

ARCHAEOLOGIA RHENO-NAUKA N° 4 (2008) PRIRONENSCIENCE

ARHEOLOGIJA I
PRIRODNE NAUKE

Center for New Technology
Archaeological Institute Belgrade

ARCHAEOLOGY
AND SCIENCE

4
2008

Belgrade 2009

Centar za nove tehnologije
Arheološki institut Beograd

ARHEOLOGIJA I
PRIRODNE NAUKE
4
2008

Beograd 2009.

Published by:
Center for New Technology Viminacium
Archaeological Institute Belgrade
Kneza Mihaila 35/IV
11000 Belgrade, Serbia
e-mail: cnt@mi.sanu.ac.rs
Tel. +381 11 2637191

Izdavači:
Centar za nove tehnologije Viminacium
Arheološki institut Beograd
Kneza Mihaila 35/IV
11000 Beograd, Srbija
e-mail: cnt@mi.sanu.ac.rs
Tel. +381 11 2637191

For the publishers:
Miomir Korać
Slaviša Perić

Editor-in-chief:
Miomir Korać

Glavni urednik:
Miomir Korać

Editorial Board:
Snežana Golubović, Archaeological Institute
Žarko Mijailović, Faculty of Mathematics
Živko Mikić, Faculty of Philosophy Belgrade
Milan Milosavljević, School of Electrical Engineering
Dragan Milovanović, Faculty of Mining and Geology
Zoran Obradović, Temple University, USA
Zoran Ognjanović, Mathematical Institute
Slaviša Perić, Archaeological Institute
Dejan Vučković, Faculty of Mining and Geology
Zsolt Zolnai, University of Wisconsin - Medison, USA
Lanfranco Masotti, Universita' di Bologna
Gianfranco Cicognani, Central European Initiative
Marco Pacetti, Universita' Politecnico delle Marche
Nemanja Mrđić (secretary), Archaeological Institute

Uređivački odbor:
Snežana Golubović, Arheološki institut
Žarko Mijailović, Matematički fakultet
Živko Mikić, Filozofski fakultet Beograd
Milan Milosavljević, Elektrotehnički fakultet
Dragan Milovanović, Rudarsko-geološki fakultet
Zoran Obradović, Univerzitet Temple, SAD
Zoran Ognjanović, Matematički institut
Slaviša Perić, Arheološki institut
Dejan Vučković, Rudarsko-geološki fakultet
Zsolt Zolnai, Univerzitet u Viskonsinu - Medison, SAD
Lanfranco Masotti, Universita' di Bologna
Gianfranco Cicognani, Central European Initiative
Marco Pacetti, Universita' Politecnico delle Marche
Nemanja Mrđić (sekretar), Arheološki institut

Translation:
Milica Tapavički-Ilić

Prevod:
Milica Tapavički-Ilić

Cover Design:
Miomir Korać

Dizajn Korica:
Miomir Korać

Graphic design by:
Nemanja Mrđić

Dizajn i tehničko uređenje:
Nemanja Mrđić

Print:
Digital Art Beograd

Štampa:
Digital Art Beograd

Printed in:
500 copies

Tiraž:
500 primeraka

SADRŽAJ / CONTENTS

Angelina Raičković Sonja Vuković	KERAMIČARSKA PEĆ SA ISTOČNE NEKROPOLE VIMINACIJUMA..... <i>Pottery Kiln From The Eastern Necropolis Of Viminacium.....</i>	7 11
Bebina Milovanović	SIMBOLIKA PRIKAZANIH ŽIVOTINJA NA NADGROBNIM STELAMA IZ VIMINACIJUMA..... <i>Symbolism Of Animals Depicted On Tombstones From Viminacium.....</i>	15 25
Nina Korać	NEKI ASPEKTI ANTIČKE MEDICINE..... <i>Some Aspects Of Ancient Medicine.....</i>	27 35
Vladimir Miletić Jelena Miletić	PREGLED GEORADARSKIH ISTRAŽIVANJA GORNJEG I DONJEG GRADA BEOGRADSKE TVRĐAVE..... <i>Overview Of GPR Reserch In The Area Of Upper And Lower Town Of Belgrade Fortress.....</i>	37 39
Vučković Dejan Branislav Sretković Dejan Miloševski	KVANTIFIKACIJA DEGRADIRAJUĆEG UTICAJA TERMOELEKTRANE DRMNO NA ARHEOLOŠKI LOKALITET VIMINACIUM..... <i>Quantification Of Deteriorating Impact Of The Thermoelectric Plant Drmno On Archaeological Site Viminacium.....</i>	51 91
Emilija Nikolić	ARHEOLOŠKI NAUČNO-ISTRAŽIVAČKI CENTAR – DOMUS SCIENTIARUM VIMINACIUM..... <i>Archaeological Scientific and Research Centre – DOMUS SCIENTIARUM VIMINACIUM</i>	93 100
Vanja Korać	PREVENCIJA ŠIRENJA VIRUSA KROZ AUTORUN FUNKCIJU OPERATIVNOG SISTEMA..... <i>Preventing The Spread Of The Virus Through The Autorun Feature Of The Operating System</i>	103 107
	UPUTSTVO AUTORIMA O NAČINU PRIPREME ČLANAKA ZA ČASOPIS ARHEOLOGIJA I PRIRODNE NAUKE (APN).....	109

Korice: Laka zaštitna konstrukcija koju nose pešadinci prilikom približavanja bedemu, Apolodor iz Damaska, O opsadama (Πολιορκητικά), codex Vaticanus gr. 1605 fol. 8, Biblioteca Apostolica Vaticana

Angelina Raičković
Arheološki institut Beograd
araickovic@yahoo.com

Sonja Vuković
sonja.vukovic@gmail.com

UDK 904:738.8(497.11)"01/02"

Izvorni naučni članak



Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT 44° 44' 09" / LONG 21° 12' 42"

KERAMIČARSKA PEĆ SA ISTOČNE NEKROPOLE VIMINACIJUMA

APSTRAKT

Na lokaciji Kod Koraba, na prostoru Istočne nekropole Viminacijuma, pored skeletnih i kremiranih grobova, otkrivena je i jedna grnčarska peć. Iako je peć bila oštećena radom mehanizacije, nije no istraživanje je pružilo značajne podatke, pošto su u ložištu pronađeni fragmenti keramičkih posuda i životinjske kosti. Peć je datovana u period od početka II do prve polovine III veka, što se poklapa sa vremenom korišćenja nekropole.

KLJUČNE REČI: KERAMIČARSKA PEĆ, KERAMIKA, NAČIN OBRADE, ŽIVOTINJSKE KOSTI, NEKROPOLA, VIMINACIJUM.

UVOD

Lokacija Kod Koraba nalazi se na prostoru Istočne nekropole Viminacijuma, oko 650 m jugoistočno od legijskog logora. Zbog napredovanja površinskog kopa uglja Drmno, u periodu od 2005 - 2008. godine vršena su zaštitna arheološka iskopavanja.¹ Tom prilikom otkriveno je 79 grobova sa skeletnim i 132 groba sa ostacima spaljenih pokojnika. Nalazi grobova ukazuju da je ponovljena lokacija predstavljala nekropolu, koja se prostire istočno od grada Viminacijuma. Grobovi su datovani u period od druge polovine I do druge polovine III veka, sa izuzetkom jednog groba koji je datovan u IV vek.² Prilikom rada bagera

tokom 2008. godine, u profilu površinskog kopa, u blizini grobne konstrukcije od kamenih ploča, konstatovana je grnčarska peć. U ovom radu su, uz opis peći, predstavljeni i nalazi iz njenog ložišta: keramičke posude i životinjske kosti.

KERAMIČARSKA PEĆ

Peć je bila izuzetno oštećena mehanizacijom. Zidovi kalote su sačuvani od nivoa rešetke u visini od 0.65 m, a sama rešetka sa cilindričnim, radijalno raspoređenim otvorima nazire se u profilu. Centralni nosač rešetke peći konstatovan je samo u svojoj temeljnoj zoni. Debljina rešetke je 0.30 m, širina rosta 0.35 m, dok visina od poda do rosta iznosi 0.60 m. Budući da se peć nalazila uz samu ivicu površinskog kopa (slike broj 1 i 2), iz bezbednosnih razloga je u jugozapadnoj strani lo-

¹ Radove je izvodio Arheološki institut iz Beograda pod rukovodstvom dr M. Koraća, naučnog savetnika Arheološkog instituta.

² Bogdanović, u pripremi



Slika broj 1 – Položaj otkrivene peći na ivici površinskog kopa “Drmno”

žišta istražen samo deo u dužini od 0.40 m. Otvori za strujanje vazduha neophodnog za gorenje po pravilu su identične veličine čiji prečnik varira od 0.07 do 0.12 m³, dok je u slučaju ove peći taj otvor 0.08 m (plan broj 1).⁴ Peći ovog tipa otkrivene su i na prostoru Zanatskog centra, gde su bile zidane od opeka i tegula. Kod ove peći to nije moguće utvrditi jer je sačuvan samo deo od nabijene zaprečene zemlje.

KERAMIČKI MATERIJAL IZ LOŽIŠTA PEĆI (slika broj 3)

Plitka zdedla⁵ sa kratkim, blago iskošenim i po ivici zaravnjenim obodom i blago zaobljenim zidovima trbuha koji se lome i skoro horizontalno spuštaju ka uskoj prstenastoj stopi. Rađena je

od srednje prečišćene gline crvene boje pečenja, spoljne površine bojene tonovima mrke boje.

Pronađeni lonci u ložištu ove peći su najraznovrsniji po tipovima. Izdvaja se lonac horizontalno razgrnutog⁶ i sa unutrašnje strane užljebljenog oboda koji se spušta ka visoko postavljenom trbuhu i ravnom dnu. Rađen je od peskovite gline, mrkosive boje pečenja i neobrađene spoljašnje površine. Konstatovan je i lonac horizontalno izvučenog,⁷ pri krajevima blaže uvijenog oboda naglašenog kratkog vrata i bikoničnog trbuha koji se spušta ka ravnom nenaglašenom dnu. Rađen je od peskovite gline u sivoj boji pečenja i neobrađene spoljašnje površine. Potom sledi i lonac horizontalno razgrnutog i kratkog oboda,⁸ stanjenog pri vrhu, sa debelim zidovima trbuha koji se spuštaju ka ravnom nenaglašenom dnu. Rađen je od srednje prečišćene gline crvene boje pečenja i neobrađene spoljašnje površine. Javlja se i lonac

3 Raičković 2007, 12.

4 Crtež arhitekte E. Nikolić.

5 Raičković 2007, T. II sl. br. 21.

6 Raičković 2007, T. V sl. br. 44.

7 Raičković 2007, T. V sl. br. 52.

8 Raičković 2007, T. V sl. br. 53.



Slika broj 2 – fotografija osnove peći

trakasto profilisanog na ivici zaravnjenog oboda,⁹ sa unutrašnje strane užljebljenog. Ispod oboda polazi trakasta drška koja je sa strane užljebljena. Bikoničan trbuš u gornjem delu ukrašen je plitkim žljebom. Rađen je od peskovite gline sive boje pečenja i neobrađene površine. Zatim lonac koso izvučenog oboda i vrećastog trbuha,¹⁰ rađen od peskovite gline sive boje pečenja i neobrađene površine, dok je dekoracija izvedena urezivanjem. Sledi veći lonac prstenasto profilisanog, sa unutrašnje strane užljebljenog oboda i jajolikog trbuha,¹¹ rađen od peskovite gline sive boje pečenja i neobrađene površine.

Tanjiri su zastupljeni oblikom sa blago uvučenim neprofilisanim obodom, iskošenim zidovima trbuha koji se povijaju prema užem prstenastom dnu.¹² Jedan od njih izrađen je od srednje prečišćene gline crvene boje pečenja i crveno

bojene površine, a drugi tanjur istog tipa je od srednje prečišćene gline sive boje pečenja čija je spoljna površina bojena crnom bojom.

Od ostalih oblika mogu se izdvojiti poklopci koji su u ovoj celini i najbrojniji iako su zastupljeni samo sa dva tipa. Jedan od njih je sa zaobljenim obodom¹³ čiji se zidovi trbuha koso spuštaju ka dugmetastoj dršci. Različitim su dimenzija i mrke ili sive boje pečenja, a zemlja od koje su izrađeni je srednje prečišćena ili peskovita. Ovaj tip poklopca se i inače najbrojnije javlja na drugim istraživanim lokacijama na Viminacijumu. Drugi tip poklopca koji je otkriven u ložištu ove peći pripada tipu većeg i dubljeg poklopca sa prstenasto profilisanim obodom i zidovima koji se zaobljeno spuštaju ka dnu.¹⁴ Rađeni su od peskovite gline, mrke ili sive boje pečenja, a spoljašnja površina im je neobrađena.

Pehari su u ovoj celini zastupljeni sa dva tipa. Jedan od njih je sa bikoničnim, koso raz-

⁹ Raičković 2007, T. VI sl. br. 56.

¹⁰ Raičković 2007, T. VI sl. br. 60.

¹¹ Raičković 2007, T. VI sl. br. 62.

¹² Raičković 2007, T. VIII sl. br. 64.

¹³ Raičković 2007, T. XI sl. br. 104.

¹⁴ Raičković 2007, T. XI sl. br. 108.



Slika broj 3 – fragmenti keramičkih posuda nađeni u ložištu peći

grnutim, kratkim obodom i prstenastim dnom sa jednom drškom, koja polazi od oboda i spaja se na trbuhu.¹⁵ Rađen je od crvene, srednje prečićene gline. Površina je bojena tonovima mrkocrvene boje. Drugi tip pehara je sa koso izvučenim i kratkim obodom, jajolikim trbuhom koji se spušta ka uskom ravnom dnu.¹⁶ Ova vrsta pehara rađena je od peskovite gline beložućaste boje pečenja i neobrađene spoljne površine.

Na keramičkom materijalu pronađenom u ložištu peći nema tragova gorenja. Ono što se može primetiti jeste da ima primeraka deformisanih posuda. Po oblicima najbrojniji su fragmenti lonaca, slede poklopci i tanjiri. Posude su rađene od srednje prečićene gline crvene ili sive boje pečenja, kao i od gline peskovite fakture u crvenoj ili sivoj boji pečenja. Od ornamenata korišćena je radla za ukrašavanje dna bojenog tanjira i za nekoliko fragmenata sivog peskovitog lonca, a na nekoliko fragmenata se javljaju i plića rebra. Konstatovano je ukupno 256 fragmenata keramike od kojih su najbrojniji fragmenti rađeni od srednje prečićene i peskovite gline, neobrađene spoljne površine. Poredenjem ovih oblika sa materijalom koji je otkriven u ložištima i jamama u okviru peći iz Zanatskog centra može se konstatovati da

su ovi oblici uglavnom bili otkriveni u otpadnim jamama i u pećima br. 1, 2 i 3.¹⁷

U ložištu je pored keramičkog konstatovan i koštani materijal.

ŽIVOTINJSKE KOSTI

(slike broj 4, 5, 6)

Pored keramičkih posuda u ložištu peći je otkriven i manji broj životinjskih kostiju. Pronađeno je osam primeraka kostiju krupnih i srednjekrupnih sisara, od kojih sedam primeraka pripada domaćem govečetu (*Bos taurus*), dok jedna kost pripada srni (*Capraeolus capraeolus*). Među kostima govečeta nalazi se šest fragmentovanih leđnih pršljenova, koji najverovatnije pripadaju istoj jedinki, kao i 1 fragment vertikalne grane mandibule. Na pršljenovima su vidljive linije srastanja kranijalne i kaudalne zglobne površine. Može se pretpostaviti da je jedinka govečeta bila starosti do 5 godina, budući da u tom periodu srastaju epi-fize pršljenova.¹⁸

Na mandibuli se sa lingvalne strane nalaze tri ureza, koji predstavljaju tragove kasapljenja. Srna je predstavljena fragmentom dijasize metatarzalne kosti. Na ovom metatarzusu, kao i na jednom od fragmenata pršljenova nalaze se tragovi glodanja pasa. Kosti su, uglavnom, dobro očuvane, a na dva pršljena primetni su tragovi raspadanja koje je uzrokovano fizičko-hemijskim uslovima kojima je bila izložena kost. Iako bi se očekivalo, na kostima nije bilo tragova gorenja.

Zbog prisustva životinja koje su korišćene u ishrani i tragova kasapljenja, fauna pronađena u ložištu ove peći bi mogla predstavljati ostatke hrane.

ZAKLJUČAK

Nalazi iz ložišta grnčarske peći, fragmentovane keramičke posude i životinjske kosti, na kojima nije bilo tragova gorenja, ukazuju na činjenicu da su deponovani nakon perioda korišćenja same peći. Uzrok napuštanja peći nije moguće sa sigurnošću utvrditi, ali se može pretpostaviti da je do napuštanja došlo usled urušavanja rešetke peći.

15 Raičković 2007, T. XIII sl. br. 116.

16 Nikolić – Đorđević 2000, 171, tip IX/35.

17 Raičković 2007, 104 – 106.

18 Silver 1969, 285.

Na osnovu analogija sa materijalom sa drugih lokacija na Viminaciju, ali i širom Gornje Mezije,¹⁹ keramički materijal iz ložišta peći datuje se u period od početka II do sredine III veka. Sam izgled keramičarske peći ne podleže osetljivijem datovanju, jer ova peć po svojim karakteristikama pripada najbrojnije zastupljenom tipu peći koje se javljaju od II do IV veka na prostoru Gornje Mezije.

Grnčarske peći konstatovane su i na viminacijumskoj nekropoli "Pećine",²⁰ kao i na nekropolama Singidunuma²¹ i Sirmijuma.²² Na navedenim lokalitetima peći su nalažene u grupi, kao zanatski centri. Njihova funkcija je bila usmerena ka produkciji posuda za funerarne rituale.²³ Može se pretpostaviti da je na Istočnoj nekropoli Viminacija takođe postojao veći broj peći.

Grnčarska peć sa lokacije Kod Koraba predstavlja najistočniji nalaz grnčarskih peći na Viminaciju, koji je uz sve osobine velike antičke metropole, potvrđen i kao veliki proizvodni grnčarski centar.

LITERATURA

Bogdanović u pripremi

I.Bogdanović, Rezultati arheološko – geofizičkih istraživanja na lokalitetu "Kod Koraba" (Istočna nekropola Viminacija). *Arheologija i prirodne nauke* 5. u štampi.

Голубовић 2008

Голубовић, С., Извештај о археолошким истраживањима на локацији Код Кораба (Виминацијум). *Археолошки преглед* 2–3, нова серија (2005/2006), 2008, 46–50.

Милошевић 2001

П. Милошевић, *Археологија и историја Сирмијума*, Нови Сад 2001.

Nikolić-Đorđević 2000

S. Nikolić-Đorđević, Antička keramika Singidunuma, *Singidunum II*, Beograd 2000, 11 – 244.

Raičković 2007

A. Raičković, *Keramičke posude Zanatskog centra iz Viminacijuma*, Arheologija i prirodne nauke posebna izdanja 3, Beograd 2007.

Silver 1969

IA Silver, The ageing of domestic animals, u pp. 283 - 302 *Science in Archaeology* (D. Brothwell & E. Higgs (eds.)). London 1969: Thames and Hudson

Cvjetičanin 2000

T. Cvjetičanin, Grnčarska radionica u Singidunumu - lokalitet Narodno Pozorište, *Singidunum 2*, Beograd 2000, 245 - 254.

POTTERY KILN FROM THE EASTERN NECROPOLIS OF VIMINACIUM

The kiln for pottery firing, besides graves with inhumation or cremation, was found at the site "Kod Koraba" which belongs to the eastern necropolis of Viminacium. The research gave us very important data concerning the kiln that was seriously damaged by the work of heavy machines. Inside furnace a lot of fragments of various ceramic vessels and animal bones were found. The kiln is dated into period from the beginning of II till the middle of III century A.D. which responds to the period of burials at necropolis.

KEY WORDS: POTTERY KILN, POTTERY, PRODUCTION PROCESS, ANIMAL BONES, NECROPOLIS, VIMINACIUM.

19 Nikolić-Đorđević 2000, 11 – 244.

20 Raičković 2007, 11.

21 Cvjetičanin 2000, 253.

22 Milošević 2001, 91.

23 Cvjetičanin 2000, 253.

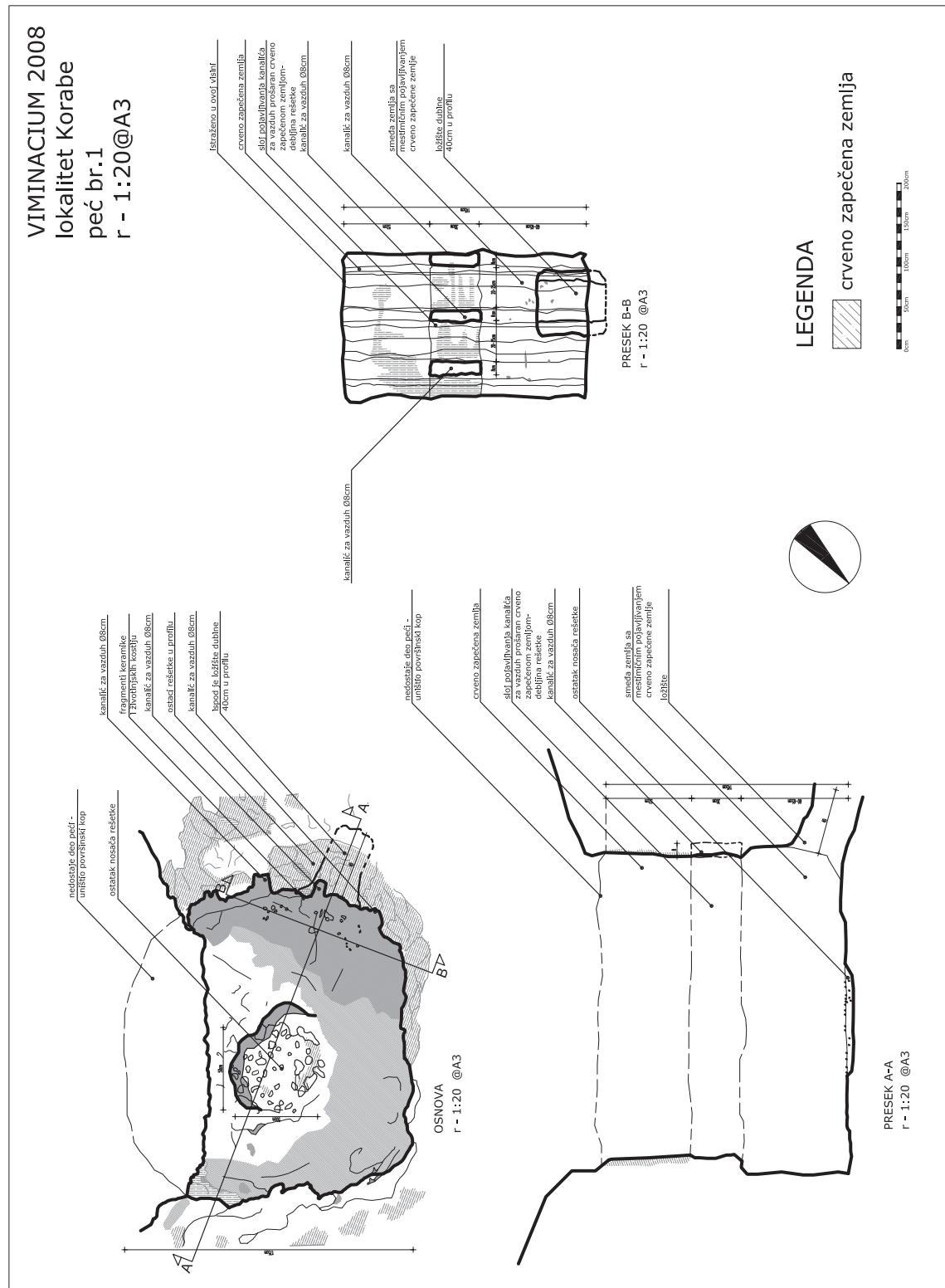


slika broj 4. Leđni pršljenovi domaćeg govečeta



Slika broj 5. Mandibula govečeta,
lingvalna strana (strelica
pokazuje tragove kasapljenja)

Slika broj 6. Metatarzus srne



Plan broj 1. Peć broj 1, lokalitet Kod Koraba



UDK 904:726.825.042"652"(497.11)

Izvorni naučni članak

Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT 44° 44' 09" / LONG 21° 12' 42"

SIMBOLIKA PRIKAZANIH ŽIVOTINJA NA NADGROBNIM STELAMA IZ VIMINACIJUMA

APSTRAKT

Na nadgrobnim stelama iz Viminacijuma životinje su čest dekorativni motiv u akroterijama, frizovima, a nešto ređe u nišama i zabatima spomenika. Pored dekorativne uloge, često u njima možemo prepoznati određena simbolička značenja kojima su isticana religijska shvatanja vezana za pojedina eshatološka učenja. Životinje su pojedinačno prikazivane, u paru ili u nizu što je zavisilo od položaja na spomeniku ili od šablonu koji se mogao uklopliti samo u određene arhitektonske delove stеле. Pored domaćih majstora koji su radili u lokalnoj kamenorezačkoj radionici od domaćeg peščara i krečnjaka, moramo računati i na strane klesare koji su finalizovali poluobradene mermerne blokove importovane iz Grčke i Male Azije.

KLJUČNE REČI: STELE, SPOMENIK, VIMINACIJUM, SIMBOLIKA, ŽIVOTINJE

UVOD

Na nadgrobnim stelama iz Viminacijuma se mogu izdvojiti motivi različitog simboličkog značenja ili su to samo dekorativni elementi koji su vremenom izgubili simbolički značaj. Nadgrobne stele arhitektonskog tipa nose bogatu reljefnu dekoraciju prikazanu u zabatu, frizu, niši, međupoluju ili soklu. To su najčešće vegetabilni motivi, geometrijski i astralni, ili nešto složenije kompozicije sa prikazima mitoloških scena, fantastičnih i morskih bića u kombinaciji sa zoomorfnim predstavama. Često nam kombinacije različitih predstava govore o zanimanju pokojnika, njegovoj religioznoj pripadnosti ili su to samo

ustaljeni šabloni iz klesarskih radionica koje su putem slučajnog odabira naručivali dedikatori. U ovom radu su predstavljeni zoomorfni motivi koji najčešće krase frizove stèle, uglove zabata (akroterije), a nešto ređe sam zabat, nišu ili sokl spomenika. Tematika rada se isključivo odnosi na simboliku životinja koje su prikazane na stelama, dok su ostali dekorativni elementi kao i sam natpis u ovom slučaju zanemareni.¹ Obrađeno je devet različitih životinja koje se ponavljaju na nadgrobnim stelama u zabatu, akroterijama, frizu ili soklu. Navedene životinje su prisutne na

¹ Nadgrobne stele sa Viminacijuma je publikovala M. Mirković, Inscriptions de la Mesie Supérieure, Vol. II, Viminacium et Margum, Beograd, 1986.

dvadeset jednom spomeniku. Za razliku od stela koje su u celosti očuvane, prisutni su i fragmenti spomenika kod kojih su očuvani samo delovi spomenika sa određenim prikazima životinja. Radom su obuhvaćeni i spomenici koji su nekada bili celi, ali su vremenom oštećeni ili su izgubljeni, ali su nam poznati iz ranijih opisa.

I – LAVOVI

Lavovi na stelama iz Viminacijuma prisutni su kao završeci spomenika koji su posebno klinovima pričvršćivani (slika broj 1, 2, 3) ili su u samom zabatu kao sastavni deo spomenika (slika broj 5). Jedino je na steli (slika broj 4) lav prikazan u sceni lova, odnosno u trenutku kada napada jelena.

Lav kao simbol Sunca, vlasti i moći još je u Mesopotamiji imao profilaktičko svojstvo na ulazu u palatu, hram ili grobnicu. Egipćani su lavove prikazivali u paru, okrenute leđima, dok su im glave bile okrenute prema istoku, odnosno zapadu. U tim slučajevima simbolizovali su sunčevu putanju.² Sipmbolišući Sunce i sunčevu energiju lav se tretira kao vatreni princip. Takvo tumačenje je poteklo sa Istoka gde se verovalo da se iznad nebeskog svoda nalazi velika voda, a iznad nje vatreni pojas, odnosno vatrena reka u kojoj su se palile zvezde. Identično eshatološko učenje su prihvatali Grci i Rimljani koji su očišćenje duše posle smrti vršili posredstvom vatre, da bi hrišćani lava takođe preuzeli kao simbola nebeske vatre koju su svi preminuli morali preći radi očišćenja.³ U grčkoj umetnosti lavovi su tretirani i kao simboli vrline i čuvali su grobove onih koji su herojski poginuli. U Mitraizmu je lav takođe smatrana vatrenom simbolom. Na mitraističkim ikonama lav je obično prikazan u nizu – Okean – Petrogen – lav, što je simbolizovalo Mitrino rođenje okruženo vodom i vatrom.⁴ Preko Mitraizma koji je u doba cara Vespazijana zahvatio Rim, a širili su ga najpre trgovci i legionari sa Istoka, lav u rimskoj umetnosti dobija sve zastupljenije mesto, da bi car Komod postao jedan od posvećenih mista, dok su Dioklecijan, Galerije i Licinije obnovili Mitrino svetilište.⁵



Slika 1. Lav (fotografija B. Milovanović)



Slika 2. Lav (Zotović, 2003, 94).



Slika 3. Lavovi (fotografija B. Milovanović)

² Chevalier, Gheerbrant, 1987, 345.

³ Vasić, 317.

⁴ Zotović, 1994, 123-130.

⁵ Zotović, 1973, 106.



Slika 4. Stela (Mirković 1986, 130)



Slika 5. Stela (Mirković 1986, 167)

Lavove na stelama iz Viminacijuma možemo podeliti u dve grupe:

1 – lav u sceni lova (slika broj 4)

2 – lavovi u funkciji akroterija kao sastavni deo stele u uglovima zabata (slika broj 5) ili kao odvojeni arhitektonski elementi na samostalnim kamenim bazama između kojih su različite predstave: glava Atisa ili Dadofor ? (slika broj 1), glava Meduze (slika broj 2) i kugla (slika broj 3).

Lav prikazan u sceni lova obično napada bika, divljeg vepra ili jelena kao što je slučaj na steli iz Viminacijuma (slika broj 4). Navedeni motiv vodi poreklo sa Orijenta, a u doba Rimljana je često prisutan na spomenicima Dakije, Mediterana, Bliskog istoka, Grčke i samog Rima. Poznat je primer scene love sa spomenika iz Skelana. Simbolički posmatrano motiv prožiranja jedne životinje od strane druge, predstavlja smenu dana i noći; leta i zime; umiranja i vaskrsenja.⁶

Lavovi u funkciji akroterija su najpre posvedočeni na spomenicima u dolini Pada u severnoj Italiji, odakle prelaze na istočnu obalu Jadrana (lokaliteti: Ljubuško, Bratunac i Boros), centralnu Dalmaciju (Podrinje i Polimlje), Panoniju (Sirmium), Gornju Meziju i Dakiju.⁷ Hronološki pripadaju periodu od I veka da bi vrhunac dostigli tokom druge polovine II veka, a prisutni su do sredine III veka.

Lavovi na posebnim kamenim postoljima su najpre izazivali sumnju kod naučnika jer su nalaženi nezavisno, odnosno odvojeno od stela. Međutim, vremenom se pokazalo da su uglavnom bili sastavni deo nadgrobnih spomenika na kojima su gvozdenim klinovima pričvršćivani.⁸ Lavovi na stelama iz Viminacijuma su heraldički postavljeni u ležećem položaju sa glavama *an face* i sa plenom u prednjim šapama. Taj plen je najčešće ovnuska glava (slike broj 1, 5, možda i slika broj 2). Isti motiv je poznat na spomenicima rajnskih provincija, zatim u Noriku, Panoniji, Dalmaciji i Gornjoj Meziji, dok ga u Donjoj Meziji i Makedoniji nema. Po Šoberu lavovi sa ovnuskim glavama pripadaju Kibelinom kultu, jer su lavovi vukli njena kola, a ovnovi su njenе žrtvene životinje.⁹ Kibel je kult poštovan u Rimu od sredine II veka. Osim ovnova u kandža-

⁶ Vasić, 136.

⁷ Vasić, 123-130.

⁸ Zotović, 2003, 87-96.

⁹ V. Kondić, 1965, 195-197.

ma, lavovi su međusobno razdvojeni pojedinim prikazima u sredini. Tako se glava Atisa povezuje sa Kibelinim kultom. Analogni primeri su poznati iz Sirmijuma, Taurunuma i Basijana.¹⁰ Na spomeniku (sl. br. 1) je između lavova stoeća figura od koje je sačuvan donji deo nogu i verovatno deo baklje. Prikaz se tumači kao Dadofor ili Atis sa prebačenom levom nogom preko desne i sa spuštenom bakljom. Navedenu kompoziciju bi smo mogli vezati za Mitrin kult u kome su Dadosori kao bakljonoše bili posmatrači tauroktonije.¹¹ U ovom slučaju Dadofor se poistovećuje sa Genijem smrti jer drži spuštenu baklju. Ukoliko je u pitanju Atis, onda bi navedena kompozicija pripadala Kibelinom kultu. Interesantno je napomenuti da na glavi levog lava stele iz Viminacijuma (slika broj 1) je manje kružno udubljenje koje ukazuje na neki dodatak iznad glave. Slična udubljenja su konstatovana na temenom delu glava lavova iz Olbjie. Ove otvore možemo povezati sa lavovima na medaljonu iz Donjeg Podunavlja na čijim su glavama pinije. Možda pinije možemo očekivati i u ovom slučaju. Iz Viminacijuma su poznate samostalne skulpturalne predstave lavova od kojih jedan na mestu repa ima piniju. Ove skulpture lavova se uglavnom ne tretiraju kao sastavni delovi stela, jer se po veličini razlikuju od prethodnih, ali su verovatno vezani za sakralnu arhitekturu (grobnice, hramovi).¹² Iza lava (slika broj 2) na kubastom stubu je glava Meduze punih obrazu i krupnih očiju. Njen zastrašujući lik je imao apotropejsku ulogu, dakle ona štiti grob i plaši zlonamernike. Slične kompozicije su poznate sa sfingom koja ima ulogu funerarne maske i datuju se u III vek.¹³ Na oštećenom primerku (slika broj 3) se između lavova nalazi verovatno kugla ili postament pinije. Lavovi koji su sačuvani samo u donjem delu su u ležećem položaju, ali su okrenuti napred. Ukoliko predmet u sredini tretiramo kao kuglu, onda bi ona simbolizovala univerzum. Orfičari su verovali u dve koncentrične kugle koje su simbolizovale ovozemaljski i onozemaljski svet, a smrću se postizao prelazak iz jedne u drugu kuglu.¹⁴ Ukoliko je reč o postolju za piniju, takvi slučajevi su poznati iz Dakije (Apulum) datovani

u II vek. Idealna rekonstrukcija kompozicije lavo-va sa izdvojenim pinijama je poznata na nadgrobnom spomeniku iz Vetela.¹⁵

Navedeni primerci sa lavovima uvek su praćeni nekim dodatnim elementima koji jasno svedoče o religijskom sinkretizmu koji je vladao u Rimskom carstvu krajem II i u III veku. Mešanje kultova se najbolje vidi u prikazu Dadofora koji je preuzet iz Mitrinog kulta, a u Rimu je izjednačen sa Genijem ili pak sa Atisom.

Navedeni spomenici iz Viminacijuma hronološki pripadaju periodu od druge polovine II veka do kraja III veka, odnosno periodu religijskog sinkretizma Rimskog carstva. Viminacijum je u to vreme bio pogodan za razvoj i širenje različitih religijskih i kulturnih elemenata koji su se putem vojske i civilnih doseljenika infiltrirali i ostali zabeleženi u sakralnoj umetnosti.

II – PANTERI

U frizu stele iz Viminacijuma (slika broj 5) panteri flankiraju krater iz koga izlazi vinova loza. Heraldički su prikazani, odnosno okrenuti su ledima jedan od drugog. Ove životinje se mogu tretirati kao Dionisovi čuvari vinove loze i vina. Imaju identičnu simboliku kao i lavovi koji su češće prikazivani pored kratera iz koga izlazi vinova loza, a takvi primerci su poznati iz Italije (Akvileja), Dalmacije (Solin, Zadar, Vitin, Bratunac)¹⁶ i Gornje Mezije (područje Kosmaja). Profilaktička uloga lavova i pantera je u ovom slučaju iskoriscena u Dionisovom kultu, a sama ideja je potekla sa Istoka odakle je prihvaćena najpre kod Grka, a zatim Rimljana. Preko rajske oblasti, Norika, Dalmacije i Panonije stiže u Gornju Meziju gde dominira tokom druge polovine II do početka III veka.¹⁷

III – DELFIN

Na stelama Viminacijuma delfini su prikazani u spoljnjim trouglovima zabata, odnosno u akroterijama (slike broj 6, 7, 8, 9, 10, 11). U soklu stele (slika broj 5) se nalaze dva delfina ukrštenih repova sa trozupcem koji u ustima drže morsko

10 Dautova-Ruševljan, 1983, 41.

11 Zotović, 1973, 88.

12 Zotović, 2003, 87, 89, sl. 2, kat. br. 3.

13 Zotović, 2003, 90, sl. 3, kat. br. 5

14 Chevalier, Gheerbrant, 1987, 329.

15 Zotović, 2003, 89, prilog 1.

16 Vasić, 319.

17 Dautova-Ruševljan, 1983, 77-78.



Slika 6. Stela (foto B. Milovanović)



Slika 8. Stela (Mirković 1986, 166)

čudovište. Simbolika delfina se vezuje za vodu kao njihovo prirodno boravište. Mnoga božanstva su iz grčke mitologije preuzimala oblik delfina kako bi došla do određenog cilja. Tako se Apolon pretvara u delfina da bi došao do Krisa, pristaništa na Delfima. Na Apolonovom tronošcu je bio prikazan delfin, kao simbol proricanja, mudrosti i opreznosti.¹⁸ Delfin je povezan sa Posejdonom uz čiju je pomoć zadobio ljubav Amfitrite.¹⁹ Stoga je

delfin jedan od Posejdonovih atributa zajedno sa trozupcem i konjem. Dionis je gusare koji su ga napali pretvorio u delfine. A inače su delfini poznati kao spasioci davljenika. Delfin kao simbol Okeana vezuje se i za duše umrlih koje putuju do Ostrva Blaženih, tako da postaje psihopomp koji prevozi duše umrlih do njihovog odredišta.²⁰ Često je u Grčkoj umetnosti prikazan čovek koji jaše delfina, ovim je simbolično prikazana njegova funkcija psihopompa. Stela sa Meduzom u zabatu

18 Chevalier, Gheerbrant, 1987, 132-133.

19 Srejović, Cermanović, 1992, 356.

20 Vasić, 310.

i delfinima u akroterijama (slika broj 7) opravdava ulogu delfina kao psihopompa koji prenosi duše umrlih do Meseca koga simboliše Meduza. Analogni primerci su poznati iz Panonije datovani u drugu polovicu I i u II veku. Delfini sa rozetom u zabatu (slike broj 8,10 i 11) koja simbolizuje Sunce, česti su u Italiji, Dalmaciji i Dakiji od I do III veka.²¹

Delfin kao simbol Posejdona je često prisutan na spomenicima Italije. Na frizu Agripinih termi iz Hadrijanovog doba, delfini su prikazani sa glavama dole, a između njih trozubac i školjka. Na ravenskim stelama često srećemo identičan prikaz delfina sa trozupcem ili školjkom, gotovo identičan sa stelom iz Viminacijuma (slika broj 5). U Dalmaciji je motiv delfina omiljen na spomenicima iz Duvanskog, Livanjskog i Glamočkog polja.²² Inače je ovo tipičan rimski motiv koji je dominirao u severnoj Italiji i zapadnim provincijama, dok ga u istočnim provincijama sporadično srećemo u Gornjoj Meziji (Viminacijum, Singidunum, Skupi, Ratiaria) i Dakiji.²³

IV – ORAO

Na gornjem fragmentu stele (slika broj 12) u zabatu je prikazan orao raširenih krila s glavom u levo sa po jednim bršljanovim listom u uglovinama. Sličan je prikaz dat u zabatu stеле (slika broj 13) u čijim su akroterijama vojne oznage legije *VII Claudia*.

