

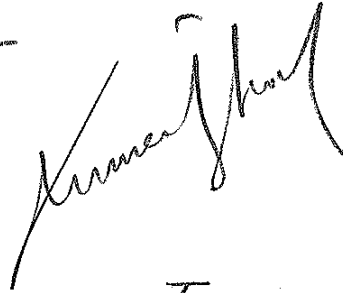
Hidro dinamik

Radyal. Kaymalı

Yataklar

(TS ISO 7902: 1, 2, 3)

-I-



Tuncer ÖZKAN
Mak.Y. Müh.

(8 Adl. 6, 7 ve 8 uygulama örneği: Amasra - Tarlaözü vine.)

EK

Türk Standardı ; TS ISO 7902 : 1, 2 ve 3'e (OCAK 2007) göre ;

Sürekli (zamanla değişmeyen) şartlarda çalışan hidrodinamik radyal kaymalı yatakların (dairesel kesitli silindirik), örneklerle hesap yöntemi ;

Örnek 1 - Aşağıda verilen boyutlar ve işletme değerlerine göre yatağın hesabı isteniyor.

- Yatak kuvveti (Nominal yük) ----- : $F = 36000 \text{ N}$
- Milin devir sayısı ----- : $N_j = 33,33 \text{ s}^{-1}$
- Yatağın devir sayısı ----- : $N_B = 0 \text{ s}^{-1}$
- Yatağın mili, çevre çevre sarma açısı ----- : $\Omega = 360^\circ$ (Tam radyal yatak)
- (Mili 360° çevre çevre saran yatak konstrüksiyonu).
- Nominal yatak çapı (iş çapı) ----- : $D = 120 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Yatağın maksimum delik çapı ----- : $D_{\max} = 120,070 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Yatağın minimum delik çapı ----- : $D_{\min} = 120,050 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Yağlama delik çapı (Şekil E2) ----- : $d_L = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Milin maksimum çapı ----- : $D_{j,\max} = 119,950 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Milin minimum çapı ----- : $D_{j,\min} = 119,930 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Nominal yatak genişliği ----- : $B = 60 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Boyutsuz B/D oranı ----- : $B/D = 0,5$
- Yatak kayma yüzeyinin ortalama pürüz derinliği ----- : $R_{ZB} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
- Mil çeme (yatağa) yüzeyinin ortalama pürüz derinliği ----- : $R_{Zj} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

veya mil çalışma yüzeyinin (Muytu yüzeyi)

• Yatacak malzemesi için ısıl genişleme katsayısı - - - - - : $\alpha_{L,B} = 23 \cdot 10^{-6} K^{-1}$

• Mil malzemesi için ısıl genişleme katsayısı - - - - - : $\alpha_{L,j} = 11 \cdot 10^{-6} K^{-1}$

(Not: Mil ve yataklarda çok kullanılan malzemeler için ısıl genişleme katsayıları [L-E4]:

Çelik - - - : $11 \cdot 10^{-6} / K$

Bronz - - - : $16 \cdot 10^{-6} "$

Dökme demir ... : $10 \cdot 10^{-6} "$

Alüminyum ... : $23 \cdot 10^{-6} "$

Çelik döküm - - : $14 \cdot 10^{-6} "$

• Kullanılan yağ (Şekil E4) - - - - - : ISO VG 100

Kullanılan yağın, işletme sıcaklığına karşılık gelen dinamik viskozitesi aşağıda verilmiştir:

ISO VG 100 için.

T_{eff} °C	η_{eff} (T_{eff}) Pa.s
40	0,098
50	0,057
60	0,037
70	0,025

T_{eff} - Yataktaki yağ sıcaklığı (Yatacak işletme sıcaklığı, Efektif yağ sıcaklığı)

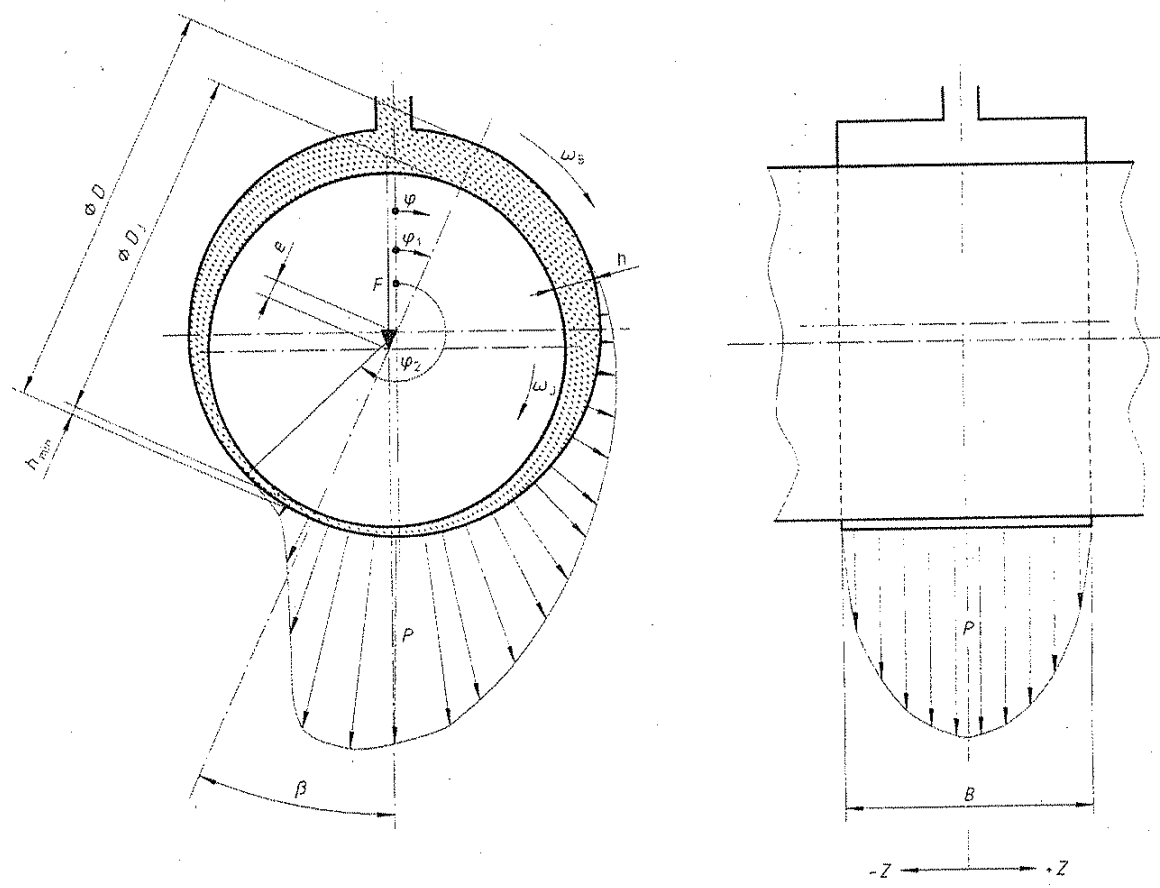
η_{eff} - T_{eff} 'e karşılık gelen, dinamik işletme viskozitesi (Yağın, efektif dinamik viskozitesi)

Not. Madensel sıvı yağlar ISO tarafından 18 viskozite sınıfına ayrılmış olup (ISO VG), bu sınıflar diermorda yer alan sayılar o sınıftaki yağların

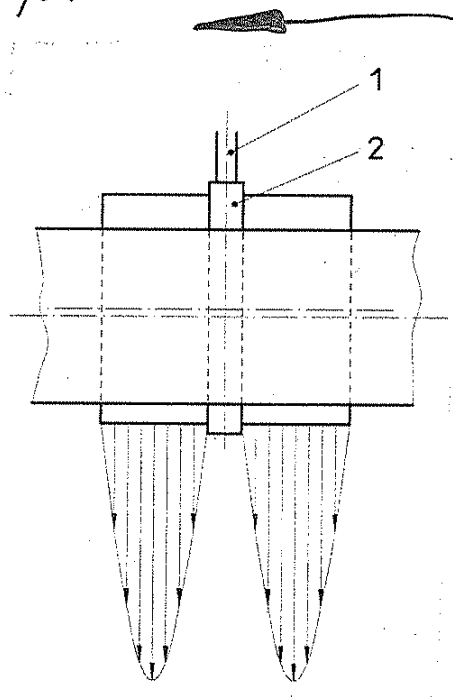
40°C de mm^2/s cinsinden yaklaşık kinematik viskozite değerlerini göstermektedir (Şekil E4).

- Yatak gövdesinin ısı veren dış yüzey alanı $\dots : A = 0,3 \text{ m}^2$
- Isı taşınım katsayısı (Yatak dış yüzeyi ile çevre ortam arasındaki ısı geçişi için) $\dots : k_H = 20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Çevre ortam sıcaklığı $\dots : T_{\text{amb}} = 40^{\circ}\text{C}$
- Yağın yatağa giriş sıcaklığı (cebri-zorlanmış - yağlama için yağın yatağa giriş sıcaklığı) $\dots : T_{\text{en}} = 58^{\circ}\text{C}$
- Yağ besleme basıncı (cebri-zorlanmış - yağlama için yağ besleme basıncı) $\dots : P_{\text{en}} = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- Yağın hacimsel özgül ısısı $\dots : \rho \cdot c = 1,8 \cdot 10^6 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$
- Kabul edilebilir (Müşaaade edilen) max. özgül yatak yükü $\dots : \bar{P}_{\text{Lim}} = 10 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
- Kabul edilebilir (Müşaaade edilen) max. yatak sıcaklığı $\dots : T_{\text{Lim}} = 70^{\circ}\text{C}$
- Kabul edilebilir (Müşaaade edilen) min. yağ filmi kalınlığı $\dots : h_{\text{Lim}} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
- Kabul edilen yatak sıcaklığı $\dots : T_{B,0} = 60^{\circ}\text{C}$
- Yağlayıcının kabul edilen özgül kütlesi $\dots : \rho = 900 \text{ kg}/\text{m}^3$

Viskozite indeksi ise, yağın sıcaklık değişimlerine karşı viskozitelerini koruyabilme özelliğidir. Yüksek viskozite indeksine sahip motor yağları soğukta ince ve akıcı, sıcakta ise kalındır. İndeks numarası yükseldikçe yağın viskozitesinin sıcaklık değişiminden etkilenmesi azalır.

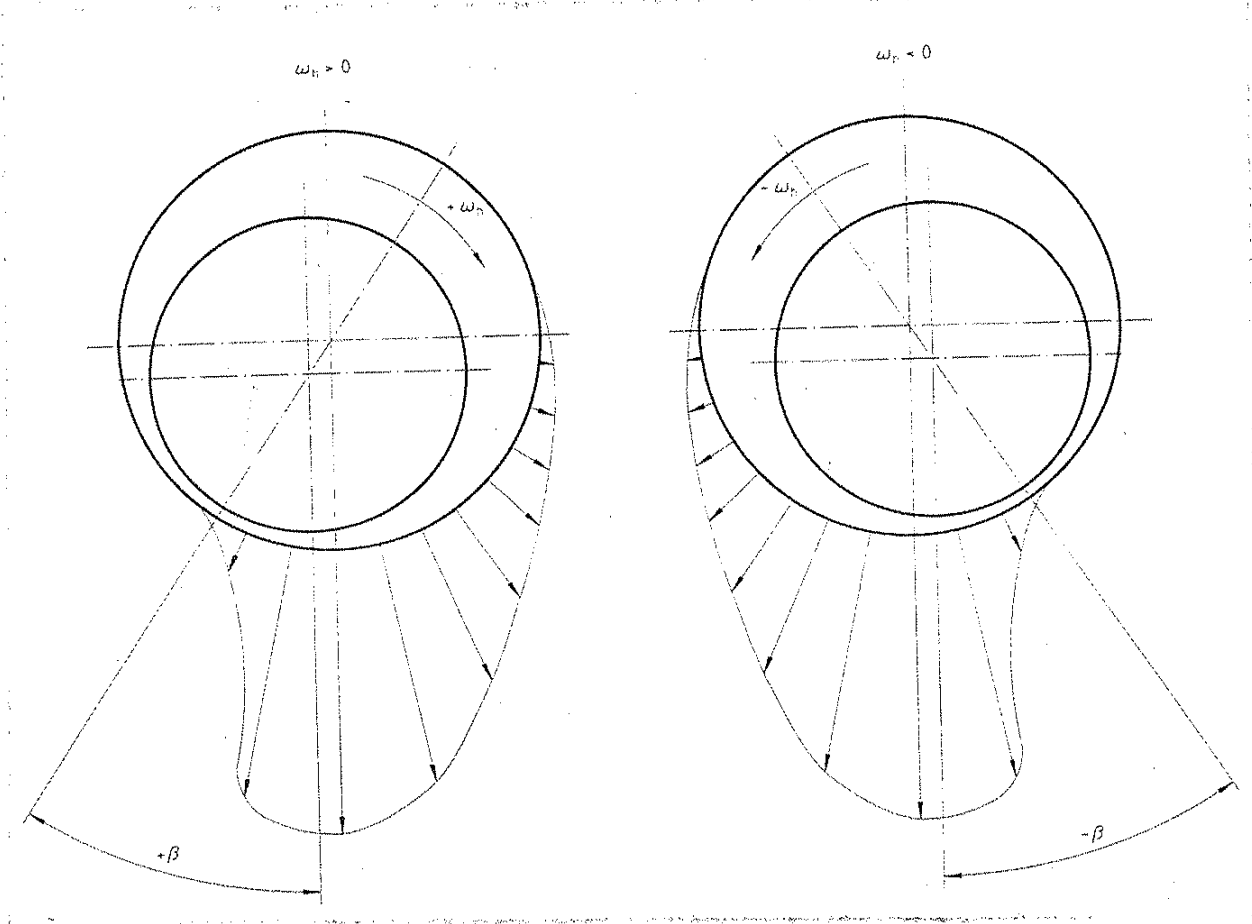


Şekil E1 - Hidrodinamik radyal kaymalı yataklarda sembollerin gösterimi: [L-E1]



- φ - Dönme yönündeki eksenel koordinat
- φ_1 - Yağ filmi basıncının oluşmaya başladığı yerin eksenel koordinatı
- φ_2 - Yağ filmi basıncının sonlandığı yerin eksenel koordinatı
- p - Lokal (yerel) yağ filmi basıncı

Şekil E2 - Hidrodinamik yatacak [L-E1].
1- Yağ deliği
2- Yağ kanalı



Şekil E3 - Radyal yataktak basınç dağılımı [L-E1]

ω_h - Hidrodinamik açısal hız

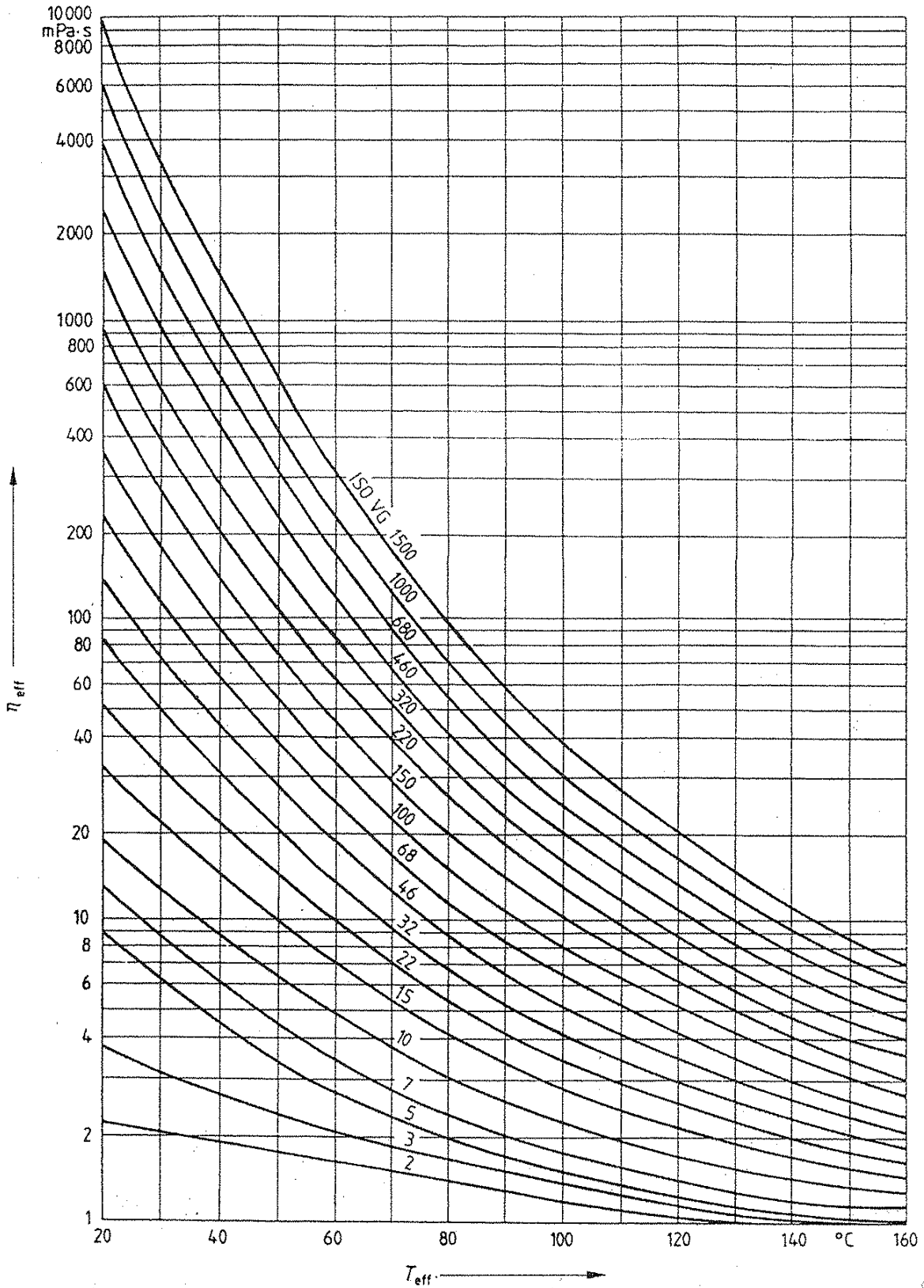
β - Açısal sapma (Milin eksantrikliğinin açısal sapması), eksantrik açısı.

Hesap :

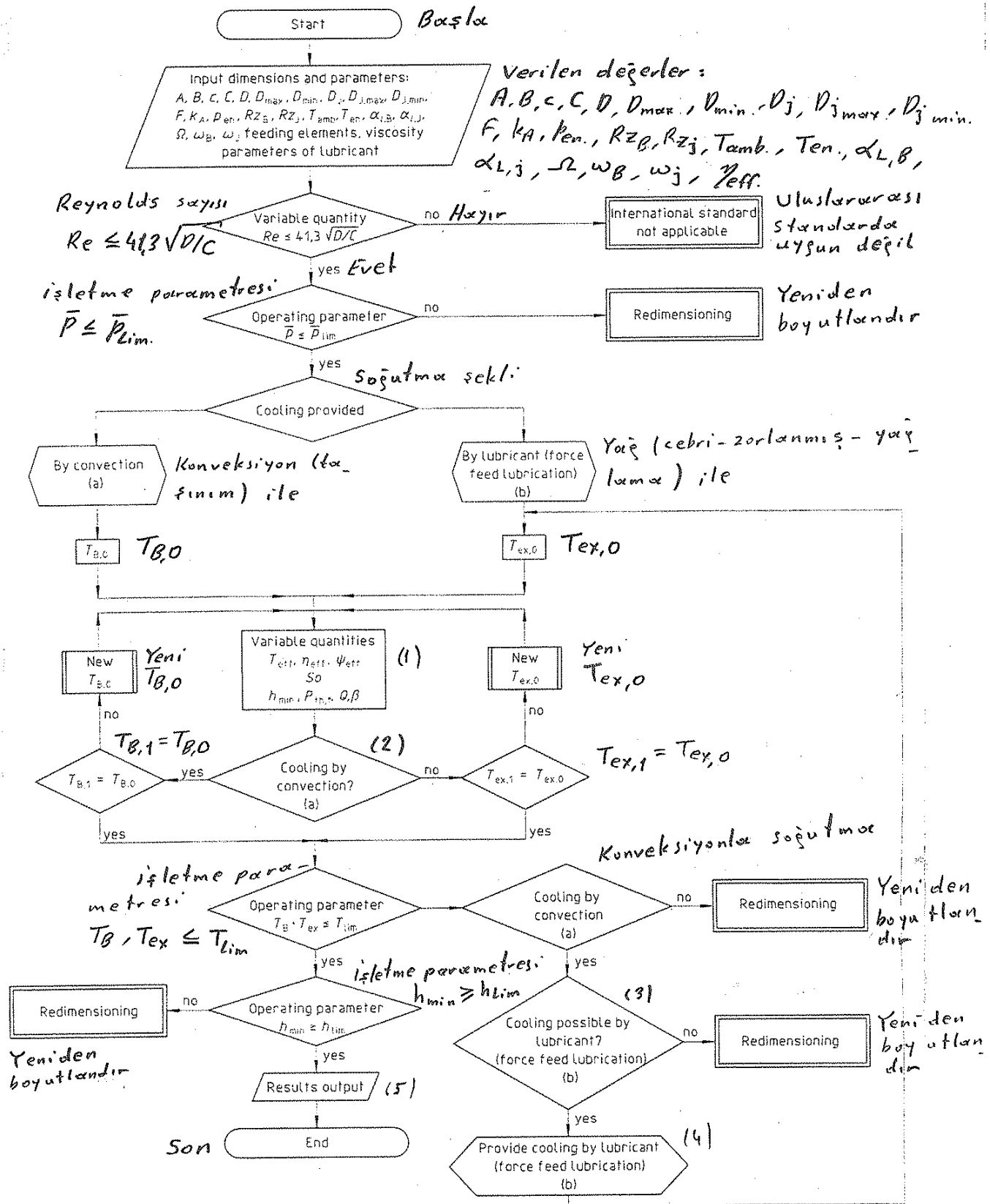
Hesap tasarımı, Şekil E5'e göre yapılmıştır.

- Reynolds sayısı Re nin kontrolü,

Reynolds diferansiyel denkleminin çözümünde, bazı kabuller yapılmış olup bu kabullerden biri de "Yatak boşluğundaki yağ akışı laminar" dır.



Sekil E4 - Efektif dinamik viskozite η_{eff} 'in, efektif yatak sıcaklığı T_{eff} 'e bağlı değişimi. Viskozite indeksi $VI=100$, özgül kütlesi $\rho=900 \text{ kg/m}^3$ ve ISO 3448 standardına uygun olan yağlar için geçerlidir [L-E2]. (ISO 3448 : Endüstriyel sıvı yağlar - ISO viskozite sınıfları)



Şekil E5 - Hesap yönteminde izlenecek işlem adımları (Akış diyagramı) [L-E1].

Değişken değerler
Teff, γ_{eff} , Ψ_{eff}
So
hmin., $P_{th,t}$, α , β (1)

Söğütme
Konveksiyonlamı?
(a) (2)

Söğütme yağ ile
olabilir mi?
(Cebri yağlama)
(b) (3)

Yağ ile söğütme oluştur
(Cebri yağlama)
(b) (4)

Elde edilen
sonuçlar (5)

Akışın laminar olması için Reynolds sayısının, aşağıdaki şartı sağlaması gerekir :

$$Re = \frac{\rho U_j \frac{C_{R,eff}}{2}}{\eta} = \frac{\pi D N_j \frac{C_{R,eff}}{2}}{\nu} < 41,3 \sqrt{\frac{D}{C_{R,eff}}} \quad (E1)$$

ρ	U_j	$C_{R,eff}$	η	D	N_j	ν
kg/m^3	m/s	m	$Pa \cdot s$	m	$1/s$	m^2/s

Burada ;

U_j - Milin çevresel hızı

$C_{R,eff}$ - Efektif, radyal yatak boşluğu

ν - Yağın kinematik viskozitesi

• izafi yatak boşluğu Ψ ;

$$\Psi_{max} = \frac{D_{max} - D_{j,min}}{D} \quad (E2)$$

$$\Psi_{max} = \frac{(120,070 - 119,930) \cdot 10^{-3}}{120 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Psi_{max} = 1,1667 \cdot 10^{-3}$$

$$\Psi_{min} = \frac{D_{min} - D_{j,max}}{D} \quad (E3)$$

$$\Psi_{min} = \frac{(120,050 - 119,950) \cdot 10^{-3}}{120 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Psi_{min} = 0,833 \cdot 10^{-3}$$

• Ortalama izafi yatak boşluğu $\bar{\Psi}$,

$$\bar{\Psi} = 0,5 (\Psi_{max} + \Psi_{min}) \quad \text{--- (E4)}$$

$$\bar{\Psi} = 0,5 (1,1667 + 0,833) \cdot 10^{-3}$$

$$\| \bar{\Psi} = 1 \cdot 10^{-3}$$

(Sayfa: 9/1 deki
bileşi gelecek)

• izafi yatak boşluğunun ısı değişimi (izafi yatak imalat boşluğu) $\Delta\Psi$;

Hesaplanan $\bar{\Psi}$ yatak boşluğu, işletme esnasında aşınan yatak ve milin farklı penleşmelerinden dolayı değişir. İmalatın 20°C lik ortamda yapıldığı ve işletme sırasında yatak sıcaklığının arttığı göz önüne alınırsa, işletme anındaki izafi yatak boşluğunun ısı değişimi,

$$\Delta\Psi = (\alpha_{L,B} - \alpha_{L,i}) (T_{eff} - 20^{\circ}\text{C}) \quad \text{--- (E6)}$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Doğal konveksiyon (Doğal ısı taşınımı) ile soğutulmaktadır;

Kabul edilen yatak sıcaklığı $T_{B,0}$ ile yatak içindeki yağın sıcaklığı T_{eff} arasında fazla bir fark yoktur dolayısıyla,

$$T_{B,0} = T_{eff}$$

alınabilir. $T_{B,0} = T_{eff} = 60^{\circ}\text{C}$, buna göre;

Kullanım kolaylığı bakımından $\bar{\Psi}$ -9/1-
değerleri Tablo E1 den de alınabilir.

Mil çapı D_j [mm]	Milin çevresel hızı U_j [m/s]				
	$U_j \leq 1$	$1 < U_j \leq 3$	$3 < U_j \leq 10$	$10 < U_j \leq 30$	$30 < U_j$
$D_j \leq 100$	1,32	1,6	1,9	2,24	2,24
$100 < D_j \leq 250$	1,12	1,32	1,6	1,9	2,24
$250 < D_j$	1,12	1,12	1,32	1,6	1,4

Tablo E1 - Ortalama izafi yatak boşluğu için, ampirik kabul edilebilir $\bar{\Psi} \cdot 10^3$ değerleri [L-E3].

Ayrıca literatür [L-E3], ortalama izafi yatak boşluğu $\bar{\Psi}$ için, yaklaşık

$$\bar{\Psi} = 0,8 \sqrt[4]{U_j} \text{ (‰)} \quad \text{--- (E5)}$$

ifadesini vermiştir. Bu ifade de çevre hızı U_j , m/s olarak alınacaktır. Tercih edilen değerler;

$$0,56 - 0,8 - 1,12 - 1,32 - 1,6 - 1,9 - 2,24 - 3,15 \text{ (‰)}$$

dir.

izafi yatak boşluğunun ısı değişimi (Eşitlik E.6);

$$\Delta\psi = (23-11) \cdot 10^{-6} \cdot (60-20)$$

$$\parallel \Delta\psi = 0,48 \cdot 10^{-3}$$

• Efektif izafi yatak boşluğu ψ_{eff} ;

Isınmış yataktaki izafi yatak boşluğu,

$$\psi_{eff} = \bar{\psi} + \Delta\psi \quad (E.7)$$

dir. Başka bir deyişle ψ_{eff} , yatak boşluğu için kabul edilebilir işletme değeridir.

($\psi_{eff} = \psi_{20} + \Delta\psi$ şeklinde yazabiliriz. Mil ve yatak malzemelerinin ısı genleşme katsayıları arasında fazla fark yoksa, $\Delta\psi$ değeri ihmal edilebilir.)

$$\psi_{eff} = 1 \cdot 10^{-3} + 0,48 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel \psi_{eff} = 1,48 \cdot 10^{-3}$$

Re sayısını tekrar ele alalım,

$$Re = \frac{\rho \cdot U_j \cdot \frac{C_{R,eff}}{2}}{\eta} < 41,3 \sqrt{\frac{D}{C_{R,eff}}} \quad (E.8, E.11)$$

U_j - Milin çevre hızı,

$$U_j = \pi \cdot D_j \cdot N_j \quad \begin{array}{c|c|c} U_j & D_j & N_j \\ \hline m/s & m & 1/s \end{array} \quad (E.8)$$

D_j - Nominal mil φ arı (= Nominal yatak φ arı)

N_j - Milin devir sayısı

-11-

Efektif radyal yatak boşluğu,

$$C_{R,eff} = \psi_{eff} \cdot D_j \quad (E9)$$

olarak tanımlanır.

Kabül edilen seçici (başlangıç) yatak sıcaklığı $T_{B,0} = T_{eff} = 60^\circ C$ olduğuna göre, Sayfa 2'deki tablodan veya Şekil E4'ten, ISO VG 100 yağışının efektif dinamik viskozitesi;

$$\eta_{eff} = 0,037 \text{ Pa.s}$$

dir. Artık Reynolds sayısını hesaplayabiliriz;

$$Re = \frac{\rho \cdot \pi \cdot D_j \cdot N_j \cdot \psi_{eff} \cdot D_j}{2 \cdot \eta_{eff}} < 41,3 \sqrt{\frac{D_j}{\psi_{eff} \cdot D_j}}$$

$$Re = \frac{900 \cdot \pi \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 33,33 \cdot 1,48 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,037} = 27,14$$

$$< 41,3 \sqrt{\frac{120 \cdot 10^{-3}}{1,48 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{-3}}} = 1073,5$$

$\parallel Re = 27,14 < 1073,5$ (ISO 7902'ye göre
UYGUN, çünkü akış
laminardır)

• Özgül yatak yükü \bar{p} ;

$$\bar{p} = \frac{F}{B \cdot D} \quad \frac{\bar{p}}{Pa} \mid \frac{F}{N} \mid \frac{B}{m} \mid \frac{D}{m} \quad \text{--- (E10)}$$

eşitliğinden kolayca hesaplanır.

$$\bar{p} = \frac{36000}{60 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{-3}}$$

$$\parallel \bar{p} = 5 \cdot 10^6 Pa$$

$$\parallel \bar{p} (= 5 \cdot 10^6 Pa) < \bar{p}_{lim.} (= 10 \cdot 10^6 Pa) \quad \text{Uygun.}$$

Seçilecek yatak malzemesi, hesaplanan \bar{p} değerine dayanabilmelidir. Çok kullanılan yatak malzemelerinde, \bar{p} parametresi ile karşılaştırma yapabileceğimiz $\bar{p}_{lim.}$ değerleri Tablo E2 de verilmiştir.

Şekil E5'e göre hesaba devam edebiliriz.

• Efektif açısal hız veya hidrodinamik açısal hız w_h (Şekil E3) ;

$$w_h = w_j + w_B \quad \text{--- (E11)}$$

bağıntısından hesaplanır.

w_j - Milin açısal hızı

Yatacak malzeme grubu ISO4381, ISO4382-1, ISO4382-2 ve ISO4383	$\bar{P}_{Lim.} [N/mm^2]$
Pb ve Sn alaşımları	5 (15)
Cu-Pb alaşımları	7 (20)
Cu-Sn alaşımları	7 (25)
Al-Sn alaşımları	7 (18)
Al-Zn alaşımları	7 (20)

Tablo E2 - Kabul edilebilir max. özgül yatacak yükü \bar{P}_{Lim} için ampirik değerler [L-E3]
(Parantez içindeki değerlere, çok düşük hızlarda ve çok özel koşullarda ulaşılabılır).

$$\omega_j = 2\pi N_j \quad \frac{\omega_j}{s^{-1}} \quad \left| \quad \frac{N_j}{s^{-1}} \right. \quad \text{--- (E12)}$$

dir. Fünkü -

$$U_j = D_j \cdot \bar{\pi} \cdot N_j \quad (\text{Eşitlik E8})$$

$$U_j = 2r_j \bar{\pi} \cdot N_j = r_j 2\pi N_j = r_j \cdot \omega_j$$

$$\omega_j = 2\bar{\pi} \cdot 33,33$$

$$\omega_j = 209,42 \text{ s}^{-1}$$

ω_B - Yatacığın aksiyal hızı

$$N_B = 0 \quad \text{dolarısıyla,}$$

$\parallel \omega_B = 0$

$\parallel \omega_h = 209,42 \text{ s}^{-1}$

bulunur .

• Sommerfeld sayısı S_o ;

Yük taşıma kapasitesi için karakteristik bir parametre olan S_o sayısı boyutsuz olup, aşağıdaki bağıntıdan

$$S_o = \frac{F \cdot \gamma_{eff}^2}{D \cdot B \cdot \gamma_{eff} \cdot \omega_h} = \frac{\bar{p} \cdot \gamma_{eff}^2}{\gamma_{eff} \cdot \omega_h} \dots \dots \dots (E13)$$

F	D	B	γ_{eff}	ω_h	\bar{p}
N	m	m	Pa.s	s^{-1}	Pa

hesaplanabilir veya, mili $\omega = 360^\circ$ frekansa saran yatak konstrüksiyonları için,

$$S_o = f \left(\epsilon, \frac{B}{D}, \omega \right)$$

olarak, Tablo E3, Şekil E6 ve Şekil E7 den alınabilir .

$$S_o = \frac{36000 \cdot (1,48 \cdot 10^{-3})^2}{120 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,037 \cdot 209,42}$$

$\parallel S_o = 1,41$

olarak hesaplanır .

Tablo 1 - Values of the basic characteristics for $\Omega = 360^\circ$ ve $B/D = 1,5$

ϵ	β	S_o	f'/ψ	f/ψ	Q_3^*
0,2	72,5236	0,4273	7,5992	4,9684	0,0477
0,4	62,6588	1,0005	3,6035	2,6582	0,0935
0,6	51,9692	1,9724	2,2272	1,6695	0,1361
0,8	38,1601	4,6824	1,3653	1,0736	0,1759
0,9	27,961	10,1382	0,9218	0,7604	0,1939
0,925	24,6184	13,8256	0,7906	0,6678	0,198
0,95	19,8007	22,044	0,6173	0,5359	0,201
0,975	13,5971	48,8429	0,404	0,3586	0,2036

Tablo 2 - Values of the basic characteristics for $\Omega = 360^\circ$ ve $B/D = 0,5$

ϵ	β	S_o	f'/ψ	f/ψ	Q_3^*
0,2	75,8188	0,7788	41,2641	26,8322	0,0233
0,4	61,7628	0,2026	17,0875	12,0101	0,0468
0,6	47,9703	0,4995	8,0837	5,8561	0,0703
0,8	32,9653	1,74	3,2267	2,3698	0,0938
0,9	23,5037	5,1579	1,5768	1,2604	0,1054
0,925	20,3171	7,9168	1,205	0,992	0,1082
0,95	16,5292	14,1757	0,8449	0,7198	0,1107
0,975	11,7164	36,438	0,487	0,415	0,1128

Tablo 3 - Values of the basic characteristics for $\Omega = 360^\circ$ ve $B/D = 1,25$

ϵ	β	S_o	f'/ψ	f/ψ	Q_3^*
0,2	73,3427	0,341	9,4978	6,2016	0,0444
0,4	62,6533	0,8155	4,3808	3,2457	0,0876
0,6	51,3901	1,6715	2,5837	1,9257	0,1287
0,8	37,2474	4,2107	1,4855	1,1285	0,1679
0,9	27,2701	9,4621	0,9678	0,7949	0,1860
0,925	23,9586	13,0839	0,8197	0,6900	0,1901
0,95	19,3045	21,1271	0,6332	0,5484	0,1936
0,975	13,3154	47,5332	0,4097	0,3631	0,1959

Tablo 4 - Values of the basic characteristics for $\Omega = 360^\circ$ ve $B/D = 0,25$

ϵ	β	S_o	f'/ψ	f/ψ	Q_3^*
0,2	75,8522	0,0209	153,2452	99,5571	0,0123
0,4	61,4843	0,056	61,5567	41,8879	0,0246
0,6	47,4076	0,146	27,1065	18,7058	0,0368
0,8	31,2896	0,6053	8,8577	6,3961	0,0492
0,9	21,5315	2,2037	3,4356	2,6972	0,0553
0,925	18,5306	3,6707	2,3994	1,9424	0,0568
0,95	15,078	7,3466	1,4931	1,2546	0,0582
0,975	10,7792	22,6665	0,7149	0,5632	0,0595

Tablo 5 - Values of the basic characteristics for $\Omega = 360^\circ$ ve $B/D = 1$

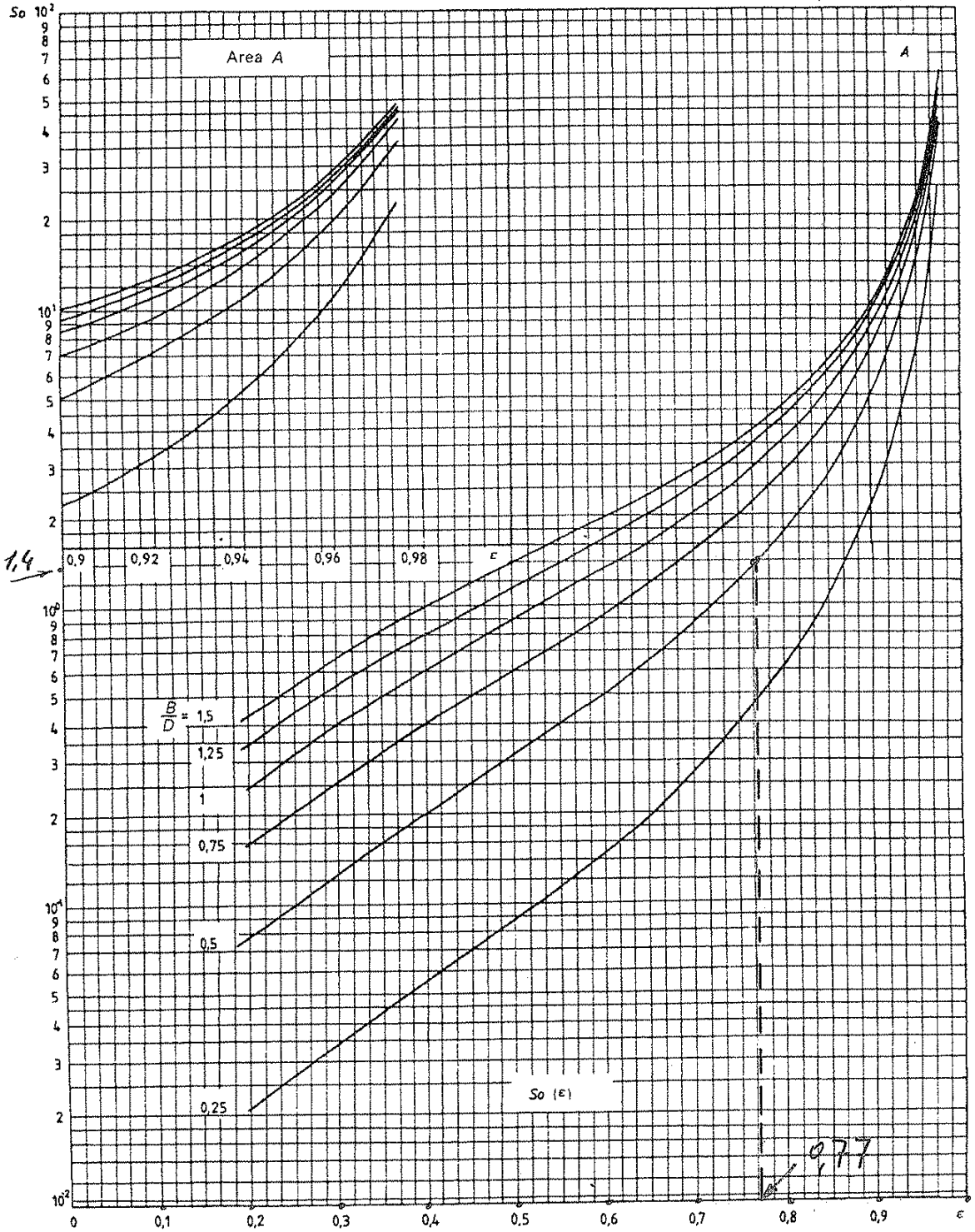
ϵ	β	S_o	f'/ψ	f/ψ	Q_3^*
0,2	74,208	0,2492	12,958	8,4489	0,0394
0,4	62,5744	0,611	5,7868	4,2721	0,0785
0,6	50,4545	1,3182	3,2102	2,3761	0,1164
0,8	36,0278	3,5955	1,6915	1,2766	0,1533
0,9	26,3685	8,5203	1,0457	0,8537	0,1708
0,925	23,0726	12,0342	0,8682	0,7275	0,1748
0,95	18,6392	19,799	0,6599	0,5696	0,1783
0,975	12,9388	45,5721	0,4193	0,371	0,1808

Tablo 6 - Values of the basic characteristics for $\Omega = 360^\circ$ ve $B/D = 0,75$

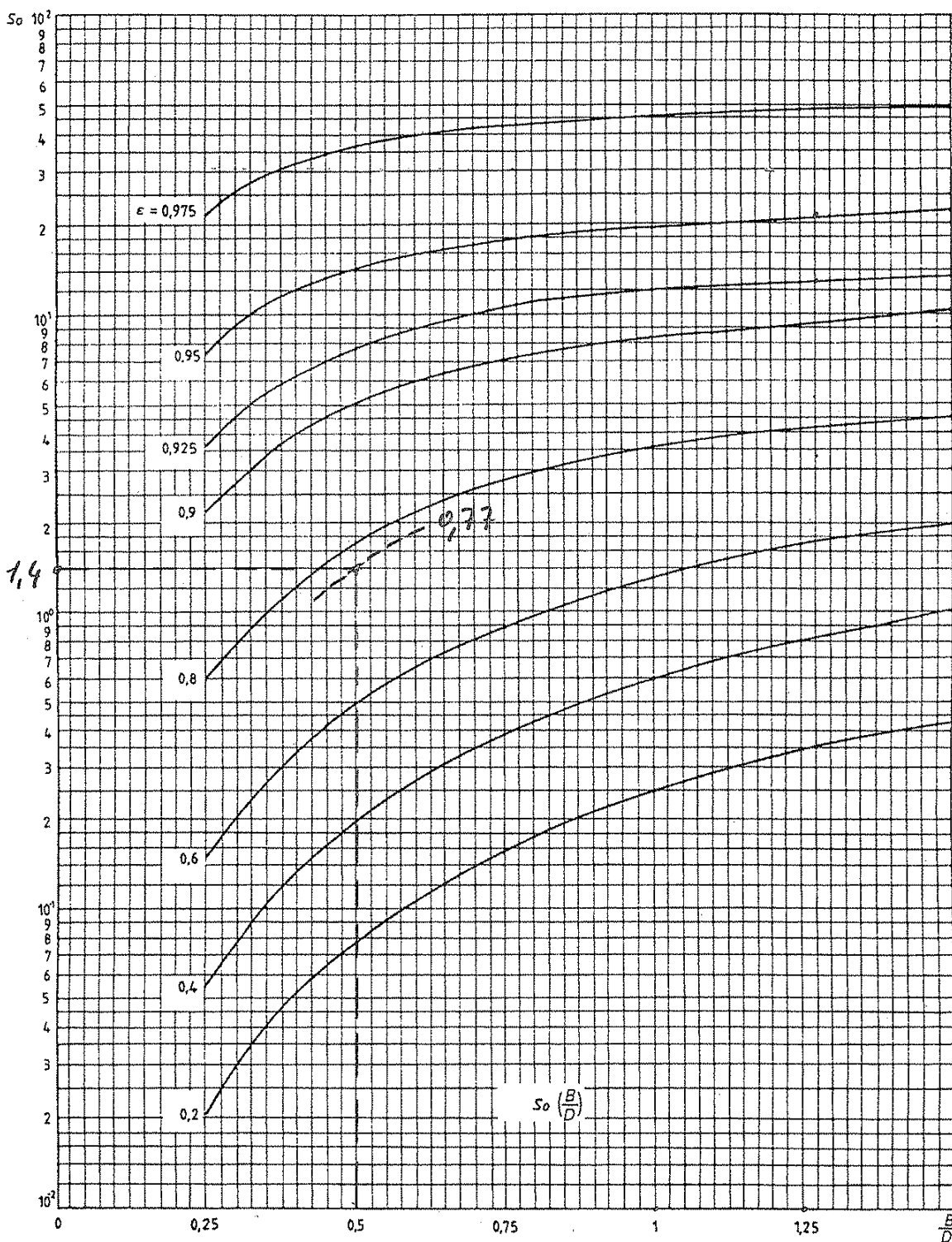
ϵ	β	S_o	f'/ψ	f/ψ	Q_3^*
0,2	75,022	0,1584	20,3909	13,2372	0,3255
0,4	62,2584	0,3993	8,7606	6,183	0,065
0,6	49,3554	0,9155	4,5167	3,3161	0,0972
0,8	34,5144	2,7848	2,1067	1,5712	0,1292
0,9	25,1887	7,1614	1,1979	0,9696	0,1447
0,925	21,8823	10,4611	0,9627	0,801	0,1483
0,95	17,7393	17,7363	0,7119	0,6114	0,1516
0,975	12,4264	42,3829	0,4384	0,3869	0,153

ϵ - izafi eksantriklik
 β - Afsal sapma (izafi eksantrikliğe bağlı olarak mil merkezinin sapma açisi şekil E3)
 S_o - Sommerfeld sayısı
 f'/ψ - izafi sürtünme katsayısı (Yağ filminin yüksüz yüzeyinde)
 f/ψ - izafi sürtünme katsayısı (Yağ filminin yüklü yüzeyinde)
 Q_3^* - Hidrodinamik basınç için gerekli olan yağ debi faktörü

Tablo E3 - Yatak-ana karakteristik değerleri $\Omega = 360^\circ$ [L-E2]



Şekil E6 - $\Omega = 360^\circ$ için; E izafi eksantrikliğe bağlı olarak, S_o Sommerfeld sayısının değişimi. [L-E2].



Şekil E7 - $\alpha = 360^\circ$ için; B/D izafi yarıçap genişliğinin fonksiyonu olarak, S_o Sommerfeld sayısının değişimi. [L-E2].

• izafi eksantriklik (veya izafi eksantrisite) ϵ ; - 18.

izafi eksantriklik,

$$\epsilon = \frac{e}{\frac{D - D_j}{2}} \quad (E14)$$

bağıntısı ile tanımlanır (Şekil E1).

Burada,

e - Yatağın çalışması esnasında oluşan, mil merkezi ile yatak merkezi arasındaki mesafe (Eksantriklik veya eksantrisite)

D - Nominal yatak çapı (iç çap)

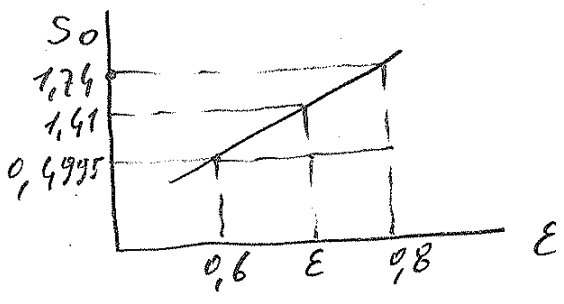
D_j - Nominal mil çapı

ϵ değerini, Tablo E3 ten interpolasyonla bulalım;

$S_0 = 1,41$, $B/D = 0,5$ ve $\Omega = 360^\circ$ olduğuna göre

$$S_0 = 0,4995 \rightarrow \epsilon = 0,6$$

$$S_0 = 1,74 \rightarrow \epsilon = 0,8$$



$$\frac{\epsilon - 0,6}{0,8 - 0,6} = \frac{1,41 - 0,4995}{1,74 - 0,4995}$$

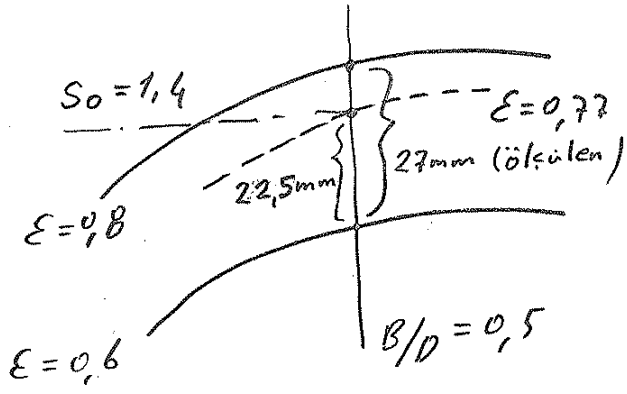
$$\epsilon \approx 0,75$$

Ayrıca ϵ için,

$$\epsilon = f \left(S_0, \frac{B}{D}, \Omega \right)$$

olun değerler eprileri kullanılırsa,

$$\left. \begin{array}{l} S_0 = 1,41 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \Omega = 360^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{\epsilon = 0,77} \quad (\text{Şekil E6})$$



$$\frac{0,8 - 0,6}{27} \cdot 22,5 + 0,6 = \epsilon$$

$$\Rightarrow \underline{\epsilon = 0,77} \quad (\text{Şekil E7})$$

$$\underline{\epsilon = 0,77}$$

elde edilir.

• Minimum yağ filmi kalınlığı h_{min} ,

iyi bir yağlama, yatak boşluğunu yağ ile dolduracağından yağ filmi ile yatak boşluğu geometrileri birbirleri ile örtüşür.

