

Građevinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku
Stručni specijalistički studij

OPTIMIZACIJA ROKA I RASPOREDA RESURSA VREMENSKIH PLANOVA

Nastavni materijali za predmet

“Upravljanje projektima i optimizacija planova”

Viši predavač

Mr.sc. **Držislav Vidaković**, d.i.g.

Optimizacija roka u odnosu na troškove građenja

Optimizacija je 3. faza planiranja i zahtjeva odgovarajuću matematičku podlogu (samo tehnika mrežnog planiranja detektira kritični put i rezerve!).

Najčešći je slučaj da je potrebno skratiti rok realizacije, a to se treba napraviti tako da ukupni troškovi izvedbe budu što manji.

Deterministički modeli optimizacije kroz postupke opće objektivne zakonitosti i uzročne uvjetovanosti određenih, neslučajnih varijabli istražuju raspored resursa ili minimum troškova ili vremena. **Metode optimizacije odnosa trajanja i troškova** razlikuju se prema načinu aproksimacije odnosa troškova i vremena (najviše se koristi **linearni pristup** jer je najpogodniji za primjenu, mada nije najkvalitetniji) i algoritmu (može biti matematički i heuristički).

Skraćivanje planiranog roka realizacije postiže se mijenjanjem vremenskog rasporeda i maksimalnog broja resursa (prebacuju se s vremenski paralelnih nekritičnih aktivnosti na one koje su na kritičnom putu) i raznim drugim praktičnim organizacijskim i tehnološkim mjerama kao što su:

- *uvođenje više radnih smjena na dan,*
- *uvođenje prekovremenog rada, odnosno duže trajanje radne smjene (kao i prethodna mjera smanjuje pojedinačni postotak učinka radnika u odnosu na 8-satni rad u prvoj smjeni),*
- *primjena produktivnijih materijala i efikasnijih metoda i postupaka (npr. za brže očvršćavanje betona),*
- *povećanje broja radnika (može se koristiti usluge kooperanta, broj je ograničen veličinom radnog prostora,),*
- *povećanje broja mehanizacije (uključuje dodatne jednokratne troškove uvođenja u rad novih strojeva),*
- *davanje premija za raniji završetak posla (investitor izvođaču, a izvođač svojim radnicima i kooperantima).*

Uvijek se skraćuju samo one aktivnosti koje su na kritičnom putu, ali njihovim skraćivanjem kritični put se mijenja. Skraćivanjem trajanja izvedbe podižu se direktni troškovi i zato se to čini prije na aktivnostima koje imaju manji prirast troškova po danu skraćivanja.

Jednokriterijski model, u literaturi poznat kao “**time-cost trade-off**”, iterativan je, provodi se “step by step”, kroz tablice i matrice uz koje se paralelno skraćuje mrežni plan (prilagođen računalnoj obradi). Ovaj postupak uključuje izračun dnevnog prirasta troškova (linearno) prema izrazu:

$$\Delta trošk = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{T_{\text{normal}} - T_{\min}} [kn / dan]$$

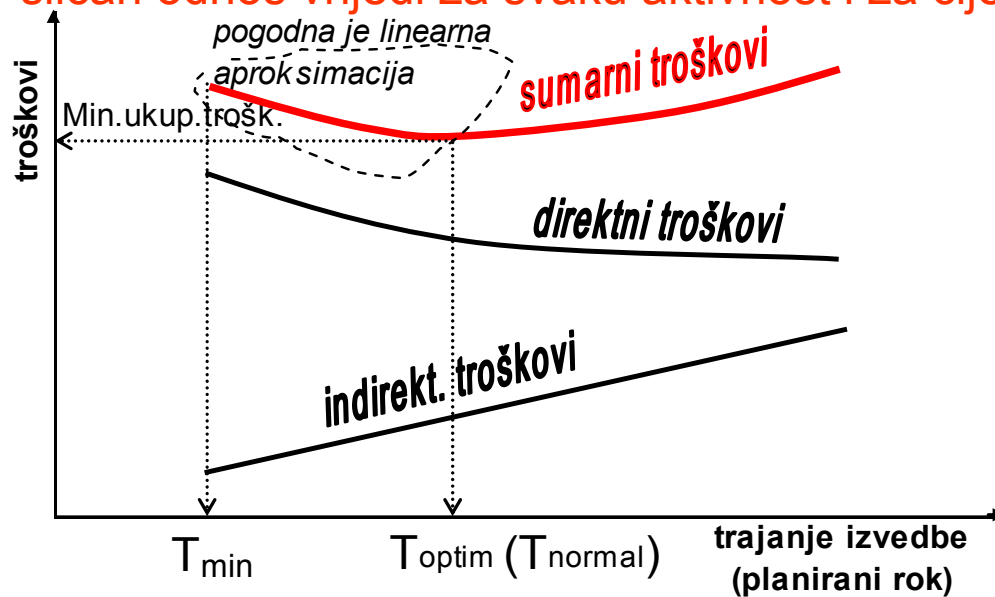
Postupak po ovom modelu daje odgovor kako brzina (rok) građenja utječe na troškove, ali je problem dolaženja do brzog i jednostavnog rješenja (ni do danas nije zadovoljavajuće rješenje) je jako veliki broj rješenja. **Redoslijed postupaka** (Fondahl, Trbojević, Lukić) je sljedeći:

