

Memarlıq və dizaynda nanomateriallar və nanoyapılı sistemlər: funksional və davamlı tətbiqlər

Rasim Qurbanov 

Xülasə. Nanotexnologiya müasir memarlıq və dizayn təcrübəsinə əhəmiyyətli təsir göstərən transformativ bir sahə kimi ortaya çıxmışdır. Materialların nanoölçüdə idarə edilməsi ilə adi materiallardan əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənən unikal fiziki, kimyəvi və mexaniki xüsusiyyətlərə malik maddələr yaratmaq mümkündür. Bu xüsusiyyətlər materialların gücləndirilmiş mexaniki möhkəmlik, enerji səmərəliliyi, öz-özünü təmizləmə qabiliyyəti və antibakterial performans da daxil olmaqla çoxsaylı funksiyaları yerinə yetirməsinə imkan verir. Bunun nəticəsində nanomateriallar və nanoyapılı sistemlər davamlı və yüksək performanslı tikili mühitlərinin inkişafında getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Bu tədqiqat ədəbiyyat icmalı və konseptual təhlili birləşdirən keyfiyyət araşdırma yanaşması vasitəsilə memarlıq və dizaynda nanomaterialların rolunu araşdırır. Tədqiqat nanotexnologiyanın memarlıq və daxili dizayn kontekstlərində həm funksional performans, həm də estetik potensialına necə töhfə verdiyini araşdırır. İki nümunə geniş analitik təhlil edilir: bina fasadlarına tətbiq edilən öz-özünü təmizləyən nanoörtüklər və intensiv istifadə edilən daxili mühitlər üçün modulyar mebel sistemlərinə integrasiya edilmiş antibakterial nanomateriallar. Nəticələr göstərir ki, nanomateriallar memarlıq, material elmi və məhsul dizaynını birləşdirməyə qadir çoxfunksiyalı dizayn elementləri kimi çıxış edir. Gələcək tədqiqatlar nanomaterialların uzunmüddətli ətraf mühitə təsirini və ölçülə bilməsini araşdırmalıdır.

Açar sözlər: nanomateriallar, nanoyapılı sistemlər, memarlıq, daxili dizayn, davamlı dizayn, ağıllı materiallar

Bakı Mühəndislik Universiteti, Bakı, Azərbaycan

E-poçt: raqurbanov@beu.edu.az

Daxil oldu: 2 Fevral 2026; Qəbul edildi: 11 May 2026; Onlayn dərc edildi: 28 İyun 2026

© Müəllif(lər) 2026. Bu, Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Beynəlxalq Lisenziyası (CC BYNC 4.0) şərtləri altında paylanan açıq girişli məqalədir.

Nanomaterials and Nanostructured Systems in Architecture and Design: Functional and Sustainable Applications

Rasim Gurbanov 

Abstract. Nanotechnology has emerged as a transformative field that significantly influences contemporary architectural and design practices. By manipulating materials at the nanoscale, it is possible to create substances with unique physical, chemical, and mechanical properties that differ substantially from those of conventional materials. These properties enable materials to perform multiple functions, including enhanced mechanical strength, energy efficiency, self-cleaning capabilities, and antibacterial performance. Consequently, nanomaterials and nanostructured systems have become increasingly relevant to the development of sustainable and high-performance built environments. This study investigates the role of nanomaterials in architecture and design through a qualitative research approach that combines a literature review and conceptual analysis.

The research examines how nanotechnology contributes to both functional performance and aesthetic potential across architectural and interior design contexts. Two representative case studies are analyzed: self-cleaning nanocoatings applied to building façades and antibacterial nanomaterials integrated into modular furniture systems for high-traffic interior environments. The findings demonstrate that nanomaterials serve as multifunctional design elements that bridge architecture, materials science, and product design. Future research should explore the long-term environmental impacts and scalability of nanomaterials in emerging smart building technologies.

