



# CMC 3206 Mühendislik Ekonomisi

11-12. Dersler

GÖÖ Analizi (Rate of Return (ROR) Analysis)

**Prof. Dr. Ahmet GÜNAY**

Balıkesir Üniversitesi,

Mühendislik Fakültesi

Çevre Müh. Böl.

Çağış/Balıkesir

[agunay@balikesir.edu.tr](mailto:agunay@balikesir.edu.tr)

[ahmetgunay2@gmail.com](mailto:ahmetgunay2@gmail.com)

+90 505 529 43 17



## Geri ödeme oranı

Nakit akışının net bugünkü değeri (NBD) faiz oranına karşı hesaplanıp, faiz oranı apsiste (X eksen) ve net bugünkü değer ordinatta (Y eksen) olacak şekilde bir grafikte gösterildiğinde, **net bugünkü değeri sıfır yapan faiz oranı geri ödeme oranıdır** (rate of return).

**NBD < 0** ise yatırım ekonomik açıdan fizibil değildir ve şirketler yatırım yapmakta isteksizdir.

**Geri ödeme oranı**, yatırımın piyasa faiz oranına (MARR) göre getiri oranıdır. Yatırımın getirisi piyasa faiz oranından düşük ise, yatırım yapılmaz.

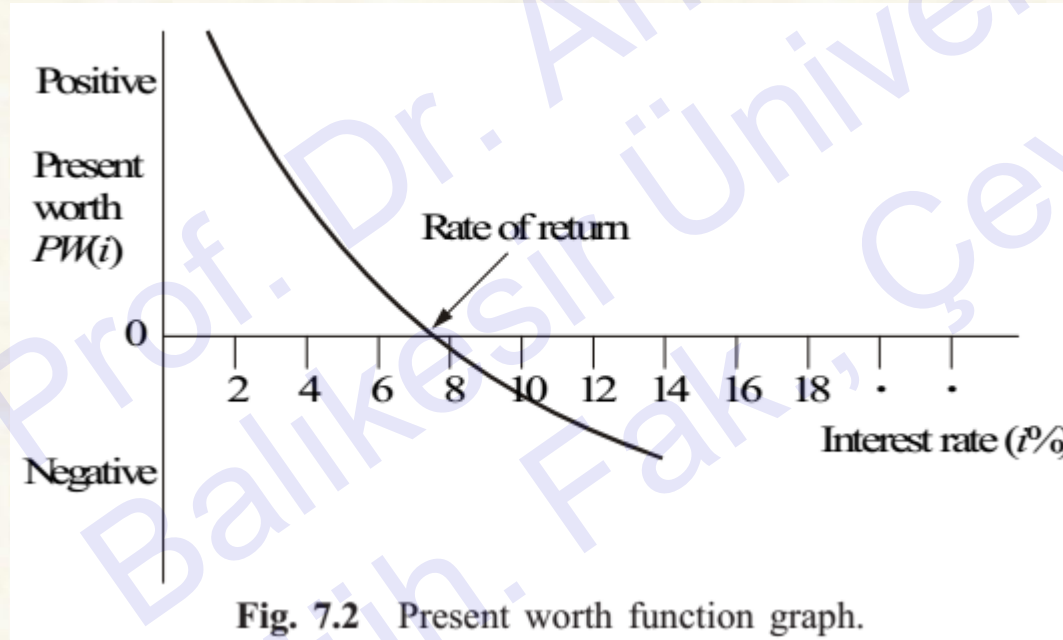


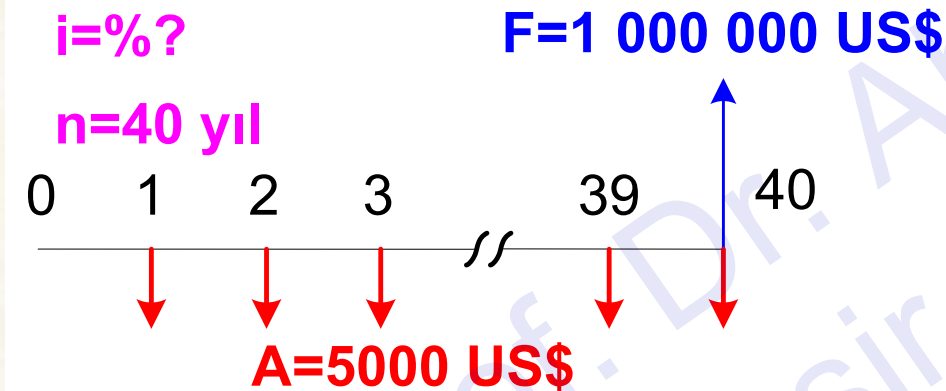
Fig. 7.2 Present worth function graph.

## ÇEREZ ÖRNEK-1: Gelecekteki değer analizi-yatırım seçimi

(Kaynak: Donald G. Newnan, Ted G. Eschenbach, Jerome P. Lavelle, (2012), *Engineering Economic Analysis*, 11th Ed. Oxford University Press, Inc., 198 Madison Avenue, New York, 10016, P. 245)

Bir mühendis **40** yıllık iş hayatı boyunca her yılın sonunda bankaya **5 000 US\$** yatırıp, emekli olunca **1 000 000 US\$** para çekmek istemektedir. Bu parayı alabilmesi için faiz oranı ne olmalıdır?

**ÇÖZÜM:** Yıllık ödemelerin gelecekteki (40 yıl sonra) değeri **1 000 000 US\$** olmalıdır.



$$A \times (F / A, i; n) \rightarrow F = A \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

$$40 \times 5000 = 200\ 000\ US\$ \quad ???$$

$$F = A \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] = 1\ 000\ 000\ US\$$$

$$5000 \times \frac{(1+i)^{40} - 1}{i} = 1\ 000\ 000\ US\$$$

$$\frac{(1+i)^{40} - 1}{i} = 200$$

$$i = 0,070071$$

$$i = \%7$$

**Alternatif çözüm yöntemi ne olabilir?**

- I. Interpolasyon
- II. Tablo





**TABLO: Bileşik faiz faktörleri**

7,00%	TEK ÖDEME		ÜNİFORM SERİ ÖDEME				ARİTMETİK GRADYEN		
	F/P Bileşik faiz	P/F Büyük	A/F Fon faktörü	F/A Bileşik faiz	A/P Borç ödeme	P/A Büyük	P/G Büyük	A/G Üniform seri	F/G Fon faktörü
1	1,0700	0,9346	1,0000	1,0000	1,0700	0,9346			
2	1,1449	0,8734	0,4831	2,0700	0,5531	1,8080	0,8734	0,4831	1,0000
3	1,2250	0,8163	0,3111	3,2149	0,3811	2,6243	2,5060	0,9549	3,0700
4	1,3108	0,7629	0,2252	4,4399	0,2952	3,3872	4,7947	1,4155	6,2849
5	1,4026	0,7130	0,1739	5,7507	0,2439	4,1002	7,6467	1,8650	10,7248
6	1,5007	0,6663	0,1398	7,1533	0,2098	4,7665	10,9784	2,3032	16,4756
7	1,6058	0,6227	0,1156	8,6540	0,1856	5,3893	14,7149	2,7304	23,6289
8	1,7182	0,5820	0,0975	10,2598	0,1675	5,9713	18,7889	3,1465	32,2829
9	1,8385	0,5439	0,0835	11,9780	0,1535	6,5152	23,1404	3,5517	42,5427
10	1,9672	0,5083	0,0724	13,8164	0,1424	7,0236	27,7156	3,9461	54,5207
12	2,2522	0,4440	0,0559	17,8885	0,1259	7,9427	37,3506	4,7025	84,1207
14	2,5785	0,3878	0,0443	22,5505	0,1143	8,7455	47,3718	5,4167	122,1498
16	2,9522	0,3387	0,0359	27,8881	0,1059	9,4466	57,5271	6,0897	169,8293
18	3,3799	0,2959	0,0294	33,9990	0,0994	10,0591	67,6219	6,7225	228,5576
20	3,8697	0,2584	0,0244	40,9955	0,0944	10,5940	77,5091	7,3163	299,9356
25	5	0,1842	0,0158	63	0,0858	11,6536	100,6765	8,6391	546
30	8	0,1314	0,0106	94	0,0806	12,4090	120,9718	9,7487	921
35	11	0,0937	0,0072	138	0,0772	12,9477	138,1353	10,6687	1475
40	15	0,0668	0,0050	200	0,0750	13,3317	152,2928	11,4233	2281
45	21	0,0476	0,0035	286	0,0735	13,6055	163,7559	12,0360	3439
50	29	0,0339	0,0025	407	0,0725	13,8007	172,9051	12,5287	5093
75	160	0,0063	0,0004	2270	0,0704	14,1964	196,1035	13,8136	31352
100	868	0,0012	0,0001	12382	0,0701	14,2693	202,2001	14,1703	175452

## ÇEREZ ÖRNEK-2: Geri ödeme oranı

(Kaynak: Michael R. Lindeburg PE, (1993), *Engineering Economic Analysis: An Introduction*, P51-61)

Nakit fiyatı **14 000 US\$** olan bir arazi, **4000 US\$** nakit ve **12 yıl** boyunca **1200 US\$** ödeyerek satın alınabilmektedir. Yıllık faiz oranını hesaplayınız.

### ÇÖZÜM:

$$14\ 000\ US\$ \equiv 4\ 000\ US\$ + 12 \times 1200\ US\$$$

$$14\ 000\ US\$ \equiv 4\ 000\ US\$ + 14\ 400\ US\$$$

$$14\ 000\ US\$ \equiv 18\ 400\ US\$$$

$$\text{Faiz miktarı} = 4\ 400\ US\$$$

*Oran nedir?*

$$14\ 000\ US\$ \equiv 4\ 000\ US\$ + A \times (P / A, \%i; 12)$$

$$10\ 000\ US\$ = 1\ 200\ US\$ \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$\frac{100}{12} = \left[ \frac{(1+i)^{12} - 1}{i(1+i)^{12}} \right]$$

$$i = 0,0611$$

$$i = \%6,11$$



Bu eşitlik deneme-yanılma yöntemiyle çözülebilir.

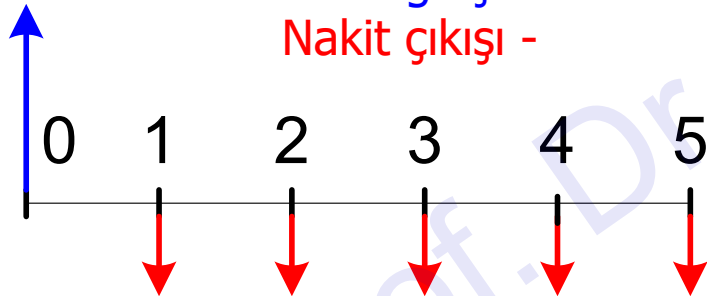
### ÇEREZ ÖRNEK-3: Geri ödeme oranı

(Kaynak: Eschenbach, Ted, (2003)

*Engineering economy : applying theory to practice*, Oxford University Press, Inc., 198 Madison Avenue, New York, New York, 10016, p196)

Bir kişi aldığı **5 000 US\$** krediyi **5 yılda 1 319 US\$/yıl** taksitle geri ödemektedir. Hangi faiz oranı için bu kredi fizibildir.

**5000 US\$**



**A=1319 US\$**

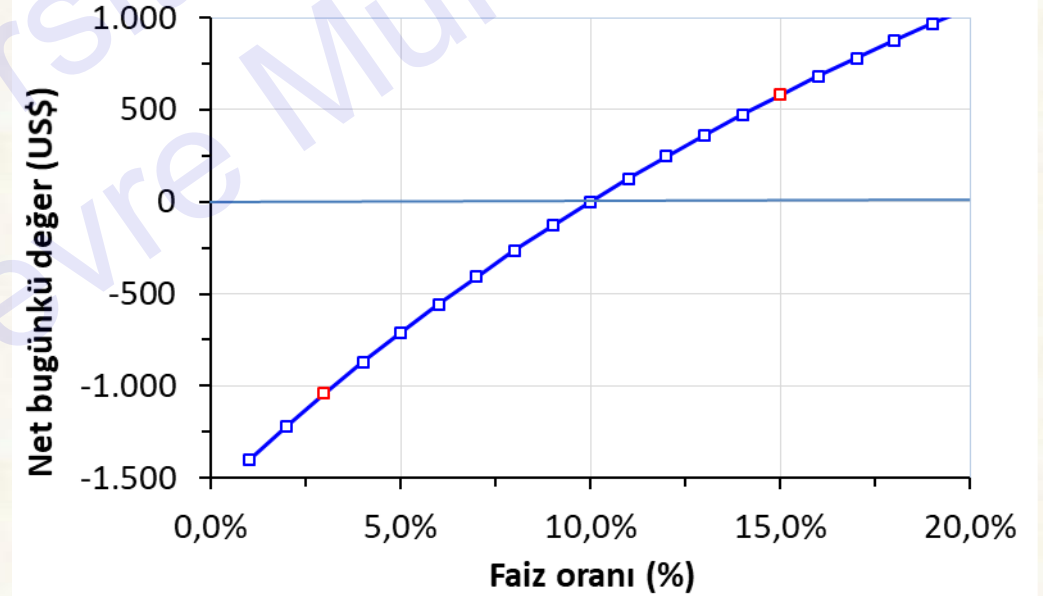
**DİYAGRAM:** Nakit akışı

**Basit geri ödeme nasıl hesaplanır?**

Faiz (%oi)	NBD, US\$
0,0%	
1,0%	-1.401,7
2,0%	-1.217,1
3,0%	-1.040,6
4,0%	-872,0
5,0%	-710,6
6,0%	-556,1
7,0%	-408,2
8,0%	-266,4
9,0%	-130,5
10,0%	-0,0
11,0%	125,1
12,0%	245,3
13,0%	360,8
14,0%	471,8
15,0%	578,5
16,0%	681,2
17,0%	780,1
18,0%	875,3
19,0%	967,0
20,0%	1.055,4

$$NBD_{(i)} = +5000 - 1319 \times (P/A, \%i; 5 \text{ yıl})$$

$$= +5000 - 1319 \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$
$$= +5000 - 1319 \times \left[ \frac{(1+i)^5 - 1}{i(1+i)^5} \right]$$



