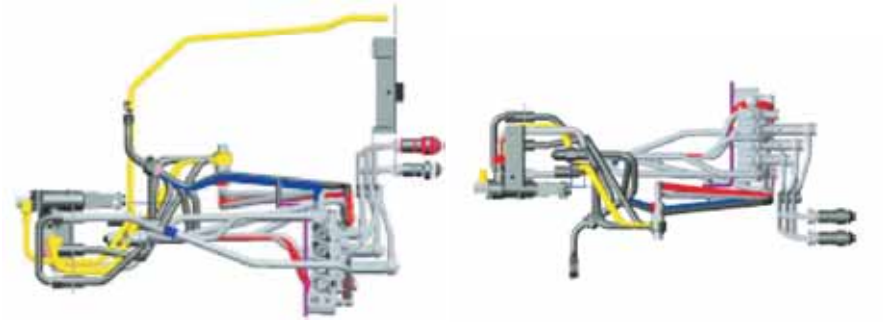
Hidrolik Sistemlerde Verimi Etkileyen Faktörler

Alper Konali[1], Selahattin Sarı[2], Murat Balaban[3]

ÖZET

Hidrolik sistemlerin verimli çalışmasını sağlamak için hidrolik yağların bulundukları ortamlarda (yağ tankı, boru iç yüzeyleri, piston hazneleri, vs.) yüzeylerin temizliği büyük önem taşımaktadır. Bu tarz sorunlar sistemin gereğinden fazla ısınmasına, yüzey hassasiyetlerinin bozulmasına, sistemin tamamen çalışamaz duruma gelmesine sebebiyet verebilir. Sistemlerde oluşabilecek hasarlar sonrasında önlem almak yerine tasarım, üretim, montaj gibi aşamalarda gerekli hususlar; kullanılan yağın kontrolü, kullanım sırasında aracın ve sistemin kontrolü gibi konular göz önünde bulundurulmalıdır. Mekanik sistemlerde alınan gerekli önlemler sistemin verimini arttırarak aracın ömrünü uzatmaya yardımcı olur.



1. HİDROLİK SİSTEMLERİN ÇALIŞMA PERFORMANSI

Hidrolik sistemlerde temel amaç etkin güç ileten sistemi oluşturmaktır. Sistemin etkinliği, tasarım ve üretim safhalarında gerekli kriterlere uyulduğunda artmaktadır. Sistemin etkinliğinden kasıt yüksek verimdir. AR-GE olarak, ilk hedefimiz yüksek verimli sistemler tasarlamak olduğundan tasarladığımız sistemlerde verimi düşürebilecek tüm etkenleri en aza indirgememiz gerekmektedir.

Sistemin verimini düşürecek durumlardan bahsetmeden önce önemli bir hidrolik sistem kavramı olan kavitasyondan kısaca söz etmekte yarar var.

Kavitasyon Nedir?

Hidrolik yağların içerisinde genellikle %10 oranında çözünmüş yağ bulunur. Bu çözünmüş yağ, düşük basınçlı bölgelerde ayrışarak açığa çıkar. Bu bölgelerde ayrışan çözünmüş yağ, bulunduğu yerde hava kabarcıklarına sebep olur. Bu durum, tasarım yönünden istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, hidrolik sistemlerde çok düşük basınçlardan kaçınılır.

Şekil 1. [9]

[1] Alper Konali*, alperk@turktraktor.com.tr (iletişim yazarı)
[2] Selahattin Sarı*, selahattins@turktraktor.com.tr
[3] Murat Balaban*, muratb@turktraktor.com.tr

* Türk Traktör Güvercin Yolu, No:111-112, 06560 Gazi/Ankara

Düşük basınçlı bölgeden yüksek basınçlı bölgeye geçildiğinde ise oluşan hava baloncukları şiddetle patlayarak yok olurlar. Bu durum;

- Ses
- Hidrolik yağda ısınma
- Hidrolik elemanlarda aşınma
- Hidrolik komple parçalara zarar verme (Dişli, Pompa, vs.)

gibi problemlere neden olur.

2. HİDROLİK SİSTEMLERDE OLUŞABİLECEK PROBLEMLER

Hidrolik sistemlerde oluşabilecek problemlerin bilinen önemli belirtileri;

- Anormal ses
- Yüksek akışkan sıcaklığı
- Yavaş çalışma
- Basınç kaybına bağlı yük taşıyamama/ yetersiz basınç

olarak sıralanabilir.

