

## 6.2 Motolarda Isı Dengesi (Dağılımı)

Bir içten yanmalı motora verilen enerji, yakıtın hava ile yanmasıyla ortaya çıkan ısıdır. Bu enerjinin bir kısmından faydalansılabılır. Yani, yakıtın sahip olduğu kimyasal enerjinin sadece bir kısmı, motormilinde mekanik enerjiye dönüşürülabilir. Verilen enerjinin geriye kalan kısmı, ısı kayiplarına harcanır. Kaybolan enerjinin başıca iki kısmını; eksoz gazlarıyla taşınan ısı ve soğutucu akış kana atılan ısı oluşturur. Isı dağılımını ve ısını daha iyi kullanma yolunu tespit etmek için; soğutma sistemi dizaynında gereken datalarla (veri) birlikte, bir motora verilen ısının nasıl kullanıldığına bilinmesi gereklidir. Bir motorun ısı dağılımıyla (dengesi) ilgili yeterli datalar elde etmek için; belirli bir motor hızında ve gücünde, aşagidakı parametrelerin deneysel olarak tespit edilmesi gereklidir:

- 1) sürünme gücü
- 2) yakıt ve hava tüketimleri
- 3) soğutma suyunun debisi
- 4) motora giriş ve çıkış taki soğutma suyu sıcaklıklarları
- 5) eksoz gazi sıcaklığı
- 6) eksoz gazının kompozisyonu
- 7) giriş havasının sıcaklığı

Motorlarda ısı denge denklemi, aşagidakı şekilde yazılabılır;

$$Q = Q_b + Q_c + Q_e + Q_u + Q_r$$

Buradaki;  $Q$  = yakıtın tam yanmasıyla ortaya çıkan ısı

$Q_b$  = motörün mil gücüne karşılık gelen faydalı işe eş değer ısı

$Q_c$  = soğutucu akış kana atılan ısı

$Q_e$  = eksoz gazlarıyla götürülen ısı

$Q_u$  = eksik yanmadan dolayı açığa çıkamayan ısı

$Q_r$  = diğer yollarla (radyasyon, eksoz gazlarının kinetik enerjisi, yardımcı sistem.) kaybolan ısı

Burada,  $Q_b$ 'nin  $Q$ 'ya oranının, motorun verimine eşit olduğuna dikkat edilmelidir.

Sogutucu akış kana (sogutma suyuna) atılan ısı,

$$Q_c = \dot{m}_c c_p (T_0 - T_i)$$

dir. Buradaki;  $\dot{m}_c$ , sogutucunun kütle debisi;  $c_p$ , sogutucunun özgül ısısı;  $T_0$  ve  $T_i$ , sırasıyla, motora giriş ve çıkışta sogutucunun sıcaklıklarıdır.

Motora verilen 1 kmol yakıt için eksoz gazlarıyla götürülen ısı,

$$Q_e = \sum n_p \bar{c}_{pe} T_e - \sum n_l \bar{c}_{pl} T_a$$

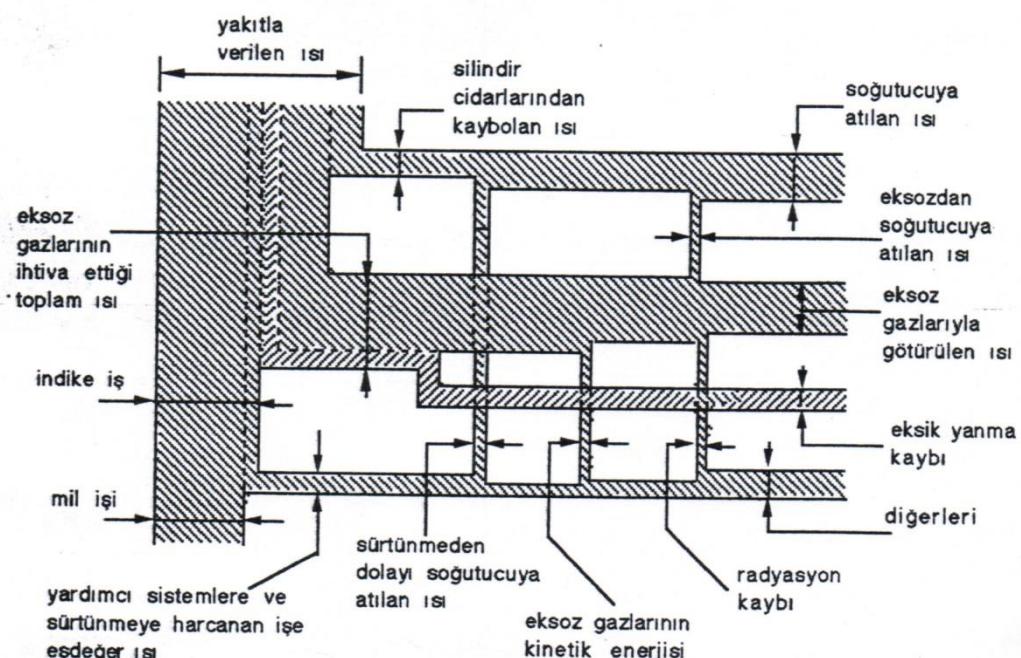
Buradaki;  $n_p$ , yanma ürünlerinin (eksoz gazlarının) kmol sayısı

$n_l$ , yanmada kullanılan taze dolgunun (hava-yakıt) kmol sayısı

$\bar{c}_{pe}$  ve  $\bar{c}_{pl}$ , sırasıyla, yanma ürünlerinin ve dolgunun ortalama özgül ısları (kJ/kmol K)

$T_a$ , motora girişte havanın sıcaklığı ve  $T_e$ , eksoz gazlarının sıcaklığıdır.

Bir motorda ısı dengesi sağlayan detaylı unsurlar, Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2-Bir motorda detaylı ısı dengesi

Tablo 6.1'de bezinli ve dizel motorlarındaki ortalama ısı dengesi verilmişdir.

Tablo 6.1-Ortalama ısı dengesi

kıvılcımla ateş lemeli mot.

mil (fren) iş i, %

21-28

kompresyonlu ateş lemeli

30-41

sogutucuya atılan ısı, %	35-32	33-30	64
eksoz gazları, %	40-30	35-23	
digerleri, %	4-10	2-6	

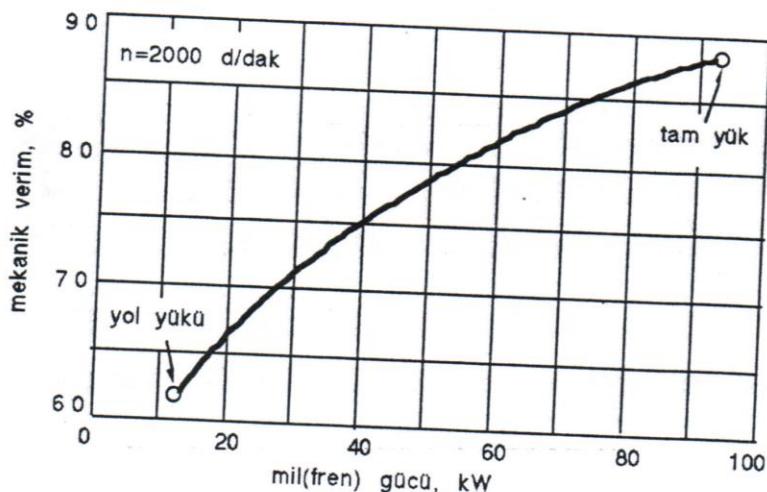
### 6.3 Motor karakteristiklerinin Değişimi

#### 6.3.1 Sürünme ve mekanik verim

Şekil 6.1'de gösterildiği gibi; sürünme gücü, motor hızı arttıkça artmaktadır. Şekil 6.3'de görüldüğü gibi; motor, sabit hızda fakat değişimken yükte çalıştığı zaman; mekanik verim yük arttıkça artar. Çünkü, hız sabit tutularak yük değiştirilirse, mekanik kayıplar hemen hemen değişmez. Bu durum, aşagidakı denklemle izah edilebilir;

$$\eta_m = \frac{b_{mep}}{i_{mep}} = \frac{b_{mep}}{b_{mep} + f_{mep}} = \frac{1}{\frac{b_{mep} + f_{mep}}{b_{mep}}} = \frac{1}{1 + \frac{f_{mep}}{b_{mep}}}$$

Bu bağıntıya göre;  $f_{mep}$  sabit ise,  $b_{mep}$ 'in artmasıyla  $\eta_m$ 'in artacağı açıktır.



