

# Biyogüvenlik Kabinleri

Tamer ŞANLIDAĞ(\*), İbrahim TUĞLU(\*\*), Beril ÖZBAKKALOĞLU(\*)

(\*) Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Manisa

(\*\*) Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, Manisa

## ÖZET

Biyogüvenlik, biyolojik materyal ve mikroorganizmalardan kaynaklanan çevresel etki ve ilgili hastalıklara bağlı potansiyel tehlikenin azaltılmasını amaçlayan birçok düzenleme ve rehberlerden oluşmuş profesyonel bir disiplindir. Biyogüvenlik kabinleri (BGK), işlem ve yöntemlerin uygun bir şekilde yapıldığında personel, çevre, ürün ve biyolojik materyalle direkt olarak çalışan kişiler için koruma sağlayan primer bariyerlerdir. Sınıf I, II ve III olarak ayrılan BGK'ler çeşitli araştırma ve klinik ihtiyacı karşılamak üzere geliştirilmiştir. Derlememizin amacı, bu kritik primer bariyerlerin performansını, fonksiyonlarını ve bunlardan beklenenleri açıklığa kavuşturmadır. Bu döküman, yaptığı özel uygulamalarda en uygun BGK'yi seçmeyi amaçlayan ve her tip kabinin çalışma mekanizmasını daha iyi anlamayı arzulayan laboratuvar yöneticisi, mühendisi veya laboratuvar çalışanları için yazılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyogüvenlik, biyolojik güvenlik kabinleri

## SUMMARY

### Biosafety Cabinet

Biosafety as a professional discipline as a result of increased numbers of regulations and guidelines directed toward reducing the potential for occupational illness and adverse environmental impacts from microorganisms and biological materials. Biosafety cabinets (BSCs) are primary barrier protection for individuals working with biologic materials and are designed to provide personnel, environmental and product protection when appropriate practices and procedures are followed. This review presents information on the selection, function and use of BSCs. Three kinds of BSCs, designated as Class I, II and III have been developed to meet varying research and clinical needs. Aim of this overview is to clarify the expectations, functions and performance of these critical primary barriers. This document has been written for the laboratorian, engineer or manager who desires a better understanding of each type of cabinet and the rationale for selecting the most appropriate BSC to meet specific operational needs.

Keywords: Biosafety, biological safety cabinets.

## GİRİŞ

### I. Geçmişte Biyogüvenlik Kabinleri

Mikrobiyolojik biyogüvenlik kabini yapımı, 1909'da W.K. Mulford Farmakoloji Şirketinde tüberkülin hazırlanması sırasında Mycobacterium tuberculosis ile enfeksiyonun önlenmesi için bir havalandırılmalı kabin oluşturulması ile başlamıştır (1). Bir vakum pompasının havayı pamuk filtreden bir çembere geçirmesi, çemberde negatif bir basınç oluşturması ve çıkan havanın bir dezenfektan içeren kutunun içine alınması sağlanmıştır. Kol şeklindeki eldivenler yerleştirilerek tüm işlemler bu eldivenler aracılığı ile

gerçekleştirilmektedir. Daha sonra birçok değişik kabin ortaya çıktı ise de bunlar genellikle yapanın veya kullananın oluşturduğu değişik şekil ve kullanım amaçlı olmuştur. Mikrobiyolojik kabinler ile ilgili tanımlamayı yapan ilk yayın 1943'de elektrik ocağı akımı kullanarak içeriye hava akımı oluşturan ve boşaltan sistemi yapan Van Den Ende (1)'ye aittir. Paslanmaz çelikten yapılmış, önünde izleme camı bulunan, besleme karıştırıcıları olan, servis boruları, dışarı üfleme yolu ve fiber filtresi olan ilk kabin 1948'de yapılmış ve 1953'te literatürde yayınlanmıştır. Mikrobiyolojik kabinler gittikçe gelişerek Amerikan Ordusu Biyoloji Laboratuvarlarında labo-

ratuvar kaynaklı hastalıkların önlenmesi anlamında "bakteriyolojik biyogüvenlik kabini" olarak bilinen en kullanışlı tek sistem şeklinde en mükemmel halini almıştır (1, 2, 3).

