

# Procesna građevinska kalkulacija i procjena rizika

---

**Bevanda, Ladislav; Radujković, Mladen**

*Source / Izvornik:* **Građevinar, 2005, 57, 403 - 411**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:494241>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-03**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)



# Procesna građevinska kalkulacija i procjena rizika

Ladislav Bevanda, Mladen Radujković

## Ključne riječi

procesna građevinska kalkulacija,  
procjena rizika,  
upravljanje projektom,  
upravljanje rizikom,  
procjena troškova  
kalkulacije cijene

## Key words

process-based calculation  
of construction work,  
risk assessment,  
project management,  
risk management,  
estimating costs during  
price calculation

## Mots clés

calcul des coûts de  
construction basé sur  
procédés,  
évaluation des risques,  
gestion des projets,  
gestion des risques,  
estimation des coûts dans  
le calcul des prix

## Ключевые слова

процессуальная  
строительная  
калькуляция,  
оценка риска,  
управление проектом,  
управление риском,  
оценк расходов  
калькуляции стоимости

## Schlüsselworte

Prozess-Baukalkulation,  
Risikoabschätzung,  
Projektleitung,  
Risikoleitung,  
Kostenabschätzung,  
Preiskalkulation

L. Bevanda, M. Radujković

Izvorni znanstveni rad

## Procesna građevinska kalkulacija i procjena rizika

Opisan je jedan od mogućih postupaka "procesne" građevinske kalkulacije projekata i procjenjivanja rizika u kalkulaciji cijene projekta izvođenja radova. Procesno raščlanjenim troškovima procjenjuju se moguća opterećenja uslijed rizika; svake vrste troška na svaki izvor rizika. Kvantificirani utjecaji rizika simuliraju se i dobija raspon cijene za pokrivanje rizika. Odluka o pokrivenosti rizika je presudna za konačnu procjenu troškova u građevinskoj kalkulaciji projekata izvedbe.

L. Bevanda, M. Radujković

Original scientific paper

## Process-based calculation of construction costs and risk assessment

One of possible procedures for the "process-based" calculation of project costs and for risk assessment in calculating price of construction work, is described. Costs broken down to individual processes are used to estimate possible risk-related expenditures, i.e. every type of risk is attributed to every type of cost. The quantified influences of risk are simulated and the price range required to cover the risk is defined. The risk coverage decision is crucial for the final evaluation of cost in estimating the price of construction projects

L. Bevanda, M. Radujković

Ouvrage scientifique original

## Calcul des coûts de construction basé sur procédés et évaluation des risques

Une des procédures possibles pour le calcul des coûts de projet basé sur procédés, et pour l'évaluation des risques dans le calcul des travaux de construction, est décrite. Les coûts répartis par procédés individuels sont utilisés pour évaluer les dépenses liées aux risques, c'est-à-dire chaque type de risque est attribué à chaque type de coût. Les influences quantifiées du risque sont simulées, et l'échelle des prix nécessaire pour couvrir le risque est définie. La décision relative à la couverture de risque est critique pour l'évaluation finale des coûts dans l'estimation des prix des projets de construction.

И. Беванда, М. Радујковић

Оригинална научна работа

## Процессуальная строительная калькуляция и расчёт риска

В работе описан один из возможных способов "процессуальной" строительной калькуляции проектов и оценки риска в калькуляции стоимости проекта выполнения работ. Процессуально расчленением расходов оцениваются возможные нагрузки вследствие риска; каждого вида расхода на каждый источник риска. Квантифицированные влияния риска воспроизводятся и получается диапазон стоимости для покрытия риска. Решение о покрытии риска является решающей для конечной оценки расходов в строительной калькуляции проекта выполнения.

L. Bevanda, M. Radujković

Wissenschaftlicher Originalbeitrag

## Prozess-Baukalkulation und Risikoabschätzung

Beschrieben ist eines der möglichen Verfahren der "Prozess"-Baukalkulation der Projekte und der Risikoabschätzung in der Preiskalkulation für die Ausführung der Arbeiten. Durch prozessartig gegliederte Kosten schätzt man die möglichen Belastungen infolge des Risikos, jeder Kostenart an jeder Risikoquelle. Quantifizierte Risikoeinflüsse werden simuliert, so erhält man die Preisspanne für die Deckung des Risikos. Der Entschluss über die Risikodeckung ist entscheidend für die endgültige Abschätzung der Kosten in der Kalkulation der Ausführungsprojekte.

Autori: Mr. sc. **Ladislav Bevanda**, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet u Mostaru i **HERING Široki Brijeg d.o.o.**;  
prof. dr. sc. **Mladen Radujković**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zagreb

## 1 Uvod

U životnom vijeku svakog građevinskog projekta potrebno je osigurati trajno upravljanje svim procesima koji utječu na krajnji uspjeh [1], [3]. Navedeni pristup jednako vrijedi za sve sudionike i poslovne procese vezane uz projekt jer uspjeh projekta uglavnom svima donosi neke dobrobiti. Pritom je posebno važno integrirati procese izvorne organizacije čiji je projekt, privremene projektne organizacije koja upravlja projektom i organizacije koja predstavlja ulagače kapitala. Da bi se osigurao uspjeh projekta i poslovne politike izvorne organizacije, potrebno je već u fazi pripreme projekta građevinskom kalkulacijom, omogućiti učinkovitost i transparentnost resursa projekta i potencijala poslovnog sustava, koja će u fazi ostvarenja projekta osigurati jasne ciljeve i odnose među organizacijskim cjelinama i procesima.

U tehničkoj dokumentaciji građevinskog projekta određene su jednoznačne količine nepovratnoga reproduktivnoga trošenja resursa u proizvodnim procesima koji čine samo uži dio pojma projektnih troškova – tj. „izravni troškovi“. Navedeni troškovi određuju se prema vlastitim internim ili prihvaćenim „prosječnim normama učinaka i utrošaka“, tj. „standardnim normativima“ i sl. [5]. Poznato je da osim „izravnih“ postoje i „neizravni troškovi“ nastaju i u vezi s ulogama drugih funkcija nužnih za organizaciju ostvarivanja projekata. Iako ovi troškovi nemaju obilježje reproduktivnoga trošenja, sastavni su dijelovi ukupne cijene koštanja projekata [6].

