

## MİKROBİYOLOJİ LABORATUVARLARINDA BİYOKABİNLERİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN BİYOLOJİK RİSK ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ergün ERASLAN<sup>1</sup>, Nuray AKBULUT<sup>2\*</sup>

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı  
ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-5667-0391>

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı  
ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-7772-2798>

### Anahtar Kelimeler

Biyokabin  
Kullanılabilirlik  
Biyolojik risk  
Risk analizi

### Öz

Kullanılabilirliği yeterli olmayan bir biyokabin altında yapılan ve biyolojik ajan riski taşıyan uygulamanın risk düzeyinin belirlenmesi önemli bir problemdir. Bu probleme cevap bulmak amacıyla bu çalışmada biyokabinlerin biyolojik risk analizi yoluyla kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Bu kapsamda biyoloji eğitimi veren bir fakültenin mikrobiyoloji laboratuvarındaki sınıf 1 ve sınıf 2 biyokabinlerin kullanılabilirlik testleri ve bir deney çalışması ile besiyerlerine koliform bakteri pasajı yapılmıştır. Sonrasında, test ve deney bulguları neticesinde mevcut yönetsel ve mühendislik önlemleri tanımlanmıştır. Sınıf 1 biyokabin altında yapılan uygulamanın 4x3 matris modeli ile biyolojik risk analizi yapılmıştır. Biyolojik risk analizinde, mevcut önlemler ve üretilen bakterilerin risk grubu dikkate alınarak ortaya çıkabilecek risk düzeyi tespit edilmiştir. Uygulamanın risk düzeyi "orta" seviyede bulunmuştur. Bu sonuç biyokabinin kullanılabilirliğinin yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Biyokabin işlevini istenilen düzeyde yerine getirememekte ve biyokabin altında uygulama yapılmasına rağmen kullanıcılar biyolojik risklere maruz kalmaktadır. Bu nedenle biyokabinlerin kullanılabilirliğini artırmak için ek önlemlerin alınması gerekmektedir. Ek önlemler kapsamında standardizasyon, bakım, temizlik, performans testleri ve sertifikasyon çalışmaları önerilmiştir.

## EVALUATION OF THE USABILITY OF BIO-CABINETS IN MICROBIOLOGY LABORATORIES THROUGH BIOLOGICAL RISK ANALYSIS

### Keywords

Biokabinet  
Usability  
Biological risk  
Risk analysis

### Abstract

It is an important problem to determine the level of risk of an application which is performed under an inadequate biocabinet and which carries biological agent risk. In order to find an answer to this problem, in this study the usability of biocabinets was evaluated through biological risk analysis. In this context, coliform bacteria passages were made to the media with the usability tests of a class1 and class2 biocabinets and an experimental study was done in a microbiology laboratory of a faculty providing biology education. Afterwards, the existing managerial and engineering measures were defined as a result of the findings of the test and experiment. Biological risk analysis was performed by using the 4x3 matrix model of the application performed under class1 biocabinets. In the biological risk analysis, risk level, which may arise by taking into account the existing measures and the risk group of the bacteria produced, was determined. The risk level of the application was found at medium level. This result revealed that the usability of the biocabinets is not sufficient. Biocabinets cannot perform their functions at the desired level and users are exposed to biological risks despite practices were done under biocabinets. Therefore, additional measures must be taken to increase the usability of biocabinets. Within the scope of additional measures, standardization, maintenance, cleaning, performance tests, certification studies have been proposed.

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi : 16.08.2020

Kabul Tarihi : 17.09.2020

Research Article

Submission Date : 16.08.2020

Accepted Date : 17.09.2020

\*Sorumlu yazar e -posta: nurayakbulut6@gmail.com

## 1. Giriş

Mikrobiyoloji, viroloji, biyokimya gibi enfektif aerosollerin tehlike oluşturduğu laboratuvarlarda aerosol riskli işlemler sırasında sınırlandırıcı ve önleyici mühendislik önlemi olarak biyogüvenlik kabinleri (BGK) kullanılmaktadır. (Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları Daire Başkanlığı, 2014). Ancak BGK'lerin kullanılabilirliği iyi düzeyde olmaz ise biyolojik tehlikelere karşı kullanıcıları istenilen düzeyde koruyamamaktadır.

Kullanılabilirlik Uluslararası Standardizasyon Kuruluşuna (ISO 9241-11) göre, bir sistemin kullanımıyla tanımlanmış amaçlara ne düzeyde ulaşıldığının (etkililik), tanımlanmış hedeflere ulaşmak için harcanan para, zaman gibi kaynakların kullanılma düzeyinin (verimlilik) ve kullanıcının, sistemi kabul edilebilir bulma düzeyinin (memnuniyet) bir ölçüsüdür (Michiel vd., 2004). Kullanılabilirlik, kullanıcının üründen beklentilerinin karşılanmasını sağlayan ürünle ilgili farklı özellik ve niteliklerin birleşimidir (Wixon and Wilson, 1997'den aktaran Can, vd., 2017).

Bu bağlamda "Biyokabinlerin Kullanılabilirliği" ISO 9241-11'e göre enfektif ajanlara karşı bu cihazların kullanıcıları ve çevreyi koruma düzeyinin ölçüsüdür.

Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları, (2014) 'na göre BGK'lerin fonksiyonel ve kullanılabilir olabilmesi için belli standartlar (S-07 standardı) tanımlanmaktadır. Bu standartlar;

1. BGK'ler amaca uygun seçilmeli ve doğru biçimde konumlandırılmalıdır.
2. BGK'lerin bakımları ve sertifikasyonları düzenli olarak yapılmalıdır.
3. Kabinler içinde açık alev kullanılmamalı, insineratör veya tek kullanımlık öze kullanılmalıdır.
4. BGK kullanacakları en az kabinin doğru kullanımı ve dökülme-saçılmalarda yapılacakları içeren eğitim verilmelidir.

Bu çalışmada BGK altında bir uygulamanın biyolojik risk analizi yapılarak risk düzeyinin saptanması amaçlanmaktadır. Risk düzeyi, BGK' nin enfektif ajanlara karşı kullanıcıları ve çevreyi koruma düzeyinin ölçüsünü göstermektedir. Çalışmada BGK'lerin kullanılabilirlik standartları kapsamında fonksiyonu, çeşitleri, kullanımı, bakımı, konuşlandırılması ve sertifikasyonu konularında bilgi verilmiştir.

Verilerin toplanması iki basamakta gerçekleştirilmiştir. İlk basamakta sınıf 1 ve sınıf 2 BGK kullanıcılarından oluşan iki ayrı gruba anket uygulanmıştır. Anket soruları BGK kullanılabilirlik standartlarını ölçen sorulardan oluşmaktadır. Anketlerin değerlendirilmesi neticesinde BGK

kullanımı sırasında mevcut yönetsel, mühendislik ve kişisel koruyucu önlemler ortaya çıkmıştır. İkinci basamakta "besinlerde koliform bakteri pasajı uygulamasının sınıf 1 BGK koşullarında biyolojik risk analizi yapılmıştır. Anketlerden toplanan veriler kullanılarak mevcut kontrol önlemleri tanımlanmış ve uygulamanın risk düzeyi saptanarak cihazın kullanılabilirliği irdelenmiştir. Araştırma bulguları neticesinde çalışmanın sonunda cihazın kullanılabilirliğini artıracak ek yönetsel ve mühendislik önlemleri verilmektedir.