Orao je nebeski, a pre svega solarni simbol. Tretira se kao kralj među pticama, kao što je lav kralj životinja na zemlji.²⁴ U Grčkoj mitologiji on je Zevsov pratilac i izjednačava se sa munjom i gromom. Na Istoku sunčanog boga nosi orao, a kada vladar umre, metamorfozom postaje bog Sunca i u toj apoteozi orao ga odnosi na nebo.²⁵ Navedeni ikonografski prikaz apoteoze su sa Istočna preuzele Rimljani.

Orao sa zabata stèle (slika broj 12) može se posmatrati kao psihopomp ili kao samo Sunce na kome počivaju duše umrlih.

U zabatu stèle (slika broj 13) orao je po-



Slika 9. Stela (fotografija B. Milovanović)



Slika 10. Stela (Mirković 1986, 141)

21 Dautova-Ruševljan, 1983, 48.

22 Zotović, 1995, 54.

23 Kondić, 1965, 187.

24 Chevalier, Gheerbrant, 1987, 459.

25 Zotović, 1995, 58.



Slika 11. Stela (Mirković 1986, 170)



Slika 12. Stela (foto B. Milovanović)

luraširenh krila sa glavom ulevo, dok su u akterijama vojne oznake (*signa*) legije *VII Claudia* sa glavom bika. Spomenik pripada veteranu legije *VII Claudia* bivšem signiferu iste legije, odnosno zastavniku.²⁶ Sasvim je jasno što su oznake legije prikazane na spomeniku jednog signifera, dok je orao bio obavezna oznaka svake carske legije. Spomenik se na osnovu formule *D(is) M(anibus)* najranije može datovati u II-III vek kada se navedena skraćenica koristi na gornjomezijskim spomenicima.

26 Mirković, 1986, 136-137, No 121.



Slika 13. Stela (Mirković 1986, 136-137)

Analogni primerci s prikazom orla u zabatu su poznati iz Singidunuma i Guberevca²⁷ međutim, zastupljeniji su u zapadnim provincijama Carstva (Norik, Panonija i Dalmacija), a često je uz orla prikazana još neka ptica, kao što je slučaj na steli iz Basiana ili kao zmija na spomeniku iz Murse.²⁸ Stele s motivom orla iz zapadnih provincija su datovane u I – II vek, dok iz Gornje Mezije u drugu polovicu II i početak III veka.

27 Kondić, 1965, 194-195.

28 Dautova-Ruševljanić, 1983, 46.

V – KOMPOZICIJA „ŽIVOTINJA U TRKU“

Na frizovima stela iz Viminacijuma kao čest motiv je prisutna kompozicija „životinja u trku“. Poznati su sledeći primerci: frizovi stela (slika broj 14 - pas-medved i pas-zec; slika broj 15 - medved-konj-pas -divlji vepar; slika broj 16 - pas-medved-košuta-jelen; slika broj 17- medved-divlji vepar; pas-zec i sa oštećena stela sa prikazom pas-zec-pas)²⁹. Da bi smo objasnili navedene simboličke prikaze treba definisati simboliku svake pojedinačne životinje.

1-pas je prisutan u frizu sledećih stela (sl. br. 14, 15, 16, 17). Gotovo u svim mitologijama psu je pridavan htonske karaktere, odnosno tretira se kao psihopomp. Kod Egipćana, bogovi Anubis i Tot su prikazani u vidu pasa koji uništavaju neprijatelje putem svetlosti i čuvaju vrata svetih mest.³⁰ Kod Grka je Kerber, čuvar Podzemlja, prikazan sa tri pseće glave.³¹ Pas je takođe i Hekatin pratilac koji zajedno sa demonima i utvarama juri kroz noć i zavijanjem najavljuje dolazak htonske boginje.³² Zavijanje pasa kao najava predstojeće smrti zastupljena je i danas u verovanjima mnogih naroda pa i Slovena. Hermes kao glasnik bogova iako nije htonske božanstvo, nekada za praktičara ima psa i to u slučajevima kada ima funkciju psihopompa, odnosno vodiča duša u podzemni svet.³³ Poznato je da šamani nose odeću od štavljenje pseće kože što im po njihovom verovanju olakšava moć proricanja koja se pripisuje psu.³⁴ Pas je poznat i kao Asklepijev čuvar, stoga mu se pripisuju i lekarske sposobnosti.

2 – medved je prikazan na frizu stela (slika broj 14, 15, 16 i 17). Simbolika ove životinje se vezuje za Kelte kod kojih je tretiran kao simbol ratnika i često je prikazivan naspram vepra – simbola sveštenstva. Galske narodne priče često govore o sukobu između medveda i vepra, odnosno carstva i sveštenstva.³⁵ U frizu oštećene stele (slika broj 17) upravo je prikazana scena sukoba medveda i vepra.

29 Nije priložena fotografija poslednje stele jer je spomenik oštećen.

30 Chevalier, Gheerbrant, 1987, 476.

31 Srejović, Cermanović, 1992, 200.

32 Srejović, Cermanović, 1992, 449.

33 Srejović, Cermanović, 1992, 474.

34 Chevalier, Gheerbrant, 1987, 477.

35 Chevalier, Gheerbrant, 1987, 396.



Slika 14. Stela (Mirković 1986, 128)



Slika 15. Stela (Mirković 1986, 110-111)



Slika 16. Stela (Mirković 1986, 113)

3 – jelen i košuta su prikazani u frizu stele (slika broj 16) i u sceni lova na steli (slika broj 4). Jelenji rogovi se često povezuju sa drvetom života i simbolizuju prirodni tok – umiranje i rađanje. U grčkoj mitologiji jelen je simbol brzine i hitrosti. Četiri koštute vuku Artemidine kočije, a petu goni Herakle sve do zemlje Hiperborejaca. Ova košuta simbolizuje mudrost koju je teško stići, odnosno steći. Kod Kelta je lov na košutu tretiran kao traženje mudrosti koja se nalazi ispod drveta jabuke, odnosno stabla spoznaje.³⁶

4 – divlji vepar je prikazan u frizu stela (slika broj 15 i 17). Kao simbol duhovne moći jav-

Ija se nasuprot medvedu koji poseduje svetovnu moć. Lov na divljeg vepra u Galiji i Grčkoj tretira se kao slika duhovnog koju progoni svetovno.³⁷ Navedenu simboliku ilustruju mitovi o Heraklu koji lovi erimanskog vepra i o Meleagru koji uz pomoć Tezeja i Atlante lovi kalidonskog vepra.³⁸ U navedenim mitovima vepar je simbol razvrata i brutalnosti, dok u hrišćanstvu simbolizuje demo-na zbog silovitosti i štete koju ostavlja za sobom.

5 – zeca u frizu stela (slika broj 14 i 17) progoni pas. Zec koji noću spava a tokom dana je budan, tretira se kao lunarna životinja, jer se može porediti sa Mesecom. Stoga je simbol neprekidnog obnavljanja života. Kod Egipćana je Oziris često predstavljan u obliku zeca, a poznato je da je to bog periodičnog obnavljanja. Kao lunarna životinja, zec simboliše i plodnost. Kako se povezuje sa razmnožavanjem bića, obiljem i bujnošću, zec se tumači kao nosilac neumerenosti, pohote i rasipnosti.

Na nadgrobnim spomenicima simboliše obnavljanje života, umiranje i ponovno rađanje. Danas u narodu postoji verovanje da prelazak zeca preko puta ima loš ishod za čoveka. Zec kao nagoveštač smrti postaje glasnik mrtvih. Na skulpturi iz Stojnika (Kosmaj; III vek) je prikazan Hipnos koji na grudima drži zeca što potvrđuje njegovu vezu sa svetom mrtvih.³⁹

SIMBOLIKA MOTIVA „ŽIVOTINJA U TRKU“

U sredini friza stele (slika broj 14) dva psa prikazana su u napadu na medveda, odnosno zeca. U ovom slučaju pas je simbol smrti koja progoni životnu snagu prikazanu kroz medveda i zeca. Prijor ističe borbu između života i smrti i daje nadu u obnovu i vaskrsenje.

Prikaz medveda, konja, psa i divljeg vepra koji trče u nizu na frizu stele (slika broj 15) može se povezati sa simboličnom predstavom rađanja iz tamne prvo bitne materije, možda i same materice koju simboliše medved, dok konj predstavlja čoveka u punoj snazi životne mladost i stvaralačke moći. Istovremeno konj u galopu nagovešta va brzinu mладалаčkog žara koji poput konjske

³⁷ Chevalier, Gheerbrant, 1987, 743.

³⁸ Srejović, Germanović, 1992, 254, 462.

³⁹ Jacanović, 1995-1996, 11-12.

hitrosti nestaje jer ga sustiže smrt u obliku psa. Dakle, nakon rođenja i kratkotrajnog života dolazi smrt, dok divlji vepar kao nosač duhovne snage simbolije besmrtnosti i neprekidno obnavljanje. Navedene životinje nisu slučajno prikazane ovim redom, već su date s određenim ciljem. Jedno od mogućih tumačenja scene može se poistovetiti i sa godišnjim dobima: medved – zima, konj – proleće, pas – leto i vepar – jesen.

Friz stele (slika broj 16) je oštećen ali se mogu nagovestiti prikazi sledećih životinja: pas, medved, jelen i košuta. Za razliku od životinja na prethodnom frizu, ovde su životinje date u gotovo mirnom stavu. Navedene životinje lako se mogu povezati sa osnovnim životnim principima – umiranje i rađanje.

U frizu stele (slika broj 17) levo su medved i divlji vepar u direktnom sukobu svetovnog (medved) i duhovnog (vepar), dok su na desnoj strani pas koji progoni zeca, odnosno smrt koja progoni žrtvu koja poput zeca hitro beži.

Zec između dva psa na frizu oštećene stele pored toga što predstavlja klasičnu scenu iz lova, može da simbolizuje kao i u prethodnom slučaju žrtvu (zec) koju sustiže smrt (pas).

ZAKLJUČAK

Gotovo svi do sada navedeni motivi životinja na spomenicima iz Viminacijuma mogu se povezati sa simboličkim prikazima života i smrti. Često u sebi sadrže oba prirodna fenomena nastojeći da istaknu večitu borbu između ova dva principa. Rimska izreka „*Mors janua vitae*“, duboko je ušla u svest Rimljana koji su nastojali da prikazima pojedinih životinja naglase ovu tematiku predstavljajući je na spomenicima sepulkralnog karaktera. U svim religijama smrt izaziva strah kod čoveka, stoga se stvara vizija o drugom, večnom životu kako bi se ublažio taj strah.

Na osnovu materijala, reljefne obrade i dekorativnih elemenata, stele iz Viminacijuma su uglavnom delo domaćih majstora. Radene su od krečnjaka boljeg ili lošijeg kvaliteta, peščara (slika broj 2, 3, 8-12 i 16) i mermera (slika broj 1, 4-6; 13-15 i 17). Peščar i krečnjak su domaćeg porekla, možda iz tašmajdanskih kamenoloma. Kamenolomi u blizini Viminacijuma nisu konstatovani, a najbliži bi bio tašmajdanski. Mermer



Slika 17. Stela (fotografija N. Mrđić)

je uglavnom uvožen verovatno iz Grčke i Male Azije. Kvalitetan krupnozrnasti mermer je poznat iz Prokonesa (ostrovo Marmara), a sitnozrnasti iz Pentelikonskih kamenoloma blizu Atine, Tasosa, Lezbosa i Naksosa. Spomenici od peščara i krečnjaka jednostavnije reljefne dekoracije možemo pripisati nekom lokalnom majstoru, dok su vrhunski obrađeni spomenici od mermera sa mitološkim predstavama delo verovatno majstora iz Male Azije i Grčke. Pojedini luksuzni spomenici su importovani Crnim morem do Dunava, odakle su u poluobrađenoj formi stizali u lokalnu radionicu na finalnu obradu. Iako u Viminaciju do sada

nije pronađena klesarska radionica, brojni nalazi nadgrobnih spomenika i sarkofaga, ukazuju na njeno postojanje. Ako bi smo je hronološki determinisali, onda bi to bio period druge polovine II i III vek, odnosno vreme najvećeg ekonomskog i političkog prosperiteta Viminacijuma.

LITERATURA

Vasić, nepublikovano

M. R. Vasić, *Nadgrobni spomenici (stele i cipusi) u rimskoj provinciji Dalmaciji od I – IV veka nove ere*, (doktorat, nepublikovano), Beograd.

Dautova-Ruševljan 1983

V. Dautova-Ruševljan, *Rimska kamena plastika u jugoslovenskom delu provincije Donje Panonije*, Novi Sad, 1983.

Zotović 1973

Lj. Zotović, *Mitraizam na tlu Jugoslavije*, Beograd, 1973.

Zotović 1994

R. Zotović, Rimski kameni lavovi iz zbirke Narodnog muzeja u Užicu, *Saopštenja XXVI*, Užice, 1994, 123-130.

Zotović 1995

R. Zotović, *Rimski nadgrobni spomenici istočnog dela provincije Dalmacije*, Užice, 1995.

Zotović 2003

R. Zotović, Rimski kameni lavovi iz zbirke Narodnog muzeja u Požarevcu, *Viminacium 13-14*, Požarevac, 2003, 87-96.

Jacanović 1996

D. Jacanović, Tragovi animalizma u dubovačko-žutobrdskoj kulturi bronzanog doba srpskog Podunavlja, *Viminacium 10*, Požarevac, 1995-1996, 5-18.

Kondić 1965

V. Kondić, *Sepulkralni spomenici sa teritorije rimske provincije Gornje Mezije*, Beograd, 1965.

Mirković 1986

M. Mirković, *Inscriptions de la Mesie Supérieure, Vol. II, Viminacium et Margum*, Beograd, 1986.

Srejović 1992

D. Srejović, A. Cermanović, *Rečnik grčke i rimske mitologije*, Beograd, 1992.

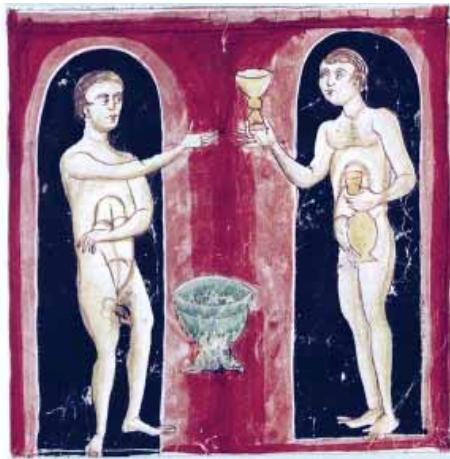
Chevalier, Gheerbrant 1987

J. Chevalier, A. Gheerbrant, *Rječnik simbola*, Zagreb, 1987.

SYMBOLISM OF ANIMALS DEPICTED ON TOMBSTONES FROM VIMINACIUM

Reliefs of animal are common decoration on tombstones from Viminacium. They are often found on acroterions, freezes and rarely in nishas and on tympanums. Although their main role is to decorate, we can recognize many symbolic meanings that emphasized different religious views and various eschatologies. Animals were carved alone, in pairs or in lines depending on the position within the monument or following pattern possible to fit only in certain architectural elements of the stelae. It must be counted both on local stonemasons and on those who came to finalize unfinished marble blocks imported from Greece or Asia Minor.

KEY WORDS: STELAE, TOMBSTONE, VIMINACIUM, SYMBOLISM, ANIMALS



NEKI ASPEKTI ANTIČKE MEDICINE

APSTRAKT

U radu je dat kratak pregled nekih aspekata antičke medicine. Antički, grčki i rimske, nagrobni spomenici i papirusi (papyrus Ebers i drugi) dragoceni su dokumenti koji o tome svedoče. Briga za zdravlje stanovnika je bila na zavidnom nivou a tradicionalna narodna medicina je postojala paralelno sa stručnom lekarskom praksom. U gradovima su postojale apoteke gde su se kupovali lekovi iz mnogih udaljenih krajeva Rimskog carstva. Briga o zdravlju stanovnika glavnog grada Rima i kasnije Konstantinopolja, poverena je municipalnoj upravi. Iako su vojni lekari bili izdvojeni od civilnih, ponekad je dolazilo i do mešanja i to je bilo posebno kodifikованo (Codex Iustinianus). U Rimskom carstvu nisu postojale škole, kao što je to bio slučaj u Grčkoj ili na maloazijskoj obali. Antička medicina je bila podeljena na više oblasti: 1) Hirurgiju 2) Dijetetiku 3) Anatomiju 4) Fiziologiju 5) Farmakologiju 6) Ginekologiju i 7) Oftalmologiju.

KLJUČNE REČI: RIMSKA MEDICINA, GRČKA MEDICINA, GALEN, DIOKURID, HIPOKRAT, PLUTARH, DIODOR, KSENOFONT, INFKECIJE, MELEMI, LEKOVI, PARAPSTAE, CODEX IUSTINIANUS

Egipat, kako se to jasno vidi iz *Papyrus Ebers-a*, je prostor gde se medicina prvi put značajno razvila. Činjenica je i da je savremena medicina nezamisliva bez utemeljenja u lekarskim školama Grčke, ali je još značajnije da je to jedna od retkih disciplina koju su Rimljani uzdigli na nivo koji je prevaziđen tek u novom dobu. Oni su unapredili ne samo medicinu kao uskostručenu de-latnost, već i javno zdravstvo, pa čak i zdravstveno zakonodavstvo. Ostaci higijnsko-zdravstvenih građevina pokazuju nam i danas izuzetno visoko tehničko znanje kao i neprestanu brigu, ne samo o čoveku, već i o javnoj higijeni.

O lekarskim školama na Kosu i Rodosu obaveštava nas Galen a o školama na Krotonu i Kireni i Knidu piše nam Herodot.

Razlika između Hipokratove i Galenove medicine¹ (i naravno medicine posle njega), leži u činjenici da su u Hipokratovo vreme u lečenju bolesnika primarnu ulogu imale njegove prirodne moći , a tek potom lek. Od Galena, konsultovanje knjiga sa receptima postaje najvažniji deo lekar-ske prakse. Većina lekova je poticala iz udaljenih krajeva, i sadržala je sastojke koji po pravilu nisu

¹ Milne, J.S., 1970, 87-88: Galen II 669



Alraunenernte (Medicina Antiqua)



Rimske terme Bat (Velika Britanija)

postojali u mestima bolesnika, pa su se supstance teško nabavljale i bile skupe. To je svakako je imalo dodatni psihološki elemenat u lečenju bolesnika, zbog čega su lekovi bili često sa uputstvom za upotrebu i bili su pažljivo izrađeni.

Iako do danas nije ostao sačuvan dokument kojim se povrđuju kategorizacije lekara, na osnovu izvora, a većim delom na osnovu epigrafiskog materijala, moguće je uspostaviti nekakav hijerarhijski odnos među njima:

Livije pominje *meddix tutius*, kao ekvivalent *curator publicus*, Marcijal nam govori o *clinicus-u* i njemu nadređenome *archiatrus-u*.

O imperatorovom zdravlju brinuo je lekar sa titulom *vir ilustris praepositus sacri cubiculi*, a pod njegovom službom su *archiatri sacri palatini*. Poznato je da su oni na dvoru vršili carsku službu. Kako nam je ostalo zapisano u *Codex-u Theodosianus-u* oni imaju kroz ceo rimski period veoma važan imunitet i važan položaj kao *comites primi ili secundi ordinaris*.

Briga o zdravlju stanovnika glavnog grada Rima i kasnije Konstantinopolja, poverena je municipalnoj upravi. Bila je organizovana i lekarska služba za sirotinju i nju vrši 14 lekara sa titulom *archiatri*, po jedan za svaki deo grada. Oni imaju stalnu platu, a mesta koja oni isprazne popunjavaju se izborom. Kako nas obaveštava Svetonije, prvi put i to samo za određene ličnosti, stalnu i redovnu platu je ustanovio Vespazijan. Prvi profesor sa državnom platom je bio Kvintilijan. Kako nam piše Dion Kasije, Hadrijan je državnu platu dodelio i lekarima po većim gradovima u provincijama, kao na primer u Aleksandriji i Atini.

U civilnim, odnosno u javnim službama susrećemo titulaciju *clinicus medicus*. Kod Grka je titula za lekara sofist *iатrosophiste*, ujedno označavala i osobu u rangu profesora medicine.

Po Pliniju², ekvivalent za ovo u Rimu je *iатraleiptes*, odnosno *aliptes* (*alipta*) kako nam piše Juvenal.

U javnim službama organizovana je i služba koja bi u današnjim uslovima bila najbliža pojmu patronažne službe i tu su posvedočeni *circulatores*, ambulantni lekari koji su posećivali bolesnike po kućama. Demosten, Hipokrat, Aleksandar iz Traleša, Paul Aegineta³, pišu o *medicus periodicus*.

Seneka nam kaže, da su glavni lekari u Rimu bili Grci i on o njima govori kao o *servi medici*, a Svetonije piše o kućnim lekarima kao *domestici et familiares medici*. Naravno poznati su i lekari oslobođenici *liberti medici*, uglavnom robovi. Jedan od takvih je i *Domitius Aheobarbus* lekar-rob posvedočen 49. p. n. e.

U Livijinom *columbarium-u* posvedočeni su jedan lekar i jedan hirurg, oba oslobođenici.

Poznati su nam i *superpositus medicorum*, odnosno *supra medicos* sa nedovoljno jasnom funkcijom.

O javnim ambulantama kao *taberna medica*, piše Plaut i Aelian, ali javne ambulante kao *iatreia* prvi je ustanovio još Hipokrat. Veći objekti, tipa današnjih bolnica, gde su lečeni bolesnici poznati su kao *Iatreion*. Livije nam govori o bolnicama u Rimu, a Plinije pominje *empta publice taberna*. Katon će nas po prvi put obavestiti o *valetudinaria*, odnosno o *supra valetudinarium*, a o njima će pisati i Seneka i Tacit. Na jednom natpisu se pominje *Alchinus supra valetudinarium*.

Pojam vojna medicina, egzistira već kod Homera gde se u Ilijadi ona i pominje. Diodor pominje vojne bolnice a takođe ih pominje i Ksenofont. Kod Rimljana, koji su vojnu veštinu uzdigli do perfekcije, vojna medicina zauzima istaknuto mesto. O tome pišu Tacit, Dion iz Halikarnasa, Livije, Polibije, Onasander, Vegecije.

U vreme Carstva, vojni lekari kao *medici ordinarii*, *medici legionis* pominju se kao lekari koji su bili nadležni za ale ili kohorte, u svakom slučaju kao lekari koji su obavljali delatnost u okviru logora u *valetudinariumima*.

² Pliny, XXIX, 16

³ Milne, J. S., 1970, 134, Pl. XLI 1: Paulus Aegineta, CMG IX 2; VI 106

Njima nadređeni su svakao *medicus castrorum* i njegov rang je kako nas obaveštava Vegecije relevantan *praefectus-u castrorum*-u. Iako je lečenje bolesnih vojnika svakako *in hospitiis*, ponekad, kao u vreme Aleksandra Severa, uslovi diktiraju da se briga o bolesnicima organizuje *per tentoria, carpenta*. U VI veku za vreme Mavrikija, poznate su *abulance volante*.

Iako su vojni lekari bili izdvojeni od civilnih, ponekad je dolazilo i do mešanja i to je bilo posebno kodifikovano (*Codex Iustinianus*). Na jednom natpisu osvedočen je civilni lekar *salarius civitatis splendidissimae Ferentinensium* koji je službovao u *alae-i Indianae* i *tertia Asturum*. U jednoj od legija posvedočen je i civilni lekar pod imenom *Kalimorphos*. Galen pominje lekara po imenu *Antigonos*, koji je službovao za vreme Marka Aurelija i učestvovao u markomanskom ratu. Isti, pominje očnog lekara koji je službovao u floti u Bretanji.

Pod Aleksandrom Severom, lekari kao *medicus palatinus, salarium* su bili posebno i dodatno plaćeni kao i *archiatri palatini*. Njih nailazimo po-svedočene u *Codex-u Theodosianus-u* i u jednoj od Konstantinovih konstitucija kao *archiatri i ex-archiatri*. Moguće je da je *archiatus* uveden za vreme Dioklecijana i da je predstavljaо poseban atribut lekara i to veoma ekskluzivnog. *Archiatri palatini* u kasnoj antici su bili *spectabiles comites primi i secundi ordinis* i imali su čak i administrativnu i političku funkciju. Teodorik im je dao i veoma visoku funkciju sa titulom *comes archiatarorum*.

ANESTEZIJA I BOL U ANTIČKO DOBA

Plutarh opisuje operaciju koja je izvedena u II veku pre n. e. i hrabrost rimskog vojskovođe Marija: ..."Postoje dokazi o izdržljivosti i hrabrosti Marija, koje je i operacija potvrdila. Kako se čini oboleo je od proširenih vena obe noge i pošto se nije mirio sa ružnim izgledom, rešio je da se preda lekaru u ruke. Odbivši da ga vežu, a zatim bez ijedne grimase i ne puštajući od sebe ni glasa, u tišini, i sa mirnim izrazom na licu izdržao je strahoviti bol prouzrokovani nožem. Međutim kada je lekar pristupio lečenju druge noge Marije nije želeo da dalje pati, izjavivši da izlečenje nije vredno patnje"...



Rimski herbarijum

Zbog izuzetnih bolova koji su bili prouzrokovani operacijom, u antičkom svetu postojalo je i nekoliko anestetika koji su te bolove ublažavali. Egipćani koji su veoma upražnjavali hirurške metode lečenja, poznavali su dejstvo čaure opijuma. Postoje nepobitni dokazi da je opijum bio u upotrebi u Egiptu i pre vremena XVIII dinastije (1590.-1340. g. pre n. e.). Po papirusu Edvina Smita koji potiče iz sredine XVII veka pre n. e., kao anestetičko sredstvo preporučivan je "crveni šerep", najverovatnije neka vrsta opijuma, koji je služio za ublažavanje bolova prilikom ranjavanja.

Pre nekih operacija davao se alkohol to u neograničenim količinama. Plinije, Diskurides⁴ i

⁴ Pedanius Dioscurides Anazarbius, 1958, V, 103; Berendes, J. 1902:1902, 48; Srpski prevod Dioskuridesovog kodeksa koji je poznat kao Hilendarski medicinski kodeks br. 517, nastao u Hilendarsu u XV-XVI veku, predstavlja izuzetnost u našoj medicinskoj baštini, Katić, R. 1955, 85-95; Medicina kod Srba u srednjem veku, 1958, 66-78; Hilendarski medicinski kodeks № 517, 1980. 22



Codex Vindobonensis 93. Facsimile (Washington University, Becker Library)

Apuleus preporučuju biljku mandragoru, za koju se danas zna da sadrži alkaloide beladone.

Metod koji su koristili asirski hirurzi prilikom obrezivanja dece je bio taj, da su ih dovodili do stanja bez svesti metodom kontrolisanog gušenja. Ovaj metod se očuvao u Italiji sve do kraja XVII veka.

U antičko doba kao anestetičko sredstvo koristio se i potres mozga, to se postizalo nimalo nežnim udaranjem maljem po glavi.

Međutim i pored neospornog napredovanja medicine, neefikasnost u suzbijanju bola prilikom intervencija na pacijentu je bila evidentna sve do XIX veka do otkrića etarske anestezije.

INFEKCIJE

Ako se infekcija širi po površini rane oko nje se stvara crveni okvir. Grci su ovu pojavu nazivali "erizipelas". Ukoliko se infekcija proširi dublje u tkivo, dolazi do prekomerne propustljivosti krvnih sudova i rana otice. Zbog toga što bakterije nastavljaju da osvajaju sve veći prostor, rana se pretvara u sve veći čir. Još veća komplikacija, uništavanje okolnog tkiva bilo je poznato i grčkim lekarima i oni su ovo nazivali "melazmos" ili "crnilo", odnosno ono što se danas naziva gangrenom. Od tog momenta bakterije mogu da se prošire i da se nađu u bilo kom delu ljudskog tela. Ova katastrofalna posledica pod nazivom sepsa, u antičko doba je bila neizbežno smrtonosna. Sve ove manifestacije i infekcije bile su tako karakteristične kao pojave tako da su antički lekari nažalost pogrešno verovali da svaka od ovih faza predstavlja posebno i različito oboljenje. Posledica takvog načina razmišljanja bila je ta da da su smatrali da pojava gnoja nije uvek loš znak. Grčki lekari su smatrali da je stvaranje beličastog gnoja koji nema miris čak veoma povoljan znak toka bolesti, pa su čak i činili sve da podstaknu njegovo stvaranje, što je često imalo tragične posledice.

Tek mnogo vekova kasnije pronalaskom antibiotika mogućnost šanse za izlečenje će se znatno povećati.

LEKOVI, MELEMI I PARAPASTAE

Theriaci - pastile od životinjskog mesa Plinije napominje da Grci prave pastile od zmijskog mesa. Ježevo meso, osušeno i pomešano sa zakiseljenim medom - za bubrege i tzv. vodenu bolest. Pepeo raka se preporučuje protiv besnila pasa. Zmajska koža se preporučuje protiv infekcije ušiju i za ispiranje usta kod zubobolje. Od zeca je korišćen možak i krv, od sipe meso i kost (ossa sepia), dabrovina (castoreum) je korišćena za unutrašnju upotrebu a spaljene žabe (životinjski ugalj) protiv krvarenja. Osušena ptičja pluća su bila blagotvorna protiv astme a magareća jeta protiv epilepsije, dok su testisi od jelena bili spasonosni ukoliko dođe do zmijskog uboda. Jetra divlje svinje, koze i magareće(vo) kopito navodi se kao lek. Slonovača se upotrebljavala u opiljci ma kao i spaljeni jelenji rogovi a utvrđeno je da oboje sadrže kalcijum fosfat. Želatin je pravljen iz kože goveda i upotrebljavani je za rane i opeketine. Konj, jarac, ovca, jelen, zec, gazela, srna, tele, morski pas – takođe su upotrebljavani za spravljanje lekova. Dioskurid pominje i mast domaćih i divljih životinja, od kokoške, svinje, medveda, koze, ovce, jelena, goveda, pantera, slona, magarca, lisice, raznih riba i zmija, možak jelena, koze, ovce, žuč raznih riba, kornjače, jarebice, orla. Žuč goveda se i danas upotrebljava kao lek.

Sledbenici Hipokratove škole su upotrebljavali svežu ostriženu vunu za obloge i povijanje rana. Dioskurid umesto današnjeg pamuka, upotrebljava vučju vunu namočenu sa vinskim "sirćetom". Iz ovčje vune dobijana je mast (lanolin).

Lekari su lekove sami spravljali. Ponekad su se upoznavali sa biljnim i životinjskim materijama, zatim ih sakupljali i na kraju od njih spravljali lekove. Poneki od njih su kupovali bilje od sakupljača i prodavaca bilja.

Lekari su sa sobom nosili svoje priručne apoteke i svoj medicinski instrumentarij koji je bio smešten u bronzanim kutijicama ili u kutijicama od slonovače ali i u drvenim ormarićima. Kutije ili ormarići su često bili ukrašeni reljefnim predstavama Eskulapa ili Higije. Galen skreće pažnju na tačne težinske odnose, a propisava je i preciznu težinu. Galenova libra, odnosno funta sadržala je tačno 12 uncija. Ovaj težinski odnos se u farmakologiji održao sve do 19. veka. Galen je prvi lekar koji je sastavio popis alternativ-

nih sastojaka koji mogu da se upotrebe prilikom sparavljanja lekova naričito usled veće potrošnje lekova prilikom epidemija. Galen je prilikom dijagnoze uzimao u obzir i pregled mokrače. Njegova jednostavnost i delotvornost u pripremanju lekova održala se sve do XIX veka. Ovi lekovi u farmakologiji su poznati kao "Galenovi lekovi". Njegov način pripremanja lekova se održao punih 14 vekova sve do XV veka. Praktično Galen je u farmakologiji pa i u medicini ostao neprikosnoven sve do pojave Paracelza.

RAZVOJ MEDICINE KOD RIMLJANA

Početak razvoja medicine u Rimu vezuje se za početak III veka pre n.e. Do tog vremena na ovom prostoru osim božanskih zaštita koje su Rimljane štitile od zamki koje im je priroda postavljala, negovan je poseban empirijski način isceljenja bolesnika, utkan u magijsko-verska obeležja. U rano republikansko doba, po nekim do 293. godine negovan je samo kult Apolona koji je imao i funkciju isceljenja, a od 293. odnosno 291. godine (vreme pogubne kuge koja je harala Rimom početkom III veka pre n.e.) uveden i kult Asklepija, inače Apolonovog sina.

Najčuvenije svetilište kulta Asklepija je bilo u Epidauru u Argolidi. Godine 291. nakon strašne kuge koja je zadesila Rim na Tibarskom ostrvu je podignut hram povećen bogu Eskulapu. Iako uvođenjem Asklepijevog odnosno Eskulapovog kulta u shvatanjima Rimljana u pogledu medicine nije ništa bitnije promenjeno (naime ona je i dalje imala kao osnovu magijsko-verski i empirijski karakter), ipak je, doduše na posredan način, počela da se razvija rimska medicina. U ovom razvoju medicine kod Rimljana dolaziće u nekim periodima, recimo pod Markom Porcijem Katonon (234-149. pre n. e.) i do plime uticaja pradedovskih tradicija oslojenih na narodnu medicinu koja se u dugom periodu oslanjala manje-više na botanička iskustva a u nekim slučajevima i na primitivna hirurška iskustva u isceljenju obolelog, kao i na sadejstvu prirodnih procesa u ljudskom organizmu⁵.

Veoma je interesantno da iako je u Rimu bilo više uglednih lekara, duduše iz Grčke i Male

Azije, a neki od njih su bili ugledni i cenjeni dvorski lekari, medicinska nauka kao organizovana tvorevina državnog tipa nije postojala do Vespazijana, odnosno do osnivanja Ateneuma (*Athenaeum*). U ovom hramu nauke osim ostalih predavanja iz retorike, filozofije i prava, najcenjenijih u rimskom obrazovanju, održavani su i časovi iz medicinske nauke. Ovi časovi koji su kao i u drugim veštinama bili javnog karaktera i slobodni za pristup, finansirala je Rimska država, angažujući najbolje učitelje iz Grčke i iz Male Azije.

Nepostojanje rimske medicinske škole kavke su postojale u Grčkoj i maloj Aziji, svakako ne isključuje postojanje nastave i određenih kurseva koji su se održavali na slobodno rečeno univerzitetskim školama ili postojanje brojnih lekara od kojih su neki obavljali praksu i u ambulantama (*tabernae medicae*).

PODELA MEDICINE

Antička medicina je obuhvatala više oblasti:

1) Hirurgija - najstarija medicinska disciplina u antičkoj Grčkoj. Hipokratovi spisi pokazuju da je anatomija kao jedna od osnova hirurgije bila visoko razvijena.. Sprovodile su se komplikovane operacije sa specijalizovanim medicinskim instrumentarijem. Lekar koji se posebno isticao u specijalizovanim operacijama bio je jedan iz plemjadi izuzetnih lekara antike –Antylos.

2) Dijjetetika – druga oblast medicine koja je bila razvijena u antici je nauka o poboljšanju načina života (uključujući i higijenu i gimnastiku) i ona se razvijala kao posebna grana medicine. U okviru dijetetike izdvajale su se i dve posebne potdiscipline, fizikalna medicina i terapija i njeni najpoznatiji predstavnici je bio Diokle iz Kariste. Ona su imale posebno i istaknuto mesto i okviru Hipokratovog poimanja medicine, a posebno pojedinih grana pneumatske škole i Galena.

3) Anatomija – Anatomija bila je naročito razvijena u Aleksandriji, a njeni najpoznatiji predstavnici te škole su lekari Ruf i Galen. Ova škola provodila je eksperimente sa utvrđivanjima zdravstvenog stanja pacijenta na osnovu njegovog pulsa

4) Fiziologija je manje-više bila u sferi spekulativno filozofskih postavki sa istaknutim lekarima Hipokratom, Asklepijadom iz Pruse, kao i pojedinim metodičarima i empiričarima.

⁵ Pliny, XXIX, 14

5) Farmakologija – na farmakološkom polju najpoznatiji su lekari Knidske medicinske škole. U IVveku pre n. e., pojavili su se i prvi priručnici za lekove. Primer za to je priručnik koji je sastavio Diokle iz Kariste. Svakako treba pomenuti i prvi botanički vodič koji je sastavio Teofrastos, pravi predstavnik empiričke lekarske škole. U Rimskom carstvu magijsko-religijska komponenta postaje sekundarna i sve je veća upotreba primena i spravljanje lekova na bazi organskih (životinje i biljke) i neorganaminskih (minerali) materija. Dragocene podatke o tome daje nam najpoznatija knjiga iz farmakologije Diskoridova Ηὐλειατρική.

6) Ginekologija – je jedna od grana medicine koja je imala najpraktičniju osnovu. Jedna od naznačajnih je bila Aleksandrijska medicinska škola sa predstavnicima Herofilosom i Eudemom. Ipak najznačajniji lekar koji se bavio ginekologijom bio je učeni Soran iz Efesa koji je radio na prelazu iz I u II vek.

7) Oftalmologija – praktično počinje da se razvija od sredine I veka pre n. e. od Cezara, kada se za ovu vrstu lekara koristi izraz *medici ocularii*. Poznato je da je po Neronovoj naredbi napisan udžbenik iz oftalmologije koji nažalost nije sačuvan. U Carsko doba već postoje utemeljeni pojedini kolegijumi lekara, kao na primer kolegiji očnih lekara.

Medicinu su Grci delili na:

1. diaitetike
2. farmaceutike i
3. cheirurgike

Treba reći da je u lekarskoj terminologiji podjednako korišćen grčki i latinski jezik. Na osnovu sačuvanih rukopisa, latinski jezik je preovlađujući u anatomiji, a grčki u patologiji.

BIBLIOGRAFIJA

Celsus, 1961

Celsus, *De Medicina*, translated by W. G. Spencer, The Loeb Classical Library (LCL), Cambridge-Massachusetts 1961, 3 vols., V,17

Pliny, 1967-1971

Pliny, *Naturalis History*, Translated by H. Rackam, D. E. Eicholz, W. H. S. Jones, LCL, 10 vols., Cambridge-Massachusetts 1967-1971.

Pedanius Dioscurides Anazarbius, 1958

Pedanius Dioscurides Anazarbius, *De materia medica*, hrsg. v. M. Wellman, Bd. I-III, 2 Aufl., Berlin 1958

Berendes, J. 1902

Berendes, J. 1902. *Des Pedanios Dioskurides Aezneimittellehre (Materia Medica)*, Stuttgart 1902, 48

Katić, R. 1955

Katić, R, 1955, *Srpski prevod Dioskuride-sovog kodeksa nadragoceniji spomenik naše medicinske kulture*,

Medicina kod Srba u srednjem veku, 1958

Medicina kod Srba u srednjem veku, Srpska Akademija nauka, Poseb. Izd. Knj. CCCX, Odeljenje medicinskih nauka, Knj. 12. Beograd 1958, 66-78;

Hilandarski medicinski kodeks № 517, 1980

Hilandarski medicinski kodeks № 517, 1980, Narodna biblioteka Srbije, Beograd 1980.

Milne, J. S., 1970

Milne, J. S., 1970, *Surgical Instruments in Greek and Roman Times*, Mecina Classica, London 1907 (Reprint 1970) New York 1970, Pl. LIII

SOME ASPECTS OF ANCIENT MEDICINE

The paper gives a brief overview of some aspects of ancient medicine. The ancient writers, Greek and Roman, epigraph monuments and papyrus (*Papyrus Ebers*, and others) are valuable documents that testify about. Caring for the health of the population was at high level and traditional medicine has existed in parallel with the professional doctor. In the cities there were pharmacies where they bought drugs from many distant parts of the Roman Empire. Concern about the health of residents of the capital Rome and later Constantinople, was entrusted to the municipal administration. Although military doctors have been separated from civil, and sometimes came to mixing and it was specifically codified (*Codex Iustinianus*). In the Roman Empire there were no schools, as was the case in Greece or Asia Minor coast. Ancient medicine was divided into several areas: 1) Surgery 2) Dietetics 3) Anatomy 4) Physiology 5) Pharmacology 6) Gynecology and 7) Ophthalmology.

KEY WORDS: ROMAN MEDICINE, GREEK MEDICINE, GALEN, DIOKURID, HIPPOCRATES, PLUTARCH, DODORUS, XENOPHON, INFECTIONS, BALMS, MEDICINES, PARAPSTAE, CODEX IUSTINIANUS



Trajanov stub predstava lekarske intervencije

Vladimir Miletić

Centar za nove tehnologije Viminacium d.o.o.
miletic.vladimir@gmail.com

Jelena Miletić

Centar za nove tehnologije Viminacium d.o.o.