1. Proračun odnosa vrijeme – troškovi prema najnižem dnevnom prirastu troškova (kn/dan)
2. Utvrđivanje redoslijeda aktivnosti prema najnižem dnevnom prirastu troškova
3. Utvrđivanje efekta međusobnih zavisnosti (između aktivnosti i njihovih troškova)
4. Utvrđivanje mogućeg vremena skraćivanja u odgovarajućem koraku
5. Utvrđivanje veličine povećanja troškova za cijeli projekt
6. Utvrđivanje veličine smanjenja troškova za cijeli projekt (razni indirektni troškovi: režije, kamate, inflacija, penali/premije i dr.)
7. Utvrđivanje ukupnih troškova (i cijene) projekta i roka realizacije do najkraćeg mogućeg (tzv. “usiljeno vrijeme” – *crash time*)
8. Iznaženje minimalnih ukupnih troškova i odgovarajućeg roka realizacije (građenja), uzimajući u obzir prirast i smanjenje različitih vrsta troškova za cijeli projekt (u skladu s prethodnim točkama)

Ovakav algoritam rada obično uključuje izradu tablice proračuna odnosa “vrijeme-troškovi” (*Time and cost data*), tablice izbora aktivnosti i pregleda vremenskih rezervi (*Operation selection and time tally sheet*), tablice međusobnih zavisnosti u mreži (*Network interaction limit determination*), niza matrica pomoću kojih se utvrđuju novonastali međusobni odnosi – interakcije između aktivnosti (*Precedence matrix*) i grafičkog prikaza optimizacije s veličinom prirasta troškova zbog skraćivanja roka (od normalnog roka izvedbe do *crash time*), ali i s veličinom istovremenog ukupnog smanjenja troškova (zbog ušteda ba režijskim troškovima gradilište, premiji itd.)

Grafički prikaz odnosa troškova (različitih) i trajanja

(- sličan odnos vrijedi za svaku aktivnost i za cijeli projekt)



Kada se izrađuje početni plan aktivnosti se u pravilu određuju prema T_{normal} , a optimizacijom se najčešće traži minimalni trošak za realizaciju cjelokupnog projekta.

Redni br. - AKTIVNOST	T_{normal} (dana)	T_{minim} (dana)	T_{dif} (dana)	Prirast troš. po danu skraćivanja (kn/dan)
1.				
2.				
⋮				
i				
⋮				
n				

U praktičnim situacijama moguća je pojava različitih povećanja troškova za isto skraćivanje (ubrzanje), kao i povećanje troškova bez ubrzanja radova, a ponekad i skraćivanje roka bez rasta troškova.

Vrhunski svjetski autoriteti s područja organizacije građenja i upravljanja projektima (J. Moder, C. Phillips, E. Davis) ukazuju na ograničenost "time-cost" modela optimizacije zbog u njima sadržane pretpostavke o neograničenoj raspoloživosti svih resursa. Oni smatraju da bi u nizu slučajeva (ali ne svakom!) bolje bilo upotrijebiti metode koje optimiziraju broj i raspored resursa tijekom gradnje. Drugi autori (tvrde da se procedure optimizacije broja i rasporeda resursa mogu koristiti samostalno, dok "time-cost trade-of" smatraju problematičnim za samostalnu primjenu. Pronalaženje najekonomičnijeg, tj. optimalnog plana za projekt zahtjeva da se obje tehnike (metode) razmatraju zajednički.

Tablica – lista aktivnosti u kakvu se obično upisuju podaci za iterativni postupak skraćivanja roka uz minimalne troškove

Prirast i opadanje troškova u odnosu na rok izvođenja radova

Kod materijala može doći do **povećanja troškova** zbog korištenje veće količine pomoćnih materijala (oplate, skela i sl.). Ono se po danu skraćenja (dE_{mp}) može izračunati prema izrazu: $dE_{mp} = E_{mp} \times (T_n/T_{skr} - 1)$
Do porasta troškova materijala ponekad kod ubrzanja radova dolazi i zato što se manje pazi i materijal se više rasipa.