Şekil 6.3-Motor yüküne göre mekanik verimin değişmesi

Motor röllantide (boş ta) çalışırken üretilen gücün tamamı sürünme kayıplarını yenmek için kullanıldığından; mil gücü, dolayısıyla mekanik verim sıfırdır.

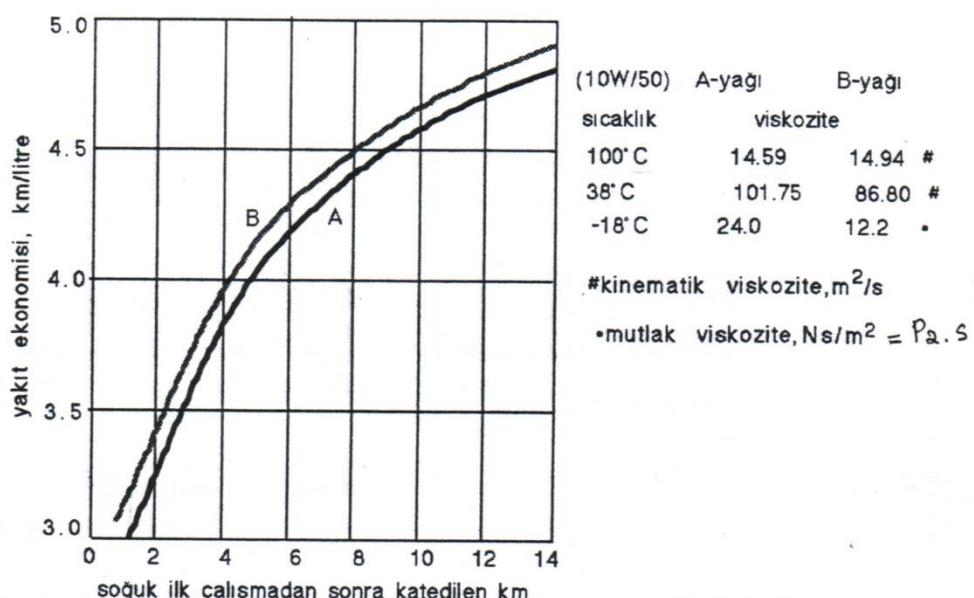
Motorun sürünme kayıpları, sıkıştırma oranıyla birlikte artmasına rağmen; mekanik verim, genellikle sıkıştırma oranından bağımsız olmaya meyillidir. Sürünme kayıplarının artmasını sebebi; yatak ve piston yüklerini arturan daha yüksek ortalama ve maksimum silindir basıncalarıdır.

Mekanik kayıpları etkileyen diğer faktörler; motorun imalat ve montaj kalitesiyle, yeni (mat yüzeyli) parçalarının alıştırılmasıdır. Yeni (mat yüzeyli) motor parçalarına son pasoyu vermek için, motorlar montaj edildikten sonra, bir test standında özel bir alıştırma çalışma masasına tabi tutulurlar. Alıştırma çalışma süresi, belirli aralıklarla ölçülen sürünme kayıpları tarafından tayin edilir. İlk alıştırma çalışma sırasında, yeni parçaların yüzeylerindeki pürüzlülükler büyük ölçüde giderilir. Sonraki alıştırma çalışma malarında yüzey düzgünles tirme işlemi, daha yavaş bir şekilde devam eder. Alıştırma çalışma süresi oldukça uzun bir süre olur ve bu süre sırasında motorun aşırı yüklenmesine

müsaade edilmez. İlk alıştırma çalışması sırasında, motorun maksimum gücü ve hızı belirli değerlerde sınırlı tutulur. 65

Yağın kalitesi ve sıcaklığında, srtünme kayipları üzerinde kayda değer (farkedilebilir) bir etkiye sahiptir. Srtünme kaybı, nispeten küçük bir sıcaklık sahasında minimum olur. Daha düşük sıcaklıklarda yağın viskozitesi artacagından, srtünme kayipları da artar. Şekil 6.4'de goruldüğü gibi, motor soğukken çalıştırılıp kısa mesafelerde kullanılırsa; ince B-yağı, kalın A-yağından daha ekonomiktir. Bu şekile göre; daha ince olan B-yağı kullanılırsa, ilk 1.6 km'de yakıt ekonomisi %3.2 ve 13 km'de ise %1.9 iyileşir. Yağın sıcaklığı, srtünme kayiplarını minimum yapan sıcaklığın üzerine çıkarsa; bazı yerlerde yağ filmi kaybolabilir ve kuru srtünme meydana gelebilir.

Motorun soğutma suyu sıcaklığı, çalışma sıcaklığına çarken srtünme kayipları azaltır.



Şekil 6.4-Soğuk ilk çalışmada yağın kalınlığının yakıt ekonomisine etkisi

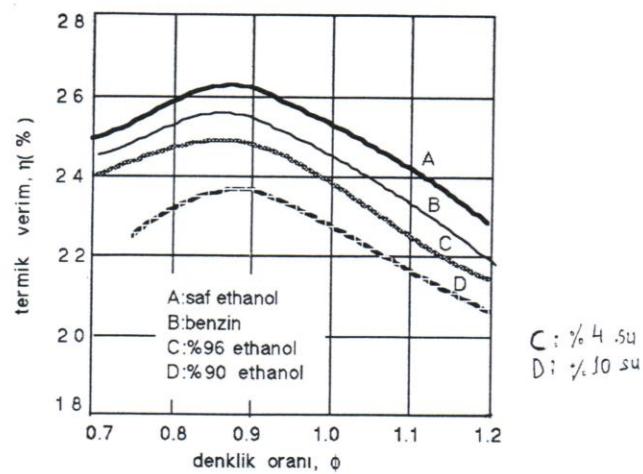
### 6.3.2 Kivircimla Ateşlemeli Motorların (termik) Verimi ve Gücü

Teorik ve deneysel çalışmalar, motorun termik veriminin çalışma şartlarına göre değiştigini göstermiştir. Motorun termik verimine ve gücüne etki eden başlıca faktörler şunlardır:

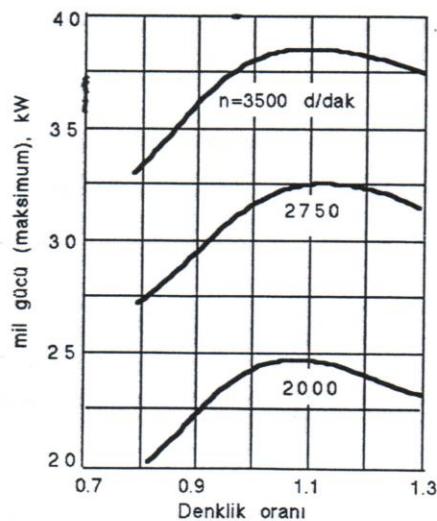
#### 1) Karışımın denklik oranı:

Kivircimla ateşlemeli motorlarda maksimum termik verim, 0.8-0.9 arasındaki denklik oranlarında elde edilir. Yani; en iyi yakıt ekonomisi, motor fakir karışımına çalıştığı zaman olur. Çeşitli yakıtların kullanıldığı kivircimla ateşlemeli motorlar için, denklik oranına bağlı olarak termik verimin değeri Şekil 6.5'de gösterilmiştir. Fakat, motordan maksimum gücü alabilmek için, karışım 1.1-1.2 denklik oranlarına kadar zenginleştirilmelidir. Başka bir deyişle, maksimum güç, ancak daha büyük özgül yakıt tüketimi pahasına (daha düşük termik verimlerde) elde edilebilir.

Şekil 6.6 da, maksimum motor (fren) gücünün denklik oramına ve motor hızına göre değişimleri gösterilmiştir.