UDK 902.3:550.8(497.11)"2006" ;

904:725.182"653"(497.11)

izvorni naučni članak



Beograd, Srbija

LAT 44° 49' 25" / LONG 20° 26' 60"

PREGLED GEORADARSKIH ISTRAŽIVANJA GORNJEG I DONJEG GRADA BEOGRADSKE TVRĐAVE

APSTRAKT

Na prostoru Gornjeg i Donjeg grada Beogradske Tvrđave, tokom 2006.godine, izvršena su kompleksna geofizička istraživanja za potrebe zaštite podzemnih arheoloških objekata i njihove eventualne sanacije i revitalizacije. Izvedena istraživanja ukazala su na postojanje velikog broja objekata ispod površine tla kao i na postojanje šupljina u konstrukciji objekata, gde se kao posledica može očekivati sleganje tla pod uticajem opterećenja.

KLJUČNE REČI: GEOFIZIKA, ISTRAŽIVANJA, GPR, BEOGRADSKA TVRĐAVA

UVOD

Na prostoru Gornjeg i Donjeg grada Beogradske Tvrđave, tokom 2006.godine, izvršena su kompleksna geofizička istraživanja za potrebe zaštite podzemnih arheoloških objekata i njihove eventualne sanacije i revitalizacije. U ovim istraživanjima korišćene su različite geofizičke metode koje su prilagođene arheološkim istraživanjima, i koje zahtevaju visoku rezoluciju dobijenih podataka u bliskopovršinskom sloju terena, odnosno prikupljanje velikog broja podataka za kratko vreme. Razvojem novih geofizičkih metoda i računarske opreme koja omogućava obradu velike količine podataka (2D i 3D analize), omogućeni su uslovi za kompleksno geofizičko istraživanje čitavog prostora Gornjeg i Donjeg grada Beogradske Tvrđave, uz primenu najsavremenijih

metoda. U istraživanja su inkorporirane i metode na osnovu kojih je izvršena seizmička mikrorezonizacija ovog prostora, analiza hidrokolektorskih formacija, kao i izrada digitalnog modela terena (DTM). U okviru primenjenih geofizičkih metoda posebno se izdvajaju elektromagnetske metode (georadar – GPR), koje su po svojoj prirodi potpuno nedestruktivne a pružaju daleko najvišu rezoluciju registrovanih podataka. Stoga je GPR i najzastupljenija metoda primenjena u ovim istraživanjima, te će njeni rezultati biti prikazani u ovom radu.

Kompleksna geofizička straživanja prostora Gornjeg i Donjeg grada Beogradske Tvrđave, su izvedena u cilju dobijanja celovite slike o stanju prostornih celina Gornjeg grada i Donjeg grada, tj. tačne pozicije podzemnih objekata, njihovog gabarita i strukture, kao i dobijanja podataka o

postojanju podzemnih prostorija i uticaju potresa i podzemnih voda. Pored geofizičkih, korišćene su i savremene geodetske metode koje su omogućile precizno pozicioniranje rezultata istraživanja i dale dobru podlogu za njihov prikaz.

METODOLOGIJA I USLOVI ISTRAŽIVANJA

Metoda koja na osnovu dobijenih rezultata svakako predstavlja osnovu geofizičkih istraživanja na prostoru Beogradske tvrđave je georadar-ska metoda. Ova metoda predstavlja najrezolutniju geofizičku metodu i nakon smetnji kojima su bile opterećene druge geofizičke metode, georadar-ska metoda je korišćena na čitavom istražnom prostoru. Naime, ispostavilo se da prisustvo podzemnih instalacija, korenja stabala i velike količine rasutog materijala u površinskim slojevima ne predstavlja ozbiljnu smetnju za primenu georadar-ske metode na ovom prostoru, te je primenjena na čitavoj istražnoj površini. Akvizicija podataka georadarskom metodom je izvršena na ukupnoj površini od 13,6 ha, i to uglavnom u okvirima istražnih polja, dok je na lokacijama gde je ova-kvo snimanje bilo onemogućeno akvizicija vršena duž pojedinačnih georadar-skih profila. Ukupna površina istražena georadar-skom metodom prikazana je u prilogu 1.

Georadar-ska metoda (GPR) je primenjena korišćenjem švedske aparature RAMAC CUII i antene od 250 MHz sa vremenskim opsegom od 92 ns (dubinski zahvat od oko 4,4 m). Prilikom akvizicije podataka, horizontalna rezolucija iznosila je podatak na svakih 1 cm georadar-skog profila, dok je vertikalna rezolucija iznosila 1024 podatka po jednoj trasi. Za vreme snimanja antena je pokretana ručno i ostvarivala je direktni kontakt sa tlom. Georadar-ska istraživanja su se odvijala u okvirima kvadratne mreže (istražna polja dimenzija 20x20m). U okviru svakog polja registrovani su paralelni profili na 0.5 m međusobnog rastojanja. Na ovaj način, već od dubine 25 cm, postignuto je potpuno prekrivanje terena.

Obrada GPR podataka vršena je programskim paketom REFLEXW na način da su svi registrovani profili normalizovani i filtrirani pojedinačno, a zatim je za svako istražno polje generisan 3D model. Iz 3D modela izdvajani su horizontalni

preseci za odabrane dubinske nivoe, koji se zatim uklapaju kao mozaik u elektromagnetske karte čitavog istražnog prostora.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati georadar-ske prospekcije prikazani su dvojako: u vidu karata elektromagnetskih anomalija i u vidu pojedinačnih profila.

Karte elektromagnetskih anomalija predstavljaju horizontalne preseke, dobijene iz 3D modela, za odgovarajuće dubinske nivoe. U ovom radu su prikazani preseci za dubinski nivo od oko 100 cm.

Radi bolje preglednosti karte elektromagnetskih anomalija su podeljene po svom položaju u tri grupe:

- jugozapadni deo Donjeg grada – prilog 2
- severoistočni deo Donjeg grada – prilog 3
- Gornji grad – prilog 4.

Za karte elektromagnetskih anomalija je za prikaz odabrana varijanta paleta od crne do bele boje, jer iskustvo pokazuje da je ovakav prikaz najkontrastniji i veoma pogodan za interpretaciju. Razmatrajući dobijene karte elektromagnetskih anomalija, potrebno je naglasiti da nijanse crne boje predstavljaju relativno homogen prostor, dok nijanse bele boje predstavljaju nehomogenosti ispod površine tla, odnosno ukazuju na eventualno prisustvo podzemnih objekata. Ono što izdvaja podzemne arheološke objekte i podzemne instalacije od drugih nehomogenosti u tlu su pravilni geometrijski oblici, koji se mogu primetiti na pri-loženim kartama.

Posmatrajući različite dubinske nivoe, može se uočiti da je istražen prostor u jugozapadnom delu Donjeg grada, Gornjeg grada kao i Zapadnog podgrađa, ispunjen arheološkim sadržajem. To se najviše može primetiti na dubinama od 1 m do 2.25 m. Što se tiče severoistočnog dela Donjeg grada, primećuje se da su nehomogenosti uglavnom koncentrisane u pojasu neposredno uz dunavsku padinu.

U prilozima 5, 6 i 7, dat je primer interpretacije rezultata dobijenih georadar-skom prospekcijom. Na priloženim elektromagnetskim kartama vrlo jasno se mogu primetiti različiti objekti koji se nalaze u bliskopovršinskom sloju. Oni se relativno jednostavno izdvojavaju od okolne sredine

zahvaljujući dobrom kontrastu elektromagnetskih svojstava materijala od kojih su objekti izgrađeni i okolnog tla.

Obzirom na visoku preciznost pozicioniranja dobijenih podataka, na osnovu dobijenih rezultata se mogu vršiti upoređenja sa georeferenciranim kartama i planovima iz raznih perioda, što pruža velike mogućnosti u budućem sagledavanju ovog prostora i prepoznavanju nekih objekata. Jedan od primera ovakve komparacije prikazan je u prilogu 8, gde se mogu uočiti poklapanja postojećih ostataka nekadašnjih objekata i objekata koji se mogu primetiti na planu iz 1790. godine. Minimalna poziciona odstupanja koja se primećuju su posledica georeferenciranja starih planova Beogradske tvrđave i nesavršene opreme korišćene za pozicioniranje iz tog vremena.

Takođe, interesantno je i poređenje geofizičkih rezultata dobijenih geoelektričnim istraživanjima koja su vršena 1990. godine (Filozofski Fakultet Ljubljana, B. Mušić) i savremenih rezultata dobijenih GPR metodom (prilog 9). Ovaj primer ukazuje na apsolutno poklapanje podataka dobijenih u različito vreme i različitim geofizičkim metodama.

Geodetska snimanja terena koja su za svrhu imala izradu digitalnog modela terena, omogućila su i prikaz rezultata GPR istraživanja zajedno sa 3D modelom terena (prilog 11). Ovakav način prikaza može pomoći kod razmatranja dobijenih rezultata u širem prostornom kontekstu.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Izvedena istraživanja prostora Gornjeg i Donjeg grada Beogradske Tvrđave ukazala su na postojanje velikog broja objekata ispod površine tla na prostoru Donjeg Grada i Gornjeg Grada Beogradske Tvrđave. Neki od tih objekata su poznati, a neki nisu, ali ova istraživanja su svakako prilika da se njihovi gabariti precizno odrede i definišu u prostoru. Dobijeni rezultati GPR prospekcije omogućiće u narednom periodu različite analize koje će poslužiti za jednostavnije projektovanje daljih zaštitnih i arheoloških radova. Jedna od takvih analiza je i analiza koja je načinjena u svrhu detektovanja šupljina ispod površine tla (prilog 10). Na prostoru Donjeg Grada održavaju se manifestacije tokom letnjeg perioda, gde sleganje terena usled postojanja šupljina ili usled opte-

rećenja sa površine, može dovesti do uništavanja arheoloških objekata ili ozleđivanja posetilaca. Stoga je pravovremena detekcija mesta koja su kritična po ovom pitanju od velikog značaja. U prilogu 10 prikazana je analiza eventualnog postojanja šupljina u konstrukciji objekata koji se nalaze ispod površine tla, gde se kao posledica može očekivati sleganje tla u bliskoj budućnosti. Ova mesta su izolovana na kartama (crvenom bojom u prilogu) i prezentovana službama koje će vrsiti sanaciju i zastitu.

OVERVIEW OF GPR RESERCH IN THE AREA OF UPPER TOWN AND LOWER TOWN OF BELGRADE FORTRESS

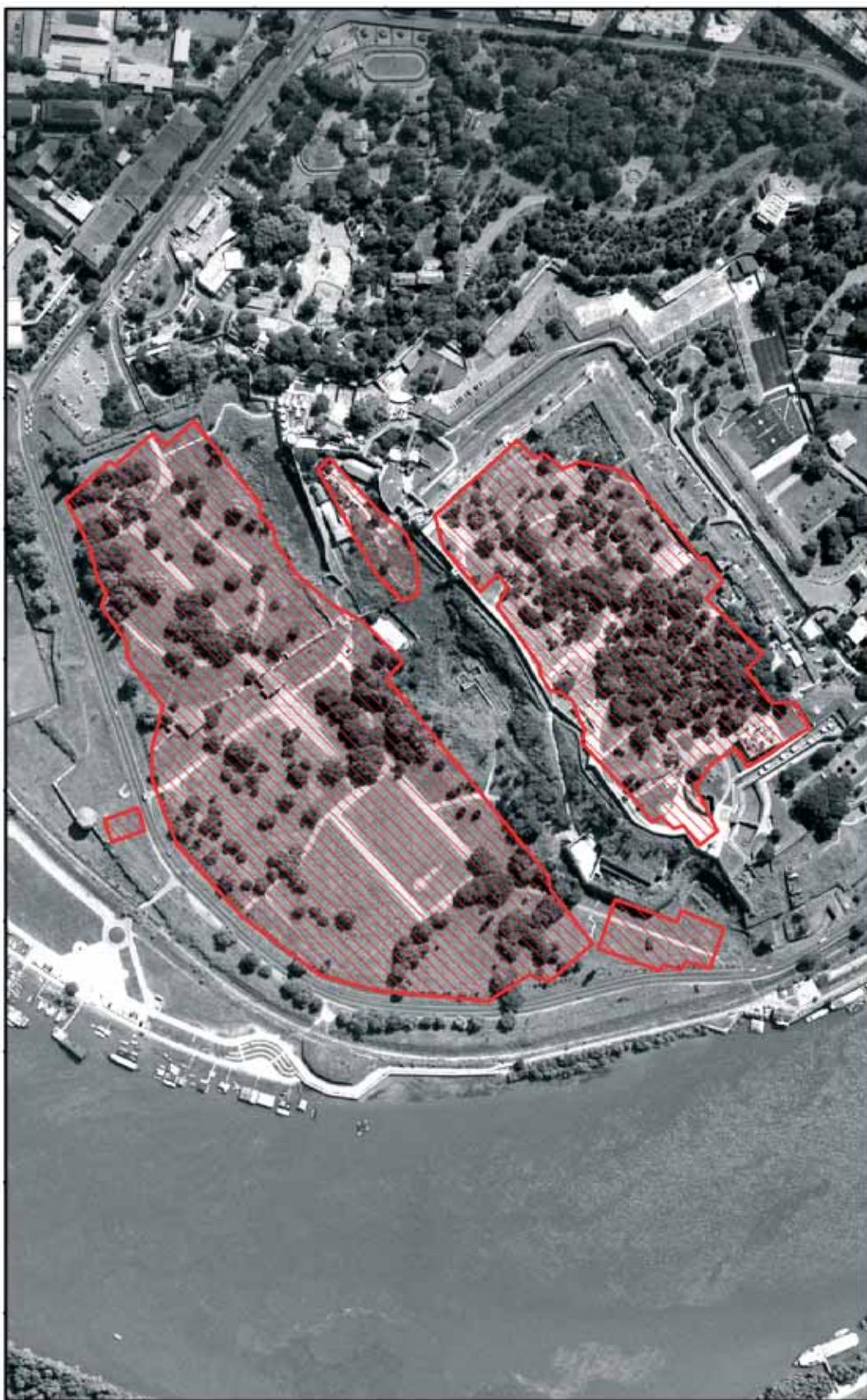
In the area of Upper Town and Lower Town on Belgrade Fortress, in 2006, complex geophysical research was carried out in the purpose of protection of underground archaeological structures and their eventual rehabilitation and revitalization. Research carried out showed the existence of a large number of objects beneath the surface of the soil as well as area where subsidence of soil by the influence of the load could be expected as a result of existence of a cavity in the construction of buildings.

KEY WORDS: GEOPHYSICAL, RESEARCH, GPR, BELGRADE FORTRESS

Prilog 1

Ukupna površina obuhvaćena georadarским istraživanjima

1:4,000



Prilog 2

Donji grad (deo 1) - GPR horizontalni presek - dubina 100 cm

1:2,000



Prilog 3

Donji grad (deo 2) - GPR horizontalni presek - dubina 100 cm
1:1,200

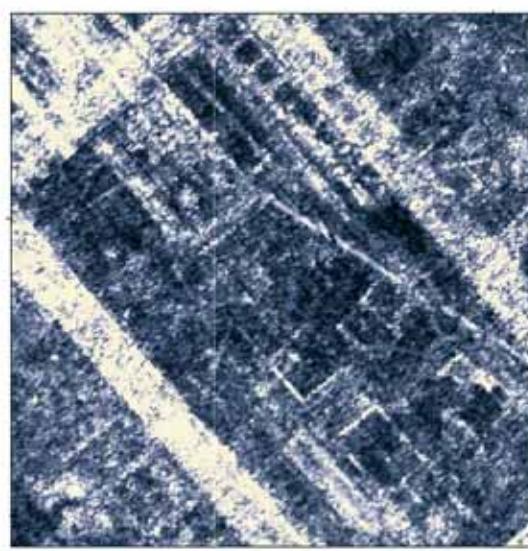


Prilog 4

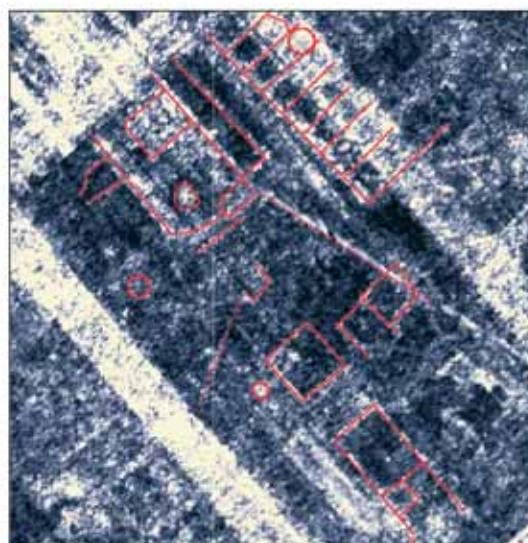
Gornji grad - GPR horizontalni preseci - dubina 100cm
1:1,700



Primer interpretacije GPR podataka (jugozapadni deo Donjeg grada)



GPR snimak



Interpretacija podataka

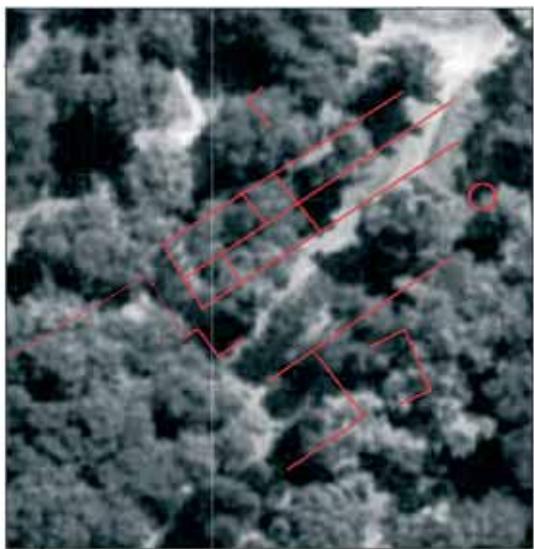


Prikaz na aviosnimku

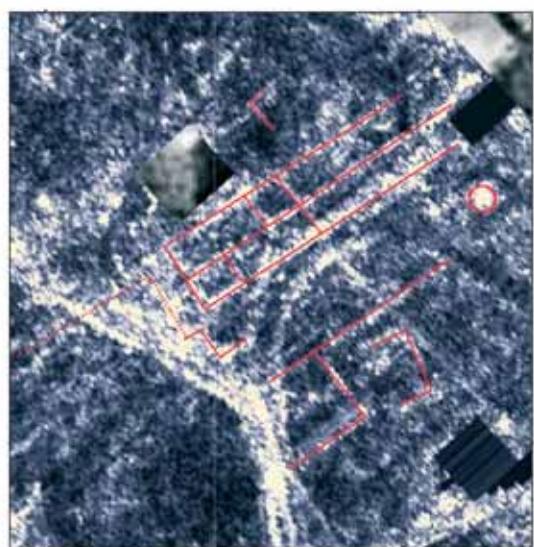
Prilog 5

Prilog 6

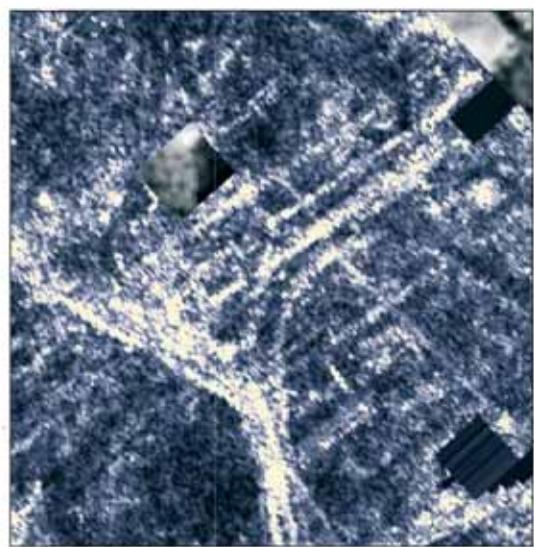
Prikaz na aviosnimku



Interpretacija podataka

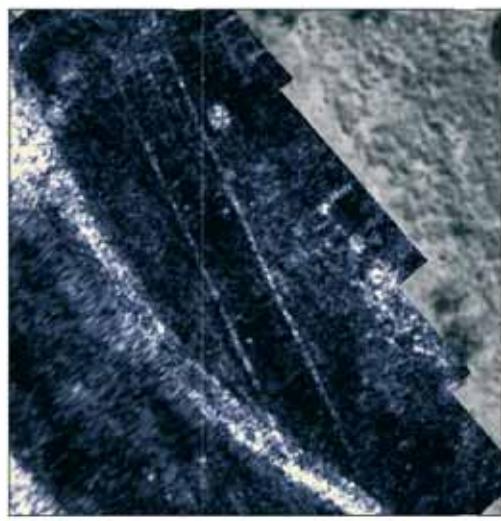


GPR snimak

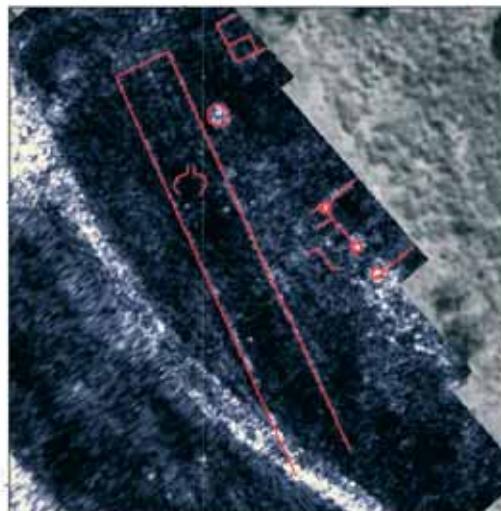


Primer interpretacije GPR podataka
(Gornji grad)

**Primer interpretacije GPR podataka
(severoistočni deo donjeg grada)**



GPR snimak



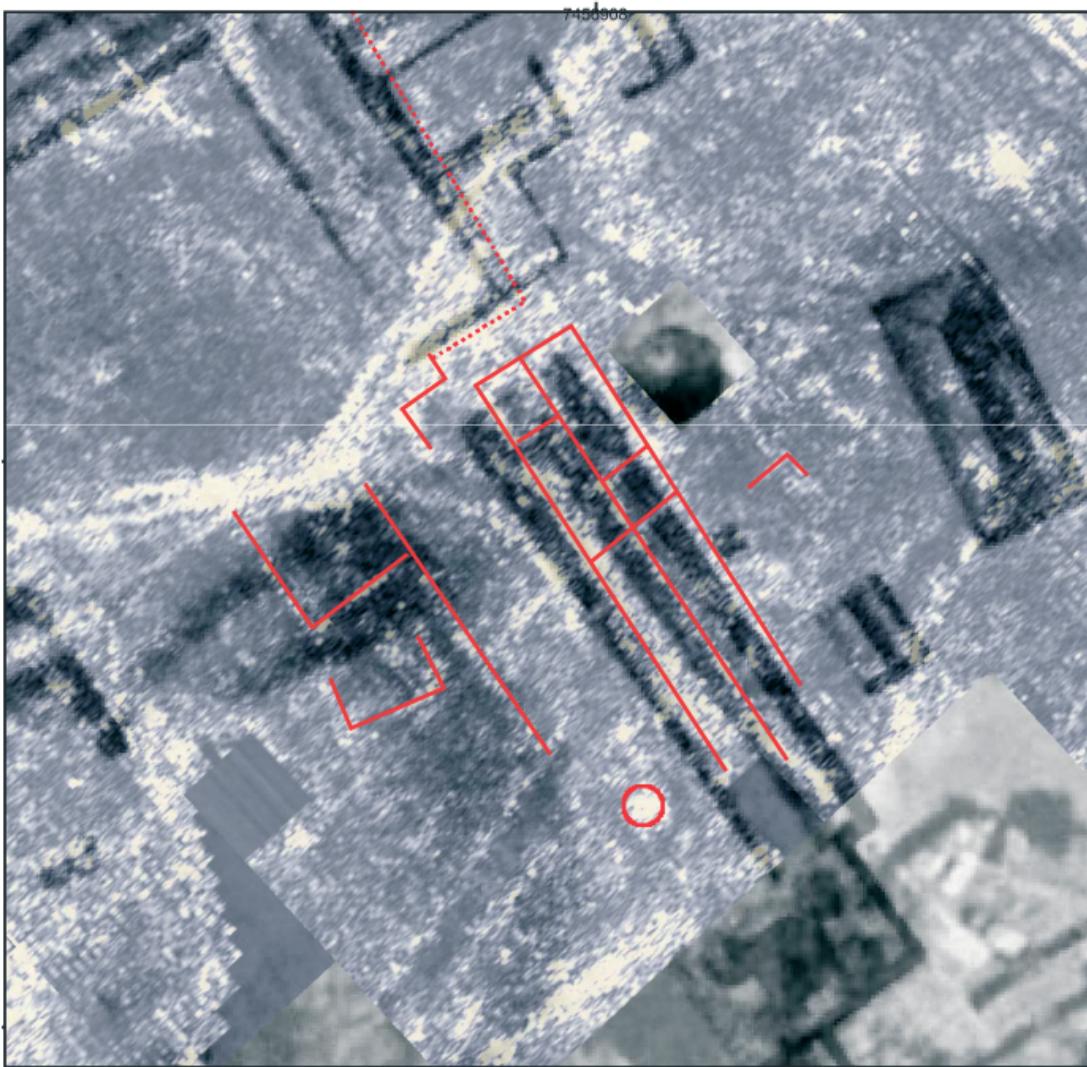
Interpretacija podataka



Prikaz na avionsnimku

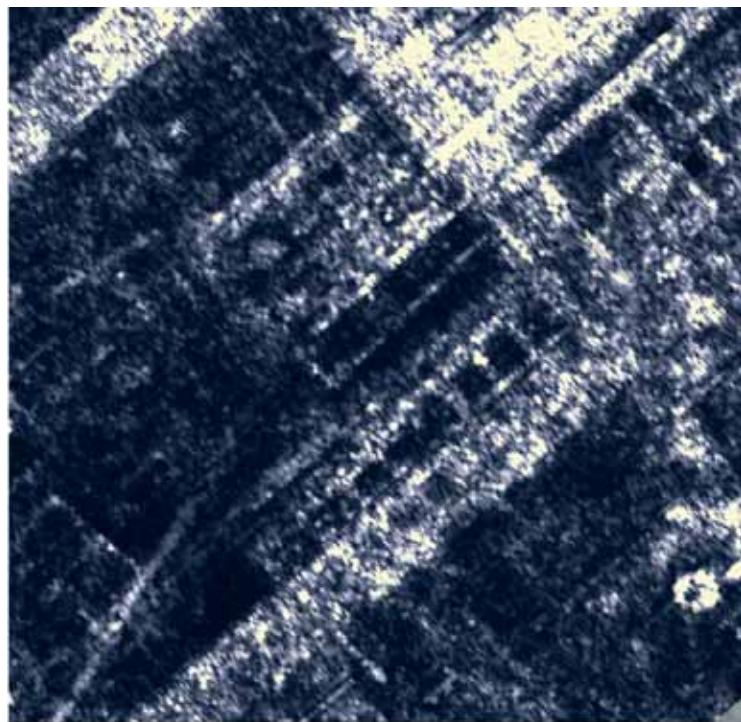
Prilog 7

Primer interpretacije GPR podataka (Gornji grad)

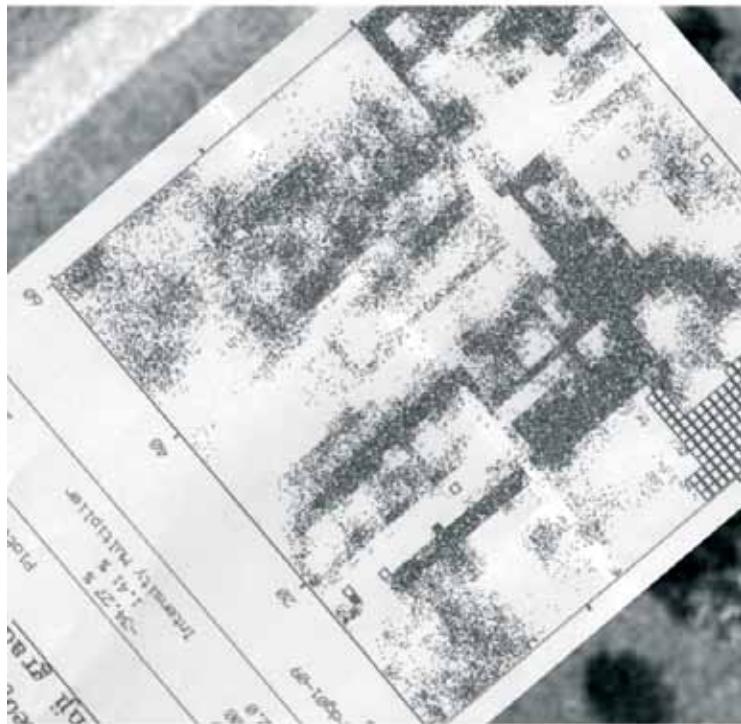


Poređenje rezultata dobijenih interpretacijom
georadarskih podataka sa georeferenciranim planom
Beogradske tvrđave iz 1790. God.

Prilog 8

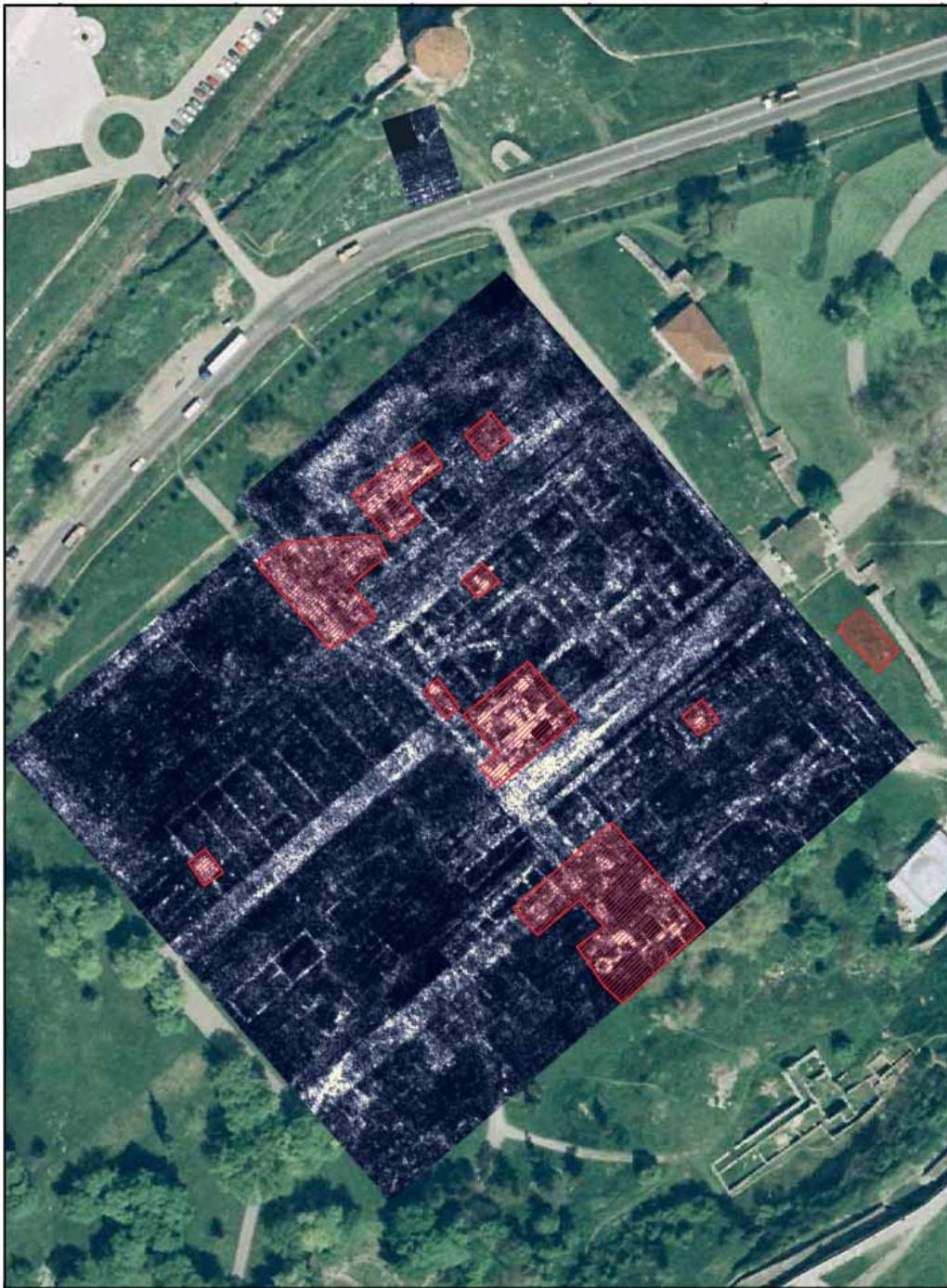


GPR istraživanja iz 2006. godine



Geoelektrična Istraživanja iz 1990. godine

Prilog 9



Zone gde se mogu očekivati šupljine ili nekonsolidovan materijal
ispod površine tla
1:1,500

Prilog 10



Kombinovanje digitalnog modela terena
i rezultata geofizičkih istraživanja

Prilog 11

Vučković Dejan
Rudarsko-geološki fakultet

Branislav Sretković
Centar za Nedestruktivna Testiranja i Geofiziku
d.o.o. Beograd

Dejan Miloševski
Centar za Nedestruktivna Testiranja i Geofiziku
d.o.o. Beograd



UDK 550.834:904(497.11)
Izvorni naučni članak

Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT $44^{\circ} 44' 09''$ / LONG $21^{\circ} 12' 42''$

KVANTIFIKACIJA DEGRADIRAJUĆEG UTICAJA TERMOELEKTRANE DRMNO NA ARHEOLOŠKI LOKALITET VIMINACIUM

APSTRAKT

U ovom radu je opisano izvođenje troaksialnog namenskog monitoringa mikrotremora i modelovanje prikupljenih podataka. Monitoring je izведен sa ciljem kvantifikacije degradacije koju termoelektrana Drmno izaziva na arheološkim ostacima lokaliteta Viminacium. Primjenjen je pristup kroz analizu distribucije sadržaja spektra mikrotremora i proračun stepena degradacije u vidu zamora materijala nakon velikog broja ciklusa opterećenja, a na osnovu zamora kod čelika ČN24.

KLJUČNE REČI: SEIZMOMETRIJA, MONITORING, MIKROTREMORI, ZAMOR MATERIJALA, DEGRADACIJA

UVOD

Tokom protekle decenije, razvoj geofizike u svetu, ali i njene primene u našoj zemlji, odvijao se izuzetno velikom brzinom. Na takvu povalu značajno je uticalo ubrzanje koji doživljava razvoj industrije personalnih računara, što otvara mogućnost razvoja sve boljih pratećih softverskih rešenja, kao i sve veće primene matematičkih numeričkih postupaka. Tako se porastom snage i mogućnosti računara, omogućava primena sve zahtevnijih matematičkih, pre svega numeričkih rešenja, a samim tim i sprovodenje izuzetno složenih i zahtevnih analiza na velikim grupama podataka. Ovo je toliko značajno za razvoj geofizike, jer omogućava izvođenje modelovanja u

rezoluciji i kompleksnosti, kakva nauci, nikada ranije nije bila dostupna. Sa time u vezi je i pojava velikog broja ispitivanja, koja je danas moguće izvesti za relativno kratko vreme, dok već u protekloj deceniji, takve analize nisu bile izvodive uopšte, ili samo u ograničenoj meri. Ovaj rad opisuje izvođenje analize koja spada u grupu takvih ispitivanja.

Na lokacijama Stari Kostolac i Drmno, vršen je namenski monitoring mikrotremora, sa ciljem definisanja zona pojačanog uticaja dejstva rada termoelektrane "Kostolac B" i kvantifikovanja degradacije koju termoelektrana izaziva na arheološkim ostacima lokaliteta Viminacium. Mikrotremori predstavljaju neprekidne vibracije mikronskih amplituda (mikrovibracije) koje su stal-

no prisutne u poluprostoru u vidu fona. U ovom radu prikazani su neki aspekti analize distribucije spektralnog sadržaja mikrotremora u istražnom prostoru i primenu dobijenih podataka za kvantifikaciju stepena degradacije u vidu zamora materijala.

Analiza spektra mikrotremora primenjena je za definisanje geodinamičkih parametara i kvantifikaciju njihovog uticaja na arheološke objekte. Poznavanje spektra svake tačke i njen prostorni položaj, omogućili su formiranje odgovarajućih karata istražnog prostora i modelovanje tog uticaja.

ZNAČAJ LOKALITETA VIMINACIUM

Ostaci antičkog grada Viminaciuma, glavnog grada rimske provincije Mezije Superior (*Moesia Superior*), u kasnoj antici provincije Mezije Prime (*Moesia Prima*), nalazi se u današnjim atarima sela Stari Kostolac i Drmno. Ovaj antički grad je izuzetan po mnogim elementima:

Viminacium je bio glavni grad rimske provincije Gornje Mezije, koja je u antičko vreme zauzimala približno teritoriju današnje Srbije.

Današnji Viminacium leži u sloju oranica i predstavlja prostor koji nam dozvoljava izuzetnu slobodu primene geofizičkih istraživanja.

Treba istaći da od svih legijskih logora koji su se nalazili na teritoriji nekadašnjeg Rimskog carstva, danas se samo dva nalaze na nenaseljenim prostorima. Pored Viminaciuma to je legijski logor Karnuntum nedaleko od Beča, u Austriji. Ovaj drugi logor je istražen pre više od jednog veka što doprinosi važnosti lokaliteta Viminacium. Na taj način Viminacium ostaje jedini vojni logor koji bi uz primenu modernih metoda, osim izuzetno bogatih nalaza, mogao pružiti dragocene podatke za arheologiju.

GEOGRAFSKI POLOŽAJ I GEO-MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Istražno područje se nalazi oko 90 kilometara od Beograda u blizini ušća reke Mlave u Dunav. Područje obuhvata arheološki lokalitet Viminaciuma, čiji ostaci se nalaze u oblasti današnjih sela Stari Kostolac i Drmno. Ovaj lokalitet je na desnoj obali Mlave na 700 do 800 metara od reke (slika 1). U neposrednoj blizini ovog lo-



Slika 1. Geografski položaj istražnog prostora

kaliteta prostire se površinski kop uglja - Drmno, koji snadbeva termoelektranu "Kostolac B" u neposrednoj blizini kopa.

Na priloženoj karti šira okolina istražnog prostora je uokvirena crvenom bojom. Istražno područje je povezano sa Beogradom asfaltnim putem preko Požarevca i Drmna, a dalje prema arheološkom lokalitetu vodi zemljani put.

Generalno gledano, čitav teren se može svrstati u izrazito ravnicački, sa malim uzvišnjima koja ka jugu dostižu visinu do 200 metara nadmorske visine. Reljef je oblikovan pre svega dejstvom fluvijalnog procesa. Mogu se uočiti različite facije deponovanog materijala počevši od facije starača (fossilni meandri), facija povodnja, do terasa koje su sastavljene od peskova do alverita.

Arheološki lokalitet nalazi se, nedaleko od fossilnog meandra reke Mlave na nadmorskoj visini između 80 i 90 mNv. U neposrednoj blizini istraživanog područja prostire se greben čija je nadmorska visina 174 mNv. Taj greben ustvari predstavlja deo Kostolačke grede, koja razdvaja doline Mlave i Velike Morave. Na terenu je prisutna kultivisana biljna zajednica koja se sastoji od žitarica i voćnjaka.

Današnji reljef ovog područja veoma je iz-

menjen antropogenim uticajem. Vađenjem uglja na velikoj površini, u potpunosti nedostaju desetine metara tla, peska, pogrebene zemlje, gline, sve do kota od oko 25 mNv (slika 2), odnosno oko 50 metara ispod današnje kote Dunava, severno od Viminacija.

GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

Geološka građa terena preuzeta je iz tumača osnovne geološke karte (OGK), lista Bela Crkva, razmere 1:100 000 (slika 3). Na istražnom području izdvaja se nekoliko geoloških jedinica neogene i kvartarne starosti.