## 2 Građevinski poslovni i projektni sustavi i njihovi procesi

Ambicije poslovnog sustava iskazuju se misijom, «razlog postojanja», bilo da su u sustavu toga svjesni ili ne i bilo da je napisana ili nije. Misiju je moguće ostvariti ako je uprava poslovnog sustava u stanju zamisliti «buduće željeno stanje» - viziju poslovnog sustava. Uvažavajući interese ključnih sudionika, te misiju i viziju poslovnog sustava, za poslovni uspjeh nužno je odrediti «strateške pravce djelovanja» - strategiju. Strategija se ostvaruje konkretnim procesima poslovnog sustava kao rezultat analiza: potencijala i poslovanja sustava, organizacije funkcija sustava i signala iz okruženja, tokova procesa i aktivnosti unutar funkcija poslovnog i projektnog sustava [8], [19]. Strategijsko upravljanje izloženim tijekom od misije do mjerljivih ciljeva iskazanih skupom poslovnih procesa bitnih za uspjeh poslovanja, nazivamo uravnoteženoga kartom postignuća (uspjeha) (Balanced Scorecard, BSC). BSC se izražava zajedničkim ciljevima - performansama procesa, najčešće grupiranim unutar slijedećih perspektiva: financije, kupci, unutrašnja učinkovitost, inovacije, zaposlenici, uprava. Koristeći se svojim funkcijama, svi upravljački podsustavi planiraju, organiziraju, vode, kontroliraju i kadrovski popunjavaju

procesu u sustavu, primarno radi ostvarivanja pozitivnih mjerljivih uspjeha svih područja i procesa [7], [8]. Da bi se u poslovanju osigurao procesni pristup nužno je provesti sljedeće korake [14]:

- a) identificirati glavne procese
- b) utvrditi pojedinačne procese u okviru svakoga glavnog procesa
- c) za svaki pojedinačni proces odrediti: unutarnje i vanjske dobavljače, unutarnje i vanjske kupce, vlasnike, početak i kraj, ulaze i izlaze, kontrolne mehanizme, resurse i aktivnosti
- d) definirati uloge i odgovornosti za sprovođenje svake aktivnosti procesa
- e) definirati potrebne dokumente i drugu potporu za aktivnosti i procese.

U praksi postoji više različitih podjela poslovnih procesa npr. izvorne organizacije (prema prof. A.W. Scheeru, ARIS, prema BS 6143-1, BS 6143-2, ...), ali i podjela prema vlasnicima procesa i vrsti sustava:

1. procesi predstavnika ulagača
2. procesi uprave izvorne organizacije
3. procesi privremene organizacije koja upravlja projektom
4. procesi izvršenja.

Poznato je da se projektni proizvod ostvaruje projektnim procesom [1], [3], [4], [12]. Koristeći se ovim pristupom moguće je procese projekta podijeliti na:

- a) procese upravljanja projektom («planiranje, organiziranje, nadgledanje i kontroliranje svih vidova projekta u trajnom procesu postizanja njegovih ciljeva», ISO 1006, [4]). Među metodama za upravljanje projektima najčešće se koriste: PRINCE2 (Projects IN Controlled Environments), PMBOK (Project Management Institute - A Guide to the Project Management Body of Knowledge), ISO 1006, ICB (IPMA Competence Baseline International Project Management Association). Npr. prema PMI ovi procesi uključuju upravljanja cjelinom i ciljevima projekta; sadržajem projekta; vremenom, troškovima i kvalitetom; ljudskim resursima; komunikacijama; rizikom; nabavom i logistikom [20]
- b) na procese u vezi s proizvodom projekta, tj. pojedinačna izvršenja svih pozicija građevine uključivo i potrebnu pripremu koje ostvaruju izvršitelji.

Način upravljanja i ostvarivanja projekta spoznavanjem životnog vijeka projekta i svih projektnih procesa, te postavljanjem mjerljivih ciljeva, koji se mogu iskazati skupom parametara (performansi, obilježja) projektnih procesa bitnih za uspjeh projekta, nazivamo uravnoteže-

na karta uspjeha projekta - Project Scorecard (PSC). Jedan od ključnih poznatih postupaka u kojem se postavljaju mjerljivi ciljevi projektnih procesa jest i ponudbena kalkulacija. Nakon dobivanja posla radi se ugovorna kalkulacija, a pri izvršenju izvođačka kalkulacija koja uzima u obzir trenutno stanje potencijala i resursa izvođača, ali i stanje na tržištu. Ova se kalkulacija može više puta revidirati tijekom ostvarivanja projekta [1], [3], [4], [19]. Nakon završetka projekta radi se naknadna kalkulacija koja je podloga za ocjenu uspješnosti projekta – ispunjenja PSC-a, a što nadalje služi pri periodičnoj ocjeni uspješnosti poslovanja poslovnog sustava – ispunjenje BSC-a.

### 3 Dekompozicija poslovnih i projektnih procesa

Stalan nadzor procesa podrazumijeva dekompoziciju poslovnih procesa do razine prepoznavanja mjerljivih performansi procesa. U modeliranju procesa mora se težiti udovoljavanju različitim zahtjevima da bi se svladalo stalno usavršavanje i poboljšavanje te da bi se upravljalo promjenama (ISO 9001) [4]. Stoga je potrebna jedinstvena predodžba i način spoznavanja cjeline i njezinih dijelova - fraktalna struktura – tj. da se u svakom detalju odražava cjelovita struktura sustava. Da bi se to ostvarilo, a i kao osnovni uvjet uspostave informacijskih sustava za upravljanje, potrebno je uspostaviti standardizirane klasifikacijske modele: vrstu usluga i proizvoda poslovnog i projektnog sustava, vrste proizvoda projekta, strukturu potencijala sustava, standardnih procesa izvorne i projektne organizacije, elementarnih radnih procesa od kojih se izgrađuju aktivnosti i procesi, općih i tehničkih uvjeta za jednoznačno određenje pojedinih procesa, standardnih troškovničkih specifikacija po kojima se ostvaruju i ugovaraju usluge i projektni proizvodi, obilježja poslovnih procesa (BSC), obilježja projektnih procesa (PSC), obilježja projektnih proizvoda, specifičnih struktura troškova prema vrstama proizvoda projekta (DIN 276, HKAIG, ...), specifičnih vrijednosti pojedinih troškova prema bitnim obilježjima proizvoda projekta, fizičkih dijelova proizvoda projekta, faza projekata, funkcija organizacije, fizičkih dijelova organizacije, standardno klasificiranih resursa, standardnih obveza na resurse i usluge, specifičnih računovodstvenih modela troškovnih struktura poslovanja i projekta [1], [6], [7], [14].

