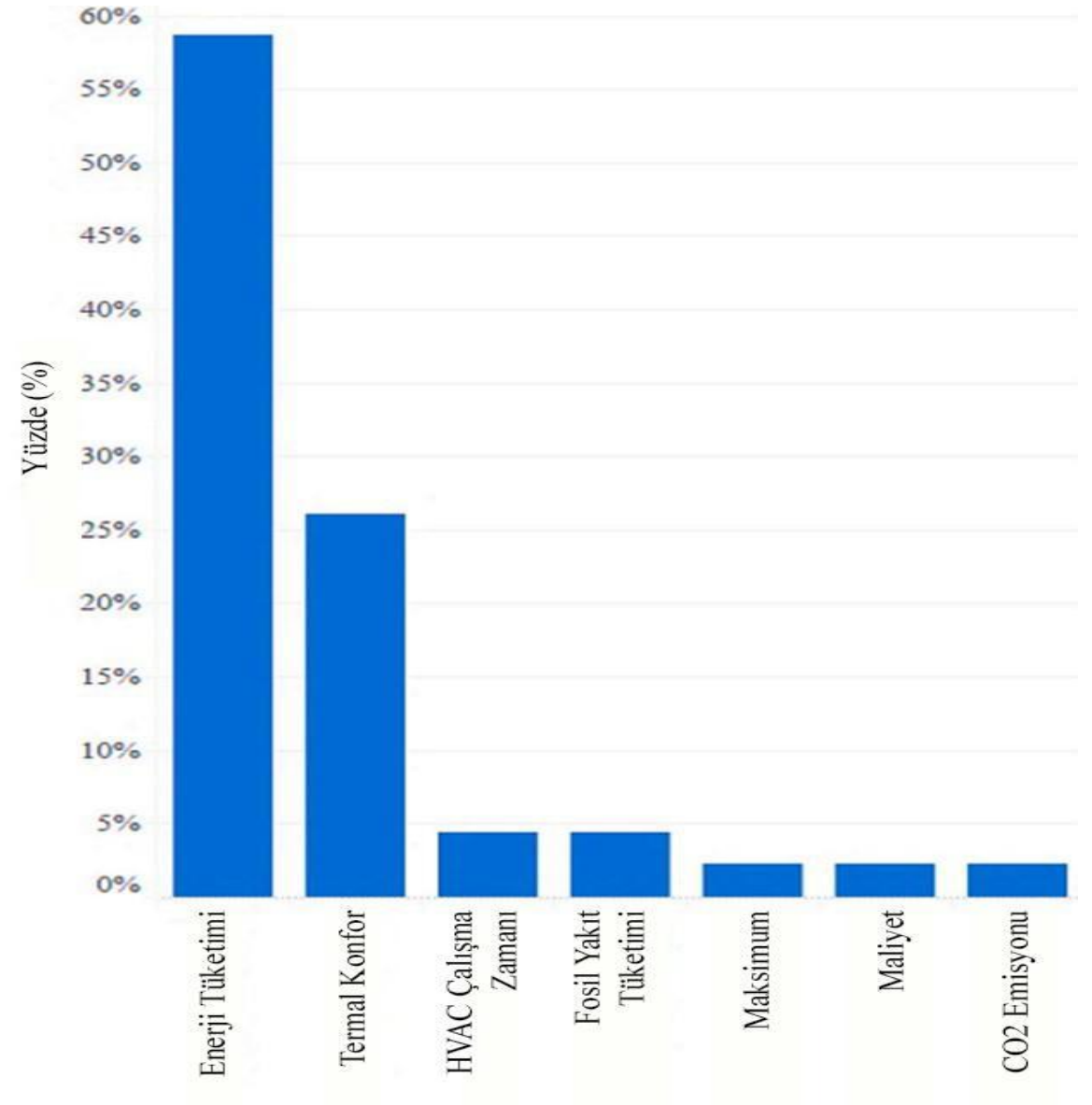
Merkezi sistemlerde *programlanabilir termostat kullanımı %18* iken, *kişisel kullanımda bu oran %5'e* kadar düşmektedir.



Kullanıcıların ortamda tespit edilmesi ilkesine dayalı sınıflama iki ayrı başlık altında (*reaktif kontrol* ve *tahminlemeye dayalı kontrol yöntemleri*) incelenmektedir.

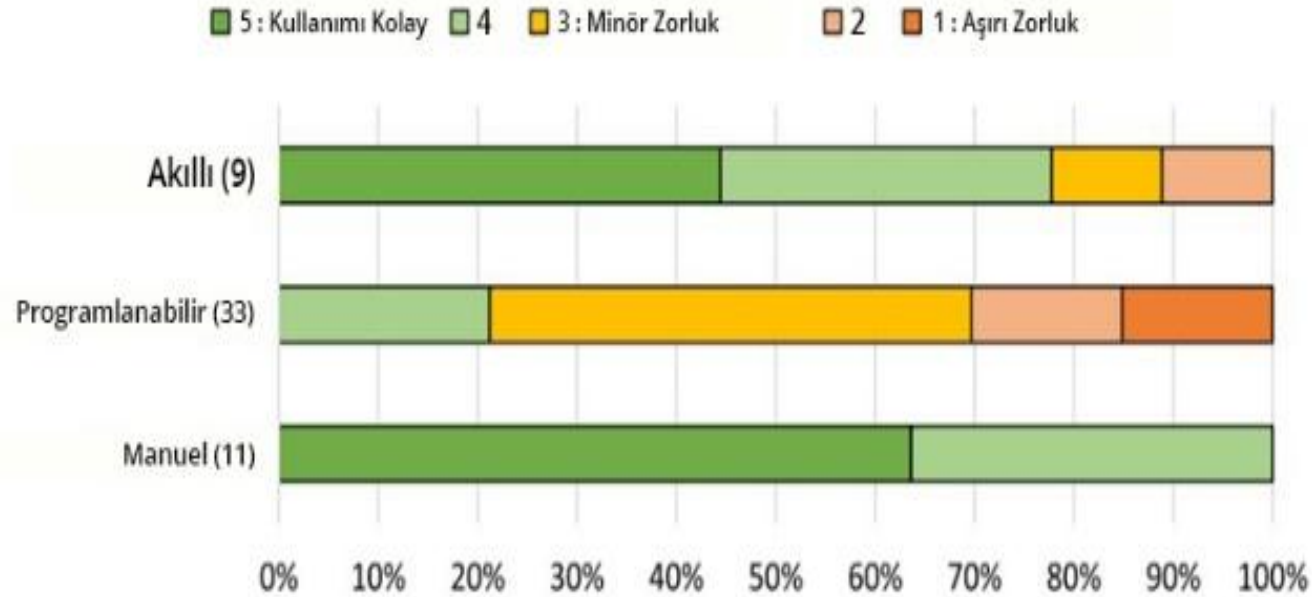
Kullanıcı temelli iklimlendirme kontrollerinin ana amacının incelenen çalışmalara göre dağılımı yanda verilmektedir.

%60'a yakın çalışmanın temel motivasyonu enerji verimliliği olarak ortaya çıkmaktadır.



1920'ler den itibaren kullanıma başlayan termostatların 1990'lardan itibaren programlanabilir şeklinin ortaya çıkması ile çok büyük bir enerji tasarrufu olacağı düşünülmüştür, ancak yapılan araştırmalar kullanım becerisi eksikliği nedeniyle beklenen faydanın görülmediğini ortaya koymuştur.

