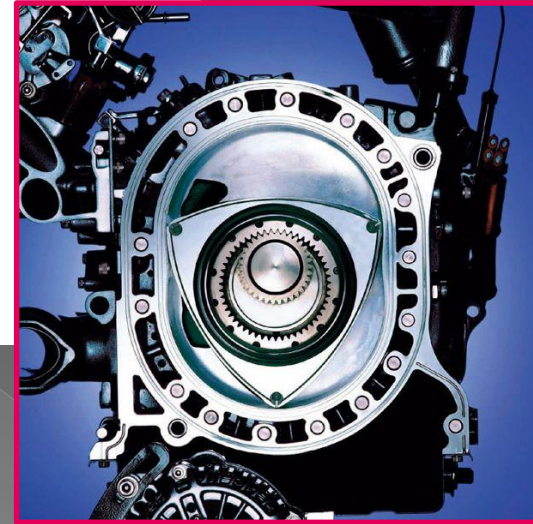
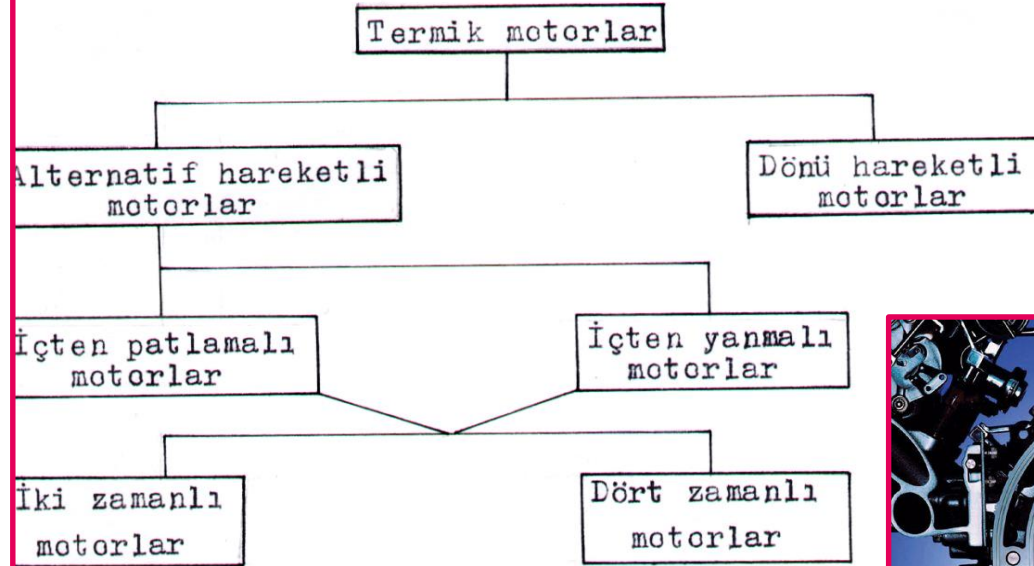
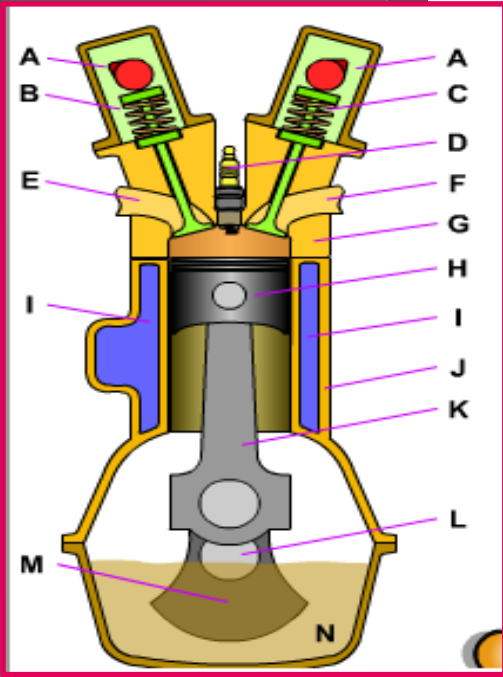


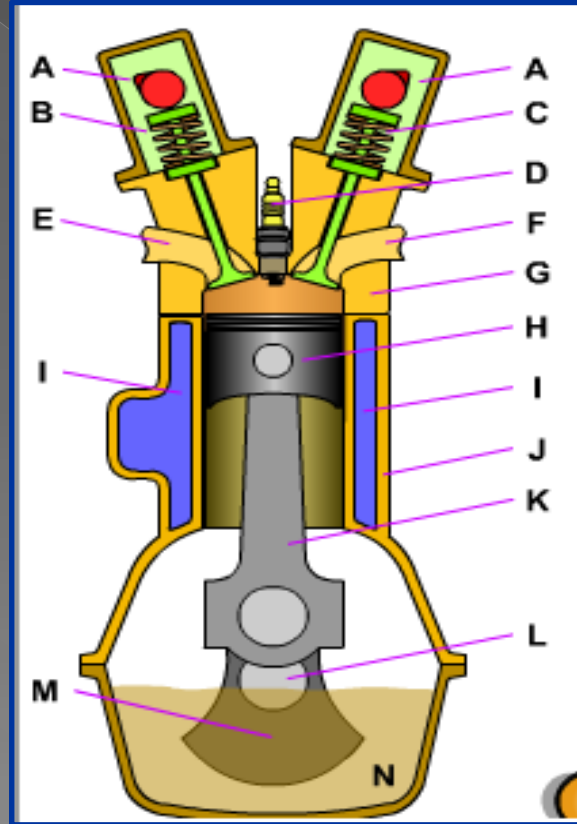
# 2.İÇTEN YANMALI MOTORLARIN ÇALIŞMA İLKELERİ

**Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU**  
**Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi**  
**Tarım Makinaları ve Teknolojileri**  
**Mühendisliği Bölümü**

Çizelge1.1. Termik motorların çalışma ilkeleri yönünden sınıflandırılması.