Keywords: *nanomaterials, nanostructured systems, architecture, interior design, sustainable design, smart materials*

Baku Engineering University, Baku, Azerbaijan

E-mail: raqurbanov@beu.edu.az

Received: 2 February 2026; Accepted: 11 May 2026; Published online: 28 June 2026

© The Author(s) 2026. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Giriş

Texnoloji yeniliklər memarlığın inkişafına daim təsir göstərmişdir. Beton, polad, şüşə və polimerlər kimi materiallar tarixən tikinti üsullarını və dizayn imkanlarını formalaşdırmışdır. XXI əsrdə nanotexnologiya material elminin ən transformativ yeniliklərindən biri kimi ortaya çıxmışdır. Nanomateriallar 1–100 nanometr ölçüsündə hazırlanır və adi materiallardan əldə edilməyən unikal fiziki, kimyəvi və mexaniki xüsusiyyətlər yaradır. Artırılmış səth sahəsi, gücləndirilmiş kimyəvi reaktivlik və uyğunlaşan cavabdehlik nanomaterialları memarlıq və dizaynda çoxfunksiyalı tətbiqlər üçün uyğun edən əsas xüsusiyyətlər arasındadır.

Müasir memarlıq bir çox çətinliklərlə üzləşir: enerji səmərəliliyi, ətraf mühitin davamlılığı, istifadəçi rahatlığı və davamlılıq. Ənənəvi materiallar bu tələbləri eyni vaxtda ödəyə bilmir. Nanotexnologiya materialların öz-özünü təmizləyən fasadlar, antibakterial səthlər, istilik izolyasiyası və enerji toplama kimi çoxsaylı funksiyaları yerinə yetirməsinə imkan verərək həll yolu təklif edir. Buna görə nanotexnologiya materialları memarlıq istifadəsi üçün aktualdır (Sánchez & Sobolev, 2010; Wei et al., 2023).

Bu üstünlüklərə baxmayaraq, nanomaterialların əsas memarlıq təcrübəsinə inteqrasiyası hələ məhduddur. Bir çox memar və dizayner material imkanlarından xəbərsizdir, tədqiqatların əksəriyyəti isə dizayn tətbiqindən deyil, mühəndislik və kimyadan bəhs edir. Material elmi, memarlıq və daxili dizaynı birləşdirən interdisciplinar tədqiqat nanomaterialların çoxfunksiyalı potensialından tam yararlanmaq üçün vacibdir. Bu tədqiqat nanomaterialları çoxfunksiyalı və davamlı dizayn vasitəsi kimi araşdırır.

Ədəbiyyat İcmalı

Tikintidə nanotexnologiya əsasən materialların performansının artırılmasına yönəlib. Nano-silisiyum, titan dioksid və karbon nanotübləri mexaniki, istilik və kimyəvi üstünlüklərinə görə geniş tətbiq edilir. Nano-silisiyum betonun sıxılma möhkəmliyini artırır və məsəməliliyi azaldır. Karbon nanotüblər yüngül tikinti komponentlərində istifadə olunan polimer kompozitlərinin dartılma möhkəmliyini və çevikliyini artırır (Pacheco-Torgal & Jalali, 2011). Titan dioksid (TiO₂) nanohissəciklərindən istifadə edən fotokatalitik örtüklər fasadlara və şüşə səthlərə geniş tətbiq olunmuşdur. UV işığına məruz qaldıqda, TiO₂ üzvi çirkləndiricilər üzərində kimyəvi reaksiyalar başladır ki, bu da öz-özünü təmizləmə xüsusiyyətlərinə nail olur. Bu 'lotos effekti' səth estetikasını

qoruyarkən, texniki xidmət tələblərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır (Hu et al., 2016; Cao & Wang 2011). Nanotexnologiya daxili dizaynı da, xüsusilə gigiyena, estetika və istifadəçi rahatlığının yaxşılaşdırılması baxımından gücləndirir. Gümüş və mis nanohissəcikləri mebel, döşəmə və çox toxunan səthlər üçün örtüklərdə antibakterial xüsusiyyətlər təmin edir. Bu materiallar xüsusilə xəstəxanalar, məktəblər və ictimai obyektlərdə qiymətlidir (Kumar, 2021; Nazarov et al., 2023).

