

Stručni rad

Prihvaćeno 27. 12. 2011.

MIRELA KATIĆ ŽLEPALO  
BORIS UREMOVIĆ

# Primjena kotirane projekcije u određivanju obima iskopa građevinske jame

## Application of Elevational Projection in Defining Scope of Construction Pit Excavation.

### ABSTRACT

One of the frequent problems that the civil engineering experts have to deal with during planning the process of building is to define the scope of construction pit excavation. The most common method to solve this problem is to use the so-called elevational projection. In this article we show the phases of defining the scope of construction pit excavation together with one example from the civil engineering practice and how to use some tasks from basic theory of elevational projection to solve such problems.

**Key words:** elevational projection, scope of construction pit excavation

**MSC 2010:** 51N05

## Primjena kotirane projekcije u određivanju obima iskopa građevinske jame

### SAŽETAK

Jedan od čestih problema s kojim se građevinski inženjeri susreću tijekom planiranja procesa izgradnje je definiranje obima iskopa građevinske jame. Za rješavanje navedenog problema najčešće se koristi kotirana projekcija. U ovom članku navode se faze rješavanja obima iskopa građevinske jame i pokazuje se jedan primjer iz prakse te kako se nizom elementarnih položajnih zadataka riješenih u kotiranoj projekciji dolazi do rješenja.

**Ključne riječi:** kotirana projekcija, obim iskopa građevinske jame

## 1 Uvod

Kotirana projekcija je metoda ortogonalnog projiciranja na horizontalnu ravninu pri čemu je točka određena svojom projekcijom (tlocrtom) i kotom. Kota točke je mjerni broj koji predstavlja udaljenost te točke od horizontalne ravnine na koju projiciramo i izražava se u metrima. Ravninu projekcije uobičajeno uzimamo tako da sve njezine točke imaju kotu 0, smatramo da je ona na nultoj nadmorskoj visini i zovemo nultom horizontalnom ravninom, [1], [2].

Ravnina se u kotiranoj projekciji prikazuje projekcijom svojih slojnica, a to su presječnice te ravnine s horizontalnim ravninama. Sve slojnice jedne ravnine su međusobno paralelne. Analogno se teren prikazuje projekcijama svojih slojnica koje su također dobivene zamišljenim presjekom terena s horizontalnim ravninama, tj. to su linije na kojima sve točke terena imaju istu kotu. Nagib ravnine definira se kao tangens priklonog kuta te ravnine, [1], [2].

Ovim člankom želimo pokazati jedan konkretan primjer gdje se kotirana projekcija primjenjuje u praksi, a to je određivanje obima iskopa građevinske jame.

Izgradnja svake građevine sastoji se od više različitih procesa povezanih u jednu logičnu cjelinu. Prije početka

izgradnje građevine svakako se mora izvršiti iskop materijala čija složenost i obim, pa u konačnici i organizacija izvođenja ovisi o različitim faktorima, od kojih su najčešći oblik i veličina građevine, konfiguracija terena ili vrsta tla.

Razlikujemo dva osnovna slučaja. Prvi slučaj se odnosi na građevine koje nemaju ukopanih (podrumskih) dijelova, već je jedino potrebno iskopati manje količine materijala na mjestima gdje je potrebno izgraditi temelje građevine. Drugi slučaj je kad građevina ima poluukopane ili ukopane dijelove, koji iziskuju iskop veće količine materijala odnosno zahtijevaju iskop "građevinske jame". Predmet ovog rada je pokazati upotrebu kotirane projekcije u određivanju obima takvih iskopa, a pokazat će se i jedan primjer iz građevinske prakse.

## 2 Određivanje obima iskopa građevinske jame

### 2.1 Osnovni koraci

Plan iskopa građevinske jame je sastavni dio Projekta organizacije građenja, odnosno sheme organizacije gradilišta. Obim iskopa je potrebno odrediti u fazi planiranja iz-

gradnje građevine kako bi se u sklopu sheme organizacije gradilišta mogli odrediti slobodni prostori za postavljanje ostalih privremenih objekata kao što su uredi, skladišta, otvorene deponije materijala, prometne površine, nepokretni strojevi (toranjske dizalice), itd.

