

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

FİKİR KATEGORİSİ



**PROJE ADI: Tarihi Eserlerdeki Biyolojik Kirliliğe Alternatif Çözüm
Kaliforniya Solucanı**

TAKIM ADI: Game of Worms

TAKIM ID: T3-16960-156

DANIŞMAN ADI: Merve Simsar

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Kültürel mirasın, mimari eserlerin estetik özelliklerini kaybetmeden korunabilmesi ve gelecek nesillere aktarılabilmesi önem kazandıkça, onlara zarar veren etkenlerin belirlenmesi, korunması ve bakımı için en doğru yöntemlerin seçilmesi çok önemlidir. Tarihi yapılarda kullanılan taşlar farklı sebeplerden dolayı bozunmaya maruz kalmaktadır. Bu etkenlerden en önemlisi biyolojik bozunma olup, kompleks bir şekilde diğer ayrışma nedenleri ile birlikte ortaya çıkmaktadır.

Tarihi yapılarda biyokorozyona sebep olan en önemli türler mantarlaradır ve çoğu hızlı büyüyen, birçok ortamda gelişme gösterebilen mikroorganizmalardır. Projemizde tarihi yapıların üzerinde mantar gelişimini engellerken aynı zamanda korozyona sebebiyet vermeyecek ve taşı koruyabilecek bir yöntem geliştirmek amaçlanmıştır. Bu sebeple gelişmiş bağışıklık sistemine sahip ve ticari olarak satın alınabilen *Eisenia fetida* (Kaliforniya Solucanı) kullanılmıştır.

Çalışmamızda ilk olarak etanol ile solucanların üzerinde stres yaratılarak sölomik sıvıları toplanmış, ardından tüp ve agar dilüsyon yöntemi ile antimikrobiyal etkileri tespit edilmiştir. Daha sonra kireç taşı üzerinde korozyona sebebiyet verebilecek etkilere karşı inhibitör etkisi belirlenmiştir. Tüm deneylerde kimyasal temizleyici AB57 ile kıyaslanmıştır. *Eisenia fetida* sölom sıvısının taş yüzeyinde mantar gelişimini engellediği ve aynı zamanda, asite bağlı oluşan korozyonda taş yüzeyini koruduğu tespit edilmiştir. *Bacillus cereus* üzerine etkisinin olmaması da biyomineralizasyonu desteklemektedir. Bu bulgular ile *Eisenia fetida* sölom sıvısını restorasyon çalışmalarında AB57' ye alternatif, korozyon inhibitörü doğal bir temizleyici olarak önermekteyiz.

2. Problem/Sorun:

Zamanla tarihi eserlerin üzerinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik sebeplerden dolayı bozunma ve aşınma görülmektedir. Bunların içerisinde biyolojik bozunma en önemlisidir ve özellikle tarihi eserlerin mikrobiyolojik yönden tehdidi ülkemizde henüz çok yeni araştırılmaya başlanan bir alandır. Günümüzde tarihi ve kültürel varlıkların korunması ile ilgili çalışmalara verilen önem artmıştır ve bu eserlerde bakım, onarım, restorasyon ve konservasyon işlemlerinde yapıya zarar veren, görüntüyü bozan organizmaların yok edilmesi ya da gelişimlerinin kontrol altına alınması için biyosidal ürünler kullanılmaktadır. İlk aşamada yapılar, kimyasal maddeler

kullanılmadan temizlenmeye çalışılsa da risk faktörlerinin sürekli ve şiddetli olması durumunda kimyasal önlemlere gereksinim duyulmaktadır. Bu bağlamda, özellikle doğal kayalardan yapılan eserlerin ve yapıların korumasız ortamlarda ayrışma düzeylerinin saptanarak, koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Koruma önlemlerinin eserler üzerine etkisinin saptanması da ayrıca önem taşımaktadır. Biz bu ihtiyaçtan yola çıkarak tarihi taş yapılar üzerinde kirliliklere, aşınma ve korozyona sebep olan mantarların temizlenmesini ve aynı zamanda taşı özellikle biyokimyasal korozyon sebeplerinden koruyacak yeni bir yaklaşım geliştirmeyi amaçladık.

