

# IZMERA PREMIKOV IN SANACIJA ODLAGALIŠČA HIDROMETALURŠKE JALOVINE BORŠT RUDNIKA ŽIROVSKI VRH

dr. Dušan Kogoj  
FAGG, Oddelek za geodezijo, Ljubljana  
Darko Trlep  
Rudnik Žirovski vrh, Todraž  
Prispelo za objavo: 1.8.1994

## Izvleček

Odlagališče hidrometalurške jalovine Boršt bivšega Rudnika urana Žirovski vrh je posledica večletnega izkoriščanja in predelave uranove rude. Na osnovi geodetskih meritev so bili ugotovljeni horizontalni in vertikalni premiki na odlagališču in v njegovi širši okolici. Sistematične geodetske meritve od leta 1990, ki jih dopolnjujejo geološke raziskave, so pokazale, da plaz nosi s seboj odloženi material. Nevarnost, da bo odlagališče spolzelo v dolino, predvsem pa radioaktivnost odloženega materiala, zahteva ustrezno sanacijo.

**Ključne besede:** Geodetski dan, izmera, odlagališče jalovine, premiki, Radenci, Rudnik Žirovski vrh, sanacija plazu, zgodovina, 1994

## Abstract

The Boršt hydrometallurgical tailings waste dump of the uranium ore mine Žirovski vrh, Slovenia, is a result of a yearlong exploitation, extraction and manufacture of uranium ore. On the basis of the surveying measurements horizontal and vertical movements were detected in the waste dump, and in the surrounding countryside. The since 1990 systematic surveying measurements with geological researches have shown the land slide is carrying with it the dumped material. The danger of the waste dump to slide into the valley and above all the radioactivity of the dumped material require adequate restoration.

**Keywords:** Geodetic workshop, history, mine Žirovski vrh, movements, Radenci, landslide restoration, survey, tailings waste dump, 1994

## 1. UVOD

Rudnik Žirovski vrh je edini rudnik v Sloveniji, kjer so do sredine leta 1990 izkopavali uranovo rudo. Rudnik leži jugozahodno od Škofje Loke v dolini potoka Brebovnica, kot stranski dolini Poljanske doline. Prve geološke raziskave na območju ležišča uranove rude Žirovski vrh segajo v leto 1960. Po letu 1970 so raziskave postale intenzivnejše. Na osnovi dotedanjih geoloških raziskav izdelana Elaborat o ekonomski opravičenosti izgradnje rudnika in osnovni Investicijski program sta privedla do ustanovitve Rudnika urana Žirovski vrh v letu 1977. Rudnik urana Žirovski vrh je s pridobivanjem uranove rude in proizvodnjo rumene pogače – uranovega koncentrata – predstavljal prvi člen pri zagotavljanju gorilnih elementov za Nuklearno elektrarno v Krškem. Izgradnja rudnika je bila zasnovana ambiciozno na sodobni rudarski, kemijski in metalurški tehnologiji s poudarkom na varovanju okolja. Aktivnosti izgradnje rudnika v gorskem masivu Žirovski vrh, začetek poizkusnega odkopavanja v letu 1981 in uvedba redne proizvodnje v letu 1984, so potekale skoraj nemoteno do leta 1990. Takrat sta izkopavanje uranove rude in proizvodnja uranovega koncentrata dosegla 120 000 t rude in 100 t rumene pogače na leto.

V letu 1990 sta bila z vladnim Sklepom o začasnem prenehanju z izkoriščanjem in raziskovanjem uranove rude v Rudniku urana Žirovski vrh (Ur.l. RS 40/90) izkopavanje uranove rude in proizvodnja uranovega koncentrata ustavljena. Leta 1992 je skupščina Republike Slovenije sprejela Zakon o trajnem prenehanju izkoriščanja uranove rude in preprečevanju posledic rudarjenja v Rudniku urana Žirovski vrh (Ur.l. RS 36/92). Na osnovi zakona je bilo konec leta 1992 formirano javno podjetje Rudnik Žirovski vrh, katerega temeljne naloge so zaprtje rudnika urana, izvedba trajnega zavarovanja okolja pred posledicami rudarjenja in uvedba nadomestnih dejavnosti od načrtov do izvedbe. Spomladi leta 1994 je bil na osnovi omenjenega zakona izdelan in tudi sprejet ustrezen program vseh potrebnih del za zaprtje in sanacijo „degradiranega“ okolja rudnika zaradi rudarjenja. Program naj bi zagotavljal tudi proračunsko financiranje del.