Za plaće radnika povećanje troškova po danu skraćenja se računa:

-za rad u dvije smjene: $dE_{pl} = E_{pl} \times 0,116 \times (T_n - T_{skr}/T_n)$

-za rad u tri smjene: $dE_{pl} = E_{pl} \times 0,208 \times (T_n - T_{skr}/T_n)$

Povećanje troškova (jednokratni troškovi $-E_{jed}$) **zbog uvođenja u rad dodatnih strojeva** izračunava se prema: $dE_{jed} = E_{jed} \times (T_n/T_{skr} - 1)$

Ušteda zbog **izbjegavanja penala** (ili dodatni gubitak zbog penala), kao i **povećana dobit zbog ugovorenih premija** obračunava se po danu skraćenja kako su penali i premije u postotku (ili promilu) i određeni u ugovoru.

Smanjenje indirektnih troškova - “**gradilišne režije**” obračunava se prema: $sE_r = E_r \times (1 - a) \times (n/T_n)$, gdje “a” ovisi o poduzeću (orijentaciono 0,5 -0,75)

Ušteda na kamatama (k u %) i inflaciji (i u %) može se izračunati kao $sE_{ki} = C_p \times (k+i)/100 \times (T_n - T_{skr})/365$, gdje je C_p početna cijena izgradnje.

Ako se želi obračunati **veća dobit** zbog **ranijeg puštanja u uporabu** građevine u prethodni izraz treba na kamate i inflaciju dodati i predviđenu dobit od korištenja (pogona, iznajmljivanja i dr.) u %.

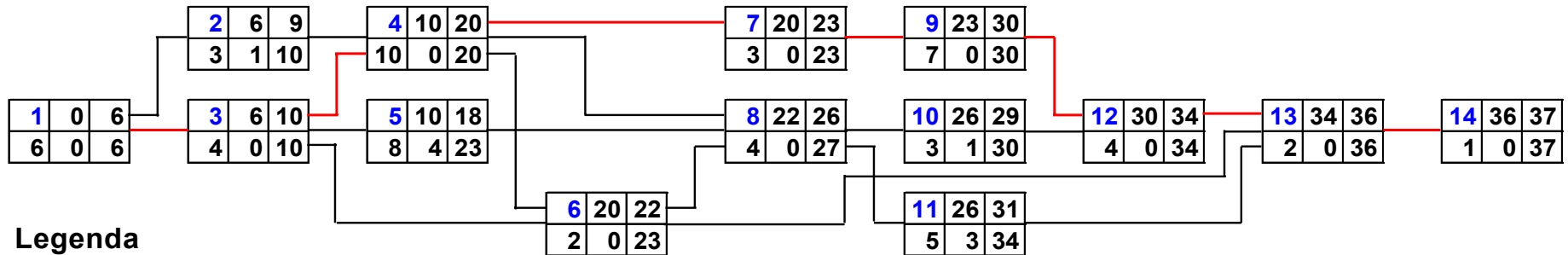
SVODENJE NA JEDAN KRITERIJ – NOVAC

Troškovi imaju najfleksibilniji odnos s ostalim resursima koji su predmet optimalizacije, jer se s novcem može:

- *kupovati vrijeme unutar određenih graničnih vrijednosti vremena* (uz prikazani funkcionalni odnos ove dvije veličine);
- *kupovati smanjenje rizika ili plaćati zbog njegovog povećanja* (u smislu optimalnosti rješenja s minimaliziranim rizikom);
- *plaćati povećane troškove uslijed odstupanja histograma radne snage i strojeva od optimalnog profila.*

Ideja je usvajanje novca kao zajedničkog nazivnika, kojim će se jedinstveno i jasno ocjenjivati različita rješenja tijekom postupka optimizacije.

Primjer optimizacije odnosa troškova i roka



Legenda

Br	ES	EF
Ta	FF	LF

Gore je prikazan **početni (neoptimizirani) mrežni plan** za jednostavni primjer s 14 aktivnosti i samo normalnim vezama koji ima proračunati rok realizacije 37 radnih dana i u odnosu na to trajanje iskalkulirani ukupni trošak 1.000.000 kn):

1. Otvaranje gradilišta - 6 dana, PA: -
2. Nabavka materijala - 2 dana, PA: 1
3. Zemljani radovi - 2 dana, PA: 1
4. Grubi građevinski radovi - 7 dana, PA: 2, 3
5. Nabavka opreme - 8 dana, PA: 3
6. Donji str. –priključci .- 2 dana, PA: 3, 4
7. Montažni radovi - 3 dana, PA: 4
8. Ukopavanje cisterni - 4 dana, PA: 4, 5, 6
9. Pokrivački radovi - 7 dana, PA: 7
10. Obziđivanje cisterni - 3 dana, PA: 8
11. Izrada kolovoza - 5 dana, PA: 8
12. Montaža opreme - 4 dana, PA: 9, 10
13. Završni radovi - 2 dana, PA: 6, 11, 12
14. Tehnički pregled - 1 dan, PA: 13

Postupak optimizacije provodi se po koracima kako je pokazano u sljedećoj tablici (podaci u njoj su u danima, a cijena skraćenja (povećani trošak) u kn/danu skraćenje. Naznačeno skraćenje odnosi se na mogući broj dana za koji se može skratiti aktivnost iz početnog plana. U mrežnom planu su upisane samo slobodne rezerve ($FF = ES_{NA} - EF_{PA}$) obzirom na ograničavajuću aktivnost, a u sljedećoj tablici upisane su slobodne rezerve za sve odnose prethodnih (PA) i narednih aktivnosti (NA).