Bu çalışmada ise Kanada'da (Toronto ve Ottawa) yaşayan *29 kadın ve 22 erkekten oluşan yaş aralığı da 20 ile 80 arasında değişen 51 kullanıcı* ile evlerinde yapılan görüşmelerde kullandıkları akıllı termostat markasının ara yüzünü kullanma becerileri incelenmiştir. Bu termostatlardan *11 tanesi manuel, 33 tanesi programlanabilir ve 9 tanesi akıllı ara yüze* sahiptir. Katılımcıların kendi termostatları için ku



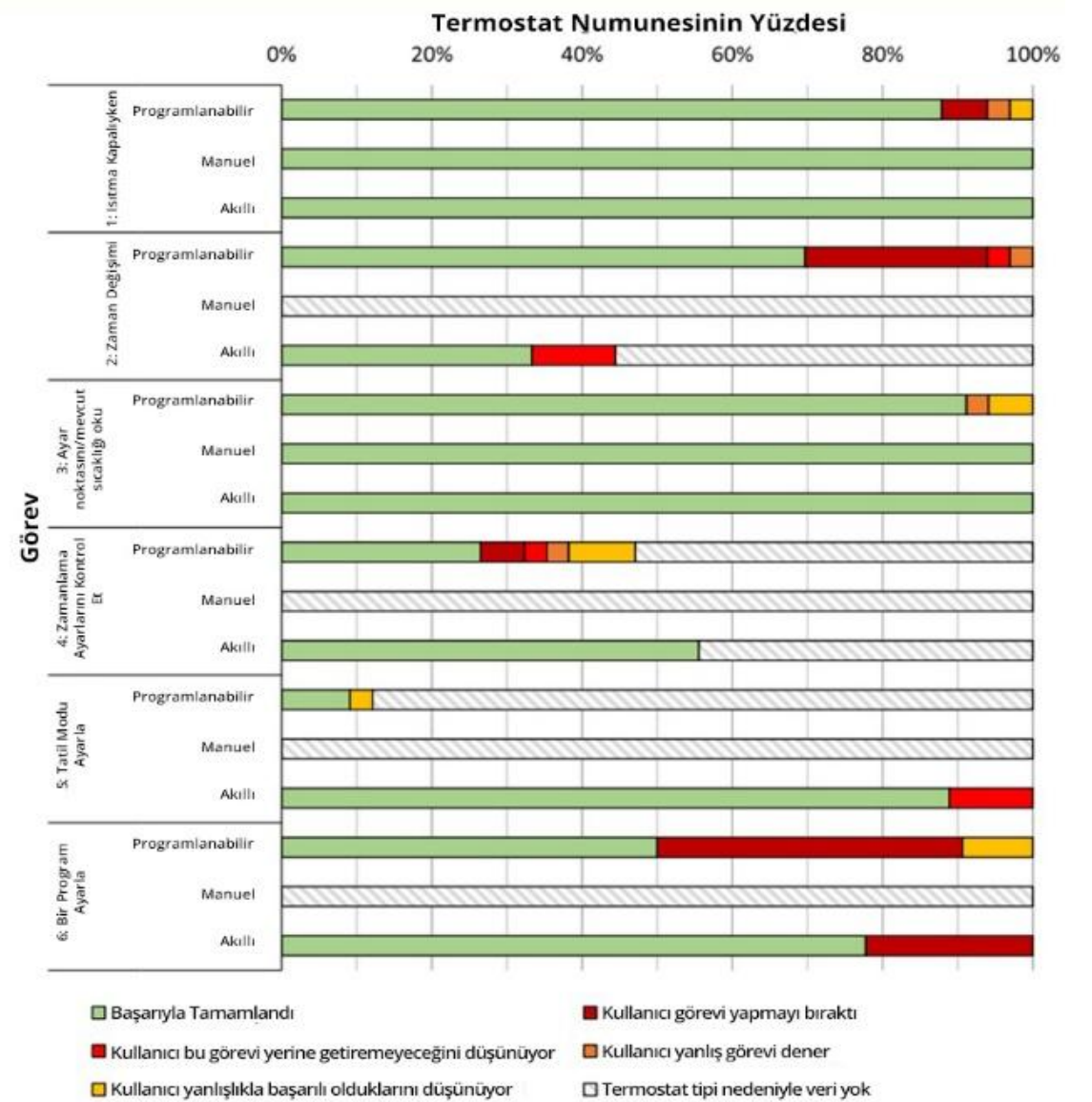
Kaynak: Ruth Tamas, William O'Brien, & Mario Santana Quintero, "Residential thermostat usability: Comparing manual, programmable, and smart devices", Building and Environment, Volume 203, October 2021

Kullanım için katılımcılara *ısıtmayı kapatın, zamanı değiştirin, ayar noktasını ve mevcut sıcaklığı okuyun, program ayarlarını kontrol edin, bir tatil için termostati ayarlayın ve termostata bir program ayarlayın* şeklinde altı ayrı iş tanımlanmış ve bunları yapmaları beklenmiştir. Bu işlerin tüm kullanıcılar tarafından gerçekleştirilme yüzdeleri ise yandaki şekilde verilmiştir.

Bu çalışmada *51 kullanıcının 41 farklı marka ve model* üzerinde ortaya koyduğu çalışmalarını farklı model cihazlar nedeniyle aynı metrik ile değerlendirmek mümkün olamamıştır.

Ancak %60'dan fazla kullanıcının termostatlarını günde bir kereden az ayarladığı ve programlanabilir ve akıllı termostatların programlanması öğrenmek ve kullanmak için kullanıcılarının çok daha fazla zaman harcadıkları tespit edilmiştir.

Zengin özelliklere sahip ara yüzü olan akıllı termostatların kullanımının %10-15 arasında enerji tasarrufu sağlayacağı düşünülmektedir.



