

UDK: 674:658.5

Strokovni članek (Professional Paper)

Razmeščanje delovnih naprav pri delavniškem proizvodnem načinu (layout planiranje)

Layout planning at intermittent process

Mirko TRATNIK*

Izvilleček

V prispevku so prikazane nekatere metode razmeščanja delovnih naprav (Layout planiranje), ki jih lahko uporabljamo pri ti. delavniškem proizvodnem načinu (prekinjan proces, serijska proizvodnja). Podrobno obravnavamo primer izboljševalnega hevrističnega postopka, kjer s postopno sistematično zamenjavo parov delovnih naprav na možnih razmestitvenih lokacijah iščemo rešitev, ki je boljša od izhodiščne. Kot kvantitativni kriterij za presojo ekonomskih učinkov razmeščanja jemljemo skupne spremenljive transportne stroške med delovnimi napravami, v določenem časovnem razdobju transportiranih količin materialov, obdelovancev in polizdelkov. Metoda je uporabna tudi za načrtovanje razmeščanja strojev in naprav v nekaterih specifičnih lesnoindustrijskih proizvodnjah.

Ključne besede: Layout planiranje, delavniški proizvodni način, kvadratni problem razmeščanja naprav, hevristični postopki razmeščanja naprav

Abstract

In the article some layout planning methods, which are useful at so called intermittent processes, are presented. We discussed in details about improved heuristic treatment where with progressive systematic exchange pairs of working devices on strong displaceable locations we are looking for a solution, which is better than starting one.

As quantitative criterion for audit of economical effect of displacement we are taking whole changeable transportation costs between working devices in determined time period of transportation quantities of materials, workpieces and halfproducts. Method is also useful for planning of displacing machines and devices in some specific timber industry productions.

Keywords: Layout planning, intermittent process, square problem of displacing devices, heuristic methods of displacing devices

1. UVOD

S smotnim razmeščanjem delovnih naprav (strojev, tehnološke opreme) npr. znotraj tovarniške hale, poskušamo čim bolj znižati stroške ravnanja z materialom, torej spremenljive stroške transporta materialov, obdelovancev in polizdelkov med delovnimi napravami. Način razmeščanja delovnih naprav pa je v veliki meri pogojen tudi z vrsto proizvodnje. Glede na tok izdelkov razlikujemo *linijsko (tekočo)*, *prekinjano (serijsko, delavniško)* in *projektno (posamično)* proizvodnjo; glede na način naročanja izdelkov pa *izdelavo izdelkov na zalogo* ter *izdelavo izdelkov po naročilu kupcev*. Če

proučujemo proizvodni proces v konkretnem industrijskem podjetju, imamo v največ primerih opravka z več raznovrstnimi organizacijskimi tipi proizvodnje. Tako lahko npr. nekatere izdelke, ki jih potrebujemo v velikih količinah za nadaljnje stopnje izdelave, izdelujemo po *linijskem sistemu (sistemu tekoče)* proizvodnje, druge vrste, po katerih povpraševanje zelo niha, lahko izdelujemo v različnih oddelkih po *prekinjanem (delavniškem)* proizvodnem načinu, končno montažo izdelkov pa lahko npr. opravljamo v več proizvodnih celicah. Ti proizvodni načini znotraj posameznega podjetja so lahko medsebojno povezani z materialnimi in informacijskimi tokovi.

Kadar istovrstna delovna sredstva (stroje, delovne naprave), s katerimi opravljamo enake tehnološke operacije, prostorsko združujemo v oddelke

oz. "delavnice", govorimo o operacijskem tipu proizvodnje. Zanj je značilno, da je proizvodni proces občasno prekinjan (an. intermittent process) zaradi proizvodnje posameznih serij istovrstnih izdelkov, zato tovrstni proizvodni način imenujemo tudi *serijska proizvodnja*. Ker istovrstna delovna sredstva prostorsko združujemo v oddelke oz. delavnice (an. work centers, nem. die Werkstätte), imenujemo ta proizvodni način tudi *delavniški* (an. job shop, nem. die Werkstattproduktion). Na sliki 1 je predstavljen delavniški proizvodni način. Delovne naprave (stroji) za opravljanje tehnoloških operacij struženja (S), vrtnanja (V), rezkanja (R) in brušenja (B) so prostorsko združene v štirih oddelkih (delavnicah). Shematsko je prikazan materialni tok za dve skupini obdelovancev. Prvo skupino (serijo) tvorijo obdelovanci, na katerih moramo opravljati

* Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, Cesta VIII/34, 1001 Ljubljana, Slovenija, E-mail: MIRKO.TRATNIK@UNI-LJ.SI

vse štiri tehnološke operacije v naslednjem zaporedju {S, V, R, B}, drugo skupino pa obdelovanci, na katerih opravljamo samo tri tehnološke operacije v naslednjem zaporedju {S, R, B}. Prostorska razporeditev oddelkov (delavnic) bolj ustreza prvi skupini obdelovancev, ker se zahtevano zaporedje opravljanja tehnoloških operacij ujema s prostorskim razporedom oddelkov in je zaradi tega materialni tok enosmeren, gladek, brez povratnih transportov. Pri drugi skupini pa se morajo obdelovanci po tehnološki operaciji rezkanja (R) vračati v nasprotni smeri na operacijo (V).

Delavniški proizvodni način je zelo prilagodljiv (fleksibilen), tako glede možnosti proizvodnje pestrega proizvodnega sortimenta kakor tudi glede velikosti proizvodnih serij, je pa v primerjavi z drugimi proizvodnimi načini (npr. v primerjavi z linijsko, množinsko proizvodnjo) ekonomsko manj učinkovit. Zaradi prekinjanih operacij proizvodne zmogljivosti ne morejo biti polno izkoriščene, visoke so vmesne zaloge obdelovancev in polizdelkov in daljši so tudi izdelavni časi za izdelavo enote izdelka v okviru posamezne proizvodne serije. Zaradi tega je izredno pomembno, na kakšen način v posameznih delavnicah (oddelkih) prostorsko razmeščamo raznovrstne delovne naprave (an. facilities, nem. die Betriebsmittel, die Betriebseinheiten). Pri razmeščanju delovnih naprav lahko upoštevamo *kvantitativne kriterije razmeščanja*, ki so določeni z merljivimi veličinami, kot so npr.: stroški ravnanja z materialom, transportni stroški ipd., ali pa *kvalitativne kriterije*, v tistih primerih, ko med "napravami" ne moremo določiti mer-

ljivega toka materiala, gostote toka zaposlenih ipd. Metode razmeščanja naprav, ki temeljijo na kvantitativnih kriterijih odločanja, se seveda razlikujejo od metod, pri katerih uporabljamo kvalitativne kriterije odločanja.

2. KVADRATNI PROBLEM RAZMEŠČANJA NAPRAV

Za delavniški način proizvodnje, ki ga načrtujemo na novo, moramo na najboljši možni način razmestiti n delovnih naprav določene vrste (skrajšano naprav N), na n možnih mest, mikrolokacij (skrajšano L) npr. v proizvodno halo, tako da je na možno lokacijo L lahko razporejena samo po ena naprava N . Kot kvantitativni kriterij razmeščanja naprav uporabimo *skupne spremenljive transportne stroške* med delovnimi napravami, v določenem časovnem razdobju transportiranih količin surovin, obdelovancev in polizdelkov. Najboljša naj bo tista razmestitev naprav, pri kateri bodo skupni spremenljivi transportni stroški materialnih tokov med delovnimi napravami N , razmeščenimi na posamezne možne lokacije L , čim nižji oz. po možnosti najnižji. Delovne naprave N lahko simbolizirajo stroje in naprave, ki jih razmeščamo znotraj oddelka/delavnice; lahko tudi oddelke/delavnice, ki jih umeščamo v tovarniško halo; lahko so raznovrstna skladišča znotraj tovarniškega tlorisa ipd.

