

## RUŠENJE ARMIRANO-BETONSKOG SILOSA MINIRANJEM

Josip KRSNIK, Zvonimir ESTER i Marin PETROV

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 41000 Zagreb, Hrvatska

**Ključne riječi:** Silos, Nosiva konstrukcija, Rušenje, Miniranje

U članku je prikazano rušenje armirano-betonskog silosa miniranjem. Minirana je nosiva konstrukcija nakon čega se silos srušio pod djelovanjem vlastite težine.

**Key-words:** Silo, Loadbearing structure, Demolition, Blasting

This paper represents the demolition of reinforced concrete silo by blasting. The loadbearing structure was blasted so that the weight of the silo itself done most of the felling.

### Uvod

Stare zgrade i ostale građevine koje nisu više u uporabi, potrebno je srušiti kako bi se oslobodio prostor za drugu namjenu. Za rušenje tih objekata uspješno se primjenjuje metoda miniranja s plitkim minskim bušotinama. Miniranjem se razaraju glavne nosive konstrukcije kako bi se objekt zatim srušio djelovanjem vlastite težine. To je precizan i osjetljiv zahvat, ali ima prednost pred ostalim metodama zbog brzine i ekonomičnosti rušenja. Zbog toga je i rušenje starog armirano-betonskog silosa bilo predviđeno miniranjem. Rušenje silosa izvedeno je prema »Projektu rušenja armirano-betonskog silosa miniranjem« koji su izradili autori ovog članka.

### Tehnički opis silosa

Stari silos koji se nalazio na križanju ulica V. Gortana i Pionirske ulice u gradu Poreču srušen je 1989. godine. Položaj silosa prikazan je na situacijskom nacrtu (sl. 1).

Silos je imao tlocrtnu površinu dimenzija  $31,0 \times 15,5 = 480,5 \text{ m}^2$ . Sastojao se od nekoliko zasebnih dijelova (sl. 2). Glavna zgrada silosa imala je dimenzije  $25,6 \times 19,5 \text{ m}$ , a visinu 20,0 m. Sastojala se od 3 etaže i tavanog prostora. Nosivu konstruk-

ciju silosa činila su 4 reda armirano-betonskih stupova koji su bili povezani horizontalnim uzdužnim i poprečnim gredama.

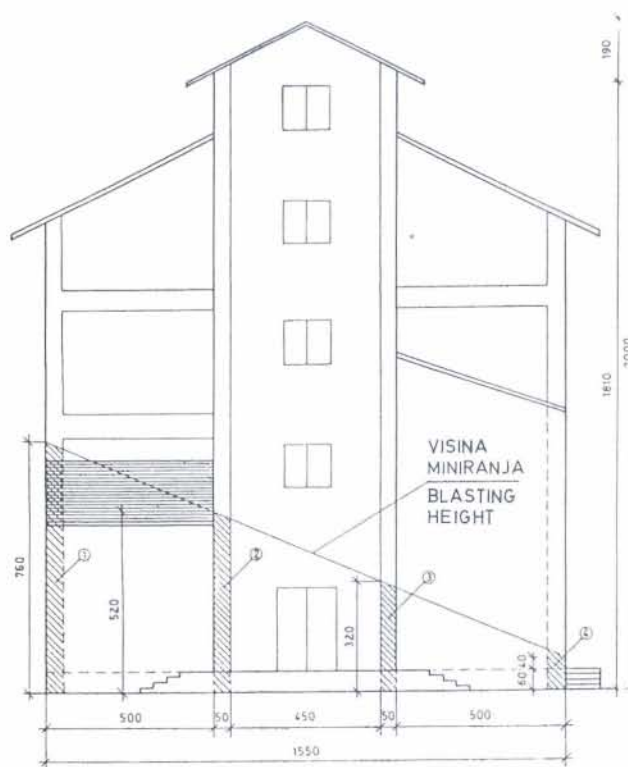
Armirano-betonski stupovi imali su dimenzije:

- u prizemlju  $0,6 \times 0,6 \text{ m}$
- na prvoj etaži  $0,5 \times 0,5 \text{ m}$
- na drugoj etaži  $0,4 \times 0,4 \text{ m}$
- na tavanu  $0,3 \times 0,3 \text{ m}$ .

