



AÇIK Enerji yoksulluğunu hafifletmek için akıllı teknoloji müdahaleleriyle enerji koçluğunun etkisinin değerlendirilmesi

Joseph Llewellyn^{1,2,3}, Titus Venverloo^{2,3}, Fabio Duarte², Carlo Rattiz, Cecilia Katzeff¹, Fredrik Johansson¹ & Daniel Pargman⁴

Enerji yoksulluğu Hollanda'da 550.000 evi etkiliyor ancak bu sorunu hafifletmek için politika müdahaleleri nadirdir. Bu nedenle, Amsterdam'da iki enerji koçluğu müdahalesini test ediyoruz: statik bir bilgi grubu ($N=67$) enerji verimli ürünler ve bir enerji kullanım raporu ve akıllı bir bilgi grubu ($N=50$), enerji kullanımıyla ilgili gerçek zamanlı geri bildirim sağlayan bir ekrana da sahipti. Her iki gruptaki sonuçlar, enerji yoksulluğunu hafifletmede %75'lik bir başarı oranı gösteriyor. Ortalama olarak evler aylık elektrik tüketimini 62 kWh (%33), gazı ise 41 m³ azalttı (%42), faturalar 104 avro (%53) ve enerjiye harcanan gelir oranı %10,1'den %5,3'e düştü.

Anahtar kelimeler Enerji yoksulluğu, müdahale, gelir, tüketim, verimlilik, akıllı teknoloji

AB'de enerji yoksulluğu

Enerji yoksulluğu Avrupa Birliği'ndeki 50 milyon evi etkiliyor¹. Enerji Yoksulluğu Danışma Merkezi, daha geniş enerji geçişi kapsamında rehberlik ve planlama eylemleri sunarak enerji yoksulluğunun sosyal adalet boyutlarının ele alınmasını sağlar.² Birçok kişi, enerji yoksulluğunun temel evrensel hakların ihlali olduğunu, çünkü insanların güvenli, temiz ve sağlıklı ortamlarda yaşamaları için asgari enerji hizmetlerinin gerekli olduğunu savunuyor.³ Avrupa Komisyonu, enerji yoksulluğuna katkıda bulunan üç ana değişkenin (1) düşük gelir, (2) yüksek enerji harcaması ve (3) evin düşük enerji verimliliği olduğunu kabul eder. Ancak, evlerin acenteliğinin ötesinde enerji yoksulluğunu etkileyen daha geniş değişkenler vardır. Örneğin, düşük gelir iş piyasalarından, enerji harcaması enerji fiyatlarından ve evlerin verimliliği soğuk iklimden etkilenir.⁴ AB'nin enerji yoksulluğu konusunda harekete geçmesi yönündeki çağrılar artıyor.^{5,6} Ancak, bu üç ana değişkenin, dağıtımsal (tüm insanlar için faydaların eşit şekilde dağıtılmasını sağlayan), prosedürel (tüm insanlar için adil prosedürler ve karar alma süreçlerini sağlayan) ve tanınma adaletini (tüm bireyler için adil temsili sağlayan) içeren bir enerji adaleti çerçevesinde nasıl hedeflenebileceğini araştıran yeterli araştırma yoktur.⁷ Son araştırmalar, AB içindeki belirli politikaların enerji yoksulluğu içindeki savunmasız gruplar için nasıl olumsuz veya olumlu etkilere sahip olabileceğini göstermek için tahmin ve modellemeyi kullanır.^{8,9} Son araştırmalar⁹ konut enerjisinin harcama paylarının gelirle birlikte azaldığını ve böylece uygun fiyatlılık temelli önlemlerin işler hale getirilmesini desteklediğini tespit eder. Kişiye özel politika müdahalelerinin 1,35 milyon AB evini enerji yoksulluğundan çıkarabileceğini öne sürerler. Avrupa Komisyonu, enerji yoksulluğunu ölçmek için göstergelerin üye devletlere göre değişebileceğini ancak enerji yoksulluğu içinde önemli sayıda evi olan tüm ülkelerin bunu azaltmak için hedefler formüle etmesini gerektirdiğini öne sürer. Bugüne kadar, 32 üye devletten yalnızca 9'u bunun için resmi bir enerji yoksulluğu politikası benimsedi. Hollanda bunlardan biri değil.

Hollanda'da enerji yoksulluğu

Son Hollanda araştırması¹⁰ Hollanda'da 550.000 evin veya nüfusun %7'sinin düşük gelir, evlerin düşük enerji kalitesi ve yüksek enerji faturaları göstergeleri kullanılarak enerji fakiri olarak sınıflandırıldığı bulundu. Düşük gelir, İstatistik Hollanda'nın sosyal asgari eşiği ile tanımlanır (yani tek kişilik haneler = 1573 €). Düşük enerji kalitesi, enerji etiketi D veya daha düşük olan evler tarafından tanımlanır. Yüksek enerji faturaları, ulusal medyanın üzerinde olmak olarak tanımlanır. Hollanda hükümetinin enerji yoksulluğu için bir pozisyonu vardır ancak bir politikası yoktur. Bu, belediyeleri, sosyal

¹Sürdürülebilir Kalkınma, Çevre Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Teknikringen 10b, Stockholm 114 28, İsveç.²Senseable City Lab, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü, 9-216 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139, ABD.³Amsterdam Gelişmiş Metropolitik Çözümler Enstitüsü, Gebouw 027W, Kattenburgerstraat 5, Amsterdam 1018 JA, Hollanda.⁴Medya Teknolojisi ve Etkileşim Tasarımı, Elektrik Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri Okulu, KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Lindstedtsv. 3-5, Stockholm 100 44, İsveç. e-posta: josephll@kth.se ; fduarte@mit.edu

refah örgütleri ve sorunu değerlendirmek ve düzeltmek için fon, çerçeve ve esneklik eksikliği olan haneler. Hollandalı bakanlar enerji yoksulluğunun ekonomik bir sorun olduğunu ve bu nedenle enerji politikaları yerine sosyal refah yoluyla ele alınması gerektiğini öne sürüyorlar¹¹. Bu nedenle, enerji yoksulluğu yalnızca dağıtım adaleti merceğinden hedef alınıyor ve öncelikli olarak ihtiyaç sahiplerine sübvansiyon veriliyor. Ancak uzmanlar, sorunun yalnızca düşük gelirli evler için sosyal refah politikasında değil, enerji verimli evler için inşaat politikasında ve düşük enerji eğitimi seviyelerine sahip evler için eğitim politikasında da değişiklik gerektirdiğini öne sürüyor.¹¹

Amsterdam'da enerji yoksulluğu

Amsterdam'da yenilenebilir enerji dönüşümü halihazırda devam ediyor ve 2050 yılına kadar tüm evlerin doğal gazdan arındırılması bekleniyor. Bu tür dönüşümler, mevcut eşitsizlikleri daha da kötüleştirme ve artan maliyetler ve enerji yükleri yoluyla nüfusun savunmasız kesimlerini daha da dışlama riski taşıyor¹². Ancak aynı zamanda savunmasız evlerin enerjiyle ilgili emisyonlarını ve yoksulluklarını eş zamanlı olarak azaltmaları için bir fırsat sunar. Hükümetler öncelikle evlerin, Amsterdam'daki evlerin %9,3'ünü etkileyen enerji yoksulluğu gibi daha acil enerji endişelerini yönetmelerine yardımcı olursa, bu, daha geniş enerji geçişine katılımları için bir basamak görevi görebilir¹⁰, böylece usul adaletine hitap ediyor. Bu, belediye Buurt ekiplerinin (düşük gelirli evlere yardım sağlayan), enerji sağlayıcılarının (enerji faturalarına yardım sağlayan) ve evlerin enerji verimliliğine yardımcı olmak için yardım sağlayan yerel sosyal örgütlerin rehberliğini gerektirir.

Evde enerji yoksulluğu müdahaleleri

Evde yapılan müdahalelere ilişkin küresel incelemeler, çoğunun kesitsel tasarım kullandığını (sadece tek zaman noktalarında veri toplandığını) veya yalnızca nicel olduğunu (değişikliklerin neden meydana geldiği konusunda evlerle görüşülmediğini) göstermektedir.¹³ Enerji yoksulluğunu açıkça hedef alan 25 müdahale çalışması bulduk ve bu çalışmalarda zihinsel refahın artması, sosyal destek algısının artması, enerji okuryazarlığının iyileşmesi ve termal konfor gibi ikincil göstergeler için olumlu sonuçlar elde edildi.¹⁴⁻²⁰ Ancak, 25 müdahaleden 16'sı yalnızca verimlilik ölçümlerini hedeflerken, hiçbirisi üç ana değişkeni (verimlilik, gelir ve tüketim) hedeflemiyor. Evin verimliliğini artırmak, evin enerji talebini azaltmak için ilk adımdır. Ancak evler hala faturaları ödemek veya enerji verimli davranışlarda bulunmak için yeterli gelire sahip değil. Son araştırmalar, enerjiyi sınırlayan davranışları gelire göre ele alıyor²¹ ve müdahalelerin enerji açısından fakir olmayan evleri de kapsadığını, böylece enerji eşitliği boşluklarının ortaya çıkarılıp tanınma adaletinin ele alınabileceğini öneriyor. Verimlilik müdahaleleriyle karşılaştırıldığında, koçluk gibi bilgi tabanlı önlemlerin etkileri hakkında çok az şey biliniyor. Enerji koçluğu araştırması²² psikososyal kazanımlar ve bir yıl sonra evi sıcak tutma yeteneği bulundu. Ancak, bu bilgi dinamik ve gerçek zamanlı (yani akıllı cihazlar) olmaktan ziyade statik ve geriye dönüktü (yani yıllık fatura). Akıllı teknoloji politikaları önerilmektedir²³ enerji açısından fakir evlerin daha enerji güvenli hale gelmesini sağlayabilirler⁶ ancak enerji yoksulluğunu hedeflemek için nadiren kullanılır⁹, çünkü enerji açısından fakir evler için uygun fiyatlı değişimler²⁴.

Araştırmanın amaçları ve yaklaşımı

Bu çalışma, (a) AB genelindeki üç değişkeni (gelir, verimlilik ve tüketim) ölçerek, (b) herhangi bir politikanın bulunmadığı Hollanda'da, (c) yerel belediye hizmetlerinin olduğu Amsterdam'da ve (d) akıllı teknoloji kullanan evlerde enerji yoksulluğu araştırmalarındaki boşlukları doldurmayı amaçlamaktadır.

Müdahale, bir hükümet konut organizasyonu tarafından geliştirilen, Amsterdam'daki en yaygın ve ücretsiz olarak erişilebilen enerji koçluğu programını değerlendirdi. Katılımcılar, bir enerji koçundan yardım istemek için iletişime geçtiklerinde işe alındı. Koç evleri ziyaret eder, enerji soruları sorar ve bir protokolü izleyerek enerji tavsiyeleri verir, ardından enerji verimli ürünler kurar ve bir gün sonra eve bir rapor e-postayla gönderir (Ek Malzeme C). Bu makalenin baş yazarı, hükümet konut organizasyonu tarafından bir enerji koçu olmak ve enerji verimli ekipmanlar kurmak üzere eğitildi. Araştırmacı, tüm evlere gelirlerine göre gerçek zamanlı gaz ve elektrik tüketimini izleyen akıllı enerji cihazları taktı. Elli ev akıllı enerji cihazını kabul etti ve akıllı bilgi grubunda yer alırken, altmış yedi ev kabul etmedi ve statik bilgi grubunda yer aldı. Araştırmacı, müdahalenin gözlemlenen etkilerini ve algılanan etkilerini değerlendirmek için 1 Ekim - 31 Kasım 2023 tarihleri arasında 117 evi ziyaret etti ve 31 Ocak - 31 Mart 2024 tarihleri arasında 73 evi tekrar ziyaret etti. Ayrıca, aynı mahallelerde benzer bina stoğuna/ev başına düşen kişi sayısına sahip 52 kontrol evi bulduk; bunlar enerji koçluğu almadı ve verileri ısıtma sezonundan sonra elde edildi, dolayısıyla tüketim çalışmadan etkilenmedi. Tüm adımlar yöntem bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Bu yaklaşım, bir nicel ve bir nitel soruyu ele almak için kullanıldı:

1) Enerji yoksulluğuna maruz kalan evlerde enerji koçluğunun nicel etkileri nelerdir?