## II. Sınıf I Biyogüvenlik Kabinleri

Sınıf I biyogüvenlik kabinleri kimyasal gaz koruyucu kabinlerin bir modifikasyonu olarak ortaya çıkmıştır. Bunlar paslanmaz çelikten yapılmış, önünde izleme camı bulunan, besleme karıştırıcıları olan, servis boruları, dışarı üfleme yolu, aydınlatması ve önündeki açıklıktan ellerin sokulması yolu ile birçok değişik yöntemin uygulanabildiği bir kabin şeklindedir (Şekil 1). Hava akımı içeride olup, çalışma alanını geçip spun-glass fiber filtreye ulaşır ve bina havalandırmasına veya dışarı açılan bir yola üflenerek atılır. Havanın tekrar sirkülasyonu yoktur. Önceleri sınıf I biyobiyogüvenlik kabini 60 fpm'ye yükseltile 50 fpm' lik iç havalandırmaya sahipti. Bugün önerilen minimum 75 fpm olmasıdır. Spun-glass fiber filtreleri 1 ile 5 µm çapındaki partikülleri uzaklaştırmada %95'lik etkinliğe sahiptir. Filtre teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde spun-glass fiber filtreleri sınıf I güvenlik kabinlerinde kullanılmaktan kaçınılmış ve yerlerini yüksek etkinlikte partikül uzaklaştırıcı HEPA filtrelere bırakmıştır. Daha sonra CDC tarafından daha emniyetli güvenlik kabinleri geliştirilmiştir. Spun-glass fiber filtreleri, çalışma alanının üstünde yer alan havanın atıldığı filtre çemberinin içine yerleştirilmiş 6 veya 7 HEPA filtresi ile değiştirilmiştir. Her bir HEPA filtresi havanın dışarı atılmasında sızıntı olmayacak şekilde ve filtre kullanımını uzatabilmek için kaba filtreler HEPA filtrelerin önüne yerleştirilmiştir. Kabin genellikle kullanılan laboratuvar kimyasallarına karşı dayanıklı kuru ve sertleştirilmiş metalden oluşturulmuştur. Dört tane UV lambası çember içindeki HEPA filtrelerinin üzerine yerleştirilmiştir. Sınıf I biyobiyogüvenlik kabini içindeki kontamine havayı dışarı taşıyacak durumlardan kaçınılması gereklidir. Kabin önünde hızlı şekilde yürüyüş yapanlar ve bazı işlemler sonrası kollarını hızlı bir şekilde kabinden çıkaranlar bu koşulları oluşturabilecek örnekler olarak verilebilir (1, 4).

Sınıf I biyogüvenlik kabinlerinin çalışanları koruyucu etkinliği metal bir eldiven şeklindeki panelin eklenmesi ile arttırılabilmektedir. Açık eldiven şeklin-

deki kenarlığa doğru iç hava akımı minimum 150 fpm olacak şekilde ayarlanmaktadır.

## III. Sınıf II Biyogüvenlik Kabinleri

Kullanıcıların korunması yeni kabin oluşturulmasını zorunlu kılmıştır. İhtiyaç duyulan kabindeki özellikler net bir dikey hava akımının kabin önünden giren bir hava ile desteklenerek içindeki aerosollerin dışarı kaçmasını önleyecek bir sistem içermesi olmuştur (5). Eğik cam, iki cam paralel panel ve değişik çalışma alanlarının modifikasyonları, ürünü ve personeli koruyacak kabini oluşturacak şekilde sonuçlanmıştır. Performansın değerlendirilmesi, içeriklerin kapasitelerinin belirlenmesi üzerine kurulmuştur (1). Bir tek problem dikey ve iç hava akımının birleşme yerinde olmuştur. Aşırı iç hava akımı oda içindeki kontaminasyonun giriş ızgarasına ve çalışma sahasına bulaşmasına neden olmaktadır. Aşırı dikey hava akımı kabinde bulunan olası mikroorganizmalarla yüklü havanın kaçacağı ile sonuçlanmaktadır (6). Bu sonuçlar Mcdate ve ark.larının mikrobiyolojik testleri ile uyumlu çıkmıştır. Bu araştırmacılar modifikasyonların etkin olduğunu da doğrulamışlar, çünkü biyogüvenlik kabini ürün, personel ve çevre korumasını sağlamıştır (1). Bu kriterlere sahip dikey hava akımlı kabinler Sınıf II biyogüvenlik kabinleri olarak yapılmıştır (7, 8).

İlk olarak öncü dikey hava akımlı kabinlerin hataları, yapım problemleri, hava akımı problemleri ve kapasitelerinin tanımlanması bildirilmiştir. Dikey hava akımlı kabinlerin karakteristikleri, performans kapasitelerindeki değişiklikler, yüzeysel hızlıklarının gelişimini, dikey hava akımı, ön pencere yüksekliği, hava sirkülasyonu ve mikrobiyolojik içeriğin yüzdesi tanımlanmıştır (5).

Sınıf II biyogüvenlik kabinlerinin ana amacı personeli, çevreyi ve deneyi korumaktır. Ulusal sağlık koruma kuruluşunun standart 49 numarası adaptasyonundan sonra biyogüvenlik kabinleri sınıf II tip 1 ve tip 2 yerine sırası ile tip A ve tip B olarak yapılmıştır (9).

Şekil 2, tipik bir sınıf II tip A biyogüvenlik kabinin önemli parçalarını göstermektedir. Bu kabinlerde laboratuvardaki hava ön açıklıktan içeri girer ve dikey hava akımı ile ön hava alıcı ızgaraya geçer. Üfleleyici