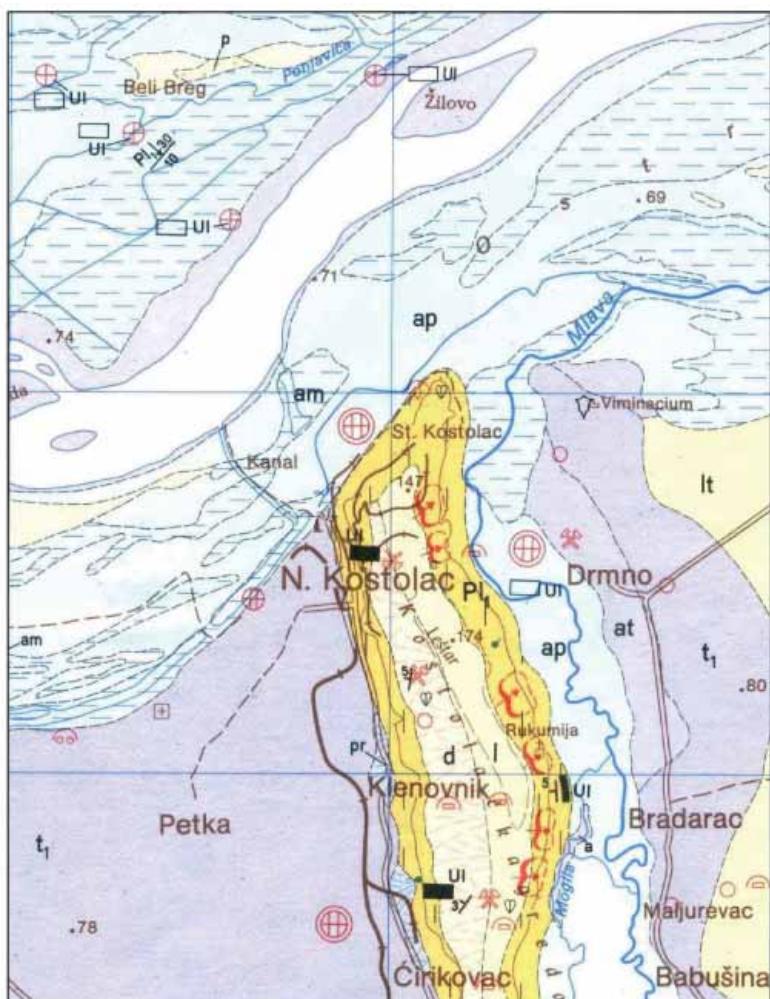
LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE

PLIOCEN (Pl)

Pont (Pl1) - u okviru donjeg pliocena izdvojena je kostolačka facija koja izgrađuje jugo-zapadne delove terena. Karakteriše se debelim naslagama uglja kao i prisustvom aluvijalnih sedimenata sa slatkovodnom faunom. Ovo ukazuje na visok stepen osladivanja u obodnim delovima basena. U ovim sedimentima preovlađuje epidot i metalični minerali.



Slika 2 Izgled reljefa izmenjenog antropogenim uticajem



Slika 3. Geološka građa terena (OGK R=1:100.000)
list Bela Crkva

Legenda standarnih oznaka

- // Normalna geološka granica: utvrđena i predpostavljena
- γ Elementi pada sloja: normalni, pojedinačna merenja
- ψ Mikroflora, bočatna mikrofauna
- UI Izdanci uglja: UI-lignit, Um-mrki
- ±○ Ležište peska, svrtlanj
- Važnija gliništa, važniji kamenolomi građevinskog kamena
- Duboke bušotine: preko 50 komada, 20-50 komada
- * * Jamski rad: aktivan, napušten
- Klizišta
- † Izvor

Legenda litostratigrafskih oznaka

- | | |
|-----------------------|--|
| [Light blue square] | Aluvijum; facija korita: šljunkovi i peskovi |
| [Light blue square] | Aluvijum; facija povodnja: peskovi alevriti |
| [Light blue square] | Aluvijum; facija starača: gorski peskovi i alevriti |
| [Light blue square] | Aluvijum; terasa (3-5m); alevritim i peskovi |
| [Yellow square] | Deluvijum: lesoidni alevriti |
| [Yellow square] | Eolski peskovi morfološki neuobičeni |
| [Light purple square] | Aluvijalna terasa (7-12m): šljunkovi, peskovi i alevriti |
| [Yellow square] | Eolski pesak |
| [Yellow square] | Lesna terasa (25-35m): šljunak, pesak i lesoidni alevriti |
| [Yellow square] | Pont: peskovite gline i ugalj; peskoviti krečnjak i karbonatni pesčari (a) |

KVARTAR (Qt)

Lesna terasa (lt) - ovaj jedinica se nalazi na 25 do 30 metara visine iznad okolnog terena. Karakteriše se 3 do 6 metara širokim temenom blago nagnutim niz tok reke. Zalede terena i njen odsek, često su maskirani procesima spiranja. U pogledu morfologije, jedinaca je izgrađena iz dva dela:

stariji deo - otkriven samo bušotinama, a predstavljen šljunkovito - peskovitim sedimentima; odlikuje se brzom promenom sastava. Najverovatnije je stvaran u vreme mindel - risa.

mlađi deo - izgrađen od peska, alevritskog peska i peskovito - glinovitih alevrita. Sedimenti se javljaju u vidu dva, tri nivoa lesa predvojenih humusnim zonama. Pronađena fauna ukazuje na sedimente stvarane u Risu i Virmu.

Eolski les (l) - naslage eolskog peska nalaze se na Kostolačkoj gredi. Odlikuju se žućkastom do svetlo smeđom bojom i velikim sadržajem alverolita i promenljivim količinama glinovitih i peskovitih čestica. Postoje 3 do 4 lesna horizonta koja su odvojena pogrebenom zemljom. Pogrebe ne zemlje se od lesa razlikuju nešto glinovitijim sastavom, mikrogrudvastom građom i prisustvom humusa od koga dobijaju smeđu boju. Fosilni kompleksi pridapaju podzolu, černozemu i gajnjacama.

Aluvijalne terase (at) - prostiru se na desnim obalama Velike Morave i Mlave nizvodno od Batovca tj. Bradarca. Odlikuju se terasastim uzvišenjima visine od 7 do 12 metara i postoja njem dva dela na vertikalnom profilu:

facija korita - donji deo koji je predstavljen srednjozrnim i krupnozrnim šljunkom i peskom deblljine 4 do 8 metara, ređe se sreću i peskoviti alevriti.

facija povodnja - gornji deo izgrađen od alevritskog peska i peska. U donjem delu ove facije konstatovana je kopreno - barska fauna.

Deluvijalni zastori (d) - nalaze se na zapadnim padinama Kostolačke grede i Klenovnika koji su izgrađeni od neogenih i starijih kvartarnih naslaga. U struktunom pogledu preovlađuju alevriti i pesak lesoidnog porekla. Sadrže dosta šljunka, koji se javljaju u vidu pojedinačnih zrna. Uz zonu spiranja sedimenti su krupnijeg zrna i javljaju se u obliku sočiva, dok su u perifernim delovima akumulacione zone dosta sitniji i bez šljunka.

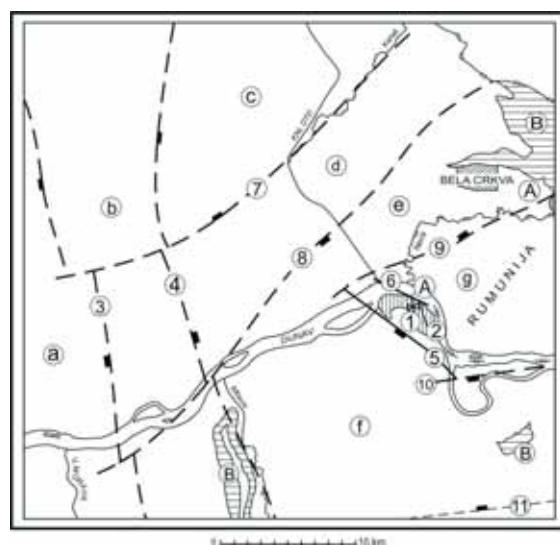
ALUVIJUM (AL)

facija starača, peska, alevrita i treset (am) - nastala je u napuštenim koritima Velike Morave, Dunava i Mlave. U odnosu na ostale aluvijalne sedimente nalazi se u obliku sočiva u faciji korita i na površini akumulativne ravni. Predstavljena je glinovitim alevritima, alevritskim peskom, alevritskim glinama i tresetom. Debljina ovih sedimenata iznosi od 3 do 4 metra.

facija povodnja, peska i alevrita (ap) - ove naslage najčešće pokrivaju celu aluvijalnu ravan. Karakterišu se sedimentima finijeg zrna, sitno sočivastim laminacijama, horizontalnom slojevitosti, prisustvom barsko - kopnene faune i niskim sadržajem kalcijum karbonata (CaCO_3). Izgrađena je od alevritiskog peska i peskovitih alevrita sa sočivima sitnog šljunka. Debljina alevrita iznosi od 2 do 5 metara.

TEKTONSKI SKLOP

U široj okolini istražnog prostora mogu se uočiti tri krupna strukturna kompleksa: prebasenski (A), basenski tj. banatsko - moravski (B) i postbasenski tj. dunavski (C) (slika 4). Lokalitet Viminacijum nalazi se u okviru basenskog (banatsko - moravskog) kompleksa. Ovaj kompleks se odlikuje struktturnim nizovima tj. većim brojem horstova i rovova. Granice između strukturnih nizova predstavljaju strme površine.



Slika 4. Karta tektonskog sklopa lista OGK Bela Crkva

Ovi nizovi su orijentisani u dva osnovna pravca: uporedničkom na kome se nalazi Kovinski rov (a) i horst Petke (b) i podnevačkom u okviru koga su izvojeni rovovi Zagajice (d), Bele Crkve (e) i Mailovca (f). Ispitivani teren obuhvata rov Mailovca koji predstavlja depresiju meridijanskog pravca nastalu spuštanjem između horstova Orijaka i Ranovca (na listu Požarevac). Srednji delovi su od panonskih naslaga dok se na krajnje severnom delu nalaze skoro horizontalne pontijske tvorevine. Odlikuje se asimetričnošću i zone najvećih dubina nalaze se uz strukturni prag.

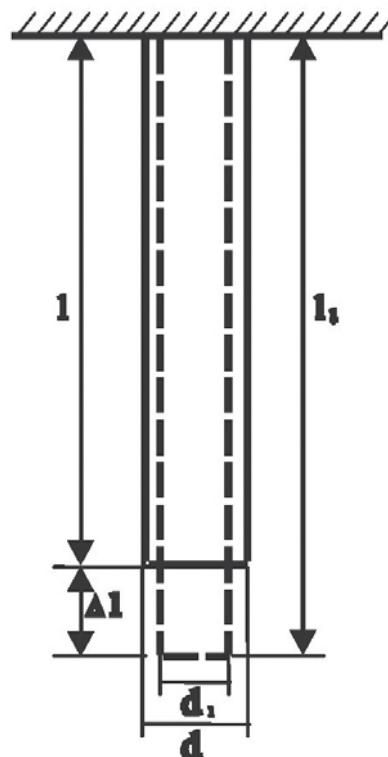
MINERALNE SIROVINE

Sem gasnih ležišta, koja se nalaze na kontaktu kristalastih škriljaca i mlađih sedimenata, sve ostale korisne mineralne sirovine genetski su vezane za neogene i kvartarne naslage. Ležišta uglja konstatovana su u Kostolačkom basenu između Kličevca i Velike Morave na površini oko 130 km². Ova ležišta su genetski vezana za faciju takozvanih pomorskih tresova.

Ugljonosni slojevi imaju ukupnu debjinu oko 40 metara, ali se debljina znatno razlikuje kod svakog sloja zavisno od stepena raslojenosti. Ugalj pripada grupi lignita i odlikuje se prostom geološkom građom i malom izmenljivošću. Na ovom području pored uglja su zastupljena i ležišta gline, kvarenog peska, treseta kao i ciglarske zemlje [2].

TEORIJSKE POSTAVKE SEIZMOMETRIJE (ELASTIMETRIJE)

Pri ovom istraživanju primenjena je seizmometrijska metoda (postupak mikrotremora), pa će u ovom poglavljju biti iznete osnove teorije elastičnosti, kao i vrste i načini prostriranja seismoakustičkih talasa u elastičnoj sredini. Takođe, će biti bliže objašnjeni mikrotremori, kao i korišćeni merni instrumenti.



Slika 5. Istezanje šipke, Hukov zakon

OSNOVI TEORIJE ELASTIČNOSTI

Zemlja se uz izvesne aproksimacije i ograničenja može tretirati kao elastična sredina, te je za definisanje prostriranja seimoakustičkih talasa, neophodno definisati odnos između deformacija, napona i parametara elastičnosti.

Pod dejstvom sile, sredina menja svoj oblik. Telo trpi elastične deformacije ako nastale deformacije nestanu po prestanku dejstva sile. Idealno elastično telo u potpunosti dobija svoj prvoobitni oblik kada prestane dejstvo sile (u prirodi ne postoje idealna elastična tela). Čvrsta tela se opiru ne samo kompresiji (sabijanju) i dilataciji (istezanju) već i svakoj promeni oblika. Fluide (gasove i tečnosti) karakteriše samo zapreminska elastičnost, odnosno oni se opiru sabijanju ili istezanju, ali ne i promeni oblika.

Da bi se definisala veza između sile (F) koja dejstvuje na čvrstu elastičnu sredinu i deformacije koja se u tim sredinama javlja, posmatra se šipka (slika 5) koja ima dužinu (l) prečnik (d) i površinu (S). Ova šipka je jednim kraju učvršćena, a na drugom kraju opterećena podužnom silom.

Pri delovanju ove sile dolazi do istezanja ili sabijanja, te šipka postiže novu dužinu (l_1). Promena dužine (Δl) šipke u pravcu dejstva sile je:

$$\Delta l = l_1 - l$$

Što je šipka duža to će izduženje ili sabijanje biti veće. Tako se deformacija (promena dužine) može predstaviti i relacijom:

$$\Delta l = k \cdot l$$

Simbol k predstavlja koeficijent proporcionalnosti i zavisi od svojstva materijala od koga je šipka izgrađena. Sa druge strane, odnos sile zatezanja koja deluje na površinu i te površine, predstavlja normalni napon (σ). Normalni napon izaziva promenu dužine i zapremine tela, a može se izraziti kao:

$$\sigma = F / S,$$

Normalni napon skaliran koeficientom proporcionalnosti predstavlja modul podužne elastičnosti i naziva se Jungov modul (E):

$$\frac{\Delta l}{l} = k \Rightarrow \frac{\sigma}{k} = E \Rightarrow E = \frac{l}{\Delta l} \cdot \frac{F}{S}$$
(1)

Jungov modul definiše elastična svojstva sredine, i što je njegova vrednost veća potreban je i veći napon da šipka promeni svoju dužinu za Δl . Jedinica za Jungov modul je Paskal ($P=N/m^2$). Pored izduženja, usled delovanja normalnog napona dolazi i do promene poprečnog preseka. Osnos između relativne promene prečnika šipke i relativne promene dužine šipke naziva se Poasonov koeficijent (ν), koji je dat u obliku:

$$\nu = \frac{\Delta d}{d} \cdot \frac{l}{\Delta l}.$$
(2)

Poasonov koeficijent je neimenovani broj, čija vrednost varira u granicama od 0,05 do 0,45 (gornja granica je 0,5). Jungov modul i Poasonov koeficijent dovoljno tačno definisu elastična svojstva homogene, izotropne i čvrste sredine. Ove karakteristike elastične sredine mogu se izraziti i preko Lameovih koeficijenata (λ i μ). Veza iz-

među Lameovih koeficijenata, Jungovog modula i Poasonovog koeficijenta data je sledećim izrazima:

$$\lambda = \frac{\nu \times E}{(1+\nu) \times (1-2\nu)} \quad (3)$$

$$\mu = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (4)$$

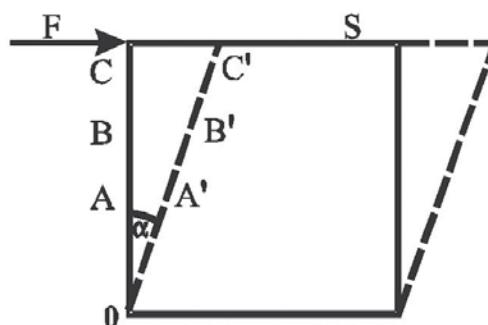
U čvrstim stenama, pored sabijanja i istezanja, moguće su i deformacije smicanjem. Pri čistom smicanju rastojanje između paralelnih elemenata forme ostaje isto. Odstupanje od vertikalne linije je najmanje na donjoj, a najveće na gornjoj površini (slika 6).

Deformacija smicanja definiše se preko izraza datog u obliku:

$$\frac{\overline{AA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{BB'}}{\overline{OB}} = \frac{\overline{CC'}}{\overline{OC}} = \tan \alpha = k \quad (5)$$

Konstanta (k) naziva se relativno smicanje, a jednaka je tangensu ugla smicanja. Ova vrednost je konstantna za određeni materijal ako je i sila koja deluje na njega konstantna. Shodno Hukovom zakonu, kada na čvrsto telo u obliku kocke, na stranici površine S , deluje sila F pod uglom φ , efektivni tangencijalni napon je u obliku:

$$\tau = \frac{F}{S} \cdot \sin \varphi \quad (6)$$



Slika 6. Prikaz idealnog smicanja

Dejstvom tangencijalnog napona dolazi do promene oblika tela. Odnos između tangencijalnog napona i izazvane deformacije u vidu relativnog smicanja je:

$$G = \frac{\tau}{k} . \quad (7)$$

Naziva se modul smicanja.

VRSTE I PROSTIRANJE SEIZMOAKUSTIČKIH TALASA

Ako se beskonačna ili polubeskonačna, čvrsta, izotropna sredina pobudi dejstvom sile, dolazi do njenog naprezanja, tj. do oscilovanja materijalnih čestica i širenja deformacija u svim pravcima. Ukoliko se takav poluprostor aproksimuje elastičnom sredinom, zakonitosti prostiranja seizmoakustičkih talasa kroz poluprostor definiše teorija elastičnosti. Materijalne čestice u unutrašnjosti, pri deformacijama izvode harmonično kretanje. Prenošenje oscilacija, s jedne do n-te čestice naziva se kretanjem talasa. Homogeno izotropno elastično telo, u svojoj unutrašnjosti, prenosi dve vrste seimoakustičkih talasa različitim brzinama prostiranja. Svojstva tih talasa zavise, s jedne strane, od prirode pobude, a sa druge strane od elastičnih svojstava sredine kroz koju se talasi prostiru.

Ako je izvor pobude tačkastog oblika, površina koja povezuje tačke sa istom fazom i intenzitetom napona, imaće sferni oblik i naziva se sferni talasni front. Radijus sfere se tokom vremena povećava, a koeficijent proporcionalnosti je brzina prostiranja talasa. Na većim udaljenostima talasni front se može smatrati ravanskim talasom. Geometrijsko mesto tačaka do kojih talas dopire u određenom momentu naziva se izohrona. Linije koje prolaze kroz tačku pobude, a normalne su na talasni front nazivaju se seimoakustičkim zracima.

Seizmoakustički talas na putu kroz elastičnu stensku masu, postepeno gubi energiju i slabi (izaziva sve manja naprezanja u steni), sve dok se na određenom rastojanju od mesta izvora potpuno ne priguši. Seizmoakustički talasi se prostiru od izvora u obliku koncentričnih sfera, sve do površine zemlje. Kada ovi talasi dospeju do površine, nailazeći na akustički znatno ređu sredinu (vaz-

duh), izazivaju pomeranje površine tla. Takvo kretanje površine tla naziva se površinskim talasima. Postoji nekoliko tipova ovih talasa, od kojih su najznačajniji Rejljevi i Loveovi talasi.

Kod Rejljevih talasa, čestice se kreću eliptično i unazad u gornjem delu orbite. Loveovi talasi, ispoljavaju se u ravni površine terena, a čestice se harmonično kreću upravno na pravac prostiranja talasa.

MIKROTREMORI (MIKROVIBRACIJE)

Svojstvo seismoakustičkih talasa da se kroz fizičke sredine različitih elastičnih karakteristika prostiru različitim brzinama, praktično je iskorišćeno za posredno ili neposredno rešavanje različitih geofizičkih zadataka u domenu arheologije, ekologije, građevine, hidrogeologije, rudarstva itd. Geofizička metoda koja svoje postupke zasniva na efektima prostiranja seismoakustičkih talasa kroz poluprostor i vezana je za deformacije koje se javljaju u sredinama sa različitim fizičkim svojstvima, naziva se seismometrija odnosno elastiometrija.

Istraživanja mikrotremora počela su sa razvojem seismografa krajem prošlog veka, a odnosila su se na proučavanje njihove fizičke vezanosti sa zemljotresima. Kasnije su proširena i na vibracije tla i fundamenata izazvane radom mašina. Interes za njihovo proučavanje rastao je sa razvojem seismometrije.

Mikrovibracije su dugotrajne (neprekidne) vibracije poluprostora malih amplituda - od nekoliko milimikrona do nekoliko mikrona u širokom dijapazonu perioda - od nekoliko stotih delova sekunde do nekoliko sekundi. Njihove predominantne periode predstavljaju važnu karakteristiku, jer odražavaju periode sopstvene oscilacije tla. Istraživanja varijacije mikrotremora u vremenu tj. u toku dana i noći, pokazala su da su promene predominantnih perioda mnogo manje od promene amplitude. To pokazuje da predominantne periode mikrovibracija predstavljaju sopstvenu karakteristiku lokacije.

Permanentno oscilovanje Zemljine kore delom predstavlja posledicu Zemljinih endogenih sila (termo-nuklearnih, gravitacionih, inercionih, rotacionih i dr.) i egzogenih sila (privlačna sila Sunca i Meseca, promene Sunčeve aktivnosti i

dr.). Ovakva oscilovanja imaju vrlo velike periode u intervalu od reda dana do reda godine i nisu predmet ovog razmatranja.

Mikrotremore izazivaju brojni izvori koji se javljaju proizvoljno i sa promenljivom gustošću u bližoj ili daljoj okolini ispitivanog mesta. Najčešći izvori su saobraćaj, rad mašina, motora i generatora, razne ljudske delatnosti, veter, kiša, promena atmosferskog pritiska, rečni tokovi i talasi vodenih površina, plima, oseka, geotermalne i geohemijske reakcije i drugi slični izvori na površini i unutrašnjosti zemlje. Priroda i sadržaj spektra mikrotremora ispitivani su upoređivanjem sa karakteristikama površinskih talasa i geomehaničkim karakteristikama tla.

Spektri mikrotremora na istom mestu u različito vreme pokazuju značajne razlike. Na mestu opservacije njihov spektar zavisi od prirode i mehanizma pobude, od karakteristika sredine kroz koju se pobudeni talas širi i od lokalne osobine poluprostora. Uticaj lokalnih osobina elastičnosti poluprostora veći je ukoliko su fizičko - mehaničke osobine poluprostora više izdiferencirane. Tada se na granicama slojeva odvija intenzivnija refleksija i interferencija talasa što značajno povećava stacionarnost i spektralnu stabilnost mikrovibracija.

Sa druge strane, što su izvori pobude udaljeniji, generisani talasi prodiru kroz dublje slojeve i bivaju u većoj meri amplitudno i frekventno modifikovani, zbog čega u sastavu mikrotremora opada uticaj karakteristika pobude. Ovo ukazuje da se pažljivom kontrolom ambijentalnih uslova mikrovibracija može bitno uticati da oni odraze lokalne karakteristike sredine.

Pri sprovedenom istraživanju korišćena je savremena digitalna opremom. Terensko osmatranje spektralnog sadržaja mikrovibracija obavljen je upotrebom troaksijalnog elektrodinamičkog senzora (Geospace LP) i akvizicijonom sistemom TM-3C400. TM-3C400 je digitalni 24bit-ni uređaj sa integrisanim GPS prijemnikom i autonomnim napajanjem. Podaci prikupljeni ovom prilikom su simultano smeštani na memoriju računara. Dužina uzorkovanja na pojedinačnoj tački iznosila je 60 sekundi, sa periodom sumplovanja od 2,5 ms. Zapis na svakoj tački sadrži po 24000 podatka u tri ose. Orientacija senzora bila je takva da je X osa uvek bila usmerena u pravcu severa, Y osa u pravcu istoka, a Z osa je vertikalna.

UTICAJ MIKROVIBRACIJA NA OBJEKTE

Kada seizmoakustički talas dospe do neke tačke u poluprostoru, čestice pod njegovim uticajem bivaju »izbačene« iz svog ravnotežnog položaja. Pobuđene čestice osciluju oko svog ravnotežnog položaja dok se oscilacije ne priguše. Takvo oscilovanje čestica manifestuje se kao potres. Jedan takav permanentni uticaj nastaje zbog efekta rada velikih mašina i postrojenja, i može da izazove oštećenja objekata, naročito onih koji su već oštećeni. Zbog toga su antički objekti pod uticajem mašina koje izazivaju vibracije, daleko teži za održavanje od savremenih objekata.

Intezitet veštački prouzrokovanih vibracija (mašine, postrojenja, itd...), kvantificuje se određivanjem dva osnovna parametra To su: brzina oscilovanja čestica tla (V) i amplituda oscilacija tla (x). Pored ovoga, često se koristi parametar ubrzanje tla (a), koji se izvodi kao diferencijal brzine po vremenu. Na osnovu ovih parametara i podataka o elastomehaničnim osobinama materijala, mogu se odrediti inteziteti sile koja ih je izazvala. Postoji više pristupa definisanju stepena ugroženosti od prisustva vibracija, koji će u daljem radu biti detaljnije izloženi. Ovi izrazi su po pravilu empirijski, i uglavnom su definisani za prigušene vibracije izazvane eksplozijom, mada ima i onih definisanih za permanentno dejstvo vibrirajućih mašina. Za potrebe ovog rada analizirano je više dostupnih izraza i tabela, kao i literatura koja obrađuje ovu oblast.

FORMULACIJA VIBRACIJA

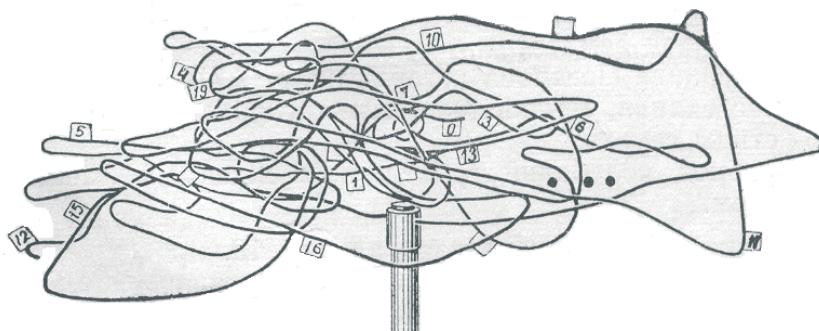
Dinamički parametri vibracije mogu se prikazati kao

$$x = A \sin(\omega t) \quad (11)$$

$$V = A\omega \cos(\omega t) = 2\pi f A \quad (9)$$

$$a = A\omega^2 \sin(\omega t) = 4\pi^2 f^2 x \quad (10)$$

gde su: V - brzina oscilovanja pobuđene sredine, m/s



Slika 7 Putanja oscilovanja čestica poluprostora

A - amplituda oscilovanja pobuđene sredine, m

f - frekvencija oscilovanja pobuđene sredine; 1/s

a - ubrzanje pobuđene sredine, m/s²

x - pomeranje od ravnotežnog stanja, m

t - vreme (s)

$\omega = 2\pi f$.

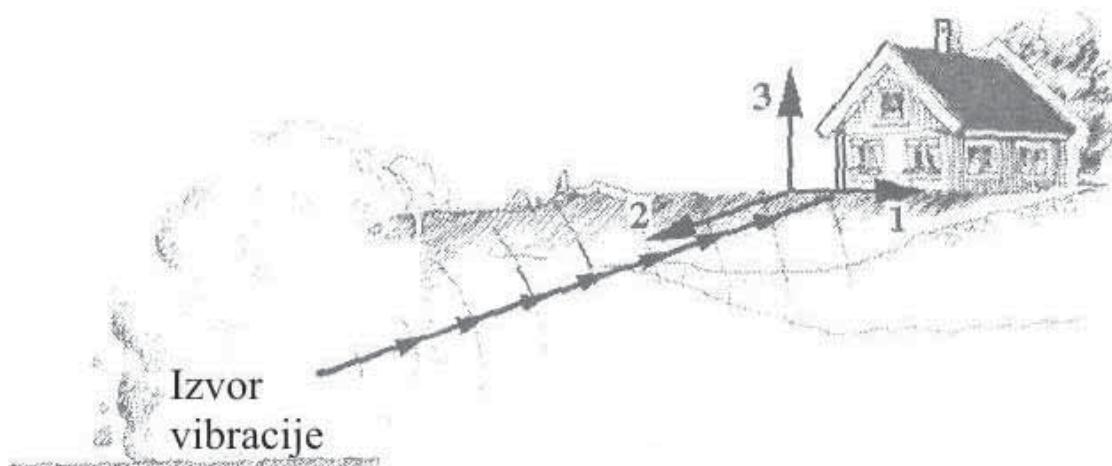
Registrovanje potresa poluprostora: Pri pobuđivanju tla seizmoakustički talasi u tački osmatranja pristižu gotovo istovremeno, pri čemu izazivaju kretanje čestica poluprostora u različitim pravcima. Čestice pri tome osciluju u prostoru i vremenu po vrlo složenoj putanji (slika 7). Da bi u nekom trenutku bilo moguće definisati intezitet potresa kao i pravac delovanja resultantne sile, potrebno je potrese registrovati u tri pravca (slika 8).

Registrovanje se vrši preko:

- Horizontalne komponente, normalne na pravac prostiranja talasa - poprečna - transverzalna komponenta (Vt)
- Horizontalne komponente, oscilovanje u pravcu prostiranja talasa - uzdužna - longitudinalna komponenta (Vl)
- Vertikalne komponente (Vv)

Kao parametar za ocenu seizmičkog dejstva mašina i postrojenja najčešće se uzima brzina oscilovanja pobuđenog poluprostora. Smatra se da da brzina najbolje opisuje rizik od vibracija i štete koje mogu izazvati. Zbog toga su i odgovarajući standardi za zaštitu od potresa bazirani na njoj.

Ako se pri ispitivanjima na terenu registrovanje brzina vrši senzorima sa tri komponente, sa dobijenog dijagrama (velosigrama) može se odrediti rezultirajuća maksimalana brzina oscilovanja sredine po formuli:



Slika 8. Položaj komponenti pri osmatranju potresa u odnosu na mesto izvora vibracija,
1 - poprečna, 2 - uzdužna, 3 - vertikalna komponenta

$$V_{\max} = \sqrt{V_t^2 + V_v^2 + V_l^2} \text{ (m/s)}$$

(12)

Tako je moguće izračunati maksimalnu brzinu oscilovanja (V_{\max}) i efektivnu (stvarnu) maksimalnu brzinu oscilovanja (V_{st}) pobuđene sredine. Maksimalna brzina se određuje tako što se sa dijagrama očita maksimalna amplituda (posebno za svaku komponentu), a zatim se sračuna rezultujuća maksimalna brzina oscilovanja po formuli (12). Stvarna maksimalna brzina oscilovanja se dobija tako što se sa dijagrama očitaju amplitude u istom vremenskom trenutku za sve tri komponente, a zatim se rezultujuća stvarna brzina računa, takođe, po formuli (12).

PROCENA ŠTETE OD VIBRACIJA I POTRESA

Radi lakše identifikacije stanja objekata koji se nalaze u neposrednoj blizini izvora stalnih vibracija daje se njihova kategorizacija prema otpornosti na potrese i oscilacije. Svi objekti su svrstani u tri osnovne kategorije, a odnose se na objekte koji nisu građeni po propisima.

Tip A - zgrade koje su građene od neobradenog kamena, seoske zgrade od nepečene cigle, zgrade sa zidovima oblopljenim blatom, najmanje su otporne na potrese i vibracije.

Tip B - zgrade od pečene cigle, zgrade građene od blokova i montažne zgrade, zgrade od prirodnog tesanog kamena, kao i zgrade sa delimično drvenom konstrukcijom.

Tip C - zgrade građene sa armirano - betonskom konstrukcijom i dobro građene drvene kuće. Ovaj tip građevina je i najotporniji na potrese i vibracije.

Objekti koji su u slučaju Viminacijuma izloženi uticaju mikrovibracija prema gore navedenim kategorijama pripadaju tipu A, s tim što se mora uzeti u obzir i njihova starost. Ovi arheološki objekti su građeni pre oko dve hiljade godina, a građeni su od opeke, kamena i tadašnjeg maltera, što ih čini još osjetljivijim na potrese. Da bi se lakše utvrdilo stanje objekta, bilo da je ranije bio oštećen, ili da je neoštećen, neophodna je klasifikacija oštećenja koja je već poznata i koja se koristi u seizmologiji (tabela 1).

Na osnovu ove tabele oštećenja objekata su svrstana u pet stepeni:

I stepen oštećenja - laka oštećenja. Sitne

pukotine u malteru. Osipanje kreča sa tavanica, opadanje sitnih delova maltera.

II stepen oštećenja - umerena oštećenja. Opadanje manjih parčadi maltera sa plafona i zidova, male pukotine u zidovima, padanje crepova sa krova, padanje delova dimnjaka sa krova.

III stepen oštećenja - teža oštećenja. Duboke pukotine u zidovima, raslojavanje i opadanje plafona, padanje dimnjaka sa krova.

IV stepen oštećenja - razaranje. Otvorene pukotine u zidovima, rušenje delova građevine, kidanje veza između pojedinih delova zgrada, rušenje unutrašnjih zidova zgrada.

V stepen oštećenja - totalno oštećenje. Potpuno razdvajanje konstrukcije i rušenje zgrade.

Ovde je napravljena paralela između stepena oštećenja i MCS skale:

I stepen oštećenja
II stepen oštećenja
III stepen oštećenja
IV stepen oštećenja
V stepen oštećenja

VI stepen MCS skale
VII stepen MCS skale
VIII stepen MCS skale
IX stepen MCS skale
XI stepen MCS skale.

Kriterijumi za ocenu potresa: U raznim zemljama kao ulazna veličina za ocenu inteziteta potresa i procenu delovanja istih na građevinske objekte koriste se razni napred navedeni parametri. Granične vrednosti brzine oscilovanja koje objekti bez posledica podnose, varira od skale do skale. Te vrednosti zavise od terena na kojima su objekti izgrađeni, od materijala od kog su pravljeni, statičko-dinamičkih konstruktivnih svojstava, kao i od postojećeg stanja objekata (stari, novogradnja, oronuli objekti i dr.). Iz tih razloga svaka zemlja propisuje svoje kriterijume za ocenu potresa.

U našoj zemlji nisu još doneti odgovarajući propisi i zato će u daljem radu biti prikazano više skala iz različitih zemalja. Neke od tih skala se koristi i za određivanje kriterijuma kod nas.

Kriterijum u Australiji: koriste se norme DIN 4150, ali se iz propisa ne vidi koja komponenta (najvetovatnije V_{st}) se usvaja za graničnu veličinu (tabela 2). Radovi se prekidaju kada brzina oscilacija iznosi 5×10^{-2} m/s.

Kriterijum u Engleskoj: za granične nivoje se usvaja maksimalna vrednost za radialne komponente oscilacija (tabela 3).

Kriterijum IFZ Akademije nauka Rusije: dozvoljeni intezitet potresa za objekte vezan je za

Stepen	Opis efekta zemljotresa	Maksimalno ubrzanje (m/s^2)
I	Registruju ga samo seismografi	<0,0025
II	Reaguju samo vrlo osetljive osobe u mirovanju	0,0025 - 0,005
III	Oseti ga više ljudi u unutrašnjosti zgrada	0,005 - 0,01
IV	U kućama ga oseti veći deo stanovnika, a na otvorenom samo pojedinci. Posude i prozori zveckaju. Pojedinci se bude iz sna	0,01 - 0,025
V	Osete ga mnogi i na otvorenom prostoru. Predmeti koji slobodno vise - zanjišu se. Kod pojedinaca izaziva manju paniku	0,025 - 0,05
VI	Osete ga sve osobe i beže iz kuća. Slike padaju sa zidova. Na slabijim zgradama nastaju manja oštećenja.	0,05 - 0,1
VII	Nastaju rušenja i razaranja uz znatne štete na nameštaju u stanovima. Oštećenja se javljaju i na kvalitetnijim kućama. Ruše se dimnjaci na kućama, padaju crepovi.	0,1 - 0,25
VIII	Javlja se oštećenje na oko 25% kuća, neke slabije se ruše. U vlažnom tlu i padinama javljaju se manje pukotine	0,25 - 0,5
IX	Oko 50% zidanih kuća znatno je oštećeno, mnoge se ruše, a većina je neupotrebljiva za dalje stanovanje.	0,5 - 1
X	Teška oštećenja nastaju na oko 75% zgrada, a većina njih se ruši. U tlu nastaju pukotine široke do nekoliko cm. Sa padina se odranjavaju stene, stvaraju se velika klizišta u tlu	1 - 2,5
XI	Ruše se sve zidane zgrade. U tlu nastaju široke pukotine iz kojih prodire voda sa peskom i muljem. Javlja se veliko odranjavanje	2,5 - 5
XII	Nijedan veštački objekat ne može opstati. Tlo i reljef menjaju izgled, zatravljaju se jezera, reke menjaju korita	5 - 10

Tabela 1 MCS skala (skraćeni oblik)

brzine oscilovanja tla i stepen seizmičkog intenziteta (tabela 4).

Dozvoljene brzine oscilovanja tla u temeljima objekata u zavisnosti od klase objekta, date su u tabeli 5.

Dozvoljena brzina oscilovanja kod građevinskih objekata zavisi i od vrste objekta, značaja i namene. Zbog toga je izvršena i podela objekata u četiri klase:

I klasa - naročito značajni objekti, saveznog ili republičkog značaja i arhitektonski spomenici.

II klasa - industrijski objekti od izuzetne važnosti: cevovodi, fabričke hale većih dimenzija, izvozni tornjevi u rudnicima, vodovodni tornjevi i sl. Objekti čiji je vek trajanja duži od 20 do 30 godina, stambeni objekti u kojima živi veći broj stanovnika, domovi kulture, bioskopi.

Vrsta, tip objekta	Granična vrednost brzine oscilacija, m/s
Zgrade sa osetljivim mernim instrumentima	$1,5 \times 10^{-2}$
Stambene zgrade	$2,5 \times 10^{-2}$
Poslovne zgrade	5×10^{-2}

Tabela 2 Vrednost gtanične brzine oscilovanja za odgovarajući tip objekta

Frekventno područje	Granična vrednost (V_r), m/s
do 10 Hz	$1,25 \times 10^{-2}$
od 10 do 50 Hz	$6,4 \times 10^{-2}$

Tabela 3 Granične vrednosti za nadzemne objekte
i za dva odvojena frekventna područja

Brzina oscilovanja tla (V), m/s	Stepen seizmičkog intenziteta (I)	Opis dejstva
do $0,2 \times 10^{-2}$	I	Dejstvo se registruje samo pomoću istруmenata
$0,2 \times 10^{-2} - 0,4 \times 10^{-2}$	II	Dejstvo se oseća samo u nekim slučajevima, kada je potpuna tišina
$0,4 \times 10^{-2} - 0,8 \times 10^{-2}$	III	Dejstvo oseća veoma mali broj ljudi, ili samo oni koji ga očekuju
$0,8 \times 10^{-2} - 1,5 \times 10^{-2}$	IV	Dejstvo osećaju mnogi ljudi, čuje se zvezket prozorskog stakla
$1,5 \times 10^{-2} - 3 \times 10^{-2}$	V	Osipanje maltera, oštećenja na zgradama u slabom stanju
$3 \times 10^{-2} - 6 \times 10^{-2}$	VI	Pojava finih prslina u malteru, oštećenja na zgradama koje već imaju razvijene deformacije

6×10^{-2} - 12×10^{-2}	VII	Oštećenja na zgradama u dobrom stanju, pukotine u malteru, delovi maltera otpadaju, fine prsline u zidovima, pukotine na zidanim pećima, rušenje dimnjaka
12×10^{-2} - 24×10^{-2}	VIII	Znatne deformacije građevina, pukotine u nosećoj konstrukciji i zidovima, veće pukotine u pregradnim zidovima, padanje fabričkih dimnjaka, plafona
24×10^{-2} - 48×10^{-2}	IX	Rušenje građevina, veće pukotine u zidovima, raslojavanje zidova, obrušavanje nekih delova zidova
veće od 48×10^{-2}	X - XII	Veća razaranja, stropoštavanje čitavih konstrukcija, itd.