Şekil E1 incelenecek olursa, yerel (lokal) yağ filmi kalınlığı h 'ın geometrisi,

$$h = 0,5 \cdot D \cdot \psi_{eff} (1 + \epsilon \cos \varphi) \quad \text{--- (E15)}$$

şeklinde ifade edilebilir.

Minimum yağ filmi kalınlığı h_{min} ise,

$$h_{min} = \frac{D}{2} - e - \frac{D_j}{2} \quad (\text{Şekil E1})$$

$$h_{min} = \frac{D - D_j}{2} - \varepsilon \frac{D - D_j}{2}$$

$$h_{min} = \frac{D - D_j}{2} (1 - \varepsilon)$$

$$h_{min} = 0,5 \cdot D \cdot \psi_{eff} (1 - \varepsilon) \quad \text{--- (E16)}$$

olarak bulunur.

Hesaplayalım,

$$h_{min} = 0,5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 1,48 \cdot 10^{-3} (1 - 0,77)$$

$$\| \underline{h_{min} = 20,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

h_{min} değeri, ISO 7902-3 de verilmiş olan kabul edilebilir işletme parametresi h_{Lim} değerleri (Tablo E4) ile karşılaştırılmalıdır.

Mil e çapı D_j [mm]	Milin çevre hızı, U_j [m/s]				
	$U_j \leq 1$	$1 < U_j \leq 3$	$3 < U_j \leq 10$	$10 < U_j \leq 30$	$30 < U_j$
$24 < D_j \leq 63$	3	4	5	7	10
$63 < D_j \leq 160$	4	5	7	9	12
$160 < D_j \leq 400$	6	7	9	11	14
$400 < D_j \leq 1000$	8	9	11	13	16
$1000 < D_j \leq 2500$	10	12	14	16	18

Tablo E4. Kabul edilebilir en küçük yağ filmi kalınlığı h_{Lim} [μm] için ampirik değerler [L-E3].

Hidro dinamik

Radyal Kaymalı

Yataklar

(TS 150 7902 : 1, 2, 3)

-II-

Ammanjkan

(8 A.1)

Milin çevre hızı,

$$U_j = \bar{r} \cdot D_j \cdot N_j = r_j \cdot \omega_j \quad (\text{Eşitlik E8})$$

$$U_j = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 209,42$$

$$\|U_j\| = 12,56 \text{ m/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} D_j = 120 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ U_j = 12,56 \text{ m/s} \end{array} \right\} \|h_{\text{lim}} = 9 \mu\text{m} \quad (\text{Tablo E4})$$

$$\|h_{\text{min}} (= 20,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}) > h_{\text{lim}} (= 9 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \quad \text{Uygun}$$

Not: $h_{\text{lim}} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, problemin girişinde de verilmişti.

Yazı filmi kalınlığı h 'nin geometrisini, şekil E8'i inceleyerek tekrar ele alalım:

Her hangi bir φ açısında (Dönme yönündeki açısal koordinat) karşılık gelen h ,

$$h = \overline{O_1A} - \overline{O_1B} = (\overline{O_1D} + \overline{DA}) - \overline{O_1B}$$

$$h = e \cdot \cos \varphi + \overline{OA} \cdot \cos \alpha - \frac{D_j}{2}$$

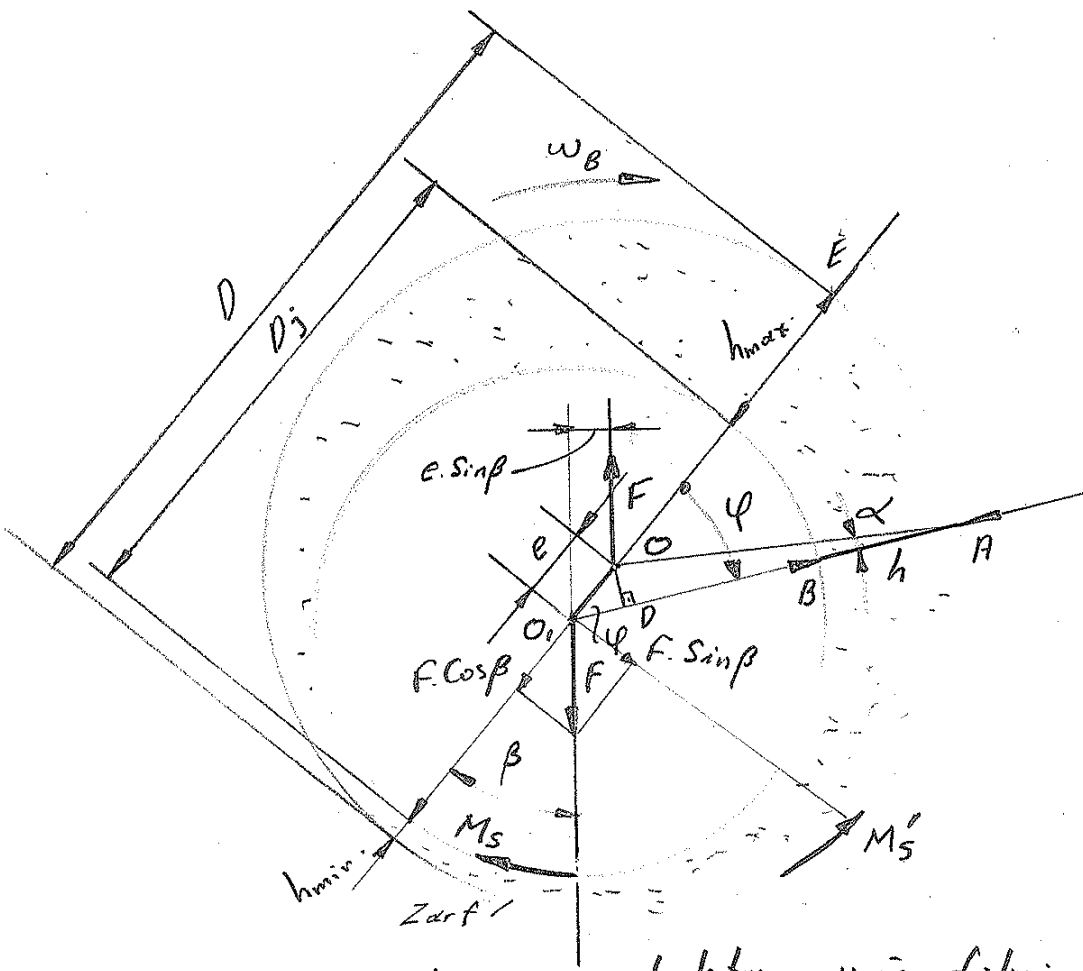
$$h = e \cdot \cos \varphi + \frac{D}{2} \cos \alpha - \frac{D_j}{2}$$

OO_1A üçgeninde Sinüs teoremi,

$$\frac{\overline{OA}}{\sin \varphi} = \frac{e}{\sin \alpha} \rightarrow \frac{D/2}{\sin \varphi} = \frac{e}{\sin \alpha}$$

$$\sin \alpha = 2 \frac{e}{D} \sin \varphi$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 4 \frac{e^2}{D^2} \sin^2 \varphi}$$



Sekil E8. Galisyon yataklarda yağ filmi kalınlığının değişimi (sıvı sürtünme içinde milin eksantrik konumu) ve milin yatak yüzeyine tesir eden kuvvetler [L-E8].

$\frac{e}{D}$ değeri genellikle 0,005 değerini geçmediğinden [L-E6] kare kök içindeki terim ihmal edilebilir.

$$h = e \cos \varphi + \frac{D}{2} - \frac{D_j}{2}$$

$$h = \varepsilon \frac{D - D_j}{2} \cos \varphi + \frac{D - D_j}{2}$$

$$h = \frac{D - D_j}{2} (1 + \varepsilon \cos \varphi)$$

$$\| \underline{h = 0,5 D \cdot \varepsilon_{eff} (1 + \varepsilon \cos \varphi)}$$

Eşitlik E15 elde edilmiş olur.

Burada,

$$\varphi = 0 \text{ için,}$$

$$h = h_{\max} = 0,5 D \cdot \psi_{\text{eff}} (1 + \epsilon)$$

$$\varphi = \pi \text{ için,}$$

$$h = h_{\min} = 0,5 D \cdot \psi_{\text{eff}} (1 - \epsilon)$$

şeklinde yeniden bulunabilir.

Şekil E1, E3 ve E8 de paradediş gibi β eksantrik açısı (ağısal sapma), yatak ile mil arasındaki minimum yağ filmi kalınlığının oluştuğu yeri belirler.

• izafi sürtünme katsayısı f'/ψ_{eff} ;

Şekil E8 'i göz önüne alalım,

Muylu (milin yatağa içinde çalışan kısmı) ile yatak arasındaki yağ filminde oluşan kayma perilmeleri, muylu üzerinde M_s sürtünme momentini (sürtünmeyi yenmek için gerekli olan moment) ve yatak yüzeyinde de (zırtında) M_s' sürtünme tepki momentini meydana getirir.

Denge denklemini yazarsak,

$$M_s - F \cdot e \sin \beta = M_s'$$

olarak $(F \cdot \frac{D}{2})$ ile her iki tarafı bölelim ve sürtünme momentinin değerini yerine koyalım;

$$\frac{f \cdot F \cdot \frac{D}{2}}{F \cdot \frac{D}{2}} - \frac{F \cdot e \sin \beta}{F \cdot \frac{D}{2}} = \frac{f' \cdot F \cdot \frac{D}{2}}{F \cdot \frac{D}{2}}$$

$$f - \frac{2e}{D} \sin \beta = f' \quad \text{--- (E17)}$$

ifadesi elde edilir. Buradan,

f - Yağ filminin yüklü olan yüzeyindeki sürtünme katsayısı (Muylu yüzeyindeki sürtünme katsayısı)

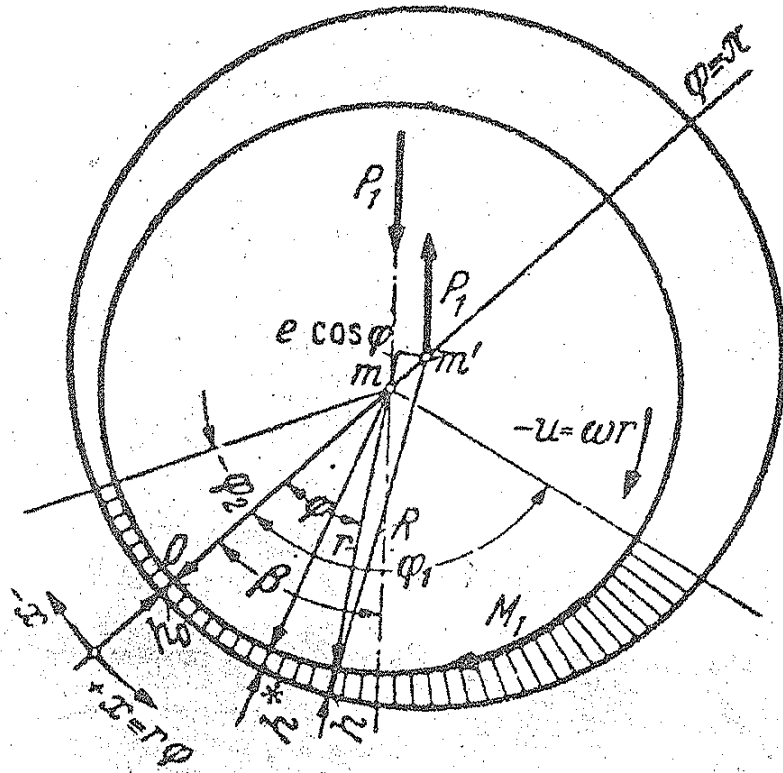
f' - Yağ filminin yüksüz olan yüzeyindeki sürtünme katsayısı (Yatak yüzeyindeki sürtünme katsayısı)

(E17) eşitliği bize, muyludaki sürtünme katsayısı ile yatak zarfındaki sürtünme katsayısının farklı/büyükte olduğunu gösterir [L-E8].

Rahmetli HILMI İLERİ hocamdan [L-E8],

Şekil E9 'u da inceliyerek kısa kısa bilgiler verelim:

- Sıvı sürtünmesinde sürtünme sayısı yalnız bir "Karşılaştırma değeri" olarak önemlidir. Bunun yerine doğrudan doğruya sürtünme kuvvetinin kullanılması amaçla daha uygundur.
- Kalınlığı hareket doğrultusunda azalacak her yağ filmi, yük kaldıracak bir yağ tabakası oluşumuna elverişlidir
- Kayma yüzeyinin mutlak büyüklüğüne bağlı



Şekil E9 - Sıvı sürtünmesinde mıylunun eksantrik konumu.

olmayan genel bağıntılar elde etmek için hesaba boyutsuz büyüklükler sokulur. Örneğin; $\psi = \Delta r / r$ büyüklüğüne izafi yatak boşluğu, $\epsilon = e / \Delta r$ değerine ise izafi eksantrisite denir.

- Mıylunun yatak içerisindeki konumu, ϵ ve β değerleri ile tamamen bellidir.

φ_1 - Yağ giriş açısı (Yağın giriş yeri)

φ_2 - Yağ çıkış açısı (Yağın çıkış yeri)

$(\varphi_1 + \varphi_2)$ - İstanan mıyıl çevresinin yük taşıma bölgesi

φ^* - Basınç tepesinin son noktası

h_0 - Minimum yağ filmi kalınlığı

Hidrodinamik kaymalı yataklarda, vizkoz akış-
kanda oluşan kayma gerilmeleri, F_f sürtünme
kuvvetini meydana getirir dolayısıyla "sürtünme
katsayısı",

$$f = F_f / F \quad (E18)$$

ve, "karakteristik sürtünme güç kaybı sayısı",

$$\zeta = \frac{F_f \cdot \gamma_{eff}}{D \cdot B \cdot \eta_{eff} \cdot \omega_h} \quad (E19)$$

esitliklerinden elde edilir.

Sommerfeld sayısı,

$$S_0 = \frac{F \cdot \gamma_{eff}^2}{D \cdot B \cdot \eta_{eff} \cdot \omega_h} \quad (E13)$$

ile de,

$$\frac{f}{\gamma_{eff}} = \frac{\zeta}{S_0} \quad (E20)$$

denklemini yazılabilir. Burada,

F_f - Yağ filminin yüklü yüzeyindeki (Basınç bölgesinde)
sürtünme kuvveti.

F_f' - Yağ filminin yüksüz yüzeyindeki (Basınç altında
olmayan bölgede) sürtünme kuvveti.

$\frac{f'}{\Psi_{eff}}$ - Yağ filminin yüksüz yüzeyindeki kabul edilen (Göz önüne alınmış) izafi sürtünme katsayısı (Tablo E3; Şekil E10, E11)

$\frac{f}{\Psi_{eff}}$ - Yağ filminin yüklü yüzeyindeki izafi sürtünme katsayısı (Tablo E3; Şekil E12, E13)

ξ' - Yağ filminin yüksüz yüzeyindeki dönme mukavemeti (dönüş mukavemeti) katsayısı.

ξ - Yağ filminin yüklü yüzeyindeki dönme mukavemeti (dönüş mukavemeti) katsayısı.

Artık izafi sürtünme katsayısını bulabiliriz;

$\frac{f'}{\Psi_{eff}} = f \left(\epsilon, \frac{B}{D}, \Omega \right)$ değişim eğrileri

kullanılırsa;

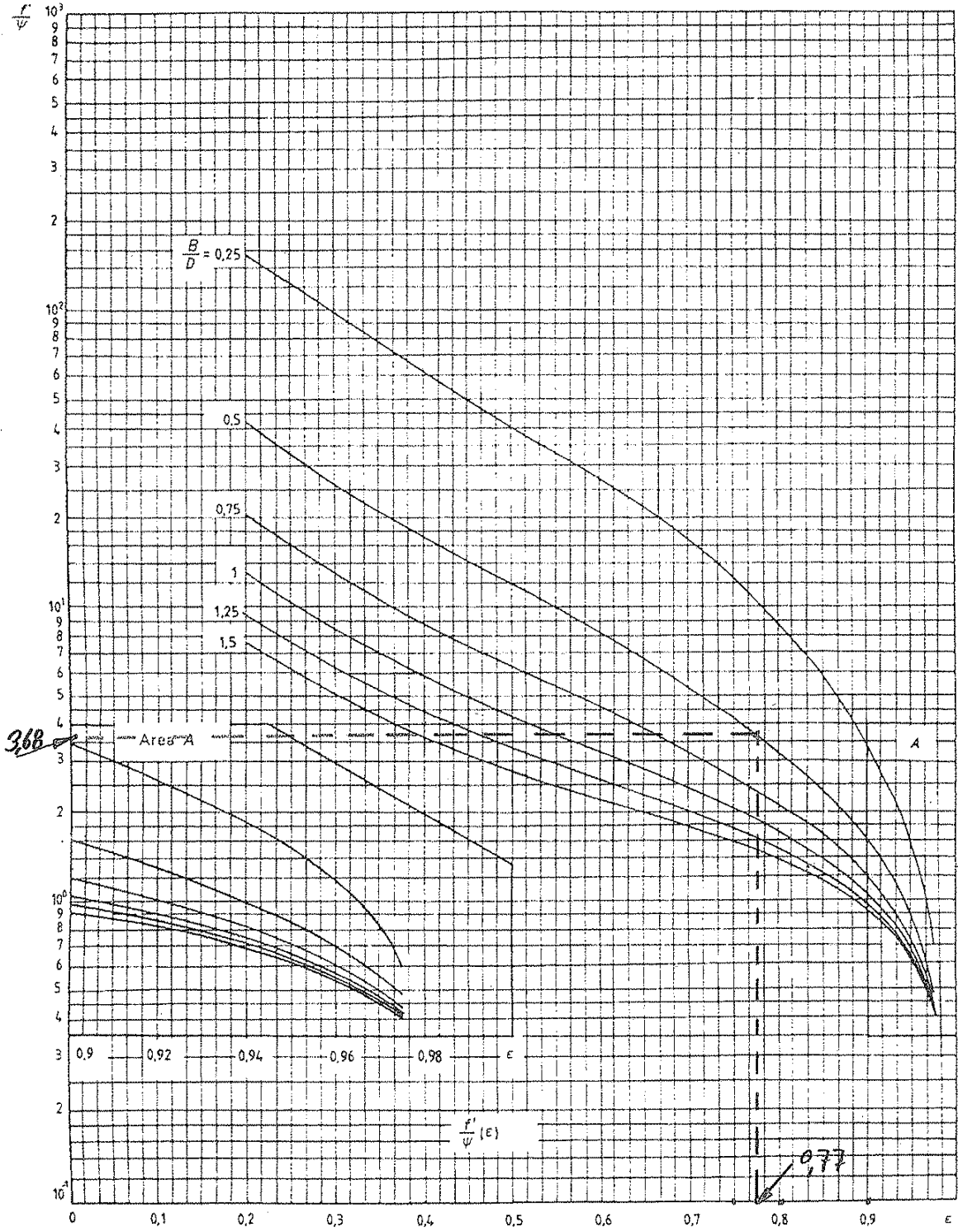
$\left. \begin{matrix} \epsilon = 0,77 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \Omega = 360^\circ \end{matrix} \right\} \frac{f'}{\Psi_{eff}} = 3,68 \quad (\text{Şekil E10})$

elde edilir. (Şekil E11 ve Tablo E3 den de faydalanılabilir)

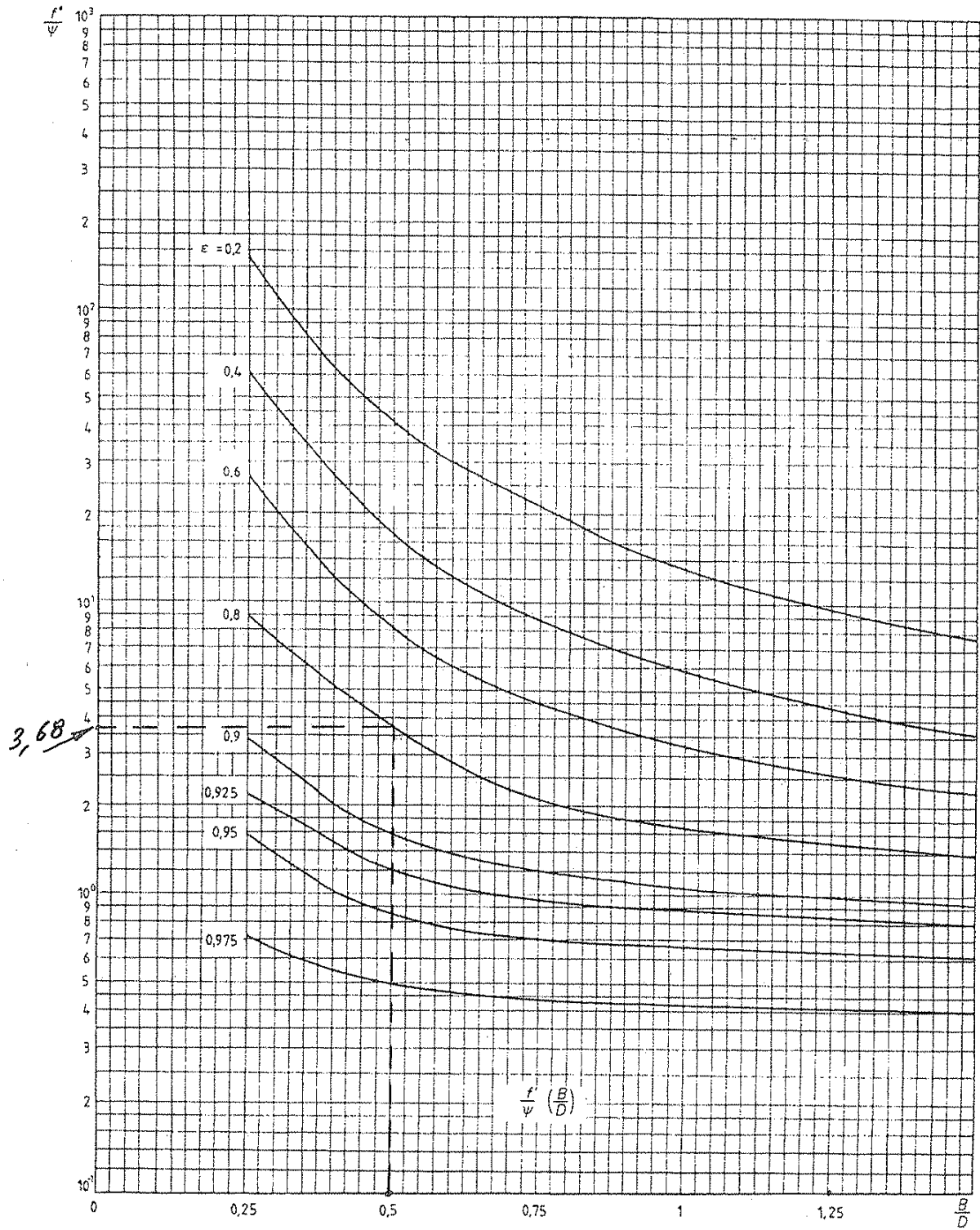
• Sürtünme katsayısı f' ;

$f' = \frac{f'}{\Psi_{eff}} \cdot \Psi_{eff}$

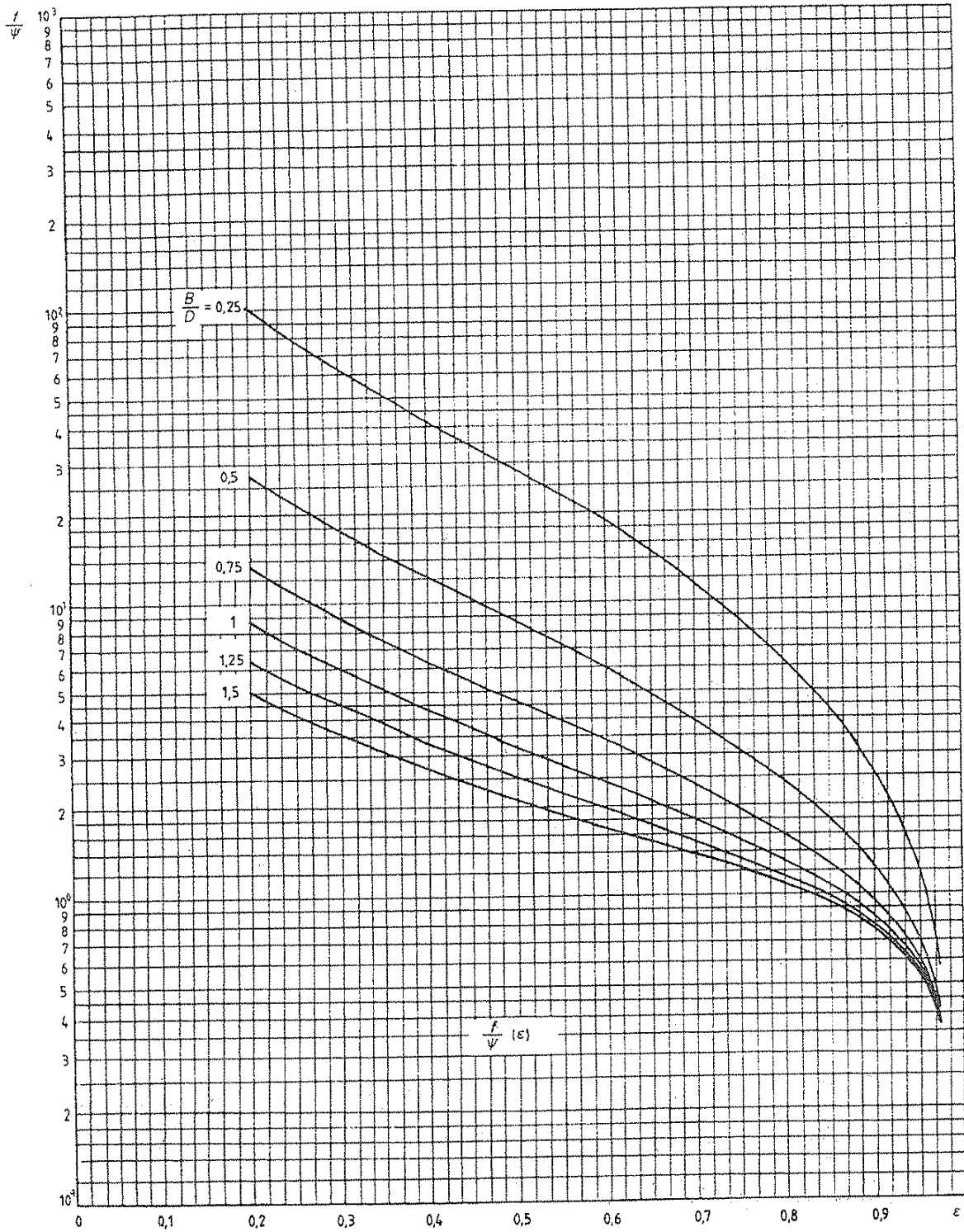
yazılırsa,



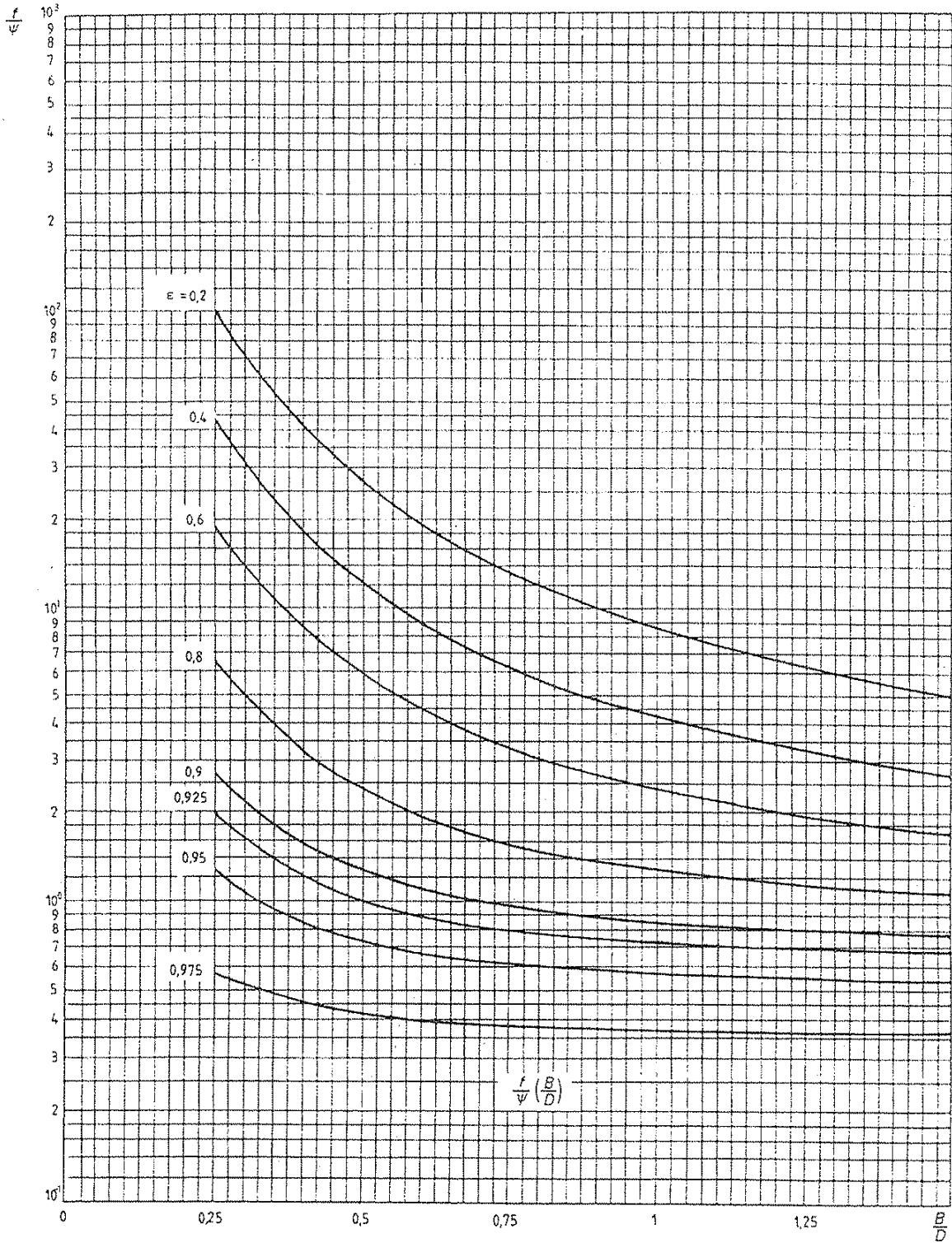
Şekil E10 - $\Omega = 360^\circ$ için ; ϵ izafi eksantrikliğin fonksiyonu olarak, f'/ψ_{eff} izafi sürtünme katsayısının değisimi. [L-E2].



Şekil E11- $\Omega = 360^\circ$ için, B/D izafi yatak penis-
lipinin fonksiyonu olarak, f'/ψ_{eff} izafi
sürtünme katsayısının değişimi [L-E2].



Şekil E12 - $\Omega = 360^\circ$ için, ϵ izafi eksantrikliğin fonksiyonu olarak, f/ψ_{eff} izafi sürtünme katsayısının değişimi. [L-E2].



Şekil E13 - $\Omega = 360^\circ$ için; B/D izafi yotak genişliğinin fonksiyonu olarak, f/ψ_{eff} izafi sürtünme katsayısının değişimi [L-E2].

$$f' = 3,68 \cdot 1,48 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel \underline{f' = 5,45 \cdot 10^{-3}}$$

bulunur.

• Sürtünme gücü P_f ;

Yataktaki sıvı sürtünmeden dolayı oluşan, sürtünme güç kaybı P_f , yatağın ısınmasına neden olur. İşte sürtünme ile üretilen ısı veya ısıya dönüşen sürtünme güç kaybı $P_{th,f}$,

$$P_f = P_{th,f} = f \cdot F \quad \text{---} \quad (E21)$$

$$P_f = P_{th,f} = F \cdot f' \cdot U_j = F \cdot f' \cdot r_j \cdot \omega_j \quad \text{---} \quad (E22)$$

$P_f, P_{th,f}$	F	r_j	ω_j
W	N	m	s^{-1}

bağıntısından hesaplanır.

$$P_{th,f} = 36000 \cdot 5,45 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 209,42$$

$$\parallel \underline{P_{th,f} = 2465,3 \text{ W}}$$

• Taahhüm yoluyla çevre ortama verilen ısı enerjisi veya ısıt güç (Yatağın taahhüm soğutma gücü), $P_{th,amb}$;

Yatak sıcaklığı T_B ve çevre ortam sıcaklığı

T_{amb} olmak üzere, yatak zarfı ve pürde

üzerinden taşınım yoluyla çevre ortama verilen ısı,

$$P_{th,amb} = k_A \cdot A (T_B - T_{amb}) \quad \text{--- (E23)}$$

$P_{th,amb}$	k_A	T_B, T_{amb}	A
W	W/(m ² .K)	K, °C	m ²

denkleminde hesaplanır. Burada,

k_A - Isı taşınım katsayısı (Yatak dış yüzeyi ile çevre ortam arası ısı taşınım katsayısı)

- Doğal ısı taşınımında; ortalama değer olarak,

$$k_A = (15 \dots 20) \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad \text{--- (E24)}$$

Normal şartlarda, yani durgun hava hali için,

$$k_A = 20 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad \text{--- (E25)}$$

alınabilir.

- Zorlanmış ısı taşınımında;

Yatak etrafında hava hareketi var ise, v_a - m/sn olarak yatak çevresindeki hava hızı ise, $v_a > 1,2$ m/sn için, k_A ,

$$k_A = 7 + 12 \sqrt{v_a} \quad \text{--- (E26)}$$

şeklinde hesaplanır.

A - Yatak fündesinin ısı veren yüzeyi:

Yatak fündesinin çevre ortam ile temas ettiği

diş yüzeyi veya yatak soğutma yüzeyi A ; - 34
yatak konstrüksiyonu poz önüne alınarak aşağı-
daki gibi hesaplanır (Yaklaşık) :

- Silindirik püvedeli yataklar için,

$$A = 2 \frac{\pi}{4} (D_H^2 - D^2) + \pi D_H B_H \quad (E27)$$

- Ayaklı yatak püvedeleri (Makina dışında, bağımsız püvedeli yataklar) için,

$$A = \pi H (B_H + \frac{H}{2}) \quad (E28)$$

- Makina ana püvedesi içindeki yataklar için,

$$A = (15 \dots 20) D \cdot B \quad (E29)$$

Barada ,

B_H - Gövdenin aksenal genişliği

D_H - Gövdenin dış çap

H - Yatak yüksekliği (Bağımsız yatak püvedesinde toplam yükseklik)

Durgun (sakin) hava şartlarında çalışan yataklar için $k_A = 20 \text{ W/(cm}^2 \cdot \text{K)}$ (Eşitlik E25) olarak,

taşıma yoluyla çevre ortama verilen ısı güç (Yatağın taşıma soğutma gücü),

$$P_{th,amb} = k_A \cdot A (T_B - T_{amb}) \quad (Eşitlik E23)$$

$$P_{th,oamb} = 20 \cdot 0,3 (T_{B,1} - 40)$$

($A = 0,3 \text{ m}^2$, $T_{oamb} = 40^\circ \text{C}$ değerleri verilmiştir)

Yatak sıcaklığı veya yatak işletme sıcaklığı $T_{B,1}$ i bulabilmemiz için, ısı denge denklemini yazmamız gerekir.

Isı denge denklemi (ısı bilançosu veya ısı kontrolü):

- Basınsız yağlanan yataklarda (örneğin, biterikli yağlama gibi) yatağın soğutulması için, taşıma yoluyla çevre ortama verilen ısı yeterli ise,

$$P_{th,f} = P_{th,oamb} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{(E30)}$$

- Basınlı yağlanan yataklarda (pompa yağlama, örneğin, devridaim yağlama gibi) yatağın soğutulması için, devridaim (sirkülasyon) ettirilen yağ tarafından çevre ortama verilen ısı (zorlanmış ısı taşıma yoluyla);

$$P_{th,f} = P_{th,L} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{(E31)}$$

şeklinde ısı denge denklemleri yazılır.

Eşitlik E31 de görüldüğü gibi, yatağın devridaim ettirilen yağ tarafından soğutulması yanında elbetteki doğal olarak taşıma yoluyla da soğutma vardır. Burada, taşıma yoluyla yatağın soğutulma gücü, zorlanmış soğutma gücü yanındakilerden ihmal edilmiştir (Emniyet düşüncesiyle).

$P_{th,L}$ - Devridaim ettirilen yağ tarafindan alınan ve çevre ortamına verilen ısı enerjisi veya ısı güç (Yağın zorlanmış soğutma gücü)

Yağın zorlanmış soğutma gücü,

$$P_{th,L} = \rho c Q (T_{ex} - T_{en}) \quad \text{--- (E32)}$$

$P_{th,L}$	ρ	c	Q	T_{ex}, T_{en}
W	kg/m^3	$J/(kg \cdot K)$	m^3/s	K, °C

eşitliğinden hesaplanır. Burada,

ρ - Yağın özgül kütlesi

c - Yağın özgül ısısı

Madeni yağlarda,

$$\rho \cdot c = 1,8 \cdot 10^6 \text{ J}/(m^3 \cdot K) \quad \text{--- (E33)}$$

alınabilir.

Q - Yağ debisi

T_{ex} - Yağ çıkış sıcaklığı (Yağın, yataktan çıkış sıcaklığı)

T_{en} - Yağ giriş sıcaklığı (Yağın, yatağa giriş sıcaklığı)

Özetlersek : Isıl denge denklemleri,

- Basınsız yağlama için,

$$P_{th,f} = P_{th,amb}$$

- Basınçlı yağlama için,

$$P_{th,f} = P_{th,L}$$

şekindedir .

$T_{B,1}$ sıcaklığını bulabilmemiz için ısıtma denge denklemini yazmamız gerekirdi. Yazalım;

$$P_{th,f} = P_{th,amb} \quad (\text{Eşitlik E30})$$

$$2465,3 = 20 \cdot 0,3 (T_{B,1} - 40)$$

$$\| \underline{T_{B,1} = 450,9^\circ\text{C}}$$

$\| \underline{T_{B,1} (= 450,9^\circ\text{C})} > T_{B,0} (= 60^\circ\text{C})$ uygun DEĞİL.

Hesap yöntemimiz nasıl devam edecek? Kısa bir bilgi verelim:

Şekil E5 'de gör ölüme olarak yeni bir efektif yağ sıcaklığı belirlenmelidir, yani;

- Doğal taşınım yoluyla yatağın soğutulmasında 1. adım olarak,

$$T_{eff} = T_B$$

alınır ve bu adımlar

$$|T_{B,0} - T_{B,1}| < 1^\circ$$

(E34)

olana kadar yinelenir. Eşitsizlik elde edilemiyorsa doğal taşınım yoluyla soğutma yeterli değildir, pompalı yağlamaya geçilir. Hatırlatalım

$T_{B,0}$ - Kabul edilen yatak sıcaklığı

$T_{B,1}$ - Tekrar (yineleme) işlemi sonucu, hesaplanan yatak sıcaklığı.

- Yağ sirkülasyonu ile yatağın soğutulmasında (zorlanmış ısı geçişi) 1. adım olarak,

$$T_{eff} = \bar{T}_L = 0,5 (T_{en} + T_{ex,0}) \quad \text{---} \quad (E35)$$

alınır ve bu adımlar,

$$|T_{ex,0} - T_{ex,1}| < 1^{\circ}C \quad \text{---} \quad (E36)$$

olana kadar yinelenir.

$T_{ex,0}$ - Yağın yataktan çıkış sıcaklığı (Kabul edilen)

$T_{ex,1}$ - Yağın yataktan çıkış sıcaklığı (Hesaplanan)

Not [L-E4] de, eşitsizlik değerleri $2^{\circ}C$ olarak alınmıştır.

[L-E3]'e göre kabul edilebilir max. yatak sıcaklığı T_{lim} değerlerinde Tablo E5 te verilmiştir.

Yatağın yağlama şekli:	$T_{lim} [^{\circ}C]$	
	Devri-daim sistemindeki yağ hacmi nin, dakikası olarak yağ debisine oranı (1)	
	5'e kadar	5'ten daha büyük
Cebri (Zorlanmış) yağlama (Yağ sirkülasyonu ile yağlama)	100 (115)	110 (125)
Basınçsız yağlama (Kendinden yağlama) (Bilezikli yağlama gibi)	90 (110)	

Tablo E5 - Kabul edilebilir max. yatak sıcaklığı T_{lim} için ampirik değerler [L-E3].

(Parantez içindeki değerlere özel işletme koşullarında ulaşılabilir)
(1) - Not'a bakınız.

Not. (Tablo E5 ile ilgili). [L-E5] 'e göre;

-39-

t , yağ devir süresi olmak üzere; yağ havisindeki bir toplama tankından geçiyorsa toplama tankındaki yağ hacminin devir sayısı $t = 4 \dots 30$ dakika (Endüstri mekanizmalarında en az $4 \dots 5$ dak) alınır.

Tekrar probleme dönersek,

1. Adım da;

$$T_{B,0} = T_{eff1} = 60^\circ C \text{ ile,}$$

$$T_{B,1} = 450,9^\circ C \text{ hesapladık.}$$

$T_{B,1} > T_{B,0}$ dolayısıyla yeni bir T_{eff} sıcaklığını belirlemeliyiz. Bu konuda belki değişik yöntemler önerilebilir ancak [L-E1] yeni T_{eff} 'in seçimi için aşağıdaki ifadeyi önermiştir:

$$T_{eff} = T_{B,0} + 0,2 (T_{B,1} - T_{B,0}) \quad \text{--- (E37)}$$

$$T_{eff} = 60 + 0,2 (450,9 - 60)$$

$$\| T_{eff} \approx 138,2^\circ C$$

2. Adım ;

$T_{B,0} = T_{eff2} = 138,2^\circ C$ değeri ile, hesaplar yinelenecek (Tekrarlanacak).

• γ_{eff} ;

$$T_{eff} = 138,2^\circ C \left\{ \begin{array}{l} \gamma_{eff2} = 3,6 \text{ mPa.s} = 0,0036 \text{ Pa.s} \\ \text{ISO VG 100} \end{array} \right.$$

(Şekil E4)

• Ψ_{eff} ;

$$\bar{\Psi} = 1 \cdot 10^{-3} \quad (S: 9)$$

$$\Delta \Psi = (\alpha_{L,B} - \alpha_{L,i}) (T_{\text{eff}} - 20^\circ\text{C}) \quad (\text{Esitlik E6})$$

$$\Delta \Psi = (23 - 11) 10^{-6} (138,2 - 20)$$

$$\parallel \Delta \Psi = 1,4184 \cdot 10^{-3}$$

$$\Psi_{\text{eff}} = \bar{\Psi} + \Delta \Psi \quad (\text{Esitlik E7})$$

$$\Psi_{\text{eff}} = 1 \cdot 10^{-3} + 1,4184 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel \underline{\Psi_{\text{eff}2} = 2,418 \cdot 10^{-3}}$$

• S_0 ;

$$S_0 = \frac{F \cdot \Psi_{\text{eff}}^2}{D \cdot B \cdot \gamma_{\text{eff}} \cdot \omega_h} \quad (\text{Esitlik E13})$$

$$S_0 = \frac{36000 \cdot (2,418 \cdot 10^{-3})^2}{120 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0036 \cdot 209,42}$$

$$\parallel \underline{S_{02} = 38,77}$$

• ε ;

$$\left. \begin{array}{l} S_0 = 38,77 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \omega = 360^\circ \end{array} \right\} \parallel \underline{\varepsilon_2 = 0,98} \quad (\text{Schl. 1 E6})$$

• h_{min} ;

$$h_{\text{min}} = 0,5 \cdot D \cdot \Psi_{\text{eff}} \cdot (1 - \varepsilon) \quad (\text{Esitlik E16})$$

$$h_{\text{min}} = 0,5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 2,418 \cdot 10^{-3} (1 - 0,98)$$

$$\parallel \underline{h_{\text{min}2} = 2,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

Hidro dinamik

Radyal Kaymalı

Yataklar

(TS 150 7902 : 1, 2, 3)

- III -

Kemal

(8 Ad.)

$$h_{lim} = 9 \mu m \quad (S: 21)$$

$$\| \underline{h_{min2} (= 2,9 \cdot 10^{-6} m) < h_{lim} (= 9 \cdot 10^{-6} m)}$$

uygun değil. TS 150 7902-1, hesapları 5. adıma kadar sürdürmüştür, bizde devam edelim.

$$\bullet f'/\psi_{eff} ;$$

$$\left. \begin{array}{l} \epsilon = 0,98 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \alpha = 360^\circ \end{array} \right\} \underline{f'/\psi_{eff} = 0,47} \quad (\text{Şekil E-10})$$

$$f' = (f'/\psi_{eff}) \cdot \psi_{eff}$$

$$f' = 0,47 \cdot 2,418 \cdot 10^{-3}$$

$$\| \underline{f'_2 = 1,14 \cdot 10^{-3}}$$

$$\bullet P_f ;$$

$$P_f = P_{th,f} = F \cdot f' \cdot r_j \cdot \omega_j \quad (\text{Eşitlik E-22})$$

$$P_f = 36000 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 209,42$$

$$\| \underline{P_{th,f2} = 515 W}$$

$$\bullet P_{th,amb} ; T_B ;$$

$$P_{th,amb} = k_A \cdot A (T_B - T_{amb}) \quad (\text{Eşitlik E-23})$$

$$P_{th,amb} = P_{th,f} \quad (\text{Eşitlik E-30})$$

$$515 = 20 \cdot 0,3 (T_{B2} - 40)$$

$$\| \underline{T_{B,2} = 125,8^\circ \text{C}}$$

$$\| \underline{T_{B,2} (= 125,8^\circ \text{C})} < T_{B,0} (= 138,2^\circ \text{C}) \text{ uygun.}$$

Ancak,

$$|T_{B,0} - T_{B,2}| = |138,2 - 125,8| = 12,4^\circ \text{C} > 1^\circ \text{C}$$

$$|T_{B,0} - T_{B,2}| < 1^\circ \text{C} \quad (\text{Eşitlik E34})$$

olmalı. Dolayısıyla 3. adım hesabı geçerli.

$$T_{\text{eff}} = T_{B,0} + 0,2 (T_{B,2} - T_{B,0}) \quad (\text{Eşitlik E37})$$

$$T_{\text{eff}} = 138,2 + 0,2 (125,8 - 138,2)$$

$$\| \underline{T_{\text{eff}} = 135,5^\circ \text{C}}$$

3. Adım ;

$T_{B,0} = T_{\text{eff}3} = 135,5^\circ \text{C}$ ile hesapları tekrar liyalım.

$$\bullet \quad \left. \begin{array}{l} T_{\text{eff}} = 135,5^\circ \text{C} \\ \text{ISO VG 100} \end{array} \right\} \quad \underline{\eta_{\text{eff}3} = 3,9 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 0,0039 \text{ Pa}\cdot\text{s}}$$

$$\bullet \quad \Psi_{\text{eff}} = 1 \cdot 10^{-3} + (23-11) 10^{-6} (135,5 - 20)$$

$$\| \underline{\Psi_{\text{eff}3} = 2,386 \cdot 10^{-3}}$$

$$\bullet \quad S_0 = \frac{36000 \cdot (2,386 \cdot 10^{-3})^2}{120 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0039 \cdot 209,42}$$

$$\| \underline{S_{03} = 34,85}$$

$$\left. \begin{aligned} \bullet S_0 &= 34,85 \\ \frac{B}{D} &= 0,5 \\ \omega &= 360^\circ \end{aligned} \right\} \parallel \underline{\varepsilon_3 = 0,974}$$

$$\bullet h_{\min} = 0,5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 2,386 \cdot 10^{-3} (1 - 0,974)$$

$$\parallel \underline{h_{\min,3} = 3,72 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\left. \begin{aligned} \bullet \varepsilon &= 0,974 \\ \frac{B}{D} &= 0,5 \\ \omega &= 360^\circ \end{aligned} \right\} \parallel \underline{f'_1/\gamma_{\text{eff}} = 0,501}$$

$$f'_1 = 0,501 \cdot 2,386 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel \underline{f'_3 = 1,195 \cdot 10^{-3}}$$

$$\bullet P_f = P_{th,f} = 36000 \cdot 1,195 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 209,42$$

$$\parallel \underline{P_{th,f3} = 540,6 \text{ W}}$$

• T_B ;

$$540,6 = 20 \cdot 0,3 (T_{B,3} - 40)$$

$$\parallel \underline{T_{B,3} = 130,1^\circ \text{ C}}$$

$$T_{B,3} (= 130,1^\circ \text{ C}) < T_{B,0} (= 135,5^\circ \text{ C}) \quad \text{uygun}$$

$$|T_{B,0} - T_{B,3}| = |135,5 - 130,1| = 5,4^\circ \text{ C} > 1^\circ \text{ C} \quad \text{uygun DEĞİL}$$

4. adım hesaba geçilir

$$T_{eff} = 135,5 + 0,2 (130,1 - 135,5)$$

$$\| \underline{T_{eff} = 134,4^{\circ}C}$$

4. Adım,

$T_{B,0} = T_{eff4} = 134,4^{\circ}C$ ile hesapları
yineleyelim.

$$\bullet \left. \begin{array}{l} T_{eff} = 134,4^{\circ}C \\ ISO VG 100 \end{array} \right\} \| \underline{\eta_{eff4} = 3,95 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 0,00395 \text{ Pa}\cdot\text{s}}$$

$$\bullet \chi_{eff} = 1 \cdot 10^{-3} + (23-11) \cdot 10^{-6} \cdot (134,4 - 20)$$

$$\| \underline{\chi_{eff4} = 2,373 \cdot 10^{-3}}$$

$$\bullet S_0 = \frac{36000 \cdot (2,373 \cdot 10^{-3})^2}{120 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00395 \cdot 209,42}$$

$$\| \underline{S_{04} = 34,04}$$

$$\bullet \left. \begin{array}{l} S_0 = 34,04 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \alpha = 360^{\circ} \end{array} \right\} \| \underline{\epsilon_4 = 0,9738}$$

$$\bullet h_{min.} = 0,5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 2,373 \cdot 10^{-3} (1 - 0,9738)$$

$$\| \underline{h_{min.4} = 3,73 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\left. \begin{aligned} \epsilon &= 0,9738 \\ \frac{B}{D} &= 0,5 \\ \alpha &= 360^\circ \end{aligned} \right\} \parallel \underline{f'_{eff}} = 0,508$$

$$f' = 0,508 \cdot 2,373 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel \underline{f'_4} = 1,205 \cdot 10^{-3}$$

$$\bullet P_f = P_{th,f} = 36000 \cdot 1,205 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 209,42$$

$$\parallel \underline{P_{th,f4}} = 545,3 \text{ W}$$

$$\bullet 545,3 = 20 \cdot 0,3 (T_{B,4} - 40)$$

$$\parallel \underline{T_{B,4}} = 131^\circ \text{C}$$

$$T_{B,4} (= 131^\circ \text{C}) < T_{B,0} (= 134,4^\circ \text{C}) \quad \text{uygun}$$

$$|T_{B,0} - T_{B,4}| = |134,4 - 131| = 3,4^\circ > 1 \text{ uygun DEĞİL}$$

5. adım hesaba geçilir.

$$T_{eff} = 134,4 + 0,2 (131 - 134,4)$$

$$\parallel \underline{T_{eff}} = 133,8^\circ \text{C}$$

...
 $T_{eff5} = 133,8^\circ \text{C}$
 ...