Yıllık ödeme **1 319 US\$** olduğunda;

**$i < \%10$**  ise **NBD < 0** olduğundan kredi fizibil olmaz.

**$i > \%10$**  ise **NBD > 0** olduğundan kredi fizibildir.





# LİNEER İNTRERPOLASYON YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM

Faiz (%i)	NBD, US\$
0,0%	
1,0%	-1.401,7
2,0%	-1.217,1
3,0%	-1.040,6
4,0%	-872,0
5,0%	-710,6
6,0%	-556,1
7,0%	-408,2
8,0%	-266,4
9,0%	-130,5
10,0%	-0,0
11,0%	125,1
12,0%	245,3
13,0%	360,8
14,0%	471,8
15,0%	578,5
16,0%	681,2
17,0%	780,1
18,0%	875,3
19,0%	967,0
20,0%	1.055,4

$$NBD_{(9)} = +5000 - 1319 \times (P/A, \%i; 5 \text{ yıl})$$

$$= +5000 - 1319 \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$+5000 - 1319 \times \left[ \frac{(1+0,09)^5 - 1}{0,09 \cdot (1+0,09)^5} \right]$$

$$= -130,5$$

$$NBD_{(11)} = +5000 - 1319 \times (P/A, \%i; 5 \text{ yıl})$$

$$= +5000 - 1319 \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$+5000 - 1319 \times \left[ \frac{(1+0,11)^5 - 1}{0,11 \cdot (1+0,11)^5} \right]$$

$$= 125,1$$

i	NBD
%9	-130,5
$i_x$	0
%11	125,1

$$\frac{i_x - \%9}{0 - (-13,5)} = \frac{\%11 - \%9}{125,1 - (-130,5)}$$

$$i_x = 0,1002 \text{ (\%10,02)}$$

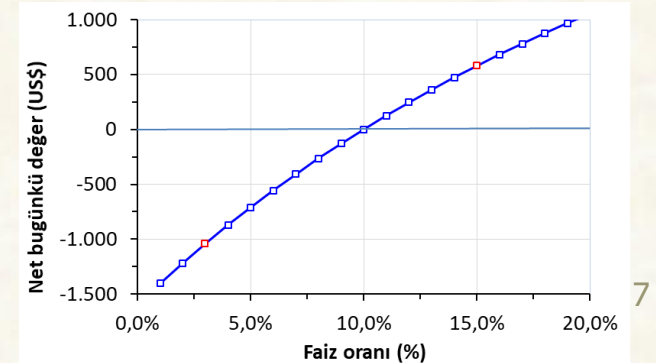
$$\% i = \% i_1 + \frac{NBD_1 - 0}{NBD_1 - NBD_2} \times (\% i_2 - \% i_1)$$

$$i = \%9 + \frac{-130,5}{-130,5 - (125,1)} \times \%2$$

$$= \%10,02$$

Yıl	0	1	2	3	4	5
Nakit akışı, US\$	5000	-1319	-1319	-1319	-1319	-1319
i=	0,1000					
NBD=	0					

Excel ÇÖZÜCÜ

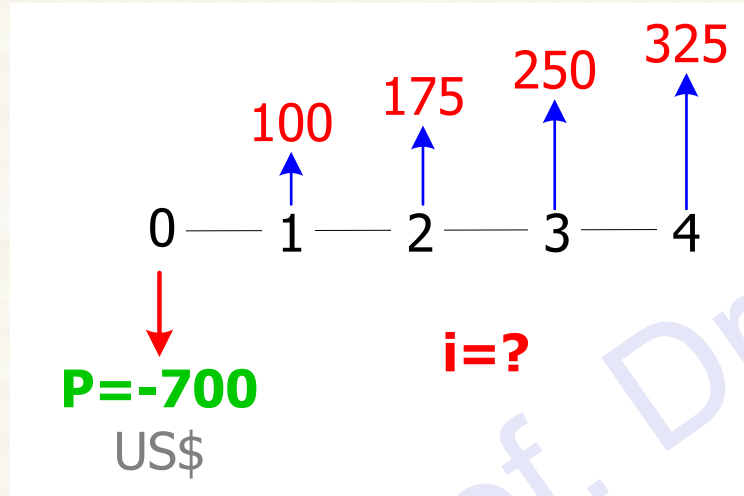


## ÇEREZ ÖRNEK-4: Geri ödeme oranı

(Kaynak: Donald G. Newnan, Ted G. Eschenbach, Jerome P. Lavelle, (2012), *Engineering Economic Analysis*, 11th Ed. Oxford University Press, Inc., 198 Madison Avenue, New York, 10016, P. 224)

Bir yatırımın nakit akışı aşağıdaki gibidir. Geri ödeme oranını hesaplayınız.

**ÇÖZÜM:** Gradyen ödemenin yıllık maliyeti ile yatırımın **yıllık maliyeti** eşitlenebilir.



$$0 = 100 + 75 \times (A / G, i; 4) - 700 \times (A / P, i; 4)$$

$$0 = 100 + 75 \times \left[ \frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - 1} \right] - 700 \times \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$0 = 100 + 75 \times \left[ \frac{1}{i} - \frac{4}{(1+i)^4 - 1} \right] - 700 \times \left[ \frac{i(1+i)^4}{(1+i)^4 - 1} \right]$$

$$i = 0,0691$$

$$i = \%6,91$$

$$P \times (A / P, i; n) \rightarrow A = P \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$G \times (A / G, i; n) \rightarrow A = G \times \left[ \frac{(1+i)^n - in - 1}{i(1+i)^n - i} \right] = G \times \left[ \frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - 1} \right]$$





# ÖRNEK-5

## Geri Ödeme Oranı

### Analizi



## ÖRNEK-5: Geri ödeme oranı

(Kaynak: Eschenbach, Ted, (2003)

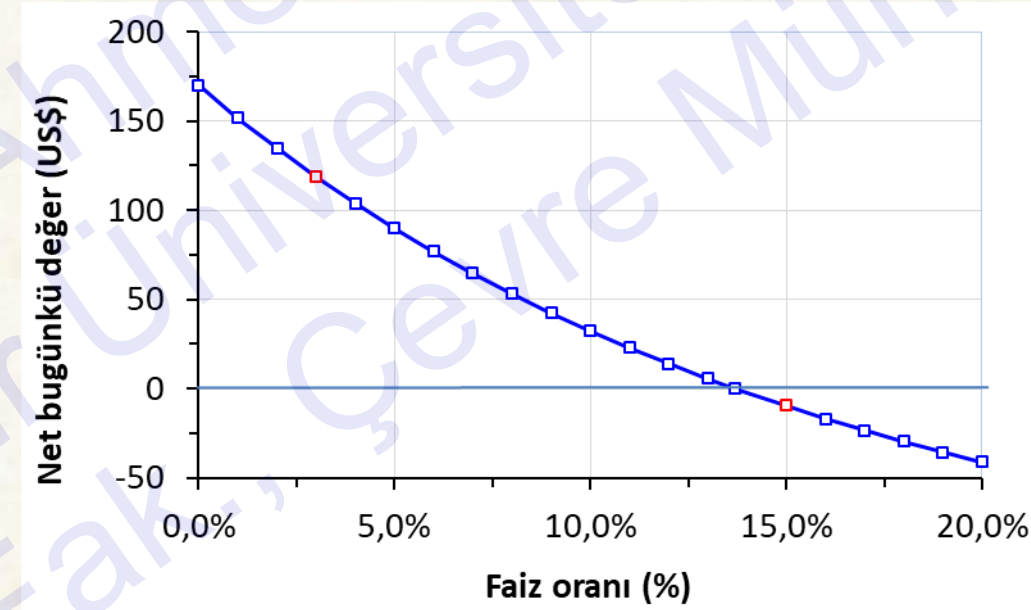
Engineering economy : applying theory to practice, Oxford University Press, Inc., 198  
Madison Avenue, New York, New York, 10016,  
p196, orijinal kaynakta 2. yıl -90K olarak verilmiştir. Revize edilmiştir).

Aşağıdaki nakit akışının geri dönüş oranını hesaplayınız



$$NBD_{(i)} = -90K - 180K \times (P/F, \%i, 1) + 90K \times (P/F, \%i, 2) + 80K \times (P/F, \%i, 3) + 120K \times (P/F, \%i, 5) + 150K \times (P/F, \%i, 7)$$

$$NBD_{(i)} = -90K - 180K \times \frac{1}{(1+i)^1} + 90K \times \frac{1}{(1+i)^2} + 80K \times \frac{1}{(1+i)^3} + 120K \times \frac{1}{(1+i)^5} + 150K \times \frac{1}{(1+i)^7}$$



$$i = 0,13693$$
$$i \cong \%13,70$$

$i < \%13,7$  ise  $NBD > 0$  olduğundan yatırım fizibildir.

$i > \%13,7$  ise  $NBD < 0$  olduğundan yatırım fizibil değildir.







# ÖRNEK-6

## Geri Ödeme Oranı

### Analizi



## ÖRNEK-6: Geri ödeme oranı

(Kaynak: Eschenbach, Ted, (2003)

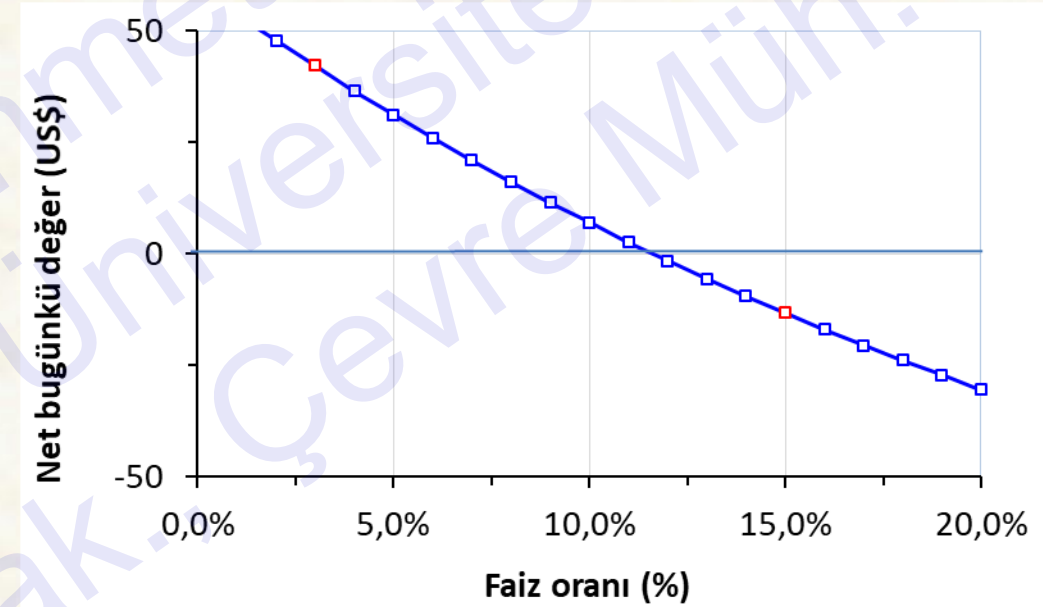
Engineering economy : applying theory to practice, Oxford University Press, Inc., 198  
Madison Avenue, New York, New York, 10016,  
p196)

Aşağıdaki nakit akışının geri ödeme oranını hesaplayınız.



**DİYAGRAM:** Nakit akışı

$$\begin{aligned} NBD_{(i)} &= -180K + 50K \times (P/A, \% i; 6) - 60 \times (P/F, \% i; 7) \\ &= -180K + 50K \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - 60 \times \frac{1}{(1+i)^n} \\ &= -180K + 50K \times \frac{(1+i)^6 - 1}{i(1+i)^6} - 60 \times \frac{1}{(1+i)^7} \end{aligned}$$



$$i = 0,116218$$

$$i = \%11,62$$

$i < \%11,62$  ise  $NBD > 0$  olduğundan yatırım fizibildir.

$i > \%11,62$  ise  $NBD < 0$  olduğundan yatırım fizibil değildir.



