

# Zaščita gradbenih jam v mestnih središčih – praksa v Sloveniji

Marko Fašalek, univ. dipl. inž. grad., Gradbeni inštitut ZRMK, d.o.o., Center za geotehniko in geologijo

**P**omanjkanje prostora v mestnih središčih in strnjena pozidava tudi pri nas vse pogosteje zahtevata gradnjo podzemnih prostorov, kleti za parkirišča, podhode, prehode, kulturne objekte in podobno.

V zadnjih letih se vse bolj gradijo zlasti podzemne garaže pri poslovnih in stanovanjskih objektih. V mestnih središčih praktično ni več novogradnje, ki ne bi imela dveh ali treh kletnih etaž – predvsem za parkirišča. V Ljubljani so v preteklosti take podzemne gradnje izvajali predvsem na severnem delu, kjer je boljša sestava tal. V novejšem času pa je bilo nekaj podzemnih gradenj zgrajenih tudi že bolj južno, na območju s slabšo sestavo tal. Na tem delu je v načrtu še nekaj zahtevnih podzemnih gradenj, na primer: parkirišča pod Kongresnim trgom, kompleks Šumi, Univerzitetna knjižnica Jožeta Plečnika.

Kleti načrtujejo običajno skoraj prek celotne gradbene parcele in pogosto tik do sosednjih objektov. Zaradi tako načrtovanih gradenj je treba gradbeno jamo za kleti ustrezno začasno zavarovati.

## Kratka zgodovina

V preteklosti, vse do leta 1990, so bile obsežne podzemne gradnje, ki bi zahtevale ustrezno začasno varovanje gradbene jame, v Ljubljani sorazmerno redke. V letu 1963 je bila zgrajena poslovna stavba Metalke. V okviru te grad-

nje so zgradili dokaj obsežne kletne prostore za skladišča in parkirišča. Izkop so takrat varovali s sidrano berlinsko steno. Kasneje je bilo še nekaj gradenj na območju Bavarskega dvora v Ljubljani. Izkope so tudi tu varovali s sidranimi berlinskimi stenami, obstoječe stavbe pa so za potrebe sosednjih gradenj podbetonirali z ročno kopanimi vodnjaki. V letih 1975-1976 so gradili podvoz Erjavčeve ceste pod železniško progo v Tivoliju. Za zaščito izkopa so takrat prvič v Ljubljani uporabili vkopano zidovje – armiranobetonsko diafragmo. V letih 1982-1983 so dogradili Cankarjev dom. Obsežno varovanje gradbene jame je bilo takrat zgrajeno s pomočjo sidrane armiranobetonske pilotne stene. V letu 1987 je bila v Sloveniji prvič uporabljena metoda injektiranja pod visokimi pritiski – jet grouting. Takrat so začeli to metodo uporabljati tudi za začasno zaščito gradbenih jam.

## Načini zaščite gradbenih jam

Načinov zaščite gradbene jame je več vrst. Odvisni so od vrste zemljine, globine talne vode, globine izkopa, bližine sosednjih objektov in podobno. V nadaljevanju je opisan nekaj najbolj znanih načinov zaščite, ki so se uveljavili tudi pri nas.

## Zaščita gradbene jame z zabitimi jeklenimi zagatnicami

Tak način zaščite se v svetu že zelo dolgo uporablja. Primeren je predvsem za zemljine, v katere je mogoče vtisniti, zabiti ali uvibrirati zagatnice. Tehnika vtiskovanja oziroma uvibriranja zagatnic je v zadnjem času zelo napredovala. Z razmeroma enostavnimi nastavki, ki jih je mogoče montirati na vsak malo večji bager, poteka to delo enostavno in brez uporabe dodatne posebne mehanizacije. Zagatnice je mogoče razpreti ali sidrati v varno zaledje, poleg tega jih je mogoče zabiti v različnih tlorisnih oblikah. Zagatnice nudijo dobro zaščito pred vdorom talne vode v gradbeno jamo. V Sloveniji je njihova uporaba omejena zaradi sestave tal, saj z njimi ni mogoče prebiti trših plasti, na primer konglomerata ali samic – večjih kamnov v tleh. V večjem obsegu so uporabljali zagatnice pri gradnji Luke Koper in v Pomurju, v zadnjem času pa so jih uporabljali v večjem obsegu tudi pri

novogradnji v južnem delu Ljubljane.