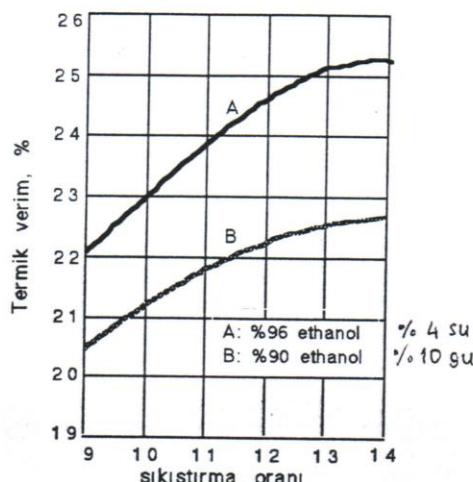
Şekil 6.5-Denklik oranının fonksiyonu olarak çeşitli yakıtlar için termik verim (1200 cc'lik kıvılcımla ateşlemeli bir motor, 90 km/h)



Şekil 6.6-Denklik oranının fonksiyonu olarak maksimum mil(fren) gücünün değişmesi (1100 cc, sıkıştırma oranı=9, kıvılcımla ateşlemeli motor)

Şekil 6.6'da görüldüğü gibi, motorun dönmeye sayısı sabit tutularak, denklik oranı artırılırsa;  $\phi=1.1-1.2$  arasında mil gücü maksimum olmaktadır. Denklik oranı sabit tutulup, motorun dönmeye sayısı artırılırsa mil gücü artmaktadır.

**2) Sıkıştırma oranı:** İdeal otto çevriminin termik verimi, sıkıştırma oranı arttıkça artar. Gerçek kivircimla ateşlemeli motorların termik verimi, belirli bir sıkıştırma oranına kadar artar. Pratikte, sıkıştırma oranının artmasından dolayı motor verimi arttığı zaman; motorun gücü artar ve özgül yakıt tüketimi düşer. Fakat motorların çoğunda, vurunu ve diğer anormal yanma problemlerinden (erken ve geç tutuşma gibi) dolayı sıkıştırma oranı sınırlı tutulur. Şekil 6.7'de, yakıt olarak ethanol-su karışımı kullanarak motorun sıkıştırma oranının artırılmasıyla elde edilen termik verim artışı gösterilmiştir.

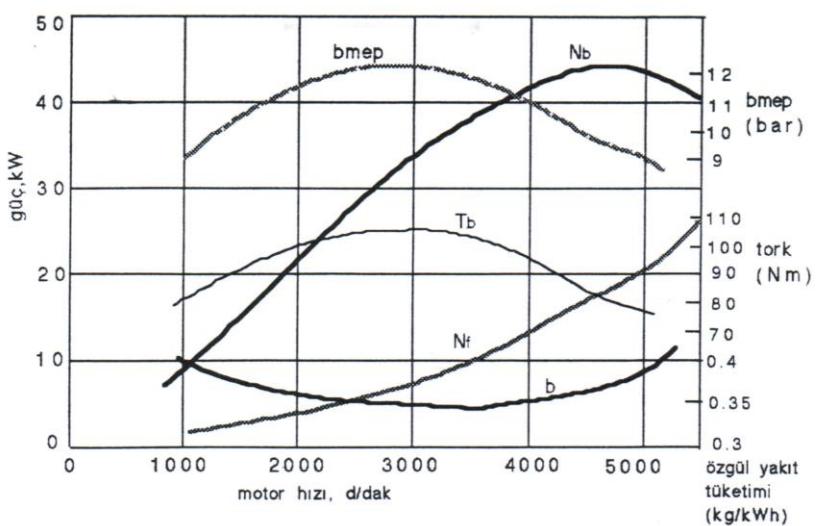


Şekil 6.7-Sıkıştırma oranına bağlı olarak termik verim artışı  
(1200 cc'lik kivircimla ateşlemeli motor, yol yükü,  $\phi=0.95$ )

**3) Motorun dönme sayısı (hızı):** Düşük motor hızlarında sıcak gazlar, silindir cidarılarıyla daha uzun süre temas ettiğlerinden; ısı kayipları, yüksek hızlardakinden daha büyüktür. Bu nedenle düşük hızlarda, motorun verimi daha düşük olur. Motor hızının yavaş yavaş artmasıyla, relatif ısı kayipları biraz azalır. Hızın artmasıyla silindirdeki turbülans artarak, gazların daha büyük bir kısmının silindir cidarılarıyla temas etmesini sağlar. Bu iki etkinin (isiının transfer edildiği zamanın azalması ve turbülansın artması) sonucunda relatif ısı kayipları, belirli bir motor hızında, hemen hemen değişmeyecektir. Bu hızdan sonra motorun iç verimi, pratik olarak hızdan bağımsız olacaktır. Motorun hızı arttıkça, motorun iç verimi artmasına rağmen, mekanik verimi azaltır. Bu yüzden belirli bir dönme sayısında, motorun verimi maksimum ve özgül yakıt tüketimi minimum olur.

Şekil 6.8'de gösterildiği gibi; motorun maksimum gücü, motor hızı arttıkça artmaktadır.

**4) Motor yükü:** Kivircimla ateşlemeli motorlarda güç kontrolü, genellikle, emilen karışımının miktarını ayıran gaz kelebeği vasıtıyla yapılır. Sabit hızda çalışan motorun termik verimi; kısmi yükteki belirli bir değerden tam yükteki maksimum bir değere kadar artar. Kısmi yükte verimin düşük olmasının başlıca sebepleri; taze dolguya daha fazla artık gaz karışması ve mekanik verimin düşük olmasıdır. Arıksız gazların miktarının fazla olması, yanma zamanını artıracaktır. Bu yüzden, silindir cidarlarından daha uzun süre ısı kaybolacaktır.



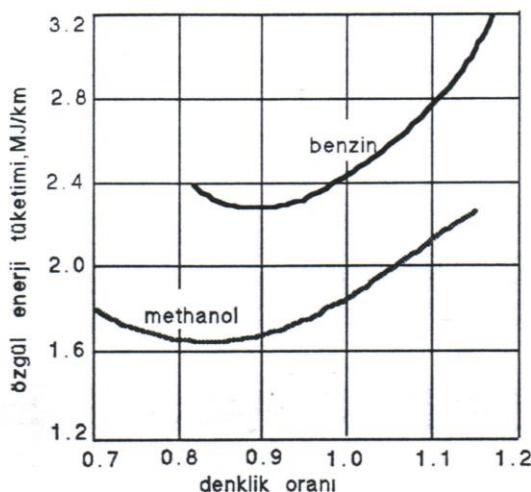
Şekil 6.8-Motor hızına bağlı olarak; maksimum fren(mil) gücü, sürtenme gücü, tork, özgül yakıt tüketimi ve bmepl'in değişmesi  
(4-silindirli, 1100 cc'lik benzinli motor,tam gazda)

5) **Yanma odasının şekli:** Yanma sırasında, birim alandan kaybolan ısıyı minimumum yapan şekile sahip yanma odası en verimli yanma odasıdır. Yani; yanma odasının yüzey alanının, hacmine oranı en küçük olmalıdır. Modern motorlarda yanma odasının içindeki turbülans, diğer avantajlarına rağmen; ısı kayıplarını artırır. Optimum turbülans seviyesinde; alevin yayılma hızı yanma zamanını azaltacak kadar yüksek olmalıdır. Dolayısıyla, yüksek sıcaklık farklarında ısı transferi için geçen süre azalacaktır.

6) **Yakıtın türü:** Kivilcimla ateş lemeli motorlarda yakıtın türü; verimi ve gücü etkiler. Daha önce Şekil 6.5'de, saf ethanolun benzinden daha yüksek bir termik verim sağladığı gösterilmiş ti. Şekil 6.9'da da, benzin ve methanolun kullanıldığı bir kivilcimla ateş lemeli motorda, özgül enerji tüketimleri kıyaslanmıştır.

7) **Ateş leme avansı:** Bu avans; distibütör tarafından otomatik olarak ayarlanır ve motor hızı artukça artar. Motor hızı artukça, silindirdeki turbülans artacagından alevin yayılma hızında artar. Sonuçta yanma için gerekken zaman azalır. Ancak yanma hızındaki artış, motor hızındaki artış kadar büyük değildir. Bu yüzden, piston UON'ı çok az gestikten sonra yanma bitecek şekilde ateş leme avansı artılır. Ateş leme avansı, optimum değerinden büyük olursa sıkıştırma sırasında sarfedilen iş artar; küçük olursa yanma kötüleşir (eksik yanma olur).

