

paintistanbul TURKCOAT CONGRESS

Küresel Isınmayı Azaltma Stratejileri: Soğuk Renklerin Dış
Cephe Boya Formülasyonu Üzerindeki Etkisinin Araştırılması

Pınar AYGNER DOĞAN
Suna Elif AKÇİN
Mesut EREN

Nippon Paint
Betek Boya ve Sanayi A.Ş.

İÇERİK

1. ÇALIŞMANIN AMACI

2. TEST YÖNTEMLERİ

- *Çalışılan Formülasyonlar ve Test Methodları*
- *Sıcaklık Ölçüm Cihazları*
- *Sıcaklık Ölçüm Verileri*

3. DENEYSEL SONUÇLAR

- *Farklı PVC Boyalarda Güneş Isısı Soğurma Analizi*
- *Bir Yıllık Test Sonunda Renk Değişiminin Analizi: Mevcut Çalışmaların İncelenmesi*

4. BULGULAR

5. REFERANSLAR

1. ÇALIŞMANIN AMACI

19. yüzyıl Sanayi Devrimi, küresel ısınma çağını başlatan bir dönüm noktasıydı. Dünya sıcaklığındaki artışla karakterize edilen bu olgu, nüfus artışı, genişleyen sanayileşme ve ardından gelen CO₂ emisyonlarındaki artışla ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır [1]. Ön araştırmalar, özellikle büyük şehirlerde, endişe verici bir eğilimi vurgulamaktadır: **Kentsel Isı Adası (UHI) etkisi**. UHI Effect denilen bu sorun, yaşam alanlarının genişlemesiyle yoğunlaşmaktadır [2, 3]. Bu olgu, sıcaklıkların çevredeki kırsal ortamlardan sürekli olarak daha yüksek olduğu yoğun nüfuslu alanların belirgin mikro iklimini tanımlar. Kapsamlı araştırmalar, kentsel ve kırsal alanlar arasında önemli bir sıcaklık farklılığı olduğunu belgelemiştir. Büyük şehirler, gündüzleri yakındaki kırsal alanlara göre 3°C'ye kadar daha yüksek ortalama yıllık hava sıcaklıkları yaşayabilir. Ancak, bu fark geceleri daha da belirginleşir ve sıcaklık farkı potansiyel olarak şaşırtıcı bir şekilde 12°C'ye ulaşır [4, 7]. Bu olgu yalnızca konfor açısından bir zorluk teşkil etmekle kalmaz, aynı zamanda karbon ayak izini arttırarak önemli bir çevresel tehdit de oluşturur.



DIŞ CEPHE BOYA FORMULASYONU

Kentsel Isı Adası (UHI) etkisini azaltma amacıyla yeni bir dış cephe boya formülü üzerine çalışıldı. Bu yenilikçi formül, binalarda daha düşük yüzey sıcaklıklarının korunmasını teşvik ederek ve gelen güneş radyasyonunu yansıtarak bu hedefe ulaşıyor.



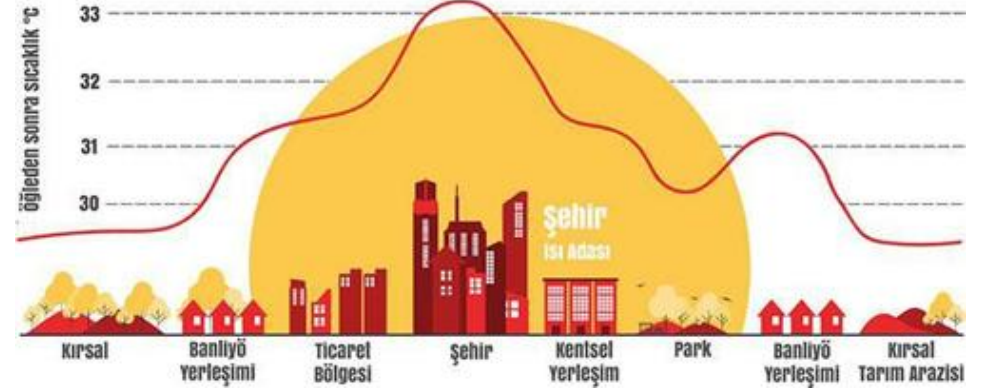
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE ÇEVRESEL ETKİ

Bu ürün, klimaya olan bağımlılığı azaltarak ve kentsel ısı adası etkisini en aza indirerek, şehirlerimiz için karbon ayak izini azaltarak daha sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunma potansiyeline sahiptir[8-10].