Tehnologija pridobivanja uranove rude in metalurški proces proizvodnje rumene pogače sta narekovala izgradnjo ločenih odlagališč jamske jalovine in hidrometalurške jalovine. Odlagališča jamske jalovine so locirana neposredno ob vhodih v rudniško jamo in so namenjena odlaganju jalovega jamskega materiala. Na območju rudnika se nahajajo tri odlagališča jamske jalovine. S projektom so bili določeni načini odlaganja jamskega materiala in mešanja z rdečim blatom (vmesni metalurški odpadek) z dokončnim urejanjem odlagališč – ozelenitvijo. Za odlaganje predelane uranove rude, imenovane siva hidrometalurška jalovina, je bilo predvideno posebno, nekoliko odmaknjeno, območje Boršt nad dolino potoka Todražice.

## 2. ODLAGALIŠČE HIDROMETALURŠKE JALOVINE BORŠT

Odlagališče Boršt je objekt Rudnika Žirovski vrh, ki leži približno 1 500 m vzhodno od predelovalnega obrata, na pobočju istega imena med višinskima kotama 520 m in 580 m. Površina odlagališča je približno 4,2 ha. Odlagališče je zaradi radioaktivnih emisij locirano nad lokalno temperaturno mejo. Geološko podlago predstavljajo karnijski elementi z menjajočimi se glinovci in skrilavci ter tufiti. Siva

hidrometalurška jalovina je peščeno meljast, slabo vodopropusten agregat, kemično sestavljen pretežno iz  $\text{SiO}_2$ , sadre in sulfatnih soli. Vsebuje tudi precej vlage: 20% do 24% ob vgraditvi do postopnega zmanjšanja na 18%. Odlaganje hidrometalurške jalovine na odlagališču je določil poseben projekt. Po odstranitvi vegetacijskega in humusnega pokrova ter po postavitvi sistema drenažnih cevi za odvodnjavanje zalednih voda je bila matična podlaga urejena z vodonepropustnim, pretežno glinastim materialom. Zaledne vode so odpeljane iz območja odlagališča. Odlaganje hidrometalurške jalovine je potekalo z razgrinjanjem v plasteh (4 do 5 m) s sprotnim nameščanjem filcnih drenažnih trakov. Izcedne vode iz odloženega materiala so se stekale prek zadrževalnega bazena nazaj v tehnološki postopek. Brežine odlagališča so bile oblikovane z naklonom  $20^\circ$  in prekrite s približno 0,25 m zatavljenim humusnim prekritjem. Brežino prekinjajo vmesne berme s sistemom koritastih kanalet, ki služijo za prestrezanje meteornih voda, ki so prav tako speljane v zadrževalni bazen. Sedanja oblika je odlagališče dobilo po ustavitvi proizvodnje leta 1990, ko se je končalo z dovažanjem sive jalovine na odlagališče. Po obilnem deževju oktobra in novembra istega leta so se na odlagališču pojavile razpoke, ki so opozarjale, da se z odlagališčem nekaj „dogaja“.

### 3. IZMERA PREMİKOV ODLAGALIŠČA BORŠT

Izgradnjo in obratovanje Rudnika so spremljale intenzivne geodetske aktivnosti, ki so in še slonijo na solidno določeni mikrotriangulacijski mreži. Že leta 1988 smo na odlagališču hidrometalurške jalovine Boršt postavili opazovalno mrežo za meritve stabilnosti njegovih brežin, skladno s sistematičnimi geodetskimi opazovanji vseh pomembnih rudniških objektov.