Çalışma ile daha sonraki çalışmalara yol haritası oluşturularak laboratuvar kaynaklı enfeksiyonları (LKE) konu alan araştırmalarda biyokabinlerin kullanılabilirliğinin irdelenmesine dikkat çekilmesi amaçlanmaktadır. LKE araştırmalarında günümüzde pandemiye neden olan Covid-19 testi olarak bilinen PCR (polimeraz zincir reaksiyon) uygulamalarına yer verilmelidir. Bu araştırmalarda Covid-19 testinin yapıldığı sınıf 2 BGK 'lerin biyolojik risk analizi yoluyla kullanılabilirliği irdelenebilir. Çalışma ile laboratuvar personelinin BGK'lerin kullanım standartlarına daha dikkatli uymaları sağlanarak BGK'lerin fonksiyonelliğinin ve kullanılabilirliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Böylece laboratuvar çalışanları mikroorganizma bulaşı olmadan daha güvenli ortamda çalışacaklardır.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

### 2.1. Biyokabinlerin Fonksiyonu

Laboratuvarlarda bakteri kültürlerinden pasaj yapılması, alevde preparat tespiti gibi işlemler sırasında enfektif aerosoller oluşmaktadır. Bu aerosoller duyarlı bireylerde hastalık yapabilen, üzerlerinde mikroorganizma barındıran partiküllerdir (Madigan, Martinko, Bender, Bunclay & Stahl 2015). Aerosoller laboratuvar kaynaklı enfeksiyonların (LKE) çoğunda bulaştan sorumludur. Bu nedenle aerosol riski olan işlemler mutlaka BGK altında yapılmalıdır (Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları Daire Başkanlığı, 2014). Bu cihazlar enfektif ajanlarla çalışırken en etkili ve yaygın kullanılan temel önleme ve sınırlama cihazları olup enfeksiyon etkisine maruz kalmaya karşı yüksek koruyuculuğa sahiptir (Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories, 1999). Cihazların fonksiyonunu yerine getirmesi iki yolla olmaktadır. Bunlardan birincisi tasarımında yer alan HEPA (High-Efficiency Particulate Air) veya ULPA (Ultra-Low Penetration Air) adı verilen filtre sistemleri sayesinde mikroskobik partikülleri elimine edilmesi yolu ile gerçekleştirilmektedir. HEPA filtreler 0.3 mikron çapındaki aerosollerin az %99,97'sini; ULPA'lar ise 0.12 mikron çapındaki aerosollerin en az %99,999'unu tutma kapasitesine sahiptir (Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları

Daire Başkanlığı, 2014). Ayrıca eliminasyon ventilasyon yolu ile sağlanmaktadır (Fillick, et al, 2003). İkincisi ise amaca yönelik kontrollü hava akımı sağlaması yolu ile olmaktadır (Ceyhan, 2005).

## 2.2. Biyokabin Çeşitleri

BGK'ler sınıf 1, 2 ve 3 olmak üzere üç farklı tipi bulunmaktadır (Karaman, 2011). Üç sınıf BGK'nin seçiminde en önemli kriter biyolojik risk değerlendirmesidir. BGK'lerin seçiminde dikkat edilecek diğer kriterler mikroorganizmanın cinsi, laboratuvarında yapılacak işlemin özelliği ve yapılacak işlemin tehlike düzeyidir (Ceyhan, 2005). Araştırma da sınıf 1 BGK ve sınıf 2 BGK ele alınmıştır. Buna göre;

### 2.2.1. Sınıf 1 BGK

Düşük ve orta risk grubundaki mikroorganizmalarla enfekte olmuş hayata karşı koruyuculuk sağlamaktadır. Oda havası çalışma yüzeyine tek yönlü ve doğrudan ulaşmaktadır. Bu hava herhangi bir filtreden geçmeden kabin içinde dolaştığından çalışılan materyal korunamamaktadır. Bu kabinler en az 75 linear feet her dakika (lfpm) havalandırma ile çalışan cihazlardır (Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories, 1999). Basit tasarımları ve ucuz olmaları nedeniyle diğer kabinlere nazaran dünyada daha fazla tercih edilmektedir (Gül, İssi ve Baykalır, 2013).

### 2.2.2. Sınıf 2 BGK

Sınıf 1 kabinlerde olduğu gibi ön açıklıktan hava girmesine rağmen, sistem bu havayı çalışma alanında dolaşıma girmeden önce HEPA filtrelere yönlendirdiğinden, dış ortam havası temizlendikten sonra kabin içinde dolaşmaktadır. Böylece personel ve çevrenin yanı sıra çalışma materyali de korunmuş olmaktadır (Karaman, 2011). BGK'lerin A ve B olmak üzere iki tipi; her iki tipinde A1/A2 ve B1/B2 olmak üzere iki alt tipi bulunmaktadır (Gül vd., 2013). Ülkemiz de en yaygın kullanılan sınıf 2A BGK tipidir (Karaman, 2011).

## 2.3. Biyokabinlerin Kullanımı

BGK'lerin istenilen koruma düzeyine yükseltilmesi kurallara uymakla mümkün olmaktadır. Bunun için şu kurallara uyulmalıdır: Çalışma başlamadan önce çalışmanın tüm ayrıntıları gözden geçirilmelidir. Kabin açıldıktan sonra yaklaşık 15 dakika beklenerek hava akımının güvenli duruma gelmesi sağlanmalıdır. Kabin ön cam açıklığı güvenli pozisyonda olmalı, çalışma yüzeyindeki hava

delikleri kapatılmamalı ve hava akımını bozacak gereğinden fazla malzeme kabin içerisine konulmamalıdır. Kabinde çalışma yapılırken etrafta dolaşmamalı, kapı ve pencereler kapalı tutulmalıdır. Çalışma yüzeyine dezenfektan emdirilmiş ped yerleştirilmelidir (Ceyhan, 2005). Kabin içerisinde bunzen beki cihazın ısınmasına neden olduğundan yerine mikro-insineratör veya tek kullanımlık öze kullanılmalıdır. Her kabinde aynı anda yalnızca bir kişinin çalışması tercih edilmelidir. Uygun çalışma düzeni oluşturulmalıdır. Çalışma temiz alandan kirli alana doğru yapılmalıdır (Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları, 2014). Çalışma sırasında eller dışarı çıkarılmamalı, dış ortam ile mümkün olduğunca az temas kurulmalıdır. Uzun, Özçelik, Üzdürmez, Günde ve Başpınar, 2017). Çalışma bitiminde kabin en az beş dakika daha çalıştırılmalıdır. Daha sonra kabinin içi ve içindeki diğer malzemeler temizlenmeli ve dezenfekte (%70'lik alkol veya %0,5-1'lik sodyum hipoklorid) edilmelidir. Kabin çalışma bitiminden sonra kirliler dezenfeksiyon veya sterilizasyon amacıyla uygun şekilde kabinde uzaklaştırılmalıdır (Karaman, 2011). Sodyum hipoklorid aşındırıcı olduğu için dezenfeksiyon sonrasında çalışma yüzeyinin su ile tekrar silinmesi gerekebilmektedir (Gül vd., 2013).

## 2.4. Biyokabinlerin Bakımı

Sınıf 1 ve sınıf 2 kabinlerin dekontaminasyonu için formaldehit gazı veren, daha sonra bu gazın kabin içinde sirkülasyonunu ve nötralizasyonunu sağlayan sistemler kullanılabilir. Kabin içindeki bağıl nem %70'in altında ise ağız açık bir kaba sıcak su konularak kabin içine yerleştirilmelidir. Formaldehit bulunan kap ısıtılmaktadır. Tüm paraformaldehid buharlaştığında ısıtıcı kapatılmaktadır. En az 6 saat bekletildikten sonra diğer kap ısıtılarak amonyum bikarbonatın tamamen buharlaşması sağlanmaktadır. Kabinin havalandırması kısa aralarla açılarak amonyum bikarbonat gazının kabin içinde sirkülasyonu sağlanmaktadır. Kabin açılmadan önce 30 dakika beklenmektedir. (Günaydın ve Çaycı, 2012).