EKONOMİK ETKİ

Küresel "Soğuk Kaplamalar" pazarı 2021'de halihazırda 402,8 milyon dolar değerindedir ve 2031'e kadar 780,9 milyon dolara ulaşması öngörülmektedir; bu da 2022 ile 2031 arasında %6,8'lik bir bileşik yıllık büyüme oranını (CAGR) yansıtmaktadır [10-12].



PİGMENT TÜRÜ

Çalışma, özellikle gelişmiş termal performans elde etmek için farklı siyah boya formüllerinin özelliklerini yapılandırmaya odaklanmıştır. Bu özellikler şunları içerir:

Karbon Siyahı: Bu pigment, en koyu ve en yüksek renkle sonuçlanan en düşük **Toplam Güneş Yansımaları (TSR)** değerine sahiptir.

%TSR

Bir yüzey kaplamasının yansıtma kabiliyetini ölçme yöntemini ifade eder. TSR genellikle %0 ile %100 arasında bir yüzde olarak gösterilir. Yüzde daha yüksek bir sayıysa, bu, yüzeyin güneşten gelen radyasyonu yansıtma daha etkili olduğu anlamına gelir.

Termal Performans Analizi

Çalışma, boya kaplamalarının iç ve dış yüzey sıcaklıklarını ölçerek çeşitli siyah pigment pastaların termal performanslarına odaklandı. Üç tür siyah boya analiz edildi:



%PVC

Boyanın NIR yansıtıcılığı üzerinde farklı pigment hacim konsantrasyonu (PVC) aralıklarının etkisi incelendi.

Tablo 1. Pasta örneklerinin PVC değerleri

PVC Değeri (%)	Pigment- Pasta	TSR (%)
40-45	Carbon Black	5,0
	Standart Oxide Paste	17,0
	NIR Black Paste	26,5
	White	79,8



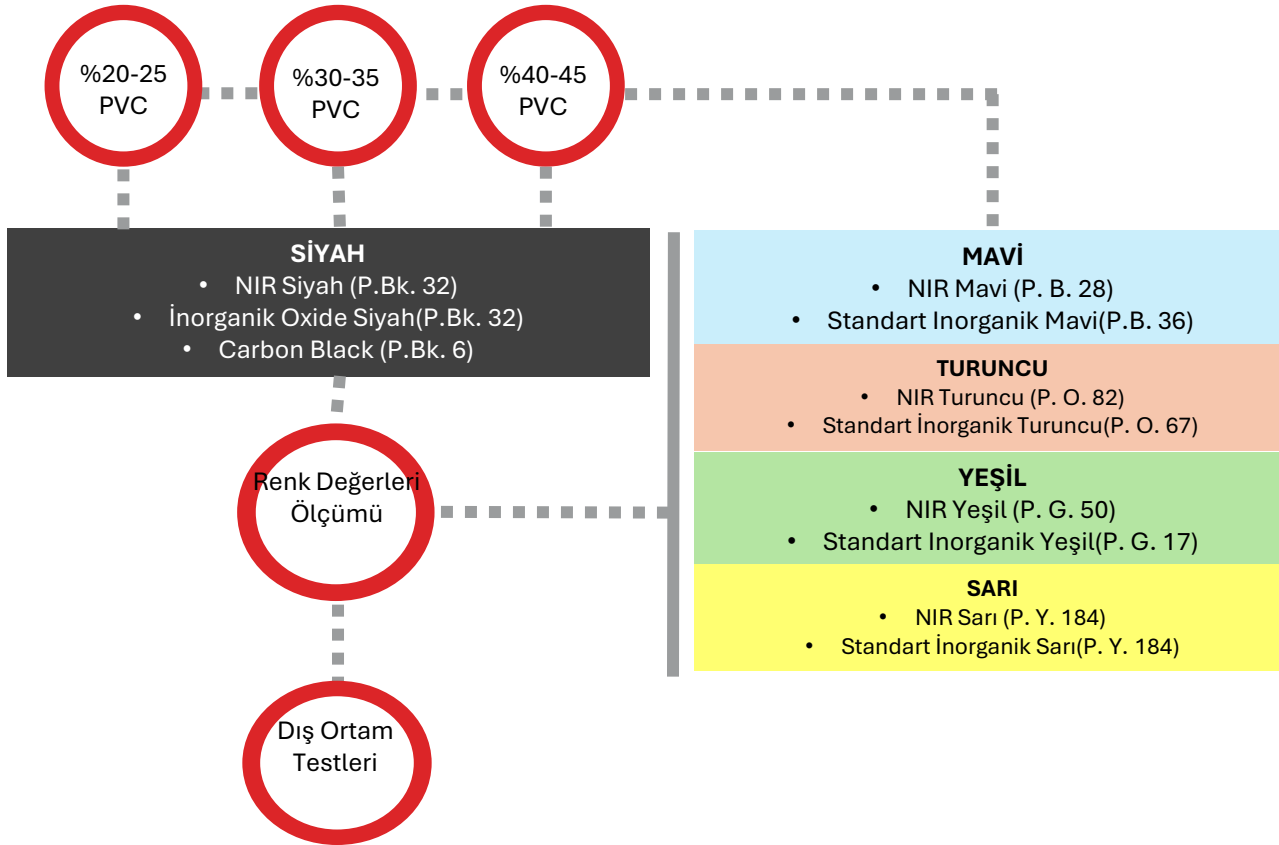
Her boyalı yüzeyden geçen sıcaklık geçirgenliği farklı zaman aralıklarında ölçüldü. Bu yaklaşımda, ısının boya katmanlarından geçme hızını ölçmek amaçlanmıştır.