3. Çözüm

Gelişmiş bağışıklık sistemi ile dikkat çeken kaliforniya solucanlarına ait sölom sıvısı kullanılarak tarihi eserler üzerindeki biyolojik kirlilikle mücadele edecek, taşa hidrofobik özellik kazandırılarak korunmasını, aşınmasının önlenmesini sağlayacak, aynı zamanda taş yapıların onarılması ve korunmasında daha yeni bir yöntem olan biyomineralizasyon tekniğinde de uygulanabilir kimyasal temizleyicilere daha doğal ve çevreci bir alternatif olacak öncü bir ürün önermekteyiz.

4. Yöntem

Deneylerimiz Bayrampaşa Belediyesi Bilim Merkezi biyoloji ve kimya laboratuvarı imkanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

***Eisenia fetida* Söloom Sıvısı Eldesi**

Projemizde kullanılan *Eisenia fetida* solucanları Denizli Sarayköy' de bulunan Biohayat Şirketinden satın alınmıştır. Yapılan çalışmalarda solucanların, fiziksel ve kimyasal stres karşısında, sölomik sıvılarını salgılayarak tepki gösterdiği bildirilmiştir. Stimülasyon devam ederse solucanların tüm sölomik sıvıları bıraktığı görülmüştür. Çalışmamızda etanol kullanılarak solucanlar üzerinde stres yaratılarak sölomik sıvıları toplanmıştır. Sölomik sıvının toplanması için Tutar ve Karaman' ın (2017) yöntemi takip edilmiştir.

Solucanlar topraktan toplandıktan sonra fizyolojik tuzlu su (FTS) ile 2 kere yıkanmıştır. Bağırsaklarının boşaltılması için kurutma kâğıdı üzerine alınarak 3 saat bekletilmiştir. 40 ml etanol, 50 g solucan içeren behere eklenmiştir. Söloom sıvısı falkonlar içerisine alınmıştır. Deneylerden önce 0,45 µm'lik şırınga filtreden geçirilerek kullanılmıştır.

Antibakteriyal Aktivite Tayini

Çalışmamız için kullanılan *Bacillus cereus* İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir.

Müller Hinton Broth Hazırlanışı: Toz halinde olan besiyeri Müller Hinton Broth(Biolife) bakteri besiyeri olarak distile su içinde prosedürüne uygun olarak hazırlanıp manyetik karıştırıcılı ısıtıcı kullanılarak çözdürülmüştür. Otoklavda 121°C' da 15 dakika sterilize edilmiştir.

Deney ve Kontrol Gruplarının Hazırlanması: Deney grubu olarak *Eisenia fetida* sölom sıvısı, Müller Hinton Broth besiyeri kullanılarak 1/2 oranında üç kez dilue edilmiştir. Deney tüplerinin konsantrasyonu dilusyon sonunda 64, 32, 16 ve 8 µg/ml olmuştur. Tüplerin son hacmi 10 ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Pozitif kontrol grubu olarak kullanılan ticari olarak alınmış AB57, Müller Hinton Broth besiyeri kullanılarak 1/2 oranında üç kez dilue edilmiştir. Tüplerin son hacmi 10 ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Taşıyıcı kontrol olarak sölom sıvısının eldesinde kullanılan %96' lık etil alkol, Müller Hinton Broth besiyeri kullanılarak 1/2 oranında üç kez dilue edilmiştir. Tüplerin son hacmi 10 ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Negatif kontrol olarak ise saf su içeren Müller Hinton Broth besiyeri kullanılmıştır.

Tüp Dilusyon Testinin Yapılışı: Taze steril kültürden öze yardımı ile alınan mikroorganizmaların süspansiyon bulanıklığı McFarland 0.5 standardının bulanıklığına eş değer olacak şekilde ayarlanmıştır. Yeterli ışık altında 0.5 McFarland tüpü ile ekim yapılacak bakteri tüpü gözle karşılaştırılmıştır. Süspansiyonunun bulanıklığı ayarlandıktan sonra 15 dakika içinde steril mikropipet kullanılarak sölom sıvısı ve besiyerinin bulunduğu tüplere 1 ml olacak şekilde eklenmiştir ve pipetaj edilerek karıştırılmıştır. 36 0C' ye ayarlanmış etüvde 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Bu işlemler 2 kez paralel olarak tamamlanmıştır.

Eisenia fetida sölom sıvısının tüp dilusyon yöntemi ile ölçülen antimikrobiyal aktivitesine ait sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

<i>Eisenia fetida</i> sölom sıvısı (µg/ml)	<i>B. Cereus</i>
64	-
32	-
16	-
8	-
+: Üreme yok -: Üreme var	

Tablo 1. *Eisenia fetida* Sölom Sıvısının Tüp Dilusyon Yönteminde Minimum İnhibisyon Konsantrasyonları

B. cereus üzerine antibakteriyal aktivitesine bakılan *Eisenia fetida* sölom sıvısının MİK değeri hesaplanamamıştır. Tüm konsantrasyonlarda üreme gerçekleşmiştir.

