

Araba Radyatöründeki Nanoakışkanların Isı Transfer Performansı

Edip Taşkesen^{1*}, Hakan Dumrul¹, Serdal Damarseçkin¹, Hüseyin Gürbüz², Elif Nur Bilen³

¹Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Şırnak Üniversitesi, Şırnak, Türkiye

²Makine Mühendisliği Bölümü, Şırnak Üniversitesi, Şırnak, Türkiye

³Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Bilimi ve Teknolojileri, Şırnak Üniversitesi, Şırnak, Türkiye

E-mail: edip.taskesen@sirnak.edu.tr

Özet - Nanoakışkanların üstün termofiziksel, reolojik ve tribolojik özelliklerinden dolayı, otomobillerde ısı transferi ve yağlama gibi uygulamalarda kullanılabilirler. Otomobillerde nanoakışkanların, radyatör soğutucu, motor yağlayıcı, klima sistem yağlayıcı, motor yakıtı, fren sıvısı ve şok absorblayıcı gibi olası uygulamaları bulunmaktadır.

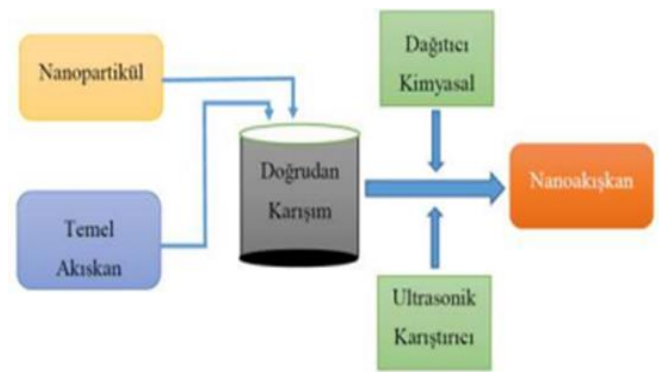
Bu çalışmada, araba radyatöründe soğutucu akışkan olarak nanoakışkanların kullanılması ile ısı transfer hızındaki değişim incelenmiştir. Nanoakışkanların radyatörlerdeki ısı transferi üzerindeki etkisi, birkaç faktöre bağlıdır. Bunlar arasında nanoakışkanın konsantrasyonu, boyutu, şekli ve akışkanın viskozitesi gibi faktörler yer almaktadır. Ayrıca, nanoakışkanların radyatörün içinde nasıl dağıldığı da önemlidir. Nanoakışkanların homojen bir şekilde dağılması, daha iyi bir ısı transferi sağlamaktadır.

Sonuç olarak, araba radyatörlerinde kullanılan nanoakışkanlar, daha iyi ısı transferi sağlayarak aracın motorunun daha verimli çalışmasına ve daha uzun ömürlü olmasına yardımcı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Nanoakışkan, Araba Radyatörü, Isı Transfer Performansı, Verim.

