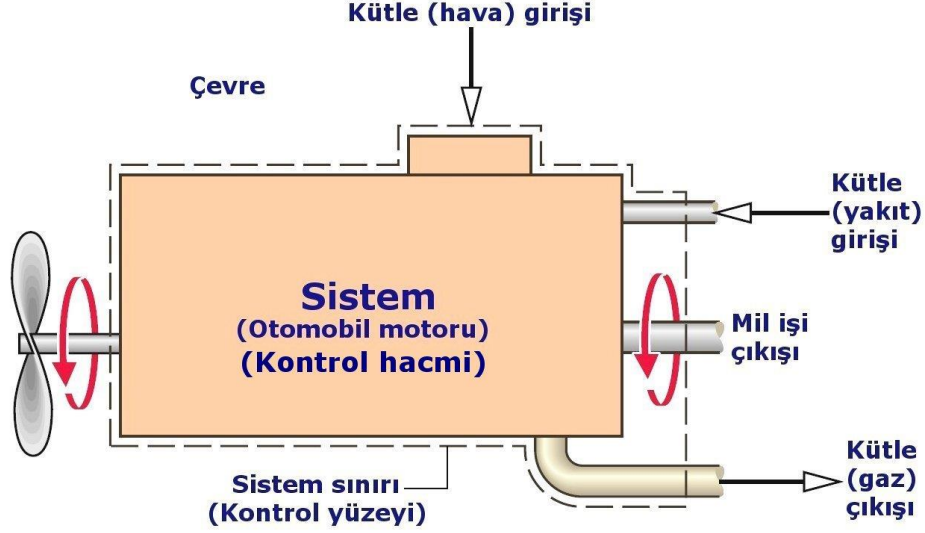
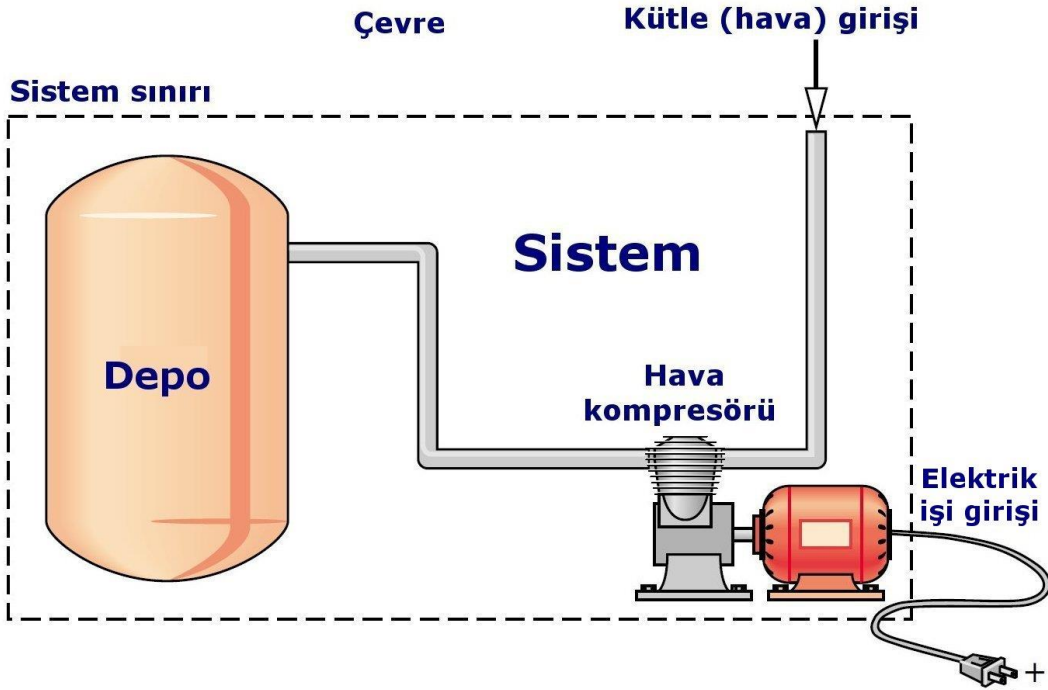