Çalışmalara ek olarak, farklı renklerin termal performansları IR yansıtıcı pigmentler kullanılarak karşılaştırıldı.

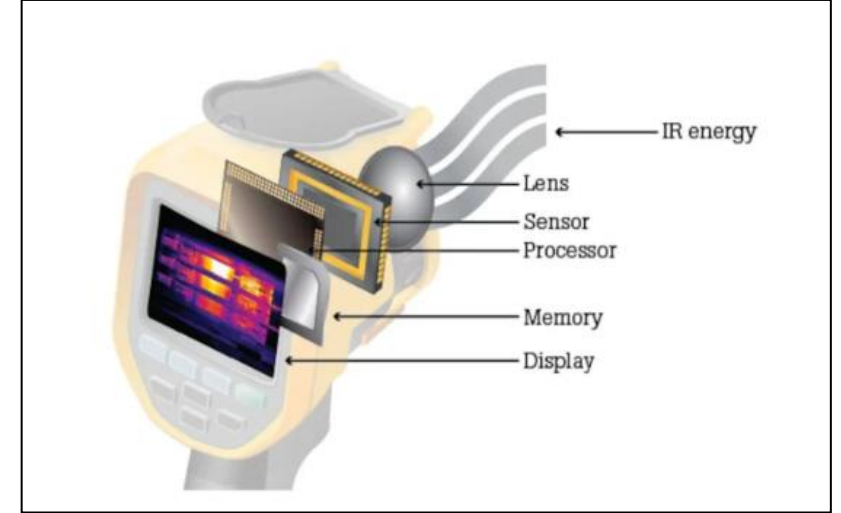
2. TEST YÖNTEMLERİ

2.1. Çalışılan Formülasyonlar ve Test Methodları



2.2. Sıcaklık Ölçüm Cihazları

2.2.1. Termal Kamera

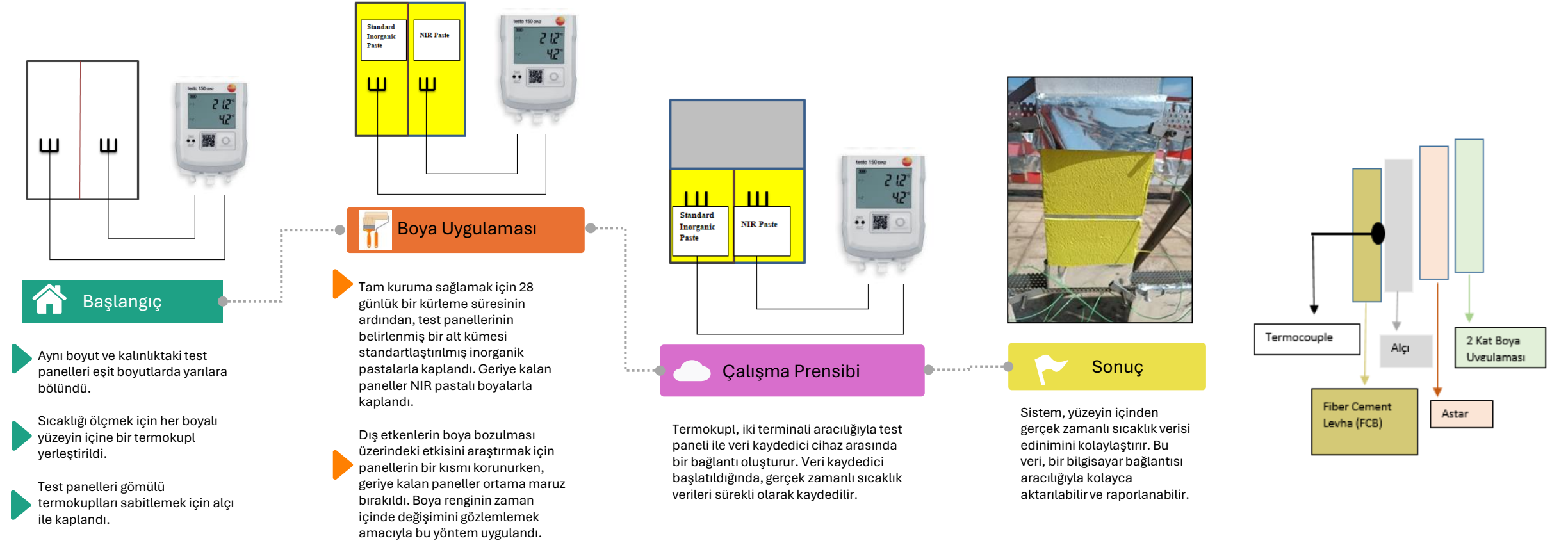


Termal kameralar, nesnelerin yüzeyinden yayılan ısı enerjisini algılayarak görüntü oluşturan cihazlardır.

Termal kamera çalışma prensibi adımları:

- Kızılötesi Radyasyon Algılama Elemanı
- Sinyal İşleme
- Görüntü Oluşturma
- Görüntüleme ve Analiz

2.2.2. Datalogger



2.3. Sıcaklık Ölçüm Verileri

			SICAKLIK (°C)		
PVC ORANI (%)	PİGMENT-PASTA	SAAT	DATALOGGER	THERMAL KAMERA	SICAKLIK-NEM ÖLÇME CİHAZI
40-45	Carbon Black	08:00	24,3	26,0	18,5
	Carbon Black	12:00	37,2	42,6	37,5
	Carbon Black	16:00	52,0	55,3	34,4
40-45	İnorganik Siyah	08:00	22,7	24,2	18,5
	İnorganik Siyah	12:00	36,9	40,6	37,5
	İnorganik Siyah	16:00	51,4	51,3	34,4
40-45	NIR Siyah	08:00	18,9	20,1	18,5
	NIR Siyah	12:00	37,6	39,8	37,5
	NIR Siyah	16:00	50,6	52,3	34,4