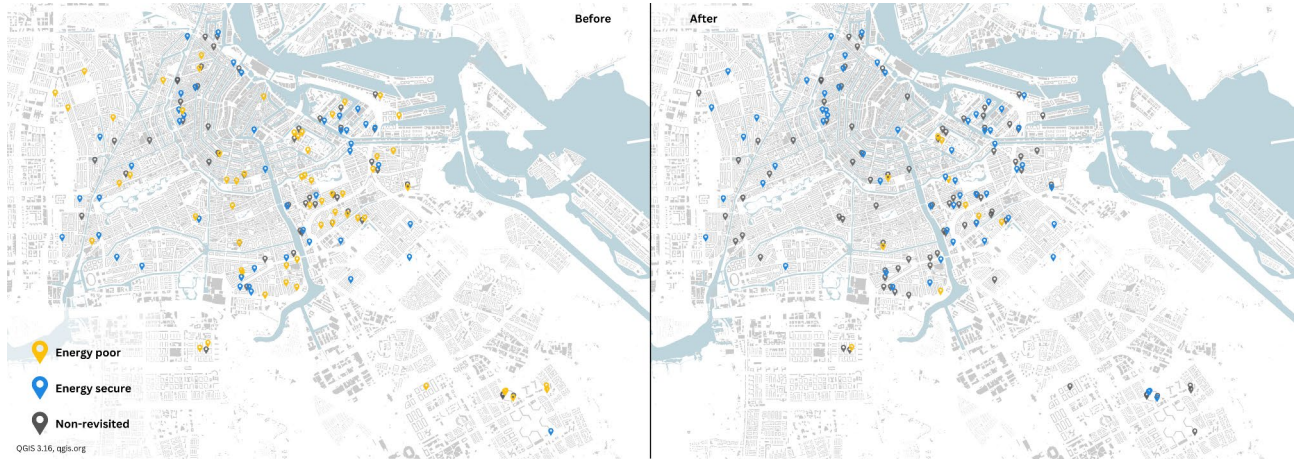
ısıtma sezonu?

2) Enerji yoksulluğuna maruz kalan evlerde enerji koçluğunun ısıtma üzerindeki nitel etkileri nelerdir?

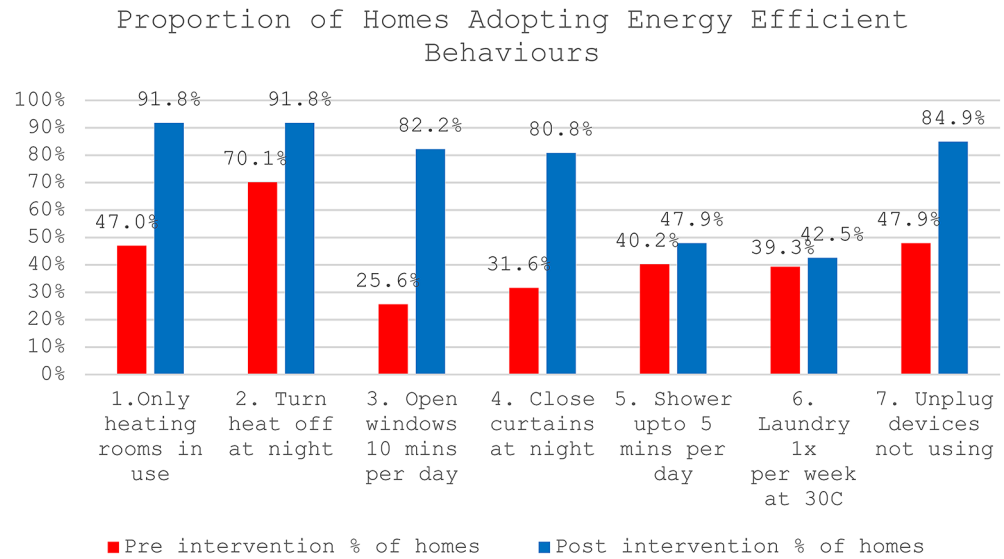
mevsim?

Sonuçlar

Figür 1 açık sokak haritası kullanılarak oluşturulmuştur, tüm yazarlara aittir (Açık Veritabanı Lisansı altında mevcuttur, openstreetmap.org). Şekil 1 sarı simgeler gelirlerinin %8'inden fazlasını enerjiye harcayan evleri gösterir (bu nedenle enerji fakiri olarak sınıflandırılır), mavi simgeler ise %8'in altında harcama yapar. Bu eşik tüm evleri temsil etmek için Hollanda ulusal göstergeleriyle uyumludur¹⁰. Sosyal asgarinin standartlaştırılmış bir eşikine göre hesaplanır ve gelirlerinin ötesindeki finansal varlıklar için ayarlanır. Temel örneklemede, 117 evden 65'i enerji fakiri olarak sınıflandırıldı, 44'ü sosyal yardıma tabiydi ve 29'u ulusal istatistiklere göre ayda +236€ yüksek enerji maliyetine sahipti²⁵. 73 yeniden ziyaret edilen evden 40'ı müdahaleden önce enerji açısından zayıftı (%8 göstergesi kullanılarak). 73 evden 10'u müdahaleden sonra enerji açısından zayıf kaldı. Bu evlerin 10'unun hepsi sosyal yardım alıyordu ve/veya gelirlerinin %20'sinden fazlasını başlangıçta enerjiye harcıyordu. Tüm birincil ve ikincil bina/sosyal göstergeler ek materyal A'dadır. Bu çalışma sırasında üretilen tüm veriler bu yayınlanmış makaleye ve ek dosyalarına dahil edilmiştir.



Şekil 1. Temel Evler ($N=117$) (soldaki resim) & Yeniden Ziyaret Edilen Evler ($N=73$) (sağdaki resim) Amsterdam'da.



Şekil 2. Tüm akıllı ve statik bilgi evlerinde müdahale öncesi/sonrası davranış değişikliği.

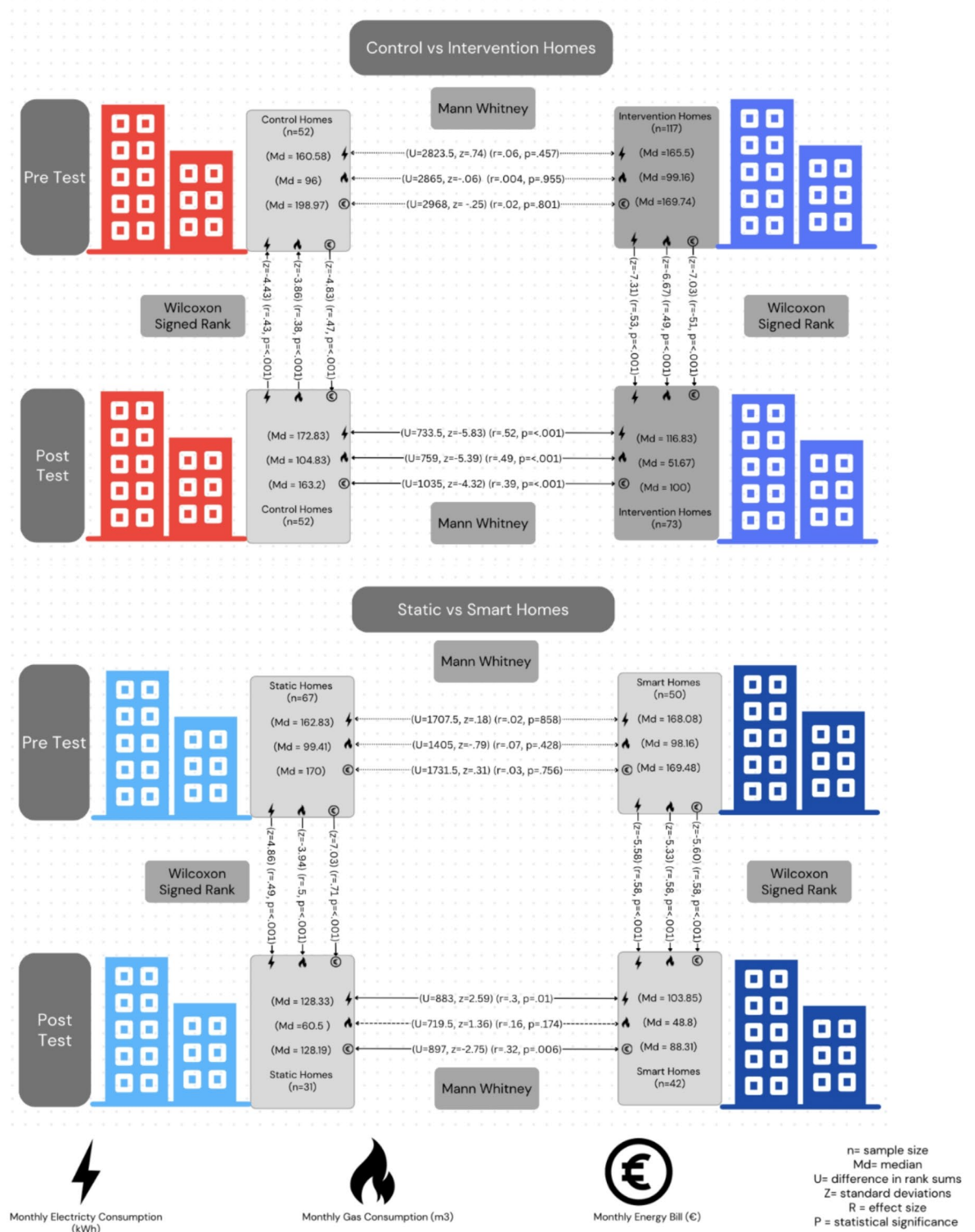
Verimlilik sonuçları

Şekilde vurgulanan anket sorularından elde edilen bulgular. 2. müdahalenin gözlemlenen davranışsal etkilerini göstererek araştırma sorusu 1'i yanıtlar. Hem enerji fakiri hem de enerji fakiri olmayan evleri içerdiklerinden, veriler normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, parametrik olmayan bir McNemar testi, müdahaleden önce ve sonra davranışlarını değiştiren evlerin oranlarında önemli değişiklikler buldu, $\chi^2(1, N=73)$ davranış için: 1. sadece kullanımda olan odaları ısıtmak = 36,03, $p = < 0,001$, 3. günde 10 dakika pencere açmak = 36,31, $p = > 0,0015$, 4. geceleri perdeleri kapatmak = 34,03, $p = < .001$ ve 7. kullanılmadığında cihazların fişini çekmek = 25,04, $p = > 0,001$. Diğer davranışlar (2, 5 ve 6) olumlu yönde değişti ancak önemli ölçüde değil. Sadece statik bilgi evlerindeki farklılıklara daha yakından baktığımızda, 7 davranıştan 4'ünün (tümü ısıtma ile ilgili) müdahaleden önce ve sonra önemli ölçüde değiştiğini görüyoruz $\chi^2(1, N=31)$, sadece kullanımda olan ısıtma odaları dahil edildiğinde = 13,07, $p = > 0,001$, geceleri ısıtmanın kapatılması = 7,11, $P = .004$, geceleri perdeleri kapatmak = 8,11, $P = .002$ ve pencereleri günde 10 dakika açmak = 13,07, $p = > 0,001$. Bu arada, akıllı bilgi evleri 7 davranıştan 6'sını önemli ölçüde değiştirdi $\chi^2(1, N=42)$, çamaşır yıkamak hariç = 0,5, $P = .48$. Bu nedenle, sonuçlar enerji koşullarının evlerin özellikle ısıtma konusunda enerji açısından verimli davranışlar benimsemesine yardımcı olabileceğini göstermektedir. Ancak, akıllı cihazlarla eşleştirildiğinde evler daha enerji açısından verimli davranışlar benimser.