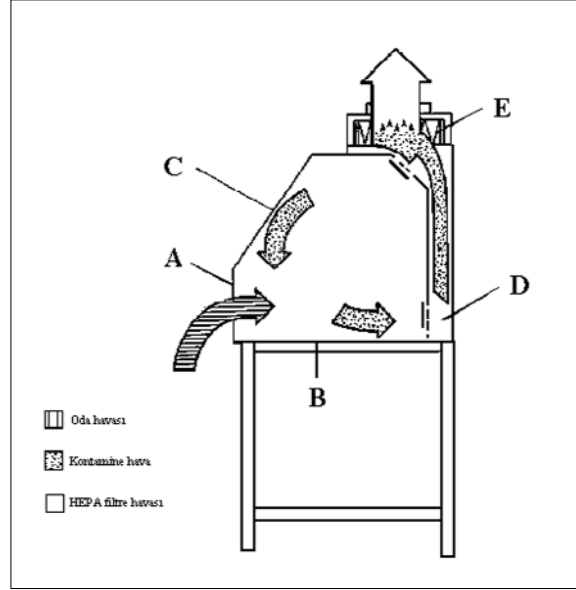
fan havayı hava akım tabakasından yukarıdaki havanın belli bir yüzdesinin HEPA filtresine atıldığı tabakaya doğru iter. HEPA filtresi desteğine zorlanan hava, çalışma sahasına temizlenmiş ve filtre edilmiş olarak döner. Temizlenmiş hava aşağı iner ve yaklaşık olarak çalışma yüzeyinin ortalarında ikiye ayrılarak motor plakaların içine hava ızgaralarına geçerek, yarısı ön hava alıcı ızgaraya ve diğer yarısı besleyici hava çıkarıcı ızgaralara girer (1). İnfeksiyöz partiküllerin, ön açıklıktaki koruyucu hava perdesi ve atımdaki HEPA filtreleri yardımı ile laboratuvar ortamına kaçıışı engellenmiş olur. Hava akımı kritiktir ve aşırı pozitif basınç, çalışma aralığı açıklığından laboratuvar ortamına bulaşıcı partiküllerin kaçmasına neden olur. Aksine durumda da aşırı miktarda negatif basınç odadan gelen havanın içeri hava alan ızgaradan geçişine ve kabindeki çalışma ortamının kontamine olmasına neden olur (1, 5). Bugün çoğu sınıf II kabini laboratuvar masası üstü modeli olup üfleyici fan destek HEPA filtresinin üstüne yerleştirilmiştir. Temel aynı olmasına rağmen hava üfleyici fana doğru düşer ve bütün tabakalar negatif basınç altında kalır.

### Sınıf II Biyogüvenlik Kabinlerinin Tipleri

Şekil 3, Kent ve Kubica tarafından çizilmiş (1) Sınıf II biyogüvenlik kabinleri arasında farklılıkları gösteren şeklin bir modifikasyonudur. Tip B1 eski klasifikasyondaki tip B ile değiştirilmiştir. Her bir kabinde, laboratuvarından giren hava, Tip B1 hariç, öndeki hava alıcı ızgaradan geçerken HEPA filtreleri çalışma sahasının altına yerleştirilmiştir. Hava, üfleyici fanı, hava akım plakası ve üst plakayı dolaşmadan önce HEPA filtresinden geçer ve 30% tekrar sirkülasyona girerken 70% dış atılış filtresine gönderilir. Üfleyici, motor, havalandırma ve havalandırma içindeki plakalar canlı partiküller içermez. "Yüzey hızı" tip A kabinlerinde 75 fpm iken tip B de 100 fpm dir. Bu tip yapım bütün kanal ve plakaların negatif basınç altında olmasını sağlar. Bu kabin toksik kimyasallar "dakika sayılabilirleri" ve "iz miktarda" radyonükleotidlerle işlenmiş biyolojik ajanlar için kullanılabilir (10).

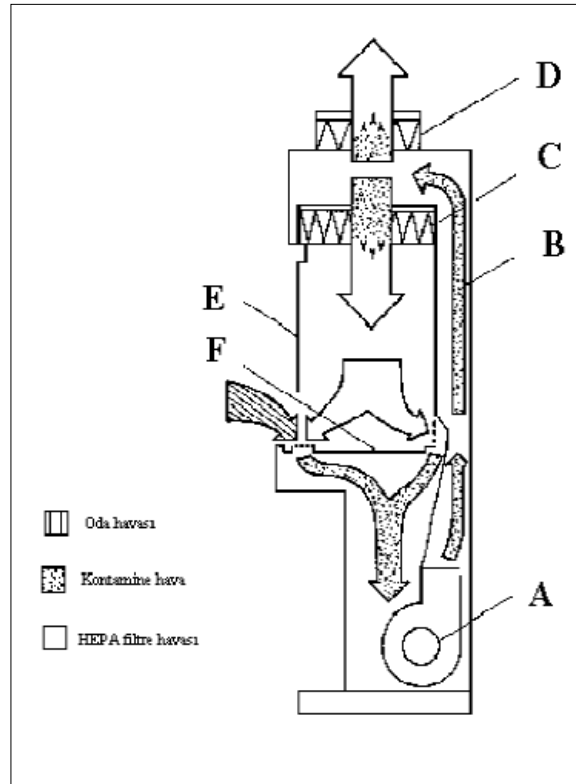
Sınıf II biyogüvenlik kabinlerinin daha iyi koruma sağlaması için bir çok değişiklik yapılmıştır. Tip B1 eski modellerinde çalışma sahasına giren HEPA fil-

