

UOT 67.02

**AZƏRBAYCANDA DƏNİZ LİMANLARININ İNKİŞAFI VƏ LİMAN
OBYEKTlərİNDƏ YENİ “EMİ” KOMPOZİT BETON-PLASTİK MATERIALININ
TƏTBİQİNİN TEXNOLOJİ VƏ EKOLOJİ TƏHLİLİ**

Məcidov E.İ.

*Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyi, Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutu
Az1115, Bakı şəh., S.S.Axundov küç., 1
E-mail: eminilgar@mail.ru*

Xülasə. Son illərdə Azərbaycanın dəniz nəqliyyatı və logistikası sahəsində həyata keçirilən iri infrastruktur layihələri ölkə iqtisadiyyatının davamlı inkişafına mühüm təsir göstərmişdir. Xəzər hövzəsində strateji mövqedə yerləşən Azərbaycan dəniz limanlarının yenidən qurulması və yeni liman komplekslərinin yaradılması həm region daxili ticarətin artımını, həm də beynəlxalq yükdaşımaların həcmi əhəmiyyətli dərəcədə yüksəltmişdir. Limanların inşasında istifadə olunan tikinti materiallarının keyfiyyəti və davamlılığı bu obyektlərin istismar müddətinə birbaşa təsir göstərir. Ənənəvi beton və təbii daş materialları dəniz mühitinin təsiri altında tez sıradan çıxdığından, müasir dövrdə alternativ materialların, o cümlədən plastik tullantıların təkrar emalı ilə alınmış kompozit betonların istifadəsi aktuallaşmışdır. Məqalədə Azərbaycanda dəniz limanlarının inkişafı, mövcud tikinti materiallarının xüsusiyyətləri, onların məhdudiyyətləri, yeni nəsil **EMİ-KBP kompozit beton-plastik materiallarının** tətbiq imkanları və ekoloji üstünlükləri geniş şəkildə təhlil edilmişdir.

Abstract. In recent years, large-scale infrastructure projects implemented in the field of maritime transport and logistics in Azerbaijan have made a significant contribution to the sustainable development of the national economy. The reconstruction of existing ports and the establishment of new port complexes in the strategically important Caspian basin have considerably increased both regional trade turnover and international freight transportation volumes. The quality and durability of construction materials used in port infrastructure directly affect the operational life of these facilities. Since conventional concrete and natural stone materials deteriorate rapidly under the influence of the marine environment, the use of alternative materials — including composite concretes produced from recycled plastic waste — has become highly relevant. This paper provides a comprehensive analysis of the development of seaports in Azerbaijan, the characteristics and limitations of traditional construction materials, and the technological and environmental advantages of applying a new generation of composite concrete-plastic material known as **“EMI” Composite Concrete Plastic Material** (“EMI” CCPM).

Аннотация. В последние годы реализуемые в Азербайджане крупномасштабные инфраструктурные проекты в области морского транспорта и логистики оказали значительное влияние на устойчивое развитие национальной экономики. Реконструкция азербайджанских морских портов, расположенных в стратегически важном Каспийском регионе, а также создание новых портовых комплексов существенно способствовали росту внутренней региональной торговли и увеличению объёмов международных грузоперевозок. Качество и долговечность строительных материалов, используемых при возведении портовой инфраструктуры, напрямую влияют на срок эксплуатации этих объектов. Поскольку традиционные бетон и природный камень быстро разрушаются под воздействием морской среды, всё более актуальным становится применение альтернативных материалов, включая композитные бетоны, полученные из переработанных пластиковых отходов. В статье проведён всесторонний анализ развития морских портов Азербайджана, характеристик и

ограничений существующих строительных материалов, а также рассмотрены возможности применения нового «ЕМІ» КБПМ композитного бетонного пластикового материала.