Tablica s koracima optimizacije

Ulazni podaci

KORAK 1 -akt.3 KORAK 2 -akt.1 KORAK 3 -akt.9 KORAK 4 -akt.12 KORAK 5 -akt.2,3 KORAK 6 -akt.4 KORAK 7 -akt.8,9

PA	NA	EF _{PA}	ES _{NA}	T _{PA}	FF	skr. _{PA}	cijena	Skr. ak.	Poveć. tr.	Skr. ak.	Poveć. tr.	Skr. ak.	Poveć. tr.	Skr. ak.	Poveć. tr.	Skr. ak.	Poveć. tr.	Skr. ak.	Poveć. tr.	Skr. ak.	Poveć. tr.	
1	2	6	6	6	0	2	1300			2	2600											
1	4	6	6	6	0	2	1300															
2	4	9	10	3	1	1	1300								1	1300						
3	4	10	10	4	0	2	650	1	650						1	650						
3	5	10	10	4	0	2	650															
3	6	10	20	4	10	2	650															
4	6	20	20	10	0	3	2200									3	6600					
4	7	20	20	10	0	3	2200															
4	8	20	22	10	2	3	2200															
5	8	18	20	8	4	2	1500															
6	8	22	22	2	0	0	-															
6	11	22	26	2	4	0	-															
6	13	22	34	2	12	0	-															
7	9	23	23	3	0	1	2500															
8	10	26	26	4	0	1	1500													1	1500	
8	11	26	26	4	0	1	1500															
9	12	30	30	7	0	2	1400					1	1400								1	1400
10	12	29	30	3	1	1	1000															
11	13	31	34	5	3	2	1700															
12	13	34	34	4	0	1	1800						1	1800								
13	14	36	37	2	0	0	-															
14	-	37	-	1	0	0	-															
Skraćenje:								1		2		1		1		1		3		1		
Noviodobiveni rok:								36		34		33		32		31		28				27
Povećanje troškova									+650		+2600		+1400		+1800		+1950		+6600			+2900
Smanjenje troškova (od početnih 1000000kn)									-2400		-4800		-2400		-2400		-2400		-7200			-2400
Sveukupni troškovi nakon promjene roka									998250		996050		995050		994450		994000		993400			993900

998250 <1000000 ⇌ 996050 <998250 ⇌ 995050 <996050 ⇌ 994450 <995050 ⇌ 994000 <994450 ⇌ 993400 <994000 ⇌ 993900 >993400 ⇌

U tablicu je poželjno bilježiti još i neke druge podatke (u ovom prikazu zbog preglednosti to nije pogodno, ali na računalima i drugim formatima ispisa nema pri tome problema). Svakako treba uvijek (pri svakom koraku optimizacije) voditi računa o vezama (odnosima) između aktivnosti, preostaloj rezervi aktivnosti i izmjenama kritičnog puta. Tako u ovom primjeru u 1. koraku aktivnost 3 se krati samo za 1 dan jer nakon toga i aktivnost 2 postaje kritična i daljnje kraćenje samo te aktivnosti ne bi uzrokovalo skraćenje ukupnog roka (zato se u 5. koraku skraćuju i aktivnost 3 i aktivnost 2, svaka za 1 dan što konačno krati plan za 1 dan). Isto tako se i aktivnost 9, iako se može skratiti za 2 dana, skraćuje samo za jedan dan, jer jer i kada bi se skratila za više to ne bi utjecalo na početak i kraj aktivnosti 12 obzirom da se stvara novi kritični put do nje.

Prema prethodno određenim troškovima skraćenja trajanja (2400 kn/danu) i uštedama po danu skraćenja (ulazni podaci -izračunati iz prije navedenih izraza) nakon 6. koraka ukupni troškovi počinju rasti (nakon 7.koraka bili bi veći od 993.400 kn dobivenih 6. korakom), pa se optimizacija zaustavlja na tom koraku i roku od 28 dana.

Kada bi u ovom primjeru uštede po danu skraćenja bile veće (npr. izbjegavanje penala ili dodatni prihod od premija investitora) optimizacija planskog roka bi se nastavila kroz 7. korak i dalje (8. korak skraćivanje aktivnosti 7 i 10 za po jedan dan), sve dok opet prirast svih troškova ne nadmaši uštede zbog skraćenja.