## 2.5. Biyokabinlerin Sertifikasyonu ve Konuşlandırılması

Kabinlerin sertifikasyonunda kurulduğu yerdeki performans testleri, yıllık sertifikasyon işlemleri yaptırılmalıdır. Bir sertifikasyon işleminde; kabin bütünlük, HEPA filtre sızdırmazlık, kabin içi hava akım profili, ön hava akış, negatif basınç/ventilasyon oranı, hava akım duman testi ve uyarı testleri yapılması önemlidir. Ayrıca gerekiyorsa elektrik kaçak testi, vibrasyon ve ses düzey testleri de yapılabilmektedir. Ülkemizde TS EN 12469 nolu

standart kapsamında çapraz kontaminasyon ve personel koruma testleri standartlarda belirtildiği şekli ile yapılamamaktadır (Ceyhan, 2005).

BGK'lerin laboratuvara yerleştirilmesi sırasında uygun dizayn edilmiş hava akım profili sayesinde mekanik olarak bir miktar hava içeriye alınıp ya sirküle edilebilmekte ya da dışarı atılmaktadır. Bu sebeple bu cihazların doğru yere yerleştirilmesi önem arz etmektedir. Kabinler geçiş güzargahına en az 1000 mm uzaklıkta, sağ veya sol yanında bulunan duvar veya kolonlara en az 300 mm uzaklıkta, kapıdan en az 1500 mm uzaklıkta konuşlandırılmalıdır (Ceyhan, 2005).

### 3. Yöntem

#### 3.1. Katılımcılar

Araştırmada Tablo.1'de görüldüğü üzere sınıf 1 BGK kullanıcıları 1. grubu; sınıf 2 BGK kullanıcıları 2. grubu oluşturmaktadır. Araştırma örneklemini temsil eden katılımcılar öğretim üyesi, öğretmen ve öğrenciler (6kişi) ile; öğrenci, biyolog, öğretim üyesi ve araştırma görevlisinden (6 kişi) oluşmaktadır. İyi tasarlanmış bir kullanılabilirlik çalışması ile ürünle ilgili kullanılabilirlik problemlerinin %80'ni ortaya çıkarmak için beş kullanıcının teste katılmasını yeterlidir (Lewis, 1994'den aktaran Akay ve Kurt, 2006). Bu nedenle çalışmada iki grubunda 6 kişiden oluşması yeterli görülmüştür.

Araştırmada bu cihazların kullanıcılarına ulaşmak için eğitim amaçlı kullanılan mikrobiyoloji laboratuvarları kullanılmıştır. Bunun için 18.03.2020 tarihinde Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Etik Kuruluna başvuruda bulunulmuş; ve 09.07.2020 tarihi itibarıyla etik kurul raporu çıkmıştır. Etik kurul raporunun çıkmasının akabinde veri toplama araçları örneklem gruplarına uygulanmıştır. Araştırma sırasında katılımcılara onam formu verilerek araştırmanın detayları konusunda aydınlanmaları sağlanmıştır.

Araştırmanın evrenini biyolojik tehlike riski taşıyan laboratuvarlarda kullanılan sınıf 1BGK, sınıf 2 BGK ve sınıf 3 BGK kullanıcıları oluşturmaktadır. Çalışmada 1. aşamada veri toplama aracı olarak kullanılan anket sınıf 1 ve sınıf 2 BGK kullanıcılarına uygulanmasıyla BGK kullanımında mevcut önlemlerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu şekilde örneklem grubu sınıf 1 ve sınıf 2 BGK kullanıcıları ile sınırlandırılmıştır. 2. aşamada sınıf 1 BGK altında deney çalışması yapılarak sınıf 1 BGK'nin kullanılabilirliği biyolojik risk analizi yoluyla değerlendirilmiştir. Araştırmada sınıf 1 BGK'nin kullanılabilirliği irdelenerek araştırma sınıf 1 BGK 'lerle sınırlandırılmıştır.

**Tablo1. Katılımcıların Kullandığı BGK Sınıfı**

Sıra	1. grup: Sınıf 1 BGK	2. grup: Sınıf 2BGK
1	Biyoloji öğretmeni	Biyolog
2	Mesleki Teknik Anadolu Lisesinde Laboratuvar Öğretmeni	Biyolog
3	Biyolog -Yüksek Lisans Öğrencisi	Biyoloji bölümünde doktor öğretim üyesi
4	Tıp Fakültesi Biyokimyada Doktora Öğrencisi	Yüksek lisans öğrencisi
5	İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı- Çevre Mühendisi	Biyolog
6	Biyoloji eğitiminde öğretim üyesi	Biyoloji bölümünde araştırma görevlisi

#### 3.2. Deney Yönetimi

Araştırmada veri toplama aracı olarak anket ve biyolojik risk analizi formu kullanılmıştır. Evet/hayır sorularından oluşan anket bir deney çalışması ile sınıf 1BGK kullanıcılarına (6 kişi); sınıf 2 BGK kullanıcılarına (6 kişi) uygulanmıştır. Ayrıca BGK altında yapılan bir uygulama dikkate alınarak sınıf 1 BGK'nin 4×3 matris modeli ile biyolojik risk analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucu toplanan veriler nitel yöntemle değerlendirilmiştir.

Deneye başlamadan önce daha önceden ekilmiş besiyerlerinin ve diğer malzemelerin hazırlanması istenmiştir. BGK'lerde çalışırken bekleme ve ara verme sürelerine riayet edilerek işlemler şöyle tanımlanmıştır:

1. Cihazın çalışıp çalışmadığını ve ışığını kontrol ediniz. Elinize eldiveninizi giyiniz; içeri doğru kollarınızı uzatınız.
2. Besiyerlerini buzdolabından çıkarınız. Besiyerini BGK içerisinde kapağını açınız ve temiz düz yüzeye yerleştiriniz.
3. Özeyle alınan örneği yeni besiyerine ekiniz ve ağzını kapatınız. Daha sonra kullanılmak üzere buzdolabına kaldırınız.

4.Kullanılan tüm malzemeleri dezenfekte etmek için ayırınız. Cihazın belli bir süre çalışmasını sağlayınız.

Çevrede kalan havanın çıktığından emin olunuz ve kapatılması sağlayınız.

Deney çalışmasıyla birlikte anketler cevaplatılmıştır. Gözlem yöntemi ve mülakat yöntemiyle anketlerden toplanan veriler nitel analiz yöntemiyle değerlendirilerek biyolojik risk analizinde mevcut kontrol önlemler başlığı altında tanımlanmıştır.

Biyolojik risk analizi yapılırken BRDF formu (Tablo. 8) kullanılmış; işlemin adı, işlem sırasında ortaya çıkabilecek biyolojik ajanın cins ve tür adı ve risk grubu, biyogüvenlik düzeyi ve mevcut kontrol önlemi aşama aşama tanımlanmıştır. Daha sonra aynı formda risk düzeyi Matris model risk analizi ile bulunmuştur. 4×3 Matris model risk analizinde (i) düşük, (ii) orta, (iii) yüksek ve (iv) çok yüksek olmak üzere 4 farklı risk düzeyi tanımlanmıştır.