AB57 (dilasyon oranı)	<i>B. cereus</i>
1	+
1/2	+
1/4	-
1/8	-
+: Üreme yok -: Üreme var	

Tablo 2. AB57'nin Tüp Dilasyon Yönteminde Minimum İnhibisyon Konsantrasyonları

Pozitif kontrol olarak kullanılan AB57 kimyasalının konsantrasyonu bilinmediği için dilasyon oranlarınca genel bir değerlendirme yapılmıştır. Doğrudan kullanımında ve yarıyariya sulandırılarak kullanıldığında tüplerde üreme gözlemlenmemiştir. MİK değeri 1/4 dilasyon oranı olarak yorumlanabilir.

Antifungal Aktivite Tayini

Çalışmamız için kullanılan *Fusarium solani* İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Ana Bilim Dalı'ndan temin edilmiştir.

Potato Dextroz Agar Hazırlanışı: Toz halinde olan besiyeri Potato Dextroz Agar (Biolife) bakteri besiyeri olarak distile su içinde prosedürüne uygun olarak hazırlanıp manyetik karıştırıcılı ısıtıcı kullanılarak çözdürülmüştür. Otoklavda 121°C' da 15 dakika sterilize edilmiştir.

Deney ve Kontrol Gruplarının Hazırlanması: Deney grubu olarak *Eisenia fetida* sölom sıvısı, henüz katılaşmamış Potato Dextroz Agar besiyeri kullanılarak 1/2 oranında üç kez dilue edilmiştir. Son hacmi 20 ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Sıcak olarak steril petri kaplarına dökülüp soğumaya bırakılmıştır. Pozitif kontrol grubu olarak kullanılan ticari olarak alınmış AB57, henüz katılaşmamış Potato Dextroz Agar besiyeri kullanılarak 1/2 oranında üç kez dilue edilmiştir. Son hacmi 200 ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Sıcak olarak steril petri kaplarına dökülüp soğumaya bırakılmıştır. Taşıyıcı kontrol olarak sölom sıvısının eldesinde kullanılan %96' lık etil alkol, Potato Dextroz Agar kullanılarak 1/2 oranında üç kez dilue edilmiştir. Son hacmi 20 ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Sıcak olarak steril petri kaplarına dökülüp soğumaya bırakılmıştır. Negatif kontrol olarak ise saf su içeren Potato Dextroz Agar besiyeri kullanılmıştır.

Agar Dilusyon Testinin Yapılışı: Taze steril kültürden öze yardımı ile alınan mikroorganizmaların süspansiyon bulanıklığı McFarland 0.5

standardının bulanıklığına eşdeğer olacak şekilde ayarlanmıştır. Yeterli ışık altında 0.5 McFarland tüpü ile ekim yapılacak mantar tüpü gözle karşılaştırılmıştır. Süspansiyonunun bulanıklığı ayarlandıktan sonra 15 dakika içinde steril bir eküvyon mantar süspansiyonuna daldırılmıştır. İnokulum ile ıslatılmış eküvyon, yüzeyi kurutulan agar yüzeyine her defasında 60° döndürülerek uygulanmıştır. Ekim yapılmamış yer kalmamasına özen gösterilmiştir ve işlem iki kez tekrarlanmıştır. Son basamakta eküvyon, plağın kenarlarında gezdirilerek inokülasyon işlemi tamamlanmıştır. 36 0C' ye ayarlanmış etüvde 24 saat inkübasyona bırakılmıştır.

Eisenia fetida sölom sıvısının agar dilusyon yöntemi ile ölçülen antifungal aktivitesine ait sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir.

<i>Eisenia fetida</i> sölom sıvısı ($\mu\text{g/ml}$)	<i>Fusarium solani</i>
64	+
32	+
16	-
+: Üreme yok - : Üreme var	

Tablo 3. *Eisenia fetida* Sölom Sıvısının Agar Dilusyon Yönteminde Minimum İnhibisyon Konsantrasyonları

Fusarium solani üzerinde antifungal aktivitesine bakılan *Eisenia fetida* sölom sıvısının MİK değeri 16 $\mu\text{g/ml}$ hesaplanmıştır.