5. Adım;

$$T_{b,0} = T_{eff5} = 133,8^{\circ}C \text{ ile hesaplar.}$$

tekrarlıyım.

$$\bullet \quad T_{eff} = 133,8^{\circ}C \quad \left\{ \begin{array}{l} \eta_{eff5} = 4 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 0,004 \text{ Pa}\cdot\text{s} \\ \text{ISVG 100} \end{array} \right.$$

$$\bullet \quad \Psi_{eff} = 1 \cdot 10^{-3} + (23-11) \cdot 10^{-6} (133,8-20)$$

$$\| \Psi_{eff5} = 2,36 \cdot 10^{-3}$$

$$\bullet \quad S_0 = \frac{36000 \cdot (2,36 \cdot 10^{-3})^2}{120 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,004 \cdot 209,42}$$

$$\| S_{05} = 33,24$$

$$\bullet \quad \left. \begin{array}{l} S_0 = 33,24 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \omega = 360^{\circ} \end{array} \right\} \quad \| \quad \varepsilon_5 = 0,973$$

$$\bullet \quad h_{min.} = 0,5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 2,36 \cdot 10^{-3} (1 - 0,973)$$

$$\| \quad h_{min.5} = 3,82 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\bullet \quad \left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,973 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \omega = 360^{\circ} \end{array} \right\} \quad \| \quad f'/\Psi_{eff} = 0,52$$

$$f' = 0,52 \cdot 2,36 \cdot 10^{-3}$$

$$\| \underline{f'_5} = 1,23 \cdot 10^{-3}$$

$$\bullet P_f = P_{th,f} = 36000 \cdot 1,23 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 209,42$$

$$\| \underline{P_{th,f5}} = 557 \text{ W}$$

$$\bullet 557 = 20 \cdot 0,3 (T_{B,5} - 40)$$

$$\| \underline{T_{B,5}} = 133^\circ \text{C}$$

Kontrol :

$$T_{B,5} (= 133^\circ \text{C}) < T_{B,0} (= 133,8^\circ \text{C}) \text{ uygun}$$

$$|T_{B,0} - T_{B,5}| = |133,8 - 133| = 0,8 < 1^\circ \text{ uygun.}$$

ANCAK ;

$$\bullet T_{B,5} (= 133^\circ \text{C}) > T_{lim} (= 70^\circ \text{C verilmiş})$$

uygun DEĞİL

$$\bullet h_{min5} (= 3,82 \cdot 10^{-6} \text{ m}) < h_{lim.} (= 9 \cdot 10^{-6}) \text{ (Tabl. E4)}$$

uygun DEĞİL

Yatacak sıcaklıkları, emniyet sınırları içinde kalmıyor ve yağ filmi kalınlığında yeterli olmadığına göre, yatacak doğal taşınım yoluyla soğutulamiyor demektir. Yağ sirkülasyonu ile yatağın soğutulmasını, başka bir deyiş ile devri-daim.

yağlamaya geçilir (zorlanmış ısı geçişi). - 48.

Yapılan hesapların sonuçları toplu olarak Tablo E6'da verilmiştir.

Yatağın yağ sirkülasyonu ile soğutulması ;
(devri-olaim yağlama veya pompalı yağlama)

1. Adım ;

- Yağ giriş sıcaklığının, kabul edilen başlangıç değeri (Referans sıcaklık) $T_{ex,0}$;

Her hesap kademesinde referans sıcaklık bir önceki adımdaki referans sıcaklık ile hesap sonunda elde edilen giriş sıcaklığının ortalamasından şeklinde tanımlanır. Yalnız ilk hesap kademesinde referans sıcaklığı olarak, yağın 20°C ısınacağı varsayımından hareketle ;

$$T_{ex,0} = T_{en} + 20^{\circ}\text{C} \quad \text{--- (E38)}$$

alınır .

T_{en} - Sirkülasyonlu (devri-olaim) yağlama için, yağ giriş sıcaklığı.

$$T_{en} = 58^{\circ}\text{C} \quad (\text{Verilmiş. S:3})$$

$$T_{ex,0} = 58 + 20$$

$$\| \underline{T_{ex,0} = 78^{\circ}\text{C}}$$

- Efektif yağ filmi sıcaklığı T_{eff} ;

Yataktaki yağ sıcaklığı (= efektif sıcaklık),

Değişken	Birimi	Hesap Adımları				
		1	2	3	4	5
$T_{B,0} = T_{eff}$	$^{\circ}C$	60	138,2	135,5	134,4	133,8
η_{eff}	Pa.s	0,033	0,0036	0,0039	0,00395	0,004
ψ_{eff}	—	$1,48 \cdot 10^{-3}$	$2,418 \cdot 10^{-3}$	$2,386 \cdot 10^{-3}$	$2,373 \cdot 10^{-3}$	$2,36 \cdot 10^{-3}$
So	—	1,41	38,77	34,85	34,04	33,24
E	—	0,77	0,98	0,974	0,9738	0,973
h_{min}	m	$204 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$3,72 \cdot 10^{-6}$	$3,73 \cdot 10^{-6}$	$3,82 \cdot 10^{-6}$
f'/ψ_{eff}	—	3,68	0,47	0,501	0,508	0,52
Pf	W	2465,3	515	540,6	545,3	557
T _B	$^{\circ}C$	450,9	125,8	130,1	131	133
T _{B,0}	$^{\circ}C$	138,2	135,5	134,4	133,8	—

Tablo E6 - Yatağın doğal taşınım yoluyla soğutulmasında, hesap adımlarında püre elde edilen değerler.

$$T_{eff} = \bar{T}_L = 0,5 (T_{en} + T_{ex,0}) \quad (\text{Eşitlik E35})$$

ifadesinden hesaplanır.

$$T_{eff} = 0,5 (58 + 78)$$

$$\| \underline{T_{eff} = 68^\circ C}$$

• Yağın (Yağlayıcının) efektif dinamik viskozitesi η_{eff} :

$$T_{eff} = 68^\circ \left. \vphantom{T_{eff}} \right\} \underline{\eta_{eff} = 27 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 0,027 \text{ Pa}\cdot\text{s}} \quad (\text{Şekil E4})$$

• İzafi yatak boşluğunun ısı değişimi $\Delta\psi$,

$$\Delta\psi = (\alpha_{L,8} - \alpha_{L,3}) (T_{eff} - 20^\circ C) \quad (\text{Eşitlik E6})$$

$$\Delta\psi = (23 - 11) \cdot 10^{-6} (68 - 20)$$

$$\| \underline{\Delta\psi = 0,576 \cdot 10^{-3}}$$

• Efektif izafi yatak boşluğu ψ_{eff} :

$$\psi_{eff} = \bar{\psi} + \Delta\psi \quad (\text{Eşitlik E7})$$

$\bar{\psi}$ - Ortalama izafi yatak boşluğu

$$\bar{\psi} = 1 \cdot 10^{-3} \quad (\text{Hesaplandı. S: 9})$$

$$\psi_{eff} = (1 + 0,576) \cdot 10^{-3}$$

$$\| \underline{\psi_{eff} = 1,576 \cdot 10^{-3}}$$

• Sommerfeld sayısı S_0 ;

$$S_0 = \frac{F \cdot \psi_{eff}^2}{D \cdot B \cdot \eta_{eff} \cdot \omega_h} \quad (\text{Eşitlik E13})$$

$$S_0 = \frac{36000 \cdot (1,576 \cdot 10^{-3})^2}{120 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,027 \cdot 209,42}$$

$$\| \underline{S_0 = 2,196}$$

• izafi eksantrisite ϵ ;

$$\left. \begin{array}{l} S_0 = 2,196 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \omega = 360^\circ \end{array} \right\} \|\ \underline{\epsilon = 0,825} \quad (\text{Şekil E6})$$

• Minimum yağ filmi kalınlığı h_{min} ;

$$h_{min} = 0,5 \cdot D \cdot \psi_{eff} (1 - \epsilon) \quad (\text{Eşitlik E16})$$

$$h_{min} = 0,5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 1,576 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,825)$$

$$\| \underline{h_{min} = 16,55 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

• izafi sürtünme katsayısı f'/ψ_{eff} ;

$$\left. \begin{array}{l} \epsilon = 0,825 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \omega = 360^\circ \end{array} \right\} \|\ \underline{f'/\psi_{eff} = 2,78} \quad (\text{Şekil E10})$$

• Sürtünme katsayısı f' ;

$$f' = \frac{f'}{\psi_{eff}} \cdot \psi_{eff}$$

$$f' = 2,78 \cdot 1,576 \cdot 10^{-3}$$

$$\| f' = 4,38 \cdot 10^{-3}$$

• Yatakta, ısıya dönüşen sürtünme güç kaybı $P_{th,f}$;

$$P_{th,f} = F \cdot f' \cdot r_j \cdot \omega_j \quad (\text{Eşitlik E22})$$

$$P_{th,f} = 36000 \cdot 4,38 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 209,42$$

$$\| P_{th,f} = 1981,3 \text{ N} \cdot \text{m/s} = 1981,3 \text{ W}$$

• Yağ debileri Q_3 , Q_p , Q ;

Yatağın yağlanması sırasında sirkülasyon pompasına ihtiyaç duyulmuyorsa, hidrodinamik basınç (iş basıncı) oluşması için gerekli olan hidrodinamik yağ debisi;

$$Q_3 = D^3 \cdot \psi_{eff} \cdot \omega_h \cdot Q_3^* \quad \begin{array}{c|c|c} Q_3 & D & \omega_h \\ \hline \text{m}^3/\text{s} & \text{m} & \text{s}^{-1} \end{array} \quad \text{--- (E39)}$$

Yatağın yağlanması sırasında sirkülasyon pompasına ihtiyaç duyuluyorsa, P_{en} yağ besleme basıncı veya pompa yağ basıncı olmak üzere gerekli olan pompa yağ debisi;

$$Q_p = \frac{D^3 \cdot \psi_{eff}^3 \cdot P_{en}}{\eta_{eff}} \cdot Q_p^* \quad \text{--- (E40)}$$

Q_p	P_{en}	η_{eff}	D
m^3/s	Pa	$\text{Pa} \cdot \text{s}$	m

eşitliklerinden hesaplanır.

Burçadaki yağ besleme basıncı P_{en} ,

$$P_{en} = 0,05 \text{ MPa} \dots 0,2 \text{ MPa} \quad (E41)$$

düzeyinde olup, özgül yatak yükü \bar{P} den çok daha küçüktür.

Toplam yağ debisi Q ise,

Sirkülasyon pompasına gerek yoksa;

$$Q = Q_3 \quad (E42)$$

Sirkülasyon pompası kullanılıyorsa;

$$Q = Q_3 + Q_p \quad (E43)$$

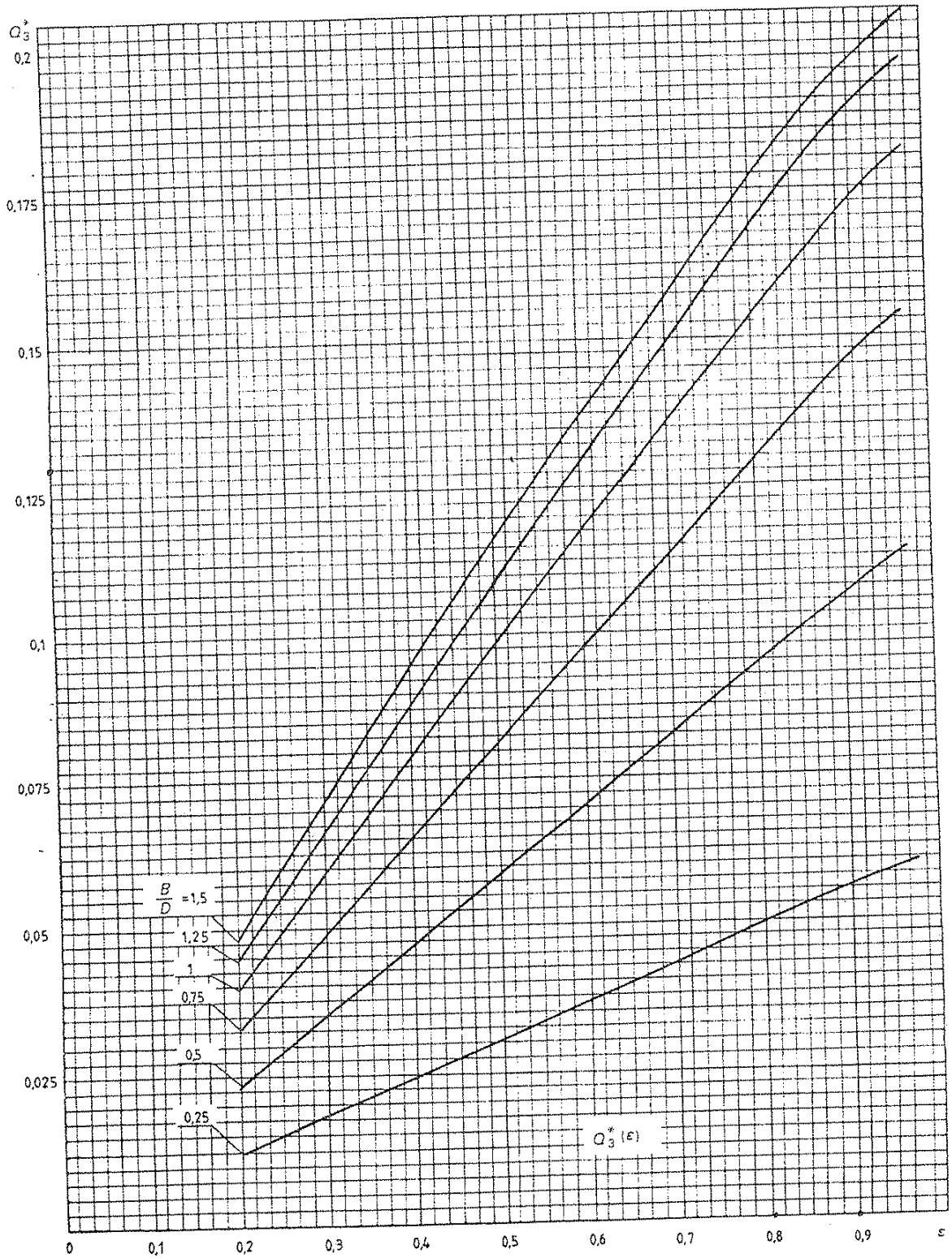
alınır. Burada,

Q_3^* - Hidrodinamik basıncın oluşması için gerekli olan hidrodinamik yağ debi faktörü (Tablo E3, Şekil E13, Şekil E14 Sayfa: 54, 55)

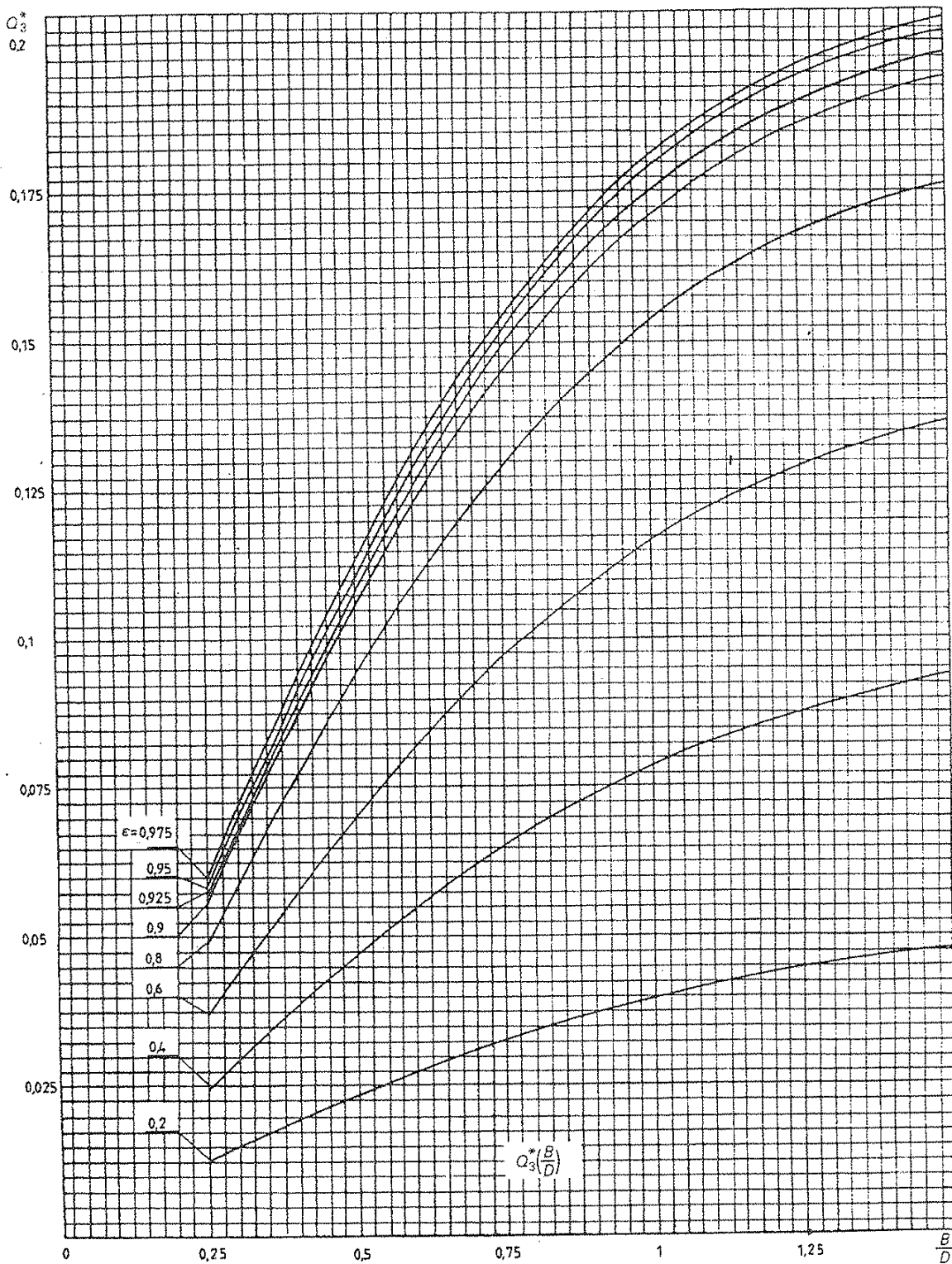
Q_p^* - Besleme yağ basıncı (pompa yağ basıncı) için gerekli olan pompa yağ debi faktörü.

Q_p^* faktörü, yağın yatağa gönderildiği deliğin yeri ve şekline bağlı olarak Şekil E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21 ve E22 de gösterilmiştir.

Not - Yatak yüzeyleri arasında yağ kamasının oluşmasını kolaylaştırmak ve yüzeyler arasında yağlayıcının iyi dağılmasını sağlamak için, yağ kanalları veya yağ delikleri açılır. Yük taşıyıcı yağ filminin bulunduğu yerde kanal veya delik açılırsa, yatak içindeki basınç düşeceğinden, yatağın yük taşıma kapasitesi azalır. Bu nedenle kanal ve delikler, yağın yüksüz bölgesinde açılmalıdır. [L-E7].

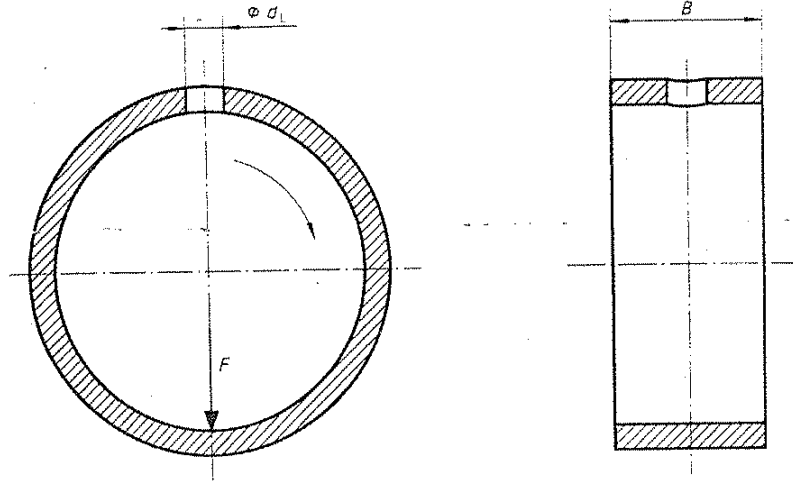


Şekil E13 - $\Omega = 360^\circ$ için ; ϵ izafi eksantrikliğe bağlı olarak, Q_3^* yağ debi faktörünün değişimi. [L-E2].



Şekil E14 - $\Omega = 360^\circ$ için; B/D izafi yatak genişliğinin fonksiyonu olarak, Q_3^* yağ debi faktörünün değişimi [L-E2].

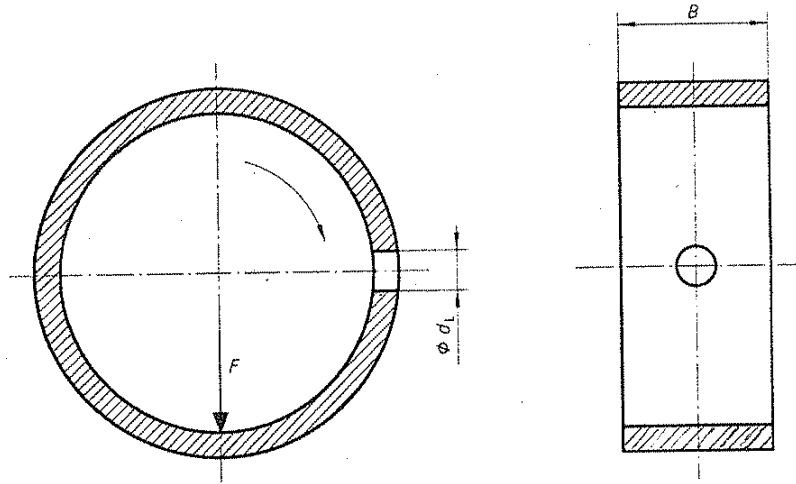
Yağ deliği parametres.



$$Q_p = \frac{\pi}{48} \frac{(1+\epsilon)^3}{\ln\left(\frac{B}{d_L}\right)} \cdot q_L \quad (E44)$$

$$q_L = 1,204 + 0,368 (d_L/B) - 1,046 (d_L/B)^2 + 1,942 (d_L/B)^3 \quad (E45)$$

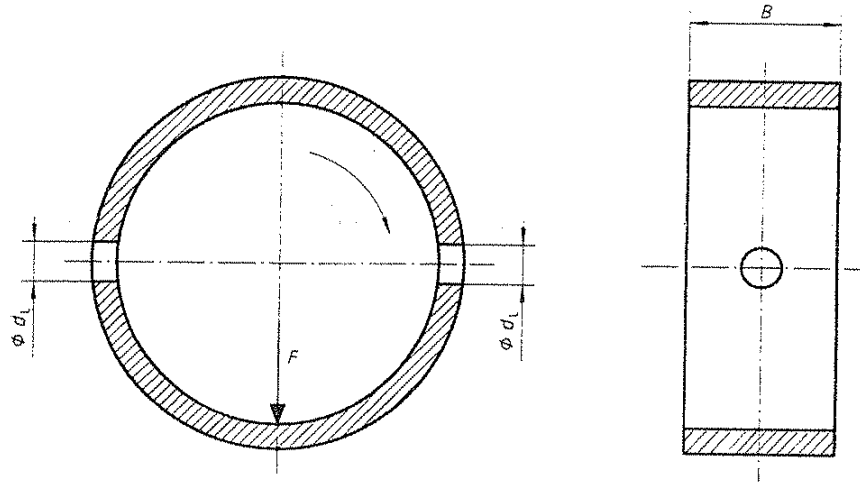
Şekil E15 - Yatak kuvvetinin ters yönünde açılmış yağ besleme deliği [L-E2].



$$Q_p^* = \frac{\pi}{48} \frac{1}{\ln\left(\frac{B}{d_L}\right)} \cdot q_L \quad (E46)$$

$$q_L - (\text{Eşitlik E45})$$

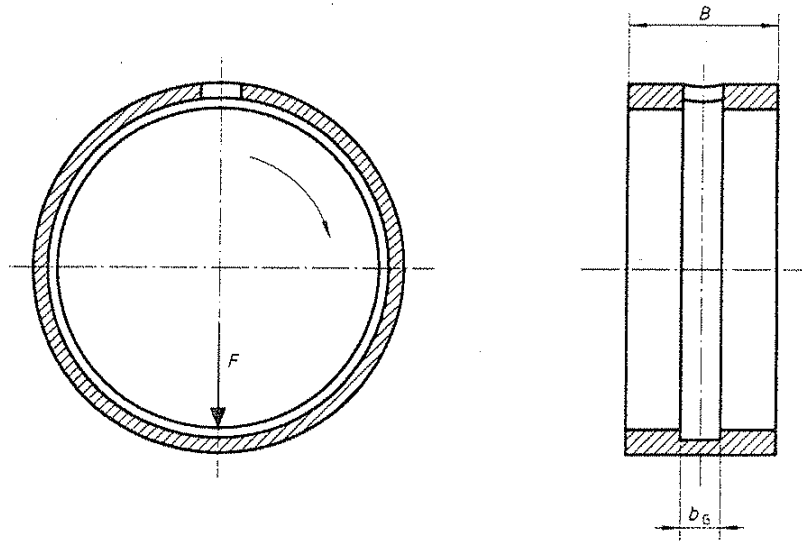
Şekil E16 - Yatak kuvvetine dik doğrultuda (90°) açılmış yağ besleme deliği [L-E2].



$$Q_p^* = \frac{\pi}{4B} \frac{2}{\ln\left(\frac{B}{d_1}\right)} \cdot \eta_L \quad - (E47)$$

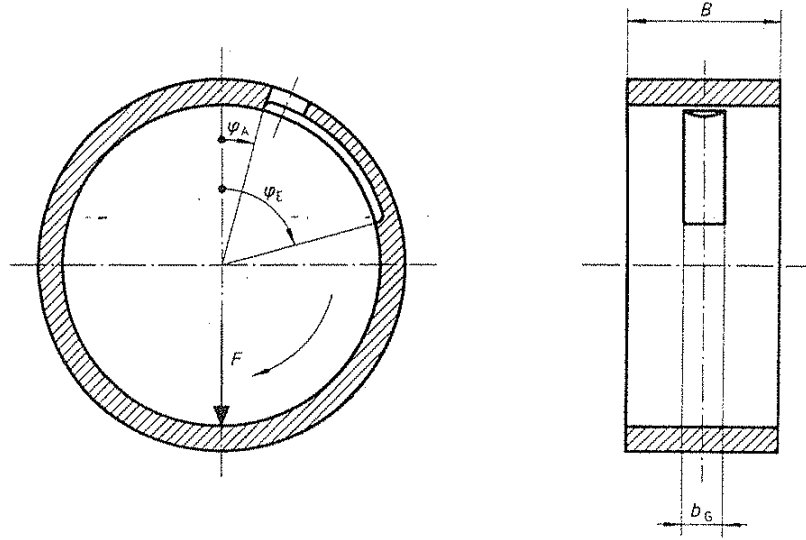
η_L - (Etilik 45)

Şekil E17 - Yatak kuvvetine dik doğrultuda (90°) açılmış 2 Ad. yağ besleme deliği [L-E2].



$$Q_p^* = \frac{\pi}{24} \frac{1+1,5 \cdot \epsilon^2}{(B/D)} \frac{B}{B-b_g} \quad (E48)$$

Şekil E18 - Çevresel yağ besleme kanalı (Tam kanal) [L-E2]



$$Q_p^* = \frac{1}{48} \frac{(\widehat{\varphi}_E - \widehat{\varphi}_A)(1 + 1,5\varepsilon^2) + (3\varepsilon + \varepsilon^3)(\sin\varphi_E - \sin\varphi_A) + 0,75\varepsilon^2(\sin^2\varphi_E - \sin^2\varphi_A) - \frac{\varepsilon^3}{3}(\sin^3\varphi_E - \sin^3\varphi_A)}{\frac{B - b_G}{D}} \quad (E49)$$

$\varphi_E = 90^\circ$ ve $\varphi_A = -90^\circ$ için (180° Kanal);

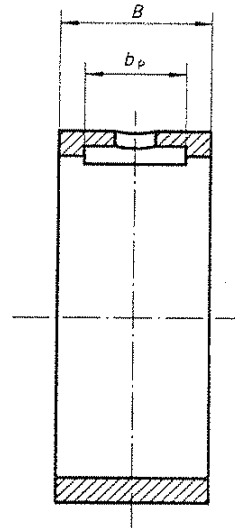
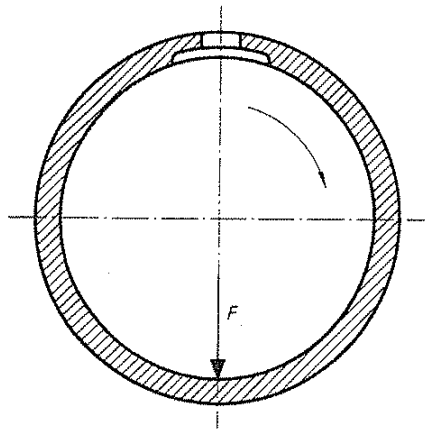
$$\widehat{\varphi}_E = \frac{\pi}{2} \text{ rad}; \quad \widehat{\varphi}_A = -\frac{\pi}{2} \text{ rad.}$$

$$Q_p^* = \frac{1}{48} \frac{(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2})(1 + 1,5\varepsilon^2) + (3\varepsilon + \varepsilon^3)(1 + 1) + 0,75\varepsilon^2(1 - 1) - \frac{\varepsilon^3}{3}(1 + 1)}{B - b_G}$$

$$Q_p^* = \frac{1}{48} \frac{\pi(1 + 1,5\varepsilon^2) + 6\varepsilon + 1,33\varepsilon^3}{B - b_G} \quad (E50)$$

Şekil E19 - Ferrisel yağ besleme kanalı (Parçalı veya kısmi kanal) [L-E2].

Yağ cebi parametresi

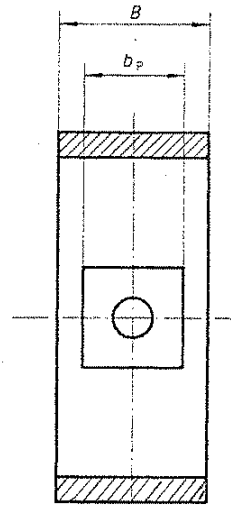
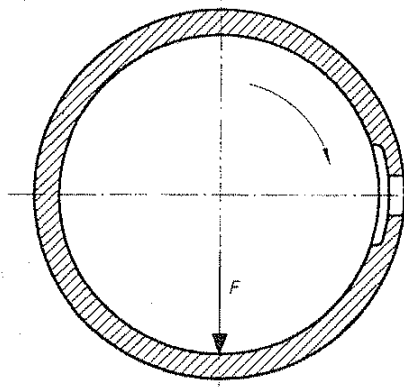


$$Q_p^* = \frac{\pi}{48} \frac{(1+\epsilon)^3}{\ln\left(\frac{B}{b_p}\right)} q_p \quad (E51)$$

$$q_p = 1,188 + 1,582 \left(\frac{b_p}{B}\right) - 2,585 \left(\frac{b_p}{B}\right)^2 + 5,563 \left(\frac{b_p}{B}\right)^3 \quad (E52)$$

$0,05 \leq \left(\frac{b_p}{B}\right) \leq 0,7$ için geçerlidir.

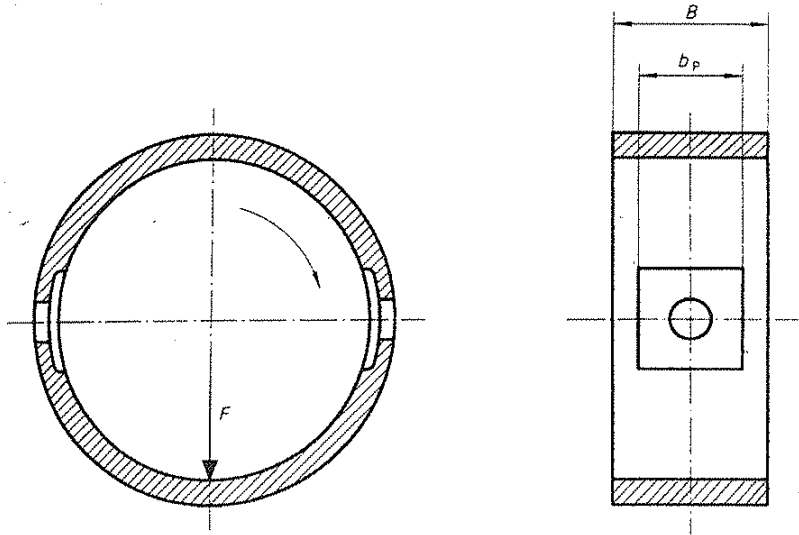
Şekil E20 - Yatacak kuvvetinin ters yönünde açılmış yağ besleme cebi. [L-E2]



$$Q_p^* = \frac{\pi}{48} \frac{1}{\ln\left(\frac{B}{b_p}\right)} q_p \quad (E53)$$

q_p - (Eşitlik E52)

Şekil E21 - Yatacak kuvvetine dik doğrultuda (90°) açılmış yağ besleme cebi. [L-E2].



$$Q_p^* = \frac{\pi}{48} \frac{2}{\ln\left(\frac{B}{b_p}\right)} q_p \quad (E54)$$

$$q_p = (\text{Eşitlik E52})$$

Şekil E22 - Yatak kuvvetine dik doğrultuda ($\mp 90^\circ$) açılmış 2 Ad. yağ besleme cebi. [L-E2]

Tekrar, probleme dönelim.

- Hidrodinamik yağ debisi: Q_3 ;

$$Q_3 = D^3 \cdot \psi_{\text{eff}} \cdot \omega_h \cdot Q_3^* \quad (\text{Eşitlik E39})$$

Hidrodinamik yağ debi faktörü Q_3^* ;

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,825 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \alpha = 360^\circ \end{array} \right\} \parallel Q_3^* = 0,0968 \quad (\text{Şekil E13})$$

$$Q_3 = (120 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 1,576 \cdot 10^{-3} \cdot 209,42 \cdot 0,0968$$

$$\parallel Q_3 = 55,21 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Hidrodinamik

Radyal Kaymalı

Yataklar

(TS ISO 7902 : 1, 2, 3)

-IV-

Kurmanlı

(8 Ad.)

• Pompa yağ debisi Q_p ;

$$Q_p = \frac{D^3 \cdot \gamma_{\text{eff}}^3 \cdot p_{\text{en}}}{\eta_{\text{eff}}} \cdot Q_p^* \quad (\text{Eşitlik E40})$$

Pompa yağ debi faktörü Q_p^* ;

Yağ besleme deliği, yatak kuvvetinin ters yönünde açılmış (Şekil E2) ve $d_L = 5 \cdot 10^{-3}$ m ;
 $p_{\text{en}} = 5 \cdot 10^5$ Pa değerleride verilmiş olduğuna göre,
 Şekil E15'i göz önüne alalım.

$$Q_p^* = \frac{\pi}{48} \frac{(1 + \varepsilon)^3}{\ln(B/d_L) \cdot \eta_L} \quad (\text{Eşitlik E44})$$

$$\eta_L = 1,204 + 0,368 (d_L/B) - 1,046 (d_L/B)^2 + 1,942 (d_L/B)^3 \quad (\text{Eşitlik E45})$$

$$\eta_L = 1,204 + 0,368 (5/60) - 1,046 (5/60)^2 + 1,942 (5/60)^3$$

$$\parallel \eta_L = 1,228$$

$$Q_p^* = \frac{\pi}{48} \frac{(1 + 0,825)^3}{\ln(60/5) \cdot 1,228}$$

$$\parallel Q_p^* = 0,1304$$

$$Q_p = \frac{(120 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (1,576 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 5 \cdot 10^5}{0,027} \cdot 0,1304$$

$$\parallel Q_p = 16,33 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

• Toplam yağ debisi Q ;

$$Q = Q_3 + Q_p \quad (\text{Eşitlik E43})$$

$$Q = 55,21 \cdot 10^{-6} + 16,33 \cdot 10^{-6}$$

$$\| \underline{Q} = 71,54 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

• Yatağın zorlanmış soğutma gücü $P_{th,L}$;

$$P_{th,L} = f.c \cdot Q (T_{ex} - T_{en}) \quad (\text{Eşitlik E32})$$

Basınçlı yağlamada,

$$P_{th,f} = P_{th,L}$$

olduğuna göre ,

$$1981,3 = 1,8 \cdot 10^6 \cdot 71,54 \cdot 10^{-6} (T_{ex} - 58)$$

$$\| \underline{T_{ex,1} = 73,4^\circ \text{C}}$$

$$T_{ex,1} (= 73,4^\circ \text{C}) < T_{ex,0} (= 78^\circ \text{C}) \quad \text{uygun.}$$

Ancak

$$|T_{ex,0} - T_{ex,1}| = |78 - 73,4| = 4,6^\circ \text{C} > 1^\circ \text{C}$$

$$|T_{ex,0} - T_{ex,1}| < 1^\circ \text{C} \quad (\text{Eşitlik E36})$$

olmalı. Dolayısıyla 2. adım hesaba geçilir.

2. Adım ;

Kabul edilen, 2. adım yağ çıkış sıcaklığı,

$$(T_{ex,0})_{2.adım} = 0,5 (T_{ex,0} + T_{ex,1})_{1.adım}$$

$$T_{ex,0} = 0,5 (78 + 73,4)$$

$$\| T_{ex,0} = 75,7^{\circ}C \text{ (Ortalama değer alınmıştır).}$$

• T_{eff} ;

$$T_{eff} = 0,5 (T_{en} + T_{ex,0}) \text{ (Ezittlik E35)}$$

$$T_{eff} = 0,5 (58 + 75,7)$$

$$\| T_{eff2} = 66,85^{\circ}C$$

• η_{eff} ;

$$T_{eff} = 66,85^{\circ}C \left. \vphantom{T_{eff}} \right\} \eta_{eff2} = 28,3 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 0,0283 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

ISO VG 100

• Ψ_{eff} ;

$$\Psi_{eff} = 1 \cdot 10^{-3} + (23 - 11) \cdot 10^{-6} \cdot (66,85 - 20)$$

$$\| \Psi_{eff2} = 1,562 \cdot 10^{-3}$$

• S_o ;

$$S_o = \frac{36000 \cdot (1,562 \cdot 10^{-3})^2}{120 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0283 \cdot 209,42}$$

$$\| S_{o2} = 2,058$$

• ε ;

$$\left. \begin{array}{l} S_0 = 2,058 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \alpha = 360^\circ \end{array} \right\} \parallel \underline{\varepsilon_2 = 0,8246}$$

• $h_{\min.}$;

$$h_{\min.} = 0,5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 1,562 \cdot 10^{-3} (1 - 0,8246)$$

$$\parallel \underline{h_{\min 2} = 16,44 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

• f'/ψ_{eff} ;

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,8246 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \alpha = 360^\circ \end{array} \right\} \parallel \underline{f'/\psi_{\text{eff}} = 2,84}$$

• f' ;

$$f' = 2,84 \cdot 1,562 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel \underline{f'_2 = 4,436 \cdot 10^{-3}}$$

• $P_{th, f}$;

$$P_{th, f} = 36000 \cdot 4,436 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 209,42$$

$$\parallel \underline{P_{th, f2} = 2006,65 \text{ W}}$$

$$\bullet Q_3^*$$

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,8246 \\ \frac{b}{D} = 0,5 \\ \omega = 360^\circ \end{array} \right\} \parallel \underline{Q_{3,2}^* = 0,0964}$$

$$\bullet Q_3$$

$$Q_3 = (120 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 1,562 \cdot 10^{-3} \cdot 209,42 \cdot 0,0964$$

$$\parallel \underline{Q_{3,2} = 54,49 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\bullet Q_p^*$$

$$Q_p^* = \frac{\pi}{48} \frac{(1 + 0,8246)^3}{\ln(60/5) \cdot 1,228}$$

$$\parallel \underline{Q_{p,2}^* = 0,1303}$$

$$\bullet Q_p$$

$$Q_p = \frac{(120 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (1,562 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 5 \cdot 10^5}{0,0283} \cdot 0,1303$$

$$\parallel \underline{Q_{p,2} = 15,16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\bullet Q$$

$$Q = (54,49 + 15,16) \cdot 10^{-6}$$

$$\parallel \underline{Q_2 = 69,65 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\bullet T_{ex,1};$$

$$2006,65 = 1,8 \cdot 10^6 \cdot 69,65 \cdot 10^{-6} (T_{ex,1} - 58)$$

$$\parallel \underline{T_{ex,2} = 74^\circ C}$$

Kontrol :

$$T_{ex,2} (= 74^\circ C) < T_{ex,0} (= 75,7^\circ C) \text{ uygun.}$$

$$|T_{ex,0} - T_{ex,2}| = |75,7 - 74| = 1,7^\circ C > 1^\circ C$$

$$|T_{ex,0} - T_{ex,2}| < 1^\circ C \text{ olmalı.}$$

3. Adım hesabı geçilir.

3. Adım ;

$$T_{ex,0} = 0,5 (75,7 + 74)$$

$$\parallel \underline{T_{ex,0} \approx 74,9^\circ C}$$

$$\bullet T_{eff} = 0,5 (58 + 74,9)$$

$$\parallel \underline{T_{eff3} = 66,45^\circ C}$$

$$\bullet T_{eff} = 66,45^\circ C \left. \vphantom{T_{eff}} \right\} \eta_{eff3} = 28,7 \text{ m Pa} \cdot \text{s} = 0,0287 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

ISVG100

$$\bullet \Psi_{eff} = 1 \cdot 10^{-3} + (23 - 11) \cdot 10^{-6} (66,45 - 20)$$

$$\parallel \underline{\Psi_{eff3} = 1,557 \cdot 10^{-3}}$$

$$S_0 = \frac{36000 \cdot (1,557 \cdot 10^{-3})^2}{120 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0287 \cdot 209,42}$$

|| $S_{03} = 2,018$

$$\left. \begin{array}{l} S_0 = 2,018 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \Omega = 360^\circ \end{array} \right\} \text{|| } \underline{\varepsilon_3 = 0,818}$$

$$h_{\min} = 0,5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 1,557 \cdot 10^{-3} (1 - 0,818)$$

|| $h_{\min 3} = 17 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,818 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \Omega = 360^\circ \end{array} \right\} \text{|| } \underline{f'/\gamma_{\text{eff}} = 2,9}$$

$$f' = 2,9 \cdot 1,557 \cdot 10^{-3}$$

|| $f'_3 = 4,51 \cdot 10^{-3}$

$$P_{th,f} = 36000 \cdot 4,51 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 209,42$$

|| $P_{th,f 3} = 2040 \text{ W}$

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon &= 0,818 \\ \frac{B}{D} &= 0,5 \\ \alpha &= 360^\circ \end{aligned} \right\} \parallel \underline{Q_{3,3}^* = 0,096}$$

$$\bullet Q_3 = (120 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (1,557 \cdot 10^{-3}) \cdot 209,42 \cdot 0,096$$

$$\parallel \underline{Q_{3,3} = 54,09 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\bullet Q_p^* = \frac{\pi}{48} \frac{(1 + 0,818)^3}{\ln(60/5) \cdot 1,228}$$

$$\parallel \underline{Q_{p,3}^* = 0,129}$$

$$Q_p = \frac{(120 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (1,557 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 5 \cdot 10^5}{0,0287} \cdot 0,129$$

$$\parallel \underline{Q_{p,3} = 14,65 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\bullet Q = (54,09 + 14,65) \cdot 10^{-6}$$

$$\parallel \underline{Q = 68,74 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\bullet 2040 = 1,8 \cdot 10^6 \cdot 68,74 \cdot 10^{-6} (T_{ex} - 58)$$

$$\parallel \underline{T_{ex,3} = 74,5^\circ \text{C}}$$

Kontrol :

$$T_{ex,3} (= 74,5^{\circ}\text{C}) < T_{ex,0} (= 74,9^{\circ}\text{C}) \text{ uygun.}$$

$$|T_{ex,0} - T_{ex,3}| = |74,9 - 74,5| = 0,4^{\circ}\text{C} < 1^{\circ}\text{C} \text{ uygun.}$$

ANCAK :

- $T_{ex} < T_{lim}$ ise, yağ ısıtma sıcaklığı UYGUNDUR
- $h_{min} > h_{lim}$ ise, yağ filmi kalınlığı UYGUNDUR

$$T_{ex} (= 74,5^{\circ}\text{C}) > T_{lim} (= 70^{\circ}\text{C}) \text{ uygun DEĞİL}$$

$$h_{min} (= 17 \cdot 10^{-6} \text{ m}) > h_{lim} (= 9 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \text{ uygun}$$

Hesap sonuçları toplu olarak Tablo E7 de verilmiştir.

$$T_{ex} (= 74,5^{\circ}\text{C}) > T_{lim} (= 70^{\circ}\text{C})$$

olduğuna göre, kullandığımız bu hesap yöntemi yerine şimdi de, "yine devrinde olduğu gibi, yağ kalınlığı, ölmek üzere "Grafik interpolasyon yöntemi" ni çözüme şere olur düşüncesiyle kullanalım.

Bu yöntemde

- Yağ giriş sıcaklığı, $T_{in} = 58^{\circ}\text{C}$ (verilmiş)
- $T_{ex} = 58^{\circ}\text{C}$ (verilmiş)
- Yağ ısıtma sıcaklığı,

Her hesap adımında, tahmin edilerek kabul edilen sıcaklık değeri alınır. Örneğin,

$$T_{ex} = 62 \dots 82 \dots 102^{\circ}\text{C} \text{ gibi.}$$

Değişken	Birimi	Hesap Adımları		
		1	2	3
T_{en}	$^{\circ}C$	58	58	58
$T_{ex,0}$	$^{\circ}C$	78	75,7	74,9
T_{eff}	$^{\circ}C$	68	66,85	66,45
γ_{eff}	Pa.s	0,0271	0,0283	0,0287
γ_{eff}	-	$1,576 \cdot 10^{-3}$	$1,562 \cdot 10^{-3}$	$1,557 \cdot 10^{-3}$
S_0	-	2,196	2,058	2,018
ϵ	-	0,8254	0,8246	0,818
h_{min}	m	$16,55 \cdot 10^{-6}$	$16,44 \cdot 10^{-6}$	$17 \cdot 10^{-6}$
f'/γ_{eff}	-	2,78	2,84	2,9
P_f	W	1981,7	2006,65	2040
Q_3	m^3/s	$55,21 \cdot 10^{-6}$	$54,49 \cdot 10^{-6}$	$54,09 \cdot 10^{-6}$
Q_p	m^3/s	$16,33 \cdot 10^{-6}$	$15,16 \cdot 10^{-6}$	$14,65 \cdot 10^{-6}$
Q	m^3/s	$71,54 \cdot 10^{-6}$	$69,65 \cdot 10^{-6}$	$68,74 \cdot 10^{-6}$
$T_{ex,1}$	$^{\circ}C$	73,4	74	74,5
$T_{ex,0}$	$^{\circ}C$	75,7	74,9	-

Tablo E7 - Yatayın yağ sirkülasyonu iyoluyla soğutulmasında, hesap adımlarının önce iterasyon yöntemi ile elde edilen değerler.

