

Uravnotežavanje proizvodne linije

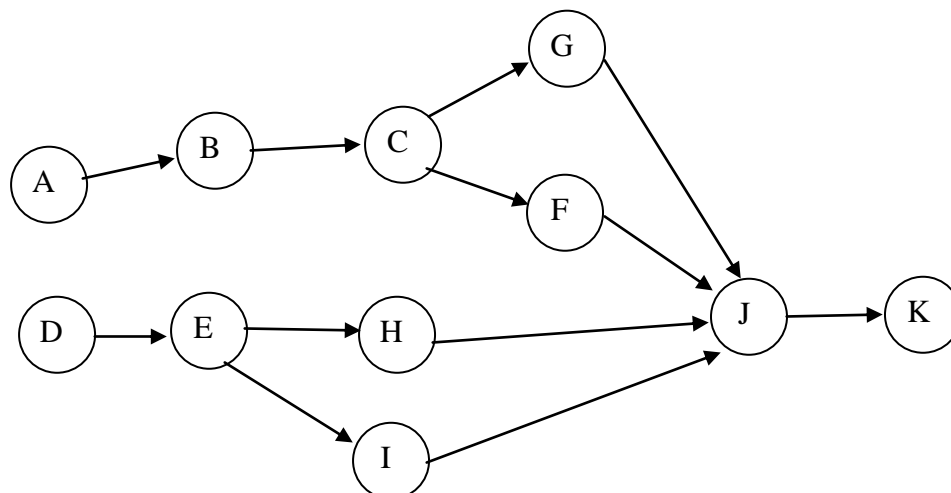
Primer 1:

Date su aktivnosti u tabeli. Tražnja na tržištu je 25 proizvoda dnevno. Radni dan traje 420 minuta. Odredite minimalan broj radnih stanica.

Aktivnost	Vreme (u minutima)	Prethodna aktivnosti
A	2	-
B	11	A
C	4	B
D	5	-
E	7	D
F	6	C
G	2	C
H	10	E
I	2	E
J	8	F, G, H, I
K	6	J

Rešenje:

Prvi korak: Crtanje dijagrama procesa



Drugi korak: Naredni korak je određivanje ciklusnog vremena linije (C). Vreme aktivnosti i trajanje radnog dana su dati u minutima.

$C = \text{vreme procesa na dan} / \text{tržišna tražnja na dan}$

$C = (420 \text{ min/dan}) / (25 \text{ kom./dan}) = 16.8 \text{ min/kom}$

Treći korak: Izračunavanje teorijskog minimalnog broja radnih stanica

$TM = \text{zbir vremena trajanja aktivnosti} / \text{ciklusno vreme linije}$

$$TM = 63 / 16.8 = 3.75 \text{ (4)}$$

Četvrti korak: Određivanje prioriternog pravila za dodeljivanje aktivnosti radnim stanicama. Generalno se biraju ili aktivnosti koje imaju najviše naslednika, ili aktivnosti koje najduže traju. U ovom slučaju se je osnovno pravilo da se prvo biraju aktivnosti sa najviše naslednika.

Aktivnost	Broj aktivnosti koje slede posle nje
A	6
B i D	5
C i E	4
F, G, H i I	2
J	1
K	0

Drugo pravilo je da se bira aktivnost koja duže traje. Ako dve ili više aktivnosti isto traju, onda se bira proizvoljno.

Peti korak: Proces raspoređivanja počinje sa aktivnošću A, koja se dodeljuje radnoj stanici 1. Pošto aktivnost A traje 2 minuta, to znači da na radnoj stanici 1 ostaje slobodno $16.8 - 2 = 14.8$ minuta slobodnog vremena. Posle aktivnosti A mogu da se pokrenu aktivnosti B i D.

Obe aktivnosti se mogu dodeliti radnoj stanici 1, i obe imaju isti broj naslednika (aktivnosti koje dolaze posle njih), bira se aktivnost B, pošto ona duže traje (drugo pravilo). Na radnoj stanici 1 se sada nalaze aktivnosti A i B, tako da preostaje slobodno vreme $14.8 - 11 = 3.8$ minuta. Pošto aktivnosti C i D traju duže ni jedna od njih se ne može dodeliti ovoj radnoj stanici.

Mora se napraviti nova radna stanica. Proces se nastavlja dalje sve dok se sve aktivnosti ne dodele radnim stanicama.