Açar sözlər: limanların inşası, yeni kompozit beton-plastik materialları, plastik tullantıların təkrar emalı, ekoloji üstünlüklər, tikinti materialları, tikinti materiallarının keyfiyyəti

Key words: port construction, new composite concrete-plastic materials, plastic waste recycling, environmental benefits, building materials, quality of building materials

Ключевые слова: портовое строительство, новые композиционные бетонопластиковые материалы, переработка пластиковых отходов, экологические преимущества, строительные материалы, качество строительных материалов

Giriş. Azərbaycan Respublikası son onilliklərdə regionda nəqliyyat-logistika mərkəzinə çevrilmək istiqamətində uğurlu siyasət həyata keçirməkdədir. Bu prosesin əsas elementlərindən biri Xəzər dənizi üzərində fəaliyyət göstərən dəniz limanlarının modernləşdirilməsi və genişləndirilməsidir. 2010-cu ildən inşasına başlanılmış Alət Beynəlxalq Dəniz Ticarət Limanı, Türkan, Qaradağ, Zığ, Bakı Balıqçılıq limanı və digər infrastruktur obyektləri bu strategiyanın əsas tərkib hissələridir. Bu limanlarda inşa edilən körpülər, dalğa əleyhinə bəndlər, anbarlar və istehsal sahələri müasir mühəndis standartlarına cavab verməlidir [1]. Əsas məqsəd yalnız funksional tikinti deyil, həm də ekoloji cəhətdən davamlı və uzunömürlü infrastrukturun yaradılmasıdır.

Ənənəvi tikinti materialları – beton, təbii daş, ağılaya, kərpic və s. – dəniz mühitində duzlu su, rütubət və mexaniki yükləmələr ilə qarşı məhdud dayanıqlığa malikdir. Bu səbəbdən, müasir yaşayışlar plastik tullantıların təkrar emalı ilə əldə olunan “**EMİ**”-**KBPM (kompozit beton materiallarının)** istifadəsini zəruri edir.

Məsələnin qoyuluşu: Azərbaycanın dəniz limanlarının inkişafı. Əsas liman layihələri. Azərbaycanın ən iri limanı olan Alət beynəlxalq dəniz ticarət limanı Xəzər dənizi hövzəsində regionun ən müasir logistika mərkəzlərindən biridir. Limanın ümumi sahəsi 400 hektardır və illik yükaşıma gücü 25 milyon tona qədər nəzərdə tutulur. Liman “Orta Dəhliz” (transxəzər beynəlxalq nəqliyyat marşrutu) üzərində yerləşərək Çin–Avropa yük daşıymalarında əsas tranzit qovşağı funksiyasını yerinə yetirir [1].

Bundan başqa:

- Türkan limanı – Sərhəd Xidmətinin hərbi gəmiləri və neft sənayesinə xidmət edən texniki donanma üçün inşa edilmişdir.
- Qaradağ limanı – sənaye və metal emalı sahələri üçün yükləmə-boşaltma terminalıdır.
- Zığ və Bayıl sahil zolaqları – balıqçılıq və texniki təmir gəmiləri üçün infraqurkura malikdir.

Limanların iqtisadi əhəmiyyəti. Azərbaycanın dəniz limanları yalnız daxili iqtisadiyyatın inkişafına deyil, həm də regional ticarət əlaqələrinin güclənməsinə xidmət edir. Məsələn:

- 2024-cü ildə Alət limanından keçən yüklərin ümumi həcmi 7,2 milyon ton olmuşdur;
- Xəzər boyunca tranzit yüklərin 38%-i məhz Azərbaycan limanlarında daşınır;
- Limanlarda 5 mindən çox iş yeri yaradılmışdı.

Beləliklə, liman infraqurkturu ölkənin ekoloji, texnoloji və sosial inkişafının aparıcı amilinə çevrilmişdir.