Şekil 1. Sınıf I biyobiyogüvenlik kabini



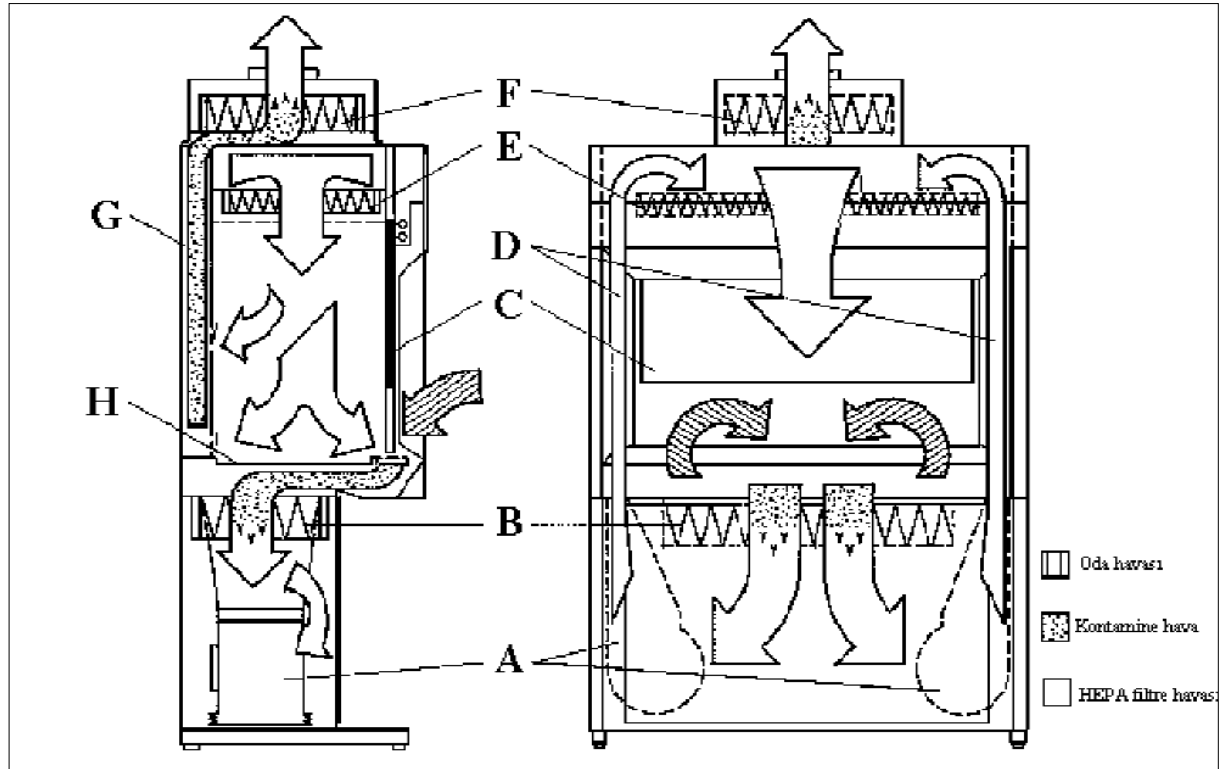
A= Ön açıklık B= Çalışma alanı C= Pencere (izleme camı)  
D= Dış atım tabakası E= HEPA filtre

Şekil 2. Sınıf II tip A biyobiyogüvenlik kabini



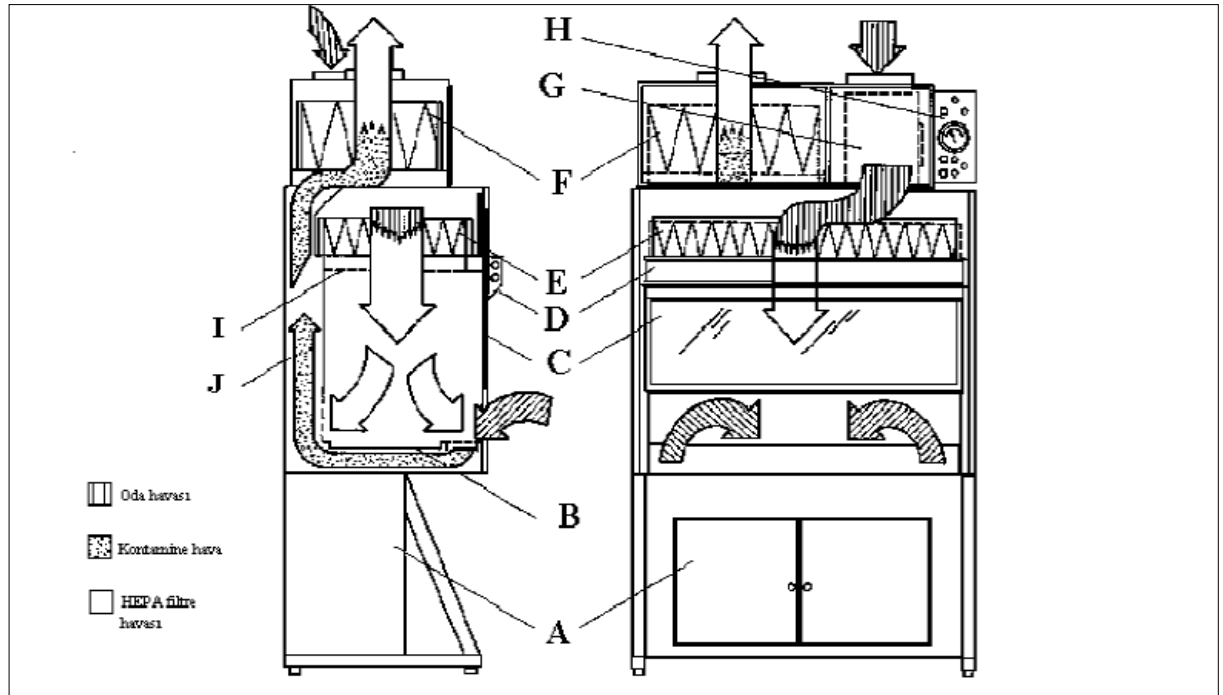
A= Üfleyici fan B= Besleyici tabaka C= Destek HEPA filtre  
D= Atım hava filtresi