# LİNEER İNTRERPOLASYON YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM

Faiz (%i)	NBD, US\$
0,0%	
1,0%	53,8
2,0%	47,8
3,0%	42,1
4,0%	36,5
5,0%	31,1
6,0%	26,0
7,0%	21,0
8,0%	16,1
9,0%	11,5
10,0%	7,0
11,6%	0,0
12,0%	-1,6
13,0%	-5,6
14,0%	-9,5
15,0%	-13,3
16,0%	-17,0
17,0%	-20,5
18,0%	-24,0
19,0%	-27,3
20,0%	-30,5

$$NBD_{(i)} = -180K + 50K \times (P/A, \% i; 6) - 60 \times (P/F, \% i; 7)$$

$$= -180K + 50K \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - 60 \times \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$= -180K + 50K \times \frac{(1+i)^6 - 1}{i(1+i)^6} - 60 \times \frac{1}{(1+i)^7}$$

$$NBD_{(10)} = 7,0$$

$$NBD_{(12)} = -1,6$$

i	NBD
%10	7,0
$i_x$	0
%12	-1,6

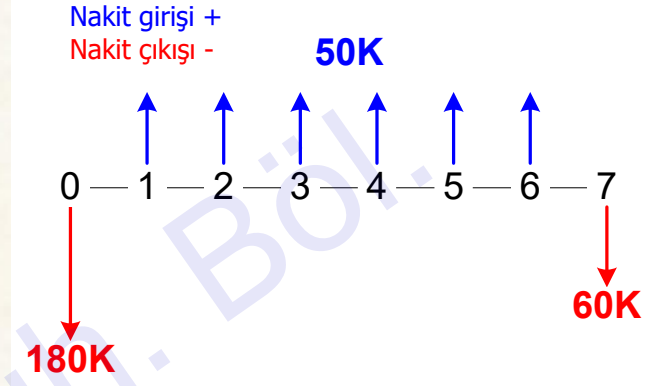
$$\frac{i_x - \%10}{0 - (7,0)} = \frac{\%12 - \%10}{-1,6 - 7,0}$$

$$i_x = 0,1163 \text{ (\%11,63)}$$

$$\% i = \% i_1 + \frac{NBD_1 - 0}{NBD_1 - NBD_2} \times (\% i_2 - \% i_1)$$

$$i = \%10 + \frac{7 - 0}{7 - (-1,6)} \times \%2$$

$$= \%11,63$$



Yıl	0	1	2	3	4	5	6	7
Nakit akışı, US\$	-180	50	50	50	50	50	50	-60
i=	0,11622							
NBD=	0							

Excel ÇÖZÜCÜ





# ÖRNEK-7

## Geri Ödeme Oranı

### Analizi



## ÖRNEK-7: Geri ödeme oranı analizi (rate of return (ROR) analysis)

(Kaynak: R. Panneerselvam, 2012, *Engineering Economics*, Asoke K. Ghosh, PHI Learning Private Limited, M-97, Connaught Circus, New Delhi-110001 and Printed by Meenakshi Art Printers, Delhi-110006, P. 98)

Bir iş insanı yeni bir yatırım planlamaktadır. Yatırımın ekonomik ömrü **5 yıldır**. Yatırımın ilk yatırım maliyeti **100 000 US\$** ve yıllık net getirisi **30 000 US\$**'dir. Geri ödeme oranını hesaplayınız.

Periyot	0	1	2	3	4	5
Nakit akışı, US\$	<b>-100 000</b>	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000

### ÇÖZÜM:

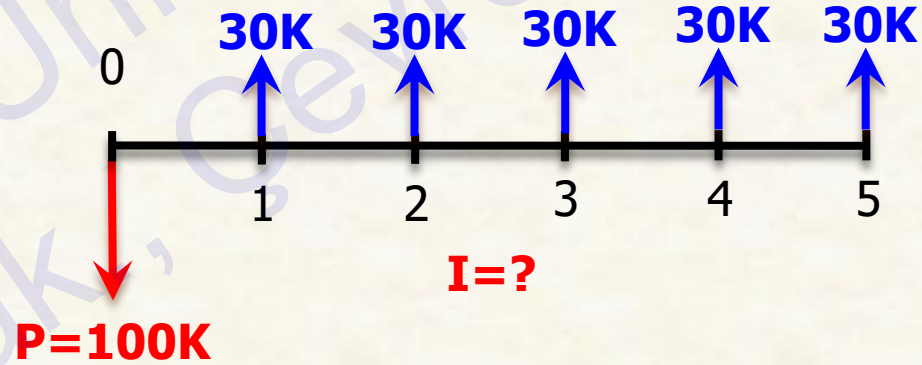
İlk yatırım maliyeti, **P=100 000 US\$**

Yıllık gelir, **A=30 000 US\$**

Ekonomik ömür= **5 yıl**

Geri ödeme oranı (GÖO), net bugünkü değeri sıfır yapan faiz oranıdır.

**NBD=0** olmalıdır.



# 1. YÖNTEM

Yatırımın net bugünkü değer fonksiyonu;  $NBD(i) = -100\ 000 + 30\ 000 (P/A, i; 5)$

$$\begin{aligned} i_0 = \%10 \text{ için; } NBD_0(\%10) &= -100\ 000 + 30\ 000(P/A, \%10; 5) \\ &= -100\ 000 + 30\ 000(3,7908) \\ &= \mathbf{13\ 724\ US\$} \end{aligned}$$

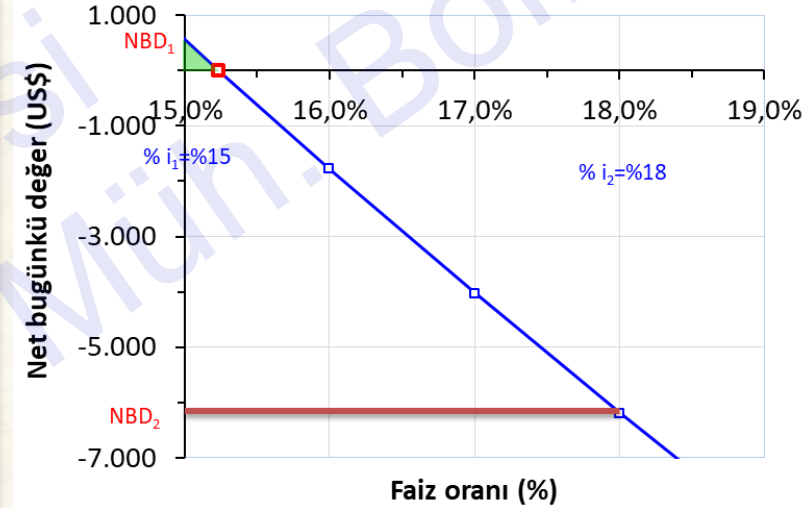
$$\begin{aligned} i_1 = \%15 \text{ için; } NBD_1(\%15) &= -100\ 000 + 30\ 000(P/A, \%15; 5) \\ &= -100\ 000 + 30\ 000(3,3522) \\ &= \mathbf{566\ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_2 = \%18 \text{ için; } NBD_2(\%18) &= -100\ 000 + 30\ 000(P/A, 18\%; 5) \\ &= -100\ 000 + 30\ 000(3,1272) \\ &= \mathbf{-6\ 184\ US\$} \end{aligned}$$

Lineer İnterpolasyon;

$$\% i = \% i_1 + \frac{NBD_1 - 0}{NBD_1 - NBD_2} \times (\% i_2 - \% i_1)$$

$$\begin{aligned} i &= \%15 + \frac{566 - 0}{566 - (-6\ 184)} \times \%3 \\ &= \%15 + \%0,252 \\ &= \mathbf{\%15,252} \end{aligned}$$



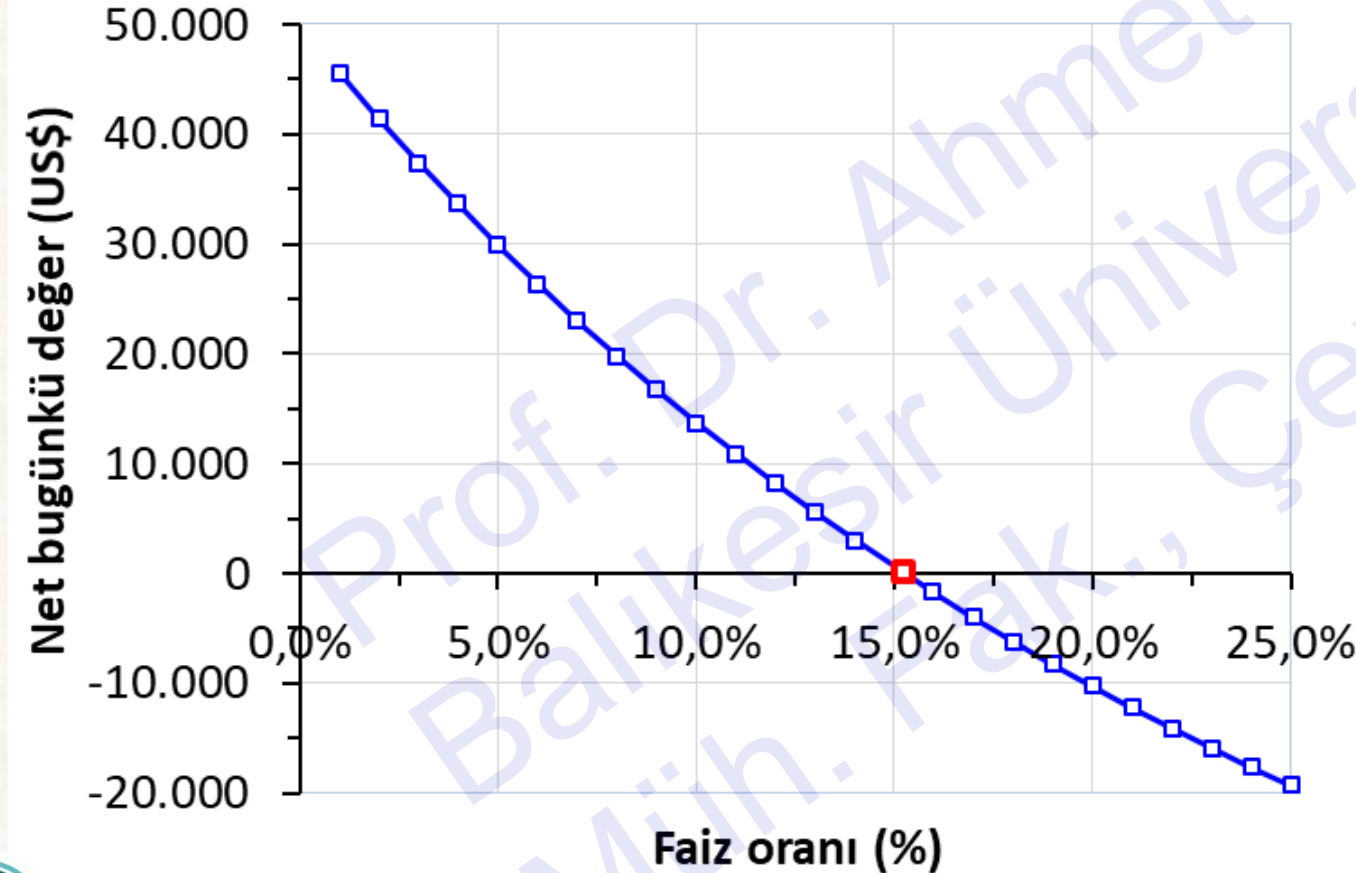
$$\frac{NBD_1 - 0}{NBD_1 - NBD_2} = \frac{\% i_x - \% i_1}{\% i_2 - \% i_1}$$
$$\% i_x = \% i_1 + \frac{NBD_1 - 0}{NBD_1 - NBD_2} \times (\% i_2 - \% i_1)$$





## 2. YÖNTEM

Yıl	0	1	2	3	4	5
<b>Nakit akışı, US\$</b>	<b>-100.000</b>	<b>30.000</b>	<b>30.000</b>	<b>30.000</b>	<b>30.000</b>	<b>30.000</b>
GÖÖ, i =	15,238%					
NBD=	<b>0</b>	Excel ÇÖZÜCÜ				



Faiz (%i)	NBD, US\$	(A/P i; 5)
1,0%	45.603	4,8534
2,0%	41.404	4,7135
3,0%	37.391	4,5797
4,0%	33.555	4,4518
5,0%	29.884	4,3295
6,0%	26.371	4,2124
7,0%	23.006	4,1002
8,0%	19.781	3,9927
9,0%	16.690	3,8897
10,0%	13.724	3,7908
11,0%	10.877	3,6959
12,0%	8.143	3,6048
13,0%	5.517	3,5172
14,0%	2.992	3,4331
<b>15,2%</b>	<b>0</b>	<b>3,3333</b>
16,0%	-1.771	3,2743
17,0%	-4.020	3,1993
18,0%	-6.185	3,1272
19,0%	-8.271	3,0576
20,0%	-10.282	2,9906
21,0%	-12.220	2,9260
22,0%	-14.091	2,8636
23,0%	-15.896	2,8035
24,0%	-17.638	2,7454
25,0%	-19.322	2,6893

$$\frac{(1+i)^5 - 1}{i(1+i)^5} = \frac{10}{3}$$

### 3. YÖNTEM

Yatırımın net bugünkü değer fonksiyonu;

$$NBD(i) = -100\,000 + 30\,000(P/A, i; 5)$$

$$= -100\,000 + 30\,000 \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] = 0 \text{ olmalıdır.}$$

Analitik çözüm;

$$-100\,000 + 30\,000 \times \left[ \frac{(1+i)^5 - 1}{i(1+i)^5} \right] = 0$$

$$\frac{(1+i)^5 - 1}{i(1+i)^5} = \frac{10}{3}$$

$$3(1+i)^5 - 3 = 10i(1+i)^5$$

$$(3-10i)(1+i)^5 - 3 = 0$$

*Analitik çözüm yoktur*



Bu eşitlik fx-5800 P solve ile ya da MS Excel çözücü ile çözülebilir.  
 **$i = \%15,238$**

