

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

DENİZCİLİK

GEMİ DİZEL MAKİNELERİ

Ankara, 2016

- Bu modül, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul/Kurumları'nda uygulanan Çerçeve Öğretim Programları'nda yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	2
1. DİZEL MAKİNELERİNDE GÜÇ	2
1.1. Dizel Motorlarının Endüstrideki Önemi ve Kullanıldığı Yerler	2
1.2. Dizel Motorlarının Avantaj ve Dezavantajları	3
1.3. Dizel Motorların Gemilere Uygulanması	4
1.3.1. Doğrudan Bağlama	4
1.3.2. Devir Düşürücülü Bağlama	5
1.3.3. Dizel-Jeneratör Sistemi	6
1.3.4. Dikey Şaftlı Makineler	6
1.4. Dizel Motorların Çalışma İlkesi	7
1.4.1. İki Zamanlı Dizel Çevrimi	7
1.4.2. Dört Zamanlı Dizel Çevrimi	14
1.5. Gemi Dizel Motorlarında Gücün Hesaplanması	17
1.5.1. Gemi Dizel Makinelerinde Güç Çeşitleri	17
UYGULAMA FAALİYETİ	29
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	30
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	34
2. GEMİ DİZEL MOTORLARINDA VERİM	34
2.1.1. Mekanik Verim	34
2.1.2. Termik Verim	35
2.1.3. Hacimsel Verim	36
UYGULAMA FAALİYETİ	37
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	38
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	40
3. GEMİ DİZEL MAKİNELERİNDE YAKIT SARFIYATI	40
3.1. Dizel Motorlarda Yanma	40
3.1.1. Yavaş Yanma	40
3.1.2. Hızlı Yanma	41
3.1.3. Yanma Denklemi	41
3.1.4. Tutuşma Gecikmesi	42
3.1.5. Kontrolsüz (Hızlı) Yanma	43
3.1.6. Kontrollü Yanma	43
3.1.7. Gecikmiş Yanma	44
3.2. Dizel Motorlarda Yanma Odaları	44
3.2.1. Direkt Püskürtmeli Yanma Odaları	44
3.2.2. Bölünmüş Yanma Odaları	45
3.3. Gemi Dizel Motorlarında Yakıt Sarfiyatının Hesaplanması	48
3.3.1. Dizel Makinelerde Yakıt Tüketimleri	48
3.3.2. Silindire Her Çevrimde Püskürtülen Yakıt Miktarının Hesaplanması	49
UYGULAMA FAALİYETİ	53
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	54
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	56
4. GEMİ DİZEL MOTORLARINDA AŞIRI DOLDURMA SİSTEMLERİ	56
4.1. Aşırı Doldurma Sistemlerinin Kullanılma Nedenleri	56

4.2. Aşırı Doldurma Sistemlerinin Çeşitleri.....	57
4.2.1. Mekanik Aşırı Doldurma (Süper Şarj).....	57
4.2.2. Egzoz Turbo Kompresörü ile Aşırı Doldurma (Turbo Şarj).....	58
UYGULAMA FAALİYETİ	68
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	74
ÖĞRENME FAALİYETİ-5	77
5. AŞIRI DOLDURMA SİSTEMLERİNDE HAVANIN SOĞUTULMASI	77
5.1. İntercooler Sistemi	77
5.1.1. İnter Cooler Sisteminin Kullanılma Nedenleri ve Görevleri	77
5.1.2. İntercooler Yapısı ve Çalışması.....	78
5.1.3. Aftercooler Sistemi (Çıkışta Soğutma).....	80
5.1.4. İntercooler Sisteminde Yapılan Kontroller.....	81
UYGULAMA FAALİYETİ	83
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	84
MODÜL DEĞERLENDİRME	86
CEVAP ANAHTARLARI	88
KAYNAKÇA	90

AÇIKLAMALAR

ALAN	Denizcilik
DAL	Gemi Makineleri İşletme
MODÜLÜN ADI	Gemi Dizel Makineleri
SÜRE	40/32
MODÜLÜN AMACI	Bireye / öğrenciye dizel makine performanslarını etkileyen faktörlerin tespit edilmesini, aşırı doldurma sistemlerinin bakımına yönelik bilgi ve becerileri kazandırmaktır.
MODÜLÜN ÖĞRENME KAZANIMLARI	<ol style="list-style-type: none">1. Gemi dizel makinelerindeki gücü hesaplayarak gücü etkileyen faktörleri tespit edebileceksiniz.2. Dizel makinelerinde verim hesaplamaları yaparak makine verimini etkileyen faktörleri tespit edebileceksiniz.3. Dizel makinelerinin ideal yakıt sarfiyatlarını hesaplayarak yakıt tüketimini artıran nedenleri tespit edebileceksiniz.4. Blower ve turbo şarjın arıza tespiti ve bakımlarını yapabileceksiniz.5. İnter coolerin arıza tespiti ve bakımlarını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Anamakineler operasyon ya da yakıt sistemleri atölyesi Donanım: El aletleri, kesit motorlar, blower, turbo şarj ve inter cooler.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili Öğrencimiz,

Dizel motorları içten yanmalı motor çeşitlerindedir. Yakıtın motor içinde yakılması sonucu açığa çıkan ısı enerjisini doğrudan mekanik enerjiye çevirir. Birkaç kilowattan 50.000 kilowata kadar çeşitli güçlerde üretilen günümüzün yüksek verimli ısı makineleridir. Endüstrinin hemen hemen her alanında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Günümüz teknolojisi ve sanayi petrole dayalıdır. Çevrenize baktığınızda otomobillerin, otobüslerin, kamyonların, traktörlerin, iş makinelerinin, lokomotiflerin ve gemilerin dizel motorlarla çalıştığını görürsünüz. Kara yolu ile demir yolu ve deniz yolu ile yük taşımacılığında çok yaygın olarak dizel motorları kullanmaktadır. Sabit tesislerde de dizel motor kullanımı oldukça fazladır.

Dizel motorlarının üretim, satış, kullanım, bakım ve onarımı çalışanlar için çok geniş istihdam alanları sağlar. Sizler denizcilik alanında almakta olduğunuz eğitim sonunda Makine Zabitliği unvanını alacak ve öncelikle denizcilik alanında istihdam edileceksiniz. Dizel motorları konusunda yetişmiş bir eleman olmak size çalışma hayatınızda çok çeşitli olanaklar sunacak sizleri ayrıcalıklı kılacaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

ÖĞRENME KAZANIMI

Gemi dizel makinelerde gücü hesaplayarak gücü etkileyen nedenleri tespit edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu öğrenme faaliyeti sonunda gemi dizel motorlarını tanıyacak, dizel motorlarının gemilere uygulama yöntemlerini tanıyacak ve dizel motorların çalışma ilkelerine göre güç hesaplamalarını yapabileceksiniz. Bu nedenle konuyu daha iyi kavramanız için ön hazırlık yapmak amacıyla;

Çevrenizde bulunan dizel makineli gemilere giderek, okul kütüphanesini kullanarak ya da İnternet ortamından yararlanarak;

- Dizel motorlarının gemideki işlevini,
- Dizel motorlarının çalışma ilkelerini,
- Makine gücünün ne anlama geldiğini araştırınız.
- Gemide sorumluluk bilinci (gemiye, üst ve astlarına karşı sorumluluğu) konusuna yönelik tutum ve davranışları ön plana çıkaran grup etkinliklerine yer verilmelidir.

Araştırmalarınızı bir doküman hâlinde getirerek arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. DİZEL MAKİNELERİNDE GÜÇ

1.1. Dizel Motorlarının Endüstrideki Önemi ve Kullanıldığı Yerler

Endüstride amaç, mal ve hizmet üretimini ve yapılan işleri kısa zamanda, daha ucuza ve emniyetle yapmaktır. Buna bağlı olarak teknolojinin de gelişmesiyle buhar makinesinin yerini dizel motorları almıştır. Dizel motorları kullanımının artması ekonominin gelişmesine önemli katkı sağlamıştır. Günümüzde endüstrinin birçok dalında dizel motorları kullanılmaktadır.

Bu dalların başlıcalarını ve kullanma nedenlerini şöyle sıralayabiliriz:

- Yakıtının ucuzluğu, yakıt tüketiminin azlığı ve benzin motorlarına göre daha güçlü olmaları gibi nedenlerle; kamyon, otobüs, traktör, yol ve yapı makinelerinde,
- 50.000 kW güce kadar üretilibilmeleri nedeniyle yolcu ve yük gemilerinde buz kırıcı gemilerde ve denizaltılarda,
- Buhar makinesine göre üstünlükleri nedeniyle lokomotif ve mototrenlerde,

- Ekonomik olmaları nedeniyle sabit güç gereksinmesi olan yerlerde örneğin; jeneratörlerde, yağhanelerde, su pompalarında, maden işleri ve kereste üretiminde ve benzeri yerlerde kullanılmaktadır.

1.2. Dizel Motorlarının Avantaj ve Dezavantajları

Dizel motorların avantajları şunlardır:

- **Yakıt tüketiminin azlığı:** Dizel motoru aynı özelliklere sahip bir benzin motorunun tükettiğinin yakıtın yarısı kadar yakıt tüketir. Bir saatte kilovat başına harcanan yakıt, benzin motorlarında 170-260 gram, dizel motorlarında bu miktar 120-150 gramdır. Bu değerlere motorların özgül yakıt sarfıyatı (specific fuel consumption) da denilmektedir.
- **Yakıtın ucuzluğu:** Benzin de motorin de petrolün damıtılmasıyla üretilmektedir. Aynı birimde damıtılan ham petrolden elde edilen motorinin miktarı daha fazladır bu nedenle daha ucuza satılmaktadır.
- **Verim:** Isı verimi yönünden bir karşılaştırma yapılırsa; buhar makinesi % 15, benzin motoru %24, dizel motorunu %37 verimle çalışır. Bir başka deyişle buhar makinesi yaktığı yakıtın % 15'ini, benzin motoru yaktığı benzinin % 24'ünü, dizel motoru ise yaktığı motorinin % 37'sini işe dönüştürür. Görüldüğü gibi verimi en yüksek motor dizel motordur.
- **Egzoz gazlarının durumu:** Dizel motorlarda egzoz gazlarındaki zehirli bir gaz olan karbon monoksit (CO) oranı, benzinli motorlardan çok daha azdır. Dolayısıyla çevre kirliliğine ve sağlığa olumsuz etkilerine bakılarak dizel motorların daha çevreci oldukları söylenebilir.
- **Yangın tehlikesi:** Dizel yakıtı olan motorinin tutuşma sıcaklığı $65^{\circ}C$, benzinin tutuşma sıcaklığı $52^{\circ}C$ dir. Dizel yakıtların tutuşma sıcaklığının daha yüksek olması yangın tehlikesini azaltan önemli bir faktördür.
- **Motor gücü:** Motorun her devrinde istenilen güce, yakıt miktarının hemen ayarlanabilmesi ve yanmanın sabit basınç altında oluşması nedeniyle aynı yapıdaki dizel motor benzin motoruna göre daha güçlüdür.

Dizel motorlarının avantajları yanında bazı **dezavantajları** da vardır. **Bunlar:**

- Motor imalat maliyetleri daha yüksektir.
- Ağırdır ve daha çok yer kaplar.
- Yakıt sistemleri çok hassastır, özen gerektirir.
- Bakımları düzenli, zamanında ve dikkatli yapılmalıdır.
- Gürültülü ve sesli çalışır.
- Titreşim dezavantajları vardır.

1.3. Dizel Motorların Gemilere Uygulanması

Motor gücü ile yürütülen gemilerde ana makinenin görevi gemi pervanesini döndürmektir. Ana makine çalışıp pervaneyi döndürdüğünde pervane kanatçıkları önündeki su kütlelerini iter. Ancak itilen su kütlesi kolayca itildiği yönde akamayacağı için su kütlesi ile pervane kanatçıkları arasında bir momentum oluşur. Bunun sonucunda gemi su yüzeyinde itilir. Gemi böylece hareket eder.

Dizel motorların gemilere uygulanması genellikle üç şekilde olur. Bunlar; doğrudan bağlama, devir düşürücü (redakşinger) ile bağlama ve dizel-jeneratör sistemi olarak sıralanabilir.

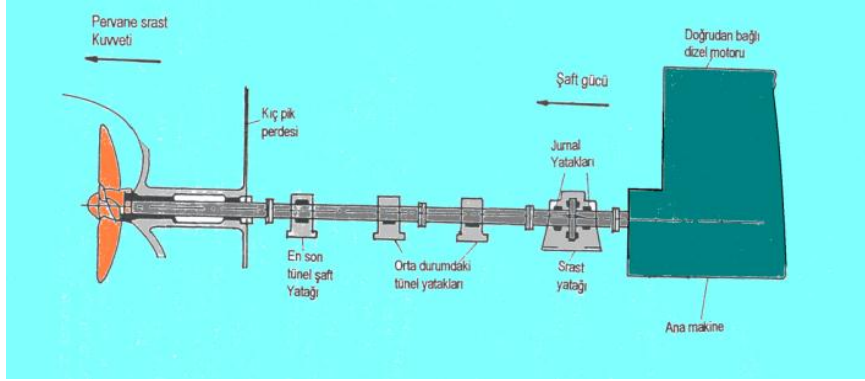


Resim 1.1: Dizel motor devir düşürücü ile pervane bağlantısı

Günümüz gemi makinelerinin bir bölümünde, ana makineler pervanelere doğrudan bağlanmıştır. Makinenin kapladığı hacmin ve ağırlığının küçük olması gereken gemilerde yüksek devirli makineler kullanılır. Bu gemilerde makine, pervaneye devir düşürücüsü ile bağlanır. Eğer makine devri çok yüksek ise pervane verimini arttırmak için makine ile pervane arasına devir düşürmek amacı ile dişli kutusu konulur. Dişli kutusu hem pervane verimi ve hem de uygun pervane çapı elde etmek için gereklidir.

1.3.1. Doğrudan Bağlama

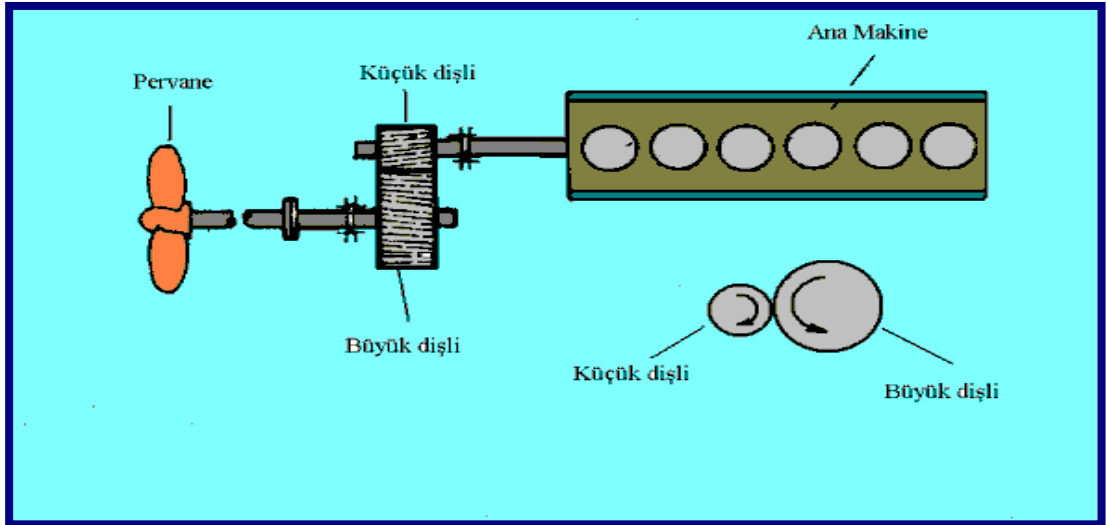
Bu sistemde ana makine ara şaftlar, yatak ve flanşlar yardımıyla pervaneye bağlanır. Makinenin yeri geminin şekline, kullanma amacına ve tasarıma göre birçok yolcu ve yük gemisinde kiç tarafta bazı yük gemilerinde ise vasatta yani ortadadır.



Şekil 1.1: Dizel motorun doğrudan bağlanması

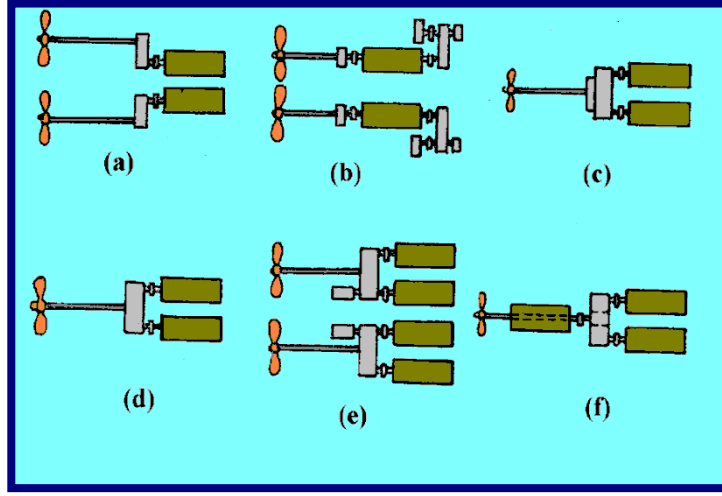
1.3.2. Devir Düşürücü Bağlama

Bu sistemde ana makine ile pervane arasında devir düşürücü (redakşinger) dişli donanımı yerleştirilir. Devir düşürücünün çalışma prensibi kısaca şöyledir: Ana makine krank şaftının ucuna bir flanş ve kısa şaft yardımıyla küçük dişli bağlanır. Küçük dişlinin karşılığında ona kavramış durumda büyük dişli bulunur. Büyük dişli pervane şaftına bağlıdır. Motor çalıştığı zaman krank şaftı bağlı bulunan küçük dişli döner ve o da büyük dişliyi döndürür. Küçük dişlinin büyük dişliyi bir devir döndürebilmesi için kendisinin birden fazla dönmesi gerekir. Dolayısıyla pervane motora göre daha az dönmüş olur. Devir düşürülerek şaftı döndürme momenti artar. Dişli kutusu aracılığı ile yüksek devirli makinenin devri düşürülür. Böylece düşük devirli pervanenin daha yüksek verim sağlaması ortaya çıkmış olur.



Şekil 1.2: Devir düşürücü bağlama

Şekil 1.3' te devir düşürücü bağlamanın çeşitli tasarımları görülmektedir.

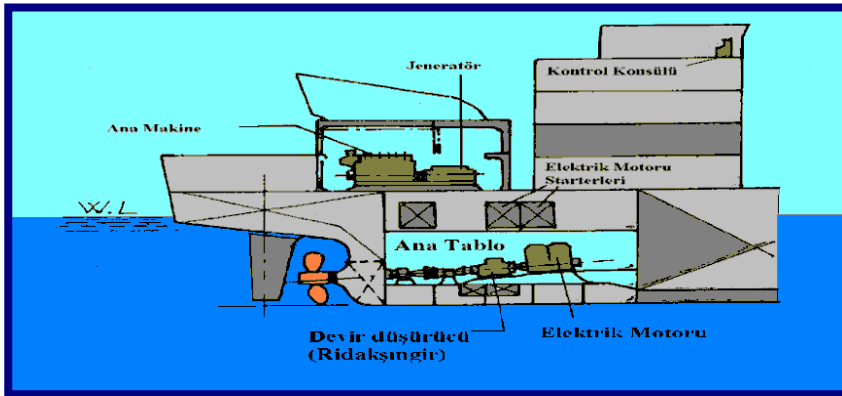


Şekil 1.3: Çeşitli devir düşürücülü bağlantı tasarımları

1.3.3. Dizel-Jeneratör Sistemi

Doğrudan ve devir düşürücülü bağlama sistemlerinde makine uzun ara şaftları ve yataklar yardımıyla pervaneye bağlanmaktadır. Pervane şaftı ve yatakları “şaft tüneli” veya “tünel şaft” adı verilen büyük bir hacmi gerektirir. Şaft tüneli de ticaret gemilerinin yararlı yük ve yolcu hacmini küçültür. Bu sakıncayı gidermek amacıyla dizel-jeneratör sisteminden yararlanılır. Dizel-jeneratör sistemlerinde yüksek devirli ve sabit devir sayısında çalıştırılan bir veya birkaç dizel motoru kullanılmaktadır.

Dizel makinelerin şaftlarına bağlı jeneratörlerin ürettikleri doğru akım, geminin kıç tarafına yerleştirilmiş ağır devirli elektrik motorlarının çalıştırılmasında kullanılır. Elektrik motorlarının kısa şaftlarına ise pervaneler bağlanmıştır.

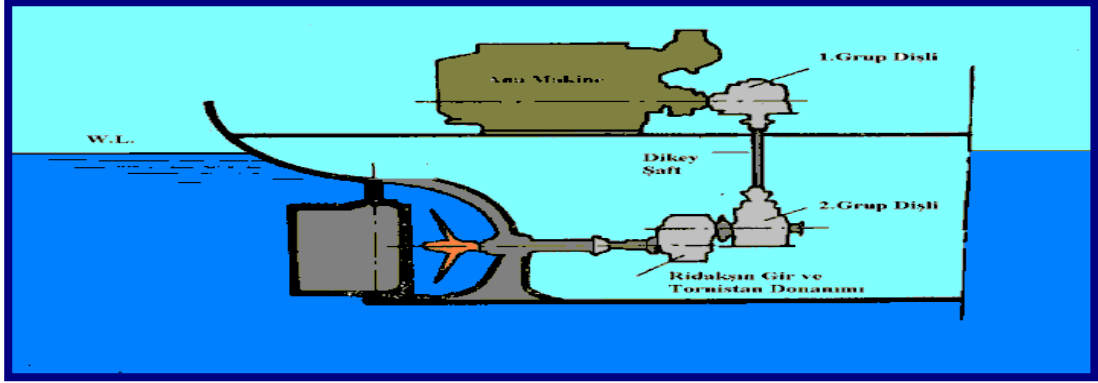


Şekil 1.4: Dizel-jeneratör sistemi

1.3.4. Dikey Şaftlı Makineler

Uzun şaft tünelini ortadan kaldırarak yolcu ve yük gemilerinin yararlı hacimlerini büyütmek için uygulanan farklı tasarımlardan biri de dikey şaftlı makinelerdir. Bu sistem

doğrudan pervaneye bağlı bir makine sistemidir. Kıç güverteye yerleştirilen makine, iki konik dişli gurubu yardımıyla pervaneyi çevirmektedir. Dişli gruplarından biri makine krank şaftına, diğeri ise pervane şaftına bağlanmıştır. Her iki dişli grubu arasında gücü makineden pervaneye ileten dikey şaft yerleştirilmiştir. Yüksek devirli makinelerde alt konik dişli grubu ile pervane arasında devir düşürücü dişli donanım yerleştirilir.



Şekil 1.5: Dikey şaftlı makine bağlantısı

1.4. Dizel Motorların Çalışma İlkesi

Günümüzde kullanılan dizel motorlar, pistonlu, içten yanmalı motor çeşitlerindedir. Yanma odasında motorinin yakılması ile elde edilen ısı enerjisini hareket enerjisine çevirirler.

Yanma kimyasal bir tepkimedir. Yakıt ile oksijenin sıcak bir ortamda birleşmesi ile oluşur. Yanma sonucunda ısı enerjisi açığa çıkar, CO₂ (Karbondioksit), H₂O (Su buharı) ve ışık oluşur. Yanma için gerekli oksijen atmosferde bulunan havadan sağlanır. Hava, emilerek veya basınç etkisi ile silindir içine alınır.

Yanmanın oluşabilmesi için motor içine alınan havanın sıcaklığının yükseltilmesi gerekir. Bunun için hava, motor içinde piston tarafından sıkıştırılır. Sıkıştırılan hava üzerine enjektörden atomize hâlde motorin püskürtülür. Sıcak hava ile karşılaşan motorin kendiliğinden tutuşarak yanar. Yanma sonucu açığa çıkan ısı enerjisi, yanma odasında bulunan gazların sıcaklığını ve basıncını yükseltir. Oluşan yüksek basınç pistonu silindir içinde iter. İtilen piston, biyel (connectin rot) aracılığı ile krank şaftı döndürerek dairesel hareket üretir.

Gemi ana makinesinde üretilen bu dairesel hareket ile gemi pervanesinin döndürülmesi ve geminin hareket etmesi sağlanır.

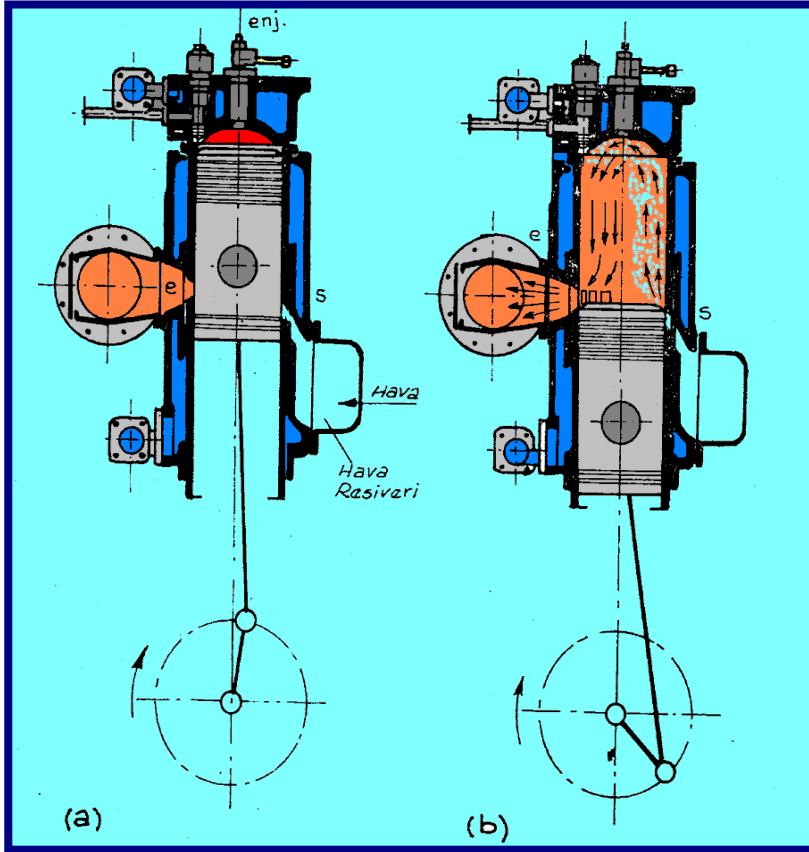
1.4.1. İki Zamanlı Dizel Çevrimi

Bir motorda iş elde etmek için tekrarlanmadan oluşan olaylar dizisine çevrim denir. Çevrim emme, sıkıştırma, iş (genişleme) ve egzoz işlemlerinden oluşur. İki zamanlı motorlarda çevrim, krank şaftın bir tam devrinde oluşur.