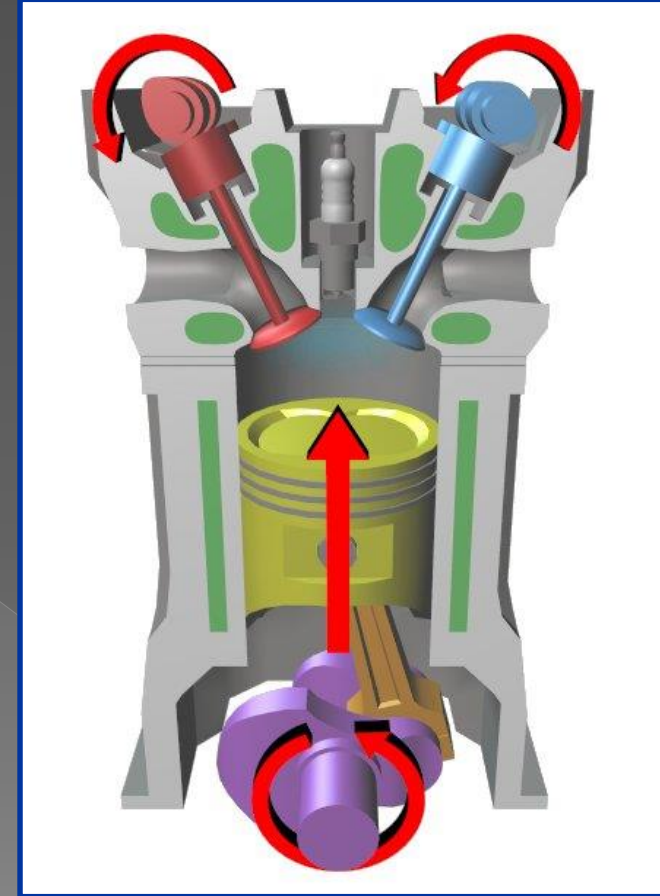


Yapısında bulunan yanma odasında, yakıtı havanın oksijeniyle yakarak, yakıt enerjisini önce ısı enerjisine ve sonra bu enerjiyi hareketli organları yardımıyla mekanik enerjiye dönüştüren makinelere **TERMİK MOTOR** denilmektedir.



# Dört Zamanlı Motorların Çalışma İlkesi

- Dört zamanlı motorlarda, motorun çalışmasını sağlayan, termodinamik çevrimlerin oluştuğu kapalı hacim, silindir piston ve silindir kapağı tarafından çevrelenmektedir. Piston silindir içinde gidip gelme hareketi yapmakta olup, piston kolu aracılığıyla, anamile bağlı bulunmaktadır. Pistonun silindir içinde, silindir kapağına en fazla yaklaşabildiği noktaya üst ölü nokta (ÜÖN) ve anamile doğru en fazla yaklaşabildiği noktaya da alt ölü nokta (AÖN) denilmektedir.
- Ölü noktalar arasında oluşan piston hareketlerine zaman (strok) adı verilmektedir. Dört zamanlı motorlarda, pistonun dört strok almasında bir kez iş zamanı oluşmakta ve bu sırada anamile iki devir yapmaktadır. Zamanların oluşumu şematik olarak Şekil 3.1 'de görülmektedir.