Tüketim sonuçları

Akıllı bilgi grubu için akıllı cihazlar ve statik bilgi ve kontrol grupları için fiziksel enerji faturaları aracılığıyla tüketim verileri toplandı. Veriler, ziyaret edilen ilk ve son ev arasında 6 haftalık bir boşluk olduğu için gruplar arasında adil bir şekilde karşılaştırma yapmak için aylık düzeyde toplandı. Ancak, bu süre zarfında her hafta eşit sayıda akıllı ve statik bilgi evi ziyaret edildi. Enerji fiyatları ve dış hava koşullarıyla ilgili diğer belirsizlikler de post-hoc analizde (Yöntemde) yardımcı değişkenler olarak kontrol edildi. Parametrik olmayan

Kruskal-Wallis testi, müdahaleden önce ve müdahaleden sonra kontrol, statik ve akıllı bilgi evleri arasında tüketimi karşılaştırdı. Müdahaleden önce elektrik (kontrol) için 3 grup arasında önemli bir fark yoktur $N=52$, statik bilgi $N=67$, akıllı bilgi $N=50$, $\chi^2(2, N=169)=0.558, P=.756$ veya gaz (kontrol) $N=51$, statik bilgi $N=67$, akıllı bilgi $N=46$, $\chi^2(2, N=164)=0.628, P=.731$. Şekilde görüldüğü gibi; 3, bir Mann-Whitney testi önemli farklılıklar buldu, müdahale sonrası elektrik ve gaz tüketimi tüm müdahale evlerinde kontrol evlerine kıyasla önemli ölçüde daha düşüktü. Kruskal Wallis testi tüm



Şekil 3 Gruplar arası anlamlılığı belirlemek için Mann Whitney ve gruplar içi anlamlılığı belirlemek için Wicoxon İmzalı Sıralama kullanılarak aylık elektrik, gaz ve enerji faturaları için istatistiksel testler yapıldı.

üç grup ancak belirli gruplar arasında önemli farklılıklar göstermez. Bu nedenle, statik ve akıllı bilgi evleri arasındaki önemli farklılıkları belirlemek için post-hoc'ta bir Mann-Whitney testi gerçekleştirildi. Burada müdahale sonrası elektrik tüketiminin statik bilgi evlerinde akıllı bilgi evlerinden daha yüksek olduğunu ve müdahale sonrası gaz tüketiminde önemli bir fark bulamadık. Bu nedenle, akıllı bilgi elektrik tüketimini gazdan daha etkili bir şekilde azaltmaktadır.

Sonra, bir Wilcoxon Signed Rank testi, müdahaleden önce ve sonra statik evlerin elektrik ve gaz tüketiminde önemli farklılıklar buldu. Bu arada, müdahaleden önce ve sonra akıllı evlerin elektrik ve gaz tüketiminde daha büyük düşüşler bulundu. Şekillerde gösterildiği gibi, 4Ve5, elektrik ve gaz, müdahaleden önce ve sonra statik ve akıllı bilgi evlerinde azaltılırken, kontrol evlerinde artırıldı.

Gelir sonuçları

Gelir verileri akıllı ve statik bilgi evlerinden alınan fiziksel gelir beyanları aracılığıyla elde edildi. Müdahale sırasında yalnızca bir evin geliri değişti (haneye fazladan bir kişi eklendi). Ancak, kontrol grubu için gelir verisi elde edilmedi. Kruskal-Wallis testi, müdahale öncesi enerji faturaları (kontrol) için üç grup arasında hiçbir fark göstermedi ($N=52$, statik bilgi $N=67$, akıllı bilgi $N=50$), $\chi^2(2, N=169) = 0,119, P = .942$. Ancak, bir Mann-Whitney testi, müdahale sonrası enerji faturalarının kontrol evlerinde müdahale evlerinden daha yüksek olduğu önemli farklılıklar buldu. Sonra, müdahale sonrası enerji faturalarının akıllı evlerde statik evlerden daha düşük olduğu önemli bir fark bulduk. Dahası, bir Wilcoxon İmzalı Sıralaması, müdahale öncesinden müdahale sonrasına azalan statik ev enerji faturalarında önemli farklılıklar buldu. Yine de, akıllı evlerde daha büyük bir fark bulundu. Son olarak, enerjiye harcanan aylık gelir yüzdesi karşılaştırıldığında, müdahale evlerinde önemli ölçüde azaldı, ancak akıllı evlerde statik evlerden daha büyük azalmalar oldu. Bu nedenle, Şekiller.6Ve7 Akıllı müdahalenin enerji yoksulluğunu azaltmada daha etkili olduğunu gösteriyor.

Mülakat sonuçları

73 evden yapılan görüşmeler, müdahalenin algılanan etkilerini vurguluyor ve RQ 2'yi yanıtlıyor. Projeye katılanın temel motivasyonları para tasarrufu ile ilgiliydi ("Dün 'enerji şirketi X'ten geçtik çünkü çok fazla. 220 € fena değil ama 305 €'luk bir enerji faturasıyla yemek yiyemiyorum. Gıda bankasıyla birlikte yardımcı oluyor. Daha az enerji kullanımı istiyorum, belki ayda 100 € bana yardımcı olur. Amacım bu!", Mahira). Davranışlarını nasıl ve neden değiştirdikleri sorulduğunda, katılımcılar ısıtma davranışlarının değiştirilmesinin kolay olduğunu öne sürdüler ("Isıtma konusunda daha akıllı oldum. 'Gaz programını ve ısıtma parametrelerini değiştiriyorum. Daha önce otomatik ısıtma kullanıyordum. Şimdi sadece üşüdüğümde ısıtıyorum", Evie). Bu arada, pencerelerin açılması en çok değişen davranıştı ("Ev daha çabuk ısınıyor; içgüdülerinize aykırı. Ama işe yaraması ilginç. Sağlığımızı çok yardımcı oluyor", Tim ve Fiona). Cihazla ilgili deneyim sorulduğunda, yanıtlar bunun yalnızca koşullardan daha faydalı olduğunu öne sürdü, "Koşulluk ilginçti çünkü çok değişti. Ancak cihazla ilgili geri bildirimlerle daha da fazla değişti." (Jitan ve Sven) ve kullanımları üzerinde kontrol sahibi hissetmelerine yardımcı olduğunu ("Bazı şeyler düşündüğüm kadar enerji harcamıyor. Uzun bir süre kullanımı kontrol edemediğimi hissettim ama bu şey yardımcı oldu", Fleur) ve ("Artık ne kullandığıma dikkat ediyorum. Umarım bu yılın sonunda Everest Dağı kadar yüksek bir fatura almam. Cihaz her zaman yeşil, bu iyi bir şey", Joy). Cihazın gazdan çok elektrik için neden daha etkili olduğu sorulduğunda, sakinler koşulların çözemediği konut sorunlarına işaret ettiler, ("Sorun onda (termostatı işaret ediyor) herhangi bir şey hissetmesi için onu 22 C'ye ayarlamamız gerekiyor", Myra). Genel olarak deneyim sorulduğunda, sakinler koşulların katılımcı doğasını takdir ettiler ve enerji yoksulluğunun prosedürel boyutlarının ele alındığını öne sürdüler ("Başka birinin de sizinle birlikte düşünmesi çok yardımcı oluyor. Bunlar genellikle listenizin en sonunda yer alan şeylerdir", Margaret).