Anormal Ses

Hidrolik sistemlerde anormal sesin sebebi genellikle, hava ve kavitasyon olarak kabul edilir. Hava girmiş hidrolik sistemlerin belirtileri, yağın sirkülasyonu sırasında çarpma ve vurma sesine benzer sesler çıkarmasıdır. Ayrıca, yağ sürekliliğini de bozduğundan sistemi kesik kesik çalıştırabilir. Hidrolik sistem içerisindeki havanın zararları yağın çabuk yaşlanması, yağlamanın azalması, sistemin ısınarak keçe ve contaların bozulması şeklinde sıralanabilir.

Rezervuardaki düşük yağ seviyesi sisteme hava girişine ve pompa emişinde girdaba sebep olur (Laminer akış kaybolur); düzgün istenen akış oluşmaz. Hava genellikle sisteme pompa emişinden girer. Bu yüzden pompa giriş (emiş) hattında hortum, kelepçe, rakor gibi parçaların iyi durumda ve sıkı olduğunun kontrol edilmesi çok önemlidir.

Yüksek Akışkan Sıcaklığı

Yağ sıcaklığı 82°C'nin üzerine çıktığında, hidrolik sistemdeki sızdırmazlık elemanları zarar görebilir ve yağın yaşlanması hızlanır. Isınan yağın viskozitesi düşerek, sistem elemanlarının sorunsuz çalışması için gerekli olan optimum değerinden uzaklaşır.

Şekil 2'de görüldüğü gibi sistemdeki yağın optimum değerlerde kullanılması, sistemin verimini maksimuma çıkarır ve yağın ömrünü uzatır.

Yağ, yüksek basınçtan düşük basınca doğru iş yapmadan hareket ettiğinde, ısı açığa çıkar. Bu da hidrolik sistemdeki herhangi bir ekipmanın iç kaçağının, yağın ısınmasına sebep olması anlamına gelir. Bu ekipman, yüksek basınçtaki yağı piston keçesinden kaçıran bir silindirden yanlış ayarlanmış bir valfe kadar hidrolik sistem üzerindeki herhangi bir ekipman olabilir.

Hidrolik sistemler ısıyı rezervuarları aracılığıyla dışarı atarlar. Sistemin ısınmasının önüne geçmek için öncelikle;

- Hidrolik yağ seviyesi takip edilmeli
- Gerektiğinde doğru seviyeye getirilmelidir.

Hava sıkıştığında ısındığından, sisteme giren havanın, sistemdeki yağın ısınmasına sebep olacağı açıktır. Daha önce kavitasyon anlatılırken bahsedilen yağ içindeki hava boşlukları sıkıştığında ısınacak ve hidrolik yağın ısınmasına sebep olacaktır. Ayrıca, yabancı partiküller de eğer sisteme karışmışsa; yağın iletimi sırasında borulara çarpacağından ısıyı arttırır. Hidrolik yağın ısınmasının önüne geçmek için sistemi kavitasyon ve hava girişine karşı korumak gerekmektedir.

Köpük

Hidrolik sistemlerde sıkça karşılaşılan bir problemdir. İhmal edildiğinde büyük arızalara sebep olur. Hidrolik sıvısının içerisinde köpük oluşmasının sebebi genellikle sisteme giren hava ve harici kirleticiler ile yükselen yüzey gerilimidir.

Hidrolik bir sistemde köpüklenmenin önüne geçilmesi için ilk olarak kontrol edilmesi gereken, pompa emiş tarafına, sisteme, hava girişine sebep olacak gevşek bir bağlantının veya çatlağın; gres, toz ve nem gibi harici kirleticilerin olup olmadığıdır. Bu tarz harici kirleticiler hidrolik sistem yağıyla bir araya geldiklerinde köpük oluşumuna sebep olurlar. Hidrolik sistemlerde, tankın tasarımı ve içindeki yağ seviyesinin uygun olup olmadığı da başlıca bir köpük sebebidir.

3. KİRLİLİK SEVİYESİ

Aşağıda tavsiye edilen kirlilik seviyeleriyle ilgili tablo bulunmaktadır. Tablodaki değerler her parçada olması gereken genel kirlilik düzeyini vermektedir.

17/14 Ne Demek?

Bir mililitre yağ numunesinde belli büyüklüğün üzerinde kaç adet kirletici partikül olduğunu veren bir kod sistemidir.