ÜÖN: Üst ölü nokta

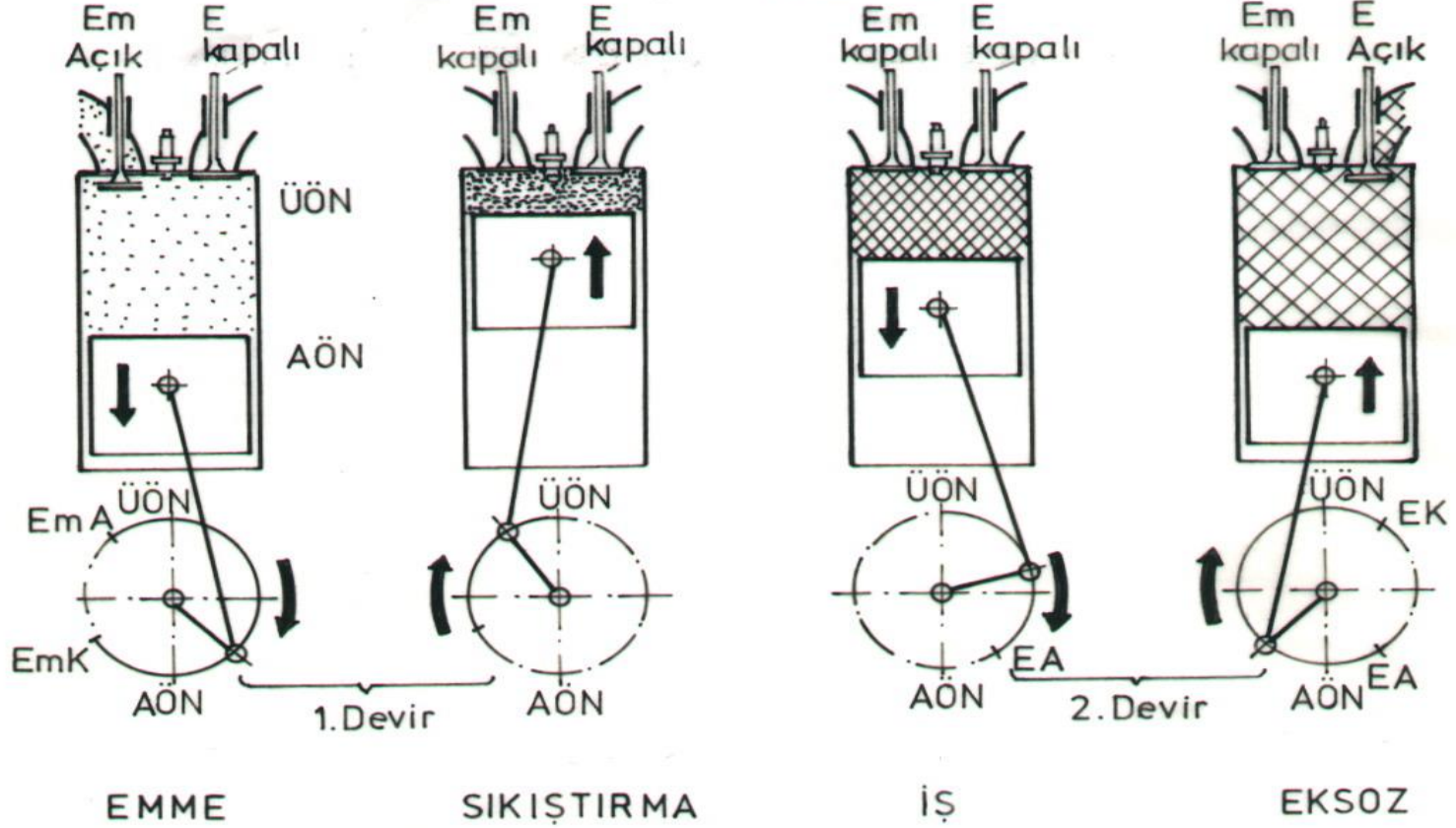
A : Açılıyor

Em : Emme supabı

AÖN: Alt ölü nokta

K : Kapanıyor

E : Eksoz supabı



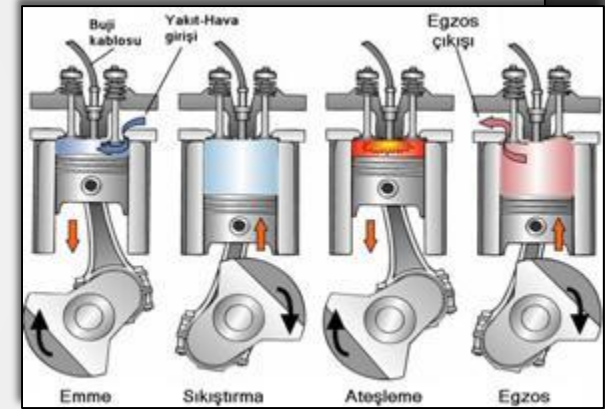
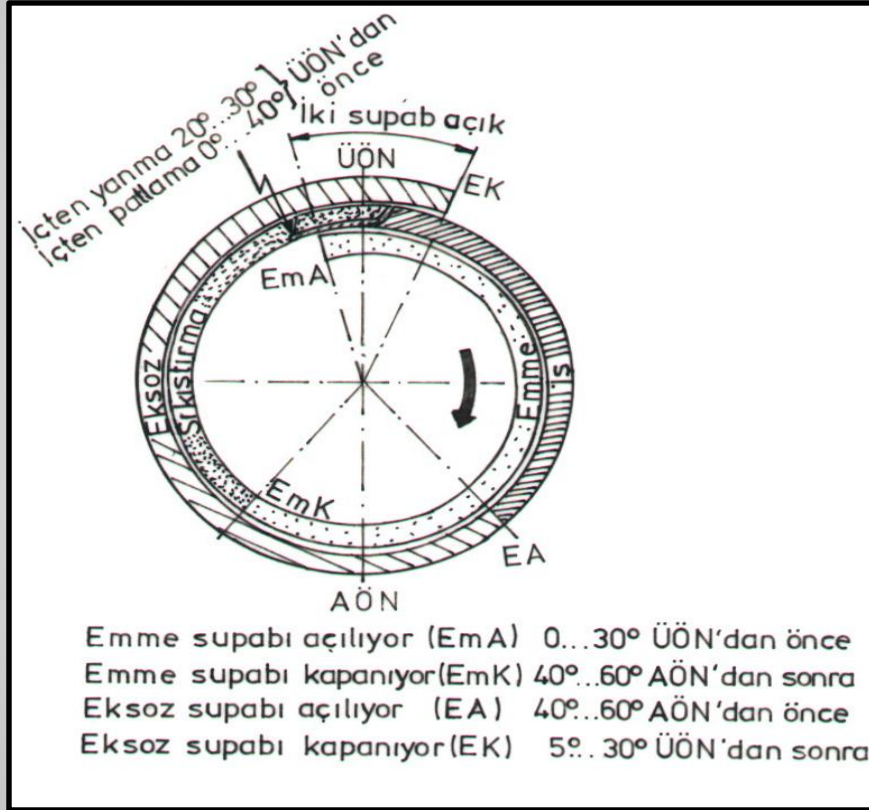
video

Şekil 1.1.Dört zamanlı motorlarda zamanların oluşumu.

- Şekilden de anlaşılacağı gibi, dört zaman; emme, sıkıştırma, iş (yanma) ve egzoz olmaktadır. Zamanların başlama ve bitimi supapların açık bulunma süreleri ile ateşlemenin yapıldığı noktaya bağlı olmaktadır. Teorik olarak, zamanlar ölü noktalarda başlar ve biter. Uygulamada ise, verimi artırabilmek için hem supapların açılıp kapanma noktaları, hem de ateşleme zamanı ölü noktalardan kaydırılmış durumdadır. Anamilin yapmış olduğu açığa bağlı olarak, bu noktalar Şekil 1.2'de verilmiştir.



- Görüldüğü gibi, supapların açılıp kapanma zamanları ve ateşleme noktası, oldukça geniş aralıklarda değişmektedir. Bu bilgilerin ışığı altında, dört zamanın oluşumu aşağıdaki gibi açıklanabilir.



Şekil 1.2. Dört zamanlı motorlarda supapların açılıp kapanma zamanları.

- ◉ **Emme zamanı:** Pistonun ÜÖN'dan AÖN'ya doğru hareketinde hacim büyüyeceğinden, iç basınç 0,1...0,2 bar kadar atmosfer basıncının altına inerek, içten patlamalı motorlarda yakıt-hava karışımının, içten yanmalılarda ise, havanın emilmesini sağlar. Emme supabı, ÜÖN'ya 0...30° kala (anamil açısı olarak) açılmakta ve AÖN'yi 40...60° geçce kapanmaktadır. Emme supabının ÜÖN'dan önce açılması ve AÖN'dan sonra kapanması ile, emme süresi olanaklar ölçüsünde uzun tutularak, silindirin tam dolması amaçlanmaktadır.
- ◉ **Sıkıştırma zamanı:** Emme supabı kapandığında piston AÖN'dan ÜÖN'ya doğru hareket halindedir. Kapalı hacim giderek küçüleceği için içerdeki yakıt-hava karışımı (içten yanmalılarda yalnız hava) sıkıştırılmış olmaktadır. Sıkıştırma sonunda ulaşılan basınç ve sıcaklık içten patlamalı motorlarda 10...18 bar, 400...500°C arasında içten yanmalı motorlarda ise 30...55 bar, 700...900°C arasında olmaktadır.