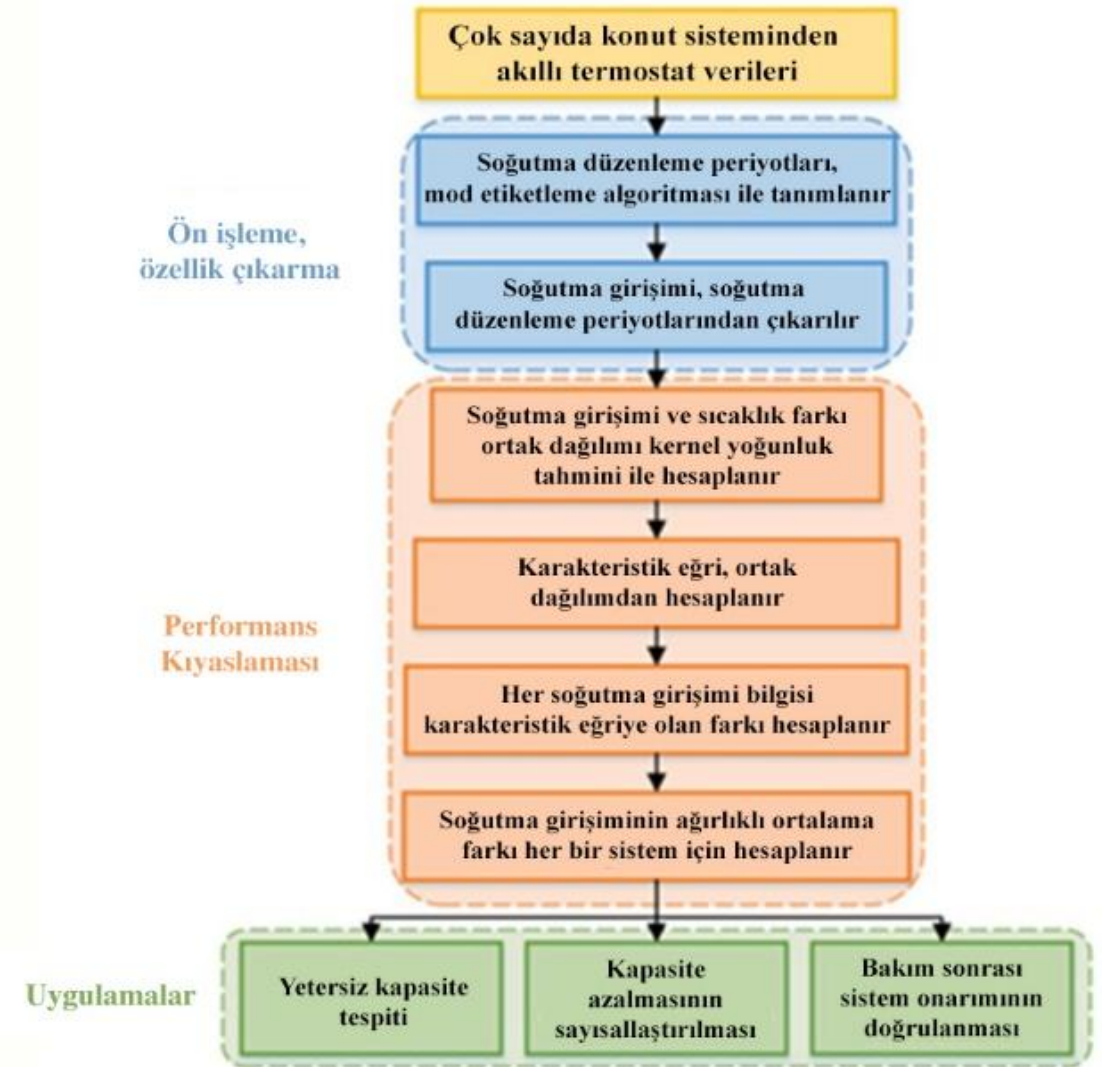
Danimarka'da 18 yaşın üstünde hemen hemen her yaştan (%43'ü 65 yaş ve üstü), çok farklı eğitim ve gelir seviyesinden, oldukça geniş bir eğitim seviyesine sahip, %45'i emekli, %30'ı tam zamanlı çalışan, %7'si öğrenci gibi çok farklı iş kollarında bulunan apartman veya bahçeli ev türlerinde ikamet eden, %51'i erkek olan *3000'den fazla konut sakini* ile yapılan bir araştırmaya *göre tutumlar, güven, bilgi, politika, sosyal etki ve farkındalığın* kullanıcı davranışsal niyeti üzerinde önemli etkisi olduğunu ortaya koymuştur.

Katılımcılar enerji verimliliğini arttırmak ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için akıllı sistemlerin ve görüntüleme yöntemlerinin evlerde kullanımının önemini bilmekle birlikte, *en önemli sorunun teknolojinin benimsenmesinde ortaya çıktığı* görölmüştür.

Çoklu lineer regresyon analizi yapıldığında bilginin ve algılanan kullanım kolaylığının %50,5 ve %40,3 oranında davranışsal niyeti etkilediği bulunmuştur.

Kaynak: Joy Billanes, Peter Enevoldsen, "Influential factors to residential building Occupants' acceptance and adoption of smart energy technologies in Denmark", Energy & Buildings, 276 (2022)

Akıllı termostatlarda ortaya çıkan gelişmeler ile *nesnelere interneti (IoT)* uygulama alanlarının gelişmesiyle bölge bazında yüzlerce, ülke bazında binleri bulan konutta kullanılan akıllı termostatların set değerlerinin düzenli olarak kayıt altına alınması ve bunlar ile bir kıyaslama yapılmasının incelendiği bu çalışma özellikle soğutma süreçlerine odaklanılmış ve elde edilen veriler yandaki şekilde görülen akış diyagramına göre kıyaslamaların özellikleri belirlenmiş, sonra bu özelliklere göre kıyaslamalar yapılarak, bu konutların *sistem kapasitelerinin normal yetersiz veya büyük olduğuna karar verilmektedir.*