Krank şaftın bu dönüştünde piston alt ölü nokta ile üst ölü nokta arasında iki hareket yapar. Piston; Ü.Ö.N'dan A.Ö.N'ya inerken iş (genişleme) ve egzoz işlemleri, A.Ö.N'dan Ü.Ö.N'ya çıkarken emme ve sıkıştırma işlemleri gerçekleşir. Şekil 1.6 a'da, iki zamanlı motor kesitinde, piston üst ölü noktada görülmektedir.

Pistonun önünde sıkıştırılarak basıncı ve sıcaklığı artırılmış hava bulunmaktadır. Kızgın hava üzerine enjektörden yakıt püskürtülür. Yakıt kızgın hava ile karşılaşınca kendiliğinden yanar.

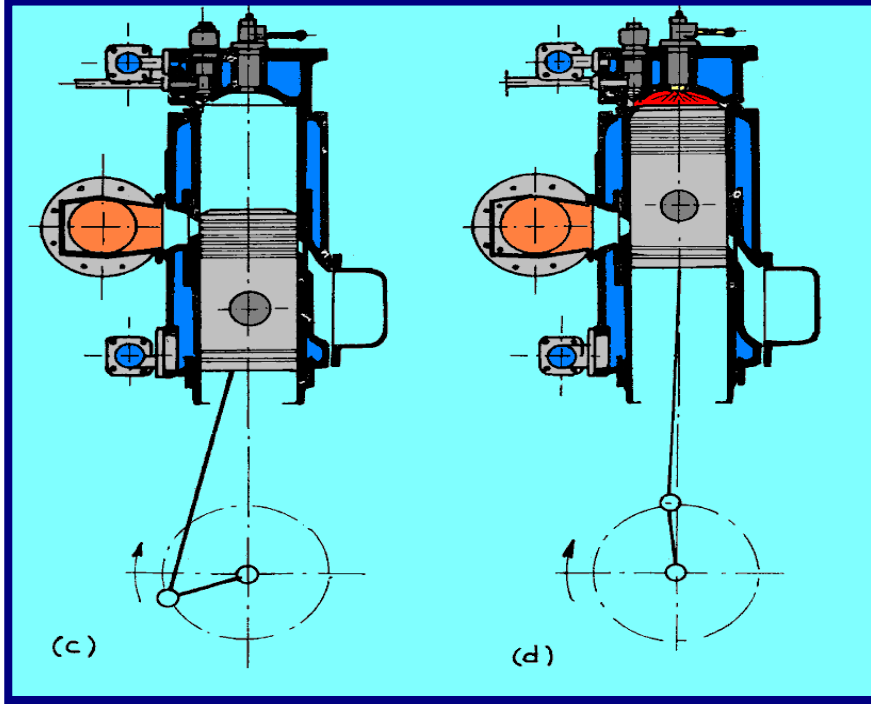
Yanma sonucunda sıcaklık yaklaşık 1500 - 2000 C'ye basınç ise 40-80 bar seviyesine çıkar. Yüksek basınçlı gazlar pistonu iterek iş üretir. İtilen piston, piston kolu aracılığıyla krank şaftı döndürür.



Şekil 1.6: İki zamanlı motorda iş ve egzoz kursu

Genişleme kursunun sonunda şekil 1.6 b'de görüldüğü gibi piston (e) ile gösterilen egzoz portunu açar. Egzoz portları açıldığı anda, basıncı 3-5 bar olan egzoz gazları egzoz manifoldu üzerinden atmosfere atılır. Bu olaya serbest egzoz denir. Pistonun A.Ö.N'ya doğru hareketine devam etmesiyle egzoz portlarından bir süre sonra (s) ile gösterilen hava portları açılır. Böylece hava alıcısında (resiver) basınç altında bulunan hava silindire dolmaya başlar. Portların şekli nedeniyle alıcıdan gelen hava, kavere doğru yönelir, ona çarparak yön değiştirir ve silindir içinde kalmış egzoz gazlarını sıkıştırarak egzoz

portlarından dışarıya atar. Bu olaya da **süpürme** denir. Süpürme olayı sırasında silindirler hem egzozdan arındırılır hem de bir sonraki çevrim için temiz hava doldurulur. Silindir içine atmosfer basıncından biraz daha yüksek basınçla dolan bu havaya **süpürme havası**, bu havanın verildiği pencerelere de **süpürme veya skavenç portları** denir.



Şekil 1.7: İki zamanlı motorda emme ve sıkıştırma kursu

Şekil 1.7- c’de görüldüğü gibi piston alt ölü noktada yönünü değiştirip üst ölü noktaya çıkarken, önce süpürme portlarını daha sonra da egzoz portlarını kapatır. Böylece silindirde temiz hava dolusu sıkıştırılmaya başlar.

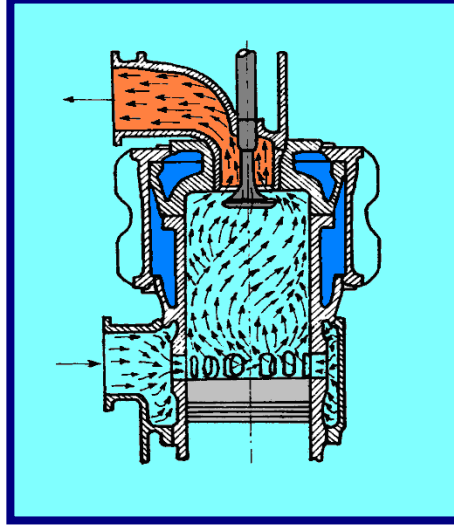
Şekil 1.7-d’de ise piston üst ölü noktaya çıkıncaya kadar sıkıştırma devam eder. Sıkıştırma sonunda havanın basıncı 30-40 bar, sıcaklığı 500-700 °C seviyesine yükseldiği görülür. Kızgın hava üzerine enjektörden yakıt püskürtülür ve yanma başlar.

İki zamanlı motorlarda süpürme iki ayrı yöntem ile gerçekleşir:

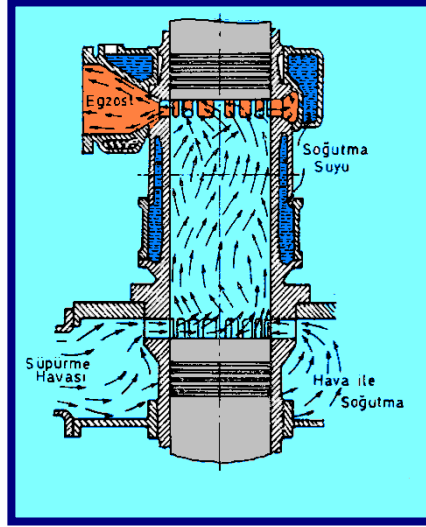
- Dönüş akımlı süpürme
- Doğru akımlı süpürme

Dönüş akımlı süpürme: Bu tür süpürmede havanın silindire verilmesi ve egzoz gazlarının atılması, silindir gövdeleri veya gömleklerine açılan portlar yardımıyla sağlanır. Hava süpürme portlarından silindire verilir, silindir kapağına (kaver) doğru yükselir ve ona çarparak geri döner. Bu arada önüne kattığı kirli egzoz gazlarını egzoz portundan silindir dışına atar. Şekil 1.7’deki iki zamanlı motorda süpürme dönüş akımlı süpürmedir.

Doğru akımlı süpürme: Doğru akımlı süpürme yönteminde hava silindirlere portlardan verilerek süpürme ve doldurma görevini yerine getirir ve yön değiştirmeksizin egzoz gazlarını süpürerek egzoz valfi veya egzoz portlarından dışarıya atar. Şekil 1.8' de egzoz valfli, şekil 1.9' da ise egzoz portlu doğru akımlı süpürme görölmektedir.



Şekil 1.8: Tek pistonlu doğru akımlı süpürme



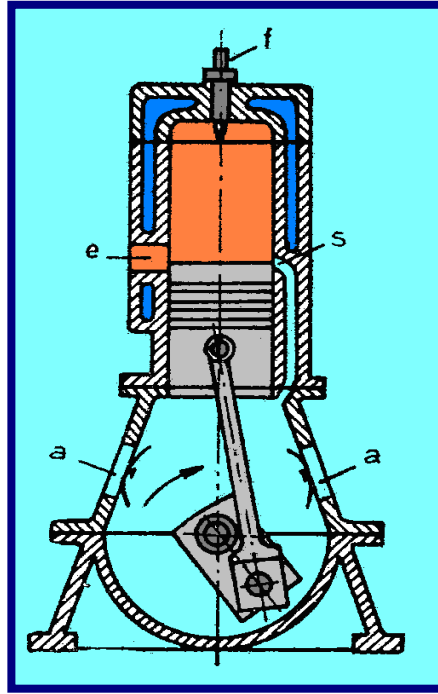
Şekil 1.9: Karşıt pistonlu doğru akımlı süpürme

Silindirlere verilen bu basınçlı hava farklı yöntemlerle üretilir.

- Karter (krankkeys) kompresyonu
- Makine güç pistonlarının alt kısımlarından pompa gibi yararlanma
- Diferansiyel pistonlu süpürme havası pompaları
- Ayrı pistonlu pompa donatımları
- Pozitif yer değiştirmeli (deplasman) pompalar

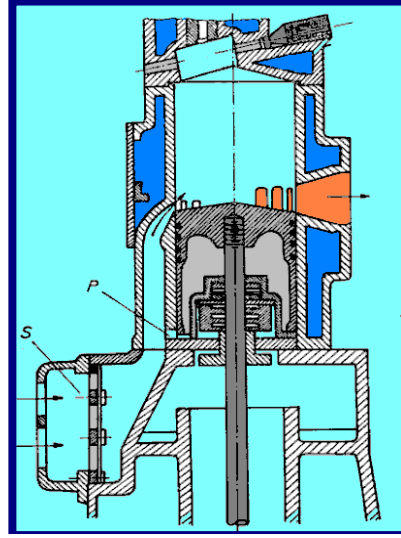
Karter (Krankkeys) kompresyonu: Bu tür süpürme havası üretiminde makinenin karteri (krankkeys) pompa silindiri, pistonlar ise pompa pistonu görevi yapar. Piston Ü.Ö.N'ya çıkarken karterde hacim büyüyeceğinden basınç düşer ve emiş oluşur. Emişin etkisiyle şekil 1.10'da **a** ile gösterilen karterde bulunan çek valflar (klapeler) açılır ve kartere hava dolar. Bu durum piston Ü.Ö.N'ya gelinceye kadar devam eder.

Yanma sonunda oluşan basıncın etkisiyle piston A.Ö.N'ya inerken karterde bulunan havayı sıkıştırır, çek valflar kapanır ve basınç artarak 1,10-1,15 bar seviyesine ulaşır. Piston süpürme portlarını açtığı anda basınçlı hava silindire dolar. Bu yöntem hacimsel verimlerinin (0,55 - 0,65) düşük olması nedeniyle gücü 50 kW'a kadar olan dizel motorlarda kullanılır.



Şekil 1.10: Karter kompresyonu ile süpürme havası elde etme

Makine güç pistonlarının alt kısımlarından pompa gibi yararlanma: Bu yöntem şekil 1.11'de görüldüğü gibi ancak kroşetli makinelere uygulanabilir. Piston kolunun (Rod) silindirden çıktığı kısım bir salmastra kutusu hâline getirilmiştir. Yukarı hareketi sırasında pistonun alt tarafındaki silindir hacmi büyür ve basınç düşer. Emiş etkisiyle emme valfları açılır ve silindirin alt kısmına hava dolar.

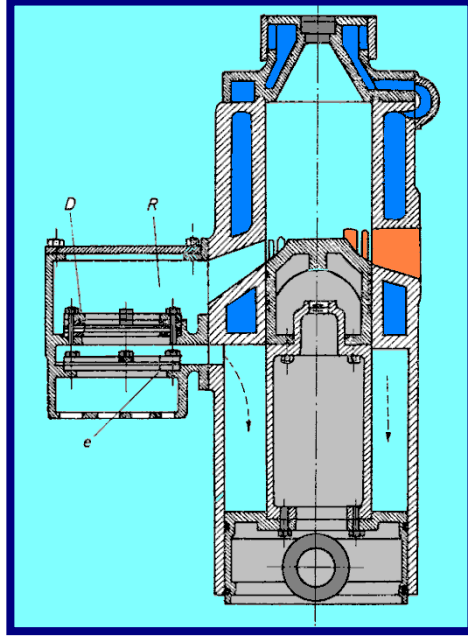


Şekil 1.11: Pistonun gerisinden yararlanarak süpürme havası elde etme

Bu işlem piston Ü.Ö.N'ya gelinceye kadar devam eder. Piston Ü.Ö.N'dan A.Ö.N'ya gelirken alt kısımdaki havayı sıkıştırarak basıncını yükseltir. Bu arada çek valf türündeki emme valfları iç basıncın artması nedeniyle kapanır. Üretilen basınçlı süpürme havası skavenç portları açıldığında silindire dolar.

Diferansiyel pistonlu süpürme havası pompaları: Bu yöntem de güç pistonundan yararlanmaya başka bir örnektir. Şekil 1.12'de görüleceği gibi güç pistonu üç parçadan oluşmuştur. Parçalardan ikisi eşit çapta diğeri ise daha büyüktür. Pistonun büyük çaplı bölümü süpürme havası üreten pistondur. Üst ölü noktaya hareket sırasında güç pistonu portları kapatıp silindir içindeki havayı sıkıştırır. Genişleme kursu sırasında yani piston alt ölü noktaya inerken hava pistonu kendi silindiri içinde büyüyen hacim nedeniyle bu bölümde emiş oluşur ve açılan emme valflarından (e) içeriye hava dolar. Pistonun Ü.Ö.N'ya hareketi sırasında bu hava sıkıştırılarak emme valflarını kapatır, boşaltma (D) ile gösterilen valflarını açarak (R) ile gösterilen hava deposuna (resiver) dolar. Güç pistonu tarafından süpürme portları açıldığı zaman hava deposundaki hava silindire dolarak süpürme ve doldurma görevini yerine getirir.

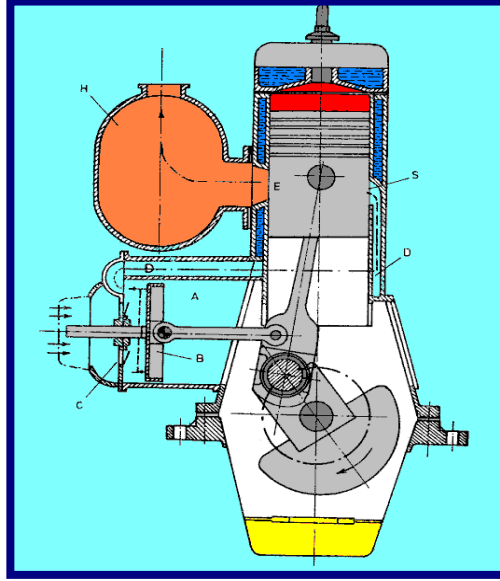
Bu tür pompalar pistonun çok parçalı ve ağır olması nedeniyle yüksek devirli makinelerde kullanılamaz.



Şekil 1.12: Diferansiyel pistonlu süpürme havası pompası

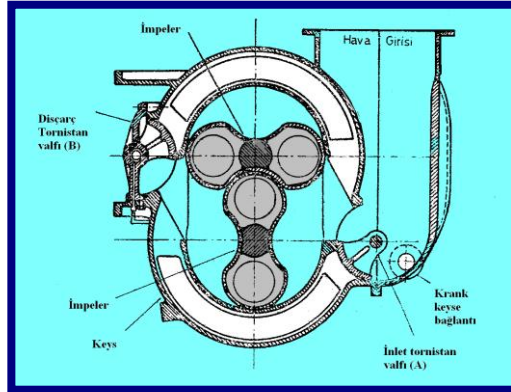
Ayrı pistonlu pompalar donanımları: Ayrı süpürme havası pompası şekil 1.13'te görülmektedir. Pompanın pistonu bir pim ile motorun piston koluna (konnektin rod) bağlanır ve onunla beraber hareket eder. Saat yönünde çalışan makinelerde güç pistonu Ü.Ö.N'ya yaklaşırken skavenç pompası pistonu makinenin krankkeysine doğru hareket eder. Güç pistonu aşağı kursun yarısındaiken skavenç pistonu da iç ölü noktasına varır. Skavenç silindiri içinde büyüyen hacim nedeniyle emiş oluşur ve C ile gösterilen emme valfları silindire hava doldurur.

Güç pistonu kursun geri kalan bölümünde ve yukarı kursunda hareket ederken piston koluna bağlı skavenç pistonu A silindirine emilen havayı sıkıştırır. Sıkışan havanın basıncı artar ve C ile gösterilen emme valflarını kapatarak havayı D ile gösterilen kanal yardımıyla silindirin çevresindeki bölüme gönderir. Süpürme portları açıldığında hava, silindire dolar. Bu tür pompalar karter kompresyonlu makinelere göre daha iyi başarımlar (performans) sağlar.



Şekil 1.13: Ayrı süpürme havası pompası

Pozitif yer değiştirmeli (deplasman) pompa donanımları: Bu tür pompalar iki veya üç loblu (bir tür kanat) yapılabilmektedir. Aslında pompa blower adı da verilen bir tür kompresördür. Şekil 1.14’te görülen iki loblu pompanın iki rotoru bulunmaktadır. Rotorlardan biri bir elektrik motorundan veya dişli bir donanımla makinenin krank şaftından hareket almaktadır. Rotorlardan biri döndüğü zaman diğeri de ters yönde döner. Böylece rotorların lobları ve gövde arasında kalan hacim, havanın taşınmasını ve hava deposuna verilmesini sağlar.



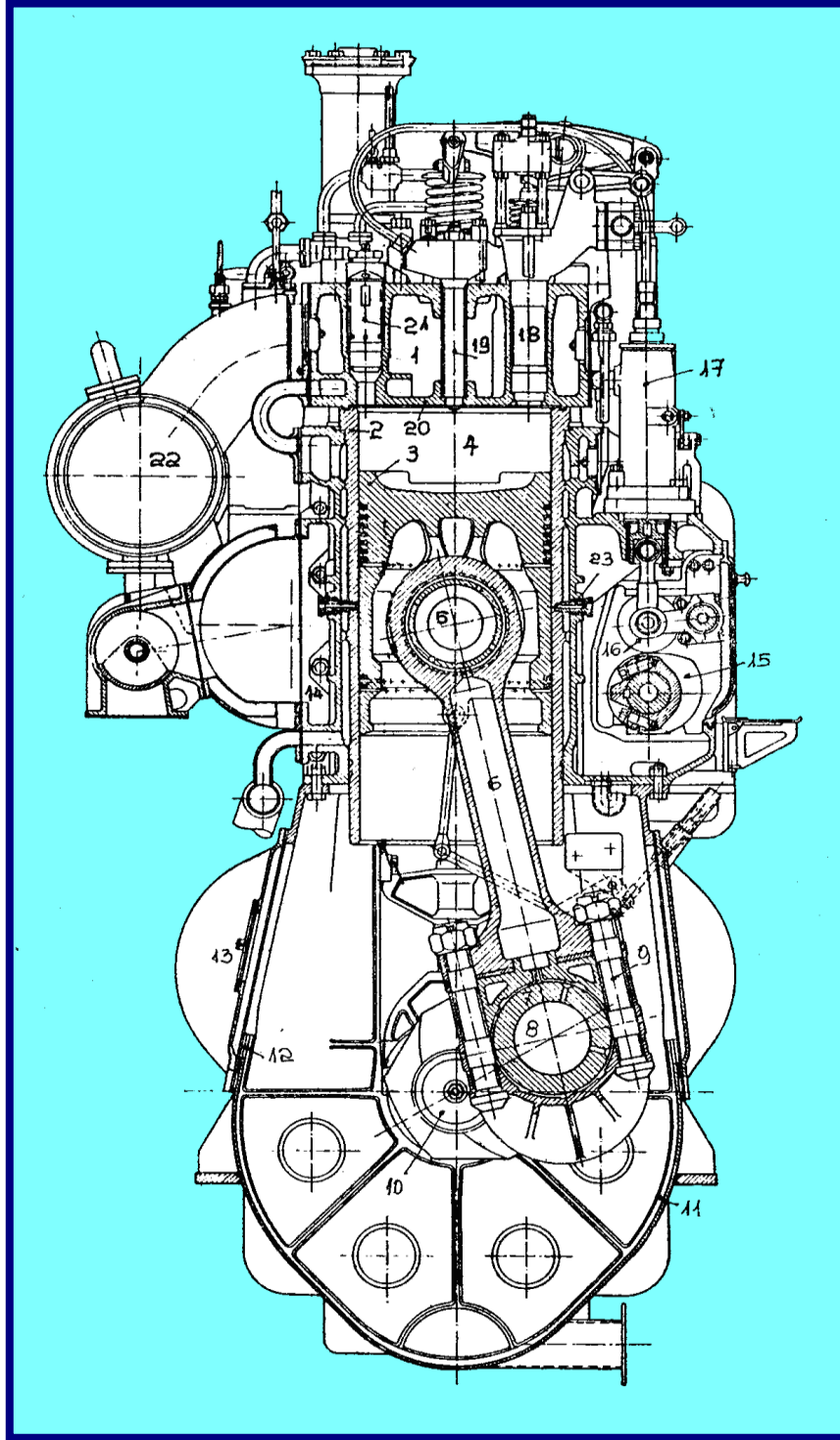
Şekil 1.14: Pozitif yer değiştirmeli (deplasman) süpürme havası pompası

1.4.2. Dört Zamanlı Dizel Çevrimi

Dört zamanlı motorlarda çevrimi oluşturan emme (doldurma), sıkıştırma, iş (genişleme) ve egzoz işlemleri krank şaftın, iki tam devrinde veya 720 derecelik dönüşünde oluşur. Çevrimi tamalamak için piston iki ölü nokta arasında dört kurs yapar. Pistonun her

kursunda bir işlem oluşur. Bu nedenle bu motorlara **dört zamanlı motor** denir. İki ve dört zamanlı makineler daha önce Temel Gemi Makineleri isimli modülde verilmişti.

Kesit resimde “1” ile silindir kapağı (kaver), “2” ile silindir gömleği (layner), “3” ile piston “4” ile yanma odası, “5” ile piston pimi (gacın pin), “6” ile piston kolu (biyel, konnektin rod), “7” ile krank şaft kol yatağı, “8” ile krank şaft kol muylusu (krank pin) “9” ile krank şaft kol muylusu kep civatası, “10” ile krank şaft ana yatağı (jurnal yatağı), “11” ile bedpleyt (alt karter), “12” ile krankkeys (üst karter), “13” ile krank keys kapağı (karter kapağı), “14” ile silindir bloğu, “15” ile yakıt pompası kamı (eksantrik), “16” ile kam makarası, “17” ile yakıt pompası, “18” ile ilk hareket pompası valfi (startin valf), “19” ile enjektör, 20 silindir kapağı (kaver), “21” ile basınç giderme valfi (rilif valf), “22” ile egzoz manifoldu, “23” ile yağlama nozulları gösterilmiştir. Kesit düzlemi üzerinde olmadıkları için emme ve egzoz valfları görülmemektedir.



Şekil 1.15: Dört zamanlı dizel motor kesiti

1.5. Gemi Dizel Motorlarında Gücün Hesaplanması

Geminin pervanesini, otomobilin tekerleğini, jeneratörün rotorunu vb. çeviren motorların krank şaftından alınan güç yararlı güçtür. Ancak iç (indike ya da indike) gücün ne olduğunu da bilmemiz gerekir. Çünkü indikatör aleti ile yapılan deneyler motor tasarımlarının gelişmesini sağlamış ve daha iyi makineler üretmek olanaklı hâle gelmiştir.

1.5.1. Gemi Dizel Makinelerinde Güç Çeşitleri

Güç çeşitleri aşağıda verilmiştir:

- Maksimum güç veya maksimum beygir gücü
- Sürekli maksimum güç
- Ekonomik güç
- Nominal güç
- İndike veya endikatif güç
- Efektif güç (yararlı güç)
- Pervane beygir gücü
- Özgül indike ve fren güçleri
- İndike ve fren litre gücü olarak sınıflandırılabilir.

1.5.1.1. Maksimum Güç

Bir dizel makinesinden alınabilecek en yüksek güçtür. Zirve gücü de denilen bu güçte makinenin sürekli çalıştırılması mümkün değildir. Maksimum güçle uzun süre çalıştırılan bir makinede soğutma suyu ve yağlama yağı sıcaklıklarının, buna bağlı olarak egzoz sıcaklıklarının hızla yükselmesi ve hararet sorunlarının görülmesi maksimum yükü en fazla yarım saat kullanma şansı verir.

Maksimum yükte çalıştırılan bir dizel gemi makinesinde yanma tam olmaz, egzozda sürekli duman görülür, ısı gerilmeler ve yüksek sıcaklık kaverde piston ve laynerlerde deformasyona, çatlamalara hatta kırılmalara neden olabilir. Pistonların layner içinde genişerek sınışması maksimum yükte yarım saatin üstünde çalıştırılan dizelerde sıklıkla görülen önemli arızalardandır.

1.5.1.2. Sürekli Maksimum Güç

Bir gemi makinesinin yağlama yağı, soğutma suyu ve egzoz sıcaklıklarında bir değişim olmaksızın sürekli olarak üretebildiği en yüksek güce sürekli maksimum güç denir. Maksimum gücün % 80 - % 90'ı kadardır.

Gemi makineleri maksimum güçle zaman zaman karıştırılan bu sürekli maksimum güçte de yüksek yakıt sarfiyatı nedeniyle uzun süre çalıştırılmazlar.

1.5.1.3. Ekonomik Güç

Dizel motorların en az yakıt sarfiyatı ile üretebildikleri en yüksek güce ekonomik güç denir. Laboratuvar ortamında yapılan testlerde, çıkarılan performans diyağramları, işletme eğrileri gemi dizellerinde ekonomik gücün makinenin 3/4 yükünde elde edildiğini göstermiştir.

Bu nedenle gemiler seyirlerin büyük bölümünde 3/4 yükte çalıştırılırlar.