Davamlı dizayn müasir memarlıq diskursunun mərkəzindədir. Nanomateriallar enerji istehlakını azaltmaq, material ömrünü uzatmaq və texniki xidmət tələblərini minimuma endirmək ilə töhfə verir. Ekoloji nanomateriallar əlavə ekoloji faydalar təqdim edir (Guo et al., 2024; Sultana & Kiran, 2025). Potensiallarına baxmayaraq, nanomateriallar çətinliklərlə üzləşir: yüksək istehsal xərcləri, geniş miqyaslı qurğulara mürəkkəb inteqrasiya və nanohissəciklərin nəzarətsiz sərbəst buraxılması zamanı potensial ətraf mühit və sağlamlıq riskləri. Bundan əlavə, dizayn mütəxəssisləri arasında məhdud məlumatlılıq geniş yayılmanı məhdudlaşdırır (Feizbahr & Pourzanjani, 2024).

Metodlar

Bu tədqiqat ədəbiyyat icmalı və əsas araşdırması analizini birləşdirən keyfiyyətli tədqiqat metodologiyasını qəbul edir. Bu yanaşma memarlıq və daxili dizayn kontekstlərindəki nanomaterialların həm funksional, həm də estetik nəticələrinin dərinlən araşdırılmasına imkan verir.

Mərhələ 1 – Ədəbiyyat İcmalı: Nanomaterialların tətbiqi, çoxfunksiyalılıq və davamlılığa diqqət yetirərək müntəzəm olaraq peer-reviewed jurnallar və Scopus indeksli məqalələr araşdırıldı.

Mərhələ 2 – Keys Araşdırması Seçimi: Praktik tətbiq, çoxfunksiyalı performans və interdisciplinar əhəmiyyət meyarlarına əsasən iki nümayəndəlik keysi seçildi: (i) bina fasadlarındakı öz-özünü təmizləyən nanoörtüklər, (ii) modulyar daxili mebeldəki antibakterial nanomateriallar.

Mərhələ 3 – Müqayisəli Analiz: Hər bir keysi memarlıq miqyasına qarşı daxili miqyasda qiymətləndirildi.

Nəticələr

Titan dioksid (TiO_2) nanohissəcikləri fotokatalitik və hidrofilik xüsusiyyətlər təmin edir. UV işığına məruz qaldıqda, TiO_2 bina səthi üzərindəki üzvi çirkləndiriciləri parçalayır. Su hidrofiliyyə görə səthdə bərabər yayılır və kiri yuyur — bu hadisə geniş şəkildə 'lotos effekti' kimi tanınır (Hu et al., 2016). Əsas üstünlüklərə texniki xidmət xərclərinin azaldılması, fasad ömrünün uzadılması, ətraf mühit performansının artırılması və ardıcıl estetik keyfiyyət daxildir. Modulyar mebel səthlərindəki gümüş nanohissəcikləri bakterial hüceyrə membranlarını pozan gümüş ionlarının davamlı buraxılması vasitəsilə mikrobial böyüməyə mane olur. Tətbiqlərə xəstəxana oturma yerləri, məktəb mebelləri və ictimai məkan qurğuları daxildir. Nanoörtüklər əhəmiyyətli sağlamlıq və təhlükəsizlik faydaları təqdim edərkən səth estetikasını qoruyur, ənənəvi kimyəvi dezinfeksiya maddələrinə olan asılılığı azaldır (Kumar, 2021; Nazarov et al., 2023).

Müzakirələr

Potensiallarına baxmayaraq, nanomateriallar çətinliklərlə üzləşir: yüksək istehsal xərcləri, geniş miqyaslı qurğulara mürəkkəb inteqrasiya və nanohissəciklərin nəzarətsiz sərbəst buraxılması zamanı potensial ətraf mühit və sağlamlıq riskləri. Bundan əlavə, dizayn mütəxəssisləri arasında məhdud məlumatlılıq geniş yayılmanı məhdudlaşdırır (Feizbahr & Pourzanjani, 2024; Geim, & Novoselov, 2007; Wong et al., 2017; Wei et al., 2023).