I. GİRİŞ

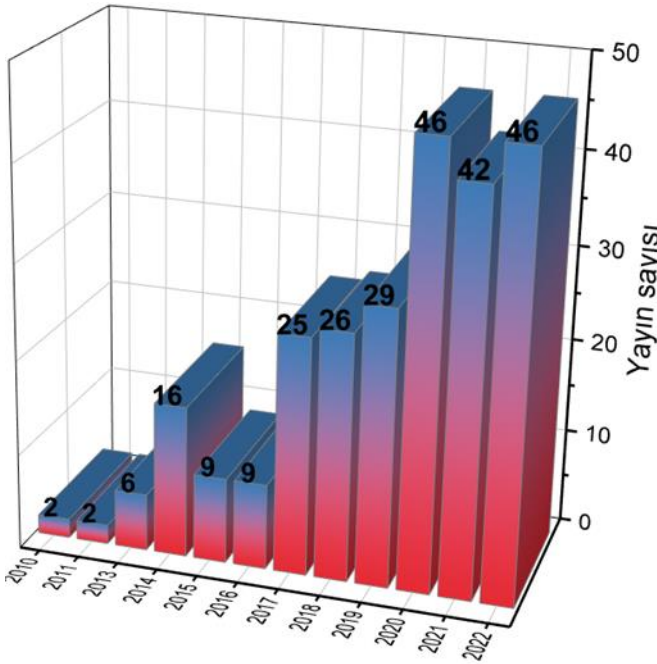
Nanoakışkanlar, nanometre ölçeğindeki partiküllerin sıvı içinde dağılmasıyla oluşmaktadır. Bu partiküllerin yüzey alanı, normal sıvılarla karşılaştırıldığında çok daha büyük olduğu için, sıvının yüzey temas alanını artırarak ısı transferini artırmaktadır. Isıtma ve soğutma sistemlerinde daha fazla verim elde etmek için son zamanlarda temel akışkanların (su, yağ, etilen glikol vb.) yerine nanoakışkanlar tercih edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Nanoakışkan elde etme yöntemi [1].

Araba radyatörlerinde kullanılan nanoakışkanlar, ısı transferini arttırmak ve radyatör verimliliğini arttırmak için kullanılırlar [2]. Nanoakışkanlar yüksek ısı iletkenliğine sahiptirler. Bu da sıvının ısını daha hızlı bir şekilde transfer etmesine yardımcı olmaktadır. Bu özellikleri

sayesinde, nanoakışkanlar, araba radyatörlerinde daha etkili bir soğutma sağlayarak, motorun daha düşük sıcaklıklarda çalışmasına yardımcı olabilirler [3]. Araba radyatörlerinde kullanılan nanoakışkanlar, normal sıvı soğutuculara göre daha yüksek ısı transfer performansı sağlayabilirler [4]. Ancak, nanoakışkanların kullanımıyla ilgili bazı sorunlar da gerçekleşebilmektedir. Örneğin, nanoakışkanların yüksek maliyeti ve radyatörlerde tıkanma riskinin artması gibi konular dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, araba radyatörlerinde nanoakışkan kullanımı, dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli ve uygun şekilde uygulanmalıdır. Ancak, nanoakışkanların radyatörlerde kullanımıyla ilgili bazı potansiyel dezavantajlar da bulunmaktadır. Bununla birlikte, araştırmalar, doğru şekilde kullanıldığında nanoakışkanların araba radyatörlerinde kullanımının, ısı transferi ve verimlilik açısından önemli avantajlar sağlayabileceğini göstermektedir. Şekil 2’de Web of Science 2010-2023 tarihleri arasında otomotiv radyatöründe nanoakışkanların kullanımı ile ilgili çalışmalar gösterilmiştir. Bu istatistiksel analiz radyatörlerde ısı transfer akışkanı olarak nanoakışkanların kullanımının dünya genelinde araştırmacıların ilgisini çekmiştir ve her geçen yıl nanoakışkanların araba radyatörlerindeki kullanımına ait çalışmalar artış göstermiştir.



Şekil 2. Web of Science istatistikleri (2010–2023),

“nanoakışkan” anahtar kelimesiyle arandı sonuçlar “radyatör” anahtar kelimesi ile filtrelendi.

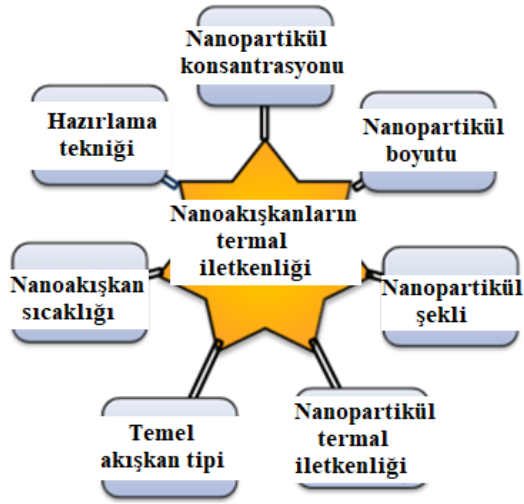
Bu araştırmada otomotiv radyatöründe kullanılan nanoakışkanların ısı performans konusu ve kararlılık ile ilgili yapılmış çalışmalar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