Istim smjerom bi se skraćenje roka nastavilo i da je ono neophodno (zbog zahtjeva investitora), bez obzira na ukupni prirast troškova (ali bi se planiralo tako da prirast bude minimalno potreban). Ovdje nije dana posebna tablica (lista) aktivnosti poredanih prema veličini prirasta troškova po danu skraćenja, ali je vidljivo da je optimizacija izvođena upravo tim redoslijedom (naravno, ako skraćenje utječe na ukupno smanjenje roka realizacije. U pokazanom primjeru za sva skraćenja aktivnosti uzet je isti prirast troškova po danu, no moguć je i kompleksniji slučaj gdje skraćenje za određeni broj dana ima jedan prirast troškova, a nakon toga se može i dalje skraćivati, ali uz drugi (veći) prirast troškova tj. veću cijenu.

Smanjenje troškova zbog manjih režijskih troškova gradilišta, ako su predviđeni režijski troškovi za prvi planirani rok 210.000 kn :

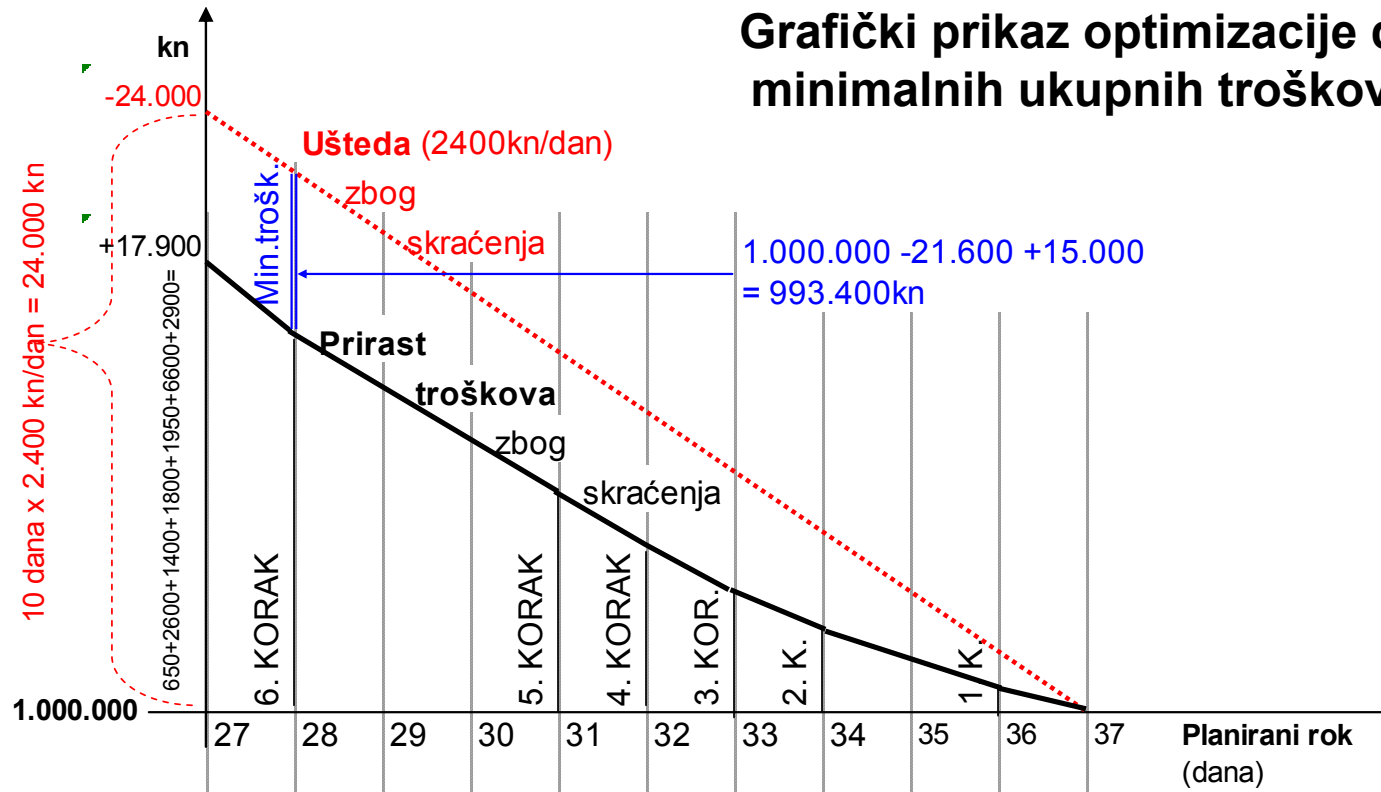
$$sE_r = 280.000 \times (1 - 0,7) / 37 = \underline{2.270 \text{ kn/dan}}$$

Smanjenje troškova zbog uštede na kamatama (3,50%) i inflaciji (1,25%) :