7) Ateşleme avansı: Bu avans; distribütör tarafından otomatik olarak ayarlanır ve motor hızı arttıkça artar. Motor hızı arttıkça, silindirdeki türbulans artacagından alevin yayılma hızında artar. Sonuçta yanma için gereken zaman azalır. Ancak yanma hızındaki artış, motor hızındaki artış kadar büyük degildir. Bu yuzden, piston UÖN'yi çok az geçtikten sonra yanma bitecek şekilde ateşleme avansı artırılır. Ateşleme avansı, optimum değerinden büyük olursa sıkıştırma sırasında sarfedilen iş artar; küçük olursa yanma kötüleşir (eksik yanma olur).



Şekil 6.10- Benzin ve methanolun kullanıldığı bir kivircimla ateşlemeli motorda özgül enerji tüketimi (50 km/h hız, yol yükü, 1100 cc)

#### 6.4 Kompresyonlu Ateşlemeli Motorların Verimi Gücü

Dizel motorlarının karakteristik (performans) eğrileri, kivircimla ateşlemeli motorlarıninkine çok benzerdir. Dizel motorlarının verimine ve gücüne etki eden başlıca faktörler şunlardır;

- 1) Karışımın kalitesi ve yanma odasının şekli
- 2) Sıkıştırma oranı
- 3) Püskürme avans açısı
- 4) Motorun hızı
- 5) Yakıtın özelliklerini

1.. Dizel motorlarında karışımın kalitesi şunlara bağlıdır;

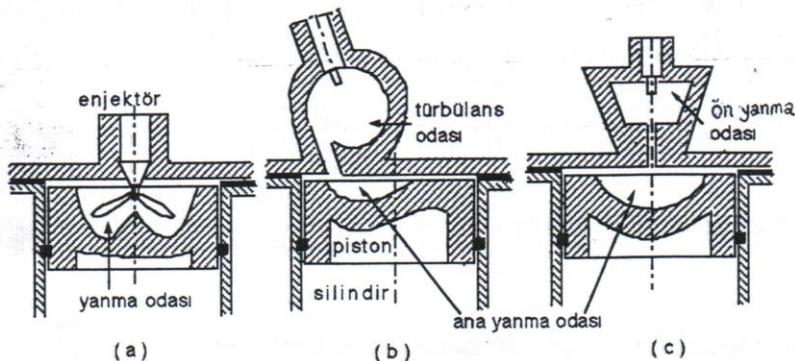
- a) yakıt besleme aletlerinin parametrelerine (püskürtülen yakıtın basıncı ve debisi, püskürme avansı ve süresi, atomizasyon derecesi, yanma odasının içine yakıt jetinin penetrasyonu (nufuz etmesi) ve jetin şekli
- b) püskürme sırasında havanın akışına (hız, türbulans derecesi),
- c) ortamın termodynamik özelliklerine (veya sıkıştırma oranına),
- d) yakıtın özelliklerine

Dizel motorlarında çeşitli şekillerde yanma odaları kullanılır. Bu yanma odaları; bolunmemiş (açık) ve bolunmuş yanma odaları olarak ikiye ayrılabilir. Bolunmuş yanma odaları; on yanma ve

ana yanma odası olmak üzere iki kısımdan meydana gelir. Dizel motorlarında kullanılan yanma odaları, Şekil 6.11'da gösterilmiştir. Direk enjeksiyonlu motorlarda yakıt, tek kısımdan meydana gelen (bolunmemiş) yanma odasının içine püskürülür, Şekil 6.11a. İndirek püskürtmeli motorlarda ise yakıt on yanma odasının içine püskürülür, Şekil 6.11b-c. Bolunmemiş yanma odalarında sıkıştırmanın sonunda havanın hızı, endüksiyon değerindedir. Püskürme sırasında havanın hızı, motorun donme sayısına bağlı olarak, 0-10 m/s arasında değişir. Bu nedenle, bu tip yanma odalarında, küçük delik çaplarına ( $0.12\text{--}0.15\text{ mm}$ ) sahip sayıları 4-7 arasında olan püskürme lüleri (enjektorler) ve yüksek püskürme basıncı ( $2.0\text{ MPa}$  veya daha fazlasına kadar) kullanılır. Bu şekilde yanma odasının daha büyük bir kısmı (yaklaşık %80), pistonun içinde yerleştirilmiştir. Pistonun içindeki çıkıştı, piston UON'ya yaklaşırken yoğun hava hareketleri meydana getirerek; enjektorde daha az sayıda (3-4) delik ve daha düşük püskürme basıncı ( $15\text{--}17.5\text{ MPa}$ ) kullanma imkanı sağlar.

Bolunmuş turbulanslı yanma odalarında sıkıştırma sırasında bir hava hareketi meydana gelir. İki oda arasındaki boğaz, havanın yüksek bir hızda turbulans odasına girmesini ve yanın yakıt-hava karışımının ters yönde ana yanma odasının içine akmasını sağlar. Bu durum, bir delikli bir enjektor kullanma ve püskürme basıncını  $12.5\text{--}15\text{ MPa}$ 'a düşürme imkanı sağlar. Pistonun üzerindeki oyuktaki havanın daha iyi kullanılması için; bu oyugun şekilli turbulans odasından çıkan alevin yönüne uygun olmalıdır.

Bolunmuş enerjili yanma odalarında, sıkıştırma sırasında karışım, ön yanma odasına akarken ortaya çıkan kinetik enerji, hava ile yakıt iyi bir şekilde karıştırmak için kullanılır. Buradaki iki oda arasındaki pasajın kesiti çok küçük yapılarak; ön yanma odasından alevin (yanmaktadır yakıt akışı) yüksek hızda çıkışmasını sağlar. Pistonun üstündeki oyugun şekili, ön yanma odasından çıkan alevin (jetlerin) yönüne uygun olmalıdır.



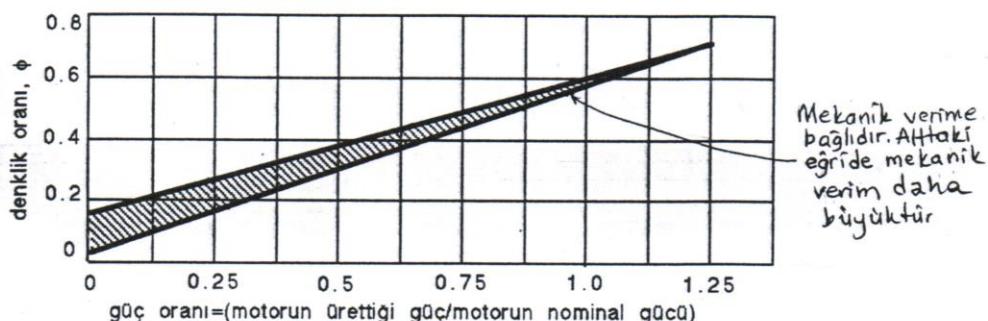
Şekil 6.11-Dizel motorlarında kullanılan yanma odaları

Açık (bolunmemiş) yanma odalı dizel motorlarında özgül yakıt tüketimi daha düşüktür. çünkü ilave akış kanırtılması kayıpları yoktur ve relatif ısı transfer yüzeyi daha küçuktur. Ayrıca, soğukken ilk çalışması daha kolaydır.