**Dördüncü çözüm yöntemi ne olabilir?**

$$(P/A, \% i; n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$(P/A, \%10; 5) = \frac{(1+0,10)^5 - 1}{0,10(1+0,10)^5} = 3,7909$$

$$(P/A, \%15; 5) = \frac{(1+0,15)^5 - 1}{0,15(1+0,15)^5} = 3,3522$$

$$(P/A, \%18; 5) = \frac{(1+0,18)^5 - 1}{0,18(1+0,18)^5} = 3,1272$$

# ÖRNEK-8

## Geri Ödeme Oranı

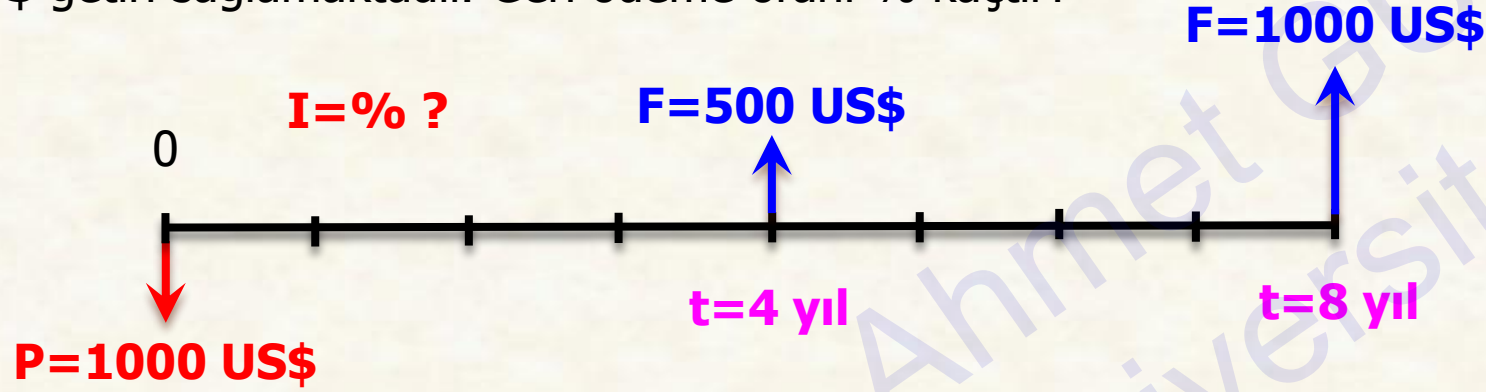
### Analizi



## ÖRNEK-8: Geri ödeme oranı analizi

(Kaynak: Michael R. Lindeburg PE, (1993), *Engineering Economic Analysis: An Introduction*, P. 111)

Aşağıdaki nakit akış diyagramına göre, bugünkü **1000 US\$ yatırım** 4 yıl sonra **500 US\$** ve 8 yıl sonra **1000 US\$** getiri sağlamaktadır. Geri ödeme oranı % kaçtır?



*Geri ödeme oranı için NBD=0 olmalıdır.  
NBD sıfır yapan faiz oranı hesaplanır.*

## ÇÖZÜM

***i = %5 için***

$$\begin{aligned} P &= -1000 + 500 \times (P/F, \%5; 4) + 1000 \times (P/F, \%5; 8) \\ &= -1000 + 500 \times (0,8227) + 1000 \times (0,6768) \\ &= \mathbf{\$88} \end{aligned}$$

***i = %10 için;***

$$\begin{aligned} P &= -1000 + 500 \times (P/F, \%10; 4) + 1000 \times (P/F, \%10; 8) \\ &= -1000 + 500 \times 0,6830 + 1000 \times (0,4665) \\ &= \mathbf{-\$192} \end{aligned}$$

$$(P/F, \%5; 8) = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,05)^8} = 0,6768$$





Yıl	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Nakit akışı, US\$	-1000				500				1000
i=	6,38204								
NBD=	-9E-07				Excel ÇÖZÜCÜ				

$$GÖO(\text{Rate of Return, ROR}) = \%5 + \left( \frac{88US\$}{88US\$ + 192US\$} \right) \times (\%10 - \%5) = \%6,6$$

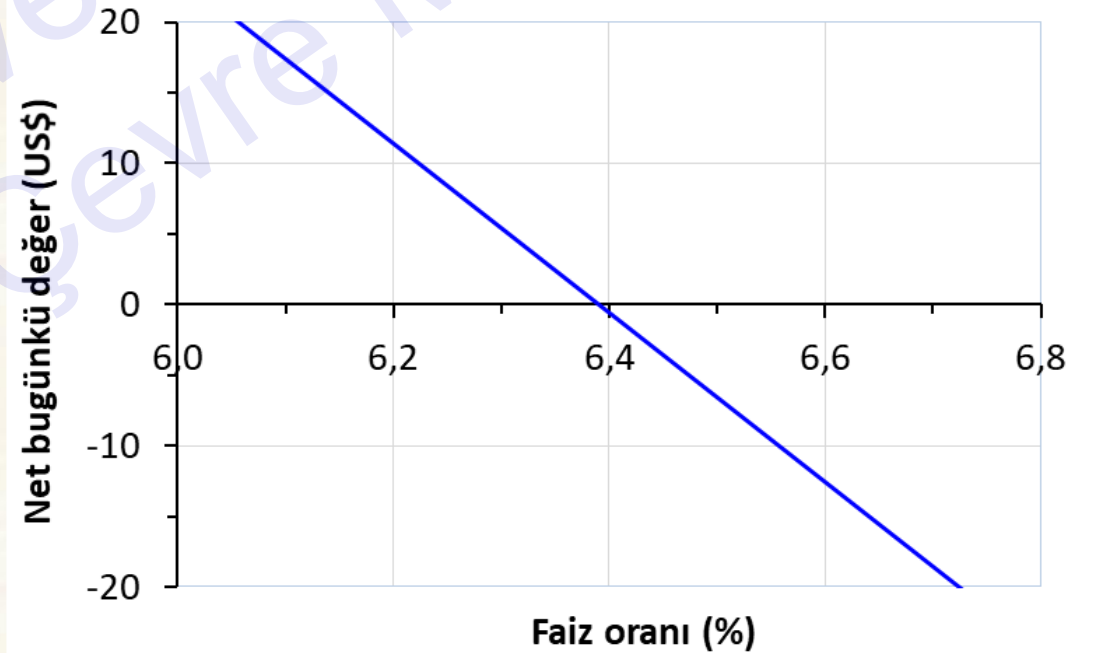
İkinci iterasyon %6-%7 arasında olmalıdır.  
i=6,39 için NBD=0 olur.

Bu problem MS Excel'de çözücü ya da **Casio 5800P** ile deneme yanılma yöntemiyle de çözülebilir.

$$0 = -1000 + 500 \times (1+i)^{-4} + 1000 \times (1+i)^{-8}$$

$$i = 0,06382$$

$$i = \%6,382$$



# ÖRNEK-9

## Geri Ödeme Oranı

### Analizi



## ÖRNEK-9: Geri ödeme oranı analizi (rate of return (ROR) analysis)

(Kaynak: R. Panneerselvam, 2012, *Engineering Economics*, Asoke K. Ghosh, PHI Learning Private Limited, M-97, Connaught Circus, New Delhi-110001 and Printed by Meenakshi Art Printers, Delhi-110006, P. 99)

Bir firma yeni bir ürünle ürünlerini çeşitlendirmeyi hedeflemektedir. Yeni projenin ömrü **10 yıldır**. Projenin ilk yatırım maliyeti **2 000 000 US\$**' ve yıllık net getirisi **350 000 US\$**'dir. Geri ödeme oranını hesaplayınız.

Periyot	0	1	2	3	4	5	...	9	10
Nakit akışı, US\$	<b>-2 M</b>	350 K	350 K	350 K	350 K	350 K	...	350 K	350 K

### ÇÖZÜM:

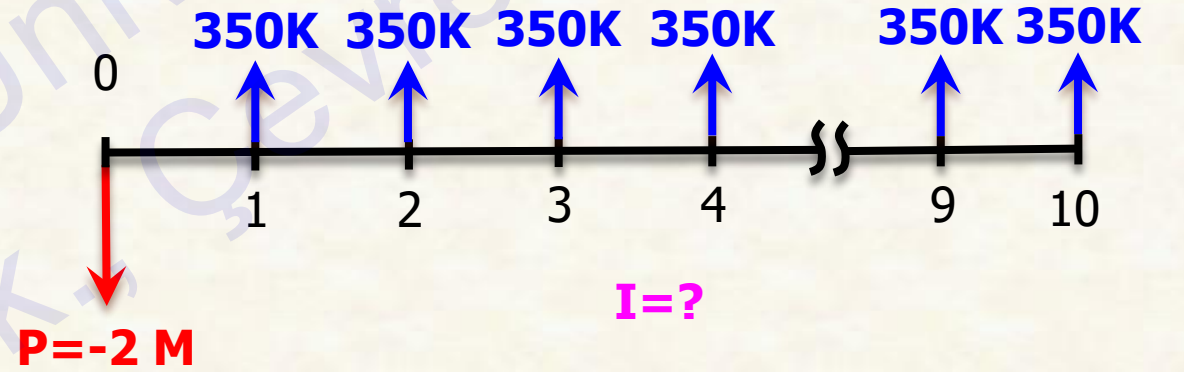
İlk yatırım maliyeti,  **$P=2\ 000\ 000\ \text{US\$}$**

Yıllık gelir,  **$A=350\ 000\ \text{US\$}$**

Ekonomik ömür= **10 yıl**

Geri ödeme oranı (GÖO), net bugünkü değeri sıfır yapan faiz oranıdır.

**$NBD=0$**  olmalıdır.



Nakit akış diyagramı

# 1. YÖNTEM

Yatırımın net bugünkü değer fonksiyonu;  **$NBD(i) = -2\,000\,000 + 350\,000 (P/A, i; 10)$**

$i_1 = \%10$  için;  $NBD_0 (\%10) = -2\,000\,000 + 350\,000(P/A, \%10; 10)$   
 $= -2\,000\,000 + 350\,000 (6,1446)$   
 $= \mathbf{150\,610\ US\$}$

$i_2 = \%12$  için;  $NBD_1 (\%12) = -2\,000\,000 + 350\,000(P/A, \%12; 10)$   
 $= -2\,000\,000 + 350\,000(5,6502)$   
 $= \mathbf{-22\,430\ US\$}$

$$(P/A, \% i; n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$(P/A, \% 10; 10) = \frac{(1+0,10)^{10} - 1}{0,10(1+0,10)^{10}} = \mathbf{6,1446}$$

$$(P/A, \% 12; 10) = \frac{(1+0,12)^{10} - 1}{0,12(1+0,12)^{10}} = \mathbf{5,6502}$$

Lineer İnterpolasyon;

$$\% i = \% i_1 + \frac{NBD_1 - 0}{NBD_1 - NBD_2} \times (\% i_2 - \% i_1)$$

$$i = \% 10 + \frac{150\,610 - 0}{150\,610 - (-22\,430)} \times \% 2$$

$$= \mathbf{\%11,74}$$

i	NBD
%10	150 610
$i_x$	0
%12	-22 430

$$\frac{i_x - \% 10}{0 - (150\,610)} = \frac{\% 12 - \% 10}{-22\,430 - 150\,610}$$

$$i_x = \mathbf{0,1174 (\% 11,74)}$$





## 2. YÖNTEM

Yatırımın net bugünkü değer fonksiyonu;

$$NBD(i) = -2\,000\,000 + 350\,000(P / A, i; 10)$$

$$= -2\,000\,000 + 350\,000 \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] = 0 \text{ olmalıdır.}$$

$$= -2\,000\,000 + 350\,000 \times \left[ \frac{(1+i)^{10} - 1}{i(1+i)^{10}} \right] = 0$$

$$\frac{(1+i)^{10} - 1}{i(1+i)^{10}} = \frac{200}{35}$$

$$i = 0,11725484$$

Bu eşitlik fx-5800 P solve ile ya da MS Excel çözücü ile çözülebilir.

$$i = \%11,73$$



## Üçüncü çözüm yöntemi ne olabilir?

10 yıllık faiz periyodu için hangi faiz oranının faktörü 5,7143'tür?

$$\frac{(1+i)^{10} - 1}{i(1+i)^{10}} = \frac{200}{35} = 5,7143$$

$$n = 10 \text{ yıl ve } i(\%11) \text{ için } (P / A, \%11; 10) = 5,8892$$

$$i_x = ??? \quad (P / A, i_x; 10) = 5,7143$$

$$n = 10 \text{ yıl ve } i(\%12) \text{ için } (P / A, \%12; 10) = 5,6502$$

$$\frac{i_x - \%11}{5,7143 - 5,6502} = \frac{\%12 - \%11}{5,8892 - 5,6502}$$

$$i_x = 0,1174 \text{ (\%11,74)}$$

Hedefin altında ve üstünde, ayrıca hedefe en yakın iki faiz oranı için hesap yapılmalıdır.

$$i = \%11 + \frac{5,8892 - 5,7143}{5,8892 - 5,6502} \times (\%12 - \%11)$$

$$= \%11,7435$$

Sonucun doğruluğu nasıl teyit edilebilir?  $(P/A, \%11,7254; 10 \text{ yıl}) = ?$

26



# ÖRNEK-10

## Geri Ödeme Oranı

### Analizi



## ÖRNEK-10: Geri ödeme oranı analizi (rate of return (ROR) analysis)

(Kaynak: Donald G. Newnan, Ted G. Eschenbach, Jerome P. Lavelle, (2012), *Engineering Economic Analysis*, 7 th Ed. Oxford University Press, Inc., 198 Madison Avenue, New York, New York 10016, P. 194)

Aşağıdaki nakit akış diyagramının geri ödeme oranını hesaplayınız.