“Tehlikenin gerçekleşme olasılığı” ve “tehlike sonuçları” değerlendirilerek risk düzeyleri tespit edilmektedir (Tablo 4). Riskin gerçekleşme olasılığı BGK kullanıcılarının işlem sırasında söz konusu tehlikeye maruz kalma olasılığıdır. Her olasılık için bir değer atfedilmiştir. Atfedilen bu değerler Tablo 2’de verilmiştir. Düşük için (Sıklık < %10) bu değer 1, olası için (sıklık %10-70 arasında) bu değer 2, neredeyse kesin/kesin için (sıklık > %70) bu değer 3’tür (Uzun vd., 2017). “Tehlike olasılığı” mevcut kontrol önlemlerinin tamamı (yönetmelik, mühendislik önlemleri ve KKD) göz önüne alınarak değerlendirilmektedir. Eğer yönetmelik, mühendislik ve kişisel koruyucu donanım (KKD) önlemlerinin neredeyse tamamı önlem olarak alınmış ise, tehlike olasılığının %10’unun altında “düşük” olarak değerlendirilmesine; çok fazla eksik mühendislik, yönetmelik ve KKD önlemi var ise tehlike olasılığının %10-70 arasında “olası” olarak değerlendirilmesine; eğer neredeyse tüm mühendislik, yönetmelik önlemlerde eksiklik varsa tehlike olasılığının %70’den fazla, “neredeyse kesin” olarak değerlendirilmesine neden olmaktadır (Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları, 2014).

Tehlike sonuçları ve karşılık gelen etki değerleri tanımlanırken buradaki seçenekler ve bunlara atfedilen etki değerleri Tablo 3’de verilmiştir. Asemptomatik enfeksiyon ve kolonizasyonla sonuçlanan bulaş “hafif risk” olarak değerlendirilmiştir. Akut veya kronik enfeksiyonlar ile tedavi gerektiren durumlar “orta risk” olarak değerlendirilmiştir. Toksikite /onkojenite /alerji sekelle sonuçlanan hastalık “ağır risk” olarak değerlendirilmiştir. Yaşamsal tehlike ve ölüm “çok ağır risk” olarak değerlendirilmiştir. Bu değerler atfedilirken mikroorganizmanın risk düzeyi, bulaş yolları dikkate alınmaktadır.

4×3 Matris Model biyolojik risk analizinde 5×5 L tipi Matris Model risk analizinde olduğu gibi her eksik önlem için ayrı ayrı risk düzeyi belirlenmez. Mikroorganizmanın bulaşına karşı alınan yönetmelik, mühendislik ve KKD önlemlerinin tamamı dikkate alınarak tanımlanan tehlike olasılığı ile; mikroorganizmanın risk grubu ve bulaş yollarına göre tanımlanan etki değerinin çarpımı neticesinde her mikroorganizma için tek bir risk düzeyi hesaplanmaktadır (Tablo4) (Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları Daire Başkanlığı, 2014).

Bu sonuçlar neticesinde alınması gereken ek kontrol önlemler yine BRDF formunda (Tablo.8) belirlenmiştir.

**Tablo 2.Tehlikenin Gerçekleşme Olasılığı**

Olasılık (OD)	Değeri	Açıklama	Yüzde (%)
1	<10		Düşük
2	10-70		Olası
3	>70		Neredeyse kesin

Kaynak: T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Başkanlığı Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları Daire Başkanlığı (2014). Ankara.

**Tablo3.Tehlike Sonuçları ve Karşılık Gelen Etki Değerleri**

Etki Değeri (ED)	Kategori	Sonuç
1	Hafif	Asemptomatik enfeksiyon, Kolonizasyon
5	Orta	Akut/Kronik enfeksiyon Tedavi gerektiren hastalık
10	Ağır	Toksikite/Onkojenite/alerji Sekelle sonuçlanan hastalık
20	Çok Ağır	Yaşamsal tehlike-ölüm

Kaynak: T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Başkanlığı Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları Daire Başkanlığı (2014). Ankara.

**Tablo4. Risk Düzeyi Belirleme Matrisi**

Gerç	SONUÇ			
	ED=1	ED=5	ED=10	ED=20
Hafif	Orta	Ağır	Çok Ağır	
OD=3	RD=3	RD=15	RD=30	RD=60
Kesin	Düşük	Yüksek	Yüksek	

				Çok Yüksek
OD=2	RD=2	RD=10	RD=20	RD=40
Olası	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
OD=1	RD=1	RD=5	RD=10	RD=20
Düşük	Düşük	Orta	Orta	Yüksek

Kaynak: T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Başkanlığı Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları Daire Başkanlığı (2014). Ankara.

#### 4. Bulgular

Yapılan anket ve deney sonucunda bulgular tablolar ile ifade edilmiştir. Tablo 5 ile mülakat formlarına göre sınıf 1 ve sınıf 2 BGK' lerde alınan mevcut mühendislik önlemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Tablo 6 ile mülakat formlarına göre sınıf 1 ve sınıf 2 BGK' lerde alınan mevcut yönetsel önlemlerin karşılaştırılması ve Tablo7 ile mülakat formlarına göre sınıf 1 ve sınıf 2 BGK 'lerde mevcut kişisel koruyucu donanımların karşılaştırılması yapılmıştır. Tablo 8 ile mevcut kontrol önlemleri tanımlanmış; sınıf 1 BGK altında yapılan deney çalışması ile biyolojik ajanların ortaya çıkardığı risk düzeyi biyolojik risk analizi ile saptanmıştır. Bu bağlamda Tablo 8 ile sınıf 1 BGK altında uygulamanın biyolojik risk analizi yapılmıştır.

Tablo 5'te görüldüğü üzere yapılan anket ve deney neticesinde sınıf 1 BGK'nin mühendislik önlemler yönünden eksikleri olduğu görülmektedir. Sınıf 1 BGK'nin konuşlandırılması sırasında uyulması gereken kurallara uyulmamakta; kullanımı sırasında da mikro-insineratör bunzen beki yerine tercih edilmemektedir. Sınıf 2 BGK'nin mühendislik önlemleri açısından eksikliği bulunmamaktadır.

**Tablo 5. Mülakat Formları ve Deneye Göre Laboratuvardaki Mevcut Kontrol Önlemlerinden Mühendislik Önlemlerinin Karşılaştırılması**

No	Mevcut Kontrolünde Mühendislik Önlemleri	Tehlike	BGK1	BGK2
1	Biyokabinlerin konuşlandırılması uygun mu?	-	-	+
2	Biyokabinlerin ışıklandırılması yeterli mi?	+	+	+
3	Biyokabin içerisinde bunzen beki yerine	-	-	+

	mikro-insineratör kullanılıyor mu?		
4	Biyokabin çalışması sırasında yeterli hava akımı sağlandı mı?	+	+
5	Kabin ön cam açıklığı güvenli pozisyondan mı açılıyor?	+	+
6	Kabinin alt kısmı ayak ve bacakların serbest hareketi için boş bırakılmış mı?	+	+

Tablo 6'da görüldüğü üzere her iki cihazın sınıfı da cihazlarda yapılan uygulamaların biyolojik risk analizi yapılarak belirlenmemektedir. Sınıf 1 BGK' lerin bazılarında personel ve çevre koruması yetersizdir. Bazı kullanıcılar her iki cihaz tipinde de kullanım standartlarına yeterince uymamaktadır. Her iki cihazın da kullanımları sırasında çalışma yüzeylerine dezenfektan emdirilmiş ped yerleştirilmemektedir. Bazı kullanıcılar her iki cihaz tipinde de temizlik ve bakım işlerince yetersiz kalmaktadır. Sınıf 1 BGK kullanıcılarından bazıları çalışırken ne zaman ara verileceğine ve kapatırken kaç dakika daha beklenmesi gerektiğine dikkat etmemektedir. Çalışma sırasında BGK'ler kullanıcılara ergonomik yük oluşturmaktadır. Bu cihazlar çalışırken bakımı için gereken kaplar konulmamaktadır. Yıllık sertifikasyonu yapılmamaktadır.