Hidrolik ileri-geri valfi, ıslak şanzıman ve hidrolik güç çıkışı gibi parçaların kullanılmaya başlamasıyla birlikte

Şekil 2. [10]

Tablo 1. [11]

Sistem Tipi	ISO Kirlilik
Yüksek basınçlı hidrolik sistem veya servovalfli sistemler	13/10
Duruşu kritik türbinler ve diğer döner makinalar	14/11
Orta yüksek basınçlı hidrolik sistemler	14/11
Orta kritiklikteki döner makinalar	15/12
Daha az kritik, değişken hızlı/yüklü döner makinalar	15/12
Kritik olmayan döner makinalar ve dizel motorlar	16/13
Dişli kutuları ve geri kalan diğer makinalar	117/14

Tablo 2. [11]

17/14

15 mikrondan büyük partikül adedi

5 mikrondan büyük partikül adedi

R Ranj sayısı	1 ml yağ numunesinde bulunan partikül sayısı	
	Alt Limit	Üst Limit
24	80,000	160,000
23	40,000	80,000
22	20,000	40,000
21	10,000	20,000
20	5,000	10,000
19	2,500	5,000
18	1,300	2,500
17	640	1,300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
09	2.5	5
08	1.3	2.5
07	0.64	1.3
06	0.32	0.64

kirlilik seviyesi daha da aşağıya çekilecektir. Gövde ve dişlilerin içerisindeki yeni yağlama kanalları, valf içerisindeki orifisler çok küçük çaplarda olduğu için tıkanma olasılıkları artacaktır. Bu nedenle sistem arızalarının önüne geçilmesi için temizlik seviyelerinin istenilen değerlere gelebilmesi ve o seviyede kalabilmesi gerekir.

Hidrolik yağlardaki su hacminin %0,10'un üzerinde olmaması istenir. %1'in üzerinde su karışmış yağlarda gözle görülür bir bulutlanma olur. Yağa karışan su miktarı arttıkça sıvının kaynama noktası düşer. İçerisindeki su sıcaklık arttıkça kaynamaya başlar ve su buharı açığa çıkar. Yağ içerisindeki su nedeniyle kavitasyon oluşumu ve performans düşüşü özellikle fren gibi kritik hidrolik sistemelerde sıkıntı oluşturur.

4. SİSTEME GİREN KİRLİLİĞİN KAYNAKLARI

Hidrolik sistemlerde görünen kirlilik kaynaklarını başlıca sıralayacak olursak; toz, kaynak parçaları, keçe ve hortumlardan gelen kauçuk parçaları ile makine ve döküm parçalardan gelen metal parçacıklar olarak görürüz.

Hidrolik yağa temas eden parçaların yıkanması son derece önemlidir. Ayrıca bekleme anında bu parçaların temizliklerinin muhafaza edilmesi de çok önemlidir.

Partikül kirliliğinin sonuçları; orifislerin tıkanması, komponentlerde aşınma, suyun ve nemin etkisiyle oluşan pas ve oksidasyon, kimyasal bileşik oluşumu, akışkanda katkı maddelerinin bozulması, biyolojik bozulma olarak görülebilir.

Bağlantı esnasında veya bağlantıdan önce sistemde bulunan pislikler (çapak vs.) pompanın ömrünü azalttığı gibi veriminin de düşmesine sebebiyet verir. Ayrıca bağlantı esnasında eksik ya da hatalı takılan parçalar (pul,o-ring vs.) ya yağ kaçağına ya da sistemin hava almasına sebep olur.

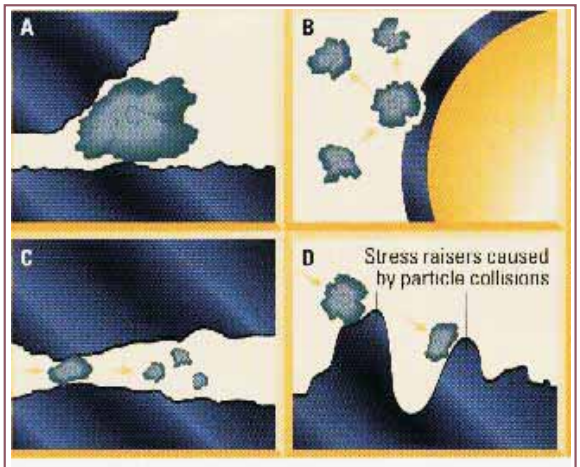
5. PARTİKÜL KİRLİLİĞİNİ ÖNLEME YÖNTEMLERİ