Periyot	0	1	2	3	4	5
Harcamalar, US\$	<b>-17 000</b>	-2500	-2500	-2500	-2500	-2500
Gelirler, US\$	<b>0</b>	5000	6000	7000	8000	12000

### ÇÖZÜM:

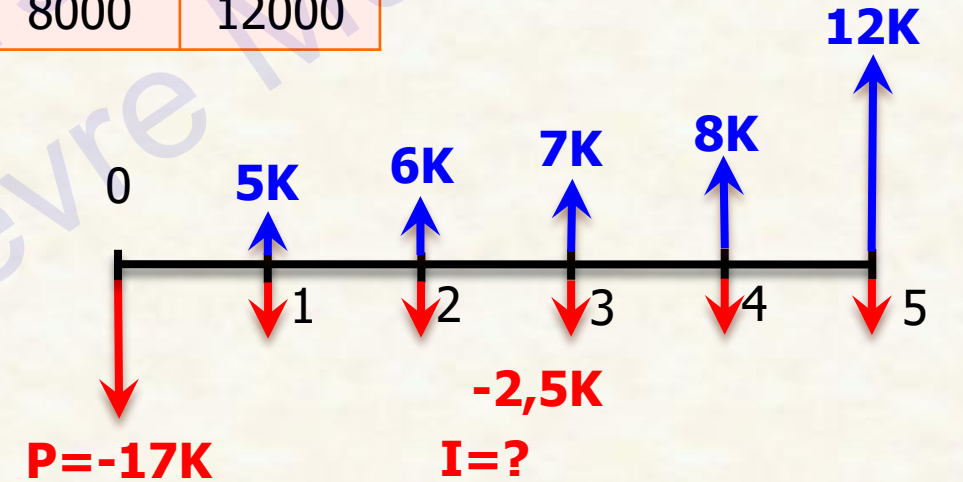
İlk yatırım maliyeti,  **$P = -17\ 000\ \text{US\$}$**

Yıllık gelir,  **$A = (5\ 000 - 2500)\ \text{US\$} + G = 1000\ \text{US\$} + F = 3000$**

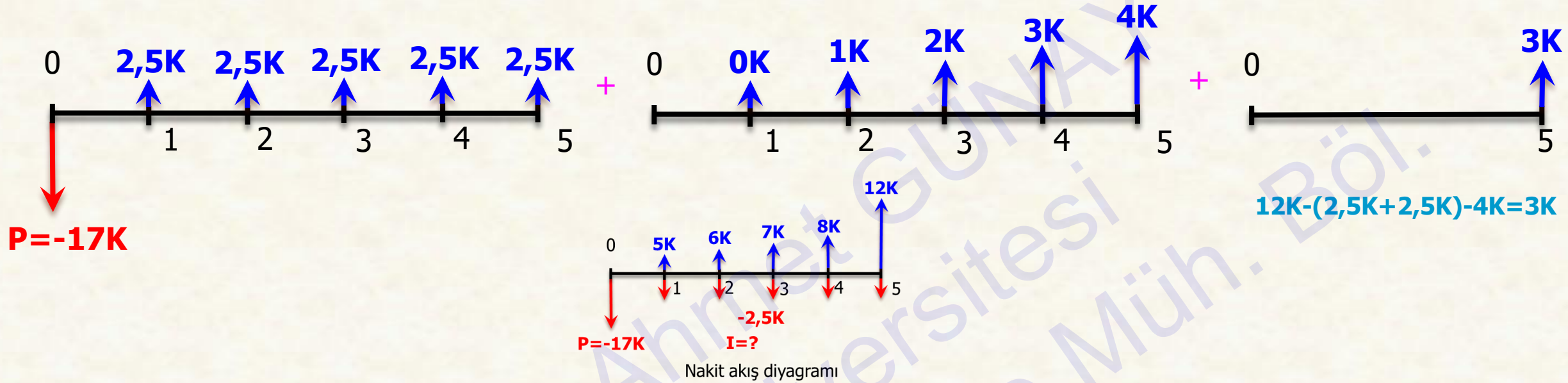
Ekonomik ömür = **5 yıl**

Geri ödeme oranı (GÖÖ), net bugünkü değeri sıfır yapan faiz oranıdır.

**$NBD = 0$**  olmalıdır.







Yatırımın net bugünkü değer fonksiyonu;

$$NBD(i) = -17000 + 2500(P/A, i; 5) + 1000(P/G, i; 5) + 3000(P/F, i; 5) = 0$$

$$= -17000 + 2500 \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] + 1000 \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i^2(1+i)^n} - \frac{n}{i(1+i)^n} \right] + 3000 \frac{1}{(1+i)^n} = 0 \quad \text{olmalıdır.}$$

$$= -17000 + 2500 \times \left[ \frac{(1+i)^5 - 1}{i(1+i)^5} \right] + 1000 \left[ \frac{(1+i)^5 - 1}{i^2(1+i)^5} - \frac{5}{i(1+i)^5} \right] + 3000 \frac{1}{(1+i)^5} = 0$$

Deneme yanılma yöntemiyle (Casio fx-5800P)  $i = \%12,21$





# ÖRNEK-11

## Geri Ödeme Oranı

### Analizi

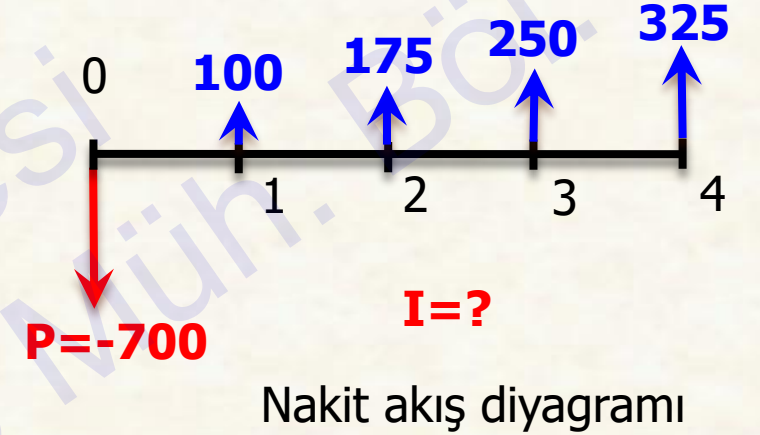


## ÖRNEK-11: Geri ödeme oranı analizi (rate of return (ROR) analysis)

(Kaynak: <https://www.slideshare.net/sabadojustine/engineering-economy-39756456> Erişim: Nisan 2018)

Aşağıdaki nakit akış diyagramının geri ödeme oranını hesaplayınız.

Periyot	0	1	2	3	4
Nakit akışı, US\$	-700	100	175	250	325



### ÇÖZÜM:

İlk yatırım maliyeti, **P=-700 US\$**

Yıllık gelir, **A=100 US\$+G=75 US\$**

Ekonomik ömür= **4 yıl**

Geri ödeme oranı (GÖÖ), net bugünkü değeri sıfır yapan faiz oranıdır.

**NBD=0** olmalıdır.

$$NBD(i) = -700 + 100(P/A, i; 4) + 75(P/G, i; 4) = 0$$

$$= -700 + 100 \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] + 75 \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i^2(1+i)^n} - \frac{n}{i(1+i)^n} \right] = 0 \quad \text{olmalıdır.}$$

$$= -700 + 100 \times \left[ \frac{(1+i)^4 - 1}{i(1+i)^4} \right] + 75 \left[ \frac{(1+i)^4 - 1}{i^2(1+i)^4} - \frac{4}{i(1+i)^4} \right] = 0$$

Deneme yanılma yöntemiyle (Casio fx-5800P)  $i = \%6,9107$



# ÖRNEK-12

## Geri Ödeme Oranı

### Analizi



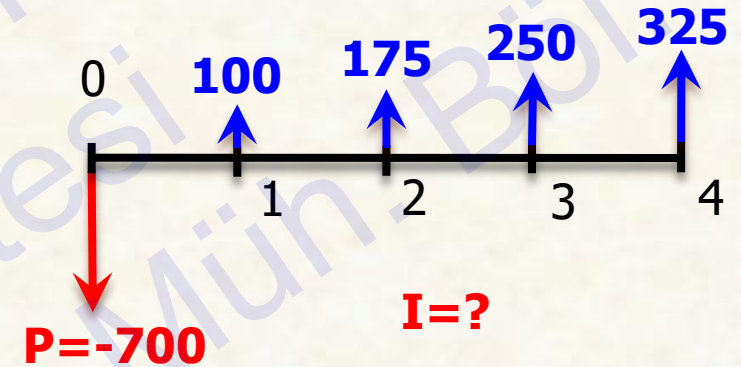
## ÖRNEK-12: Geri ödeme oranı analizi (rate of return (ROR) analysis)-İKİNCİ YÖNTEM

(Kaynak: <https://www.slideshare.net/sabadojustine/engineering-economy-39756456> Erişim: Nisan 2018)

Aşağıdaki nakit akış diyagramının geri ödeme oranını **yıllık maliyetleri eşitleyerek** hesaplayınız.

Periyot	0	1	2	3	4
Nakit akışı, US\$	-700	100	175	250	325

$$(A/G i; n) = \left[ \frac{(1+i)^n - in - 1}{i(1+i)^n - i} \right]$$



$$\begin{aligned} YM(i) &= +100 - 700(A/P, i; 4) + 75 \times (A/G i; 4) = 0 \\ &= +100 - 700 \times \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + 75 \times \left[ \frac{(1+i)^n - in - 1}{i(1+i)^n - i} \right] = 0 \quad \text{olmalıdır.} \\ &= +100 - 700 \times \left[ \frac{i(1+i)^4}{(1+i)^4 - 1} \right] + 75 \times \left[ \frac{(1+i)^4 - i \times 4 - 1}{i(1+i)^4 - i} \right] = 0 \end{aligned}$$

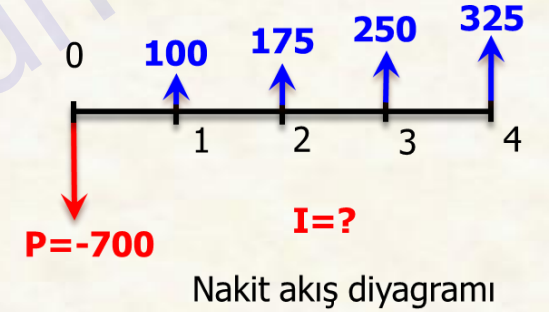
Deneme yanılma yöntemiyle (Casio fx-5800P)  $i = \%6,9107$





$$\begin{aligned}
 NBD(i) &= -700 + 100(P/A, i; 4) + 75(P/G, i; 4) = 0 \\
 &= -700 + 100 \times \left[ \frac{(1+i)^4 - 1}{i(1+i)^4} \right] + 75 \left[ \frac{(1+i)^4 - 1}{i^2(1+i)^4} - \frac{n}{i(1+i)^4} \right] = 0
 \end{aligned}$$

Deneme yanılma yöntemiyle (Casio fx-5800P)  $i = \%6,9107$



$$\begin{aligned}
 YEM(i) &= +100 - 700(A/P, i; 4) + 75(A/G, i; 4) = 0 \\
 &= +100 - 700 \times \left[ \frac{i(1+i)^4}{(1+i)^4 - 1} \right] + 75 \times \left[ \frac{(1+i)^4 - i \times 4 - 1}{i(1+i)^4 - i} \right] = 0
 \end{aligned}$$

Deneme yanılma yöntemiyle (Casio fx-5800P)  $i = \%6,9107$

# ÖRNEK-13

## Geri Ödeme Oranı

### Analizi



### ÖRNEK-13: Faiz oranına bağlı proje seçimi

(Kaynak: Donald G. Newnan, Ted G. Eschenbach, Jerome P. Lavelle, (2012), *Engineering Economic Analysis*, 11th Ed. Oxford University Press, Inc., 198 Madison Avenue, New York, 10016, P. 308, Solution Manual p276)

Aşağıdaki nakit akışının %0-20 faiz oranı aralığı için seçim tablosunu oluşturunuz?