Tabela 4 Ocena seizmičkih inteziteta IFZ Akademije nauka Rusije

Karakteristike zgrada i objekata	Dozvoljena brzina oscilovanja tla po klasi objekata, m/s		
	II	III	IV
1) Stambene zgrade i industrijski objekti sa armirano- betonskom ili čeličnom konstrukcijom, sa lakom ispunom, računati na seizmičke uticaje. Kvalitet gradnje zadovoljavajući i bez ikakvih izmena u odnosu na projekat i proračun. Zaostalih deformacija u konstrukciji nema.	5×10^{-2}	7×10^{-2}	10×10^{-2}
2) Stambeni i industrijski objekti sa armirano- betonskom ili čeličnom konstrukcijom. Zaostalih deformacija u konstrukciji nema.	2×10^{-2}	5×10^{-2}	7×10^{-2}
3) Zgrade kod kojih su pregradni zidovi od opeke ili kamena. Nove ili stare kamene zgrade ili zidane zgrade građenje bez seizmičkih uticaja. kvalitet gradnje dobar. Zaostalih deformacija u konstrukciji nema.	$1,5 \times 10^{-2}$	3×10^{-2}	5×10^{-2}
4) Zgrade koje imaju znatna oštećenja na zidovima i pukotine u konstrukciji. Nove ili stare zgrade od kamene ili opeke, sa manjim nepovezanim pukotinama u nosećim i pregradnim zidovima.	1×10^{-2}	2×10^{-2}	3×10^{-2}
5) Stare ili nove zgrade sa pukotinama i pokidanim vezama između pojedinih elemenata. Kamene ili zgrade od opeke sa kosim pukotinama u nosećim zidovima i uglovima i sl.	$0,5 \times 10^{-2}$	1×10^{-2}	2×10^{-2}

6) Oštećena armirano-betonska konstrukcija, krupne pukotine u betonu. Zgrade kod kojih nosiće zidovi imaju veći broj pukotina, narušene veze između spoljašnjih i unutrašnjih zidova i sl. Zgrade građene od montažnih elemenata koje nisu seizmički obezbeđene.	$0,3 \times 10^{-2}$	$0,5 \times 10^{-2}$	1×10^{-2}
--	----------------------	----------------------	--------------------

Tabela 5 Dozvoljene brzine oscilovanja tla u temeljima objekta

Vrsta oštećenja	Brzina osciliranja (V_s), m/s
Nema oštećenja	do $1,3 \times 10^{-2}$
Laka oštećenja	$1,3 \times 10^{-2} - 4,2 \times 10^{-2}$
Srednja oštećenja	$4,2 \times 10^{-2} - 13,1 \times 10^{-2}$
Velika oštećenja	$13,1 \times 10^{-2} - 26 \times 10^{-2}$

Tabela 6 Odnos vrste oštećenja i granične brzine

Ugroženost objekta	Maksimalna brzina oscilovanja, m/s
Sigurna	manja od 8×10^{-2}
Nesigurna	$8 \times 10^{-2} - 12 \times 10^{-2}$
Ugrožena	veća od 12×10^{-2}

Tabela 7 Ugroženost objekta definisana preko maksimalne brzine

III klasa - industrijski objekti i administrativne zgrade relativno malih dimenzija, čija visina nije veća od tri sprata; mehaničke radionice, kompresorske stanice, stambeni objekti u kojima živi mali broj ljudi, magacini.

IV klasa - zgrade i industrijski objekti u kojima su smeštene skupocene mašina i uredaju - a njihovo oštećenje ne ugrožava život i zdravlje ljudi; skladišta, automobilske baze i sl.

Prema ovom ruskom kriterijumu objekti Viminaciuma pripadaju I klasi kao značajni arheološki lokaliteti, i dozvoljena brzina oscilovanja tla za ovakve objekte je manja od $0,3 \times 10^{-2}$ m/s,

negde oko $0,15 \times 10^{-2}$ m/s.

Kriterijum u Japanu: velosogrami se uzimaju za frekvence do 2 Hz (koje su dominantne za zemljotrese), a odnos između vrste oštećenja i granične brzine dat je u tabeli 6.

Iz tabele se ne vidi koje se komponente opažaju i registruju, kao i šta se podrazumeva pod srednjom brzinom oscilovanja (V_s).

Kriterijum u Kanadi: ovde se za granični nivo usvaja maksimalna brzina oscilovanja registrovana na bilo kojoj komponenti (tabela 7).

Granični uslovi kod ovog kriterijuma odnose se na frekventno područje od 15 do 110 Hz i

za novoizgrađena objekte.

Kriterijum u Poljskoj: njihov kriterijum se odnosi na osetljivost mašina i uređaja u laboratorijima, fabrikama kao i u zgradama pri određenim vibracijama. Podela mašina po klasama osetljivosti data je u tabeli 8, dok su u tabeli 9 date dozvoljene vrednosti amplitude i brzine oscilovanja.

Ovaj kriterijum je bitan jer se odnosi na potrese čiji su izvori vibracije izazvanje radom nekih mašina i postrojenja a ne potresi izazvani eksplozijom.

Kriterijum u SR Nemačkoj: obavezno se opažaju sve tri komponente oscilovanja i registriranje se vrši na temeljima objekata, na visini terena. Za granične vrednosti usvaja se maksimalna pravidna brzina oscilovanja. Ovde je frekventni opseg od 5 do 100 Hz (tabela 10).

Kriterijum u Sjedinjenim Američkim Državama: daje podatke o dozvoljenoj brzini oscilovanja objekata u funkciji frekvencija. Za ocenu inteziteta vibracija usvaja se resultantna vrednost

brzine oscilovanja i vrednosti su date u tabeli 11.

Kriterijum u Francuskoj: ovde se uzima za kriterijum istinita resultantna brzina. U tabeli 12 data je zavisnost između graničnih brzina i očekivanih oštećenja na objektima za dva frekventna područja.

Kriterijum u Švedskoj: njihov kriterijum se zasniva na maksimalnoj vrednosti vertikalne komponente oscilovanja. Iz *Tabele 13* vidi se da su za objekte važni tipovi tla na kojima su građeni, kao i da postoje dva frekventna područja.

Tlo tipa 1 - pesak, šljunak, laporac ispod nivoa podzemne vode. Brzina prostiranja uzdužnog elastičnog talasa $V_t = 300 - 1500$ m/s.

Tlo tipa 2 - morene, škriljci, mehani krečnjak. Za njih je karakteristično $V_t = 2000 - 3000$ m/s.

Tlo tipa 3 - kompaktan krečnjak, gnajs, granit, dijabaz. Odlikuju se najvećim brzinama $V_t = 4500 - 6000$ m/s.

Kriterijum po Zelleru: Zeller štetnost i

Klasa osetljivosti	Karakt.osetljivosti na oscilacije	Naziv mašine ili uređaja
I	Vrlo osetljive	Uređaji za statističko i dinamičko vaganje, ispitivanje i regulaciju optičkih uređaja, merni mikroskop, interferometri i drugi osetljivi optički uređaji, precizne mašine za obradu, kontrolno-merni uređaji tačnosti od nekoliko μm , refrakcioni uređaji na mernim aparatima, računari.
II	Srednje osetljive	Mašine za izradu navoja, zupčanika, ležaja, automatske bušilice i freze, bavarski strojevi sa tolerancijama od nekoliko μm , precizni automati i mašine za obradu.
III	Malo osetljive	Obične bavarske mašine, freze, bušilice, brusilice, mašine za obradu obične tačnosti, mašine za izvlačenje, tkanje, tipografiju.
IV	Skoro neosetljive	Motori, blanjalice, šiveće mašine, mašine za obradu lako metalova i drveta, industrijske stamparije, sekačice.
V	Potpuno neosetljive	Ventilatori, drobilice, mlinovi, vibracioni stolovi i sita, uređaji za prosejavanje, čekići i dr.

Tabela 8 Podela mašina po klasama osetljivosti

Klasa osetljivosti	Karakteristike mašina ili uređaja	Dozvoljena maks brziva oscilovanja podloge u jednom pravcu (V_p), m/s	Dozvoljena amplituda pomeranja pri frekvenciji, μm	
			f = 10 Hz	f = 50 Hz
I	Vrlo osetljivi	$0,1 \times 10^{-2}$	1,6	0,3
II	Srednje osetljivi	1×10^{-2}	16,0	3,0
III	Malo osetljivi	3×10^{-2}	50,0	10,0
IV	Skoro neosetljivi	6×10^{-2}	100,0	20,0
V	Potpuno neosetljivi	$> 6 \times 10^{-2}$	100,0	20,0

Tabela 9 Dozvoljene vrednosti amplitude i brzine oscilovanja

Vrsta objekta	Orientacione vrednosti za brzine (V), m/s				
	Temelj			Tavanice najvišeg sprata (sve frekvencije)	
	Frekvencija; Hz				
	< 10	10 - 50	50 - 100		
1.	Objekti koji se koriste za zanat-svo, industrijski objekti i slični strukturni objekti.	20×10^{-3}	20×10^{-3} - 40×10^{-3}	40×10^{-3} - 50×10^{-3}	40×10^{-3}
2.	Stambene zgrade i po konstrukciji ili nameni slični objekti.	5×10^{-3}	5×10^{-3} - 15×10^{-3}	15×10^{-3} - 20×10^{-3}	15×10^{-3}
3.	Objekti koji zbog svoje posebne osetljivosti na vibracije ne spadaju u one iz grupe 1 i 2, i koji su posebno bitni za očuvanje (npr. nalaze se pod zaštitom kao kulturno-istorijski spomenici).	3×10^{-3}	3×10^{-3} - 8×10^{-3}	8×10^{-3} - 10×10^{-3}	8×10^{-3}

Tabela 10 Dozvoljene maksimalne prividne brzine oscilovanja

ugroženost objekata od potresa definiše preko koeficijenta potresa (X) (tabela 14), čija je vrednost data jednačinom:

$$X = \frac{A^2}{f} \quad (13)$$

gde su: A – maksimalna amplituda ubrzanja, m
 f – frekvencija, Hz.

Kriterijum po H. W. Kochu: dinamički uticaj i štetnost potresa procenjuje se preko koeficijenta snage potresa (S), koji se definiše izrazom:

$$S = 10 \log \left(\frac{x}{x_0} \right) \quad (14)$$

gde je: x_0 – uporedni pokazatelj potresa za zgrade, usvaja se da je $x_0 = 0,1 \times 10^{-2}$ m/s².

Vrednosti ovog kriterijuma date su u tabeli

Vrsta oštećenja	Opis	Frekvencija oscilacija, Hz	Granične brzine (V_r), m/s
Estetska	Pojava tankih prslina u malteru, produženje i širenje već postojećih prslina u malteru, nastanak tankih prslina u figura.	1 - 4 4 - 15 15 - 40 40 - 300	$0,45 \times 10^{-2}$ - $1,8 \times 10^{-2}$ $\leq 1,8 \times 10^{-2}$ $1,8 \times 10^{-2}$ - 5×10^{-2} $> 5 \times 10^{-2}$
Mala	Nastanak većih prslina, ljuštenje i opadanje maltera, nastanak prslina na zidovima i betonskim blokovima.	1 - 4 4 - 15 15 - 40 40 - 300	$0,8 \times 10^{-2}$ - 4×10^{-2} $\leq 4 \times 10^{-2}$ 4×10^{-2} - 10×10^{-2} $> 10 \times 10^{-2}$
Veća	Oštećenja na nosećim elementima, otvaranje fuga i slično.	1 - 4 4 - 15 15 - 40 40 - 300 -	2×10^{-2} - 8×10^{-2} $\leq 8 \times 10^{-2}$ 8×10^{-2} - 20×10^{-2} $> 20 \times 10^{-2}$

Tabela 11 Dozvoljene brzine oscilovanja objekta u funkciji frekvencija

Vrsta oštećenja	Brzina oscilovanja (V_r), m/s	
	2,0 – 30,0 Hz	30,0 – 300,0 Hz
Bez oštećenja	$0,5 \times 10^{-2}$	$0,5 \times 10^{-2}$ - 1×10^{-2}
Lakša oštećenja	$0,5 \times 10^{-2}$ - 2×10^{-2}	1×10^{-2} - 5×10^{-2}
Velika oštećenja	10×10^{-2}	veća od 5×10^{-2}

Tabela 12 Zavisnost graničnih brzina i očekivanih oštećenja na objektima

Frekventno područije (f), Hz	Objekat na tlu			Vrsta oštećenja
	Tip "1"	Tip "2"	Tip "3"	
	V_v (m/s)	V_v (m/s)	V_v (m/s)	
2,0 - 10,0	$0,4 \times 10^{-2}$ - $1,8 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	7×10^{-2}	Nema vidljivih pukotina, riseva
10,0 - 50,0	$0,6 \times 10^{-2}$ - 3×10^{-2}	$5,5 \times 10^{-2}$	11×10^{-2}	
2,0 - 10,0	3×10^{-2} - 4×10^{-2}	8×10^{-2}	16×10^{-2}	Pojava većih pukotina
10,0 - 50,0	4×10^{-2} - 6×10^{-2}	$11,5 \times 10^{-2}$	23×10^{-2}	

Tabela 13 Zavisnost maksimalne vrednosti vertiklne komponente oscilovanja i oštećenja na objektima

Stepen	Karakteristike oscilacija i ugroženost objekta	Koef. potresa, (X)
I	Neosetne	1 - 2
II	Vrlo slabe	2 - 10
III	Slabe - mogu se pratiti prvi risei na malteru i opremi	10 - 50
IV	Srednje - javljaju se risevi, a mogu nastati i pukotine u zidovima	50 - 250
V	Dosta jake - nastaju risevi i pucaju zidovi, otpada malter	250 - 1000
VI	Jake - pucanje zidova, armirano-betonske konstrukcije mogu da padaju	1000 - 5000
VII	Vrlo jake - ugrožavaju zgradu mogu ispadati grede, nosači, itd.	5000 - 20000
VII	Izuzetno jake - neposredno ugrožavaju stabilnost elemenata konstrukcije pri stalnom delovanju oscilacija.	20000 - 100000

Tabela 14 Zellerova skala sa prvih osam stepeni

Analizirajući propise drugih zemalja i na osnovu ličnih iskustava autora (Lit3.) dolazi se do zaključka o uvažavanju sledećeg:

Kada se tlo pobuđuje vibriranjem obavezno registrovati brzine oscilacije (velosigrame).

Opažanja obavezno vršiti sa trokomponentnim senzorom. Detektore orijentisati tako da se registruju dve horizontalne (radikalna i transverzalna) i vertikalna komponenta oscilacija.

Opažanje obavezno vršiti na tlu, na raznim udaljenostima od izvora vibracija (na 1, 5, 10, 20 m udaljenosti od izvora).

Ako u blizini tačke vibriranja postoji objekat (zgrada) obavezno jedan komplet seismografa postaviti na temelj objekta, na visinu terena.

Za procenu štetnog delovanja na objekte kao merodavnu veličinu koristiti istinitu rezultantnu brzinu oscilovanja. Ako to nije moguće onda treba koristiti prividnu rezultantnu brzinu oscilacije.

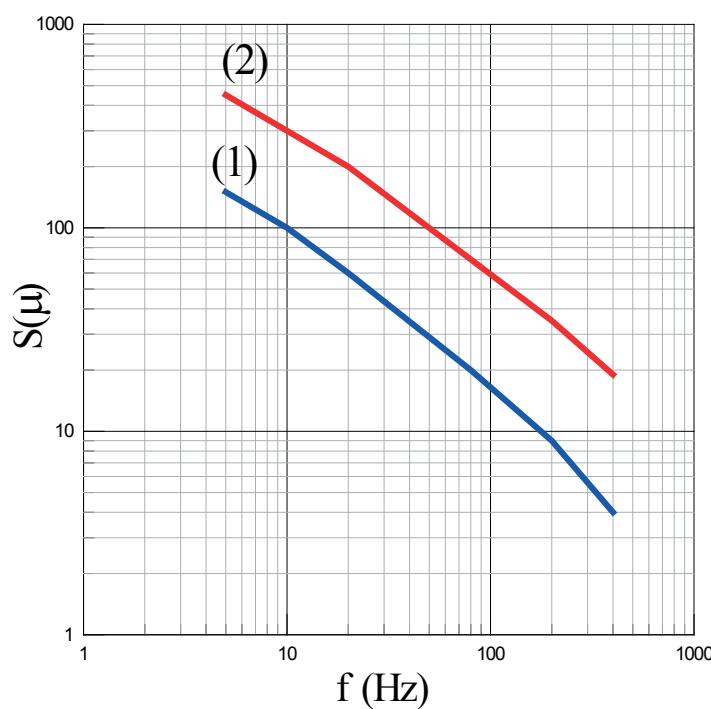
Imajući sve ovo u vidu preporučuje se korišćenje tabele 16 do izrade naših propisa (Lit2.).

Pri izradi ovog rada, pored gore navedenih kriterijuma, koji se u većem broju slučajeva odnose na vibracije izazvane eksplozivom, korišćen je i kriterijum koji je dao ruski istraživač N. V. Koleskin. Njegov kriterijum se zasniva na vrednosti frekvencije date u Hz i vrednosti rastojanja krajnjih položaja do kojih čestice pobuđene sredine dopiru u toku jednog oscilatornog ciklusa (S) data u mikronima. On je ove vrednosti predstavio preko dijagrama za procenu opasnosti od vibracija (slika 9).

Pomeranja koja se nalaze ispod dijagrama (1) su bezopasna za objekte, dok su pomeranja iznad krive (2) ta koja prouzrokuju oštećenja. Oblast između ove dve krive predstavlja zonu u kojoj se oštećenja ne očekuju, ali se ne mogu zanemariti [Lit9.].

Stepen	Utvrđivanje posledica delovanja	Koeficijent, (S)
I	Potres - koji se ne oseća na objektu	do 10
II	Slabi potresi - bez oštećenja objekata	10 - 20
III	Srednji potresi - bez značajnih oštećenja građevina, prvi risovi i napuknuća	20 - 30
IV	Dosta jak potres - dolazi do oštećenja građevina, pucanje zidova, otpadanja maltera	30 - 40
V	Jaki potresi - velike štete na građevinama, pucanje zidova, ugrožavanje stabilnosti građevine	40 - 50
VI	Veoma jaki - potresi koji uzrokuju havarije i mogućnost potpunog uništenja nekih građevina.	50 - 60

Tabela 15 Skala sa opisom karakteristika oscilacija



Slika 9 Promena razmaha pomeranja u zavisnosti od frekvencije

Vrsta oštećenja	Granična brzina, m/s
Štete nisu verovatne	$\leq 0,5 \times 10^{-2}$
Štete malo verovatne	$0,5 \times 10^{-2} - 1,8 \times 10^{-2}$
Štete verovatne	$1,8 \times 10^{-2} - 10 \times 10^{-2}$
Štete sigurno nastaju	$\geq 10 \times 10^{-2}$

Tabela 16 Zavisnost vrste oštećenja objekta i granične brzine oscilovanja

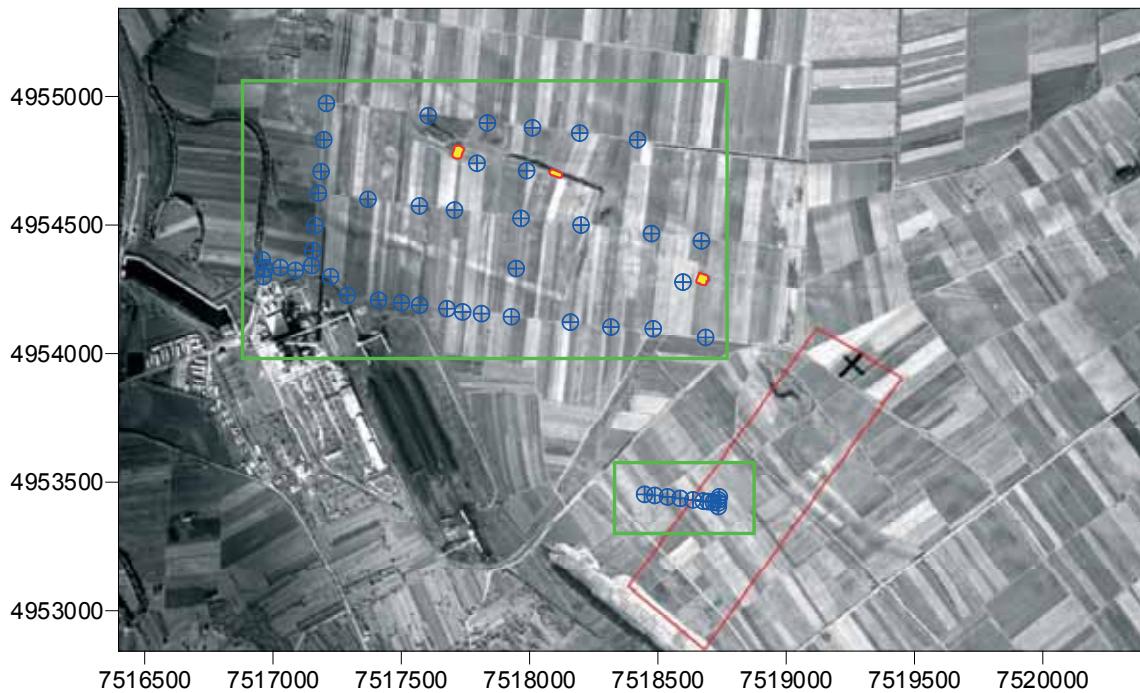
IZVEDENA GEOFIZIČKA MERENJA

U cilju utvrđivanja nivoa mikrovibracija koje deluju na arheološki lokalitet, izvršen je namenski monitoring mikrotremora. Pri ovome se težilo utvrđivanju mikrovibracija koje su izazvane radom termoelektrane "Kostolac B". Na slici 10 su zelenim okvirima prikazane zone osmatranja mikrovibracija. U gornjem levom okviru su tačke na kojima je vršeno osmatranje vezano isključivo za termoelektranu.

ZONA UTICAJA TERMOELEKTRANE "KOSTOLAC B"

Osmatranje mikrotremora, vezano za termoelektranu kao izvora vibracija (na slici 11), izvedeno je na 41 tački koje su bile locirane duž pojedinih profila (na slici 12).

Da bi se obezbedili bolji rezultati dobijeni osmatranjem i analizom mikrotremora, potrebno je smanjiti proizvoljni uticaj njihovih pobuda i povećati njihovu funkcionalnu zavisnost od lokal-



Slika 10 Raspored tačaka osmatranja mikrotremora



Slika 11 Termoelektrana Kostolac B snimljena iz zone Viminacijuma

nih svojstava oscilovanja poluprostora. To je postignuto upotrebom osetljivih senzora za njihovo registrovanje i primenom naprednih softvera za analizu njihovog spektra.

Brzina uzorkovanja iznosila je 400 uzoraka u sekundi, što znači da je period semplovanja 2,5 ms. Tačke su raspoređene duž puteva i oko otkrivenih arheoloških lokaliteta (predstavljeni zutom bojom u plavom okviru na slici 12). Pri tome se težilo utvrđivanju zavisnosti uticaja mikrovibracija od udaljenosti termoelektrane koja je njihov stalni izvor.

OBRADA PODATAKA I INTERPRETACIJA

Nakon završenog monitoringa mikrovibracija, svi podaci su obrađeni u programu Surfer, (*Golden Software*). Pored vrednosti brzina oscilovanja vezanih za X, Y i Z osu koje su prikupljene na terenu, izvršen je i proračun vrednosti horizontalnog (H) i totalnog (T) vektora, koje su dalje analizirane. Ovi vektori su dobijeni po sledećim formulama

$$H = \frac{Y}{\cos(\operatorname{arctg} \frac{X}{Y})} \quad (15)$$

$$T = \frac{H}{\cos(\operatorname{arctg} \frac{Z}{H})}$$

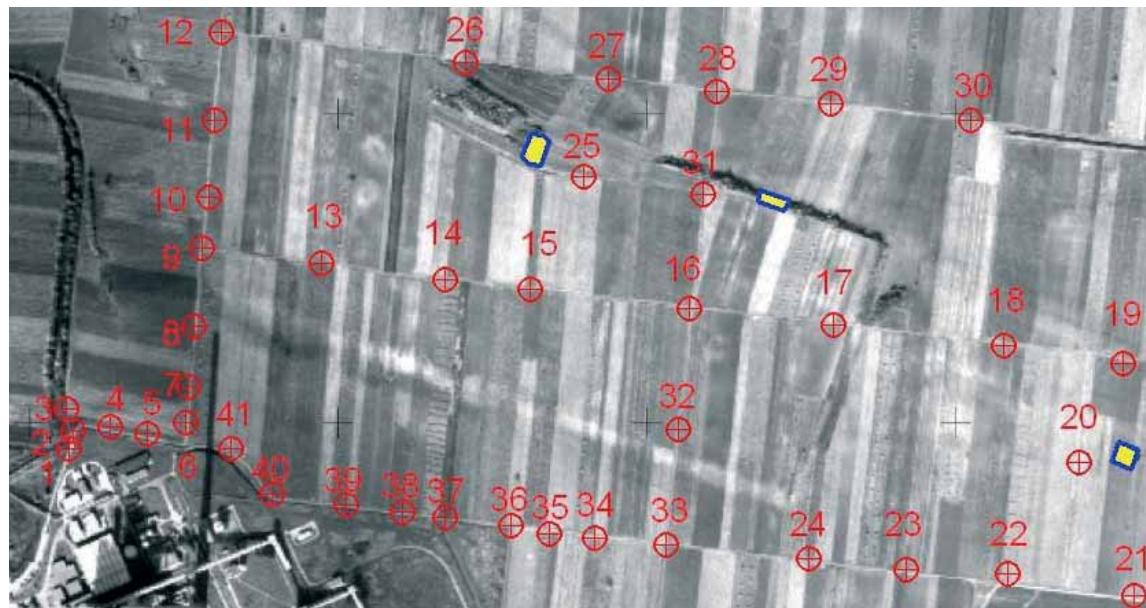
gde su: X - podaci osmatranih mirovibracija u pravcu X ose

Y - podaci osmatranih mikrovibracija u pravcu Y ose

Z - podaci osmatranih mikrovibracija u pravcu Z ose.

Zbog velikog broja podataka bazne vrednosti neće biti prikazane u ovom radu. Podaci su u programu GeoDas, brzom Furijevom transformacijom (FFT) razloženi na odovarajuće spekture. Sa spektra svakog signala, izdvajani su maksimalni pikovi (amplitude relativnih vrednosti brzina osmatranih mikrovibracija), kao i frekvencije na kojima se oni nalaze.

Podaci su posle izvršene analize spektra i statistički obrađeni. Statistička obrada je vršena



Slika 12 Raspored tačaka osmatranja mikrotremora u zoni uticaja termoelektrane

u okviru određenih prozora frekvenci radi lakšeg sagledavanja rasporeda pikova koji su nosioci energije osmatranih mikrotremora u okviru pojedinih frekventnih opsega.

U daljem delu teksta prikazana je slika signala svih komponenata. Pri izradi ove slike održana je po jedna tačka iz obe zone osmatranih mikrovibracija. Ove tačke su uzete kao reprezentativne pri obradi dobijenih vrednosti.

Prvo je prikazan signal tačke MT6 koja se odnosi na zonu uticaja termoelektrane (slika 13 a i b), po X, Y, Z, H i T komponenti. Na slici 13 a su prikazani zajedno snimljeni signali za X, Y i Z komponente, dok na slici 13 b imamo prikazane signale H i T komponente.

Na ovim slikama pored signala iscrtani su i naznačeni prozori po kojima je vršena analiza signala. Analiza po prozorima je vršena radi lakšeg sagledavanja pikova kao i njihovih frekvencija. Kod osmatranih tačaka u zoni termoelektrane korišćena su tri prozora i to: od 6Hz do 9 Hz, od 10 Hz do 14 Hz i od 16 Hz do 18Hz, koji se vide na slikama. Izdvojeni prozori su bez preklapanja, jer na ovim signalima imamo jasno izdvajanje pikova. Vidi se da širine prozora nisu jednake, tj. oni nemaju iste vrednosti frekvencija. Prvi prozor je prozor najnižih frekvencija i tu se nalazi prvi pik mikrovibracija, dok je drugi prozor nešto širi. Treći prozor je i najuži i u njemu se javlja karakteristični treći pik. Takođe, sa slike vidimo i da

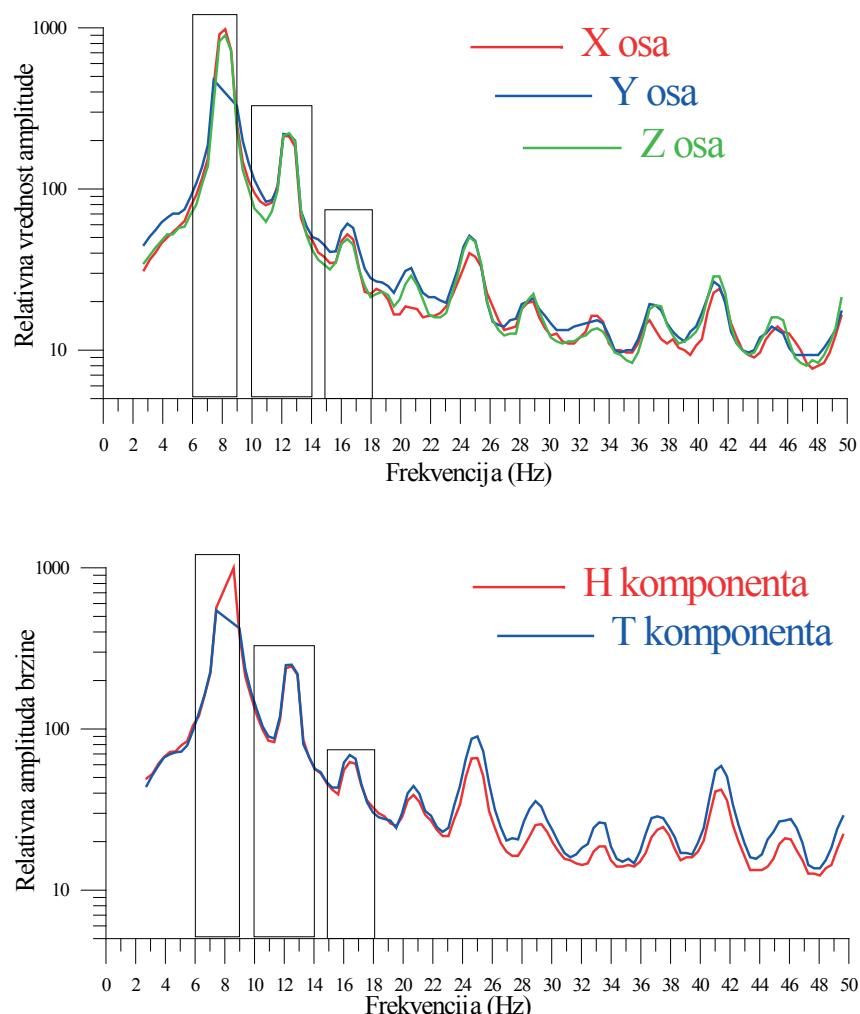
se posle trećeg prozora javljaju pikovi, ali su ovo najverovatnije multipli predhodnih pikova; pa iz tih razloga nisu posebno izdvajani.

Posle analize signala podaci su statistički obrađeni i izdvojene su vrednosti maksimuma amplituda, opsega frekvencija, medijana, standarde devijacije i relativne energije kao količnika sume amplituda i opsega frekvencija. I ovde su svi podaci obrađeni po X, Y i Z osi i H i T vektoru.

OBRAĐA I PRIKAZ PODATAKA UTICAJA TERMOELEKTRANE "KOSTOLAC B"

Osmatranjem u okolini termoelektrane težilo se utvrđivanju nivoa mikrovibracija i definisanju funkcionalne zavisnosti mikrovibracija sa udaljavanjem od njihovog izvora. Rasporedom tačaka osmatranja obuhvaćeni su i otkriveni arheološki lokaliteti: *Terme* - koje su najbliže termoelektrani, *Severna kapija* i *Mauzolej* koji se nalazi na granici istražnog područja. U daljem tekstu će biti prikazan deo tabele u kojoj se nalaze podaci o vrednosti pika za X, Y i Z osu kao i relativne energije za H i T vektor (tabela 17). Ovi podaci su dobijeni analizom po segmentima opisanoj u predhodnom poglavljju i predstavljaju relativne vrednosti za tri tačke osmatranja mikrovibracija.

U tabeli je dat prikaz tri tačke osmatranja i to po prethodno navedenim prozorima od 6-9, od



Slika 13 Prikaz signala posle izvršene FFT analize za MT 6: a – X, Y i Z osa, b – H i T komponenata

10-14 i od 15-18 Hz, čiji podaci se nalaze u prve dve kolone. U daljem delu tabele unete su vrednosti prva dva pika po osmatranim osama. Prvi pik je odabran jer je on nosilac najvećeg dela energije, dok drugi pik po vrednosti ne odstupa mnogo od prvog, ali je nosilac manje količine energije. Iz ove tabele se vidi da se prvi pikovi u svim slučajevima nalaze u prvom prozoru, tj. na nižoj frekvenciji. Poslednje dve kolone daju vrednosti relativnih energija za horizontalni i totalni vektor. Iz tabele se vidi da su, takođe, najviše vrednosti energije skoncentrisane baš u prvom prozoru, tj. prate vrednost maksimalnog pika. Iz priloženih podataka se vidi da tačka osmatranja MT1 ima najveće vrednosti pika, kao i relativnih energija, jer je najbliža izvoru mikrovibracija u odnosu na

ostale dve.

U daljoj obradi podataka na osnovu vrednosti za sve tačke, izrađene su karte koje pokazuju distribuciju maksimalnih vrednosti Z, H i T komponente kao i kartu sferne disperzije. Prvo su izrađene karte rasporeda prvih pikova (slika 14 a, b, c). Radi boljeg sagledavanja distribucije prvog pika na ovoj slici su prikazane karte sve tri komponente. To omogućava lakše tumačenje rasporeda prvih pikova na osmatranim tačkama.

Posmatrajući sve tri karte vidi se da se maksimalne vrednosti javljaju u jugozapadnom delu gde su tačke osmatranja najbliže termoelektrani. Primećuju se dva maksimuma na tačkama MT4 i MT6, dok je na karti Z pika maksimum na MT4 manje izražen nego kod H i T pika. Uda-

Naziv tačke	Prozori	X pik I	X pik II	Y pik I	Y pik II	Z pik I	Z pik II	H relativna energija	T relativna energija
MT1	6-9	1285.9		1131.9		913.5		771.76	835.65
	10-14		305.1		405.9		242.9	269.62	268.74
	15-18							147.63	145.88
MT2	6-9	610		603.8		585		752.93	774.98
	10-14		301.6		332.8		380.5	396.11	422.82
	15-18							207.17	190.06
MT3	6-9	495.2			421.6		441.9	587.04	614.40
	10-14		409.2	522.1		450.4		382.83	437.7
	15-18							186.88	212.44

Tabela 17 Analiza mikrovibracija po segmentima

Ijavanjem od same termoelektrane dolazi do manje-više zonarnog opadanja vrednosti. Takođe, se primećuje da na tački osmatranja MT5 dolazi do pojave povećane vrednosti prvog pika, kao i kod tačke MT33, što je najverovatnije uslovljeno litološkim karakteristikama terena.

Pojave rasta vrednosti na sve tri karte postoje u pravcu severa od tačke MT6 ka MT12, kao i u pravcu juga od tačke MT6 ka MT37. Pored ovih povećanih vrednosti primećuje se i minimum vrednosti oko MT35, gde opet litologija najverovatnije utiče na raspored vrednosti mikrovibracija. Od arheoloških lokaliteta Terme su najbliže termoelektrani kao izvoru mikrovibracija pa su prema tome najviše njima i izložene. Za razliku od ovog lokaliteta Mauzolej je najudaljeniji od izvora, pa je prema tome on u zoni manjih vrednosti prvog pika.

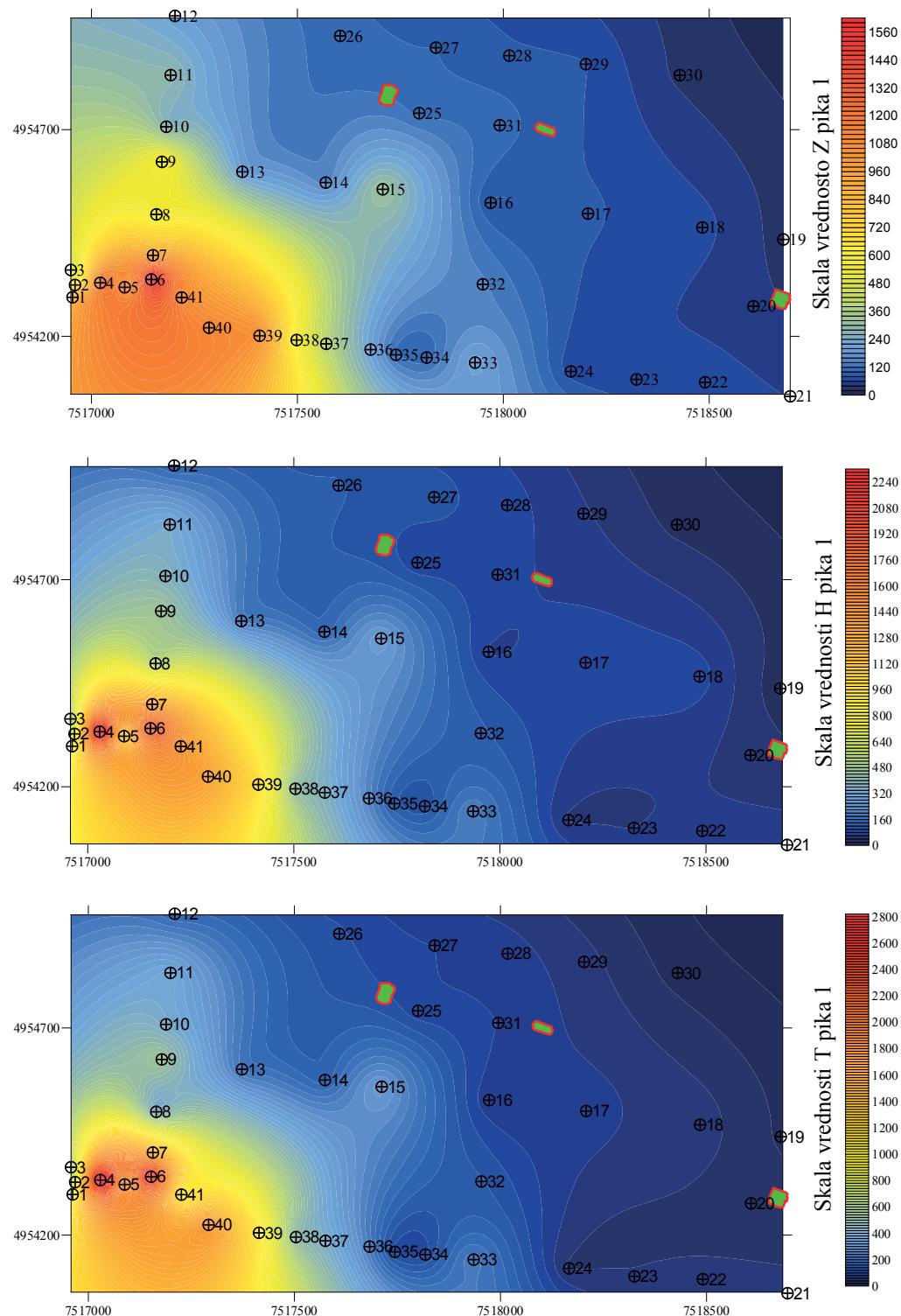
Posle razmatranja rasporeda vrednosti prvog pika treba obratiti pažnju na distribuciju drugog pika kod Z, H i T komponente (slika 15 a, b, c). Ovaj pik nosi nešto manje energije u odnosu na prvi. Posmatrajući tabelu u Prilogu 1 vidi se da su u većini slučajeva vrednosti drugog pika nešto manje od vrednosti prvog pika. Ovi podaci se nalaze najčešće u drugom prozoru tj. u opsegu

frekvencija od 10 do 14 Hz. To ukazuje da se ovaj pik nalazi u podređenom delu spektra u odnosu na prvi pik.