Liman Tikintisində Ənənəvi Materiallar və Onların Məhdudiyyətləri. Dəniz limanlarında əsas tikinti materialları beton və təbii daşlardır. Lakin dəniz mühitinin yüksək rütubəti, duzluluğu və mexaniki təsirləri nəticəsində bu materialların dayanıqlığı zamanla azalır [2].

Betonun korroziyaya qarşı zəifliyi

Duzlu suyun tərkibindəki xlorid və sulfat ionları betonun strukturuna daxil olaraq sement daşında deqradasiya yaradır. Bu zaman armaturun korroziyası baş verir və betonun möhkəmliyi azalır [5].

Təbii daşların məhdudiyyətləri

Ağılaya və limeston kimi daşlar estetik baxımdan üstün olsa da, onların:

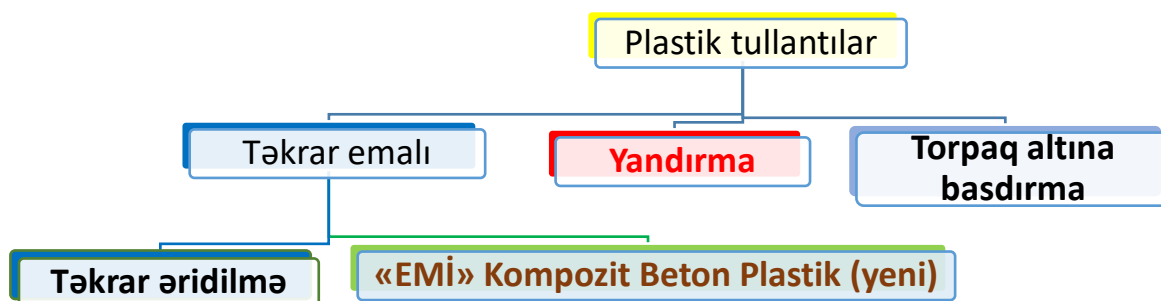
- Su udma qabiliyyəti yüksəkdir (8–12%),
 - donmaya qarşı dayanıqlığı zəifdir,
 - duz kristallaşması nəticəsində səth qopmaları yaranır.
- Alternativ axtarışlar
- Son illərdə bu problemləri aradan qaldırmaq üçün [2]:
- Sulfata davamlı sementlər,
 - hidrofob əlavələr,
 - kompozit mikro-armaturlar istifadə olunur. Lakin bu texnologiyalar bahalıdır və ekoloji baxımdan qənaətcil deyil.

Alınmış nəticələrin analizi: Təklif olunan “EMİ”-KBPM (kompozit beton-plastik materialının) xüsusiyyətləri

“EMİ”-KBPM – “Ekoloji Modifikasiya olunmuş İnteqral Kompozit Beton-Plastik” – plastik tullantıların mexaniki və kimyəvi emalı nəticəsində əldə olunan yeni nəsil materialdır. PVC və PP tullantılarının təkrar emalı üzrə innovativ texnologiyasının qarşısında qoyulan tələblərə əsasən texnoloji prosesdə aşağıda qeyd olunan amillər nəzərə alınmalıdır:

- ▶ Kiçik hissəli beton məmulatlarının istehsal edən mövcud istehsal sahəsində mümkün qədər az yer tələb edən əlavə avadanlıq yerləşdirmə və nəticədə son məhsulun keyfiyyətinin yüksəltmək ilə bərabər plastik tullantılar problemini həll etmək.
- ▶ Ekoloji cəhətdən maksimal təmiz PVC və PP tullantılarının təkrar emalı texnologiyasının işlənməsi.
- ▶ Mümkün qədər minimal enerji tələbatı olan PVC və PP tullantılarının təkrar emalı məsələsini həll etmək.