AB57 (dilasyon oranı)	<i>Fusarium solani</i>
1	+
1/2	+
1/4	-
+: Üreme yok - : Üreme var	

Tablo 4. AB57'nin Agar Dilusyon Yönteminde Minimum İnhibisyon Konsantrasyonları

Fusarium solani üzerinde antifungal aktivitesine bakılan AB57 kimyasal temizleyicinin MİK değeri 1/4 dilusyon oranı olarak yorumlanabilir.

Korozyon Ölçümü

Eisenia fetida solucanlarından elde edilen sölom sıvısının taş yüzeylerin korozyonu üzerine inhibitör etkisi olup olmadığının anlaşılabilmesi için eşit kütlelerde bölünen kireç taşları 15 dakika boyunca %0,5' lik HCl çözeltisi ile muamele edilmiştir.

Deney ve Kontrol Gruplarının Hazırlanması: Deney grubunda 2 gr kütlede taşlar için 3 grup oluşturulmuştur. İnhibitör olarak 64 µg/ml' lik ethanolde çözülmüş sölom sıvısı kullanılmıştır:

1. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 2,5 ml sölom sıvısı
2. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 5 ml sölom sıvısı
3. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 10 ml Sölom sıvısı

Pozitif kontrolde 2 gr kütlede taşlar için 3 grup oluşturulmuştur. İnhibitör olarak ticari satılan AB57 kimyasal temizleyici kullanılmıştır:

1. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 2,5 ml AB57
2. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 5 ml AB57
3. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 10 ml AB57

Negatif kontrolde 2 gr kütlede taşlar için 3 grup oluşturulmuştur. İnhibitör olarak saf su kullanılmıştır:

1. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 2,5 ml saf su
2. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 5 ml saf su
3. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 10 ml saf su

Taşıyıcı kontrolde 2 gr kütlede taşlar için 3 grup oluşturulmuştur. İnhibitör olarak sölom sıvısının taşıyıcısı etanol kullanılmıştır:

1. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 2,5 ml Etanol
2. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 5 ml Etanol
3. Grup 10 ml 0,5 M HCl + 10 ml Etanol

Tüm gruplar 15 dakika süre ile çözeltiler içinde bekletilmiştir. Çözeltilerden çıkarılan taşlar kurumaya bırakılmıştır.

Taş yüzeyinde asidin sebep olabileceği aşınma ve korozyonu ölçmek adına hazırlanan deneyde taşların ilk kütleleri 2 gram olacak şekilde tartılmıştır. Seramik kapaklı krozelere içerisine alınarak üzerlerine HCl ve inhibitör (sölom sıvısı, AB57, saf su veya alkol) eklendikten 15 dakika sonra taşlar çıkarılmıştır ve kurumaya bırakılmıştır.

Deney sonlandırıldığında taş yüzeyinde en az çözülme deney grubunda gerçekleşmiştir. Onu sırasıyla pozitif kontrol ve taşıyıcı kontrol grupları izlemiştir. Negatif kontrol olan saf suda tüm konsantrasyonda taşlar taş tamamıyla çözüldüğü için krozelere çıkarılamamıştır.

10 ml 0,1 M HCl + inhibitör	Deney Grubu (Sölom Sıvısı)	Pozitif Kontrol Grubu (AB57)	Negatif Kontrol Grubu (Saf Su)	Taşıyıcı Kontrol Grubu (Alkol)
2,5 ml	+	+	-	+
5 ml	+	+	-	+
10 ml	+	+	-	+