Sa strane ugovornih odnosa troškovnička specifikacija radova je osnovni ugovorni dokument i naručitelju opisuje uslugu i proizvod koji treba ostvariti. To znači da je potrebno trajno sve analize svoditi i na troškovničku specifikaciju. Pritom će se u ovom pristupu primijeniti podjela u kojoj se glavni procesi sastoje od potprocesa [21], a potprocesi od aktivnosti. Aktivnosti se sastoje od standardnih radnih procesa (pozicija), koji se dijele na operacije, operacije na postupke, postupci na pokrete. Stan-

dardni radni procesi služe za iznalaženje norma rada i utroška pri organizaciji rada, tehnološkom redoslijedu, planiranja i sl. i uvijek se sastoje od rada radnika, materijalnih troškova (predmeti rada), opreme i sredstava (sredstva rada) i usluga drugih za radni proces. Glavni procesi su skup potprocesa ili aktivnosti koji u logičkom redoslijedu i odnosima čine cjelovit sustav poslovanja organizacije pri ostvarivanju nekog pothvata-projekta i pod izravnom su odgovornosti vrhovnih funkcija uprave izvorne organizacije. Potprocese sačinjavaju aktivnosti koje u logičkom redoslijedu i odnosima povezanim čine cjeloviti svrsishodno zaokružen proces i pod odgovornosti su jednoga funkcionalnog dijela izvorne ili projektne organizacije. Aktivnosti - kompleksni radni proces sastoje se od većeg broja standardiziranih radnih procesa među kojima postoji vremenska i organizacijska povezanost u svrhu dobivanja funkcionalnog dijela planiranog proizvoda projekta i najčešće predstavljaju dio razvijene radne strukture (WBS - Work Breakdown Structure) ili detaljne sheme aktivnosti - DSA.

S druge strane, troškovničke specifikacije komponiraju se od radnih procesa pojedinačnih izvršenja te ponovnog dekomponiranja za formiranje dijela stvarnih planiranih aktivnosti, WBS-a.

Ukupne aktivnosti plana ostvarenja građevinskog poslovnog i projektnog sustava izvođenja radova mogu se komponirati, ovisno o analizi obilježja proizvoda projekta, iz radnih i poslovnih procesa (dijelova ili više njih): a) procesa izvorne organizacije: predstavnika vlasnika i uprave, b) projektnih procesa: uprave projekta, uprave gradilišta i gradnje, instalacije i deinstalacije gradilišta i pojedinačnih izvršenja.

Građevinski sustav svoje ukupne procese, zajedno s projektnim procesima, izražava kao jednostavan zbroj procesa, ali isto se za naručitelja mora moći jasno izraziti troškovničkom specifikacijom.

### 4 Tradicijski model građevinske kalkulacije

Građevinskom kalkulacijom proračunavaju se troškovi i cijena proizvoda projekta u fazi definiranja i izvođenja projekata na temelju troškovničke specifikacije [5], [6]. Pozicije rada troškovnika najčešće se formiraju iz standardnih radnih procesa pojedinačnih izvršenja, što je razina do koje se u građevinarstvu najčešće normiraju radne zadaće, tj. pojedinačna izvršenja. Primjenjujući uobičajeni troškovnički izračun cijene projekta, ukupna cijena je zbroj umnožaka količina pojedinih stavki troškovnika i jediničnih cijena pripadajućih stavki, kako slijedi:

$$C_p = \sum_{i=1}^n k_i \times C_i \quad (1)$$

gdje je:

$C_p$  - kompletna cijena projekta

$k_i$  - količina  $i$ -te stavke troškovnika

$C_i$  - jedinična cijena  $i$ -te stavke troškovnika.

Jediničnu cijenu  $i$ -te stavke čine izravni dio i neizravni dio :

$$C_i = (D_{ii} + I_{ii}) \quad (2)$$

gdje izravni dio čine

$$D_{ii} = (p_{pi} + m_{pi} + u_{pi} + a_{pi}) \quad (3)$$

koji su zbroj reprodukcijских utrošaka za jedinicu troškovničke pozicije, formiran na bazi zbrajanja utrošaka resursa standardnih radnih procesa za poziciju troškovnika, a  $I_{ii}$  je neizravni dio troškova jedinične cijene. Ostale oznake znače:

$p_{pi}$  - bruto troškovi rada radnika

$m_{pi}$  - normirani troškovi ugrađenog materijala (predmeta rada)

$u$  - normirani troškovi usluga drugih

$a_{pi}$  - normirani troškovi amortizacije sredstava rada, sve za jedinicu troškovničke stavke.

U praksi se najčešće primjenjuju sljedeći načini raspodjele neizravnih troškova u jedinične cijene troškovničkih stavki:

- a) neizravni troškovi dijele se samo na radnu snagu pojedinačnih izvršenja skupa standardnih normiranih radnih procesa koji sačinjavaju troškovničku stavku; jedinična cijena  $i$ -te stavke troškovničke specifikacije dobije se kao:

$$C_i = p_{pi} \times (1 + F) + m_{pi} + u_{pi} + a_{pi} \quad (4)$$

gdje je  $F$  bezdimenzijski faktor kojim se uvećava radna snaga pojedinačnih izvršenja reproduktivnog trošenja stavki troškovnika za "pokriće" neizravnih troškova, a neizravni dio troška u jediničnoj cijeni troškovničke stavke je

$$I_{ii} = p_{pi} \times F \quad (5)$$

- b) ako se neizravni troškovi projekta dijele na ukupne troškove troškovničke specifikacije kao skupa standardnih normiranih radnih procesa koji sačinjavaju troškovničku stavku:

$$C_i = (p_{pi} + m_{pi} + u_{pi} + a_{pi}) \times F_1 \quad (6)$$

gdje je  $F_1$  bezdimenzijski faktor kojim se uvećavaju ukupni ili jedinični izravni troškovi stavki troškovnika za obuhvaćanje neizravnih troškova.