Transportno razdaljo med lokacijama L_k in L_l označimo z d_{kl} , ki je lahko izmerjena kot najkrajša zračna (evklidska) ali pa kot pravokotna razdalja. Zaradi poenostavitve na začetku domnevamo, da so vse lokacije L , kamor lahko razmeščamo naprave N , enako

Preglednica 1. Matrika razdalj (v metrih)

od/do	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
L_1	0	20	40	60	80	100
L_2	20	0	20	40	60	80
L_3	40	20	0	20	40	60
L_4	60	40	20	0	20	40
L_5	80	60	40	20	0	20
L_6	100	80	60	40	20	0

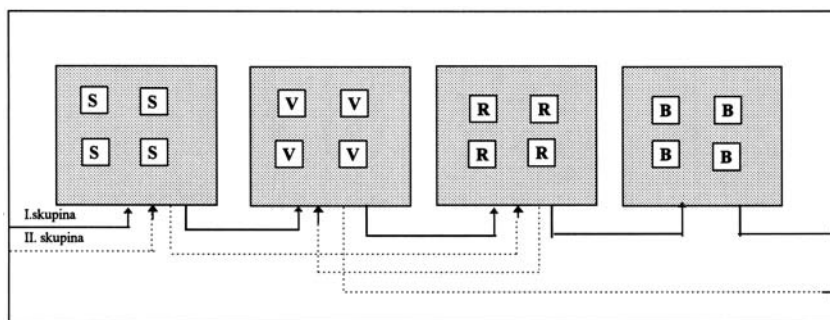
velike in da so pravokotne oblike, razdalje d_{kl} pa naj bodo pravokotne razdalje med težiščem lokacije L_k in težiščem lokacije L_l . Razdalje med posameznimi pari lokacij lahko prikazemo z matriko razdalj, kakršna je za naš namišljeni primer prikazana v preglednici 2.

Med posameznimi N je evidentiran tok materiala (surovin, obdelovancev in polizdelkov) v nekem časovnem razdobju (npr. dnevno, tedensko, mesečno, letno), kar je razvidno iz matrike transportiranih količin med napravami N . Obseg pretokov materialov med posameznimi N je znan; lahko ga npr. ocenimo na temelju načrtovane/planirane količine proizvodov oz. proizvodnega sortimenta in preteklih izkušenj; prikazemo ga v matriki transportiranih količin. Za naš namišljeni primer so podatki o transportiranih količinah materialov zbrani v preglednici 2.

Preglednica 2. Matrika transportiranih količin (v tonah)

od/do	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6
N_1	0	20	40	60	80	100
N_2	20	0	20	40	60	80
N_3	40	20	0	20	40	60
N_4	60	40	20	0	20	40
N_5	80	60	40	20	0	20
N_6	100	80	60	40	20	0

Poznamo tudi *spremenljive transportne stroške*, ki zavisijo od vrste uporabljenega transportnega sredstva; izražamo jih v denarnih enotah za ko-



Slika 1. Tok materiala za dve skupini (seriji) obdelovancev pri delavniškem načinu proizvodnje

ličinsko enoto, transportirano na enoto razdalje. V primeru, da za vse premike materialov med napravami uporabljamo istovrstna transportna sredstva, so spremenljivi transportni stroški proporcionalni s (transportnimi) razdaljami med napravami N , lociranimi na lokacijah L . Višina skupnih spremenljivih transportnih stroškov se torej spreminja le odvisno od načina razporejanja naprav N na možne lokacije L . Če izhajamo iz podatkov, zbranih v matrikah razdalj in transportiranih količin, in vzamemo, da znašajo spremenljivi transportni stroški za fizično enoto transportirane količine na enoto razdalje 1 DE (denarno enoto), lahko za izhodiščni raspored naprav N na lokacijah $L \{N_1-L_1, N_2-L_2, N_3-L_3, N_4-L_4, N_5-L_5, N_6-L_6\}$ izračunamo skupne spremenljive transportne stroške z množenjem elementov matrike razdalj (zbranih v preglednici 1) in elementov matrike transportiranih količin (zbranih v preglednici 2). Rezultat je prikazan v matriki transportnih stroškov (v preglednici 3); skupni spremenljivi transportni stroški za navedeni namišljeni izhodiščni raspored naprav znašajo 18240 DE.