Flushing işlemi sistemde daha sonra kullanılacak hidrolik yağın borularda dolaştırılmasıyla yapılan temizleme işlemidir. Kapalı bir hacimde yağın dolaştırılarak partiküllerin temizlenmesi için yağın boru içinde sürtünme oluşturması gerekmektedir. Boru içinde yağın sürtünme oluşturması da yağ akışının laminer akıştan türbülanslı akışa dönmesiyle gerçekleşir. Bu temizlik işleminde dikkat edilmesi gereken husus, temizlik işleminde kullanılacak yağın sistem yağı olması ve temizlik yapılacak malzemelerin partikül bırakmayan özellikte olmasıdır. Hidrolik sistemlerde sistemin sorunsuz çalışmasındaki en büyük etken sistemin temizliği olduğundan flushing çok önemlidir.

Bir insanın saç teli 90 mikrondur. En iyi gözün göreceği en küçük partikül 40 mikrondur. Hidrolik sistemde ise ortalama 20 mikron, hatta oransal valflerin olduğu sistemlerde 10 mikron ve üzeri partiküller arıza nedeni olabilmektedir. Flushing işlemi esnasında borulara yumuşak bir çekiçle vurarak oluşturacağımız titreşim, temizliği olumlu yönde etkileyecektir. Ayrıca akış yönünü belirli periyotlarla değiştirmek gerekir.

Partikül kirliliği oluşum şekilleri dört gruba ayrılabilir:

A. Mekanik sürtünme



Şekil 3. [12]

B. Yeni parça koparma

C. Daha küçük parçacıklara ayrılma

D. Zımpara etkisi

Kirliliğin büyük olumsuz etkiye sebep olduğu parçaların başında pompa gelir. Pompa, kavitasyondan en çok etkilenen sistem elemanıdır. Çalışma ömrünü diğer sistem elemanlarının bağlantı ve montaj şekilleri belirler.

Sistem performansına etki eden diğer bir hidrolik sistem elemanı yağ tankıdır. Yağ tankının içerisindeki metal parçaları, toz ve pisliğin temizlenmemesi durumunda filitrenin tıkanmasına sebebiyet verebilir. Sistemdeki tıkanma basınç farkını arttıracağından verim kaybına ve yağın ısınmasına sebep olur.

Sistemin normal çalışması sırasında hava almasına sebep olan parçalar emiş hattı parçalarıdır. Emiş hattı üzerindeki hava girişi gözlemlenemediği için montajı esnasında çok dikkat etmek gerekir. İmalat kaynaklı hatalar ya da eksiklikler çok zor, geç ya da sisteme zarar verdikten sonra anlaşılabilir.

Yapılan tasarımların hidro-dinamik yapısının da kavitasyonun oluşumunda büyük etkisi vardır. Bu sebeple tasarım çalışmalarında buna dikkat edilmesi ileride oluşabilecek kavitasyon problemlerinin -buna bağlı olarak, verimdeki düşüşün- de önüne geçilmesini sağlayacaktır.

Düzgün akış katsayısı (γ) sistem içindeki akışkanın ne kadar düzgün olduğunu göstermektedir ve 0 ile 1 arasında bir değerdir (1, tamamıyla düzgün, ideal bir akışı göstermektedir). Tanıma göre denklem aşağıdaki gibidir.

$$\gamma = 1 - \frac{\sum_i |v_i - \bar{v}| A_i}{2A\bar{v}}$$

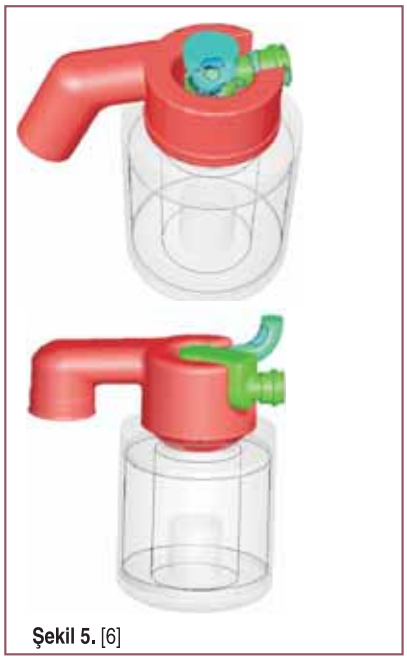
Burada;