Şekil 3. Sınıf II tip B1 biyobiyogüvenlik kabini



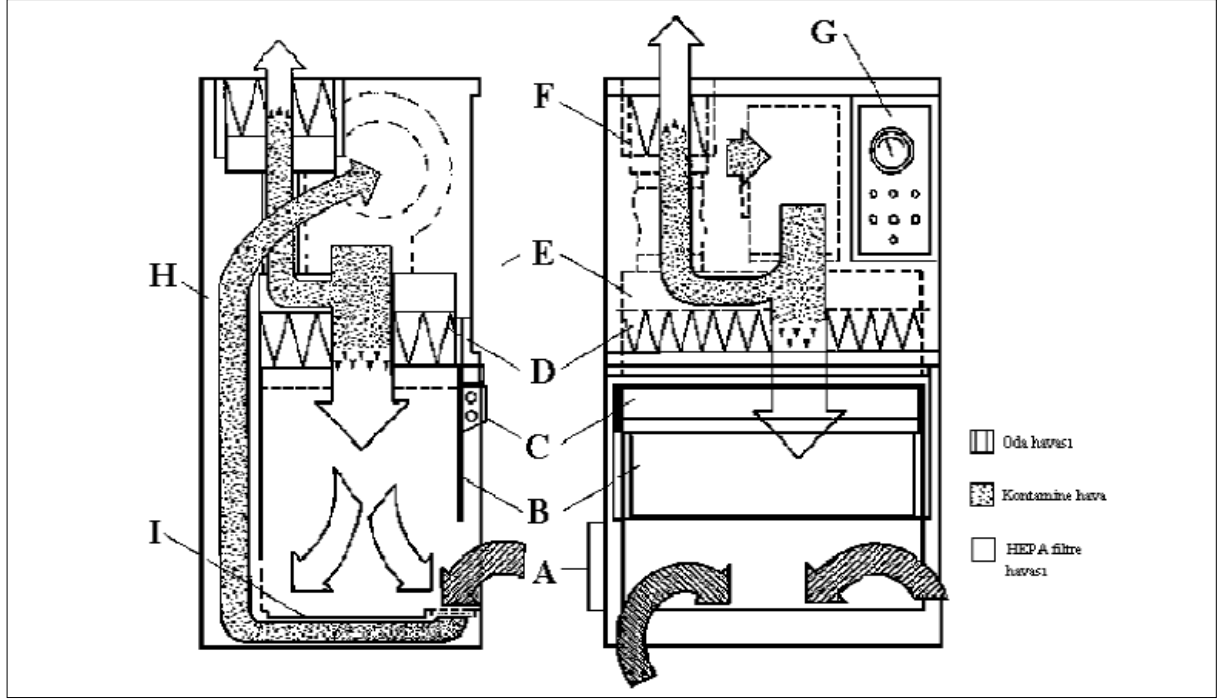
A= Üfleyci fanlar B= Destek HEPA filtre C= Sürgülü pencere D= Pozitif basınç tabakaları E= İlave destek HEPA filtre veya geri basınç manı F= Dış atım hava filtresi G= Negatif basınç dış atım tabakası H= Çalışma alanı

Şekil 4. Sınıf II tip B2 biyobiyogüvenlik kabini



A= Malzeme dolabı B= Çalışma alanı C= Sürgülü pencere D= Aydınlatma E= Destek HEPA filtre F= Dış atım hava filtresi G= Destek üfleyci fan H= Kontrol paneli I= Tarama filtresi J= Negatif basınç katmanı

Şekil 5. Sınıf II Tip B3 biyobiogüvenlik kabini



A= Ön açıklık B= Sürgülü pencere C= Aydınlatma D= Destek HEPA filtre E= Pozitif basınç tabakası F= Dış atım HEPA filtre G= Kontrol paneli H= Negatif basınç katmanı I= Çalışma alanı

trelenmiş havanın dağılımının sağlanmasında bir poliüretan geçirici kullanılmıştır. Federal standart 209b, bir partikül sayıcı ile belirlenmiş, 100 veya daha az her ft<sup>3</sup> te 0.5 um partikül içermeyi gerektiren bir alan için, oksidize partiküllerin salınımından dolayı bu seviyenin elde edilmesinin oldukça zor olmasına rağmen "sınıf 100" olarak tanımlanmıştır. Üreticiler şimdilerde poliüretan geçiricinin metal geçiricilerle değiştirildiği ve 3 HEPA filtresinin kullanıldığı yeni bir tip B1 kabini yapmaktadırlar (1).

Tip B2 kabini tam bir dışa atılış kabini olup Şekil 4'de gösterilmektedir. Hava, kabinin üstünden girer ve çalışma sahasındaki HEPA flitresine girmeden önce bir ön filtreden geçer. Filtre edilmiş hava kabin boyunca bir geçiş yapıp dış atım HEPA filtresinden atılır (11). Tekrar sirkülasyonun olmadığı bu sistem toksik kimyasallar ve radyonükleotidlerle işlenmiş biyolojik ajanlar için kullanılabilir (12).

Tip B3 kabini aslında bir tip A kabinidir. Aşağı doğru tekrar sirküle olan havanın hızı yaklaşık olarak 75 fpm'si olmasına rağmen hava HEPA filtresinden bir kanala atılır. Yüzeysel hızı 75' ten 100 fpm'ye yüksel-

tilmiştir. Tip B3 kabini atılan havanın uzaklaştırılması için ayrı bir dış üfleyici gerektirmektedir (10) (Şekil 5).