**Tablo 6. Mülakat Formlarına Göre Laboratuvardaki Mevcut Kontrol Önlemlerinden Yönetsel Önlemlerin Karşılaştırılması**

No	Mevcut Tehlike Kontrolünde Yönetsel Önlemler	BGK1	BGK2
7	Yaptığımız iş için biyokabin seçiminizin uygunluk düzeyi yeterli mi?	+	+
8	Kullandığımız biyokabinin tipi bu cihazda yapılan uygulamaların biyolojik risk analizi yapılarak mı belirlendi?	-	-
9	Kullandığımız biyokabinin personel ve çevre koruması yeterli mi?	+-	+
10	Biyokabinlerin kullanımı ile ilgili standartlara uyuluyor mu?	+-	+-
11	Çalışma yüzeyine dezenfektan emdirilmiş ped yerleştirilmiş mi?	-	-
12	Kabin çalıştırdıktan sonra ara veriliyor mu?	+-	+
13	Kabinin temizliği yapılıyor mu?	+-	+-

14	Kabin kapatılmadan önce en az 5 dk çalıştırılıyor mu?	+-	+
15	Ergonomik yükü azaltmak için kabin çalışırken gerekenler yapılıyor mu?	-	-
16	Biyokabinlerin bakımı yapılıyor mu?	+-	+-
17	Biyokabinler çalışırken bakımı için gereken kaplar konuluyor mu?	-	-
18	Biyokabinlerin yıllık sertifikasyonu yapılmış mı?	-	-

Tablo.7'de görüldüğü üzere her iki cihazın kullanımı sırasında kişisel koruyucu donanımlar yeterli düzeyde kullanılmaktadır. Kişisel koruyucu kullanım kurallarına uyulmaktadır.

**Tablo 7. Mülakat Formlarına Göre Laboratuvardaki Mevcut Kontrol Önlemlerinden Kişisel Koruyucu Donanımların Karşılaştırılması**

No	Mevcut Tehlike Kontrolünde Kişisel Koruyucu Donanımlar	BGK1	BGK2
19	Çalışanlar önlük, eldiven gibi kişisel koruyucu donanıma kolaylıkla ulaşabilmekte ve kullanmaktadır.	+	+
20	Kişisel koruyucu donanım laboratuvardan ayrılırken çıkarılmalıdır	+	+
21	Öğrenciler uygulamalar sırasında uygun güvenli davranış modelleriyle işlem basamaklarını yerine getirmektedir.	+	+

Tablo. 5, Tablo. 6, Tablo. 7.'de görüldüğü üzere BGK kullanımı sırasında yönetsel önlemlerde eksiklikler bulunmaktadır. Standartların, sertifikasyonun, bakımı ve temizliği yeterli düzeyde yapılmamakta; kullanımı sırasında emdirilmiş ped ve gereken kaplar kullanılmamakta; ergonomik yük oluşmasına karşı gereken önlemler alınmamaktadır. Mühendislik önlemi olarak ise sınıf 1 BGK'nin konuşlandırılmasında kurallara yeterli düzeyde uyulmamakta; mikro-insineratör bunzen beki yerine tercih edilmemektedir.

Tablo 8'de görüldüğü üzere "Sütte Koliform Tayini Kültüründen İnkübasyon Sonu Değerlendirme" işlemi BGK'nin mevcut mühendislik, yönetsel ve kişisel koruyucu önlemleri altında yapılmıştır. Bu işlemin BRDF formu kullanılarak BGK mevcut standartları ile risk düzeyi bulunmuştur. Kültürde üreyen bakteriler *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *E. coli* ve *Klebsiella pneumoniae*'dir (Akbulut, 2019) Biyolojik etkenlere maruziyet risklerinin önlenmesi hakkında yönetmeliğe göre bu bakterilerin risk grubu 2' dir. Ancak aynı yönetmeliğe göre E. coli K12 suşu risk grubu1, E. coli 0157H7 suşu risk grubu 3'dür. Bu bakteriler ve risk düzeyleri BRDF formunda belirtilmiştir.

İnkübasyon sonrası kültürlerden pasaj yapılırken öze yakma, özeyi besiyerinde soğutma işlemleri aerosol oluşumuna neden olmaktadır. Aerosollerle taşınan mukus kapı kolu, tezgâh gibi objelerle enfeksiyöz taşınmakta ve bu yüzeylerde belli sürelerde canlı kalmaktadır. Bu nedenle bulaş yolları aerosol, mukoz ve deriye doğrudan bulaş, yutma yoluyla bulaş olarak BRDF formunda tanımlanmıştır (Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları, 2014).

Koliform bakterilerle (Klepsiella hariç) kültür yapma, saf kültür, stok kültür hazırlama izolasyon işlemleri mikroorganizmalarla çalışmalarda standart mikrobiyoloji kurallarına uyulmak koşuluyla biyogüvenlik düzeyi 1(BSL1)'de çalışılabilmektedir. BRDF formunda mevcut BSL düzeyi 1'dir. Önerilen BSL düzeyi (Klepsiella hariç) 1 ya da 2'dir (The University of Utah, 2018).

Risk grubu 2 bakterilerle çalışmalarda ve aerosol oluşturan işlemler yıllık sertifikasyonları yaptırılmış, standart kuralların iyi düzeyde uygulandığı BGK altında yapılmalıdır (Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları, 2014). BGK' nın bakım ve temizliğinin yetersiz yapılması, konuşlandırılmasının uygun olmaması, sertifikasyonunun yapılmamış olması, standart uygulamalara yeterince dikkat edilmemesi, ergonomik yük oluşturması gibi nedenler ile tehlike gerçekleşme olasılığı "olası" (2 puan) olarak değerlendirilmiştir. Burada pasaj sırasında 5 ayrı bakterinin bulaşını engelleyecek mevcut önlemlerin tamamı dikkate alınarak her bir bakteri için tehlike olasılığı hesaplanmıştır. Çok fazla eksik mühendislik, yönetsel önlem olduğundan (%10-%70 arası) tablo'2'ye göre tehlike olasılığı "olası" (2 puan) olarak değerlendirilmiştir. Buna göre bu bakterilerin bulaş riski alınan mevcut önlemlerin yetersizliği nedeniyle olasıdır.

Burada "tehlike sonuçları" Koliform bakterilerin oluşturduğu enfeksiyonlar nedeni ile her bir bakteri için "Akut/Kronik enfeksiyon, tedavi gerektiren hastalık (5puan)" olarak değerlendirilmiştir.

Bakterilerin oluşturduğu Risk düzeyleri, 4×3 risk düzeyi belirleme matrisinde (Tablo 4) 2×5=10 olarak "orta risk" düzeyi ile tanımlanmıştır. Bu sonuca göre BGK işlevini istenilen düzeyde yerine getirememektedir. Biyolojik tehlikeyi sınırlandırmak için BGK'lerin kullanılabilirliğini artıran standartlara dikkat edilerek kullanımı sağlanmalıdır. BRDF formunda BGK'ların işlevini istenilen düzeyde yerine getirmesini sağlayacak önlemler "Ek Önlemler" başlığı altında tanımlanmıştır.