Krovište je bilo sagrađeno od drvene građe i pokriveno crijepom. Vanjski zidovi bili su od cigle s obje strane pojačani žičanim mrežama.



Sl. 1 Situacijski nacrt s položajem silosa za rušenje  
Fig. 1 Site-draft with silo location for demolition



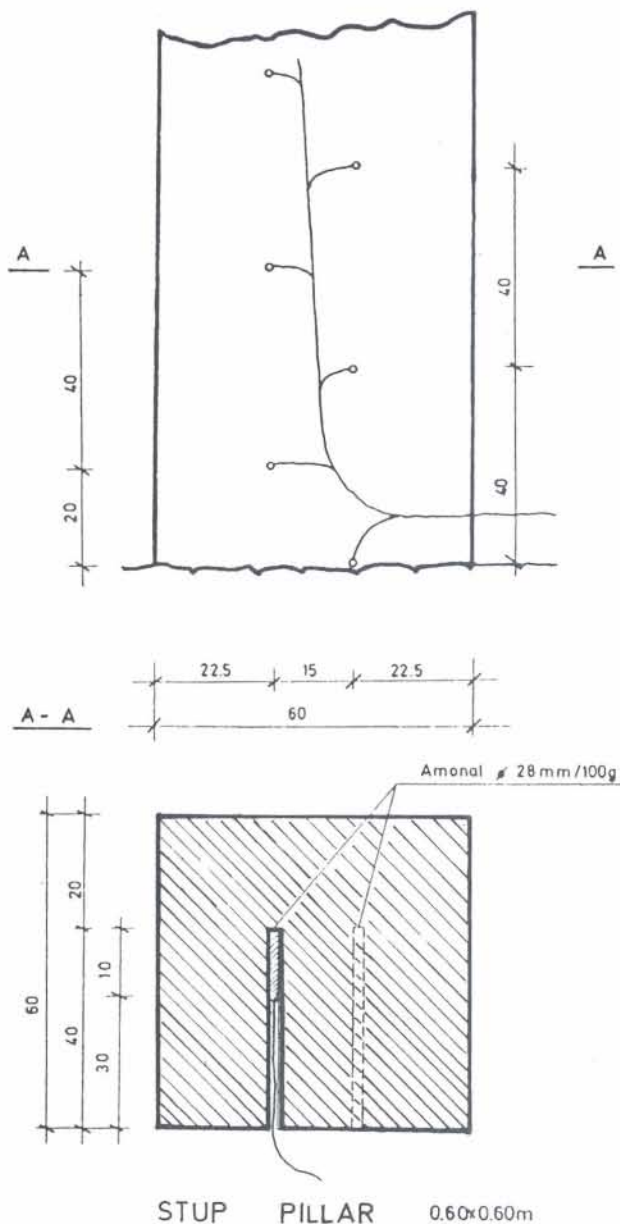
LEGENDA  
LEGEND  
①, ②, ③, ④ STUPANJ PALJENJA  
INITIATION INTERVAL

Sl. 2 Podrezivanje stupova miniranjem do određene visine  
Fig. 2 Pillars undercutting by blasting to determined height

### Način rušenja silosa

Na situacijskom nacrtu (sl. 1) ucrtan je položaj silosa u odnosu na obližnje stambene zgrade. Silos se mogao srušiti prevrtanjem u slobodni prostor na istočnoj strani objekta. Širina slobodnog prostora bila je manja od visine silosa. Zbog toga je visinu silosa trebalo smanjiti. To je izvršeno podsjecanjem armirano-betonskih stupova miniranjem. Stupovi na istočnoj strani silosa minirani su do visine 7,6 m. Ta visina miniranja smanjivala se za redove stupova prema zapadnoj strani silosa (sl. 2).