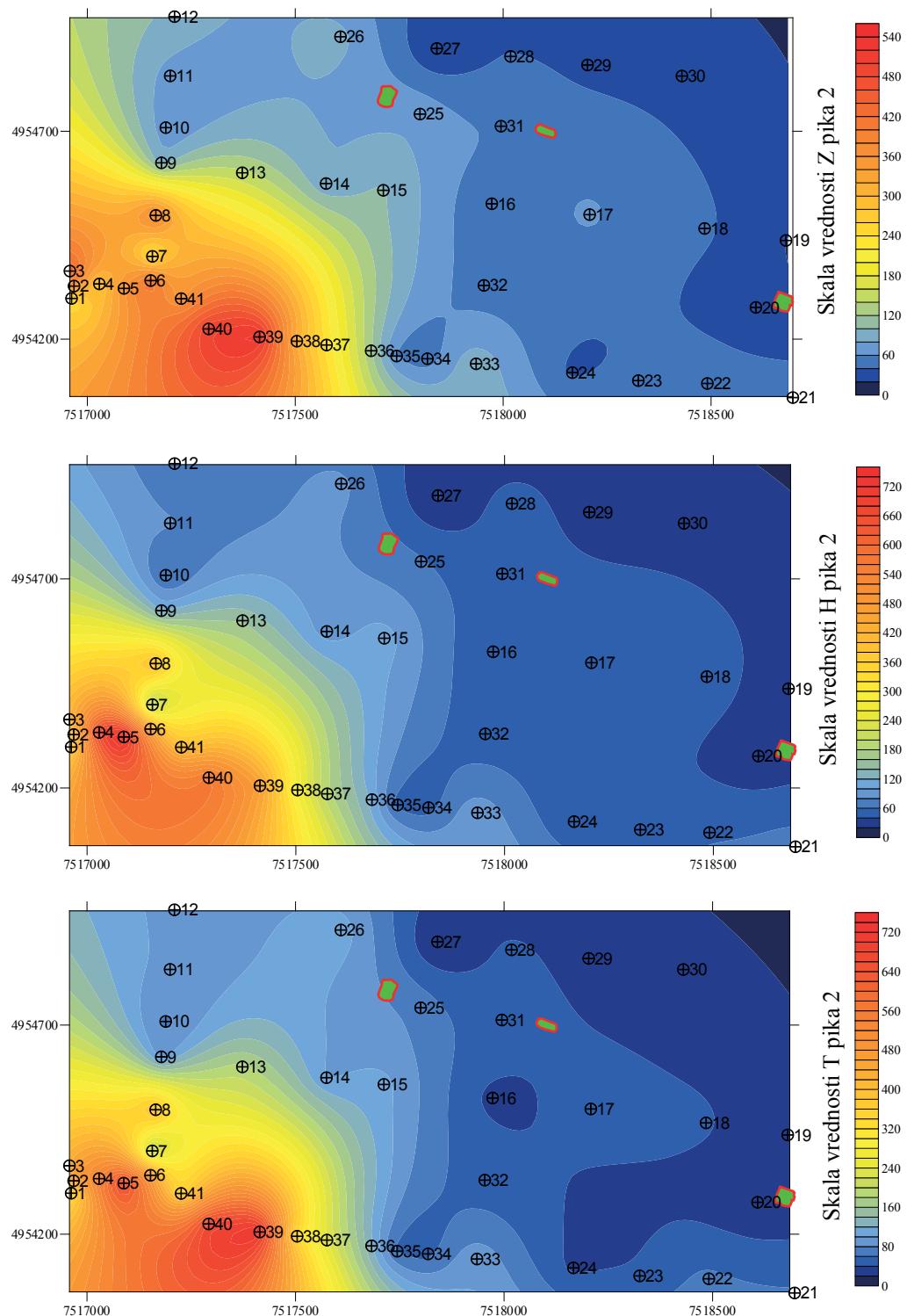
Kod karata distribucije drugog pika vide se maksimalne vrednosti nešto šire rasprostranjene nego u prethodnom slučaju. I dalje je ta vrednost na jugozapadno delu karte, što je i očekivano, jer je taj deo najbliži izvoru osmatranih vibracija. Iako je ovde reč o rasprostranjenijem pojasu uticaja drugog pika, ipak je on po svojoj vrednosti manji od vrednosti prvog pika (maksimum prvog pika je na oko 2800 dok je vrednost maksimuma drugog pika na oko 720).

Na karti Z komponete maksimum je na tačkama osmatranja MT40 i MT39, kao i u zoni MT3. Na druge dve karte maksimumi se podudaraju u zoni tačaka MT40 kao i zoni tačaka MT4 i MT5. Ovde se javlja rast vrednosti u pravcu severa od tačke MT6 ka tački MT12, kao i u pravcu juga od MT6 ka MT37. Posmatrajući kartu T pika vidi se da pored osnovnih putanja rasta vrednosti postoji i rast vrednosti u pravcu severoistoka od MT41 ka MT36. Takođe, na karti Z komponente vidi se porast vrednosti drugog pika oko tačke MT17.

Ovi pravci rasta vrednosti drugog pika sa



Slika 14. Raspored vrednosti prvog pika: a - Z komponente,
b - H komponente i c - T komponente



Slika 15. Raspored vrednosti drugog pika:
a - Z komponente,
b - H komponente i c - T komponente

udaljavanjem od termoelektrane su najverovatnije uslovljeni litologijom osmatranog terena. Minimalne vrednosti se na sve tri karte javlja-ju na krajnjem istočnom i severoistočnom delu, mada postoje pojave minimuma na sve tri karte oko MT35, kao i oko MT16 na karti distribucije H pika, i MT24 na karti Z komponente. Ovde je lokalitet Termi u zoni jačeg uticaja drugog pika u odnosu na predhodni slučaj, dok je Mauzolej i dalje u polju malih vrednosti.

Po završenom modelovanju i analizi podataka po pikovima izvršena je analiza distribucije relativne energije H i T komponente. Ovde je energija predstavljena po unapred opisanim prozorima. Distribucija energije je prikazana samo za ove dve komponente, jer posmatrajući formulu (15) one najbolje odražavaju sliku svih vrednosti. Kao što se vidi po formulama za definisanje H i T vektora koriste se vrednosti sve tri komponenete osmatrane na terenu, tako da one predstavljaju nji-hov zbirni uticaj. Pri prikazivanju ovih vrednosti krenulo se od prozora sa najnižim, ka prozoru sa najvećim frekvencijama i to odvojeno za H (slika 16 a, b, c), pa zatim i za T komponentu.

Sa izrađenih karata se vidi da je najveća količina energije skoncentrisana u prvom prozoru, gde su najniže vrednosti frekvencija, i da opada idući ka višim frekvencijama. Maksimumi su i dalje skoncentrisani na jugozapadu. Kod prve karte koja se odnosi na prozor od 4 do 8 Hz, maksimum je skoncentrisan oko tačaka MT6 i MT41. Na druge dve karte postoje dve izdvojene zone maksimuma i to oko tačaka MT5 i MT40. Energije u sva tri prozora i dalje zadržavaju pravac povećanja vrednosti ka severu i jugu, mada se ovde kod energije u opsegu od 9 do 14 i od 15 do 18 Hz uočava i pravac povećanja od MT40 do MT15. Sa karata se vidi da su sva tri arheološka lokaliteta u zoni uticaja visoke energije u prvom prozoru, dok su u ostalim prozorima pod manjim uticajem, što je logično jer su i energije manje.

Po navedenim prozorima analizirana je i distribucija relativne energije, za T komponentu (slika 17 a, b, c). Ove karte kao i karte distribucije relativne energije H komponente ukazuju da je najveća energija skoncentrisana u prvom prozoru tj. u zoni najmanjih frekvencija od 4 do 8 Hz gde su skoncentrisani i prvi pikovi X, Y i Z komponente. Maksimum i u ovom slučaju je u jugozapadnom delu istražnog terena. Njegovo rasprostiranje

je nešto veće u okviru poslednja dva prozora u odnosu na prvi, ali su vrednosti tih maksimuma znatno manje. Na prvoj karti maksimum je u zoni tačke osmatranja MT6, dok na drugoj postoje dva izdvojena maksimuma u okolini MT40 i MT5. Na poslednjoj se opet izdvaja jasan maksimum kod tačke MT40. Kod distribucije energije T komponente postoje pravci rasta vrednosti ka severu i jugu, kao i ka severoistoku od MT40 do MT15 na poslednjoj karti. Na ovoj karti se javlja i minimalna vrednost na MT16 što je najverovatnije uslovljeno litologijom terena.

Posle obrade i interpretacije karata i vrednosti pikova i energija po izdvojenim prozorima izrađena je karta sferne disperzije (slika 18). Pri njenoj izradi krenulo se od prepostavke da je reč o homogeno uslojenoj sredini kao i tačkastom izvoru mikrovibracija, kako bi se formirao model čistog uticaja mikrovibracija termoelektrane na ispitivani deo terena.

Ova karta predstavlja modelovanu funkciju raspodele energije od njenog izvora. Ovde je izvor prikazan zelenom tačkom na jugozapadnom delu karte. Na njoj se zapaža koncentrično kretanje srednjih vrednosti energije s obzirom da se kao osnova uzeo homogen, izotropan poluprostor i tačasti izvor. Maksimum energije je i ovde u jugozapadnom delu karte. Vidi se i da sa udaljavanjem od izvora dolazi i do postepenog pada vrednosti energije. Svaka oblast na karti je izdvojena u zasebne zone koje se odlikuju određenom vrednosti energije tačkastog izvora. Na osnovu ove karte formirane na bazi homogenog i izotropnog poluprostora vršene su analize raspodele pikova i energije koje su prethodno opisane. Od svih tih navedenih vrednosti oduzeta je sferna disperzija i proračunate su karte koje pokazuju lokalne anomalne zone. Na ovakvim kartama se uočava uticaj litologije terena na raspored vrednosti mikrotremora.

Prvo su upoređene karte prvog pika sa kartom sferne disperzije (slika 19 a, b, c). Ovim upoređivanjem može se videti gde karakteristike ispitivanog poluprostora najviše utiču na distribuciju prvog pika kod sve tri komponente.

Posmatrajući prikazane karata razlike vrednosti prvog pika uviđa se da su se maksimalne zone i dalje zadržale u jugozapadnom delu karte. Primećuje se i da su vrednosti Z komponente mnogo manje u odnosu na ostale. To ukazuje na to da litološka

građa terena najviše utiče na rasprostriranje Z prvoog pika. Vidi se i da na prvoj karti postoje oblasti minimalnih vrednosti oko tačke MT35, kao i veće vrednosti oko MT15 i MT39, gde opet do izražaja dolazi litologija terena. Takođe, se pojavljuju i dve nešto šire oblasti povećanih vrednosti na severoistočku u okolini lokaliteta Severne kapije. Što se tiče karata H i T komponente tu nema neke veće razlike posle oduzimanja karte sferne disperzije. Na sve tri karte oko tačake MT35 vidimo minimalne vrednosti mikrovibracija. Ovde se primećuje manji uticaj litološke građe na H i T prvi pik u odnosu na Z pik.

Posle analize uticaja litologije terena na raspširjanje prvoog pika prelazi se na analizu uticaja litologije na drugi pik sve tri komponente (slika 20 a, b, c). Kao što će se videti na priloženim kartama ovde karakteristike istraživanog poluprostora imaju veći uticaj na širenje mikrovibracija, tj. njihovih drugih pikova. Ovi drugi pikovi, kao što je već ranije istaknuto odlikuju se višim frekvencijama, ali su nosioci nešto manje relativne energije u odnosu na prve pikove.

Sa slike se jasno vide zone maksimalnog uticaja litološke građe u oblasti tačke MT39. Ovo se objašnjava mogućnosti da postoji greben u toj zoni koji prigušuje mikrovibracije. Najmanji uticaj karakteristike terena imaju na pik T komponente. Takođe, se vidi da su u samom jugozapadnom delu, gde su maksimalne vrednosti mikrovibracija, uticaji litološke građe najmanji. To se i očekivalo, jer je izvor mikrovibracija u blizini. Ovde se jasno izdvajaju zone predstavljene žutom do svetlo narandžastom bojom oko tačaka MT11 preko MT15 ka MT24 koje su nosioci male razlike vrednosti. To ukazuje da oko lokaliteta Severne kapije i Terme litologija nema većeg uticaja na prigušenje vibracija.

Pri analizi uticaja litološke građe na relativne energije H i T komponente od karata vrednosti raspširjanja energija za naznačene komponente oduzimana je odgovarajuća karta vrednosti za model sferne disperzije. Time su dobijene lokalne anomalije koje potvrđuju da na distribuciju energije mikrovibracija utiče i građa ispitivanog terena. Prvo se kao i u predstavljanju relativnih energija krenulo od H komponente (slika 21 a, b, c).

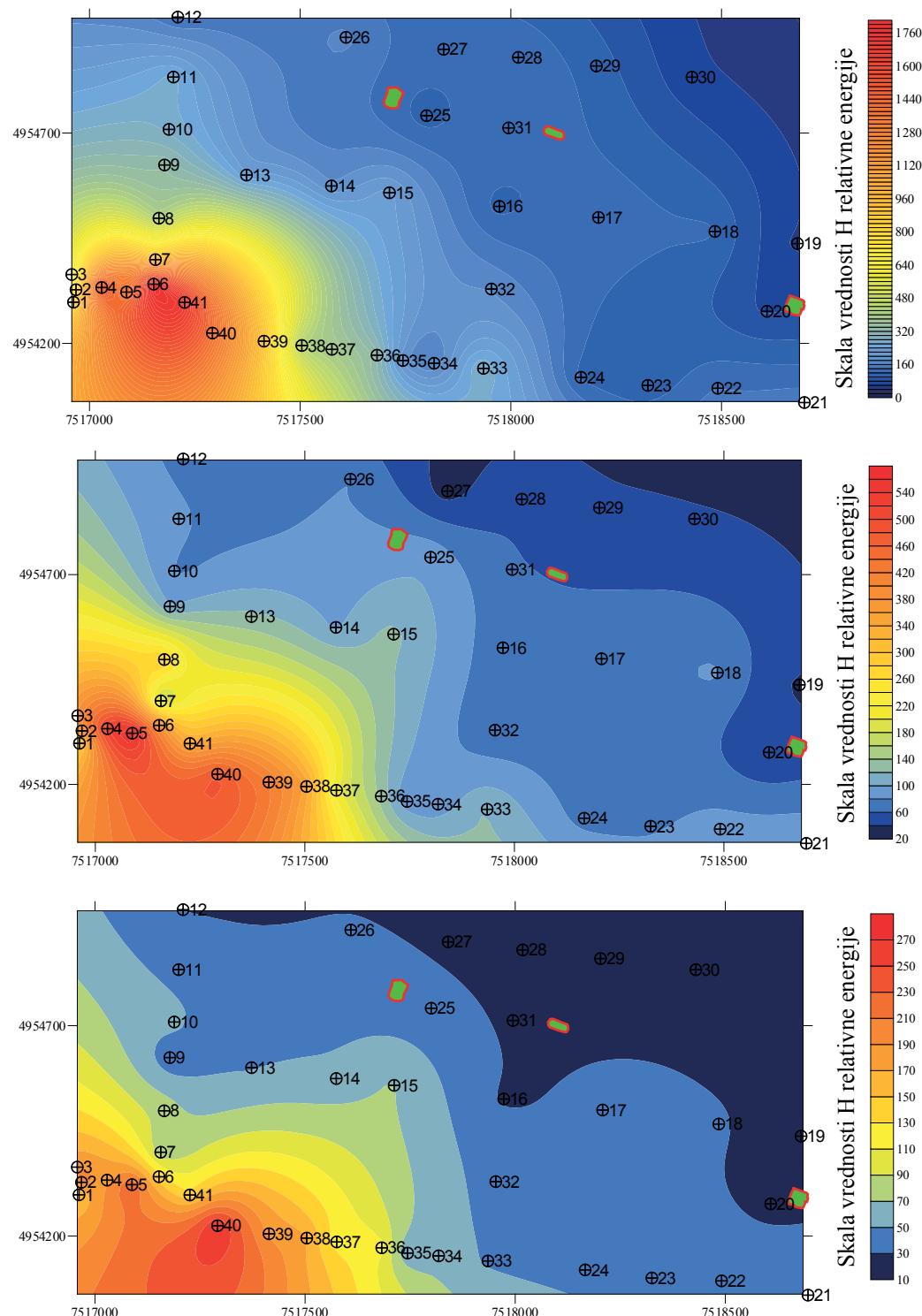
Posmatrajući karte na slici 21 odmah se uočava da je najmanja razlika na karti energije u prvom prozoru koji ima opseg frekvencija od 4 do 9 Hz. Karte distribucije energije druga dva prozora su znatno izmenjene. Najmanji uticaj litološke

građe je i ovde u zoni najbližoj izvoru. Na kartama energije se, takođe, izdvaja greben koji i dalje ima veliki uticaj na smanjenje distribucije energije H komponente. Greben se i ovde izdvaja maksimalnom vrednošću označenom crvenom bojom, kao i u predhodnim slučajevima.

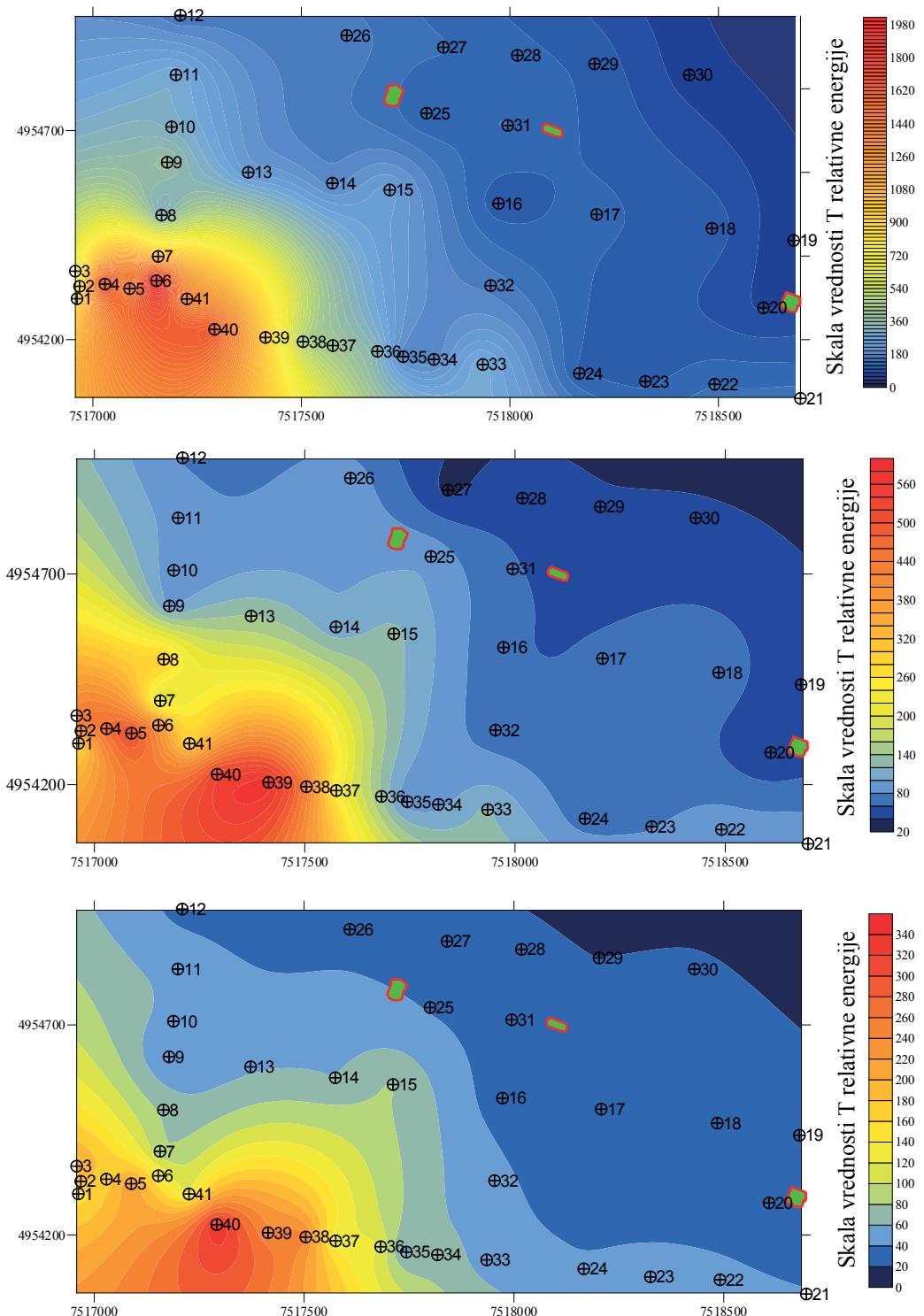
Jasno se vidi i da se uticaj litološke građe povećava sa povećanjem frekventnog opsega mikrovibracija. Njen najveći uticaj se primećuje na karti trećeg prozora koji je nosilac i najvećih frekvencija od 15 do 18 Hz.

Tumačenje uticaja geološke građe na raspširjanje relativne energije T komponente (slika 22 a, b, c), je izneta u odvom delu diplomskog rada. Sa narednih karata primećuje se da je uticaj litološke građe na energije ove komponente sličan kao i kod vrednosti H energije. Ovde se primećuje najmanja izmena na karti relativne energije u prozoru od 6 do 9 Hz. Promene se povećavaju sa povećanjem vrednosti frekvencije u prikazanim prozorima, pa je i u ovom slučaju najveća promena na trećoj karti koju odlikuju i najveće vrednosti. I dalje postoji jasno izdvajanje grebena u okolini tačke MT38 i MT39. Najmanja izmena vrednosti energije je u jugozapadnom delu koji je i najbliži izvoru vibracija, i udaljavanjem od njega promene u distribuciji relativnih energija su sve primetnije.

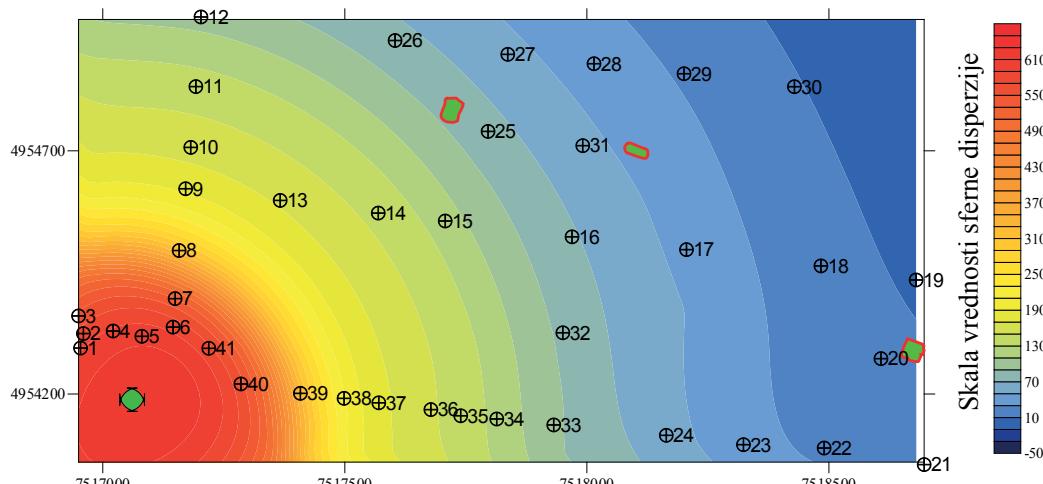
Nijedan istraživan teren nije homogen i izotropan pa zbog toga se ne može imati ni ovde koncentrično i jasno izdvajanje zona uticaja mikrovibracija. Sa slike se vidi da litološka građa ima najmanji uticaj u slučajevima prvih pikova i prvih prozora, jer se njihovi frekventni domeni poklapaju i odgovaraju nižim frekvencijama. Porastom vrednosti frekvencija mikrovibracije su više izložene uticaju geološke građe, pa su iz tog razloga karte razlike relativnih energija najviše izmenjene oduzimanjem sferne disperzije.



Slika 16. Raspored relativnih energija H komponente: a- od 6 do 9,
b-od 10 do 14 i c- od 15 do 18 Hz



Slika 17. Raspored relativnih energija T komponente: a- od 6 do 9,
b-od 10 do 14 i c- od 15 do 18 Hz



Slika 18. Karta sferne disperzije osmatranih mikrotremora

TEORIJSKE POSTAVKE ZAMORA MATERIJALA

Na osnovu obrađenih podataka dobijene su osnovne osobine mikrovibracija, i na osnovu tih vrednosti izračunate njihove brzine po formuli (12). Brzina osmatranih mikrovibracija za tačku koja je uzeta kao karakteristična za termoelektralnu (MT6) je $V_{\max} = 1,33 \times 10^{-7} \text{ m/s}$.

Ako se pogledaju vrednosti dobijene terenskim merenjem i uporede sa vrednostima iz kriterijuma u okviru poglavlja 6.2, primećuje se da su dobijene vrednosti manje od graničnih. Osmatrane mikrovibracije nosioци su mnogo manje energije, manjih su brzina, ali traju neuporedivo duži vremenski period i njihovo prigušenje je sporije. Iz tog razloga, analizirana je pojava oštećenja arheoloških objekata, u vidu zamora materijala, izazvana mikrovibracijama.

Sva tela pod uticajem odgovarajuće sile trpe određene deformacije i po prestanku njenog delovanja vraćaju se u prvobitni položaj (elastične deformacije). U slučaju da su te sile velikog intenziteta, dolazi do trajnih deformacija koje se nazivaju plastičnim deformacijama. Na osnovu brojnih testova, može se konstruisati karakterističan povratni dijagram ovih deformacija (Sl. 23).

Sa slike se vidi da se sa povećanjem napona povećavaju i deformacije, a da se sa prestankom njihovog dejstva telo vraća u prvobitni položaj. Pored elastične deformacije (δ_e) telo je zadržalo i nepovratnu (plastičnu) deformaciju (δ_p). Zbir ovih deformacija predstavlja ukupne defor-

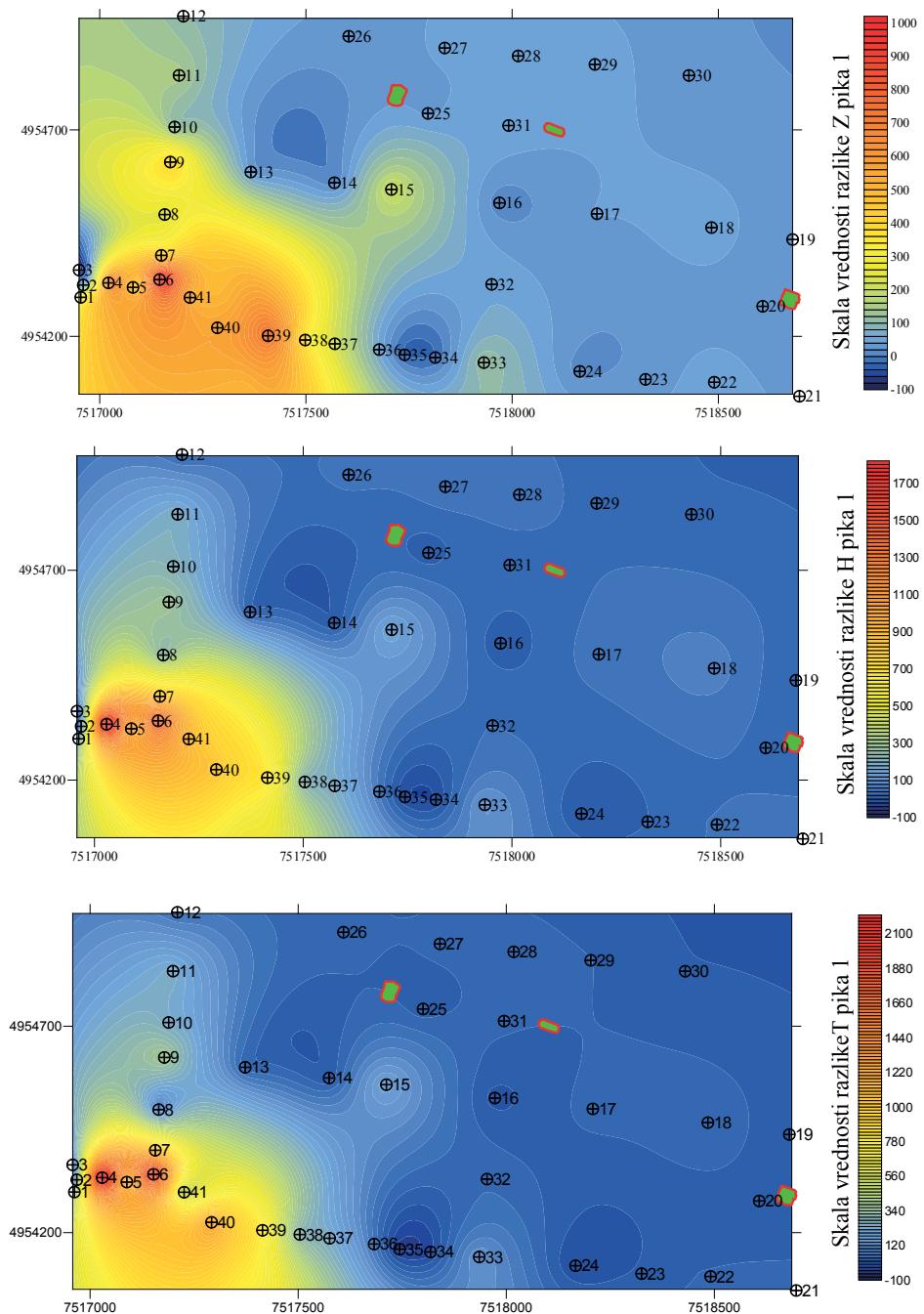
macije (δ_u). Na osnovu ovog principa elastičnih i plastičnih deformacija zasniva se interpretacija dobijenih podataka.

Nisu potrebne samo velike sile da bi dovele do trajnih deformacija, jer mogu i dejstva manjih intenziteta ponavljana u velikom broju ciklusa da izazovu takve promene (zamor materijala).

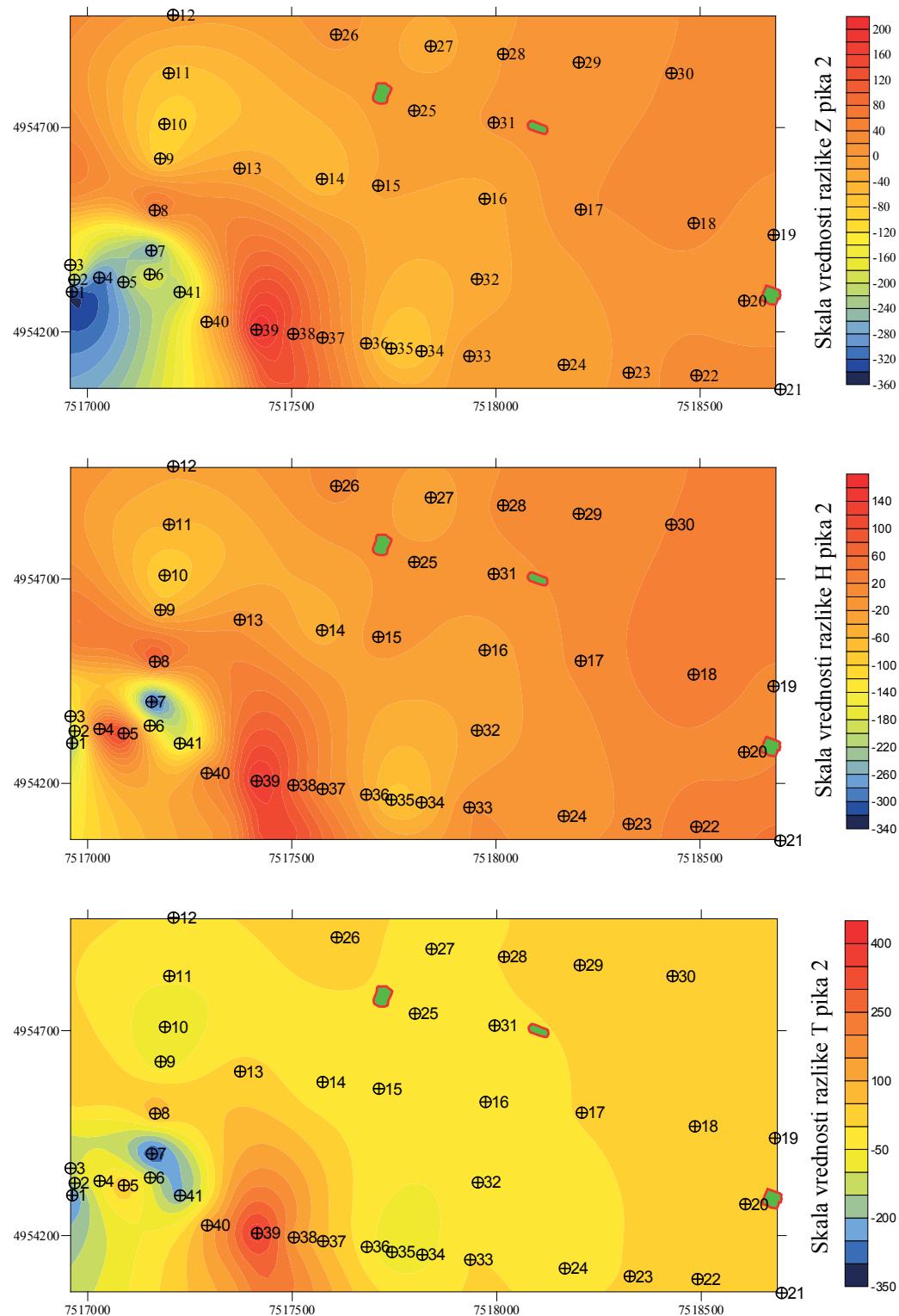
Na lokalitetu Viminacijum, postoji pojava mikrovibracija izazvanih dejstvom termoelektralne, malih amplituda ali neprekidnog i dugog trajanja. Takvo delovanje vibracija posle određenog vremena izazivaće spuštanje granice između zona elastičnih i plastičnih tj. povratnih i nepovratnih deformacija. Jedna od osobina o kojoj se mora voditi računa i zamor materijala od koga su objekti izgrađeni.

Ovde reč o veoma starim objektima, izgrađenim od opeke i kamena, koji su povezani jednom vrstom maltera, te nije bilo moguće naći tabelarne vrednosti za zamor ovakvog materijala. Reč o materijalu koji je korišćen za izgradnju objekata u period pre oko 1500 godina. Iz tih razloga za definisanje zona uticaja mikrovibracija korišćen je kriterijum o zamoru čelika. Čelik kao materijal je dosta elastičniji i otporniji na deformacije od gore pomenutog materijala, ali to su bili jedini kriterijumi do kojih se došlo.

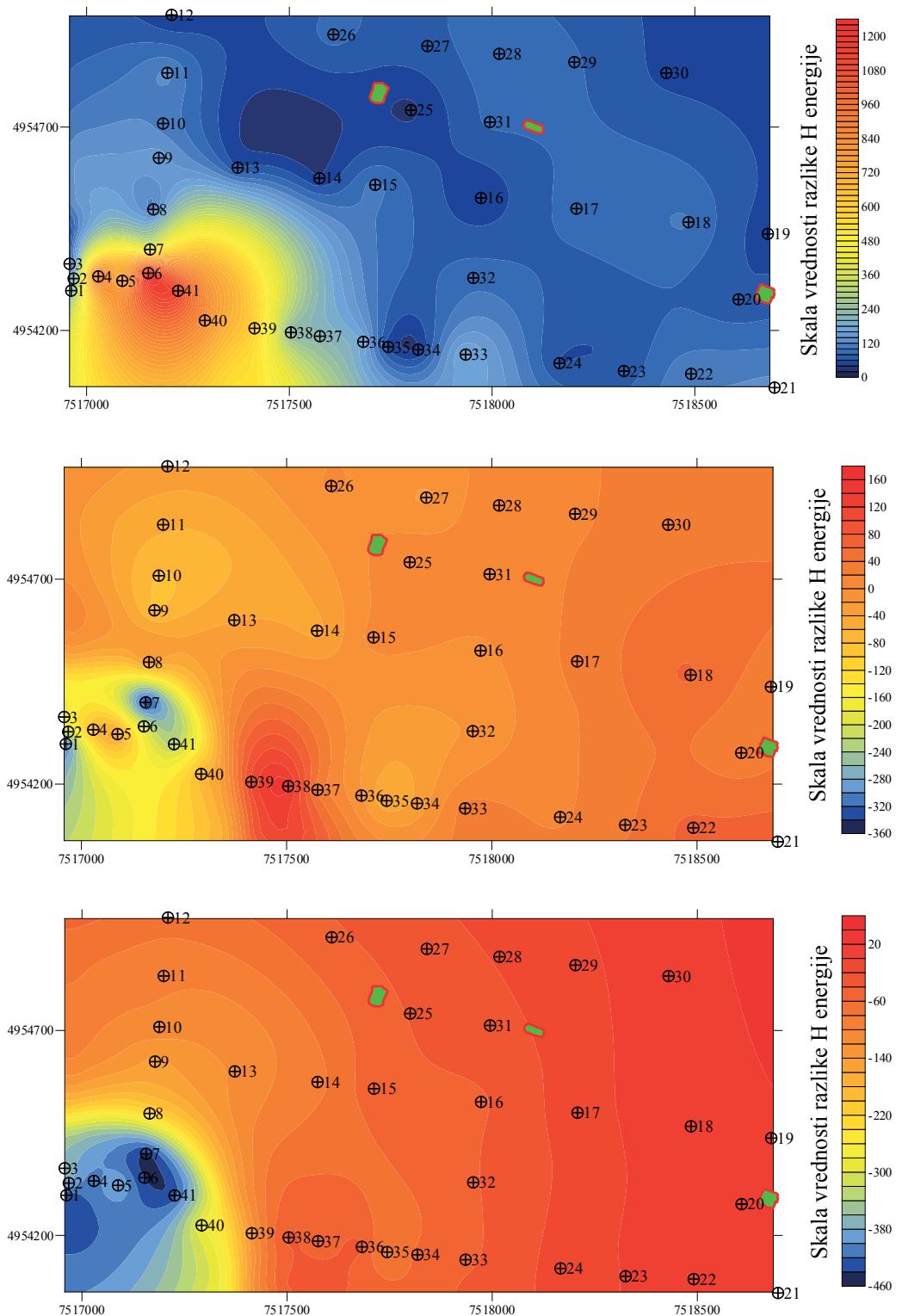
Naprezanje koje veliki broj puta može materijal da izdrži, a da se pri tome ne slomi naziva se *dinamička čvrstoća* (δ_d). Lom izazvan višestuškim opterećenjem ispod lomne čvrstoće (statičke) naziva se *lom od zamora*. Ovakav lom nastaje



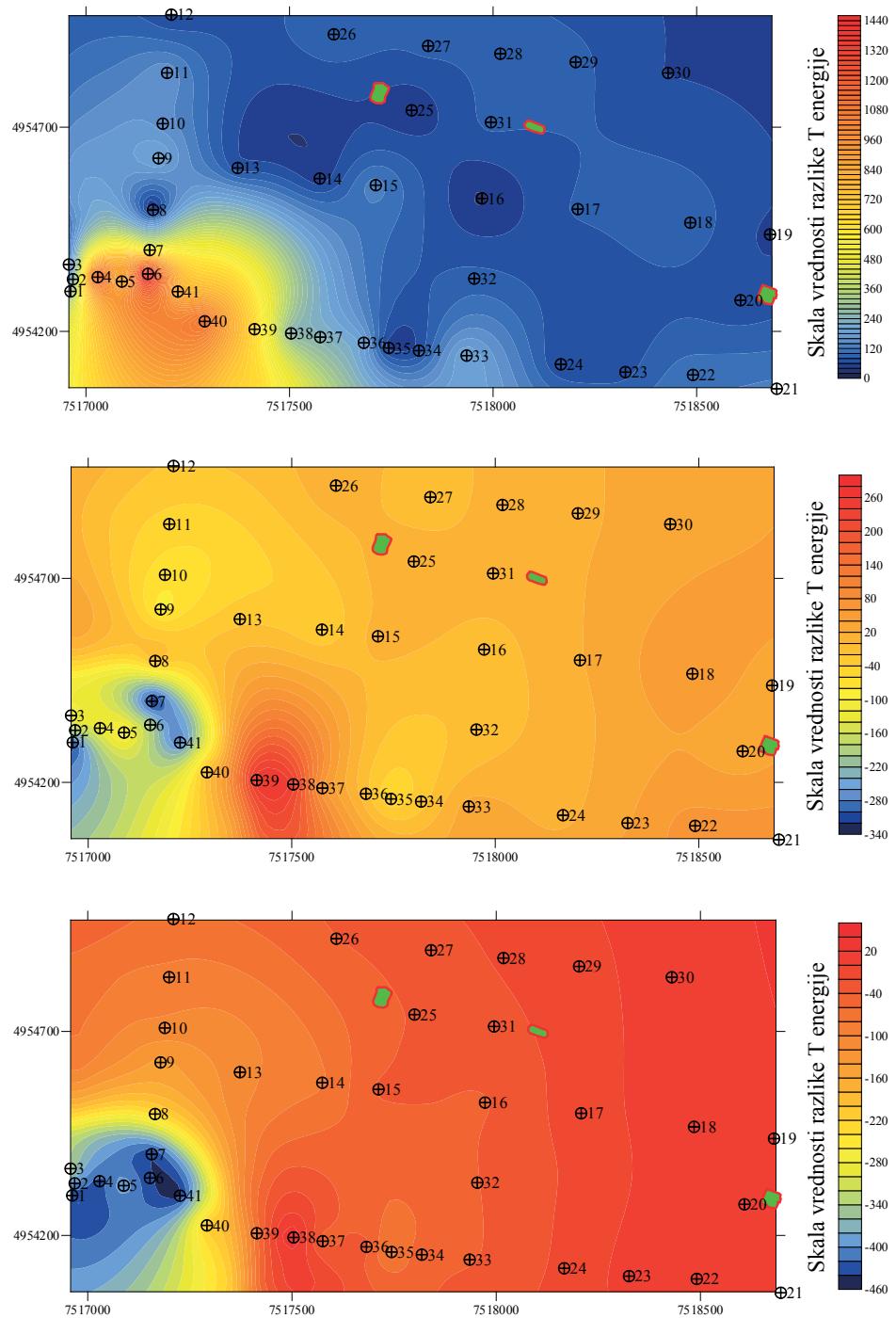
Slika 19. Raspored vrednosti razlike prvog pika:
a - Z komponente, b - H komponente i c - T komponente



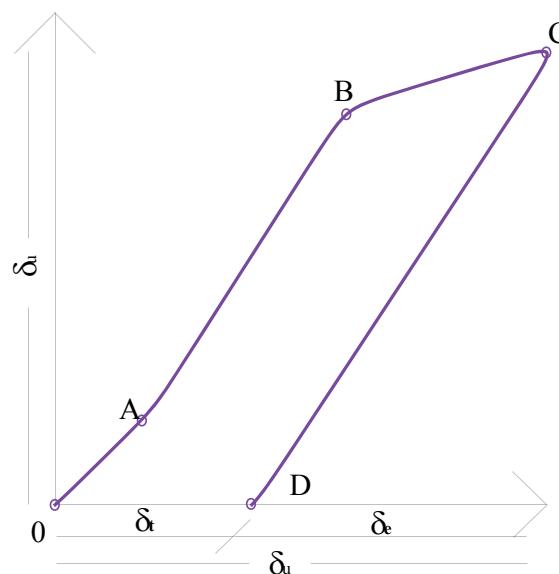
Slika 20. Raspored vrednosti razlike drugog pika: a - Z komponente,
b - H komponente i c - T komponente



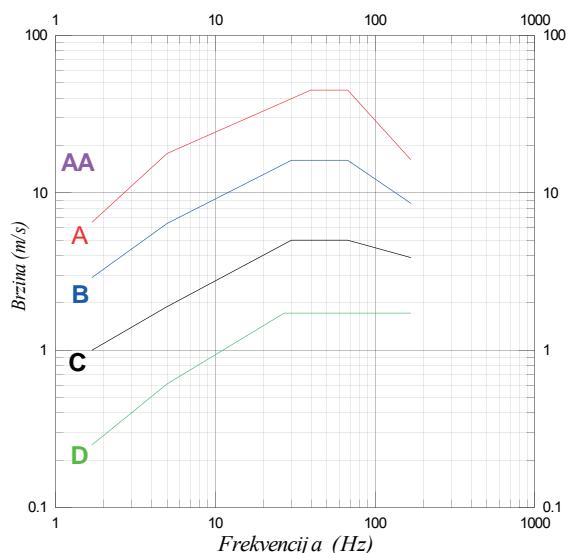
Slika 21. Raspored razlike relativnih energija H komponente:a- od 6 do 9,
b-od 10 do 14 i c- od 15 do 18 Hz



Sl. 22 Raspored razlike relativnih energija T komponente:



Slika 23. Karakterističan povratni dijagram deformacija



Sl. 25 Dijagram graničnih vrednosti brzina za određivanje funkcija koje definišu kategoriju oštećenja

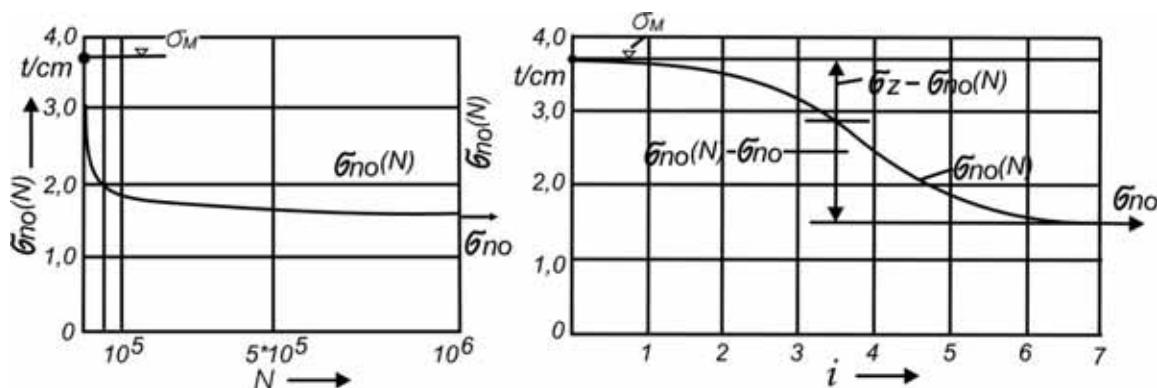
zbog velike lokalne koncentracije naprezanja, a samim tim i nedostatka vremena materijala za prastifikaciju.