Stanica	Aktivnost	Vreme mirovanja na stanici	Aktivnosti koje se mogu dodeliti	Aktivnosti posle kojih sledi najviše drugih aktivnosti	Najduže aktivnosti
1	A	14.8	B, D	B, D	B
	B	3.8	nema		
2	D	11.8	C, E	C, E	E
	E	4.8	C, I	C	
	C	0.8	Nema		
3	H	6.8	F, G, I	F, G, I	F
	F	0.8	Nema		
4	G proizvoljno	14.8	I		

	I	12.8	J		
	J	4.8	Nema		
5	K	10.8			

Šesti korak: Izračunavanje efikasnosti linije

$$\text{Efikasnost} = 63 \text{ min} / (16.8 \times 5) = 75\%$$

63 – zbir vremena trajanja aktivnosti

16.8 – ciklusno vreme linije

5 – stvarni broj radnih stanica

Sedmi korak: Procena rešenja.

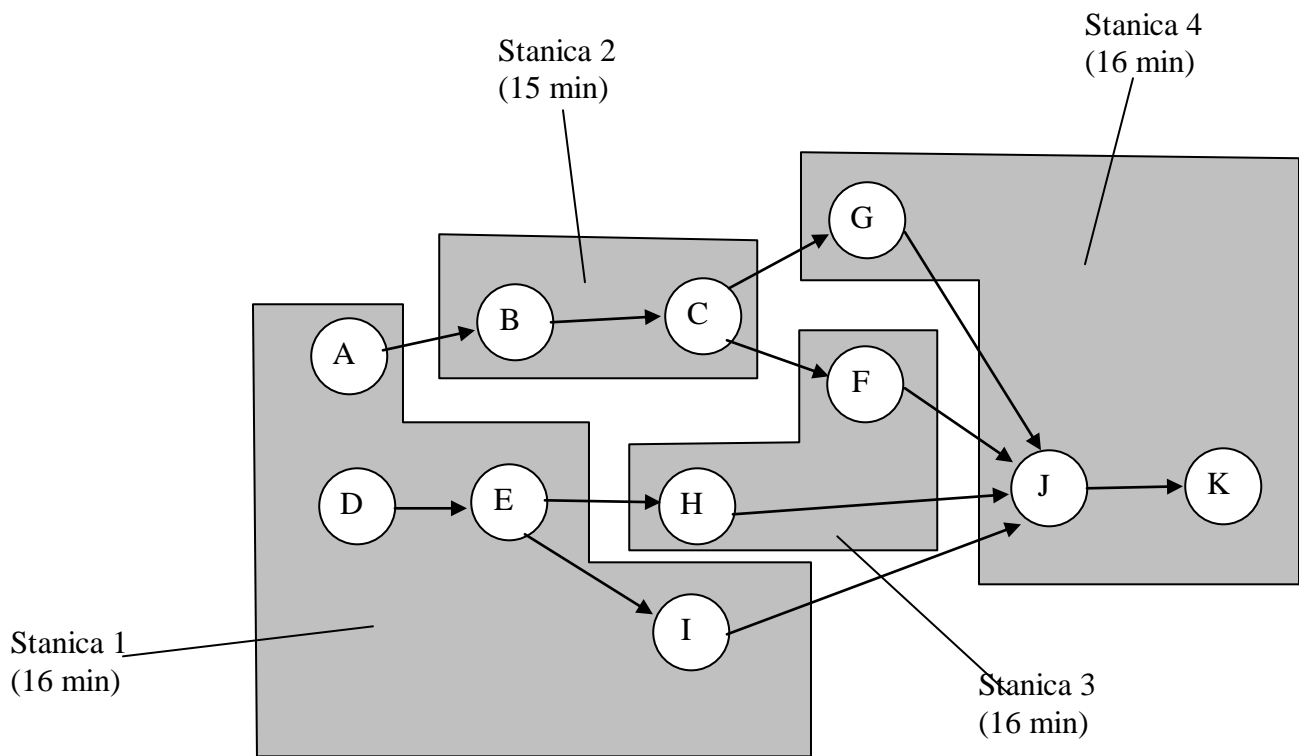
Efikasnost od 75% ukazuje na neuravnoteženost, odnosno na vreme mirovanja od 25% tokom celog procesa. Da li je moguće ostvariti bolji balans? Da

Balans sa sledeće slike je rezultat primene primarnog pravila najduže aktivnosti, pa tek onda primena pravila sa aktivnostima iza kojih sledi najviše drugih aktivnosti.