Ənənəvi təkrar emal üsulundan fərqli olaraq, PVC və digər plastik tullantılarının emalı üçün, təklif olunan yeni texnoloji proses plastik tullantıların əriməsi ilə əlaqədar atmosfərə atılan çirkəndir içi emissiyaları praktiki olaraq aradan qaldırır [4]. Bu yeni prosesdə istifadə olunan avadanlıq elektrik enerjisi xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Plastik tullantıların hesabına digər xam mallara sərf olunan xərclər azalır. Son məhsulun tərkibində olan plastik qırıntıların hesabına son məhsulun fiziki xüsusiyyətləri daha da təkmilləşir və nəticədə hidroizolyasiya artırır, xüsusi çəkisi azalır, istilik və səs keçirmənin qarşısını alır.



Ənənəvi plastikin təkrar əridilməsi ilə emalı və ayrıldımaddən plastikin təkrar emalı əsasında işlənən yeni «EMİ» kompozit beton-plastik materialı

Yeni istehsal texnologiyası ilə hazırlanan son məhsulun üstünlükləri. “EMİ”-KBPM (kompozit beton plastik material) adlı beton-plastik materialın sadə beton materialdan üstünlükləri, tərkibində olan xırda 2-15mm hissələrə doğranılmış plastik tullantılar hesabına son məhsulu hidroizolyasiya xüsusiyyətlərini artırır, istilik və səs keçirmə xüsusiyyətlərini azaldır, son məhsulun xüsusi çəkisi azaldır. Nəticədə son məhsulun xüsusiyyətlərini yüksəltmək ilə bərabər olaraq, eyni zamanda plastik tullantılar problemini həll etmiş oluruq.

Plastik tullantıların əlavəsi ilə hazırlanan EMİ (kompozit beton plastik materialının) əsas təyinatı. Xırda hissəciklərə doğranılmış Plastik tullantıları əsas təyinatı, beton qarışığına əlavə olunmaqla müxtəlif kiçik ölçülü beton məhsulların istehsalında və tökmə beton qarışığı kimi istifadə oluna bilər. Ən effektiv istifadəsi məs divar daşının istehsalıdır çünki betona əlavə olunan doğranılmış plastik tullantılar hesabına son məhsulu hidroizolyasiya xüsusiyyətlərini artırır, istilik və səs keçirmə xüsusiyyətlərini azaldır, son məhsulun xüsusi çəkisin azaldır. Məsəl üçün çoxmərtəbəli binaların arakəsmə divarları üçün istifadə olunan divar daşları üçün yüksək olmayan, M50 – M100 markası olan beton tələb olunur.

Yalnız funksional tikinti deyil, həm də ekoloji cəhətdən davamlı və uzunömürlü infrastrukturun yaradılmasıdır. Ənənəvi tikinti materialları – beton, təbii daş, ağılaya, kərpic və s. – dəniz mühitində duzlu su, rütubət və mexaniki yükləmələr ilə qarşı məhdud dayanıqlığa malikdir. Bu səbəbdən, müasir yanaşmalar plastik tullantıların təkrar emalı ilə əldə olunan kompozit beton materiallarının (EMİ-KBP) istifadəsini zəruri edir.

Plastik tullantıların əlavə edilməsi ilə əlaqədar beton qarışığının xassələrinin müqayisəsi. Nəzərə alsaq ki əsasən Çinqıl plastik ilə əvəz olunacaq, bu halda əvəz olunan çinqılın və əvəz edən PVC, PP, PE əsas fiziki xüsusiyyətlərinin müqayisə cədvəli hazırlanmışdır (cədvəl 1).

Cədvəl 1

Çinqıl və onu əvəz edən plastik tullantıların fiziki xüsusiyyətlərinin müqayisəsi

Material	Xüsusi çəkisi (q/sm ³)	Sıxma gücü (MPa)	Su keçiriciliyi	İstilik keçiriciliyi (W / m k)
PVC	1,35 - 1,45	60 - 90	hermetik	0,15 - 0,25
PP	0,90 - 0,91	30 - 40	hermetik	0,10 - 0,22
PE	0,91 - 0,94	8 - 30	hermetik	0,33 - 0,36
Çinqıl	2,50 - 2,70	80 - 300	yüksək	1,40 - 1,70

Plastikin yeganə mənfi xüsusiyyəti onun sıxılmaya qarşı möhkəmliliyin az olmasıdır, digər xüsusiyyətlərə görə plastik tullantılar, çinqılın xüsusiyyətlərini üstələyir.