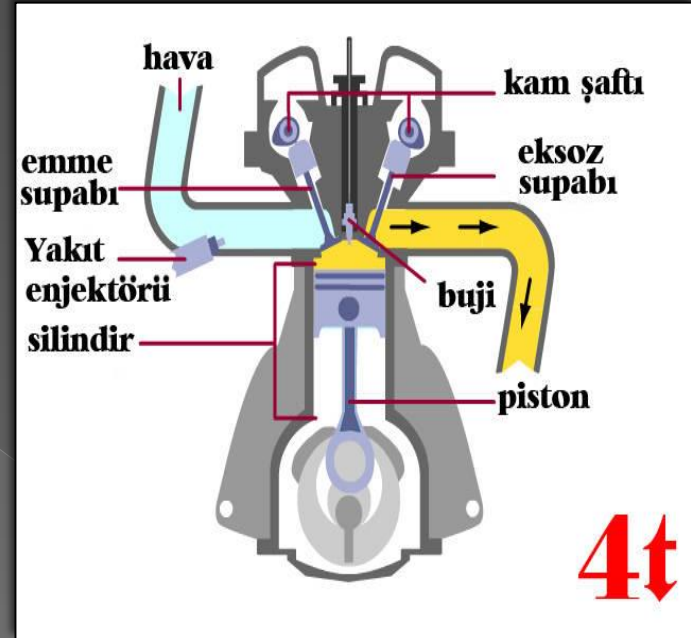
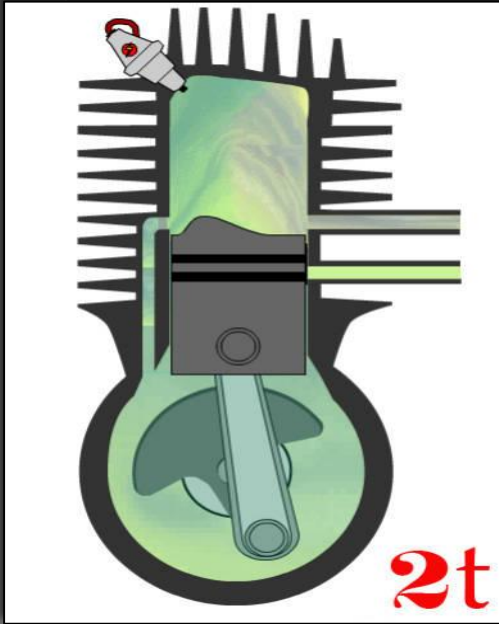


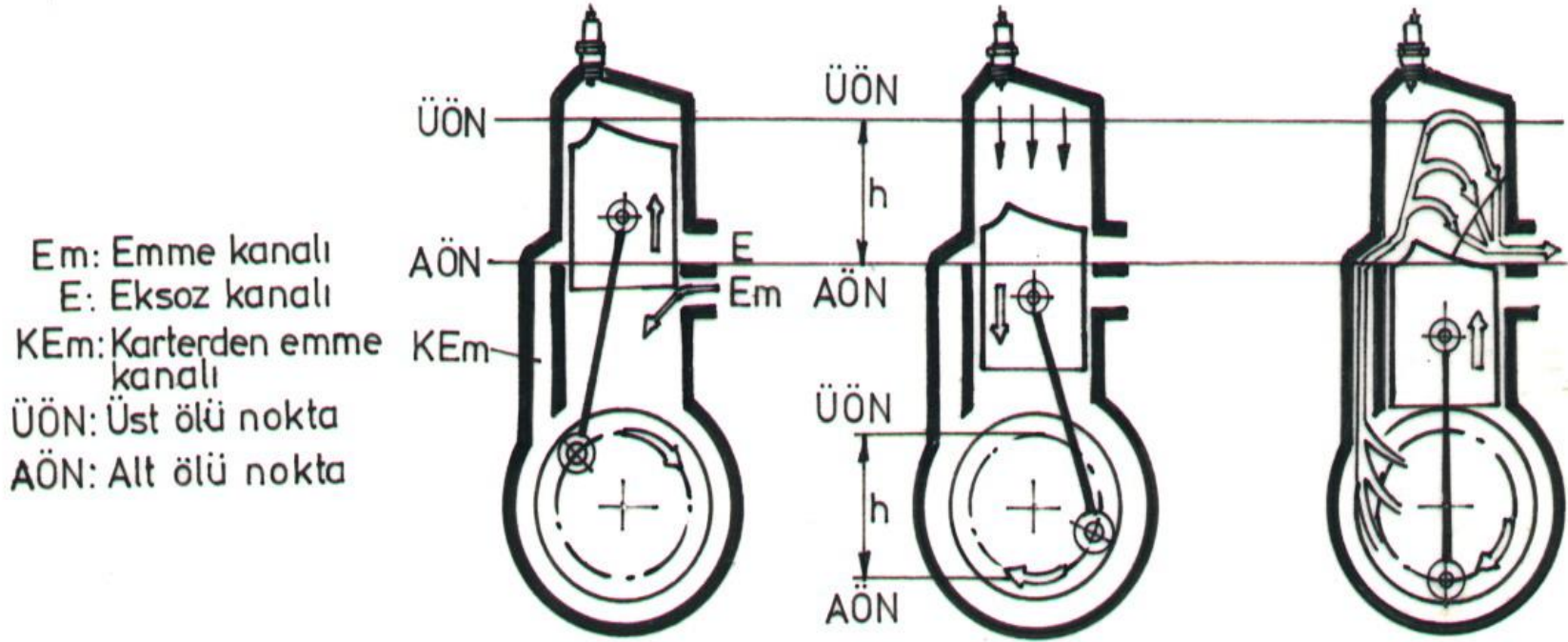
- **İş (yanma) zamanı:** İçten patlamalı motorlarda piston ÜÖN'ya varmadan  $0 \dots 40^\circ$  önce, ateşleme sisteminin ürettiği bir kıvılcım aracılığıyla tutuşma sağlanarak, yakıt yüksek hızla ( $20 \dots 30 \text{ m/s}$ ), patlama biçiminde yanmaktadır. Yanma hızının yüksek olması nedeniyle, yanma sırasında hacmin değişmediği kabul edilmektedir. Yakıtın taşıdığı kimyasal enerji, yanma ile ısı enerjisine dönüşerek, sisteme verilmiş olmaktadır. Yanma sonucu, iç basınç  $30 \dots 60 \text{ bar}$  ve sıcaklık  $2000 \dots 2500^\circ\text{C}$  değerlerine varabilmektedir. İç basıncın en büyük değerine, piston ÜÖN'dan AÖN'ya hareket ettikten az sonra ulaşılmaktadır.
- İçten yanmalı motorlarda, yakıt, sıkıştırılmış hava üzerine, piston ÜÖN'ya  $20 \dots 30^\circ$  kala püskürtülmektedir. Yakıtın kendiliğinden tutuşabilmesi için kısa bir zamana gerek vardır. Bu süre içinde, piston ÜÖN'ya varmakta ve yanma süresince, AÖN'ya doğru hareket etmektedir. Hacmin giderek büyümesi nedeniyle, yanmanın eş basınç altında olduğu kabul edilmektedir. Yanma sırasında ulaşılan en yüksek basınç  $65 \dots 90 \text{ bar}$  arasında olmaktadır.
- Dört zamanlı motorlarda, yanma sonunda oluşan yüksek basınç pistonu hızla AÖN'ya doğru iterek, piston kolu ve anamil aracılığıyla ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüşmüş olmaktadır. Genleşme sonunda, iç basınç  $3 \dots 4 \text{ bar}$  ve sıcaklık  $800 \dots 900^\circ\text{C}$  arasına düşmektedir.