40-45	Beyaz	08:00	24,5	26,1	18,5
	Beyaz	12:00	32,4	35,2	37,5
	Beyaz	16:00	33,5	36,8	34,4
40-45	Inorganik Mavi	16:00	38,3	42,8	34,4
	NIR Mavi	16:00	37,5	42,5	34,4
40-45	Inorganik Turuncu	16:00	36,3	40,4	34,4
	NIR Turuncu	16:00	36,8	40,1	34,4
40-45	Inorganik Yeşil	16:00	40,1	40,9	34,4
	NIR Yeşil	16:00	40,8	41,5	34,4
40-45	Inorganik Sarı	16:00	38,9	41,1	34,4
	NIR Sarı	16:00	39,2	41,8	34,4



Gün boyunca yapılan çalışmalarda kapsamlı bir sıcaklık analizi yapıldı. Yüzeyin arkasındaki sıcaklıklar, stratejik olarak yerleştirilmiş termokupllar kullanılarak ölçüldü.



Aynı zamanda, bir termal kamera yüzey sıcaklığı verilerini ölçerken, havanın anlık nem ve sıcaklığı ölçüldü. **Verilerin zamansal analizi, 16:00'da ölçülen hava sıcaklığının yüzeyin arkasındaki sıcaklıktan daha düşük olduğunu ortaya koydu.**



Deneyisel veriler, kaplama tarafından gün boyunca emilen ısının kademeli olarak ortama geri salındığını göstermektedir. Kapsama gün boyunca ısıyı emerken, bu bulgular ısının arkada daha fazla algılandığını göstermektedir.