1.5.1.4. Nominal Güç

Makinelerin gücüne göre vergilendirmelerine yönelik nominal güç ölçeği kullanılır. Örneğin Amerika Birleşik Devletlerinde NACC (National Automobile Chamber of Commers: Ulusal Otomobil Ticaret Odası) vergilendirmede esas alınan **araçlarda nominal beygir gücünü;**

$N_n = 0,062 \cdot i \cdot D^2$ (nhp) formülü ile hesaplanır.
N_n = Nominal Beygir Gücü
İ = Makinenin silindir sayısı
D = Silindir çapı (cm)

İngiltere’de nominal beygir gücünü bulmak için;

$N_n = 0,45 \cdot i \cdot (D - 1,18) (L - D)$ (nhp) formülü kullanılır.
N_n = Nominal Beygir Gücü
İ = Makinenin silindir sayısı
D = Silindir çapı (inch)
L = Piston stroku (inch)

1.5.1.5. İndike (İç) Güç

Yakıtın yanması ile açığa çıkan ısı enerjisinin mekanik enerjiye dönüşmesinin ilk aşaması silindir içinde gerçekleşir. Bu nedenle silindir içinde oluşan güce **iç (indike) güç** denir.

İç gücün hesaplanabilmesi için, indikatör aleti ile çizilen diyagramlardan faydalanarak ortalama indike (iç) basıncın bulunması gerekir. Yapılan deneyler sonucunda dizel motorlarda ortalama indike basıncın 6-8 bar olduğu saptanmıştır.

Uygulanan bir kuvvetin etkisi ile cisimlerin yer değiştirmesine **iş** denir.

İş; kaldırma itme ve çekme şeklinde olabilir. **Formülü ise şöyledir:**

İş = Kuvvet x Yol veya $W = F \cdot X$

Burada;

W= İş, birimi, Joule’dür ve (J) ile gösterilir.

F = Kuvvet, birimi Newton’dur ve (N) ile gösterilir.

X= Yol, birimi metre’dür ve (m) ile gösterilir.

Silindir içinde oluşan yanma sonucunda artan basıncın pistonu A.Ö.N'ya itmesi ile iş oluştuğunu biliyoruz.

Öyleyse bu işi formül ile gösterelim:

$$W = F \cdot h$$

W= İş zamanında pistonun Ü.Ö.N ile A.Ö.N arasında hareketi ile yapılan iş (Jolue)

F = Pistonu Ü.Ö.N ile A.Ö.N arasında iten kuvvet (Newton)

h = Kurs boyu (metre)

Motorda pistonu iten sabit bir F kuvveti bulmak pek mümkün değildir. Ancak daha önce ortalama indike basınç hesaplanabilir demiştik.

İş zamanında pistonu iten kuvvet ortalama indike basıncın pistonu etki etmesiyle oluşur.

Basıncı, birim yüzeye etki eden kuvvet olarak tanımlayabiliriz.

Formülü;

$$P = \frac{F}{A} \text{ dır.}$$

P= Basınç, birimi $\frac{N}{m^2}$ (Pascal, Pa)

F = Kuvvet, birimi Newton, (N)

A = Yüzey alan, birimi m^2

Basınç formülünde F' yi çekersek; F = P . A olur.

İş formülünde F yerine eşiti olan (P . A) ' yı koyarsak; **W = P . A . h** olur.

P yerine pistonu etki eden ortalama indike basınç koyarsak, **W = P_{mi} . A . h** olur.

Bu formül iş zamanında pistonun Ü.Ö.N'dan A.Ö.N'ya itilmesiyle yapılan işin formülüdür.

Motor n devir ile dönerken yapılan iş; **W = P_{mi} . A . h . n** olur.

Motorun Z kadar silindiri varsa; **W = P_{mi} . A . h . n . Z** olur.

Birim zamanda yapılan işe güç denir ve Ni ile gösterilir.

Formülü; Ni = W / t dir.

Ni = İndike güç Birimi Watt'tır ve W ile gösterilir.

W = İş, birimi Jolule'dür ve J ile gösterilir.

t = Zaman, birimi saniyedir ve s ile gösterilir.

Motorun indike gücü ise; **n** devir sayısı devir/dakika olduğundan iş formülünü 60'a bölersek, **Güç formülü**;

$$N_i = P_{mi} \cdot A \cdot h \cdot n \cdot Z / 60 \text{ olur.}$$

$$\frac{P_{mi} \cdot A \cdot h \cdot n \cdot Z}{60} \text{ formülü her devirde iş yapan iki zamanlı motorlar için kullanılır.}$$

Dört zamanlı motorlarda iki devirde bir iş oluştuğu için;

$$N_i = \frac{P_{mi} \cdot A \cdot h \cdot n \cdot Z}{2 \cdot 60} \text{ olur.}$$

Güç birimi Watt'tır. Genellikle bin katı olan kilowatt kullanılır.

Fomülde gücü Watt cinsinden bulabilmek için;

P_{mi}	:Ortalama İndike Basınç	Pascal (Pa),
A	:Pistonun Yüzey Alanı	metrekare (m ²)
H	:Piston kursu	metre (m)
N	:Motor devri	devir/dakika (dev/ dak)
Z	:Motorun silindir sayısı	

olarak kullanmak gerekir.

ÖRNEK: Dakikada 2000 devirle çalışan, 100 mm çaplı, 120 mm kurslu, 4 zamanlı, 4 silindirli bir dizel motorunun ortalama iç basıncı 10 bar olduğuna göre iç gücü ne kadardır?

Verilenler	İstenen	Formül
P _{mi} = 10 bar = 1000000 Pa	A=?	$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$
n = 2000 dev/dak	N _i =?	$N_i = \frac{P_{mi} \cdot A \cdot h \cdot n \cdot Z}{2 \cdot 60}$
D=100 mm = 0,1 m		
h = 120 mm = 0,12 m		
Z= 4		
$\pi = 3$ alınacak		

ÇÖZÜM:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{3 * 0,1^2}{4} = 0,0075 \text{ m}^2$$

$$N_i = \frac{P_{mi} * A * h * n * Z}{2 * 60} = \frac{1000000 * 0,0075 * 0,12 * 2000 * 4}{2 * 60}$$
$$= \frac{7200000}{120}$$
$$= 60000 \text{ Watt} = 60 \text{ kW}$$

İndike Gücü Etkileyen Faktörler:

- **P_{mi}** : (**Ortalama İndike Basınç**) Pascal (Pa): Makine çalışması sırasında ortalama indike basınç en önemli veridir. Ortalama indike basınç ne kadar yüksek olursa makine gücü o kadar artar.
- **A: Pistonun Yüzey Alanı:** Piston yüzey alanı sıkıştırma yüzeyini büyüteceğinden bu alandaki artış gücün artmasına etki eder.
- **H: Piston kursu:** Kurs boyunun uzaması içeri alınan hava miktarını artırır bu nedenle strok (kurs) ne kadar yükseltirse güç de o denli artar.
- **n: Motor devri:** Motorun devir sayısındaki artış birim zamanda daha çok iş anlamına gelir.
- **Z: Motorun silindir sayısı:** Makine silindir sayısı ne kadar artarsa o kadar güç artışı sağlanır.
- **Zaman (2 ya da 4 zamanlı makine):** Makinede elde edilen güç iki zamanlılarda her iki strokta bir iken dört zamanlı makinelerde dört strokta birdir. Bu nedenle 2 zamanlı makinelerin gücü daha fazladır. Bu nedenle gemilerde daha çok iki zamanlı makineler kullanılır.

1.5.1.6. Efektif (Yararlı) Güç (Fren Beygir Gücü)

Motorun krank şaftı ucundaki bir kasnak veya volandan bir fren düzeni ile ölçülen güce **efektif güç** denir. Bu güç iç güçten yaklaşık % 15 - % 25 daha küçüktür. Makine silindirlerinde üretilen indike gücün tümü yararlı işe dönüştürülemez. Gücün bir bölümü makine tarafından tüketilir. Tüketilen bu kayıplara genel olarak **mekanik kayıplar** denir. Başlıca dört temel mekanik kayıptan söz edilebilir.

Mekanik kayıplar aşağıda verilmiştir:

- Silindir ve layner yüzeylerindeki piston – segman sürtünmeleri, yataklar, valf mekanizması, gayıtlar ve dişli mekanizmalarında görülen sürtünme kayıpları.
- Dört stroklu makinelerde havanın silindire alınması, egzoz gazlarının dışarı atılması sırasında negatif iş kayıpları.

- İki stroklu makinelerde blowerda harcanan pompalama amaçlı mekanik kayıplar ile soğutma suyu pompası, yağlama yağı pompası, govarnör ve kompresör gibi donanımına harcanan enerji kayıpları. Bunlara genel olarak **pompalama kayıpları** adı verilir.
- Yüksek devirli makinelerde havanın volana gösterdiği direnç nedeniyle oluşan kayıplar. Bu kayıplara da vantilasyon ya da havalandırma kaybı adı verilir.

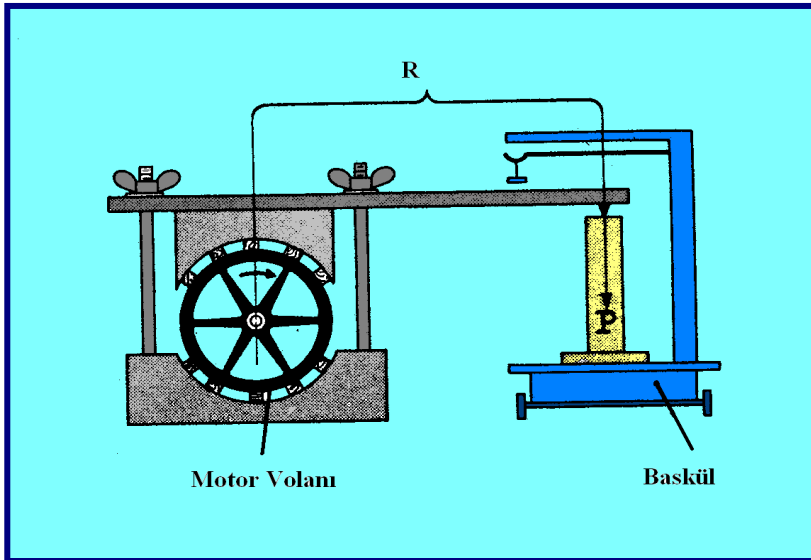
Güç ölçmede kullanılan cihazlara genel olarak **dinamometre** denir. Ancak dinamometreler direkt olarak gücü değil, güç hesabında kullanılan kuvveti veya momenti (tork) ölçer.

Dinamometreler aynı amaçla yapılan farklı tekniklerle ölçüm yapan düzeneklerdir. Üç farklı yapıda kuvvet ya da moment ölçen dinamometre çeşiti vardır.

Yararlı gücün ölçülmesinde kullanılan dinamometreler:

- Proni (Prony) freni
- Hidrolik dinamometre
- Elektrikli dinamometre
- **Proni freni ile yararlı gücün ölçülmesi ve hesaplanması**

En eski ve en basit ölçme cihazıdır. Gücü 75 kW ve devri 1000 dev/dak'ya kadar motorlarda kullanılabilir. Şekil 1.16'da görüldüğü gibi motor volanını saran frenleme şeridinin içinde sürtünme kat sayısı yüksek frenleme pabuçları ve frenleme miktarını saptayan baskül ve bağlantı kolları vardır.



Şekil 1.16: Proni freni

Motor tam gazda ve yüksüz olarak en yüksek devre çıkarılır. Sıkma vidaları yavaş yavaş sıkılarak motor yüklenir. Motor devri düşmeden çekebileceği en fazla yük baskülde bulunur. Saptanan değerler aşağıdaki formüle uygulanarak motorun yararlı gücü hesaplanır.

$$N_e = \frac{2 * \pi * P * R * n}{60} \dots \text{Watt}$$

N_e = Yararlı güç Watt (W)

P = Baskülde okunan yük Newton (N)

R = Volan eksenini ile baskül eksenini arasındaki uzaklık metre (m)

n = Motor devri devir/dakika (dev/dak)

2π = Volandaki moment ile baskül bağlantısındaki momentlerin sadeleştirilmesinden kalan değer (birimsiz)

60 = Devir/dakika' yı devir/saniye'ye çevirmek için (birimsiz)

ÖRNEK

Dakikada 900 devirle çalışan bir motor proni freninde denenmektedir. Proni freninin kol uzunluğu 1,2 metre, baskülde okunan yük 300 N olduğuna göre motorun yararlı gücü ne kadardır?

Verilenler

İstenen

Formül

$P= 300 \text{ N}$

$N_e=?$

$$N_e = \frac{2 * \pi * P * R * n}{60}$$

$n=900 \text{ dev/dak}$

$R=1,2 \text{ m}$

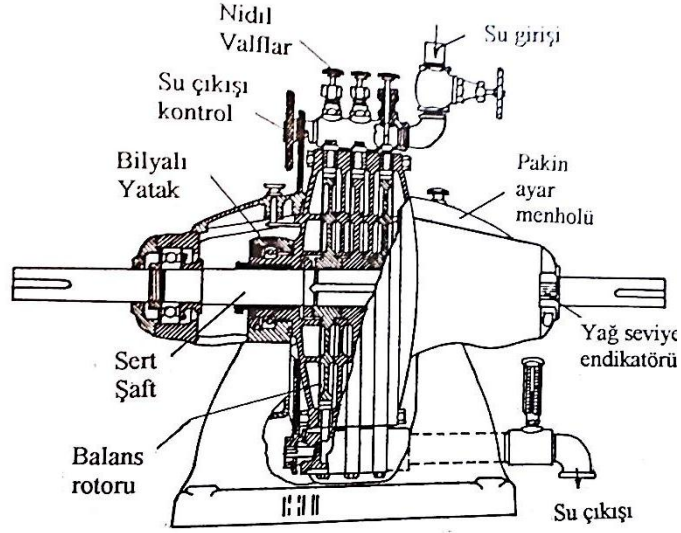
$\pi = 3$ alınacak

ÇÖZÜM

$$N_e = \frac{2 * 3 * 300 * 1,2 * 900}{60} = \frac{1944000}{60} = 32400 \text{ Watt} = 32,4 \text{ kW}$$

➤ Hidrolik dinamometre ile yararlı gücün ölçülmesi ve hesaplanması

Bunlara **su freni** de denir. Çünkü bu dinamometrelerde devreden sıvı daima sudur. Hidrolik dinamometrelerde frenleme, motor volanına bağlanan bir rotor üzerindeki kanatçıkların, cihazın içine gönderilen suya çarpması sonucunda oluşur. Frenleme sonucunda oluşan moment miktarı saptanarak motorun gücü ölçülür. 2200 kW güce kadar olan motorların gücünü ölçebilir.



Şekil 1.17: Hidrolik dinamometre

Şekil 1.17’de görülen hidrolik dinamometrenin çalışması incelendiğinde düzeneğin, çevresinde cepler bulunan döner diskler, disklerin yartaklandırıldığı keysler, su giriş ve çıkış valfleri ile su miktarını kontrol eden nidil valfler ile ölçümü yapılacak makinenin krankşaftına doğrudan bağlantısının yapılacağı kamalı milden oluştuğu görülür.

Makine çalıştırıldığında krankşaftına direk bağlantısı yapılan kamalı mil (rotor) de dönmeye başlar. Merkezkaç kuvvet etkisiyle keysin çevresine doğru su fırlatarak bir moment oluşturur. Keys üzerinden emilen su freni devir sayısına bağlı olarak artar. Ölçülen değerler efektif gücün bulunmasında kullanılır.

Bu işlemler yapılırken suyun ısınması ve bu yolla oluşacak verim kaybını önlemek için sürekli bir su akımı sağlanarak sabit sıcaklık değerleri elde edilmelidir. Keys üzerindeki nidil valfler bu amaçla kullanılır.

Her silindirin indike beygir gücü ile her silindirin mekanik gücünün farkı bize efektif gücü verir.

Ne_1, Ne_2, Ne_3 ve Ne_4 = Her silindirin indike beygir gücü

Nm_1, Nm_2, Nm_3 ve Nm_4 = Her silindirin mekanik güçleri

$Nef = (Ne_1 + Ne_2 + Ne_3 + Ne_4) - (Nm_1 + Nm_2 + Nm_3 + Nm_4)$

$Nef = Ne - Nm$

Nef = Efektif güç

Ne = İndike güç

Nm = Mekanik güç

➤ Elektrikli dinamometre ile yararlı gücün ölçülmesi ve hesaplanması

Birçok laboratuvarında motor gücünün ölçülmesinde elektrikli dinamometreler kullanılır. Bu cihaz güç ölçümü sırasında motor tarafından döndürülen bir elektrik dinamosu veya jeneratördür. Denemede dinamometrenin ürettiği akım miktarı, dinamometreyi döndüren motorun gücünün ölçülmesini sağlar. Şöyle ki: motor tam yükte çalışırken dinamometrenin ürettiği akımın volt ve amper değerini ölçerek aşağıdaki formüle uyguladığımızda sonucu Watt cinsinden hesaplayabiliriz.

$$N_e = E \cdot I \quad \text{Watt (W)}$$

$$N_{ef} = \text{Yararlı güç} \quad \text{Watt (W)}$$

$$E = \text{Gerilim} \quad \text{Volt (V)}$$

$$I = \text{Akım şiddeti} \quad \text{Amper(A)}$$

ÖRNEK

Gücü ölçülecek bir motor, elektrik dinamosuna bağlanarak tam yükte çalıştırılmaktadır? Bu çalışma sonucunda dinamo 5000 volt ve 10 Amper akım üretmektedir. Motorun yararlı gücü ne kadardır?

Verilenler

$$E = 5000 \text{ volt}$$

$$I = 10 \text{ amper}$$

İstenen

$$N_e = ?$$

Formül

$$N_{ef} = E \cdot I$$

ÇÖZÜM

$$N_e = E \cdot I = 5000 \cdot 10 = 50\,000 \text{ Watt} = 50 \text{ kW}$$

ÖRNEK

Dinamometreye bağlanan 750 kW gücündeki bir test motoru 25 Amper akım üretmektedir. Test gerilimi kaç voltur?

Verilenler

$$N_{ef} = 750 \text{ kW} = 750\,000 \text{ W}$$

$$I = 25 \text{ A}$$

İstenen

$$E = ?$$

Formül

$$N_{ef} = E \cdot I$$

ÇÖZÜM

$$N_{ef} = E \cdot I$$

$$E = N_{ef} / I = 750\,000 / 25 = 30\,000 \text{ V (Volt)}$$

Jenaratör kayıpları

Doğru akım jeneratörlerinin kullanıldığı elektrikli dinamometrelerde jeneratör verimleri de dikkate alınmalıdır. Tam yükte % 93, 3/4 yükte % 92, yarım yükte % 91 kabul edilen jeneratör verimleri kullanılarak fren beygir gücü aşağıdaki formüllerle bulunur.

$$N_{ef} = E \cdot I / 746 \cdot \eta_g \quad (\text{hp})$$

$$N_{ef} = E \cdot I / 1000 \eta_g \quad (\text{kW})$$

$$N_{ef} = \text{Yararlı güç} \quad \text{Watt (W)}$$

$$E = \text{Voltmetrede okunan potansiyel fark (Gerilim)} \quad \text{Volt (V)}$$

$$I = \text{Ampermetrede okunan akım şiddeti} \quad \text{Amper (A)}$$

$$\eta_g = \text{Jenaratör verimi}$$

$$746 = \text{Beygir gücüne çevirme}$$

$$1000 = \text{Kilowatta çevirme}$$

1.5.1.7. Pervane Beygir Gücü

Dizel makinelerin silindirlerinde üretilen indike güç, mekanik kayıplar nedeniyle karank kaplinine yaklaşık %15 - % 25 azalmış olarak iletilir. Fren beygir gücü olarak bilinen bu güç redaksinger üzerinden şaft ve ara şaftlar aracılığı ile pervaneye kadar iletilir. Srast yatakları, jurnal yataklar, tünel yataklar ve stern tüb yataklarında da sürtünme kayıpları vardır. Bu nedenle fren beygir gücü biraz daha azalır. Pervaneye iletilen bu güce **pervane beygir gücü** aradaki kayıplara da **pervane slipi** denir.

Teorik hız, pitç ile birim zamandaki devir sayısına bağlıdır. Pitch pervanenin bir devirde sudaki ilerleme miktarı olarak bilindiğine göre hız devir sayısı ile pitchin çarpımıyla bulunur. Ancak gerçek hız rüzgâr yönü ya da sudaki akıntı ile değişiklik gösterebilir. Böyle durumlarda akıntı veya rüzgâr gemiyi ilerletme yönünde hareket ederse pervane slipi negatifdeğerde de çıkabilir.

$$S_{pr} = T_d - G_d / T_d$$

$$S_{pr} = \text{Pervane slipi}$$

$$T_d = \text{Teorik hız ya da hareket edilen mesafe} \quad (\text{deniz mili})$$

$$G_d = \text{Gerçek hız ya da hareket edilen mesafe} \quad (\text{deniz mili})$$

ÖRNEK

Bir gemi aralarında 2400 deniz mili mesafe bulunan iki liman arasında 8 günde sefer yapmaktadır. Seyir sırasında ana makine 820 000 devir yapmaktadır. Pervane pitchi 6 metre olduğuna göre pervane slipi ne kadardır?

Verilenler	İstenen	Formül
$S = 6 \text{ m}$	$T_d = ?$	$T_d = R_{pr} \cdot S / 1852$
$R_{pv} = 820 \text{ 000 d/dak}$	$S_{pr} = ?$	$S_{pr} = T_d - G_d / T_d$

$$T_d = R_{pr} \cdot S / 1852$$

$$T_d = 820 \text{ 000} \cdot 6 / 1852$$

$$T_d = 2656,59$$

$$S_{pr} = T_d - G_d / T_d$$

$$S_{pr} = 256,59 / 2656,59$$

$$S_{pr} = 2656,59 - 2400 / 2656,59$$

$$S_{pr} = 0,09658 \text{ ya da } S_{pr} = \% 9,658$$

1.5.1.8. Özgül İndike ve Fren Güçleri

➤ Özgül indike güç

Bir dizel makinesinin indike gücünün tüm silindirlerin strok hacmi toplamına bölünmesiyle bulunan güce **özügöl indike güç** denir. İndike gücün toplam silindir hacmine oranı da denilebilir.

$$\begin{aligned} N_{\text{öe}} &= N_e / V_d \cdot i \\ N_e &= P_i \cdot V_d \cdot n \cdot i / 0,456 \cdot z \\ N_{\text{öz}} &= P_i \cdot n / 0,456 \cdot z \quad (\text{hp} / \text{m}^3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\text{öe}} &= \text{Özügöl indike güç} \\ N_e &= \text{İndike güç} \\ V_d &= \text{Silindir hacmi} \\ i &= \text{Silindir sayısı} \\ z &= \text{Zaman} \\ n &= \text{Devir sayısı (rpm)} \\ P_i &= \text{Ortalama basınç (Atm)} \end{aligned}$$

➤ Özügöl fren gücü

Bir dizel makinesinin efektif gücünün (fren beygir gücünün) tüm silindirlerin strok hacmi toplamına bölünmesiyle bulunan güce **özügöl efektif güç ya da özügöl fren gücü** denir. Efektif gücün toplam silindir hacmine oranı da denilebilir.

$$\begin{aligned} N_{\text{öef}} &= N_{\text{ef}} / V_d \cdot i \\ N_{\text{öef}} &= P_{\text{ef}} \cdot n / 0,456 \cdot z \quad (\text{hp} / \text{m}^3) \\ N_{\text{öef}} &= \text{Özügöl efektif güç} \quad (\text{hp} / \text{m}^3) \\ N_{\text{ef}} &= \text{Efektif güç} \quad (\text{hp} / \text{m}^3) \\ V_d &= \text{Silindir hacmi (m}^3) \\ i &= \text{Silindir sayısı} \\ P_{\text{ef}} &= \text{Efektif Ortalama basınç (Atm)} \\ P_i &= \text{İndike ortalama basınç (Atm)} \\ n &= \text{Devir sayısı (rpm)} \\ z &= \text{Zaman} \end{aligned}$$

1.5.1.9. Litre Güçleri

Çoğunlukla makine üreticileri güç/hacim oranı olarak hp/dm³'ü kullanırlar. Özellikle otomotiv sektöründe bu kavram çok önemlidir. Bu güce litre gücü adı verilir.