- **Egzoz zamanı:** Egzoz supabının açılması, piston AÖN'ya varmadan  $40...60^\circ$  kadar önce olmaktadır. Bu sırada iç basınç atmosfer basıncından daha yüksek olduğu için, yanmış gazlar hızla dışarı atılmaya başlar. Pistonun AÖN'dan tekrar ÜÖN'ya doğru hareketi süresince de iç basınç yüksek kalarak gazların dışarı atılması sürdürülür. Egzoz supabı, piston ÜÖN'yi  $5...30^\circ$  kadar geçtiğinde kapanır. Bu arada, emme supabı da ÜÖN'ya  $0...30^\circ$  kala açıldığından emme ve egzoz aynı anda yapılabilir. Bu işlemin sağlanması, özellikle yüksek devirli motorlarda, emme ve egzoz gazlarının kazanmış olduğu hızdan dolayı sahip oldukları kinetik enerji yardımıyla olmaktadır.

## 1.5. İki Zamanlı Motorların Çalışma İlkeleri

- İki zamanlı motorlar, çalışma ilkeleri ve yapıları yönünden, dört zamanlı motorlardan farklıdır. Bu motorlarda, anamilin bir devrinde (pistonun AÖN ile ÜÖN arasında bir gidip gelmesinde) emme, sıkıştırma, iş ve egzoz işlemleri tamamlanmaktadır.
- İki zamanlı içten patlamalı motorlarda yakıt-hava karışımının emilmesinde, motorun karter kısmından da yararlanılmaktadır (Şekil 1.3). Piston AÖN'dan ÜÖN'ya hareket ederken, emme ve egzoz kanalları kapanıncaya kadar, silindir içindeki yanmış gazlar dışarıya atılırken, içeriye de karterden yakıt-hava karışımı dolmaktadır. Emme ve egzoz kanalları kapandıktan sonra yakıt-hava karışımı adyabatik olarak sıkıştırılır. Bu sırada karter bölmesine de karışım emilir.



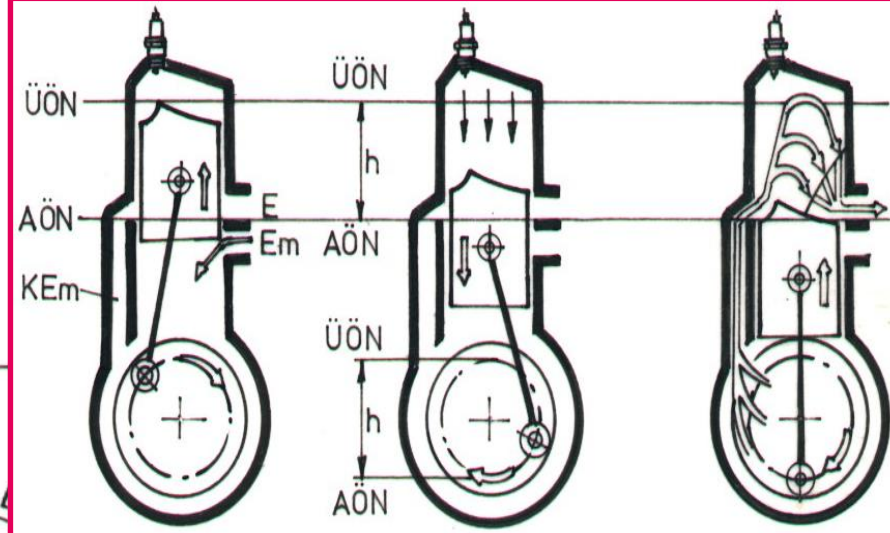
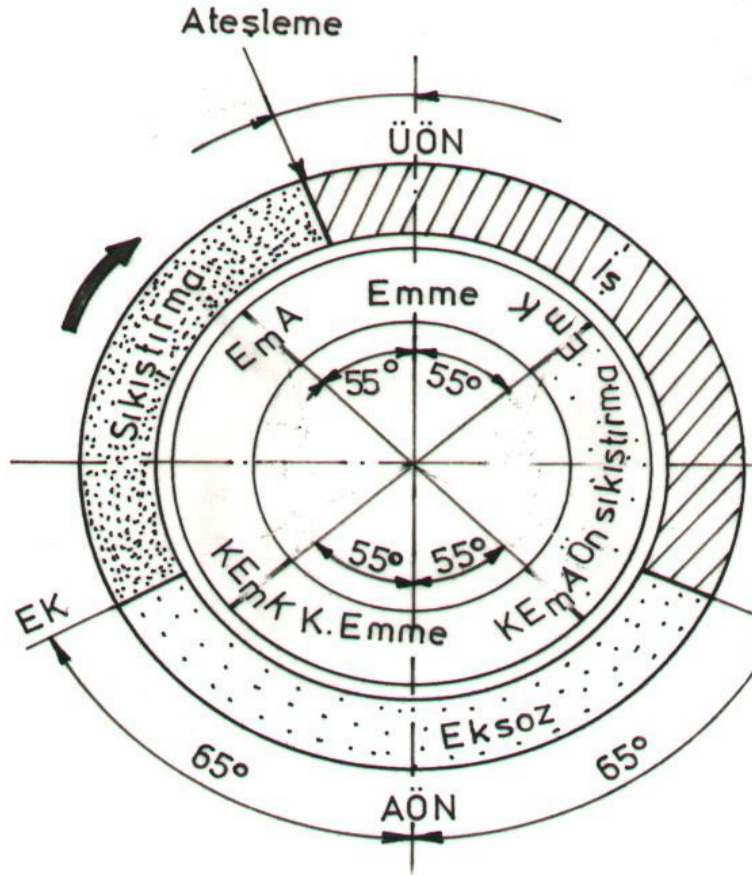


İşlem	Piston hareketi AÖN dan ÜÖN ya	Piston hareketi ÜÖN dan AÖN ya	Gazların değişimi
Pistonun üst yüzeyi ile silindir içinde	Sıkıştırma	Ateşleme-Yanma-İş	Süpürme ve eksoz
Pistonun alt yüzeyi ile karter içinde	Kartere emme	Ön sıkıştırma	Karterden silindire emme

Şekil 1.3. İki zamanlı içten patlamalı motorun çalışma ilkesi.