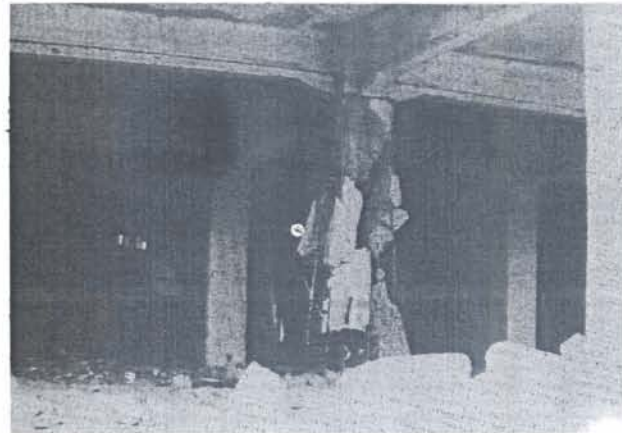
Zadnji red stupova na zapadnoj strani silosa miniran je do visine 1,0 m. Redosljed milisekundnog otpucavanja stupova bio je od istočne prema zapadnoj strani silosa.



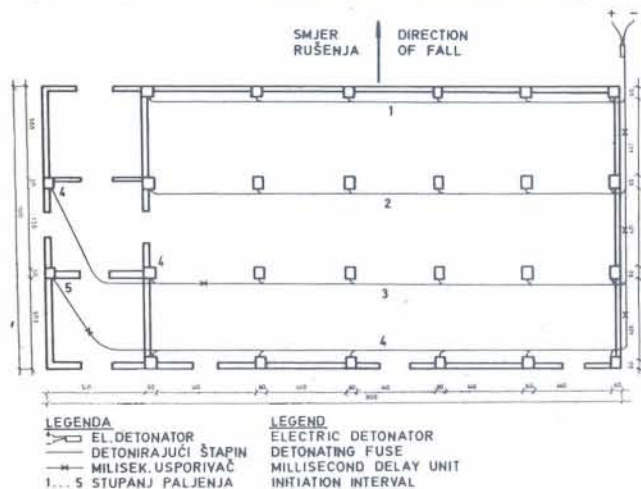
Sl. 3 Trokutni raspored minskih bušotina za pokusno miniranje armirano-betonskog stupa  
Fig. 3 Blast-hole triangular pattern for experimental blasting of reinforced concrete pillar

### Proračun eksplozivnog punjenja

Silos je srušen miniranjem nosive konstrukcije od armirano-betonskih stupova i greda. Specifična potrošnja eksploziva za rušenje utvrđena je pokusnim miniranjem armirano-betonskog stupa dužine 2 metra. Za tu svrhu u stupu je izbušeno 10 plitkih minskih bušotina raspoređenih u 2 reda po trokutnom rasporedu (sl. 3). Razmak minskih bušotina u redu bio je 0,4 m, a razmak redova 0,15 m. Minske bušotine su punjene s 0,03 kg praškastog eksploziva amonal promjera 0,028 m.



Sl. 4 Armirano-betonski stup nakon pokusnog miniranja  
Fig. 4 Reinforced concrete pillar after experimental blasting



Sl. 5 Shema povezivanja minskih bušotina s redosljedom milisekundnog otpucavanja

Fig. 5 Scheme of blast-holes link-up with millisecond firing sequence

Specifična potrošnja eksploziva:

$$q = \frac{Q}{V} = \frac{0,3}{0,72} = 0,42 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 10 \times 0,03 = 0,3 \text{ kg}$$

– eksplozivno punjenje stupa za pokusno miniranje

$$V = 2 \times 0,6^2 = 0,72 \text{ m}^3$$

– volumen stupa kod pokusnog miniranja

Nakon otpucavanja armirano-betonski stup je potpuno razoren, a čelična je armatura bila potpuno