Prvo se bira D zato što traje duže od A

Stanica	Aktivnost	Vreme mirovanja na stanici	Aktivnosti koje se mogu dodeliti	Najduže aktivnosti	Aktivnosti posle kojih sledi najviše drugih aktivnosti
1	D	11.8	E, A	E	
	E	4.8	A, I	A	
	A	2.8	I		
	I	0.8	nema		
Moguće aktivnosti su sada B, H i J. Najduže traje B					
2	B	5.8	C (H i J ne)		
	C	1.8	Nema		
Moguće aktivnosti su G, F, H i J. Najduže traje H					
3	H	6.8	F, G, J	F	
	F	0.8	Nema		
Moguće aktivnosti su G i J. Duža od njih je J.					
4	J	8.8	K i G	K	
	K	2.8	G		
	G	0.8			

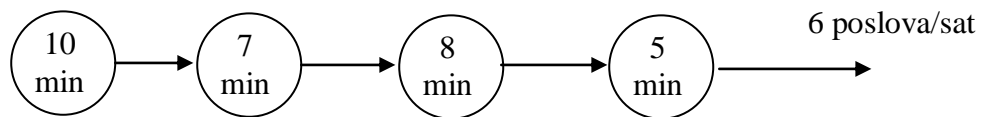
Broj stanica je smanjen za 1.



Minimiziranje sekvencijalne obrade i broj primopredaja posla

Naredni primer pokazuje koje su prednosti minimiziranja sekvencijalne obrade.

Pretpostavimo da je potrebno 30 minuta da se završi kompletna usluga. Pretpostavimo da postoje 4 aktivnosti, koje traju 10, 7, 8 i 5 minuta. Ove aktivnosti obavljaju 4 osobe. Linijski proces sa 4 stanice je prikazan na narednoj slici.



Ako radni dan traje 420 minuta, onda se brzina izlaza, odnosno zahtevi tržišta, mogu izračunati iz obrasca:

C (ciklusno vreme linije = maksimalno vreme na jednoj stanici) = (vreme obrade u jednom danu = radno vreme) / tražnja na dan

$$C(10) = (420 \text{ min/dan}) / x$$

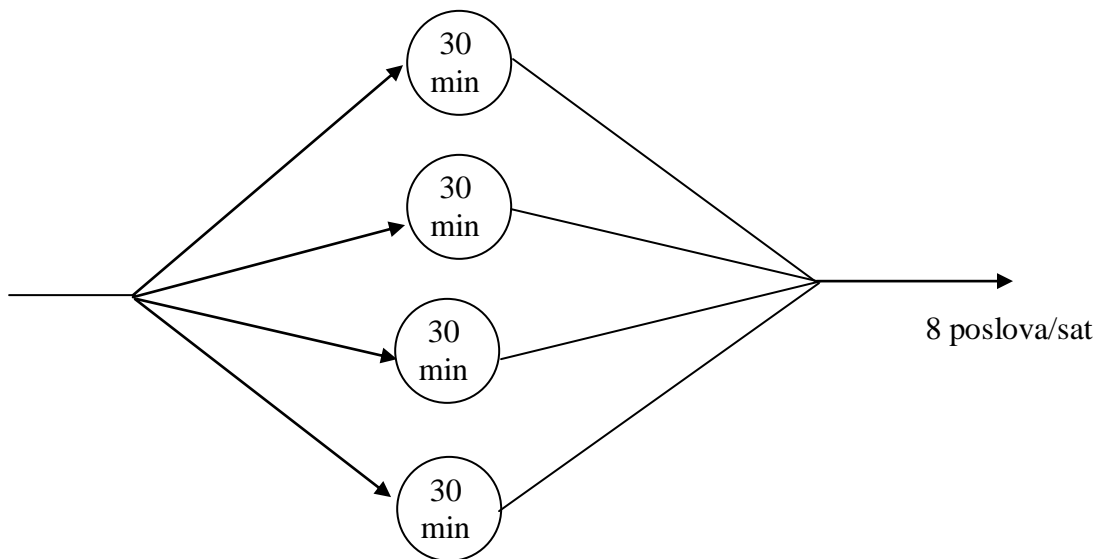
$$x = 420 / 10 = 42 \text{ zahteva na dan} = 6 \text{ zahteva na sat}$$

Efikasnost ovog procesa je:

Efikasnost = zbir vremena trajanja aktivnosti (30) / (ciklusno vreme linije x stvarni broj radnih stanica)

$$\text{Efikasnost} = 30 / (10 \times 4) = 75 \%$$

Ako se sekvencijalni proces zameni paralelnim, mogu se postići značajna poboljšanja.