Nəticə

Nanomateriallar və nanoyapılı sistemlər memarlıq və daxili dizayn təcrübəsini yenidən müəyyən edir. Onların çoxfunksiyalı imkanları tikinti materiallarının davamlılığını, enerji səmərəliliyini, gigiyenarı və estetik keyfiyyətləri eyni vaxtda artırmağa imkan verir. Öz-özünü təmizləyən fasadlar və antibakterial daxili mebelin keyfiyyətləri nanotexnologiya inteqrasiyası ilə əldə edilə bilən praktik faydaları göstərir. Erkən mərhələdə dizayn inteqrasiyası, davamlı interdisciplinar əməkdaşlıq və davamlı təcrübələrə sadıqlıq memarlıq və dizaynda nanomaterialların potensialını maksimuma çatdırmaq üçün əsas amillər kimi müəyyən edilir. Gələcək tədqiqatlar uzunmüddətli ətraf mühitə təsiri və toksikologiya profillərini araşdırmalı, böyük miqyaslı tikinti layihələri üçün ölçəklənmə imkanlarını araşdırmalı və yeni nəsil ağıllı bina texnologiyaları ilə inteqrasiya araşdırılmalıdır. Nanotexnologiya XXI əsrdə innovativ, davamlı və insana yönəlik memarlıq həlləri üçün həqiqi transformativ potensial təklif edir.

Ədəbiyyat

1. Cao, G., & Wang, Y. (2011). *Nanostructures and nanomaterials: Synthesis, properties, and applications* (2nd ed.). World Scientific Publishing. <https://doi.org/10.1142/7885>
2. Feizbahr, M., & Pourzanjani, P. (2024). Nanotechnology in construction. *Journal of Civil Engineering Researchers*, 6(1), 35–51. <https://doi.org/10.61186/JCER.6.1.35>
3. Geim, A.K., & Novoselov, K.S. (2007). The rise of graphene. *Nature Materials*, 6(3), 183–191. <https://doi.org/10.1038/nmat1849>
4. Guo, M. Z., Maury-Ramirez, A., & Poon, C. S. (2024). *Advancements in self-cleaning building materials: Photocatalysts, superhydrophobic surfaces, and biocides approaches*. *Construction and Building Materials*, 434, Article 136700. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136700>
5. Hernández Moreno, S., & Solache de la Torre, S. C. (2017). Nanotechnological products in architecture. *Holos: Research and Innovation in Architecture and Urbanism*, 8(2), 45–59.
6. Hu, Z., Zhang, X., Wang, H., & Kassem, M. (2016). Improving interoperability between architectural and structural design models: An industry foundation classes-based approach with web-based tools. *Automation in Construction*, 66, 29–42. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.02.001>
7. Kumar, N. (2021). *Easy scalable avenue of anti-bacterial nanocomposites coating containing Ag NPs prepared by cryomilling*. *Materials Today Communications*, 26, Article 102020. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102020>
8. Nazarov, D., et al. (2023). Atomic layer deposition of antibacterial nanocoatings: A review. *Antibiotics*, 12(12), 1656. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12121656>
9. Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2011). Nanotechnology: Advantages and drawbacks in construction. *Construction and Building Materials*, 25(2), 582–590. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.07.009>
10. Sánchez, F., & Sobolev, K. (2010). Nanotechnology in concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 24(11), 2060–2071. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.03.014>
11. Sultana, A., & Kiran, P. (2025). Green nanomaterials in interior design. *Journal of Design and Sustainability*, 10(7), 582–606. <https://doi.org/10.51584/IJRIAS.2025.100700052>
12. Wei, Y., Wu, Q., Meng, H., Zhang, Y., & Cao, C. (2023). *Recent advances in photocatalytic self-cleaning performances of TiO₂-based building materials*. *RSC Advances*, 13, 20584–20597. <https://doi.org/10.1039/D2RA07839B>
13. Wong, J. K. W., Leung, J., Skitmore, M., & Buys, L. (2017). Technical requirements of age-friendly smart home technologies in high-rise residential buildings: A system intelligence analytical approach. *Automation in Construction*, 73, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.10.007>