Kapalı ve açık sistemlerde, sistem sınırının seçimi ile ilgili görsel bilgiler:

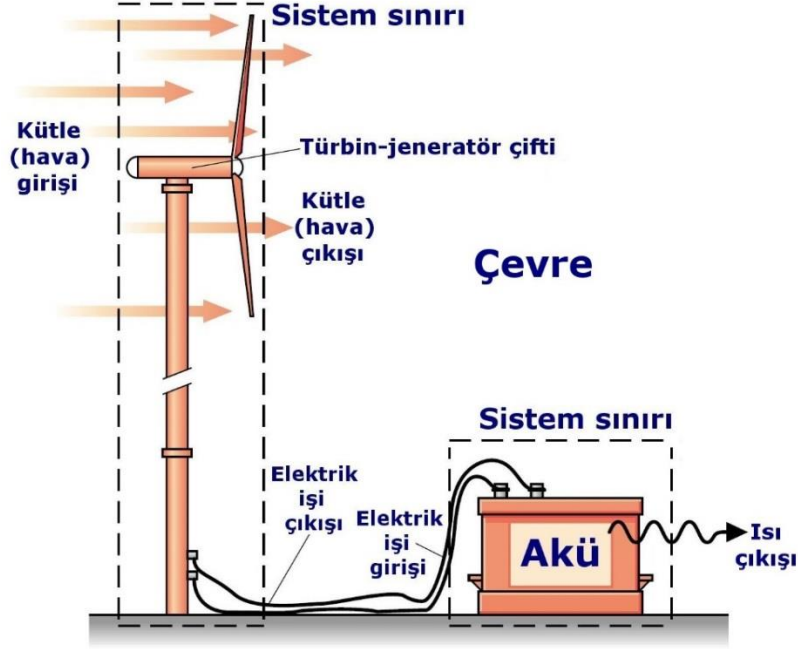


Otomobil motoru açık sistem (açık sistemlerde kontrol hacmi) olarak alınıp, sistem sınırı (açık sistemlerde kontrol yüzeyi) şekilde verildiği gibi seçilirse; açık sisteme sistem sınırından hava girişi ve yakıt girişi olur. Sistem sınırından olan kütle ile enerji girişleri (hava + yakıt); sistemin enerjisini arttırır. İç enerjisi/potansiyel enerjisi/kinetik enerjisi artan sistemin sınırından mil işi çıkışı ve gaz çıkışı olur. Kütle ile olan enerji çıkışı çevreye atılır, mil işi çıkışı ise otomobili hareket ettirmek için kullanılır. Burada sistem sınırını; 3 adet kütle ile enerji geçişi ve 1 adet mil işi ile enerji geçişi delmiştir.