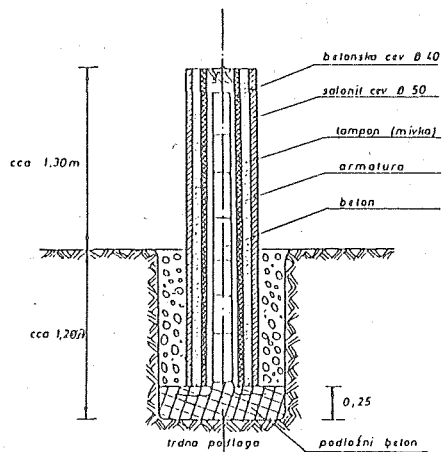
#### 3.1 Metoda izmere

Naloga, ki je bila zaupana Katedri za geodezijo pri FAGG v sodelovanju z jamomersko službo Rudnika Žirovski vrh, je bila ugotavljanje stabilnosti odlagališča Boršt v horizontalnem in vertikalnem smislu. Za določitev horizontalnega položaja izbranih točk na nasipu in zunaj njega je bila izbrana kombinacija triangulacije in trilateracije, v višinskem smislu pa so bile točke določene z metodo trigonometričnega višinomerstva.

#### 3.2 Oblika mreže in meritve

Osnovo za meritve premikov predstavljajo kontrolne točke na opazovanem objektu in mreža opazovalnih točk na stabilnem terenu. Prvotno stabilizirano mrežo opazovalnih geodetskih točk tvori pet masivnih betonskih stebrov z možnostjo prisilnega centriranja (Slika 1a) (točke 1, 2, 3, 4 in 10). Kontrolne točke so bile s posebno stabilizacijo (Slika 1b) stabilizirane na posameznih etažah odlagališča (I/1, II/1, II/2, II/3). Predvideno je bilo, da bi se z višanjem odlagališča število kontrolnih točk povečevalo. Opazovalne in kontrolne točke tvorijo mikrotriangulacijsko trilateracijsko mrežo. Mreža je povezana in vklopljena v sistem triangulacijske rudniške mreže Rudnika Žirovski vrh.

Opazovalni steber triangulacijske mreže



RUŽV - FAGG

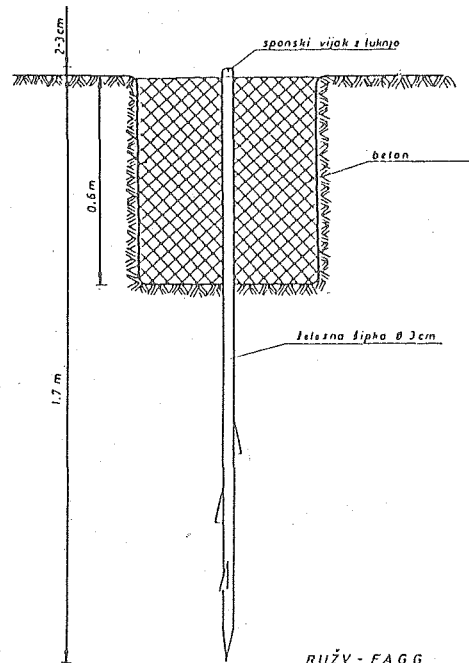
Ocena stabilnosti deponije Boršt

Opazovalni steber triangulacijske mreže  
M-1.2.50

Prigovilo: dr. Vodopivec F., dipl. inž.,  
Trlep D., dipl. inž.,  
Risala, Kogovšek Z.,  
Datum: April 1988

SLIKA 1a

Kontrolna točka



RUŽV - FAGG

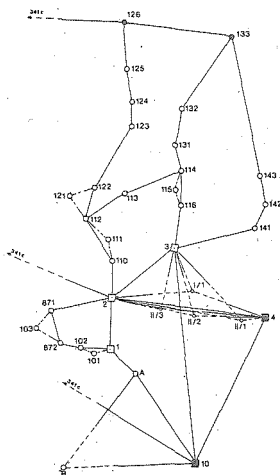
Ocena stabilnosti deponije Boršt

Skica kontrolne točke  
M-1:100

Obdelala: dr. Vodopivec F., dipl. inž.,  
Trlep Darja, dipl. inž.,  
Risala, Kogovšek Z.,  
Datum: Sept. 1988