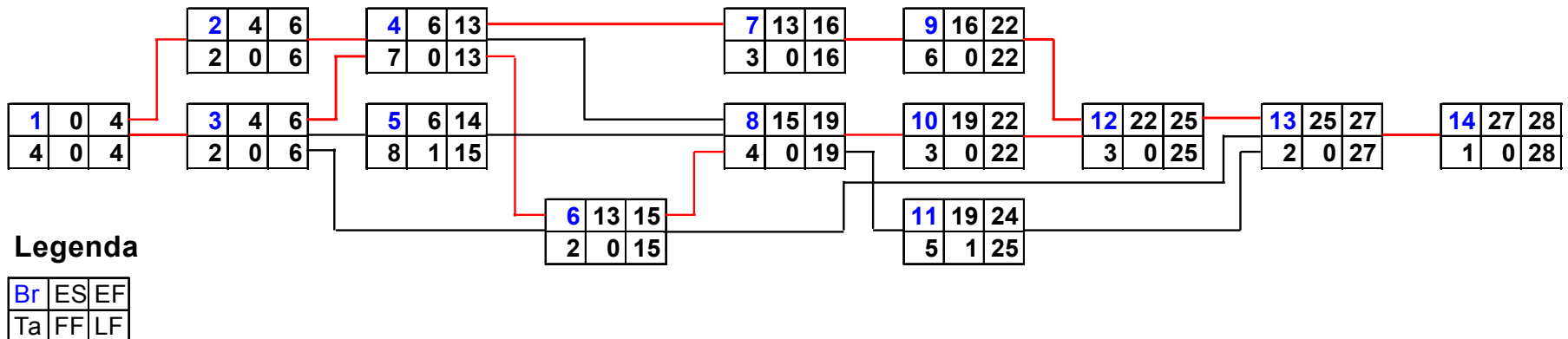
$$sE_{ki} = 1.000.000 \times 4,75 / 36500 = \underline{130 \text{ kn/dan}}$$

Ukupno smanjenje troškova zbog skraćenja roka: $2.270 + 130 = \underline{2.400 \text{ kn/dan}}$

Grafički prikaz optimizacije do minimalnih ukupnih troškova



Optimalizirani mrežni plan obzirom na odnos roka i ukupnih troškova



Optimizacija resursa - vremenskog rasporeda i broja

Osnovni model tehnike mrežnog planiranja ne sadrži ograničenja u broju resursa što nikako ne odgovara potrebama prakse. *Planiranje bez optimaliziranja resursa je prema mišljenju praktičara samo matematički formalizam i moguća procedura za dobivanje nemogućih rezultata.*

To ne znači da prije spomenute metode treba odbaciti, nego da se trebaju koristiti kombinirano, kao dio šireg polja optimizacijskih djelovanja, koja se teško mogu svesti na jedan univerzalni algoritam.

Ravnomjernost korištenja radne snage karakterizira **kriterij ravnomjernosti** za pojedino zanimanje:

$$K_z = 1 - \frac{p_z}{P_z}, \text{ kao i za cjelokupnu radnu snagu: } K = \frac{\sum_{z=1} K_z * P_z}{P},$$

gdje je:

p_z - zbroj resursa (radnika-smjena) koji se na histogramu nalaze iznad linije srednje vrijednosti potreba za i -tom vrstom radne snage,

P_z - ukupni broj radnika-smjena pojedine vrste zanimanja potrebnih za cijeli projekt,

P - ukupni broj radnika-smjena svih zanimanja potrebnih za cijeli projekt,

z - pojedino zanimanje radnika,

r - broj različitih zanimanja tj. vrsta radnika koji sudjeluju u radu na projektu.

Točniju ocjenu plana korištenja pojedinog resursa treba temeljiti na odstupanju od idealnog slučaja, koji se definira kao nepromjenjen broj resursa, manji od ukupno raspoloživog, uz uvjet neprekinutog rada tijekom ukupnog vremena korištenja. Numerički izraženo to su penali, za čiji je proračun potrebno koristiti određene smjernice o faktorima koji utječu na njihovu vrijednost u smislu kriterija iz prakse. U iznos penala se ne uračunavaju promjene za koje se može pretpostaviti realizacija bez smetnji (npr. korištenjem produženog radnog vremena kada je to nužno i drugo što se može sanirati na operativnoj razini). Za sadržajni opis i usporedbu stanja može se broj dodatnih odlazaka i dolazaka različitih tipova radne snage staviti u odnos s ukupnim brojem radnika-smjena i s ukupnim brojem dana angažiranja određenog resursa na projektu.