Periyot/Naki akışı		1	2	3	4
X	-100	31,5	31,5	31,5	31,5
Y	-50	16,5	16,5	16,5	16,5

### ÇÖZÜM:

Alternatif X;

$$NBD(i) = -100 + 31,5 \times (P / A, \%i; 4) = 0$$

$$= -100 + 31,5 \times \left[ \frac{(1+i)^4 - 1}{i(1+i)^4} \right] = 0$$

Deneme yanılma yöntemiyle (Casio fx-5800P)

$$i = \%0,09931$$

$$GÖÖ = \%10$$

Alternatif Y;

$$NBD(i) = -50 + 16,5 \times (P / A, \%i; 4) = 0$$

$$= -50 + 16,5 \times \left[ \frac{(1+i)^4 - 1}{i(1+i)^4} \right] = 0$$

Deneme yanılma yöntemiyle (Casio fx-5800P)

$$i = \%0,1211$$

$$GÖÖ = \%12,11$$



	X	Y	X-Y
<b>İlkyatırım, US\$</b>	<b>-100</b>	<b>-50</b>	<b>-50</b>
<b>Gelir, US\$/yıl (1-4 yıl)</b>	31,5	16,5	15

$$-100 - (-50) = -50$$

*Görece fazla ödemenin GÖÖ; ΔGÖÖ;*

$$NBD(i) = -50 + 15 \times (P / A, \%i; 4) = 0$$

$$= -50 + 15 \times \left[ \frac{(1+i)^4 - 1}{i(1+i)^4} \right] = 0$$

*Deneme yanılma yöntemiyle (Casio fx – 5800P)*

$$i = 0,07714$$

$$\Delta GÖÖ = \%7,71$$

**Seçim tablosu;**

Eğer  $0 < MARR \leq 7,71$  Seçim X

Eğer  $7,7 < MARR \leq 12,11$  Seçim Y

Eğer  $12,11 < MARR$  Seçim EYLEMSİZLİK





Faiz (%)	X NBD, US\$	Y NBD, US\$
0,0%	26,0	16,0
1,0%	22,7	14,2
2,0%	19,6	12,6
3,0%	16,6	11,0
4,0%	13,8	9,5
5,0%	11,1	8,1
6,0%	8,6	6,8
<b>7,714%</b>	4,6	4,6
8,0%	4,0	4,3
9,0%	1,9	3,2
<b>9,93%</b>	0,0	2,2
11,6%	-3,2	0,5
<b>12,11%</b>	-4,1	0,0
13,0%	-5,6	-0,8
14,0%	-7,2	-1,7
15,0%	-8,8	-2,5
16,0%	-10,2	-3,3
17,0%	-11,6	-4,0
18,0%	-12,9	-4,8
19,0%	-14,2	-5,4
20,0%	-15,4	-6,1

	0	1	2	3	4
X	-100	31,5	31,5	31,5	31,5
Y	-50	16,5	16,5	16,5	16,5
$\Delta XY$	-50	15	15	15	15
GÖÖ X	9,931%				
GÖÖ X	12,11%				
$\Delta GÖÖ$	7,714%				

=İÇ\_VERİM\_ORANI(G118:K118)  
= NBD(B118;\$G\$118:\$K\$118)

### Seçim tablosu;

Eğer  $0 < MARR \leq 7,71$

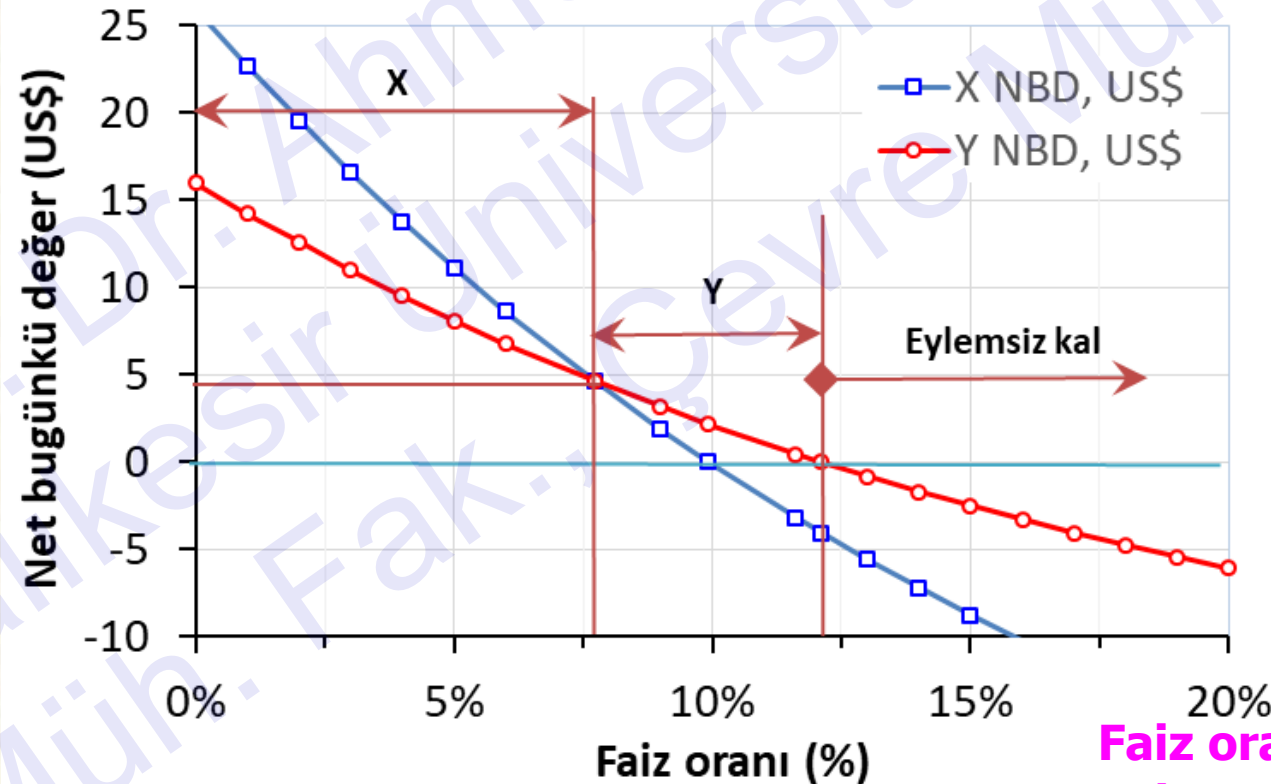
Eğer  $7,71 < MARR \leq 12,11$

Eğer  $12,11 < MARR$

Seçim X

Seçim Y

Seçim EYLEMSİZLİK



Faiz oranı artınca niçin yatırım yapılmaz?

# ÖRNEK-14

## Geri Ödeme Oranı

### Analizi



## ÖRNEK-14: Faiz oranına bağlı proje seçimi

(Kaynak: Donald G. Newnan, Ted G. Eschenbach, Jerome P. Lavelle, (2012), *Engineering Economic Analysis*, 11th Ed. Oxford University Press, Inc., 198 Madison Avenue, New York, 10016, P,8-6;309, Solution Manual p279)

Bir bahçıvan olan Don Garlits yeni bir ticari çim biçme makinesi almayı planlamaktadır. İki farklı makine arasında faiz oranına bağlı olarak seçim tablosu oluşturunuz.

	ATLAS	ZIPPY
İlkyatırım, US\$	-6 700	-16 900
O&M, US\$/yıl	-1 500	-1 200
Gelir, US\$/yıl	4 000	4 500
Hurda değer, US\$	1 000	3 500
Ekonomik ömür, yıl	3	6

Alternatif ZIPPY;

$$NBD(i) = -16900 + (4500 - 1200) \times (P/A, \%i; 6) + 3500 \times (P/F, \%i; 6)$$
$$= -16900 + (4500 - 1200) \times \left[ \frac{(1+i)^6 - 1}{i(1+i)^6} \right] + 3500 \times \frac{1}{(1+i)^6}$$

## ÇÖZÜM:

Alternatif ATLAS;

$$NBD(i) = -6700 + (4000 - 1500) \times (P/A, \%i; 3) + 1000 \times (P/F, \%i; 3)$$
$$= -6700 + (4000 - 1500) \times \left[ \frac{(1+i)^3 - 1}{i(1+i)^3} \right] + 1000 \times \frac{1}{(1+i)^3}$$



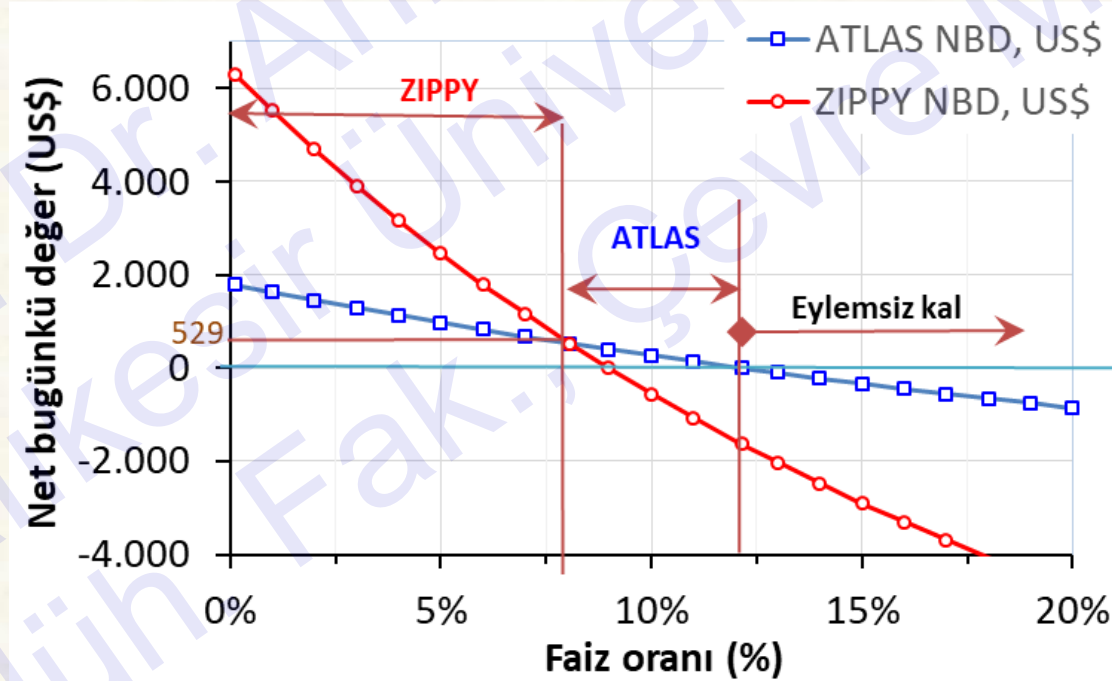
Faiz (%i)	ATLAS NBD, US\$	ZIPPY NBD, US\$
0,1%	1.782,0	6.310,0
1,0%	1.623,1	5.522,2
2,0%	1.452,0	4.692,6
3,0%	1.286,7	3.907,9
4,0%	1.126,7	3.165,2
5,0%	972,0	2.461,5
6,0%	822,1	1.794,5
7,0%	677,1	1.161,8
<b>8,055%</b>	529,0	529,0
<b>8,983%</b>	402,7	0,0
10,0%	268,4	-552,0
11,0%	140,5	-1.068,0
<b>12,13%</b>	0,0	-1.623,2
13,0%	-104,1	-2.027,0
14,0%	-220,9	-2.472,8
15,0%	-334,4	-2.898,1
16,0%	-444,6	-3.303,8
17,0%	-551,7	-3.691,3
18,0%	-655,7	-4.061,4
19,0%	-756,8	-4.415,2
20,0%	-855,1	-4.753,7

	ATLAS	ZIPPY
İlkyatırım, US\$	-6700	-16900
O&M, US\$/yıl	-1500	-1200
Gelir, US\$/yıl	4000	4500
Hurda değer, US\$	1000	3500
Ekonomik ömür, yıl	3	6
Excel ÇÖZÜCÜ		
i=	0,12134	0,08983
NBD=	0,000	0,000
i=	0,08055	
NBD <sub>Atlas</sub> -NBD <sub>ZIPPY</sub>		0

## ROR3 ÖRNEK-14 Excel

### Seçim tablosu;

Eğer  $0 < \text{MARR} \leq 8,055$  Seçim **ZIPPY**  
Eğer  $8,055 < \text{MARR} \leq 12,13$  Seçim **ATLAS**  
Eğer  $12,13 < \text{MARR}$  Seçim **EYLEMSİZLİK**



**Faiz oranı artınca niçin yatırım yapılmaz?**



## ROR3 ÖRNEK-14 Excel

$$\text{NBD} = \$G\$144 + (\$G\$145 + \$G\$146) * (((1 + \$B144)^{\$G\$148} - 1) / (\$B144 * (1 + \$B144)^{\$G\$148})) + \$G\$147 * (1 / (1 + \$B144)^{\$G\$148})$$

Alternatif *ATLAS*;

$$= -6700 + (4000 - 1500) \times \left[ \frac{(1+i)^3 - 1}{i(1+i)^3} \right] + 1000 \times \frac{1}{(1+i)^3}$$

Alternatif *ZIPPY*;

$$\text{NBD}(i) = -16900 + (4500 - 1200) \times \left[ \frac{(1+i)^6 - 1}{i(1+i)^6} \right] + 3500 \times \frac{1}{(1+i)^6}$$

$$\{ \text{Alternatif } \textit{ATLAS} \} - \{ \text{Alternatif } \textit{ZIPPY} \} = 0;$$

$$= \left\{ -6700 + (4000 - 1500) \times \left[ \frac{(1+i)^3 - 1}{i(1+i)^3} \right] + 1000 \times \frac{1}{(1+i)^3} \right\} - \left\{ -16900 + (4500 - 1200) \times \left[ \frac{(1+i)^6 - 1}{i(1+i)^6} \right] + 3500 \times \frac{1}{(1+i)^6} \right\} = 0$$

$$\text{NBDAAtlas} - \text{NBDZIPPY} = \$G\$144 + (\$G\$145 + \$G\$146) * (((1 + \$G154)^{\$G\$148} - 1) / (\$G154 * (1 + \$G154)^{\$G\$148})) + \$G\$147 * (1 / (1 + \$G154)^{\$G\$148}) - (\$H\$144 + (\$H\$145 + \$H\$146) * (((1 + \$G154)^{\$H\$148} - 1) / (\$G154 * (1 + \$G154)^{\$H\$148})) + \$H\$147 * (1 / (1 + \$G154)^{\$H\$148}))$$