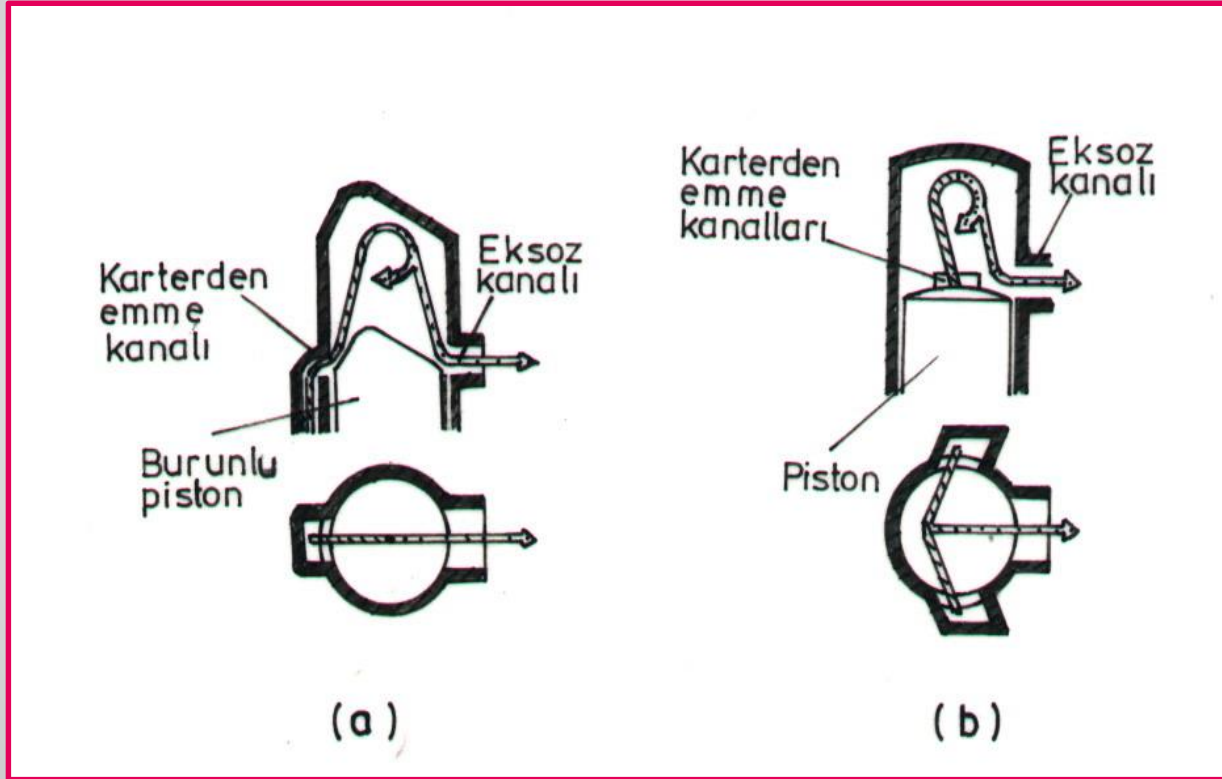
- Piston ÜÖN'ya varmadan biraz önce, ateşleme ile, sıkışmış karışım tutuşturulur. Teorik olarak eş hacim altında gerçekleşen yanma sonucu iç basınç yükselir. Piston ÜÖN 'dan AÖN 'ya doğru hareket ederken gazların genişmesi ile iş yapılmış olur.
- Şekil 1.4'den anlaşılacağı gibi, piston AÖN'ya varmadan bir süre önce egzoz kanalı, hemen arkasından da karter bölmesini silindire bağlayan emme kanalı açılmaktadır. Kartier bölgesine sıkışmış bulunan yakıt hava karışımı hızla silindire dolarken içerdeki yanmış gazları süpürerek dışarıya atarlar.



EmA: Emme kanalı açılıyor      EmK: Emme kanalı kapanıyor  
 EA: Eksoz kanalı açılıyor      EK: Eksoz kanalı kapanıyor  
 KEmA: Karterden emme kanalı açılıyor      KEmK: Karterden emme kanalı kapanıyor

Şekil 1.4. Emme ve egzoz kanallarının açılıp kapanma zamanları

- İki zamanlı motorlarda, karışımın silindire dolması ve egzoz gazlarının dışarıya atılması, dört zamanlı motorlara göre, daha kısa bir sürede yapılmaktadır. Bunun sonucu olarak, silindir içinin iyice temizlenerek taze karışımla dolmasında etkinlik azalmaktadır. Temizleme ve dolma derecesini artırmak için kullanılan başlıca iki yöntem; “doğru akımlı” ve “çapraz akımlı” süpürme yöntemleridir (Şekil 1.5).



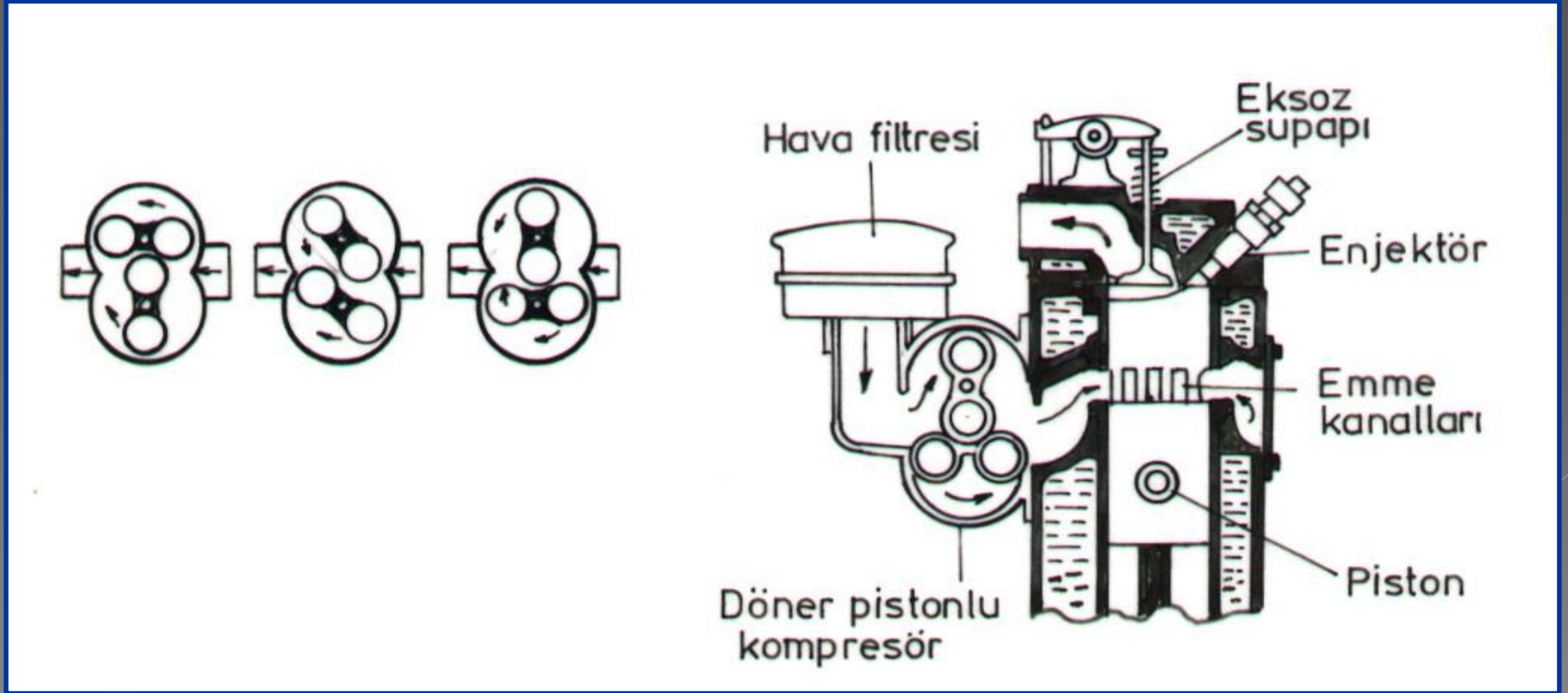
- Şekil 1.5. İki zamanlı motorlarda süpürme yöntemleri;
- a. Doğru akımlı süpürme, b. Çapraz akımlı süpürme.