- $P_f = F \cdot f' \cdot r_j \cdot w_j$ (Eşitlik E22)

- $P_Q = P_{th,L} = P_c \cdot Q$ (Tex - Ten) (Eşitlik E32)

olmak üzere, P_f ve P_Q ısıt güç değerleri hesaplanır

- $P_f = f(T_{eff})$ ve $P_Q = f(T_{eff})$ eğrileri aynı diyagram üzerine çizilir. Eğrilerin kesim noktası yatağın çalışma sıcaklığıdır yani aranan T_{eff} sıcaklığıdır, $T_{eff} = 0,5 (T_{en} + T_{ex})$ eşitliğinden de T_{ex} kontrolü yapılır. (Sayfa: 69)

- $h_{min} = 0,5 \cdot D \cdot T_{eff} \cdot (1 - \epsilon)$ (Eşitlik E16)

ifadesinden h_{min} bulunarak $h_{min} > h_{min}$ kontrolü yapılır. (h_{lim} değerler Tablo E4 de dir)

Grafik interpolasyon (Grafikten ara değer bulma)

yöntemini uygulamadan önce, bir hatırlatma yapalım:

iterasyon (yineleme, tekrar) yönteminde;

- $T_{ex,0} = T_{en} + 20^\circ C$ (Eşitlik E38)

$T_{ex,0}$ sıcaklığı başlangıç değeri olarak kabul edildi. ($T_{ex,0} = 78^\circ C$)

- $P_{th,f} = P_{th,L}$ (Eşitlik E31)

alınarak, $T_{ex,1}$ hesaplandı. ($T_{ex,1} = 73,4^\circ C$) ve

iterasyon sonucu bir sonraki iterasyon için başlangıç değeri olarak alındığından hesap

kademelerine devam edilerek yeni T_{ex} sıcaklık

ları elde edildi, kontroller yapıldı. (Sayfa: 69).

Şimdi pratik interpolasyon yöntemini uyguluyalım ve tahmin edilen (kabul edilen)

$T_{ex} = 62^{\circ}C$ ile hesaba geçelim

$T_{eff} = 0,5 (5,8 + 62)$

$T_{eff} = 60^{\circ}C$

$T_{eff} = 60^{\circ}C$ } $\eta_{eff} = 0,037 Pa \cdot s$
ISO VG 100

$\Psi_{eff} = 1 \cdot 10^{-3} + (23-11) 10^{-6} \cdot (60-20)$

$\Psi_{eff} = 1,48 \cdot 10^{-3}$

$S_o = \frac{36000 (1,48 \cdot 10^{-3})^2}{120 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,037 \cdot 209,42}$

$S_o = 1,41$

$S_o = 1,41$ } $\epsilon = 0,771$
 $\frac{B}{D} = 0,5$
 $\alpha = 360^{\circ}$

$h_{min} = 0,5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 1,48 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,771)$

$h_{min} = 20,34 \cdot 10^{-6} m$

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,771 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \Omega = 360^\circ \end{array} \right\} \parallel \underline{f' / \psi_{\text{eff}}} = 3,65$$

$$\bullet \quad f' = 3,65 \cdot 1,48 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel \underline{f' = 5,4 \cdot 10^{-3}}$$

$$\bullet \quad P_f = P_{th,f} = 36000 \cdot 5,4 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 209,42$$

$$P_f = 2443,58 \text{ W}$$

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,771 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \Omega = 360^\circ \end{array} \right\} \parallel \underline{Q_3^*} = 0,09$$

$$\bullet \quad Q_3 = (120 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (1,48 \cdot 10^{-3}) \cdot 209,42 \cdot 0,09$$

$$\parallel \underline{Q_3 = 48,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\bullet \quad Q_p^* = \frac{\pi}{48} \frac{(1 + 0,771)^3}{\ln(60/5) \cdot 1,228}$$

$$(\eta_L = 1,228 \text{ Sayfa: 61})$$

$$\parallel \underline{Q_p^* = 0,119}$$

$$\bullet \quad Q_p = \frac{(120 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (1,48 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 5 \cdot 10^5}{0,037} \cdot 0,119$$

$$\| \underline{Q_p} = 9,02 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\bullet \quad Q = (48,2 + 9,02) \cdot 10^{-6}$$

$$\| \underline{Q} = 57,22 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\bullet \quad P_Q = P_{th,L} = S \cdot c \cdot Q (T_{ex} - T_{en}) \quad (\text{Eşitlik E32})$$

$$P_Q = 1,8 \cdot 10^6 \cdot 57,22 (62 - 58)$$

$$\| \underline{P_Q} = 412 \text{ W}$$

Hesabımızı, $T_{ex} = 82^\circ\text{C}$, 102°C ve $74,9^\circ\text{C}$ (Tab. L0 E7 de 3. adımda hesaplandı) olmak üzere 4. adımda tamamlayarak sonuçları Tablo E8 de gösterelim ve $P_f = f(T_{eff})$, $P_Q = f(T_{eff})$ eğrilerini grafik çözüm için çizelim (Şekil E23). Eğrilerin ortak noktasına yani kesim noktasına karşılık gelen sıcaklık, yatağın efektif çalışma sıcaklığı veya efektif yağ sıcaklığıdır. Diyagramdan,

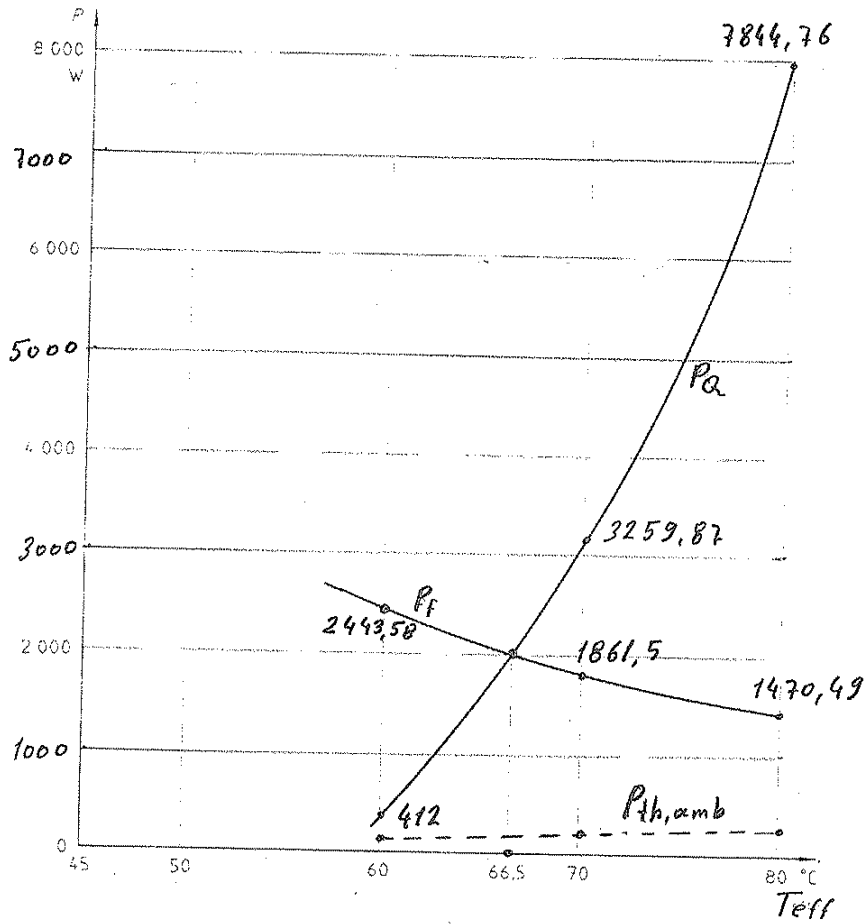
$$\| \underline{T_{eff}} = 66,5^\circ\text{C}$$

okunur. hmin. da bir problem yoktur.

Basınsız yağlamayı tekrar pozisyonüne alalım. $T_B = T_{eff} = 60^\circ \dots 70^\circ \dots 80^\circ\text{C}$ kabul edilen tahmini sıcaklık değerleri ile,

Değişken	Birimi	Hesap Adımları			
		1	2	3	4
Ten	°C	58	58	58	58
Tex	°C	62	82	102	74,9
Teff	°C	60	70	80	66,45
Yeff	Pa.s	0,037	0,025	0,018	0,0282
Yeff	—	$1,48 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,72 \cdot 10^{-3}$	$1,557 \cdot 10^{-3}$
So	—	1,41	2,429	3,934	2,018
E	—	0,771	0,8383	0,8801	0,818
h _{min}	m	$20,34 \cdot 10^{-6}$	$15,52 \cdot 10^{-6}$	$12,37 \cdot 10^{-6}$	$17 \cdot 10^{-6}$
f'/Yeff	—	3,65	2,572	1,89	2,9
Pf	W	2449,58	1861,5	1470,49	2040
Q	m ³ /s	$57,22 \cdot 10^{-6}$	$75,46 \cdot 10^{-6}$	$99,05 \cdot 10^{-6}$	$68,74 \cdot 10^{-6}$
Pa	W	412	3259,87	7844,76	2087,06

Tablo E8. Yatağın yağ sirkülasyonu yoluyla soğutulmasında, hesap adımlarına göre interpolasyona esas olan değerler



Şekil E23 - Grafik interpolasyon yöntemi ile efektif yatak sıcaklığı T_{eff} değerinin elde edilmesi

$$P_{th,amb} = k_A \cdot A (T_B - T_{amb}) \quad (\text{Eşitlik E23})$$

denklemden yatağın taşınım soğutma gücünü hesaplıyalım ve Şekil E23'e ilave edelim (kesikli çizgi)

$$(P_{th,amb})_{60^\circ} = 20 \cdot 0,3 (60 - 40) = 120 \text{ W}$$

$$(P_{th,amb})_{70^\circ} = 20 \cdot 0,3 (70 - 40) = 180 \text{ W}$$

$$(P_{th,amb})_{80^\circ} = 20 \cdot 0,3 (80 - 40) = 240 \text{ W}$$

Görüyoruz ki P_f eğrisi ile $P_{th,amb}$ eğrisi kesişmiyor aynı ortak çalışma noktaları yok

Bu ise yatağın tek basına taşınım yoluyla .77-
soğutulamayacağını gösterir (T.Ö)

$$T_{eff} = 66,5^{\circ}C \text{ ile,}$$

$$T_{eff} = \bar{T}_L = 0,5 (T_{en} + T_{ex}) \quad (\text{Eşitlik E35})$$

$$66,5^{\circ}C = 0,5 (58 + T_{ex})$$

$$\| T_{ex} (= 75^{\circ}C) > T_{lim} (= 70^{\circ}C) \text{ uygun değil.}$$

iterasyon yönteminin 3. adımında da $T_{ex} = 74,5^{\circ}C$
bulunmuştu. Sayfa 69, kontrollara bakınız).

İrdeleme:

Yatağın devri-daim ettirilen yağ tarafından
soğutulurken, doğal olarak taşınım yoluyla da
soğuyacaktır. Ancak biz taşınım yoluyla
yatağın soğumasını emniyetli olur düşüncesiyle
ihmal etmiştik. ihmal etmezsek T_{eff} sıcaklığı
ne olur?

$$(P_a + P_{th,amb})_{60^{\circ}C} = 412 + 120 = 532 \text{ W}$$

$$(P_a + P_{th,amb})_{70^{\circ}C} = 3259,87 + 180 = 3439,87 \text{ W}$$

$$(P_a + P_{th,amb})_{80^{\circ}C} = 7844,76 + 240 = 8084,76 \text{ W}$$

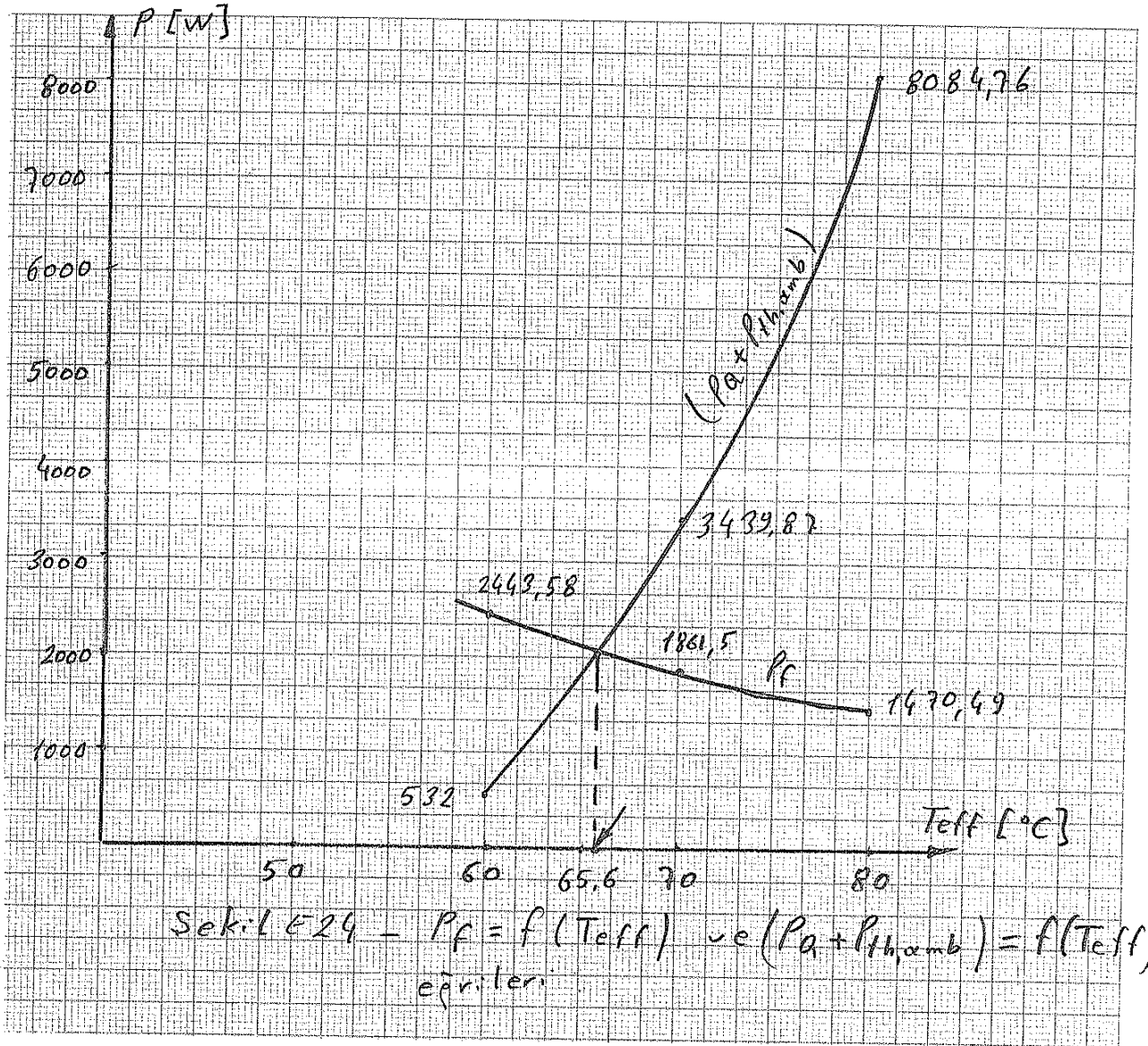
$$P_f = f(T_{eff}), \quad (P_a + P_{th,amb}) = f(T_{eff})$$

eğrilerini çizelim (Şekil E24)

$$T_{eff} = 65,6^{\circ}C \text{ okunur.}$$

$$65,6 = 0,5 (58 + T_{ex})$$

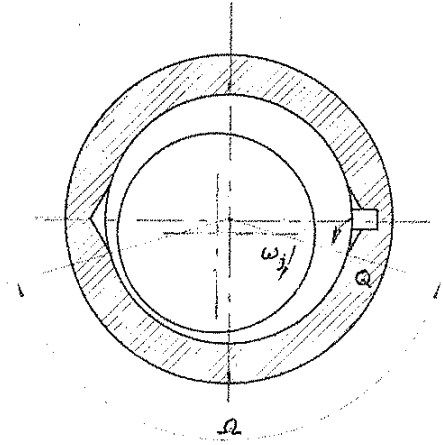
$$T_{ex} = 73,2^{\circ}C > T_{lim} \quad \text{uygun değil}$$



Bu halde, T_{ex} uygun sıksaydı bile, yine hesaplarımızda taşınım yoluyla yatağın soğutulması ihmal edilecekti; çünkü, yatak sarımasının hasar risk'i çok büyüktür.

T_{eff} sıcaklığının uygun sıkmaması halinde, yatak değişkenleri bu sıcaklığa göre yeniden hesaplanmalıdır.

Örnek 2 - Şekil E25 te gösterilen kısmi (sınırlı) radyal kaymalı yatağın, aşağıdaki verilere göre hesabı istenmektedir.



Şekil E25 - Kısmi (sınırlı) radyal kaymalı yatağın (Yağlama cebi ile yağlama)

Yatağın boyutları ve işletme verileri :

- Yatağın kuvveti (Nominal yük) : $F = 10^6 \text{ N}$
- Milin devir sayısı : $N_j = 1,4283 \text{ s}^{-1}$
- Milin açısal hızı : $\omega_j = \omega_h = 8,974 \text{ s}^{-1}$
(ω_h - Hidrodinamik açısal hız. Eşitlik E11)
- Yatağın mili, çevreleme açısı : $\Omega = 150^\circ$
($\Omega = 360^\circ$ Tam radyal yatağın)
($\Omega = 150^\circ$ Kısmi radyal yatağın)
- Yatağın iç çapı : $D = 1010 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Ortalama izafi yatağın boşluğu : $\bar{\Psi} = 10^{-3}$
- izafi yatağın boşluğunun ortalama değeri : $\Delta\Psi = 0$
- Nominal yatağın genişliği : $B = 758 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- B/D oranı : $B/D = 0,75$

• Kullanılan yağ : ISO VG 46 - 80.

ISO VG 46

T_{eff} °C	η_{eff} (Teff) Pa.s
20	0,1324
30	0,0721
40	0,043

• Yağ giriş sıcaklığı : $T_{en} = 24^{\circ}C$
(Sirkülasyonlu yağlama için)

• Yağın hacimsel özgül ısısı : $\rho \cdot c = 1,8 \cdot 10^6 \text{ J/(m}^3\text{K)}$

Limit (sınır) değerler :

• Kabul edilebilir max. özgül yatak yükü : $\bar{p}_{Lim} = 10 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

• Kabul edilebilir max. yatak sıcaklığı : $T_{Lim} = 70^{\circ}C$

• Kabul edilebilir min. yağ filmi kalınlığı : $h_{Lim} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

Ayrıca yatakta, yağ basıncının çok küçük (önemsiz) olması nedeniyle Q_p yağ debisi ısıtılma denkleminde poz önüne alınmamıştır.

• Kabul edilen efektif yağ filmi sıcaklığı : $T_{eff} = 40^{\circ}C$

• Kullanıldık yağın kabul edilen : $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$
özgül kütlesi

Hesap :

• Reynolds sayısı Re , kontrolü ;

$$Re = \frac{\pi \cdot D_j \cdot N_j \cdot \eta_{eff} \cdot D_j \cdot \rho}{2 \cdot \eta_{eff}} < 41,3 \sqrt{\frac{1}{\eta_{eff}}} \quad (\text{Eşitlik ET})$$

Hidrodinamik

Radyal Kaymalı

Yataklar

(TS ISO 7902: 1, 2, 3)

-V-

Karim

(8 Ad.)

$$\Psi_{\text{eff}} = \bar{\Psi} + \Delta\Psi \quad (\text{Eşitlik E7})$$

$$\Psi_{\text{eff}} = 10^{-3} + 0$$

$$\| \underline{\Psi_{\text{eff}}} = 10^{-3}$$

$$T_{\text{eff}} = 40^\circ\text{C} \left. \vphantom{T_{\text{eff}}} \right\} \eta_{\text{eff}} = 0,043 \text{ Pa}\cdot\text{s} \quad (\text{Sayfa 80 deki tablo veya ISO VG 46 Şekil E4})$$

$$Re = \frac{\pi \cdot 1010 \cdot 10^{-3} \cdot 1,428 \cdot 10^{-3} \cdot 1010 \cdot 10^{-3} \cdot 900}{2 \cdot 0,043} = 47,9$$

$$< 47,9 \sqrt{\frac{1}{10^{-3}}} = 1306$$

$$\| \underline{Re} = 47,9 < 1306 \quad (\text{Laminer akış dolayısıyla uygundur})$$

• Özgül yatak yükü \bar{p} nin kontrolü;

$$\bar{p} = \frac{F}{B \cdot D} \quad (\text{Eşitlik E10})$$

$$\bar{p} = \frac{10^6}{758 \cdot 10^{-3} \cdot 1010 \cdot 10^{-3}}$$

$$\| \underline{\bar{p}} = 1,306 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$\| \underline{\bar{p}} (= 1,306 \cdot 10^6 \text{ Pa}) < \bar{p}_{\text{Lim}} (= 10 \cdot 10^6 \text{ Pa}) \quad \text{uygun.}$$

Q_p yağ debisi ısıtılma denkleminde göz ardı edilmediğine göre, yatağın soğutulma işlemi Q_3 yağ debisi ile yapılacaktır.

iterasyon yöntemini kullanarak hesap adımlarına başlayalım:

1. Adım,

- $T_{ex,o} = T_{en} + 20^{\circ}C$ (Eşitlik E38)

$$T_{ex,o} = 24^{\circ} + 20^{\circ}$$

$$\parallel T_{ex,o} = 44^{\circ}C$$

- $T_{eff} = \bar{T}_L = 0,5 (T_{en} + T_{ex,o})$ (Eşitlik E35)

$$T_{eff} = 0,5 (24 + 44)$$

$$\parallel T_{eff} = 34^{\circ}C$$

- $T_{eff} = 34^{\circ}C$ } $\parallel \eta_{eff} = 58 mPa.s = 0,058 Pa.s$ (Şekil E4)
- ISO VG 46

- $S_o = \frac{F \cdot \eta_{eff}^2}{D \cdot B \cdot \eta_{eff} \cdot \omega_h}$ (Eşitlik E13)

$$S_o = \frac{10^6 \cdot (10^{-3})^2}{1010 \cdot 10^{-3} \cdot 758 \cdot 10^{-3} \cdot 0,058 \cdot 8,974}$$

$$\parallel S_o = 2,5$$

- $S_o = 2,5$ } $\parallel \epsilon = 0,798$ (Şekil E26)
- $\frac{B}{D} = 0,75$
- $\omega = 150^{\circ}$

ϵ için, Tablo E9 ve Şekil E27 den de fayda kullanılabilir.

$\Omega = 150^\circ$ ve $B/D = 1,5$

ε	β	S_0	$f'\psi$	$f\psi$	Q_3^*
0,2	61,7703	0,3058	10,5742	4,7678	0,3288
0,4	47,9337	0,738	4,7933	2,489	0,0445
0,6	39,8508	1,5547	2,7181	1,6599	0,0521
0,8	30,2152	4,0616	1,4905	1,1082	0,0501
0,9	23,4459	9,2073	0,9618	0,7712	0,0437
0,925	20,432	13,0508	0,7949	0,6551	0,0403
0,95	17,262	20,5699	0,6301	0,525	0,0365
0,975	12,396	46,5565	0,4083	0,35	0,0325

 $\Omega = 150^\circ$ ve $B/D = 0,5$

ε	β	S_0	$f'\psi$	$f\psi$	Q_3^*
0,2	67,9821	0,0706	45,4882	20,0289	0,0184
0,4	54,2896	0,1899	18,2097	9,0211	0,0323
0,6	43,0078	0,4775	8,4291	4,9152	0,0412
0,8	30,3047	1,6927	3,2951	2,3785	0,0431
0,9	22,1859	5,0335	1,6018	1,293	0,0402
0,925	19,66	7,5834	1,246	1,022	0,0385
0,95	16,3781	13,2552	0,8946	0,7383	0,0361
0,975	11,4673	34,9703	0,5012	0,4245	0,0317

 $\Omega = 150^\circ$ ve $B/D = 1,25$

ε	β	S_0	$f'\psi$	$f\psi$	Q_3^*
0,2	62,7765	0,2588	12,4784	5,604	0,0283
0,4	48,8773	0,6374	5,5282	2,8501	0,0445
0,6	40,2801	1,3806	3,0383	1,8436	0,0526
0,8	30,2311	3,7472	1,5987	1,1844	0,0509
0,9	23,4326	8,6906	1,0083	0,8002	0,0447
0,925	20,2954	12,4741	0,8232	0,6805	0,0413
0,95	17,1592	19,8337	0,6474	0,5425	0,0375
0,975	12,2987	45,3826	0,4154	0,3705	0,0334

 $\Omega = 150^\circ$ ve $B/D = 0,25$

ε	β	S_0	$f'\psi$	$f\psi$	Q_3^*
0,2	70,1417	0,0185	173,6574	75,8912	0,0099
0,4	56,4804	0,0529	65,0018	31,7011	0,0185
0,6	43,9464	0,1447	27,351	15,6846	0,0248
0,8	29,8093	0,6008	8,9143	6,3433	0,0269
0,9	21,2152	2,1539	3,509	2,6112	0,0259
0,925	18,3268	3,5871	2,4504	1,9114	0,0251
0,95	15,8538	6,8272	1,6035	1,2701	0,0244
0,975	10,7917	21,4295	0,751	0,6315	0,0221

 $\Omega = 150^\circ$ ve $B/D = 1$

ε	β	S_0	$f'\psi$	$f\psi$	Q_3^*
0,2	64,1708	0,2022	15,9459	7,1228	0,0268
0,4	50,1904	0,5099	6,8759	3,51	0,0434
0,6	41,1351	1,1434	3,6318	2,1757	0,0526
0,8	30,2445	3,2967	1,7897	1,3189	0,0511
0,9	22,9634	8,0787	1,0677	0,8862	0,045
0,925	20,115	11,5986	0,8719	0,7488	0,0419
0,95	16,9465	18,7837	0,6741	0,5636	0,0383
0,975	12,1844	43,3026	0,4294	0,376	0,0339

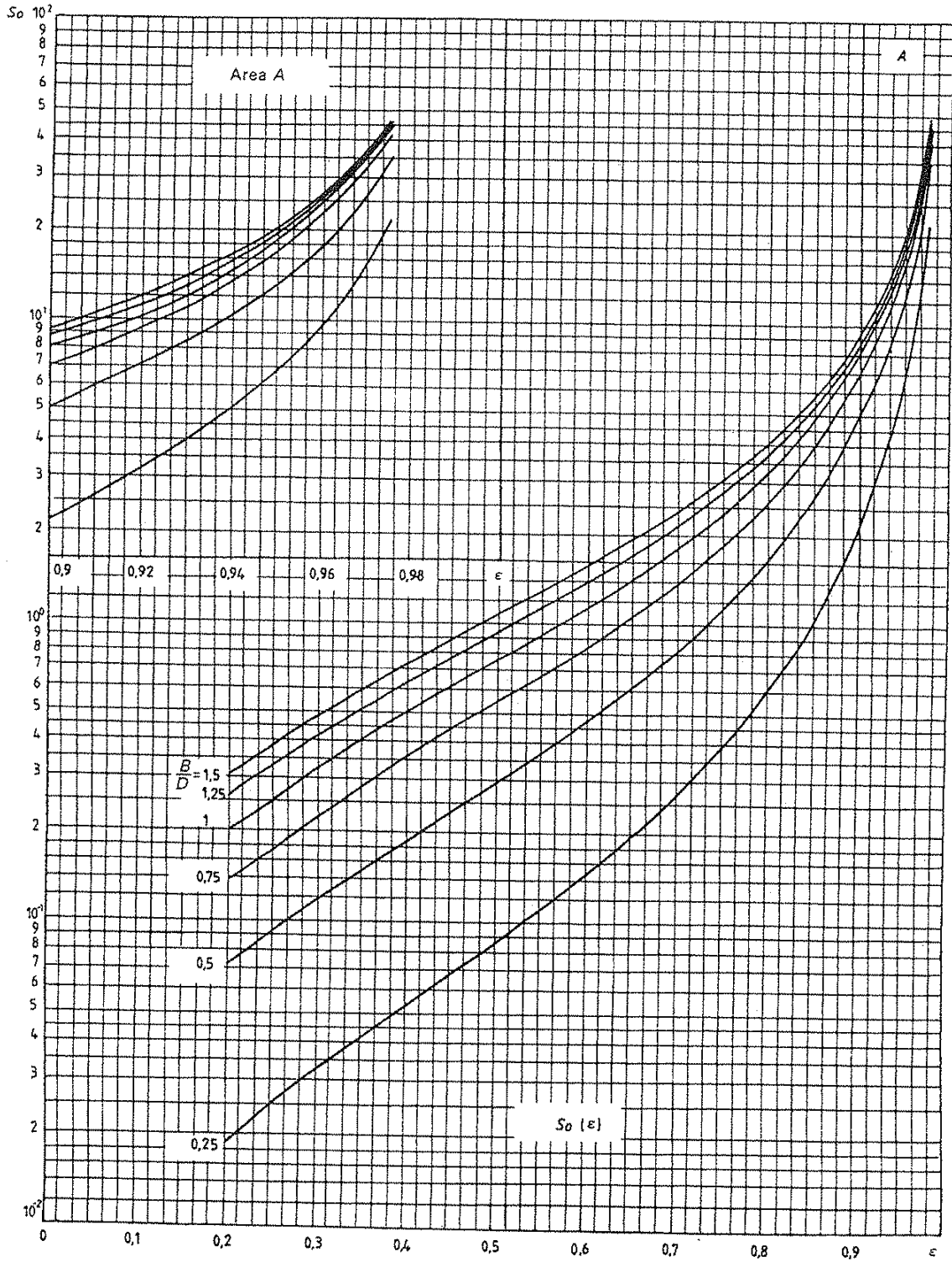
 $\Omega = 150^\circ$ ve $B/D = 0,75$

ε	β	S_0	$f'\psi$	$f\psi$	Q_3^*
0,2	65,9611	0,1367	23,5537	10,4496	0,0238
0,4	51,9963	0,3561	9,7827	4,9274	0,04
0,6	42,1174	0,8372	4,8918	2,8877	0,05
0,8	30,6367	2,6068	2,211	1,6154	0,0497
0,9	22,6695	6,9438	1,2114	1,0008	0,0443
0,925	19,8534	10,1662	0,9704	0,8155	0,0415
0,95	16,6812	16,9409	0,7302	0,608	0,0382
0,975	11,9044	40,5953	0,4488	0,3809	0,0337

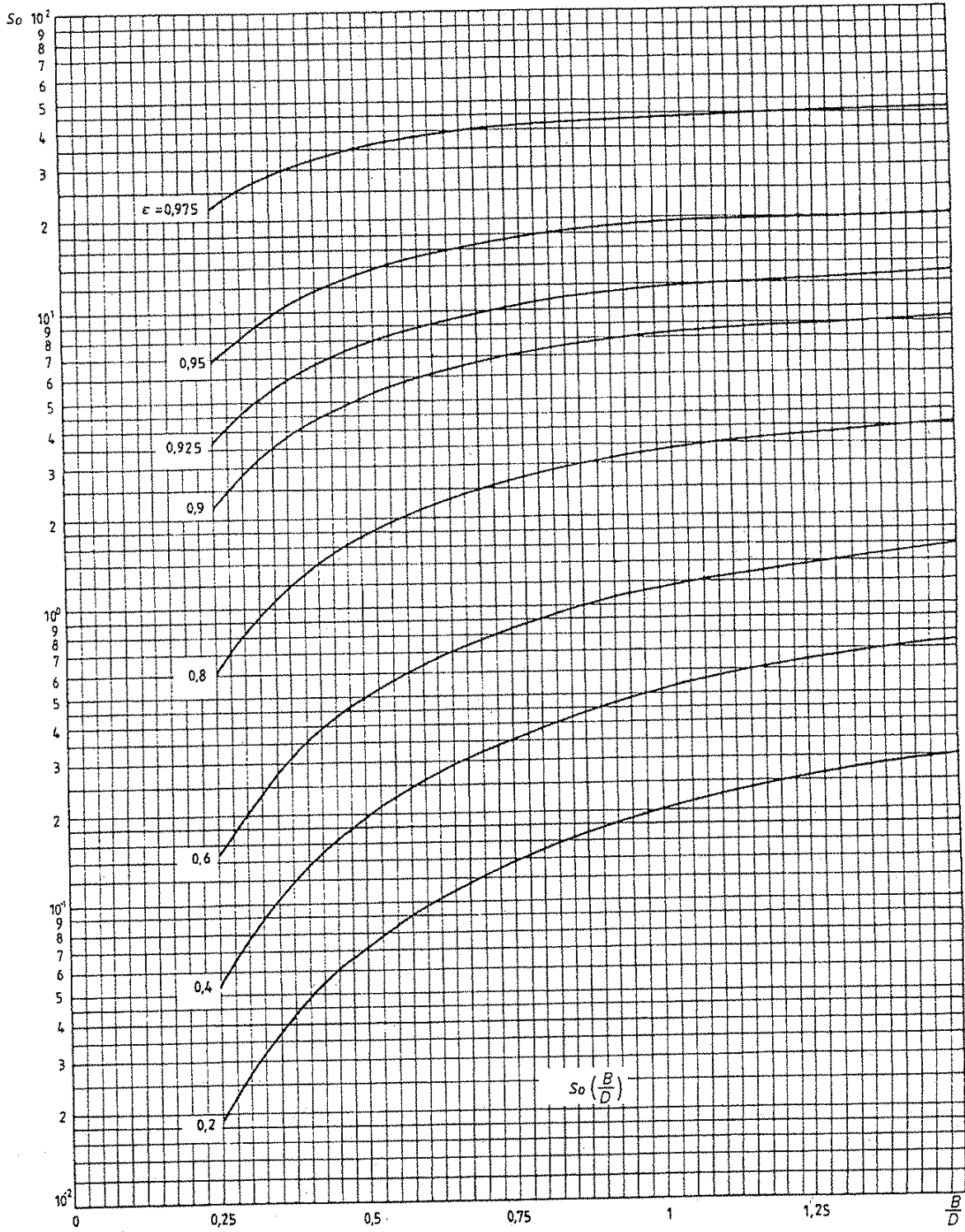
Tablo E9 - Yatay ana karakteristik değerleri

$$\Omega = 150^\circ \text{ [L-E2]}$$

(Semboller için Tablo E3'e bakınız)



Şekil E26 - $\Omega = 150^\circ$ için, ϵ izafi eksantrikline bağlı olarak, S_o Sommerfeld sayısının değişimi. [L-E2].



Şekil E27. $\alpha = 150^\circ$ için; B/D izafi yatak genişliğinin fonksiyonu olarak, So Sommerfeld sayısının değişimi. [L-E2].

- $h_{min} = 0,5 \cdot D \cdot \psi_{eff} (1 - \epsilon) \quad (\text{Eşitlik E16})$

$$h_{min} = 0,5 \cdot 1010 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} (1 - 0,798)$$

$$\parallel h_{min} = 102,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

- $$\left. \begin{array}{l} \epsilon = 0,798 \\ \frac{B}{D} = 0,75 \\ \Omega = 150^\circ \end{array} \right\} \parallel \underline{f' / \psi_{eff} = 1,65} \quad (\text{Hata 1})$$

Not.

- $$\left. \begin{array}{l} \epsilon = 0,8 \\ S_0 = 2,6068 \\ \frac{B}{D} = 0,75 \\ \Omega = 150^\circ \end{array} \right\} \parallel \underline{f' / \psi_{eff} = 2,211} \quad (\text{Tablo E9})$$

- $$\left. \begin{array}{l} \tilde{\epsilon} = 0,8 \\ \frac{B}{D} = 0,75 \\ \Omega = 150^\circ \end{array} \right\} \parallel \underline{f' / \psi_{eff} = 2,2} \quad (\text{Şekil E28, E29})$$

Standarttaki diğer değerleri bormamak için,
 $f' / \psi_{eff} = 1,65$ ile hesaba devam edelim (T.Ö)

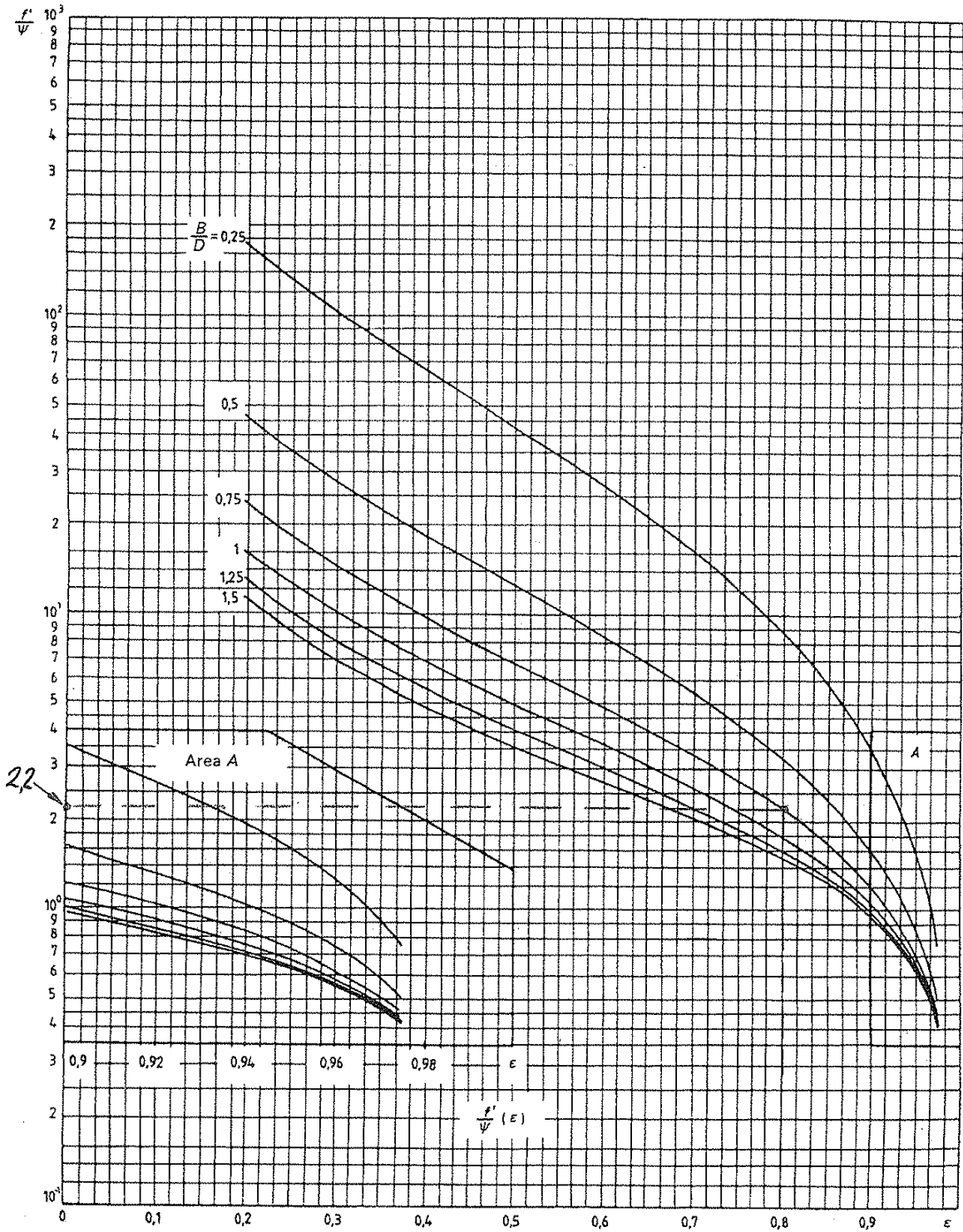
- $$f' = 1,65 \cdot \psi_{eff}$$

$$\parallel \underline{f' = 1,65 \cdot 10^{-3}}$$

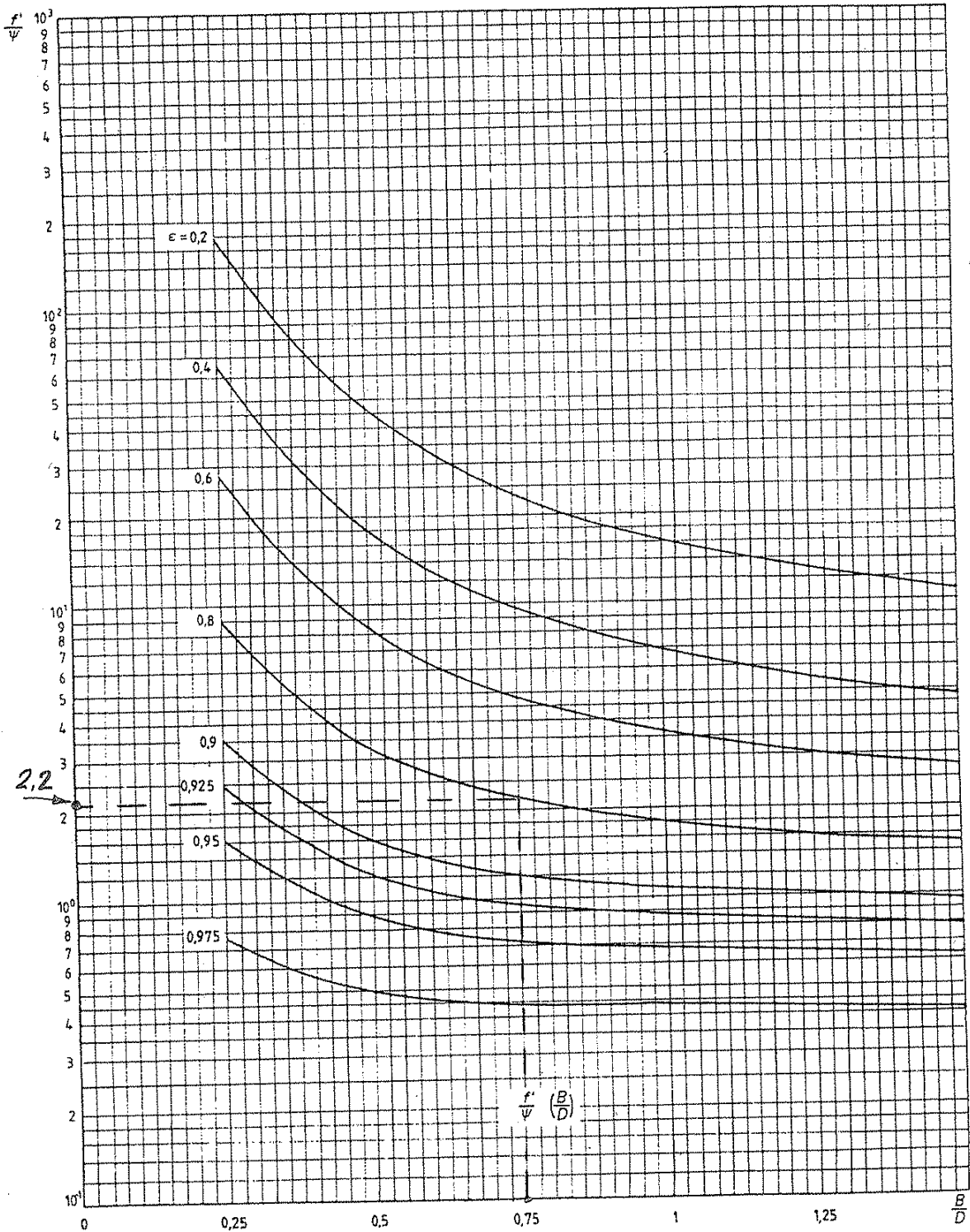
- $$P_f = F \cdot f' \cdot r_j \cdot \omega_j \quad (\text{Eşitlik E22})$$

$$P_f = 10^6 \cdot 1,65 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1010 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 8,974$$

$$\parallel \underline{P_f = 7477,6 \text{ W}}$$



Şekil E28- $\Omega = 150^\circ$ için; ϵ izafi eksantrikliğin fonksiyonu olarak, f'/Ψ_{eff} izafi sürtünme katsayısının değişimi. [L-E2]



Şekil E29- $\Omega = 150^\circ$ için; B/D izafi yatak genişliği için fonksiyonu olarak, f'/Y_{eff} izafi sürtünme katsayısının değişimi. [L-E2].

$$\left. \begin{aligned} \epsilon &= 0,798 \\ \frac{B}{D} &= 0,75 \\ \alpha &= 150^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow \underline{Q_3^* = 0,0498} \quad (\text{Şekil E30, E31})$$

(Tablo E9 de; $\epsilon = 0,8 \rightarrow Q_3^* = 0,0497$)

$$Q_3 = D^3 \cdot \psi_{eff} \cdot \omega_h \cdot Q_3^* \quad (\text{Eşitlik E39})$$

$$Q_3 = (1010 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 10^{-3} \cdot 8,974 \cdot 0,0498$$

$$\Rightarrow \underline{Q_3 = 46,04 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$P_{th,L} = s.c \cdot Q (T_{ex} - T_{en}) \quad (\text{Eşitlik E32})$$

$$P_{th,f} = P_{th,L}$$

$$7477,6 = 1,8 \cdot 10^6 \cdot 46,04 \cdot 10^{-5} (T_{ex} - 24)$$

$$\Rightarrow \underline{T_{ex,1} = 33^\circ \text{C}}$$

Kontrol.

$$\bullet T_{ex,1} (= 33^\circ \text{C}) < T_{lim} (= 70^\circ \text{C}) \quad \text{uygun}$$

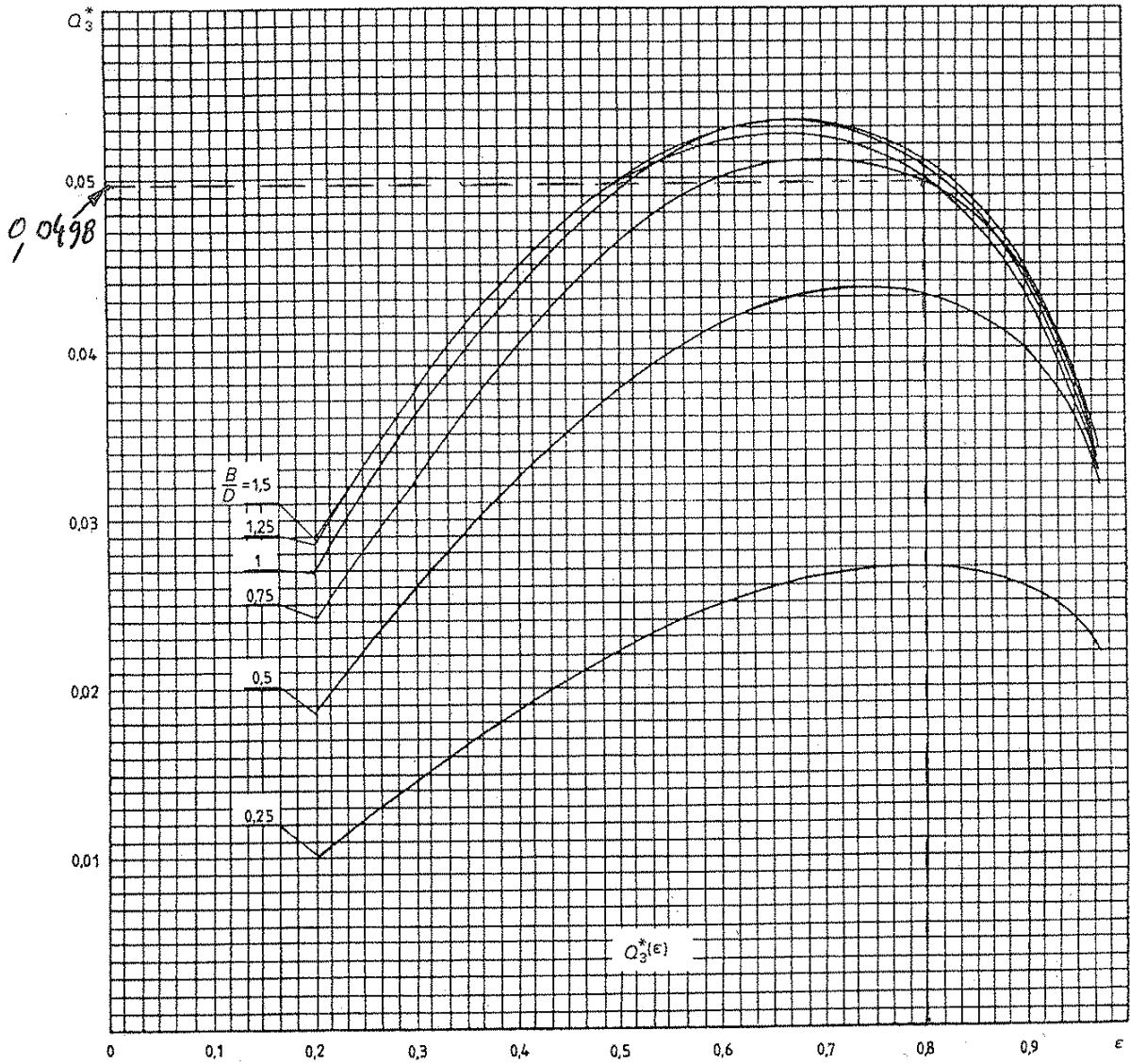
$$\bullet h_{min} (= 102,01 \cdot 10^{-6}) > h_{lim} (= 9 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \quad \text{uygun}$$

$$\bullet |T_{ex,0} - T_{ex,1}| = |44 - 33| = 11^\circ \text{C} > 1^\circ \quad \text{uygun DEĞİL}$$

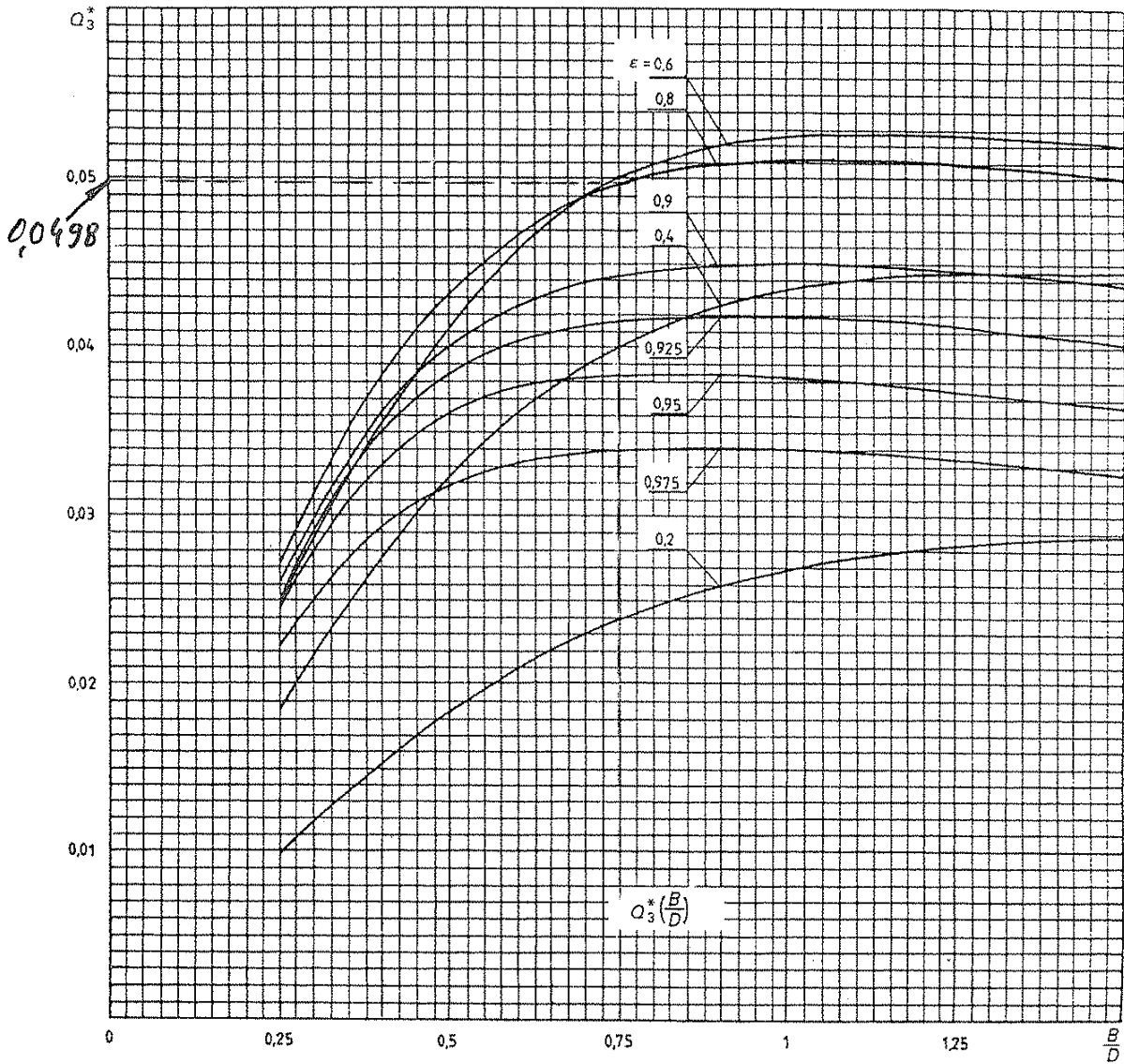
2. Adıma geçilir.

$$\bullet (T_{ex,0})_{2.adım} = 0,5 (T_{ex,0} + T_{ex,1})_{1.adım} = 0,5 (44 + 33)$$

$$\Rightarrow \underline{T_{ex,0} = 38,5^\circ \text{C}}$$



Şekil E 30. $\Omega = 150^\circ$ için; ϵ izafi eksantrikliğe bağlı olarak, Q_3^* yağ debi faktörünün değişimi. [L-E2]



Şekil E31 - $\Omega = 150^\circ$ için; B/D izafi yatak genişliğinin fonksiyonu olarak, Q^* yağ debi faktörünün değişimi. [1-E2].

$$\bullet T_{\text{eff}} = 0,5 (24 + 38,5)$$

$$\| \underline{T_{\text{eff}}} \approx 31,3^{\circ}\text{C}$$

Hesaba aynı şekilde devam edersek,

$$\| \underline{T_{\text{ex},1}} = 33,83^{\circ}\text{C}$$

bulunur.

$$|T_{\text{ex},0} - T_{\text{ex},1}| = |38,5 - 33,83| = 4,67^{\circ}\text{C} > 1^{\circ}\text{C}$$

3. Adıma geçilir.

$$\bullet (T_{\text{ex},0})_{3.\text{adım}} = 0,5 (T_{\text{ex},0} + T_{\text{ex},1})_{2.\text{adım}} = 0,5 (38,5 + 33,83)$$

$$\| \underline{T_{\text{ex},0}} \approx 36,2^{\circ}\text{C}$$

$$\bullet T_{\text{eff}} = 0,5 (24 + 36,2)$$

$$\| \underline{T_{\text{eff}}} = 30,1^{\circ}\text{C}$$

Devam edilirse,

$$\| \underline{T_{\text{ex},1}} = 34,08^{\circ}\text{C}$$

bulunur.

$$|T_{\text{ex},0} - T_{\text{ex},1}| = |36,2 - 34,08| = 2,12^{\circ}\text{C} > 1^{\circ}\text{C}$$

4. Adıma geçilir.

$$\bullet (T_{\text{ex},0})_{4.\text{adım}} = 0,5 (T_{\text{ex},0} + T_{\text{ex},1})_{3.\text{adım}} = 0,5 (36,2 + 34,08)$$

$$\| \underline{T_{\text{ex},0}} \approx 35,1^{\circ}\text{C}$$

$$\bullet T_{\text{eff}} = 0,5 (35,1 + 24)$$

$$\| \underline{T_{\text{eff}}} = 29,55^{\circ}\text{C}$$

Devam edilirse,

- 93 -

$$\| T_{ex,1} = 34,31^{\circ}C < T_{lim} (= 70^{\circ}C) \text{ uygun}$$

ve

$$| T_{ex,0} - T_{ex,1} | = | 35,1 - 34,31 | = 0,79^{\circ}C < 1^{\circ}C \text{ uygun}$$

bulunur. Sonuçlar toplu olarak Tablo E-10 da verilmiştir.