Tablica 1 Broj minskih bušotina i eksplozivno punjenje stupova

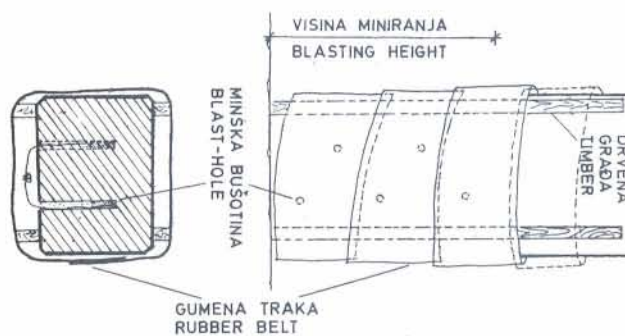
Table 1 Number of blast-holes and pillars charge

Red stupova Pillars row	Visina miniranja stupa Blasting height of pillar (m)	Broj minskih bušotina u stupu Number of blast-holes per pillar	Eksplozivno punjenje minskih bušotina Blast-holes charge (kg)	Eksplozivno punjenje stupa Pillar charge (kg)	Broj stupova u redu Number of pillars per row	Eksplozivno punjenje reda stupova Charge per pillars row (kg)
1.	7.6	38	0.03	1.14	6	6.84
2.	5.2	26	0.03	0.78	7	5.46
3.	3.2	16	0.03	0.48	7	3.36
4.	1.0	5	0.03	0.15	6	0.90
Σ	17.0	85	0.03		26	16.56

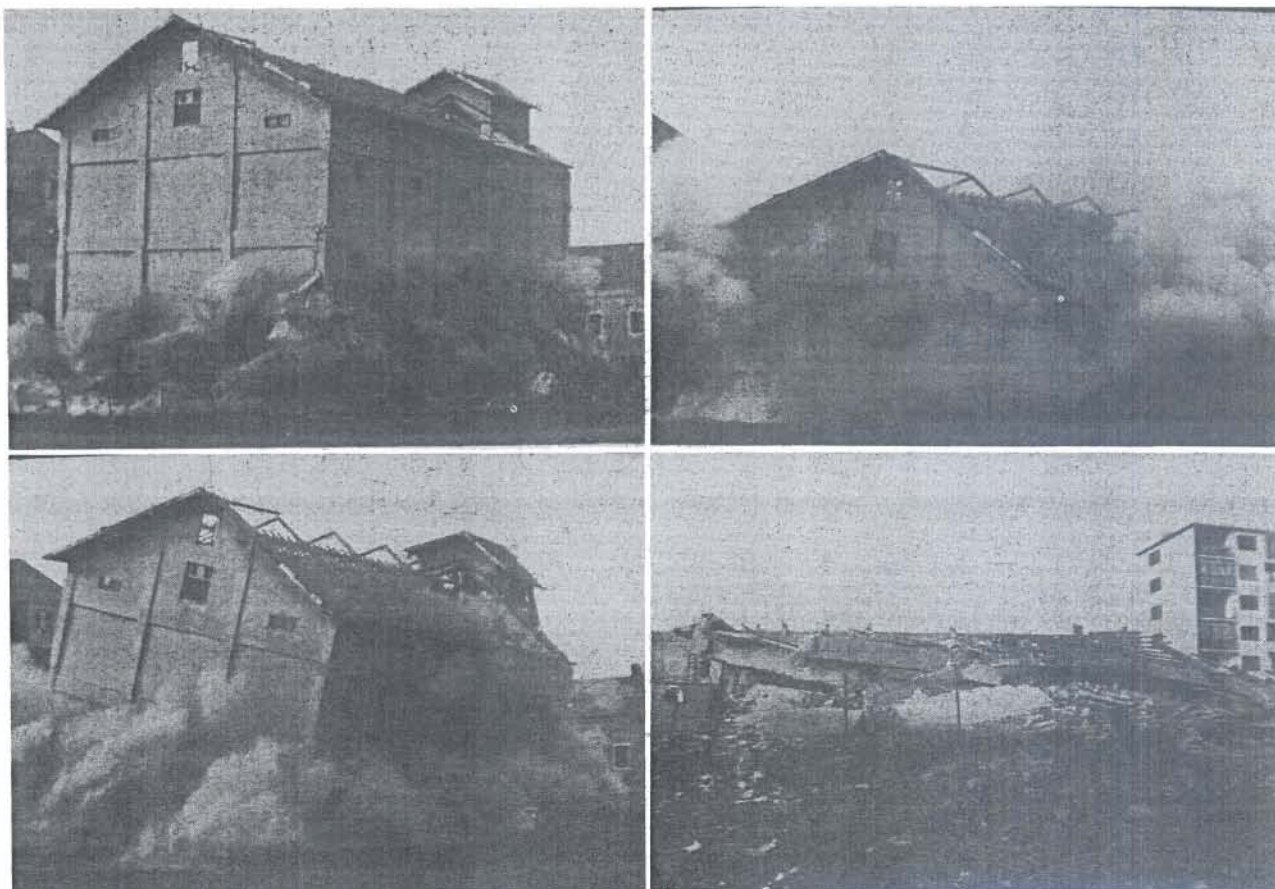
ogoljena (sl. 4). Na taj način određena je specifična potrošnja eksploziva za rušenje armirano-betonskih stupova silosa.