○ Doğru akımlı süpürme yönteminde, karterden emme kanalı ile egzoz kanalı karşılıklı yerleştirilmiştir. Pistonun burunlu yapısı, emilen karışımın yanma odasına doğru hareketini sağlamakta ve yanmış gazlar adeta süpürülerek dışarıya atılmaktadır. Piston AÖN'ya indiğinde, süpürme direkt egzoz kanalına doğru olacağından, taze karışım ile yanmış gazlar az da olsa birbirine karışacaklardır.

○ Çapraz akımlı süpürme yönteminde, karterden emme kanalı iki tane olup, egzoz kanalının sağına ve soluna yerleştirilmiş durumdadır. Emme kanalının yönlendirmesiyle, yakıt-hava karışımı, egzoz kanalının karşısında silindir çeperlerini yalayarak yükselir ve önüne kattığı egzoz gazlarını süpürerek, dışarıya atılmalarını sağlar. Süpürme işlemi, egzoz kanalına göre çapraz biçimde tüm silindir içini kat ettiği için, daha iyi olmakta ve yanmış gazların büyük bir oranda dışarıya atılmaları sağlanmaktadır.



İki zamanlı içten yanmalı motorlarda, silindire sadece havanın emilmesi, silindir içini temizlemede kolaylık sağlamak ve egzoz gazlarıyla kaçacak hava fazla sakınca yaratmamaktadır. Ateşleme zamanında, püskürtülen yakıtın kendiliğinden tutuşabilmesi için, dolma derecesinin iyi ve sıkıştırma oranlarının yeterli olması gerekmektedir. Bu nedenle, iki zamanlı içten yanmalı motorlarda, havanın silindirlere alınması genellikle bir kompresörden yararlanılarak sağlanmaktadır (Şekil 1.6). Bazı tiplerinde, egzoz kanalı yerine, egzoz supabı bulunabilir. İçten patlamalı motorlarda olduğu gibi, karterden yararlanarak emme yöntemini uygulayan firmalar da bulunmaktadır.



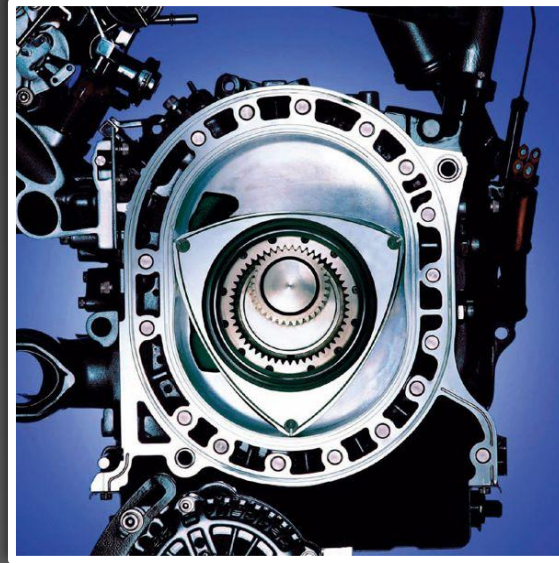
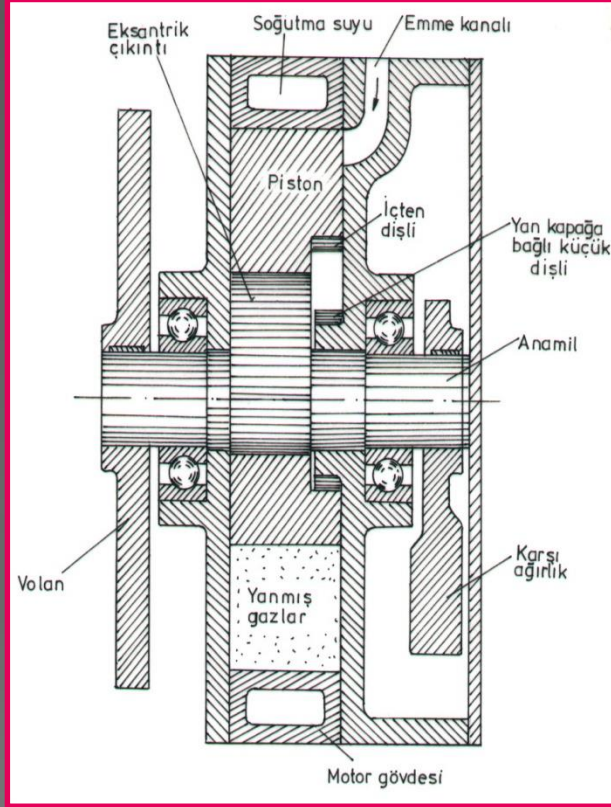
Şekil 1.6. İki zamanlı içten yanmalı motorun çalışma ilkesi.