Bolunmuş yanma odalı motorlarda çevrimi maksimum basıncı ve ortalama efektif basıncı daha düşük olduğundan mars dişlisindeki yükler daha küçuktur. Bu tur yanma odalı dizel

motorları, daha az gürültüyle çalışır ve daha az zehirli eksoz gazları çıkarırlar. Bolunmuş yanma odaları, püskürme basıncını azaltır ve çeşitli (düşük setan sayılı) dizel yakıtlarının kullanılmasına imkan verir. 71

Dizel motorlarında yakıt-hava karışımının denklik oranı, daima "1" den küçükturen. Yani karışım fakirdir. Denklik oranı, nadiren 0.8'e çıkabilir. Bu değerin üzerinde, aşın eksoz dumam ve birikintiler gorulur. Denklik oranı, genellikle 0.2-0.7 arasında değişir. En düşük denklik oranları, motorun rolatide çalışma karşılık gelir. Denklik oranı arttıkça, motorun gücü artar. Bu durum, şekil 6.12'de gösterilmiştir. Ideal dizel çevriminin termik verimi, karışım fakirleştiğe iyileşir. Dizel motorlarının gücü, yakıt tüketimi arttıkça artar. Dizel motorlarının sabit hızda yük artıldığı zaman, termik verimi artar. Tam yükte hız değiştiği zaman, belirli bir hızda özgül yakıt tüketimi minimum olur. Yani düşük hızlardan optimum hız'a kadar, özgül yakıt tüketimi düşük erken; optimum hızdan sonra hız arttıkça özgül yakıt tüketimi artar.



Şekil 6.12-Dizel motorlarında güçe göre denklik oranının değişmesi

2.. Dizel motorlarında kullanılan sıkıştırma oranı sahasında (14-22), sıkıştırma oranının artması; termik verimi çok az artırr. Sıkıştırma oranının artması, dizel motorunun gücünü artırır. Fakat, sıkıştırma oranı arttıkça; maksimum silindir basıncı arttığından, mekanik ve termik gerilmeler de artabilir. Daha yüksek sıkıştırma oranlarında maksimum silindir basıncındaki artış, ayrıca, termodinamik iyileşirmeden sağlanan verim artışı dengeleyecek şekilde, mekanik kayiplarda bir artış a sebep olur. Bu yüzden, motorun kütlesine göre optimum bir sıkıştırma oranı vardır.

3.. Dizel motorlarında optimum püskürme avans açısı; karışımın hazırlanma şekline, motorun hızına ve yüküne bağlıdır. Bu açı her bir motor için, deneyel araştırma yöntemiyle tespit edilir. Püskürte avans açısı, optimum (özgül yakıt tüketimini minimum yapan) değerden oldukça büyük olursa; püskürmenin başladığı anda silindirdeki havanın sıcaklığı nispeten düşük olduğundan tutuşma gecikmesi süresi artar. Aynı zamanda, piston UON'a varmadan basınç maksimum değerine ulaşır. Bu yüzden sıkıştırma işi artar ve genişleme işi düşer. Sonuçta indirek iş ve verim azalır. Bu durumda çevrimin maksimum basıncı ve sıcaklığı artar.

Yakıtın geç püskürülmesi, yanmanın büyük kısmının genişleme strokunda meydana gelmesine sebep olur. Bu durumda, basınç daha yavaş artar ve indirek karakteristikler olumsuz yönde etkilendir. Püskürme avans açısı küçüldükçe, çevrim sıcaklığındaki düşmeden dolayı eksoz

gazlarındaki  $\text{NO}_x$  konsantrasyonunda bir azalma meydana gelir. CO miktarı, bu açıdan bağımsızdır. Bu açı küçüldükçe,  $C_xH_y$  konsantrasyonu azalırken; karbon (C) konsantrasyonu artar. C-konsantrasyonunun artması, eksoz gazlarının daha dumanlı olmasına sebep olur. 72

### 6.5 Ortalama efektif basınç ve tork

Benzinli ve dizel motorlarda tork ve bmep, doğru orantılıdır. Genellikle bmep, belirli bir optimum hız (bu hız, en büyük motor gücünün elde edildiği maksimum hızdan daha küçük) kadar, motor hızı arttıkça artar, Şekil 6.8. Bu hızdan sonra bmep, birinci derecede etkili olan mekanik verimin ve volumetrik verimin azalmasından dolayı, azalır.

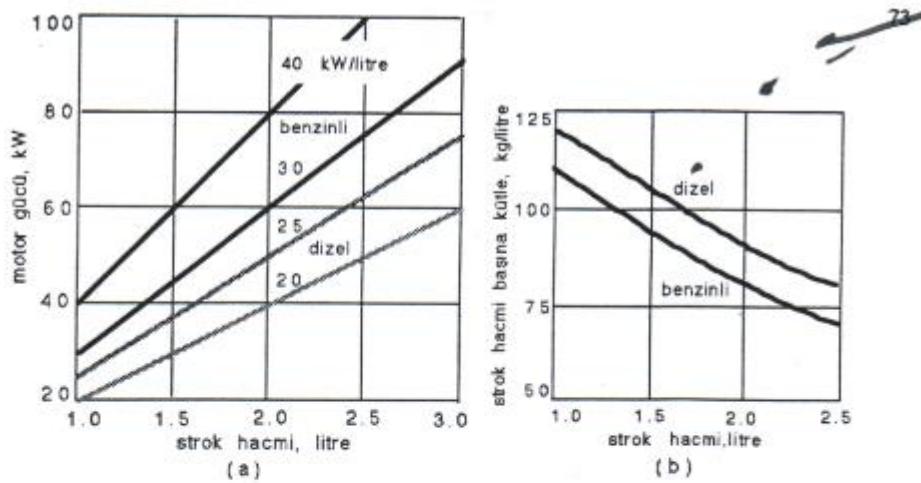
Kıvılcımla ateş lemeli motorlarda maksimum bmep,  $\phi=1.1-1.2$  arasındaki zengin karışımında elde edilir. Bu değerlerin dışındaki fakir ve zengin karışımında bmep düşer. Dizel motorlarında bmep; denklilik oranı arttıkça artar. Bu motorlarda sıkıştırma oranının artması, torkun ve bmep'in artmasına sebep olur.

### 6.6 Kıvılcımla Ateş lemeli Motorlarla Kompresyonlu Ateş lemeli Motorların Kıyaslaması

Dizel motorlarının yakıt ekonomisi, kıvılcımla ateş lemeli motorlara göre daha iyidir. Dizel motorunun termik verimi, benzinli motorundan %20-30 fazla olabilir. Özellikle, kısmi yükte dizel motorunun üstünüğü dikkate değerdir. Dizel motorlarında, kıvılcımla ateş lemeli motorlara göre daha yüksek sıkıştırma oranlarının kullanılması, motorun veriminde biraz artışa sebep olur. Fakat, verimdeki bu artış, sıkıştırma oranının artmasıyla artan sürtünme kayıplarının sebep olduğu verimdeki düş meden çok az büyütür. Bu yüzden, dizel motorlarında yakıt ekonomisinin daha iyi olması, sadece sıkıştırma oranının yüksek olmasıyla açıklanamaz. Dizel motorlarında termik veriminin yüksek olmasıın başlıca (diğer) sebepleri aşagidakı gibi açıklanabilir;

- Dizel motorlarında karışımın fakir olması, karışımın izentropik üssünün (özgül ısı oramının) artmasına sebep olduğundan; motorun termik verimi artar. Karışım fakirleştiğçe, motorun termik verimi, ideal (hava) çevrimin termik verimine yaklaşır.
- Benzinli motorlardaki gaz kelebeği, pompalama kayıplarını artırır. Bilhassa kısmi yüklerde, gaz kelebeği karışımın basıncını düşürecekinden pompalama kayıpları artacaktır. Dizel motorlarında, gaz kelebeği olmadığından, pompalama kayıpları daha düşük olur.
- Dizel motorlarında gücü düşürmek için karışım fakirleştirilir. Karışımın fakirleşmesi, çevrim sıcaklıklarında birbir azalmaya sebep olduğundan; silindirden kaybolan ısı daha az olacaktır. Benzinli motorlarda denklilik oranı, pratikte, hemen hemen sabittir. Düşük yüklerde sıcaklığındaki değişime, dizel motora kiyasla daha az olduğundan; kaybolan ısıdaki düşme de azdır.

Şekil 6.13a'da görüldüğü gibi, dizel motorun bir litre strok hacminden elde edilen güç, benzinli motorunkinin sadece %60-70'i kadardır. Dizel motorunun birim strok hacmi başına kütlesi, benzinli motorundan yaklaşık %16 fazladır, şekil 6.13b. dizel motorunun birim kütlesinden elde edilen güç, benzinli motorunkinin % 55'i kadar küçük olabilir.



