

OPTIMALIZACIJA PROGRAMA PROIZVODNJE V OBRATU ZA VALJANJE DEBELE PLOČEVINE¹⁾ V ŽELEZARNI JESENICE

UVOD

Cilj našega dela je bil postaviti optimalni program proizvodnje za obrat »valjarna debele pločevine« tako, da bi bil v letu 1970 dosežen maksimalni finančni uspeh. Hkrati naj bi ta asortiman upošteval obstoječe proizvodne možnosti ter potrebe trga v enem letu.

Obrat, ki smo ga izbrali za obdelavo, dobi iz predhodnih obratov kot vložek jeklene plošče različnih debelin. Najprej jih v ogrevnih pečeh ogrevajo do določene temperature, nakar jih na progi zvaljajo pod različnimi pritiski do pločevine. Odvisno od proizvoda oziroma posebnih zahtev kupca se pločevina še termično obdeluje v

normalizirni peči,
kalilni peči
in žarilni peči.

Vso pločevino, ki je tanjša od 20 mm, obrežejo pred odpremo s škarjami, debelejšše kose pa avtogensko na sektorjih.

V dosedanji praksi je bil proizvodni asortiman vsako leto določen po dogovorih med komercialo, obratovodstvom ter planskim oddelkom podjetja. Zaključki so temeljili na izkušnjah prejšnjih let; vendar tak način določanja vrste in količine proizvodnje ni dajal rezultatov, kakršni so dejansko možni. To nam nazorno pokaže primerjava med rezultatoma, izračunanima po obeh metodah.

Preden smo se lotili izdelave linearnega programa, smo zbrali in prilagodili uporabi vse podatke o možnem asortimanu, kjer smo vsak valjanec določili:

- s kvaliteto (oznaka po JUS);
- z vhodno debelino slaba (grupirali smo tri razrede z reprezentanti 90, 141 in 224 mm);
- z debelino pločevine (ki je lahko v intervalu od 5—7 mm, kar smo v analizi razdelili v več podrazredov z ustreznimi reprezentanti) in
- s širino pločevine (do in nad 1700 mm).

V poštev je prišlo 585 proizvodov, ki so točno določeni z naštetimi karakteristikami.

¹⁾ Biro za operacijske in tržne raziskave v Ljubljani je pred časom že izdelal tovrstno analizo za valjane debele pločevine v železarni Jesenice, vendar je do leta 1970 nastalo v obratu toliko bistvenih sprememb, da smo morali celoten program formirati še enkrat.

1. Funkcija cilja

Za kriterij optimalnosti smo izbrali maksimiranje dobička. Skupni dobiček, ki ga iščemo, smo ugotovili v dveh stopnjah: najprej smo določili na enoto proizvodnje samo proporcionalne stroške, t.j. tiste, ki se na enoto proizvodnje ne spreminjajo. Fiksne stroške, kot tudi vse ostale, ki imajo pretežno fiksen značaj, poznamo le v skupnem znesku v zaključnem obdobju, na enoto pa se spreminjajo; zato smo jih upoštevali šele po izračunanem optimalnem znesku kritja, od katerega smo jih odšteli.

Preden opišemo funkcijo kriterija, pojasnimo naslednje simbole:

- x_j : količina j -tega proizvoda v tonah, pri čemer se proizvodi razlikujejo glede na kvaliteto, debelino vhodnega slaba, širino in debelino pločevine;
- c_j : razlika med prodajno in variabilno lastno ceno j -tega proizvoda v din/t. Variabilne lastne cene smo vzeli namesto polnih zato, ker je pri danih proizvodnih napravah in strojih boljši kriterij za odločanje čim večji prispevek h kritju, ki je na enoto proizvoda neodvisen od količine proizvodnje; te pa vnaprej ne poznamo. Pri določanju lastne cene smo imeli na razpolago samo povprečne predelavne stroške za kvalitetne grupe proizvodov, znotraj grup pa so bili razdeljeni po stroškovnih mestih, ki so se ujemale z našimi delovnimi mesti. Poznali smo torej povprečne stroške predelave za vsako stroškovno mesto, povprečni čas zadrževanja na delovnem mestu ter čase za vsak proizvod. S sklepnim računom — povprečni proporcionalni stroški: povprečni proporcionalni čas = specifični stroški za proizvod: specifični čas za proizvod — smo ugotovili stroške po posameznih proizvodih. Stroški osebnih dohodkov, energije in specifičnega materiala so v glavnem proporcionalni s časom.