“EMİ”–KBPM (kompozit beton plastik material) tərkibində müxtəlif növ plastiki xüsusiyyətlərin müqayisəsi:

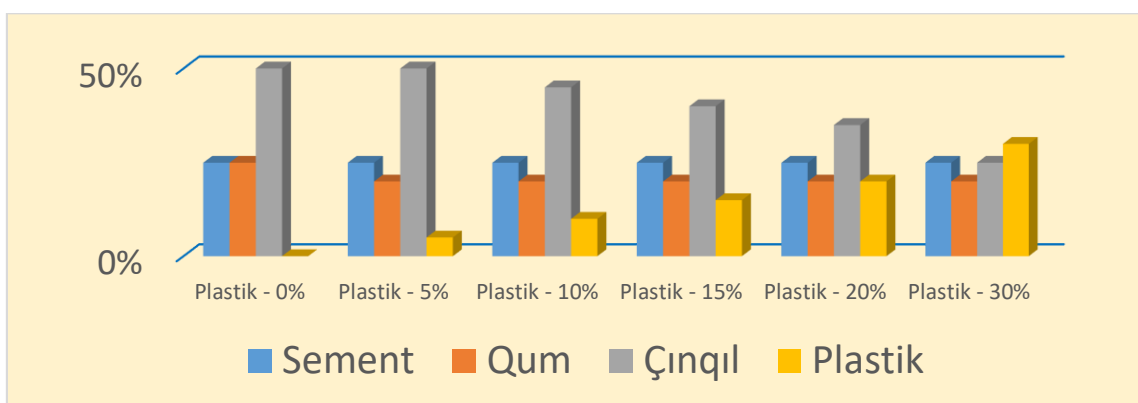
- ▶ PVC-nin xüsusi çəkisi yalnız PP və PE nisbətə yuxarıdır. Sıxma möhkəmliyi Çinqıldan aşağıdır, məs buna görə ehtimal edirik ki, betonun tərkibində plastikin həcmnin artması son məhsulun beton markasının aşağı düşməsinə təsir edəcək.
- ▶ PP - Daha elastikdir, deformasiyaya meyllidir, suya davamlıdır. Rütubəti udmur, çox aşağı istilik keçiriciliyi var və çox aşağı xüsusi çəkiyə malikdir. Lakin PVC ilə müqayisədə çox aşağı möhkəmliyə malikdir. Hazır məhsulun çəkisini mümkün qədər azaltmaq üçün onu beton qarışığına əlavə edirik. Möhkəmliyi az olduğuna görə ehtimal edilir ki, beton qarışığında məhdud miqdarda betona qatıla bilər. Əsasən bu plastik növünü betonda hidroizolyasiya plastik qat kimi istifadə etmək daha məqsədə uyğun olardı.
- ▶ PE – Yumşaqdır, suyun keçməsinə imkan aşıdır, aşağı istilik keçiriciliyi var və aşağı xüsusi çəkiyə malikdir. Lakin PVC və PP ilə müqayisədə çox aşağı möhkəmliyə malikdir. Betonu plastik betonu möhkəmlən dirən lif kimi çox az miqdarda beton qarışığına əlavə edilə bilər.

Yuxarıdakıları nəzərə alaraq qeyd etmək olar ki beton qarışığına plastik qatdıqda son məhsulun möhkəmlilik istisna olaraq, digər xüsusiyyətlərinin keyfiyyətini daha da yüksəlir. Möhkəmliyini zəiflədən amillərdən biri, plastikin üst səthinin hamar olduğuna görə adheziyanın zəif olmasıdır. Bunun qabağın almaq üçün, eksperimental sınaqlar vaxtı, doğranılmış plastikin üst

səthi adheziyanı artıran qat ilə örtüləcək, buda betona tələb olunan minimal möhkəmliyi saxlamaqla tərkibinə mümkün qədər çox plastik əlavə etməyə imkan verəcək.