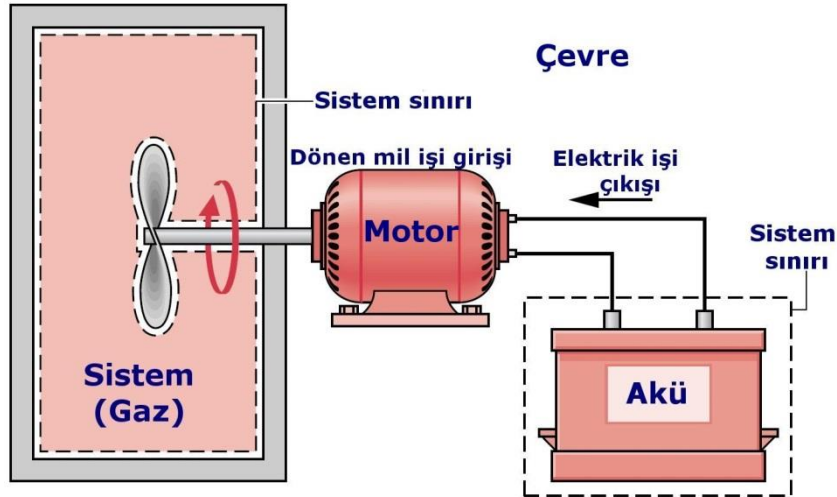


Depo + hava kompresörü + motor (yani üçü birden) sistem (kontrol hacmi) olarak seçilirse; sistem sınırından (kontrol yüzeyinden) hava (kütle ile enerji) girişi ve elektrik işi girişi olur. Elektrik işi girişi sistemde motoru ve motor ise hava kompresörünü çalıştırır. Böylece çevreden çekilen hava depoda biriktirilir. Burada sistem sınırından; 1 adet kütle ile enerji girişi ve 1 adet elektrik işi ile enerji girişi olmuştur. Elektrik işi girişi ile sistemin enerjisi artmış ve çevreden havanın girişi sağlanmıştır. Buradaki sistem, açık sistemdir.

Kapalı ve açık sistemlerde, sistem sınırının seçimi ile ilgili görsel bilgiler:

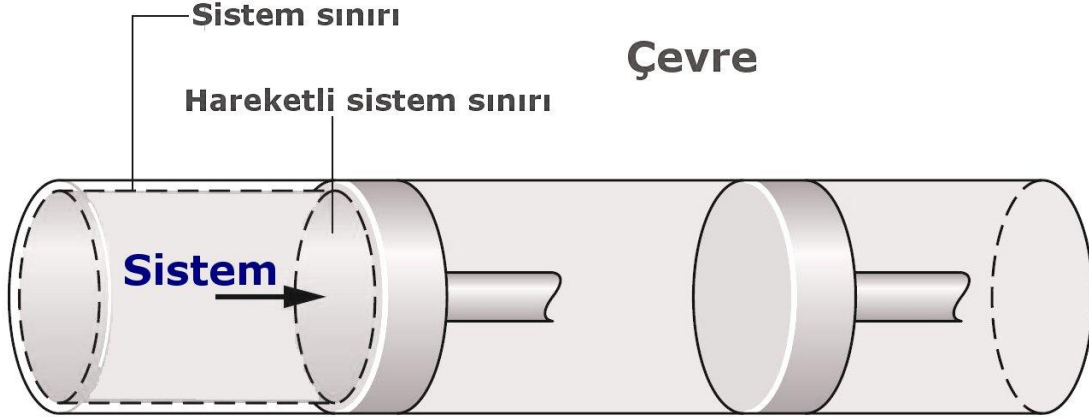


Rüzgar türbini (türbin-jeneratör çifti) sistem (kontrol hacmi) olarak alınıp, sistem sınırı (kontrol yüzeyi) şekilde verildiği gibi seçilirse; açık sisteme hava girişi olur. Sistem sınırından olan kütle ile enerji girişi (hava); sistemin enerjisi arttırır. İç enerjisi ve kinetik enerjisi artan sistemden elektrik işi çıkışı ve hava çıkışı olur. Kütle ile olan enerji girişi çevreden alınır ve kütle ile olan enerji çıkışı çevreye atılır. Elektrik işi çıkışı ise depolanmak üzere aküye gönderilir. Burada sistem sınırını; 2 adet kütle ile enerji geçişi ve 1 adet elektrik işi ile enerji geçişi delmiştir. İkinci olarak akü sistem (kapalı sistemlerde kontrol kütlesi) olarak alınır ve sistem sınırı şekil ile verildiği gibi seçilirse; sınırdan elektrik işi girişi ve çevreye ısı çıkışı olur. Elektrik işi girişi sistemi ısıtır yani sistemin iç enerjisini arttırır. Sıcaklığı artan sistemden, sıcaklığı daha düşük olan çevreye ısı çıkışı olur. Burada türbin-jeneratör çifti açık sistem ve akü kapalı sistemdir.