Svaki problem određivanja obima iskopa građevinske jame je jedinstven, jer ovisi o različitim faktorima. Bez obzira na tu činjenicu, postupak rješavanja tog problema je uvijek isti, te se može postaviti u tri osnovna koraka; (1) analiziranje projektne dokumentacije – tlocrta i presjeka građevine; (2) analiziranje posebnih uvjeta i podataka o okolini; (3) određivanje obima iskopa građevinske jame na osnovu navedenih podataka.

## 2.2 Analiza projektne dokumentacije

Analizom projektne dokumentacije, koja među ostalim sadrži i tlocrte i nacрте građevine, određuju se osnovni podaci o iskopu kao što su tlocrtni oblik dna iskopa, dubina iskopa ili potreba za iskopom u fazama. Tlocrtni oblik dna iskopa kojeg prikazujemo u kotiranoj projekciji ovisi o obliku i vrsti temelja građevine. Rub dna iskopa paralelno slijedi rub dna temelja građevine na određenoj udaljenosti (najčešće 0,5m do 1m) i na taj način dobiva se manipulativni prostor koji je potreban zbog lakše izgradnje.

Dubina iskopa je najčešće jednaka po cijeloj tlocrtnoj površini građevine, uz određene izuzetke ovisne o vrsti temelja ili određenim drugim posebnostima projekta, npr. konfiguraciji terena. Vrsta temelja utječe na dubinu ovisno o tome je li ispod građevine predviđena jedinstvena temeljna ploča (tada je dubina iskopa konstantna) ili su za temeljenje građevine predviđeni trakasti temelji s temeljnim stopama (tada se predviđaju posebna produbljenja iskopa na njihovim mjestima).

Ostale posebnosti projekta koje mogu imati utjecaja na dubinu iskopa su razna projektna rješenja (npr. otvori za dizala ili razne crpne stanice) koja iziskuju dodatna (najčešće manja) produbljenja iskopa.

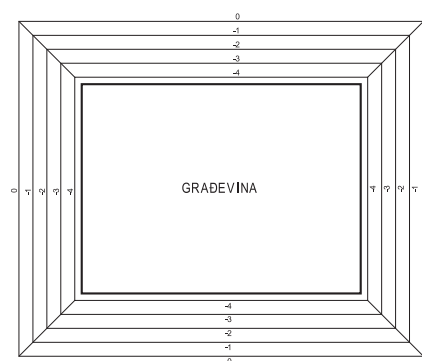
## 2.3 Analiza posebnih uvjeta i podataka o okolini

Postoji mnogo različitih uvjeta, koji mogu utjecati na obim iskopa materijala, a najvažniji su: (1) konfiguracija terena; (2) vrsta materijala koji se mora iskopati; (3) veličina i oblik građevinske čestice – parcele; (4) položaj i veličina postojećih i budućih objekata poput građevina, prometnica ili drveća, [4].

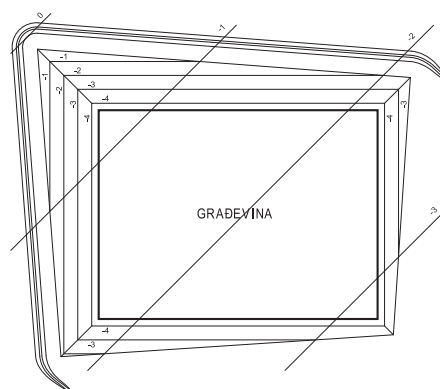
### 2.3.1 Konfiguracija terena

Konfiguracija terena utječe prvenstveno na dubinu i oblik ruba iskopa. Ukoliko je površina terena horizontalna, utjecaj je najčešće malen, dubina iskopa je jednaka po cijeloj površini tlocrta građevine, a rub iskopa je uvijek na jednakoj udaljenosti od građevine. Na Slici 1 prikazan je u kotiranoj projekciji iskop na ravnom terenu nadmorske visine 0m. Dno iskopa treba biti na -4m nadmorske visine. Oko čitavog ruba zamišljenog tlocrta građevine dodano je