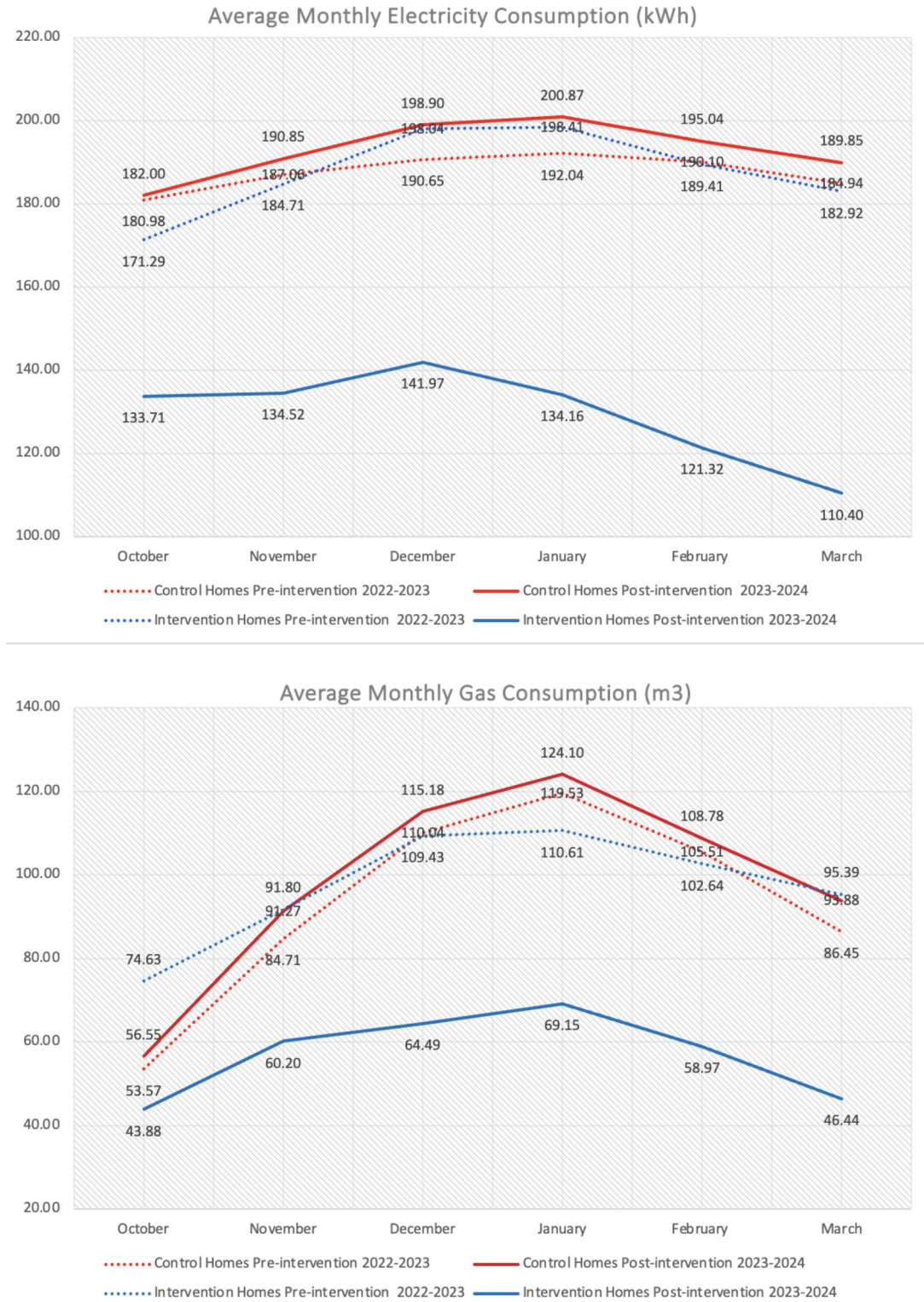
Tartışma

Evdeki Enerji Yoksulluğu Değişimleri

Sonuçlar, enerji koşullarının enerji verimli davranışları artırmada, enerji tüketimini ve nihayetinde enerjiye harcanan gelir yüzdesini azaltmada etkili olduğunu, ancak evler akıllı bilgi aldığı daha da etkili olduğunu göstermektedir. Önceki akıllı teknoloji müdahaleleri nadiren enerji yoksulluğunu hedef almıştır²⁶ ancak enerji okuryazarlığını teşvik etmek için bilgilendirici geri bildirim ihtiyacını giderenler^{22,24} Buradaki bulgular, aylık enerji faturalarıyla karşılaştırıldığında enerji cihazının, enerji ihtiyaçları üzerinde kontrol sahibi olduklarını hissettirdiğini gösteriyor. "Eğer buna benzer gerçek zamanlı bir şeyiniz varsa, faturayı pozitif olacak ve rahat bir şekilde harcamanızı sağlayacak şekilde hesaplayabilirsiniz. Kontrol her şeydir", Ben). Dünya genelindeki önceki enerji yoksulluğu müdahale incelemeleri, çeşitli ruh sağlığı göstergelerinde önemli iyileşmeler olduğunu göstermektedir²⁷. Buna karşılık, kendi görüşme bulgularımız, çoğu evde enerji ihtiyaçlarını kontrol etme hissinin iyileştiğini gösteriyor. Ancak, cihaz bazen 'karşıt görüşlü' olarak tanımlanıyordu, özellikle de kırmızı "Sürekli olarak cihazı görmeye gidiyorum ama bu durum beni strese sokuyor", Lucinda). Zaten enerji faturalarını ödemek için baskı altında olan bir eve stres eklemek hiçbir müdahalenin amacı olmamalıdır. Bununla birlikte, katılımcılar gerçek zamanlı bilginin günün farklı saatlerinde tüm aile üyelerini eğitmek için etkili olduğunu öne sürdüler ("Sayaç evin merkezindeydi. Her gün onu izliyorduk. Siz gelmeden önce sıcaklık 20 idi şimdi 18, geceleri 19 idi şimdi 17. Beni şaşırtan şey, basit çözümün alışkanlıklarımızı değiştirmesiydi, ülke çapında enerji tasarrufu için her evde olması faydalı olabilirdi", Davide).

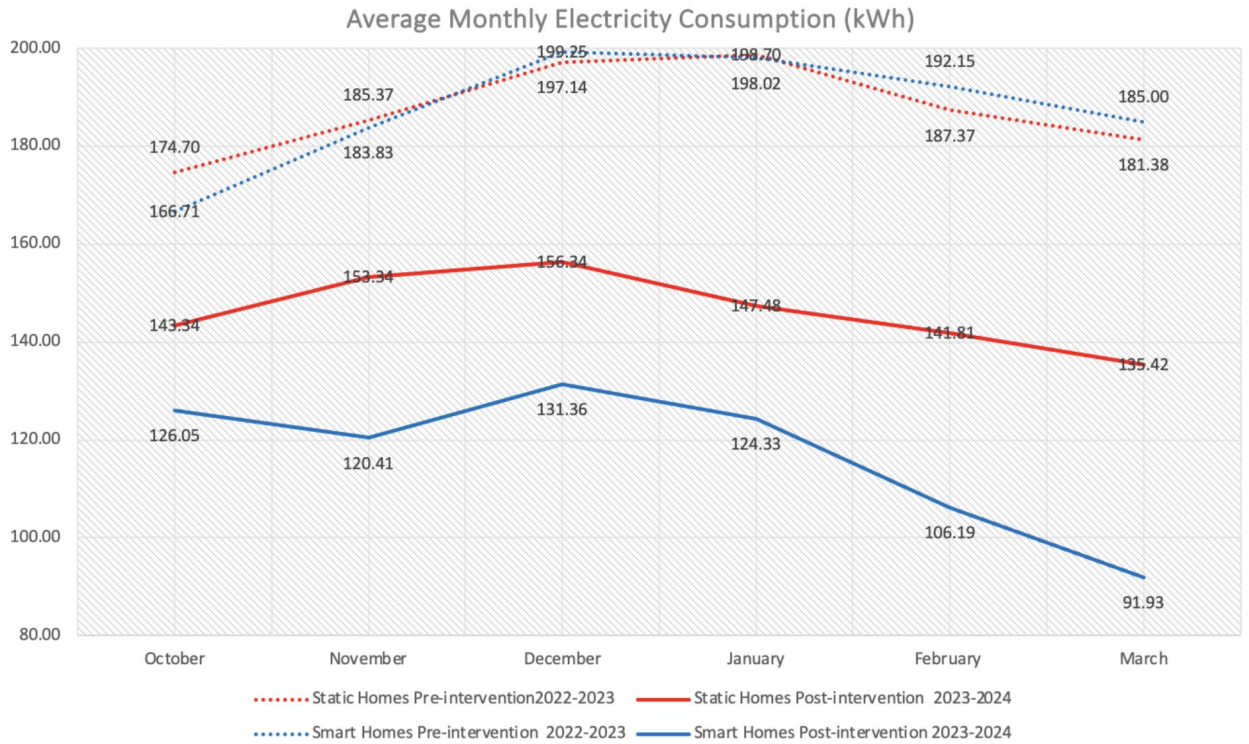
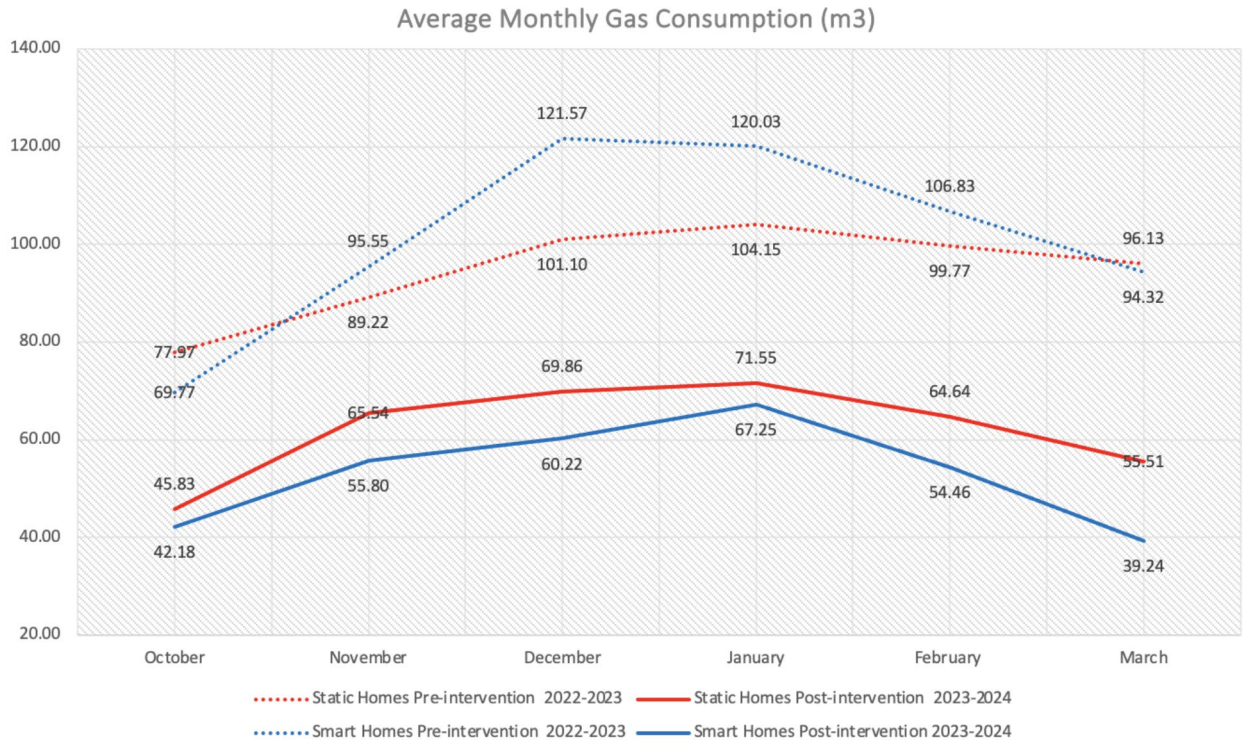
Amsterdam'da Enerji Yoksulluğu Değişimleri

Buradaki katılımcılar enerji koşullu projesinin faydalı olduğunu ancak belediye karar vericilerinin şehirdeki enerji yoksulluğunu hafifletmek için daha çok şey yapabileceğini öne sürüyorlar ("Fon başvurusunda bulunamıyorum. Hükümet yaklaşımında aktif olmaktan ziyade biraz pasif", Alix). 65 enerji fakirinden 54'ü D veya daha düşük etiketli evlerde ve 42'si sosyal konutlarda. Zorunlu ev sahibi verimliliği yükseltmeleri AB şehirleri için politika önerileridir⁶ Ancak buradaki evler, sosyal konut sahiplerinin evleri, yaşam standartlarını yükseltecek bir seviyeye getirme konusunda bir irade göstermediğini gösteriyor.