SLIKA 1b

Predpostavljeno je bilo, da so opazovalne točke dobro stabilizirane in odmaknjene od nestabilnih tal. Prva (ničelna) meritev je bila izvedena 24.08.1988, druga meritev pa dve leti kasneje 10.07.1990. Tretja in četrta meritev sta bili opravljene 12.04.1991 in 21.05.1991. Ugotovljeni so bili občutni premiki kontrolnih točk kot tudi opazovalnih točk. Smer, obseg in velikost ugotovljenih premikov točk mreže je zahtevala razširitev mreže. Osnovni mreži sta bila dodana dva kontrolna profila 100 in 110. Razširitev pa ni bila zadostna, saj še vedno ni omogočala določitev severnega roba območja nestabilnosti. Za sedmo meritev je bila torej značilna ponovna razširitev mreže s tremi novimi profili v obliki poligonov (120, 130 in 140). Končna oblika mreže je kombinacija triangulacijsko trilateracijske in poligonske mreže. Dolžine posameznih stranic v mreži ležijo v intervalu od 22 m do 307 m. Višinska razlika med najvišjo točko 10 in najnižjo točko 126 je 120 m. Mrežo tvori skupno 35 točk (Slika 2) in omogoča spremljanje premikov odlagališča in okolice ter določitev meje premikov. Od leta 1988 do danes je bilo opravljenih 19 meritev. Hitrost premikov odlagališča in okolice je narekovala hitrost meritev. Največ meritev je bilo opravljenih v letu 1991, in sicer 7. Od leta 1992 je mreža merjena štirikrat letno.



Slika 2

### 3.3 Instrumentarij

Ob pričakovanju minimalnih premikov kontrolnih točk odlagališča sta bila izbrana primerno natančna instrumentarij in oprema, ki naj zagotavljata dovolj natančne rezultate meritev za določitev premikov. Horizontalne in vertikalne kote merimo s preciznim elektronskim teodolitom Kern E2. Uporabljena je girusna metoda merjenja horizontalnih kotov. Koti so merjeni v treh girusih. Vertikalni koti so merjeni na vseh treh nitih v obeh krožnih legah obojestransko. Za merjenje dolžin je bil izbran precizni razdaljemer Kern Mekometer ME 5000. Dolžine so merjene obojestransko. Uporabljeni so originalni reflektorji Kern.

### 3.4 Izračun

Najverjetnejše vrednosti kordinat točk mreže so dobljene na osnovi izravnave. Določitev položaja točk je ločena na horizontalno in vertikalno komponento.

Mreža je izravnana kot vklopljena mreža. Na osnovi povezave z rudniško mrežo in rezultatov meritev mikromreže so bile izbrane štiri dane (stabilne) točke (4, 10, 126 in 133). Uteži meritev so določene na osnovi uporabljenega instrumentarija, metode dela in izkušenj (subjektivna verjetnost).

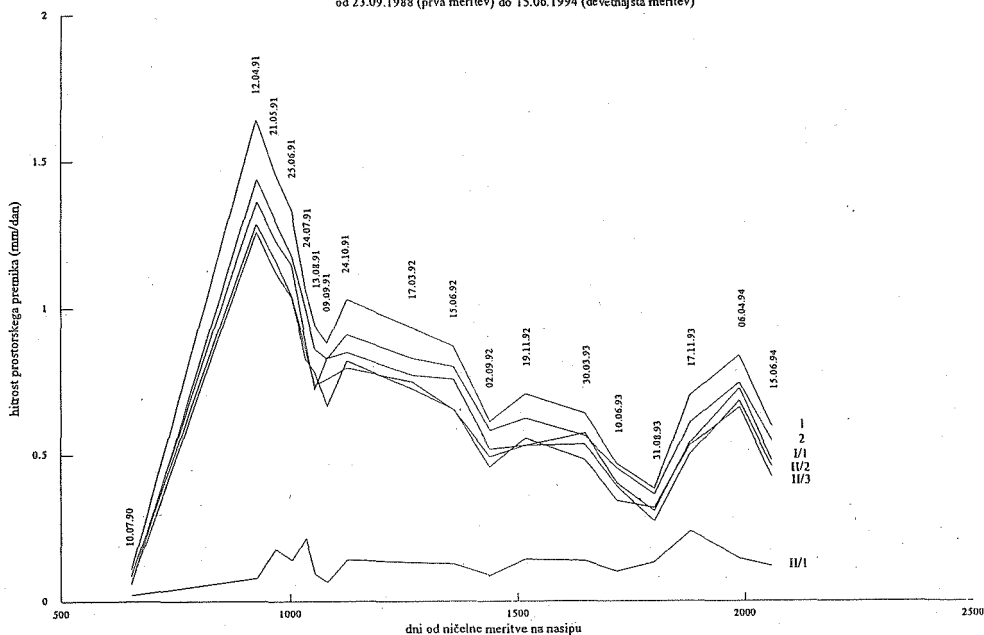
- osnovni vhodni podatki horizontalne izravnave
  - 39 točk mreže (5 danih, 34 novih)
  - 147 opazovanj (92 smeri in 55 dolžin)
- osnovni vhodni podatki vertikalne izravnave
  - 38 točk mreže (4 dane, 34 novih)
  - 55 merjenih višinskih razlik.