Değişken	Birimi	Hesap Adımları			
		1	2	3	4
T_{en}	$^{\circ}C$	24	24	24	24
$T_{ex,0}$	$^{\circ}C$	44	38,5	36,2	35,1
T_{eff}	$^{\circ}C$	34	31,3	30,1	29,55
η_{eff}	Pas	0,058	0,07	0,074	0,077
S_o	$\frac{m}{s}$	2,507	2,079	1,967	1,89
ϵ	$\frac{m}{s}$	0,798	0,767	0,758	0,75
h_{min}	m	$102,01 \times 10^{-6}$	$117,67 \times 10^{-6}$	$122,21 \times 10^{-6}$	$126,25 \times 10^{-6}$
j'/ψ_{eff}	$\frac{m}{s}$	1,65	1,822	1,87	1,92
P_f	W	7 477,6	8 248	8 338,6	8 701,2
Q_3	m^3/s	$46,04 \times 10^{-5}$	$46,60 \times 10^{-5}$	$46,69 \times 10^{-5}$	$46,88 \times 10^{-5}$
$T_{ex,1}$	$^{\circ}C$	33	33,83	34,08	34,31
$T_{ex,0}$	$^{\circ}C$	38,5	36,2	35,1	

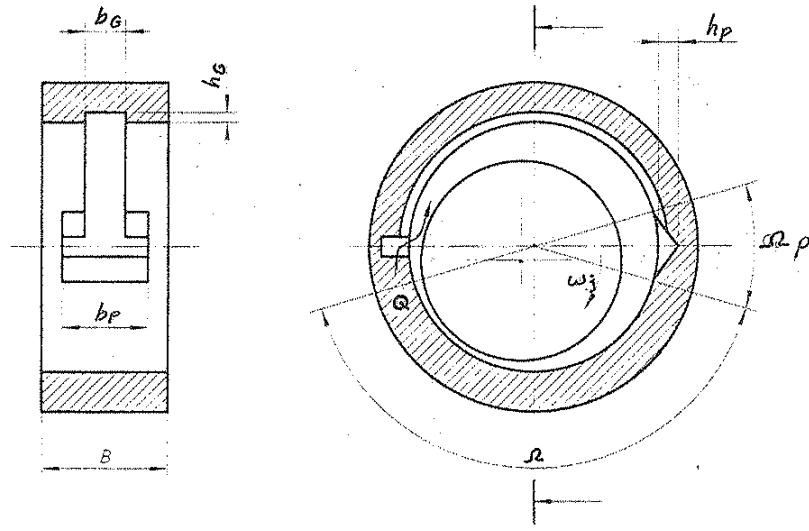
Tablo E-10 - Isıl denge denkleminde Q_p yağ debisinin füzardı edildiği yatakta, hesap adımlarına göre elde edilen değerler.

Kabul edilen yağ sikiş sıcaklığı $T_{ex,0}$ ile hesaplanan yağ sikiş sıcaklığı $T_{ex,1}$ arasındaki farkın $1^{\circ}C$ den küçük olması, 4. hesap adımında seçilmiştir.

Örnek 3 - Şekil E32 de gösterilen kısmi (sınırlı) -94-

radyal kaymalı yatağın, aşağıdaki verilere göre hesabı istenmektedir.

- Yatağın üst yarısında (Basınsız bölgede) çevresel yağ kanalı açılmış olup, bu kanal iki yağlama cebini $\mp 90^\circ$ de birleştirmiştir. Cepten biri besleyici ceptir.
- Isı geçişi, yani yatağın soğutulması yağ sirkülasyonu (devri-daim yağlama) ile yapılmıştır.
- Mil, yatak ve yatak gövdesi arasında ısı değişimi yoktur. (Genleşmelerde bir farklılık yoktur)



Şekil E32 - Kısmi (sınırlı) radyal kaymalı yatak (iki yağlama cepli ve bir yağ kanallı yağlama)

Yatak boyutları ve işletme verileri :

- Yatak kuvveti (Nominal yük) : $F = 18000 \text{ N}$
- Milin devir sayısı : $N_j = 25 \text{ s}^{-1}$
- Milin açısal hızı : $\omega_j = \omega_h = 157 \text{ s}^{-1}$
(ω_h - Hidrodinamik açısal hız. Eşitlik E11)
- Yatağın mili, eğri sarmal açısı : $\alpha = 150^\circ$
($\alpha = 360^\circ$ tam radyal yatak
 $\alpha = 150^\circ$ kısmi radyal yatak)
- Yatak iç çapı : $D = 200 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Ortalama izafi yatak boşluğu : $\bar{\psi} = 2 \cdot 10^{-3}$
- izafi yatak boşluğunun ortalama değişimi : $\Delta\psi = 0$
- izafi yatak boyu (B/D oranı) : $B/D = 0,5$
- Yağlama (yağ) kanalı genişliği : $b_G = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
(Yağ kanalı, çevresel 180° açılmıştır)
- Yağ kanalı derinliği : $h_G = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Yağ cebi genişliği : $b_p = 60 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Yağ cebi derinliği : $h_p = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Kullanılan yağ : ISO VG 32

ISO VG 32

T_{eff} °C	$\eta_{eff} (T_{eff})$ Pa·s
40	0,031
50	0,022
60	0,014
70	0,0094

- Yağ giriş sıcaklığı - - - - - : $T_{en} = 40^\circ\text{C}$
(sirküasyonlu yağlama için)
 - Yağ besleme basıncı - - - - - : $P_{en} = 0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
(sirküasyonlu yağlama için)
 - Yağın hacimsel özgül ısısı - - - - - : $\rho \cdot c = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ J / (kg.K)}$
 - Yağın kabul edilen özgül kütlesi - - - - - : $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$
 - Kabul edilen, yatak sıcaklığı - - - - - : $T_{B,0} = 60^\circ\text{C}$
- Limit (sınır) değerler :
- Kabul edilebilir max. özgül yatak yükü - - - - - : $\bar{P}_{lim} = 10 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
 - Kabul edilebilir max. yatak sıcaklığı - - - - - : $T_{lim} = 80^\circ\text{C}$
 - Kabul edilebilir min. yağ filmi kalınlığı - - - - - : $h_{lim} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

Hesap :

- Reynolds sayısı Re nin kontrolü ;

$$Re = \frac{\pi \cdot D_j \cdot N_j \cdot \psi_{eff} \cdot D_j \cdot \rho}{2 \eta_{eff}} < 41,3 \sqrt{\frac{1}{\psi_{eff}}} \quad (\text{Eşitlik E1})$$

$$\psi_{eff} = \bar{\psi} + \Delta\psi \quad (\text{Eşitlik E7})$$

$$\psi_{eff} = 2 \cdot 10^{-3} + 0$$

$$\psi_{eff} = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{eff} = T_{B,0} = 60^\circ \\ 150 \text{ VG } 32 \end{array} \right\} \eta_{eff} = 0,014 \text{ Pa.s} \quad (\text{Sayfa 95 tek. tablo veya Şekil E4})$$

$$Re = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-3} \cdot 900}{2 \cdot 0,014} = 201,496$$

$$< 41,3 \sqrt{\frac{1}{2 \cdot 10^{-3}}} = 923,5$$

97.

$$\| Re = 201,96 < 923,5 \text{ (Akış Laminerdir.)}$$

Şekil E5'e göre, hesaba devam edebiliriz.

- Özpül yatak yükü \bar{p} 'nin kontrolü;

$$\bar{p} = \frac{F}{B \cdot D} \text{ (Eşitlik E10)}$$

$$\bar{p} = \frac{1800 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 200 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-3}}$$

$$\| \bar{p} = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$\| \bar{p} (= 0,9 \cdot 10^6 \text{ Pa}) < \bar{p}_{lim} (= 10 \cdot 10^6 \text{ Pa})$$

Boyutlar uygun seçilmiştir. Şekil E5'e göre hesaba devam edilir.

Yatağın soğutulması yağ sirkülasyonu ile sağlanmıştır. iterasyon yöntemini kullanarak hesap adımlarına başlayalım.

1. Adım;

- $T_{ex,0} = T_{en} + 20^\circ \text{C}$

$$T_{ex,0} = 40 + 20$$

$$\| T_{ex,0} = 60^\circ \text{C}$$

- $T_{eff} = \bar{T}_L = 0,5 (T_{en} + T_{ex,0})$

$$T_{eff} = 0,5 (40 + 60)$$

$$\| T_{eff} = 50^\circ \text{C}$$

$$\bullet \quad T_{\text{eff}} = 50^\circ\text{C} \quad \left. \vphantom{T_{\text{eff}}} \right\} \eta_{\text{eff}} = 0,022 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$\bullet \quad S_0 = \frac{F \cdot \eta_{\text{eff}}^2}{D \cdot B \cdot \eta_{\text{eff}} \cdot \omega_h} \quad (\text{Eşitlik E13})$$

$$S_0 = \frac{18000 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2}{200 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 200 \cdot 10^{-3} \cdot 0,022 \cdot 157}$$

$$\parallel \quad \underline{S_0 = 1,042}$$

$$\bullet \quad \left. \begin{array}{l} S_0 = 1,042 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \Omega = 150^\circ \end{array} \right\} \parallel \quad \underline{\varepsilon = 0,734} \quad (\text{Şekil E26})$$

$$\bullet \quad h_{\text{min.}} = 0,5 \cdot D \cdot \eta_{\text{eff}} (1 - \varepsilon) \quad (\text{Eşitlik E16})$$

$$h_{\text{min.}} = 0,5 \cdot 200 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} (1 - 0,734)$$

$$\parallel \quad \underline{h_{\text{min.}} = 53,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\bullet \quad \left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,734 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \Omega = 150^\circ \end{array} \right\} \parallel \quad \underline{f' / \eta_{\text{eff}} = 4,6} \quad (\text{Şekil E28})$$

• Yağlama şeklinin fonksiyonu olarak yağ filminde oluşan sürtünme kuvveti F_f' ;

Yağlama şekli veya yağ besleme elemanları, cepli ve çerresel kanallı olan yataklardaki sürtünme kuvveti; aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

---(E55)

$$F'_f = \frac{\eta_{eff} \cdot w_h \cdot B \cdot D}{\eta_{eff}} \left[\frac{f'}{\eta_{eff}} \cdot S_0 - \frac{b_p}{B} \left(\frac{\Omega_p}{2\sqrt{1-\epsilon^2}} - \frac{\eta_{eff} \cdot D}{2hp} \right) - \frac{b_G}{B} \left(\frac{\Omega_G}{2\sqrt{1-\epsilon^2}} - \frac{\eta_{eff} \cdot D}{2hg} \right) \right] \quad (E55)$$



F'_f	η_{eff}	w_h	B, D, b_p, h_p, b_G, h_G
N	$P_{ax.s}$	S_0	m

Burada: Yağ cebi katıyıp. katsayısı // Yağ cebi yüzeyinde, dönmeye

ξ_p - Yağ cebi katıyıp. katsayısı. Bir cep için / direnç katsayısı. ^{0,94}

$$\xi_p = 0,5 \cdot \Omega_p (4 + 0,0012 \cdot Re_p^{0,94}) \quad (E57)$$

ξ_G - Yağ kanalı katıyıp katsayısı (Genresel yağ kanalı yüzeyinde, dönmeye direnç katsayısı)

$$\xi_G = 0,5 \cdot \Omega_G (4 + 0,0012 \cdot Re_G^{0,94}) \quad (E58)$$

Yağ beslemesi; yağ delikleri ve aksenal (boylamasına) yağ kanalları ile sağlanıyorsa (yağ cebleri ve genresel yağ kanalları mevcut değil) yataktaki sürtünme kuvveti,

$$F'_f = \frac{\eta_{eff} \cdot w_h}{\eta_{eff}} \cdot D \cdot B \cdot \frac{f'}{\eta_{eff}} \cdot S_0 \quad (E56)$$

denkleminde hesaplanır.

Ω_p - Yağ cebinin açılma açılığı (Şekil E32)

Ω_G - Dairesel yağ kanalı çevresinin açılma açılığı

Re_p - Cepteki yağ akışının Reynolds sayısı

$$Re_p = \frac{\rho \cdot \omega_h \cdot h_p \cdot D}{2 \eta_{eff}} \quad (E59)$$

Re_G - Kanaldaki yağ akışının Reynolds sayısı

$$Re_G = \frac{\rho \cdot \omega_h \cdot h_G \cdot D}{2 \eta_{eff}} \quad (E60)$$

ρ	ω_h	h_G, D, h_p	η_{eff}
kg/m^3	s^{-1}	m	$Pa \cdot s$

şeklinde tanımlar yapılır. Hesaplıyalım;

$\Omega_G = \pi$ radyan (Yatağın üst kısmında çevresel 180° yağ besleme kanalı açılmıştır)

$\Omega_p = \frac{\pi}{6}$ radyan ($\Omega = 150^\circ$ dolayısıyla $\Omega_p = 30^\circ$)

$$Re_p = \frac{900 \cdot 157 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,022}$$

$$\| Re_p = 1605,682$$

$h_p = h_G = 2,5 \cdot 10^{-3}$ m dolayısıyla,

$$\| Re_G = 1605,682$$

$$\zeta_p = 0,5 \cdot \Omega_p (4 + 0,0012 \cdot Re_p^{0,994}) \quad (\text{Eşitlik E57})$$

2 Adet yağ besleme cebi var,

$$\zeta_p = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{\pi}{6} \left[4 + 0,0012 \cdot (1605,682)^{0,994} \right]$$

Hidrodinamik

Radyal Kaymalı

Yataklar

(TS ISO 7902 : 1, 2, 3)

-VI-

Kamran Jhoni

$$\| \underbrace{\xi}_p = 2,74$$

$$\xi_G = 0,5 \cdot \Omega_G (4 + 0,0012 \cdot \text{Re}_G)^{0,94} \quad (\text{Esitlik E58})$$

$$\xi_G = 0,5 \cdot \pi \left[4 + 0,0012 \cdot (1605,682)^{0,94} \right]$$

$$\| \underbrace{\xi}_G = 8,22$$

Artık esitlik E55 'i kullanarak sirtünme kuvveti F_f' değerini bulabiliriz.

$$F_f' = \frac{0,022 \cdot 157 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} \left[4,6 \cdot 1,042 - \frac{60 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{2 \cdot \frac{\pi}{6}}{2 \sqrt{1 - 0,734^2}} - \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} \cdot 2,74 \right) - \frac{30 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{\pi}{2 \sqrt{1 - 0,734^2}} - \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,22 \right) \right]$$

$$F_f' = 134,54 \left[4,6 \cdot 1,042 - 0,331 - 0,4966 \right]$$

$$\| \underbrace{F_f'} = 137 \text{ N}$$

TS ISO 7902 - 1 de, yukarıdaki hesabın sonucu $F_f' = 125,24 \text{ N}$ olarak verilmiştir. Hata nerededir? Bizim hesap sonucunu kabul edelim.

$$\| \underbrace{F_f'} = 137 \text{ N}$$

Yataklarda ki sürtünme gücü $P_{th,f}$:

$$P_{th,f} = F \cdot f' \cdot r_j \cdot \omega_j = F_f' \cdot r_j \cdot \omega_j \quad (\text{Eşitlik E22})$$

$$P_{th,f} = 437 \cdot \frac{200 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 157$$

$$\| P_{th,f} = 2151 \text{ N}\cdot\text{m/s} = 2151 \text{ W}$$

$$Q_3 = D^3 \cdot \psi_{eff} \cdot \omega_h \cdot Q_3^* \quad (\text{Eşitlik E39})$$

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,734 \\ \frac{B}{D} = 0,5 \\ \alpha = 150^\circ \end{array} \right\} \| Q_3^* = 0,0435 \quad (\text{Şekil E30})$$

$$Q_3 = (200 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 157 \cdot 0,0435$$

$$\| Q_3 = 109,27 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_p = \frac{D^3 \cdot \psi_{eff}^3 \cdot P_{en}}{\eta_{eff}} \cdot Q_p^* \quad (\text{Eşitlik E40})$$

$$q_p = 1,188 + 1,582 \left(\frac{b_p}{B}\right) - 2,585 \left(\frac{b_p}{B}\right)^2 + 5,563 \left(\frac{b_p}{B}\right)^3$$

$$q_p = 1,188 + 1,582 \left(\frac{60}{100}\right) - 2,585 \left(\frac{60}{100}\right)^2 + 5,563 \left(\frac{60}{100}\right)^3$$

$$\| q_p = 2,4082$$

180° ferresel yağ besleme kanalı için,

$$Q_{p1} = \frac{1}{48} \frac{\pi(1+1,5\varepsilon^2) + 6\varepsilon + 1,33\varepsilon^3}{\frac{B-b_G}{D}} \quad (\text{Eşitlik E50})$$

$$Q_{p1}^* = \frac{1}{48} \frac{\pi (1 + 1,5 \cdot 0,734^2) + 6 \cdot 0,734 + 1,33 \cdot 0,734}{\left(\frac{100 - 30}{200} \right)}$$

$$\| Q_{p1}^* = 0,6316$$

Yatacak kuvvetine dik doğrultuda α silmiş
2 Ad yağ besleme cebi için,

$$Q_{p2}^* = \frac{\pi}{48} \frac{2}{\ln\left(\frac{B}{b_p}\right) \cdot \eta_p} \quad (\text{Eşitlik E54})$$

$\alpha_p = 30^\circ$, 2 ad. yağ besleme cebi için,

$$Q_{p2}^* = \frac{\pi}{6} \frac{1}{\ln\left(\frac{B}{b_p}\right) \cdot \eta_p} \quad (\text{E54})$$

der.

$$Q_{p2}^* = \frac{\pi}{6} \frac{1}{\ln\left(\frac{100}{60}\right) \cdot 2,4082}$$

$$\| Q_{p2}^* = 0,4256$$

$$Q_p^* = Q_{p1}^* + Q_{p2}^* = 0,6316 + 0,4256$$

$$\| Q_p^* = 1,057$$

$$Q_p = \frac{(200 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 0,5 \cdot 10^5}{0,022} \cdot 1,057$$

$$\| Q_p = 153,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

TS 150 7902-1 e göre;

$$Q = Q_3 + Q_p \quad (\text{Eşitlik E33})$$

$$Q = (109,27 + 153,7) \cdot 10^{-6}$$

$$\| \underline{Q} = 263 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_{th,L} = \rho \cdot c \cdot Q (T_{ex1} - T_{en}) \quad (\text{Eşitlik E32})$$

$$P_{th,F} = P_{th,L} \quad (\text{Eşitlik E31})$$

$$2157 = 1,8 \cdot 10^6 \cdot 263 \cdot 10^{-6} (T_{ex1} - 40)$$

$$\| \underline{T_{ex1} = 44,2^\circ \text{C}}$$

Kontrol

$$\bullet T_{ex1} (= 44,2^\circ \text{C}) < T_{lim} (= 80^\circ \text{C}) \quad \text{uygun}$$

$$\bullet h_{min} (= 53,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}) > h_{lim} (= 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \quad \text{uygun}$$

$$\bullet |T_{ex0} - T_{ex1}| = |60 - 44,2| = 15,8^\circ \text{C} > 1^\circ \text{C} \quad \text{uygun değil}$$

Hesap adımlarına devam edilirse,

4. Adımda,

$$\bullet T_{ex1} = 46,3^\circ \text{C}$$

$$\bullet h_{min} = 60,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\bullet |T_{ex0} - T_{ex1}| = |47,3 - 46,3| = 1^\circ \text{C}$$

değerleri elde edilerek, sonuçlar toplu olarak

Tablo E11 de verlmıştır.

$$Q = Q_3 + Q_p \quad (\text{Eşitlik E43})$$

$$Q = (109,27 + 153,7) \cdot 10^{-6}$$

$$\parallel Q = 263 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_{th,L} = S \cdot c \cdot Q (T_{ex1} - T_{en}) \quad (\text{Eşitlik E32})$$

$$P_{th,F} = P_{th,L} \quad (\text{Eşitlik E31})$$

$$21,51 = 1,8 \cdot 10^6 \cdot 263 \cdot 10^{-6} (T_{ex1} - 40)$$

$$\parallel T_{ex1} = 44,2^\circ \text{C}$$

Kontrol

$$\bullet T_{ex1} (= 44,2^\circ \text{C}) < T_{lim} (= 80^\circ \text{C}) \quad \text{uygun}$$

$$\bullet h_{min} (= 53,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}) > h_{lim} (= 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \quad \text{uygun}$$

$$\bullet |T_{ex0} - T_{ex1}| = |60 - 44,2| = 15,8^\circ \text{C} > 1^\circ \text{C} \quad \text{uygun değil}$$

Hesap adımlarına devam edilirse,

4. Adımda

$$\bullet T_{ex1} = 46,3^\circ \text{C}$$

$$\bullet h_{min} = 60,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\bullet |T_{ex0} - T_{ex1}| = |47,3 - 46,3| = 1^\circ \text{C}$$

değerleri elde edilerek, sonuçlar toplu olarak

Tablo E11 de verilmiştir.

Değişken	Birimi	Hesap Adımları			
		1	2	3	4
T_{en}	°C	40	40	40	40
$T_{ex,0}$	°C	60	52,1	48,6	47,3
T_{eff}	°C	50	46,1	44,3	43,7
η_{eff}	Pas	0,022	0,024	0,027 5	0,028
S_o	1	1,042	0,955 4	0,833 8	0,818 9
ϵ	1	0,734	0,725	0,7	0,698
h_{min}	m	$53,2 \times 10^{-6}$	55×10^{-6}	60×10^{-6}	$60,4 \times 10^{-6}$
f'/ψ_{eff}	1	4,6	4,8	5,4	5,45
P_f	W	213,1	2 229	2 519,9	2 535,6
Q_3	m ³ /s	$109,27 \times 10^{-6}$	$109,02 \times 10^{-6}$	$108,52 \times 10^{-6}$	$108,5 \times 10^{-6}$
Q_p	m ³ /s	$153,72 \times 10^{-6}$	$139,84 \times 10^{-6}$	$119,49 \times 10^{-6}$	$117,15 \times 10^{-6}$
Q	m ³ /s	$262,99 \times 10^{-6}$	$248,86 \times 10^{-6}$	$228,01 \times 10^{-6}$	$225,65 \times 10^{-6}$
$T_{ex,1}$	°C	44,2	45	46,1	46,3
$T_{ex,0}$	°C	52,1	48,6	47,3	

Tablo E11- Yağın yağ sirkülasyonu yoluyla soğutulmasında, hesap adımlarına göre iterasyon yöntemi ile elde edilen değerler.

Şimdi, ferresel yağ kanalının açılmadığını, iki adet yağlama cebinin bulunduğunu ve bir ailedinden yağlama yapıldığını düşünelim.

• Sürtünme kuvveti: F'_f ,

Ferresel yağ kanalı olmadığına göre, Eritlik E55

$$F'_f = \frac{\eta_{eff} \cdot \omega_h \cdot B \cdot D}{\eta_{eff}} \left[\frac{f'}{\eta_{eff}} S_o - \frac{b_p}{B} \left(\frac{\eta_p}{2\sqrt{1-\epsilon^2}} - \frac{\eta_{eff} \cdot D \cdot \eta_p}{2h_p} \right) \right] \quad (E57)$$

şeklini alır. Hesaplayalım;

$$F'_f = \frac{0,022 \cdot 157 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} \left[4,6 \cdot 1,042 - \frac{60 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{2 \cdot \pi}{2\sqrt{1-0,734^2}} - \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} \cdot 2,74 \right) \right]$$

$$F'_f = 34,54 [4,6 \cdot 1,042 - 0,331]$$

$$\| \underline{F'_f} = 154,12 \text{ N}$$

• Yataktaki sürtünme gücü $P_{th,f}$;

$$P_{th,f} = F'_f \cdot r_j \cdot \omega_j \quad (\text{Eşitlik E22})$$

$$P_{th,f} = 154,12 \cdot \frac{200 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 157$$

$$\| \underline{P_{th,f}} = 2419,7 \text{ N} \cdot \text{m/s} = 2419,7 \text{ W}$$

$$\bullet \quad Q_p = \frac{D^3 \cdot \eta_{eff}^3 \cdot \rho_{en}}{\eta_{eff}} \cdot Q_p^*$$

$$Q_3 = 109,27 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{Sayfa: 102})$$

$$q_p = 2,4082 \quad (\text{Sayfa 102})$$

$$Q_{p1}^* = 0$$

$$Q_{p2}^* = 0,4256 \quad (\text{Sayfa 103})$$

$$Q_p^* = Q_{p1}^* + Q_{p2}^*$$

$$Q_p^* = 0,4256$$

$$Q_p = \frac{(200 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 0,5 \cdot 10^5}{0,022} \cdot 0,4256$$

$$\| \underline{Q_p} = 61,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = Q_3 + Q_p = ?$$

$$Q = (109,27 + 61,9) \cdot 10^{-6}$$

$$\parallel Q = 171,17 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_{th,f} = P_{th,L}$$

$$2419,7 = 1,8 \cdot 10^6 \cdot 171,17 \cdot 10^{-6} (T_{ex1} - 60)$$

$$\parallel T_{ex1} = 47,9^\circ\text{C}$$

$$|T_{ex0} - T_{ex1}| = |60 - 47,9| = 12,1^\circ\text{C} > 1^\circ\text{C}$$

uygun değil. Hesap adımlarına devam edilirse,

4. Adımda,

$$\bullet T_{ex1} (= 49,5^\circ\text{C}) < T_{lim} (= 80^\circ\text{C}) \text{ uygun}$$

$$\bullet h_{min} (= 59 \cdot 10^{-6} \text{ m}) > h_{lim} (= 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \text{ uygun}$$

$$\bullet |T_{ex0} - T_{ex1}| = |50 - 49,5| = 0,5^\circ\text{C} < 1^\circ\text{C} \text{ uygun.}$$

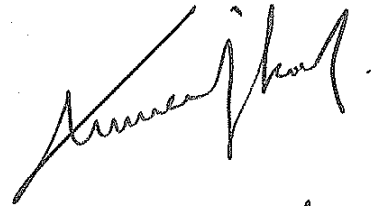
Sonuçlar toplu olarak Tablo EY2 de verilmiştir.

Değişken	Birimi	Hesap Adımları			
		1	2	3	4
T_{en}	°C	40	40	40	40
$T_{ex,0}$	°C	60	53,9	51,1	50
T_{eff}	°C	50	47	45,5	45
η_{eff}	Pa.s	0,022	0,023 5	0,025 2	0,026 3
S_o	1	1,042	0,975 7	0,909 9	0,881 9
ϵ	1	0,734	0,727	0,717	0,71
h_{min}	m	$53,2 \times 10^{-6}$	$54,6 \times 10^{-6}$	$56,6 \times 10^{-6}$	59×10^{-6}
f/v_{eff}	1	4,6	4,75	5	5,18
P_1	W	2 419,7	2 494,6	2 625,8	2 722,9
Q_3	m ³ /s	$109,27 \times 10^{-6}$	$109,15 \times 10^{-6}$	$109,02 \times 10^{-6}$	$108,77 \times 10^{-6}$
Q_u	m ³ /s	$61,88 \times 10^{-6}$	$57,93 \times 10^{-6}$	$54,02 \times 10^{-6}$	$49,86 \times 10^{-6}$
Q	m ³ /s	$171,15 \times 10^{-6}$	$167,08 \times 10^{-6}$	$163,04 \times 10^{-6}$	$158,63 \times 10^{-6}$
$T_{ex,1}$	°C	47,9	48,3	48,9	49,5
$T_{ex,0}$	°C	53,9	51,1	50	

Tablo E12- Yatağın yağ sirkülasyonu yoluyla soğutulmasında, hesap adımlarına göre iterasyon yöntemi ile elde edilen değerler. (Gerçeksel yağ kanalı değilmiş ancak 2 Ad. yağ cebi var, biri besleyicidir. Yatak boşluğunun tamamen yağ ile dolu olduğu varsayılmıştır.)

24.04-2012

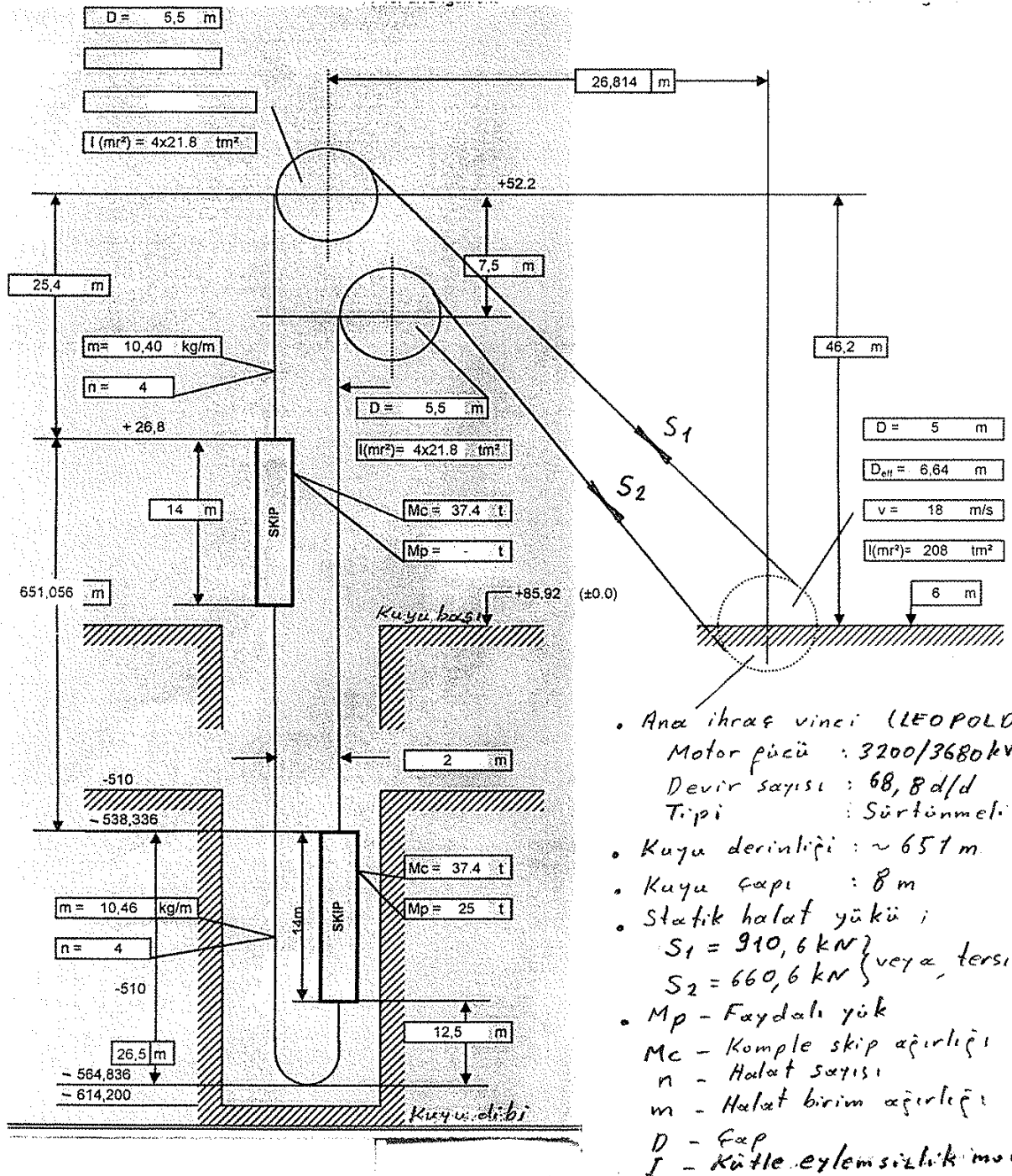
Saat: 15.55



(Not. Bir kez daha kontrolünden geçerse daha düzenli olur düşüncesindeyim.)

Uygulama örneği

Amasra - Tarlaçığı üretim kuyusunda (Şekil E33) kullanılan ana ihraç vincine (LEOPOLD) ait radyal kaymalı yatakların, aşağıdaki verilere göre hesapları istenmektedir.



Şekil E33- Amasra / Tarlaçığı üretim kuyusu (HEMA).

Verilenler :

- Yatacak kuvveti (Nominal yük);

$$F = A = B = 450 \text{ kN} \text{ (Hesaplandı. Şekil E34)}$$

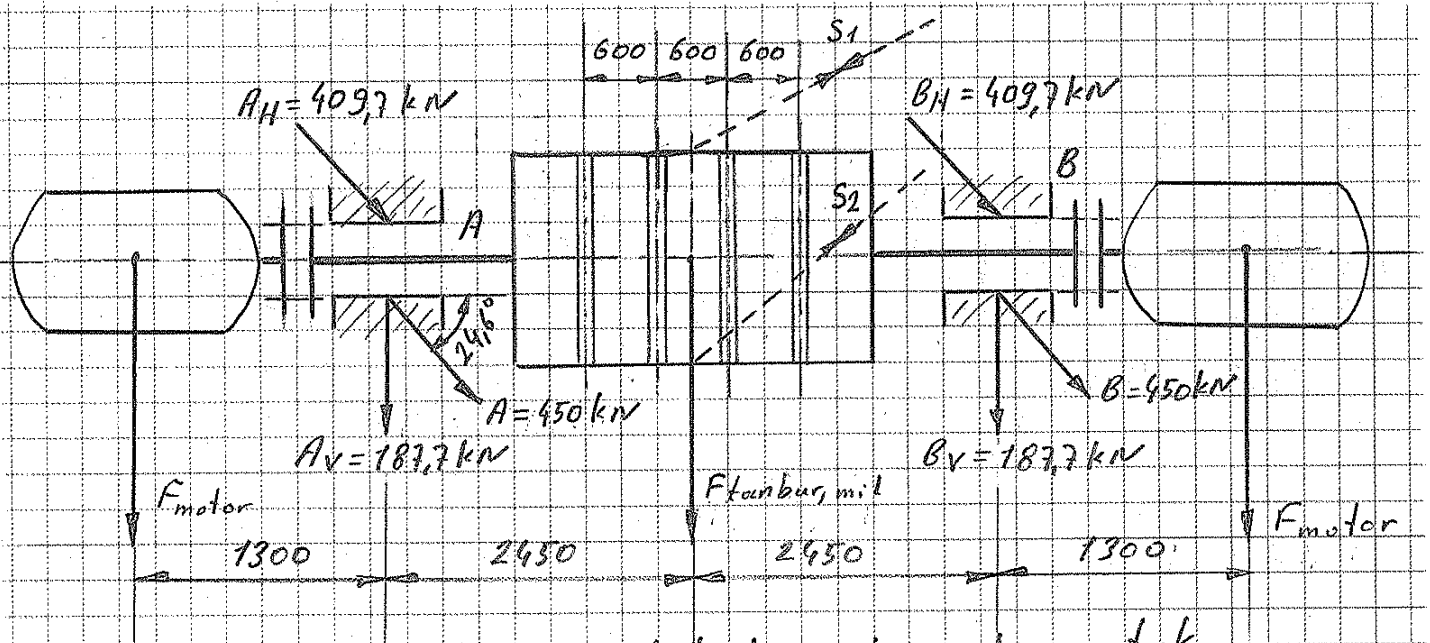
- Ağırlık kuvvetleri;

$$F_{\text{motor}} = 147,6 \text{ kN}$$

$$F_{\text{tanbur}} = 540 \text{ kN}$$

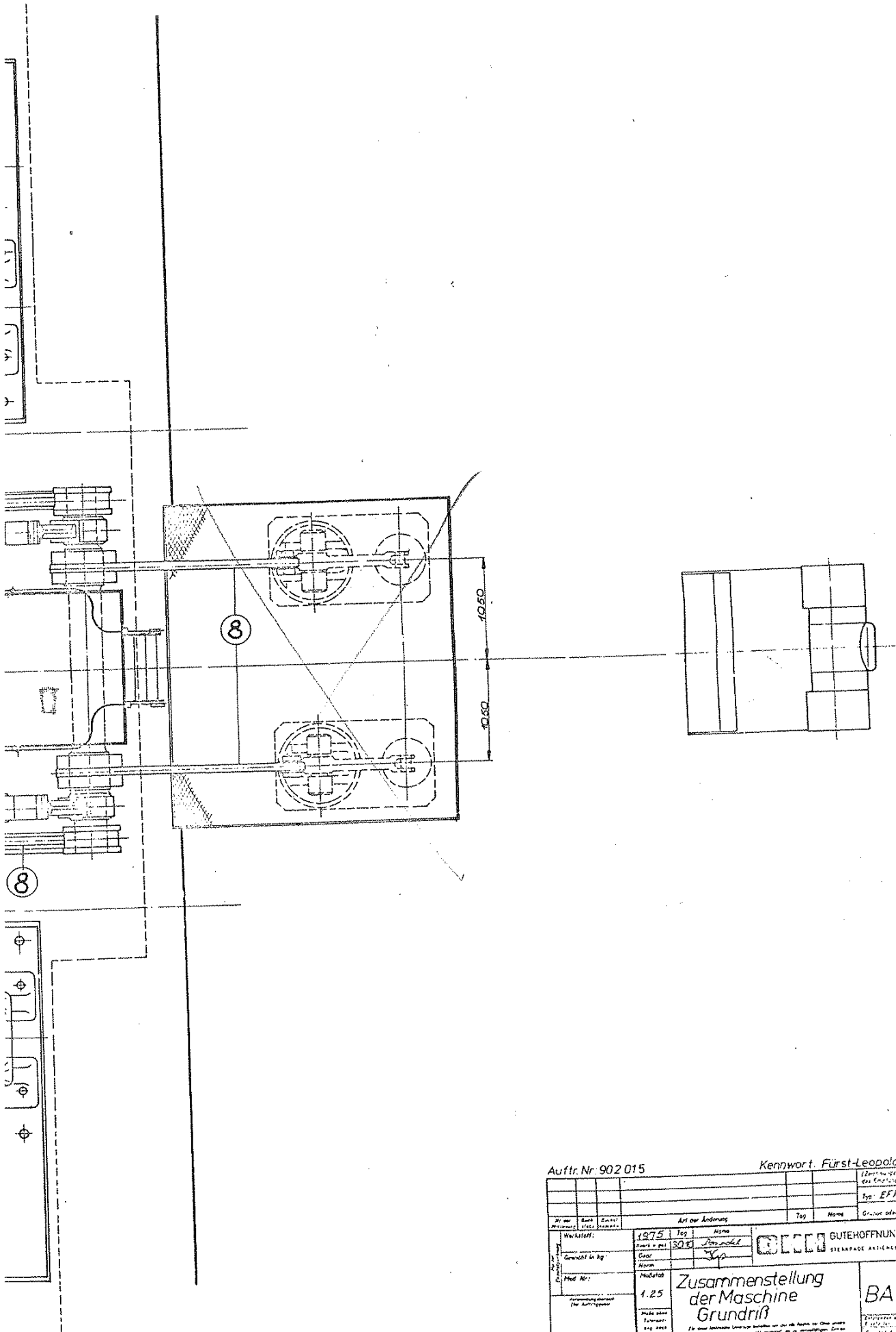
$$F_{\text{mil}} = 310 \text{ kN}$$

- Milin devir sayısı : $N_j = 1,147 \text{ s}^{-1} \text{ (= } 68,8 \text{ d/d)}$
- Yatacının mili, çepçevre sarma açısı : $\Omega = 360^\circ \text{ (Tam radyal yatacak)}$
- Nominal yatacak çapı (iç çap) : $D = 700 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Nominal yatacak genişliği : $B = 900 \cdot 10^{-3} \text{ m}$



Şekil E34- Vinç fabrik sisteminde yatacak ve ağırlık kuvvetlerinin şematik gösterimi

- Boyutsuz B/D oranı : $B/D \approx 1,28$
- Kabul edilebilir max. yatacak sıcaklığı : $T_{\text{Lim}} = 70^\circ \text{C}$
- Yağın kabul edilen örgül kütlesi : $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$
- Yağın hacimsel örgül ısı : $\rho \cdot c = 1,8 \cdot 10^6 \text{ J/(cm}^3 \text{K)}$
- Çevre ortam sıcaklığı : $T_{\text{amb}} = 30^\circ \text{C}$
- Kabul edilen yatacak sıcaklığı : $T_{\text{eff.}} = 60^\circ \text{C}$



Auftr. Nr 902 015

Kennwort: Fürst-Leopold F.

						(Zust. u. St. Nr. des Empfängers) Typ: Efk 7-50/4 S Größe oder St. Nr.: 26/02	
Werkstoff:	1975	Tag		Art der Änderung		Tag	Name
Gewicht in kg	30.8	Stück in Stk	30.8	Name			
Mod. Nr.:	1.25			GUTEHOFFNUNGSHÜTTE STEINBRÜHE ANSCHLUSSELSCHAFT		B4 SF. 1 Abr. Kutsch	
Zusammenstellung der Maschine Grundriß		BA17.33059					

ω_B - Yatağın açısal hızı

Yatağın devir sayısı $N_B = 0 \text{ s}^{-1}$ dolayısıyla

$$\| \underline{\omega_B} = 0$$

ve

$$\| \underline{\omega_h} = 7,2 \text{ s}^{-1}$$

bulunur.

• Ortalama izafi yatak boşluğu $\bar{\Psi}$;

$$\bar{\Psi} = 0,8 \sqrt[4]{U_j} \cdot 10^{-3} \quad (\text{Eşitlik E5})$$

$$\bar{\Psi} = 0,8 \sqrt[4]{2,52} \cdot 10^{-3}$$

$$\| \underline{\bar{\Psi}} = 1 \cdot 10^{-3}$$

(Bu eşitlik değerinden, $\pm \%25$ civarında sapılabilir. [L-E5])

Tablo E1 incelenecek olursa,

$\bar{\Psi} = 1 \cdot 10^{-3}$ değerinin uygun olduğu görülür.

• Efektif izafi yatak boşluğu Ψ_{eff} ;

$$\Psi_{\text{eff}} = \bar{\Psi} + \Delta\Psi \quad (\text{Eşitlik E7})$$

izafi yatak boşluğunun ortalama değeri, $\Delta\Psi = 0$ kabulü ile,

$$\| \underline{\Psi_{\text{eff}}} = \bar{\Psi} = 1 \cdot 10^{-3}$$

• Minimum yağ filmi kalınlığı h_{min} ;

$$h_{\text{min}} = 0,5 D \cdot \Psi_{\text{eff}} (1 - \varepsilon) \quad (\text{Eşitlik E16})$$

veya, [L-E9] 'a göre;

Minimum yağ tabakası kalınlığı h_0 ,

$$h_0 \geq S (R_{t1} + R_{t2}) \quad (E61)$$

burada;

S - Yatağın sıvı sürtünme bölgesinde çalıştırılma hızının kontrol eden emniyet katsayısı

$$S = 1, 2 \dots 1, 3$$

R_{t1}, R_{t2} - Mıyta ve yatağın max. pürüzlülükleri
(Elde edilebilir veya erişilebilecek yüzey pürüzlükleri. Tablo E13)

Yüzey işlemi	$R_t [\mu m]$	
Tornalama	Kaba torna	16...40
	İnce torna	6...16
	Çok ince torna	2,5...6
Taşlama	Kaba taşlama	16...40
	Orta taşlama	6...16
	Hassas taşlama	2,5...6
	Çok hassas taşlama	1...2,5

Tablo E13 - Yüzey işleme yöntemleri ve erişilebilecek yüzey pürüzlülükleri. [L-E10].