#### a. Sınıf II Tip A Biyogüvenlik Kabinleri

Bu biyogüvenlik kabini dış ortamın havalandırılmasına gerek olmadan atılan, havanın bir HEPA filtresi ile direkt olarak laboratuvara verilecek şekilde yapılmıştır. Dışa atılan akım ile etkileşmesinden kaçınmak için kabinin yukarısı ile tavanı arasında minimum 8 inçlik bir boşluğun olması önemlidir. Ek olarak, hava akımını etkileyecek ve kabin üstünde materyal birikmesini engellemek için dış atım HEPA filtresinin ortasına bir koruyucu filtre yerleştirilmesi gereklidir. Kabin mikroorganizmaların geçişini ve laboratuvar ortamının kontaminasyonuna neden olabilecek dış HEPA filtresinde ve kaplayıcılarda sızıntı içermemelidir (5).

Sınıf II tip A kabinleri ortak bir dış atım tabakası yapılan bir bağlantı ile havalandırılabilir. Bu bağlantı dış atım kanalını direkt olarak kabine bağlar ve geçen hava volümü dış atım HEPA filtresinden atılır.

Bağlantıda kabin ve dış atım kanalı arasında bir hava boşluğu bırakılmalı ve dış atım kanalı dış atım volümü akımını olumsuz etkilenmeden koruyacak şekilde laboratuvardaki hava desteğini sağlamalıdır (1).

Sınıf II tip A kabini birçok kabin atılım sistemine bağlanacaksa bir canopy bağlantısı ile bağlanması önerilmektedir. Hava boşluğu, iç hava türbülansının dış çevreye hava sızıntısı oluşturmadığını göstermek için dumanla test edilmelidir. Sınıf II tip A kabininden dış atım havası alan bütün kanal sistemi, kanal sistemini negatif basınç altında tutacak ve kabinin dış atılım tarafında, iç akım hızını olumsuz etkileyecek ek bir rezistans oluşturmayacak şekilde çatıya yerleştirilmiş bir özel havalandırma kullanılmalıdır. Bu özel havalandırma dış atım kanalına gelebilecek ek rezistansları kompanse eder. Bu özel havalandırma kabin havalandırması ile kilitlenmeli ve motorların aktivitesinde başarısızlık olduğunda sinyal verebilecek alarm sistemi kabinin üstüne veya yanına yerleştirilmelidir. Eğer kabin binanın ortak ısıtma, havalandırma ve havalandırma atım sistemine (önerilmez) bağlanacaksa, hava tekrar sirküle edilmemelidir. Ek olarak, bir kontrol sayacı, oda havasının kaybını ve kanaldaki sabit basıncın sürekliliğini kontrol için kanala yerleştirilmelidir (4).

Sıkı kanal sistemi kullanmanın ana amacı (örnek olarak kabin ile dış atılım kanalı arasında bir hava boşluğunun olmadığı), laboratuvardaki kullanılmış havanın azalmasına bağlı enerjiyi korumasıdır. Sıkı kanal sistemi kullanılacağına, kabine uygulanmış dış atım statik basıncını kontrol edecek ve kabin formaldehitle dekontamine edildiğinde kaplayıcı olarak hizmet edecek bir sayaç, dış atım kanalına kabine yakın olacak şekilde yerleştirilmelidir. Statik basınç, kabinin dış atımının üstünden direk olarak ölçülmeli ve negatif basınç, kabinden çatıdaki havalandırmaya yerleşmiş, kanal sisteminin hava akımı rezistansını dengeleyecek bir sayaç ile ayarlanmalıdır. Bütün kanal sistemi düzenlenmesinde, tıkanmış dış atım HEPA filtresinin uzaklaştırılarak yenisi ile değiştirilmesi gereklidir. Bu nedenle kanal sisteminin uzaklaştırılabilir olmalıdır. Bir HEPA filtresi kabinin üstünden çıkarılmak zorunda kalındığında sıkı kanal bağlantılarının kullanılması önerilmez (4).

#### b. Sınıf II Tip B1, B2, ve B3 Biyogüvenlik Kabinleri

Sınıf II tip B kabinlerinin dış atım sistemi, binanın dışında tekrar sirkülasyona izin vermeyecek şekilde yükseklik ve lokalizasyonda bir kanal sistemi içermesini gerektirmektedir (1). Hava turbulansı oluşturmamalıdır, bina girişindeki hava geçişini etkileyebileceği çatı yakınındaki yerlerde atılmamalıdır. Bir sistem, hava ayarlamasına ve formaldehit dekontaminasyonu süresince kullanıma izin verecek şekilde kabinlere yakın bir kanala yerleştirilmelidir. Geri akım sistemleri çok sıklıkla korozyona, erozyona ve sürekliliğindeki eksiklere bağlı olarak fonksiyonlarını kaybettikleri için, kesinlikle kanal içinde kullanılmamalıdır (1).