Prikazani način kalkuliranja izravnih i neizravnih troškova na bazi troškovničke specifikacije uobičajen je i kod većine softvera iako na različitim izvornim bazama daje slične logičke modele i rezultate u smislu vrste i kvalitete analiza i izvješća koja nude [5], [7], [19].

## 5 Analiza neizravnih troškova

U procesima strateškog planiranja uprava poslovnog sustava donosi: politiku cijena, okvirne planove ostvarenja obujma proizvoda projekta za sve programe tvrtke, planove svih procesa i aktivnosti (upravljanja organizacijom i povezanim poduzećima, predstavnika vlasnika, funkcija izvorne organizacije...), odluke o planiranoj dobiti i dividendi te procjenjuje rizik čime se definiraju mjerljivi poslovni ciljevi za plansko razdoblje.

U fazi pripreme projekata, u procesima izrade ponude i planiranja, dijelovi izvorne organizacije odgovorni za kalkulacije i pripremu s vrhom uprave utvrđuje sljedeće elemente kalkulacije cijene projekata: procese projektne uprave, uprave gradnje i gradilišta, instalacije i deinstalacije gradilišta, pojedinačnih izvršenja pozicija projekata koje nisu sadržane u troškovničkim stavkama, pojedinačnih izvršenja troškovničkih stavki projekata, procese i vrijednosti procijenjenog rizika, čime se definiraju mjerljivi projektni ciljevi [12], [19]. S obzirom na to da analiziramo kalkulaciju, najvažniji proces u tom smislu jest utvrđivanje „politike cijena“ za planirano razdoblje na razini poslovnog sustava, u kojem su, između ostalog, sljedeće bitne analize za kalkuliranje troškova poslovanja i projekata: analiza svih trendova u bilancama iz poslovnih aktivnosti, analiza plana ukupnoga godišnjeg prihoda – ostvarenih projekata, usvajanje metodologije određivanja preliminarnе cijene projekta, usvajanje načina procjenjivanja komparativnih nedostataka i prednosti u odnosu na konkurenciju („slobodne upravljačke veličine“) za svaki projekt posebno, na koji imaju utjecaj i bilance stanja i uspjeha poduzeća a i vrsta i zahtjevi projekata koji se kalkuliraju i pretendiraju izvoditi, usvajanje metodologije određivanja godišnjih troškova procesa predstavnika vlasnika, usvajanje metodologije određivanja godišnjih troškova procesa izvorne organizacije („hladni pogon“).

Ukupan planirani godišnji prihod  $Up$  procjenjujemo na temelju trenda trenutno ugovorenih poslova, stanja potencijala tvrtke, istraživanjima stanja na tržištu, procjenom konkurentnosti tvrtke, usporedbom s konkurencijom, analiza trenda investicija na tržištu, stanjem raspoloživosti vlastitih resursa, i sl. Preliminarnu cijenu nudećih projekata  $C_{pp}$  procjenjujemo nekom od metoda za procjenjivanje cijene projekata. Procjenjivanja komparativnih nedostataka i prednosti u odnosu na konkurenciju određujemo općenito i u svakoj pojedinačnoj kalkulaciji na temelju analiza:

- a) stanja potencijala poslovnog sustava prema potencijalnom projektnom proizvodu (stanja strukture potencijala, zaliha, trend dobivenih ugovora, stanje obrtnih sredstava, izloženosti riziku, trenutna poslovna situacija, mogućnost kreditiranja, posebni uvjeti natječaja, ...)

b) tehnološkog i organizacijskog potencijala ponuđača (mogućnost izmjene tehnologije, materijala i opreme, posjedovanje posebne ključne tehnologije, trenutna organizacija pogoduje ostvarenju projekta, ...).

Godišnja planirana profitna stopa  $D$ , kao dodana vrijednost, tj. dio povećanja potencijala poslovnog sustava, procijeniti će se na temelju: uloženog kapitala vlasnika, stalnih sredstava, ugovorene dividende, očekivane cijene dionica, cijene kapitala na tržištu, obveza, pokrivanja amortizacije opreme i sredstava koje se neće iskoristiti u toj godini, izloženosti tvrtke, planova za raspoređivanje dobiti ili pokrića gubitaka, ....

Planirani godišnji troškovi procesa predstavnika vlasnika i povrat od uloženog potencijala (dividenda, kapitalizirana dobit)  $T_{pv}$  projiciraju se na temelju stanja za slične prijašnje godine, kao okvirne vrijednosti. Planirani godišnji troškovi uprave izvorne organizacije za ostvarivanje plana  $T_{uio}$  procjenjuju se na osnovi stanja resursa i ukupnog prihoda za prijašnje godine kao približne vrijednosti, s odstupanjima koliko uprava procjenjuje da su okolnosti izmijenjene u odnosu na razdoblje s kojim se upoređuje. Točnija procjena  $T_{pv}$  i  $T_{uio}$  moguća je analizom svih poslovnih procesa i aktivnosti za ostvarivanje BSC-a [6], [7].

Navedeni troškovi poslovnog sustava u cijeni projekata, često se određuju preliminarno ako se ne analiziraju svi procesi te pridružuju proporcionalno postotku udjela vrijednosti konkretnog projekta u ukupnom prihodu za plansko razdoblje, s tim da se i moguća odstupanja moraju uzimati u obzir s obzirom da različito složeni projekti iziskuju različit angažman izvorne organizacije, ma koliko po vrijednosti bili isti. Stoga je

$$(C_{pp}/U_p)x(T_{pv} + T_{uio}) \quad (7)$$

dio troškova uprave izvorne organizacije i predstavnika vlasnika koji se pridružuju konkretnom projektu.

Rezultat analize troškova projekta su sljedeće procijenjene minimalne vrijednosti:

$T_{pu}$  - troškovi projektne uprave,

$T_{ugr}$  - troškovi uprave gradnje i gradilišta,

$T_{si}$  - troškovi instalacije i deinstalacije gradilišta,

$T_{pi}$  - troškovi pojedinačnih izvršenja.