Teži se ravnomjernom, neprekinutom rasporedu korištenja (idealni raspored), odnosno njemu što bližem profilu (*Gaussovoj* krivulji). **Svako odstupanje od toga realno povećava troškove i umanjuje vjerojatnost izvršenja planiranih parametara.** Optimizacija rasporeda resursa stoga je usmjerena na:

- **minimalizaciju promjene broja resursa** tijekom vremena njihovog korištenja (izbjegavanje svih dolazaka i odlazaka više od jednom po radniku/stroju),
- **otklanjanje (snižavanje) vršnih potražnji** resursa (u nepovoljnom terminu).

S tim se smanjuje rizik da se plan ne ostvari (primjenjiviji je) i neki jednokratni troškovi. Bolji raspored resursa nastoji se postići uz minimalno (teško ga je sasvim izbjeći) povećanje trajanja početno određenog planiranjem (napravljeno bez ograničenja u primjeni resursa).

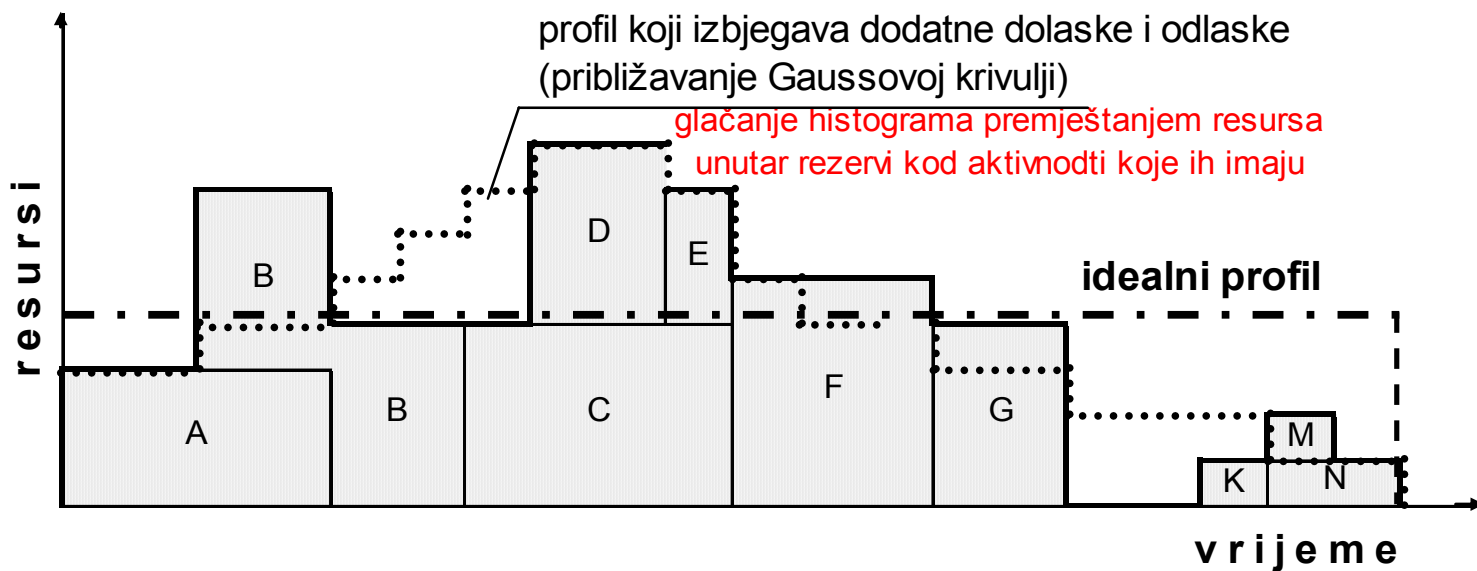
Da bi se to ostvarivalo postoje metode:

-za **optimalizaciju rasporeda resursa u planu** (ujednačavanje -“resource leveling”, “peglanje” histograma), kojima se nastoji **izjednačiti histogram resursa premještanjem nekritičnih aktivnosti iz najranijeg položaja u neki drugi povoljniji, a unutar njihove vremenske rezerve, tako da trajanje plana ostane isto.** U pojedinim slučajevima premještaju se i neke kritične aktivnosti, što dovodi do promjene planiranog roka.

-za **optimalizaciju korištenja ograničenog broja resursa u planu** (“limited resource allocation” ili “fixed resources limits scheduling”), koje **definiraju raspored aktivnosti uz fiksni (ograničeni) broj raspoloživih pojedinih vrsta resursa, s ciljem pronalaženja minimalnog mogućeg trajanja izvedbe.**

Dodatne poteškoće uzrokuju aktivnosti koje koriste više resursa od koji nisu svi potrebni tijekom cijelog njihovog trajanja (problem je njihovo dijeljenje jer može dovesti do izmjena vremenskih elemenata u okviru kojih je optimizirana potražnja).

Nekada se provodi postupak da se za ograničeni (fiksni) broj resursa pronađe minimalno moguće trajanje realizacije.