Preglednica 3. Matrika spremenljivih transportnih stroškov za izhodiščni raspored naprav

od/do	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
L_1	0	1700	800	1080	480	1300
L_2	600	0	60	40	300	720
L_3	1280	0	0	0	0	120
L_4	2160	280	0	0	20	0
L_5	720	660	0	80	0	20
L_6	2700	2640	480	0	0	0

Σ elementov matrike = 18240 DE

Če pa želimo določiti stroškovno najbolj ugodno tj. optimalno razmestitev naprav N , moramo poiskati minimum naslednje ciljne funkcije [2]:

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J m_{ij} \cdot c_{ij}, \text{ kjer je} \quad (1)$$

m_{ij} = transportirana količina (surovin, obdelovancev, polizdelkov) med napravama N_i in N_j ,

c_{ij} = spremenljivi transportni stroški za količinsko enoto na enoto razdalje transportirane količine, v DE.

Minimizirati moramo skupne spremenljive transportne stroške vseh materialnih pretokov med vsemi napravami N . Spremenljivi transportni stroški c_{ij} za transport ene količinske enote med napravama N_i in N_j pa zavisijo le od lokacije naprav, ki pa še ni znana. Za določanje stroškovno najbolj ugodnega razporeda naprav moramo ciljno funkcijo (1) preoblikovati v funkcijo, ki upošteva lokacijo posameznih naprav. Transportne stroške med dvema napravama N lahko določimo, če poznamo njuno medsebojno oddaljenost, to pa je možno samo v primeru, če lahko vsako napravo razporedimo na določeno, eno samo potencialno mesto, lokacijo. Uvedemo spremenljivko u_{ik} , ki ima vrednost 1 v primeru, če je naprava N_i na lokaciji L_k . Transportne stroške med napravama N_i in N_j , ki sta locirani na L_k in L_l , lahko definiramo z naslednjo enačbo:

$$c_{ij} = c \cdot d_{kl} \cdot u_{ik} \cdot u_{jl}, \text{ kjer je} \quad (2)$$

c = spremenljivi transportni stroški za količinsko enoto na enoto razdalje transportirane količine, v DE,

d_{kl} = razdalja med lokacijama L_k in L_l ,

$u_{ik} = 1$, če se naprava N_i nahaja na lokaciji L_k ,

$u_{jl} = 1$, če se naprava N_j nahaja na lokaciji L_l .

Pri odločanju o stroškovno najbolj ugodni razmestitvi delovnih naprav moramo določiti spremenljivke u_{ik} . Rešitev problema optimalne razmestitve n naprav na n močnih lokacijah je močna s t. i. **kvadratnim modelom razmeščanja naprav** [2], ki je v nadaljevanju prikazan kot **"model LAYOUT"**.

Model LAYOUT

Minimiziraj ciljno funkcijo

$$Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J m_{ij} \cdot c_{ij} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^I \sum_{l=1}^J m_{ij} \cdot c \cdot d_{kl} \cdot u_{ik} \cdot u_{jl} \quad (3)$$

upoštevaje naslednje omejitve:

$$\sum_{i=1}^I u_{ik} = 1 \quad k = 1, 2, \dots, J, \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^J u_{ik} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, I, \quad (5)$$

$$u_{ik} \in \{0, 1\} \quad i = 1, 2, \dots, I; \quad k = 1, 2, \dots, J. \quad (6)$$

Pri tem so podatki:

c = spremenljivi transportni stroški za količinsko enoto na enoto razdalje transportirane količine, v DE,

d_{kl} = razdalja med lokacijama L_k in L_l ,

I, J = število delovnih naprav, ki jih razmeščamo oz. število možnih lokacij; $I = J$,

m_{ij} = transportirana količina materiala (surovin, obdelovancev, polizdelkov) med napravama N_i in N_j