➤ İndike litre gücü

Bir dizel makinesinde indike gücün tüm silindirlerin litre cinsinden strok hacmine oranına **indike litre gücü** denir.

$$N_{el} = N_e / V_d \cdot i$$
$$N_{el} = P_i \cdot n / 456 \cdot z \quad (\text{hp} / \text{lt})$$

$$N_{el} = \text{İndike litre gücü} \quad (\text{hp} / \text{lt})$$
$$N_e = \text{İndike güç} \quad (\text{hp} / \text{lt})$$
$$V_d = \text{Dm}^3 \text{ cinsinden silindir hacmi}$$
$$i = \text{Silindir sayısı}$$
$$n = \text{Devir sayısı (rpm)}$$
$$z = \text{Zaman}$$
$$P_i = \text{İndike Ortalama basınç} \quad (\text{Atm})$$

➤ **Fren litre gücü**

Bir dizel makinesinde efektif gücün ya da fren beygir gücünün tüm silindirlerin litre cinsinden strok hacmine oranına **efektif litre gücü** ya da **fren litre gücü** denir.

$$N_{efl} = N_{ef} / V_d \cdot i$$
$$N_{efl} = P_{ef} \cdot n / 456 \cdot z \quad (\text{hp/lt})$$
$$N_{efl} = \text{Efektif litre gücü} \quad (\text{hp/lt})$$
$$V_d = \text{Dm}^3 \text{ cinsinden silindir hacmi}$$
$$P_{ef} = \text{Efektif ortalama basınç} \quad (\text{Atm})$$
$$i = \text{Silindir sayısı}$$
$$n = \text{Devir sayısı (dev/dak) (rpm)}$$
$$z = \text{Zaman}$$
$$P_i = \text{İndike Ortalama basınç} \quad (\text{Atm})$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilerden yararlanarak makinenin güç hesabını yapıp karşılaştırınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Dakikada 500 devirle çalışan, 1000 mm çaplı, 1200 mm kurslu, 4 zamanlı, 4 silindirli bir dizel motorunun ortalama iç basıncı 8 bar olduğuna göre iç gücü ne kadardır?	➤ İndike gücü bulmak için verilenleri, istenenleri ve formülü yazınız.
➤ Gücü ölçülecek bir motor, elektrik dinamosuna bağlanarak tam yükte çalıştırılmaktadır? Bu çalışma sonucunda dinamo 3000 volt ve 15 amper akım üretmektedir. Motorun yararlı gücü ne kadardır?	➤ Faydalı gücü bulmak için verilenleri, istenenleri ve formülü yazınız.
➤ Dakikada 2000 devirle çalışan bir motor proni freninde denenmektedir. Proni freninin kol uzunluğu 1,40 m, baskülde okunan yük 500 N olduğuna göre motorun yararlı gücü ne kadardır?	➤ Proni frenini testinin yapılışını bir kez daha anımsayın.
➤ 2 zamanlı pratik dizel motor çevrimi ile 4 zamanlı pratik dizel motor çevrimini karşılaştırıp rapor ediniz.	➤ Her iki motorun çevrimlerini gözden geçirmelisiniz.
➤ Dizel motorlarının çevreye olan etkileri nelerdir? Çevre kirliliğini önlemek için gemi ve gemiadamlarının almaları gereken önlemler nelerdir?	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi dizel motorların kullanıldığı alanlardan değildir?
 - A) Kara yolu taşımacılığı- kamyon, otobüs, traktör ve yol makineleri
 - B) Demir yolu taşımacılığı - lokomotifler
 - C) Deniz yolu taşımacılığı - gemiler
 - D) Sabit tesisler - jeneratör, su pompaları, maden işleri vb.
 - E) Hava yolu taşımacılığı - uçaklar
2. Aşağıdakilerden hangisi dizel motorların benzinli motorlara göre üstün olan yönlerindedir?
 - A) Ağır olması
 - B) İlk alış fiyatlarının yüksek olması
 - C) Gürültülü ve sesli çalışması
 - D) Yakıt tüketimlerinin az olması
 - E) Çok yer kaplaması
3. Dizel motorlarla ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?
 - A) Dizel motorların ısı verimi, benzinli motorların ısı veriminden daha düşüktür.
 - B) Motorin kullanımında yangın tehlikesi, benzin kullanımındaki yangın tehlikesinden daha düşüktür.
 - C) Dizel motorlarının yakıt sistemi çok hassastır ve dikkatli bakım ister.
 - D) Dizel motorlarının ekzoz gazları, benzinli motorların ekzoz gazlarına göre daha temizdir.
 - E) Dizel motorlar çevrecidir.
4. Ana makine ile pervanenin bağlantısı yönünden, aşağıdakilerden hangisinde ana makine devri ile pervane devri aynıdır?
 - A) Doğrudan bağlama
 - B) Devir düşürücülü bağlama
 - C) Dikey şaftlı, devir düşürücülü bağlama
 - D) Dizel-jeneratör sistemi
 - E) Redakşingerli bağlama
5. Ana makine ile pervanenin bağlantısı yönünden, aşağıdakilerden hangisinde ana makine gücü pervaneyi döndürmek için kullanılmaz?
 - A) Redakşingerli bağlama
 - B) Devir düşürücülü bağlama
 - C) Dikey şaftlı, devir düşürücülü bağlama
 - D) Dizel-jeneratör sistemi
 - E) Doğrudan bağlama

6. İki zamanlı dizel motor çevrimi krank şaftın kaç derecelik dönüşünde tamamlanır?
A) 360
B) 540
C) 720
D) 900
E) 180
7. İki zamanlı dizel motorlarda piston üst ölü noktadan alt ölü noktaya inerken hangi zamanlar oluşur?
A) Emme ve sıkıştırma
B) Sıkıştırma ve iş (genişleme)
C) İş (genişleme) ve egzoz
D) Egzoz ve emme
E) Emme ve iş
8. Dizel motorlarda yanma nasıl oluşur?
A) Sıkıştırılan yakıt ve hava karışımının buji ile ateşlenmesiyle oluşur.
B) Sıkıştırılan hava üzerine yakıt püskürtülmesiyle kendiliğinden oluşur.
C) Sıkıştırılan yakıt üzerine hava püskürtülmesiyle oluşur.
D) Sıkıştırılan havanın buji ile ateşlenmesiyle oluşur.
E) Benzin yakıt karışımının kendiliğinden tutuşmasıyla oluşur.
9. İki zamanlı dizel motorlarda süpürmenin tanımı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Emme işlemi sırasında hava pompasının atmosferden hava emmesidir.
B) Sıkıştırma işlemi sırasında pistonun silindir içindeki havayı sıkıştırmasıdır.
C) İş (genişleme) işlemi sırasında basınçlı gazların pistonu itmesidir.
D) Egzoz işlemi sırasında açılan hava portlarından silindir içine giren havanın, egzoz gazlarını sıkıştırarak egzoz portundan dışarıya atmasıdır.
E) Emme işlemi sırasında hava pompasının atmosfere hava basmasıdır.
10. İki zamanlı dizel motorlarda, aşağıdaki süpürme yöntemlerinden hangisinde mutlaka egzoz valfi bulunur?
A) Dönüş akımlı süpürme
B) Deflektörlü dönüş akımlı süpürme
C) Karşıt pistonlu doğru akımlı süpürme
D) Tek pistonlu doğru akımlı süpürme
E) Beş pistonlu doğru akımlı süpürme
11. Dört zamanlı dizel motorlarda bir çevrim, krank şaftın kaç devrinde oluşur?
A) 1/2
B) 1
C) 3/2
D) 2
E) 4

12. Dört zamanlı dizel motorlarda emme zamanında silindir içine hangi dolgu maddesi alınır?
- A) Hava
 - B) Benzin hava karışımı
 - C) Motorin hava karışımı
 - D) Motorin
 - E) Mazot
13. Dört zamanlı dizel motorlarda sıkıştırma sonu sıcaklığı yaklaşık kaç ° C'tir?
- A) 90-100 ° C
 - B) 250-300 ° C
 - C) 450-650 ° C
 - D) 1500-2000 ° C
 - E) 2500 - 300 ° C
14. Dört zamanlı dizel motorlarda yanma sonu basıncı yaklaşık kaç bardır?
- A) 3-5 bar
 - B) 10-12 bar
 - C) 20-30 bar
 - D) 40-80 bar
 - E) 5 - 15 bar
15. Dört zamanlı dizel motorlarda emme zamanında görülen durum aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Emme valfi açık, egzoz valfi kapalıdır.
 - B) Emme ve egzoz valfi ikisi birden açıktır.
 - C) Emme ve egzoz valfi ikisi birden kapalıdır.
 - D) Emme valfi kapalı, egzoz valfi açıktır.
 - E) Sente durumundadır.
16. İndikatör diyagramı aşağıdakilerden hangisini gösterir?
- A) Silindir içindeki sıcaklık değişimini gösterir.
 - B) Silindir içindeki hacim değişimini gösterir.
 - C) Silindir içindeki hacim ve basınç değişimini gösterir.
 - D) Silindir içine giren havanın miktarını gösterir.
 - E) Motor devir sayısını gösterir.
17. İndikatör aletinden yararlanarak aşağıdakilerden hangisi belirlenemez?
- A) Valfların açılıp kapanma durumları belirlenemez.
 - B) Püskürtmenin zamanında yapılıp yapılmadığı belirlenemez.
 - C) Sıkıştırma sonu basınç değerleri belirlenemez.
 - D) Egzoz gazlarının sıcaklığı belirlenemez.
 - E) Yanma sonu basınç değerleri belirlenemez.

18. Yakıtın yanması ile açığa çıkan ısı enerjisinin mekanik enerjiye dönüşmesinin ilk aşaması silindir içinde gerçekleşir. Silindir içinde oluşan bu güce ne ad verilir?
- A) Gerçek güç
 - B) Silindir gücü
 - C) İndike güç
 - D) Faydalı güç
 - E) Motor gücü
19. İndike güç birimi nedir?
- A) Volt
 - B) Paskal
 - C) Watt
 - D) Amper
 - E) Newton
20. Motor gücünü ölçmek için kullanılan cihaza ne ad verilir?
- A) Dinamometre
 - B) Salinometre
 - C) Plüviyometre
 - D) Anemometre
 - E) Viskozimetre

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

ÖĞRENME KAZANIMI

- Dizel makinelerde verim hesaplamaları yaparak, makine verimini etkileyen sebepleri tespit edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu öğrenme faaliyeti sonunda gemi dizel motorlarının verim hesaplamalarını yapabileceksiniz. Bu nedenle konuyu daha iyi kavramanız için ön hazırlık yapmak amacıyla; okul kütüphanenizden, modül kitabınızdan yararlanarak veya internet ortamını kullanarak;

- Dizel motorlarında verimin ne anlama geldiğini,
- Dizel motorlarında verim çeşitlerini araştırınız.
- Gemide sorumluluk bilinci (gemiye, üst ve astlarına karşı sorumluluğu) konusuna yönelik tutum ve davranışları ön plana çıkaran grup etkinliklerine yer verilmelidir.

Araştırmalarınızı bir doküman hâlinde getirerek arkadaşlarınızla paylaşınız.

2. GEMİ DİZEL MOTORLARINDA VERİM

2.1. Gemi Dizel Motorlarında Verimin Hesaplanması

Verim elde edilen sonuç ile bu sonucu elde etmek için harcanan **çaba** arasındaki oranı belirtir. Başka bir deyişle motordan alınan gücün, verilen güce oranının yüzde olarak belirtilmesidir. Verim daima % 100'den azdır. Çünkü silindir içinde yakılan yakıtın ısı enerjisinin çoğu yanmadan sonra yitirilir.

Başlıca motor verimleri şunlardır:

- Mekanik verim
- Termik verim
- Hacimsel verim

2.1.1. Mekanik Verim

Yararlı gücün, iç güce oranıdır. **Formülü:** $\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$, **dir.**

η_m = Mekanik verim

N_e = Efektif (faydalı güç)

N_i = İndike (iç) güç

Mekanik verim, piston üzerinden elde edilen gücün krank şaft ucundan alınıncaya kadar kaybını gösterir. Bu kayba neden, motorun hareketli ve hareketsiz parçaları arasındaki sürtünme ile valf hareket sistemi, su, yağ, yakıt ve hava pompaları ve/veya aşırı doldurma sistemlerine harcanan güç kayıplarıdır.

Mekanik verim motorun kullanımı ile doğrudan ilgilidir. Örneğin, motorun bakımı, yağlama durumu, yükü ve soğutma suyunun sıcaklığı mekanik verime etki eder.

ÖRNEK

Belirli bir devirde 70 kW güç üreten bir motor, yakıtsız olarak aynı devirde döndürülmek istendiğinde 30 kW güce gerek duyulmaktadır. Bu motorun mekanik verimi ne kadardır?

Verilenler

$$N_e = 70 \text{ kW}$$

$$N_s = 30 \text{ kW (Sürtünme kaybı)}$$

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$$

İstenen

$$N_i = ?$$

$$\eta_m = ?$$

Formül

$$N_i = N_e + N_s$$

ÇÖZÜM

$$N_i = 70 + 30 = 100 \text{ kW}$$

$$\eta_m = \frac{70}{100} = 0,70 = \% 70 \text{ olur.}$$

2.1.2. Termik Verim

Yakıtın yanması ile oluşan ısı enerjisine karşılık motorun bu enerjiyi yararlı işe dönüştürme oranıdır. Yanma sonunda oluşan ısı enerjisinin büyük bir kısmı soğutma ve yağlama sistemi ile egzoz gazları tarafından motordan uzaklaştırılır. Bu nedenle ancak geriye kalan ısı motorda güce dönüşebilir.

Silindirde yanan yakıtın oluşturduğu ısı enerjisini 100 kabul edersek **bir dizel motorunun ısı dağılımı şöyledir:**

Yararlı güç	37
Soğutma suyu kaybı	27
Egzoz gazları kaybı	28
Sürtünmelerle kaybolan	8

Termik verimin formülü:

$$\eta_t = \frac{N_e * 3600}{B * H_u} \text{ dur.}$$

$$N_e = \text{Yararlı güç (kW)}$$

$$3600 = 1 \text{ kWh' in ısı eş değeri (kJ)}$$

$$B = \text{Motorun bir saatte harcadığı yakıt miktarı (kg)}$$

$$H_u = \text{Yakıtın yanma ısısı (kJ/kg)}$$

ÖRNEK

Bir motor bir saat süre ile 30 kW güç verecek şekilde çalıştığı zaman 7 kg motorin harcamaktadır. Motorinin yanma ısısı 41800 kJ/kg olduğuna göre bu motorun termik verimi ne kadardır?

Verilenler

$N_e = 30 \text{ kW}$
 $B = 7 \text{ kg}$
 $H_u = 41800 \text{ kJ/kg}$

İstenen

$\eta_t = ?$

Formül

$$\eta_t = \frac{N_e * 3600}{B * H_u}$$

ÇÖZÜM

$$\eta_t = \frac{N_e * 3600}{B * H_u} = \frac{30 * 3600}{7 * 41800} = \frac{108000}{292600} = 0,369 = \% 36,9$$

2.1.3. Hacimsel Verim

Aşırı doldurması olmayan bir motorda, emme zamanında silindire alınan havanın gerçek hacminin, pistonun silindirde boşalttığı hacme oranı hacimsel verimi verir.

$$\eta_v = V_s / V_p$$

η_v = Hacimsel verim

V_s = Silindire alınan havanın gerçek hacmi

V_p = Pistonun silindirde boşalttığı hacim

Doğal emişli, dört zamanlı ve ortalama devirle çalışan motorların hacimsel verimi % 80 civarındadır. Motor devri yükseldikçe valfların açık kalma zamanı kısılacığından bu verim % 50'ye düşer.

ÖRNEK

Aşırı doldurması olmayan iki zamanlı dizel bir gemi makinesinin, emme zamanında silindire alınan havanın gerçek hacmi 8900 cm³tür, pistonun silindirde boşalttığı hacim 11125 cm³ olduğuna göre hacimsel verimi ne kadardır?

Verilenler

$V_s = 8900 \text{ cm}^3$
 $V_p = 11125 \text{ cm}^3$

İstenen

$\eta_v = ?$

Formül

$$\eta_v = V_s / V_p$$

ÇÖZÜM

$$\eta_v = V_s / V_p = 8900 / 11125 = 0.80 = \% 80$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda değerleri verilen makinelerin verim hesaplamalarını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Bir motor bir saat süre ile 300 kW güç verecek şekilde çalıştığı zaman 70 kg motorin harcamaktadır. Motorinin yanma ısısı 41800 kJ/kg olduğuna göre bu motorun termik verimi ne kadardır?</p>	<p>➤ Verileri modül kitabındaki gibi sıralamalısınız.</p>
<p>➤ Dakikada 580 devirde çalışan bir dizel makine 75 kW güç üretmektedir, yakıtsız olarak aynı devirde döndürülmek istendiğinde 33 Kw güce gerek duyulmaktadır. Bu motorun mekanik verimi ne kadardır?</p>	<p>➤ İstenenleri ayrıca tespit etmelisiniz.</p>
<p>➤ Termik verimi % 36 olan bir gemi makinesinin 2500 devir / dakikada 5400 Kw güç ürettiği bilinmektedir. 1255 kg yakıt harcayan bu makinede kullanılan yakıtın ısıl değerini bulunuz.</p>	<p>➤ Gereksiz verileri ayıklamalısınız.</p>
<p>➤ Bir gemi makinesi % 37 termik verimle bir saat sürede 3000 kW güç üretmektedir. Motorinin yanma ısısı 41800 kJ/kg olduğuna göre bu makine günde kaç kg motorin harcamaktadır?</p>	<p>➤ Formülleri dikkatli kullanmalısınız.</p>
<p>➤ Aşırı doldurması olmayan iki zamanlı dizel bir gemi makinesinin, emme zamanında silindire alınan havanın gerçek hacmi 1800 cm³ tür, pistonun silindirde boşalttığı hacim 1400 cm³ olduğuna göre volumetrik verimi ne kadardır?</p>	<p>➤ Hacimsel verim volumetrik verimle aynı anlamda kullanılır.</p>
<p>➤ Yakıt ve ısının çevreye etkileri nelerdir?</p>	<p>➤ Çevre kirliliği ve küresel ısınma ile ilgili yayınlara bakabilirsiniz.</p>

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

- Aşağıdakilerden hangisi ısı veriminin tanımıdır?
 - Yakıtın yanması sonucunda açığa çıkan ısı enerjisinin yararlı işe dönüşme oranıdır.
 - Egzoz gazları ile dışarı atılan ısı enerjisinin yararlı işe oranıdır.
 - Soğutma suyunun ısıtılmasına harcanan ısı enerjisinin yararlı işe oranıdır.
 - Yağlama yağının ısıtılmasına harcanan ısı enerjisinin yararlı işe oranıdır.
 - Makine dairesinde yapılan çalışmaların verimidir.
- “Aşırı doldurması olmayan bir motorda, emme zamanında silindire alınan havanın, pistonun silindir içinde boşalttığı hacme oranıdır.” ifadesi aşağıdakilerden hangisinin tanımıdır?
 - Isı verimi
 - Sıkıştırma verimi
 - Efektif (yararlı) güç
 - Hacimsel verim
 - Mekanik verim
- Termik verim aşağıdakilerden hangisinin tanımıdır?
 - Isı verimi
 - Mekanik verim
 - Efektif (yararlı) güç
 - Hacimsel verim
 - Volumetrik verim
- Aşağıdakilerden hangisi mekanik verime etki eden faktörlerden değildir?
 - Soğutma suyunun sıcaklığı
 - Yağlama durumu
 - Motorun yükü
 - Motorun bakımı
 - Motorun silindir hacmi
- Motorinin yanma ısısı ne kadardır?
 - 4000 kJ/kg
 - 4180 kJ/kg
 - 41800 kJ/kg
 - 40 kJ/kg
 - 400 000 kJ/kg
- Bir motor, bir saat süre ile 310 kW güç verecek şekilde çalıştığı zaman 700 kg motorin harcamaktadır. Bu motorun termik verimi ne kadardır?
 - % 44
 - % 74
 - % 174
 - % 37
 - % 17

7. Bir gemi makinesi, bir saat süre ile 3000 kW güç verecek şekilde çalıştığı zaman 700 kg motorin harcamaktadır. Motorinin yanma ısı 41800 kJ/kg olduğuna göre bu motorun termik verimi ne kadardır?
- A) % 24
B) % 74
C) % 117
D) % 3
E) % 38
8. Silindirde yanan yakıtın oluşturduğu ısı enerjisini 100 kabul edersek bir dizel motorunun soğutma suyunun ısı kaybı ne kadardır?
- A) 27
B) 17
C) 8
D) 18
E) 38
9. Bir dizel motorun silindirde yanan yakıtının oluşturduğu ısı enerjisinin yüzde kaç egzoz gazları yolu ile ısı kaybı olarak atılır?
- A) % 28
B) % 8
C) % 38
D) % 18
E) % 48
10. Belirli bir devirde 700 kW güç üreten bir motor, yakıtsız olarak aynı devirde döndürülmek istendiğinde 300 kW güce gerek duyulmaktadır. Bu motorun mekanik verimi ne kadardır?
- A) % 15
B) % 70
C) % 20
D) % 30
E) % 80

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

ÖĞRENME KAZANIMI

Dizel makinelerin ideal yakıt sarfiyatlarını hesaplayarak yakıt tüketimini artıran sebepleri tespit edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu öğrenme faaliyeti sonunda gemi dizel motorlarının yakıt sarfiyatı hesaplamalarını yapabileceksiniz. Ön hazırlık amacıyla;

- Dizel motorlarında yakıt sarfiyatının ne anlama geldiğini,
- Dizel motorlarında yakıt sarfiyatının önemini araştırınız.
- Gemide sorumluluk bilinci (gemiye, üst ve astlarına karşı sorumluluğu) konusuna yönelik tutum ve davranışları ön plana çıkaran grup etkinliklerine yer verilmelidir.

Araştırmalarınızı bir doküman hâlinde getirerek arkadaşlarınızla paylaşınız.

3. GEMİ DİZEL MAKİNELERİNDE YAKIT SARFİYATI

3.1. Dizel Motorlarda Yanma

İçten yanmalı motorlar yakıtın bünyesinde bulunan potansiyel kimyasal enerjiyi ısı enerjisine, ısı enerjisini de mekanik enerjiye dönüştüren motorlardır. Bu dönüşüm yanma ile başlar. Yanmayı yakıtın oksijenle birleşerek ısı ve ışık oluşturması diye tanımlamak mümkündür. **Yanma**; yakıtın bünyesinde bulunan (C) karbon ile (H) hidrojenin (O) oksijen ile kimyasal bir tepkime sonucu birleşmesidir. Yanma için yakıt ve oksijen yanında üçüncü bir elemana gereksinim vardır. O da ortam sıcaklığıdır. Yakıt ve oksijenin bir arada olmasına rağmen ortam sıcaklığı düşük ise yanma gerçekleşmez.

Yanma için gerekli olan oksijen havadan sağlanır. Bilindiği gibi hava içinde %21 oranında oksijen, % 78 oranında azot, % 1 oranında ise diğer gazlar ve toz bulunur. Yanma olayına hava içinde bulunan azot (nitrojen (N)) karışmaz. Egzozdan azot olarak çıkar.

İki çeşit yanma vardır:

- Yavaş yanma
- Hızlı yanma

3.1.1. Yavaş Yanma

Adından da anlaşılacağı gibi bir maddenin uzun zaman birimi içinde yavaş yavaş oksitlenmesidir. Demirin paslanmasını buna örnek gösterebiliriz.

3.1.2. Hızlı Yanma

Hızlı yanmada yakıt, yüksek sıcaklık ve basınç etkisi ile bileşenleri olan hidrojen ve karbona ayrışır ve her ikisi de ayrı ayrı oksijenle birleşerek su buharı (H₂O) ve karbondioksit (CO₂) oluşturur.

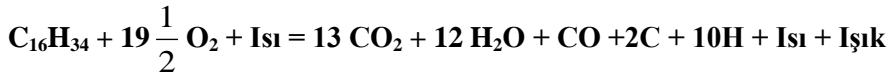
3.1.3. Yanma Denklemi

Yakıt + Oksijen + Isı = Karbondioksit + Su + Oksijen + Isı + Işık



Yakıtların yanmasını oksijenle birleşme durumuna göre, tam yanma ve eksik yanma olarak iki şekilde tanımlayabiliriz.

- **Tam yanma:** Yakıtın tamamının oksijen bulup yanabilmesidir. Yanma sonunda çıkan gaz karbondioksittir (CO₂). Bu gaz renksiz, kokusuzdur ve zehirleyici değildir. Örneğin, (C₁₆H₃₄) ile ifade edilen yakıtta gerekli oksijen miktarı $24 \frac{1}{2}$ O₂'dir. Bu miktar oksijenle birleşen yakıt tamamen yanar.
- **Eksik yanma:** Yakıtın tamamının oksijen bulup yanamamasıdır. Yanma sonucunda hidrojen, karbon ve zehirli, siyah renkli bir gaz olan karbonmonoksit (CO) oluşur. **Örneğin;**



Yakıttan tam enerji alabilmek için yakıtın tamamının yanması gerekir. Bunun için de yeterli miktarda oksijene gerek vardır. Dizel motorlarda karışım doğrudan doğruya silindir içinde olduğu için hava ile yakıtın karışması tamamlanmadan yanma başlar. Dolayısıyla bir miktar yakıt oksijen bulamadan yanma sonuçlanır. Bu durumda ise egzozda yanmamış gazlar görülür. Bu nedenle yakıtın tamamen yanabilmesi için silindire, teorik olarak yetecek havadan daha fazla hava gönderilir. Silindire gönderilen hava ile teorik hava miktarı arasındaki orana **hava fazlalık katsayısı** denir.

Dizel motorlarda yanma; silindir içindeki kızgın hava üzerine enjektörden yakıt püskürtüldükten sonra aşağıdaki dört evrede oluşur.

- Tutuşma gecikmesi
- Kontrolsüz (hızlı) yanma

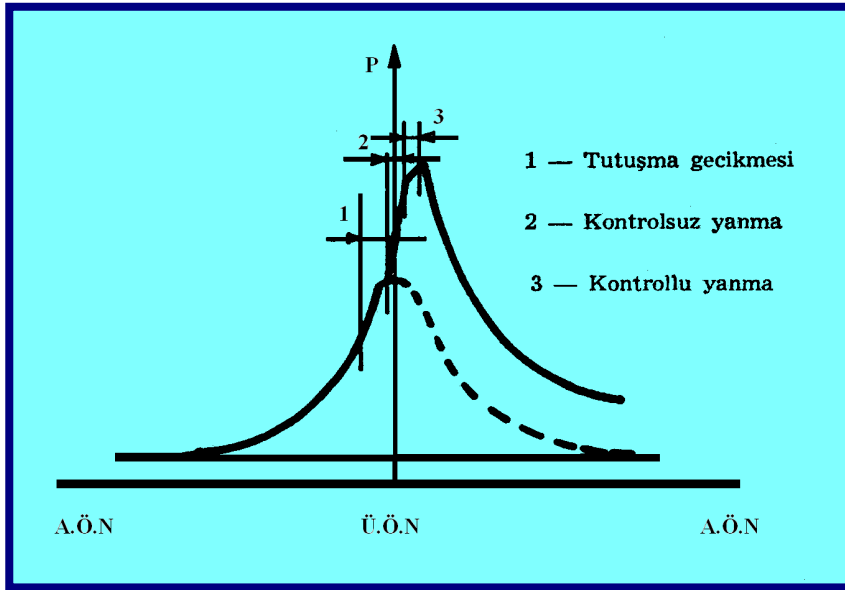
- Kontrollü yanma
- Gecikmiş yanma

3.1.4. Tutuşma Gecikmesi

Sıkıştırma sonuna doğru silindire püskürtülen yakıt zerrelere hemen tutuşmaz. Yakıt zerrelere tutuşabilmesi için önce oksijenle karışması ve tutuşma sıcaklığına erişmesi gerekir. Bu nedenle belirli bir zamana gerek vardır. Bu zaman **tutuşma gecikmesi** denir. Tutuşma gecikmesini; enjektörün silindire yakıtı püskürtmeye başladığı andan, ilk alev çekirdeğinin oluştuğu ana kadar geçen zaman olarak ifade etmek mümkündür. Şekil 3.1’deki diyagramda bir numaralı bölge tutuşma gecikmesini göstermektedir.

Tutuşma gecikmesi motorun vuruntulu ve sesli çalışmasına neden olur. Tutuşma gecikmesini ortadan kaldırmak olanaksızdır. Ancak azaltmak mümkündür. Aşağıda açıklanan etkenler bu sürenin uzamasına veya kışalmasına neden olur.

- **Sıkıştırma sonu sıcaklığı:** Sıkıştırma sonu sıcaklığının değeri, emme havası soğutma suyu sıcaklığı ile değişir. Havanın ve soğutma suyunun sıcaklığı artarsa tutuşma gecikmesi azalır.
- **Sıkıştırma sonu basıncı:** Sıkıştırma oranı artırılırsa ve silindire basınçlı hava gönderilirse, sıkıştırma sonu basıncı ve buna bağlı olarak sıcaklığı artar ve tutuşma gecikmesi azalır.