## Zaščita gradbene jame z berlinsko steno

V tem primeru se v teren predhodno vgradijo jekleni I-profil na razdalji 1,00 do 2,00 m. Pri tem je treba najprej v zemljo izvrtati ustreznega premera in nato vanje vstaviti I-profile. Po vgradnji jeklenih profilov se teren postopno odkopava in zalaga z lesenimi plohi. Plohe je treba zagostiti med jeklene profile. Jeklene profile je mogoče zasidrati z začasnimi geoteh-



Vtiskanje jeklenih zagatnic



Dvokrat sidrane jeklene zagatnice

ničnimi sidri v varno stabilno zaledje, mogoče pa jih je tudi razpreti z jeklenimi razporami. Tak način zaščite gradbene jame se je uveljavil zlasti v Nemčiji. Pri nas je bila berlinska stena prvič uporabljena ob gradnji kleti za poslovno stavbo Metalke v letu 1963. Sama izvedba berlinske stene je razmeroma poceni. Jeklene profile in tudi plohe lahko



Berlinska stena

večkrat uporabimo. Sam izkop gradbene jame je razmeroma počasen. Zalaganje s plohi in njihovo zagozdenje med jeklene profile zahteva precej ročnega dela. V zadnjem času se tak način zaščite gradbene jame v Sloveniji redko uporablja. V Ljubljani je bila berlinska stena nazadnje uporabljena pri izkopu kleti za trgovski objekt ob Čopovi ulici pred približno 7 leti.

### Zaščita gradbene jame s pilotno steno

Za zaščito izkopa s pilotno steno je treba predhodno odkopati in zabetonirati armiranobetonske pilote. Piloti so lahko nameščeni eden zraven drugega ali pa so razmaknjeni. Vmesni prostor med piloti lahko ostane po izkopu nezapolnjen ali pa se ta prostor zapolni z betonom ali brizganim



Sidrana pilotna stena za gradbeno jamo Cankarjevega doma v Ljubljani

betonom – torkretom. Piloti se po potrebi sidrajo, odvisno od globine izkopa. Pilotna stena je razmeroma neekonomična zaradi velike porabe betona in armature zaradi okroglega prereza pilotov. V Sloveniji je bila pilotna stena za začasno zaščito gradbene jame uporabljena razmeroma redko. Z njo so varovali obsežen izkop za Cankarjev dom v Ljubljani. V zadnjem času pa je bila pilotna stena zgrajena za začasno varovanje izkopa za klet večstanovanjskega bloka v Šiški v Ljubljani. Bolj množično pa se pilotne stene uporabljajo za sanacijo plazovitih območij pri pomembnejših komunikacijah. Večje število pilotnih sten je bilo zgrajeno na slovenskem avtocestnem križu, zlasti na najzahtevnejših odsekih, kot sta avtocesta čez Trojane in avtocesta mimo Rebrnic na Primorskem. Pilotne stene so uporabili tudi kot stalno in začasno zaščito vkopov na začetku avtocestnih predorov v hribinah slabše kvalitete.

### Zaščita izkopa z vkopanim zidovjem – armiranobetonsko diafragmo

Za vkopano zidovje je treba v tleh najprej zgraditi betonski vodilni kanal širine 0,60 m do 1,00 m in tudi več. Odkop zemljine poteka s posebnih grabežem na vertikalnem vodilu. Odkopne stene se varujejo s posebno težko bentonitno izplako. To je suspenzija vode in posebne montmorilonitne gline – bentonita. Za pripravo in recikliranje bentonitne iz-

plake postavijo na gradbišču posebno postrojenje. Odkop diafragme poteka v lamelah – običajno dolžine do 3,00 m. Po odkopu posamezne lamele se v izkop postavi armaturni koš. Armaturni koš mora biti dodatno ojačan, tako da med prevozom in vgradnjo ne razpade. Na armaturni koš je mogoče pritrčiti tudi opaža za odprtine za sidra. Izkop se nato kontraktorsko zabetonira in posamezne lamele diafragme na vrhu poveže z vezno gredo. Posamezne lamele diafragme po globini običajno med seboj niso povezane z armaturo. Možna je tudi izvedba vodoneprepusne diafragme. V tem primeru se med lamele vgradi poseben tesnilni trak. V preteklosti je bil odkop diafragme mogoč le v zemljinah, ki se jih