Profil se nastoji što više iznivelirati premještanjem resursa i izmjenama predviđenog broja resursa na račun trajanja pojedinih aktivnosti. Obično se tu radi o nizu optimizacijskih postupaka koji mogu biti usmjereni na postizanje željenog rješenja uz:

- fiksno – **zadano trajanje plana** ili
- fiksno – **ograničeni broj resursa** i moguće promjene trajanja plana.

Alokacijom resursa, prvenstveno s aktivnosti koje nisu na kritičnom putu, može se postići nešto povoljniji raspored korištenja, ali s tim se obično rješava samo jedan dio ovoga problema. Utvrđeno je da **efikasnost svih optimizacijskih metoda brzo opada s porastom broja različitih resursa.**

Da bi se postigao ravnomjerniji, ujednačeniji plan rasporeda resursa moguće je primijeniti određene **mjere i postupke planiranja ulaznih podataka**, kao i djelovanja na izlazne rezultate proračuna. Za praktično primjenljiv krajnji rezultat planiranja **posebno je važna priprema podloga vezana za resurse**. Potrebno je prije postupka proračuna plana sagledati sve moguće posljedice pojedinačnih zahtjeva za resursima i eliminirati njihove negativne međutjecaje koji se iskazuju na razini projekta. To obuhvaća postupke kao što su:

- **kontrola raspoloživog broja svih vrsta resursa** po aktivnostima i vremenu (za cijeli projekt) i
- **kontrola heterogenosti specificiranih resursa** po aktivnostima (poglavito strojeva).

Kako bi se vremenski raspored i ukupno brojno stanje svih vrsta resursa za cijeli projekt imalo pod kontrolom, u fazi pripreme se u mrežni dijagram uvode **resursne veze**. One su organizacijske prirode i prikazuju slijed agažiranja nekog ograničenog broja resursa u planu izvedbe projekta. **Uspješno onemogućavaju preklapanje pojedinačnih zahtjeva aktivnosti**, ali ograničavajući faktor primjene im je što rješavaju problem samo jedne vrste resursa ili eventualno kod radne snage nekoliko tipova zanimanja. Zbog potrebe različitih resursa za pojedine aktivnosti, kao i na cijelom projektu, ovaj postupak uz pozitivno djelovanje na praćene resurse, može imati loše posljedice za raspored drugih vrsta. Osim toga, na taj se način povećava broj veza u planu (preporučljivo je da su različito označene), što dodatno komplicira model i "opterećuje" grafički prikaz. Općenito gledano povećanje broja veza stvara nove puteve u mrežnom dijagramu, što zahtjeva nove proračune i povećava složenost postupaka. Postoji i mišljenje nekih autora da mrežni dijagram predstavlja isključivo raspored zadataka i njihove odnose, te da u njega nikako ne treba uključivati probleme ograničenja resursa.

Između rješenja, koje se nastoje izabrati i ugraditi u plan kako bi rezultirali povoljnim korištenjem resursa, izdvajaju se **preporuke** o:

- **zasnivanju plana na istovjetnim radnim grupama** kao osnovnim jedinicama za proračun (umjesto pojedinca) i
- **primjeni resursa koji mogu raditi više različitih vrsta poslova** (polivalentna, višefunkcionalna mehanizacija, univerzalni radnici).

Anketno ispitivanje provedeno početkom 21. st. među aktivnim građevinskim poduzećima različite veličine (ukupno s više od 1.000 radnika) s područja Osječko - baranjske i Brodsko - posavske županije pokazalo je da više od 80% njih, s većim ili manjim udjelom, uobičajeno koristi iste KV radnike – građevinske "majstore" univerzalnog tipa, za obavljanje radova koji prema normativima iziskuju različita zanimanja . Na sličnu situaciju u građevinarstvu ukazuju istraživanja obavljena u SAD-u. Studija rađena na bazi većoj od 1.000 radnika pokazala je da ih oko 70% obavlja poslove izvan domene svog primarnog zanimanja.

Za optimalizaciju rada s univerzalnom radnom snagom osmišljen je odgovarajući matematički model – *Multiskilling Optimization Model for Allocation (MOMA)* uz pomoć kojega se može minimizirati broj radnika, broj uključivanja u posao i dodatno potrebni najam radne snage.

Za kombiniranje rada majstora jednoga zanimanja s polivalentnim radnicima modificiran je algoritam s heurističkim pravilima, pa se prema njemu provodi procedura uključivanja zamjenjujuće radne snage u slučajevima nedostatka (prekomjerno uračunatog) nekog od tipova zanimanja. U istu svrhu razvijen je posebni program –*Multiskill Resource Scheduling Algorithm (MURSA)*, a mogućnosti učitavanja jednog ili više pravila zamjene (*substitution rules*) postoje i u nekim standardnim računalnim programima za vremensko planiranje.