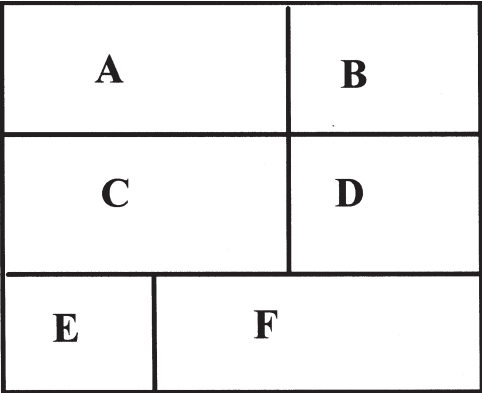
in spremenljivke

$u_{ik} = 1$, v primeru, da lahko napravo N_i razmestimo na mesto L_k ,
 $u_{ik} = 0$, v vseh preostalih primerih.

Rešitev problema najugodnejše razmestitve naprav je zaradi množice restrikcij (omejitev), ki jih moramo upoštevati pri reševanju praktičnih problemov razmeščanja, težko rešljiv problem. Zaradi tega so razvili številne hevristične postopke [1, 2, 3, 4, 5].

3. HEVRISTIČNI POSTOPKI RAZMEŠČANJA, PRI ENAKI VELIKOSTI VSEH MOŽNIH LOKACIJ

Razlikujemo dva postopka, prvega imenujemo **otvoritveni postopek**, s katerim oblikujemo neko začetno dopustno razmestitev naprav, in **izboljševalni postopek**, s katerim postopoma iščemo izboljšavo neke že znane izhodiščne razmestitve naprav. Domnevamo (zaradi poenostavitve), da so vse možne lokacije L , kamor lahko razmeščamo naprave N , enako veliki kvadrati ali pa pravokotniki. Dve lokaciji sta sosedni, kadar imata skupno stranico ali vsaj del skupne stranice, če pa imata skupno samo oglišče, nista sosedni. Na sliki 2 sta sosedni



Slika 2. Sosedne potencialne lokacije

Preglednica 4. Pravila razmeščanja naprav za otvoritveni heuristični postopek

Kriteriji za izbor (še nerazporejene) naprave N	Kriteriji za izbor (še nezasedene) lokacije L
A1. Tista N i, ki ima do vseh n N najvišjo vsoto transportiranih količin materialov: $\sum_{j=1}^n x_{ij}$.	B1. Tista lokacija k, ki ima izmed vseh še prostih najmanjšo vsoto razdalj: $\sum_{l=1}^n d_{kl}$.
A2a. Tista N i, ki ima glede na zadnjo razporejeno N j, najvišjo intenziteto transporta x_{ij} . A2b. Tista N i, ki ima v primerjavi z vsemi N j jedra K najvišjo maksimalno intenziteto transporta: $\max_{j \in K} x_{ij}$.	B2. Tista lokacija, ki je sosedna z zadnjo že zasedeno lokacijo.
A3. Tista N i, ki ima v primerjavi N j jedra K najvišjo vsoto intenzitet transporta: $\sum_{j \in K} x_{ij}$.	B3a. Takšna lokacija, da bo vsota transportnih stroškov znotraj nastalega jedra minimalna. B3b. Kot pri pravilu B3a, vendar z vključeno možnostjo izboljšave, s katero poizkušamo z zamenjavo lokacij na novo razporejenih N s sosednimi N še dodatno znižati transportne stroške.

Preglednica 4a. Matematična formulacija izboljševalnega heurističnega postopka razmeščanja n naprav na n možnih lokacijah

Korak 1:
Za vse pare (i, j) naprav N izračunamo stroškovno spremembo $\Delta Z(i, j)$, ki je posledica zamenjave lokacije naprav.
Korak 2:
Izmed vseh zamenjav parov naprav, ki so povzročile znižanje stroškov izberemo tisto, pri kateri je znižanje najvišje, torej:
$(i^*, j^*) = (i, j) \left[\min \{ \Delta Z(i, j) \mid \Delta Z(i, j) \leq 0 \} \right]$
v primeru, da ni nobenega takšnega N - para, STOP;
v tem primeru zamenjamo lokaciji obeh naprav N i* in j* in začnemo s korakom 1.

npr. lokaciji A in C, kot tudi C in E, ne pa lokaciji A in D ter C in B.