A_i : Hücresel yüzey alanını

v_i : Hücresel yüzeydeki hızı

A : Toplam yüzey alanını

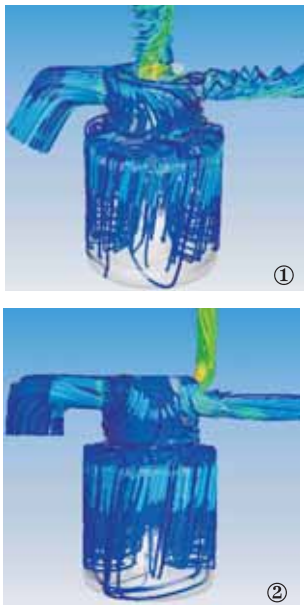
$\bar{v}$: Tüm yüzey için ortalama hızı göstermektedir.



Şekil 5. [6]

Şekil 5'te aynı görevi gören iki ayrı tasarım gösterilmektedir. Burada önemli nokta, parçaların hidro-dinamik yapılarının farklılığıdır.

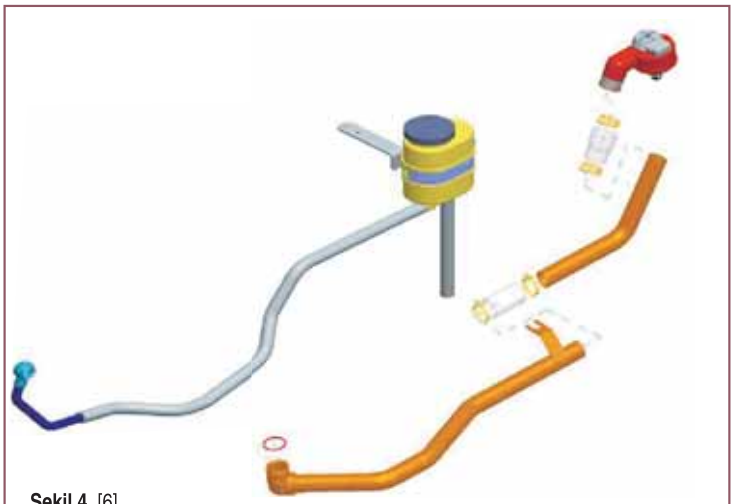
Şekil 6'da ise farklı tasarlanan emiş borularında sıvının akış yolları gösterilmektedir. Düzgün akış katsayısının denkleminin kullanıldığı analiz sayesinde, 2 nolu şekilde parçanın hidro-dinamik yapısının sıvı akışının daha düzgün olmasını sağladığı görülmektedir. Bu da borularda oluşabilecek türbülansı önleyip akışın daha laminer bir yapıya sahip olmasını; bu nedenle kavitasyon oluşumunun minimuma indirgenmesini sağlamaktadır.



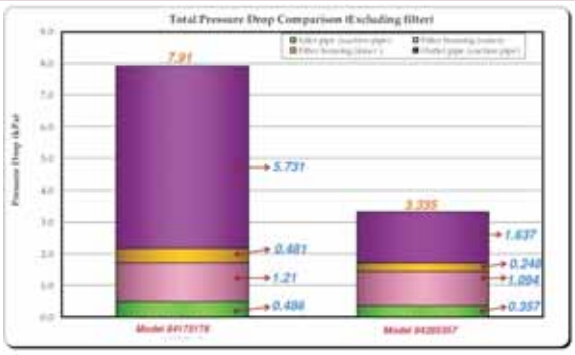
Şekil 6. [6]

Türbülansın oluşumu basınç kayıplarına yol açarak hidrolik sistemlerde güç kaybına ve verimin düşüşüne sebep olacaktır.

Şekil 7, iki tasarım arasındaki basınç düşüş değerlerini göstermektedir.



Şekil 4. [6]



Şekil 7. [6]

Şekil 8. [6]

Tanımdan yola çıkarak,

Güç Kaybı = $\Delta P \cdot \dot{q}$

ΔP basınç kaybını, $\dot{q}$ ise akış debisini göstermektedir. Basınç kaybının olduğu yerde güç kaybından, dolayısıyla verimin düşmesinden söz edebiliriz.