+: Çözünmemiş

-: Tamamen çözülmüş

Tablo 5. Deney sonlandırıldığında taşların çözünme durumu

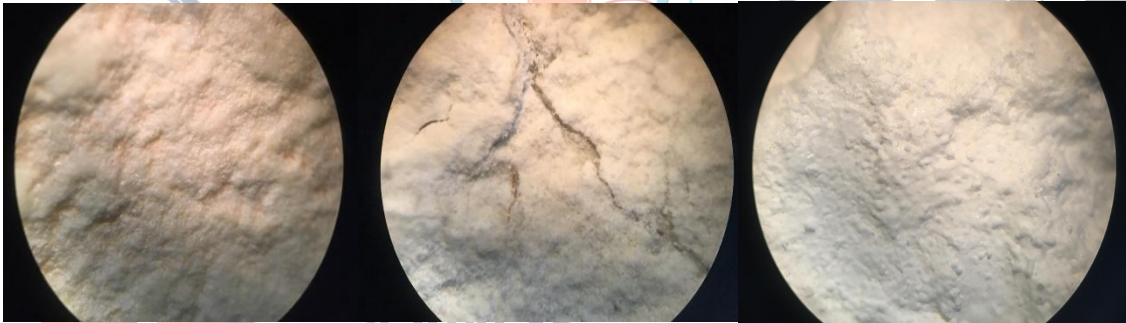
1 saatin sonunda ise deney grubunda sadece 2,5 ml sölom sıvısı eklenen, konsantrasyonu en düşük taşa kısmi bir çözünme gözlemlenmiştir. Pozitif kontrolde 10 ml AB57 içeren en yüksek konsantrasyonda bulunan taşa çözünme olmazken diğerleri tamamen çözünmüştür. Taşıyıcı kontrol grubunda ise en düşük konsantrasyonda bulunan taş tamamen çözülürken, diğer ikisi kısmen çözülmiştir.

10 ml 0,1 M HCl + inhibitör	Deney Grubu (Sölom Sıvısı)	Pozitif Kontrol Grubu (AB57)	Negatif Kontrol Grubu (Saf Su)	Taşıyıcı Kontrol Grubu (Alkol)
2,5 ml	+	-	-	-
5 ml	+	-	-	+
10 ml	+	+	-	+

+: Çözünmemiş - : Tamamen çözünmüş

Tablo 6. 1 saat sonunda taşların çözünme durumu

Taşlar stereo mikroskop altında incelendiğinde ise sölom sıvısı eklenmiş taşların gözenek miktarı diğerlerinden çok daha azdır ve çatlak oluşumu gözlemlenmemiştir. AB57 ile muamele edilen grupta gözenek sayısı kısmen artmış ve çatlak oluşumu gözlemlenmiştir. Etil alkol ile muamele edilen grupta ise gözenek sayısı diğer iki gruptan fazla olduğu gözlemlenmiş ve yüzeyinde çözümlerin meydana geldiği kaydedilmiştir.



Şekil 8. 1 saat sonunda taşların stereo mikroskop altında görüntüleri. Sol sölom sıvısı, orta AB57, sağ etil alkol (10 ml inhibitör eklenmiş gruplar) (X40)

Tayin sonuçlarımızda sölom sıvısının *B. cereus* üzerinde antibakteriyal etki yaratmadığı gözlemlenmiştir. Restorasyonlarda rutin olarak biyolojik kirliliklerin temizlenmesi için kullanılan bir kimyasal temizleyici olan AB57' nin ise *B. cereus* üzerinde antibakteriyal etkisi gözlemlenmiştir. Antifungal özelliklerine baktığımızda ise yüksek konsantrasyonlarda AB57 ile benzer etkiyi gösterdiğini söyleyebiliriz.

Bu sonuçlar duvarlar içerisine mikroorganizmanın inokule edilerek biyomineralizasyon yolu ile duvarların yenilenmesi tekniğinin uygulandığı eserlerde mantarların oluşumunu engellemek

ve oluşan kirlilikleri temizlemek için kullanımının, AB57 kullanımından daha uygun olabileceğini göstermektedir.

Gözlemlerimiz sonucu sölom sıvısı eklenmiş deney grubumuzun tüm konsantrasyonlarında kireç taşının hidrofobik özelliğini arttırdığını ve AB57 içeren pozitif kontrol grubu ile kıyaslandığında ufalanma ve kütle kaybının gözle görülür şekilde az olduğu tespit edilmiştir. Sölom sıvısının çözücüsü olan alkolün yüksek konsantrasyonda korozif etkiyi azalttığı söylenebilecekken saf su içeren gruplarda ise herhangi bir inhibisyon özelliği görülmemiş ve tüm taşlar asit ile temas edildiğinde çözülmüştür.

Tüm bu bilgiler ışığında *Eisenia fetida*' dan elde edilen sölom sıvısının tarihi taş yapıların hidrofobik özellik kazandırılarak korunması, aşınmasının önlenmesi için kullanılabileceğini ve aynı zamanda taş yüzeyinde oluşabilecek mantarlara karşı koruyucu etkisinin olabileceğini düşünmekteyiz. Biyomineralizasyon tekniğinin uygulanacağı yapıların temizlenmesi ve korunması için kimyasal temizleyicilere daha doğal ve çevreci bir alternatif olacaktır.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Projemizde zooloji, mikrobiyoloji, kimya, mühendislik gibi farklı alanlardan faydalanarak disiplinlerarası bir yöntemle kültürel ve sanatsal yapıların korunabilmesi hedeflenmiştir.