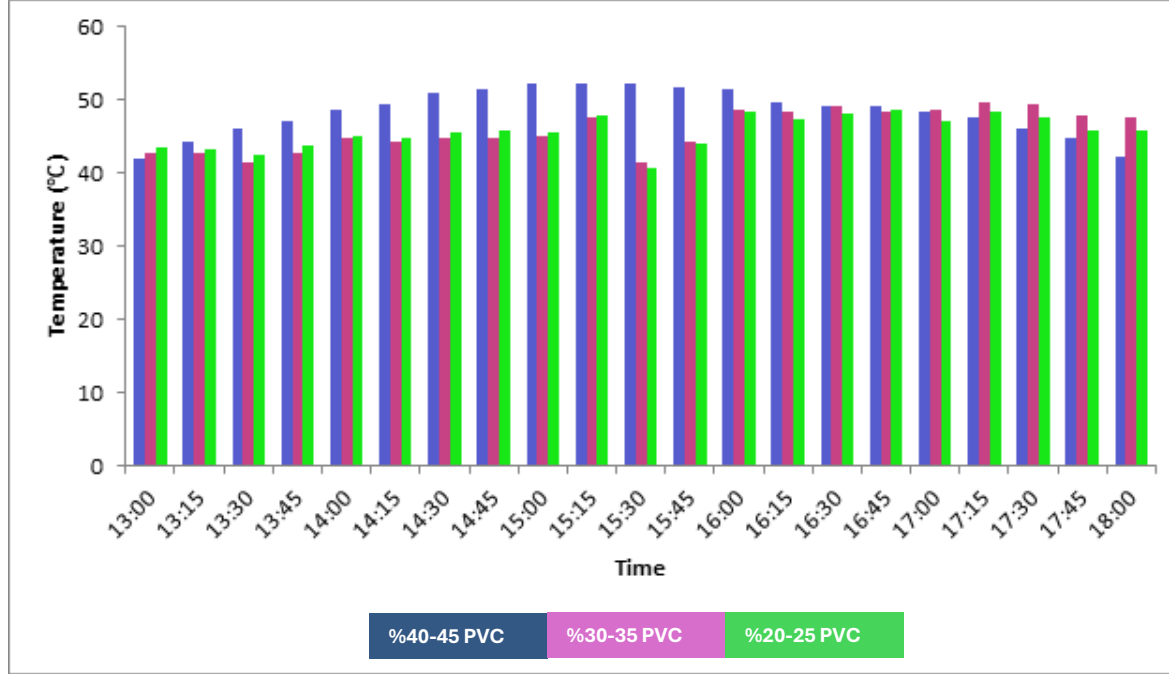


Dört ayrı renk örneği için saat 16:00'da elde edilen sıcaklık okumalarının incelenmesi, yansıtıcı ve standart pastalar arasında sıcaklık yansımada istatistiksel olarak anlamlı bir fark ortaya koymamıştır.

Bu araştırma, yakın kızılötesi (NIR) pigmentlerin %40-45 PVC içeren formülasyonlarda kanıtlanabilir şekilde farklılaştığını ortaya koymuştur. Tersine, daha düşük PVC içeriğine sahip formülasyonlarda NIR pigmentlerine atfedilebilecek anlamlı bir farklılaşma gözlenmemiştir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

3.1. Farklı PVC Boyalarda Güneş Isısı Soğurma Analizi



✓ Tablo, çeşitli PVC boya formülasyonları için güneş ısı emilim oranlarını göstermektedir. Ayrıca, saat 16:00'da farklı PVC konsantrasyonlarındaki siyah pigmentler için sıcaklık okumalarını vurgulamaktadır.

🏆 Hem tablo hem de grafik, %20-25 PVC'nin en düşük güneş ısı emilimine sahip olduğunu göstermektedir.

			SICAKLIK (°C)		
PVC ORANI (%)	PIGMENT-PASTA	SAAT	DATALOGGER	THERMAL CAMERA	SICAKLIK-NEM ÖLÇER
40-45	Carbon Black	16:00	52,0	55,3	34,4
40-45	NIR Siyah Pasta	16:00	50,6	52,3	34,4
ΔT (°C)			1,4	3,0	-

%TSR değeri yüksek ve güçlü yansıtıcı özelliklere sahip bir pigment olan NIR siyah macunu için hava sıcaklığı ile yüzey tarafından emilen sıcaklık arasındaki fark **yaklaşık 16°C'dir**. En koyu renk olan ve en düşük TSR değerine sahip karbon siyahında hava ile emilen yüzey sıcaklığı arasındaki **sıcaklık farkı 18°C'ye** ulaşır.