II. NANOAKIŞKANIN TERMAL İLETKENLİĞİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

Isı transferi uygulamaları için nanoakışkanların hazırlanmasında nanomalzemeler seçilirken dikkate alınması gereken faktörler şunlardır: (i) kimyasal kararlılık, (ii) termofiziksel özellikler, (iii) toksisite, (iv) bulunabilirlik, (v) baz sıvı ile uyumluluk ve (vi) maliyettir. Nanoakışkan formülasyonu için en yaygın kullanılan nanopartiküller alüminyum (Al), bakır (Cu), gümüş (Ag), demir (Fe), titanyum (Ti), silikon (Si), çinko (Zn), magnezyum (Mg), karbondur. nanotüpler (CNT'ler), grafen, grafen oksit ve elmadır. Nanoakışkanformülasyonu için yaygın olarak kullanılan baz sıvılar su, etilen glikol (EG), EG – H₂O karışımları ve yağlardır [5]. Şekil 3’te nanoakışkanların termofiziksel özelliklerini etkileyen parametreler, Şekil 4’te ise nanoakışkanların termal iletkenliğini etkileyen parametreler verilmiştir.



Şekil 3. Nanoakışkanların termofiziksel özelliklerini etkileyen ana parametreler [7].



Şekil 4. Nanoakışkanların termal iletkenliğini etkileyen parametreler [6].

III. OTOMOTİV RADYATÖRÜNDE NANOAKIŞKAN KULLANIMI

Çeşitli çalışmalar [8]–[10], nanoakışkanların otomotiv soğutma sistemlerinde kullanılmasının, radyatörün boyut ve ağırlığının azaltılmasına izin verebileceğinin yanı sıra daha yüksek verimlilik ve daha düşük yakıt tüketimini garanti edebileceğini vurgulamaktadır. Otomotiv soğutma sistemlerindeki nanoakışkan performansını çeşitli sıcaklıklar ve koşullar altında değerlendirmek için, genel ısı transfer katsayısını artırmak ve böylece pompalamada kullanılan enerjiyi en aza indirmek için uygun koşulları belirlemek gerekmektedir. Literatürde bulunan ve nanoakışkanların hazırlanmasında genellikle temel akışkan olarak suyun kullanıldığı uygulamaların çoğundan farklı olarak, otomotiv soğutma sistemlerinde de sıcaklık göz önüne alındığında su/etilen glikol karışımlarından (farklı oranlarda) yararlanılmaktadır. Soğutma sıvısı 90 ile 110 °C arasındaki değerlere ulaşabilmektedir.

Tablo 1’de, otomotiv radyatörlerinde ısı transfer akışkanı olarak nanoakışkanların kullanıldığı çalışmalardan, çalışma sıcaklığı 90 °C’nin altında olan sistemler örneklendirilmiştir. Bu sistemlerin örneklendirilmesinin sebebi gerçek otomotiv soğutma sistemine yakın çalışma sıcaklıklarında nanoakışkanların olası uygulamalarına ilişkin bilgilerin sınırlı olmasıdır. Otomotiv radyatör uygulamalarında soğutucu akışkan olarak nanoakışkanlar uygulandığında ısı transfer hızında

artış olmasına rağmen sistemde kullanılan nanoakışkanların sıcaklık artışından dolayı kararlılıklarının etkilendiği belirlenmiştir [11]–[13].

Tablo 1. Otomotiv radyatörlerinde nanoakışkanların kullanıldığı çalışmaların özeti.