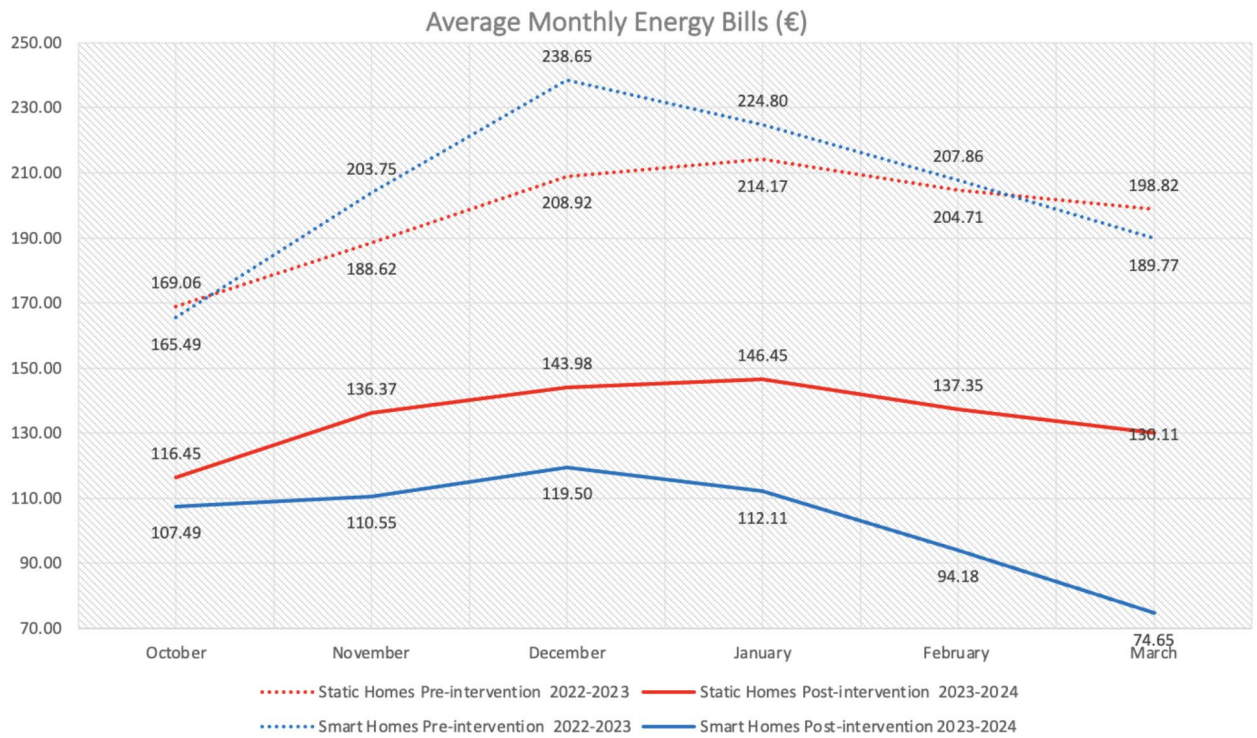
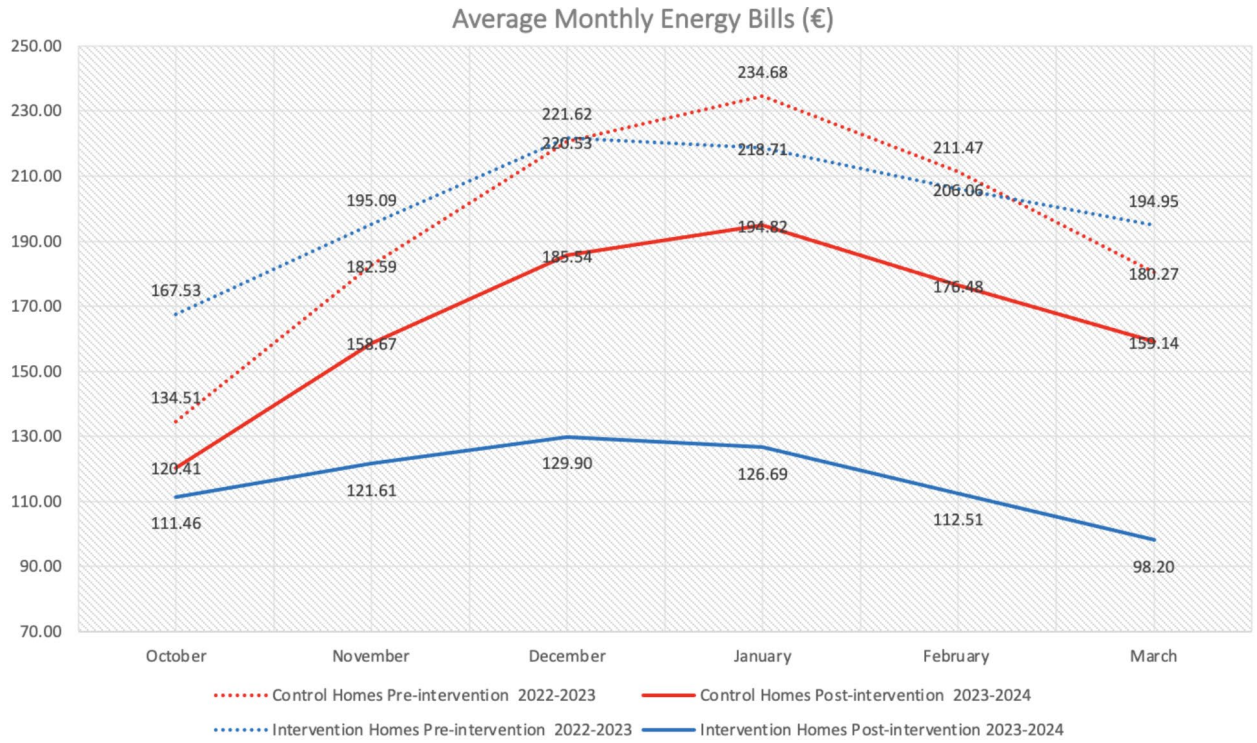
Şekil 4. Müdahale öncesi/sonrası ısıtma sezonu boyunca kontrol ve müdahale evleri arasındaki ortalama aylık gaz ve elektrik tüketimi.

enerji yoksulluğunu sürdürmek" *Sosyal konut bana 1700 avruluk bir fatura verdi ve bu da onları yeniden değerlendirmemi sağladı. Oğlum bronşit oldu, evde küf var. 12 yıldır sosyal konutlardayım ve sonunda yenilemelerini umuyorum ama burada işleri daha iyi hale getirmediler*", Sandy). Örneğimizdeki enerji açısından fakir evler genellikle işsiz, sosyal yardım alan, yaşlı veya alta yatan sağlık sorunları olan kişilerdi, bu nedenle evde daha fazla zaman geçirerek enerji yoksulluğunu sürdürdüler. Dünya çapında enerji verimliliği müdahalelerinin bir meta analizi, binalar yeniden donatıldığında katılımcıların fiziksel sağlıklarında önemli iyileşmeler buldu²⁸ Maalesef müdahalemiz şunları içermiyordu:



Şekil 5. Isıtma sezonu boyunca statik ve akıllı bilgi evleri arasındaki müdahale öncesi/sonrası ortalama aylık gaz ve elektrik tüketimi.

daha derin tadilatlar ancak 117 evden 65'inde küf, nem veya sızıntılar bulunduğundan, bulgularımız bu daha büyük ölçekli müdahalelerin hayati önem taşıdığını gösteriyor. Önceki Hollanda araştırması¹⁰ Hollanda'daki evlerin %48'inin enerji dönüşümüne katılmadığını, çünkü sakinlerin ev sahibi olmadığını veya yeterli finansal servete sahip olmadığını tespit ettik. Ancak, enerji koçluğu alan evlerin %45'inin daha sonra enerji dönüşümüne küçük bir şekilde katıldığını da tespit ettik. Bu, güneş paneli sübvansiyonları için başvuruda bulunmaktan, ev sahiplerinden tadilat yaptırmaya, yalıtım eklemeye, yenilenebilir enerji tedarikçilerine geçmeye ve gaz kazanlarını elektrikli olanlarla değiştirmeye kadar uzanıyordu.



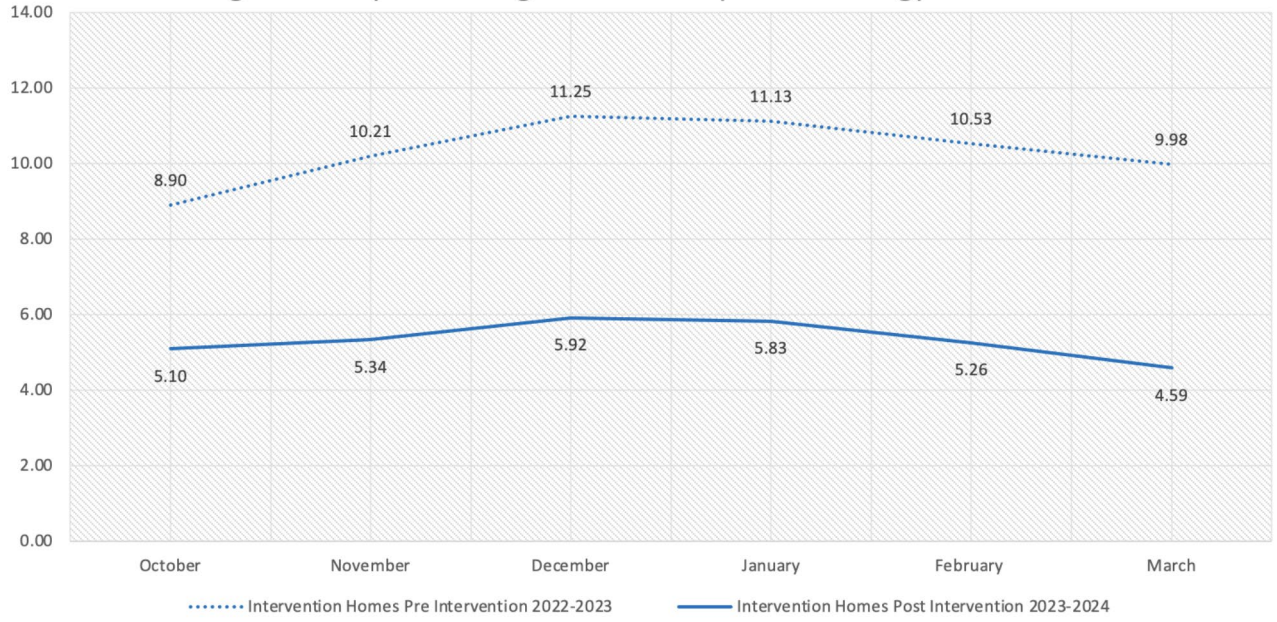
Şekil 6 Müdahale öncesi/sonrası, kontrol ve müdahale evleri arasındaki aylık enerji faturaları ile statik ve akıllı bilgi evleri arasındaki aylık enerji faturaları anlamına gelir.

Bu, enerji koşullarının, evleri şehrin daha geniş enerji dönüşümüne anlamlı bir şekilde dahil etmek için bir usul adaleti müdahalesi olabileceğini düşündürmektedir.

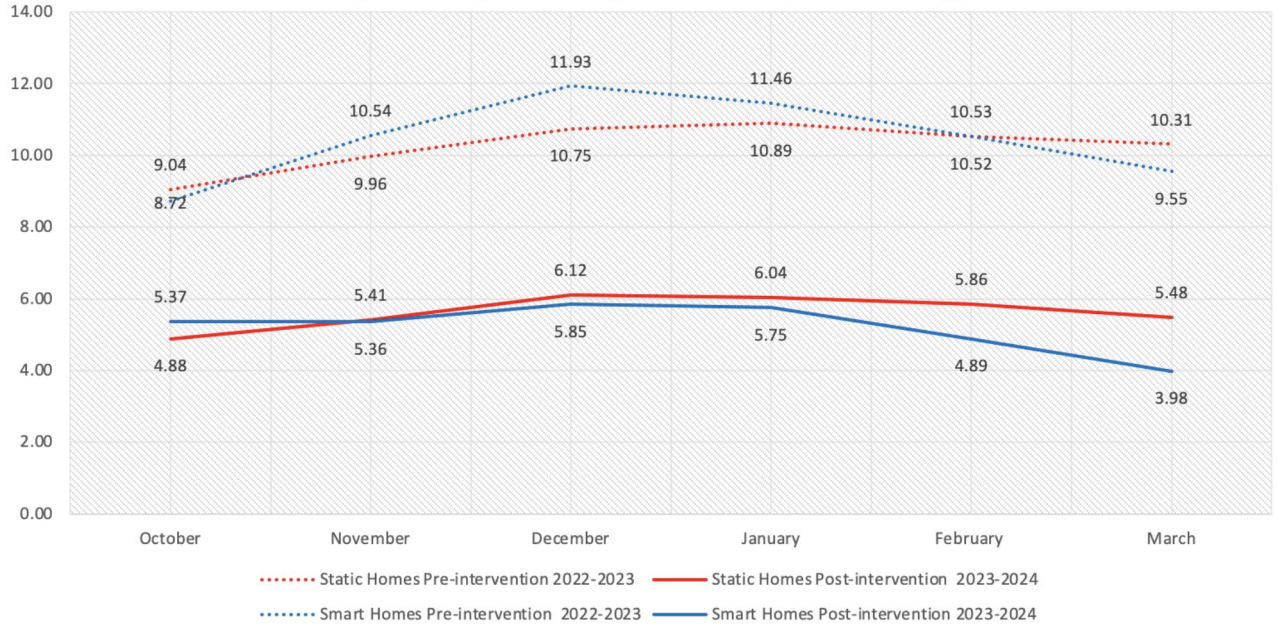
Hollanda'da enerji yoksulluğu değişiyor

Hollanda'nın enerji yoksulluğu politikası olmamasına rağmen, tüm AB ülkeleri arasında enerji faturalarında borçlu ev oranı en düşük olan ülkedir (%1,1)². Örneğimizdeki evlerin %4'ü borçluydu. Bu hala nispeten düşük,