Tablo 8.Uygulama İçin Biyolojik Risk Değerlendirme Formu (BRDF)

İşlemin Tanımı: Besinlerden Örnek Alma ve Alınan Örneğin Ekimi ve İnkübasyonu (Besinlerde Coliform Bakteri Ekimi ve İnkübasyon Sonu Değerlendirme)					İşlem No:1
<b>TEHLİKELERİN BULAŞ YOLLARI</b>					
1.Aerosollerle bulaş	2.Sıçrama yoluyla mukoza teması	3.Mukozalara doğrudan temas yoluyla bulaş	4.Deriye doğrudan temas yoluyla bulaş	5.Yutma yoluyla bulaş	
<b>İŞLEM SIRASINDA MARUZ KALINABİLECEK BİYOLOJİK TEHLİKELER</b>					
1.Citrobacter Freundii	2.Enterobacter aerogenes (RG:2)	3.Enterobacter cloacae (RG:2)	4.Escherichia coli K12 (RG:1), O157 ve H7 suşları için (RG:3)	5.Klebsiella pneumoniae (RG:2)	
<b>MEVCUT TEHLİKE KONTROLÜ</b>					
<b>1. Tehlike İçin Mevcut Tehlike Kontrolü</b>	<b>2. Tehlike İçin Mevcut Tehlike Kontrolü</b>	<b>3. Tehlike İçin Mevcut Tehlike Kontrolü</b>	<b>4. Tehlike İçin Mevcut Tehlike Kontrolü</b>	<b>5. Tehlike İçin Mevcut Tehlike Kontrolü</b>	
Önlük, eldiven bulunduruluyor.	Önlük, eldiven bulunduruluyor.	Önlük, eldiven bulunduruluyor.	Önlük, eldiven bulunduruluyor.	Önlük, eldiven bulunduruluyor.	
Standart kuralların bir kısmına uyuluyor.	Standart kuralların bir kısmına uyuluyor.	Standart kuralların bir kısmına uyuluyor.	Standart kuralların bir kısmına uyuluyor.	Standart kuralların bir kısmına uyuluyor.	
Uygun güvenlik düzeyinde BGK kullanımı sağlanıyor.	Uygun güvenlik düzeyinde BGK kullanımı sağlanıyor.	Uygun güvenlik düzeyinde BGK kullanımı sağlanıyor.	Uygun güvenlik düzeyinde BGK kullanımı sağlanıyor.	Uygun güvenlik düzeyinde BGK kullanımı sağlanıyor.	
Kullanım sırasında ara verilmesi ve kapatılmadan bir süre daha çalıştırılması kısmen sağlanıyor.	Kullanım sırasında ara verilmesi ve kapatılmadan bir süre daha çalıştırılması kısmen sağlanıyor.	Kullanım sırasında ara verilmesi ve kapatılmadan bir süre daha çalıştırılması kısmen sağlanıyor.	Kullanım sırasında ara verilmesi ve kapatılmadan bir süre daha çalıştırılması kısmen sağlanıyor.	Kullanım sırasında ara verilmesi ve kapatılmadan bir süre daha çalıştırılması kısmen sağlanıyor.	
İşıklandırılması yeterli düzeyde sağlanıyor.	İşıklandırılması yeterli düzeyde sağlanıyor.	İşıklandırılması yeterli düzeyde sağlanıyor.	İşıklandırılması yeterli düzeyde sağlanıyor.	İşıklandırılması yeterli düzeyde sağlanıyor.	
Kabin ön cam açıklığı güvenli pozisyonda açılıyor.	Kabin ön cam açıklığı güvenli pozisyonda açılıyor.	Kabin ön cam açıklığı güvenli pozisyonda açılıyor.	Kabin ön cam açıklığı güvenli pozisyonda açılıyor.	Kabin ön cam açıklığı güvenli pozisyonda açılıyor.	
Kabinin çalışması sırasında yeterli hava akımı sağlanıyor.	Kabinin çalışması sırasında yeterli hava akımı sağlanıyor.	Kabinin çalışması sırasında yeterli hava akımı sağlanıyor.	Kabinin çalışması sırasında yeterli hava akımı sağlanıyor.	Kabinin çalışması sırasında yeterli hava akımı sağlanıyor.	
Kabinin alt kısmı ayakların serbest hareketi için uygun.	Kabinin alt kısmı ayakların serbest hareketi için uygun.	Kabinin alt kısmı ayakların serbest hareketi için uygun.	Kabinin alt kısmı ayakların serbest hareketi için uygun.	Kabinin alt kısmı ayakların serbest hareketi için uygun.	
<b>BİYOGÜVENLİK DÜZEYİ</b>					
<b>1. Tehlike İçin Mevcut Biyogüvenlik Düzeyi</b>	<b>2. Tehlike İçin Mevcut Biyogüvenlik Düzeyi</b>	<b>3. Tehlike İçin Mevcut Biyogüvenlik Düzeyi</b>	<b>4. Tehlike İçin Mevcut Biyogüvenlik Düzeyi</b>	<b>5. Tehlike İçin Mevcut Biyogüvenlik Düzeyi</b>	
BSL1	BSL1	BSL1	BSL1	BSL1	
<b>1. Tehlike İçin Gerekli Biyogüvenlik Düzeyi</b>	<b>2. Tehlike İçin Gerekli Biyogüvenlik Düzeyi</b>	<b>3. Tehlike İçin Gerekli Biyogüvenlik Düzeyi</b>	<b>4. Tehlike İçin Gerekli Biyogüvenlik Düzeyi</b>	<b>5. Tehlike İçin Gerekli Biyogüvenlik Düzeyi</b>	
BSL1 ya da BSL2	BSL1 ya da BSL2	BSL1 ya da BSL1	BSL1 ya da BSL2	BSL2	

<b>TEHLİKENİN GERÇEKLEŞME OLASILIĞI</b>				
1.Tehlike İçin Olası (2 puan)	2. Tehlike İçin Olası (2 puan)	3.Tehlike İçin Olası (2 puan)	4. Tehlike İçin Olası (2 puan)	5. Tehlike İçin Olası (2 puan)
<b>TEHLİKE GERÇEKLEŞİRSE BEKLENEN SONUÇLAR</b>				
1.Tehlike İçin Akut/Kronik enfeksiyon, tedavi gerektiren hastalık (5 puan)	2.Tehlike İçin Akut/Kronik enfeksiyon, tedavi gerektiren hastalık (5 puan)	3.Tehlike İçin Akut/Kronik enfeksiyon, tedavi gerektiren hastalık (5 puan)	4.Tehlike İçin Akut/Kronik enfeksiyon, tedavi gerektiren hastalık (5 puan)	5.Tehlike İçin Akut/Kronik enfeksiyon, tedavi gerektiren hastalık (5 puan)
<b>RİSK DÜZEYİ (OLASILIK, SONUÇLAR)</b>				
1.Tehlike İçin Orta risk (10 puan)	2. Tehlike İçin Orta risk (10 puan)	3.Tehlike İçin Orta risk (10 puan)	4. Tehlike İçin Orta risk (10 puan)	5. Tehlike İçin Orta risk (10 puan)
<b>EK ÖNLEMLER</b>				
1. Tehlike İçin Ek Önlemler	2. Tehlike İçin Ek Önlemler	3. Tehlike İçin Ek Önlemler	4. Tehlike İçin Ek Önlemler	5. Tehlike İçin Ek önlemler
<b>Mühendislik</b>	<b>Mühendislik</b>	<b>Mühendislik</b>	<b>Mühendislik</b>	<b>Mühendislik</b>
Konuşlandırılması standartlara göre yapılmalı	Konuşlandırılması standartlara göre yapılmalı	Konuşlandırılması standartlara göre yapılmalı	Konuşlandırılması standartlara göre yapılmalı	Konuşlandırılması standartlara göre yapılmalı
Biyokabin içerisinde bunzen beki yerine mikro-insineratör kullanılmalı	Biyokabin içerisinde bunzen beki yerine mikro-insineratör kullanılmalı	Biyokabin içerisinde bunzen beki yerine mikro-insineratör kullanılmalı	Biyokabin içerisinde bunzen beki yerine mikro-insineratör kullanılmalı	Biyokabin içerisinde bunzen beki yerine mikro-insineratör kullanılmalı
<b>Yönetmelik</b>	<b>Yönetmelik</b>	<b>Yönetmelik</b>	<b>Yönetmelik</b>	<b>Yönetmelik</b>
Çalışma yüzeyine dezenfektan emdirilmiş ped yerleştirmeli	Çalışma yüzeyine dezenfektan emdirilmiş ped yerleştirmeli	Çalışma yüzeyine dezenfektan emdirilmiş ped yerleştirmeli	Çalışma yüzeyine dezenfektan emdirilmiş ped yerleştirmeli	Çalışma yüzeyine dezenfektan emdirilmiş ped yerleştirmeli
Kabinin temizliği yeterli düzeyde yapılmalı	Kabinin temizliği yeterli düzeyde yapılmalı	Kabinin temizliği yeterli düzeyde yapılmalı	Kabinin temizliği yeterli düzeyde yapılmalı	Kabinin temizliği yeterli düzeyde yapılmalı
Ergonomik yükü azaltmak için önlem alınmalı	Ergonomik yükü azaltmak için önlemler alınmalı	Ergonomik yükü azaltmak için önlemler alınmalı	Ergonomik yükü azaltmak için önlemler alınmalı	Ergonomik yükü azaltmak için gerekenler yapılmalı
Biyokabinlerin bakımı yeterli düzeyde yapılmalı	Biyokabinlerin bakımı yeterli düzeyde yaptırılmalı	Biyokabinlerin bakımı yeterli düzeyde yaptırılmalı	Biyokabinlerin bakımı yeterli düzeyde yaptırılmalı	Biyokabinlerin bakımı yeterli düzeyde yaptırılmalı
Kullanım sırasında sürelere riayet edilmeli	Kullanım sırasında sürelere riayet edilmeli	Kullanım sırasında sürelere riayet edilmeli	Kullanım sırasında sürelere riayet edilmeli	Kullanım sırasında sürelere riayet edilmeli
Biyokabinler çalışırken bakımı için gereken kaplar konulmalı	Biyokabinler çalışırken bakımı için gereken kaplar kullanılmalı	Biyokabinler çalışırken bakımı için gereken kaplar konulmalı	Biyokabinler çalışırken bakımı için gereken kaplar konulmalı	Biyokabinler çalışırken bakımı için gereken kaplar konulmalı
Yıllık Sertifikasyonu yaptırılmalı	Yıllık Sertifikasyonu yaptırılmalı	Yıllık Sertifikasyonu yaptırılmalı	Yıllık Sertifikasyonu yaptırılmalı	Yıllık Sertifikasyonu yaptırılmalı