6. ÖRNEK BAĞLANTI ŞEKLİ

Örneğin, herhangi bir montaj esnasında ve bu montajın ara parça bağlantıları yapılırken bağlayıcılar arasına pulların atılması; cıvatalara uygun torkların verilmesi; yüzeylerin iyice basacak şekilde sıkı monte edilmesi; gerekli koşullarda bağlayıcıların sıkılması; banjo ve boru bağlantılarının gerekli tork değerlerinde sıkılması; uygun ara elemanlarının takılması sistemin daha verimli çalışmasını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. **İnan, B.** 2007. "Hidrolik Yağları Tanımak ve Doğru Hidrolik Yağları Kullanmak", TMMOB MMO Mühendis ve Makina Dergisi, cilt:48, sayı:565, s. 28-32.
2. **Mannesman Rexroth,** 1998. "Mineral Oil Based Pressure Fluids for Vane Pumps, Radial Piston Pumps and Gear Pumps," http://hpts.co.kr/rexroth/RE07075.PDF
3. **Herzog, S.** 2005. "The Benefits of Maximum Efficiency Hydraulic Fluids," http://www.machinerylubrication.com/Read/776/maximum-efficiency-hydraulic-fluids
4. **Casey, B.** 2003. "Symptoms of Common Hydraulic Problems and Their Root Causes," http://www.machinerylubrication.com/Read/531/hydraulic-root-causes
5. **Light, D.** 2005. "Hydraulic Fluids Meet Increasing Operating Demands." http://www.machinerylubrication.com/Read/753/hydraulic-fluids-operating
6. **Sivagaminathan, N., Mehta, M.** "Steady State CFD Analysis - Performance Analysis of Suction Pipes," L&T Integrated Engineering Services
7. **Herzog, S., Marougy, T.** 2007. "Influence of Viscosity Increase on the Rate of Temperature Increase of Hydraulic Fluids," http://65.38.6.88/%28S%28tlszzpyzlkr2l255scj0gxj5%29%29/Articles/Print/974
8. "Effect on Viscosity Upon The Volumetric and Mechanical Efficiency Of Hydraulic Pumps," 2007. http://www.hfifluidpowerproducts.com/Pages/Hydraulic-Fluid.html, Fluid Power Products
9. "Microfluid Mechanics, 2011. Chapter 8: Flow Phenomena in Microflows," http://en.wikiversity.org/wiki/Microfluid_Mechanics_Chapter_8._Flow_Phenomena_in_Microflows
10. "Contamination & Cleanliness," Engineering for Hydraulic & Pneumatic (E.H.P.), http://www.ehp-eg.com/hydraulic-training/hydraulic-oil/contamination-and-oil-cleanless/
11. **Çağlayan, İ. H.** 2001. "Hidrolik Yağlarının İki Büyük Düşmanı: Kirlilik ve Su," II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, TMMOB MMO, Yayın No: E/2001/278-1, s. 149-158.
12. **Emanet, S.** 2001. "Hidrolik Sistemlerde Filtrasyon ve Filtre Elemanının Özellikleri," II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, TMMOB MMO, Yayın No: E/2001/278-1.

TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI 44. OLAĞAN GENEL KURULU DUYURUSU

44. Olağan Genel Kurul ve Seçimler, çoğunluklu olarak 21-22 Nisan 2012 tarihlerinde saat: 09.30'da Meşrutiyet Cad. No: 19/4 Kızılay- Ankara adresindeki Makina Mühendisleri Odası'nda; çoğunluk sağlanamadığı durumda ise çoğunluksuz olarak **Genel Kurul 28 Nisan 2012 tarihinde Kocatepe Kültür Merkezi'nde** (Mithatpaşa Cad. No: 76 Ankara), Seçimler ise **29 Nisan 2012 tarihinde Makina Mühendisleri Odası'nda** (Meşrutiyet Caddesi 19/4 Kızılay - Ankara) saat 09.30'da aşağıdaki gündemle toplanacaktır.

1. GÜN

- Açılış
- Başkanlık Divanı ve Seçimi
- Saygı Duruşu
- Oda Başkanının Konuşması
- Konuk Konuşmaları
- Komisyonların Seçimi
- Çalışma ve Denetleme Raporlarının Okunması ve Görüşülmesi
- Aklama
- Komisyonların Görüşülmesi
- Dilek ve Öneriler
- Seçime Katılacak Adayların Belirlenmesi

2. GÜN

- Yönetim Kurulu, Oda Onur Kurulu, Denetleme Kurulu Üyelerinin Seçimi
- TMMOB Yönetim ve Denetleme Kurulları ve Yüksek Onur Kurulu İçin Adayların Seçimi
- TMMOB Genel Kuruluna Katılacak Delegelerin Seçimi