Şekil 3.1: Dizel motorlarda yanma diyagramı

- **Yakıtın kimyasal yapısı:** Dizel yakıtının kimyasal yapısının tutuşma gecikmesine etki eden en önemli faktörü, yakıtın setan sayısı veya dizel indeksidir. Yakıtın setan sayısı veya dizel indeksi yükseldikçe tutuşma gecikmesi azalır.

- **Setan sayısı:** Dizel motorunun yanma gecikme süresinin belli bir seviyede olmasını yani yakıtın kendi kendine tutuşabilme kabiliyetini gösteren ölçüye **setan sayısı** denir.
- **Dizel indeks:** Dizel yakıtının setan sayısının ölçülmesi pratik bir iş olmadığı için bunun yerine aynı kavramı ifade eden ve **dizel indeks** adı verilen bir sayı kullanılmaktadır.
- **Yakıtın atomize edilmesi:** Yanma odasına püskürtülen yakıt zerrecikleri ne kadar küçük olursa hava ile karışarak ısınması ve tutuşması o kadar kolay olur. Bu zerreciklerin büyüklüğüne de yakıtın viskozitesi, püskürtme basıncı ve enjektör deliklerinin çapı etki eder.
- **Sıkıştırılan hava oluşan türbülans (sarmal hareket):** Türbülans adı verilen, sıkıştırılan hava içindeki akımlar, yakıt zerreciklerini yanma odasına dağıtır. Dağılan yakıt zerrecikleri daha kolay ısınarak daha çabuk tutuşur. Böylece tutuşma gecikmesi azalır. Türbülans, silindire giren havayı yönlendirerek pistonu ve yanma odasına özel şekiller verilerek sağlanır. Türbülans, aynı zamanda motor devrinin artması ile de artar. Aşağıda motor devir sayısının tutuşma gecikmesine etkisi tablo olarak gösterilmiştir.

<i>Motor Devir Sayısı (dev/dakika)</i>	<i>500</i>	<i>750</i>	<i>1000</i>	<i>1250</i>	<i>1500</i>	<i>1750</i>	<i>2000</i>
<i>Tutuşma Gecikmesi (saniye)</i>	0,0037	0,0032	0,0024	0,0015	0,0015	0,0011	0,0009

Tablo 3.1: Tutuşma gecikmesi

3.1.5. Kontrolsüz (Hızlı) Yanma

Tutuşma gecikmesi süresi içinde silindire püskürtülen ve burada biriken yakıt ısınır, havayla karışır ve bir dereceye kadar buharlaşır. İlk alev çekirdeği oluştuğu anda yakıtın tamamı yanmaya başlar ve hızla yanar.

Bunun sonucunda silindir içinde ani basınç yükselmesi görülür. Bu durum şekil 3.1’deki 2. bölgede görülmektedir. Ani basınç yükselmesi ise motor parçaları arasındaki boşlukların birden alınmasını doğuracağından motor vuruntulu, sert ve sarsıntılı çalışır. Bu vuruntuya **dizel vuruntusu** denir. Dizel vuruntusunun azaltılabilmesi için tutuşma gecikmesi süresinin kısaltılması ve yakıtın başlangıçta püskürtme miktarının düşürülmesi gerekir.

3.1.6. Kontrollü Yanma

Kontrolsüz yanma sona erdiğinde silindir içindeki basınç ve sıcaklık, enjektörden püskürtülen yakıtı doğrudan doğruya yakabilecek değere ulaşır ve püskürtülmeye devam

edilen yakıt, hiçbir gecikme olmadan silindire girdikçe yanar. Basınç en yüksek noktaya bu evrenin sonunda ulaşır. Geri kalan püskürtme ve yanma esnasında basınç sabit kalır (Şekil 3.1' de 3 numaralı bölge). Yanmanın bu evresi püskürtme sisteminin kontrolü altındadır.

3.1.7. Gecikmiş Yanma

Yakıtın silindire püskürtülmesi bitmiş ve genişleme (iş) zamanı başlamıştır. Daha önce püskürtülen ve yanma olanağı bulamayan yakıt, genişleme zamanında oksijen buldukça yanar.

3.2. Dizel Motorlarda Yanma Odaları

İçten yanmalı motorlarda piston sıkıştırma zamanı sonunda Ü.Ö.N'dayken üzerinde kalan hacme yanma odası hacmi demiştik. Yanma bir anda oluşmadığı için yanma odası tabiri daha geniş bir hacmi belirtir. Yanma odasını yanmanın olduğu yer olarak tanımlayabiliriz. Bir başka deyişle yanma süresince piston, silindir ve kaver (silindir kapağı) arasında kalan hacim yanma odasıdır.

Yanmanın iyi olabilmesi için silindir içine püskürtülen yakıtın çok küçük zerrelere ayrılması ve yanma odasında sıkıştırılan hava ile çok iyi karışabilmesi gerekir. Yakıtın hava ile karışmasında yanma odasının şekli çok belirleyicidir. Yanma odaları, yakıt ile havayı çok iyi karıştırabilmek için havaya bir türbülans sağlar.

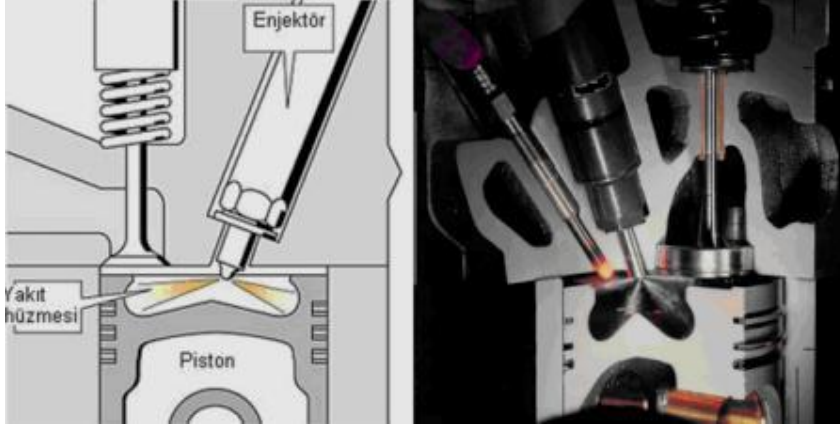
Üretici firmalar yanma odalarını değişik şekillerde denemiş ve motorlara uygulamışlardır.

Bunlar:

- Direkt püskürtmeli yanma odaları
- Bölünmüş yanma odaları
 - Ön yanma odalı yanma odaları
 - Türbülans odalı yanma odaları
 - Enerji hazneli yanma odaları
 - Hava hazneli yanma odaları

3.2.1. Direkt Püskürtmeli Yanma Odaları

Yanma odalarının en basit şeklidir. Yanma odası, düz kaver (silindir kapağı) ile üstü kavisli olan bir piston arasındadır. Enjektör yakıtı doğrudan doğruya piston üzerine püskürtür.



Şekil 3.2: Direkt püskürtmeli yanma odaları

Şekil 3,2’de direkt püskürtmeli yanma odası görülmektedir. Direkt püskürtmeli yanma odalarında yakıtın tutuşabilmesi için 14/1’lik bir sıkıştırma oranı yeterlidir. Ancak hava ile karışması zor olduğundan yakıtın silindire yüksek basınç altında püskürtülmesi gerekir (150-300 bar). Bu tip yanma odaları ile birlikte memesi çok delikli enjektörler kullanılır. Yakıt tüketimi az olmasına karşın, motor sert ve vuruntulu çalışır. Ağır devirli dizel motorlarının tümünde ve yüksek devirli iki zamanlı motorların hemen hepsinde bu tür yanma odaları kullanılır. Dört zamanlı yüksek devirli motorlarda da sık rastlanan bir yanma odası türüdür.

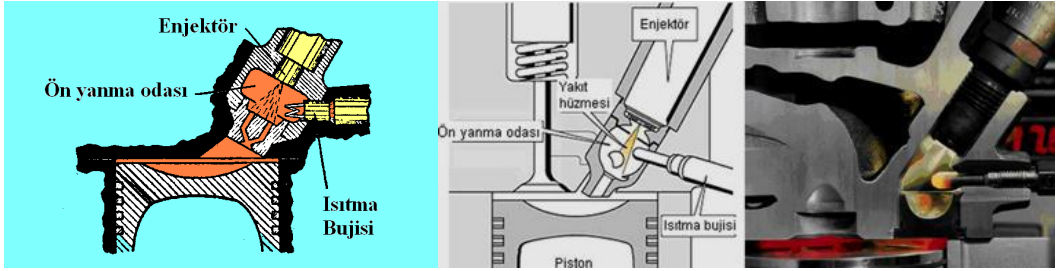
3.2.2. Bölünmüş Yanma Odaları

Direkt püskürtmeli yanma odalarının en büyük sakıncası yakıtın püskürtme basıncının yüksek olması zorunluluğudur. Bunun önüne geçmek ve yanmanın daha düzgün olmasını sağlamak için yardımcı yanma odaları kullanılmaktadır.

3.2.2.1. Ön Yanma Odalı Yanma Odaları

Bu sistemde esas yanma odasından başka, kaverde (silindir kapağı) küçük bir odacık vardır. Bu odacığa **ön yanma odası** denir. Ön yanma odası ana yanma odasına bir kanalla birleştirilmiştir. Şekil 3.3’ te ön yanma odalı yanma odası görülmektedir. Piston tarafından sıkıştırılan hava bu odacık içerisinde bir akım oluşturur. Yakıt enjektörden 80-125 bar basınçla ön yanma odasına püskürtülür. Yanma, önce ön yanma odasında başlar. Alevin dar kanallardan ana yanma odasına geçmesi ile burada devam eder.

Ön yanma odalı motorlarda sıkıştırma oranının çok yüksek olması (18/1-22/1) gerekir. Silindire sıkıştırılan hava ön yanma odasına girinceye kadar temas ettiği yüzeylerde ısı kaybeder. Bunu karşılamak ve ilk hareketi kolaylaştırmak için aynı zamanda ısıtma bujileri de kullanılır. Ön yanma odalı motorların çalışması yumuşak ancak yakıt tüketimi fazladır.

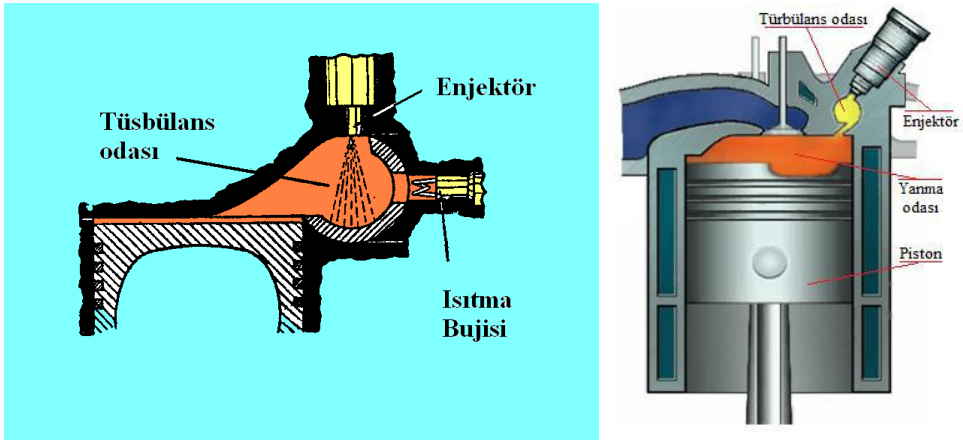


Şekil 3.3: Ön yanma odalı yanma odası

3.2.2.2. Türbülans Odalı Yanma Odaları

Bu tip yanma odaları ilk anda ön yanma odalı yanma odalarına benzetilebilir. Ancak çalışma ilkeleri farklıdır.

Türbülans odalı yanma odaları küre şeklinde bir ilave yanma odası taşır. Bu ilave yanma odası pistonla, kavere veya motor bloğuna yerleştirilmiştir. Şekil 3.4'te türbülans odalı bir yanma odası görülmektedir.



Şekil 3.4: Türbülans odalı yanma odası

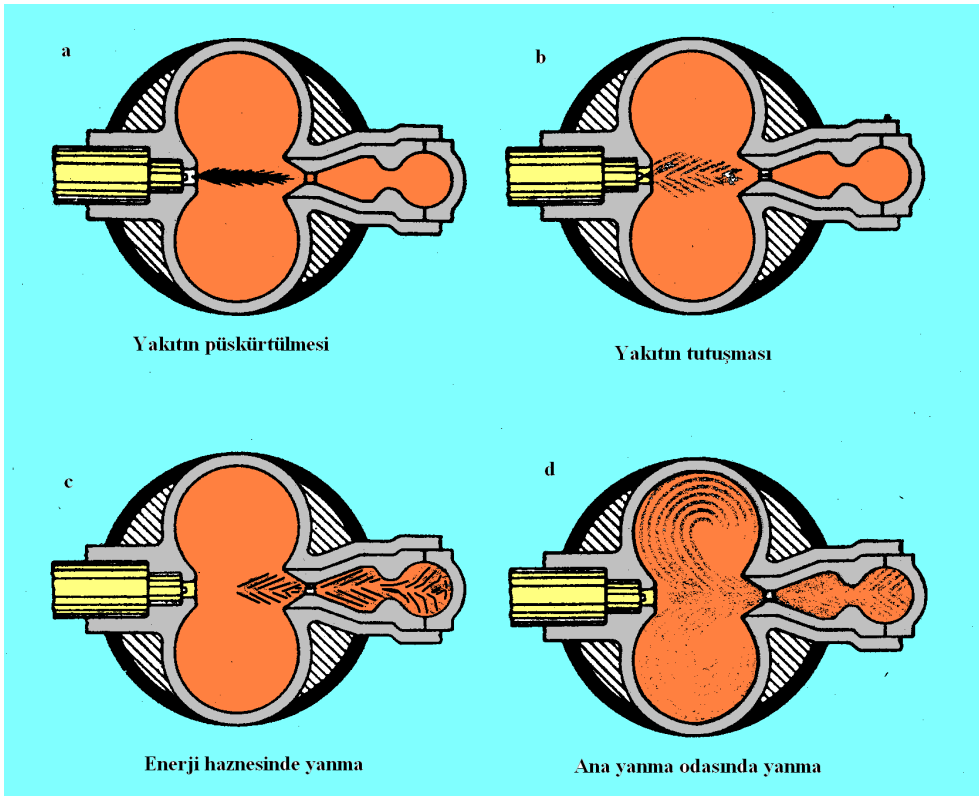
Piston sıkıştırma zamanında Ü.Ö.N' ya çıkarken silindirdeki havayı küresel yanma odasına doğru sürer. Bu sırada türbülans odasının şekli nedeniyle hava düzenli olarak ve çok hızlı bir şekilde döner.

Enjektör yakıtı, yanma odasındaki türbülansın en çok olduğu zaman 80 - 125 bar basınçla türbülans odasına püskürtür. Böylece hava ile yakıt tamamen karışır ve büyük bir kısmı türbülans odasında yanar. Bu tür yanma odaları olan motorların sıkıştırma oranları 18/1 – 22/1 arasındadır. Türbülans odasının hacmi toplam sıkıştırma hacminin % 50'si ile % 90'ı kadardır.

3.2.2.3. Enerji Hazneli Yanma Odaları

Enerji haznesi kaver üzerindedir ve tam karşısına enjektör yerleştirilmiştir. Ana yanma odası da yanar karışıma türbülans sağlayacak şekildedir. Şekil 3.5’ de enerji hazneli yanma odasında yanmanın oluşumu görülmektedir.

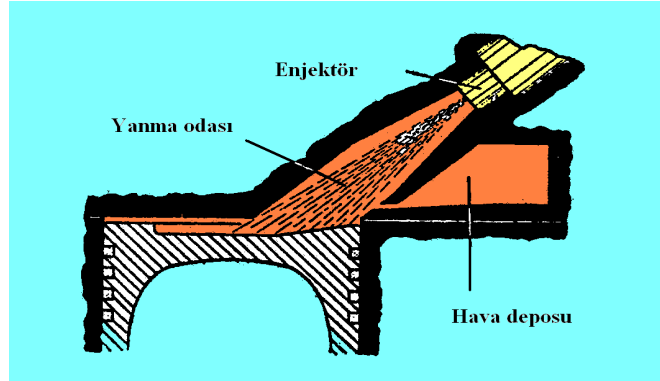
Sıkıştırma zamanında piston havayı ana yanma odasına ve enerji haznesine sıkıştırır. Sıkıştırma sonuna doğru enjektörden püskürtülen yakıt zerrecikleri kızgın havanın içinden geçerken tutuşmaya başlar. Enerji haznesine geçen bir kısım tutuşmuş yakıt, buradaki hava hareketleri sayesinde yanar ve basıncı yükseltir. Yanma odasına doğru yayılır. Enerji haznesinden yanma odasına yayılan ve yanmakta olan yüksek basınçlı gazlar büyük bir türbülans oluşturarak iyi bir karışım ve yanma sağlar.



Şekil 3.5: Enerji hazneli motorlarda yanmanın oluşumu

3.2.2.4. Hava Hazneli Yanma Odaları

Enerji hazneli yanma odalarına benzemelerine rağmen yakıt direkt olarak yanma odasına püskürtüldüğü için direkt püskürtmeli yanma odalarına daha çok benzer. Şekil 3.6’ da hava hazneli yanma odası görülmektedir. Sıkıştırma zamanında piston havayı yanma odasıyla birlikte hava deposuna da doldurur. Enjektör yakıtı yanma odasına püskürtür ve yanma başlar. İş zamanında silindir içindeki basınç azalmaya başladığında, hava deposundaki hava silindire geri dönerek ikinci türbülans oluşturur. Böylece püskürtülen yakıtın tamamı yanar.



Şekil 3.6: Hava hazneli yanma odası

3.3. Gemi Dizel Motorlarında Yakıt Sarfiyatının Hesaplanması

3.3.1. Dizel Makinelerde Yakıt Tüketimleri

- Bir çevrimde püskürtülen yakıt miktarı
- Özgül yakıt tüketimleri
- Saatteki yakıt tüketimi
- Yakıt tahmini

3.1.1.1. Bir Çevrimde Püskürtülen Yakıt Miktarı

Dizel makinelerin strok hacimleri ile karşılaştırıldığında bir çevrimde yanma odalarına püskürtülen yakıt miktarının çok küçük olduğu görülür. Tam yükte bu miktar strok hacminin yaklaşık 1 / 20 000'i yani yirmi binde biridir. Boşta çalışmada ise 1/100 000 yani yüz binde biridir. Örneğin strok hacmi 20 litre olan bir makinenin bir çevrimde yanma odasına püskürtülen yakıt miktarı tam yükte 1 cm³, boşta çalışmada 0.2 cm³ civarındadır.

$$f = V_d / 20\ 000 \text{ tam yükte } (\text{cm}^3)$$

$$f = V_d / 100\ 000 \text{ boşta çalışmada } (\text{cm}^3)$$

3.1.1.2. Özgül Yakıt Tüketimi

Motorun bir beygir saat başına harcadığı yakıt miktarına, **özügöl yakıt sarfiyatı** denir.

be = 1 BG . 632 / H_u . η_g formülü ile ifade edilir. Sonuç, g/beygir saat olarak bulunur.

be= Özügöl yakıt sarfiyatı (gr/BGS)

632= Bir beygir saatin kilo kalori karşılığı, başka bir deyişle sabitesi.

η_g =Yakılan yakıtın verimi

H_u =Yakıtın yanma ısısı (Kcal/kg)
Motorinin yanma ısısı 10 000 – 10 500 Kcal / kg
Dizel oilin yanma ısısı 9 700 Kcal / kg
Fuel oilin yanma ısısı 9 200 Kcal / kg

ÖRNEK

Yapılan test sonucuna göre % 37 yakıt verimi elde edilen bir dizel makinede sırasıyla motorin, dizel oil ve fuel oil kullanılmıştır. Makinede kaydedilen özgül yakıt sarfiyat değerlerini bulunuz.

Verilenler	İstenen	Formül
$B_e = 195 \text{ gr/BGS}$	$B_e = ?$	$B_e = 1BG. 632 / H_u . \eta_g$
$H_u \text{ motorin} = 10 200$	$B_e = 1.632 / 10 200. 0,37 = 632/3774 = 0,167 \text{ kg} = 167 \text{ gr}$	
$H_u \text{ dizel oil} = 9 700$	$B_e = 1.632 / 9 700. 0,37 = 632/3589 = 0,176 \text{ kg} = 176 \text{ gr}$	
$H_u \text{ Fuel oil} = 9 200$	$B_e = 1.632 / 9 200. 0,37 = 632/3404 = 0,185 \text{ kg} = 185 \text{ gr}$	

Özgül yakıt sarfiyatı makinenin güç durumuna göre değişir. Yapılan dinamometre testlerinde makinenin en düşük yakıt tüketiminin bulunduğu devir ve yükler tespit edilir. Buna göre performans çizelgeleri oluşturularak makine kullanım kataloğuna işlenir. Benzinli motorlarda bu performans 240 – 350 g/BGS aralığında çıkarken dizel makinelerde ortalama 160 – 220 gr/ BGS olarak görülür.

Bunun gibi performans değerleri yakıt tüketim hesaplarında kolaylıkla kullanılabilir.

3.3.2. Silindire Her Çevrimde Püskürtülen Yakıt Miktarının Hesaplanması

Motorun fren beygir gücü N_e , Özgül yakıt sarfiyatı B_e olduğuna göre;

Bütün silindirlere bir saatte püskürtülen yakıt miktarı = $N_e . b_e$ (g)

Motorun devri dakika olduğundan bu değer 60'a bölünür.

Bütün silindirlere bir dakikada püskürtülen yakıt miktarı = $N_e . b_e / 60$ g/dk.

Motor bir dakikada (n) devir yaptığından ve dört zamanlı motorlarda iki devirde bir iş yapıldığından;

Bütün silindirlere bir çevrimde püskürtülen yakıt miktarı: $G_{\text{ç}} = N_e . b_e / 60.n/2 . Z$

Ya da; $G_{\text{ç}} = N_e . b_e / 30. n . Z$ g olur.

İki zamanlı motorlarda her devirde bir püskürtme olduğu için; $G_{\text{ç}} = N_e . b_e / 60. n . Z$

Formülde geçen veriler ve birimleri:

G_{ζ} = Silindirlere bir çevrimde püskürtülen yakıt miktarı (gr)

N_e = Motorun fren beygir gücü (BG)

B_e = Özgül yakıt sarfiyatı (g/BGS)

n = Motor devri (dev/dk.)

Z = Silindir sayısı

ÖRNEK

Özgül yakıt sarfiyatı 195 g/BGS olan, 250 beygir gücündeki, 4 zamanlı, 4 silindirli bir dizel motorun 750 devir / dakikada silindire her çevrimde püskürttüğü yakıt miktarı ne kadardır?

Verilenler

$B_e = 195$ g/BGS

$N_e = 250$ BG

$n = 750$ d/dk.

$Z = 4$

İstenen

$G_{\zeta} = ?$

$$G_{\zeta} = 250 \cdot 195 / 30 \cdot 750 \cdot 4$$

$$G_{\zeta} = 48750 / 90000$$

$$G_{\zeta} = \mathbf{0.541 \text{ g}}$$

Formül

$$G_{\zeta} = N_e \cdot be / 30 \cdot n \cdot Z$$

$$G_{\zeta} = N_e \cdot be / 30 \cdot n \cdot Z$$

ÖRNEK

Özgül yakıt sarfiyatı 200 g/BGS olan, 750 kW gücündeki, 2 zamanlı, 6 silindirli bir gemi makinesinin 1000 devir/dakikada silindire her çevrimde püskürttüğü yakıt miktarı ne kadardır?

Verilenler

$B_e = 200$ g/BGS

$N_e = 750$ BG

$n = 1000$ d/dk.

$Z = 6$

İstenen

$G_{\zeta} = ?$

$$G_{\zeta} = 750 \cdot 200 / 60 \cdot 1000 \cdot 6$$

$$G_{\zeta} = 150\,000 / 360\,000$$

$$G_{\zeta} = \mathbf{0.416 \text{ gr}}$$

Formül

$$G_{\zeta} = N_e \cdot be / 60 \cdot n \cdot Z$$

$$G_{\zeta} = N_e \cdot be / 60 \cdot n \cdot Z$$

ÖRNEK

Özgül yakıt sarfiyatı 200 g/BGS olan, 3000 kW gücündeki, 2 zamanlı, 6 silindirli bir gemi makinesinin 700 devir/dakikada silindire her çevrimde püskürttüğü yakıt miktarı ne kadardır?

Verilenler

$B_e = 200$ g/BG

$N_e = 3000$ Kw

$n = 700$ d/dk.

$Z = 6$

İstenen

$G_{\zeta} = ?$

$$G_{\zeta} = N_e \cdot be / 60 \cdot n \cdot Z$$

$$G_{\zeta} = N_e \cdot be / 60 \cdot n \cdot Z$$

$$G_{\dot{c}} = 4080 \cdot 200 / 60 \cdot 700 \cdot 6$$

$$G_{\dot{c}} = 816\,000 / 252\,000$$

$$G_{\dot{c}} = 3,24 \text{ g}$$

$$1 \text{ Kw} = 1.36 \text{ Hp}$$

$$3000 \text{ Kw} = 4080 \text{ BG}$$

2. Bu makinenin günlük yakıt tüketimi ne kadardır?

Her çevrimde 3,24 gr yakıt tüketirse dakikada 700 püskürtme olacağından;

Dakikada yakıt tüketimi = $3,24 \cdot 700 = 2\,266 \text{ g}$ olur.

1 saatlik yakıt tüketimi = $2\,266 \cdot 60 = 135\,960 \text{ g}$

1 günlük yakıt tüketimi = $135\,960 \cdot 24 = 3\,263\,040 \text{ g}$

yada bir başka deyişle bu gemi günde 3 ton 263 kilogram yakıt tüketir.

3. 500 devirde saatte ortalama 7 deniz mili (nat) yol yapan bu gemi günde kaç mil yol alır?

Saatte 7 deniz mili yol alan bu gemi, bir günde $7 \cdot 24 = 168$ deniz mili ya da bir başka deyişle;

1 Deniz mili = 1852 metre veya 1,852 kilometre olduğuna göre;

$168 \cdot 1,852 = 311$ kilometre yol alır.

4. Bu gemi bir deniz milini kaç litre yakıt tüketerek alır?

Gemi günde 3263 kilogram yakıt tüketirse; $3263 : 24 = 135,9 \text{ kg}$ saatlik tüketimi olur.