Mıyta herhangi bir yüzey işlemi uygulanmadı.
Yatak, hassas taşlama yapıldı.

$$\left. \begin{array}{l} R_{t1} \approx 14 \mu m \text{ (Orta taşlama şebesi)} \\ R_{t2} = 6 \mu m \end{array} \right\} \text{ (Tablo E13)}$$

$$h_0 = 1,3 (14+6)$$

$$\| \underline{h_0 = 26 \mu m}$$

$$\left. \begin{array}{l} D_j = \phi 700 \text{ mm} \\ U_j = 2,52 \text{ m/s} \end{array} \right\} \| \underline{h_{lim.} = 9 \mu m} \quad (\text{Tablo E4})$$

• izafi eksantriklik ε ;

$$h_{min} = 0,5 \cdot D \cdot \gamma_{eff} \cdot (1 - \varepsilon) \quad (\text{Eşitlik E16})$$

$$26 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,5 \cdot (700 \cdot 10^{-3} \text{ m}) \cdot 1 \cdot 10^{-3} (1 - \varepsilon)$$

$$\| \underline{\varepsilon = 0,925}$$

• Sommerfeld sayısı S_0 ;

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,925 \\ \frac{B}{D} = 1,28 \\ \alpha = 360^\circ \end{array} \right\} \| \underline{S_0 = 13} \quad (\text{Şekil E7})$$

Diğer taraftan,

$$S_0 = \frac{\bar{P} \cdot \gamma_{eff}^2}{\gamma_{eff} \cdot \omega h} \quad (\text{Eşitlik E13})$$

$$13 = \frac{(7,143 \cdot 10^5 \text{ Pa}) \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2}{\gamma_{eff} \cdot (7,2 \text{ s}^{-1})}$$

$$\| \underline{\gamma_{eff} \approx 8 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}}$$

Efektif yatak sıcaklığını 60°C ile sınırlan-
dırırsak, kullanılacak yağ,

$$\left. \begin{aligned} \eta_{\text{eff}} &= 8 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s} \\ T_{\text{eff}} &= 60^{\circ}\text{C} \end{aligned} \right\} \parallel \underline{\text{ISO VG 22}} \text{ (Şekil E4)}$$

olarak bulunur.

Acaba daha ince bir yağ sevilse, viskozite
hüsnî değere kadar indirilebilir.

Yatağın erken aşınmaması için yarı sıvı
sürtünme halinden sıvı sürtünmeye geçiş devir
sayısı $nü$, Vogelpohl'a göre $[1-10^5/2]$,

$$U_j < 3 \text{ m/s} \text{ için,}$$

$$\frac{N_j}{nü} \approx 3 \quad \left(\frac{N_j}{nü} \geq 3 \right) \quad \text{--- (E62)}$$

ve,

$$nü = K_{\ddot{u}} \cdot \frac{F}{\eta \cdot V} \quad \begin{array}{c|c|c|c|c} n\ddot{u} & K_{\ddot{u}} & F & \eta & V \\ \hline s^{-1} & m & N & Ns/m^2 & m^3 \end{array} \quad \text{(E63)}$$

başın tilerinden hesaplanabilir.

$K_{\ddot{u}}$ - Katsayı

Ortalama değere olarak,

$$K_{\ddot{u}} = 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ m} \quad \text{--- (E64)}$$

alınır.

V - Yatak maylusunun hacmi,

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot B = \frac{\pi \cdot (700 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 900 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel \underline{V = 0,3464 \text{ m}^3}$$

$$n_{\bar{u}} \leq \frac{N_j}{3} = \frac{1,147 \text{ s}^{-1}}{3}$$

$$\| \frac{N_j}{3} = 0,3824 \text{ s}^{-1}$$

$$0,3824 \geq 1,7 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{450000}{\eta \cdot 0,3464}$$

$$\eta \geq 5,78 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N.s}}{\text{m}^2} (= 5,78 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s})$$

$$\| \eta_{\min.} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

$$\eta_{\min.} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s} \left\{ \begin{array}{l} \text{ISO VG 15 (Şekil E4)} \\ T_{\text{eff.}} = 60^\circ \text{C} \end{array} \right.$$

Seçilecek yağın en yüksek viskozite değerini de hesaplayabiliriz şöyle ki,

Ağır yüklü yatak, dolayısıyla $S_0 > 1$ olmalıdır.

$$S_0 = \frac{\bar{p} \cdot \psi_{\text{eff}}^2}{\eta_{\text{eff}} \cdot \omega_h} > 1$$

$$\eta_{\text{eff.}} < \frac{(71,43 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2) \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2}{7,2 \text{ s}^{-1}}$$

$$\eta_{\text{eff.}} < 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ Pa.s}$$

$$\| \eta_{\max.} = 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ Pa.s}$$

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{max} &= 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s} \\ T_{eff} &= 60^\circ \text{C} \end{aligned} \right\} \parallel \text{ISO VG 320 (Şekil E4)}$$

VG 15 ile VG 320 yağları arasında bir yağ seçildiğinde yatak sıvı sürtünmeye yeterince erken peşip mil ve yatak arasında yağ filmi oluşacaktır

ISO VG 46 yağını seçelim ve efektif dinamik viskozite değerlerini, efektif yatak sıcaklığına bağlı olarak şekil E4 ten okuyalım.

T _{eff} °C	γ _{eff} (T _{eff}) Pa.s
40	0,045
50	0,028
60	0,019

• Reynolds sayısı Re nin kontrolü ;

$$Re = \frac{\pi \cdot D_j \cdot N_j \cdot \gamma_{eff} \cdot D_j \cdot S}{2 \gamma_{eff}} < 41,3 \sqrt{\frac{1}{\gamma_{eff}}} \quad (\text{Eşitlik E1})$$

$$Re = \frac{\pi \cdot 700 \cdot 10^{-3} \cdot 1,147 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 700 \cdot 10^{-3} \cdot 900}{2 \cdot 0,019} = 41,82$$

$$< 41,3 \sqrt{\frac{1}{1 \cdot 10^{-3}}} = 1306$$

|| Re = 41,82 < 1306 (Uygun çünkü akış Laminerdir)

Hesaba devam edilebilir (Seçilen yağa göre).

Akışın Laminer olması için, Reynolds sayısının yukarıdaki şartı sağlaması gerekir.

Artık seçilen yağa göre hesaba devam edilebilir.
Bir bilgi daha verelim;

$$\frac{N_j}{n\dot{u}} \geq 3 \quad [L-ES/4]$$

$$n\dot{u} \approx 1300 \frac{P_m}{\eta \cdot d \cdot C\ddot{u}} \quad [L-ES/5] \quad \text{--- (E65)}$$

$n\dot{u}$	P_m	η	d
d/d	N/mm^2	P	mm

(Poise, $1P = 0,1 Pa \cdot s$)

$C\ddot{u}$ - Yatağın şekline bağlı olan bir faktördür.
Genellikle $C\ddot{u} = 1$ alınabilir. (Geçiş sabiti)

Hesaplırsak,

$$\frac{68,8}{3} d/d = 1300 \frac{0,7143 N/mm^2}{\eta \cdot 700 mm}$$

$$\eta = 5,78 \cdot 10^{-2} P = 5,78 \cdot 10^{-3} Pa \cdot s$$

$$\parallel \eta \approx 6 \cdot 10^{-3} Pa \cdot s$$

aynı sonuç çıkar.

• Sommerfeld sayısı S_0 ;

$$S_0 = \frac{\bar{P} \cdot \psi_{eff}^2}{\eta_{eff} \cdot \omega h} \quad (\text{Eşitlik E13})$$

$$S_0 = \frac{(7,143 \cdot 10^5 Pa) \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2}{(0,019 Pa \cdot s) (7,2 s^{-1})}$$

$$\| S_0 = 5,22$$

• izafli eksantriklik ε ;

$$\left. \begin{array}{l} S_0 = 5,22 \\ \frac{B}{D} = 1,28 \\ \omega = 360^\circ \end{array} \right\} \|\varepsilon = 0,83 \text{ (Şekil E6)}$$

veya,

$$\left. \begin{array}{l} S_0 = 5,22 \\ \frac{B}{D} = 1,28 \\ \omega = 360^\circ \end{array} \right\} \|\varepsilon = 0,83 \text{ (Şekil E7)}$$

• Minimum, yağ filmi kalınlığı $h_{\min.}$

$$h_{\min.} = 0,5 \cdot D \cdot \psi_{\text{eff}} (1 - \varepsilon) \text{ (Eşitlik E16) / (E6)}$$

$$h_{\min.} = 0,5 \cdot 700 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3} (1 - 0,83)$$

$$\| h_{\min.} = 59,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} D = \phi 700 \text{ mm} \\ U_j = 2,52 \text{ m/s} \end{array} \right\} \|\underline{h_{\text{Lim.}}} = 9 \mu\text{m} \text{ (Tablo E4)}$$

$$\|\underline{h_{\min.}} (= 59,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}) > h_{\text{Lim.}} (= 9 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \quad \text{Uygun.}$$

• izafi sürtünme katsayısı f'/γ_{eff} ;

Yağ filminin yüksüz yüzeyinde (yatay zarfında) f' için alınan izafi sürtünme katsayısı,

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,83 \\ \frac{B}{D} = 1,28 \\ \alpha = 360^\circ \end{array} \right\} \parallel \frac{f'}{\gamma_{eff}} = 1,3 \text{ (Şekil E10)}$$

olarak okunur (Şekil E11 ve Tablo E3 den de faydalanılabilir)

• Sürtünme katsayısı f' ;

$$f' = \frac{f'}{\gamma_{eff}} \cdot \gamma_{eff}$$

yazılırsa,

$$f' = 1,3 \cdot 1 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel f' = 1,3 \cdot 10^{-3}$$

bulunur .

• Sürtünme gücü P_f ;

$$P_f = P_{th,f} = F \cdot U_j \cdot f' \quad (\text{Eşitlik E22})$$

$$P_f = P_{th,f} = (450000 \text{ N})(2,52 \text{ m/s}) \cdot 1,3 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel P_{th,f} = 1474,2 \text{ W}$$

• Yatayın taşınım soğutma gücü $P_{th,amb}$;

$$P_{th,amb} = k_A \cdot A (T_B - T_{amb}) \quad (\text{Eşitlik E23})$$

k_A - Isı taşıma katsayısı

$$k_A = 20 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (\text{Eşitlik E25})$$

A - Yatağın soğutma yüzeyi

$$A = \pi H \left(B_H + \frac{H}{2} \right) \quad (\text{Eşitlik E28})$$

H - Yatak yüksekliği (= 1,85 m)

B_H - Yatak gövdesinin eksenine yönündeki genişliği
($B_H = 1,03 \text{ m}$)

$$A = \pi \cdot 1,85 \left(1,03 + \frac{1,85}{2} \right)$$

$$\| \underline{A = 11,36 \text{ m}^2}$$

• Yatak sıcaklığı T_B ;

$$P_{th,f} = P_{th,amb} \quad (\text{Eşitlik E30})$$

$$1474,2 = 20 \cdot 11,36 (T_B - 30)$$

$$\| \underline{T_B = 36,5^\circ \text{C}}$$

$$\| \underline{T_B (= 36,5^\circ \text{C}) < T_{B,max} (= 60^\circ \text{C})} \text{ uygun.}$$

Yatağın soğutulması için, taşıma yoluyla çevre ortama verilen ısı yeterlidir. Yatak basınçsız yağlanacaktır ancak, yağ yatağa taşıyacak bir yağlama sistemi (örneğin, biletikli yağlama şibi) bulunmadığından yağlama, pompalı sistem ile yapılacaktır.

Hidro dinamik

Radial Kaymalı

Yataklar

(TS 150 7902 : 1, 2, 3)

- VII -

Kanunçuk

(8 Ad.)

Yağ debileri $Q_3, Q_p,$

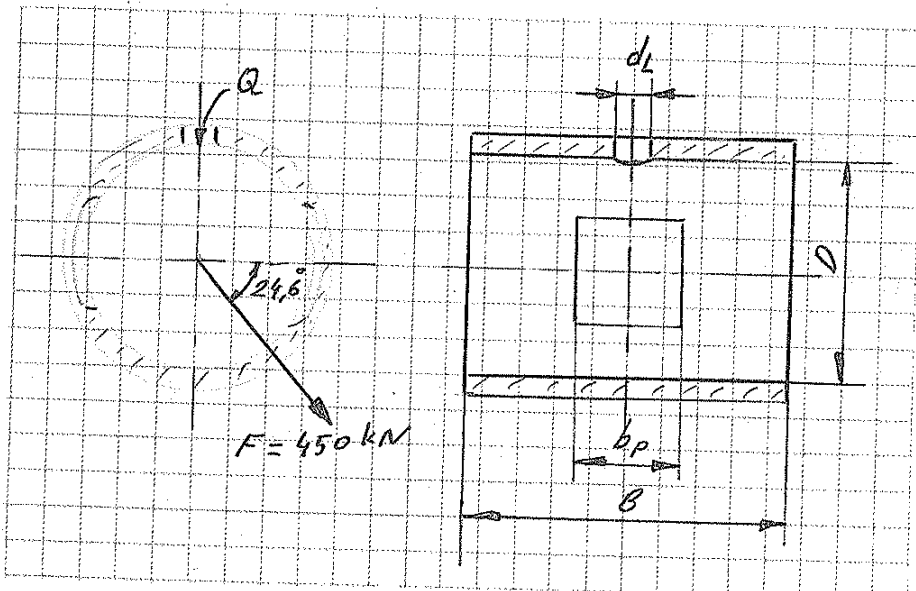
Q_3 - Hidrodinamik yağ debisi (Eşitlik E39)

Hidrodinamik basıncın (iş basıncı) oluşması için gerekli olan yağ debisidir. Yatak içinde yağı yatağa taşıyacak bir yağlama sistemi yok dolayısıyla yağ, dışarıdan pompalı sistem ile yatağa taşınacaktır.

Hidrodinamik yağ debisini hesaplayalım,

$$Q_3 = D^3 \cdot \psi_{eff} \cdot \omega_h \cdot Q_3^* \quad (\text{Eşitlik 39})$$

Yatakta, dikey eksene simetrik 2 Ad. yağ cebi bulunmakta ancak yağlama, dikey eksen üzerinde bulunan yağ besleme deliğinden sağlanmaktadır. (Şekil E35).



Şekil E35 - Yatağın yağlanması (Şematik)

Not Yatak kuvvetine dik doğrultuda ($\pm 90^\circ$) açılmış 2 Ad. yağ besleme cebi (Şekil E22) daha uygun olabilir miydi, indetlemek gerektir.

Yağ cebi genişliği : $b_p \approx 600 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
 Yağ cebi derinliği : $h_p \approx 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
 Yağlama delik çapı : $d_L = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

- 123 -

Q_3^* - Hidrodinamik yağ debi faktörü

$$Q_3^* = f(\varepsilon, B/D, \Omega)$$

Efektif yağ filmi sıcaklığı (Yataktaki yağ sıcaklığı) T_{eff} ,

$$T_{eff} = T_B = 36,5^\circ \text{C}$$

olarak hesaplandı (Sayfa: 121)

Yağın T_{eff} sıcaklığına karşılık gelen efektif dinamik viskozitesi η_{eff} :

$$\left. \begin{array}{l} T_{eff} = 36,5^\circ \text{C} \\ \text{ISOVG 46 yağı} \end{array} \right\} \parallel \eta_{eff} = 55 \text{ mPa.s} = 0,055 \text{ Pa.s} \quad (\text{Şekil E9})$$

$\eta_{eff} = 0,055 \text{ Pa.s}$ için S_0 sayısı,

$$S_0 = \frac{\bar{p} \cdot \eta_{eff}^2}{\eta_{eff} \cdot \omega_h} = \frac{7,143 \cdot 10^5 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2}{0,055 \cdot 7,2}$$

$$\parallel \underline{S_0 = 1,8}$$

$$\left. \begin{array}{l} S_0 = 1,8 \\ \frac{B}{D} = 1,28 \\ \Omega = 360^\circ \end{array} \right\} \parallel \underline{\varepsilon = 0,6} \quad (\text{Şekil E6, E7})$$

Q_3^* faktörü,

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,6 \\ \frac{B}{D} = 1,28 \\ \alpha = 360^\circ \end{array} \right\} \parallel Q_3^* = 0,13 \quad (\text{Şekil E13, E14, Sayfa: 54, 55})$$

Hidrodinamik yağ debisi: Q_3 ,

$$Q_3 = (700 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (9 \cdot 10^{-3}) \cdot 7,2 \cdot 0,13$$

$$\parallel Q_3 \approx 32 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \approx 19 \text{ L/d}$$

Yatağın soğutulmasında, yatağın soğutma gücünün yeterli olduğunu gördük ($T_B = 36,5^\circ\text{C}$). Dolayısıyla sirkülasyon pompası yalnız,

$$T_{\text{eff}} = T_B = 36,5^\circ\text{C}$$

$$\eta_{\text{eff}} = 0,055 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

olan yağın Q_3 debisinde yatağın taşınmalıdır

$$\text{yani, } \parallel Q_3 = Q_p \approx 19 \text{ L/d}$$

olmalıdır.

Q_3 değerini, diğer literatürlerdeki değerler ile karşılaştıralım;

• Niemann'a göre [L- E5/2]:

$$Q_s = 0,75 \cdot h_0 \cdot b \cdot u \quad (\text{Eşitlik 81})$$

$$h_{\text{min}} = h_0 = 0,5 D \cdot \eta_{\text{eff}} (1 - \varepsilon) \quad (\text{Eşitlik E16})$$

$$h_{\min} = h_0 = 0,5 \cdot (700 \cdot 10^{-3}) (1 \cdot 10^{-3}) (1 - 0,6)$$

$$\parallel h_0 = 140 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$Q_s = 0,75 \cdot 140 \cdot 10^{-6} \cdot (900 \cdot 10^{-3}) \cdot 2,5^2$$

$$\parallel Q_s \approx 24 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \approx 14,5 \text{ L/d}$$

- Roloff / Matek 'e göre [L-E5/5, 1974, 6. Baskı]:

$$Q \approx 0,0003 \cdot d^2 \cdot b \cdot n \cdot \Psi \quad \text{--- (E66)}$$

Q	d, b	n
L/d	cm	d/d

$$Q = 0,0003 \cdot (70)^2 \cdot (90) \cdot (68,8) \cdot 1 \cdot 10^{-3}$$

$$\parallel Q = 9,1 \text{ L/d}$$

- Karl-Heinz Decker 'e göre [L-E5/4]:
8. Baskı (1982):

$$Q_s = \Psi \cdot \frac{b \cdot d \cdot S}{4} \quad [\text{dm}^3/\text{s}] \quad \text{--- (E67)}$$

Ψ - Debi faktörü

izafi yağ filmi kalınlığı S ya bağlı olarak;

$S =$	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4
$\Psi =$	0,5	0,45	0,42	0,4	0,35	0,3

seerilebilir.

b- Yatak genişliği [dm]

v - Kayma hızı [dm/s]

S - Mutlak yatak boşluğu ($S = \psi \cdot d$)

d - Yatak çapı [dm]

$$\delta = \frac{h_0}{S/2} = \frac{2 \cdot h_0}{\psi \cdot d} \quad \text{--- (Eşitlik 66)}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 140 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 700 \cdot 10^{-3}}$$

$$\parallel \delta = 0,4 \rightarrow \psi = 0,3$$

$$Q_s = 0,3 \frac{(9 \text{ dm}) \cdot (2,52 \cdot 10 \text{ dm/s}) \cdot (1 \cdot 10^{-3}) \cdot (7 \text{ dm})}{4}$$

$$Q_s \approx 12 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$\parallel Q_s = 7,2 \text{ l/d}$$

7. Baskı (1975):

$$V_{yaz} = k \cdot V \cdot \psi \cdot n \quad \begin{array}{c|c|c} V_{yaz} & V & n \\ \hline \text{dm}^3/\text{s} & \text{dm}^3 & \text{d/s} \end{array} \quad \text{--- (E68)}$$

V - Yatak muylusunun hacmi:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot B = 0,3464 \cdot \text{m}^3 \quad (\text{Sayfa: 115})$$

k - Debi faktörü ($= \psi$)

$$V_{yaz} = 0,3 \cdot (0,3464 \cdot 10^3 \text{ dm}^3) \cdot 1 \cdot 10^{-3} \left(\frac{68,8}{60} \text{ d/s} \right)$$

$$V_{\text{yağ}} \approx 12 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$\| V_{\text{yağ}} = 7,2 \text{ L/d}$$

Not . Eşitlik E67 yi ele alalım.

$$Q_s = \psi \cdot \frac{b \cdot v \cdot S}{4}$$

$$Q_s = \psi \cdot \frac{b \cdot (\pi d n) \cdot (\psi \cdot d)}{4} = \psi \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n \cdot \psi$$

$$Q_s = \psi \cdot V \cdot n \cdot \psi \quad (\text{Eşitlik E68})$$

elde edilir . Yani her iki eşitlik aynıdır .

• İsmail Cürpül'e göre [L-E11] :

Yağ filminin oluşması için yatağa gönderilmesi gereken yağ miktarı,

$$G = \frac{d^2 \cdot b \cdot \mu \cdot n}{320 \cdot \theta} \quad (\text{E69})$$

G	d, b	n
L/d	cm	d/d

μ - Sürtünme katsayısı

Hydrodinamik yağlama bölgesinde çalışan yataklarda ;

$S_o > 1$ için,

$$\mu \approx \frac{3 \cdot \psi}{\sqrt{S_o}}$$

(Eşitlik 12)

$$\mu = \frac{3 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,8}}$$

$$\| \mu = 2,236 \cdot 10^{-3}$$

veya,

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = 0,6 \\ \frac{b}{d} = 1,28 \\ \omega = 360^\circ \end{array} \right\} \begin{array}{l} f' \approx 2,5 \quad (\text{Şekil E10,11}) \\ \| \text{Yeff} \end{array}$$

$$\| f' = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

Görüldüğü gibi değerler birbirine çok yakın.

θ - Yağ debisi faktörü

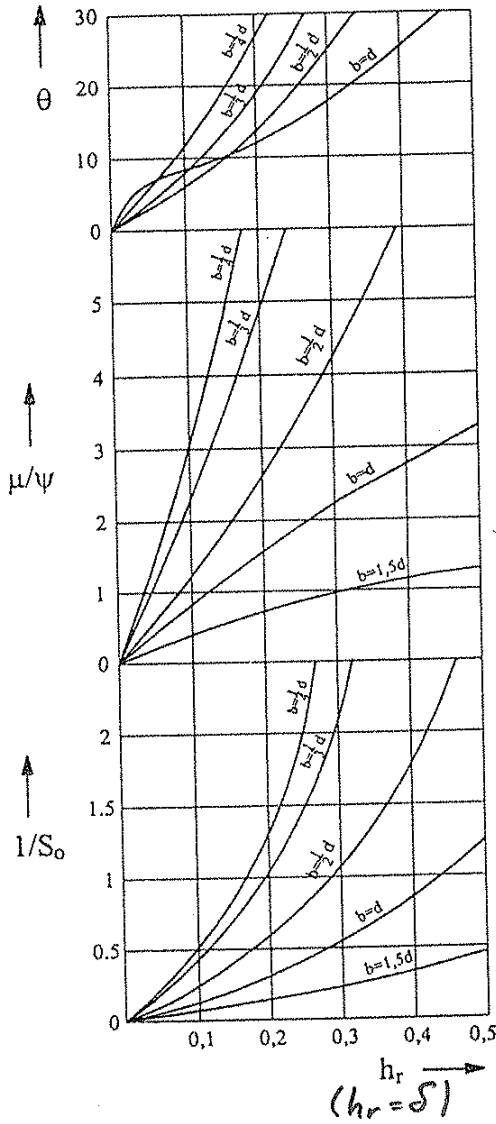
$$\left. \begin{array}{l} f (=h_r) = 0,4 \\ \frac{b}{d} = 1,28 \end{array} \right\} \theta \approx 18 \quad (\text{Şekil E36})$$

$$G = \frac{(70)^2 \cdot (90) \cdot 2,236 \cdot 10^{-3} \cdot 68,8}{320 \cdot 18}$$

$$\| G \approx 12 \text{ L/d}$$

Gerekli olan yağ debisi ile ilgili literatürleri devam ettirebiliriz. Burada bırakalım ve sonuçları özetliyalım :

$$(Q_3)_{TS} = 19 \text{ L/d}$$



$$S_0 = \frac{P_m \psi^2}{\eta \omega} \text{ Sommerfeld sayısı}$$

$$P_m = \frac{F}{b \cdot d} \text{ (daN / cm}^2\text{)}$$

ortalama basınç

F- (daN) yatak yükü

b- (m) yatak genişliği

d- (m) mil çapı

$$\psi = \frac{\Delta d}{d} \text{ boyutsuz yatak boşluğu}$$

Δd - (m) yatak boşluğu

n- (d/d) dönme sayısı

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \text{ (1/s) açısal hız}$$

$$\eta \text{ - (daNs / m}^2\text{)}$$

dinamik viskozite

h_o - (m) en ince yağ tabakası kalınlığı

$$h_r = \frac{2 \cdot h_o}{\Delta d} \text{ boyutsuz en ince yağ tabakası kalınlığı}$$

$$G = \frac{d^2 \cdot b \cdot \mu \cdot n}{320 \cdot \theta} \text{ (lt / dk)}$$

yağlama için yatağa gönderilmesi gereken yağ miktarı

θ - yağ debisi faktörü

Şekil E36 - Radyal kaymalı yataçın karakteristik eğrileri: [L-E11]

$$(Q_s)_{\text{Niemann}} = 14,5 \text{ L/d}$$

$$(Q_s)_{\text{Ruloff/Matek}} = 9,1 \text{ L/d}$$

$$(Q_s)_{\text{Karl-Heim Becker}} = 7,2 \text{ L/d}$$

$$(Q_s)_{\text{ismail Cürçül}} = 12 \text{ L/d}$$

Öneri. ^{-130.} Nremann yöntemini daha önce kullandık ve bugüne kadar bir problemle karşılaşmadık.

$$\| Q_S = 14,5 \text{ L/d} \approx 15 \text{ L/d}$$

değeri kabul edilebilir.

Kontrol. Yarı sıvı sürtünme halinden sıvı sürtünmeye geçiş devir sayısı $n_{\dot{u}}$,

$$n_{\dot{u}} = K_{\dot{u}} \cdot \frac{F}{\eta \cdot V} \quad (\text{Eşitlik E63})$$

$$n_{\dot{u}} = 1,7 \cdot 10^{-9} \frac{450000}{0,055 \cdot 0,3464}$$

$$\| \underline{n_{\dot{u}}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1} = 2,4 \text{ d/d}$$

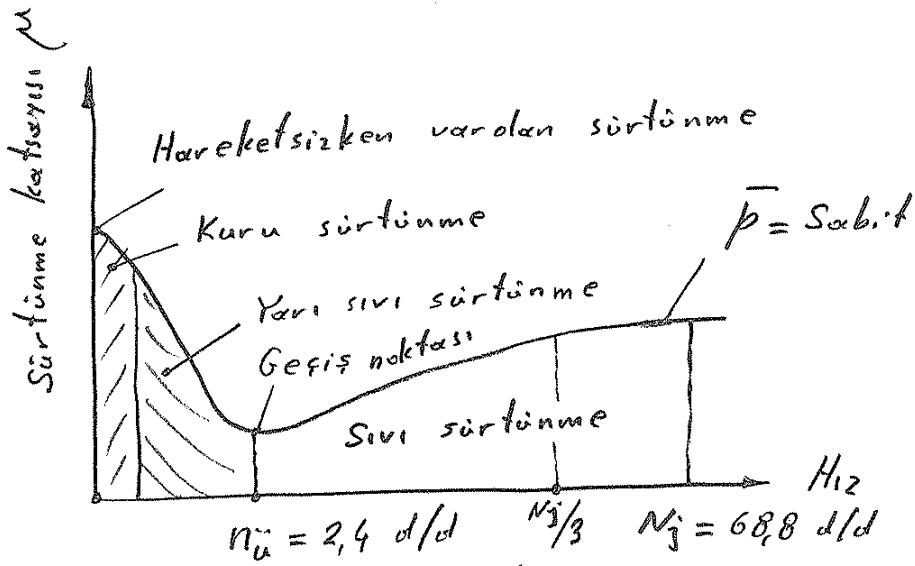
$$N_j = 1,147 \text{ s}^{-1} = 68,8 \text{ d/d}$$

$$\frac{N_j}{n_{\dot{u}}} = \frac{1,147}{4 \cdot 10^{-2}} \approx 28$$

$$\frac{N_j}{n_{\dot{u}}} \geq 3 \text{ olmalıdır} \quad (\text{Eşitlik E62})$$

$$\| \underline{\frac{N_j}{n_{\dot{u}}} (= 28) > 3} \quad \text{Yatak emniyetli çalışır.}$$

Konunun daha iyi anlaşılması için "Stribeck" eğrisine (Şekil E37) bakalım.



Şekil E37 - Stribeck sürtünme eğrisi

Yatağın erken aşınmaması için yarı sıvı sürtünme halinden sıvı sürtünmeye geçtiği andaki geçiş devir sayısı, nominal devir sayısının $1/3$ 'ünden küçük olmalıdır. Şartı yatağın sağlanmıştır.

$$\| \underline{N_u} (= 2,4 d/d) < \frac{N_j}{3} (= \frac{68,8}{3} = 23) \quad \checkmark$$

• Pompa yağ basıncı (Yağ besleme basıncı) P_{en} ;

Pompa debisi - - - - : $Q_s = 15 \text{ L/d}$

Yağlama delik çapı - - - : $d_L = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Kullanılan yağ - - - - : ISO VG 46

Yağın çalışma sıcaklığı - - : $T_B = T_{eff} = 36,5^\circ \text{C}$

Yağın efektif dinamik viskozitesi : $\gamma_{eff} = 0,055 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

[L-E5/5 - 1974, 6. Baskı] göre :

Yatağın, yağ basıncının atmosfere (çevre-ortam) karşı yüksek olması nedeniyle yatağın kenarlarından dışarıya yağ kaçabilir. Kaçan bu yağ, kaçak yağ basıncı kaybını meydana getirir (Kaçık basıncı) ve aşınmadaki "Linnecken" eşitliğinden hesaplanabilir.

$$P_{f\ddot{u}} = \frac{2}{3} \Psi \cdot \rho \cdot V^2 \cdot 10^{-5} \quad \text{---} \quad (E70)$$

$P_{f\ddot{u}}$	ρ	V
bar (= $10N/cm^2$)	kg/m^3	m/s

Yatak yağ besleme basıncı ise (yağın yatağa giriş basıncı veya yağ giriş basıncı) kısıf basın-
dan büyük olmalıdır ki yatağın en küçük h_0
başlangıç bile yağlanabilsin. Yatak yağ besleme
basıncı $P_{z\ddot{u}}$,

$$P_{z\ddot{u}} = J \cdot P_{f\ddot{u}} \quad \text{---} \quad (E71)$$

esitliğinden elde edilebilir veya şekil E38 den
okunabilir.

J - Emniyet katsayısı (≈ 10 alınır)

Not. Yağın pompa çıkış basıncı için, borulardaki
basınç kaybının da gözönüne alınması gerekir.

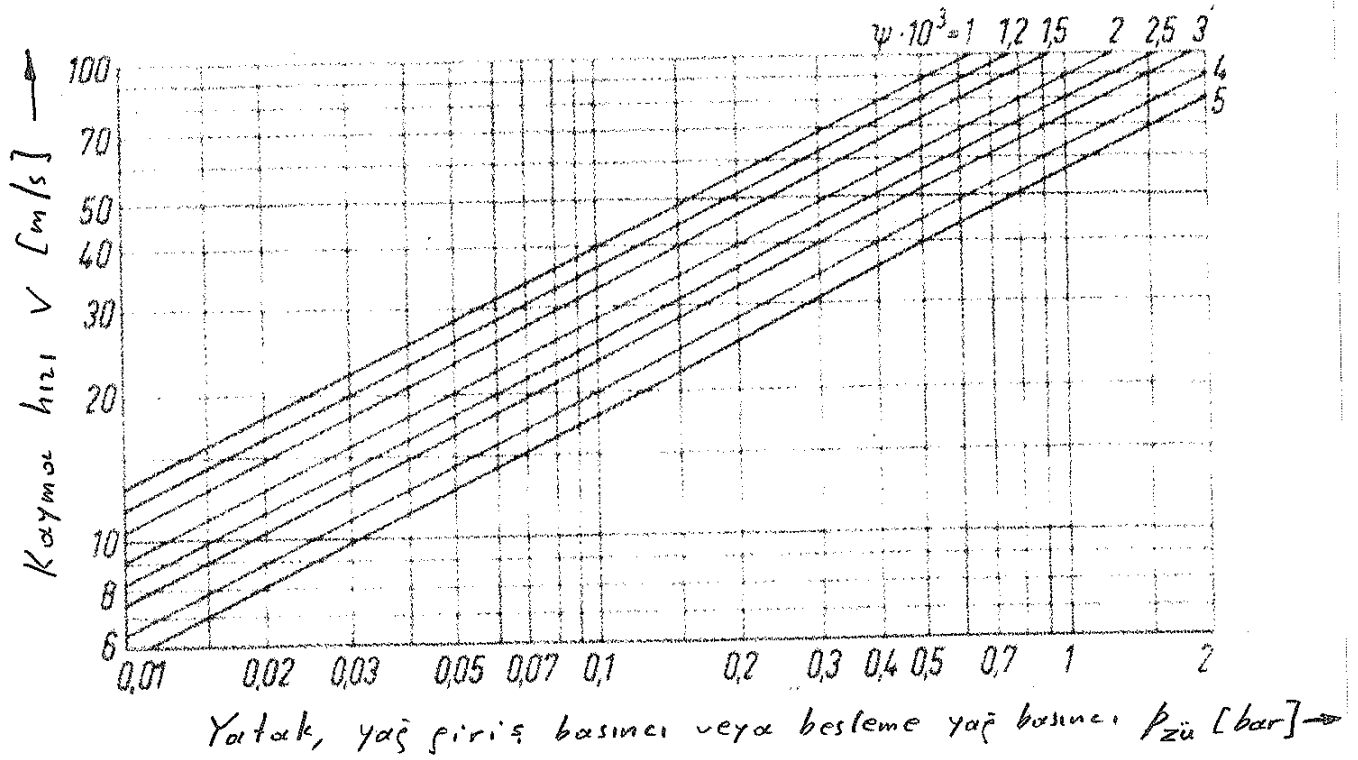
Ayrıca, yağ sirkülasyonlu bir konstrüksiyon
örneği şekil E39 da verilmiştir.

Kısıf basıncı (Kısıf yağ basınç kaybı) $P_{f\ddot{u}}$;

$$P_{f\ddot{u}} = \frac{2}{3} \Psi \cdot \rho \cdot V^2 \cdot 10^{-5} = \dots$$

$$P_{f\ddot{u}} = \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot (900 kg/m^3) \cdot (2,52 m/s)^2 \cdot 10^{-5}$$

$$\underline{\underline{P_{f\ddot{u}} = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ bar}}}$$



Şekil E-38. Pompalı (sirkülasyonlu) yağlamada yağ besleme basıncı [L. E5/5].

Yatacak yağ besleme basıncı $P_{z\ddot{u}}$;

$$P_{z\ddot{u}} = v \cdot P_{f\ddot{u}} = 10 \cdot 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ bar}$$

$$\parallel P_{z\ddot{u}} = 38 \cdot 10^{-5} \text{ bar} = 38 \text{ Pa}$$

veya,

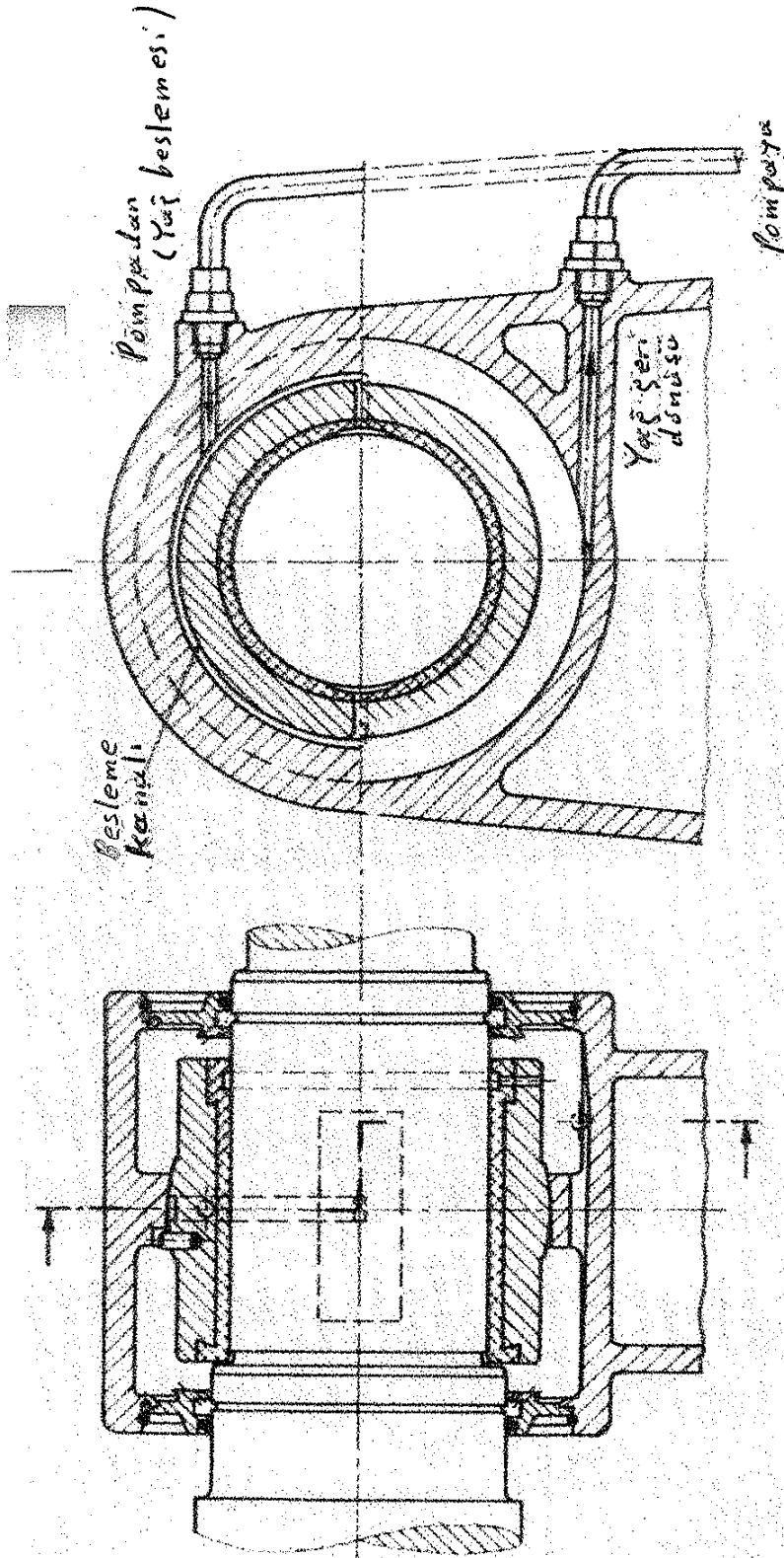
$$\psi = 1 \cdot 10^{-3}$$

$$v = 2,52 \text{ m/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} \psi = 1 \cdot 10^{-3} \\ v = 2,52 \text{ m/s} \end{array} \right\} \parallel P_{z\ddot{u}} < 0,01 \text{ bar (şekil E-38)}$$

Pompa çıkış basıncı için, yağlama şemasını bilmemiz gerekir. $P_{z\ddot{u}} < 0,01 \text{ bar}$. yani yağ yataca düşük basınçta sürebilir.

Aynı literatürün 8. baskısında (1983), $P_{f\ddot{u}}$ ve $P_{z\ddot{u}}$ eşitliklerine rastlanmamıştır.



Şekil E39 - Pompalı (sirkülasyonlu) yağlama için
 şekillenendirilmiş jeneratör koruyucu yatağı [L-E5/5]

$$F = 18 \text{ kN}$$

$$n = 1500 \text{ d/d}$$

$$d = \phi 80 \text{ mm}$$

Kullanılan yağ : Normal yağ N25 ($t = 50^\circ \text{C}$ ve $\gamma = 0,21 \text{ Pa.s}$ için)

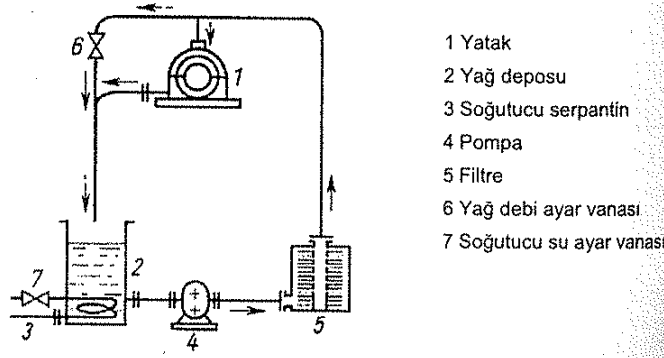
$\alpha_K = 1,1 \text{ L/d}$ (Gerekli soğutma yağ debisi)

$P_{z\bar{u}} < 0,01 \text{ bar}$ (Şekil E38. Yataklar yağ besleme basıncı)

• Pompalı yağlama üzerinde biraz duralım.

[L-E4]'e göre :

En etkin yağlama, bir pompa vasıtasıyla yağ dolaşımının sağlanmasıdır (Şekil E40).

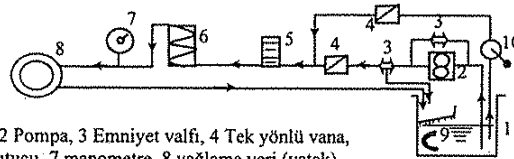


- 1 Yatak
- 2 Yağ deposu
- 3 Soğutucu serpantin
- 4 Pompa
- 5 Filtre
- 6 Yağ debi ayar vanası
- 7 Soğutucu su ayar vanası

Şekil E40 - Pompalı yağlama [L-E4].

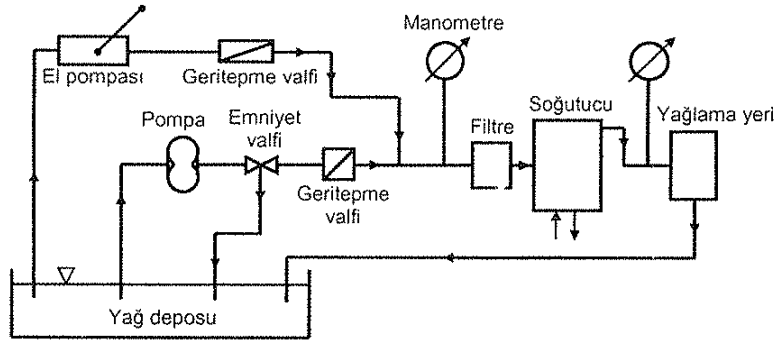
Sirkülasyonu sağlayan pompa (4) depodan (2) emdiği yağı filtre (5) den geçirip yatağa (1) gönderir. Yataktan çıkan yağ da tekrar depoya döner. Isınan yağ soğutma deposuna yerleştirilmiş soğutma serpantinleri (3) tarafından soğutulur. Yağ debisi ve soğutucu debisi 6 ve 7 nolu valflerle ayarlanır. Yağın devri dönüş hızı 2 m/s nin altında tutulur, basıncı ise 0,5 MPa değerini aşmamalıdır.

Pompalı yağlama sistemine ait iki konstrüksiyon örneği de; Şekil E41 ve E42 de gösterilmiştir.



- 1 Yağ haznesi, 2 Pompa, 3 Emniyet valfi, 4 Tek yönlü vana,
- 5 Filtre, 6 Soğutucu, 7 manometre, 8 yağlama yeri (yatak)
- 9 Miknatıs, 10 El pompası (acil durumlar için)

Şekil E41 - Pompalı yağlama devresi [L-12].



Şekil E42 - Kapalı devre pompalı yağlama [L-E7].

• Yağ besleme basıncı P_{en} ;

$$P_{en} = 0,05 \text{ MPa} \dots 0,2 \text{ MPa} \quad (\text{Eşitlik E41})$$

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ kg/cm}^2 = \frac{10 \text{ N}}{10^{-4} \text{ m}^2} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 10^2 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MPa}$$

olduğuna göre,

$$P_{en} = 0,5 \dots 2 \text{ bar. olmalıdır.}$$

[L-E4] :

Pompa basıncı,

$$P_p = 0,005 \dots 0,05 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

değerinde olup, yatak ortalama basıncı \bar{P} nin çok altındadır.

$$P_p = 0,05 \dots 0,5 \text{ bar}$$

$$(P_p)_{\text{max.}} = 0,5 \text{ MPa} = 5 \text{ bar.}$$

[L-E5/8] :

Boru şebekesinin düzenine göre istenilen yağ debisine bağlı olarak, 1...4 at. arasındaki basınçlarda yağ sirkedilir.

[L-E11] :

Kapalı devre yağlamasının en kusursuz şeklini pompalı yağlama teşkil eder. Yağın yataklara gönderilmesi, ekseriya 1...4 daN/cm² (1...4 bar) basınç altında dişli pompalarla yapılmaktadır.

[L-E5/2] :

Yağ besleme basıncı ~ 1...2 bar dir.

[L-E13] :

Yağ pompası ile yapılan basınçlı yağlama en rahat, en emin, en ekonomik ve en güçlü yağlama şekli olup sürtünme püçü yüksek ve önemli yataklarda kullanılır. Bu yağlama şekli, yağın devir yapmasına, ömrünün uzamasına, araya soğutucu ve filitre konmasına imkan verir. Genişçe yataklarda yağ debisini artırmak için yatağın ortasına bir kanal açılır. Yağ kanallarında ölü noktalar (kir toplanan yerler), dar geçitler ve fazla sıcak yerler (buhar boruları) bulundurulmamalıdır. Gerekli yağ basıncı şekil E63 ten alınabilir. Boru direncini (yük kaybını) yenmek için gerekli yağ basıncı yaklaşık 1,5...3 atü olup, dakikada kullanılan yağ miktarı ise aynen E69 da olduğu gibi hesaplanabilir. Yağ deposunda bulunması gereken yağ miktarı,

$$G_0 \geq G \cdot G \frac{G_0}{L} \left| \frac{G}{L/d} \right. \text{ --- (E72)}$$

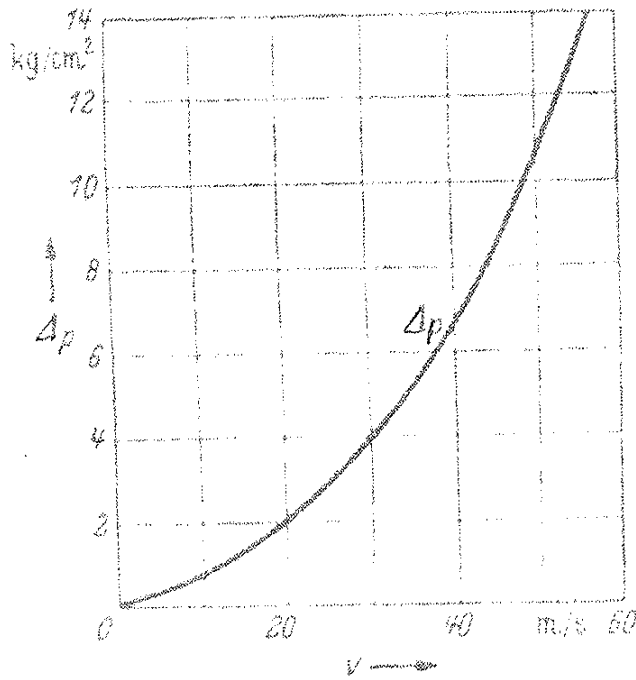
olmalıdır.

Not. atü, bir basınç birimi olup bugün pek kullanılmamaktadır. Alman literatüründe,

$$ata = atü + atmosfer basıncı$$

olup burada,

ata - Mutlak basıncı



Şekil E43 - Tam yağlama için

Yağ borusundaki gerekli yağ

$$\text{basıncı } \Delta P = \frac{v^2}{2f} \cdot \gamma$$

γ - Yağın özgül kütlesi veya

yoğunluğu ($= 985 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$)

aktü - Efektif basıncı

pösterir.

Çeşitli literatürlerden bilgiler aktardık. Bazı tanımlar örneğin ;

- Kazeak yağ basıncı kaybı (Kazea basıncı),
- Yatacak yağ besleme basıncı (Yağın yatacağı giriş basıncı veya yağ giriş basıncı),
- Pompa yağ basıncı (Pompa çıkış basıncı veya yağ besleme basıncı)

fibi, kavram kavramı yaratabilir. Onun için özetle :

- Yağın devridaim hızı, en fazla 2m/s olmalıdır.
- Pompa çıkış basıncı, besleme borusundaki basınç kayıpları (yık kayıpları) ile boru bağlantı elementlerinin basınç kayıpları (Lokal veya

yerel yük kayıpları / toplamından büyük olmalıdır ($P_{pompa} = 1...2$ bar alınabilir.).

-139.

Şeklinde ifade edilebilir.

- Viskozitenin pompa performansına etkileri;

Bir pompanın basma yüksekliği, debisi, verimi ve güç değerleri pompa karakteristik eğrilerinden elde edilebilir. Pompa karakteristik eğrileri normal şartlarda akışkan su (1 cSt) kullanılarak elde edildiğinden daha viskoz sıvılarla çalışıldığında bu eğriler suya göre farklılık gösterecektir. Akışkanın viskozitesi yükseldikçe pompanın performansında değişiklikler gözlenecektir. Gelen güçün artmasına karşılık, debi, basma yüksekliği ve verim değerlerinde azalma meydana gelecektir.