Opera - začetek izkopa diafragme



Opera - vstavljanje armature diafragme



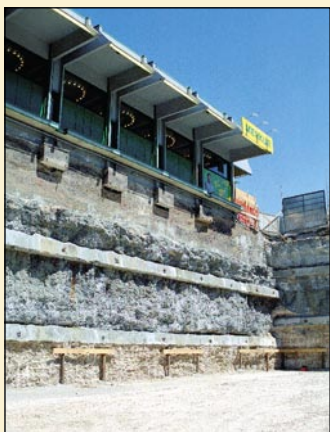
Opera - delni izkop diafragme

je dalo odkopavati z običajnimi grabeži. Danes obstajajo posebni rezkarji, s katerimi lahko prebijemo tudi trše plasti zemljine, na primer konglomerat in podobno.

Izvedba diafragme je v Sloveniji razmeroma redka. Ena prvih je bila izvedena pri gradnji podvoza pod železniško progo na Erjavčevi cesti v Ljubljani v letu 1975. Kasneje je bila diafragma uporabljena pri gradnji kleti za poslovno stavbo ob Langusovi ulici v Ljubljani in še za nekaj objektov. V zadnjem času pa so diafragma uporabili ob postavitvi poslovnega objekta v Kopru in v Ljubljani, kjer se gradi prizidek k Operi.

### Zaščita gradbene jame ob pomoči armiranih jet grouting slopov

Tak način zaščite gradbenih jam se je po uvedbi metode jet grouting v Sloveniji v letu 1987 močno razširil. Metoda se je obnesla predvsem v prodnatih tleh. Po tej metodi se s pomočjo visokotlačnega vbrizganja cementne suspenzije v zemljino v tleh najprej ustvari vrteninasto telo – slop, to je valj zemljine, prepojene s cementno suspenzijo. V ta namen se v zemljino najprej izvrti vrtina do projektirane globine. Pri povratku vrtno drogovje rotira. Iz posebnih šob na koncu drogovja brizga pod visokim pritiskom cementno mleko in prepoji okolico vrtine. V tleh se tako ustvari slop, prepojen s cementno suspenzijo. Premer slopa je odvisen od zemljine, pritiska injektiranja, hitrosti dvigovanja drogovja in podobno. V sredini slopa se vtisne armaturna palica. Tako armiran slop lahko prevzame določene upogibne obremenitve. Slope se običajno izvaja v prodnatih tleh na razdalji 0,80 m do 1,00 m in jih je mogoče po višini tudi sidrati z geotehničnimi sidri v stabilno zaledje. Možno pa je tudi razpiranje



**Sidrana jet grouting stena v prostu**

sloпов. Pogosto neravno armirano jet grouting steno še izravnavajo s cementnim torkretom. Tako dobimo zaglajeno površino, na katero je mogoče nalepiti vertikalno hidroizolacijo. Kletne stene nato lahko zabetoniramo z enostranskim opažem. V zadnjem času je pogosta praksa, da se vertikalna hidroizolacija in da se kletne stene zabetonirajo z vodoneprepustnim betonom s pomočjo enostranskega opaža. Jet grouting struktura se v tem primeru le očisti in obrizga s cementnim mlekom. Prednost te metode je predvsem razmeroma hitra izvedba ob pomoči sodobnih vrtnih garnitur. Slabost je predvsem v neenakomernem zemeljskem »betonu«, tako da je dimenzioniranje jet grouting sloпов bolj izkustveno. Velika je tudi poraba materiala, cementa in jekla za armiranje. Izkazalo se je, da je mogoče s to metodo zlasti v prodnatih tleh doseči zadovoljivo kakovost – homogenost sloпов. Seveda pa je ta zelo odvisna od izkušenj ekipe, ki dela izvaja.