Termal kamera ölçümleri dikey bir yönelimde gerçekleştirilmiştir. Ancak, önceki araştırmalar yatay yüzeylerde tercihli ısı birikimi olduğunu öne sürmektedir. Bu yönelim muhtemelen yakın kızılötesi (NIR) pigmentlerle kaplanmış yüzeyler ile standart inorganik macun içeren yüzeyler arasında tespit edilebilir bir sıcaklık farkının olmamasına katkıda bulunmuştur.

			SICAKLIK (°C)		
PIGMENT-PASTA	PVC DEĞERİ (%)	SAAT	DATALOGGER	TERMAL CAMERA	SICAKLIK-NEM ÖLÇER
Carbon Black Pasta	20-25	16:00	38,4	47,4	34,4
Carbon Black Pasta	30-35	16:00	41,0	49,8	34,4
Carbon Black Pasta	40-45	16:00	52,0	55,3	34,4
İnorganik Siyah Pasta	20-25	16:00	48,4	50,4	34,4
İnorganik Siyah Pasta	30-35	16:00	48,6	51,0	34,4
İnorganik Siyah Pasta	40-45	16:00	51,4	51,8	34,4
NIR Siyah	20-25	16:00	42,2	48,2	34,4
NIR Siyah	30-35	16:00	43,3	49,1	34,4
NIR Siyah	40-45	16:00	50,6	51,8	34,4



Tablo verilerinin analizi, PVC içeriği ile yansıtıcı özellikler arasında bir korelasyon olduğunu ortaya koymaktadır.



%20-25 PVC aralığındaki örnekler, %40-45 PVC içeriğine sahip olanlara kıyasla daha yüksek bir yansıtma derecesi sergilemektedir.



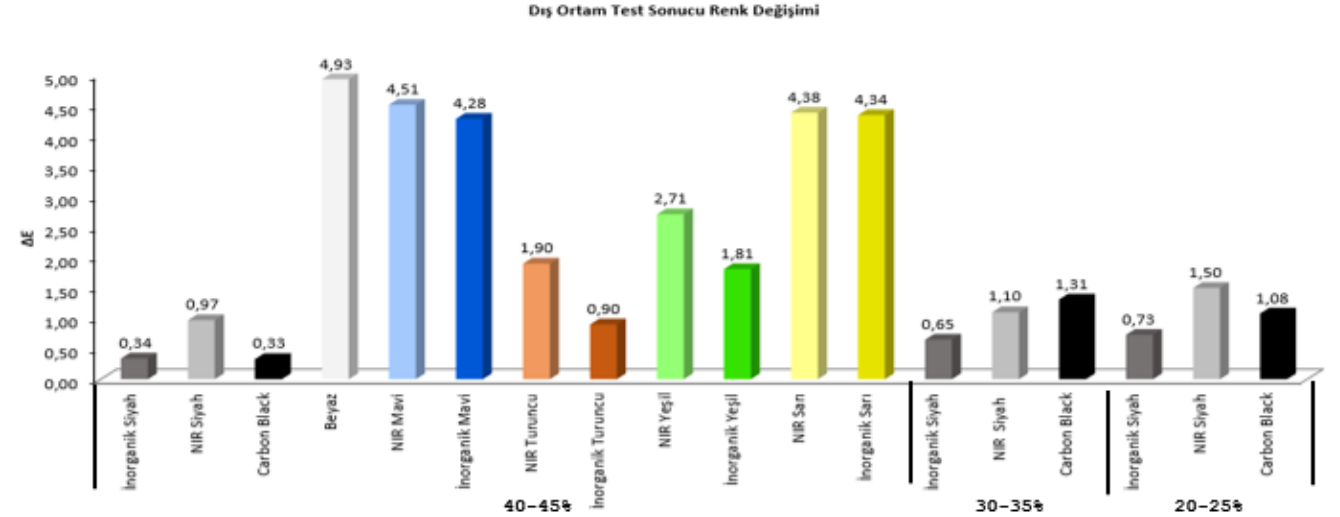
Gözlemlenen sonuçlara dayanarak, **bağlayıcı oranı ile yüzey ısı yansımaları arasında pozitif bir korelasyon** olduğunu öne süren bir hipotez önerilmektedir.