### Seçim tablsu;

Eğer  $0 < \text{MARR} \leq 8,055$  Seçim ZIPPY  
Eğer  $8,055 < \text{MARR} \leq 12,13$  Seçim ATLAS  
Eğer  $12,13 < \text{MARR}$  Seçim EYLEMSİZLİK



# ÖRNEK-15

## Gerİ Ödeme Oranı

### Analizi

#### DUYARLIK ANALİZİ



## ÖRNEK-15: Duyarlık Analizi (Sensitivity Analysis)

(Kaynak: David L. Whitman, Ronald E. Terry (2012) *Fundamentals of Engineering Economics and Decision Analysis*, 1st Ed., Synthesis Lectures on Engineering, Morgan & Claypool Publishers, ISBN :9781608458653, DOI:10.2200/S00410ED1V01Y201203ENG018, p169)

Bir projenin ilk yatırım maliyeti **87 500 US\$** ve ekonomik ömrü **10 yıldır**. O&M **7 500 US\$/yıl** ve geliri **30 000 US\$/yıl**'dır. **Muhtemel (temel durum, beklenen), iyimser ve kötümser** senaryoları için, her değişkenin;

- Değişkenlerin  $\pm\%20$  mertebesinde sapabileceği varsayımına göre geri ödeme oranının duyarlık analizini yapınız.
- Her bir değişkeni bağımsız olarak tek başına  $\pm\%20$  değiştirip, diğer değişkenleri sabit tutarak GÖO hesaplayıp, analizlerin örümcek ağı grafiğini çiziniz

### ÇÖZÜM:

- Duyarlık analizi, ekonomik araçlardaki belirsizliklerin sonuçları etkileme derecelerini ortaya koyar.
- Duyarlık analizinin neye göre yapılacağı baştan belirlenir (analiz araçları: GÖO, YEM, NBD, F/M)
- Duyarlık analizinde hesaplamalar yapıldıktan sonra örümcek ağı grafiği ile sonuçlar bir grafikte gösterilir.
- Negatif veya pozitif yüksek eğime sahip olan ekonomik değişkenler sonucu daha fazla etkiler.
- Örümcek ağı grafiğinin yatay ekseninde ekonomik araçlardaki değişim, dikey ekseninde değerlendirme kriteri yer alır.
- Duyarlık analizi, belirsizlik fazla ise ekonomik araçlarda  $\pm\%20$  mertebesinde değişkenlik olabileceği, belirsizlik fazla değilse  $\pm\%10$  mertebesinde değişkenlik olabileceği varsayımına göre yapılabilir.





## Duyarlık Analizi

Projelerin uygulanması sırasında bazı girdi (işgücü, akaryakıt, vb.) ve çıktıların miktar ve fiyatlarında, proje değerlendirmelerinde kullanılan değerlerden önemli sapmalar meydana gelebilir ve bu sapmalar neticesinde projenin ekonomik performans gerçekleşmesi proje başında yapılan değerlendirmeden farklı olabilir. Duyarlılık analizinde, girdi ve çıktı miktarlarında ve fiyatlarında olabileceği düşünölen değişikliklerin tahmini yapılır ve NBD, F/M, İKO bu yeni değerlere göre yeniden hesaplanır. Bu değerlendirmeler **kötümser, muhtemel ve iyimser** tahminler olarak yapılabilir. Bu yeni hesaplamalar sonucunda projenin finansal ve ekonomik değerlendirme sonucunun ne derece değiştiğine veya değişmediğine bakılır.

Eğer sonuç olası değişikliklerden ciddi şekilde etkileniyorsa proje yatırım kararı tekrar gözden geçirilir. Buna ilave olarak bu değişimlerin etkilerini azaltmaya yönelik olarak projede bazı düzenlemeler de düşünölebilir. Duyarlılık analizlerini pratik olarak gerçekleştirmek için örneğin tüm maliyetleri % 25 artacağı veya gelirlerin % 20 azalacağı gibi varsayımlar kullanılabilir. Veya projenin finansal/ekonomik uygunluğunun maliyet ve gelirlerin hangi sınırlara kadar değişiklikleri için geçerli olabileceği hesaplanır.

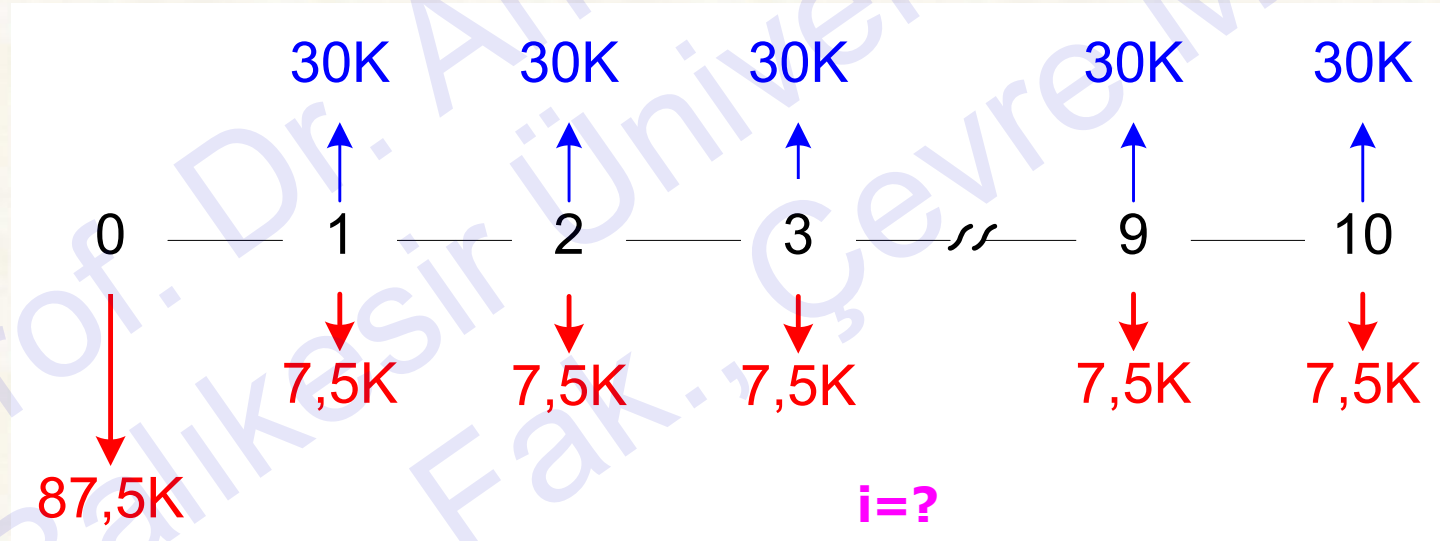




# ÇÖZÜM:

Nakit akışı;

Periyot	0	1	2	3	...	9	10
İlkyatırım, US\$	-87 500						
Gelir, US\$/Yıl		30 000	30 000	30 000	...	30 000	30 000
O&M, US\$/Yıl		7 500	7 500	7 500	...	7 500	7 500



## ÇÖZÜM- a) Her senaryo için her değişkenlerin $\pm\%20$ değiştirilmesi durumu

**En KÖTÜMSER (pessimistic) durum:** İlk yatırım, yıllık gelir ve yıllık harcamaların projenin geri ödeme oranına negatif etkisidir. Bu durum, ilk yatırım maliyetinin beklenenden  $+\%20$  fazla olması, yıllık gelirlerin  $-\%20$  düşük olması ve yıllık işletme giderlerinin  $+\%20$  fazla olmasıyla ortaya çıkar.

**En İYİMSER (optimistic) durum:** İlk yatırım, yıllık gelir ve yıllık harcamaların projenin geri ödeme oranına pozitif etkisidir. Bu durum, ilk yatırım maliyetinin beklenenden  $-\%20$  düşük olması, yıllık gelirlerin  $+\%20$  fazla olması ve yıllık işletme giderlerinin  $-\%20$  az olmasıyla ortaya çıkar.

SENARYO	İlkyatırım		O&M		Yıllık gelir		GÖÖ	NBD
	$\pm\%$	US\$	$\pm\%$	US\$/Yıl	$\pm\%$	US\$/yıl		
Muhtemel	-	-87 500	-	-7 500	-	30 000	22,27%	0
İyimser	-20%	-70 000	-20%	-6 000	20%	36 000	41,53%	0
Kötümser	20%	-105 000	20%	-9 000	-20%	24 000	7,07%	0

**MUHMETEL SENARYO;**

$$= -87500 + \{30000 + (-75000)\} \times \left[ \frac{(1+i)^{10} - 1}{i(1+i)^{10}} \right] = 0$$

$$i = \%22,27$$

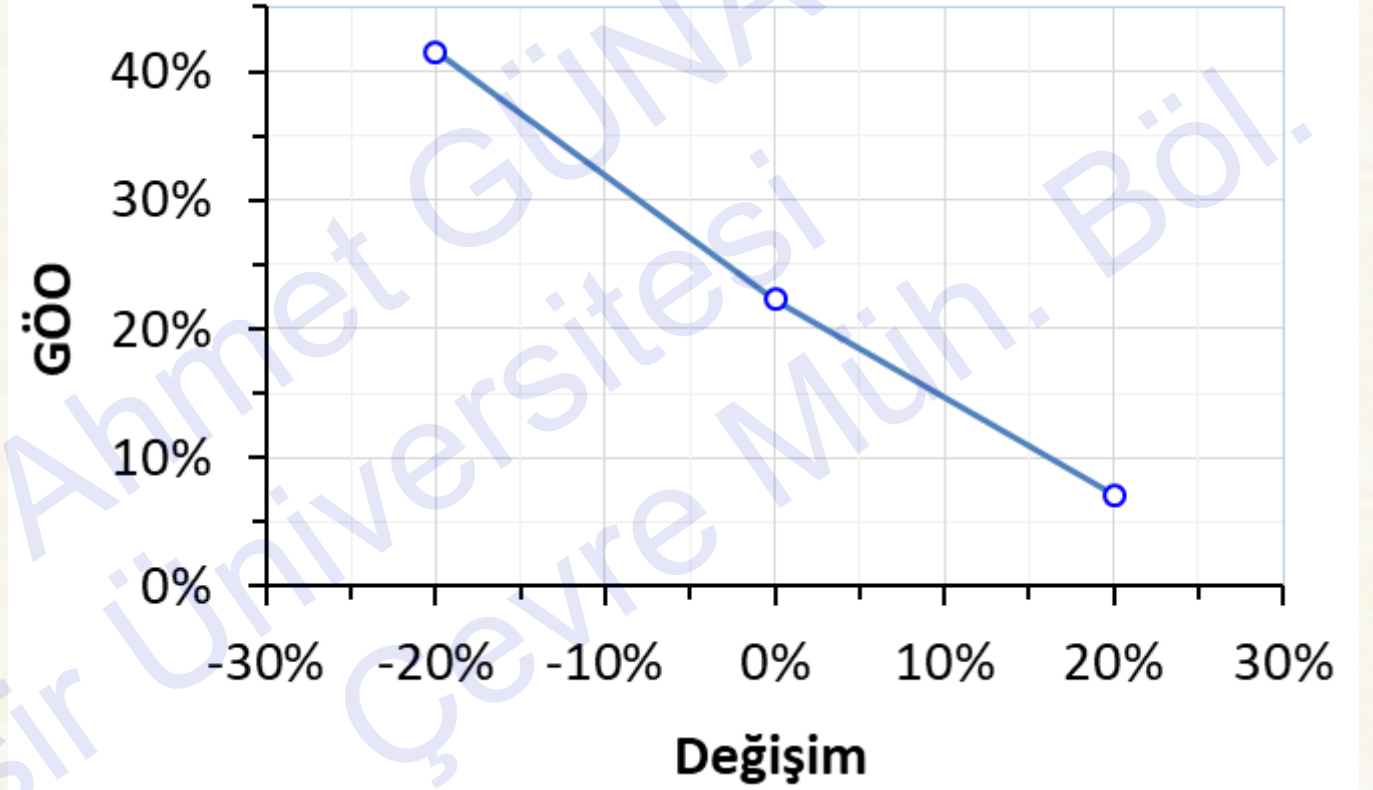
**İYİMSER SENARYO;**

$$= -70000 + \{36000 + (-6000)\} \times \left[ \frac{(1+i)^{10} - 1}{i(1+i)^{10}} \right] = 0$$

$$i = \%41,53$$



Değişim, ±%	GÖO, %
-20%	41,53%
0	22,27%
20%	7,07%



## ÇÖZÜM- b) Her senaryo için her bir değişkenin $\pm\%20$ değiştirilmesi ve diğerlerinin sabitlenmesi durumu

- İlk yatırım maliyeti  $\%20$  daha düşük ya  $\%20$  daha fazla gerçekleşebilir.
- O&M  $\%20$  daha düşük ya  $\%20$  daha fazla gerçekleşebilir.
- Yıllık gelir  $\%20$  daha düşük ya  $\%20$  daha fazla gerçekleşebilir.