Iz velikog broja pokušaja i analiza nije pronađeno precizno fizičko objašnjenje uzroka loma od zamora, niti zakonistost među ovim naprezanjima i brojevima promena opterećenja. Međutim, sa sigurnošću se mogu koristiti grafički prikazi odnosa naprezanja i broja opterećenja do loma. Jedan od takvih prikaza je i Wohlerova kriva (slika 24).

Ova kriva predstavlja prekidnu čvrstoću neizbrušenog elementa iz ČN24 za čisto naizmenično naprezanje kao funkciju broja promena

opterećenja N, ($i = \log N$) [7]. Sa ovih dijagrama se uočava da je za čelik broj oscilacija reda 10^7 , kada dolazi do loma usled zamora čelika. Pošto je reč o mnogo osetljivijem materijalu za izradu proračuna u ovom radu, kao referentna, usvojena je vrednost 10^6 oscilacija. To je broj oscilacija posle kojih čelik ne menja svoje osobine pre loma, ali se pri ovom broju oscilacija osobine materijala umanjuje za 65%, odnosno ostvari se 65% oštećenja.

Za određivanje brzina mikrovibracija koje su osmatrane korišćen je dijagam Blake-a [8] (slika 25). Ovaj dijagram daje granične vrednosti brzina za određene funkcije koje definišu nivo kategorije oštećenja. Dijagram je značajan, jer defi-



Sl. 24 Wohlerova kriva

niše brzine mikrovibracija čiji je izvor rad velikih mašina, što je adekvatno uticaju termoelektrane.

Definisano je pet kategorija oštećenja i to:

- D** - bez oštećenja
- C** - manja oštećenja
- B** - oštećenja
- A** - veća oštećenja
- AA** - opasno.

Za potrebe izvedene analize prihvaćena je kategorija oštećenja A i sa pomenutog dijagrama je preuzeta vrednost brzina. Brzina je određivana preko frekvencija karakterističnih tačaka osmatranja za tačku (MT6). Frekvencija mikrotremora čiji je izvor termoelektrana je 8 Hz i njoj odgovara brzina sa dijagrama od $7,8 \times 10^{-3}$ m/s.

INTERPRETACIJA PODATAKA UTICAJA TERMOELEKTRANE "KOSTOLAC"

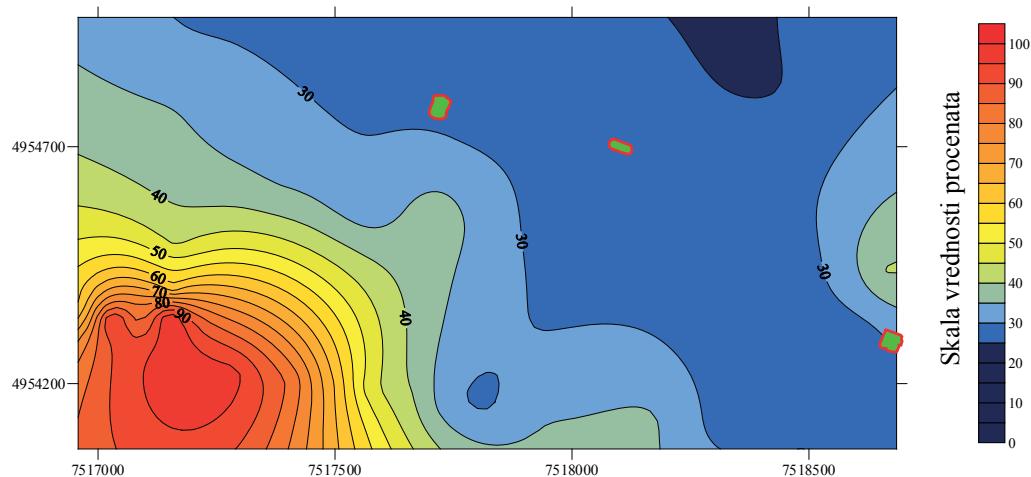
Osmatrane mikrovibracije čiji je stalni izvor termoelektrana imaju brzine mnogo manje nego brzine sa slike 25. Brzina očitana sa dijagrama iznosi $7,8 \times 10^{-3}$ m/s. Na osnovu odnosa brzine sa dijagrama i brzine osmatrane karakteristične tačke (MT6) dobijena je vrednost od $5,9 \times 10^4$ ($7,8 \times 10^{-3}$ m/s / $1,33 \times 10^{-7}$ m/s). Ova vrednost pokazuje koliko je puta manja osmatrana brzina od brzina na predstavljenom dijagramu. To pokazuje da je intenzitet oscilacija 10 000 puta manji od očekivanog nivoa za čelik. Zbog toga je vršeno povećanje broja oscilacija sa 10^6 na 10^{10} . Ovaj broj oscilacija koji je potreban da se dođe do gra-

nične vrednosti oštećenja, je podelen sa vrednosti frekvencije osmatranih mikrovibracija ($5,9 \times 10^{10}$ / 8 Hz).

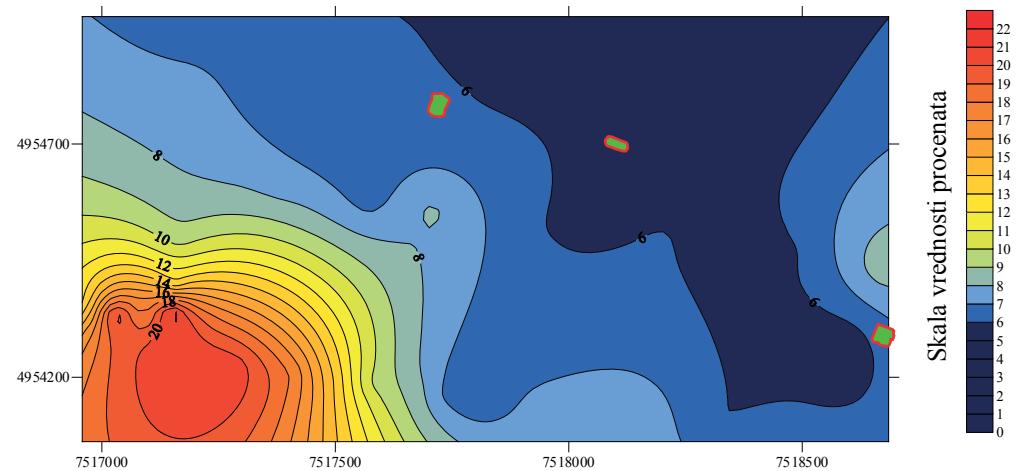
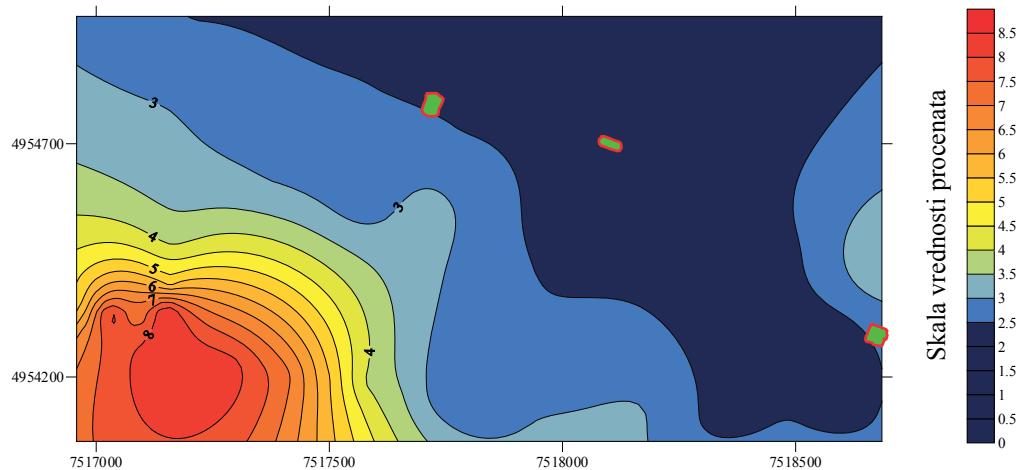
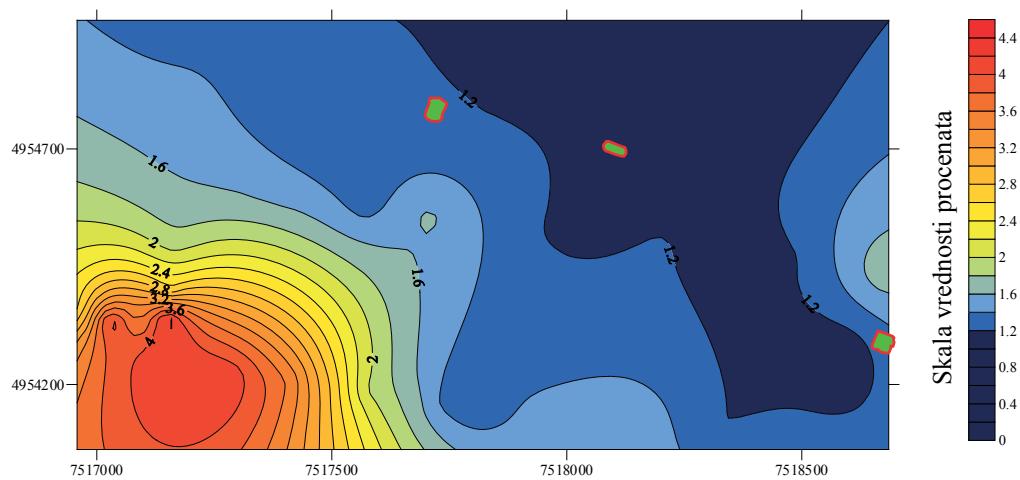
Ovakvim proračunom dobijen je period od 234 godine, koji predstavlja period za koji će osmatrane mikrovibracije izazvati oštećenje objekta za 65%. Proračun je zasnovan i na tome da u sadašnjem momentu karakterističnu tačku MT6 odlikuje vrednost od 100% tog oštećenja, a sve druge tačke su, u smislu stepena oštećenja, normirane prema njoj. Na osnovu ovog podatka vršen je procentualni proračun i za ostale tačke osmatranja (slika 26).

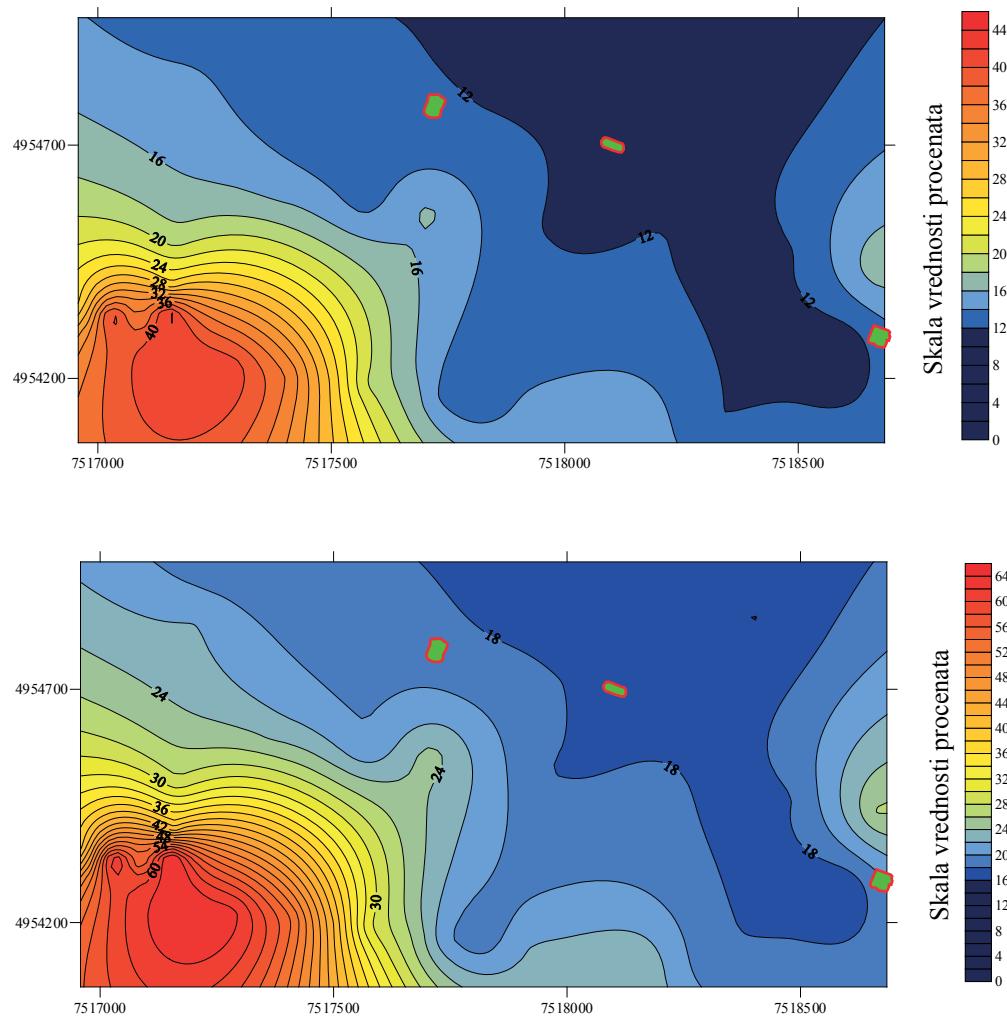
Kao polazna osnova MT6 je bila i pri proračunu nivoa oštećenja za period od 10, 20, 50, 100 i 234 godine. Dobijene vrednosti su korišćene za izradu karata procentualnog oštećenja u naznačenim periodima (slika 27 od a do e). Na ovim kartama je prikazana distribucija oštećenja u osmatranoj oblasti za dati period vremena.

Na prikazanim kartama se vidi da je u svim vremenskim periodima najčešće oštećenje u jugozapadnom delu koji je i najbliži izvoru mikrovibracija. Od ovog centra vrednosti oštećenja zonarno opadaju sa udaljavanjem od elektrane. Takođe u zapadnom delu svih karata se vidi povećanje oštećenja čiji je izvor najverovatnije bager u površinskom kopu, čiji se uticaj osetio u osmatranoj zoni. Za period od 10 godina se vidi da su arheološki lokaliteti u zoni od 1,2% oštećenja, za period od 20 godina oštećenje je 2,5%, dok za period od 50 godina oštećenje dostiže vrednost od 6%. Sa karte iscrtane za period vremena od 100 godina



Slika 26. Distribucija procentualnih vrednosti na osnovu tačke MT6 koja je bez oštećenja





Slika 26. Karte procentualnog oštećenja za: a- 10 god, b- 20 god., c-50 god., d-100 god., e-234 godine

lokalitet je u oblasti oštećenja od 12%. Najveće oštećenje je za proračunatih 234 godine i za tačku MT6 iznosi 65%, a arheološki lokaliteti su izloženi oštećenju od 18%. Od otkrivenih lokaliteta Terme su najviše ugrožene, jer su i najbliže i izvoru mikrovibracije, dok su Severna kapija i Mauzolej u većini sličajeva nešto manje izložene oštećenju pošto su udaljenije, mada Mauzolej ulazi u zonu povećanih vrednosti na zapadu.

ZAKLJUČAK

Prilikom izrade ovog rada težilo se određivanju kriterijuma za uticaj mikrovibracija na arheološki lokalitet Viminacijum. Na istražnom području postoji stalni izvor - termoelektrana Kostolac. Postojeći kriterijumi za ocenu štete izazvane na objektima se odnose na mikrovibracije čiji su izvori eksplozije. Osmatrane mikrovibracije koje su obrađene ovim radom, odlikuju se malim

amplitudama, ali dugim vremenskim periodom delovanja na arheološki lokalitet. Zbog toga nije bilo moguće koristiti postojeće kriterijume.

Da bi se došlo do relevantnog kriterijuma, primenjena je teorija o zamoru materijala, a korišćeni su podaci za zamor čelika, iako je on po svojim elastičnim svojstvima mnogo bolji od gore pomenutog materijala. Na osnovu vremena potrebnog da kod čelika dođe do loma, vršeni su proračuni za zamor materijala na arheološkom lokalitetu Viminacijum.

Na osnovu izvršenih proračuna i primenjenog postupka prezentovanom u ovom radu, dobijene su vrednosti za koji vremenski period ove stalne mikrovibracije malih inteziteta izazivaju pojavu trajnih deformacija na objektima arheološkog lokaliteta.

Mikrovibracije čiji je izvor termoelektrana smanjuju ovu granicu za 65% u periodu od 234 godine. Pored toga, definisane su i karte stepena oštećenja objekata u zoni arheološkog lokaliteta Viminacijum, za periode od 10 godina, 20 godina, 50 godina i 100 godina. Ovim radom je potvrđeno da da traženi kriterijumi mogu biti definisani i da je moguće izvršiti kvantitativnu analizu degradacionog uticaja mikrovibracija malih amplituda, ali dugog vremenskog trajanja.

LITERATURA

[1] Blake M P, 1964: "New Vibration Standards for Maintenance", Hydrocarbon Processing and Petroleum Refiner, Vol 43, #1, pp 111-114

[2] Domezet Ž, Krsilović-Opra L, 2006.: *Podloga za predavanja iz Metalnih konstrukcija i Konstruiranja*, Split

[3] <http://www.viminacium.org.rs>: 2006.

[4] Kuzeljević D, 2006.: "Analiza uticaja antropogenih mikrovibracija na arheološki lokalitet Viminacijum", Diplomski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.

[5] Rakić A, 2005.: *Seizmika miniranja*, Društvo inženjera i tehničara NIS-Naftagas, Novi Sad

[6] Rakić M, 1980: *Tumač za OGK, List "Bela Crkva"*, Savezni geološki zavod, Beograd

[7] Stojković M, 1983: *Istraživanja stacionarnih karakteristika mikrotremora i ekvivalentnih geoloških modela tla*, Doktorska disertacija, Skoplje.

[8] Topolac Ž, 1991: *Fizika*, DIP "Gradevinska knjiga", Beograd

[9] Trajković S, Slimak Š, Lutovac S, 2005: *Tehnika miniranja i potresa*, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

QUANTIFICATION OF DETERIORATING IMPACT OF THE THERMOELECTRIC PLANT DRMNO ON ARCHAEOLOGICAL SITE VIMINACIUM

In this paper is described the triaxial short time microtremor monitoring, and modelling of acquired data. Monitoring of microtremor is applied in purpose of quantification the degradation on Viminacijum archaeological site, caused by micro vibration generated from thermoelectric power plant Drmno. Spectral analyze and calculation of degradation degree in sense of fatigue of materials out of numerous cycles of dynamic load is based to ČN24 steel.



Slika 27. Uzorkovanje mikrotremora u zonama grobnih mesta na Viminaciju



UDK 727.5:902(497.11)
Izvorni naučni članak

Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT 44° 44' 09" / LONG 21° 12' 42"

ARHEOLOŠKI NAUČNO-ISTRAŽIVAČKI CENTAR – DOMUS SCIENTIARUM VIMINACIUM

APSTRAKT

Viminacijum je danas napoznatije i najposećenije arheološko nalazište u Srbiji.

Novoizgrađeni objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra "Domus Scientiarum Viminacium" je pokušaj da se ispune zahtevi arhitekture i arheologije, teorije i prakse, etike i isplativosti... i svi drugi zahtevi koji se postavljaju pred proces projektovanja novih objekata građenih na arheološkim nalazištima.

U ovakvoj situaciji projektant postavlja samom sebi mnoga pitanja. Koji je pravi način na koji se projektuje dobra arhitektura? Postoji li opšta arhitektura koju možemo pratiti u svakom vremenu, ili postoje samo opšta arhitektonska pravila? Šta znači voditi savremen život u antičkom ambijentu? Možemo li zamisliti sebe u prošlosti ako smo prisutni u objektu koji ima odlike arhitekture prošlosti?

Da li je jedino prihvatljivo rešenje za projektovanje ovih objekata arhitektonska asocijacija na objekte prošlosti, ili su želje onih koji će biti korisnici objekta najvažniji tragovi koje projektant treba da prati ne bi li izneo konačan projekat ovakvog objekta?

Da li postoje odgovori na bilo koje od ovih pitanja?

KLJUČNE REČI: ANTIKA, ANTIČKI AMBIJENT, ARHEOLOGIJA, ARHITEKTURA, CENTAR, DOMINANTA, DOMUS, PODZEMNA ARHITEKTURA, TURIZAM, VIMINACIUM

"That which I have above insisted upon as the life of the whole, that spirit which is given only by the hand and eye of the workman, never can be recalled. Another spirit may be given by another time..."¹

John Ruskin

¹ Ruskin 1849, 179; Džon Raskin ovde, u poglavlju The Lamp Of Memory govori o restauraciji i konzervaciji objekata, ali je ova njegova teza bitna i za izgradnju današnjih objekata na osnovu objekata prošlosti i jedna je od tema ovog rada.

UVOD

Arheološko nalazište Viminacijum je dugo bilo mesto koje su posećivali samo arheolozi i lokalno stanovništvo. Arheolozi su obavljali težak i naporan posao istraživanja onoga što bi im kazalo nešto više o ovom rimskom gradu i vojnem logoru. Lokalno stanovništvo je takođe obavljalo težak i naporan posao, vršenje poljoprivrednih radova, i rad u industriji površinskog rudarskog kopa.



Objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra iz vazduha (snimio dr Miomir Korać)

Pre nekoliko godina, Viminacijum je dobio i nove posetioce – turiste. Iako su turisti nešto što se podrazumeva kada je u pitanju ovako značajno kulturno-istorijsko mesto, mnogo vremena je trebalo da prođe da bi se nešto promenilo na Viminacijumu i dovelo turiste na ovo mesto. Prve promene su podrazumevale osnovno ifrastrukturno uređenje samog lokaliteta, a onda se zbog sve većeg broja turista i njihovog interesovanja, osetila potreba za svim ostalim ugodnostima koje su turistima potrebne, da bi uživali, odmorili se i naučili nešto više iz istorije ovog mesta. Posle turista, arheolozi su takođe osetili potrebu da sve ono što cele godine tokom istraživanja pronađu, mogu na jednom mestu i da prouče i prezentuju, a u isto vreme provedu svoje radno vreme u prijatnom ambijentu. Lokalno stanovništvo je svoju korist u svemu što se desilo takođe pronašlo, i nekada njihove jedine delatnosti, poljoprivrednu i rudarsku industriju, obogatio je turizam.

Domus Scientiarum Viminacium je posle pokrivanja istraženih arheoloških lokaliteta i izgradnje manjih uslužnih objekata, jedini novi objekat na ovom arheološkom nalazištu, koji polako obogaćuje turističku ponudu Viminacijuma i tako mu pomaže da postane ugledni primer drugim arheološkim nalazištima.



POLOŽAJ DOMUSA - VIMINACIUM

Viminacijum je bio najveći i najbogatiji rimski grad provincije Gornja Mezija, administrativni, vojni, trgovачki i proizvodni centar. Danas ovaj rimski grad leži najvećim delom ispod zemlje, blizu ušća reke Mlave u reku Dunav, 12 kilometara udaljen od Požarevca, u Srbiji.

Ostaci Viminacijuma se prostiru preko kultivisanih, obradivih površina, pored termoelektrane "Drmno" i površinskog kopa. Preko 13.500 grobova je iskopano i istraženo na Viminacijumu, pa su ga neki nazvali i "gradom mrtvih". Najveći deo nadzemne arhitekture je uništen tokom vekova. Danas možemo samo šetati i razgledati taj mali deo preostale nadzemne arhitekture i njene temelje, i grobove – podzemnu arhitekturu Viminacijuma.

Arheološki-naučno istraživački centar "Domus Scientiarum Viminacium" je projektovan u poljima Viminacijuma i postavljen na mesto gde će biti vidljiv sa dolazećeg puta koji vodi od ulaza u arheološki park do nekropole "Mauzolej", danas najposećenijeg mesta Viminacijuma i najbližeg suseda Domusa.

Ono što vidimo na Viminacijumu kada pogledamo oko sebe, osim termoelektrane i Domusa, su samo polja i tri pokrivena arheološka lokaliteta. Domus ima oblik koji je uskladen sa okruženjem i sa svojim dimenzijama izgleda kako da je uramljen u sliku povezanih polja oko njega. Na prostoru Viminacijuma gde nema mnogo vidljive antičke arhitekture, a gde je dominantna arhitektura objekat termoelektrane, trebalo je postaviti ovaj novi objekat, koji će tako imati konkureniju u veličini, ali ne i u obliku ili bilo kojoj drugoj temi kuće. Ipak, nije se smelo dozvoliti da novi objekat postane najbitnija građevina na Viminacijumu i uzme značaj i malim ostacima rimske arhitekture.

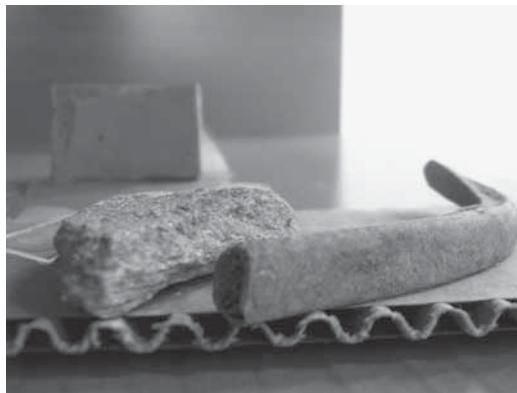
ARHITEKTURA I FUNKCIJA DOMUSA

Arhitektura Domusa ima antičku kompoziciju u osnovi, i objekat orijentiše ka unutra, sa intimnim ambijentima pogodnim za rad i odmor posetilaca. Objekat predstavlja kompleks koji se sastoji od devet nadzemnih krila sa četiri mala atrijuma. Krila i mali atrijumi su postavljeni oko jednog velikog atrijuma i tako zajedno čine modernu vilu rustiku. Nadzemni nivo se sastoji od četiri kaskadno postavljena podnivoa, međusobno povezana tremovima. Osim njih tu su i galerijski i potkovni prostori. Ispod centralnog dela objekta su smeštena dva podzemna nivoa.

Nadzemni prostori su projektovani za sestaj 95 turista i arheologa, njihovo istraživanje i odmor. Veliki atrijum može ugostiti koncert ili predstavu bilo koje vrste i primiti veliki broj posetilaca. Dva podzemna nivoa su projektovana za stalne i povremene postavke izložbi kopija i originalnih rimskih predmeta i arhitekture, kao i za



Objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra, prostorni modeli izgleda objekta iz vazduha i severne fasade, autor Uroš Tomašević, dipl.ing. arch.



Maketa – vežba postavke antičkih i savremenih materijala (autor Emilia Nikolić, dipl.ing.arh.)

prezentacije, predstave i predavanja.

Ukupna neto površina objekta je 3,107.97m². Njegove spoljne dimenzije su 65.73m x 60.25m. Devet krila nadzemnog nivoa sa potkovljem i galerijama su raspoređena na sledeći način:

- 1.administracija i smeštaj – ulaz i kancelarije sa smeštajnim jedinicama za turiste na osnovnom nivou i smeštajnim jedinicama za turiste u potkovlju,
- 2.smeštaj – smeštajne jedinice za studente,
- 3.odmor - spa centar sa bazenima

4. naučno-istraživački rad - laboratorije i radionice

5.izložbeni prostor – centralna nadzemna prostorija (veza sa podzemnim nivoima)

6.smeštaj – smeštajne jedinice za profesore

7.naučno-istraživački rad - biblioteka i čitaonica sa galerijom

8.smeštaj – smeštajne jedinice za arheologe

9.uslužno-ekonomski deo – trpezarija sa kafeom i galerijom, i kuhinja.

Dva podzemna nivoa sadrže sledeće funkcije:



Objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra - centralni atrijum (snimio dr Miomir Korać)

1.izložbeni prostor – prostor za kamene spomenike, fragmente arhitekture i skelete sa tehničkim prostorijama,

2.izložbeni prostor – prostor za keramiku, nakit, novac i sitne predmete, centralnu podzemnu prostoriju sa izloženom plastikom na zidovima i plafonom u mozaiku za konferencije, predavanja i predstave, prostor za audio-vizuelne predstave i prostor rampe sa freskama, sa tehničkim prostorijama.

na arheološkom nalazištu? Koja je mera te asocijacije, ili koja je mera prenošenja prošlosti?

Odgovora na bilo koje od ovih pitanja verovatno nema, jer, iako svaki period arhitekture ima svoje zajedničke principe, kanone i teorije, svaka naseobina je različita i nastala iz želja njenih stanovnika i onih koji su slučajno ili namerno došli na prazna polja i odlučili da na se na njemu nastane i izgrade sve ono što im je potrebno. Tako je i nastanak novog objekta na arheološkom nalazištu uslovjen današnjim ljudima i njihovim potrebama, za antikom ili za savremenim dobom.

Objekat arheološkog naučno-istraživačkog centra svoju funkciju duguje temama koje je nametnuo sam njegov položaj i današnji život i želje onih koji svoj rad obavljaju na Viminacijumu. Materijalizacija i oblikovanje, i sve ono što nazivamo arhitekturom u vizuelnom smislu, nastali su iz sakupljenih simbola antike i današnjeg doba, simbola koje svi razumeju i koji objektu daju smisao.

TEME I SIMBOLI DOMUSA

Kako se u projektovanju modernih objekata na arheološkom nalazištu osloniti na arhitekturu iz perioda života samog nalazišta, kad ona danas ne postoji? To je pitanje koje se postavilo kao prvo pitanje prilikom projektovanja na lokalitetu. Onda su ga, posle nekog vremena, zamenila druga pitanja. Da li se uopšte treba oslanjati na bilo koju arhitekturu prošlosti dok gradimo nove objekte? Da li su dovoljne samo asocijacije i podsećanja na prošlost ili je moguće i direktno prenošenje prošlosti u sadašnjost, da bi novi objekat postojao



Objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra - centralni atrijum (snimio dr Miomir Korać)

SIMBOLI DOMUSA

1. život i smrt

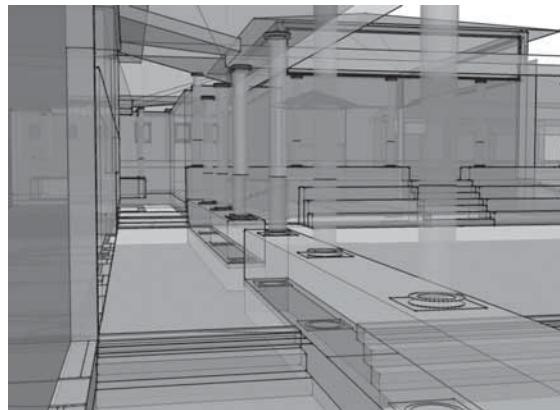
Domus je zamišljen kao živi objekat u "gradu mrtvih". Nadzemni delovi objekta su samo opna, živa membrana podzemnih prostora. Zemaljski život je kratak i mali u poređenju sa večnim zagrobnim životom.

2. svetlost i tama

Dodir prirodnog svetla je jedna od najvažnijih stvari kada se govori o podzemnim prostorima. On je važan za ljudsku psihologiju i ljudska osećanja. Delovi podzemnih objekata koji se ističu bi trebalo da imaju taj dodir. Ljudsko oko je onda prirodno okrenuto ka njima kao ka svetlosti u tami. Slika u niši centralne podzemne prostorije je osvetljena prirodnim svetлом koje dolazi sa padine, iz pravca "Mauzoleja", i prolazi kroz različite otvore u objektu. Svetlost, izlaz napolje, kraj tunela-rampe, kao izložbenog prostora za antičke freske, predstavlja ono čime smo privučeni, ali posle dolaska na vrh smo prisiljeni da se vratimo nazad, u "tamu". Ne možemo izaći koristeći naš prirodni put "najbliži svetlosti", već se moramo vratiti na mesto odakle smo krenuli, i izaći istim putem kojim smo ušli.



Podzemna rampa i hol - izložbeni prostor (snimila Emilija Nikolić)



Objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra, prostorni model centralnog trema (autor Emilija Nikolić, dipl.ing.arh.)

3. ponos i poniznost

Gledajući kroz otvore u zidu prvog podzemnog nivoa, radoznalo pokušavamo da vidimo šta se događa ispod nas u tom trenutku, ali jedini način da to uradimo je saginjanjem, na taj način poštujуći prošlost i one koji su na ovom svetu bili pre nas. U nadzemnim prostorima, uvek težimo da budeмо različiti i jedinstveni u društvu. U podzemnom svetu smo svi isti. U prostor, na najnižem nivou objekta, podzemnu centralnu prostoriju, dolazimo prolazeći kroz niži hodnik, a pogled na gore sa iznenadenjem je naša prva reakcija, Ova prostorija je simbol veličine i naše impresije tom veličinom.





Objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra, prostorni model centralnog atrijuma i centralnog trema (autor Uroš Tomašević, dipl.ing.arch.)

ZAKLJUČAK

Jedan od mogućih budućih poteza u povezivanju objekta sa svojom okolinom je podzemna veza Domusa i "Mauzoleja". Hodnici "Mauzoleja" sa grobnicama se mogu povezati sa izložbenim prostorima Domusa, i postati jednistvena izložba podzemnog antičkog sveta.

U proleće, Domus postaje dom za turiste koji dolaze da vide Viminacijum i njegovo okruženje, kao jedan od svojih pristana na putovanju Dunavom. Broj turista se leti povećava sa radionicama i letnjim školama. U jesen, studentske ekskurzije imaju jedan od svojih ciljnih mesta baš ovde, a ovdašnja zima je period za naučnike i poštovače nauke kojima treba mir i privatnost za svoj rad. Tokom cele godine, Domus je domaćin prezentacija, predavanja i mesto stalne izložbene postavke antičkog Viminacija.

Napor da se izgradi moderna kuća, sa modernim funkcijama, za moderan život, ali u antičkom ambijentu i sa antičkim podsećanjima, uvek praćen citatom sa početka ovog teksta, dao je rezultat u oblikovanju nadzemnog dela ovog objekta. Podzemni prostori su projektovani kao moderni i donekle kolosalni, ali samo kao domaćini izložbi antičkog života. Domus u sebi sadrži moderan život u antičkom ambijentu i antički život u modernom ambijentu, svaki na svom mestu. Bez sumnje, objekat će imati svoj sopstveni savremeni život, uvek poštujući prošlost.

BIBLIOGRAFIJA

Ruskin 1849

J.Ruskin, *The Seven Lamps Of Architecture*, John Wiley, 161 Broadway, New York, 1849.