0,5 m manipulativnog prostora. Kosine iskopa su u ovom slučaju četiri ravnine nagiba  $n = 1$  koje se međusobno sijeku u četiri presječne, te se s terenom sijeku na koti 0. Presječna dviju ravnina je pravac čije točke dobivamo presijecanjem istoimenih slojnica tih dviju ravnina, a presjek kosine iskopa s terenom dobiva se presijecanjem slojnica ravnine s istoimenim slojnicama terena. Na Slici 2 prikazana je kotirana projekcija građevinske jame sa sličnim tlocrtom građevine, dno iskopa također treba biti na -4m nadmorske visine kao i u prethodnom slučaju, ali sada teren nije horizontalan. U ovom slučaju dubina iskopa se mijenja, a rub iskopa je na različitim udaljenostima od građevine. Rub iskopa dobivamo presijecanjem slojnica ravnina iskopa s istoimenim slojnicama terena i to je topografska linija. Zbog nagiba terena potrebno je voditi računa da se predvidi mogućnost slijevanja oborinskih voda u građevinsku jamu, te da se izgradnjom zaštitnih kanala ili dodatnih konstrukcija (produbljenja za crpljenje unutar građevinske jame) omogući njihovo slobodno otjecanje ili njihovo sigurno zahvaćanje i odvodnja. Ovdje je oko ruba iskopa na udaljenosti od 1m predviđen zaštitni kanal koji zbog pada terena ima svoj prirodan pad i ispuste u skladu s konfiguracijom (padom) terena.



Slika 1: Oblik građevinske jame ukoliko je teren horizontalan



Slika 2: Oblik građevinske jame ukoliko je teren pod nagibom

### 2.3.2 Vrsta materijala

Vrsta materijala koja se mora iskopati prvenstveno određuje nagib kosine iskopa. S obzirom na geomehnička svojstva materijala – tla, u praksi se za nagib kosine uzima vrijednost tangensa priklonog kuta  $45^\circ$ , tj. nagib ravnine  $n = \tan \alpha = 1$ . Taj nagib je prikladan kod iskopa u šljunčanom tlu ili u zemlji. Kod iskopa u čvršćem materijalu (npr. kameni materijal ili šljunak s udjelom gline) prikloni kut kosine može biti i veći od  $45^\circ$ , a iznimno za iskope u čvrstim stijenkama može biti i okomit. S obzirom da su u prirodi moguće razne kombinacije materijala, točan nagib kosine mora se odrediti geomehničkim ispitivanjima, [3], [4].

### 2.3.3 Veličina i oblik građevinske čestice – parcele

Veličina i oblik građevinske čestice utječu najviše na veličinu iskopa, npr. ukoliko se građevina nalazi preblizu ruba čestice, pa nije moguće izvesti iskop u potpunosti s predviđenim nagibom kosine, potrebno je ili povećati nagib kosine iskopa (ukoliko to geomehničke karakteristike dozvoljavaju) ili u potpunosti zamijeniti kosinu iskopa s potpornom konstrukcijom za zaštitu građevinske jame od urušavanja (armirano-betonska (AB) dijafragma, čelične talpe i sl.).

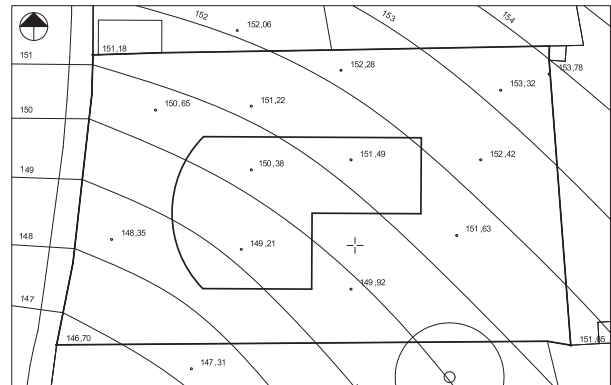
### 2.3.4 Položaj i veličina postojećih i budućih objekata

Ukoliko na građevinskoj parceli ili izvan nje postoje objekti poput građevina ili prometnica, potrebno je izvesti iskop na način da se ne ugrozi sigurnost korištenja navedenih objekata ili same građevinske jame. Potrebna sigurnost će se postići na način da se osiguraju dovoljne udaljenosti ruba iskopa od svih postojećih i budućih objekata ili prometnica, ili da se smanje nagibi kosina iskopa, a sve kako navedeni objekti svojom težinom ne bi ugrozili postojanost kosine iskopa, [3].