Yazar	Nanopartikül-Boyutu	Temel Akışkan	Konsantrasyon	Sıcaklık Aralığı	Sonuçlar
[14].	MWCNT	Su	Ağırlıkça %0.05–0.16	50–80 °C	Ağırlıkça %0.16 \dot{Q} %17.0 azalmış
[15].	TiO ₂ - 21 nm	Su/E G 60:40	Hacimce %0.1–0.5	35–45 °C	hacimce %0,5’te h %35 artmış.
[16].	Graphene- Kalınlık 5–10 nm	Su/E G 70:30	Hacimce %0.1–0.5	35–45 °C	h % 29 artmış.
[17].	Cu-40 nm	Su	Hacimce 0.025–0.075	50–60 °C	h ↑ en yüksek konsantrasyon için %88
[18].	Co ₃ O ₄ - 21 nm Al ₂ O ₃ - 25 nm	Su su/E G 90:10 su/E G 80:20	%0,02–0,1 hacimce, %0,05–0,2 hacimce	50–90 °C	Nu ↑ 90°C’de Co3O4/su için %31,7
[19].	CuO	su/E G 50:50 su/E G 60:40 su/E G	%0,2–1 hacim	60–70 °C	\dot{Q} ↑ %1 hacim için %19,38 ve su:EG (60:40)

		70:3 0			
[20].	Fe ₂ O ₃ - TiO ₂ 40 nm- 15 nm	Su	Hacimce %0,005- 0,009	48- 56 °C	h ↑ %26, hacimce %0,009

IV. SONUÇLAR

Nanoakışkanlar, tipik olarak geleneksel akışkanların özelliklerine benzer şekilde davranmakta, ancak daha küçük boyutlu partiküller içermektedirler. Bu partiküller, akışkanın viskozitesini artırarak daha yüksek bir ısı transfer katsayısı sağlarlar. Ayrıca, nanoakışkanlar sıcaklıklara karşı daha dirençli olduklarından, yüksek sıcaklıkta da etkili bir şekilde çalışabilirler. Gelecekte, nanoakışkanlar, otomobil endüstrisindeki olağanüstü ısı transfer özelliklerinden dolayı potansiyel termal akışkan olarak güçlü bir aday olacaktır. Otomotiv radyatörlerindeki nanoakışkanlar, özellikle yüksek performanslı araçlar için geliştirilmiştir. Bu tür araçlar, motorlarının daha fazla ısınması nedeniyle daha yüksek sıcaklıklara maruz kalırlar. Nanoakışkanların kullanımı, bu araçların daha verimli bir şekilde soğutulmasını sağlamakta ve aynı zamanda motorun ömrünü de uzatabilmektedir. Sonuç olarak, otomotiv endüstrisinde radyatör uygulamalarında nanoakışkanların sağladıkları termal iletkenlik sayesinde arzu edilen kullanımları olmasına rağmen kararlılıkları otomotiv endüstrisinde kullanılmamalarının ana faktörlerindedir. Araştırmacıların nanoakışkanların kararlılığını iyileştirme üzerine birçok araştırma yapmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Şırnak Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (ŞÜ, BAP, Proje Numarası: 2023.FNAP.06.03.01) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] F. ŞAHİN and L. NAMLI, "NANOAKIŞKANLARDA KARARLILIĞIN ISI TRANSFERİNİ İYİLEŞTİRME AÇISINDAN ÖNEMİ," *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilim. Derg.*, vol. 7, no. 2, pp. 880–898, 2018.
- [2] H. Ahmad *et al.*, "Experimental investigation for automotive radiator heat transfer performance with ZnO–Al₂O₃/water-based hybrid nanoparticles: an improved thermal model," *Int. J. Mod. Phys. B*, vol. 37, no. 05, p. 2350050, 2023.
- [3] P. G. Kumar, V. S. Vigneswaran, V. Sivalingam, R. Velraj, S. C. Kim, and V. Ramkumar, "Enhancing heat transfer performance of automotive radiator with H₂O/activated carbon nanofluids," *J. Mol. Liq.*, vol. 371, p. 121153, 2023.
- [4] M. B. Kiaei, P. Adibi, and E. Abedini, "Heat transfer evaluation of single and hybrid nanofluids as cooling media in car radiators: A 3D-CFD approach in flat tubes," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part E J. Process Mech. Eng.*, p. 09544089231156053, 2023.
- [5] K. S. Suganthi and K. S. Rajan, "Metal oxide nanofluids: Review of formulation, thermo-physical properties, mechanisms, and heat transfer performance," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 76, pp. 226–255, 2017.
- [6] M. M. Tawfik, "Experimental studies of nanofluid thermal conductivity enhancement and applications: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 75, no. November 2016, pp. 1239–1253, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.11.111.
- [7] S. Bobbo, B. Buonomo, O. Manca, S. Vigna, and L. Fedele, "Analysis of the parameters required to properly define nanofluids for heat transfer applications," *Fluids*, vol. 6, no. 2, p. 65, 2021.
- [8] H. W. Xian, N. A. C. Sidik, and G. Najafi, "Recent state of nanofluid in automobile cooling systems," *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 135, no. 2, pp. 981–1008, 2019.
- [9] M. U. Sajid and H. M. Ali, "Recent advances in application of nanofluids in heat transfer devices: a critical review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 103, pp. 556–592, 2019.
- [10] F. Abbas *et al.*, "Nanofluid: Potential evaluation in automotive radiator," *J. Mol. Liq.*, vol. 297, p. 112014, 2020.
- [11] N. Hordy, D. Rabilloud, J.-L. Meunier, and S. Coulombe, "High temperature and long-term stability of carbon nanotube nanofluids for direct absorption solar thermal collectors," *Sol. Energy*, vol. 105, pp. 82–90, 2014.
- [12] Z. Said *et al.*, "Enhancing the performance of automotive radiators using nanofluids," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 112, pp. 183–194, 2019.
- [13] S. Chakraborty and P. K. Panigrahi, "Stability of nanofluid: A review," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 174, p. 115259, 2020.
- [14] G. A. Oliveira, E. M. C. Contreras, and E. P. Bandarra Filho, "Experimental study on the heat transfer of