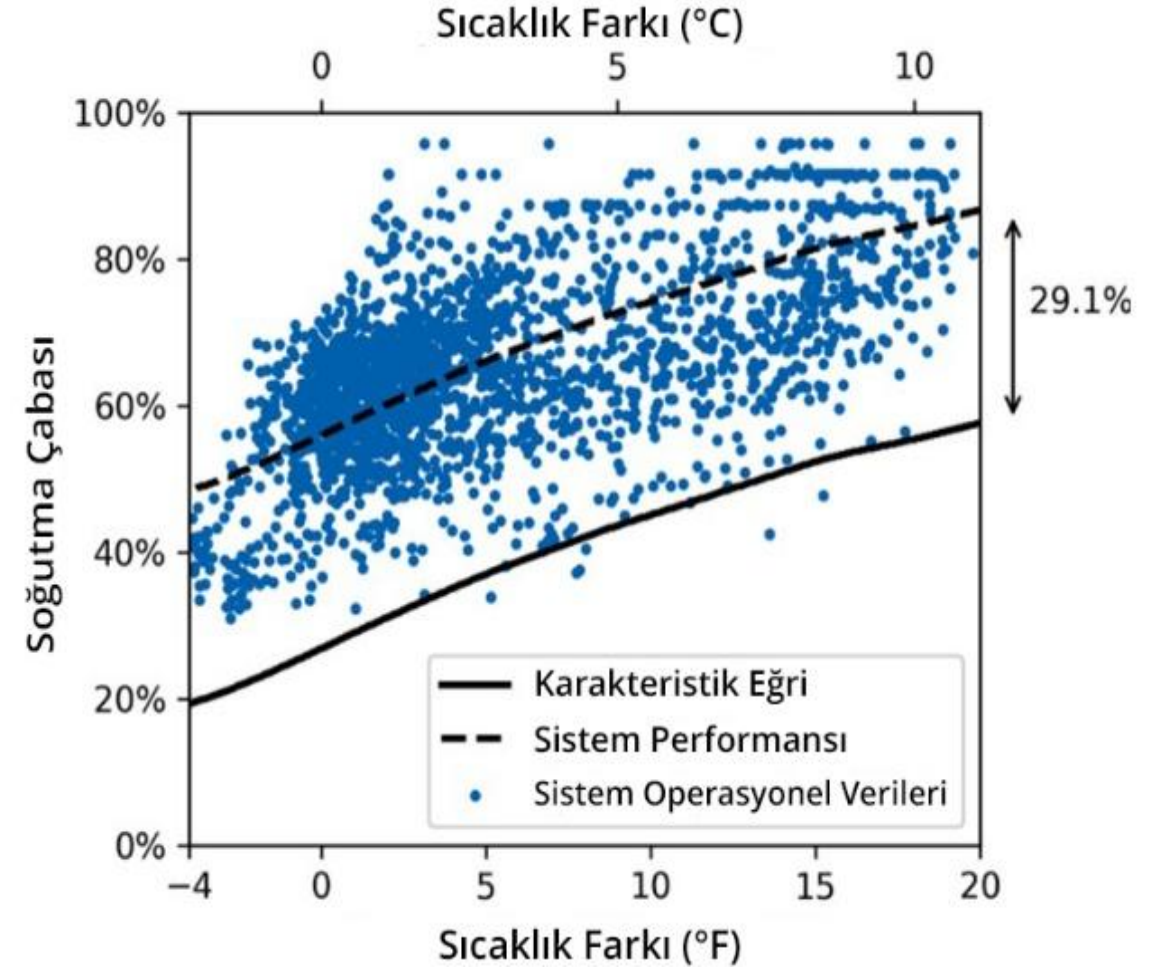


Kaynak: Fangzhou Guo & Bryan Rasmussen, "Performance benchmarking of residential air conditioning systems using smart thermostat data", Applied Thermal Engineering, 225 (2023)

Gene aynı çalışmada yetersiz kapasiteye sahip olduğuna karar verilen konutların akıllı termostatlarından alınan veriler yandaki şekilde çizdirilmiştir.

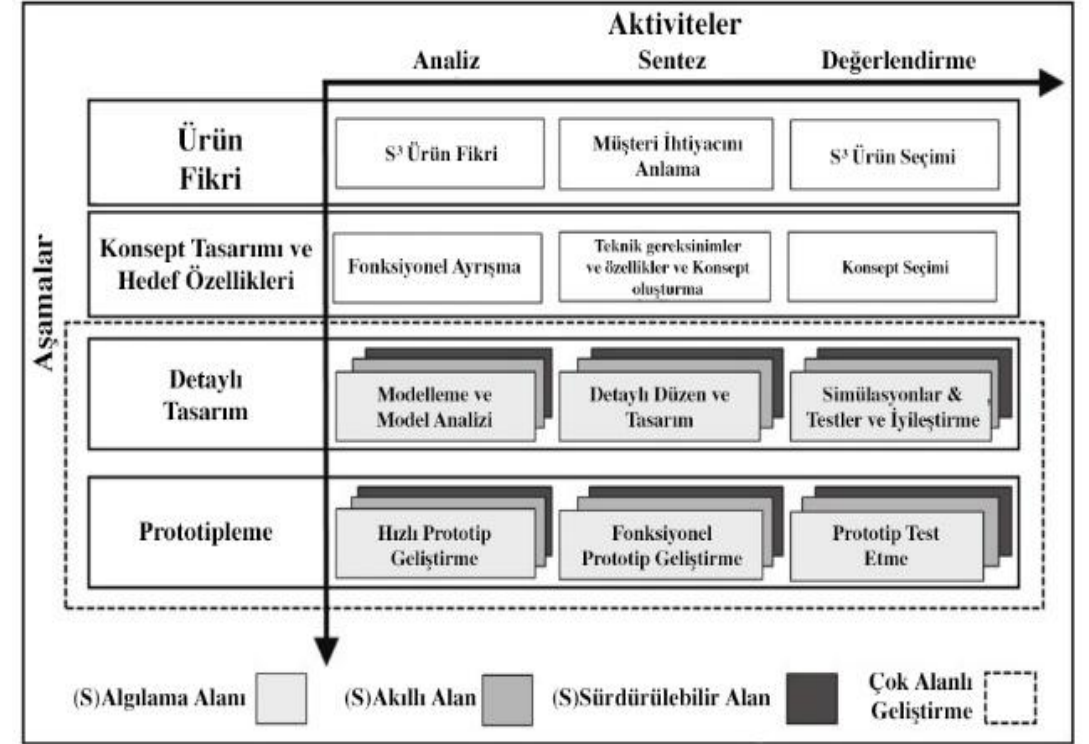
Düz siyah çizgi olması beklenen soğutma kapasitesini, kesikli siyah çizgi yetersiz kapasiteye sahip konutların ortalamasını, mavi noktalar ise bu konutlardan ölçülen değerleri vermektedir.

Gerçekleşen ve olması beklenen değerler arasında yaklaşık *%29,1'lik bir soğutma kapasitesi yetersizliği* olduğu bu şekilde görülmektedir.



Nesnelerin interneti, makine öğrenmesi, kontrol teknolojileri ve dijital sistemlerin yaygın kullanılması ile ortaya çıkan **S³** (**sensing, smart, & sustaniability**) algılamalı, akıllı ve sürdürülebilir olarak tanımlanabilen sistemler üzerine bir başka çalışmada ürün-ürün ve ürün-kullanıcı iletişimini ön plana çıkaran yeni yaklaşımlar anlatılarak, bu sürece örnek olarak da akıllı termostatlar üzerine bir araştırma yapılmıştır.

S³ kategorisinde ürün geliştirmek için önerilen referans haritası yandaki şekilde görülmektedir. Ürünün fikir aşamasından prototip aşamasına gelinceye kadar tüm evrelerinde analiz, sentez ve gerçekleştirme adımlarında hangi **S** ile değerlendirilmesi gerektiği görülmektedir.



Kaynak: Pedro Ponce, Alan Meier, Jhonattan Miranda, Arturo Molina, Therese Peffer, “The Next Generation of Social Products Based on Sensing, Smart and Sustainable (S3) Features: A Smart Thermostat as Case Study”, IFAC Papers On Line 52-13 (2019) p:2390–2395

Bu çalışmada özellikle akıllı termostat üzerinde durulduğu için, tasarım adımlarında ürün-tüketici arasındaki doğal olan ve olmayan davranış tanımı ile ürün-ürün arasındaki sosyal iletişimi arttırıcı S^3 açısından belirlenen kriterler aşağıda verilmiştir.