### Načini izračunov varovanja

Načini izračunov varovanja izkopov so si bolj ali manj podobni, in to ne glede na izbran način varovanja. V preteklosti, še pred uporabo računalnikov, so računali »pešč« ali pa so uporabljali ustrezne

nomograme, predvsem iz nemške literature. Nemci so vpeljali tudi posebno metodo za izračun berlinskih sten. Vse metode izračuna so zasnovane na podlagi znanih ravnotežnih enačb, ki jih poznamo v statiki. Izračuna deformacij v zaledju za steno običajno ni bilo. Dolžino geotehničnih sider, ki so podpirala take stene, so običajno določili ob pomoči stabilnostnih analiz. Vezni del sider mora biti dovolj daleč v stabilnem zaledju za steno. Po uvedbi računalnikov in predvsem računalniških programov, ki uporabljajo metodo končnih elementov, zlasti po letu 1990, je v takih izračunih mogoče hkrati prikazati statične količine v steni, deformacije zaledja in tudi preveriti globalno stabilnost stene. V tem primeru je treba najprej postaviti ustrezen računski model z lastnostmi zemljine, globino vpetosti stene, dolžino in kakovostjo sider oziroma razpor, togostjo stene itd. Z uporabo ustreznega sodobnega računalniškega programa preverimo za vsako fazo izkopa statične količine v steni, deformacije zaledja, globalno stabilnost in varnost. Sodobni računalniški programi nam vse izračunane količine prikažejo zelo nazorno, deformacije zaledja tudi v barvah. Včasih nam ti izračuni dajejo navidezen občutek varnosti. Zato je treba vse dobljene rezultate preveriti tudi s trezno inženirsko presojo in upoštevati izkušnje, pridobljene na podobnih že zgrajenih

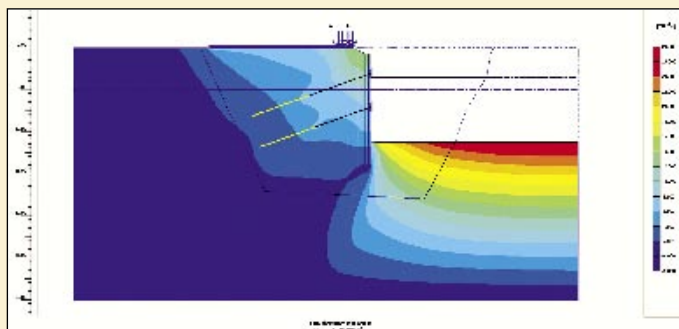
objektih. Pri tem je zelo pomembna pravilna postavitev računskega modela, seveda pa je najteže določiti realne trdnostne in deformacijske lastnosti zemljin.

### Sklep

V zadnjih letih je zaradi pomanjkanja prostora v večjih urbanih središčih trend naraščanja gradnje podzemnih prostorov, zlasti garaž. Do zdaj so gradnje z globljimi podzemnimi prostori v Sloveniji načrtovali predvsem na območjih z dobro sestavo tal in globoko podtalnico. Take gradnje so potekale bolj ali manj brez večjih zapletov. Možna je bila tudi uporaba začasnih geotehničnih sider, ki so segala pod zemljišča, ki niso bila v lasti investitorja novogradnje. Posebnih soglasij za sidranje pod taka zemljišča niso iskali. V novejšem času je treba za tak način sidranja pridobiti ustrezno soglasje, zato se sidra pogosto opuščajo. Namesto sidranja se uporablja razpiranje gradbene jame z ustrezno razporno konstrukcijo (jeklene razpore, medetažne plošče kot razpore...). Tako razpiranje običajno zelo oteži izkop gradbene jame in tudi samo gradnjo kleti. V novejšem času je opaziti vse več primerov načrtovanja globokih gradbenih jam tudi na območjih s slabšo sestavo tal in visokim nivojem podtalnice. Zaščita takih izkopov bo gotovo velik izziv tako za projektante kot za izvajalce. Napredek tehnike nam omogoča,

da lahko tudi take zahtevne gradnje načrtujemo in gradimo varno brez večjih zapletov. Z uporabo sodobnih terenskih metod za določanje lastnosti zemljin (na primer seizmični dilatometer, statični penetrometer itd.) v kombinaciji s klasičnimi geomehanskimi laboratorijskimi preiskavami lahko že dokaj natančno določimo realne lastnosti zemljin. Z uporabo sodobnih računalniških programov lahko dokaj realno modeliramo dejansko stanje varovalne konstrukcije gradbene jame med posameznimi fazami izkopa in tudi vplive izkopa na okolico.