- F : fiksni stroški obrata, ki jih upošteevamo šele po izračunanem skupnem prispevku h kritju v enem znesku. Upoštevali smo jih za eno leto v višini, kot jo je predvideval plan obratovnega knjigovodstva.

Razlika med prodajno ceno in proporcionalnimi stroški mora kriti vse neproporcionalne stroške za j -ti proizvod, ostanek pa pomeni dobiček, ki ga prinaša enota tega proizvoda. Skupni dobiček vse proizvodne pločevine izrazimo v obliki funkcije.

$$\sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j - F, \text{ katere maksimum iščemo.}$$

2. Struktura obrata

Da bi lahko izračunali neznanke, ki jih iščemo, potrebujemo poleg skupnih kapacitet še podatke o normah za posamezne proizvode. Z normo razumemo čas, ki ga posamezen proizvod, definiran po navedenih merilih, običajno prebije na nekem delovnem mestu. Podatke o normah smo dobili iz oddelka za študij dela v posebnih tabelah: Za vsako delovno mesto smo jih še preračunali v enotne mere, prilagodili svojim potrebam ter popravili z izplenom. Te norme so specifične za tri grupe delovnih priprav. Najprej smo jih izračunali za peči, kot na primer: Za neki proizvod poznamo čas ogrevanja 5 ur. Poznamo tudi število naenkrat založenih kosov in njihovo težo, iz česar dobimo: 5 ur za 40 ton = 1/8 ure za 1 tono.

Če označimo norme, ki še niso preračunane na izplen, z A_{ij} in jih popravimo še z izplenom K_{ij} , dobimo iskane čase a_{ij} . Pri tem velja odnos:

$$a_{ij} = \frac{1}{A_{ij}} \cdot \frac{1}{K_{ij}}$$

Za progo so nam normirci posredovali konkretne čase posameznih kosov merjenih s štoparico. Popravili smo jih še z izplenom, ker niso bili postavljeni na gotovo proizvodnjo.

Za sekatorje norm nismo iskali, ker jih je nemogoče postaviti zaradi odvisnosti časov od melrov reza. Upoštevali smo samo skupno omejitev količine, ki gre lahko preko teh strojev.

Enako kot za progo so nam tudi za škarje posredovali norme normirci. Sami smo jih samo prilagodili izplenu.

3. Omejitve

Pri tako postavljeni funkciji cilja mora optimalna rešitev zadoščati dvema glavnima grupama omejitev: kapacitetam strojev ter absorpcijskim možnostim trga. Količine vložka in potrebne delovne sile nismo omejili, ker se s pregrupacijami znotraj podjetja lahko reši eventualno pomanjkanje vložka ali zaposlenih.

a) Kapacitete delovnih priprav:

Vse delovne priprave smo grupirali po delovnih mestih in zanje določili letne časovne kapacitete; te pomenijo za proizvodni program omejitve, ki jih ne sme preseči.

— peči: Obe ogrevni peči, potisno in krožno, smo združili. Delata po istem principu in imata približno enake čase (Zakladalnega časa nismo ločili, ker se zakladata kontinuirno). Stroški obeh ogrevnih peči so skoraj enaki. Zato smo pri računanju skupnih časovnih kapacitet upoštevali samo razmerje obeh delovnih prostornin. Skupno število koledarskih ur enega leta smo zmanjšali za nedelje, praznike, čas remontov in ves-ostali čas, ko peči ne delajo. Podoben račun smo naredili tudi za ostale peči — normalizirno, žarišno in kalilno.