Ako bi svaki radnik obavljao ceo proces (svaki obavlja sva četiri posla), izlaz bi se teoretski mogao povećati za 33.3 %, na 8 zahteva na sat (ako bi svaki radio isto za 30 minuta).

Usled toga što svaka osoba ima svoje mogućnosti, to nije moguće postići teoretski izlaz. Bez obzira na to, paralelni proces će uvek dati veći izlaz, sve dok ukupno vreme paralelne obrade (u ovom slučaju $30 \times 4 = 120$) ne prelazi vreme na najsporijoj stanici, pomnoženo sa kvadratom broja stanica (u ovom slučaju $10 \times 4^2 = 160$).

Ako bi radniku u prethodnom primeru trebalo 40 minuta da završi jedan zahtev u paralelnom procesu, onda bi ukupno vreme u paralelnom sistemu bilo 160 minuta i izlaz bi bio isti kao kod sekvencijalnog procesa.

Pretpostavimo međutim, da radnicima treba 30, 36, 40 i 32 minuta da završe jedan zahtev. U tom slučaju je izlaz iz paralelnog procesa:

$$60/30 + 60/36 + 60/40 + 60/32 = 7.04$$

Ovo je poboljšanje od 17.4% u odnosu na sekvencijalni proces.

Primer 3

Odeljenje u preduzeću koje se bavi osiguranjem razmatra raspored za novi promenjeni proces. Napravljena je računarska simulacija koja se koristi za određivanje saobraćaja između pojedinih kancelarija. Matrica sa poslovima koji se transportuju između pojedinih kancelarija je:

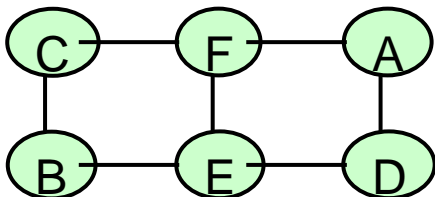
Od – do	B	C	E	F
A	10	75		140
B			95	
C			130	130
D			10	
E				95

- Ako su drugi faktori isti, koje dve kancelarije treba da se postave najbliže jedna drugoj?
- Na slici je prikazan jedan od mogućih rasporeda kancelarija. Koliki je ukupni rezultat za ovaj plan (zbir proizvoda količine proizvoda koji se transportuju i rastojanja)

a)

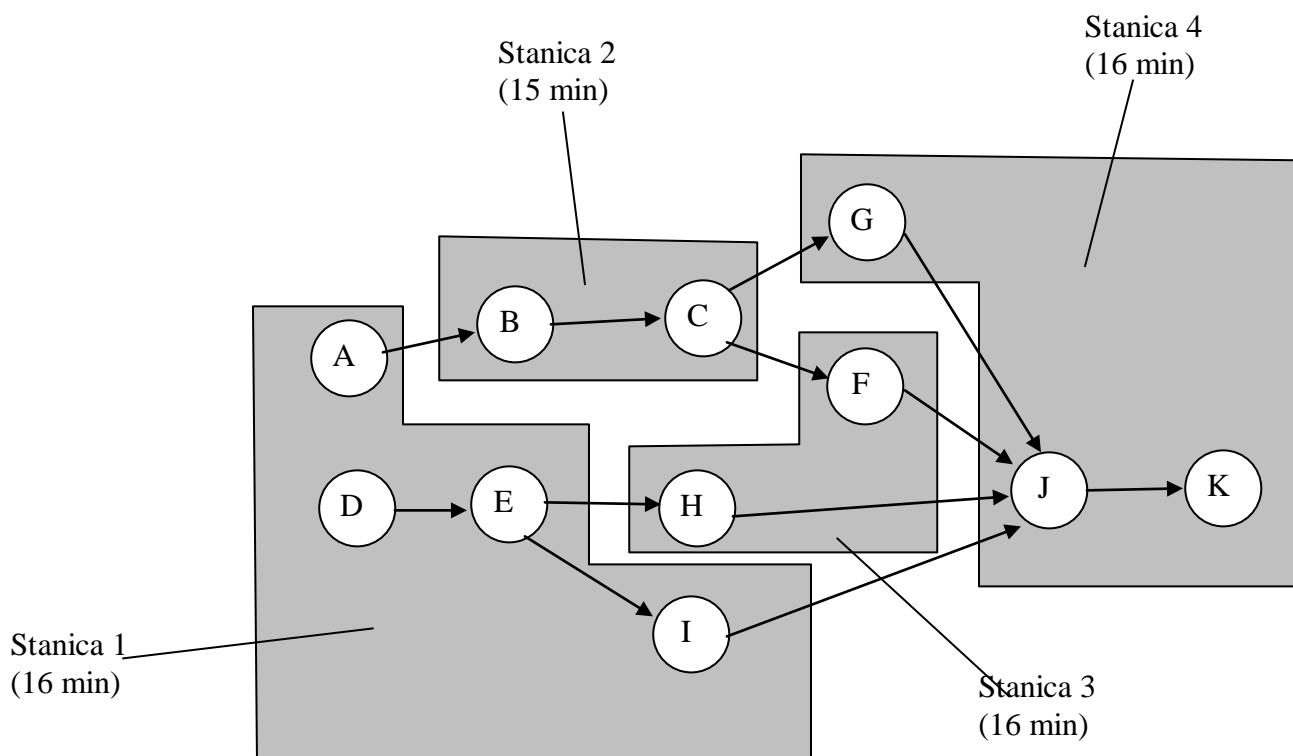
Najbliže kancelarije treba da budu A i F, poštoje saobraćaj između njih najveći.