Med gradnjo je mogoče učinkovito opazovati varovalno konstrukcijo in tudi okolico gradbene jame. Danes lahko geodetske meritve kombiniramo z meritvami inklinacij v posebnih ožlebljenih cevih, ki jih je mogoče vgraditi neposredno v varovalno konstrukcijo (na primer v pilota ali v diafragmo) ali v zemljinu v bližini varovalne konstrukcije. Možne so meritve gladine podtalnice v različnih nivojih v bližini gradbene jame. Na sidriščih lahko vgradimo posebne merske celice, s katerimi se merijo sidrne sile med posameznimi fazami izkopa. Izkusnje kažejo, da je mogoče s skrbno načrtovanimi in izvajanimi meritvami pred začetkom izkopa gradbene jame in med izkopom imeti konstrukcijo pod dobrim nadzorom. Če izmerjene vrednosti odstopajo od računskih, je mogoče pravočasno in uspešno ukrepati ter preprečiti morebitne posledice, ki bi utegnile neugodno vplivati na samo konstrukcijo varovanja in njegovo okolico.



**Prikaz deformacij gradbene jame s sodobnim računalniškim programom**



## VABILO NA DELAVNICO

# PASIVNA IN NIZKOENERGIJSKA PRENOVA OBSTOJEČIH STAVB

25. januar 2008 ob 9.30

Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o

Ljubljana, Dimičeva 12

**P**asivna in nizkoenergijska prenova obstoječih stavb danes postaja pomembnejša kot kdajkoli. Slovenija se je pridružila evropskim ciljem glede izboljšanja energetske učinkovitosti in zmanjšanja emisij toplogrednih plinov. Izboljšanje energijskih lastnosti obstoječih stavb je eden od ključnih ukrepov Operativnega programa za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, Resolucije o nacionalnih razvojnih projektih za obdobje 2007-2023, programa Trajnostna energija v Operativnem programu razvoja okoljske in prometne infrastrukture 2007-2013. V nacionalnih strateških dokumentih smo se zavezali k izboljšanju energetske učinkovitosti, še posebej ambiciozne cilje smo si zastavili v javnem sektorju, ki naj bo za zgled drugim. Napovedujejo se večje denarne spodbude iz nacionalnih in evropskih virov. Najnovejši Akcijski načrt za energetske učinkovitost 2008-2016 na podlagi direktive o energetskih storitvah ESD (2006/32EC) predvideva doseganje 9% ciljnega prihranka končne energije v obdobju 2008-2016 (2% že do 2010) med drugim s spodbujanjem energetske učinkovite obnove in trajnostne gradnje stavb.

A kje so težave? Kljub prvim primerom dobre prakse pri prenovi stavb se projekti nizkoenergijske in pasivne prenove stavb oblikujejo prepočasno. Temu botrujejo pomanjkljivo in nepovezano znanje, neutečenost strokovnjakov v skupnih projektih, nezaupanje lastnikov stavb do novosti, premalo dobrih zgledov kot tudi večno pomanjkanje sredstev.

Namen strokovne delavnice je prikazati nekaj dobrih primerov nizkoenergijske in pasivne prenove stavb, tako s tehničnega, organizacijskega, finančnega in okoljskega vidika. Zanimajo nas tako večstanovanjske kot javne stavbe, saj gre za različne ovire, kljub enakemu končnemu cilju.