Average Monthly Percentage of Income Spent on Energy



Average Monthly Percentage of Income Spent on Energy



Şekil 7 Müdahale öncesi-sonrası müdahale yapılan tüm evlerde, ardından statik ve akıllı bilgi evleri arasında aylık gelirin enerjiye harcanan ortalama yüzdesi.

evler enerji sübvansiyonlarının maliyetleri karşılamaya yardımcı olduğunu bildiriyor. Ancak, Hollanda merkez planlama ofisi²⁹ yoksulluk sınırının altında yaşayan evlerin sayısının 2024'te 815.000'den 995.000'e çıktığını gösteriyor. Bunun nedeni geçici refah önlemlerinin (yani enerji sübvansiyonlarının) ortadan kalkması. Önceki sübvansiyonlar olmadan, şu anda %8 enerji eşliğinin hemen altında olan evler, gelecek yıl çizginin yanlış tarafında olacaklarından endişeleniyorlar ("*Tarifemin artacağını bekliyorum, bu endişe verici, daha yüksek faturalarla karşı karşıya kalmam beni strese sokuyor*", Mario). Gelir bazlı müdahaleler hala hayati önem taşıyor⁹, özellikle de dağıtımsal ekonomik adaleti ele aldıkları için. Dünya çapındaki önceki enerji yoksulluğu incelemeleri, müdahalelerin enerji faturalarında gecikmiş ev sayısını etkili bir şekilde azaltabileceğini öne sürüyor¹³, ancak evlerin gerçekte ne kadar tasarruf ettiğini ayrıntılı olarak açıklamıyorlar. Buna karşın, akıllı cihazlarımız akıllı bilgi gruplarındaki evlerin ısıtma sezonu boyunca ortalama olarak ayda 104 € tasarruf ettiğini hesaplamaya yardımcı oldu. Buradaki bulgular, ulusal enerji şirketlerinin düşük fiyatları izlemesinden, sosyal konut sağlayıcılarının enerji etiketi gerekliliklerini izlemesine ve yerel belediyelerin

düşük gelirli ihtiyaçlar, araştırma kurumları izleme çerçeveleri ve en önemlisi buradaki evlerden. Bu nedenle, Hollanda yalnızca gelir ve dağıtım adaletine odaklanmak yerine tüm sorunu ele alabilir.

AB'de enerji yoksulluğu değişiyor

Bu çalışma, AB genelindeki 3 ana değişkenin de enerji yoksulluğunu azaltmada önemli olduğunu göstermektedir. Ancak, ikincil göstergeler yine de kabul edilmelidir. Örneğimizdeki 65 enerji yoksulu evin hepsi ya tek gelirli ya da sosyal yardımlıydı, bunlardan 22'sinin altta yatan sağlık sorunları vardı, 22'si etnik azınlıklardı ve tek ebeveynli aileler en orantısız şekilde etkilenenlerdi (12'den 10'u enerji yoksuluydu). Tüm katılımcılar, 2022 ve 2023'teki enerji sübvansiyonlarının yardımcı olduğunu ancak uzun vadede evleri yoksulluktan kurtarmaya yardımcı olmadığını öne sürüyorlar ("Rahat hissetmek istiyorum ama ödeyemeyeceğim", Julie). Kararsız enerji piyasaları sorunu daha da kötüleştirdi ve önümüzdeki yıllarda dünya çapında 116 ülke için hanehalkı harcamalarında %4,8'lik bir artış bekleniyor³⁰. Buna karşılık, sonuçlarımız her iki müdahale grubunun da gelir yüzdesini %10,1'den %5,3'e düşürdüğünü gösteriyor. Bir ülke enerji yoksulluğunu ölçmek için hangi eşiği kullanmaya karar verirse versin, harcamalarını neredeyse yarı yarıya azaltan bir müdahale politika yapımında dikkate alınmalıdır. Son modelleme araştırması⁹ kamu desteğini elde etmek için politika paketlerinin heterojen olması gerektiğini savunuyorlar. Ancak, enerji yoksulluğunun tüm niteliklerini doğrudan etkileyen bir paketin sunulmasının zor olduğunu öne sürüyorlar. Yine de, 3 ana faktörü tanıyan temel evrensel haklar ve enerji yoksulluğuna karşı asgari koruma için ortak hükümler AB politika yapıcılarına yardımcı olabilir. AB paketleri her üye devlete tüm evlerin ihtiyaçlarını karşılamak için para, ulusal hükümetlere politikaları birden fazla aktörle uyarlamakla özerkliği sağlayabilir, böylece yerel belediyeler sosyal konutlardan tek ebeveynli ailelere kadar evlerin heterojen ihtiyaçlarına uyan önlemleri uygulayabilir. Bu nedenle, marjinal grupların deneyimlerini de dahil etmek, tanınma adaletini ele alabilir.

Sınırlamalar ve gelecekteki yönler

Bulgularımız, enerji yoksulluğunun esasen karşılanabilirlik sorunu olduğunu belirten önceki politika araştırmalarını doğrulamaktadır.⁹ve harcanan gelir yüzdesinin hala en kullanışlı olduğunu savunuyoruz. Buradaki bulgular, bu göstergenin çoğu evin birincil motivasyonlarıyla (faturalardan tasarruf etmek) uyumlu olduğunu gösteriyor. Enerji açısından fakir evlerin hiçbiri kendilerini 'enerji fakiri' olarak tanımlamasa da, hepsi faturaları ödeme konusunda endişelerini paylaşıyor. Ancak, enerji yoksulluğu deneyimleri enerjiye harcanan gelirin %8'inden fazlasını kapsıyor. Bir evi enerji açısından fakir olarak tanımlamamız, kendilerini enerji açısından fakir olarak deneyimledikleri anlamına gelmiyor. Örneğin, 'enerji açısından fakir' bir ev harcamalarını artırdı ancak bunu olumlu bir deneyim olarak tanımladı. "*Elbette sayacı seviyorum. Keşke daha önce yapsaydık. Bazı şeyler düşündüğüm kadar enerji harcamıyor, ısıtıcıyı açmaktan artık o kadar korkmuyorum. Asıl fark bu. Ama biraz daha fazla evdeyim ve sürekli üşümüyorum. Akıllı sayacı izlemek ve bu konuda sakin olmak güzel*", Dorothea). Isıtma ihtiyaçları artık akıllı cihazın yardımıyla karşılanıyordu. Ancak, az enerji tüketen tek ev o değildi. Verilen koçluk tavsiyeleri her zaman her evin ihtiyaçları için 'sağlıklı' miktarda enerji kullanımına vurgu yapıyordu. Hollanda'da, az enerji tüketen evler arasında düşük gelirli evler, enerji maliyetleri 25. yüzdelik dilimin altında olan düşük enerji kalitesine sahip evlerde yaşayanlar yer alıyor¹⁰. Örneğimizdeki veriler 24 evin yetersiz tükettiğini gösteriyordu. Ancak buradaki evler tüketimlerinden memnun olsalar da faturalarla ilgili olmadıklarını belirttiler. Hollanda bağlamında, kendilerini genellikle 'zuinig' olarak tanımladılar, bu da tutumlu, ekonomik veya hatta sadece parayla verimli anlamına geliyor.

Yine de, çalışmanın temel bir sınırlaması, örneğin ilk önce iletişime geçen evlere bağımlı olmasıdır. Bu, gerçekten savunmasız evlerin eksik olabileceği anlamına gelir. Katılan tüm evler bir dereceye kadar faturalarını düşürmek için motive olmuşlardı. Ancak, daha kötü konut koşullarında yaşayan evler damgalanma veya sosyal izolasyon nedeniyle katılmaya daha az motive olacaktı. Bu nedenle, karar verme aşamasında son kullanıcı gereksinimlerini araştıran araştırma³¹ düzenli yoksulluğun enerji yoksulluğuna dönüşmesini önlemek için hedefli müdahaleler için verimlidir. Enerji yoksulluğunun savunmasız sosyal grupları nasıl etkilediğine dair bir tanıma adaleti perspektifi, politikaların daha etkili olduğu anlamına gelir³² Gelecekteki araştırmalar, burada tanımlanan sosyal özelliklerin (örneğin bekar ebeveynler) yaşadıkları daha geniş politik manzaralarla (örneğin sosyal olarak adil bir enerji geçişi) nasıl kesiştiği gibi ikincil göstergeleri araştırmalıdır.

Çözüm

Buradaki nicel bulgular, enerji koçluğunun evin enerji verimliliğini artırmada, tüketimi ve nihayetinde enerjiye harcanan gelir yüzdesini azaltmada etkili olduğunu göstermektedir. Verimlilik açısından, koçluk evlerin özellikle ısıtma konusunda enerji verimli davranışlar benimsemesine yardımcı olmuş ve evlere evdeki enerji verimliliğini belirleme yetkisi vermiştir. Ancak, görüşmelerden elde edilen nitel bulgular, daha geniş bina yapıları ve sosyal konut sahipleri gibi aktörlerin verimliliği tek başına bireylerden daha fazla destekleyebileceğini veya engelleyebileceğini göstermektedir. Tüketim açısından, bulgular hem gazın hem de elektriğin enerji koçluğuyla önemli ölçüde azaltılabileceğini göstermektedir, özellikle akıllı bilgilerle desteklendğinde. Ancak, görüşmeler bazı evlerin sağlıklı bir standarda ısınması için bunun daha fazla tüketim ve enerji yoksulluğunu nasıl tanımladığımızı ile deneyimleme şeklimiz arasındaki farkların farkına varılması gerektiğini göstermektedir. Gelir açısından, bulgular enerji koçluğunun enerjiye harcanan gelir üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğini ve böylece enerji yoksulluğunun mali yükünü hafifletmeye yardımcı olabileceğini göstermektedir. Bu, diğer temel insan hakları (yani gıda, barınma, sağlık hizmeti ve çocuk bakımı) için harcanabilir geliri serbest bırakırken, çoğu ev hala sosyal yardıma tabidir ve bu nedenle hala yoksulluk içinde yaşamaktadır. Tüm ana değişkenleri hedefleyen bir enerji yoksulluğu politikası gereklidir. Bu, aynı anda bina politikasını (evlerin temel yaşam standartlarını karşılamasını ve sosyal konut sahiplerine teşvik verilmesini sağlamak), eğitim politikasını (evlerin sahiplik ve eylemde bulunmak için enerji kullanımları hakkında gerçek zamanlı bilgiye sahip olmasını sağlamak) ve sosyal refah politikasını (tek gelirli evlerin ilk etapta yeterli temel gelire sahip olmasını sağlamak, böylece bu temel ihtiyaçları karşılayabilirler) ele almak anlamına gelir. Tek bir müdahale veya politika sorunun kalbini etkili bir şekilde hedef almayacaktır. Ancak, burada evlerin ihtiyaçlarını ilk ve en önemli şekilde ele alan eylemler adil ve hakkaniyetli bir başlangıç sağlayabilir.

Yöntemler

Araştırma tasarımı, müdahale, katılımcılar, prosedür ve etik.