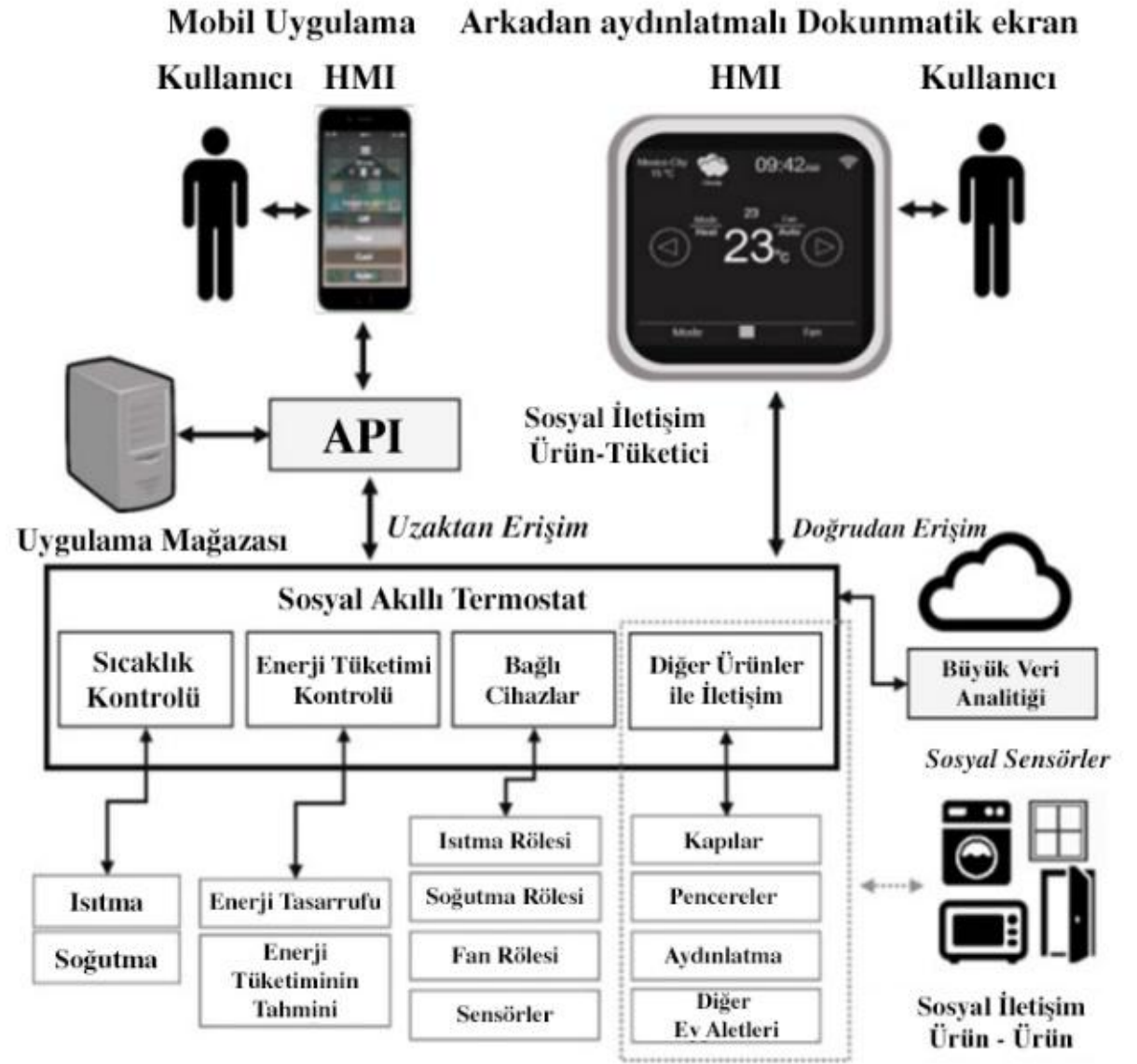
Ürün-Kullanıcı: Doğal olmayan davranış	
<i>Algılama</i>	<ul style="list-style-type: none"> Tüketicilerin mevcut ve geçmiş davranışları hakkında bilgi almak için sensörler kullanılır. Örneğin, Açma-Kapama düğmesi, akıllı termostatın kaç kez açılıp kapandığını kaydetmek için bir sensör de olabilir.
<i>Akıllı</i>	<ul style="list-style-type: none"> Tüketicilerin enerji tasarrufu gibi termostatın performansını arttırmaya motive eden iyi alışkanlıklarını teşvik etmek için oyunlaştırma gibi sisteme ek stratejiler eklenir. Bu durumda, sosyal ağlar da ürünün sosyal etkinliği hakkındaki bilgileri canlandırabilir veya sembolik ödüller verebilir. Ayrıca, tüketicinin davranışıyla ilgili istatistiksel bilgiler, hızlı davranış değişiklikleri oluşturmak için depolanabilir.
<i>Sürdürülebilir</i>	<ul style="list-style-type: none"> Termostat çalışması için yeterli olan ve tüketicinin sahip olmadığı sürdürülebilir aktiviteler için kullanıcılar teşvik edilir.

Ürün-Kullanıcı: Doğal olan davranış	
<i>Algılama</i>	<ul style="list-style-type: none"> Sıcaklık sensörleri, açma-kapama düğmesi, varlık sensörleri vb. kurulu sensörler kullanıcıların temel aktivitelerini tespit etmeye yarar. Bu algılama sürecinde, Daly ES (2010) tarafından sunulduğu gibi bir Sosyal Ürün Geliştirme ve kitle kaynağı bir arada bulunabilir.
<i>Akıllı</i>	<ul style="list-style-type: none"> Alınan tüm kararlar termostatın birincil işlevi ile bağlantılı olmalıdır, ancak tüketicinin faaliyetini minimum düzeyde tutmak gibi bazı ek kısıtlamalar vardır, bu nedenle tüketici sosyal ihtiyaçlarına göre otonom bir sisteme sahip olacaktır.
<i>Sürdürülebilir</i>	<ul style="list-style-type: none"> Termostatın çevre dostu çalışmasını sağlayın, bu nedenle akıllı alt sistemde alınan kararlar sürdürülebilir çalışmaya uygun olmalıdır.

Ürün-Ürün: Performans arttırıcı iletişim	
<i>Algılama</i>	<ul style="list-style-type: none"> Algılama kısmı, bilgiyi diğer ürünlerden alan alt sistemdir. Termostat söz konusu olduğunda, verilerin elde edilmesi ve gönderilmesi için sosyal iletişim sistemlerinin eklenmesi gerekir.
<i>Akıllı</i>	<ul style="list-style-type: none"> Akıllı alt sistem, performansını arttırmak ve ürün topluluğu performansını arttırmak için kararlar almak zorundadır. Örneğin, termostat kendi ihtiyaçlarına ve toplumun ihtiyaçlarına göre bir karar vermek zorundadır. Bu, termostatın ürünler arasında rızaya dayalı bir karar verdiği anlamına gelir. İlgili ürünler, enerji tüketimi olarak ayar noktası sıcaklığını etkileyebilen ürünlerdir.
<i>Sürdürülebilir</i>	<ul style="list-style-type: none"> Sürdürülebilir alt sistem, akıllı alt sisteme çevreci elektrik tarifeleri ve enerji tasarrufu ile ilgili ihtiyaçlar, değerler ve tutumları ile ilgili bilgi gönderir. Sosyal öğrenme; tüketicilerin sınıflandırılması; ve ilgili ürün özellikleri ve sürdürülebilir koşullara göre sınıflandırılması.

Bu kriterlere göre ise elde edilen prototip ürün ise yanda görülmektedir.

Söz konusu metot ile ürün geliştirme yöntemi literatürde (**IPPMD** *integrate product, process & manufacturing-system development*) olarak kısaltılan entegre ürün, süreç, sistem ve imalat olarak da bilinen referans modeli kullanarak yapılan bu çalışma ile, sadece teknik kriterlerin değil merkezine tüketicinin taleplerini alarak yapılacak bir prototip imalatını ortaya koymaktadır.