Her bir senaryonun GÖÖ MS Excel **çözücü** ile hesaplanır (ROR\_1 Örnek 15)

Durum	SENARYO	İlkyatırım		O&M		Yıllık gelir		GÖÖ	NBD
		$\pm\%$	US\$	$\pm\%$	US\$/Yıl	$\pm\%$	US\$/yıl		
1	<b>Muhtemel</b>	-	<b>-87 500</b>	-	<b>-7 500</b>	-	<b>30 000</b>	<b>22,27%</b>	<b>0</b>
2	<b>İyimser</b>	<b>-20%</b>	<b>-70 000</b>	-	<b>-7 500</b>	-	<b>30 000</b>	<b>29,77%</b>	<b>0</b>
3		-	<b>-87 500</b>	<b>-20%</b>	<b>-6 000</b>	-	<b>30 000</b>	<b>24,32%</b>	<b>0</b>
4		-	<b>-87 500</b>	-	<b>-7 500</b>	<b>20%</b>	<b>36 000</b>	<b>30,25%</b>	<b>0</b>
5	<b>Kötümser</b>	<b>20%</b>	<b>-105 000</b>	-	<b>-7 500</b>	-	<b>30 000</b>	<b>16,95%</b>	<b>0</b>
6		-	<b>-87 500</b>	<b>20%</b>	<b>-9 000</b>	-	<b>30 000</b>	<b>20,18%</b>	<b>0</b>
7		-	<b>-87 500</b>	-	<b>-7 500</b>	<b>-20%</b>	<b>24 000</b>	<b>13,58%</b>	<b>0</b>

### 3. DURUM SENARYOSU;

$$= -87500 + \{30000 + (-6000)\} \times \left[ \frac{(1+i)^{10} - 1}{i(1+i)^{10}} \right] = 0$$

$$i = \%24,32$$

### 5. DURUM SENARYOSU;

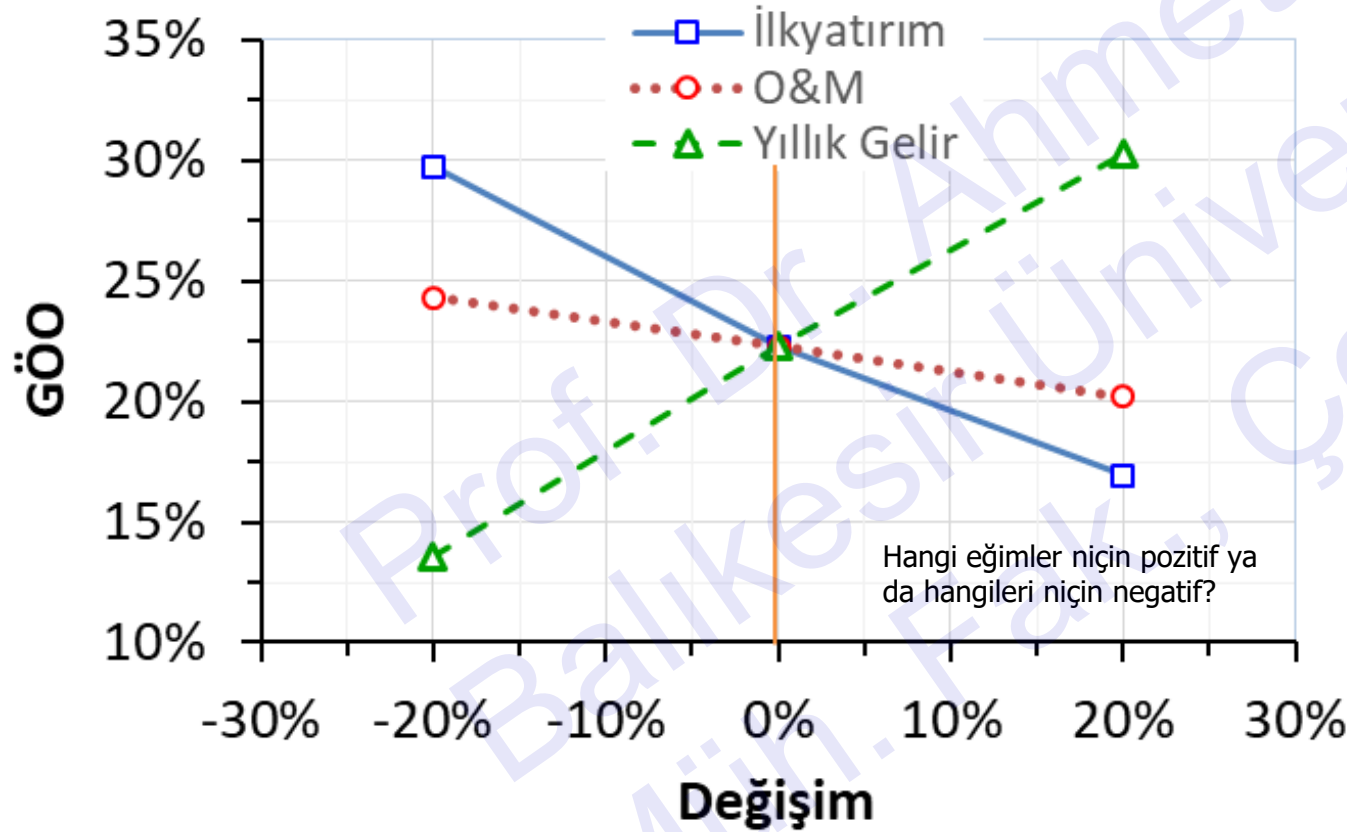
$$= -105000 + \{36000 + (-7500)\} \times \left[ \frac{(1+i)^{10} - 1}{i(1+i)^{10}} \right] = 0$$

$$i = \%16,95$$



## ÇÖZÜM:

Değişim, ±%	GÖÖ, %		
	İlkyatırım	O&M	Yıllık Gelir
-20%	29,77%	24,32%	13,58%
0	<b>22,27%</b>	<b>22,27%</b>	<b>22,27%</b>
20%	16,95%	20,18%	30,25%



- Senaryo çalışmasına niçin ihtiyaç duyulur?
- Grafiğin ismi niçin örümcek ağıdır?
- Muhtemel senaryoya göre hangi değişkendeki sapma GÖÖ'ni daha fazla etkiler? (Gelirler)
- Muhtemel senaryoya göre hangi değişkendeki sapma GÖÖ'ni daha az etkiler? (O&M)
- Eğimlerin az veya fazla olması neyi ifade eder? (Eğimin düşük olması belirsizliklerin az olduğunu veya parametrenin etkisinin düşük olduğunu gösterir)
- Riskleri minimize etmek için en fazla hangi ekonomik araç üzerinde durulmalıdır?
- Bu değerlendirmelere göre yıllık %15 faiz oranında yatırım yapılmalı mıdır?
- Riski sevmek?



- Duyarlık analizi, bağımsız değişkenler (mühendislik ekonomisi için finansal veriler; ilkyatırım, yıllık gelir, yıllık masraflar, faiz oranı gibi) için öngörülen verilerdeki olası sapmaların ( $\pm\%$  0~25) beklenen sonuçlar üzerindeki etkisidir.
- Bazı bağımsız değişkenlerin sonuçlar üzerindeki etkisi görece daha fazla iken, bazı bağımsız değişkenlerin etkisi daha az olabilir. Mesela yıllık gelirlerin ekonomik fizibiliteye etkisi daha fazla olabilir ya da hurda değer ekonomik fizibiliteyi daha az etkileme eğiliminde olabilir.
- Duyarlık analizi örümcek ağı grafiği (spiderplot) ile gösterilir.
- Örümcek ağı grafiğinde eğimi fazla olan bağımsız değişkenlerin sonuca etkisi fazladır.
- Duyarlık analizinde 2~5 civarında senaryo çalışılmalıdır. Daha fazla senaryo çalışması, durumu karmaşık hale getirir ve analizin anlaşılması zorlaşır.
- Çoğunlukla,
  - 1. kötümser,
  - 2. muhtemel ve
  - 3. iyimserolmak üzere üç adet senaryo çalışması en iyi kombinasyondur.
- Duyarlık grafiği, bağımsız değişkenlerin sonuçları etkileme derecelerini ortaya koyar.

# ÖRNEK-16

## Gerİ Ödeme Oranı

### Analizi

**CNC SATINALMA MALİYETİ**



## ÖRNEK-16: CNC Satınalma Maliyeti

(Kaynak: Chan S Park (2013) *Fundamentals of Engineering Economics*, 3 rd Ed., Pearson Education, Edinburgh Gate Harlow, Essex CM20 2JE, p226-624)

Yeni bir CNC makinesinin hurda değeri satınalma maliyetinin **%5**'i kadardır ve ekonomik ömrü **10 yıldır**. Makinenin yıllık net gelirinin **40 000 US\$** olacağı tahmin edilmektedir. Yatırıma ait geri ödeme oranının **%15** olması beklendiğine göre, makinenin azami satınalma (ilk yatırım) maliyeti ne kadar olabilir?

### ÇÖZÜM:

$$\begin{aligned} P &= 40\,000 \times (P/A, 15\%; 10) + 0,05 P \times (P/F, 15\%; 10) \\ P &= 40\,000 \times 5,0188 + 0,05 \times P \times 0,2472 \end{aligned}$$

$$0,9876 \times P = 200\,720$$

$$P = \mathbf{203\,240,17\ US\$}$$

**%15 getiri olması için makinenin fiyatı azami 203 240,17 US\$ olabilir.**





# ÖRNEK-17

## Gerİ Ödeme Oranı

Prof. Dr. Ahmet GÜNAY  
Balıkesir Üniversitesi  
Müh. Fak., Çevre Müh. Böl.



## ÖRNEK-17: Yatırımın geri ödeme oranı

(Kaynak: Leland T Blank, Anthony Tarquin, (2018) Engineering Economy, 8th Ed., McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York, NY 10121, p62)

Laurel bir arkadaşının işine **30 000 US\$** yatırım yapmıştır ve **5 yıl** sonra **50 000 US\$** almıştır. Yatırımın geri ödeme oranını hesaplayınız.

### ÇÖZÜM:

$$P = F \times (P/F, \%i; n) = F \frac{1}{(1+i)^n}$$
$$30\ 000 = 50\ 000 \frac{1}{(1+i)^5}$$
$$0,60 = \frac{1}{(1+i)^5}$$

$$i = 0,1076 \text{ (\%10,76)}$$

### II. Alternatif: İnterpolasyon

10,00%	TEK ÖDEME	
	F/P Bileşik faiz	P/F Bügünkü
n		
1	1,1000	0,9091
2	1,2100	0,8264
3	1,3310	0,7513
4	1,4641	0,6830
5	1,6105	0,6209
6	1,7716	0,5645
7	1,9487	0,5132
8	2,1436	0,4665
9	2,3579	0,4241
10	2,5937	0,3855

11,00%	TEK ÖDEME	
	F/P Bileşik faiz	P/F Bügünkü
n		
1	1,1100	0,9009
2	1,2321	0,8116
3	1,3676	0,7312
4	1,5181	0,6587
5	1,6851	0,5935
6	1,8704	0,5346
7	2,0762	0,4817
8	2,3045	0,4339
9	2,5580	0,3909
10	2,8394	0,3522

$$\%10 \rightarrow 0,6209$$

$$\%i_x \rightarrow 0,60$$

$$\%11 \rightarrow 0,5935$$

$$\frac{i_x - \%10}{0,60 - 0,6209} = \frac{\%11 - \%10}{0,5935 - 0,6209}$$
$$i_x = 0,1076 \text{ (\%10,76)}$$

$$\frac{\%11 - \%10}{0,5935 - 0,6209} = \frac{\%11 - \chi}{0,5935 - 0,60}$$
$$\chi = 0,1076 \text{ (\%10,76)}$$

GÖO(Rate of Return, ROR)

$$= \%11 - \left( \frac{0,5935 - 0,60}{0,5935 - 0,6209} \right) \times (\%11 - \%10)$$
$$= 0,1076 \text{ (\%10,76)}$$

GÖO(Rate of Return, ROR)

$$= \%10 + \left( \frac{0,6209 - 0,60}{0,6209 - 0,5932} \right) \times (\%11 - \%10)$$
$$= 0,1076 \text{ (\%10,76)}$$



# FAİZ FORMÜLLERİ



$$1. (F / P, i; n) \rightarrow F = P \times (1+i)^n$$

$$2. (P / F, i; n) \rightarrow P = F \times \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$3. (A / F, i; n) \rightarrow A = F \times \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

$$4. (F / A, i; n) \rightarrow F = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$5. (A / P, i; n) \rightarrow A = P \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$6. (P / A, i; n) \rightarrow P = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$7. (P / G, i; n) \rightarrow P = G \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i^2 (1+i)^n} - \frac{n}{i(1+i)^n} \right]$$

$$8. (F / G, i; n) \rightarrow F = G \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i^2} - \frac{n}{i} \right]$$

$$9. (A / G, i; n) \rightarrow A = G \times \left[ \frac{(1+i)^n - in - 1}{i(1+i)^n - i} \right] = \left[ \frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