Konačno minimalnu ukupnu cijenu projekta prije procjene rizika čine [6], [7], [19]:

$$C_{p, \min} = (C_{pp}/U_p)x(T_{pv} + T_{uio}) + T_{pu} + T_{ugr} + T_{si} + T_{pi} + U_v + D \quad (8)$$

Za procjenu rizika  $R_{isk}$  mogu se primijeniti razne metode ili iskustvene procjene pa je konačna ukupna cijena projekta sa procjenom rizika  $C_p$ :

$$(C_{pp}/U_p)x(T_{pv} + T_{uio}) + T_{pu} + T_{ugr} + T_{si} + T_{pi} + U_v + D + R_{isk} \quad (9).$$

Dakle neizravni su troškovi projekta

$$I_r = (C_{pp}/U_p)x(T_{pv} + T_{uio}) + T_{pu} + T_{ugr} + T_{si} + U_v + D + R_{isk} \quad (10)$$

pri čemu troškovničku specifikaciju čine samo troškovi pojedinačnih izvršenja. Ako su u troškovničkim specifikacijama i pozicije osim pojedinačnih izvršenja, za njihov iznos umanjiti će se indirektni troškovi i distribuirati također na troškovničku specifikaciju.

## 6 Procesni pristup građevinskoj kalkulaciji

S obzirom na to da različiti procesi u projektom i poslovnom sustavu imaju različiti rizik, paušalna procjena utjecaja rizika na cijenu projekta često ne daje stvarnu sliku utjecaja rizika na cijenu projekta, pa je ispravno nastojati strukturirati procese i pojedinačno za njih analizirati rizik, kako bi se dobila realnija slika utjecaja rizika na cijenu projekta [11], [13], [14].

Ukupan prihod građevinskoga poslovnog sustava kojim se ostvaruju projektni proizvodi čini zbroj svih procesa i potprocesa

$$P_i = \sum_{i=1}^m P_i \quad (11)$$

Cijena bilo kojeg poslovnog procesa (potprocesa) dobije se kao zbroj umnožaka pripadajuće količine pojedine aktivnosti u procesu  $k_{a,j}$  i jedinične cijene aktivnosti  $A_{a,j}$ , pa je

$$P_i = \sum_{j=1}^m k_{a,j} \times A_{a,j} \quad (12)$$

Način dobivanja jedinične cijene bilo koje aktivnosti u poslovnom i radnom procesu dobije se kao zbroj umnožaka pripadnih količina radnih procesa  $k_{rp,k}$  i jedinične cijene radnih procesa  $c_{rp,k}$  koja se dobije iz standardiziranih (normiranih) radnih procesa

$$A_{a,j} = \sum_{k=1}^o k_{rp,k} \times c_{rp,k} \quad (13).$$

Cijena standardiziranoga radnog ili poslovnog procesa dobije se kao zbroj umnožaka pripadnih količina i vrsta osnovnih resursa: radne snage, materijala, potrebnih sredstava i usluge drugih za ostvarivanje radnoga ili poslovnog procesa i jedinične cijene pripadnih resursa [5]:

$$\text{rad} \quad \sum_{l=1}^p k_{p,l} \times p_l \quad (14)$$

$$\text{materijal} \quad \sum_{q=1}^r k_{m,q} \times m_q \quad (15)$$

$$\text{sredstva} \quad \sum_{u=1}^v k_{a,u} \times a_u \quad (16)$$

$$\text{usluge drugih} \quad \sum_{s=1}^l k_{u,s} \times u_s \quad (17)$$

$$\text{ukupno} \quad c_{rp,k} = \sum_{l=1}^p k_{p,l} \times p_l + \sum_{q=1}^r k_{m,q} \times m_q + \sum_{s=1}^l k_{u,s} \times u_s + \sum_{u=1}^v k_{a,u} \times a_u \quad (18)$$

Pripadne količine osnovnih resursa za sve vrste procesa dobiju se metodama za normiranje rada i materijala te sredstava rada, a cijene su uglavnom minimalne s tržišta.

Procesi prema vlasnicima ili reagiranju na rizike mogu se strukturirati kao:

$P_{pv}$  - predstavnika vlasnika

$P_{uio}$  - uprave izvorne organizacije

$P_{up}$  - uprave projekta

$P_{ug}$  - uprave gradnje i gradilišta

$P_{si}$  - instalacije i deinstalacije gradilišta

$P_{pi}$  - pojedinačnih izvršenja fizičkih dijelova projekta.

Svi procesi sastoje se od aktivnosti. Aktivnosti obavljaju funkcionalne cjeline organizacije. Zbroj aktivnosti po procesima je jednak zbroju aktivnosti po funkcijama organizacije.

Kako se «kod radnog procesa se za vrijeme njegova trajanja ne mijenja sastav radne grupe», a građevinska praksa do sada uglavnom poznaje normiranja rada na pojedinačnim izvršenjima fizičkih dijelova proizvoda projekta, ovdje se insistira na standardizaciji elementarnog radnog procesa unutar svih vrsta procesa i aktivnosti [6], [7]. Predloženi pristup može poslužiti kao jedan od načina. Pri ovom smo i dalje u mogućnosti sve procese, aktivnosti a i troškove zbrojiti u ukupnu cijenu poslovnog sustava

$$P_i = \sum_{i=1}^n P_i = \sum_{i=1}^a P_{pv,a} + \sum_{i=1}^b P_{uio,b} + \sum_{i=1}^c P_{up,c} + \sum_{i=1}^d P_{ug,d} + \sum_{i=1}^e P_{si,e} + \sum_{i=1}^f P_{pi,f} \quad (19)$$

gdje je

$$n = a + b + c + d + e + f \quad (20)$$

zbroj svih procesa, a po  $a$  i  $b$  zbrojeni procesi izvorne organizacije, po  $c$ ,  $d$ ,  $e$ ,  $f$  zbrojeni svi procesi projektne organizacije. Promatrajući samo jedan projekt bez analize rizika minimalnu cijenu projekta čine projektni procesi i na raniji način dodjeljivanja izloženi pripadni troškovi izvorne organizacije:

$$P_{p,min} = P_{io} + P_{po} = (\Delta(\sum_{i=1}^a P_{pv,a} + \sum_{i=1}^b P_{uio,b})) + (\sum_{i=1}^{c1} P_{up,c1} + \sum_{i=1}^{d1} P_{ug,d1} + \sum_{i=1}^{e1} P_{si,e1} + \sum_{i=1}^{f1} P_{pi,f1}) + Uv + D \quad (21)$$