— proga: Skupne kapacitete so izračunane enako kot za peči.

— sekatorji: Temu delovnemu mestu skupne časovne norme ni mogoče postaviti. Ker se tukaj obrezuje samo pločevina, debelejša od 20 mm, ti stroji ne delajo kontinuirno. Presledki so neenaki in neredni, zato smo kot skupne kapacitete postavili kar največjo možno količino pločevine, ki jo sekatorji v enem letu lahko obrežejo. Ker je ta količina 22.000 ton, smo v tej višini postavili fiksno omejitev.

b) Možnost prodaje:

Za razliko od prej naštetih faktorjev, ki delujejo znotraj podjetja, imajo tržne omejitve značaj okolja. Pred določitvijo optimalnega proizvodnega programa je oddelek za analizo trga na osnovi prodaje iz prejšnjih let ter predvidevanj za prihodnje leto postavil možne količine za debelinske grupe posameznih kvalitiet, ki jih komerciala lahko proda. Tako smo dobili za vsak proizvod ali celo grupo omejeno tonažo.

4. Povzetek problema

Na osnovi navedenih odnosov smo formirali matematični model tega problema:

Potrebno je poiskati nenegativne vrednosti spremenljivk X_j ($j = 1, 2, 3, \dots, 7$) tako, da bo izraz

$$\sum_{j=1}^{585} c_j \cdot x_j - F \text{ dosegel maksimum ob upoštevanju tehnoloških:}$$

$$\sum_{j=1}^{585} a_{ij} x_j \leq a_{i0} \quad (\text{za peči, progo, škarje } i = 1, 2, \dots, 6)$$

$$\text{ali } \sum_{j=1}^{585} a_{sj} x_j \leq a_{s0} \quad (\text{za sekatorje } s = 7) \text{ pri čemer lahko faktor}$$

s_j zavzame vrednost 1 za debeline nad 20 mm ali 0 za debeline pod 20 mm in tržnih: $x_j \leq \omega_j$ (za en proizvod) ali

$$\sum_j r x_j \leq \omega_{r0} \quad (\text{za } r\text{-to grupo proizvodov) omejitev.}$$

a_{ij} : potreben čas za proizvodnjo j -tega proizvoda na i -tem stroju

a_{i0} : razpoložljiva letna kapaciteta i -tega stroja

ω_j : količina j -tega proizvoda, ki se na trgu še lahko proda

r : grupa proizvodov z isto skupno omejitvijo, $r = 1, 2, 3, \dots, k$, skupno je danih k grupnih omejitev.

5. Analiza omejitve

Optimalno rešitev smo izračunali na elektronskem računalniku IBM 360/32 v času dveh ur. To je bil le zaključek štirimesečnega dela, rezultate pa smo dobili po računanju s 153 vrsticami, 585 kolonami ter s 347 iteracijami.

Dobljeni rezultati ustrezajo postavljenim zahtevam glede izkoriščenosti kapacitet ter potreb tržišča.

Za vsak proizvod optimalnega in neoptimalnega asortimana smo dobili več zanimivih podatkov, ki jih prikazujemo na naslednjem primeru:

podatek:	optimalni proizvod:	neoptimalni proizvod:
kvalitetna grupa	kotlovska	kotlovska
kvaliteta	Č 1202	Č 1204
debelina	5 mm	8—20 mm
širina	nad 1700	nad 1700
prispevek h kritju	320,69 din/t	318,24 din/t
tržna omejitev	350 ton	4500 ton
optimalna količina	350 ton	∅
znižanje — zvišanje	5,34 din/t	82,34 din/t
novi nivo kritja	315,35 din/t	400,58 din/t
mejna količina	316 ton	63 ton

Najprej so navedene karakteristike proizvoda, nato izračunani podatki: razlika med prodajno in variabilno lastno ceno, ki znaša za izbrani proizvod 321 din pri optimalni količini 350 ton. Navedeno kritje se lahko zniža največ za 5 din oziroma do 315 din/t, pri čemer bi bila količina te kvalitete v optimalnem programu 316 t, medtem ko bi pri večjih razlikah, ki so lahko pogojene s spremembami v stroških ali prodajnih cenah ipd., ta proizvod izpadel iz programa.