Tehlike olasılığının "olası" çıkması mevcut önlemlerin ek önlemlerle düzeltilmesi gerektiğini göstermektedir. BGK'nin güvenli çalışması için ek önlemlere ihtiyaç duyulması bu BGK altında yapılan pasajın bulaş riskinin olduğunu göstermektedir. Bu durum "Tehlike etkisinin" tedavi gerektiren hastalık seçilmesine neden olmaktadır. Bu nedenle kullanıcı BGK altında çalışmasına rağmen "bağışıklığın güçlü tutulması, aşı yaptırılması, kişisel temizlik önlemleri alınması" gibi ek korunma önlemlerine ihtiyaç duymaktadır. Risk düzeyinin "orta" çıkması önlemlerin minimum düzeyde alındığını ve diğer düzeltici önlemlerin alınmasını sağlayan risk yönetim programının üniversitede uygulanmasına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Eğer kullanıcılar BGK'ların bakımı, temizliği ve sertifikasyonunu yeterli düzeyde yapsalardı kullanılabilirliği yüksek bir BGK ile uygulama sırasında tehlike olasılığı "düşük" çıkması sağlanacaktı. Bu nedenle BGK'lerin kullanılabilirliğini artırmak için ek önlemler alınmalıdır.

## 5. Sonuçlar

Koliform bakteri pasajı uygulaması Sınıf 1 BGK altında uygulanmış ve cihazın biyolojik risk analizi yapılmıştır. Risk analizi neticesinde aşağıdaki sonuçlar ortaya konulmuştur:

1. Mühendislik önlemler açısından eksik uygulamalar bulunmaktadır. Bunlar; konuşlandırılmasının standartlara uygun olmaması, mikro-insineratör kullanımının bunzen beki yerine kullanılmamasıdır.

2.Yönetmelik önlemlerde eksiklikler bulunmaktadır:

a) Çalışma yüzeyine dezenfektan emdirilmiş ped yerleştirilmemektedir.

b) Kabinin temizliği ve bakımı yeterli düzeyde yapılmamaktadır.

c) Çalışma kullanıcıya ergonomik yük oluşturmaktadır.

d)Kabin açıldıktan sonra ve kapatılmadan önce beklenilmesi gereken süreler yeterince riayet edilmemektedir.

e) Biyokabinler çalışırken bakımı için gereken kaplar kullanılmamaktadır.

f) Yıllık sertifikasyonları yaptırılmamaktadır.

Bu önlemler biyolojik risk analizinde ek mühendislik ve yönetmelik önlemler olarak tanımlanmıştır.

BGK'ler kullanılırken standart eksik yönetmelik ve mühendislik önlemleri nedeniyle koliform bakteri pasajı uygulamasının risk düzeyi mevcut BGK önlemleri ile "orta" düzeyde bulunmuştur. Eğer BGK fonksiyonel ve kullanılabilirliği yeterli olsa idi aynı uygulamanın mevcut önlemlerle risk düzeyi "düşük" olması beklenirdi. Biyolojik risk analizinde tanımlanan ek önlemler alınarak BGK'ler çalıştırıldığında enfeksiyöz ajanlara karşı kullanıcı sınırlandırıcı ve koruyucu önlemlerle güvenli ortamlarda çalışacaktır.

Sınıf 2 BGK'lerde anket sonuçlarına göre konuşlandırılması ve bunzen beki yerine mikro-insineratör kullanımı mühendislik önlemi yeterli düzeydedir (Tablo5). Yönetmelik önlemlerde ise eksik uygulamalar bulunmaktadır (Tablo 6) Aynı uygulama ile sınıf 2 BGK' nin biyolojik risk analizi yapılacak olduğunda risk düzeyi açısından herhangi bir farklılık bulunmayacaktır. Sınıf 2 BGK'nin de tehlike olasılığı eksik yönetmelik önlemlerden dolayı 2, tehlike etkisi 5 olup; risk düzeyi "orta" düzeydedir.

## 6. Tartışma

BGK'lerin kullanılabilirliği mikrobiyolojik risk taşıyan uygulamalarda personel ve çevre koruması açısından önemlidir. Fakat yeterince bakımı ve

temizliği yapılmamış, yanlış seçilmiş BGK'ler başlı başına biyolojik risk taşımaktadır. Yapılan biyolojik risk analizi neticesinde sınıf 1BGK altında yapılan "koliform bakteri ekimi" uygulamasının risk düzeyi "orta" düzeydedir. Bu analiz sonucuna göre BGK'nin kullanılabilirliği düşük düzeydedir. Bu nedenle bu cihazların kullanılabilirliğini ölçen yönetmelik ve mühendislik önlemler kapsamında BGK bakımı, temizliği, performans testleri, sertifikasyonları yaptırılmalıdır. Bunzen beki yerine mikro-insineratör ve tek kullanımlık öze kullanılmalıdır. Çalıştırdıktan sonra dezenfektan emdirilmiş ped ve bakımı için gereken kaplar kullanılmalıdır. Çalıştırdıktan sonra uygun hava akımının sağlanması için en az 5 dk. çalıştırılmalı, kapatılmadan önce en az 5 dk daha çalıştırılmalıdır. HEPA filtreler mekanik olarak bir miktar havayı içeriye alıp sirküle etmekte ve dışarıya atmaktadır. Doğru konuşlandırılmayan BGK 'lerin hava sirkülasyonu yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle BGK'lerin doğru yere yerleştirilmesi sağlanmalıdır. Kullanıcının ergonomik yükünü azaltacak tasarımlarla verimliliği artırılmalıdır. Bu kurallar yazılı hale getirilerek kılavuz hazırlanmalıdır. Bu kılavuzda örnek bir BGK'nin biyolojik risk analizi yapılmalıdır. Ayrıca tüm kullanıcılara cihazın kullanım standartları ile ilgili eğitimler verilmelidir.