Bu alanda yapılan çalışmalar çoğunlukla bitkisel ürünler üzerinden gitmektedir. Literatürde kaliforniya solucanlarına ait sölom sıvısı ile alakalı yapılmış çalışmalar antimikrobiyal aktivite tayini ile genel sonuçlar verilirken biz bunu uygulama alanına özelleştirerek sunmaktayız. Aynı zamanda kaliforniya solucanı sölom sıvısının taş yüzeylerdeki korozif etkiye karşı koruyucu özelliğini gösteren ilk çalışmadır.

6. Uygulanabilirlik

Çalışmamız kaliforniya solucanı sölom sıvısının taş yüzeylerdeki korozif etkiye karşı koruyucu özelliğini göstermektedir. Bu özelliğinin koruyucu bir ürüne dönüştürülebilmesi için ileri çalışmaların yapılabilmesi gerekmektedir.

7. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Projemiz hedef kitlesi özellikle doğal taşlarla çalışan meslek gruplarıdır. Mimari, restorasyon alanlarında yapılan çalışmalarda kullanılması ön görülmüştür.

8. Proje Ekibi

Takım Lideri: Firdevs Afra Bakır

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeyle veya problemle ilgili tecrübesi
Firdevs Afra Bakır	Projenin geliştirilmesi ve deneysel sürecin yürütülmesi	Güngören İTO Kız Anadolu İmam Hatip Lisesi	Laboratuvar çalışmaları ve proje yazımı
Oğuzhan Özyıldırım	Projenin planlanması ve deneysel sürecin yürütülmesi	Kaptan Ahmet Erdoğan Uluslararası Anadolu İmam Hatip Lisesi	Laboratuvar çalışmaları ve proje yazımı

9. Kaynaklar

- 1) Alfred D. Cowper, Lime and Lime Mortars (London: Donhead, 1998).
- 2) Arslan E.Ö. (2005). Çeşitli Solucan Türlerinde Vücut Sıvısının Antibakteriyel Ve Hemoliz Aktivitelerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- 3) Caneva, G., Roccardi, A., (1991). Harmful flora in the conservation of Roman monuments, Int. Congr. Biodet. Cultural Property, Lucknow, India. p.212-218.
- 4) J. C., Sanchez-Moral S., Sloer V., Saiz-Jimenez C. (2011). Microorganisms and Microbially Induced Fabrics in Cave Walls, Geomicrobiology Journal Volume 18, Issue 3, pages 223-240.
- 5) Elçiçek H., Karaoğlanlı A.C. , Demirel B. (2011) Elazığ, 6th International Advanced Technologies Symposium.
- 6) Hasbay U., Hattap S. (2017). Doğal Taşlardaki Bozunma (Ayrışma) Türleri ve Nedenleri. Munzur Üniversitesi Bilim ve Gençlik Dergisi, Vol. 5, Issue 1: 23-44, Tunceli.
- 7) Jyothsna P., Usha J., Pallavi P. (2015). Calcium Carbonate precipitation based improvement of concrete through microbially induced precipitation, GJTE-Vol(2)-Issue(2).
- 9) Kip N. and Veen J. A. (2015) The ISME Journal 9, 542–551 The dual role of microbes in corrosion.
- 10) Mitchell J. K., Santamarina J.C. (2005). Biological considerations in geotechnical engineering. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, 131. 10, 1222-1233.

11) Tutar U., Karaman İ. (2017). Investigation of Antibacterial Properties of Mucus and Coelomic Fluid Obtained from Eisenia Fetida. Cumhuriyet Sci. J., Vol. 38-3;427-434.

12) Üstünkaya M.C. (2008). Tarihi Yapı Kireçtaşlarındaki Biyolojik Bozulmalar ve Biyolojik Bozulmanın Biyomineralleştirme İle Kontrolü. Ortadoğu Teknik Üniversitesi. Ankara.

13) Yıldız Acar H. (2019). Baharat Olarak Kullanılan Bazı Bitkilerin Uçucu Yağlarının Side Antik Kenti ve Çevresindeki Tarihi Eserlerde Hasara Neden Olan Siyah Mikromantarların Gelişimi Üzerindeki Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Antalya.