Viskoz sıvı basacak pompa seçimi veya su ile yapılmış performans değerleri bilinen bir pompanın viskoz sıvı basması durumundaki performans değerleri için Amerikan Hidrolik Enstitüsü (HI) tarafından hazırlanmış diyagram ve bu diyagram yardımıyla bulunan düzeltme katsayıları kullanılmaktadır. Bu konuda bazı örnekler [L-E14] ve Şekil E14'de [L-E15] den alınmıştır.

Kullandığımız yağ (viskoz akışkan),

ISO VG 46

$$T_B = T_{eff} = 36,5^\circ C$$

$$\eta_{eff} = 0,055 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$\rho \approx 900 \text{ kg/m}^3$$

olduğuna göre kinematik viskozitesi;

$$\eta_{eff} = 0,055 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 0,055 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\cdot\text{s}$$

$$\eta = \nu \cdot \rho \rightarrow 0,055 \text{ Pa}\cdot\text{s} = \nu \cdot 900 \text{ kg/m}^3$$

$$0,055 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{s} = \nu \cdot 900 \text{ kg/m}^3$$

$$0,055 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}^2} = \nu \cdot 900 \text{ kg/m}^3$$

$$\frac{0,055}{900} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = \nu \rightarrow \frac{0,055}{900} \cdot 10^6 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}} = \nu$$

$$\nu \approx 61 \text{ cSt}$$

bulunur.

Viskoz akışkanların basılması halinde suya göre düzeltme faktörleri Şekil E44'den alınabilir.

$$Q = 15 \text{ L/d} = 15 \cdot 10^{-3} \cdot 60 = 0,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\nu = 61 \text{ cSt}$$

K_H - Basma yüksekliği düzeltme faktörü

K_v - Debi düzeltme faktörü

K_η - Verim düzeltme faktörü

$Q = 0,9 \text{ m}^3/\text{h}$ debi değerinin küçük olması

nedeniyle

$$K_H = K_v = K_\eta = 1$$

alınabilir. Yani kullandığımız yağ su gibi düşünebiliriz.

Şimdi [L. E44] 'ü inceleyelim;

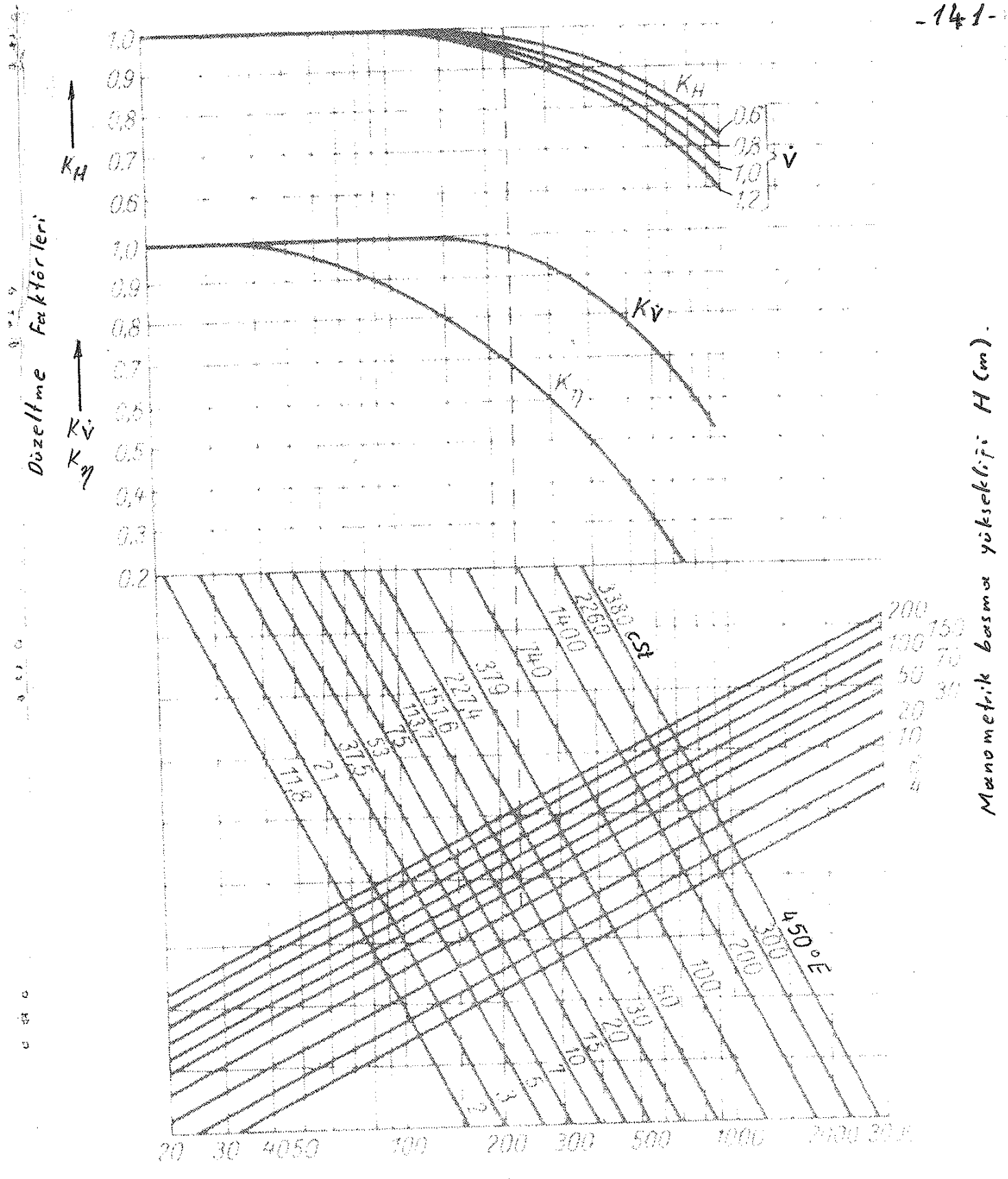
Kullanılan semboller :

Q_{su} - Pompanın su debisi

H_{msu} - Pompanın su basma yüksekliği

$Q_{vis.}$ - Pompanın viskoz akışkan debisi

$H_{mvis.}$ - Pompanın viskoz akışkan basma yüksekliği



Şekil E 44 - Visköz akışkanlarda düzeltme faktörleri [L-E 15]

Manometrik basma yüksekliği H (m).

Hydrodynamik

Radial Kaymalı

Yataklar

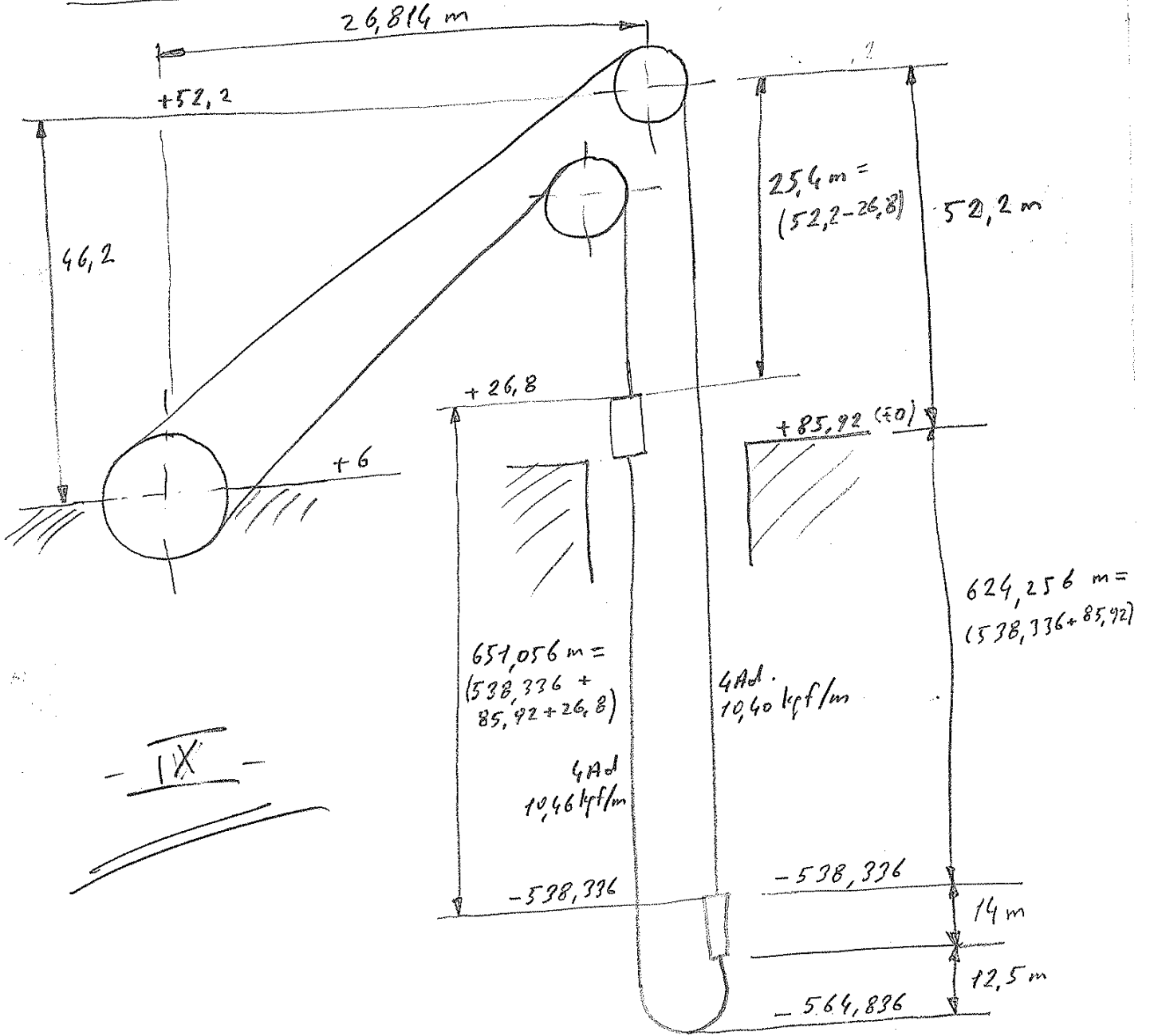
(TS 150 7902 : 1, 2, 3)

- IX -

[Handwritten signature]

Tarlayı 21 : SKIP - SKIP

①



Tasıyıcı halat :

$$d = \phi 52 \text{ mm.}$$

$$L = 52,2 + 624,256 = 676,456 \text{ m.}$$

$$\text{Ağırlığı} = 4 \text{ Ad. } 676,456 \text{ m. } 10,40 \text{ kgf/m} = 28140,5696 \text{ kgf}$$

Denge halatı :

$$L = 651,056 + 2 \cdot 12,5 = 676,056 \text{ m.}$$

$676,456 - 676,056 = 0,4 \text{ m}$ fark kuyrukta ki eğrilik ten bulunmaktadır. $2 \cdot 12,5 \text{ m} \rightarrow 2 \cdot 12,7 \text{ m}$ boyunda olmalı.

$$\text{Ağırlığı} = 4 \text{ Ad. } 676,456 \text{ m. } 10,46 \text{ kgf/m} = 28302,919 \text{ kgf}$$

$$\text{Fark} = 28302,919 - 28140,5696 = 162,35 \text{ kgf} \quad (2)$$

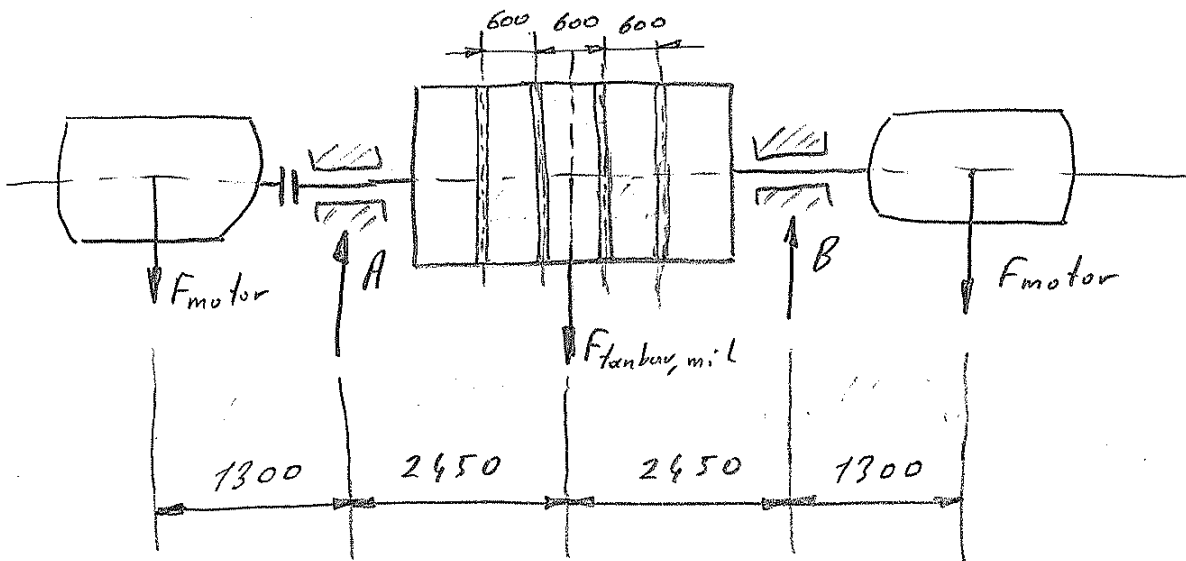
$$\text{Halat ağırlığı} = 28140,5696 \text{ kgf} + 4 \cdot 12,5 \text{ m} \cdot 10,46 \text{ kgf/m}$$

$$\text{Halat ağırlığı} = 28663,5696 \text{ kgf}$$

$$\| \text{Halat ağırlığı} \approx 28,66 \text{ tf}$$

	Dolu skip	Boş skip
Halat ağırlığı [tf]	28,66	28,66
Koşum takımı (Taşıyıcı halat tarafındaki) [tf]	5	5
Koşum takımı (Denge halatı tarafındaki) [tf]	1,8	1,8
Boş skip ağırlığı [tf]	30,6	30,6
Komple skip ağırlığı [tf]	37,4 (=30,6+5+1,8)	37,4 (=30,6+5+1,8)
Faydalı yük [tf]	25	—
İşletme yükü [tf] (28,66 + 37,4 + 25)	91,06	66,06

Sürtünme tamburu (koepe) yatak kuvvetleri :



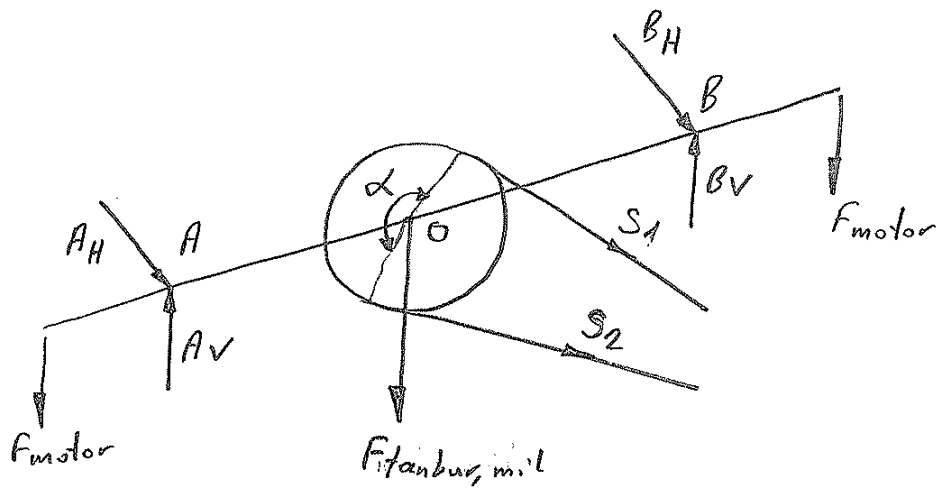
$$\| \underline{F_{motor}} = 14,76 \text{ tf}$$

$$F_{tanbur, mil} = F_{tanbur} + F_{mil}$$

$$F_{tanbur} = 54 \text{ tf}$$

$$F_{mil} = 31 \text{ tf}$$

$$\| \underline{F_{tanbur, mil}} = 85 \text{ tf}$$



Tanbur mili ve tanburdaki toplam kuvvetler yukarıda şematik olarak verilmiştir.

$$\text{Sarıma açısı } \alpha = 183,8^\circ$$

S_1, S_2 - Statik halat yükü

$$S_1 = 91,06 \text{ tf} \quad (\text{Skip dolu iken})$$

$$S_2 = 66,06 \text{ tf} \quad (\text{Skip boş iken})$$

• Toplam düşey kuvvet $F_{V\Sigma}$:

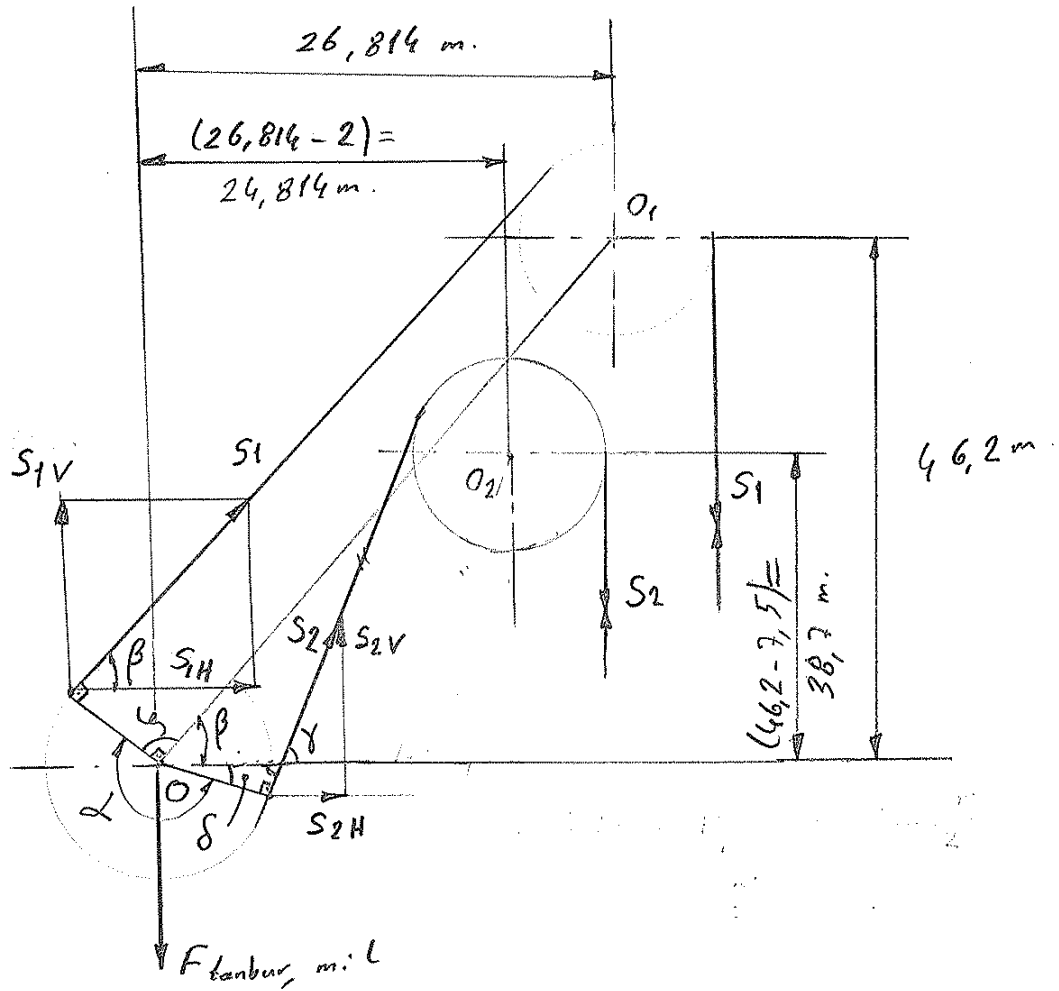
$$F_{V\Sigma} = F_{tanbur} + F_{mil} + 2 \cdot F_{motor} - S_{1V} \cdot f_z - S_{2V} \cdot f_z$$

f_z - Darbe faktörü ($= 1,1$)

S_{1V} - S_1 statik halat yükünün düşey bileşeni:

$$S_{1V} = S_1 \cdot \sin \beta$$

(9)



$$\tan \beta = \frac{46,2}{26,814} \rightarrow \beta = 59,87^\circ \approx 60^\circ$$

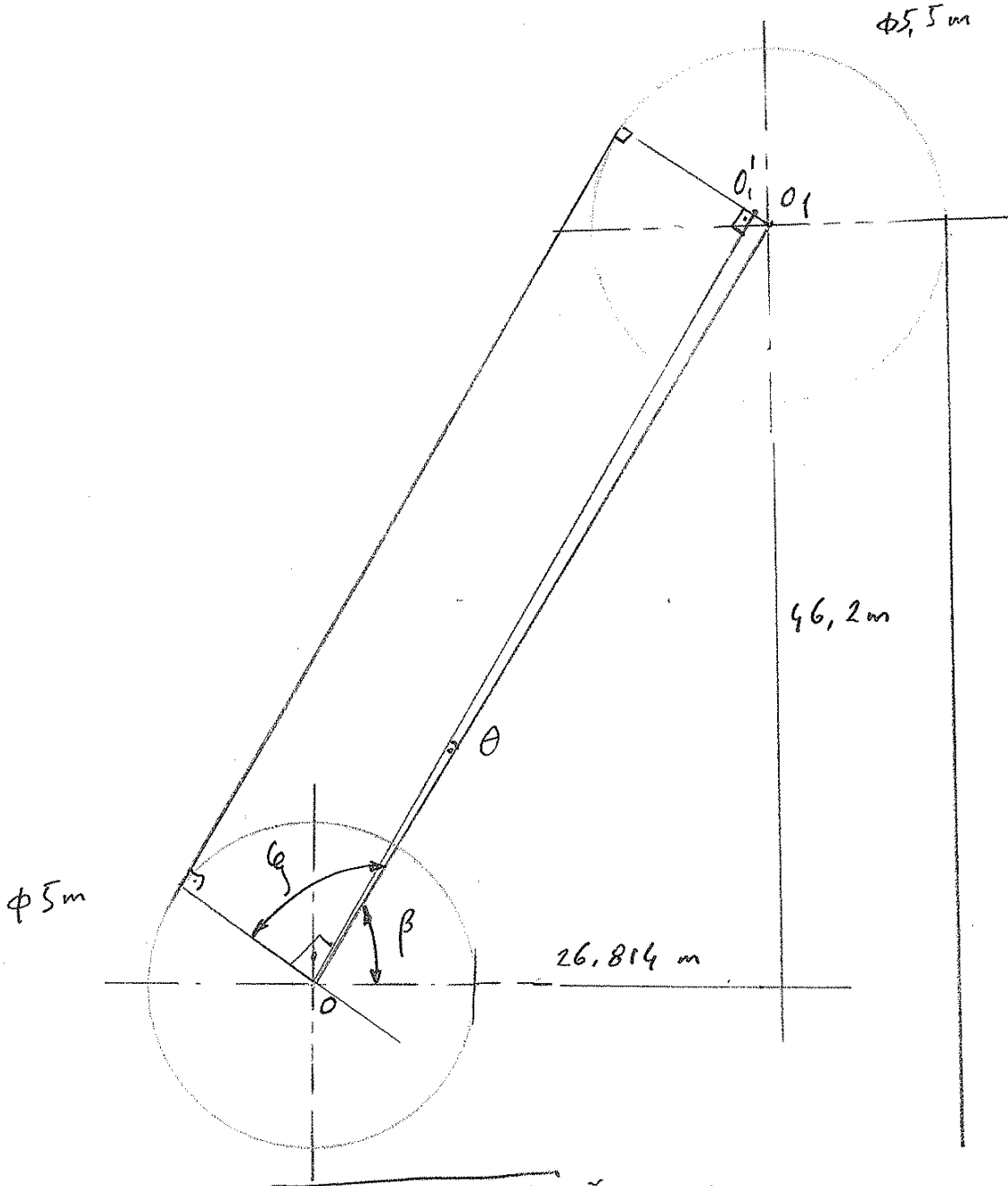
$$\delta = (360^\circ - \alpha) - (90^\circ + \beta) = 360 - 183,8 - (90 + 60)$$

$$\delta = 26,2^\circ$$

$$\gamma = 90 - \delta = 90 - 26,2 = 63,8^\circ$$

$$\gamma = 64^\circ$$

Not. $\gamma = 90^\circ$ alınmıştır. $\theta = 0,27^\circ$ için aradı edilebi-
 lir (Sayfa : 5)



$$\overline{OO_1} = \sqrt{26,814^2 + 46,2^2} = 53,42\text{m}$$

$$\sin \theta = \frac{\overline{O_1O}}{\overline{OO_1}} = \frac{(5,5 - 5) / 2}{53,42}$$

$$\theta = 0,27^\circ \quad (\text{ihmal edilebilir})$$

(6)

$$S_{1V} = 91,06 \cdot \sin 60^\circ$$

$$\| \underline{S_{1V}} = 78,86 \text{ t f}$$

S_{2V} - S_2 statik halat yükünün düşey bileşeni

$$S_{2V} = S_2 \cdot \sin \gamma$$

$$S_{2V} = 66,06 \cdot \sin 64^\circ$$

$$\| \underline{S_{2V}} = 59,37 \text{ t f}$$

$$F_{V\Sigma} = 54 + 31 + 2 \cdot 14,76 - 1,1 (78,86 + 59,37)$$

$$\| \underline{F_{V\Sigma}} = -37,533 \text{ t f}$$

Toplam yatay kuvvet $F_{H\Sigma}$:

$$F_{H\Sigma} = (S_{1H} + S_{2H}) \cdot f_2$$

S_{1H}, S_{2H} - S statik halat yükünün yatay bileşenleri

$$S_{1H} = S_1 \cdot \cos \beta = 91,06 \cdot \cos 60^\circ$$

$$\| \underline{S_{1H}} = 45,53 \text{ t f}$$

$$S_{2H} = S_2 \cdot \cos \gamma = 66,06 \cdot \cos 64^\circ$$

$$\| \underline{S_{2H}} = 28,96 \text{ t f}$$

$$F_{H\Sigma} = (45,53 + 28,96) \cdot 1,1$$

$$\| \underline{F_{H\Sigma}} = 81,94 \text{ t f}$$

- Düsey yataklar kuvvetleri A_V, B_V ;

$$A_V + B_V = F_V \Sigma$$

$$A_V = B_V = \frac{F_V \Sigma}{2} = - \frac{37,533}{2}$$

$$\| \underline{A_V = B_V = -18,77 \text{ tF}}$$

- Yatay yataklar kuvvetleri A_H, B_H ;

$$A_H + B_H = F_H \Sigma$$

$$A_H = B_H = \frac{F_H \Sigma}{2} = \frac{81,94}{2}$$

$$\| \underline{A_H = B_H = 40,97 \text{ tF}}$$

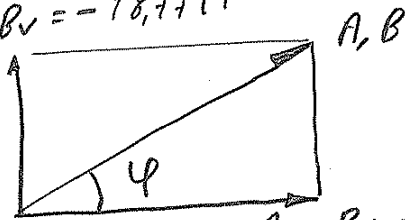
- Bileşke yataklar kuvvetleri A, B ;

$$A = B = \sqrt{A_V^2 + A_H^2} = \sqrt{(18,77)^2 + (40,97)^2}$$

$$\| \underline{A = B = 45 \text{ tF}} \quad (\text{Ardaki sayfaya bak})$$

- Bileşke kuvvet açısı φ ;

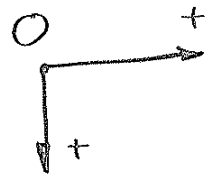
$$A_V = B_V = -18,77 \text{ tF}$$



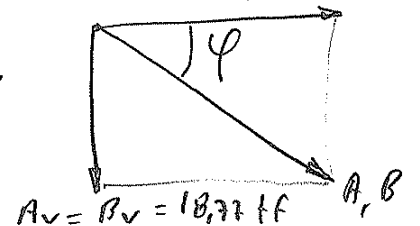
$$A_H = B_H = 40,97 \text{ tF}$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{-18,77}{40,97} \rightarrow \text{tg } \varphi = -0,4581$$

$$\| \underline{\varphi = -24,6^\circ}$$



$$A_H = B_H = 40,97 \text{ tF}$$



$$A_V = B_V = 18,77 \text{ tF}$$

$$\| \underline{\varphi = 24,6^\circ}$$

Radyal kaymalı yataklar hesabı

(8)

(Kaynak : Radyal kaymalı yataklar. T.ÖZKAN)

Verilenler :

$$n = 68,8 \text{ d/d}$$

$$d = \phi 700 \text{ mm}$$

$$b = 900 \text{ mm}$$

$$F = 45000 \text{ kgf} \approx 450 \text{ kN}$$

Çevre ortam sıcaklığı ; $t_0 = 20^\circ\text{C}$

Malzeme çifti : Çelik/Beyaz metal tabakası

Ortalama yüzey basıncı \bar{p} ;

$$\bar{p} = \frac{F}{b \cdot d} < p_{em}$$

$$\bar{p} = \frac{450000}{90 \cdot 70} = 71,43 \text{ N/cm}^2$$

Beyaz metal yataklar için ;

$$p_{em} = 100 \dots 300 \text{ N/cm}^2 \quad (\text{Eşitlik 85})$$

$$\| \bar{p} (= 71,43 \text{ N/cm}^2) < p_{em} (= 100 \dots 300 \text{ N/cm}^2)$$

Axial hız w , çevre hızı u ;

$$w = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot 68,8}{30}$$

$$\| w = 7,2 \text{ 1/s}$$

$$u = r \cdot \omega = r \cdot \frac{\pi n}{30} = \frac{\pi d n}{60}$$

$$u = \frac{0,7 \text{ m}}{2} \cdot 7,2 \text{ 1/s}$$

$$\| u = 2,52 \text{ m/s}$$

- Dinamik işletme viskozitesi: η (Gezici değer);
Normal şartlarda yatak işletme sıcaklığı ν ,
madeni yağlar için $70^\circ \dots 90^\circ \text{C}$ yi aşmamalıdır.

$$\nu_{em} = 70^\circ \dots 90^\circ \text{C}$$

$$\| \nu = 60^\circ \text{C} \text{ uygun bir değerdir.}$$

Kinematik viskozite (ν) birimleri:

$$1 \text{ cm}^2/\text{s} = 1 \text{ Stok} = 1 \text{ St}$$

$$1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ Senti Stok } 1 \text{ cSt}$$

Dinamik viskozite (η) birimleri:

$$1 \text{ N s/m}^2 = 1 \text{ Paskal saniye} = 1 \text{ Pa s}$$

$$1 \text{ Pa s} = 10 \text{ Poise}$$

$$1 \text{ senti poise} = 1 \text{ cP}$$

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} = \frac{\eta \cdot \rho}{\rho^2}$$

Örnek: $\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$

$$\nu = 25 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$\eta = ?$$

$$\eta = (25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) \cdot (900 \text{ kg/m}^3)$$

$$\eta = 22500 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 22500 \cdot 10^{-6} \text{Ns/m}^2$$

$$\underbrace{\frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}^2}}_{\text{Ns/m}^2}$$

Kararın: Gelik kuyuda Tellus 100 } Yağları, ana yataklar
 Fatalajın .. Regal Oil 46 } larda kullanılmak-
 (GHH) } taktır.

Regal Oil 46 yağını kullanalım (Geçici),

Kinematik viskozite : 40°C de 45,71 mm²/s ≈ 46 mm²/s (S: 11)

Kinematik viskozite : 50°C de 30 mm²/s (S: 12)

ρ = 900 kg/m³ ile,

$$\eta_{50^\circ\text{C}} = \nu \cdot \rho = (30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) (900 \text{ kg/m}^3)$$

$$\eta_{50^\circ\text{C}} = 27000 \cdot 10^{-6} \text{ Ns/m}^2 = 27 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$$

$$\eta_{50^\circ\text{C}} = 27 \cdot 10^{-3} \text{ Pas} = 27 \cdot 10^{-2} \text{ poise}$$

$$\eta_{50^\circ\text{C}} = 27 \text{ santipoise} = 27 \text{ cP}$$

(Aynı sonuç, Şekil 22 de ki diyagramdan da okunabilir)

• Dinamik işletme viskozitesi: η (Geçici değer),

$$\left. \begin{array}{l} \nu_{\text{geçici}} = 60^\circ\text{C} \\ \eta = 27 \text{ cP} (50^\circ\text{C}) \end{array} \right\} \eta_{\text{geçici}} = 0,020 \text{ Ns/m}^2 \text{ (Şekil 21)}$$

• izafi yatak boşluğu ψ (Geçici değer);

Türbin Yağı Serisi

Üstün Kaliteli Türbin Yağları



Petrol Ofisi

Tanımı

Parafinik esaslı baz yağlara uygun katık paketi eklenerek üretilen, uzun hizmet ömürlü, üstün kaliteli türbin yağıdır.

Kullanıldığı Yerler

Gaz, buhar ve hidrolik türbinlerde, hava kompresörlerinde, aşırı basınçlı olmayan hidrolik sistemlerde, vakum pompalarında, rulmanlı ve kaymalı yatakların yağlanması başarı ile kullanılır.

Özellikleri ve Faydaları

- Düşük sıcaklıklarda akıcılığını korur, yüksek sıcaklıklarda ise etkili yağlama sağlar.
- İçerdiği dispersan katıklar yardımıyla depozit oluşumunu önler, verimli çalışma sağlar.
- Metal yüzeyler üzerinde film oluşturarak yüzeylerde pas oluşumunu engeller.
- Yüksek oksidasyon dayanımı ile türbin yataklarını vernikleşmeye karşı korur.
- Oksidasyonun neden olduğu tortu oluşumunu ve viskozite kalınlaşmasını önler.
- Yüksek aşınma önleme kabiliyeti ile üstün yatak ve dişli koruması sağlar.
- Sudan ayrılma özelliğinin yüksek olması sebebiyle bünyesine giren suyu kısa sürede ayırıştırarak sistemden uzaklaştırır.
- Ortamdan gelebilecek korozif etkilere karşı türbin, dişli ve sirkülasyonlu yatak yağlama sistemlerini pasa ve korozyona karşı korur.
- Bünyesine aldığı havayı kısa sürede dışarı atarak köpürmeyi önler.
- Düşük sıcaklıklarda akıcılığını korur. İlk çalışma anında pompayı zorlamaz.
- Demir-çelik, rafineri, gübre ve şeker fabrikalarında geniş uygulama alanı sağlar.

Karşıladığı Şartnameler ve Onaylar

DIN 51515 (R+0), BS 489, MIL-L-17672

Tipik Özellikler*

ISO Viskozite Sınıfı		22	32	46	68	100	150	220	320	460	Regal Marine500
Yoğunluk, @ 15°C kg/m ³	ASTM 4052	0,868	0,89	0,89	0,88	0,88	0,89	0,89	0,9	0,9	-
Parlama Noktası COC, °C	ASTM D 92	188	224	250	256	256	266	280	202	305	256
Kinematik Viskozite											
40 °C'de mm ² /s	ASTM D 445	21,53	32,65	45,71	67,72	102,7	161	224,9	336	471	82,5
100 °C'de mm ² /s		4,21	5,47	6,86	8,71	11,23	15,1	18,71	24	30	9,88
Viskozite İndeksi	ASTM D 2270	96	102	105	100	95	93	93	94	94	98
Akma Noktası, °C	ASTM D 97	-18	-30	-24	-18	-12	-12	-9	-9	-9	-12

*Değerler üretimden üretime farklılıklar gösterebilir.

Ambalaj Tipleri	Teneke Fıçı	16 kg	180 kg

www.petrolofisi.com.tr
e-mail: info@poas.com.tr
Müşteri Danışma Hattı: 0 800 211 02 29

Genel Müdürlüğü : 0212 329 15 00 → Madeni Yağlar

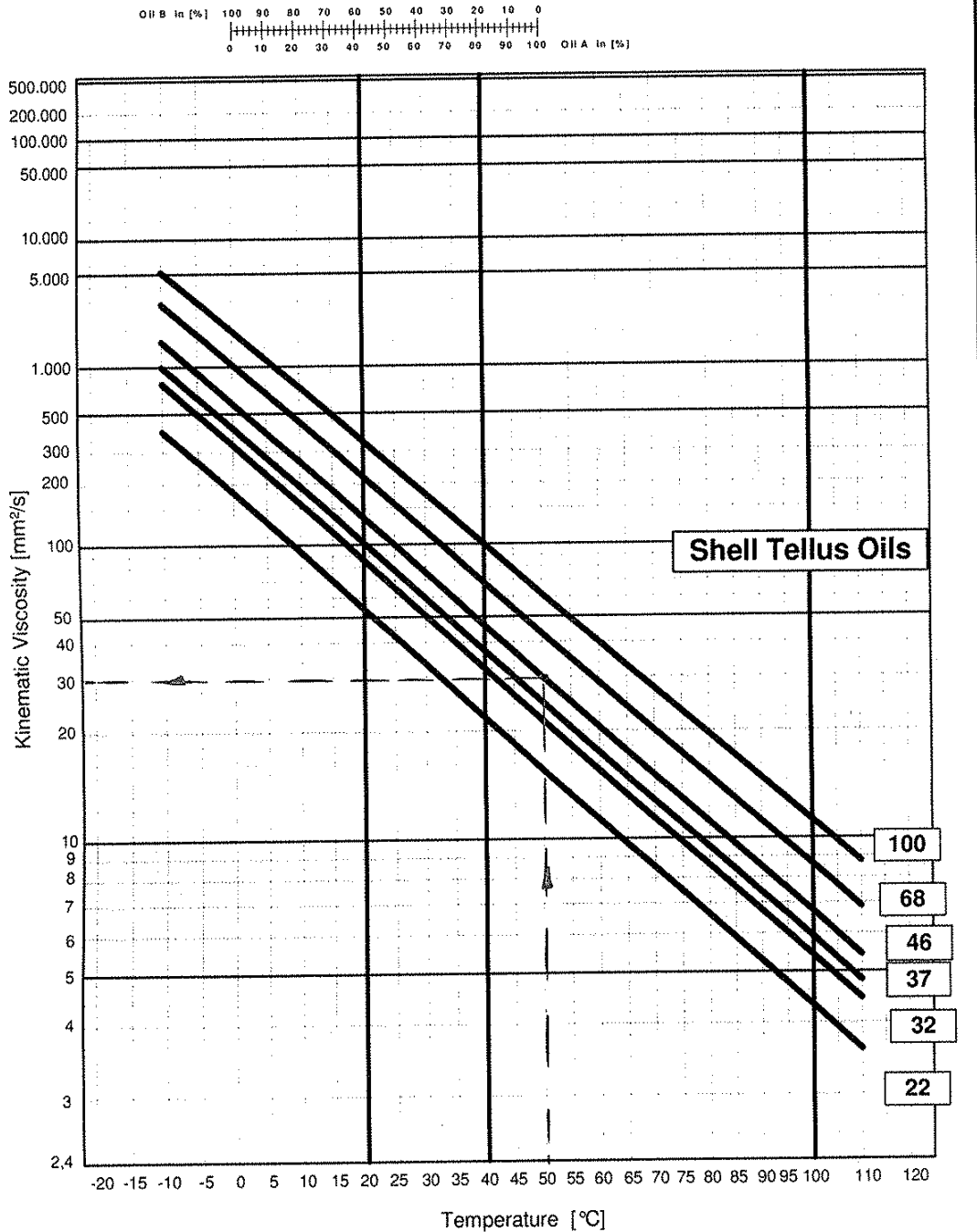
Sağlık, Emniyet ve Çevre Bilgileri: Amaçlarına ve kullanma talimatlarına uygun kullandığı sürece sağlık için önemli bir tehlike yaratmaz. Kullanılmış yağlar yakılmamalı, toprağa ve atık su kanallarına dökülmemelidir. Atık yağlar 21.01.2004 tarih ve 25355 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kategorilerine ayrılarak yine bu yönetmelikle tanımlanmış özelliklerdeki lisanslı işletmeler kanalı ile bertaraf edilmelidir. Sağlık ve güvenliğe ilgili daha fazla bilgiyi Petrol Ofisi yetkililerinden ve internet sitemizden ulaşabileceğiniz MSDS formunda bulabilirsiniz.



REL 0007

Viscosity - Temperature - Diagram

12



$$\Psi_{\text{geçici}} = 0,8 \sqrt[4]{u} \cdot 10^{-3} \quad (\text{Eşitlik 8})$$

$$\Psi_{\text{geçici}} = 0,8 \sqrt[4]{2,52 \cdot 10^{-3}}$$

$$\| \Psi_{\text{geçici}} = 1 \cdot 10^{-3}$$

• Sommerfeld sayısı S_0 (Geçici değer):

$$S_0 = \frac{\bar{p} \cdot \Psi^2}{\eta \cdot \omega}$$

$$S_{0\text{geçici}} = \frac{(71,43 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2) (1 \cdot 10^{-3})^2}{0,02 \text{ Ns/m}^2 \cdot 7,2 \text{ 1/s}}$$

$$\| S_{0\text{geçici}} = 4,96 > 3 \quad (\text{Ağır zorlanan yataklar})$$

• Isınma faktörü W ;

$$W = 30 \cdot V \sqrt{\bar{p} \cdot n^3} / (\alpha^* \cdot A)$$

V - Yatak muylusunun hacmi:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot b = \frac{\pi \cdot 0,07^2}{4} \cdot 0,9$$

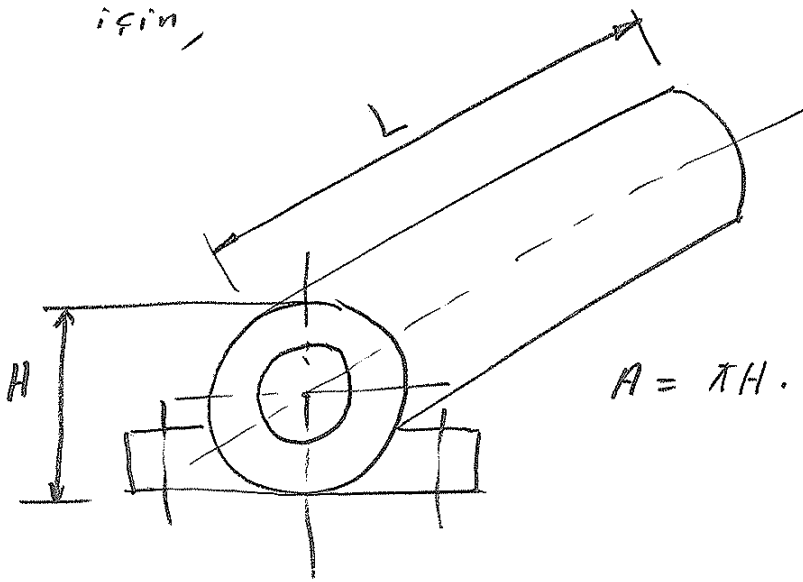
$$\| V = 0,3464 \text{ m}^3$$

α^* - Isı taşıma katsayısı

$$\alpha^* = 20 \text{ W/(m}^2 \text{K)} = 20 \text{ Nm/(m}^2 \text{sK)}$$

A - Yatacın soğutma yüzeyi

Makina dışında, bağımsız pövdeli yataklar



$$A = \pi H \cdot L + 2 \cdot \pi \cdot \frac{H^2}{4}$$

$$A \approx \pi H \left(L + \frac{1}{2} H \right)$$

H - Yatacak yüksekliği (= 1,85 m)

L - Yatacak gövdesinin eksen yönünde genişliği (= 1,03 m)

$$A = \pi \cdot 1,85 \left(1,03 + \frac{1}{2} \cdot 1,85 \right)$$

$$\| A = 11,36 \text{ m}^2$$

$$W = 30 \cdot 0,3466 \sqrt{71,43 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{68,8}{60} \right)^3} / (20 \cdot 11,36)$$

$$\| W = 47,5 \text{ mK} / (\text{Ns})^{1/2}$$

• Yatacak işletme sıcaklığı \checkmark (Kesin değer),

$$\left. \begin{array}{l} W = 47,5 \text{ mK} / (\text{Ns})^{1/2} \\ \eta = 27 \text{ cP} (50^\circ \text{C de}) \end{array} \right\} \| \checkmark_{\text{kesin}} = 34^\circ \text{C} \text{ (Sekil 120)}$$

• Dinamik işletme viskozitesi: η (kesin değer);

$$\eta = \left(\frac{v - v_0}{w} \right)^2 = \left(\frac{34 - 20}{47,5} \right)^2$$

$$\eta_{\text{kesin}} = 0,087 \text{ Ns/m}^2$$

$$\eta_{\text{kesin}} = 0,087 \text{ Pas} = 0,87 \text{ Poise}$$

$$\| \underline{\eta_{\text{kesin}} = 87 \text{ cP}}$$

veya,

$$\left. \begin{array}{l} v = 34^\circ \text{C} \\ \eta = 27 \text{ cP (50}^\circ \text{C)} \end{array} \right\} \| \underline{\eta_{\text{kesin}} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ Ns/m}^2 \text{ (felan. 21)}}$$

yaklaşık aynı sonuç bulunur.

• İzafi yatacak boşluğu Y (kesin değer);

$$Y = \frac{\eta \cdot n}{\bar{p}} \cdot \frac{2\beta}{1+\beta} \quad (\text{Yardımcı faktör})$$

$$\beta = \frac{b}{d} = \frac{900}{700} \rightarrow \beta \approx 1,28$$

$$Y = \frac{0,027 \cdot (68,8/60)}{71,43 \cdot 10^4} \cdot \frac{2 \cdot 1,28}{1+1,28} = 4,87 \cdot 10^{-8}$$

$$\| \underline{Y \approx 5 \cdot 10^{-8}}$$

izafi yağ filmi kalınlığı

(16)

$$\beta = 0,2 \dots 0,4 \quad (\text{Ekseriyet } \beta \approx 0,3)$$

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = 5 \cdot 10^{-8} \\ \beta = 0,3 \end{array} \right\} \Psi_{\text{kesin}} = (0,7 \dots 0,8) \cdot 10^{-3} \quad (\text{Şekil 19})$$

Şekil 17 incelenirse

$$u = 2,52 \text{ m/s} \rightarrow \Psi = (0,7 \dots 1,2) \cdot 10^{-3}$$

Şekil 7 incelenirse

$$\Psi = (0,5 \dots 1,2) \cdot 10^{-3}$$

$$\Psi_{\text{kesin}} = 1 \cdot 10^{-3}$$

Kontrol : $\beta < \frac{\beta}{1+\beta}$ olmalıdır.

$$\beta (= 0,3) < \frac{1,28}{1+1,28} (= 0,56) \quad \text{uygundur}$$

Dolayısıyla radyal yatak boşluğu s ,

$$\Psi = \frac{d_2 - d_1}{d_1} = \frac{s}{d}$$

$$s = \Psi \cdot d = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 700$$

$$\underline{s = 0,7 \text{ mm}}$$

• Sommerfeld sayısı S_0 (kesin değer);

$$S_0 = \frac{\bar{p} \cdot \Psi^2}{\eta \cdot \omega}$$

$$S_0 = \frac{(71,43 \cdot 10^4) (1 \cdot 10^{-3})^2}{0,087 \cdot 7,2}$$

$$\| \underline{S_0 \text{ kesim}} = 1,14 > 1$$

- Sürtünme katsayısı μ ;

$$\mu \approx \frac{3,4}{\sqrt{S_0}} = \frac{3 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,14}}$$

$$\| \underline{\mu = 2,8 \cdot 10^{-3}}$$

- Sürtünme gücü P_R ;

$$P_R = F \cdot \mu \cdot u = 450000 \cdot 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2,52$$

$$\| \underline{P_R = 3175 \text{ W} = 3,175 \text{ kW}}$$

- Minimum yağ filmi kalınlığı (işletme devir sayısında) / h_0 ;

$$h_0 = \frac{\delta \cdot s}{2} = \delta \cdot \psi \cdot d / 2$$

$$h_0 = 0,3 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7 / 2 = 105 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\| \underline{h_0 = 0,105 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$

- Minimum yağ filmi kalınlığı (geçiş devir sayısında) / h_{0i} ;

$$d = \phi 700 \text{ mm için,}$$

$$\| h_{oi} \approx 5,8 \mu\text{m} \quad (\text{Cetvel 9})$$

• Geçiş devir sayısı $n_{\dot{u}}$

$$n_{\dot{u}} = \frac{h_{oi}}{h_o} \cdot n = \frac{5,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{0,105 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \cdot \left(\frac{68,8}{60} \right)$$

$$\| n_{\dot{u}} = 6,34 \cdot 10^{-2} \text{ d/s} = 6,34 \cdot 10^{-2} \cdot 60 \text{ d/d}$$

$$\| n_{\dot{u}} = 3,8 \text{ d/d}$$

veya, $u < 3 \text{ m/s}$ için;

$$\left. \begin{array}{l} \frac{n}{n_{\dot{u}}} \approx 3 \\ \frac{n}{n_{\dot{u}}} = |u| \end{array} \right\} \text{ (Vogel pohl önermiştir)}$$

$$n_{\dot{u}} = \frac{n}{3} = \frac{68,8}{3} \rightarrow \| n_{\dot{u}} \approx 23 \text{ d/d}$$

$$n_{\dot{u}} = \frac{n}{u} = \frac{68,8}{2,52} \rightarrow \| n_{\dot{u}} \approx 27 \text{ d/d}$$

Yağ filminin, normal devir sayısından daha önce oluşması gerekmektedir. n ve $n_{\dot{u}}$ değerleri için yatak uygundur.