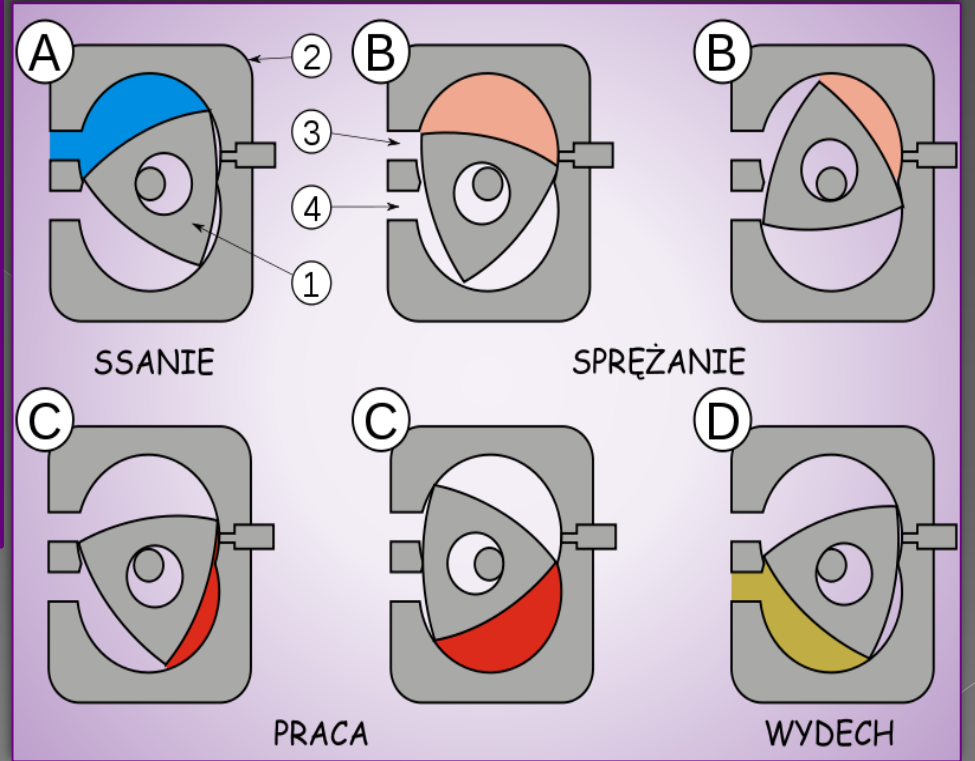
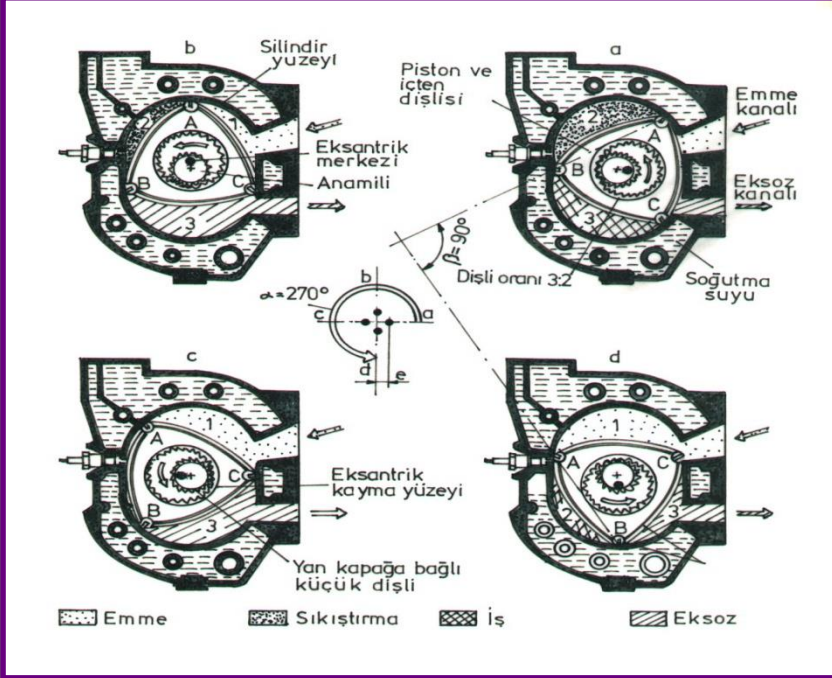
## 1.6. Döner Pistonlu Motorların Çalışma İlkeleri

- Döner pistonlu motorlara, bulucusundan dolayı Wankel motorları da denilmektedir. Bunların üstün yönleri, dört zamanlı motorlar gibi sıkıştırma yapabilmeleri ve pistonlarının sürekli dönü hareketi yaparak güç geliştirmesidir. **Alternatif (gidip-gelme) hareketi olmadığı için, darbeli çalışma ve titreşim bu motorlarda yoktur. Buna bağlı olarak, çok yüksek devirlere ulaşma olanağı da ortaya çıkmış olmaktadır. Üçgen prizma yapısındaki pistonun her devrinde, üç iş zamanının bulunması birim hacimden alınacak gücü artırmış ve motorların küçük yapılı olması sağlanmıştır.**

- Motorun genel yapısı Şekil 1.7'de ve çalışma ilkesi şematik olarak Şekil 1.8de görülmektedir. Üçgen kesitli piston, oval yapılı silindir içinde dönü hareketi yapmaktadır. Pistonun merkezinde bulunan içten dişli, silindir yan kapaklarına sabit olarak bağlanmış bulunan küçük dişli üzerinde yuvarlanmaktadır. Bu dişlilerin diş sayıları arasındaki oran  $3/2$  olup, merkezleri birbirinden farklıdır. Şekilde (•) işareti motor mili üzerindeki eksantrik çıkıntının (pistonun) merkezini, (+) işareti ise küçük dişlinin (motor milinin) merkezini göstermektedir. Bu düzenlemeler sayesinde üçgen kesitli pistonun her bir köşesi sürekli olarak silindir yüzeyi ile temas halindedir.



Şekil 1.7. Döner pistonlu motorun genel yapısı.



Şekil 1.8. Döner pistonlu motorun çalışma ilkesi.

- SARAL, A. ve A.ONURBAŞ AVCIOĞLU, 2012. Motorlar ve Traktörler. Düzeltilmiş II. Baskı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1603, Ders Kitabı: 555, 299 s., Ankara.
- SARAL, A., ONURBAŞ AVCIOĞLU, A. ve K. ELİÇİN, 2008. Termik Motorlar Uygulama Örnekleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1564, Ders Kitabı: 517, 111 s., Ankara.
- SARAL, A. ve A.ONURBAŞ AVCIOĞLU, 2006. Termik Motorlar (Yenilenmiş 4. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat fakültesi Yayınları: 1550, Ders Kitabı: 503, 294 s., Ankara