3.1. Otvoritveni postopek

Pri otvoritvenem postopku razporedimo po vsaki od n zaporednih iteracij, samo po eno še nerazporejeno napravo N, na po eno še nezasedeno mesto, lokacijo L. Množico že razporejenih naprav N imenujemo jedro K. V preglednici 4 so

zbrana pravila, po katerih na še nezasedene lokacije L, razporejamo še nerazporejene naprave N. V praksi so poznane različne metode, ki upoštevajo navedena pravila, kot so npr. CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning) in druge [3].

3.2. Izboljševalni postopek

Večina izboljševalnih postopkov temelji na načelu postopne sistematične "zamenjave lokacij parov naprav". Pri tem lahko upoštevamo naslednje kriterije oz. pravila [3]:

Pravilo I. Izbor parov naprav N, ki jih nameravamo razporejati na možne lokacije L:

- (a) preizkus vseh možnih parov,
- (b) preizkus delne množice izmed vseh možnih parov,
- (c) preizkus slučajno izbranih parov izmed vseh možnih parov.

Pravilo II. Izbor para naprav, pri katerem nastopi znižanje skupnih spremenljivih transportnih stroškov:

- (a) ko smo se odločili glede obsega preizkušanih parov (upoštevaje pravilo I), iščemo takšno kombinacijo razmestitve, tisti par, ki bo povzročil največje znižanje spremenljivih transportnih stroškov ("izbor najboljšega para");
- (b) kakor hitro najdemo, upoštevaje pravilo I, par, ki je znižal skupne spremenljive transportne stroške v primerjavi z izhodiščno razmestitvijo, je za nas problem rešen, oz. je za nas rešitev zadovoljiva ("prvi par z izboljšavo").

Če za reševanje našega primera uporabimo heuristični izboljševalni postopek "zamenjave lokacij parov naprav" (uporaba pravila I b: preizkus delne množice izmed vseh možnih parov naprav), moramo za kombinacije zamenjanih parov naprav prikazanih v preglednici 5 izračunati spremembe skupnih spremenljivih transportnih stroškov v primerjavi z izračunanimi skupnimi spremenljivimi transportnimi

Preglednica 5. Kombinacije zamenjanih parov naprav za prvo iteracijo

{N2 - L1, N1 - L2, N3 - L3, N4 - L4, N5 - L5, N6 - L6}
 {N3 - L1, N2 - L2, N1 - L3, N4 - L4, N5 - L5, N6 - L6}
 {N4 - L1, N2 - L2, N3 - L3, N1 - L4, N5 - L5, N6 - L6}
 {N5 - L1, N2 - L2, N3 - L3, N4 - L4, N1 - L5, N6 - L6}
 {N6 - L1, N2 - L2, N3 - L3, N4 - L4, N5 - L5, N1 - L6}

{N1 - L1, N3 - L2, N2 - L3, N4 - L4, N5 - L5, N6 - L6}
 {N1 - L1, N4 - L2, N3 - L3, N2 - L4, N5 - L5, N6 - L6}
 {N1 - L1, N5 - L2, N3 - L3, N4 - L4, N2 - L5, N6 - L6}
 {N1 - L1, N6 - L2, N3 - L3, N4 - L4, N5 - L5, N2 - L6}

{N1 - L1, N2 - L2, N4 - L3, N3 - L4, N5 - L5, N6 - L6}
 {N1 - L1, N2 - L2, N5 - L3, N4 - L4, N3 - L5, N6 - L6}
 {N1 - L1, N2 - L2, N6 - L3, N4 - L4, N5 - L5, N3 - L6}