Bu çalışma ile BGK'lerin kullanılabilirliği irdelenmiş, cihazın verimliliğini artıran standart uygulamalar biyolojik risk analizi yolu ile ortaya konulmuştur. Daha sonraki çalışmalarda Covid19 testlerinde sınırlandırıcı mühendislik önlemi olarak tasarlanan BGK' lerin kullanılabilirliği araştırılabilir. Böylece PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyon) testlerinin yapıldığı BGK'lerin kullanılabilirliğinin irdelenmesi yoluyla laboratuvar kaynaklı enfeksiyonların (LKE) kontrol altına alınması sağlanabilmektedir. BGK'lerin kullanılabilirliğini irdelleyen bu çalışma LKE'lerin çalışıldığı benzer çalışmalara yol haritası oluşturması açısından alana katkı sağlayacaktır.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

## Kaynaklar

Akay, D. Kurt, M. (2006). Otomobil Emniyet Kemeri Kullanılabilirlik Testi. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(1): 183-191.

Akbulut, N. (2019). Okul Laboratuvarlarındaki Biyolojik Risklerin Değerlendirilmesi ve Farkındalık Düzeylerin Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Matematik Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı*, Ankara.

- Biyolojik Etkenlere Maruziyetin Önlenmesi Hakkında Yönetmelik (2013). Resmi Gazete, 28678, 15 Haziran.
- Ceyhan, İ. (2005). Biyogüvenlik Laboratuvar Seviyeleri Ve Biyogüvenlik Kabinlerinin Seçimi Kullanımı Ve Bakımı. *4.Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresinde sunulmuş bildiri. Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı, Tüberküloz Referans Laboratuvarı*, s.608-633, Ankara.
- Fullick, G. Krajniak, E.R. & Barker, D. J. (2003). *Occupational Health and Safety in Laboratories*.
- G. F. Can, K., D., Atalay., Eraslan, E. (2017). Tabletlerin Kullanılabilirlik Ölçütlerine Göre Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 5, 81-88.
- Günaydın, M., Çaycı, Y. T. (2012). Klinik Mikrobiyoloji Laboratuvarlarında Biyogüvenlik. Başustaoğlu, A. C., Güney M. (Ed), Laboratuvar temizliği, dezenfeksiyon ve dekontaminasyon prensipleri içinde (sy.243-258).
- Gül, Y., İssi, M. & Baykalır, B., G. (2013). Araştırma laboratuvarlarında biyogüvenlik zoonotik hastalıklar ve tıbbi atıkların bertarafı. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8(1), 81-96.
- Karaman, M. (2011). Temel Laboratuvar Güvenliği Ve Ülkemizdeki Duruma Genel Bakış. *Journal of Clinical and Analytical Medicine*, 2(3), 130-134.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M. & Brock, T. D. (2010). Brock Mikroorganizmaların Biyolojisi. Palme.
- Michiel J. A. Jannink,<sup>1</sup> Jaap de Vries,<sup>2</sup> Roy E. Stewart,<sup>3</sup> Johan W. Groothoff<sup>3</sup> and Gustaaf J. Lankhorst<sup>4</sup> (2004). Questionnaire For Usability Evaluation Of Orthopedic Shoes Construction and Reliability in Patient With Degenerative Disorders of the Foot. *J Rehabil Med* 36, 242-248.
- Richmond, J. Y. & McKinney, R. W. (Ed.). (1999). Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories. Washington: HHS.
- T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Başkanlığı Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları Daire Başkanlığı, (2014). Ulusal mikrobiyoloji standartları, laboratuvar güvenliği rehberi.
- The University of Utah, (2018). Guidelines For Microbiology Teaching Laboratories,
- Uzun, S., Özçelik, F., H.N. Üzdürmez, Günde, E.G. & Başpınar S. (2017). Laboratuvar Güvenliği El Kitabı. T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Tüketici Güvenliği ve Halk Sağlığı

### Ek1. Biyokabinlerin Kullanılabilirliği Anketi

Saygıdeğer katılımcılar, bu anket "Biyokabinlerin Kullanılabilirliği" çalışmasında kullanılacaktır. Burada belirteceğiniz görüşler yalnızca araştırma amacıyla kullanılacak ve sonuçlar tüm grubun yanıtları göz önüne alınarak değerlendirilecektir. Bu araştırmanın güvenilirliği için gerçek düşüncelerinizi belirtmeniz özel bir önem taşımaktadır. Lütfen hiçbir maddeyi boş bırakmayınız ve her biri için tek yanıt veriniz.

Maddeleri yanıtlarken sizden şöyle bir yol izlemeniz istenmektedir:

1. Lütfen her bir maddeyi dikkatlice okuyunuz.

2.Çalıştığımız biyokabinlerin standartları ile ilgili sorular 3 bölümde verilmiştir (Mühendislik, Yönetmelik ve Kişisel Koruyucu Önlemler) Bu sorulara evet/hayır cevabı veriniz.

Okul:

Mesleği

<b><i>Biyokabinlerin Kullanılabilirliği Mühendislik Önlemleri</i></b>	<b>BGK1</b>	<b>BGK2</b>
1.Biyokabinlerin konuşlandırılması uygun mu?		
2.Biyokabinlerin ışıklandırılması yeterli mi?		
3.Biyokabin içerisinde bunzen beki yerine mikro-inerasatör kullanılıyor mu?		
4.Biyokabin çalışması sırasında yeterli hava akımı sağlandı mı?		
5. Kabin ön cam açıklığı güvenli pozisyondan mı açılıyor?		
6..Kabinin alt kısmı ayak ve bacakların serbest hareketi için boş bırakılmış mı?		
<b><i>Yönetmelik Önlemler</i></b>	<b>BGK1</b>	<b>BGK2</b>
7.Yaptığımız iş için biyokabin seçiminizin uygunluk düzeyi yeterli mi		
8.Kullandığınız biyokabinin tipi bu cihazda yapılan uygulamaların biyolojik risk analizi yapılarak mı belirlendi?		
9.Kullandığınız biyokabinin personel ve çevre koruması yeterli mi?		
10.Biyokabinlerin kullanımı ile ilgili standartlara uyuluyor mu?		
11.Çalışma yüzeyine dezenfektan emdirilmiş ped yerleştirilmiş mi?		
12.Kabin çalıştırdıktan sonra ara veriliyor mu?		
13.Kabinin temizliği yapılıyor mu?		
14.Kabin kapatılmadan önce en az 5 dk çalıştırılıyor mu?		
15.Ergonomik yükü azaltmak için kabin çalışırken gerekenler yapılıyor mu?		
16.Biyokabinlerin bakımı yapılıyor mu?		
17.Biyokabinler çalışırken bakımı için gereken kaplar konuluyor mu?		
18.Biyokabinlerin yıllık sertifikasyonu yapılmış mı?		
<b><i>Kişisel Koruyucu Önlemler</i></b>	<b>BGK1</b>	<b>BGK2</b>
19.Çalışanlar önlük, eldiven gibi kişisel koruyucu donanıma kolaylıkla ulaşabilmekte ve kullanmakta mıdır?		
20.Kişisel koruyucu donanım laboratuvarından ayrılırken çıkarılıyor mu?		
21.Öğrenciler işlem yaparken aerosol oluşturmayacak güvenli davranış modellerini biliyorlar mı?		

Kaynaklar: Gül,2012; Karaman, 2010; Ceyhan, 2005; Laboratuvar Güvenliği El Kitabı, 2017; Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları Daire Başkanlığı, 2014