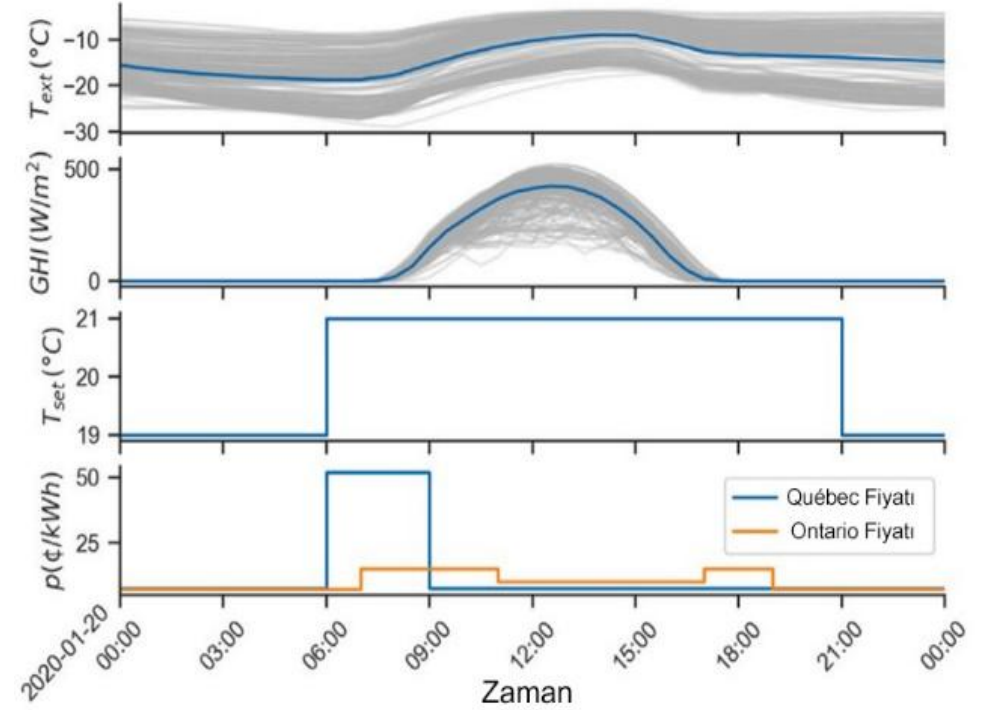
Konutlarda kullanılan akıllı termostatlardan alınan büyük data setleri üzerinde *model öngörülü kontrol* (MPC model predictive control) metodu ile Kanada Ontario ve Québec’de bulunan toplam *7800 evden 5 dakikalık aralıklarla ocak ayında 7 gün boyunca alınan verilerde* kullanılmıştır.

Sisteme kaydedilen veriler, *iç ortam ve dış hava sıcaklığı, relatif nem değeri* ile *ısıtma ve soğutmada kullanıcı tarafından belirlenen set değerleridir*.

Bu evlerin ısıtma sistemleri elektrik, doğal gaz ve ısı pompası olarak farklılık göstermektedirler ve aynı zamanda evlerin lokasyonu, yaşı, iç özellikleri, kullanıcı sayıları ve kullanım zamanları da farklı olup bunların hepsi modele yansıtılmıştır.

Söz konusu verilerin alındığı dönemde ortalama *dış hava sıcaklığı* $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişirken, *ortalama güneş radyasyonunun maksimum değeri* 420 W/m^2 olmuştur. Ev içi set değerlerinin ise genellikle *9:00-18:00 arasında* $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ iken *diğer zaman aralığında* $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ye set edildiği bilinmektedir.

Hava sıcaklığı, termostatların set değerleri ile bu zaman diliminde elektrik fiyatları yanda görülmektedir.



Kaynak: Charalampos Vallianos, José Candanedo & Andreas Athienitis, “Application of a large smart thermostat dataset for model calibration and Model Predictive Control implementation in the residential sector”, Energy Volume 278, Part A, 1 September 2023

Model Öngörülü Denetleyicinin yüksek fiyatlı enerji tüketim zaman diliminden önce başarılı bir şekilde ön ısıtma yaparak termal konforu iyileştirebileceğini ve böylece yüksek fiyat döneminde talebi azaltmak için sadece 1000 evin önerilen bu stratejileri hayata geçirdiği takdirde *Ontario için %15 ve Québec için %30 enerji ihtiyacında azalma olacağını*, bunun ise Ontario ve Québec için *yüksek fiyat döneminde sırasıyla 15 MWh ve 11 MWh'ye varan enerji tasarrufu* olacağını ortaya koymuştur.

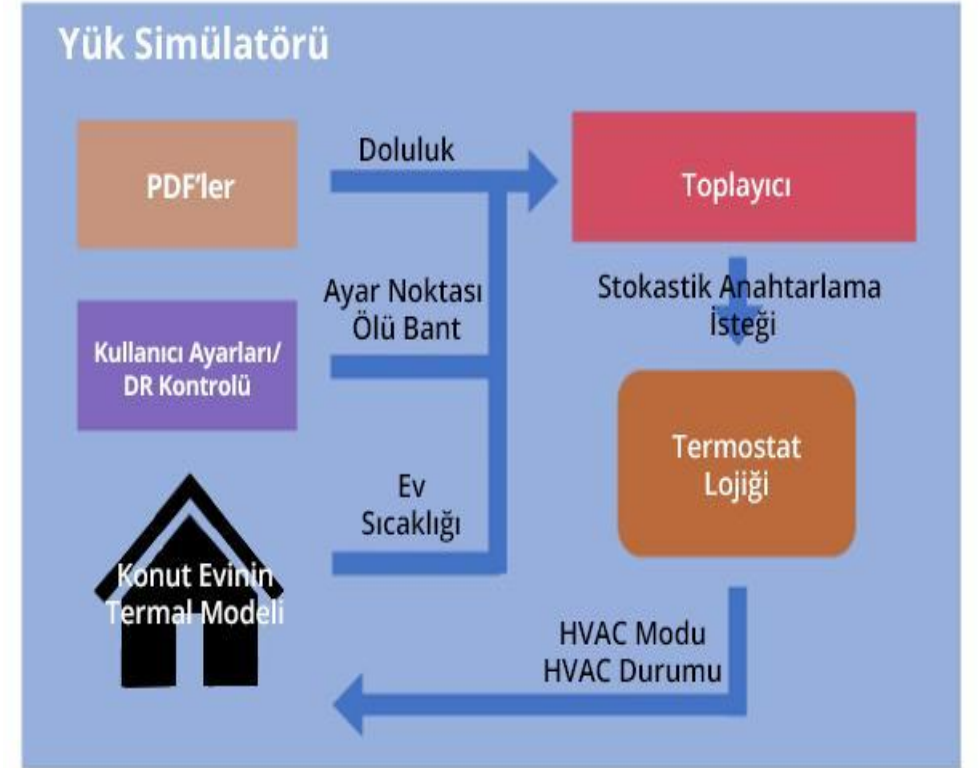
Ortalama bir kış sabahında ısıtma amaçlı elektrikteki güç ihtiyacınının 38 MW olduğu bilinirken, bu çalışma bulguları olarak önerilen sistemlerin hayata geçirilmesi durumunda çok önemli bir enerji tasarrufu sağlanacağı çok açıktır.

Tekil tekil konutlarda kullanılan bu enerji toplamda büyük bir yer kapladığından, bunu modelleyebilmek ve istatikselsel olarak bir veri seti oluşturabilmek adına yapılan çalışmada bir akıllı termostat markasına yazılım yükleyerek hem istatikselsel veri toplama (günlük yük oluşumu, yük başlama zamanı, yük süresi, set değeri ve benzeri bilgiler) yapılır.

Böylece *her ev için yük karakterize edilerek olasılık yoğunluk fonksiyonları* (probability density function PDF) elde edilir.