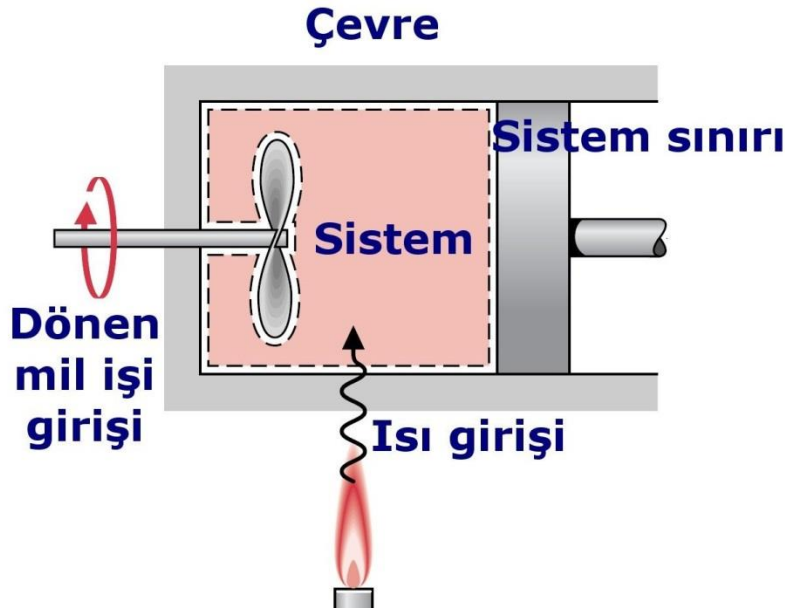


İç gaz ile doldurulmuş depo sistem (kontrol kütlesi) olarak seçilip, sistem sınırı şekilde verildiği gibi alınırsa; sınırdan dönen mil iş girişi olur. Dönen mil sistemin iç enerjisini arttırır ve sistemin sıcaklığını ile basıncını yükseltir. İkinci olarak akü sistem (kontrol kütlesi) olarak seçilirse, sistemin sınırından elektrik işi çıkışı olacaktır. Burada depo ile akü, kapalı sistemlerdir. Sadece motor ayrı bir sistem (kapalı sistem) olarak göz önüne alınırsa, sistem sınırından elektrik işi girişi ile motorun çalıştırıldığı ve çalışan motorun sistem sınırından dönen mil işi çıkışı olduğu görülebilir. Yani içinde gaz olan sisteme giren dönen mil işi aslında elektrik işi girişidir ama motor %100 verimde çalışmayacağı için dönen mil işi değeri, elektrik işi değerinden her zaman küçük değerde olacaktır.

Kapalı ve açık sistemlerde, sistem sınırının seçimi ile ilgili görsel bilgiler:



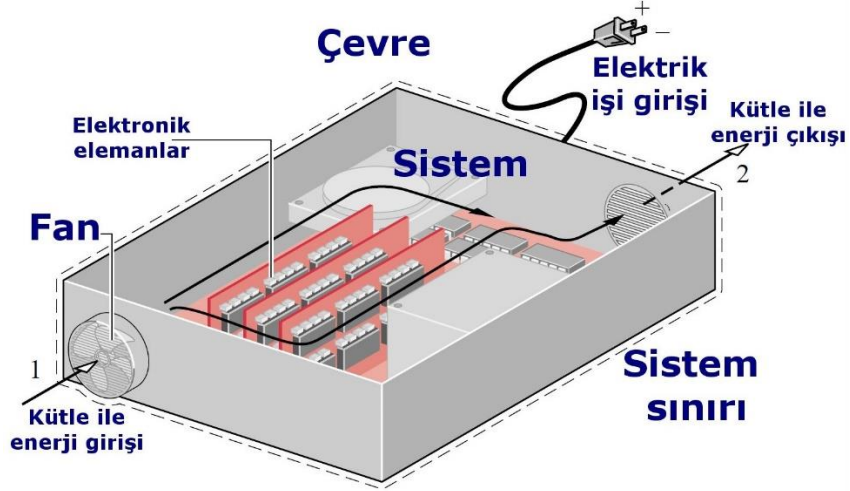
Piston-silindir düzeneği; eğer yakıt/hava karışımı (kütle ile enerji) girişi olursa açık sistem (kontrol hacmi), olmazsa kapalı sistem (kontrol kütlesi) olarak ele alınır. Şekil ile verilen sistem kapalı sistemdir. Piston-silindir düzeneği dikey veya şekil ile verildiği gibi yatay olarak ele alınabilir. Yerçekiminin etkisindeki sürtünmesiz dikey sistemlerde piston ağırlığının oluşturduğu basıncın etkisinin dikkate alınması gerekebilir. Sürtünmesiz yatay düzeneklerde ise pistonun oluşturduğu ağırlığın göz önüne alınması gerekmez. Kapalı sistemlerde, silindir içindeki sıvı veya gaz akışkanı sistem (kontrol kütlesi) olarak alınır. Sistemin iç enerjisi arttıkça veya azaldıkça piston sağa (genişleme) veya sola (sıkışma) doğru hareket eder. Böylece hareketli bir sistem sınırı oluşur. Sistemin iç enerjisi; ısı girişi, elektrik işi girişi (elektrikli ısıtıcı) ve dönen mil işi (pervane) girişi ile artar. Isı çıkışı ile azalır. Hareketli sistem sınırı, sınır işi girişi veya çıkışına neden olur. Yani termodinamik dengede olmayan piston-silindir düzeneğinde bir sınır işi giriş veya çıkışı vardır. Pistonun hareketi durduğu an termodinamik denge oluşur.



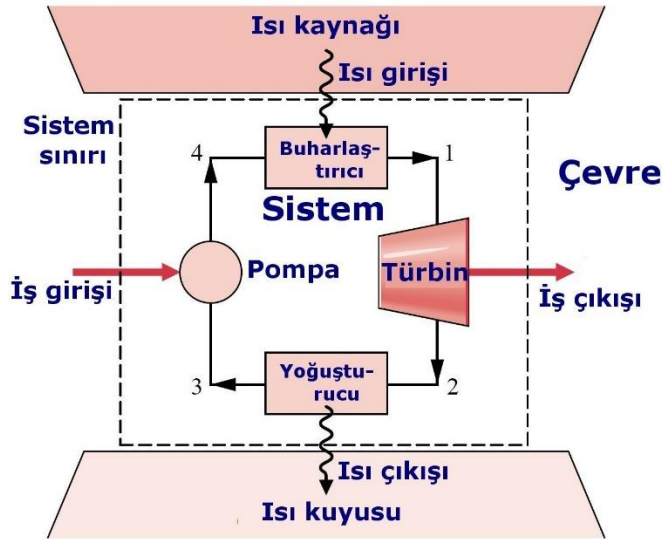
Kapalı bir sistem olarak alınan piston-silindir düzeneğinde, sistem olarak gaz veya sıvı akışkanlardan biri alınabilir. Hareketli sınır da içeren sistem sınırından dönen mil işi girişi ve ısı girişi vardır. Dönen mil işi ve ısı girişi sistemin iç enerjisini arttıracak ve sıcaklık ile basıncın artmasını sağlayacaktır. İş ve ısı girişi ile termodinamik denge bozulacak ve hareketli sınırdaki bulunan piston genişleme yönünde hareket etmeye başlayacaktır. Termodinamik denge sağlandığında ise genişleme işlemi duracaktır. Sistemin sıcaklığı arttıkça çevre ile olan sıcaklık farkı da artacak ve sistemden dışarıya ısı çıkışı da olacaktır. Yalıtımlı bir sistemde teorik olarak ısı çıkışı göz önüne alınmaz.

(Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Hüseyin Günerhan tarafından hazırlanmıştır).