Enerji koçluğunun (bağımlı değişken olarak) enerji yoksulluğu (bağımlı değişken) üzerindeki etkisini incelemek için deneysel bir müdahale yürütüldü. Ekim 2023 ile Aralık 2023 arasında temel ölçümler alındı ve 117 ev ziyaret edildi. Tüm evlere yeniden ziyaret şansı sunuldu, ancak program çakışmaları ve yaşam koşulları nedeniyle müdahalenin etkisini ölçmek için Şubat 2024'ten Mart 2024'e kadar yalnızca 73 ev yeniden ziyaret edildi. Evlerin gönüllü olarak enerji koçu ekibine ulaşip bir ziyaret talep ettiği fırsat örneklemeşi gerçekleşti. Proje ve sunulan ürünler ücretsizdir, bu nedenle tüm gelir gruplarındaki evlere açıktır. Bu nedenle, bu hem enerji açısından fakir hem de enerji açısından fakir olmayan evlerin örnekleme olduğu anlamına gelir ve bu da katılımcıların potansiyel olarak enerji verimliliği iyileştirmelerine yatkın olduğu anlamına gelir.

Önceki müdahale araştırmaları, savunmasız aktörleri 'pasif alıcılar' olarak ele aldıkları için eleştirildi⁹. Burada koçluk, ev hakkında bilgi edinmeyi ve ürünleri birlikte kurmayı içeriyordu. Koçluk genellikle enerji tasarrufuna odaklanır. Ancak bazı evler çok az enerji kullanabilir (yani kışın ısıtmalarını hiç açmayabilirler). Onlar için enerji verimliliğini, tüketimi ve harcadıkları geliri artırmak gerekebilir. Bu nedenle koçluk, çok fazla veya çok az enerji tüketimi hakkında ahlaki değerlendirmeler yapmak yerine koşullara göre uyarlamayı ve sağlıklı enerji kullanımı önermeyi gerektirir.

Koçluk, enerjiyle ilgili soruların sorulduğu, tavsiyelerin verildiği ve enerji verimli ürünlerin kurulduğu 2 saatlik bir oturumdan oluşuyordu. Ziyaretten bir hafta sonra, evler tasarruf ve tavsiyeler içeren özel bir rapor da alacaktı. Burada, evlere akıllı enerji ekranı da ücretsiz olarak sunuldu. Evlere hangi müdahale grubunun parçası olmak istediklerini (statik veya akıllı) seçme şansı vererek, rastgele kontrollü bir denemeye öncelik vermek yerine evlere seçim özgürlüğü veren etik kaygıları önceliklendirdik. Cihazı kurmama nedenleri arasında şunlar yer aldı: veri gizliliği endişeleri, bilgiyle aşırı yüklenmek istememe veya akıllı sayaçlarına erişimlerinin olmaması ve bir sayaçlarının olmaması. Katılımcıların hangi grupta olmak istediklerini seçmeleri, sonuçları çarpıtan öz-seçim yanlılığına yol açabilse de (yani, daha teknoloji odaklı olanlar akıllı cihazı isteyecektir). Ancak, her iki örneklemedeki sosyo-demografik özellikler benzerdir (ek materyal A'ya bakın). Örneğin, her iki grupta da ortalama olarak ev başına 2 kişi vardı, %20 ila %28 emeklilik yaşındaki insanlar, %28-34 etnik azınlıklar, %40-50 sosyal konut ve her iki örnekte de tek gelirli evlerin %70'i vardı. Bu, kendi kendine seçimin sonuçları önyargılı hale getirmeyebileceğini gösteriyor. Bu nedenle, yalnızca statik bilgi (tek bir rapor) alan 67 evimiz ve akıllı bilgi (akıllı bir ekran) alan 50 evimiz vardı. Karma yöntemli bir müdahale için minimum örneklem büyüklüğü şu şekilde önerilmiştir: $N = \text{Grup başına } 21$ ³³ Müdahale gruplarımız sırasıyla 67 ve 50 olduğundan, müdahale boyunca tüketimi karşılaştıran bir kontrol grubu olarak hizmet edecek 52 ev (benzer bina stoğu, ev başına düşen kişi sayısı ve aynı mahallelerde) de bulduk. Enerji yoksulluğunu ölçmek için ikincil göstergeler kaydedildi, örneğin bina özellikleri (yani yaş ve tip) ve sosyal özellikler (yani sağlık ve cinsiyet). Bunlar arka plan özellikleridir, çünkü katılımcılar burada değişiklik yapamazlar.

Yeterlik

Ev verimliliği büyük ölçüde bina özelliklerine göre belirlenirken, önceki araştırmalar enerji etiketini enerji yoksulluğunun belirleyicisi olarak kullanmıştır¹⁰. Enerji etiketi verileri kamuya açık kaynaklı olabilirken, önceki araştırmalardaki ve örneğimizdeki birçok eski evdeki veri kümesi eksiktir. Bu nedenle, kişinin faaliyetini dikkate alan müdahaleleri araştırdığımız için, enerji verimliliği için bir dizi davranışsal gösterge kullanıldı. Önceki araştırmalar spektrumun her iki tarafındaki enerji davranışlarını, enerji sınırlayıcı davranışlardan²¹ enerji tasarrufu davranışlarına^{34,38} ülkede davranışsal göstergeler de kullanıyoruz. Bunlar anket tarafından kaydediliyor ve şu anda söz konusu davranışlarda bulunmayan evler için tavsiyelerde bulunuyoruz.

Tüketim

Evin tüketimi enerji faturaları ve akıllı sayaç kayıtları aracılığıyla ölçülür. Müdahale dönemini (Ekim 2023 - Mart 2024) bir önceki yılın aynı dönemiyle karşılaştırmak için müdahale öncesi tüketim verilerini edindik. Gaz ve elektrik maliyetleri dış ortam sıcaklığıyla kaydedildi, çünkü bu iki karıştırıcı değişken tüketimi etkileyen bağlamsal koşullar olabilir¹⁰ Şekil 8 ve 9'da görüldüğü gibi, 2022-2023 ortalaması 7,6'dır.°C ve 2023-2024 8.30°C. Bu 0.70°C farkı küçüktür ancak ısıtma tüketiminde fark yaratacak kadar önemlidir. Müdahale edilen evler için ortalama elektrik maliyetleri 2022-2023 yılları arasında 0,53 €/kWh ve 2023-2024 yılları arasında 0,45 €/kWh olmuştur. Gaz maliyetleri için bu 1,18 €/m³'ten 1,03 €/m³'e çıkmıştır. Tekrar ediyoruz, bu. 08 €/kWh ve 0,15 €/m³ enerji tüketiminde fark yaratacak kadar küçüktür ancak önemlidir. Bu nedenle, bunlar bir Quade testine (parametrik olmayan ANCOVA) dahil edilmiştir ancak enerji maliyetlerinin veya dış mekan sıcaklığının tüketim sonuçlarını etkileyen olası yardımcı değişkenler olarak herhangi bir önemli etki bulunamamıştır. Elektrik maliyetleri kontrol edildiğinde, müdahale öncesi elektrik puanları gruplar arasında hala önemli değildir ($Q = 2,70$, $df = 2$, $P = .071$) ve müdahale sonrası elektrik tüketimi gruplar arasında hala önemli ölçüde farklıdır ($Q = 27.04$, $df = 2$, $p < 0.001$). Bu, müdahale öncesi gruplar arasında önemli bir fark olmamasına rağmen gaz tüketimindeki gaz maliyetlerini kontrol ederken de geçerliydi ($Q = 1.24$, $df = 2$, $P = .292$) ancak müdahale sonrası gruplar arasında bir fark ($Q = 18.94$, $df = 2$, $p < 0.001$) bulundu. Isıtma sezonu boyunca ölçüm yaptığımız gibi, gaz tüketiminde dış mekan sıcaklığını kontrol ettik ve müdahale öncesi gruplar arasında anlamlı bir fark bulamadık ($Q = 0.43$, $df = 2$, $p < 0.65$) ancak müdahale sonrası anlamlı farklar bulduk ($Q = 20.87$, $df = 2$, $p < 0.001$).

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
2022-2023	14oC	9oC	4oC	6oC	6oC	7oC
2023-2024	13oC	8oC	8oC	4oC	8oC	9oC

(Kaynak: Dünya Meteoroloji Örgütü, Schiphol Havaalanı'ndaki hava durumu istasyonu).

Şekil 8. 2022-2024 ısıtma sezonunda Amsterdam'daki ortalama dış ortam sıcaklığı.

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Elektrik 2022-2023	0,52 €/kWh	0,52 €/kWh	0,53 €/kWh	0,53 €/kWh	0,53 €/kWh	0,55 €/kWh
Elektrik 2023-2024	0,45 €/kWh	0,46 €/kWh	0,45 €/kWh	0,45 €/kWh	0,45 €/kWh	0,45 €/kWh
Gaz 2022-2023	1,14 €/m ³	1,65 €/m ³	1,78 €/m ³	1,22 €/m ³	1,21 €/m ³	1,20 €/m ³
Gaz 2023-2024	1,02 €/m ³	1,03 €/m ³	1,04 €/m ³	1,03 €/m ³	1,03 €/m ³	1,03 €/m ³

(Kaynak: Hollanda Ulusal İstatistik Kurumu, CBS).

Şekil 9. Amsterdam'da 2022-2024 ısıtma sezonundaki ortalama enerji maliyetleri.

Gelir

Evlerin düşük gelirli olup olmadıklarını, sosyal yardım alıp almadıklarını veya harcanabilir gelirlerinin %8'inden fazlasını enerjiye harcıp harcamadıklarını değerlendirmek için hanelerin verdiği gelir beyanlarını kullandık. Bu, müdahaleden 12 ay önce müdahalenin sonuna kadar olan beyanları içeriyordu. Önceki Hollanda araştırmasıyla eşleştirdiğimiz için %8 bir gösterge olarak seçildi¹⁰.

Akıllı Bilgi

İki müdahale grubunun aldığı bilgiler temel bir şekilde farklıydı. Statik grup, e-postayla gönderilen raporun ötesinde enerji kullanımlarıyla ilgili ek bir geri bildirim almadı, akıllı bilgi grubu ise gaz tüketimleriyle ilgili gerçek zamanlı geri bildirim aldı (m³), elektrik (kWh) ve maliyetler (€/saat). Bu akıllı cihazın, evlere tüm 3 değişken hakkında gerçek zamanlı bilgi verdiği için etkili bir enerji yoksulluğu müdahalesine yaklaştığını varsaydık: gelir (ne kadar € harcadıkları), tüketim (ne kadar m³ ve kWh kullandıkları) ve verimlilik (her davranışın ekranı ne kadar etkilediği).

Niteliksel etki

Yukarıda tanımlanan göstergelerin önceki araştırmalara dayanarak değişmesini bekliyorduk. Neyin değiştiği hakkında bize bilgi verebilseler de, bu değişikliklerin hem evler arasında hem de evlerin içinde nasıl ve neden gerçekleştiğini (veya gerçekleşmediğini) açıklamıyorlar. Bu nedenle, tekrarlanan görüşmelerde enerji koçluğu deneyimi, her verimlilik davranışının nasıl ve neden değiştiği (veya değişmediği) ve enerji gösterimiyle ilgili deneyimlerine ilişkin sorular yer alıyordu.

Veri kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında elde edilen tüm veriler yayımlanan bu makale ve ek dosyalarında yer almaktadır.