İçerisinde dış atım havalandırması olan tip B kabinleri bina çatısı dışında dış atım havalandırmasını ve dış atım hava akımının kaybını gösterecek kabin yanı veya üstüne yerleştirilmiş bir alarm bulundurmalıdır. Dıştaki çatı üfleyicisi, kanal içindeki basıncın kabinden çatıdaki havalandırmaya kayb olduğu düşüncesi ile, gereken hava akımını idare edebilecek bir büyüklükte olmalıdır. Kabinden, çatı ve yandaki binalara doğru atmosfere atılan hava, HEPA filtresindeki sızıntılardan kaçabilecek patolojik mikroorganizmaların olası dilüsyonu, kurumması ve öldürücü UV irritasyonuna neden olabilmesi sebebi ile çok önemlidir. Laboratuvarlardan dış atım havasının uygunsuz atılımına bağlı laboratuvar kaynaklı infeksiyonlar bildirilmiştir (1, 13). Hava atılımının yükseklik ve lokalizasyonunu belirlemenin en güzel yolu, bütün hava filtrelerinin aktığı dış atım kanalına bir duman bombasının yerleştirilmesi ve birçok rüzgar yönü itibarı ile dumanın atmosfere yayılmasının izlenmesidir. Hava atılımı, çabucak dağılacığı ve dilüe olacağı atmosfere gönderilmeli, hava girişlerine ve yere yayılmasını sağlayacak atık deposu üstüne, yağmur şapkası veya tıkanma yapabilecek diğer etkenler yerleştirilmemelidir (1).

#### IV. Sınıf III Biyogüvenlik Kabinleri

Sınıf III güvenlik kabinleri önu kapalı, paslanmaz çelikten yapılmış, kendinden havalandırılmalı kabinler olup negatif basınç altında çalışarak laboratuvar ortamında bulaşıcı materyallere karşı kesin koruyucu

çudur. Kol uzunluğunda eldivenler içerir ve hava HEPA filtrelerinden girip seri şekilde yerleşmiş 2 HEPA filtresinden veya tek HEPA filtresinin bir dış bağlantısı ile dışarı atılır (Şekil 6). Tüm sistem (bağlantı yerleri, contalar ve boru kanalları dahil), hava veya gaz karışımı ile basınçlandırılarak test edilir. 10-6 ml/s'den daha büyük kaçaklara izin verilmez. Sınıf III kabini içinde çalışma kol şeklindeki eldivenlerle gerçekleştirilir ve temiz ekipman ile desteklenir, hava, kabin içine çift kapılı otoklav ve/veya çift kapılı kitleyicili dezenfektan ile doldurulmuş boru tanklarından girer. Dışarı alınacak materyal kabin çizgisinden çıkarılmadan çift kapılı otoklavda dekontamine edildikten sonra uzaklaştırılır. Birbirlerini kontamine edebilme olasılığına rağmen, buzdolabı, inkübatör, derin dondurucu, santrifüj, su banyosu, mikroskop ve hayvan işleme sistemi bu sisteme yerleştirilebildiğinden dolayı Sınıf III kabininde bütün manipülasyon şekillerini uygulamak mümkündür (9).

Sınıf III kabini içinde çalışma güç ve komplikedir. Ekipmanın manipülasyonu pipetleme ve hayvan ça-

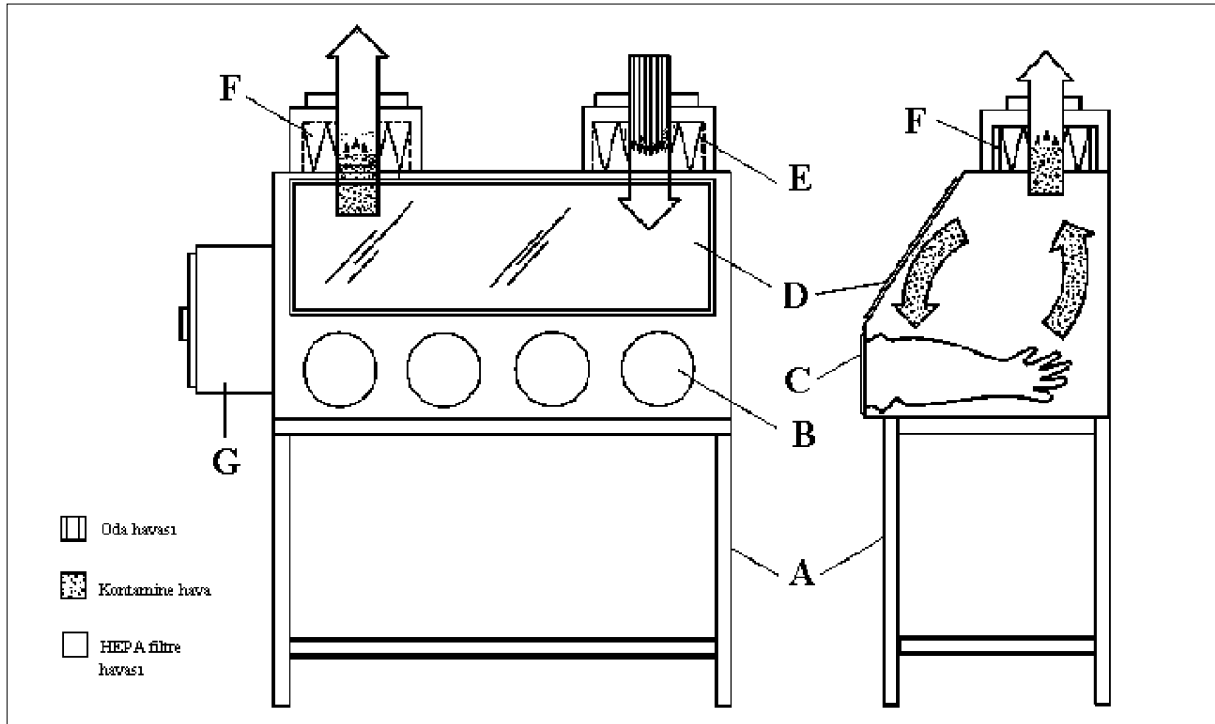
alışması gibi olaylarda birçok rahatsız edici durum olmasına rağmen kullanıcı için korunma ve güvenlik duyarlılığı bu kabini oldukça yararlı kılmaktadır. Daha ötesi iyi bir eğitimle çoğu çalışan incelikli prosedürleri bile bu kollu eldivenlerle becerebilmektedir. Bu ekipman çok özeldir. Başlama ve devam ettirme maliyetinin yüksekliğinden dolayı sınıf III kabini dünyada oldukça azdır (14).