## 2.4 Primjer određivanja veličine i oblika iskopa građevinske jame – primjer iz građevinske prakse

### 2.4.1 Uvod – geodetska podloga

Geodetske podloge postojećeg stanja sadrže razne podatke, poput visinskih kota terena i objekata, rubova katastarskih čestica, rubova postojećih objekata, položaja prometnica, decimetarske mreže, oznake smjera sjevera, itd. Uobičajeno je da slojnice terena nisu ucrtane u podlogu, osim u slučajevima kada je za tim posebno izražena potreba. Položaj slojnice terena se može odrediti ručno interpolacijom ili pomoću raznih specijaliziranih računalnih programa kao na predmetnoj podlozi ispod (Slika 3). Ručna interpolacija značila bi npr. za slojnicu terena 151 približnim računom naći nekoliko točaka koje su na koti 151 te ih spojiti topografskom linijom. U primjeru na Slici 3 to bi bilo između točaka s kotama 150,65 i 151,22, zatim između 150,38 i 151,49 itd.



Slika 3: Geodetska podloga građevinske čestice s ucrtanim položajem građevine i osnovnim podacima

### 2.4.2 Korak 1. – Analiza projektne dokumentacije

Analizom projektne dokumentacije za odabranu građevinu, utvrđeni su sljedeći podaci potrebni za definiranje obima iskopa građevinske jame:

- način temeljenja građevine je temeljna ploča jednake debljine ispod cjelokupne površine građevine
- donja visinska kota temeljne ploče je jednaka po cijeloj površini i iznosi +147,50 mnv
- ispod temeljne ploče po cijeloj površini se nalazi tamponski sloj šljunka debljine 50cm
- na predmetnoj građevini nisu projektirani nikakvi dodatni elementi, koji bi zahtijevali dodatna lokalna produbljivanja građevinske jame, jer zgrada nema dizalo i nema crpne stanice za otpadne vode
- kada se u obzir uzmu dubina objekta, debljina tamponskog sloja šljunka ispod temeljne ploče, i sve posebnosti projektnog rješenja građevine, donja kota iskopa građevinske jame se nalazi na visini +147,00 mnv
- s obzirom na tehnologiju izgradnje, potreban je manipulativni prostor širine 1m uz temeljnu ploču, te je za toliko potrebno povećati dno iskopa građevinske jame

### 2.4.3 Korak 2. – Analiza posebnih uvjeta i podataka o okolini

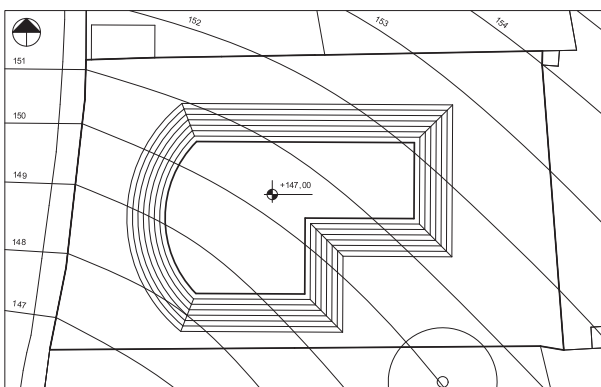
Analizom posebnih uvjeta i podataka o okolini određeni su sljedeći podaci bitni za iskop građevinske jame:

- teren je jednoliko nagnut na cjelokupnoj površini građevinske parcele, a prosječni nagib terena je približno 20% ( $n = \tan \alpha = \frac{1}{5}$ )
- najviša točka građevinske parcele ima visinsku kotu približno +154,10 mnv, a najniža točka ima visinsku kotu približno +146,70 mnv