Saatte 7 deniz mili yol aldığına göre $135,9 : 7 = 19,4 \text{ kg}$ mil başına tüketim gerçekleşir.

5. Geminin kullandığı yakıtın litresi 1 dolar olduğu varsayılırsa günde kaç liralık yakıt tüketir?

Geminin günlük yakıt tüketimi 3 263 040 g bulunmuştu, 1 dolar = 3 TL olduğu düşünülerek

3263 litre 1 dolar = 3263 Dolar = $3263 \cdot 3 = 9789 \text{ TL}$. tutarında yakıt harcaması gerçekleşir.

3.1.1.3. Saatteki Yakıt Tüketimi

Her hangi bir dizel makinenin 1 saatte harcadığı yakıt miktarına **saatteki yakıt tüketimi** denir. Bu tüketim F_h kısaltması ile gösterilir. Makinenin özgül indike yakıt tüketimi ile makine indike ya da efektif gücü çarpımıyla bulunur.

$$F_h = F_i \cdot N_i \quad \text{ya da} \quad F_h = F_{ef} \cdot N_{ef}$$

3.1.1.4. Yakıt Tüketimi Tahmini

Bir makinenin yakıt tüketimi ürettiği güçle orantılıdır. Tüketilen yakıt miktarı kg/saat ya da ton/gün gibi birim zamanda makinede yakılan yakıt miktarıdır. Dolayısıyla yakıt tüketimi güce bağlıdır.

Yakıt tüketim tahminlerinden biri de kıyas yöntemidir. Bu yöntemde sonuçların yakın çıkması için eşit özellikteki gemiler (sister ships), aynı şirketin bayrağını taşıyan birbirine çok yakın hızlarda ve bölgelerde seyreden, yakıtnitelikleri aynı olan gemiler için uygulanabilir. Bu tahminleri yapmak için aşağıdaki formül kullanılır.

$$F_{g1}/F_{g2} = (\Delta_1/\Delta_2)^{2/3} \cdot (V_{sh1}/V_{sh2})^2 \cdot (S_{d1} / S_{d2})$$

F_{g1} = Birinci geminin yakıt tüketimi (ton)

F_{g2} = İkinci geminin yakıt tüketimi (ton)

Δ_1 = Birinci geminin deplasman tonajı (ton)

Δ_2 = İkinci geminin deplasman tonajı (ton)

V_{sh1} = Birinci geminin hızı (deniz mili/ saat)

V_{sh2} = İkinci geminin hızı (deniz mili/saat)

S_{d1} = Birinci geminin yaptığı yol (deniz mili)

S_{d2} = İkinci geminin yaptığı yol (deniz mili)

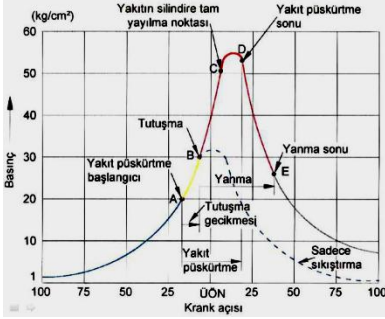
ÖRNEK

Deplasmanı 12 250 ton olan bir gemi, saatte 15 millik bir hızla, 2850 deniz mili yol yapmış ve 2980 ton yakıt harcamıştır. Aynı gemi deplasmanını 14 200 tona çıkararak 1800 deniz mili uzaklığındaki yeni rotasını seyir hızı 13 knotla tamamlamak isterse tüketeceği yakıt miktarı kaç ton olur?

Verilenler	İstenenler	Formül
$\Delta_1 = 12\ 250$ ton	$F_{g2} = ?$	$F_{g1}/F_{g2} = (\Delta_1/\Delta_2)^{2/3} \cdot (V_{sh1}/V_{sh2})^2 \cdot (S_{d1} / S_{d2})$
$\Delta_2 = 14\ 200$ ton		
$F_{g1} = 290$ ton	$290/ F_{g2} = (12250/14200)^{2/3} \cdot (15/13)^2 \cdot (2850/1800)$	
$V_{sh1} = 15$ knot		
$V_{sh2} = 13$ knot		$F_{g2} = 290 / 0,904 \cdot 1,329 \cdot 1,583$
$S_{d1} = 2850$ deniz mili		
$S_{d2} = 1800$ deniz mili		$F_{g2} = 152$ ton

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda değerleri verilen makinenin yanma evrelerini açıklayarak yakıt sarfiyatı hesaplamalarını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Grafikte yer alan noktaların analizlerini yapınız.</p> 	<p>➤ Yanmaya etki eden faktörlere dikkat etmelisiniz.</p>
<p>➤ Özgül yakıt sarfiyatı 200 g/BGS olan, 3000 kW gücündeki, 2 zamanlı, 6 silindirli bir gemi makinesinin 500 devir/dakikada silindire her çevrimde püskürttüğü yakıt miktarı ne kadardır?</p>	<p>➤ Çözüme başlamadan önce verilen, istenen ve formülleri sırayla yazmalısınız. ➤ 1Kw = 1.36 Hp</p>
<p>➤ Bu makinenin günlük yakıt tüketimi ne kadardır?</p>	<p>➤ 24 saat aynı devirde seyir yaptığı varsayımı ile hareket etmelisiniz.</p>
<p>➤ 500 devirde saatte ortalama 7 deniz mili (knt) yol yapan bu gemi günde kaç mil yol alır?</p>	<p>➤ 1 deniz mili = 1852 metredir.</p>
<p>➤ Geminin kullandığı yakıtın litresi 50 cent olduğu varsayılırsa günde kaç liralık yakıt tüketir?</p>	<p>➤ 50 cent = 0,5 USD = 1,5 TL</p>
<p>➤ Yakıt tankında iskandille seviye kontrolü yaparak geminin 1 saatte tükettiği yakıtı hacimsel olarak bulunuz.</p>	<p>➤ Yakıt tankının hacmi en, boy, yükseklik çarpımıyla bulunur.</p>
<p>➤ Gemide yakıt sarfiyatı ile ilgili görevlerin hangi gemiadamları tarafından yapılması gerekmektedir? Bu konuda birbirlerine karşı sorumlulukları nelerdir?</p>	<p>➤ Gemiadamlarının hiyerarşik görevlendirme yapısını inceleyebilirsiniz.</p>

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Tam yanma olayında aşağıdakilerden hangisi oluşmaz?
 - A) H_2O
 - B) CO_2
 - C) CO
 - D) Işık
 - E) Isı
2. Aşağıdaki yanma evrelerinden hangisinde silindir içi basıncı en yüksek değerindedir?
 - A) Tutuşma gecikmesi
 - B) Kontrolsüz (hızlı) yanma
 - C) Kontrollü yanma
 - D) Gecikmiş yanma
 - E) Erken yanma
3. Aşağıdaki yanma evrelerinden hangisinin süresinin uzaması motorun vuruntulu çalışmasına neden olur?
 - A) Tutuşma gecikmesi
 - B) Kontrollü yanma
 - C) Kontrolsüz (hızlı) yanma
 - D) Gecikmiş yanma
 - E) Erken yanma
4. Aşağıdakilerden hangisi bölünmüş yanma odası şekli değildir?
 - A) Türbülans odalı yanma odası
 - B) Enerji hazneli yanma odası
 - C) Hava hazneli yanma odası
 - D) Direkt püskürtmeli yanma odası
 - E) Ön yanma odalı yanma odası
5. Aşağıdaki yanma odası çeşitlerinden hangisinde bölünmüş yanma odası kullanılmaz?
 - A) Türbülans odalı yanma odası
 - B) Enerji hazneli yanma odası
 - C) Hava hazneli yanma odası
 - D) Direkt püskürtmeli yanma odası
 - E) Ön yanma odalı yanma odaları
6. Motorun bir beygir saat başına harcadığı yakıt miktarına ne ad verilir?
 - A) Ortalama indike basınç
 - B) Özgül yakıt sarfiyatı
 - C) Birim yakıt tüketimi
 - D) Efektif (Yaralı) güç
 - E) Verimli yakıt sarfiyatı

7. Aşağıdakilerden hangisi bir beygir saatin kilo kalori karşılığıdır?
A) 532
B) 623
C) 263
D) 326
E) 632
8. Dizel makinelerde ortalama özgül yakıt sarfiyatı aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?
A) 160 – 220 gram / beygir saat
B) 160 – 220 kilogram / beygir saat
C) 160 – 220 kilogram / saat
D) 160 – 220 metre / dakika
E) 160 – 220 kilogram / metre
9. 1000 rpm devirle dönen 750 Hp gücündeki 2 zamanlı bir gemi dizel makinesinin bir çevrimde 3,25 gram yakıt püskürttüğü bilinmektedir. Makinenin dakikada harcadığı yakıt miktarı ne kadardır?
A) 3250 g
B) 1500 g
C) 7500 g
D) 750 g
E) 1750 g
10. Pratik olarak yakıt sarfiyatı nasıl hesaplanır?
A) Zaman ve devir sayısı belirlenir, yakıt iskandiline bakılır, bir saat sonra iskandil seviyesi karşılaştırılır, eksilme miktarı yakıt sarfiyatını verir.
B) Özgül yakıt sarfiyatı formülü ile hesaplanır.
C) Birim yakıt tüketimi hesabı yaparak hesaplanır.
D) Efektif (Yaralı) güç hesaplanarak bulunur.
E) Verimli yakıt sarfiyatı bulunarak hesaplanır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

ÖĞRENME KAZANIMI

Blower ve turbo şarjın arıza tespiti ve bakımlarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu öğrenme faaliyeti sonunda gemi dizel motorlarında kullanılan blower ve turbo şarjların bakımını yapabileceksiniz. Ön hazırlık yapmak amacıyla;

Çevrenizde bulunan dizel motorlu gemilere giderek okulunuzdaki kütüphaneden yararlanarak ya da İnternet erişimini kullanarak aşağıdaki araştırma konularını inceleyiniz.

- Dizel motorlarında kullanılan blowerin işlevini,
- Turbo şarjın ne anlama geldiğini,
- Aşırı doldurma sistemlerinin yararlarını araştırınız.
- Gemide sorumluluk bilinci (gemiye, üst ve astlarına karşı sorumluluğu) konusuna yönelik tutum ve davranışları ön plana çıkaran grup etkinliklerine yer verilmelidir

Araştırmalarınızı bir doküman hâlinde getirerek atölyede arkadaşlarınızla paylaşınız.

4. GEMİ DİZEL MOTORLARINDA AŞIRI DOLDURMA SİSTEMLERİ

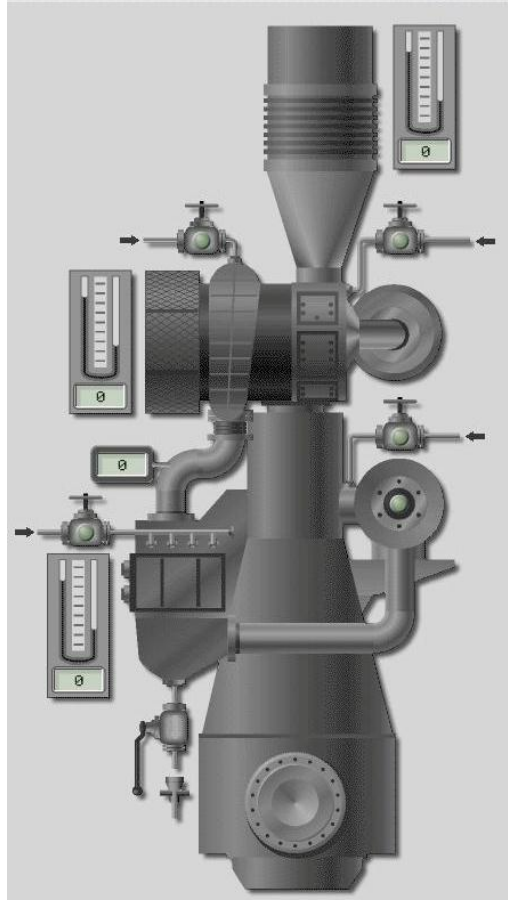
Aşırı doldurma dizel motorların çalışmasını kolaylaştırmak ve verimini arttırmak amacıyla makinelere eklenen daha fazla hava sağlamak amacıyla kullanılan sistemler bütününe denir. Bir başka deyişle süper şarj işlemini gerçekleştiren donanıma **aşırı doldurma sistemi** denir.

4.1. Aşırı Doldurma Sistemlerinin Kullanılma Nedenleri

- Yakıt sarfiyatının, normal emişli motorlara göre az olması,
- Daha küçük bir hacim ihtiyacı,
- Daha hafif motor, birim çıkış gücü başına daha küçük bir özgül ağırlık,
- Egzoz turbo kompresörü ile daha yüksek verim,
- Birim çıkış başına daha düşük maliyet,
- Daha verimli soğutma sistemi,
- Normal emişli motorlardan daha az ısı kaybı,
- Egzoz türbini ile daha az egzoz gürültüsü,
- Düşük hava basınçlı yerlerde normal emişli motorlara nazaran daha yüksek volümetrik verim,
- Kontrollü yanma ile daha düşük egzoz emisyonları,
- Motor daha az vuruntulu çalışma ve daha az gürültü gibi etkenlerdir.

4.2. Aşırı Doldurma Sistemlerinin Çeşitleri

Dizel motorlarında kullanılan aşırı doldurma sistemleri teknolojiye gelişmelere paralel olarak değişik şekillerde imal edilmişlerdir.

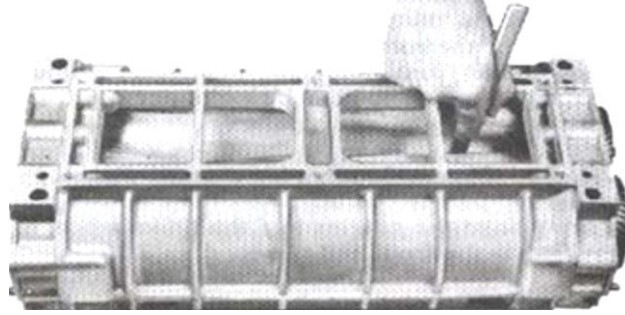


Şekil 4.1: Dizel motorlarında kullanılan aşırı doldurma sisteminin simülasyon görüntüsü

4.2.1. Mekanik Aşırı Doldurma (Süper Şarj)

Kompresörü çevirmek için motor krank milinden veya harici bir kaynaktan, güç alınıyorsa bu motorlara **mekanik aşırı doldurmalı motorlar** denir. Mekanik süper şarjda, motorun egzoz gazındaki enerjiden faydalanmak mümkün değildir. Resim 4.1' de mekanik aşırı doldurma sistemi görülmektedir.

Aşırı doldurma amacıyla kullanılan hava pompasına blower adı verilir. Blowerlar bir çeşit kompresör olarak görev yapar.



Resim 4.1: Mekanik aşırı doldurma sağlayan blower

Mekanik süper şarjda yedi çeşit farklı tipte kompresör vardır.

Bunları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Santrifüj kompresör
- Aksiyel kompresör
- Döner pistonlu kompresör
- Vida kompresör
- Yıldız tip kompresör
- Pistonlu kompresör
- Salınım kanatlı kompresördür.

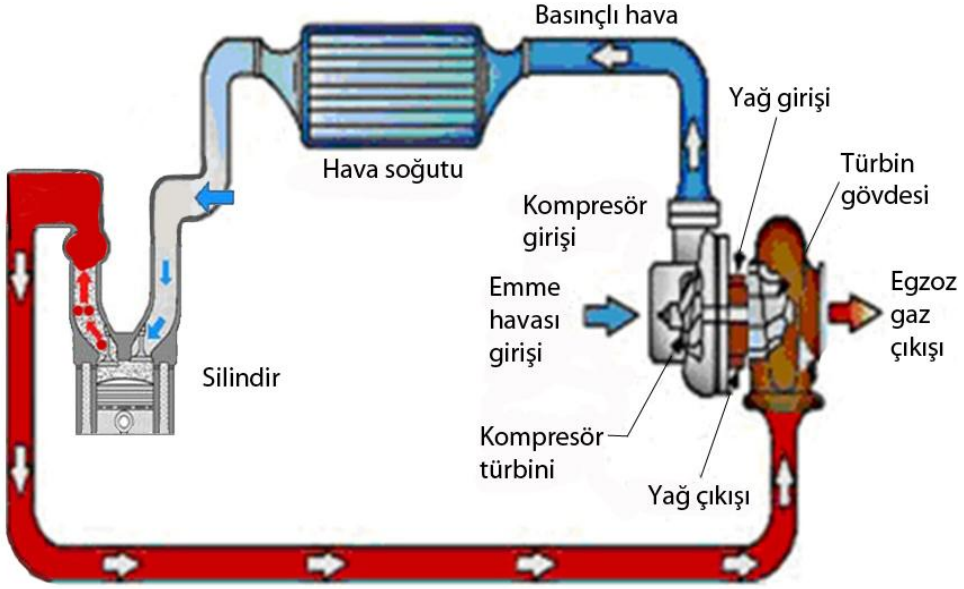
Mekanik aşırı doldurmanın dezavantajları

- Hareketini motordan aldığı için motorda yaklaşık %10 verim kaybına sebep olur.
- Hareketini motordan aldığı için gürültü fazla olur.
- Bakım maliyeti fazladır.
- Daha büyük mekanik ve termal yüklerde çalışmasına rağmen düşük moment karakteristikleri ve düşük ivmelenmeye sahiptir.
- Krank milinden doğrudan hareket alarak çalışmasından dolayı makine arızasından çabuk etkilenirler.

4.2.2. Egzoz Turbo Kompresörü ile Aşırı Doldurma (Turbo Şarj)

Motor egzozundan çıkan sıcak gazlarının enerjisi ile döndürülen türbin bağlı olduğu milin ucundaki kompresörü döndürerek, motor silindirine giren havanın basınçlı olarak, yani daha yüksek yoğunlukta gönderilmesini sağlar. Motor içerisine gönderilen ideal sıcaklıktaki hava sıkıştırıldığında basıncı daha da artarak yakıtın tam olarak ve yüksek verimde yanmasını sağlar.

Bu sistem dizel motorlarında oldukça olumlu sonuçlar vermektedir. Bu şekilde %50 üzerinde bir güç artışına ulaşılabilir. Şekil 4.2' de egzoz gazlarıyla çalışan turbo şarj sistemi görülmektedir.



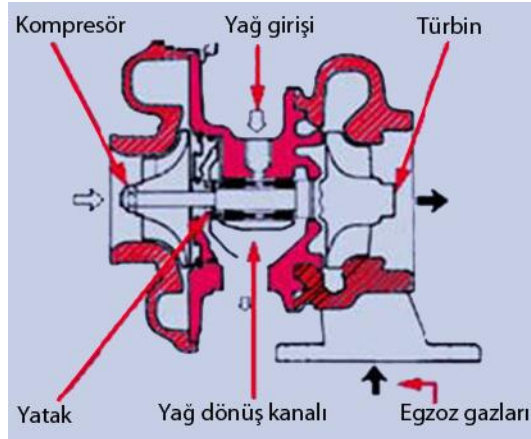
Şekil 4.2: Egzoz Turbo kompresörü ile aşırı doldurma (Turbo şarj sistemi)

4.2.3. Turbo Şarj Görevleri

Motorun her türlü çalışma şartlarına uygun olarak gerekli olan hava miktarını temin ederek basınçla motor içerisine göndermek suretiyle, motor verimini ve gücünü arttırmaktır. Ayrıca tam yanmanın gerçekleşmesine yardımcı olarak egzoz emisyonlarının en az oranlara indirilmesine yardımcı olur.

4.2.3.1. Turbo Şarj Yapısı ve Çalışması

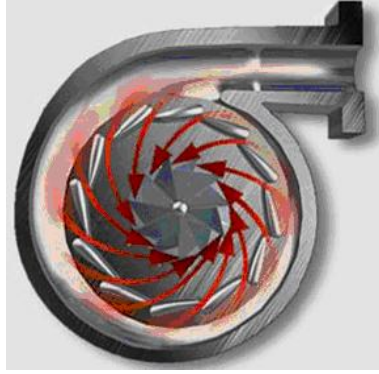
Motordan çıkan sıcak egzoz gazlarının enerjisiyle çalışan bir türbin tarafından tahrik edilmektedir. Şekil.4.3' te turbo şarj kesit resmi ve elemanları görülmektedir.



Şekil 4.3: Turbo şarj kesiti

➤ **Türbin**

Egzoz gazları çevreden merkeze doğru daralan bir yoldan geçer, bu esnada egzoz gazlarının hızları artmış olur. Artan bu hızla türbin kanatçıklarına ve bulunduğu mili döndürmeye başlar. Şekil.4.4' te türbinin kesiti görülmektedir.



Şekil 4.4: Türbin kesiti

Türbin kanatçıkları, dört zamanlı motorlarda 800 ile 1000°C sıcaklıkta egzoz gazlarına maruz kaldıklarından özel alaşım çeliğinden veya kompozit malzemeden yapılmalıdır.

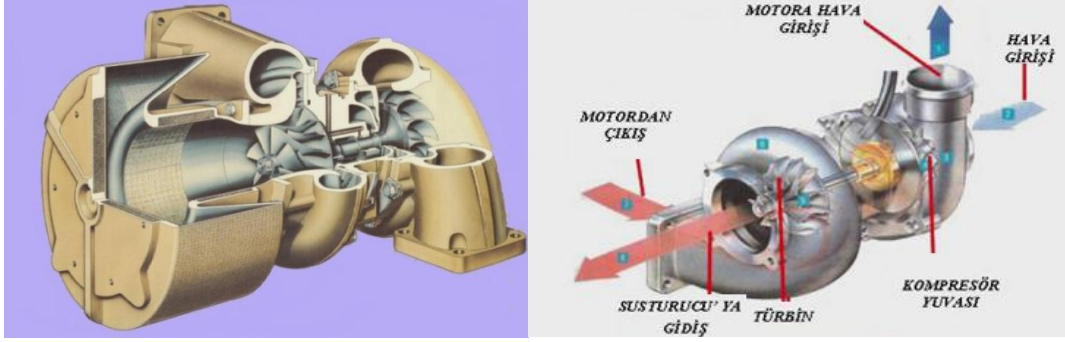
➤ **Kompresör**

Kompresör çevresel akışlı merkezkaç (santrifüj) tiptir ve türbin miliyle dönen kanatçıklara sahiptir. Kompresör gövdesi dökme demirden yapılır. Kompresör, helisel ve çevresel kanalları olan bir çark ve bir gövdeden oluşmaktadır. Resim 4.2' de kompresör ve türbin görülmektedir.



Resim 4.2: Kompresör ve türbin

Turbo şarjın çalışması, egzoz manifoldundan çıkan yanmış egzoz gazlarının enerjilerine bağlı olarak değişir. Silindirden çıkan egzoz gazları, egzoz manifoldunu ağzındaki türbin bölümüne girer. Çevresel ve merkeze doğru daralan bir kanaldan geçen sıcak gazlar bir yandan genişlemek isterken diğer taraftan daralmakta olan bu kanalda hız kazanırlar. Şekil 4.5te turbo şarjın çalışması görülmektedir.



Şekil 4.5: Turbo şarjın çalışması

Bu noktadan sonra gaz, türbin çarkının dış ucundan türbin odası merkezine doğru geçerken kanatçıklara çarparak türbini yüksek bir hızla döndürür ve türbin ortasından egzoz borusuna geçer. Türbin çarkı ve kompresör aynı mil üzerinde bağlı olduğundan aynı hızla döner. Kompresör hava filtresinden emdiği havayı merkezden alır ve çark kanatlarıyla yüksek hızla çevreye savurur, yaklaşık 100.000 devir/dakikaya erişebilen bir hızla dönen kompresör kanatçıkları, havayı hızla merkezden çevresel kanada doğru fırlatır. Dış basınca göre yaklaşık iki misli basınca ulaşır ve buradan da besleme borusu ile emme manifoldunu girer. Emme supabının açılmasıyla beraber emme manifoldunda bulunan basınçlı hava silindir içerisine dolar.

4.2.3.2. Turbo Şarj Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları

- Aynı motor hacmine sahip motora göre daha fazla güç elde edilebilir.
- Yakıt tüketiminin azaltılmasına yardımcı olur.
- Motorun herhangi bir parçasından hareket almadığı için daha yüksek verime sahiptir.
- Egzoz gazlarından aldığı hareketle egzoz türbini çalıştığı için daha az bir egzoz gürültüsü oluşur yani daha sessiz çalışır.
- Daha düşük seviyede egzoz emisyonu oluşur.
- Belli sıcaklıklarda hava motora alındığı için parçaların ömrü daha uzun olur.

Dezavantajları

- İlk sorun; turbo çıkışının (basınçlı hava) motor isteklerine hemen cevap verememesidir.
- Turbo doldurucunun türbin tarafına gelen egzoz gazlarının enerjisi motorun devir sayısına değil, yüküne bağlı olduğundan motor ani olarak yüklenip de fazla havaya ihtiyacı olduğu zaman turbo aynı hızla hızlanarak gerekli havayı temin edemez.

4.2.3.3. Turbo Şarj Arızaları ve Belirtileri

Arıza	Arıza Nedenleri	Onarımı
Normalin üstünde egzoz gazının siyahlaşması ve randıman düşüklüğü	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Turbo şarjın alçak basıncında hava azalması ➤ Sıkıştırma gövdesinde iç kirlenme olabilir. ➤ Kirlenmiş hava filtresi elemanı ➤ Turbo şarjın arkasındaki egzoz susturucusu tıkanmıştır. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flanş ve hava doldurma borusu bağlantılarında kaçak kontrolü yapılır. ➤ Sıkıştırma gövdesi sökülür ve içi temizlenir. ➤ Hava filtresi temizlenir veya değiştirilir. Emiş yolu kontrol edilir. ➤ Turbo şarjın arkasındaki hava bağlantısında kaçak olup olmadığı kontrol edilir. ➤ Temizlenir ve kompresör boru donanımında çizik muayenesi yapılır.
Normalin dışında ses ve aşırı gürültü	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rotor muhafazaya sürtüyor olabilir. ➤ Bağlantı yerlerinde ve flanşlarından veya egzoz borularından sızma vardır. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Muhafazada çizik muayenesi yapılır. ➤ Flanş ve bağlantıları kontrol edilir.
Motor güç vermiyor	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Turbo şarj arızalıdır. ➤ Egzoz manifoldu veya emme manifoldu gevşektir. ➤ Türbin çarkına sıkışmış yabancı madde vardır. Türbin mili yataklarında sarma vardır. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bağlantılar kontrol edilir gerekirse sıkılır. ➤ Turbo şarj sökülerek temizlenir. ➤ Sökülerek yataklar ve mil değiştirilir.
Normalin dışında ses	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bağlantı yerlerinde ve flaşların hava ve egzoz borularında sızma vardır. ➤ Türbin milinin fazla boşluktan dolayı sürtmesi 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flanş ve bağlantıları kontrol edilir Bağlantı boruları sökülür ve türbin ile sıkıştırma tarafındaki gövdelerin sürtme izlerine bakılır. İzler varsa değiştirilir.