b)



Kancelarije	Količina	Rastojanje	LD poeni
A,B	10	3	30
A,C	75	2	150
A,F	140	1	140
B,E	95	1	95
C,E	130	2	260
C,F	130	1	130
D,E	10	1	10
E,F	95	1	95
Ukupno			910

Primer 4: Izračunajte efikasnost rešenja predloženog na slici:



Efikasnost = zbir vremena trajanja aktivnosti / (ciklusno vreme linije * broj radnih stanica)

Efikasnost = 63 min / (16.8 x 4) = 94%

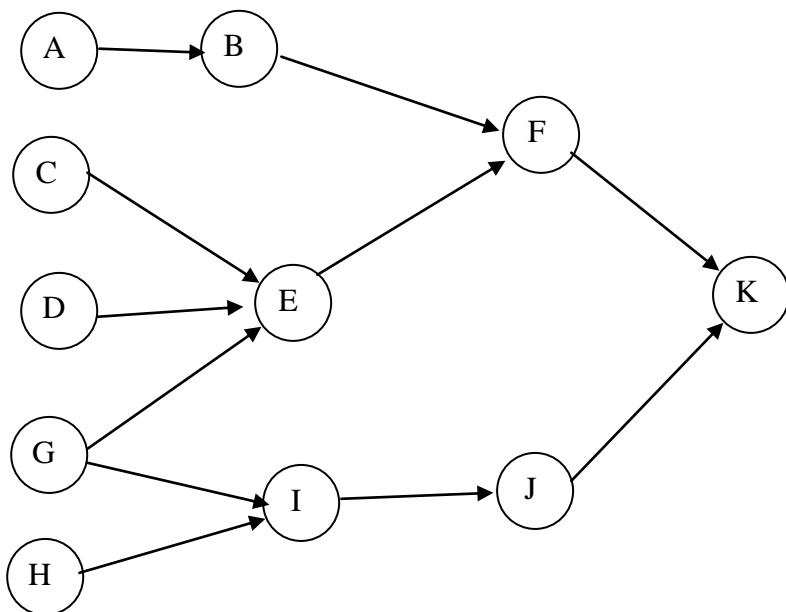
Primer 5:

Kompanija Sola je odlučila da redizajnira svoje osnovne poslovne procese. Ne očekuje se da vreme obrade značajno varira, tako da su odlučili da koriste pristup sa uravnoteženjem proizvodne linije. Proces se sastoji od 11 aktivnosti. Zahtev tržišta je da se obrade 4 posla u radnom danu koji traje 400 minuta. U tabeli su prikazane standardna vremena i prethodnici svake aktivnosti.