- MWCNT/water nanofluid flowing in a car radiator,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 111, pp. 1450–1456, 2017.
- [15] S. Devireddy, C. S. R. Mekala, and V. R. Veeredhi, “Improving the cooling performance of automobile radiator with ethylene glycol water based TiO₂ nanofluids,” *Int. Commun. heat mass Transf.*, vol. 78, pp. 121–126, 2016.
- [16] C. Selvam, D. M. Lal, and S. Harish, “Enhanced heat transfer performance of an automobile radiator with graphene based suspensions,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 123, pp. 50–60, 2017.
- [17] R. Ravisankar, “Application of nanotechnology to improve the performance of tractor radiator using cu-water nanofluid,” *J. Therm. Eng.*, vol. 4, no. 4, pp. 2188–2200, 2018.
- [18] A. M. Elsaid, “Experimental study on the heat transfer performance and friction factor characteristics of Co₃O₄ and Al₂O₃ based H₂O/(CH₂OH)₂ nanofluids in a vehicle engine radiator,” *Int. Commun. Heat Mass Transf.*, vol. 108, p. 104263, 2019.
- [19] M. B. Maisuria, D. M. Sonar, M. K. Rathod, and M. K. Bhatt, “Experimental and analytical investigation on an automobile radiator with CuO/EG-water based nanofluid as coolant,” *Heat Transf. Res.*, vol. 48, no. 6, pp. 2596–2612, 2019.
- [20] F. Abbas *et al.*, “Towards convective heat transfer optimization in aluminum tube automotive radiators: Potential assessment of novel Fe₂O₃-TiO₂/water hybrid nanofluid,” *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 124, pp. 424–436, 2021.