Kvaliteta izmere mreže je ocenjena iz rezultatov izravnave. Uporabljen instrumentarij in metoda izmere zagotavljata izredno natančnost. Srednji pogrešek opazovanih smeri se giblje v intervalu od 1,7" do 2,2". Srednji pogrešek dolžin, ocenjen iz rezultatov izravnave, leži v intervalu od 0,2 mm do 0,4 mm. Relativni srednji pogrešek višinskih razlik na 100 m leži v intervalu od 0,7 mm do 1,0 mm. Tako natančne meritve kljub ne najbolj ugodni obliki mreže zagotavljajo zelo dobro natančnost določitve položaja posameznih točk mreže. Velikosti velikih polos standardnih elips pogreškov so od 0,4 mm do 1,0 mm, malih polos pa od 0,2 mm do 0,7 mm. V višinskem smislu so točke določene z natančnostjo od 0,5 mm do 1,2 mm.

### 3.5 Premiki

**Z**e druga meritev julija 1990 je pokazala, da odlagališče ni povsem stabilno. Tretja meritev, ki je bila izvedena aprila 1991, torej po katastrofalnih poplavih v Sloveniji v novembru 1990, je potrdila izreden premik celotnega odlagališča z okolico. Ogromne količine vode so povzročile zdrs odlagališča. Hitrost premikov je spomladi in poleti leta 1991 na praktično vseh nestabilnih točkah presegala 1 mm/dan, maksimalne vrednosti so znašale tudi do 1,5 mm/dan (Graf 1). Gostota točk mreže in kvalitetne geodetske meritve so omogočile izredno natančno določitev obnašanja plazu. Določena je bila meja nestabilnega območja, ki je oddaljena tudi več kot 200 m od odlagališča (Slika 3). Gre torej za plazenje večjega območja kot ga pokriva odložena siva jalovina. Istočasno z geodetskimi meritvami potekajo geološke raziskave odlagališča in okolice. Ocenjeno je bilo, da je prostornina celotnega plazu približno 2,9 mil m<sup>3</sup>, od tega je hidrometalurške jalovine „le“ 0,3 mil m<sup>3</sup>. Celotna količina plazu je torej skoraj 10-krat večja od količine odloženega materiala. V bistvu plaz „nosi“ s seboj odloženo jalovino. Masa plazu drsi po pobočju proti dolini. Dogajanje v plazu je zelo dinamično. Definirana je smer premikov, območja dvigov in posedanj, ugotovljena je dinamika premikov itd. Na osnovi nihanja hitrosti premikov je mogoče ugotoviti, da je hitrost premikov v tesni korelaciji s količino padavin na tem področju. Dosedanje meritve so pokazale, da se plaz počasi in postopoma umirja (Graf 1). Hitrosti premikov posameznih točk, ugotovljenih z zadnjo meritvijo junija 1994, se gibljejo okrog 0,5 mm/dan in dosega 77 % povprečne hitrosti dosedanjih premikov.

graf 1: hitrosti prostorskih premikov točk na odlagališču  
od 23.09.1988 (prva meritev) do 15.06.1994 (devetnajsta meritev)