3.2. Bir Yıllık Bir Dönemdeki Renk Değişiminin Analizi: Mevcut Çalışmaların İncelenmesi

Pasta	Color Index (C.I.)	PVC (%)	Renk Değişimi ΔE
İnorganik Siyah	P.Bk. 32	40-45	0,34
NIR Siyah	P.Bk. 32		0,97
Carbon Black	P.Bk. 6		0,33
Beyaz	-	30-35	4,93
İnorganik Siyah	P.Bk. 32		0,65
NIR Siyah	P.Bk. 32		1,10
Carbon Black	P.Bk. 6	20-25	1,31
İnorganik Siyah	P.Bk. 32		0,73
NIR Siyah	P.Bk. 32		1,50
Carbon Black	P.Bk. 6	40-45	1,08
NIR Mavi	P. B. 28		4,51
İnorganik Mavi	P. B. 36		4,28
NIR Turuncu	P. O. 82		1,90
İnorganik Turuncu	P. O. 67		0,90
NIR Yeşil	P. G. 50		2,71
İnorganik Yeşil	P. G. 17		1,81
NIR Sarı	P. Y. 184	40-45	4,38
İnorganik Sarı	P. Y. 184		4,34



Bir yıllık dış mekan test süresinin ardından yapılan analiz, yansıtıcı ve standart dış mekan numuneleri arasındaki renk bozulmasında minimum farklar olduğunu ortaya koymuştur.



4. BULGULAR

● Sürdürülebilirlik

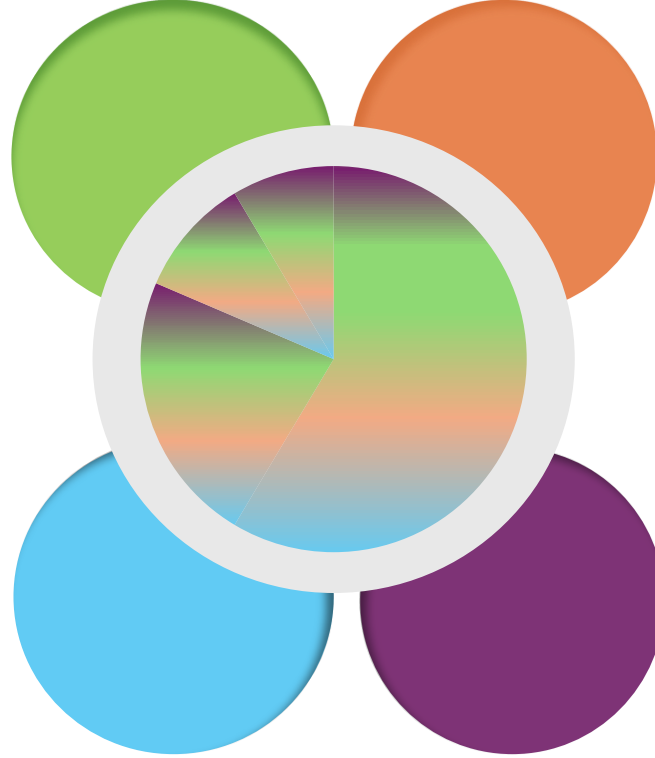
Bu çalışma, henüz Türkiye’de yaygın olarak kullanılmayan NIR pigmentlerinin kullanımıyla sürdürülebilirlik ve inovasyon konularında da ön plana çıkmıştır.

Buna paralel olarak, projenin karbon ayak izini azaltarak ve kentsel ısı adası (UHI) etkisini azaltarak çevresel etkisini azaltmak için araştırmalar yapılmıştır.

● Bilgi Birikimi/ Know – How

Dış cephe boyasının yakın kızılötesi (NIR) yansıtıcılığına ilişkin bir araştırma yürütülmüş ve bağlayıcı-PVC oranının etkisine odaklanılmıştır.

Siyah ve ara tonlarda gözlemlenen renk kararlılığının analizi, NIR etkin pigmentlerin güçlü ve zayıf yönleri hakkında bir bilgi birikimi oluşmasını sağlamıştır. Güneş ısı yansıtma verileri, bir dizi zamana bağlı ölçüm yoluyla elde edilmiştir.



● Çıkarımlar

Siyah olmayan renklendirmelerde renk kararlılığı ve yakın kızılötesi (NIR) yansımasına ilişkin proje verilerinin analizi, geleneksel dış pigmentlerin sürekli kullanımının en uygun maliyetli çözümü sunduğunu göstermektedir.