Kapalı ve açık sistemlerde, sistem sınırının seçimi ile ilgili görsel bilgiler:



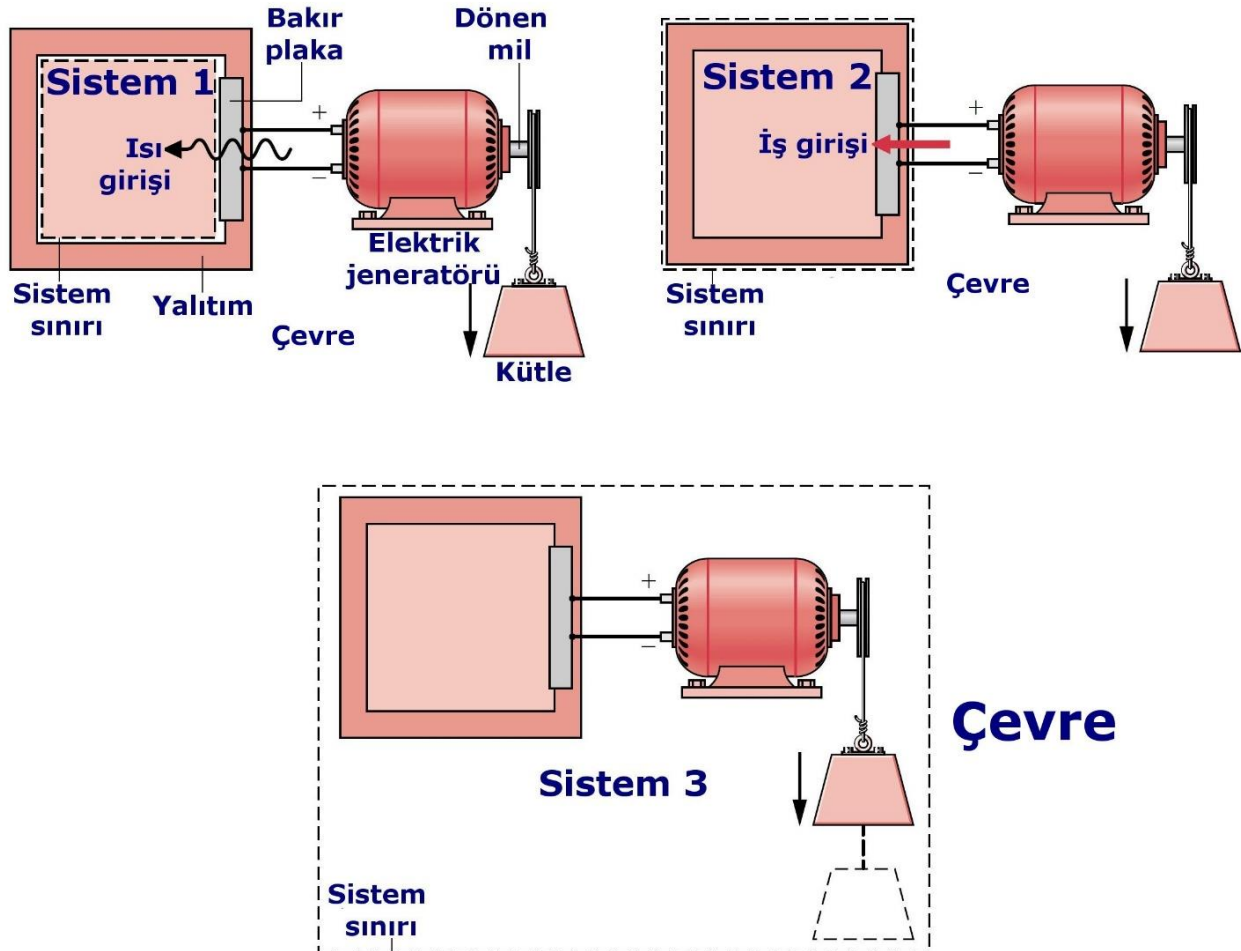
İçinde elektronik elemanlar olan bir sistemde, ısınan (iç enerjileri artan) elektronik elemanları soğutmak için kütle ile enerji girişi (hava girişi) sağlanabilir. Sisteme sistem sınırından elektrik girişi olduktan bir süre sonra sistemin sıcaklığı artacak ve artan sıcaklığı düşürmek için fan, elektrik işi girişi ile çalışacak ve sistem sınırından kütle ile enerji girişi ve kütle ile enerji çıkışı sağlanacaktır. Bu sistem, açık sistemdir. Kütle ile enerji çıkışı yakın çevresinin sıcaklığını arttıracaktır.