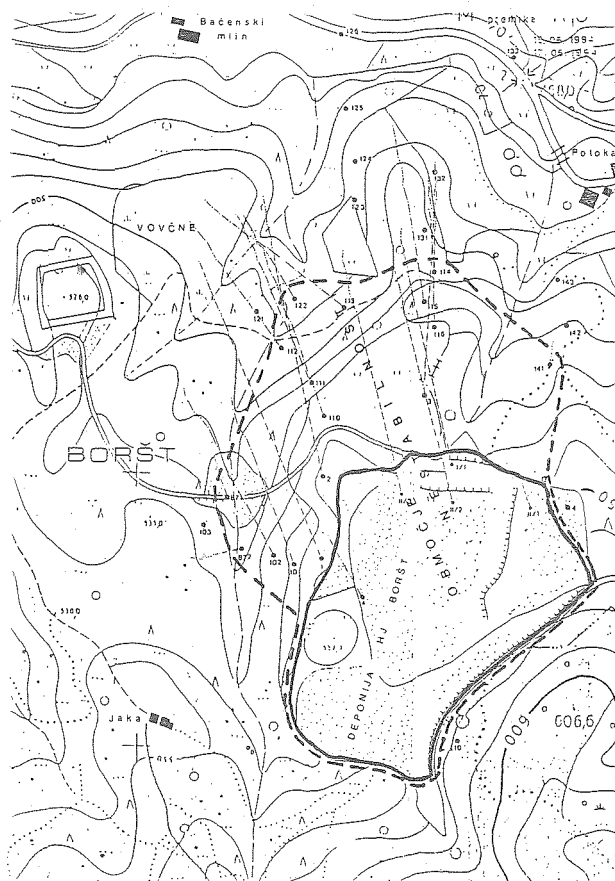
*Graf 1: Hitrosti prostorskih premikov točk na odlagališču  
od 23.09.1988 (prva meritev) do 15.06.1994 (devetnajsta meritev)*

#### 4. SANACIJA PLAZU ODLAGALIŠČA BORŠT

**K**malu po potrditvi plazanja so se pojavile različne ideje, kako preprečiti nadaljnje drsenje odlagališča in okolice. Tako so bile za sanacijo tega obsežnega plazu predlagane različne rešitve:

- prestavitev odlagališča na drugo lokacijo je z okoljevarstvenega stališča nesprejemljivo (nova degradacija okolja). Pridobitev potrebnih novih površin pa bi naletela na zavračanje okolice,
- delni ali popolni odvoz hidrometalurške jalovine na druga odlagališča Rudnika Žirovski vrh se je zaradi prostorske stiske na odlagališču „Jazbec“ izkazal za neprimeren. Predvideno je namreč, da bo iz treh obstoječih odlagališč jamske jalovine ostalo samo eno, ki je prav tako prostorsko omejeno,
- uvedba črpanega zasipa jamskih prostorov s hidrometalurško jalovino je tehnološko zahteven in drag postopek, ki še ni dovolj raziskan, zlasti njegovi vplivi na podtalne, predvsem pa na izcedne vode iz jame Rudnika Žirovski vrh.
- izgradnja drenažnega rova pod plazom se je izkazala v strokovnih krogih za optimalno rešitev. S projektom je predvideno, da bi se predvsem zaledne vode prek sistema odvodnjevalnih vrtin zbirale v odvodnjevalnem rovu in po njem iztekale na plano. Izsušitev plazju oziroma preprečitev vstopa vode vanj pa naj bi zaustavilo nadaljnje plazanje.

V letošnjem poletju so se začela prva pripravljala dela za sanacijo plazju „Boršt“ in izdelava drenažnega rova.



Slika 3

## 5. ZAKLJUČEK

**P**redvsem problematična radioaktivnost odloženega materiala odlagališča Boršt in osveščenost strokovnjakov Rudnika Žirovski vrh so zahtevali in omogočili natančne geodetske meritve premikov odlagališča. Na osnovi teh je bilo mogoče enolično in zelo natančno definirati smer premikov, velikost območja premikov in dinamiko premikov. Rezultati geodetskih meritev so bili v povezavi z rezultati geoloških raziskav odločilni pri izbiri najugodnejše variante nujno potrebne sanacije plaz.

### Literatura:

- Beguš T., 1992, Tehnično poročilo odlagališča Boršt, Rudnik urana Žirovski vrh.  
 Kogoj D. et al., 1988-1994, Izmera horizontalnih in vertikalnih premikov odlagališča hidrometalurške jalovine Boršt, (19 poročil od septembra 1988 do junija 1994), Katedra za geodezijo FAGG, Ljubljana.  
 Rudnik urana Žirovski vrh, 1992, Broširana informacija o izgradnji rudnika, Todraž.

Recenzija: Andrej Černe  
 prof.dr. Florjan Vodopivec