Armirano-betonski stupovi su radi podsjecanja silosa minirani do različitih visina. Raspored minskih bušotina bio je isti kao kod pokusnog miniranja za utvrđivanje specifične potrošnje eksploziva. Broj minskih bušotina i eksplozivno punjenje armirano-betonskih stupova navedeno je u tablici 1.

Aktiviranje minskih bušotina izvršeno je detonirajućim štapinom koji je doveden do detonacije trenutnim električnim detonatorom. Minske bušotine su otpucane u 5 milisekundnih intervala, koji su ostvareni postavljanjem milisekundnih usporivača od 50 milisekundi u liniju detonirajućeg štapina (sl. 5).



Sl. 6 Zaštita stupova protiv razbacivanja minirane mase  
Fig. 6 Pillars protection against throw



Sl. 7 Faze rušenja silosa miniranjem  
Fig. 7 Stages of silo demolition by blasting

### Zaštita objekta

Prije miniranja okolina silosa zaštićena je od razbacivanja komada minirane mase. Armirano-beton-ski stupovi obloženi su starim drvenim stupcima na koje je učvršćena stara gumena traka ili žičano pletivo (sl. 6). Vanjski zidovi silosa i otvori u prizemlju obloženi su starim daskama i žičanim pletivom. Provedeni postupak spriječio je razbacivanje komada minirane mase po obližnjim stambenim zgradama. Milisekundnim otpucavanjem silos se prevrnuo u slobodan prostor na istočnoj strani (sl. 7).

Prilikom miniranja silosa na obližnjim stambenim zgradama nisu uočena nikakva oštećenja, znači da je rušenje uspješno izvedeno.

*Primljeno:* 15. II. 1993.

*Prihvaćeno:* 27. V. 1993.

### LITERATURA

Gustafsson, R. (1973): Swedish Blasting Tehnique Nora Boktryckeri 232-243, Gothenburg

Krsnik, J. (1989): Miniranje. Rudarsko-geološko-naftni fakultet 178 pp, Zagreb

## Reinforced Concrete Silo Demolition by Blasting

*J. Krsnik, Z. Ester and M. Petrov*

Blasting has been carried out on old buildings and other constructions which are fell into disuse with successful results. This method was used in Poreč for demolition of the old reinforced concrete silo.

Silo loadbearing structure consisted of 4 rows of reinforced concrete pillars was destroyed by shallow-hole blasting.

Specific charge for pillars destruction was founded by experimental blasting of reinforced concrete pillar. Charge quantity for demolition of reinforced concrete pillars to determined height

was calculated on the basis of founded specific charge. Pillars rows were demolished by milisecond firing sequence so that the weight of the silo itself done inclination and demolition to free area on the east side.

Before blasting the protection of blasted pillars and openings in the silo ground-floor was carried out so that silo fell without damageable effects to adjacent residences. Stages of silo demolition are shown on photographs (fig. 7).