4.2.3.4. Turbo Şarjda Yapılan Kontroller

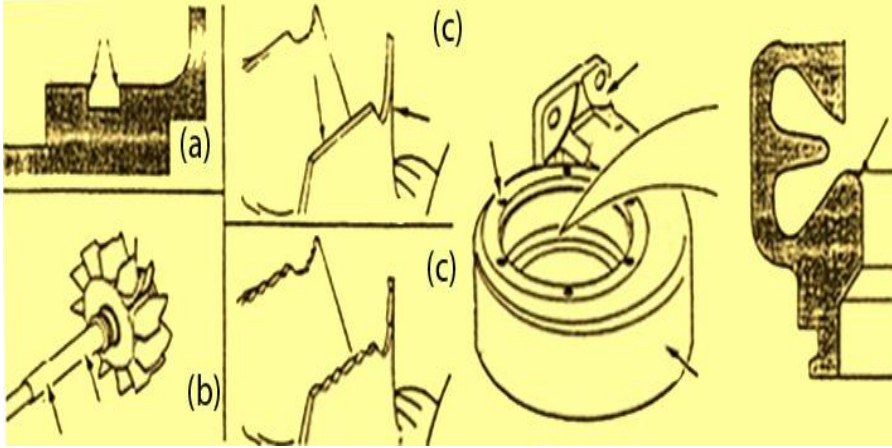
Sökme işleminden sonra parçalarda yapılan kontroller

- Piston segmanının oturduğu kanalın aşınmaya uğrayıp uğramadığı kontrol edilmelidir.
- Mil yatağının aşınmaya ve yüzeyinin ne oranda çizilmeye uğramış olduğu kontrol edilmelidir.
- Kanatlarda hasar, eğilme ya da çatlama olup olmadığı incelenmelidir.
- Tüm vida ve dişlilerin konumu incelenir.

- Montaj flaşlarının bükülmesi ve aşırı ısınma sonucunda yatağın iç ve dış yüzeylerinde deformasyon oluşup oluşmadığı kontrol edilmelidir.
- Yatak ve piston segmanı üzerinde oluşabilecek aşınma kontrol edilmelidir.
- Sistemdeki bütün delik ve boşlukların temiz olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Kanatlarda aşınma ve eğilme varsa yenisi ile değiştirilmelidir.
- Segmanların mil yatağının konik yüzeyine yerleştirildiğine emin olunmalıdır.
- Türbin ve kompresör kanadı montajında balanslar ayrı ayrı kontrol edilmelidir.

Parçaların Temizlenmesi ve Kontrolü

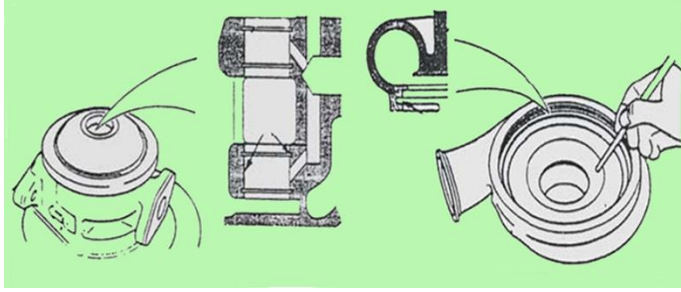
- Turbo şarj onarım için tamamıyla söküldüğünde elemanlar metalik temizleyicilerle temizlenmelidir.
- Turbo şarj parçalarının temizlenmesinde tel fırça ya da raspa; alüminyum kısımlarının temizlenmesinde sert bir kıl fırça kullanılmalıdır.
- Son olarak turbo elemanlarının delik kısımlarına hava üfleyerek temizleme işlemi tamamlanmalıdır.
- Türbin ve kompresör kanatlarının bitişik olduğu yüzeyler, sabit yataklamanın sağlanması için temizlenmelidir. Bu şekilde pürüzsüz bir yüzey elde edilmiş olur.



Şekil 4.6: Türbin çark, milinin ve türbin yatağının kontrolü

- Şekil.4.6-a'da görüldüğü gibi piston segmanının oturduğu kanalın aşınmaya uğrayıp uğramadığı kontrol edilmelidir.
- Şekil.4.6-b'de görüldüğü gibi mil yatağının aşınması ve yüzeyinin ne oranda çizilmeye uğramış olduğu kontrol edilmelidir. Ancak küçük çaptaki çizikler ihmal edilebilir.
- Şekil. 4.6-c'de görüldüğü gibi kanatlarda hasar oluşup oluşmadığı, eğilme ya da çatlamasının olup olmadığı incelenmelidir. Bu istenmeyen durumlardan biri oluşmuş ise tamir yerine, arızalanan kısım değiştirilmelidir.
- Profilin rotorla muhtemel temasında oluşabilecek hasar kontrol edilir ve tüm vida dişlilerinin konumuna bakılır. Montaj flaşlarının bükülmesi ve aşırı ısınma sonucu yatağın iç ve dış çeperlerinde deformasyon oluşup oluşmadığı kontrol edilir. Elemanlarda hasar oluşmuş ise mutlaka değiştirilmelidir.

- Şekil 4.6-d’de türbin yatağının kontrolü görülmektedir.

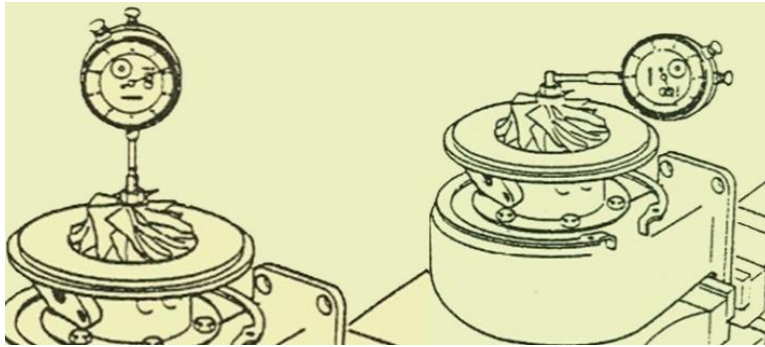


Şekil 4.7: Kompresör yatağının ve yatak muhafazasının kontrolü

- Tespit segmanı yuvasında yapışmış malzeme varsa temizlenir(Şekil 4.7.).
- Bu parçalarda hasar varsa değiştirmelidir.
- Yatak ve piston segmanı üzerinde oluşabilecek aşınma ve sistemdeki bütün delik ve boşlukların temiz olup olmadığı kontrol edilir.
- Hasar olması durumunda, parça değiştirilmelidir.
- Kanatlarda eğrilme, çatlama veya bükülme gibi deformasyon olup olmadığı kontrol edilerek şayet deformasyon varsa yenisiyle değiştirilmelidir.
- Piston segmanı contasının oturduğu yuvanın durumu incelenmelidir.
- Düz yüzeyde sürtünmenin durumuna bakılmalıdır.

Montaj işleminden sonra yapılan kontroller

- Türbin yataklama emniyeti yeniden gözden geçirilir.
- Radyal boşluğun kontrolü yapılır.
- Bu işlemden sonra, bir komparatör göstergesinden sisteme uygulanan kuvvet değerlerinin normal standartlarda olup olmadığı araştırılır.
- Şekil. 4.8’de bu kontroller görülmektedir.



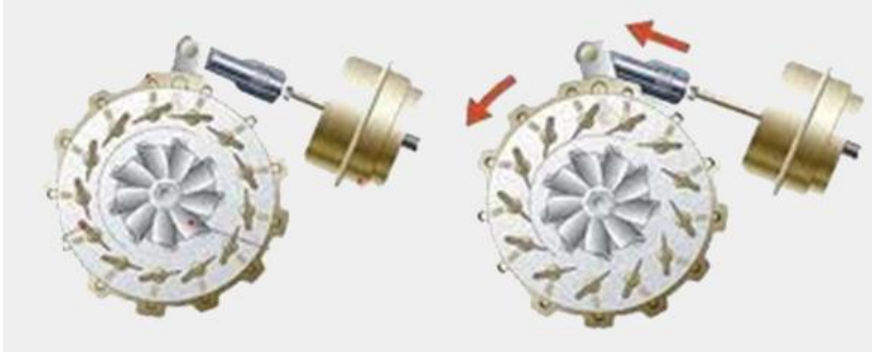
Şekil 4.8: Türbin yataklama kontrolü veradyal boşluğun ölçülmesi

4.2.3.5. Değişken Kanatçıklı Turbo-Şarj

Değişken geometrilidir ve motorun volumetrik verimini arttırmak için kullanılmaktadır. Türbin kanatçıkları düşük devirlerde maksimum kapalı, yüksek devirlerde

açık olacak şekilde elektro valf aracılığıyla elektronik kontrol ünitesi tarafından kumanda edilmektedir (Şekil 4.9).

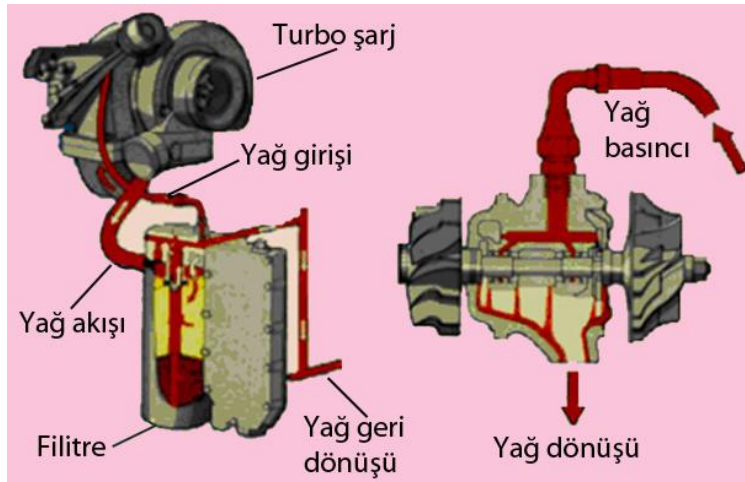
Motor devri düşükken türbin kanatçıkları maksimum kapalı olduğu için egzoz gazlarının hızı artar bu durum türbin ve kompresör hızını artırır. Motor devri yükseldiğinde kanatçıklar açıldığı için egzoz gazları kanatçıklar arasından daha az çarparak geçtiğinden türbin devri azalmaktadır. Bu özelliğin faydası düşük devirlerde daha fazla motor torku, yüksek devirlerde maksimum güçtür.



Şekil 4.9: Kanatçıklar maksimum kapalı ve kanatçıklar açık

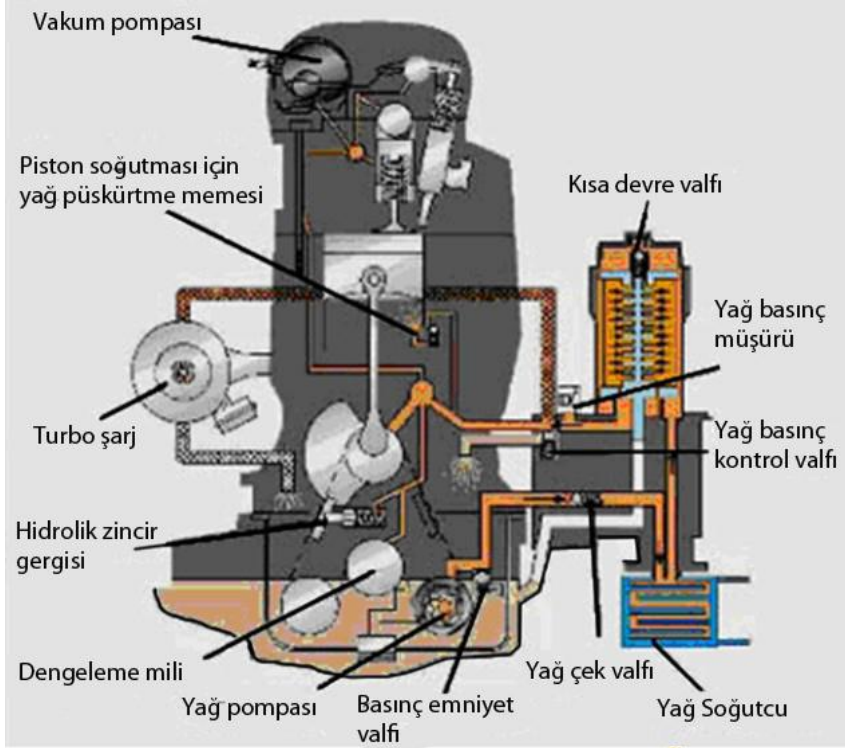
Turbo şarj sisteminde yağlama

Turbo kompresörde kaymalı yataklar kullanıldığından yağlama önemli bir yer tutar. Burada önemli olan yağlamanın sürekli olması ve yağ basıncının korunabilmesidir. Yağlama yağının basıncının düşmesi sonucu yataklardaki aşınmalar ve dolayısıyla radyal boşluklar artar. Hız yükselmelerinde bu boşluklar büyük tahribatlara sebebiyet verebilir. Yağlama basıncının artması sonucunda yağ kaçaqları artarak türbin ve kompresör içerisine yağ kaçabilmektedir. Şekil 4.10'da turbo şarj yağlama sistemi görülmektedir.



Şekil 4.10: Turbo şarj yağlama sistemi

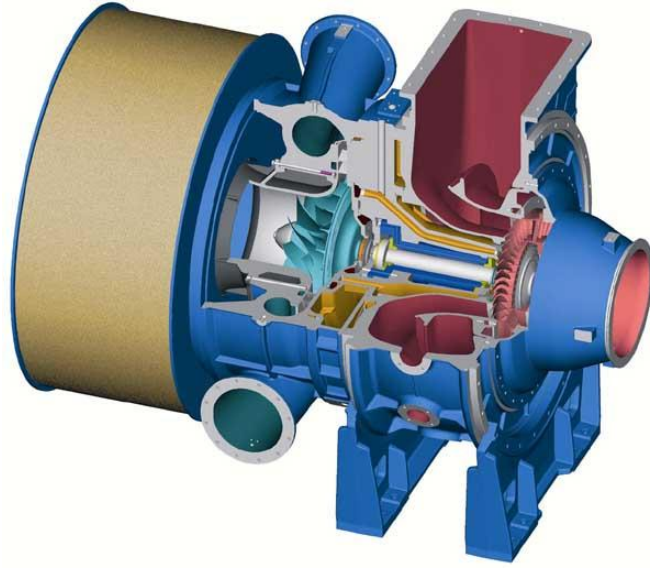
Turbo kompresörün yağlanabilmesi için ayrı bir yağlama sistemine ihtiyaç yoktur. Makine yağlama sistemine bağlı olarak yağlaması yapılabilmektedir. Motor yağ pompası çıkışından ayrılan yağlama yağı bir kanal ve boru yardımıyla turbo kompresörün alt kısmına getirilir. Yataklar yağlandıktan sonra akan yağlar turbo kompresörün alt kısmında toplanarak dönüş borusunun yardımıyla kartere geri gönderilir. Şekil.4.11’de turbo yağlama sistemi motor üzerinde kesit olarak görülmektedir.



Şekil 4.11: Turbo şarj yağlama sistemi

Turbo şarj basınç kontrol sistemi


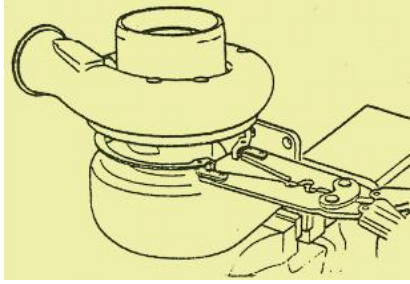
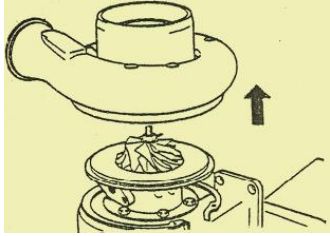
Turbo şarjda, türbin düşük dönme hızlarında istenilen basınç oranını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak motor yüksek devirlere çıktığında bu basıncın sabit kalmasını sağlamak için egzoz gazlarının bir kısmı türbine gönderilmeden atmosfere atılır. Kompresör çıkış basıncı kaçırma supabı pistonunun bir yüzüne etki etmektedir. Pistonun öbür yüzüne bir yay kuvveti etki etmektedir. Kompresör çıkış basıncı belirli bir değeri aştığında yay kuvveti yenilmekte, supabın açılmasıyla egzoz gazlarının bir bölümü atmosfere atılarak türbin gücü sabit tutulmaktadır. Bu şekilde yüksek devirlerde bile sabit basınç elde edilmektedir. Şekil.4.12’de basınç kontrol sistemi görülmektedir.


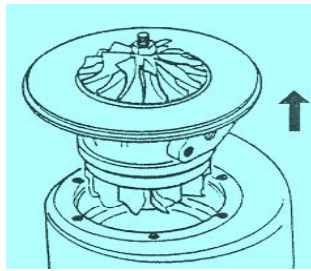

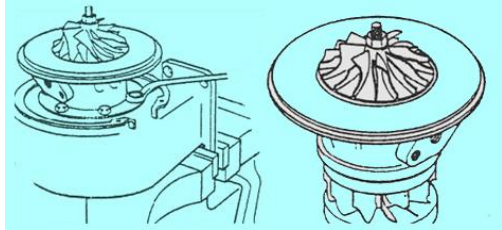

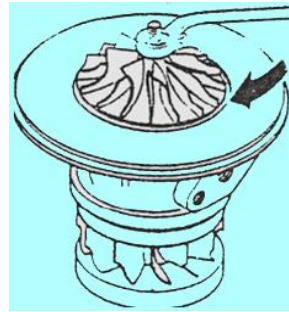



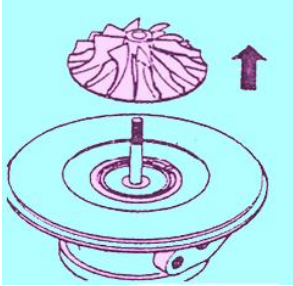
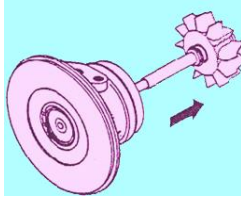
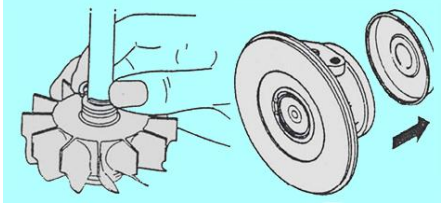
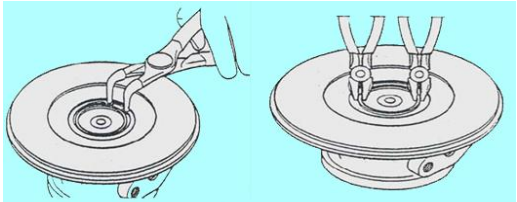
Şekil 4.12:Turbo şarj basınç kontrol sistemi kesiti


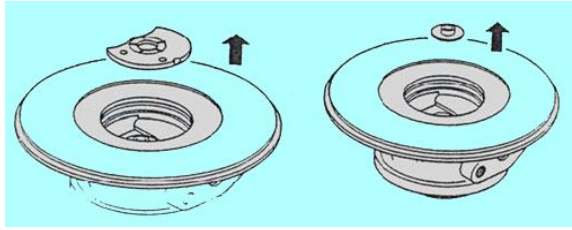
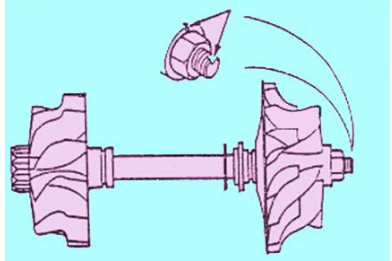

UYGULAMA FAALİYETİ

Atelyenizde bulunan turbo şarjın bakımını, katalog değerlerine bakarak ve uygun takımları kullanarak yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Çalışmaya başlamadan önce üstlerinizden izin alınız. Yapılacak değişikliklerde bilgilendirme yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Gemilerde hiyerarşik yapıyı incelemelisiniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Turbo şarjı motor üzerinden sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Motoru durdurarak soğumasını beklemelisiniz. Egzoz çıkış borusunu turbo çıkış dirseğinden sökmeli; turbo hava giriş hortumunu, hava giriş hortumundan ayırmalısınız.➤ Turbo yağ geri dönüş borusunu turbo ve kerterden sökmelisiniz. Yağ besleme borusunu; turbo ünitesini emme manifolduna bağlayan hortumu sökmelisiniz. Turboyu egzoz manifoldundan ayırmalısınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Tespit segmanını sökünüz. 	<ul style="list-style-type: none">➤ Turbo şarjı mengeneyle bağladıktan sonra kompresör yatağının hareketini sınırlayan tespit segmanını sökmelisiniz.  <ul style="list-style-type: none">➤ Tespit segmanının sökülmesi
<ul style="list-style-type: none">➤ Kompresör kapağını sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Kompresör kapağı hareket ettirilirken kompresör çarkının zarar görmemesine dikkat etmelisiniz.  <ul style="list-style-type: none">➤ Kompresör kapağının sökülmesi




	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Altı adet civatayı gevşetmeli ve sıkıştırma plakasını çıkarmalısınız. 
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sıkıştırma plakasını sökünüz. ➤ Sıkıştırma plakasının sökülmesi ➤ Komple rotor türbin kapağından çıkarılır. Türbin kapağı sokulurken türbin kanatlarının zarar görmemesine dikkat etmelisiniz. 
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hasarlı türbin kanatları. ➤ Komple rotoru sökünüz. ➤ Komple rotorun sökülmesi ve komple rotor ➤ Eğer herhangi bir uyarı yoksa kompresör emniyet somunu sol tarafa çevrilerek sökmelisiniz. 

	 <p>➤ Kompresör çarkının sökülmesi</p>
<p>➤ Kompresör çarkını sökünüz.</p>	<p>➤ Komple rotorun kalan parçalarını yuvasından çıkarılarak türbin mili ve kanadını sökmelisiniz.</p>  <p>➤ Türbin mili ve kanadını sökünüz. Cıvata emniyet segmanlarını açınız.</p>
<p>➤ Türbin piston segmanı ve ısı düzenleyicini sökünüz.</p>	<p>➤ Türbin piston segmanı türbin mil ve kanadına zarar vermeden sökmelisiniz.</p>  <p>➤ Piston segmanı sökülmesi ısı düzenleyicinin sökülmesi</p>
<p>➤ Tespit segmanını ve yağ keçesini sökünüz.</p>	<p>➤ Tespit segmanının yatak muhafazasını üzerindeki düz yüzeyden sökmeli, iki tane kerpeten kullanarak yağ keçesi yuvasından çıkarmalısınız.</p>  <p>➤ Tespit segmanının ve yağ keçesinin sökülmesi</p>

<p>➤ Yağ deflektörünü ve kompresör pistonu segmanını sökünüz.</p>	 <p>➤ Yağ deflektörünün ve piston segmanı sökülmesi</p>
<p>➤ Baskı yatağını ve baskı bileziğini sökünüz.</p>	 <p>➤ Baskı yatağı ve baskı bileziğinin sökülmesi</p>
<p>➤ Komple rotoru dengeleyiniz.</p>	<p>➤ Segmanların mil yatağının konik yüzeyine yerleştirildiğine emin olunmalıdır.</p>  <p>➤ Rotoru dengelenmesi</p>
 <p>➤ Hasarlı parçaları yenisi ile değiştirerek montajı tamamlayınız.</p>	<p>➤ Hem türbin, hem de kompresör kanadı montajında, balansları dikkatlice kontrol edilmelidir.</p>

UYGULAMA FAALİYETİ

Atelyenizde bulunan blowerın bakımını katalog ve uygun takımları kullanarak yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
 <ul style="list-style-type: none">➤ Bloweri motor üzerinden sökünüz.➤ Boru flanş bağlantısını sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Motorun durdurarak soğumasını beklemelisiniz.➤ Blower boru bağlantılarını dikkatlice sökmelisiniz.➤ Bloweri makine bloğundan ayırarak tezgâha almalısınız.
 <ul style="list-style-type: none">➤ Boru flanş bağlantısını bloktan ayırınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ İş güvenliği kurallarına mutlaka uymalısınız.
 <ul style="list-style-type: none">➤ Blower yan kapaklarını sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Uygun anahtar takımları kullanmalısınız.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Çekiç keski kullanmamaya özen göstermelisiniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Kapak iç bağlantı vidalarını dikkatlice sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Kanatların zedelenmemesine dikkat etmelisiniz.
	<ul style="list-style-type: none">➤ Parçaları monte ederken zarar vermemeye özen göstermelisiniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Blower içindeki hava kanatlarını çıkararak kontrolünü yapınız.➤ İşlem basamaklarını takip ederek bloweri toplayınız.	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatli okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi aşırı doldurma sisteminin kullanım nedenlerinden değildir?
A) Daha hafif motor, birim çıkış gücü başına daha küçük bir özgül ağırlık için kullanılır.
B) Normal emişli motorlardan daha az ısı kaybı için kullanılır.
C) Normal emişli motorlara göre daha yüksek volümetrik verim için kullanılır.
D) Yağlama yağının ısıtılması, harcanan ısı enerjisinin yaralı işe dönüştürülmesi için kullanılır.
E) Kontrollü yanma ile daha düşük egzoz emisyonları elde etmek için kullanılır.
2. “Aşırı doldurması olmayan bir motorda, emme zamanında silindire alınan havanın, pistonun silindir içinde boşalttığı hacme oranıdır.” ifadesi aşağıdakilerden hangisinin tanımıdır?
A) Isı verimi
B) Sıkıştırma verimi
C) Efektif (yararlı) güç
D) Volümetrik verim
E) Mekanik verim
3. Kompresörü çevirmek için motor krank milinden veya harici bir kaynaktan, güç alınıyorsa bu motorlara ne ad verilir?
A) Mekanik aşırı doldurmalı motorlar
B) Mekanik verimli motorlar
C) Turbo şarşlı motorlar
D) Dört zamanlı motorlar
E) Hidrolik aşırı şarşlı motorlar
4. Aşağıdakilerden hangisi mekanik süper şarj kompresör çeşiti değildir?
A) Vida kompresör
B) Yıldız tip kompresör
C) Santrifüj kompresör
D) Salınım kanatlı kompresördür.
E) Turbo şarj
5. Aşağıdakilerden hangisi mekanik aşırı doldurmanın dezavantajlarından değildir?
A) Hareketini motordan aldığı için motorda yaklaşık %10 verim kaybına sebep olur.
B) Hareketini motordan aldığı için gürültü fazla olur.
C) Deniz seviyesinde çalışma verimleri düşüktür.
D) Bakım maliyeti fazladır.
E) Hareketini motordan aldığı için makine arızasından çabuk etkilenir.