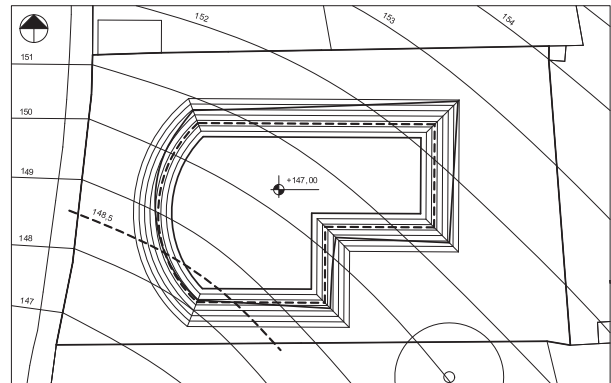
- s obzirom na položaj objekta, konfiguraciju terena i hidrološke uvjete, nije predviđena izrada dodatnih konstrukcija za prihvat oborinskih voda
- geomehničkim ispitivanjima utvrđeno je da se ispod cjelokupne površine građevinske parcele nalazi sloj zaglinjenog šljunka debljine 6m, te da se cjelokupna građevinska jama nalazi unutar navedenog sloja
- nagib ravnine, odnosno plohe kosine iskopa građevinske jame će s obzirom na vrstu tla (zaglinjeni šljunak) biti postavljen na  $n = 2$
- građevina se nalazi na dovoljno velikoj udaljenosti od rubova parcele i svih susjednih postojećih i budućih objekata, pa je iskop građevinske jame moguće napraviti u cijelosti s istim nagibom kosine ( $n = 2$ ), bez izgradnje dodatnih potpornih konstrukcija

#### 2.4.4 Korak 3. – izrada plana iskopa građevinske jame

Na osnovu geodetske podloge, te analize projektne dokumentacije i posebnih uvjeta i podataka o okolini, što je detaljno objašnjeno u 2.4.2 i 2.4.3 napravljen je osnovni plan iskopa građevinske jame (Slika 4), a potom je određen rub iskopa kao presječna krivulja dobivena presijecanjem istoimenih slojnica ploha iskopa građevinske jame i terena (Slika 5). Za potrebe izrade presječne krivulje bilo je potrebno interpolirati dodatnu slojnicu terena na koti +148,50 mnv, kako bi se detaljnije mogla odrediti presječna krivulja na zakrivljenoj plohi iskopa na zapadnoj strani objekta.



Slika 4: Osnovni plan iskopa građevinske jame



Slika 5: Presječna krivulja između ploha iskopa građevinske jame i terena

#### 2.4.5 Određivanje ostatka sheme organizacije gradilišta

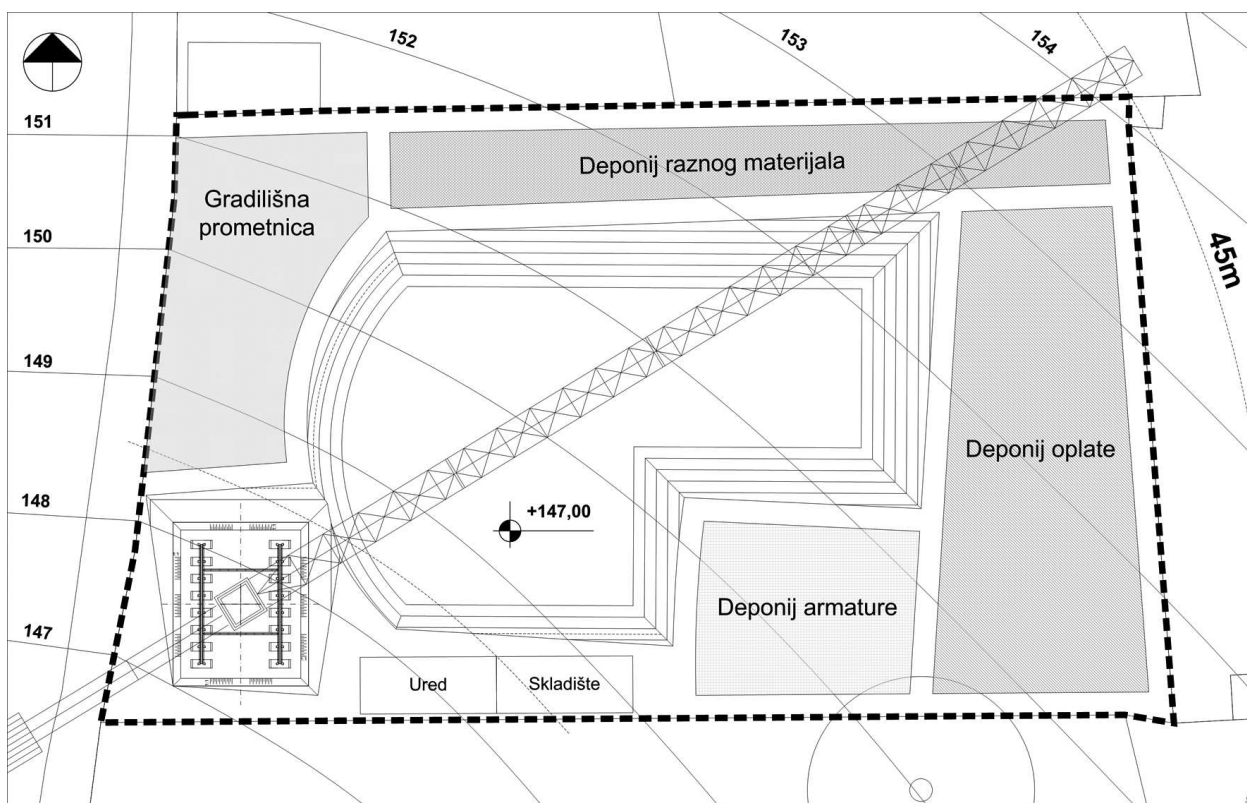
Nakon određivanja presječne krivulje između ploha iskopa građevinske jame i terena, moguće je pristupiti izradi ostatka sheme organizacije gradilišta, pa se u sljedećim koracima uz iskop građevinske jame u shemu moraju ucrtati položaji i dimenzije sljedećih trajnih i privremenih objekata:

- toranjska dizalica
- sve prometne površine
- privremeni objekti za radnike na gradilištu (uredi, sanitarni objekti, itd.)
- privremeni skladišni objekti (materijal i alat)
- privremene deponije materijala
- instalacije (električna energija, vodovod, kanalizacija)

Sve navedeno možemo vidjeti u dovršenoj shemi organizacije gradilišta na Slici 6.

### 3 Zaključak

Određivanje obima iskopa građevinske jame u praksi se radi pomoću kotirane projekcije. Poznato je da se kotirana projekcija primjenjuje kod rješavanja mnogih zadataka u niskogradnji (projektiranje cesta, željeznica, trasiranje...), no ovim člankom htjeli smo pokazati da se kotirana projekcija primjenjuje i u organizaciji gradilišta. Radi se zapravo o nizu elementarnih položajnih zadataka riješenih u kotiranoj projekciji kao što su postavljanje ravnine određenog nagiba, određivanje presječnice dviju ravnina, konstruiranje presječnice ravnine i terena, interpolacija slojnica itd. Možemo dakle zaključiti da je geometrija u srži mnogih zadataka s kojima se projektanti svakodnevno susreću u praksi.



Slika 6: Shema organizacije gradilišta

## Literatura

- [1] I. BABIĆ, S. GORJANC, A. SLIPEČEVIĆ, V. SZIROVICZA, *Nacrtna geometrija – zadaci*, HDGG, Zagreb, 2007.
- [2] J. KOS-MODOR, E. JURKIN, N. KOVAČEVIĆ, *Kotirana projekcija – skripta iz nacrtna geometrije za RGN fakultet*, HDGG, Zagreb, 2010.
- [3] Z. LINARIĆ, *Leksikon strojeva i opreme za proizvodnju građevinskih materijala: Učinci za strojeve i vozila pri zemljanim radovima*, Biblioteka Mineral, Busines Media Croatia, Zagreb, 2007
- [4] Z. LINARIĆ, *Tehnologija građenja I – zemljani radovi*, elektronski udžbenik za Tehničko veleučilište u Zagrebu

**Mirela Katić Žlepalo**

e-mail: mkatic@tvz.hr

**Boris Uremović**

e-mail: boris.uremovic@tvz.hr

Tehničko veleučilište u Zagrebu

Avenija Većeslava Holjevca 15, 10000 Zagreb, Croatia