Plastik tullantıların həcmi EMI kompozit beton plastik materialının tərkibində artırılmasının son məhsulun fiziki xüsusiyyətlərinə təsiri.

Beton reseptinin tərkibində olan materialların maksimal fraksiya ölçüsü 15mm-dən aşağı nəzərdə tutulub ki, perimetri üzrə qalınlığı 25mm olan içi boş divar daşının istehsalında beton qarışığı istifadə oluna bilsin. Beton qarışığının ümumi həcmi 50% möhkəm olan 5-15mm fraksiyalı çınqıldan və M500 markası olan sementdən 25% və qum 25% istifadə olunur ki, nisbətən yüksək marka beton almaq olsun (cədvəl 2). Çınqılın əvəzinə Plastik əlavə edildikdə beton möhkəmliyini itirəcək (diqram 1). Bu halda betonun tərkibində mümkün qədər maksimal plastik qatmaq üçün, ilkin tərkibi yalnız betondan olan nümunənin möhkəmliyi daha çox olmalıdır, çünki ki, kompozit betonun tərkibində olan plastik həcmi artdıqca son məhsul möhkəmliyini itirir. Beton reseptinin tərkibində olan plastik əlavələri sadə plastik və adheziya səthiyə örtülmüş plastikdən istifadə olunur. Nəticədə betonun tərkibinə əlavə olunan adheziya səthiyə örtülmüş plastik, sadə plastikdən fərqli olaraq betonun möhkəmliyinə müsbət təsirin effektivliyini nə qədər olduğunu müəyyən etmək məqsədilə eksperiment zamanı istifadə olunur.



***Diqram 1.** Beton qarışığında Çınqılın, Plastik ilə əvəzlənmə diaqramı*

Cədvəl 2

“EMI” kompozit beton plastik materialının tərkibində olan hər komponentin funksiyası

Komponent	Funksiya
Portland sement M400–M500	Əsas bağlayıcı
Qum (0–2 mm)	Dolğu və struktur sabilliyi
Çınqıl (5–10 mm)	Sıxlıq və möhkəmlik
PVC və PET tullantısı	Elastiklik və suya davamlılıq
Modifikator qatqılar	Su udmanın azaldılması və əlaqə gücləndirilməsi

“EMI-KBP”-PVC və PVC-A betonun reseptinin hazırlanması üçün çınqılın bir hissəsi doğranmış PVC plastik tullantılar ilə əvəz edilir. Əvəz edilən doğranmış, PVC və PVC-A(adheziya qatı ilə örtülmüş PVC plastik tullantılar) plastik tullantıların miqdarı tədricən artırılır (diqram 1). İstehsalat tullantıların dan ibarət olan PVC plastik tullantılar adətən betonu zəiflənən yağ və digər son mənfi təsir göstərən elementlərdən təmiz vəziyyətində olduğuna görə, xammalın yuyulmasına əlavə xərc tələb olunmur.

EMI-KBP”- PP-PE və PP-PE-A(adheziya qatı ilə örtülmüş PVC plastik tullantılar) betonun reseptinin hazırlanması üçün çınqılın bir hissəsi doğranmış PP və ya PE-A plastik tullantılar ilə əvəz edilir. Əvəz edilən doğranmış PP və ya PE-A, plastik tullantıların miqdarı tədricən artırılır. PP və PE-nin aşağı olan xüsusi çəkisini nəzərə alaraq, əsasən yarımquru beton qarışığında, vibrasiya ilə presləmə üsulu ilə istifadəsi tövsiyə olunur. PP tullantıları içində yağ saxlamaq üçün

qablar da olduğuna görə PP tullantıları yalnız yuyulduqdan sonra təkrar emal prosesinə cəlb oluna bilər.