6. Turbo şarj sisteminde; kompresör hava filtresinden emdiği havayı merkezden alır ve çark kanatlarıyla yüksek hızla çevreye savurur, bu hız yaklaşık kaç devir/dakikaya çıkar?
- A) 44 000
B) 54 000
C) 274 000
D) 100 000
E) 1 500
7. Aşağıdakilerden hangisi turbo şarj sisteminin avantajlarından değildir?
- A) Aynı motor hacmine sahip motora göre daha fazla güç elde edilebilir.
B) Yakıt tüketiminin azaltılmasına yardımcı olur.
C) Motorun herhangi bir parçasından hareket almadığı için daha yüksek verime sahiptir.
D) Daha düşük seviyede egzoz emisyonu oluşur.
E) Motor ani olarak yüklenip de fazla havaya ihtiyacı olduğu zaman turbo aynı hızla hızlanarak gerekli havayı temin edemez.
8. Aşağıdakilerden hangisi turbo şarj sisteminin çalışmasına bağlı olarak normalin üstünde egzoz gazının siyahlaşması ve randıman düşüklüğü arızasının nedenlerinden biri değildir?
- A) Turbo şarjın alçak basıncında hava azalması
B) Sıkıştırma gövdesinde iç kirlenme
C) Turbo kanatlarının kırılması
D) Kirlenmiş hava filtresi elemanı
E) Turbo şarjın arkasındaki egzoz susturucusunun tıkanması.
9. Aşağıdakilerden hangisi turbo şarj montaj işleminden sonra yapılan kontrollerden biridir?
- A) Radyal boşluğun kontrolü yapılır.
B) Hasar olması durumunda, parça değiştirilmelidir.
C) Piston segmanı contasının oturduğu yuvanın durumu incelenmelidir.
D) Tespit segmanı yuvasında yapışmış malzeme varsa temizlenmelidir.
E) Kanatlarda eğrilme, çatlama veya bükülme gibi deformasyona bakılmalıdır.
10. Aşağıdakilerden hangisi turbo şarj temizlik bakım işlemlerinde yapılmaz?
- A) Tüm vida ve dişliler değiştirilir.
B) Türbin ve kompresör kanatlarının bitişik olduğu yüzeyler, sabit yataklamanın sağlanması için temizlenmelidir. Bu şekilde pürüzsüz bir yüzey elde edilmiş olur.
C) Son olarak turbo elemanlarının delik kısımlarına hava üfleyerek temizleme işlemi tamamlanmalıdır.
D) Turbo şarjın parçalarının temizlenmesinde tel fırça ya da raspa; alüminyum kısımlarının temizlenmesinde sert bir kıl fırça kullanılmalıdır.
E) Turbo şarjın onarım için tamamıyla söküldüğünde elemanlar metalik temizleyicilerle temizlenmelidir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-5

ÖĞRENME KAZANIMI

İnter coolerin arıza tespiti ve bakımlarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu öğrenme faaliyeti sonunda gemi dizel motorlarında kullanılan inter coolerin bakımını yapabileceksiniz. Ön hazırlık yapmak amacıyla;

Çevrenizde bulunan dizel motorlu gemilere giderek İnternet ortamını kullanarak ya da okul kütüphanesinden ve modül kitabınızdan yararlanarak;

- Dizel motorlarında kullanılan inter coolerin işlevini,
- Aşırı doldurma sistemlerindeki yerini ve yararlarını araştırınız.
- Gemide sorumluluk bilinci (gemiye, üst ve astlarına karşı sorumluluğu) konusuna yönelik tutum ve davranışları ön plana çıkaran grup etkinliklerine yer verilmelidir.

Araştırmalarınızı bir doküman hâlinde getirerek arkadaşlarınızla paylaşınız.

5. AŞIRI DOLDURMA SİSTEMLERİNDE HAVANIN SOĞUTULMASI

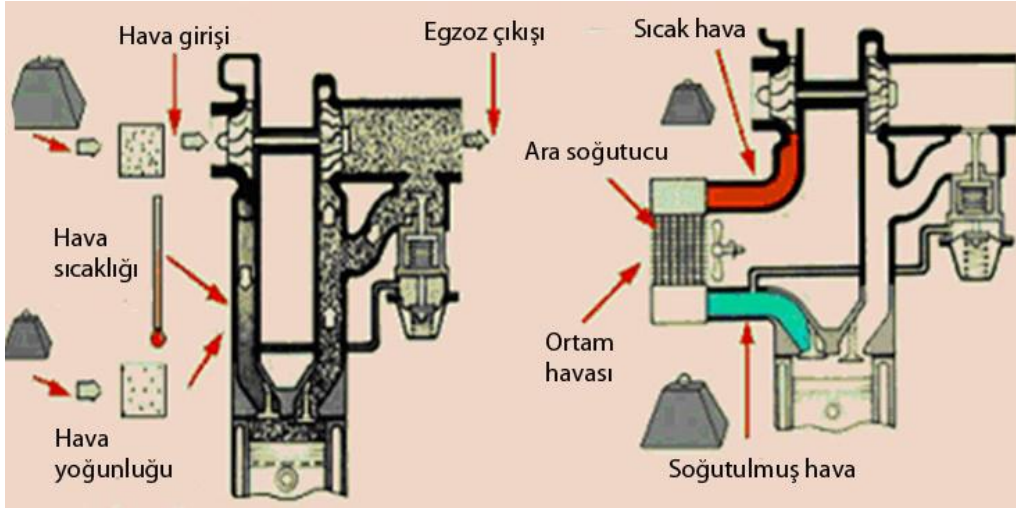
5.1. İntercooler Sistemi

Silindir içine alınan havanın silindire alınmadan önce soğutulmasını sağlayan sistemlere İnter Cooler (Girişte Soğutma) sistemi adı verilir.

5.1.1. İnter Cooler Sisteminin Kullanılma Nedenleri ve Görevleri

Bir motorun verebileceği maksimum güç, silindir içerisinde tam yanabilecek yakıt miktarı ile sınırlıdır. Yakıt miktarı ise her bir çevrimde silindir içerisine giren hava miktarı ile orantılıdır.

Eğer emme havası, çevre havasından daha yüksek bir basınç ve yoğunluk değerinde sıkıştırılabiliyorsa aynı boyuttaki bir motordan alınabilecek maksimum güç artırılabilir. Bu olaya **aşırı doldurma** denir.



Şekil 5.1: Havanın soğutulması

Aşırı doldurmalı motorlarda, sıcaklık artışı sebebiyle motora verilen havanın yoğunluğu ve bunun sonucu olarak da emilen hava içindeki oksijen miktarı azalmaktadır. Başka bir deyişle birim hacme daha az miktarda oksijen düşer. Bu olumsuz durumun önüne geçebilmek için kompresörden emilen hava motor silindirine gönderilmeden soğutulmalıdır.

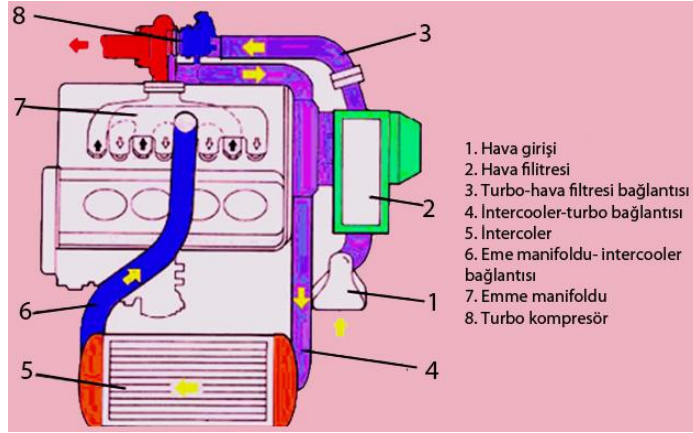
Bu soğutma aynı zamanda sıkıştırma başı sıcaklıklarının, dolayısıyla genel sıcaklık seviyesinin yükselmemesi için gereklidir. Kompresörden çıkan havanın soğutulması (ara soğutma) sonucu, aynı doldurma basıncı için motora emilen hava miktarı arttığından motor verimi de artmaktadır.

Doldurma havasını soğuturken atılan ısıyı, daha sonra egzozdan atmaya gerek kalmamaktadır. Böylece motorun soğutma sistemi de küçülecektir. Şekil.5.1.'de intercooler sistemiyle havanın soğutulması görülmektedir.

5.1.2. İntercooler Yapısı ve Çalışması

İntercooler, kompresörün gönderdiği havayı soğutmaya ve böylece havanın yoğunluğunu arttırmaya yarayan düzendir. Bir radyatöre benzeyen intercooler cihazı egzoz gazlarının işlemesiyle kızgın hâle gelen türbin kanatçıklarının gönderdiği sıcak ve basınçlı havanın yoğunluğunu normal düzeye indirir.

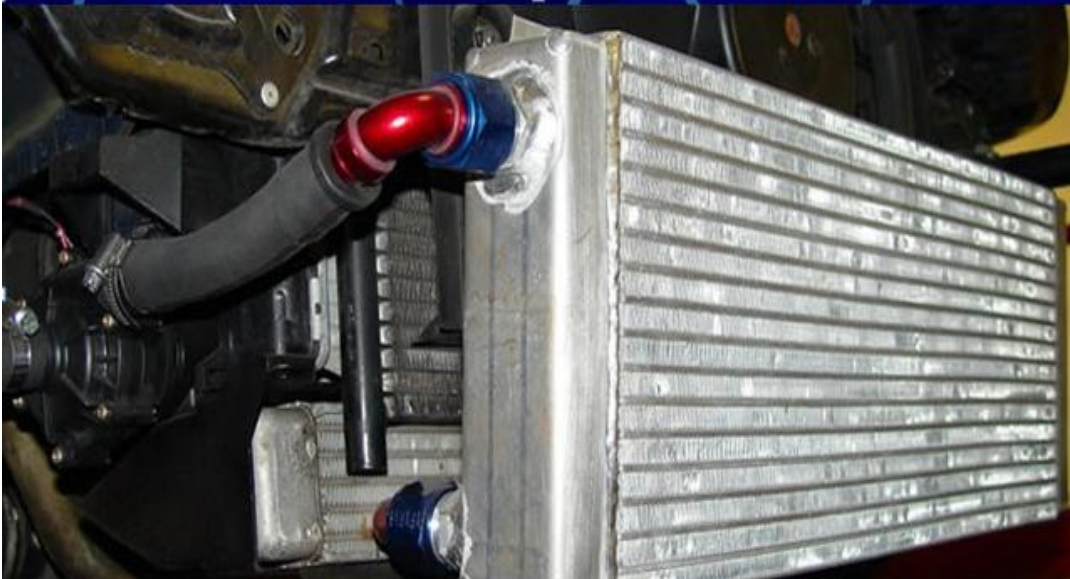
Yoğunluğu artırılmış havanın silindirlerde meydana getireceği yanma daha güçlü olacaktır. İntercooler kullanmanın temel amacı birim hacme, aşırı doldurma yaparak alınan sıcak havanın soğutulması ve birim alana alınan oksijen miktarının artırılmasını dolayısıyla yanma veriminin yükseltilmesi sağlamaktır.



Şekil 5.2:İntercooler çalışması

Soğutucular mümkün olduğu kadar kompresörün yakınına yerleştirilmiştir. Bu tasarım şekli, soğutucunun borularından geçen havanın hızını azaltır, hava basınç kaybını en aza indirir ve intercooler verimini artırır. İntercooler boruları iyi ısı transferi sağlamak amacıyla alüminyum alaşımdan yapılmaktadır. Bu tür soğutucularda hava hızı 14 m /sn, su hızı ise yaklaşık olarak 0,75 m /sn civarındadır.

İntercoolerin ana kısmını oluşturan radyatör ise genellikle alüminyum alaşımlarından ve ya bakırdan imal edilir. İntercooler kullanılan bazı aşırı doldurmalı sistemlerde, kompresörden çıkan emme havasının sıcaklığını ayarlayabilen termostatlı kısa devre klapesi kullanılmaktadır.



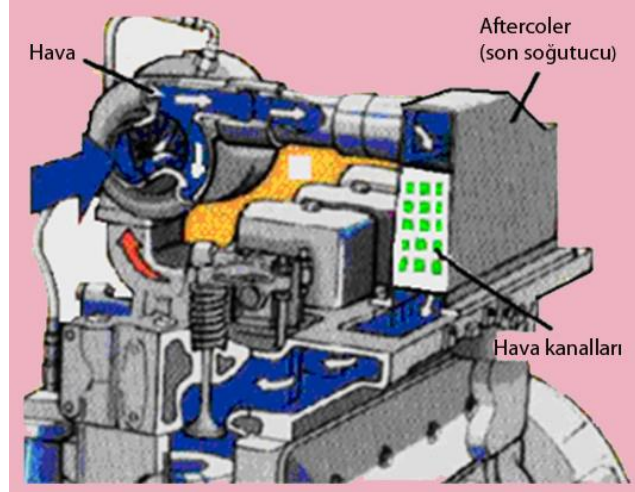
Resim 5.3: Büyük dizel motor üzerinde intercooler uygulaması

Turbo şarj kompresöründen gelen havanın sıcaklığına bağlı olarak çalışan termostat yardımıyla kısa devre yapılır. Hava direkt olarak silindir içerisine gönderilir. Böylece hava

intercooler radyatörüne girip soğumadan, kısa devre ile silindir içerisine gönderilmiş olur. Hava soğutmalı intercooler sisteminde türbinin basınçlı olarak gönderdiği havanın, basıncıyla birlikte sıcaklığı da yükselmiştir.

Silindir içerisine daha fazla hava sokulabilmesi için sıcaklığın azaltılması gerekmektedir. Emiş havasının sıcaklığını düşürebilmek için kompresörden çıkan hava motor soğutma suyu radyatöründen geçirilerek ön tarafta bulunan intercooler radyatörüne gönderilir.

Burada hava soğutulduktan sonra motora gönderilir. Emme havası, soğutma suyu radyatörünün önünde bulunan intercooler radyatörüne ön taraftan esen soğuk dış ortam havası yardımıyla soğutulmuş olur.



Şekil 5.3: Hava soğutmalı intercooler

5.1.3. Aftercooler Sistemi (Çıkışta Soğutma)

Turbo sistemlerinde havanın, motor soğutma suyu ile soğutulması işlemine **aftercooler sistemi** denir. Bu tür soğutuculara son soğutucu da denilmektedir.

5.1.3.1. Aftercooler Sisteminin Kullanılma Nedenleri ve Görevleri

Aşırı doldurmalı motorlarda, sıcaklık artışı sebebiyle motora verilen havanın yoğunluğu ve bunun sonucu olarak da emilen hava içindeki oksijen miktarı azalmaktadır. Bu olumsuz durumun önüne geçebilmek için kompresörden emilen hava motor silindirine gönderilmeden soğutulmalıdır.

Bu soğutma aynı zamanda sıkıştırma başı sıcaklıklarının, dolayısıyla genel sıcaklık seviyesinin yükselmemesi için gereklidir. Kompresörden çıkan havanın soğutulması sonucu, aynı doldurma basıncı için motora emilen hava miktarı arttığından motor verimi de artmaktadır.

5.1.3.2. Aftercooler Sisteminin Yapısı ve Çalışması

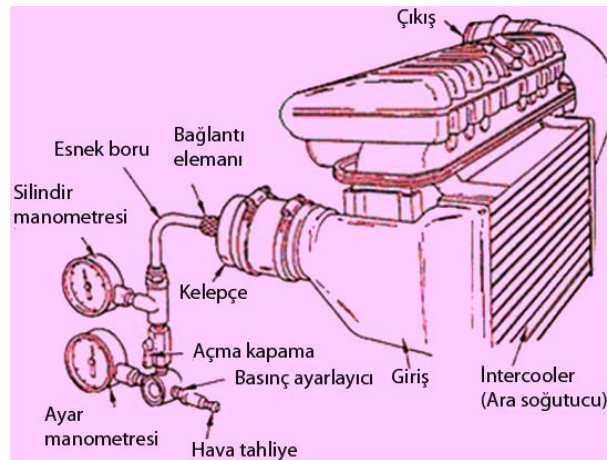
Turbo sistemli motorda havanın soğutulması için emme manifoldu üzerinde, içinde motor soğutma suyunun bulunduğu bir radyatör bulunur. Bu radyatörün soğuk kısmından alınan su yardımıyla emme havası soğutulur.

Kompresör çıkışında basıncı ve sıcaklığı artan hava, radyatör petekleri arasından geçerek soğutulur. Böylece emme havasının sıcaklığı motor soğutma suyu sıcaklığına gelir ve emme manifolduna dolar.

Bu sistem şu anda pek kullanılmamaktadır. Daha çok hava soğutmalı (intercooler) sistem ya da ikisi birlikte kullanılmaktadır. Kompresörden çıkan hava, soğutma suyu yardımıyla soğutulmaktadır. Motor soğutma suyunun bulunduğu radyatörün soğuk kısmından alınan su yardımıyla emme havası soğutulur. Emme manifoldunun içerisine, soğutma suyuyla çalışan ve emme havasını soğutmakta kullanılan bir radyatör petekleri arasından geçerek silindire giderler. Böylece kompresörden çıkan emme havası soğutulmuş olur.

5.1.4. İntercooler Sisteminde Yapılan Kontroller

Ara soğutucular, imalat aşamasında ve imalat sonrası testlerden geçirilirler. İmalat aşamasında kullanılan malzemelerin, titreşim ve değişik çalışma sıcaklıklarından dolayı oluşan termal genleşme ve büzülme gibi değişimlerinde kontrol edilmesi gerekir.



Şekil 5.4: Bir ara soğutucunun test şeması

Ayrıca sarsıntı ve korozyona dayanıklılığı bilinmelidir. Soğutma seviyesi tespitleri de imalat aşamasındaki testlerindedir. Hem imalat sonrası hem de gerektiği hâllerde kullanılırken sızdırmazlık testleri yapılmak zorundadır. Sızdırmazlık testi Şekil 5.4' te görüldüğü gibi yapılır. Ara soğutucunun bir ağzına hava sızdırmayacak şekilde hava manometresi adapte edilerek bu manometreden sonra bir vana ve ikinci bir manometre takılır.

İkinci manometre birinci manometrenin ölçümünü doğrulamak amacıyla takılır. İkinci ağızdan basınçlı hava verilir. Ara soğutucu; kullanılacağı yere, malzemesine ve büyüklüğüne göre (1,7 ila 4,1 bar) 25 ila 60 psi basınçlı hava ile test edilir.

Test esnasında sızdırma ve kaçak olup olmadığını anlamak amacıyla sabun köpüğü ile kaynakla birleştirilmiş bölgeler kontrol edilir. Genellikle ara soğutucunun köşe noktalarından sızıntı olmaktadır. Ara soğutucunun performans testleri ise rüzgâr tünellerinde roll test ve şasi dinamometresi ile yapılmaktadır.

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Çalışmaya başlamadan önce üstlerinizden izin alınız. Yapılacak değişikliklerde onları bilgilendiriniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Gemilerde hiyerarşik yapıyı incelemelisiniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ İntercooler sistemini oluşturan parçaları sökerek kontrollerini yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ İntercoolerleri kataloguna göre standartlara uygun olarak sökerek kontrollerini yapmalısınız.➤ Sistemin arızasını varsa gidererek temizliğini yapmalısınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ İntercooler sisteminin bakımını yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ İntercooler sistemini kataloguna uygun takınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki test sorularında dikkatle okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

- Aşağıdakilerden hangisi turbo şarj sisteminin görevidir?
 - Motora basınçlı hava göndermektir.
 - Motora yakıt göndermektir.
 - Egzoz gazlarını temizlemektir.
 - Motorun soğumasına yardımcı olmaktır.
 - Motorun ısınmasını sağlamaktır.
- Birim hacme daha az miktarda oksijen düşmesinin nedeni nedir?
 - Havanın soğuması
 - Havanın ısınması
 - Nem
 - Damlama
 - Yoğunlaşma
- Motorun çalışma şartlarına göre gerekli olan havayı temin ederek motor verimini ve gücünü artıran sistem aşağıdakilerden hangisidir?
 - Enjektör
 - Hava filtresi
 - Manifold
 - Turbo şarj
 - Skavenç
- Dizel motorlarda en avantajlı aşırı doldurma sistemi hangisidir?
 - Mekanik aşırı doldurma
 - Egzoz gazlarıyla aşırı doldurma
 - Hidrolik aşırı doldurma
 - Süper şarj
 - Pnömatik aşırı doldurma
- Türbin çarkı yaklaşık kaç devir/ dakika hızla döner?
 - 10.000
 - 1000
 - 100.000
 - 100
 - 1 000 000
- Aşağıdakilerden hangisi intercoolerin Türkçe anlamıdır?
 - Son soğutucu
 - Ara soğutucu
 - Girişte soğutucu
 - Soğutucu
 - Isıtıcı

7. İntercooler sisteminde hava akış hızı ne kadardır?
A) 14 m / sn
B) 15 m / sn
C) 18 m / sn
D) 20 m / sn
E) 200 m/sn
8. İntercooler radyatörü hangi malzemeden yapılmaktadır?
A) Çelik
B) Demir döküm
C) Pik döküm
D) Alüminyum alaşımı
E) Kurşun
9. İntercooler sisteminin görevi nedir?
A) Yakıt hava karışımını sıkıştırmak
B) Yakıt hava karışımını soğutmak
C) Turboya gelecek havayı ısıtmak
D) Egzoz çıkışını rahatlatmak
E) Turboya gelecek havayı soğutmak
10. İntercooler sistemi hangi basınç değerlerinde test edilmelidir?
A) 30–50 psi
B) 45–80 psi
C) 25–60 psi
D) 20–50 psi
E) 100 – 200 psi

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise modül değerlendirmeye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

KONTROL LİSTESİ

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Atölye güvenlik kurallarını öğrendiniz mi?		
2. Atölyelerinizdeki yangın köşelerini incelediniz mi?		
3. Atölyelerinizdeki makine kullanım kartlarını incelediniz mi?		
4. Dizel motorlarının endüstrideki önemini ve yerini öğrendiniz mi?		
5. Dizel motorların avantajlarını saydınız mı?		
6. Gemilerde kullanılan dizel makinelerin bağlantı şekillerini kavradınız mı?		
7. Dizel motorların çalışma sistemini öğrendiniz mi?		
8. İki ve dört zamanlı dizel makineleri ayırt ettiniz mi?		
9. Dizel motor diyagramlarını analiz ettiniz mi?		
10. P-V Diyagramı çizdiniz mi?		
11. Gemi dizel makinelerinde güç çeşitlerini saydınız mı?		
12. İndike (iç) güç hesabı yaptınız mı?		
13. İndike güce etki eden faktörleri saydınız mı?		
14. Efektif (faydalı) gücü tanımladınız mı?		
15. Dinometre çeşitlerini saydınız mı?		
16. Efektif güç hesabı yaptınız mı?		
17. Dizel motorlarda verim çeşitlerini saydınız mı?		
18. Mekanik verim hesabı yaptınız mı?		
19. Termik verim hesabı yaptınız mı?		
20. Volümetrik verim hesabı yaptınız mı?		
21. Makine verimine etki eden faktörleri saydınız mı?		
22. Dizel motorlarında kullanılan yakıt ve yağları öğrendiniz mi?		
23. Dizel motorlarında yanmayı kavradınız mı?		
24. Yanma çeşitlerini saydınız mı?		
25. Yanmaya etki eden faktörleri sıraladınız mı?		
26. Yanma odalarını incelediniz mi?		
27. Yanma denklemini analiz ettiniz mi?		
28. Yanmanın evrelerini saydınız mı?		
29. Özgül yakıt sarfiyatını hesapladınız mı?		
30. Silindire her çevrimde püskürtülen yakıt miktarını hesapladınız mı?		
31. Dizel motorları yakıt sistemi parçalarını atelyenizdeki dizel motorlar üzerinde kavradınız mı?		
32. Gemi dizel makinelerinde kullanılan aşırı doldurma sistemlerini incelediniz mi?		

33. Aşırı doldurma sistem çeşitlerini saydınız mı?		
34. Turbo şarj sistemini incelediniz mi?		
35. Turbo şarj söktüp bakımını yaptınız mı?		
36. Turbo şarj arıza çeşitlerini saydınız mı?		
37. Blower sistemlerini incelediniz mi?		
38. Blower söktüp bakımını yaptınız mı?		
39. Blower arızalarını teşhis ettiniz mi?		
40. İntercooler sistemini incelediniz mi?		
41. İntercooler ile aftercooler arasındaki farkları saydınız mı?		
42. Havanın soğutulma gerekliliğini açıkladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1.	E
2.	D
3.	A
4.	A
5.	D
6.	A
7.	C
8.	B
9.	D
10.	D
11.	D
12.	A
13.	C
14.	D
15.	A
16.	C
17.	D
18.	C
19.	C
20.	A

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	D
3	A
4	E
5	C
6	D
7	E
8	A
9	A
10	B

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	B
3	A
4	D
5	D
6	B
7	E
8	A
9	A
10	A

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	D
3	A
4	E
5	C
6	D
7	E
8	C
9	A
10	A

ÖĞRENME FAALİYETİ-5'İN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	B
3	D
4	B
5	C
6	C
7	A
8	D
9	E
10	C

KAYNAKÇA

- BİLGİNPERK, Hüseyin, **Dizel Motorları**. M.E.B Devlet Kitapları, 1990
- KÜÇÜKŞAHİN, Fahrettin, **Dizel Motorları**, Cilt I, 1985
- KÜÇÜKŞAHİN, Fahrettin, **Dizel Motorları Teorisi**, Birsen Yayınevi İstanbul, 2008
- KÜÇÜKŞAHİN, Fahrettin, **Gemi Makineleri**, 1997
- KÜÇÜKŞAHİN, Fahrettin, **Gemi Makineleri Operasyonu 2**, 1998
- KÜÇÜKŞAHİN, Fahrettin, **Gemi Yardımcı Makineleri ve Sistemleri 1**, 2001
- FİLDİŞ A.Muhtar, TÜRKMEN Hulusi, ve diğerleri, **Motorculuk Dizel İş ve İşlem Yaprakları**, M.E.B. Devlet Kitapları, 1992