Şekil 6.13- Benzinli ve dizel motorların, birim strok hacmindeki güç ve kütlerinin kıyaslanması

Diesel motorlarında birim kude başına gücün, benzinli motordan göre düşük olmasının en önemli sebebi; maksimum silindir basıncının daha yüksek olması degildir. Bunun asıl sebepleri; diesel motordarındaki yakıt püskürme donanımı, mars motoru, silindir bloku, volan ve silindir kapagıdır.

Diesel motorlarında, termik verimin daha yüksek olmasına rağmen; daha fazla motor gurultusu, soğukken zor çalışma ve sert çalışma gibi problemlerde vardır. Diesel motordarında eksoz gazlarındaki HC ve CO oran benzinli motordan göre daha düşüktür. Ancak,  $\text{NO}_x$  oran daha fazladır. Kompresyonlu ateşlemeli motorlarda silindirde ortaya çıkan basınç daha yüksek olduğundan; daha mukavemetli parçalar gereklidir.

## 6.7 Yol gücü ihtiyacı

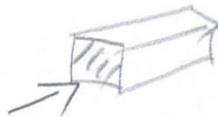
Motorlu taşıtlar; çeşitli yüklerde, hızlarda ve yol şartlarında çalışırlar. Bu nedenle, motor, bu değişik şartlarda gereken gücü daima karşılamalıdır. Bütün hızlarda motor tarafından üretilen maksimum güç sınırlıdır. Bu güç, taşıtı belirli bir hızda hareket ettirmek için kullanılır.

Rüzgarsız bir yolda bir taşıtı, sabit bir hızda hareket ettirmek için arka (veya ön) tekerleklerde gereken çekiş kuvveti, sürükleme kuvvetiyle yuvarlanma direncinin toplamına eşittir:

$$\text{kuvvet}, \quad F_{tr} = C_r W + \frac{1}{2} C_D \rho A V^2$$

bağıntısıyla hesaplanabilir. Buradaki :  $C_r$ , yuvarlanma direnci katsayısı;  $C_D$ , sürükleme (hava direnci) katsayısı;  $W$ , taşıtin ağırlığı;  $\rho$ , havanın yoğunluğu;  $A$ , taşıtin karosерinin ön yüzünün izdüşüm alanı ve  $V$ , taşıtin hızıdır. Sürükleme katsayısı ve yuvarlanma direnci katsayısı, sırasıyla aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho A V^2} \quad \text{ve} \quad C_r = \frac{F_r}{W} = \frac{F_r}{mg}$$



Buradaki;  $F_D$ , sürükleme kuvveti ;  $F_r$ , yuvarlanma direnç kuvveti ve  $m$ , taşıtin brüt kütlesi dir. Yuvarlanma direnci; tekerlek lastiğinin tipine, durumuna (yeni veya aşınmış olmasına) ve

basıncına, yol yüzeyinin özelliklerine, taşıtin hızına ve yüküne bağlıdır. Lastiğin yere degen kısmı ve taşıtin hızı artukça yuvarlanma direnci artarken; lastik basıncı artukça, bu direnç azalır. Genellikle, radyal lastiklerin yuvarlanma direnç katsayısı (0.014), çapraz katlı lastiklerinden (0.019) daha küçütür.

Aerodinamik sürükleme katsayısı; genellikle, otomobiller için 0.25-0.50, arasındadır. Kamyonlar ve otobüsler için bu katsayı, daha büyütür. Sürükleme kuvveti, hızın karesiyle doğru orantılı olduğundan; taşıtin karosерinin şeklindeki hafif değişimler, yüksek hızlarda yakıt tüketimini farkedilebilir bir şekilde etkileyebilir.

Taşıt, eğimi  $\phi$  olan bir yolda hareket ediyorsa çekis kuvveti, şu bağıntıyla hesaplanır;

$$F_{tr} = C_r W + \frac{1}{2} C_D \rho A V^2 + W \sin\phi$$

O halde, motor tarafından sağlanması gereken fren (mil) gücü, aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir;

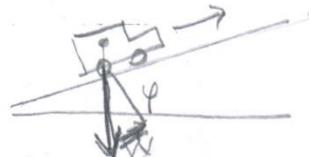
$$N_b = \frac{F_{tr} V}{\eta_{tr}}$$

Buradaki  $\eta_{tr}$ , transmisyon verimidir.

Motorun krank milinin hızı ile taşıt hızı arasındaki bağıntı şöyledir;

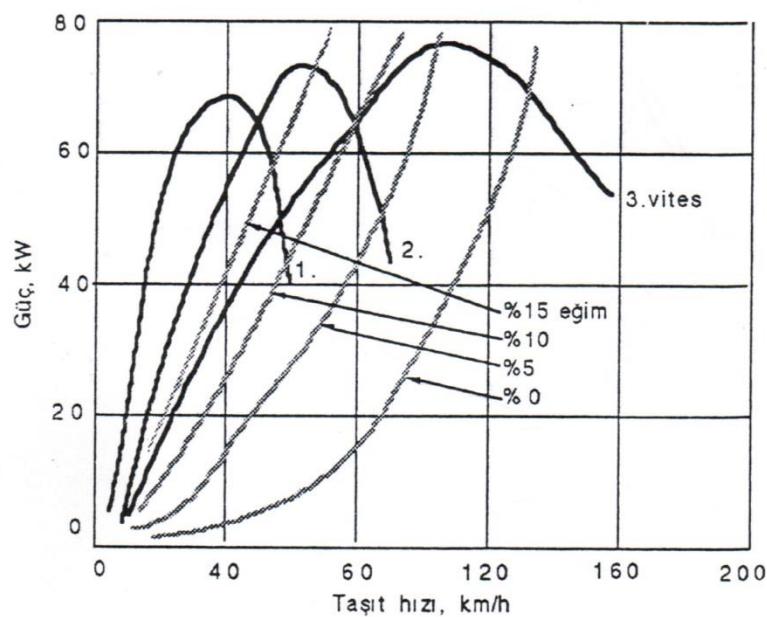
$$V = \frac{2\pi R_w n}{i_g i_m}$$

ip̄lm



Buradaki;  $R_w$ , tekerliğin yarıçapı;  $n$ , krank milinin dönme sayısı;  $i_g$ , vites kutusunun çevrim oranı ve  $i_m$ , diferansiyelin çevrim oranıdır.

Şekil 6.14'de yolun eğimine bağlı olarak belirli bir hızda taşıtı hareket etirmek için gereken güç ve motor tarafından üretilen güç gösterilmiştir.



Şekil 6.14- Motorun ve taşıtin güç karakteristikleri

Pratikte taşır motorları, sık sık frenlenir. Bu durumda güç eğrisi negatif olur ve gaz kelebeği tamamen kapatılarak ( yakıt girişi ve ateşleme devam ederken) kranc mili dönmeye zorlanır. Bu negatif güç eğrisi, gaz kelebeği kapatıldığı zaman motoru döndürmek için gereken maksimum güçü belirler.

### Örnek 6.5

Bir otomobilin teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

silindir sayısı  $Z_s = 4$

toplam silindir hacmi  $V=1389 \text{ cm}^3$

maksimum güç (5200 d/dak)  $N_{b\max} = 60 \text{ BG}$

sıkıştırma oranı  $r_c = 9.4$

genişlik  $b=1688 \text{ mm}$

yükseklik  $h=1410 \text{ mm}$

kütlesi  $m=930 \text{ kg}$

transmisyon verimi  $\eta_{tr} = \% 90$

sürükleme katsayısı  $C_D=0.35$

tekerlek yuvarlanması direnci  $C_T=0.018$

Bu otomobilde kullanılan benzinin alt ısıl değeri  $47900 \text{ kJ/kg}$  ve yoğunluğu  $0.75 \text{ kg/litre}'dir. Bu otomobil, rüzgarsız düz bir yolda  $90 \text{ km/h}$  hızla hareket ettiği zaman, saatte  $4.6 \text{ litre}$  benzin tüketmektedir. Bu durumda; mil gücünün maksimum gücü oranını, motorun termik verimini, özgül yakıt tüketimini ve birim strok hacmi başına gücü hesaplayınız. Havanın yoğunluğunu  $1.15 \text{ kg/m}^3$  alınız.$