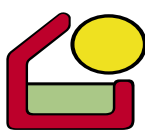
Pokazati želimo, katere elemente je pri načrtovanju prenove potrebno dosledno spoštovati in pri katerih lahko brez prevelikih posledic nekoliko popustimo, saj je naš skupni cilj oblikovati optimalno - trajnostno - rešitev za lastnika oz. uporabnika stavbe in za širše okolje, v katerega je stavba umeščena.

Na delavnici bomo pokazali tudi različne finančne spodbude, ki jih država Slovenija namenja za energetske prenove stavb v letu 2008.

**Vabljeni:** investitorji, projektanti, odgovorni za pripravo dela, odgovorni vodje del, izvajalci nadzora - nadzorniki del, upravniki stavb, nepremičninski posredniki, stanovanjski skladi - lastniki neprofitnih stanovanjskih stavb in druga zainteresirana strokovna javnost. Vsak udeleženec seminarja dobi pisno gradivo.

Delavnico sofinancira Ministrstvo za okolje in prostor.

**Informacije:** Katja Repič, prof., Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. tel.: 01/280 8 544, faks: 01/280 8 451, e-mail: katja.repic@gi-zrmk.si.



**GRADBENI INŠTITUT ZRMK d.o.o.**  
**GRADBENI CENTER SLOVENIJE**  
Dimičeva 12, 1000 Ljubljana  
tel.: 01/280 82 04, faks: 01/280 84 51  
<http://gcs.gi-zrmk.si>, e-pošta: [gcs@gi-zrmk.si](mailto:gcs@gi-zrmk.si)

Informacijski, svetovalni in izobraževalni center za graditev, obnovo, vzdrževanje in bivanje

### SVETOVANJE

V okviru GCS delujejo svetovalne pisarne, ki so namenjene občanom:

#### PRIDOBIVANJE UPRAVNIH DOVOLJENJ

(ponedeljek od 16. do 18. ure)

Občanom so na voljo nasveti o pridobitvi upravnih dovoljenj pri novogradnji in adaptaciji. Cena svetovanja znaša 25 EUR, DDV je vključen v ceno.

#### GRADBENO SVETOVANJE

• **Toplotna in hidro zaščita objektov** (ponedeljek od 15. do 18. ure)

Občanom so na voljo nasveti o toplotni in hidro zaščiti objektov, sanaciji vlage, izolacijskih materialih in sistemih za gradnjo ravnih in poševnih streh, teras, balkonov, fasad, oken ter ostalih obodnih in etažnih konstrukcijskih sklopov, tlakov, zaključnih oblog itd. Svetujemo pri zasnovi, gradnji, vzdrževanju, prenovi in sanaciji objektov.

• **Statika in nosilne konstrukcije** (sreda od 14. do 17. ure)

Občanom so na voljo nasveti v zvezi s statiko, zidanimi, armiranobetonskimi, lesenimi in drugimi nosilnimi konstrukcijami, potresno varnostjo objektov, vzdrževanjem in sanacijo vidnih betonskih elementov, rekonstrukcijo spomeniško zaščitenih in drugih starejših objektov itd. Svetujemo pri zasnovi, gradnji, vzdrževanju, prenovi in sanaciji objektov.

Cena svetovalne ure znaša 25 EUR, DDV je vključen v ceno.

Na svetovanje se je potrebno najaviti, prijave sprejemamo vsak ponedeljek, tel.: 01/280 8 204.

#### ZNAK KAKOVOSTI V GRADITELJSTVU

Celoletni razpis za ocenjevanje za Znak kakovosti v graditeljstvu za leto 2008 je objavljen na <http://gcs.gi-zrmk.si>.

Informacije: Neva Jejčič, tel.: 01/280 8 307, faks: 01/280 8 451, e-pošta: [neva.jejcic@gi-zrmk.si](mailto:neva.jejcic@gi-zrmk.si).

#### IZOBRAŽEVANJE

Delavnica »Pasivna in nizkoenergijska prenova obstoječih stavb«

25. januar 2008 ob 9.30, Ljubljana, Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o., Dimičeva 12.

Informacije in prijave: Katja Repič, tel.: 01/280 8 544, faks: 01/280 8 451, e-pošta: [katja.repic@gi-zrmk.si](mailto:katja.repic@gi-zrmk.si).