Machupo, Lassa, Marburg ve hemorajik ateş hastalığı gibi oldukça bulaşıcı mikroorganizmalarla ilgili araştırmalar ve yüksek riskli DNA araştırma materyalleri (biyogüvenlik derecesi 4'te olan ajanlar) sınıf III kabininde yapılmalıdır (9, 13).

#### V. Biyogüvenlik Kabinlerinin Yerleştirilmesi

Bir biyogüvenlik kabini için ideal bir lokalizasyon, dayandığı laboratuvar duvarının patlama veya yangında oluşan gazların emniyeti düşüncesine bağlı olarak, personel geçişinden, kapılardan, ısıtma ve havalandırma ventilatörlerinden oluşan hava gibi faktörlerden oldukça uzak bir alan olmalıdır. Hızlı vücut hareketleri, açılan ve kapanan laboratuvar kapısı gibi hava akımı yaratmak kritik hava akımını bo-

Şekil 6. Sınıf III biyobiyogüvenlik kabini



A= Ayak B= Eldiven bölümü C= Eldivenin kabine bağlandığı halka D= Eğimli cam izleme penceresi E= Destek HEPA filtre F= Dış atım HEPA filtre G= Çift kapılı otoklav

zarak biyogüvenlik kabininin çalışma aralığından test mikroorganizmalarının laboratuvara kaçmasına izin verir. Karşı hava akımının, kabinde organizma çıkışına neden olduğu; kontrol edilebilir karşı hava akımı oluşturularak, kabindeki havaya karışmış test mikroorganizmalarının kaybının, biyogüvenlik kabinin önündeki hava akımının hızına oranı ile gösterilmiştir (15).

#### KAYNAKLAR

1. Kruse HR, Puckett WH, Richardson JH: Biological safety cabinetry. *Clin Microbiol Rev* 4: 207 (1991)
2. Khuri-Bulos NA, Toukan A, Mahafzah A, Al Adham M, Faori I, Abu Khader I, Abu Rumeileh ZI: Epidemiology of needlestick and sharp injuries at a university hospital in a developing country: a 3-year prospective study at the Jordan University Hospital, 1993 through 1995. *Am J Infect Control* 25:322 (1997).
3. Neal A, Nadden RA, Chiou WR: Exposure of hospital workers to airborne antineoplastic agents. *Am J Hosp Pharm* 40:597 (1983).
4. Degen BR, Moran RF, Karkantis PN: Biosafety implications in sample introduction: module design characteristics for discrete-sample systems used in critical whole blood analyte testing environments. *Scand J Clin Lab Invest Suppl* 224:111 (1996).
5. Macher JM, First MW. Effects of airflow rates and operator activity on containment of bacterial aerosols in a class II safety cabinet. *Appl Environ Microbiol* 48: 481 (1984).
6. Richmond JY, Knudsen RC, Good RC: Biosafety in the clinical mycobacteriology laboratory. *Clin Lab Med* 16:527 (1996).
7. Vidal DR, Paucod JC, Thibault F, Isoard P: Biological safety in the laboratory. Biological risk, standardization and practice. *Ann Pharm Fr* 51:154 (1993).
8. Anonymous: Review of biosafety guidelines. Biosafety Task Force, Parenteral Drug Association. *J Parenter Sci Technol* 43: 252 (1989).
9. U.S. Department of Health and Human Services. Biosafety in Microbiological and biomedical laboratories. HHS publication (CDC) 93-8395. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C. (1993).
10. Thomas DL, Gruninger SE, Siew C, Joy ED, Quinn TC: Occupational risk of hepatitis C infections among general dentists and oral surgeons in North America. *Am J Med* 100:41 (1996).
11. Centers for Disease Control. Guidelines for prevention of transmission of human immunodeficiency virus and hepatitis B virus to health-care and public-safety workers. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 38: 1-37 (1989).
12. Wall SD, Howe JM, Sawhney R: Human immunodeficiency virus infection and hepatitis: biosafety in radiology. *Radiology* 205: 619 (1997).
13. Sewell DL. Laboratory-associated infections and biosafety. *Clin Microbiol Rev* 8:389 (1995).
14. Nielsen KM, Bones AM, Smalla K, van Elsas JD: Horizontal gen transfer from transgenic plants to terrestrial bacteria - a rare event? *FEMS Microbiol Rev* 22:79 (1998).
15. Rake BW: Influence of cross drafts on the performance of a biological safety cabinet. *Appl Environ Microbiol* 36: 278 (1978).