“EMİ-KBP”- materialının hazırlanması üçün, doğranılmış Plastik tullantıları, Sement, Qum, Çınqıl tərkibli qarışıq quru vəziyyətdə 1 dəqiqə ərzində mikserdə qatışdırılır və su əlavə edəndən sonra 3 dəqiqə ərzində mikserdə qatışdırılır.

Ətraf mühitə təsir. Plastik tullantıların 1 tonunun kompozit betonda istifadəsi nəticəsində 1,8 ton CO₂ ekvivalent emissiyanın qarşısı alınır. Həmçinin, tullantıların torpağa atılması azaldılır və dövrü iqtisadiyyata inteqrasiya təmin olunur.

“EMİ” kompozit beton plastik materialının liman tikintisində tətbiqi. Dalğa əleyhinə divar blokları. EMİ-KBP blokları su keçirməz və donmaya qarşı davamlıdır. Onlar liman sahil xəttində anti-dalğa bəndlərinin qurulmasında sınaqdan keçirilmiş və ənənəvi betonla müqayisədə 25% uzunömürlülük göstərmişdir.

Körpü və estakada dayaqaları. Polimer əlavəli beton suyun təsirinə qarşı əlavə elastiklik verdiyi üçün körpü dayaqalarında mikroçatların əmələ gəlməsini əngəlləyir.

Liman anbarlarının döşəmə plitələri. Yüksək yüklənmələrə qarşı davamlılıq və kimyəvi maddələrə qarşı müqavimət bu materialı logistik anbarların döşəməsi üçün optimal edir.

İqtisadi və Ekoloji Effektivlik

Göstərici	Ənənəvi beton	EMİ-KBP
Material dəyəri (AZN/m ³)	130–150	110–120
Xidmət müddəti (il)	25–30	50
Ekoloji təsir (CO ₂ azalma, ton/il)	-	-1,8 ton
Texniki xidmət xərci	Yüksək	Aşağı

EMİ-KBP materialının tətbiqi nəticəsində:

- Ümumi xərci 15–20% azaldır;
- İstismar müddətini ən azı 2 dəfə artırır;
- Ekoloji təsiri minimuma endirir.

Nəticə. Azərbaycanda liman infrastrukturunun inkişafı üçün yeni nəsil materialların tətbiqi strateji əhəmiyyət daşıyır. EMİ-KBP kompozit beton-plastik materialı həm texniki, həm də ekoloji baxımdan ənənəvi materialları əvəz edə bilər. Bu materialın yerli plastik tullantılardan istehsalı dairəvi iqtisadiyyatın inkişafına və yaşıl inşaat siyasətinə töhfə verəcəkdir. Dövlət səviyyəsində liman və sənaye zonalarında bu texnologiyanın pilot tətbiqləri həyata keçirilməli, sınaq protokolları hazırlanmalıdır.

Ədəbiyyat

1. Azərbaycan Respublikası Nəqliyyat Nazirliyi: “Liman infrastrukturunun inkişaf konsepsiyası 2020–2035”, Bakı, 2023.
2. Holcim Azerbaijan: “Sulfatadavamlı sementlərin dəniz şəraitində tətbiqi”, Texniki Bülleten №7, 2024.
3. Abbasov R., Əliyev A. “Kompozit beton materiallarının inkişaf istiqamətləri”, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Elmi əsərlər, 2023.
4. UNEP (United Nations Environment Programme): “Plastics in Construction – Global Assessment Report”, 2022.
5. European Commission, DG Environment: “Circular Construction and Reuse of Plastic Waste”, Brussels, 2021.

Məqalə qəbul olunub: 08.10.25
Təvsiyə edib: dos. Nəbiyev H.N.