Isıtma ve soğutma modlarında oransal integral türev (*proportional integral derivative PID*) denetleyicisi kullanılmasıyla yük kontrolü yapılarak konfor arttırılırken enerji verimliliğine katkı sağlanır.

Veri toplamak için kullanılan algoritma yanda verilmiştir.



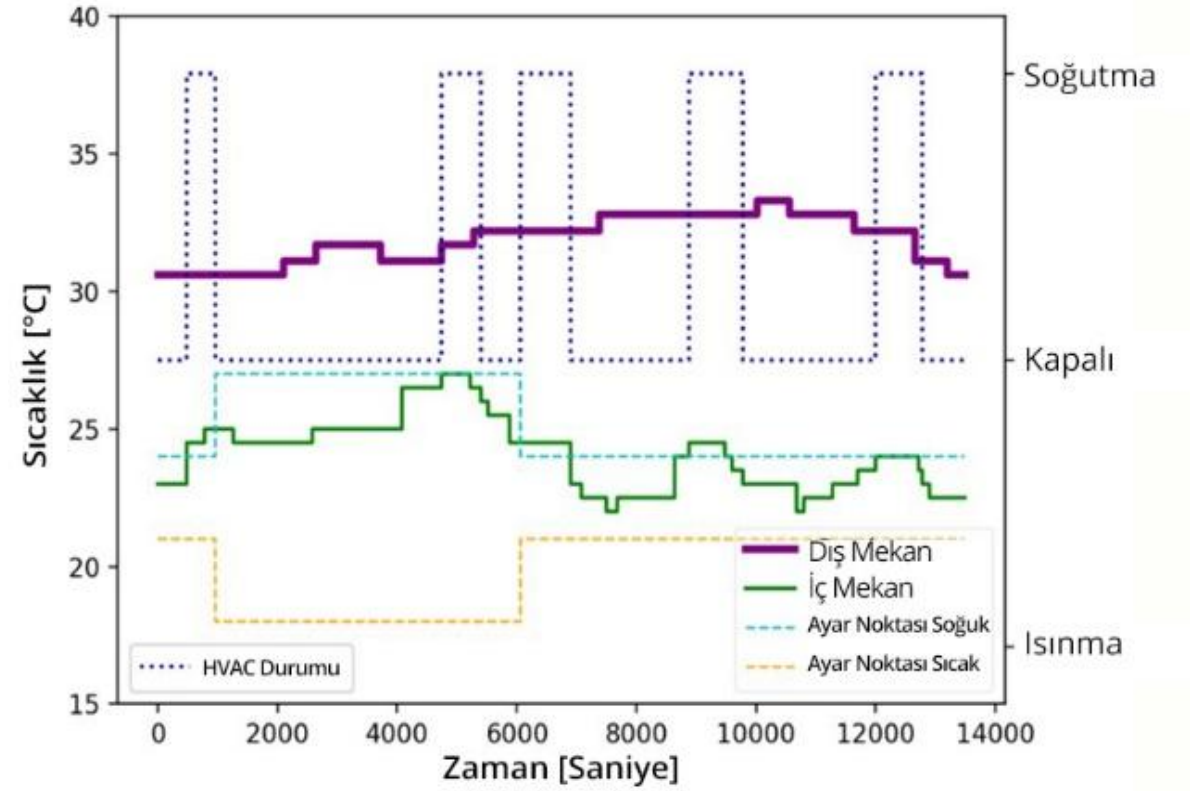
Kaynak: Jeewon Choi, Matthew Robinson & Andrea Mammoli, “Integration of Statistical Models of Residential HVAC Loads with a Commercial Smart Thermostat”, 2018 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech), 11-13 November 2018

Isıtma ve soğutmada fancoillerin kullanılacağı varsayın bu analizde set edilen sıcaklığa göre çalışma modu PID denetleyici ile sağlanır.

Bu çalışmada birçok farklı durum analizleri (*sadece ısıtma veya soğutma, ekonomik mod, set edilen değerde veya onun 0.5°C altında üstünde çalışma ve benzeri*) yapılmış olup, burada sadece hem ısıtma hem soğutma set değerlerinin *her ikisi de aktif iken* elde edilen sonuç yanda paylaşılmıştır.

4 saatlik verinin görüldüğü bu grafikte dış ortam sıcaklığına göre soğutma modu set değerini yakalamak üzere yazılım ile sağlanan PID kontrolünün sonuçları görülmektedir.

Set edilen soğutma değerini çoğunlukla yakalamaktadır.

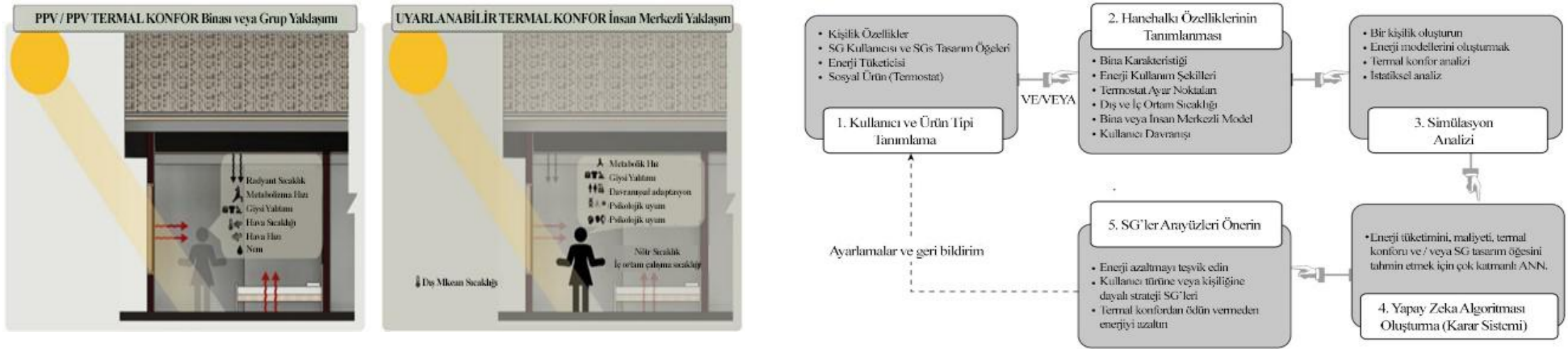


Akıllı termostatların evlerde set edilen değerlere göre kontrol ve konfor sağlarken, veri toplamak ve bunları işlemek üzere geliştirilecek yazılımlar ile toplu olarak evlerin ısıtma modellerinin çıkarılabileceği ve talep tarafı katılımı konusunda çok kıymetli bir veri sağlayacağı görülmüştür.

Bu çalışma ise *evlerde kullanılan enerjinin beşte üçünü kapsadığı bilenen ısıtma ve soğutma sistemlerinde akıllı termostatların konut sakinlerinin davranışsal veya kullanım becerisi kaynaklı efektif kullanılmamasına* bir çözüm önerisi getirmektedir.

Etkileşimli ve tahmin eden bir ara yüz yazılımı ile iklimlendirme kontrolü yapan stratejiler geliştirilmesi ve bu sırada uyarlanabilir termal konforun, enerji tüketiminin ve maliyetinin ölçülmesi üzerinde çalışılmıştır.