Boya verilerinin analizi, %20-25 PVC stiren akrilik bağlayıcı içeren formülasyonun, test edilen %20-25, %30-35 ve %40-45 PVC içerikleri arasında en yüksek yansıtıcılığı gösterdiğini ortaya koymaktadır. Gün boyunca üç farklı zamanda gerçekleştirilen yüzey sıcaklığı ölçümlerinin analizi, en önemli sıcaklık farkının 16:00'da meydana geldiğini ortaya koymuştur. 16:00'daki %20-25 PVC içeriğine ilişkin verilerin daha fazla incelenmesi, ortam hava sıcaklığına kıyasla yaklaşık 4°C'lik bir sıcaklık farkı olduğunu göstermiştir. Eş zamanlı olarak, NIR siyah pigmenti ile karbon siyahı arasında 7°C'lik bir sıcaklık farkı gözlemlenmiştir.

● NIR pigmentlerinin etkinliğini artırmak için bağlayıcı oranında bir artış ve buna karşılık gelen PVC oranında bir azalma gözlemlenmiştir. Buna karşılık, düşük bağlayıcı oranı ve yüksek PVC oranına sahip formülasyonlar fark edilebilir bir NIR etkisi göstermemiştir. Bu, NIR pigmentlerinin emilim özelliklerinin daha yüksek PVC konsantrasyonlarında muhtemelen arttığını göstermektedir. Sonuç olarak, bu pigmentlerin etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için optimum PVC oranını belirlemek çok önemlidir.

5. REFERANSLAR

A.M., Maruf and U., Chowdhary.2021. Color measurement and colorfastness of different weaves and dimensional forms. J Textile Sci & Fashion Tech., vol. 8(1).

D., Hao, X., Wang, X., Liu, X., Zhu, S., Sun, J., Li, O., Yue.2020. A novel eco-friendly imidazole ionic liquids based amphoteric polymers for high performance fatliquoring in chromiumfree tanned leather production. Journal of Hazardous Materials, vol. 399.

Dimoudi, A., Tompa, C. 2008. Energy and environmental indicators related to construction of office buildings. Resources, Conservation and Recycling, 53(1-2): 86-95.

Gangulya, A., Chowdhurya, D., Neogi, S. 2016. Performance of Building Roofs on Energy Efficiency—A Review. Energy Procedia. 90: 200–208.

K. Parikh, S. Mehta, C. Gajjar, H. Patel, and G. Patel. 2024. Improving Roof Surface Temperature Control Using Heat-Reflective Inorganic Composition for Paint and Coating Application. Journal of Testing and Evaluation 52 (2) pp. 977–987.

K.M. Aguilar-Castro , J.L. Cerino-Isidro , C.E. Torres-Aguilar , O. May Tzuc, E.V. Macias-Melo, J. Serrano-Arellano. 2024. Effect of interior and exterior roof coating on heat gain inside a house. Construction and Building Materials.454.

M. Sari., K. Aksoy.2023. The Role of Exterior Paints in Enhancing Energy Efficiency: An Analysis of Buildings in Cities. The European Journal of Research and Development, 3(4), 369- 380.

Ork E. N., Yakut F., Mutlu M., M. 2021. Behaviour Of Ir Reflective Dyes And Pigments On Different Fatliquored Upholstery Leathers. pp.119-124. 22(1).

Ozaki, Y., Morisawa, Y. 2021. Principles and Characteristics of NIR Spectroscopy. In: Ozaki, Y., Huck, C., Tsuchikawa, S., Engelsen, S.B. (eds) Near-Infrared Spectroscopy. Springer, Singapore.

Ravindra G. Puri, Kiran S. Dalal, Umesh Dhuldhaj, Bhushan L. Chaudhari. 2021. Biocides for Coating Formulations: Current Status and Future Challenges., pp. 605-633.

Thongkanluang, T., Chirakanphaisarn, N., Limsuwan, P. 2012. Preparation of NIR Reflective Brown Pigment. Procedia Eng., 32: 895–901.

Zhang, L.; Deng, Z.; Liang, L.; Zhang, Y.; Meng, Q.; Wang, J.; Santamouris, M. 2019. Thermal behavior of a vertical green facade and its impact on the indoor and outdoor thermal environment. Energy Build. 204



TEŞEKKÜRLER