{N1 - L1, N2 - L2, N3 - L3, N5 - L4, N4 - L5, N6 - L6}
 {N1 - L1, N2 - L2, N3 - L3, N6 - L4, N5 - L5, N4 - L6}

{N1 - L1, N2 - L2, N3 - L3, N4 - L4, N6 - L5, N5 - L6}

Preglednica 6. Izračun sprememb spremenljivih transportnih stroškov, ki jih povzroča sprememba razmestitve parov napravacije zamenjanih parov naprav

i	j	Stroškovna sprememba
1	2	16320 - 18240 = -1920
	3	14280 - 18240 = -3960 $i^* = 1, j^* = 3$
	4	16340 - 18240 = -1900
	5	16400 - 18240 = -1840
	6	18840 - 18240 = -600
2	3	18080 - 18240 = -160
	4	18560 - 18240 = 320
	5	21860 - 18240 = 3620
	6	20720 - 18240 = 2480
3	4	18000 - 18240 = -240
	5	18840 - 18240 = 600
	6	16640 - 18240 = -1600
4	5	18880 - 18240 = 640
	6	17040 - 18240 = -1200
5	6	17120 - 18240 = -1120

Preglednica 7. Najbolj ugodna razmestitev naprav po prvi iteraciji (primerjaj s preglednico 6)

Lokacija (L)	1	2	3	4	5	6
Naprava (N)	3	2	1	4	5	6

stroški za izhodiščno razmestitev: {N1-L1, N2-L2, N3-L3, N4-L4, N5-L5, N6-L6} znašajo 18240 DE. Tabelarni izračun stroškovnih sprememb je podan v preglednici 6 (izračun je možno najhitreje opraviti z enim od programov za obdelavo preglednic, v našem primeru z EXCEL - programom). Matematična formulacija pravil izboljševalnega hevrističnega postopka je podana v preglednici 4a.

Razmestitev naprav {N3-L1, N2-L2, N1-L3, N4-L4, N5-L5, N6-L6} povzroči najvišje znižanje spremenljivih transportnih stroškov (14280 - 18240 = -3960 DE), kar pomeni v primerjavi z izhodiščno razmestitvijo naprav {N1-L1, N2-L2, N3-L3, N4-L4, N5-L5, N6-L6} 21,7 odstotno znižanje skupnih spremenljivih transportnih stroškov. V naslednji iteraciji bi lahko poiskali možno dodatno znižanje skupnih spremenljivih transportnih stroškov glede na novo izhodiščno razmestitev, 14280 DE skupnih spremenljivih transportnih stroškov. V primeru dodatnega znižanja skupnih spremenljivih transportnih stroškov, bi se seveda odločili za novo, ugodnejšo razmestitev naprav.

4. UPORABLJENI VIRI

- GÜNTHER, H.O./TEMPELMEIER, H. 1995. Produktionsmanagement. Einführung mit Übungsaufgaben, 2. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Budapest, Hongkong, London, Mailand, Paris, Tokio. Springer - Verlag, 447 s.
- GÜNTHER, H.O./TEMPELMEIER, H. 1997. Produktion und Logistik. Dritte, (bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Budapest, Hongkong, London, Mailand, Paris, Santa Clara, Singapur, Tokio. Springer - Verlag, 315 s.
- NEUMANN, K. Produktions- und Operations-Management. 1996. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Budapest, Hongkong, London, Mailand, Paris, Santa Clara, Singapur, Tokio. Springer - Verlag, 368 s.
- SCHROEDER, R. G. 1989. Operations management. Decision Making in Operations Function. Third Edition. New York, St. Louis,..., Toronto. McGraw-Hill Book Company, 794 s.
- STEVENSON, W. S. 1993. Production/operations management. Fourth Edition. Homewood, Boston. IRWIN. 916 s.

Les in moderni časi

Moderni časi razumevajo les predvsem in skoraj izključno kot surovino, pri kateri so najpomembnejše tri stvari: cena, količina in kakovost. Cena lesa mora biti srčno niska, količine neizmerne, kakovost najboljša...

...V pogovoru bi morali pred izreko te besede pomembno premolkniti, ali pa jo izgovarjati čisto poltiho in šepetaje. Smisel lesa začutim takrat, ko se iz te snovi nekaj naredi, kar ima v sebi duhovno dimenzijo in civilizacijski smisel po najvišjih možnih kriterijih.

Prof. Janez Suhadolc, iz knjige Čar lesa