**Çözümü:** Rüzgarsız düz yolda tekerleklerdeki çekiş kuvveti;  $F_{tr} = C_T W + \frac{1}{2} C_D \rho A V^2$  ile

$$F_{tr} = 0.018 \times 930 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 + \frac{1}{2} \times 0.35 \times 1.15 \text{ kg/m}^3 \times 1.688 \text{ m} \times 1.41 \text{ m} \left( \frac{90 \times 10^3}{3600} \right)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 463.58 \text{ N}$$

$$\text{Mil gücü, } N_b = \frac{F_{tr} V}{\eta_{tr}} = \frac{463 \text{ N} \times (90 \times 10^3 / 3600) \text{ m/s}}{0.90} = 12.877 \text{ kW} = 17.51 \text{ BG}$$

$$\frac{N_b}{N_{b\max}} = \frac{17.51}{60} = \% 29.128$$

$$\text{Motorun termik verimi } \eta = \frac{N_b}{m_y AID} = \frac{12.877 \text{ kJ/s}}{4.6 \text{ lt/h} \times 0.75 \text{ kg/lt} \times \frac{1}{3600 \text{ s/h}} \times 47900 \text{ kJ/kg}} = \% 28$$

$$\text{Özgül yakıt tüketimi } b = \frac{\dot{m}_v}{N_b} = \frac{4.6 \times 0.75}{12.877} = 0.268 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Yanma odası hacmi (toplam), } V_c = \frac{V_s + V_c}{r_c} = \frac{1389}{9.4} = 147.76 \text{ cm}^3 \text{ olur.}$$

Toplam strok hacmi;  $V_s = V - V_c = 1389 - 147.76 = 1241 \text{ cm}^3$  bulunur.

$$\text{Buna göre, birim strok hacmi başına güç; } \frac{N_{b\max}}{V} = \frac{(60 / 1.36)}{1.241} = 35.54 \frac{\text{kW}}{\text{litre}} \text{ olur.}$$

(1)

Altı silindirli ve dört stroklu bir motorun 3000 d/dak mil gücü 39.5 kW, sürtünme gücü 6,5 kW ve yakıt tüketimi 3.74 gr/s dir silindir çapı 70 mm ve stroku 65 mm olan bu motorda kullanılan benzinin alt ısıl değeri 44000 kJ/kg dir.

Motorun termik verimini, Mekanik verimini, Torku, Ortalama efektif basıncını, indirekt gücünü ve özgül yakıt tüketimini hesaplayınız.

Verilenler

$$z_s = 6$$

$$n = 3000 \text{ d/d}$$

$$N_b = 39,5 \text{ kW}$$

$$N_f = 6,5 \text{ kW}$$

$$\dot{m}_y = 3,74 \text{ gr/s}$$

$$D = 70 \text{ mm}$$

$$S = 65 \text{ mm}$$

$$AID = 44000 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\eta = \frac{N_b}{m_y \cdot AID} = \frac{39,5 \text{ kW}}{3,74 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 44000 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}$$

$$\eta = 0,24 (\% 24)$$

$$T_b = \frac{N_b}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{39,5 \text{ kN.m/s}}{2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{3000}{60} \right) \frac{1}{s}}$$

$$T_b = 0,125 \text{ kN.m} = 125 \text{ N.m}$$

mekanik verim

$$\eta_m = \frac{N_b}{N_i} = \frac{N_b}{N_b + N_f} = \frac{39,5}{39,5 + 6,5}$$

$$\eta_m = 0,858 (\% 85,8)$$

fren ortalama efektif basıncı

$$b_{mep} = \frac{2 \cdot N_b}{V_s \cdot n} = \frac{2 \cdot 39,5 \text{ kN.m/s}}{6 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0,07)^2 \cdot 0,065 \cdot \left( \frac{3600}{60} \right) \frac{1}{s}}$$

$$b_{mep} = 1053 \text{ kPa}$$

$$N_i = N_b + N_f = 39,5 + 6,5 = 46 \text{ kW}$$

$$b = \frac{\dot{m}_y}{N_b} = \frac{3,74 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot \frac{3600}{60}}{39,5 \text{ kW}} = 0,34 \frac{\text{kg}}{\text{kW.h}}$$

(2)

4 silindirli 4 zamanlı bir benzinli motorun toplam strok hacmi  $1600 \text{ cm}^3$  dır. Motor 3000 d/dak da çalışırken indikatör diyagramından elde edilen ortalama indikatör basıncı  $13.6 \text{ kg/cm}^2$  dir. Deney sırasında motorun mekanik kayıpları  $13.3 \text{ kJ/s}$ , soğutma suyuna aktarılan enerji  $35 \text{ kJ/s}$ , egzoz da kaybolan enerji  $30 \text{ kJ/s}$  ye eşdeğer ısı olmaktadır. (Yakıtın AID=46290 kJ/kg,  $p_h=1.25 \text{ kg/m}^3$ ,  $\eta_r=0.95$ )

- a) Motorun mekanik verimini
- b) Ortalama efektif basıncı (bmep))
- c) Saniyede sarf edilen yakıt miktarını
- d) Motorun verimini
- e) H/Y oranını

### Verilerler

$$z_s = 4, z_f = 4$$

$$V_{ST} = 1600 \text{ cm}^3 = 1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$n = 3000 \text{ d/d}$$

$$imep = 13.6 \text{ kg/cm}^2 = 1334 \text{ kPa}$$

$$N_f = 8 \text{ kW}$$

$$N_{soğutma} = Q_c = 35 \text{ kW}$$

$$N_{eksat} = Q_e = 30 \text{ kW}$$

$$N_{mek} = 13.3 \text{ kW}$$

$$\eta_m = \frac{40,06}{53,36} = 0,75 (\%75)$$

b)  $\eta_m = \frac{bmep}{imep} \rightarrow bmep = \eta_m \cdot imep = 0,75 \cdot 1334$   
 $bmep \approx \underline{\underline{1000 \text{ kPa}}}$

$$13,6 \frac{\text{kPa} \times 3,81 \text{ m} \cdot 1000 \text{ N}}{\text{m}^2 \text{ s} \text{ m} \text{ m}} ?$$

$$= 1334 \text{ kPa}$$

$$a) \eta_m = \frac{N_b}{N_i}$$

$$N_i = \frac{imep \cdot V_{ST} \cdot n}{2 \cdot 60}$$

$$N_i = \frac{1334 \cdot 1,6 \times 10^{-3} \cdot 3000}{120}$$

$$N_i = 53,36 \text{ kW}$$

$$N_b = N_i - N_{mek} = 53,36 - 13,3$$

$$N_b = \underline{\underline{40,06 \text{ kW}}}$$

$$c) Q_T = m_y \cdot H_y = \frac{Q_b}{m_b} + Q_s + Q_e + Q_r$$

$$m_y \cdot 46290 = 40,06 + 35 + 30 + 13,30$$

$$M_y = \underline{0.00257 \text{ kips}}, 2.557 \text{ p/in}$$

$$d) \quad \gamma = \frac{N_b}{m_y \cdot AID} = \frac{40,06}{0,002577 \cdot 4,62 P_3} = 0,733$$

$$e) \quad \left(\frac{H}{Y}\right) = \frac{m_h}{m_y}$$

$$T_v = \frac{2 \cdot M_h}{n \cdot V_{ST} \cdot P_h} \rightarrow M_h = \frac{n}{2} \cdot \frac{V_{ST} \cdot P_h \cdot T_v}{60}$$

$$m_h = \frac{3000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1,25 \cdot 985}{120} = 0,0475 \text{ kg/s}$$

$$\left(\frac{H}{Y}\right) = \frac{0,0475}{0,002555} = 18,58 \checkmark$$

(4)

Sekiz silindirli ve dört stroklu bir dizel motorunun sıkıştırma oranı 15'dir. Bu motorun 3000 d/dak'daki mil (fren) gücü 120 kW, fren ortalama efektif basınç 0.95 MPa, özgül yakıt tüketimi 0.24 kg/kWh ve hava fazlalık katsayısı 1.3'dür kullanılan yakitin alt ısıl değeri 10000 Kcal/kg ve bu yakıt için stokiyometrik hava-yakit oranı 16'dır. Bu motorda pistonun strok uzunluğu ve silindir çapı eşittir.

a) Motorun bir saatteki yakıt ve hava tüketimini (kg/h). (5045P).

b) Motorun verimini.

c) Silindir çapını (mm).

d) Toplam silindir hacmini bulunuz(cm<sup>3</sup>).