Naslednja kvaliteta ni prišla v optimalni izbor, njena količina pri kritju 318 din/t je torej nič. Čeprav sta prispevka h kritju v obeh primerih skoraj enaka, pa se razliki, ki sta potrebni za vstop v optimalni asortiman, bistveno razlikujeta. V tem primeru bi kvaliteta prišla v izbor, če bi se ta znesek povečal najmanj za 82 din, t.j. na 400 din/t. Pri taki razliki med prodajno in variabilno lastno ceno bi se to kvaliteto že izplačalo proizvajati.

Ti podatki so koristni predvsem v primerih, ko želimo vedeti, kakšen je vpliv spremembe posameznih elementov na optimalno rešitev. Vemo na primer, da pri nekaterih proizvodih zadostuje že malenkostna sprememba prispevka h kritju, da se dosega cilja že močno poveča. Včasih sprememba kapacitete stroja bistveno spremeni rešitev, včasih spet spremembe rešitve sploh ni. To pa se lahko predvideva na osnovi rezultatov naše analize, ki zato niso samo osnova proizvodnega plana, temveč določajo tudi smer prizadevanj analize trga, tehnološke priprave itd.

Razlika med prodajno in variabilno lastno ceno izbranih proizvodov je pokazala finančni učinek, večji od učinka, doseganega v prejšnjih obdobjih. To kaže na skrite rezerve obrata, ki nam jih omogoča odkriti metoda linearnega programiranja. Poleg te prednosti je obratovodstvo dobilo še več koristnih podatkov, na osnovi katerih je uvajanje tehnoloških ali tržnih sprememb lahko smiselno izpeljano.

Za vsako proizvodno mesto, na pr. za sektorje, je poleg izračunane izkoriščenosti kapacitet naveden tudi znesek, za katerega se poveča ali zniža prispevek h kritju, če se kapaciteta spremeni za eno enoto. Ker so ti zneski na različnih proizvodnih mestih različno visoki, vidimo iz tega, katerim strojem se izplača dati prednost pri zviševanju kapacitet.

Podobno lahko uporabimo podatke o izkoriščanju tržnih možnosti. V dobljenih tabelah so za vsako kvaliteto navedene spremembe prispevka h kritju, če bi se prodana količina povečala za eno enoto. To je dobro vodilo za komerciala, ki se bo trudila za povečanje prodaje tistih proizvodov, pri katerih se prispevek h kritju in s tem tudi skupni finančni efekt najbolj poveča.

In končno nam vsi zbrani podatki nudijo možnost še za vrsto drugih analiz²⁾, s katerimi lahko obdelamo vpliv najrazličnejših sprememb v zvezi s tem obratom. Ena od takih analiz je že bila izdelana v primeru, ko je za vso železarno začelo primanjkovati vložka in ga je bilo treba tudi za valjarno debele pločevine ustrezno omejiti. Ker točna količina ni bila postavljena, smo programirali parametrsko za več stopenj nižjo proizvodnjo. V rezultatu se je asortiman spremenil toliko, da so prišli vanj kvalitetnejši proizvodi, ki v večji meri zahtevajo obdelavo v pečeh, kar pa večja količina prejšnjih kvalit. Zato se je izkoriščenost kapacitet bistveno spremenila, medtem ko razlika v kritju ni bila tako velika. Ves račun v zvezi s tem nam je vzel le osem ur časa, od tega ga je računalnik porabil za parametrsko programiranje 20 min. Rezultati pa so tako zanimivi, da se trud s podobnimi dodatki in postanalizami vsekakor izplača.

Zelzarna Jesenice

*Lučka ROZMAN
Rudi ROZMAN*

²⁾ O tem več v člankih, ki jih pripravlja grupa sodelavcev v Zelzarni Jesenice za 3. posvetovanje o operacijskih raziskavah v aprilu 1970. na Bledu.