Aktivnost	Vreme (u minutima)	Neposredni prethodnik
A	70	-
B	15	A
C	8	-
D	32	-
E	47	C, D, G
F	25	B, E
G	61	-
H	52	-
I	29	G, H
J	42	I
K	50	F, J

- a) Napraviti dijagram sa redosledom aktivnosti
- b) Izračunati vreme ciklusa koje odgovara zahtevu tržišta od 4 posla na dan.
- c) Koji je teoretski minimum radnih stanica

a)



b) vreme ciklusa

$C = \text{Vreme obrade na dan} / \text{Zahtev tržišta na dan}$

$C = 400 / 4 = 100 \text{ minuta/zahtevu}$

c) teoretski minimum radnih stanica

$TM = \text{suma vremena svih aktivnosti} / C$

$TM = 431 / 100 = 4.31 (5)$

Primer 6:

Pretpostavimo da poslove iz naredne tabele treba da obavi jedan server. (Vremena su data u minutima.)
 Pretpostavimo da obrada počinje nakon što pristigne i poslednji posao, odnosno u trenutku $t = 20$.
 Uporedite performanse svakog od primenjenih principa terminiranja, s obzirom na srednje korigovano kašnjenje, maksimalno kašnjenje i broj poslova koji kasne.

- FIFO (po redosledu pristizanja posla)
- EDD (prvo posao sa najkraćim rokom)
- SPT (prvo posao sa najkraćim vremenom obrade)

Posao	Vreme pristizanja	Procenjeno vreme trajanja	Rok	Važnost posla
A	3	23	76	20
B	6	12	54	18
C	8	34	87	27
D	12	16	98	12
E	15	8	37	10

F	20	19	62	23
---	----	----	----	----

a. FIFO

Posao	Vreme početka	Vreme završetka	Kašnjenje	Korigovano kašnjenje	Poslovi koji kasne
A	20	43	0	0	0
B	43	55	2	36	1
C	55	89	2	54	1
D	89	105	7	84	1
E	105	113	76	760	1
F	113	132	70	1610	1

Srednje korigovano kašnjenje = $(36 + 54 + 84 + 760 + 1610) / 5 = 508.8$

Maksimalno kašnjenje = 76

Broj poslova koji kasne 5

b. EDD (prvo posao sa najkraćim rokom)

Posao	Vreme početka	Vreme završetka	Kašnjenje	Korigovano kašnjenje	Poslovi koji kasne
E	20	28	0	0	0
B	28	40	0	0	0
F	40	59	0	0	0
A	59	83	7	84	1
C	83	117	30	810	1
D	117	133	35	420	1

Srednje korigovano kašnjenje = $(84 + 810 + 420) / 3 = 438$

Maksimalno kašnjenje = 35

Broj poslova koji kasne 3

c. SPT (prvo posao sa najkraćim vremenom obrade)

Posao	Vreme početka	Vreme završetka	Kašnjenje	Korigovano kašnjenje	Poslovi koji kasne
E	20	28	0	0	0
B	28	40	0	0	0
D	40	56	0	0	0

F	56	75	15	345	1
A	75	98	22	440	1
C	98	132	45	1215	1

Srednje korigovano kašnjenje = $(345 + 440 + 1215) / 3 = 666.7$

Maksimalno kašnjenje = 45

Broj poslova koji kasne 3

Primer 7:

Pogledajmo poslove u narednoj tabeli. Pomoću murovog algoritma pronađite redosled koji minimizira broj poslova koji kasne. Pretpostavka je da obrada počinje u trenutku 0.

Posao	A	B	C	D	E	F
Rok završetka	15	6	9	23	20	30
Vreme obrade	10	3	4	8	10	6

Korak 1: Uređivanje poslova po EDD pravilu (prvo poslovi sa najkraćim rokom)

Posao	Vreme obrade	Rok završetka	Završetak	Posao koji kasni
B	3	6	3	0
C	4	9	7	0
A	10	15	17	1
E	10	20	27	1
D	8	23	35	1
F	6	30	41	1

Korak 2: U nizu postoje 4 posla koji kasne.

Korak 3: Posao A je prvi posao koji kasni.

Korak 4: Vreme obrade posla A je veće od vremena obrade poslova B i C koji su pre njega, pa se posao A izbacuje iz niza.

Posao	Vreme obrade	Rok završetka	Završetak	Posao koji kasni
B	3	6	3	0
C	4	9	7	0
E	10	20	17	0
D	8	23	25	1
F	6	30	31	1

Korak 2: Posao D je prvi posao koji kasni. Najduži posao pre njega je posao E, pa se on izbacuje.

Posao	Vreme obrade	Rok završetka	Završetak	Posao koji kasni
B	3	6	3	0

C	4	9	7	0
D	8	23	15	0
F	6	30	21	0

Više nema poslova koji kasne.

Na kraj se dodaju poslovi koji su izbačeni u prethodnim koracima.

A	10	15	31	1
E	10	20	41	1