gdje je u projektu pripadajući (proporcionalni) dio procesa izvorne organizacije

$$P_{io} = (\Delta(\sum_{i=1}^a P_{pv,a} + \sum_{i=1}^b P_{uio,b})) \quad (22)$$

$c1$ ,  $d1$ ,  $e1$ ,  $f1$  količine projektnih procesa promatranog projekta i

$$P_{pv,min} = \Delta(\sum_{i=1}^a P_{pv,a}) \quad (23)$$

$$P_{uio,min} = \Delta(\sum_{i=1}^b P_{uio,b}) \quad (24)$$

najmanji pripadni procijenjeni troškovi procesa predstavnika vlasnika i uprave izvorne organizacije, a

$$P_{up,min} = (\sum_{i=1}^{c1} P_{up,c1}) \quad (25)$$

$$P_{ug,min} = (\sum_{i=1}^{d1} P_{ug,d1}) \quad (26)$$

$$P_{si,min} = (\sum_{i=1}^{e1} P_{si,e1}) \quad (27)$$

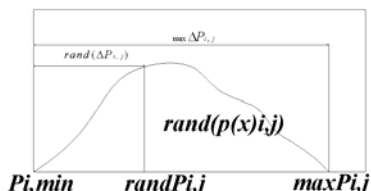
$$P_{pi,min} = (\sum_{i=1}^{f1} P_{pi,f1}) \quad (28)$$

minimalni pripadni procijenjeni troškovi procesa projektne uprave, uprave gradilišta i gradnje, instalacije i deinstalacije gradilišta, te pojedinačnih izvršenja pozicija promatranog projekta,  $Uv$  procijenjena «slobodna upravljačka vrijednost»,  $D$  procijenjena dobitna stopa.

## 7 Analiza rizika

Ako pretpostavimo da su do sada analizirane komponente cijene projekta u građevinskoj kalkulaciji, u nastojanju prema izradi cjenovno što prihvatljivije ponude, iskazane s najmanjim vrijednostima, sigurno će ih dinamika čimbenika, koji utječu na cijenu, izmijeniti. Kvalificiranje i kvantificiranje utjecaja pojedinih pojava – izvora rizika, u tijeku izvršavanja projekta, koji imaju utjecaj na promjenu vrijednosti komponenata cijene projekta i samog projekta, smatramo procjenjivanjem rizika u projektima. Procjenjivanje rizika u projektima teče u 4 faze: identificiranje rizika, procjenjivanje rizika, razvoj reagiranja na rizik i kontrola rizika [10], [11], [13]. U ovom će se radu pri procjenjivanju i kvantificiranju rizika primijeniti metoda Monte Carlo [2], [9], [15], [16], [17], [18]. Pri identifikaciji rizika u građevinskim projektima potrebno je napraviti kontrolne karte u kojima će se specificirati mogući uzroci-izvori rizika, njihova vjerojatnost i jačina njihova utjecaja na pojedinu komponentu cijene projekta. Jedna od podjela izvora rizika jest na vanjske izvor rizika (pravni, politički, ekonomski, socijalni, prirodni) i unutarnje izvore rizika (upravljanje, tehnička dokumentacija, ljudski čimbenik, opskrba i logistika, ugovaranje) [10], [11]. Svaki od izvora rizika će na različite načine i s različitom vjerojatnošću utjecati na pojedinu grupu poslovnih i projektnih procesa u različitim vrstama. Da bismo sa dovoljno sigurnosti mogli usvojiti odgovarajuću razdiobu vjerojatnosti povećanja pojedinog dijela cijene projekta potrebno je provoditi kontinuirana istraživanja (ankete) na više projekata unutar različitih poslovnih sustava sa svrhom određivanja krivulje vjerojatnosti razdiobe povećanja pojedinog dijela

cijene projekta zbog pojedinoga identificiranog uzroka rizika. Osim na ovaj način mogu se na temelju temeljem velikog iskustva, usvajati okvirne očekivane granične vrijednosti i vrste razdiobe vjerojatnosti povećanja cijene poradi rizika (slika 1.).



Slika 1. Razdioba vjerojatnosti povećanja pojedinog dijela cijene projekta «i», kao posljedica pojedinog rizika «j»

Do procjenjivanja rizika dobivene vrijednosti komponenta cijene u kalkulaciji projekta smatramo minimalnim i one su

$$p_{pv} + p_{uio} + P_{up} + P_{ug} + P_{si} + P_{pi} + UV + D \quad (29)$$

Komponente cijene projekta predstavnika vlasnika  $p_{pv}$  i uprave izvorne organizacije  $p_{10}$  izračunane su kao u dijelu 5. Analiza neizravnih troškova, izraz (7):

$$p_{pv} = (C_{pp} / U_p) \times P_{pv} \quad (30)$$

$$p_{10} = (C_{pp} / U_p) \times P_{10} \quad (31)$$

Pretpostavimo da smo u mogućnosti imati ili iznaći relativnu razdiobu vjerojatnosti  $p(x)_{i,j}$  utjecaja pojedinog rizika  $j$  ( $r$ -ukupan broj rizika)  $\Delta P_{i,j}$  na povećanje pojedine komponente cijene projekta ( $P_{i,min}$  ( $p_{pv}$ ,  $p_{uio}$ ,  $P_{up}$ ,  $P_{ug}$ ,  $P_{si}$ ,  $P_{pi}$ ,  $UV$ ,  $D$ ) od tog rizika (bilo da je izmjerena ili iskustveno pretpostavljena).

Iz ove analize proizišle bi slučajne vrijednosti povećanja pojedinih komponenta cijene projekta ovisno o vrsti izvora rizika. Svako pojedinoj minimalnoj vrijednosti komponente cijene projekta pripada jedna razdioba vjerojatnosti povećanja zbog rizika (tablica 1.).