• Gerekli yağ ihtiyacı Q_{S} ;

$$Q_{S_{\text{min.}}} = 0,75 \cdot h_o \cdot b \cdot u$$

$$Q_{S_{\text{min.}}} = 0,75 \cdot 0,105 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0,9 \text{ m} \cdot 2,52 \text{ m/s}$$

$$Q_{S_{\min.}} = 0,179 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0,179 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 60$$

$$Q_{S_{\min.}} = 10,74 \text{ Lit./dak}$$

$$\| Q_{S_{\min.}} \approx 11 \text{ Lit./dak} \quad (S: 19/1' \text{ e bak})$$

• Hertz basıncı P_H :

$$P_H \approx 0,591 \sqrt{E \cdot \bar{p} \cdot \psi}$$

$$E = \frac{2 E_{\text{yatak}} \cdot E_{\text{mil}}}{E_{\text{yatak}} + E_{\text{mil}}}$$

$$E_{\text{mil}} = 210000 \text{ N/mm}^2 = 21 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$E_{\text{yatak}} = 57000 \text{ N/mm}^2 = 5,7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \quad (\text{WM 80 - Lp Sn 80})$$

$$E = \frac{2 \cdot 5,7 \cdot 10^{10} \cdot 21 \cdot 10^{10}}{5,7 \cdot 10^{10} + 21 \cdot 10^{10}}$$

$$E \approx 9 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$P_H = 0,591 \sqrt{9 \cdot 10^{10} \cdot 71,43 \cdot 10^4 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}$$

$$\| P_H = 4,74 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 4,74 \text{ N/mm}^2$$

Kontrol : $P_H \leq 0,2 \sigma_{df}$

σ_{df} - Ezilme sınırı (Basmada akma sınırı)

Hotmail

Yeni | Yanıtla Tümünü yanıtla İlet | Sil Gereksiz Süpür | İşaretle | Taşı | Kategoriler |

Gelen kutusu (...)

Silverlight'in yüklenmesi bittikten sonra tarayıcınızı yenilemeniz yeterlidir. (Bu işe yaramazsa, tarayıcınızı kapatıp yeniden açın.)

Klasörler

İLT: yağ pompası

Dön: İletiler |

Hızlı görünüm

Murat ULUSOY Kişilere ekle
Kime: tuncerozkan44@hotmail.com

Fotoğraflar | 11:59

Yanıtla |

Messenger

Messenger'da oturum açtınız. Durumunuzu değiştirmek için, sağ üst köşede adınızı tıklayın. Oturumumu açık bırak | Web Messenger oturumunu kapat

2 ek (toplam 99,9 KB)

Hotmail Etkin Görünüm

Kişilerde ara

Hiçbir arkadaş çevrimiçi değil.

Web Messenger oturumunu kapat

Giriş

Kişiler

Takvim



Karşılardan yükle



Karşılardan yükle

Slayt gösterisi göster (2) | Tümünü zip olarak karşıdan yükle

Tucer Bey,

pompa debisi:18 litre/dakika**devir:1410 1/dakika****basınç: 5 bar**

saygılarımla

Murat Ulusoy

UYARI/NOTIFICATION:

Kişiyse özel bu mesaj ve içeriğindeki bilgiler gizlidir. Hattat Holding bu mesajın içeriği ve ekleri ile ilgili olarak hukuksal hiçbir sorumluluk kabul etmez.Yetkili alıcılardan biri değilseniz, bu mesajın herhangi bir şekilde ifşa edilmesi, kullanılması, kopyalanması, yayılması veya mesajda yer alan hususlarla ilgili olarak herhangi bir işlem yapılmasının kesinlikle yasak olduğunu bildiririz. Böyle bir durumda lütfen hemen mesajın göndericisini bilgilendiriniz ve mesajı sisteminizden siliniz. İnternet ortamında gönderilen e-posta mesajlarındaki hata ve/veya eksikliklerden veya virüslerden dolayı; mesajın göndericisi herhangi bir sorumluluk kabul etmemektedir. Teşekkür ederiz.

The information contained in this communication may contain confidential or legally privileged information. Hattat Holding doesn't accept any legal responsibility for the contents and attachments of this message. If you are not the intended recipient you are hereby notified that any disclosure, use, copying, distribution or taking any action in reliance on the contents of this information is strictly prohibited. If you have received this communication in error, please notify the sender immediately by responding to this e-mail and then delete it from your system. The sender does not accept any liability for any errors or omissions or any viruses in the context of this message which arise as a result of internet transmission. Thank you.

WM 80 $\rightarrow \sigma_{df} = 70 \text{ N/mm}^2$

$0,2 \cdot 70 = 14 \text{ N/mm}^2$

$\parallel P_H (= 4,74 \text{ N/mm}^2) < 0,2 \cdot \sigma_{df} (= 14 \text{ N/mm}^2)$

uygundur.

Not Halatlar bağlanmadan

$F_{top} = F_{tankur} + F_{mil} + 2 \cdot F_{motor}$

$F_{top} = 54 + 31 + 2 \cdot 14,76$

$F_{top} = 114,52 \text{ tf} = 114520 \text{ kgf}$

$F_{yatak} = \frac{114520}{2} = 57260 \text{ kgf}$

$\parallel F_{yatak} = 572600 \text{ N} = 572,6 \text{ kN}$

$\bar{p} = \frac{572600}{90 \cdot 70}$

$\parallel \bar{p} \approx 91 \text{ N/cm}^2$

$P_H = 0,591 \sqrt{9 \cdot 10^{10} \cdot 91 \cdot 10^4 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}$

$\parallel P_H \approx 5,35 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 5,35 \text{ N/mm}^2$

$\parallel P_H (= 5,35 \text{ N/mm}^2) < 0,2 \sigma_{df} (= 14 \text{ N/mm}^2)$

Bu haliyle dahi yataklarda ezilme olmaz.

(21)

Not Bu hesap yöntemi bizi hiç yanıltmadı.

Örnekleri, Korlu jeneratör yatakları ve Karadonda görülebilir.

Not Farkma, bölmeleri ve diyagram okumalarını gözden geçirmek faydalı olur.

Not TS ISO 7902-1,2,3 (Ocak 2007) standardına görede hesaplar, tarafından ayrıca yapılacaktır.

Not ilgili, tablo, şekil v.s eklerde dir.

Not Yatağın, dışardan bir pompa ile yağlanması düşünülmüştür çünkü başka bir yağlama sistemi yoktur (örneğin; serbest biterikli yağlama fişi)

Pompa debisi:

$$Q_{Smin} = 0,75 \cdot h_0 \cdot b \cdot u \quad (\text{Niemann})$$

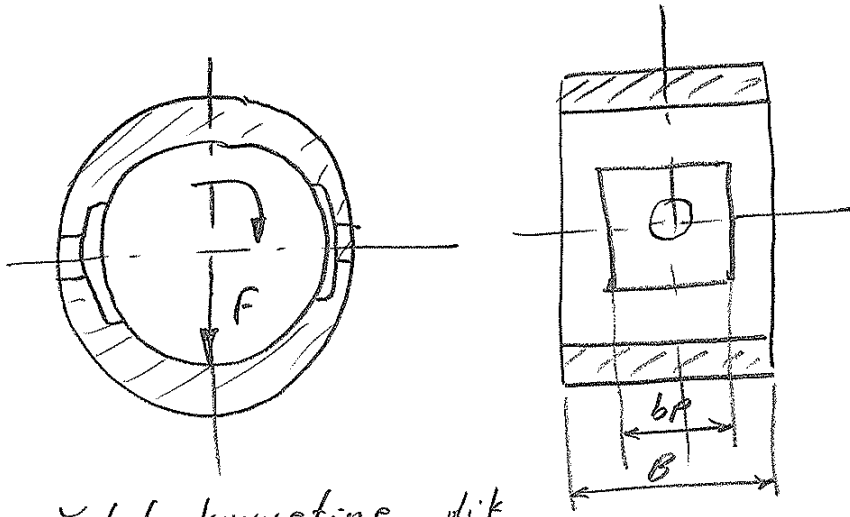
$$Q_{Smin} = 11 \text{ Lit/dak.} \quad (S: 19)$$

$$q \approx (0,3 \dots 0,4) d^2 \cdot b \cdot n \cdot \psi$$

$$q = 0,4 (70 \text{ cm})^2 \cdot (90 \text{ cm}) \cdot (68,8 \text{ d/d}) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 12936 \text{ cm}^3/\text{dak}$$

$$q \approx 12 \text{ Lit/dak.}$$

• TS ISO 7902 : 1, 2, 3



Yatak kuvvetine dik doğrultuda açılmış 2 Ad. yağ besleme cebi.

Yatağın yağlanması sirkülasyon pompasına ihtiyaç duyuluyorsa, Pen yağ besleme basıncı veya pompa yağ basıncı olmak üzere sürekli olan pompa yağ debisi:

$$Q_p = \frac{D^3 \cdot \psi_{eff} \cdot Pen}{\eta_{eff}} \cdot Q_p^*$$

Q_p	D	Pen	η_{eff}
m^3/s	m	Pa	$Pa \cdot s$

Yatağın yağlanması sirkülasyon pompasına ihtiyaç duyulmuyorsa, hidrodinamik basıncın (iş basıncı) oluşması için sürekli olan hidrodinamik yağ debisi;

$$Q_3 = D^3 \cdot \psi_{eff} \cdot \omega_h \cdot Q_3^*$$

Q_3	D	ω_h
m^3/s	m	$1/s$

$$\gamma = 8 \cdot 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad (S: 15)$$

$$S_0 = 1,14 \quad (S: 17)$$

$$\frac{b}{d} = \frac{900}{700} \approx 1,28$$

$$\omega = 360^\circ$$

$$\frac{b}{d} = 1,25$$

$$S_0 = 0,8155 \rightarrow \alpha_3^* = 0,0876$$

$$S_0 = 1,67115 \rightarrow \alpha_3^* = 0,1282$$

$$S_0 = 1,14 \rightarrow \|\alpha_3^*\| \approx 0,1$$

$$Q_3 = (0,7 \text{ m})^3 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{68,8}{60} \right) \cdot 0,1 = 3,94 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$7,2 = \omega_h \text{ olumunda}$

$$\|Q_3\| = \frac{3,94 \cdot 10^{-5}}{24,6} \cdot 1000 \cdot 60 = 2,364 \text{ l/d}$$

q_p - Yağ cebi parametresi:

$$q_p = 1,188 + 1,582 \left(\frac{b_p}{B} \right) - 2,582 \left(\frac{b_p}{B} \right)^2 + 5,563 \left(\frac{b_p}{B} \right)^3$$

$$q_p = 1,188 + 1,582 \left(\frac{600}{900} \right) - 2,582 \left(\frac{600}{900} \right)^2 + 5,563 \left(\frac{600}{900} \right)^3$$

$$\|q_p\| = 2,74$$

$$Q_p^* = \frac{\pi}{48} \frac{2}{\ln \left(\frac{B}{b_p} \right) \cdot q_p} = \frac{\pi}{48} \cdot \frac{2}{\ln \left(\frac{900}{600} \right) \cdot 2,74}$$

$$\|Q_p^*\| = 0,118$$

$$Q_p = \frac{(0,7)^3 \cdot (7 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 5 \cdot 10^5}{8 \cdot 10^{-2}} \cdot 0,118 = 2,53 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad (29)$$

$$Q_p = 2,53 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 \cdot 60$$

$$\| \underline{Q_p = 15,18 \text{ L/d.}}$$

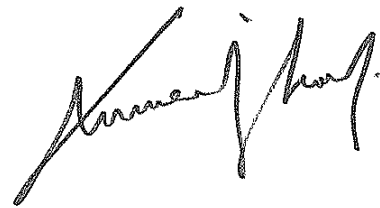
Toplam debi,

$$Q = Q_3 + Q_p = 2,364 + 15,18$$

$$\| \underline{Q = 17,5 \text{ L/d}}$$

02.12.2012

Saat: 16.30



Hidrodinamik

Radyal Kaymalı

Yataklar

(TS 150 7902 : 1, 2, 3)

- VIII -

Kurucu

(B Ad.)

- $Q_{su,opt}$ - Pompanın en iyi verim noktasındaki (EVN) su debisi (Optimum su debisi)
- $H_{msu,opt}$ - Pompanın en iyi verim noktasındaki (EVN) su basma yüksekliği (Optimum su basma yüksekliği)
- $\nu_{vis.}$ - Viskoz akışkanın kinematik viskozitesi
- $\rho_{vis.}$ - Viskoz akışkanın yoğunluğu
- $n_{q,su}$ - Pompanın özgül hızı (su için)
- $f_{Q,su}$ - Su için debisi bilinen bir pompanın viskoz akışkan için debi düzeltme katsayısı
- $f_{H,su}$ - Su için basma yüksekliği bilinen bir pompanın viskoz akışkan için basma yüksekliği düzeltme katsayısı
- $f_{\eta,su}$ - Su için verimi bilinen bir pompanın viskoz akışkan için verim düzeltme katsayısı
- η_{su} - Su basılması halinde pompanın verimi (Pompa su verimi)
- $\eta_{vis.}$ - Viskoz akışkan basılması halinde pompanın verimi (Pompa viskoz akışkan verimi)
- P_{su} - Pompa mil gücü (su için)
- $P_{vis.}$ - Pompa mil gücü (Viskoz akışkan için)
- n - Pompa devir sayısı

Not EVN (En iyi verim noktası veya max. verim) değerleri, pompa karakteristik eğrilerinden alınır.

Örnek 4 - Kinematik viskozitesi $\nu = 500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ - 143.

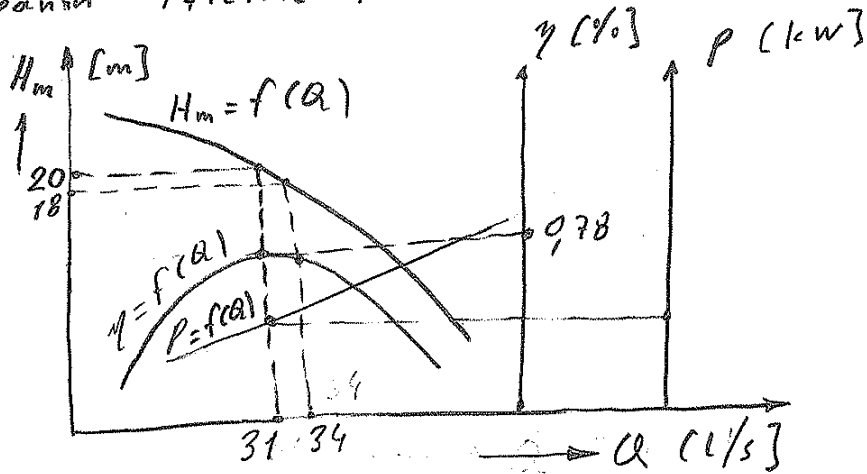
ve yoğunluğu $\rho = 0,897 \text{ kg/dm}^3$ olan maddeni bir yağın, su için karakteristik değerleri aşağıda verilen bu pompa ile basılması istenmektedir. Visköz akışkan için yeni karakteristik değerleri bulunuz. [L-E14].

$$Q_{su} = 34 \text{ L/s}$$

$$H_{msu} = 18 \text{ m}$$

$$n = 1450 \text{ d/d}$$

Pompanın işletme karakteristik eğrileri incelenirse,



Pompanın optimum çalışma noktasındaki değerleri (En iyi verim'e EVN'e karşılık gelen)

$$\left. \begin{aligned} Q_{su,opt.} &= 31 \text{ L/s} \\ H_{msu,opt.} &= 20 \text{ m} \\ \eta_{su,opt.} &= 0,78 \end{aligned} \right\} \text{ olarak okunur.}$$

Pompanın özgül hızı,

$$nq_{,su} = n \frac{(Q_{su,opt})^{1/2}}{(H_{msu,opt})^{3/4}} \quad \text{--- (E73)}$$

$nq_{,su}, n$	$Q_{su,opt}$	H_m
d/d	m^3/s	m

$$n_{q,su} = 1450 \frac{(31 \cdot 10^{-3})^{1/2}}{(20)^{3/4}}$$

$$\parallel \underline{n_{q,su}} = 27 \text{ d/d.}$$

Bilinenleri toplu olarak gösterelim;

Debi	-----	$Q_{su,opt}$	= 31 L/s
Basma yüksekliği	-----	$H_{m,su,opt}$	= 20 m
Verim	-----	$\eta_{su,opt}$	= 0,78
Devir sayısı	-----	n	= 1450 d/d
Kinematik viskozite	-----	$\nu_{vis.}$	= $500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
Yoğunluk	-----	$\rho_{vis.}$	= 0,897 kg/dm ³
Özgül hız	-----	$n_{q,su}$	= 27 d/d.

Şimdi, Şekil E45 ten düzeltme katsayılarını okuyalım;

$$\left. \begin{aligned} Q_{su,opt} &= 31 \text{ L/s} = 111,6 \text{ m}^3/\text{h} \\ H_{m,su} &= 20 \text{ m} \end{aligned} \right\} (1) \text{ Noktası}$$

$$\left. \begin{aligned} (1) \text{ Noktası} \\ \nu_{vis.} &= 500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned} \right\} (2) \text{ Noktası}$$

$$\left. \begin{aligned} (2) \text{ Noktası} \\ n &= 1450 \text{ d/d} \end{aligned} \right\} (3) \text{ Noktası}$$

(3) Noktasından, devir sayıları üzerindeki paralel doğrulara paralel çizilerek katsayılar tablosuna ulaşılır ve (4) noktası elde edilir. (4) noktasından $f_{\eta,su}$ eğrilene girilir ve (5) noktası tespit edilir. $f_{\eta,su}$ eğrileri $n_{q,su}$ özgül hızı göre düzenlenmiştir. Örnekte özgül hız 27 d/d (25-30 arası) olduğundan

5 numaralı eğri alınmıştır. Eğri numaraları -145.
eğrilerin altındaki tablodan okunabilir.

(5) noktasından devam edildiğinde $f_{H,su}$ eğrilerine dolayısıyla (6) noktasına ulaşılır. $f_{H,su}$ eğrileri de özgül hız şere düzenlenmiştir. Örnekte özgül hız 27 d/d olduğundan 20 ile 30 arasındaki $\eta_{q,su}$ eğrisi yaklaşık olarak alınmıştır. (6) noktasından devam edildiğinde $f_{Q,su}$ eğrilerine ulaşılır. Bu eğriler de özgül hız şere düzenlenmiştir. Örnekte özgül hız 27 d/d olduğundan 20 ile 30 arasındaki $\eta_{q,su}$ eğrisi yaklaşık olarak alınmıştır.

Okunmuş düzeltme katsayıları :

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{\eta,su} = 0,49 \\ f_{H,su} = 0,83 \\ f_{Q,su} = 0,78 \end{array} \right.$$

ile

$$Q_{vis.} = Q_{su} \cdot f_{Q,su} = 31 \cdot 0,78$$

$$\| \underline{Q_{vis.}} = 24,18 \text{ L/s}$$

$$H_{mvis.} = H_{msu} \cdot f_{H,su} = 20 \cdot 0,83$$

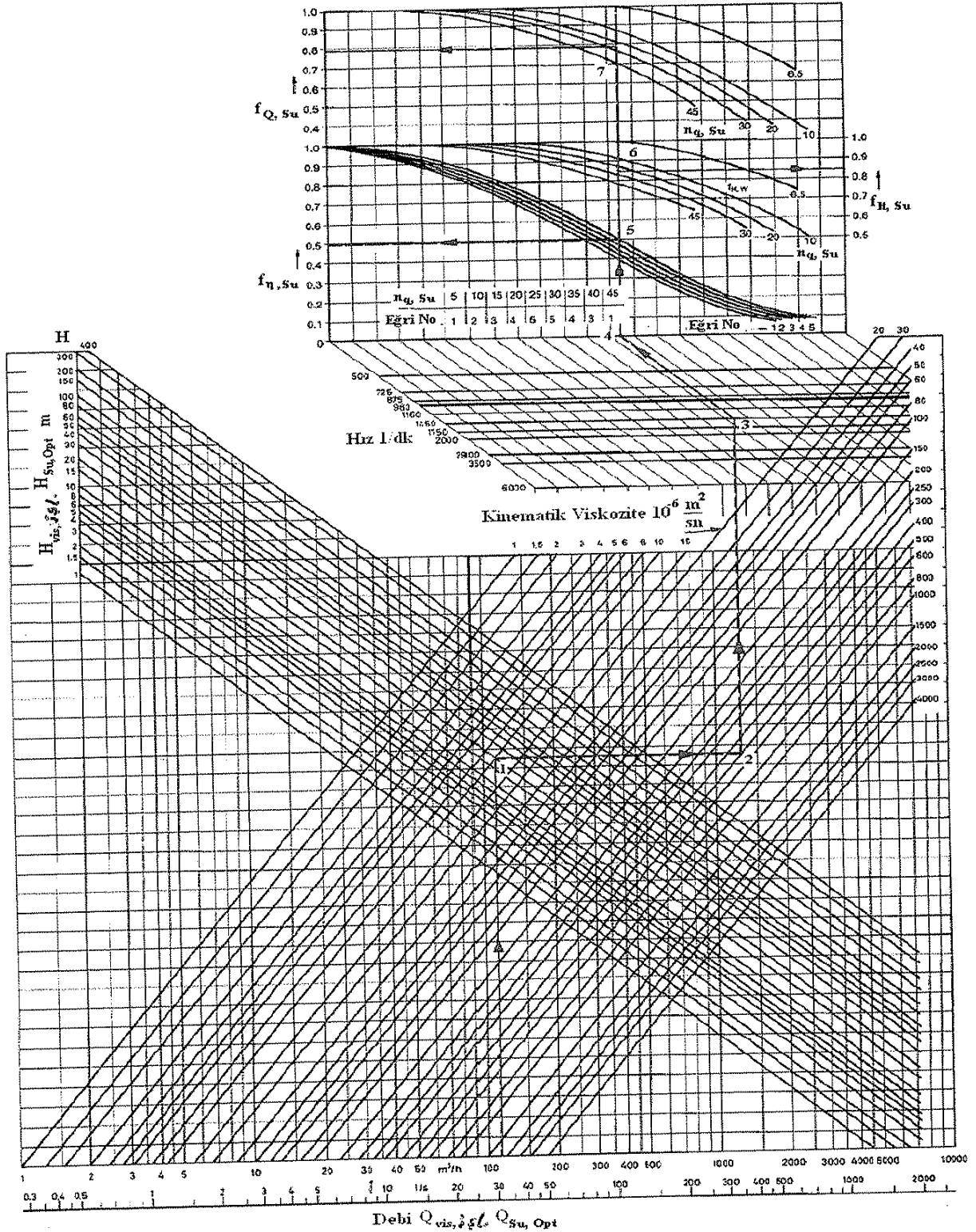
$$\| \underline{H_{mvis.}} = 16,6 \text{ m}$$

($H_{mvis.} > H_{msu}$ ise $H_{mvis.} = H_{msu}$ alınır)

$$\eta_{vis.} = \eta_{su} \cdot f_{\eta,su} = 0,78 \cdot 0,49$$

$$\| \underline{\eta_{vis.}} = 0,3822$$

elde edilir.



Şekil E45- Viskoz sıvılar için, $f_{Q, Su}$, $f_{H, Su}$, $f_{\eta, Su}$ düzeltme katsayılarının elde edilmesi. (Su ile çalışma noktası bilindiğinde viskoz sıvı ile çalışma noktasının belirlenmesi). [L-E14]
 $Q_{vis. işl.}$ - Viskoz sıvının işletme (çalışma) debisi.
 $H_{vis. işl.}$ - Viskoz sıvının işletme (çalışma) basma yüksekliği.

Pompa mil gücü,

$$P_{vis.} = \frac{\rho_{vis.} \cdot g \cdot H_{vis.} \cdot Q_{vis.}}{\eta_{vis.} \cdot 1000} \quad (E79)$$

$P_{vis.}$	$\rho_{vis.}$	g	$H_{vis.}$	$Q_{vis.}$
kW	kg/dm ³	m/s ²	m	L/s

$$P_{vis.} = \frac{(0,897 \text{ kg/dm}^3) \cdot (9,81 \text{ m/s}^2) \cdot (16,6 \text{ m}) \cdot (24,18 \text{ L/s})}{0,3822 \cdot 1000}$$

$$\| \underline{P_{vis.} = 9,3 \text{ kW}}$$

Sonuç. Elimizde mevcut bulunan ve en iyi

verim noktasına göre seçilen,

$$Q_{su,opt.} = 31 \text{ L/s}$$

$$H_{msu,opt.} = 20 \text{ m}$$

$$\eta_{su,opt.} = 0,78$$

pompa ile,

$$Q_{vis.} = 24,18 \text{ L/s}$$

$$H_{mvis.} = 16,6 \text{ m}$$

$$\eta_{vis.} = 0,3822$$

olan viskoz akışkan (madeni yağ) pompalanabilecektir.

P_{su} pompa mil gücünü de hesaplayalım (Birimlere dikkat).

$$P_{su} = \frac{(1000 \text{ kg/m}^3) (9,81 \text{ m/s}^2) (20 \text{ m}) (31 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}{0,78}$$

$$P_{su} = 7797 \frac{Nm}{s} = 7797 W$$

$$\| \underline{P_{su} = 7,8 kW}$$

Görüldüğü gibi, akışkanın viskozitesi arttıkça,

- Pompa mil gücü artar,
- Pompa basma yüksekliği azalır,
- Pompa debisi düşer
- Pompa verimi azalır

şeklinde pompa performansı değişikliklere uğrar.

Örnek 5 - Örnek 4'in tersi olsun yani,

$$V = 500 \cdot 10^{-6} m^3/s$$

$$Q_{vis. isl.} = 31 L/s$$

$$H_{vis. isl.} = 20 m$$

$$\rho_{vis.} = 0,897 kg/dm^3$$

$$n = 1450 d/d$$

olan pompa için, su için karakteristik değerlerini bulunuz. [L-E14].

$$n_{q, vis.} = 1450 \frac{(31 \cdot 10^{-3})^{1/2}}{(20)^{3/4}} \quad (\text{Eşitlik E73})$$

$$\| \underline{n_{q, vis.} = 27 d/d.}$$

Şekil E-46 tan, düzeltme katsayılarını Şekil E-45 deki gibi okursak:

$$\| \underline{f_{H, vis.} = 0,86}$$

$$\| \underline{f_{Q, vis.} = 0,80}$$

elde edilir. Bu faktörler ile,

$$Q_{su,isl.} = \frac{Q_{vis,isl.}}{f_{Q,vis.}} = \frac{31}{0,80}$$

$$\| Q_{su,isl.} = 38,75 \text{ L/s}$$

$$H_{su,isl.} = \frac{H_{vis,isl.}}{f_{H,vis.}} = \frac{20}{0,86}$$

$$\| H_{su,isl.} = 23,25 \text{ m}$$

bulunur. Buradan anlaşılan, bu madeniniyağın 31 L/s debide 20 m yüksekliğe basılması için, suya göre düzeltilmiş 23,25 m basma yüksekliği ve 38,75 L/s debide bir su pompasının gereksinim vardır. Bu değerlere göre bir pompa seçelim ve verimi $\eta_{su} = 0,82$ olsun.

$$\left. \begin{aligned} Q_{su} &= 38,75 \text{ L/s} \\ H_{su} &= 23,25 \text{ m} \\ \eta_{q,su} &= 27 \text{ d/d} \\ v_{vis.} &= 500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned} \right\}$$

$$\| f_{\eta,su} = 0,53 \text{ (Şekil E95)}$$

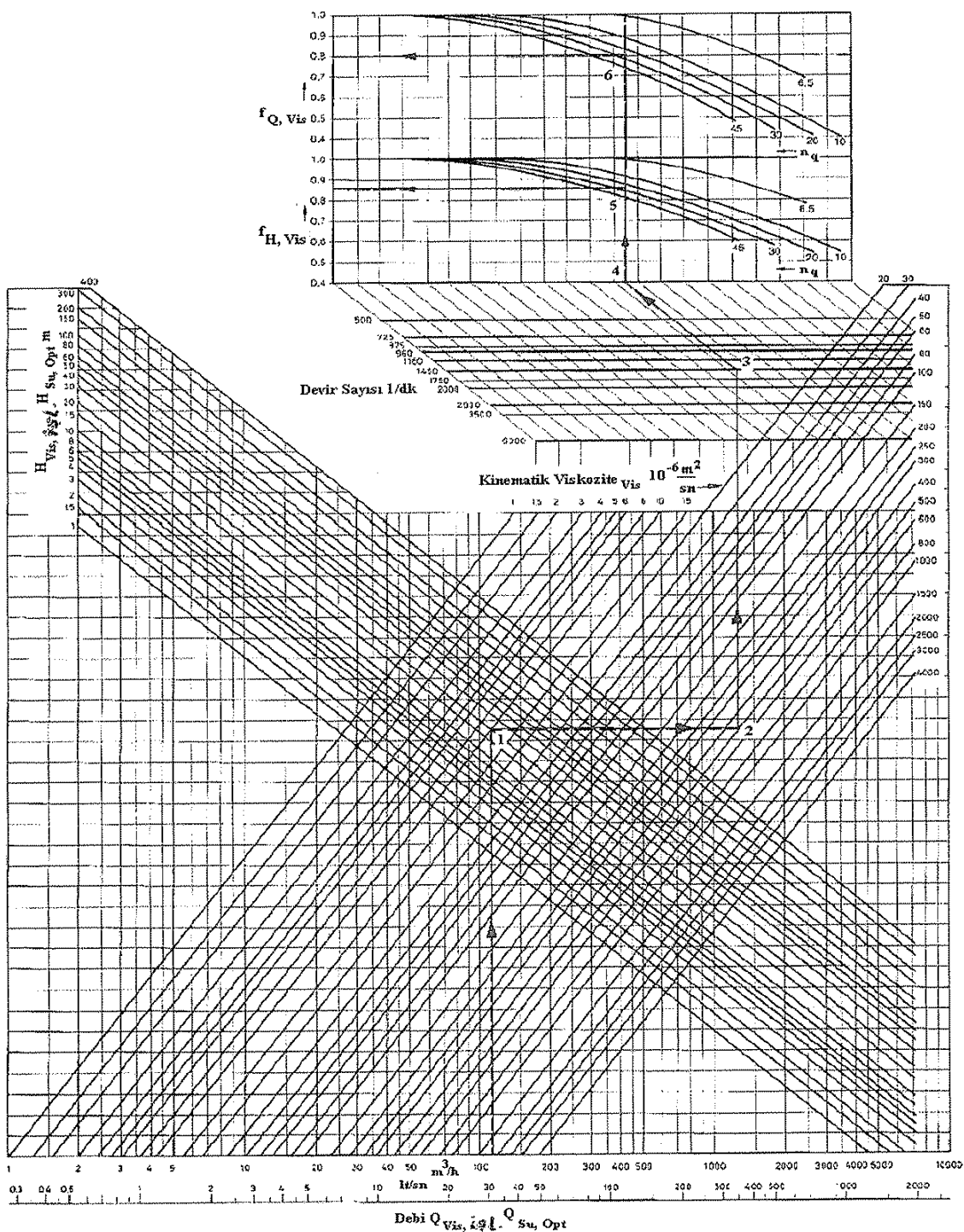
$$\eta_{vis.} = \eta_{su} \cdot f_{\eta,su} = 0,82 \cdot 0,53$$

$$\| \eta_{vis.} = 0,4346$$

Gerekli pompa gücü,

$$P_{vis.} = \frac{0,897 \cdot 9,81 \cdot 20 \cdot 31}{0,4346 \cdot 1000}$$

(Eşitlik E74)



Şekil E46 - Viskoz sıvılar için; $f_{Q, vis.}$, $f_{H, vis.}$ düzeltme katsayılarının elde edilmesi (Viskoz sıvı ile çalışma noktası bitindiğinde su ile çalışma noktasının belirlenmesi). [L-E14]
 $Q_{vis, ist.}$ - Viskoz sıvının işletme (çalışma) debisi.
 $H_{vis, ist.}$ - Viskoz sıvının işletme (çalışma) basınç yüksekliği.

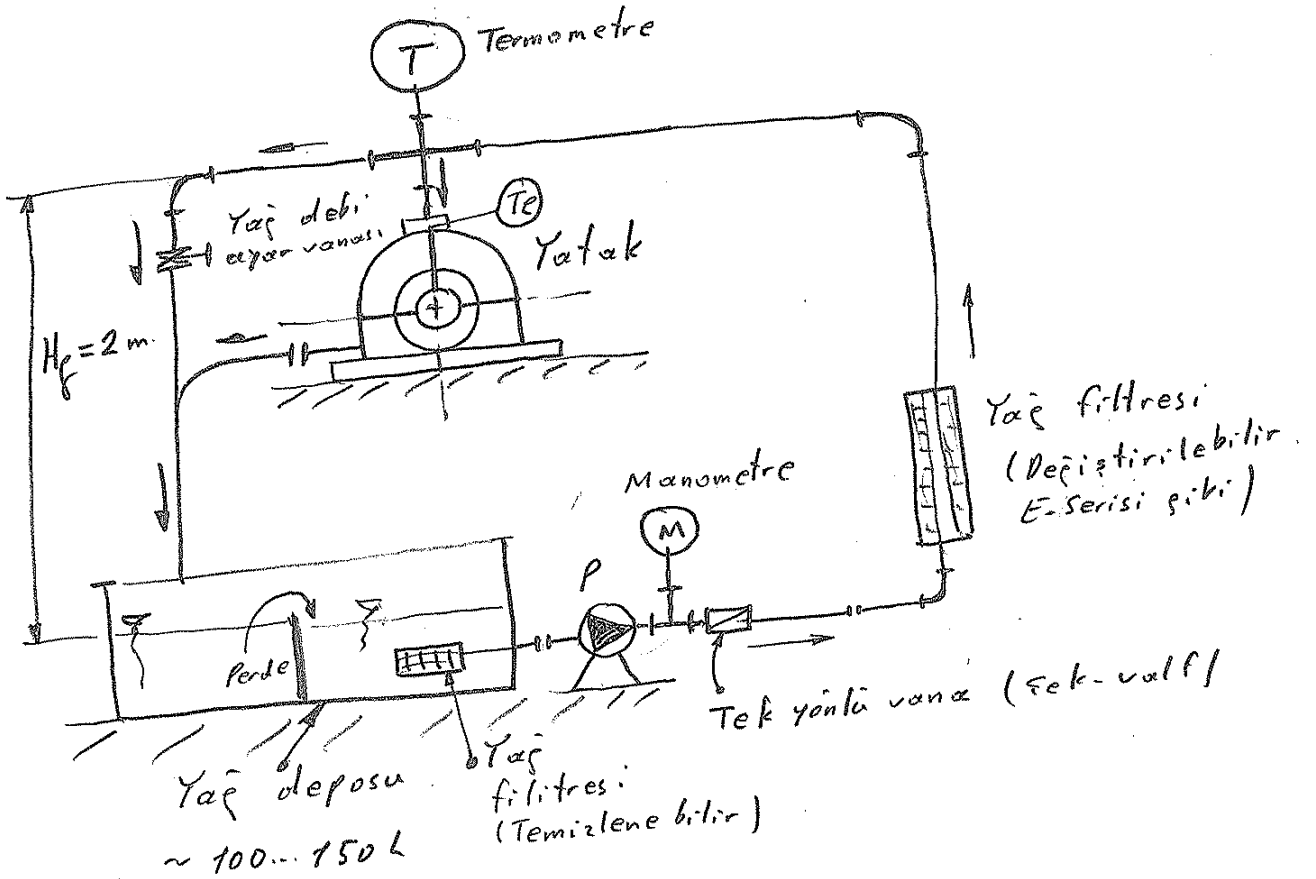
$$\| P_{vis.} = 12,55 \text{ kW}$$

$$P_{su} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 23,25 \cdot 38,75 \cdot 10^{-3}}{0,82} = 10778 \text{ W}$$

$$\| P_{su} = 11 \text{ kW}$$

olarak bulunur.

Tekrar kendi konumuza dönelim ve aşağıdaki gibi basit bir yağlama sistemi düşünelim.



- Yağ deposunda, perdeleme uygun olur
- (M) Manometre, pompa çıkışındaki basma yüksekliğini verir (Akışın sürekliliğini kontrol eden basınç saltları daha faydalıdır).
- (P) Pompa çıkışına emniyet valfi konabilir (Şekil E41, Şekil E42 gibi)
- (T) Termometre, yağın yatak giriş sıcaklığını verir.

- (Te) Termokupl , yatak üzerinde mutlaka bulunmalıdır. Yatak sıcaklığı veya efektif yağ sıcaklığını kontrol eder ve müsaade edilen değerin (60°C gibi) üzerine çıkılmamasını sağlar.

$$Q_{vis.} = 15 \text{ L/d} = 0,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v_{vis.} = 61 \text{ cSt} = 61 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

olan viskoz akışkanı yatağa pompalayabilmemiz için pompa basıncını dolayısıyla yük kayıplarını bilmemiz gerekir. Boru boylarının çok kısa olması nedeniyle borulardaki yük kayıplarını ihmal edersek, lokal (yerel) kayıplar için boru bağlantı elemanlarının kayıp katsayılarına ihtiyaç vardır.

Yerel kayıp katsayıları K_K [L-E 16] :

- Diş açılması T - - - : 2,0 (2 Ad.)
- Diş açılması 90° dönüş : 0,9 (2 Ad.)
- Çek-valf - - - : 2 (1 Ad.)
- Diş açılması rnakor - - - : 0,08 (6 Ad.)

Adetler tahmini dir.

(Filtreler için $K_K = 6$ alınmıştır)

Yerel kayıp katsayısı,

$$K_K = \frac{h_K}{v^2/2f} \tag{E 75}$$

Yerel kayıp,

$$h_K = K_K \frac{v^2}{2 \cdot f} \tag{E 76}$$

denklemlerinden hesaplanır.

-153-

Ayrıca, $h_K = \Delta P_K / (\rho \cdot g)$ olarak tanımlanmıştır.

ΔP_K - Basınç kaybı (Orantılı olduğu yük kaybı h_K gibi)

$$KK_{top} = 2.2,0 + 2.0,9 + 2 + 6.0,08 + 2.6$$

$$\| \underline{KK_{top} = 20,28}$$

$V_{yap} = \max. 2 \text{ m/s}$ (Sayfa: 138) kabülü ile,

$$h_K = KK_{top} \cdot \frac{V^2}{2g} = 20,28 \cdot \frac{4}{2 \cdot 9,81}$$

$$\| \underline{h_K = 4 \text{ m}}$$

Geometrik yükseklik $H_g = 2 \text{ m}$ olduğuna göre

$$\| \underline{H_m = 6 \text{ m}}$$

yük kaybı olarak veya,

$$\Delta P_K = H_m \cdot (\rho \cdot g) = 6 \text{ m} \cdot 900 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta P_K \approx 53000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\| \underline{\Delta P_K = 0,53 \text{ bar}}$$

toplam basınç kaybı olarak (yaklaşık) elde edilir.

Pompa çıkış basıncı

$$P_{pompa} > \Delta P_K$$

olmalıdır.

$$\| \underline{P_{pompa} (= 1 \text{ bar}) > \Delta P_K (= 0,53 \text{ bar})}$$

seçilebilir.

.154.

Pompa mit gücü,

$$P_{\text{eff}} = \frac{\rho \cdot f \cdot H \cdot Q}{\eta_{\text{disti.pom.}}} \quad (\text{Efi.lik } 0,4)$$

$$P_{\text{eff}} = \frac{(900 \text{ kg/m}^3) \cdot (9,81 \text{ m/s}^2) \cdot (6 \text{ m}) \cdot (15 \text{ l/d} = 15 \cdot \frac{10^{-3}}{60} \text{ m}^3/\text{s})}{0,4}$$

$$P_{\text{eff}} \approx 33 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 33 \text{ W}$$

$$\| P_{\text{eff}} = 0,033 \text{ kW}$$

$$P_{\text{motor}} \approx 1,2 \cdot P_{\text{eff}} = 1,2 \cdot 0,033$$

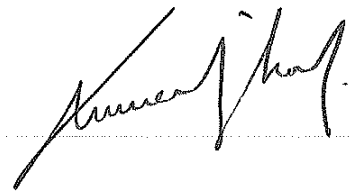
$$\| P_{\text{mot.}} = 0,04 \text{ kW}$$

elde edilir. (Dişli pompanın genel verimi, viskoz sıvı dağılımına alınarak $\eta_{\text{disti.pompa}} = 0,40$ alınmıştır)

Not. Güç değerleri; pompa yağ debisi, yağlama sistemi ve $\eta_{\text{disti.pompa}}$ verim değerleri ile daha da netleştirilebilir.

21-01-2013

Saat: 13.10

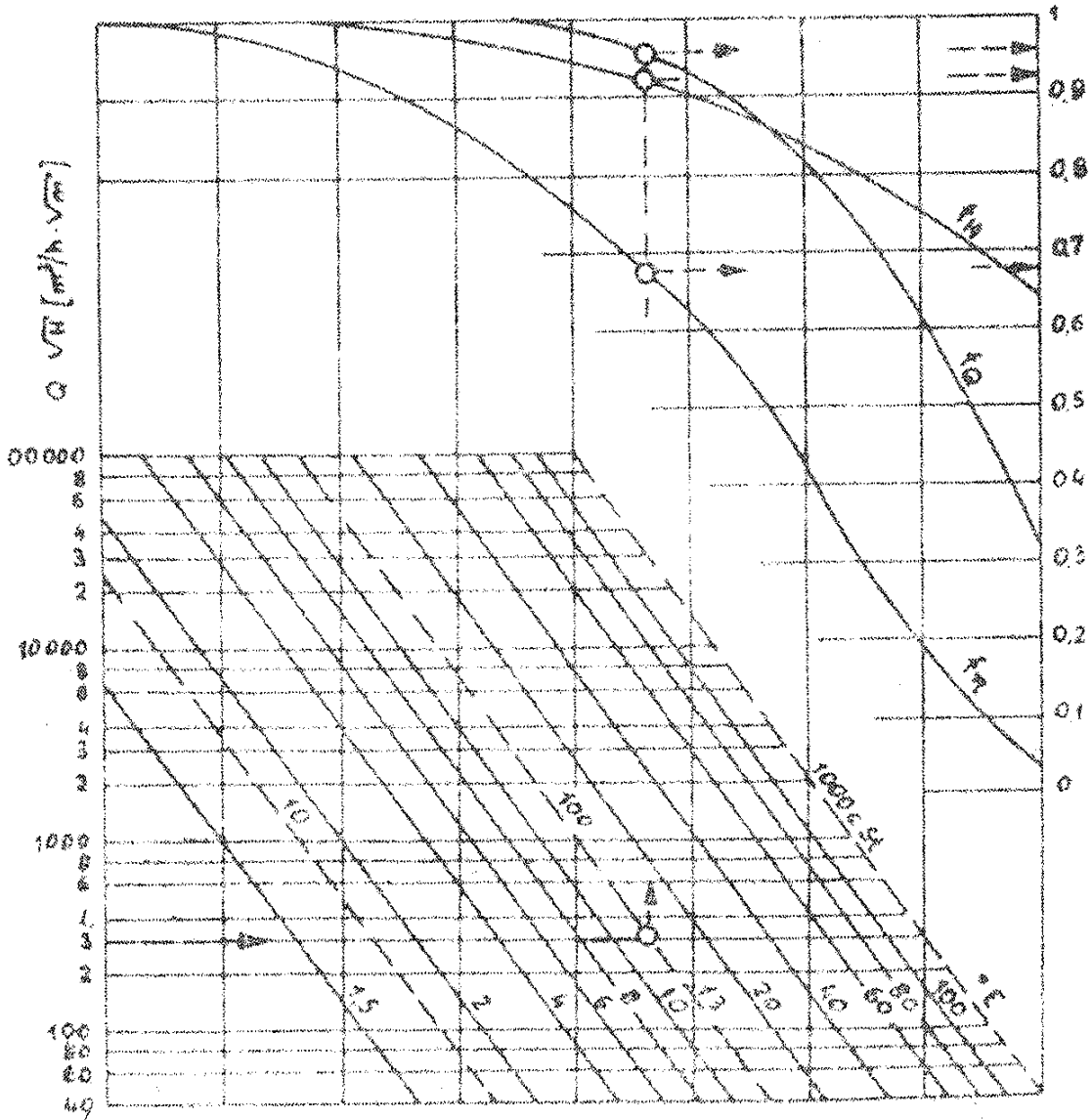


Not. Sayfa: 157'ye bakınız.

- [1] - Türk standardı : TS ISO 7902 - 1
- [2] - Türk standardı : TS ISO 7902 - 2
- [3] - Türk standardı : TS ISO 7902 - 3
- [4] - Fatih C. Babalık
"Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri"
Nobel Yayınları, Ankara, 2008
- [5] - Tuncer Özkan - Kadir Gelik
"Radyal Kaymalı Yataklar"
TTK-APK Daire Başkanlığı
Zonguldak, 2008
- [6] - Mustafa Akkurt
"Makine Elemanları"
Cilt II, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1982
- [7] - Erdem Koş
"Makine Elemanları"
Cilt: 2, Nobel Kitabevi, Adana, 2006
- [8] - M. ten Bosch - Hilmi İleri
"Makine Elemanları Hesabı"
ikinci Cilt . Matbaa Teknisyenleri Basımevi
İstanbul - 1966 . İTÜ Kütüphanesi Sayı : 721
- [9] - Mustafa Sancı - Mustafa Akkurt
"Makine Elemanları"
Cilt II, İTÜ Kütüphanesi İstanbul - 1972

- [10] - Mustafa Gediktaş
"Bağlama Elemanları"
İ.T.Ü Matbaası . İstanbul - 1976
- [11] - İsmail Cürfül
"Makina Elemanları"
Cilt: 2, Birsen Yayınevi. İstanbul, 2005
- [12] - Atilla Bozacı
"Makina Elemanları"
Cilt: 2, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 2005
- [13] - Niemann - Gazanfer Harzadın - Süleyman Yurdakonan
"Makina Elemanları"
Fon Matbaası 1970 ... 1973 Ankara
- [14] - Mehmet Akif Gül
"Pompa Akademisi: Bilgi Kaynağı 1.18"
- [15] E. Ernst
"Pumpen Technische Handbuch"
Veb Verlag Technik Berlin - 1972
- [16] Yunus Gençel - John Cimbalo
"Akışkanlar Mekaniği"
Güven Kitabevi İzmir - 2008
- [17] Fahrettin Sönmez
"Santrifüj Pompalar"
Ankara Matbaası . İstanbul - 1961

Eski olmasına rağmen, kullanışlı ve basit olan -157-
[L-E17] 'den kısa bir bilgi verelim.



Şekil E47- Max. verimli noktaya karşılık gelen f_H , f_Q ve f_γ düzeltme faktörlerinin elde edilmesi. [L-E17]

Bir pompanın su basması halinde karakteristik eğrileri mevcut ise, bu pompanın viskoz akışkan basması halinde oluşacak yeni durumu Şekil E47 deki diyagramdan tespit etmek mümkündür. Örneklerle görelim.

Örnek 6 - Su için kullanılan bir pompanın karakteristik

değerleri:

$$Q_w = 75 \text{ m}^3/\text{h} , H_w = 16 \text{ m} , \eta_w = 71\% \text{ ve } N_w = 6,3 \text{ PS}$$

olduğuna göre aynı pompa, viskozitesi 13°E olan

$\gamma = 0,94 \text{ kp/dm}^3$ yoğunluğundaki yağ için kullanılır -158-
sa yeni karakteristik değerler ne olur.

$$Q \cdot \sqrt{H} = (75 \text{ m}^3/\text{h}) \cdot \sqrt{16 \text{ m}} = 300 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

$$Q \cdot \sqrt{H} = 300 \text{ [m}^3/\text{h} \cdot \sqrt{\text{m}}] \quad \left. \begin{array}{l} f_Q = 0,96 \\ f_H = 0,92 \\ f_\gamma = 0,69 \end{array} \right\} \text{ (Şekil E47)}$$

$$\nu = 13^\circ \text{E (Engler derecesi)}$$

$$Q_{\text{yağ}} = 0,96 \cdot 75 = 72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{\text{yağ}} = 0,92 \cdot 16 = 14,7 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{yağ}} = 0,69 \cdot \%71 = \%49$$

$$\text{ve } N_{\text{yağ}} = \frac{(72 \text{ m}^3/\text{h}) (14,7 \text{ m}) (0,94 \cdot 10^3 \text{ kp/m}^3)}{3600 \cdot 75 \cdot 0,49}$$

$$\| N_{\text{yağ}} = 7,52 \text{ PS}$$

Örnek 7 - Saatta 72 m^3 yağ $14,7 \text{ m}$ - ye basan bir pompanın hesabı istenmektedir (Bu değerlere karşılık selen su pompasının karakteristik değerleri nedir.)

$$Q \cdot \sqrt{H} = 72 \cdot \sqrt{14,7} = 276 \text{ [m}^3/\text{h} \cdot \sqrt{\text{m}}] \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$$
$$\nu = 13^\circ \text{E}$$

pratik olarak Şekil E47 den

$$\left. \begin{array}{l} f_Q = 0,96 \\ f_H = 0,92 \\ f_\gamma = 0,69 \end{array} \right\} \text{ Alınabilir.}$$

Dolayısıyla,

$$Q_w = \frac{72}{0,96} = 75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_w = \frac{14,7}{0,92} = 16 \text{ m}$$

olur. Bu pompanın veriminin su için $\%71$ olduğu

karbul edilirse yağ basması halinde,

-159-

$$\gamma_{yağ} = 0,64 \cdot 0,71 = 0,45 \quad \text{ve dolayısıyla}$$

$$\| \underline{N_{yağ}} = 7,52 \text{ PS olur.}$$

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100