Alındı: 7 Ağustos 2024; Kabul Edildi: 21 Kasım 2024

Published online: 13 January 2025

Referanslar

- Boeri, A., Gianfrate, V., Boulanger, SOM ve Massari, M. Enerji yoksulluğu için gelecekteki tasarım yaklaşımları: Kullanıcı profili ve savunmasız olmayan koşullar için hizmetler. *Energiler* **13**(8), 2115 (2020).
- Avrupa Komisyonu. / Enerji yoksulluğu göstergeleri. (2023) adresinden alındı. <https://energy-poverty.ec.europa.eu/epah-indicators>
- Sovacool, BK, Heffron, RJ, McCauley, D. ve Goldthau, A. Enerji kararları adalet ve etik kaygılar olarak yeniden çerçeveleniyor. *Nat. Enerji*. **1**(5), 1–6 (2016).
- Avrupa Komisyonu, Ortak Araştırma Merkezi. AB'de enerji fakiri kim? Göründüğünden daha karmaşık. *Ortak Araştırma Merkezi*. (2024)., 25 Eylül https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/whos-energy-poor-eu-its-more-complex-it-seems-2024-09-25_tr
- Dobbins, A., Fuso Nerini, F., Deane, P. ve Pye, S. AB'nin enerji yoksulluğuna verdiği yanıtın güçlendirilmesi. *Nat. Enerji*. **4**(1), 2–5 (2019).
- Sovacool, BK ve diğerleri. Birleşik Krallık'ta enerji ve ulaşım yoksulluğunun giderilmesine yönelik politika reçeteleri. *Nat. Enerji*. **8**(3), 273–283 (2023).
- Jenkins, K., McCauley, D., Heffron, R., Stephan, H. ve Rehner, R. Enerji adaleti: kavramsal bir inceleme. *Enerji Ar. Sosyal Bil.* **11**, 174–182 (2016).
- González Garibay, M., Primc, K. ve Slabe-Erker, R. Enerji yoksulluğu tahmini için gelişmiş modellere ilişkin görüşler. *Nat. Enerji*. **8**(9), 903–905 (2023).
- Vandyck, T., Della Valle, N., Temursho, U. ve Weitzel, M. Enerji yoksulluğu merceğinden AB iklim eylemi. *Bilim Temsilcisi* **13**(1), 6040 (2023).
- Mulder, P., Dalla Longa, F. ve Straver, K. Hollanda'da ulusal ve yerel düzeyde enerji yoksulluğu: çok boyutlu bir mekansal analiz. *Enerji Ar. Sosyal Bil.* **96**, 102892 (2023).
- Feenstra, M., Middlemiss, L., Hesselman, M., Straver, K., Herrero, T. & S. Enerji dönüşümünün insanileştirilmesi: Hollanda'da enerji yoksulluğuna yönelik ulusal bir politikaya doğru. *Ön. Sürdürülebilir Şehirler*. **3**, 645624 (2021).

12. Wang, Q. ve diğerleri. Çin'de hızlı konut enerjisi dönüşümü altında hane halkı anketleri yoluyla enerji eşitsizliğinin incelenmesi. *Nat. Enerji*.**8**(3), 251–263 (2023).
13. Ballesteros-Arjona, V. ve diğerleri. Enerji yoksulluğunun ve onu iyileştirmeye yönelik müdahalelerin insanların sağlığı ve refahı üzerindeki etkileri nelerdir? Eşitlik bakışı açısıyla bir kapsam incelemesi. *Enerji Ar. Sosyal Bil.***87**, 102456 (2022).
14. Lorenc, A. ve diğerleri. Enerji tarifi değişimini kolaylaştırarak yakit yoksulluğunun üstesinden gelmek: savunmasız gruplarda katılımcı bir eylem araştırma çalışması. *Kamu. Sağlık*.**127**(10), 894–901 (2013).
15. Doll, SC, Davison, EL ve Painting, BR Düşük gelirli tek aileli evlerde hava koşullarına dayanıklılık etkileri ve temel iç ortam çevre kalitesi. *İnşa. Çevre*.**107**, 181–190 (2016).
16. Grey, CN, Schmieder-Gaite, T., Jiang, S., Nascimento, C. ve Poortinga, W. Soğuk evler, yakit yoksulluğu ve enerji verimliliği iyileştirmeleri: uzunlamasına bir odak grup yaklaşımı. *Kapalı Alan Yapılı Çevre*.**26**(7), 902–913 (2017).
17. Peralta, A. ve diğerleri. Kamu konut binalarında enerji verimliliği müdahalelerinin soğukla ilişkili ölüm oranına etkisi: vaka-çapraz analiz. *Uluslararası Epidemioloji Dergisi*.**46**(4), 1192–1201 (2017).
18. Bhushan, N., Steg, L. ve Albers, C. Grafiksel nedensel modeller kullanılarak müdahale programlarının hanehalkı enerji tasarrufu davranışları üzerindeki etkilerinin incelenmesi. *Enerji Ar. Sosyal Bil.***45**, 75–80 (2018).
19. Vurro, G., Santamaria, V., Chiarantoni, C. ve Fiorito, F. İtalya'nın Bari Kentindeki Kamu Konutları Bina Stokunun Enerji Yoksulluğu ve Enerji Verimliliği Üzerindeki İklim Değişikliğinin Etkisi. *İklim*.**10**(4), 55 (2022).
20. Simshauser, P. 2022 enerji krizi: yakit yoksulluğu ve Avustralya Ulusal Elektrik Piyasasındaki politika müdahalelerinin etkisi. *Enerji Ekonomisi*.**121**, 106660 (2023).
21. Cong, S., Nock, D., Qiu, YL ve Xing, B. Enerji eşitliği açığını kullanarak gizli enerji yoksulluğunun ortaya çıkarılması. *Ulusal Topluluk*.**13**(1), 2456 (2022).
22. Carrere, J. ve diğerleri. Enerji yoksulluğunu azaltmada enerji danışmanlığı müdahalesinin etkinliği: Güney Avrupa'daki bir şehirde yapılan yarı deneysel bir çalışmadan elde edilen kanıtlar. *J. Urb. Sağlık*.**99**(3), 549–561 (2022).
23. Sareen, S. Çok ölçekli akıllı enerji dönüşümlerinde dijitalleşme ve sosyal katılım. *Enerji Ar. Sosyal Bil.***81**, 102251 (2021).
24. Caballero, N. ve Della Valle, N. Davranış değişikliği yoluyla enerji yoksulluğunun üstesinden gelmek: sosyal konut bölgelerinde sosyal karşılaştırma müdahalelerine ilişkin bir pilot çalışma. *Ön. Sürdürülebilir Şehirler*.**2**, 601095 (2021).
25. Nibud Kosten van energi ve su. *Nibud*. 20 Şubat 2024'te (2024) adresinden alındı., 29 Ocak <https://www.nibud.nl/onderwerpen/uitgaven/kosten-energie-water/#Gasverbruik>
26. Iweka, O., Liu, S., Shukla, A. ve Yan, D. Evde enerji ve davranış: müdahale yöntemleri ve uygulamalarının incelenmesi. *Enerji Ar. Sosyal Bil.***57**, 101238 (2019).
27. Middlemiss, L., Stevens, M., Ambrosio-Albalá, P., Pellicer-Sifres, V. ve van Grieken, A. Enerji yoksulluğu ve sağlık için müdahaleler nasıl işliyor? *Enerji Politikası*.**180**, 113684 (2023).
28. Maidment, CD, Jones, CR, Webb, TL, Hathway, EA ve Gilbertson, JM Hanehalkı enerji verimliliği önlemlerinin sağlık üzerindeki etkisi: bir meta-analiz. *Enerji Politikası*.**65**, 583–593 (2014).
29. CPB Hollanda Ekonomik Politika Analizi Bürosu. Merkezi ekonomi planı (CEP) 2023. Alındı: (2023). <https://www.cpb.nl/merkezi-ekonomi-plani-cep-2023>
30. Doğa Enerjisi, **8**(3), 304–316.
31. Abbasi, MH ve diğerleri. Binalarda enerji müdahalelerinin planlanması ve yakit yoksulluğunun giderilmesi: Bir çörek ile iki kuş doyurulabilir mi? *Enerji Ar. Sosyal Bil.***93**, 102841 (2022).
32. Jacques-Aviñó, C. ve diğerleri. Enerji yoksulluğunu azaltmaya yönelik bir müdahalenin nitel değerlendirilmesi: Katılımcılar tarafından sosyal kırılganlık tipolojilerine göre algılanan etkiler. *Enerji Politikası*.**167**, 113006 (2022).
33. Onwuegbuzie, AJ & Collins, KM Sosyal bilimlerde araştırmalarında karma yöntem örneklem tasarımı ve tipolojisi. *Niteliksel Tems.***12**(2), 281–316 (2007).
34. Piao, X. & Managi, S. 37 ülkede hanehalkı enerji tasarrufu davranışı, tüketimi ve yaşam memnuniyeti. *Bilim Temsilcisi*.**13**(1), 1382 (2023).

Teşekkürler

Woon Energy Coaching, Amsterdam Belediyesi, Amsterdam Metropolitan Çözümleri Enstitüsü, erken aşama araştırmacılar için Marie Curie İnovasyon Eğitim Ağı ve MIT Senseable City konsorsiyum üyelerine teşekkür etmek istiyoruz: Dubai Future Foundation, Toyota, UnipolTech, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Tele2, Volkswagen Group America, FAE Technology, Fédération Internationale de l'Automobile, Rio de Janeiro, Emilia-Romagna, Stockholm ve Amsterdam.

Yazar katkıları

JL: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Doğrulama, Formel Analiz, Araştırma, Yazma (Orijinal Taslak), Yazma (İnceleme ve Düzenleme)TV: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Doğrulama, Formel Analiz, Araştırma, Yazma (İnceleme ve Düzenleme), DenetlemeF.D: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Doğrulama, Araştırma, Yazma (İnceleme ve Düzenleme), DenetlemeC.R: DenetlemeC.K: Denetleme, Yazma (İnceleme ve Düzenleme) FR: Denetleme, Yazma (İnceleme ve Düzenleme)DP: Denetleme, Yazma (İnceleme ve Düzenleme).

Finansman

Açık erişim finansmanı Royal Institute of Technology tarafından sağlanmaktadır.

Beyanlar

Çıkar çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Ek Bilgiler

Ek BilgilerÇevrimiçi versiyon, şu adreste bulunan ek materyalleri içerir:<https://doi.org/10.1038/s41598-024-80773-9>.

Yazışmalarve malzeme talepleri JL veya FD'ye iletilmelidir **Yeniden basım ve izin bilgileri**şu adreste mevcuttur:www.nature.com/yenidenbaskilar.

Yayıncının notuSpringer Nature, yayınlanan haritalardaki yargı yetkisi iddiaları ve kurumsal bağlantılar konusunda tarafsızlığını korumaktadır.

Açık ErişimBu makale, orijinal yazar(lar)a ve kaynağa uygun atıflarda bulunduğunuz, Creative Commons lisansına bir bağlantı sağladığınız ve değişiklik yapıp yapılmadığını belirttiğiniz sürece herhangi bir ortamda veya biçimde kullanım, paylaşım, uyarlama, dağıtım ve çoğaltmaya izin veren Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası Lisansı kapsamında lisanslanmıştır. Bu makaledeki görseller veya diğer üçüncü taraf materyalleri, materyale ait bir atıf satırında aksi belirtilmediği sürece makalenin Creative Commons lisansına dahildir. Materyal makalenin Creative Commons lisansına dahil değilse ve amaçladığınız kullanım yasal düzenleme tarafından izin verilmiyorsa veya izin verilen kullanımı aşıyorsa, doğrudan telif hakkı sahibinden izin almanız gerekecektir. Bu lisansın bir kopyasını görüntülemek için şu adresi ziyaret edin:<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© Yazar(lar) 2025