Tablica 1. Matrica rizika «j» i razdioba vjerojatnosti povećanja pojedinih minimalnih dijelova cijene projekta «i»

min.cijena _ R_	1	...	j	...	r
$P_{1,min}$	$p(x)_{1,1}$	...	$p(x)_{1,j}$	...	$p(x)_{1,r}$
...	...	...	...	...	...
$P_{i,min}$	$p(x)_{i,1}$	...	$p(x)_{i,j}$	...	$p(x)_{i,r}$
...	...	...	...	...	...
$P_{n,min}$	$p(x)_{n,1}$	...	$p(x)_{n,j}$	...	$p(x)_{n,r}$

Najveća moguća procijenjena vrijednost pojedine komponente «i» cijene projekta ( $i=1 \dots n$ ) jest zbroj mini-

malne vrijednosti pojedine komponente cijene projekta i svih najvećih mogućih vrijednosti povećanja  $\max \Delta P_{i,j}$  iz pripadne razdiobe «j» poradi rizika za tu komponentu cijene

$$P_{i,max} = P_{i,min} + \sum_j \max \Delta P_{i,j} \quad (32)$$

bez obzira na njihovu vjerojatnost  $p(x)_{i,j}$ . Najveća vrijednost procijenjene slučajne ukupne cijene projekta je zbroj najvećih vrijednosti pojedinih komponenta cijene projekta

$$P_{max} = \sum_{i=1}^n P_{i,max} = \sum_{i=1}^n (P_{i,min} + \sum_j \max \Delta P_{i,j}) \quad (33)$$

Očito je da bi ovako usvojena cijena proizvela najveću cijenu sa stopostotnim iznosom rezervacije za rizik. Za procjenu konkretnih vrijednosti u rasponu od najmanje do najveće cijene koristimo se simulacijom.

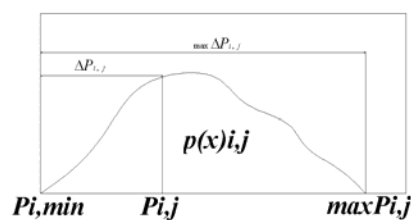
## 8 Analiza rizika simulacijom Monte Carlo

Pri procjeni rizika simulacijom Monte Carlo pojedinu procijenjenu vrijednost komponente cijene projekta i tako dobivenu ukupnu cijenu projekta smatramo slučajnom nezavisnom varijablom. Bilo koju slučajnu cijenu projekta  $P_k$  možemo dobiti kao zbroj pojedinih slučajnih vrijednosti komponenta  $randP_i$  cijene projekta

$$P_k = \sum_{i=1}^n randP_i \quad (34)$$

Pojedina slučajna vrijednost komponente projekta (slika 2.) se može dobiti kao zbroj minimalne vrijednosti te komponenti cijene  $P_{i,min}$  i slučajnih povećanja  $rand(\Delta P_{i,j})$  te komponente cijena kojima odgovaraju slučajne vrijednosti vjerojatnosti  $rand(p(x)_{i,j})$  pripadne razdiobe povećanja cijene zbog pojedinog rizika

$$randP_i = P_{i,min} + \sum_j rand \Delta P_{i,j} (rand(p(x)_{i,j})) \quad (35)$$



Slika 2. Slučajni dio cijene projekta «i», uslijed rizika «j»

Ovom se metodom procjenjuje rizik u rasponu između najveće i najmanje vrijednosti ukupne cijene projekta statističkom obradom slučajnih vrijednosti. Iz teorije vjerojatnosti za procjenu populacije na temelju uzorka, za širinu intervala  $3\sigma$  imamo pouzdanost 99,73%, pa se broj uzoraka (broja iteracija za simuliranje  $k=1 \dots m$ ) određuje iz zadane apsolutne pogreške



$$\mu = 3\sigma / \sqrt{m} \tag{36}$$

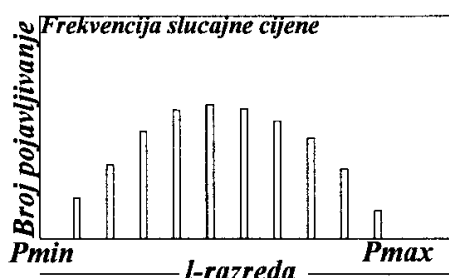
gdje je  $\sigma$  standardno odstupanje slučajne varijable, a  $m$  broj iteracija za zadanu apsolutnu pogrešku  $\mu$ . Standardna odstupanja uzorka  $\sigma$  računamo između najmanje ukupne  $P_{min}$ , najveće ukupne  $P_{max}$  i srednje vrijednosti između najmanje i najveće vrijednosti slučajne vrijednosti cijene projekta  $(P_{max}+P_{min})/2$ , kao uzorka populacije slučajnih nezavisnih varijabli, cijena projekta. Za broj potrebnih iteracija za simulaciju, na temelju odabranog postotka pogreške  $p\%$  od srednje vrijednosti između najmanje i najveće cijene projekta  $(P_{max}+P_{min})/2$ , apsolutnu pogrešku računamo kao

$$\mu = ((P_{max} + P_{min})/2) \times p\% \tag{37}$$

nakon čega je potreban broj iteracija (uzoraka) iz apsolutne pogreške

$$m = (3\sigma / \mu)^2 \tag{38}$$

Izvršavanjem dobivenog broja iteracija  $m$  slučajnih vrijednosti cijene projekta dobivenih na ovaj način, dobije se niz slučajnih vrijednosti cijene projekta  $P_k$ ,  $k = 1, \dots, m$ , od minimalne do maksimalne cijene projekta. Za dobivanje histograma frekvencija slučajnih ukupnih cijena u rasponu između najmanje i najveće podijeli se raspon na željeni broj razreda  $l$ , gdje se dobije korak za pojedini razred za histogram frekvencija ukupne cijene u pojedinom razredu (slika 3.).