Kapalı bir sistem olarak; kapalı bir çevrim geçiren birbirlerine bağlı buharlaştırıcı, türbin, yoğusturucu ve pompa elemanlarına sistem sınırından ısı girişi, ısı çıkışı, iş girişi (elektrik işi girişi) ve iş çıkışı (dönen mil çıkışı ve dolayısıyla elektrik işi çıkışı) olabilir. Sistem elemanlarından olan buharlaştırıcıya sıcak bir kaynaktan (ısı kaynağından) ısı girişi olmakta, yoğusturucudan ise soğuk bir ısı kaynağına (ısı kuyusuna) ısı çıkışı olmaktadır. Buharlaştırıcıya giren sıvının sıcaklığı ve basıncı artmakta ve bu çerçevede türbinden iş çıkışı olmaktadır. Türbinde kullanılan yüksek nitelikteki enerji, kullanıldıktan sonra yoğusturucuya gönderilmekte ve tamamen doymuş sıvı veya sıkıştırılmış sıvı haline getirilmektedir. Pompa doymuş sıvı veya sıkıştırılmış sıvı ile çalıştığı için, pompa girişinin doymuş sıvı veya sıkıştırılmış sıvı halinde olması gerekmektedir. Sistemde sıvı hareketi pompanın oluşturduğu basınç farkı ile sağlanmaktadır. Sistemdeki her bir eleman tek başına ele alınarak açık sistem bilgileri altında da değerlendirilebilir.

(Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Hüseyin Günerhan tarafından hazırlanmıştır).

Kapalı ve açık sistemlerde, sistem sınırının seçimi ile ilgili görsel bilgiler:



Termodinamiğin temeli; **enerji analizi**, **entropi analizi** ve **ekserji analizinden** oluşmaktadır. Bunların yanına **kütle analizi** de (kütlenin korunumu da) eklenebilir. Bu dört analizde de sistem sınırı seçimi büyük önem taşımaktadır. Sistem 1 olarak sadece akışkanın bulunduğu ortam alınmıştır. Sistem 1, **kapalı** bir sistemdir. Sistem sınırından sadece ısı girişi olmaktadır. Sistem sınırı yalıtımlı olduğu için ısı çıkışı göz önüne **alınmamaktadır**. Sistem dışında (çevrede) bulunan elektrik jeneratörüne bağlı kütle yerçekimi yönünde hareket ettikçe mili döndürmekte ve böylece jeneratör çalışıp elektrik girişi ile bakır plakayı ısıtmaktadır (Bakır plaka sıcaklığı ile sistem sıcaklığı birbirinden **farklı** olduğu ve bakır plakanın sıcaklığı **daha** yüksek değerde olduğu için bakır plakadan sisteme doğru sistem **sınırından** ısı girişi olmaktadır). Isınan bakır plakadan sisteme ısı girişi olmakta ve sistemin iç enerjisi **artmaktadır**.

Kapalı bir sistem olan Sistem 2, hem akışkan hem de bakır plakadan oluşmaktadır. Sistem sınırından ise sadece iş girişi (elektrik işi girişi) olmaktadır. İş girişi ile sistemin iç enerjisi **artmaktadır**. Sistem 1 ile verilen ısı girişi ile Sistem 2 ile verilen iş girişi değerleri birbirinden **farklı** olacaktır.

Sistem 3 olarak ise tüm elemanlar alınmıştır. Yani çevrede herhangi bir eleman bırakılmamıştır. Sistem sınırından herhangi bir giriş-çıkış **yoktur**. Sistem 3, **ayrık** bir sistemdir.