Ashrae termal skalasını kullanarak bina ve insanı merkeze alan kriterleri kullanan yaklaşımlarla beş adımda gerçekleşen önemli bir oyun ara yüzü geliştirilmiştir.



Kaynak: Juana Isabel Méndez, Therese Peffer, Pedro Ponce, Alan Meier & Arturo Molina, “Empowering saving energy at home through serious games on thermostat interfaces”, *Energy and Buildings*, Volume 263, 15 May 2022

Kaliforniya'nın beş farklı bölgesinden 2004-2018 yıllarını kapsayan dış hava sıcaklığı verileri de programa girilmiştir. Son olarak bu enerji modeli için termostat kullanımına göre altı farklı senaryo tanımlanarak analizler yapılmıştır.

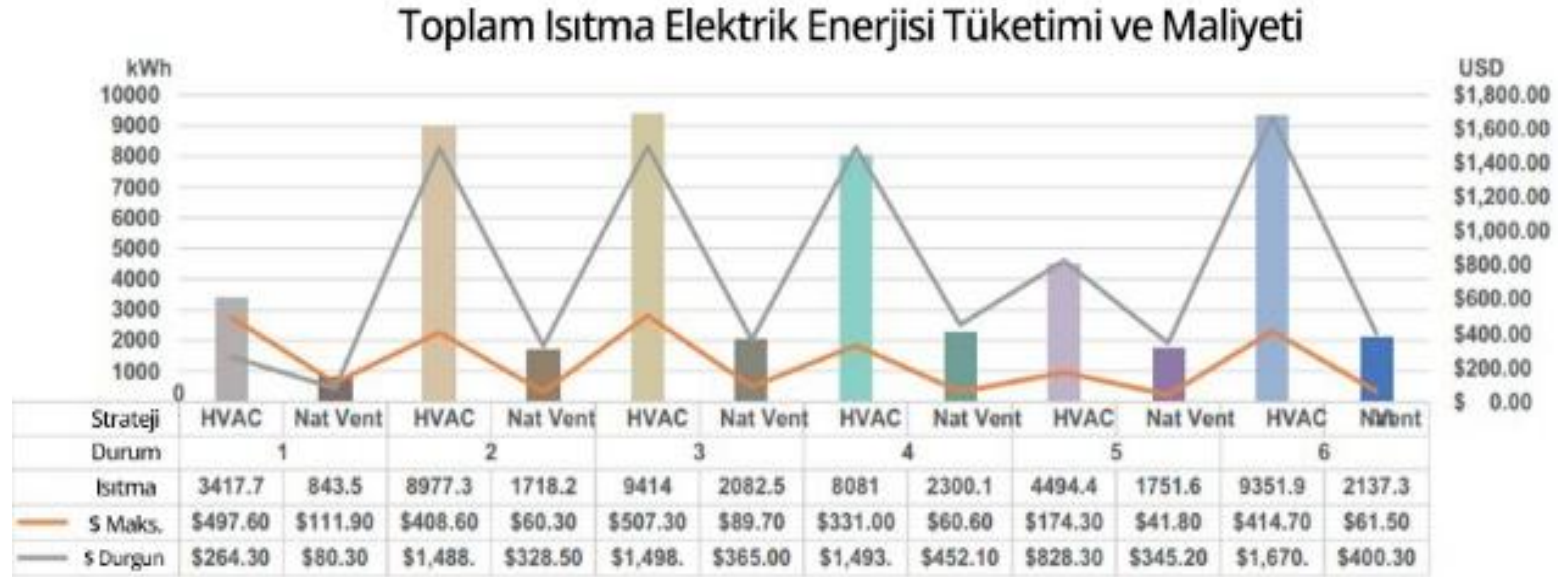
Bu çalışmada önerilen oyunların kullanıcıları tanıyarak ve onların kişiliklerine uygun (dört farklı kişilik -sosyal, kâşif, başarılı ve katil) bir şekilde yapılmasıdır.

Beklenen diğer oyuncular ile etkileşime girmeleri ve yeni teknolojilere uzak durmamaları, tasarruf bilincini ve dolayısıyla enerji verimliliği bilincini kazanmalarıdır.

Seviye atlama, puan toplama, ödül alma bu oyunda da söz konusudur.

Bu oyunlar ile farklı kişiliklerin yeşil enerji algısı, eve, konfora, para tasarrufuna ve benzeri neye odaklandığını tespit etmeye çalışmışlar ve bu bilgileri de diğer verilerle birlikte simülasyonlara eklemişlerdir.

Model evin farklı odaları için farklı senaryolar ile analizler, farklı kişiliklere göre yapılmıştır. Bu analizlerin sonucu elde edilen ısıtma yükü ve maliyeti değerleri aşağıda verilmiştir.



VII. Elektrik Tesisleri Ulusal Kongre ve Sergisi 1-3 Kasım 2023

İZMİR

Değerlendirme ve Sonuçlar

Yukarıda incelenen çalışmalardan görüleceği üzere *akıllı termostatlar teknolojik açıdan oldukça umut vaat ederek hayatımıza girmesine rağmen*, zaman içerisinde yapılan çalışmalar göstermektedir ki, *söz konusu akıllı termostatları kullanacak olan insanların eğitim, yaş ve beceri düzeyleri termostatların tüm özelliklerinin kullanılması ve dolayısıyla da beklenen enerji verimliliği katkısını sağlamakla çok doğru orantılıdır.*

Anlama ve kullanabilme becerisi eksikliği nedeniyle termostatın programlanma kısmının kullanım oranı düşük olan konutların örnek topluluklar içinde yerinin büyüklüğü nedeniyle akıllı termostat kullanımının enerji verimliliğine katkısını gözlemleyen ve rakamsal olarak veren bir literatüre rastlanamamıştır.

Sadece bir yayında %10-15 arasında beklenmektedir şeklinde bir tahmin söz konusudur.

İnsan bilgi ve becerisine bağlı durum nedeniyle *araştırmaların yönü teknolojiyi daha fazla içererek insandan bağımsız hale gelmeyi hedeflemeye* çevrilmiştir.

Evin yönü, büyüklüğü, kullanım alanları, yapım yılına bağlı termal değerleri gibi koşulları ile kullanıcıların yaşam alışkanlıkları ve mevsimsel dış ortam sıcaklığındaki değişimleri içeren geçmiş verileri depolayan, bu verileri kullanarak kişilerin alışkın olduğu konforu düşürmeden mekanların ısıtma ve soğutmasına karar verecek yazılımları içeren yeni nesil termostatların geliştirilmesi son yılların gözde konuları arasına girmiştir.

Yeni nesil termostatların gelişimi nesnelere interneti, model öngörülmesi kontrol ve benzeri birçok yeni konu ve kavramla birleşerek ilerlemektedir.

Özellikle elektrik enerjisinin üretilmesinde yük modelleri çok önemlidir, çünkü bu modellere göre elektrik üretim planlaması yapılır.

Talep tarafı katılımı olarak bildiğimiz demand response konusunda artık evlerin ısıtma ve soğutmada kullanacakları elektrik enerjisinin günlük ve mevsimlik değişimlerine ait verileri düzenli kayıt altına alınacağından dolayı evlerin modellenmesi çok daha gerçekçi olacaktır.



Dinlediğiniz İçin Teşekkürler