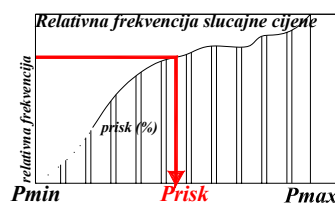
Slika 3. Histogram (frekvencija) ukupne slučajne cijene projekta s procijenjenim rizikom

Nakon toga se izračuna broj slučajno dobivenih cijena kumulativno do vrijednosti u pojedinom izabranom razredu - kumulativna apsolutna frekvencija cijena i kumulativna relativna frekvencija ukupne slučajne cijene (slika 4.). Izborom postotka pokrivenosti rizika  $p_{risk}$ , tj. ordinate kumulativne relativne frekvencije i na temelju toga dobivene vrijednosti slučajne cijene projekta s pokrivenošću rizika  $p_{risk}$  100%, na apscisi  $p_{risk}$  dobivamo procijenjeni pokriveni rizik  $p_{risk}$  100%, % na temelju prethodne analize i pokrivenost rizika u projektu

$$Risk = P_{risk} - P_{min} \tag{39}$$

Konačno se dobije prva bliža cijena projekta

$$P_p = p_{pv} + p_{uio} + P_{up} + P_{ug} + P_{si} + P_{pi} + Uv + D + Risk \tag{40}$$



Slika 4. Kumulativna frekvencija ukupne slučajne cijene projekta s procijenjenim rizikom

s prethodno procijenjenom cijenom projekta. Nakon prve okvirne cijene projekta  $P_p$  koja se temeljila, u dijelu troškova predstavnika vlasnika i izvorne organizacije, na  $C_{pp}$  preliminarnoj cijeni projekta, može se sada obnavljati prethodni proračun konačne cijene projekta  $P_p$  s procjenom rizika prethodno prikazanom uz uvrštavanje bližih vrijednosti konačnih troškova predstavnika vlasnika i konačnih troškova izvorne organizacije na temelju prve bliže, prethodno procijenjene cijene projekta. Ovaj se postupak može eventualno i više puta ponavljati do željenog odstupanja konačne cijene od okvirne procijenjene. Na kraju se navedena analiza procjene svih troškova projekta može jednako valjano primijeniti i za formiranje jediničnih cijena u troškovničkoj specifikaciji, gdje su neizravni troškovi

$$I_{tr} = (\Delta(\sum_1^a P_{pv,a} + \sum_1^b P_{uio,b})) + (\sum_1^{c1} P_{up,c1} + \sum_1^{d1} P_{ug,d1} + \sum_1^{e1} P_{si,e1}) + Uv + D + Risk \tag{41}$$

a izravni troškovi troškovničke specifikacije

$$P_{pi,min} = D_t = (\sum_1^{f1} P_{pi,f1}) \tag{42}$$

koji su i dalje zbroj aktivnosti složenih iz standardnih radnih procesa pojedinačnih izvršenja. Ovim je faktor za neizravne troškove

$$F = ((\Delta(\sum_1^a P_{pv,a} + \sum_1^b P_{uio,b})) + (\sum_1^{c1} P_{up,c1} + \sum_1^{d1} P_{ug,d1} + \sum_1^{e1} P_{si,e1}) + Uv + D + Risk) / (\sum_{i=1}^n k_i \times P_{pi}) \tag{43}$$

a jedinična cijena u troškovničkoj specifikaciji i dalje kao u izrazu (4).

### 9 Zaključak

Radi što pouzdanije kalkulacije troškova projekta nužno je iznalaženje modela razdioba vjerojatnosti  $p(x)_{ij}$  vrijednosti utjecaja pojedinih izvora rizika na povećanje pojedine, rizično osjetljive, komponente cijene projekta. Pri tom procesna podjela troškova u građevinskoj kalkula-

ciji svrstava troškove u rizično srodne skupine. Statističkom analizom rezultata simulacije ocijenili bi se rizici s marginalnim i katastrofalnim utjecajem na ukupnu cijenu projekta i isplanirali odgovarajuće rezerve za pokrivanje rizika u cijeni projekta te kvalitetna reagiranja na pojedine rizične događaje.

#### LITERATURA

- [1] Angus, R. B.; Gundersen, N. A.: *Planing, Performing and Controlling Projects*, Prentice Hall, 1997. ISBN 0-13-255381-3
- [2] Čerić, V.: *Simulacijsko modeliranje*, Zagreb, 1993., 519.876 (075.8)
- [3] Dolžan, M.: *Projektni kontroling*, Magistarsko delo, Ljubljana, 2002.
- [4] Friedl, P.: *Projektni pristup k izvajanju gradbenih projektov v sistemu ravnanja kakovosti in standarda ISO 9001:2000 gardbene „inženiring“ organizacije*, Magistarsko delo, Ljubljana, 2002.
- [5] Đukan, P.: *Standardna kalkulacija*, Građevinar, Zagreb, 1986.
- [6] Lončarić, R.: *Organizacija izvedbe graditeljskih projekata*, Zareb, 1996.
- [7] Marušić, J.: *Organizacija građenja*, FS Zagreb, 1994., ISBN 953-6051-04-4
- [8] Osmanagić Bedenik, N.: *Potencijali poduzeća*, Zagreb, 1993., ISBN 953-180-000-6
- [9] Pauše, Ž.: *Uvod u matematičku statistiku*, Zagreb, 1993., CIP 519.22 (075.8), (1996.), Zagreb, Znak, ISBN 953-180-016-1
- [10] Pejović, T.: *Izvori i struktura rizika kod planiranja građevinskih projekata*, 1997., magistarski rad
- [11] Radujković, M.: *Upravljanje rizikom kod graditeljskih projekata*, Građevinar, 1997., ISSN 0350-2465
- [12] Radujković, M.: *Voditelj projekta*, Građevinar 52, 2000., 143-151, ISSN 0350-2465
- [13] Radujković, M., 1999., *Izvori prekoračenja rokova i proračuna građevinskih projekata*, Građevinar II/1999., UDK 624.18:624.193, ISSN 0350-2465
- [14] Salzmann K.: *Processverbesserung der Projektorganisation*, Dissertation, Gottingen 2001.
- [15] Vose, D.: *Risk Analysis*, England, 200. ISBN 0-471-99765-X
- [16] Winston, W.: *Financial Models Using Simulation and Optimisation*, Palisade Corporation, 2000, ISBN 1-893281-03-5
- [17] Winston, W.: *Financial Models Using Simulation and Optimisation II*, Palisade Corporation, 2000., ISBN 1-893281-04-3
- [18] Winston, W.: *Decision Making under Uncertainty with Riskoptimizer*, Palisade Corporation, 2000., ISBN 1-893281-01-9
- [19] Žaja, M.: *Ekonomika proizvodnja*, Školska knjiga, Zagreb 1991., ISBN 86-03-00099-9.
- [20] Project Management Institute : *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*, USA 2005.
- [21] Bevanda, L.: *Postupak građevinske kalkulacije u informacijskom sustavu projekta*, magistarski rad, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2004