Verilenler

$$Z_s = 8$$

$$\Gamma = 15$$

$$n = 3000 \text{ d/d}$$

$$N_b = 120 \text{ kW}$$

$$b_{mep} = 0.95 \text{ MPa}$$

$$b = 0.24 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$$

$$\lambda = 1,3$$

$$AID = 10000 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 41800 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\left(\frac{H}{T}\right)_s = 16$$

$$D = 5$$

$$c) V_{st} = \frac{2 \cdot N_b}{b_{mep} \cdot n}$$

$$a) b = \frac{m_y}{N_b} \rightarrow m_y = b \cdot N_b$$

$$m_y = 0,24 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \cdot 120 \text{ kW}$$

$$\underline{m_y = 28,8 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}$$

$$\left(\frac{H}{T}\right)_s = \frac{m_h}{m_y} \rightarrow m_h = \left(\frac{H}{T}\right)_s \cdot m_y$$

$$\underline{m_h = 460,8 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}$$

$$m_h = \lambda \cdot m_h = \underline{\underline{559 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}}$$

$$b) \eta = \frac{N_b}{m_y \cdot AID} = \frac{120}{\left(\frac{28,8}{3600}\right) \cdot 41800}$$

$$\eta = 0,358 (\underline{\underline{35,8}})$$

$$V_{st} = 2s \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot s \quad V_{st} = \frac{\pi}{4} 2s \cdot D^3$$

$$D = \left[ \frac{8 \cdot N_b}{\pi \cdot 2s \cdot b_{mep} \cdot n} \right]^{1/3} = \left[ \frac{8 \cdot 120}{\pi \cdot 8 \cdot 0,95 \times 16 \cdot \frac{3000}{3600}} \right]^{1/3} = 0,093 \text{ m} = 93 \text{ mm}$$

(4)

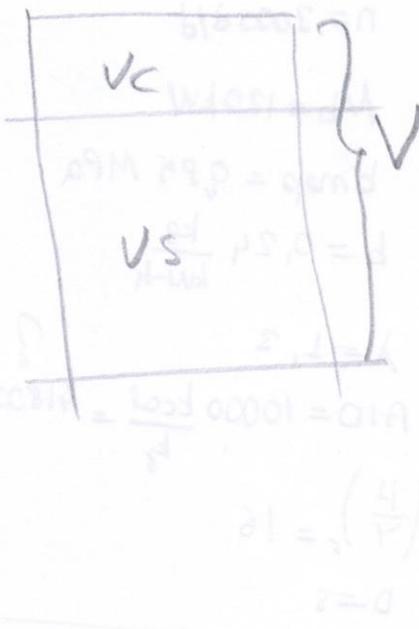
(5)

$$d) V_s = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s = \frac{\pi \cdot 9,3^2 \cdot 9,3}{4} = 631,57 \text{ cm}^3$$

$$V_c = \frac{V_s}{r_c - 1} = 45,11 \text{ cm}^3$$

$$V = 8 \cdot [V_s + V_c] = 8 \cdot [631,57 + 45,11]$$

$$V = 5408 \text{ cm}^3$$



$$\rho_{\text{air}} \left( \frac{4}{F} \right) = 1,20 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \left( \frac{4}{F} \right)$$

$$\rho_{\text{air}} \left( \frac{4}{F} \right) = 1,20 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,20 \text{ kg/m}^3$$

$$\frac{1,20 \cdot 9,3}{F} = 1,20 \cdot \frac{9,3}{F} = \frac{1,20 \cdot 9,3}{F}$$

$$\frac{1,20 \cdot 9,3}{F} = \frac{0,012 \cdot 9,3}{F} = \frac{0,108}{F}$$

$$\frac{0,108}{0,0012} = \frac{0,108}{0,0012} = 90 \text{ (d)}$$

$$\left( \frac{0,108}{0,0012} \right) \cdot 920 \cdot \rho = 90$$

$$0,108 \cdot \frac{920}{0,0012} = 0,108 \cdot \frac{920}{0,0012} = 820 \text{ V}$$

$$\frac{84,8}{0,0012} = 72 \text{ V} \quad (2)$$

$$\frac{820,0}{0,0012} = \frac{820,0}{0,0012} = 683,3 \text{ V}$$

$$\frac{72,0}{0,0012} = \frac{72,0}{0,0012} = 60,0 \text{ V}$$

$$\frac{683,3 - 60,0}{2} = \frac{623,3}{2} = 311,65 \text{ V}$$

(5)

Sekiz silindirli ve dört stroklu bir tıvılcıklı ateşlemeli motor  $2400 \text{ d/d}$  ile çalışmaktadır. Bu esnada volumetrik verim  $\gamma_v = 9082$ , mekanik verim  $\gamma_m = 85\%$  ve relativ iş verim  $\gamma_i = 70\%$ 'dır. Kullanılan yakıtın alt ısıl değeri  $44000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  dir. Karışım stokiyometrik karışımındır. Hava yakıt oranı  $15,08$  dir. Bu motora silindir çapı  $100 \text{ mm}$ , piston stroku  $120 \text{ mm}$  ve sıkıştırma oranı  $10$ 'dur. Atmosferik basing  $100 \text{ kPa}$ , ve sıcaklık  $290 \text{ K}$  dir. Karışımın izotropik üssü  $k = 1,275$  dir. Buna göre

- Hava ve Yakıtın debisini
- $NO_x$ ün verimini
- Mil gücü
- Bmes bulunuz.

Verilenler

$$z_s = 8$$

$$z_t = 4$$

$$n = 2400 \text{ d/d}$$

$$\gamma_v = 9082$$

$$\gamma_m = 85\%$$

$$\gamma_i = 70\%$$

$$A10 = 44000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\phi = 1$$

$$\left(\frac{H}{Y}\right)_c = 15,08$$

$$D = 100 \text{ mm}$$

$$S = 120 \text{ mm}$$

$$r_c = 10$$

$$P_a = 100 \text{ kPa}$$

$$T_a = 290 \text{ K}$$

$$k = 1,275$$

$$\text{Toplam strok hacim } V_s = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot Z_s \quad (6)$$

$$V_s = \frac{\pi \cdot (0,1)^2 \cdot 0,12 \cdot 8}{4} = 7,54 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{volumetrik verim } \eta_v = \frac{2 \cdot m_h}{n \cdot V_s \cdot p_a}, \text{ burada}$$

$$m_h = \frac{\eta_v \cdot \eta \cdot V_s \cdot p_a}{2} = \frac{0,82 \cdot (2400/60) \cdot 7,54 \times 10^{-3} \cdot \frac{1000}{0,297,290}}{2} \text{ kg/s}$$

$$m_h = 0,1485 \text{ kg/s}$$

$$\left(\frac{H}{V}\right)_s = \frac{m_h}{m_y} \rightarrow m_y = \frac{m_h}{\left(\frac{H}{V}\right)_s} = \frac{0,1485 \text{ kg/s}}{15,08} = 9,84 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

ideal otob gevriminin temelik verimi

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} = 1 - \frac{1}{10^{1,271-1}} \approx 0,97$$

$$\text{motorun verimi } \eta = \eta_{ci} \cdot \eta_{th} \cdot \eta_m = 0,70 \cdot 0,47 \cdot 0,85$$

$$\eta = 0,2786 \quad (90,27,86)$$

$$\text{mil gücü } \eta = \frac{N_b}{m_y \cdot AID} \rightarrow N_b = \eta \cdot m_y \cdot AID$$

$$= 0,2786 \cdot 9,84 \times 10^{-3} \cdot 4400 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$N_b = 121 \text{ kNm}$$

$$b_{meh} = \frac{2 \cdot N_b}{V_s \cdot n} = \frac{2 \cdot 121 \cdot 1 \text{ N-m/s}}{7,54 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \frac{2400}{60} \frac{1}{s}} \approx 802 \text{ kPa}$$