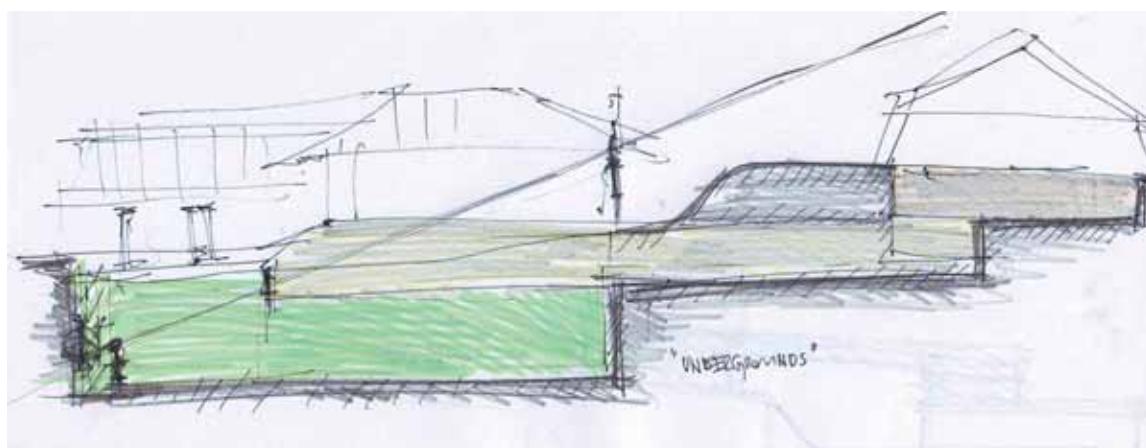
ARCHAEOLOGICAL SCIENTIFIC AND RESEARCH CENTRE – DOMUS SCIENTIARUM VIMINACIUM

Viminacium is the most popular and most visited archeological site in Serbia today.

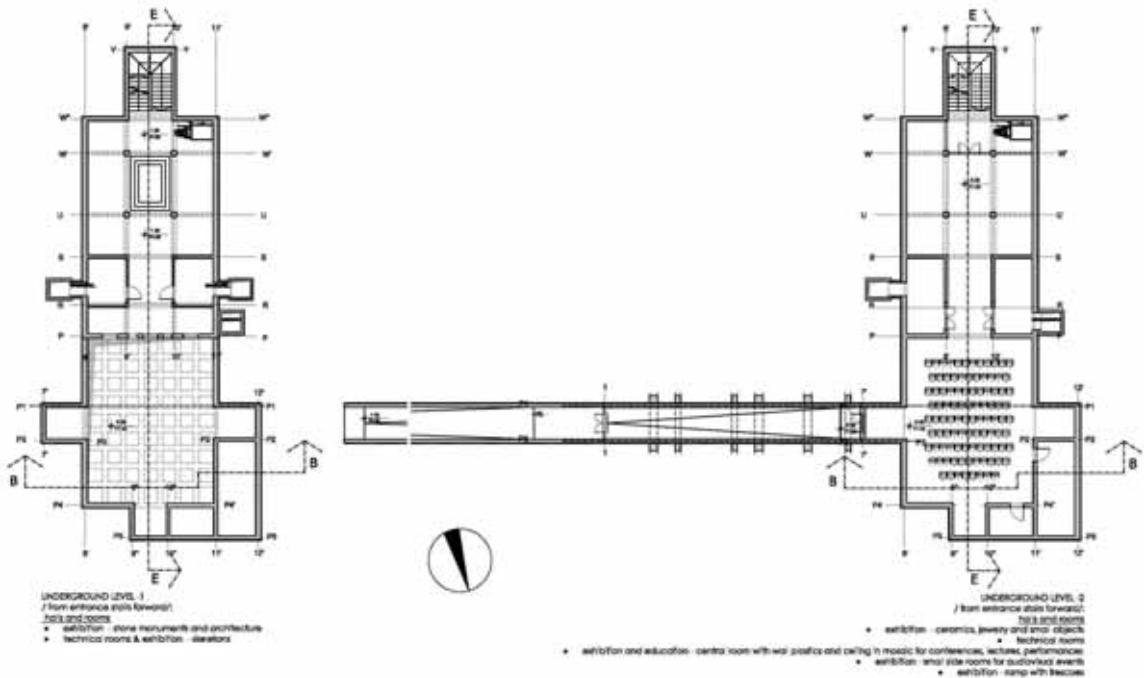
Newly built object of Archeological Scientific and Research Centre "Domus Scientiarum Viminacium" is an attempt to fulfill architectural and archeological, theoretical and practical, moral and payable... all the requirements, that are statined in design of new buildings built on archeological sites.

Designer has many questions to ask himself in the situation. What is the right way to design and is there an universal architecture that can be followed in any time, or only the universal architectural rules exist? What is modern life in an ancient ambient, and can we put ourselves in the past time, only by being present in a past-like building? Is the association the solution, or the aspires of those who will use the building are the most important clues in finding the best design for that building?

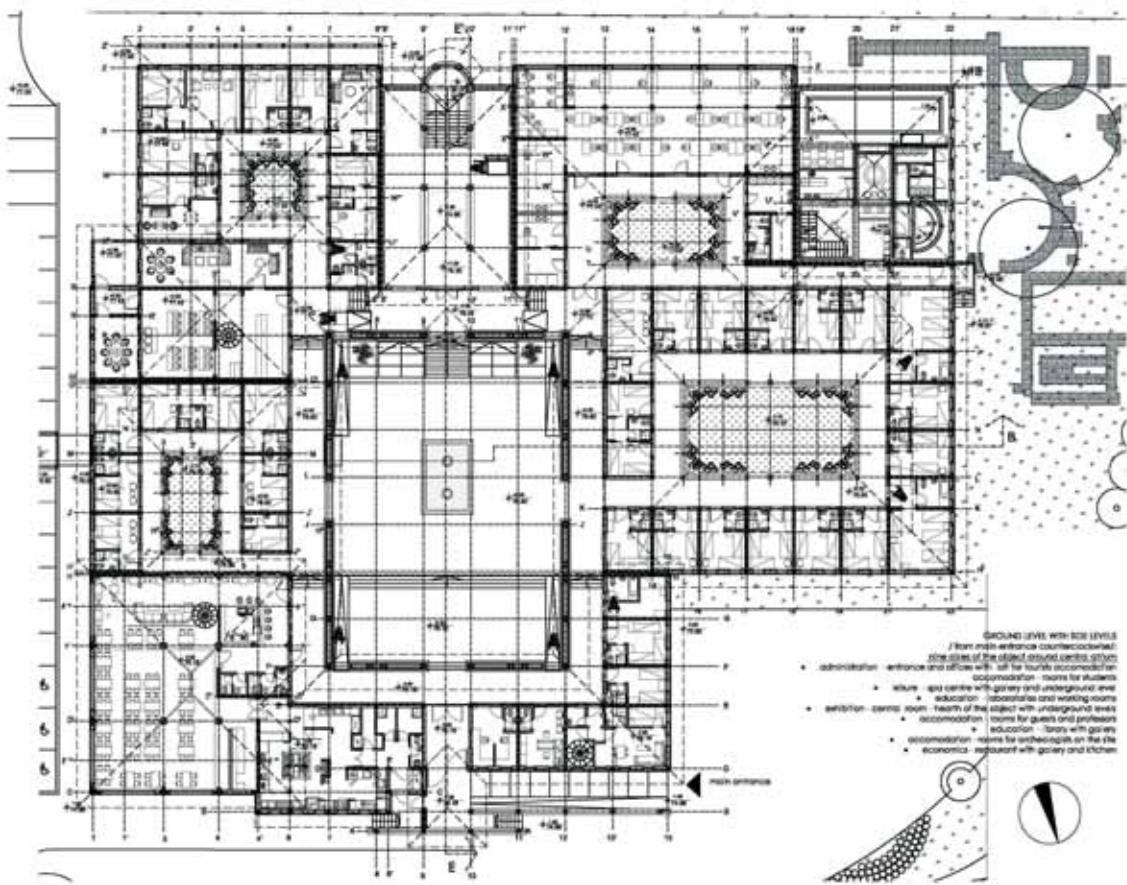
Are there answers on any of these questions?



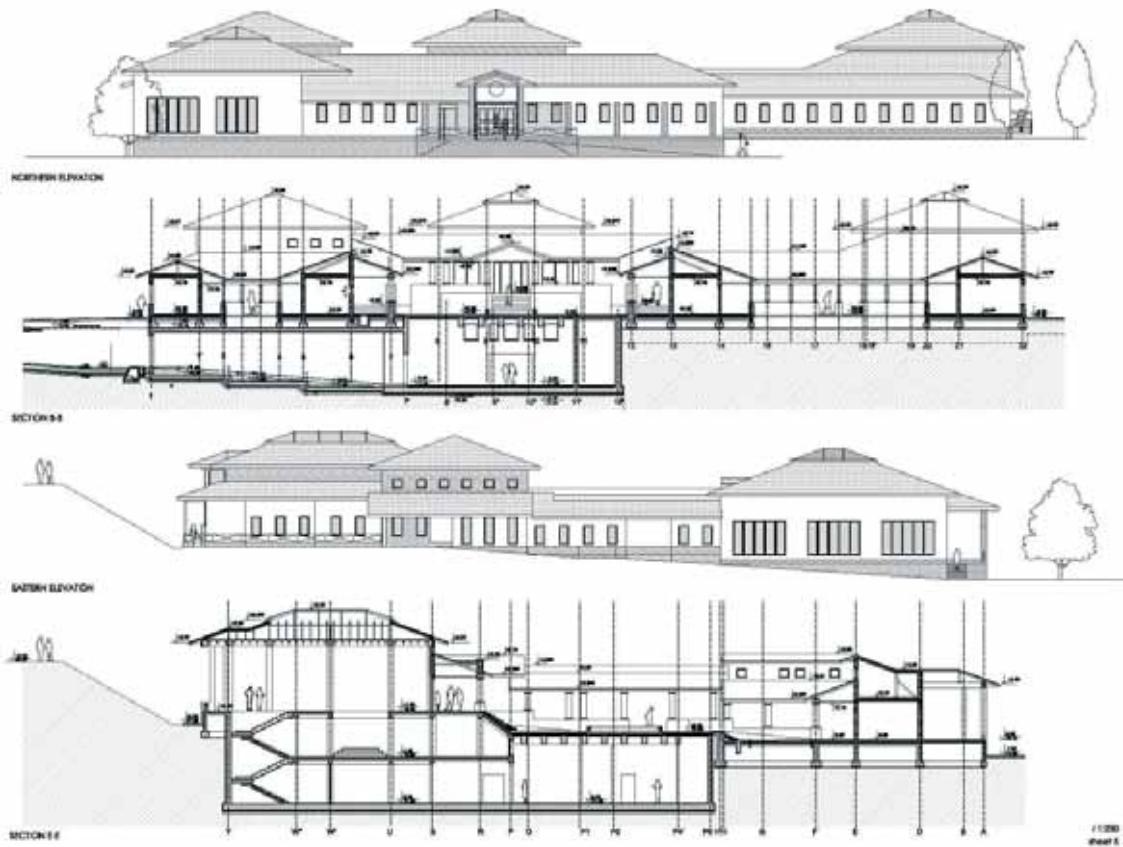
Objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra i „Mauzolej“, skica podzemne veze Domusa i Mauzoleja (autor Emilia Nikolić, dipl.ing. arch.)



Objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra,
arhitektonski crteži osnova podzemnih nivoa (autor Emilia Nikolić, dipl.ing.arh.)



Objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra,
arhitektonski crtež osnove nadzemnog nivoa – prizemlja (autor Emilia Nikolić, dipl.ing.arh.)



Objekat Arheološkog naučno-istraživačkog centra, arhitektonski
crteži podužnog i poprečnog preseka i severne i istočne fasade (autor Emilija Nikolić, dipl.ing.arh.)



Kasetirana tavanica centralne podzemne prostorije sa mozaikom (fotografija N. Mrđić)

Vanja Korać
Matematički institut SANU, Beograd,
vanja@mi.sanu.ac.rs

UDK 004.056.57
Izvorni naučni članak

PREVENCIJA ŠIRENJA VIRUSA KROZ AUTORUN FUNKCIJU OPERATIVNOG SISTEMA

U ovom tekstu govori se o širenju virusa sa sistema na usb flash uređaj i sa usb flash uređaja na sistem, korišćenjem sigurnosnog propusta tj. nebezbedne Autorun funkcije operativnog sistema Microsoft Windows XP, i načinu prevencije tog širenja. To je ujedno i najrasprostranjeniji način širenja virusa. U radu je predstavljena tehnika kojom se eliminiše ovaj vid Autorun.inf pretnje.

KLJUČNE REČI : AUTORUN.INF, AUTORUN ZAŠTITA, AUTORUN VIRUS, USB VIRUS, USB ZAŠTITA, AUTORUN ZLO-NAMERNI KOD

UVOD

USB prenosni drajvovi su mali i lagani prenosni uređaji za transfer i pouzdano prenošenje podataka sa jedne lokacije-radne stanice na drugu. U ovom tekstu se pod USB prenosnim drajvovima (u daljem tekstu prenosni uređaj) podrazumevaju svi oni koji postaju eksterni uređaj za sistem (npr. USB eksterni hard diskovi, Usb flash drajvovi), osim eksternih optičkih uređaja (npr. Cd, DVD, Blu-ray, HD...). S obzirom da su to i najčešće korišćeni uređaji za prenos podataka, raste i mogućnost zaraze sistema i prenosa virusa na uređaj i sa njega. Pitanje koje se postavlja je kako se može uticati na prevenciju i smanjenje rizika zaraze sistema i samih prenosnih uređaja, dok se podaci prenose između sistema i prenosnog uređaja.

S obzirom da ne postoji nijedan program koji sto posto sprečava virusne napade (jer anti-virusne kompanije, nažalost, objavljuju zaštitu od

određenog virusa tek kad on dostigne neku kritičnu masu), ipak možemo da utičemo na smanjenje njihovog širenja. Širenje virusa se dešava na dva načina: snimanjem fajla koji sadrži zlonamerni kod, zajedno sa virusom, čime se sistem zaražava, i ako se ubaci prenosni uređaj u virusom zaraženi računar, čime se prenosni uređaj zaražava i time utiče na dalje širenje virusa na drugim računarima.

NAČIN ŠIRENJA ZARAZE

Šta se zapravo desi kada se ubaci prenosni uređaj u računar? Ukoliko je u sistemu uključena opcija Autorun i dvoklikne se na taj prenosni uređaj (koji na sebi ima zlonamerni kod zajedno sa virusnim fajlom koga poziva), sistem će se zaraziti, tako što će automatski biti izvršen zlonamerni kod (povezan sa virusom) koji se nalazi na prenosnom uređaju, kopirajući se na lokalne drajvove

računara kreirajući skrivene fajlove koji se zovu autorun.inf (koji pozivaju neki virusne fajlove) zajedno sa još nekim fajlovima tipa .exe ili dll (virusnim fajlovima). Time se osigurava da kopija virusa bude napravljena pri otvaranju lokalnog drajva tj. nekog drajva omogućujući dalje širenje virusa. Naravno ova pretnja nema uticaj samo na lokalne drajvove nego i na ostale prenosne uređaje i deljene uređaje na mreži.¹ Problem leži u činjenici da zlonamerni kod predstavlja zapravo modifikovan autorun.inf fajl koga Windows automatski izvršava. Smisao automatskog izvršenja je u tome da se automatski pokrene instalaciona skripta, ako je u pitanju instalacioni "setup" (npr. nakon ubacivanja instalacionog diska), ali nažalost modifikacijom autorun.inf koda omogućeno je i pokretanje nekog virusa. Na ovaj način se virusi lako i brzo šire i na taj način može doći do komprimacije svih računara na mreži, ugrožavajući informacioni sistem organizacije.

Da bi se to sprečilo potrebno je pronaći neku slabost ovog načina širenja virusa i sprečiti širenje kao i eliminisati sigurnosne pretnje. U dajjem tekstu biće prikazani neki od načina prevencije i prepoznavanja ovog tipa virusa. U svakom slučaju prevencija je svakako bolja od lečenja.

PREVENTIVNI METODI ZAŠTITE

Kako bi se obezbedilo preventivno sprečavanje navedenog načina širenja virusa neophodno je pratiti korake koji slede.

Prvo što se primenjuje je onemogućavanje (eng. "Disable") Autorun funkcije (kao i Autoplay) u operativnom sistemu. Ovaj postupak se izvodi izmenom parametara u "Registry bazi" čime se omogućuje najjednostavniji i najefikasniji način sigurnog isključenja autorun funkcije,² a to se postiže sa sledećim kodom:

```
REGEDIT4
[HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\
Microsoft\Windows NT\CurrentVersion\IniFile-
Mapping\Autorun.inf]
@="`@SYS:DoesNotExistAnyProblem"
```

Nick Brown je otkrio pomenuti kod koji je potrebno implementirati u Registry bazu.³ Postupak se izvodi na sledeći način: u fajl koga nazovemo autorun_disable.reg unesemo navedeni kod. Onaj ko izvršava fajl mora biti administrator sistema. Izvršimo desnim klikom nad fajлом autorun_disable.reg i odaberemo opciju "Merge". Prilikom izvršenja fajla potrebno je odgovoriti potvrđno na pitanje da li se želi dodati nova informacija u Registry bazu. Drugi način je ubacivanje koda iz Command prompta na sledeći način:

```
C:\reg add "HKEY_LOCAL_MACHINE\
SOFTWARE\Microsoft\Windows NT\Current-
Version\IniFileMapping\Autorun.inf" /ve /d @
SYS:DoesNotExistAnyProblem
```

Bilo koji od ova dva načina da smo odabrali za onemogućavanja Autorun funkcije, mora se restartovati računar. Ovim izmenama u Registry bazi postiže se cilj - a to je neprihvatanje ni jednog Autorun zahteva. Postupak onemogućavanja Autorun funkcije prikazan u ovom tekstu se odnosi na operativne sisteme Windows XP (Home i PRO verzije) kao i za Windows Vista (sve verzije).⁴ Naravno, posledica onemogućavanja Autorun funkcije je sledeća: na primer, kada se ubaci neki instalacioni disk u CD drajv ili DVD drajv, neće biti moguće automatsko pokretanje postupka instalacije, već se mora ručno kroz Windows explorer pokrenuti odgovarajući setup fajl.

Ova metoda je preporučena od strane CCIRC (Canadian Cyber Incident Response Centre), naročito za poslovna okruženja. Postoje i drugi način da se onemogući Autorun funkcija u operativnom sistemu ali jedini način koji se pokazao najefikasnijim je navedeni. Drugi načini onemogućavanja Autorun funkcije kao i njihove slabosti dati su u prilogu ovog rada.

Dodata na mera opreza sastoji se u kreiranju foldera autorun.inf na svim drajvovima na računaru, a posebno na prenosnim uređajima. Naravno, ni ovaj metod nije savršen, jer virus može da izbriše postojeći folder zamenivši ga sa zlonamernim kodom, ukoliko se to kreiranje ne izvrši na pravilan način. Time bi se takva zaštita onesposobila. Međutim kreirajući autorun.inf folder sa odgovarajućim dozvolama i pravima, dobi-

¹ National Cyber Alert System 2009

² Cert blogs, The Dangers of Windows AutoRun 2008

³ Brown 2007

⁴ Landesman 2008

jamo efikasniju zaštitu, istovremeno sprečavajući sposobnost virusa da obriše adekvatno zaštićen folder.

Da bi se ovaj postupak sproveo drajvovi u računaru kao i prenosni uređaji moraju biti NTFS formatirani jer se koriste specifične funkcije NTFS fajl sistema. Ukoliko uređaj poseduje fajl sistem FAT ili FAT32, preporuka je da se prvo sačuvaju ("backup") svi podaci sa prenosnog uređaja i da se zatim taj uređaj formatira kao NTFS.

Nakon te pripreme uraditi sledeće korake:

Kreirati novi folder u root direktorijuma prenosnog uređaja sa imenom "AUTORUN.INF"

Opciono: Preporuka je da se na prenosnom uređaju kreiraju još 4 foldera sa sledećim imenima: "SETUP" "RECYCLER" "RECYCLED" "RECYCLE". Razlog kreiranja ovih foldera leži u činjenici da se u zlonamernom kodu često koriste ova imena i nazivi u cilju maskiranja zlonamernog programa (virusa). Ova 4 foldera nije preporučljivo kreirati na sistemskom disku jer ih Windows OS takođe koristi u svrhu backup-a obrisanih fajlova.

Otvoriti command prompt (Start-Run-cmd) i otici u root direktorijum prenosnog uređaja.

Podesiti atribute za folder koji smo kreirali "AUTORUN.INF" sa sledećim komandama:

j:>attrib autorun.inf /s /d -a +s +r +h

Sledeći korak je podešavanje privilegija nad folderom i to na osnovu sledećih komandi:

j:>cacls autorun.inf /c /d administrators

Na pitanje "Are you sure (Y/N)?“ odgovoriti potvrđno sa "Y"

Na kraju je potrebno istestirati folder na brisanje, izmene, kopiranje otvaranja i kreiranje foldera. Ukoliko bilo koja od ovih funkcija ne može da se izvrši, realizacija ove dodatne zaštitne mere je uspešno implementirana.

Ova tehnika praktično sprečava izvršenje zlonamernog koda prouzrokovano virusom, čime se sprečava širenje virusa putem prenosnog uređaja, koristećenjem poznавања načina umnožавања samega virusa. Preporuka bi bila da se folder Autorun.inf kreira i na sve lokalne drajvove u sistemu na opisani način. Time bismo sprečili i potencijalne virusse da se "umnožavaju" na druge particije (sa i na), čak i ako pridružimo sistemu neki zaraženi prenosni uređaj. Naime, na njima je kreiran folder autorun.inf, pa zlonamerni program ne može da upiše novi autorun.inf fajl (odnosi se na virus Autorun tipa).

Time smo sistem zaštitali i sprečili dalje širenje ovog tipa virusa.

Postoje i besplatni programi koji mogu da obezbede zaštitu od širenja ovakvih tipova virusa. Neki od takvih programa su besplatni kao npr. program Autorun protector (zahteva prethodnu instalaciju minimum dotnetfx 2.0) ili Usb firewall.

Usb firewall sprečava automatsko izvršenje programa koji se poziva iz autorun.inf fajla prenosnog uređaja, obaveštavajući preko iskačućeg (eng. Pop-up) prozora o potencijalnoj autorun pretnji. U programu Autorun protector-u postoji mogućnost automatskog kreiranja autorun.inf folder-a za sve postojeće drajvove na računaru kao i indikator postojanja autorun.inf fajla koji može da predstavlja zlonamerni kod. Ovi programi su odlični, jer se mogu koristiti u zaštiti drugih prenosnih uređaja koji se priključuju na računar. Na taj način sprečavamo širenje zaraze.

Njihovo podešavanje, za razliku od command-nog, je veoma jednostavno kroz GUI interfejs. Krajnji rezultat je isti kao i kod prethodno navedenog postupka.

PRETPOSTAVKA ZARAZE

Ukoliko se desi da je USB prenosni drajv ubaćen u računar i posumnja se da je zaražen, u daljem tekstu sledi procedura uklanjanja pretnje-virusa i bez formatiranja prenosnog drajva. Veoma je bitno, da se brisanju autorun.inf fajla i virusnog fajla koga on poziva, pristupa iz command prompta. Takođe bitno je i napomenuti da bilo koje otvaranje Windows explorer-a, njegovo osvežavanje (Refresh), utiče na ponovno kreiranje autorun.inf fajla kao i pokretanje samog virusa. Razlog tome je što je virusni fajl sa zlonamernim kodom povezan sa mnogo instanci (events) windows explorer-a uključujući i npr.: OPEN, REFRESH... Potrebno je, u tom slučaju, prvo zatvoriti sve otvorene Windows explorer prozore, zatim pokrenuti skeniranje sa antivirusnim programom, pa onda manuelno eliminisati virus i sigurnosnu pretnju.

Naime, postoje dva načina eliminacije. U prvom slučaju zaražen je i sistem i prenosni uređaj. Drugi slučaj je kada sistem nije zaražen, ali se na prenosnom uređaju zlonamerni kod koji predstavlja potencijalnu pretnju.

Ukoliko je sistem zaražen učiniti sledeće:

1. Start - Run - ukucajte cmd
2. Ulogujte se na sumnjivi drajv (npr c: ili d: ili slovo koje je dobio usb prenosni uređaj)
3. Npr: c:\> dir /w /o /a /p (lista sve fajlove i foldere)
4. Ako se primeti autorun.inf fajl, u tom slučaju, potrebno je učiniti sledeće korake kada je u pitanju sistemska particija hard diska :

```
c:\>attrib -h -r -s -a c:\autorun.inf
C:\>del c:\autorun.inf
C:\>md c:\autorun.inf
c:\>attrib autorun.inf /s /d -a +s +r +h
c:\>cacls autorun.inf /c /d administrators
```

Postupak ponoviti za sve drajvove koje postoje na sistemu. Na taj način sprečavamo dalje širenje virusa.

Ukoliko je u pitanju zaražen USB prenosni drajv (npr. F:\>) :

```
F:\>attrib -h -r -s -a *.* (briše sve atribute fajlova koji se nalaze na zaraženom prenosnom drajvu, tako da se mogu videti svi skriveni i sistemske fajlove koje je virus sakrio).
```

Ukoliko postoji autorun.inf fajl, njega je potrebno obrisati takođe, kao i u prethodnom postupku.

Nakon brisanja, potrebno je i kreiranje bezbednog autorun.inf foldera, čime se sprečava širenje virusa kroz sistem, na sledeći način

```
F:\>del c:\autorun.inf
F:\>md c:\autorun.inf
F:\>attrib autorun.inf /s /d -a +s +r +h
F:\>cacls autorun.inf /c /d administrators
```

Nakon ovog postupka potrebno je izbrisati sve virusne fajlove koji su se pozivali iz autorun.inf fajla. Oni su se uglavnom nalazili u folderima Recycle, Recycler, Restore.⁵ To su fajlovi uglavnom sa .exe ili .bat ili .com ekstenzijom. Takođe, preporuka je da se sav sadržaj navedenih foldera izbriše.

Kada je virus onesposobljen brisanjem zlonamernog autorun.inf koda, ostaci virusa se mogu mogu obrisati i iz Windows explorera ("Folder Options" u Tools meniju Windows explorera), tako što se omogući prikazivanje skrivenih i sistemske fajlove i foldera.

ZAKLJUČAK

Ono što sledi iz svega do sada navedenog, a postavlja se kao krajnji cilj, odnosi se na primenu navedene tehnike kojom se eliminiše autorun.inf pretinja. Druge tehnike koje su prikazane u prilogu ovog rada mogu donekle da spreče izvršenje autorun.inf fajla na manje efikasniji način od predložene u radu. Efikasnost svakog rešenja se uglavom oslanja na svest kranjeg korisnika. Poslovne mreže mogu imati onemogućenu autorun funkciju , ali to ne znači da kranji korisnik ne može da klikne izvršnu datoteku koja u sebi sadrži zlonamerni kod ili virus. Preporuka je da se obezbede i preventivne mere bezbednosti kao npr. ograničavajući prava izvršenja, redovno ažuriranje Antivirusnog programa, podešavanja Firewall-a, kao i podizanje svesti o sigurnosnim pretnjama kod samih korisnika.

PRILOG 1

Ostali postupci Disable-ovanja Autorun funkcije.⁶

BRISANJE MOUNTPOINT2 REGISTRY KLJUČA

Jedan od načina da se spriči izvršenje autorun.inf fajla je brisanje „MountPoint2“ ključa iz Registry baze. Kada računar detektuje prenosni uređaj, on pristupa njegovom skeniranju tražeći autorun.inf fajlove. Pronađene vrednosti upisuje u „MountPoint2“ ključ Registry baze. Ovaj ključ sadrži sačuvane informacije o svakom uređaju koji je ikada bio priključen na računar.

Promena dozvole nad „MountPoint2“ ključu Registry baze, ima za cilj sprečavanje izvršenja autorun.inf fajla, čak i ako računar nije video prenosni uređaj ranije. Da bi se promenile dozvole za MountPoint2 ključ Registry baze, potrebno je izvršiti sledeće korake:

1. Pokrenuti "Regedit" (Start- Run-regedit)
2. Pronađe se: "HKEY_CURRENT_USER\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Explorer\MountPoints2;
3. Desni klik nad ključem "MountPoints2" i izabere se "permission";

4. Zatim se klikne na "Advance" i isključi se "Inherit from parent the permission entries that apply to child objects. Include these with entries explicitly defined here";

5. Klikne se na "Remove", pa "YES" i na kraj u "OK".

Iako je ovo rešenje efikasno, CCIRC (Canadian Cyber Incident Response Centre) ga ne preporučuje zbog nedovoljno raspoloživih informacija o tome šta MountPoint2 ključ Registry baze radi i koje to druge efekte može imati na operativni sistem.⁷ Pošto je u pitanju rad sa Registry bazom obavezna je procedura backup-ovanja Registry baze pre bilo kakve promene u njoj.

KORIŠĆENJE SHIFT KEY NA TASTATURI

Najjednostavniji način da se spreči izvršenje datoteke autorun.inf je dražanje "Shift" tastera na tastaturi, prilikom priklučivanja prenosnog uređaja na sistem. Nedostatak ovog pristupa je što bi korisnici zaboravili da slede ovu proceduru svaki put prilikom priklučivanja prenosnog uređaja. Ova procedura pogodna je ukoliko priklučujete svoj prenosni uređaj na neki bezbedan sistem, a niste u prilici da primenite neki od pomenutih metoda zaštite.

CCIRC ne preporučuje ovo rešenje zato što se oslanja isključivo na pamćenje krajnjeg korisnika. Ne predstavlja pouzdanu meru bezbednosti, posebno u poslovnom okruženju.

LITERATURA

PreciseSecurity 2008

PreciseSecurity - How to Enable Show Hidden Files and Folders, May 2008, <http://www.precisesecurity.com/tools-resources/troubleshooting/how-to-enable-show-hidden-files-and-folders/>

Landesman 2008

Mary Landesman, How to disable autorun, December 2008, <http://antivirus.about.com/od/securitytips/ht/autorun.htm>

National Cyber Alert System 2009

National Cyber Alert System, Technical Cyber Security Alert TA09-020A, Microsoft Windows Does Not Disable AutoRun Properly, January 20, 2009,

<http://www.us-cert.gov/cas/techalerts/TA09-020A.html>

Cert blogs, The Dangers of Windows

AutoRun 2008

Cert blogs, The Dangers of Windows AutoRun, http://www.cert.org/blogs/vuls/2008/04/the_dangers_of_windows_autorun.html

The Canadian Cyber Incident Response Centre 2008

The Canadian Cyber Incident Response Centre, Disabling Autorun,

<http://www.publicsafety.gc.ca/prg/em/ccirc/2008/tr08-004-eng.aspx>, Number: TR08-004, December 2008

Brown 2007

Nick Brown, Memory stick worms, <http://nickbrown-france.blogspot.com/2007/10/memory-stick-worms.html>

PREVENTING THE SPREAD OF THE VIRUS THROUGH THE AUTORUN FEATURE OF THE OPERATING SYSTEM

This paper discusses about the spread of the virus from system to the usb flash drive and from usb flash drive to the system, by using the security flaws of unsafe Autorun feature of Microsoft Windows XP and how to prevent the spread. This is the most common way of spreading the virus. In this paper is also presented the technique for eliminating this kind of threat type Autorun.inf.

KEYWORDS: AUTORUN.INF, AUTORUN PROTECTION, AUTORUN VIRUS, USB VIRUS, USB PROTECTION, AUTORUN MALWARE

⁷ The Canadian Cyber Incident Response Centre 2008

**UPUTSTVO AUTORIMA O NAČINU
PRIPREME ČLANKA
ZA ČASOPIS ARHEOLOGIJA I
PRIRODNE NAUKE (APN)**

Članci koji se predaju redakciji APN-a moraju biti opremljeni na standardni način.¹ Svaki tekst koji se predaje treba da sadrži: naslov; ime autora; naziv ustanove (afiliacija); sažetak (apstrakt); ključne reči; osnovni tekst; rezime; grafičke prilove sa listom ilustracija; bibliografiju; kontakt podatke.

1. Naslov treba da bude kratak i jasan, i da što vremije opiše sadržaj članka. U naslovu treba da se koriste reči prikladne za indeksiranje i pretraživanje. Ako takvih reči nema u naslovu, poželjno je da se naslovu pridoda podnaslov. Naslov se piše u petom ili šestom redu ispod gornje margine velikim masnim (bold) slovima veličine 14 (pts).

2. Autor ili autori članka treba da navedu svoje puno ime i prezime, (poželjno je da se navedu i srednja slova autora).

3. Autori treba da navedu zvaničan naziv i sedište ustanove u kojoj su zaposleni (afiliacija) ili naziv i sedište ustanove u kojoj su obavili istraživanja čije rezultate sada objavljuju. Kod složenih institucija navodi se ukupan naziv (na primer: Univerzitet u Beogradu, Filozofski fakultet, Odjeljenje za arheologiju, Beograd).

4. Sažetak (apstrakt) je kratak prikaz sadržaja članka (100-250 reči). Poželjno je da sadrže termine koji se često koriste za indeksiranje i pretraživanje članaka. Sažetak treba da pruži podatke o cilju istraživanja, metodi, rezultatima istraživanja i zaključku. Sažetke treba priložiti dvojezično (na jeziku rada, na engleskom ili nekom drugom jeziku raširene upotrebe). Za sažetke na stranim jezicima mora se obezbijeti kvalifikovana lektura, odnosno gramatička i pravopisna ispravnost.

¹ Akt o uređivanju naučnih časopisa Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije može se naći na sajtu Ministarstva: http://www.nauka.gov.rs/cir/images/stories/vesti/09-07-17/akt_o_uredjivanju-casopisa.pdf

5. Ključne reči treba da budu termini koji najbolje opisuju sadržaj članka za potrebe indeksiranja i pretraživanja. Treba ih navoditi na osnovu nekog međunarodnog izvora (popisa, rečnika, tezaurusa) koji je najšire prihvaćen, kao što je lista ključnih reči Web of Science. Broj ključnih reči ne treba da bude veći od 10.

6. Članci ne bi trebalo da prelaze dva autorska tabaka (32 strane), u formatu A4 uključujući napomene i ilustrativni deo. Tekst treba uraditi kompjuterski u fontu Times New Roman ili Arial (12 pts), MS Office Word 97 ili novijim, sa proredom 1,5 i marginama 2,50 cm. Osnovni tekst ne sme da sadrži ilustracije. One se predaju kao posebni fajlovi.

7. Rukopisi se predaju isključivo na srpskom jeziku u latiničnoj verziji pisma (sa podrškom Serbian (Latin)). Ukoliko autor želi da rad pisan na srpskom jeziku preda za štampu u verziji prevedenoj na engleski ili neki drugi jezik raširene upotrebe u međunarodnoj komunikaciji, dužan je da navede ime prevodioca, odnosno lektora koji je tekst priredio za štampu na stranom jeziku. Pored toga, radu pisanim na nekom od stranih jezika treba dodati apstrakt i rezime na srpskom jeziku. Reči, navodi i naslovi pisani na nekom od stranih jezika treba da budu napisani u svom izvornom obliku. Napomene mogu biti sastavni deo osnovnog teksta. Treba da sadrže manje važne podatke ili odgovarajuća objašnjenja. One nisu zamena za citiranu literaturu. (Poseban odjeljak ovog Uputstva govori o načinu citiranja koji treba primenjivati prilikom pisanja tekstova).

8. Rezime treba da sadrži isto što i sažetak, ali u proširenom obimu koji ne bi smeo da prelazi 1/10 obima osnovnog teksta. Posebno je poželjno da rezime bude u strukturalnom obliku.

9. Grafički prilozi (fotografije, table, skice, grafikoni itd.) treba da budu dati na jednoobrazan način. Skenirani prilozi treba priložiti u rezoluciji 600 dpi/inch u formatima TIFF, PSD ili JPG. Grafički prilozi se predaju kao posebna deo rada i ne treba da budu u sastavu osnovnog teksta. Naslovi i tekstualni sadržaji ilustrativnih priloga treba priložiti dvojezično (na jeziku rada, na engleskom ili nekom drugom jeziku raširene upotrebe).

10. Citirirana literatura obuhvata bibliografske izvore (članke, monografije itd.) i daje se u posebnom delu članka u vidu liste referenci. Literatura (bibliografija) je sastavni deo svakog naučnog rada, sa precizno navedenim bibliografskim jedinicama (referencama) koje su citirane. Literatura se navodi na dosledan način, redosledom koji zavisi od standarda navođenja u tekstu i koji je preciziran ovim uputstvom. Literatura se ispisuje na jeziku i pismu na kome je objavljena.

11. Sastavni delovi bibliografskih jedinica (autorska imena, naslov rada, izvor itd.) navode se u skladu sa usvojenom formom navođenja. Redakcija časopisa APN odlučila je da autori treba dosledno da primenjuju pravila citiranja i navođenja literature prema uzoru na sistem *Chicago - The Chicago Manual of Style*. Budući da ovaj sistem obuhvata dva načina citiranja (*humanities style i author-date system*), redakcija preporučuje upotrebu *author-date system* imajući u vidu pre svega jednostavnost primene.

U primerima koji slede navedene su najčeće citirane vrste referenci:

KNJIGE (MONOGRAFIJE)

1. Način citiranja i navođenja autorizovanih knjiga:

a. Jedan autor

Citat u tekstu: (Popović 2006, 21)

Način navođenja u bibliografiji: Popović, Ivana. 2006. *Roma aeterna inter Savum et Danubium*. Belgrade: Archaeological institute.

b. Dva autora

Citat u tekstu: (Vasić i Milošević 2000, 125)

Način navođenja u bibliografiji: Vasić, Miloje, i Gordana Milošević, *Mansio Idimuvum rimska poštanska i putna stanica kod Medveđe*. Beograd: Arheološki institut.

c. Tri i više autora

Citat u tekstu: (Petković et al. 2005, 129-131)

Način navođenja u literaturi: Petković, Sofija, Mira Ružić, Svetozar Jovanović, Marko Vuksan, i Zsuzsanna K. Zoffmann, *Roman and Medieval Necropolis in Ravna near Knjaževac*. 2005. Belgrade: Archaeological institute.

2. Način citiranja i navođenja autorizovanih knjiga sa pridodatim imenom urednika:

Citat u tekstu: (Jeremić 2009, 37)

Način navođenja u bibliografiji: Jeremić, Gordana. 2009. *Saldvm, Roman and Early Byzantine fortification*. Ed. Slaviša Perić. Belgrade: Archaeological institute.

3. Način citiranja i navođenja knjige u kojoj nije naznačen autor:

Citat u tekstu: (*Beautiful Australia*, 1978, 43)

Način navođenja u bibliografi: *Beautiful Australia*. 1978. Sydney: Golden Press.

4. Način istovremenog citiranja i navođenja više knjiga istog autora:

a. pisnih različitim pismom

Citat u tekstu: (Гавела 1974, 22; Gavela 1969, 45)

Način navođenja u bibliografiji:

Gavela, Branko. 1969. *Istorija umetnosti antičke Grčke*. Beograd: Naučna knjiga.

Гавела, Бранко. 1974. *Фидија*. Нови Сад: Матица српска.

b. pisanih iste godine

Citat u tekstu: (Dawkins 1996a; 1996b)

Način navođenja u bibliografiji:

Dawkins, Richard. 1996a. *Climbing Mount Improbale*. London: Viking.

Dawkins, Richard. 1996b. *River out of Eden*. London: Phoenix.

5. Način citiranja i navođenja poglavla ili odeljka u knjizi (zborniku radova):

Citat u tekstu: (Кондић 1994)

Način navođenja u bibliografiji: Кондић, Јелена. 1994. Рановизантијско сребро, у *Античко сребро у Србији*, ур. Ивана Поповић, 65-67.

Београд: Народни музеј.

6. Način citiranja i navođenja poglavlja iz knjiga koje su ranije već publikovane (kao primarni izvor):

Citat u tekstu: (Cicero 1986, 35)

Način navođenja u bibliografiji: Cicero, Quintus Tullius. 1986. Handbook on canvassing for the consulship. In *Rome: Late republic and principate*, edited by Walter Emil Kaegi Jr. And Peter White. Vol. 2 of *University of Chicago readings in western civilization*, ed. John Boyer and Julius Kirshner, 33-46. Chicago: University of Chicago Press. Originally published in Evelyn Shuckburgh, trans., *The letters of Cicero*, vol. 1 (London: George Bell & Sons, 1908).

7. Način citiranja i navođenja knjiga koje su objavljene u elektronskom obliku:

Citat u tekstu: (Kurland and Lerner 1987)

Način navođenja u bibliografiji: Kurland, Philip B., and Ralph Lerner, eds. 1987. *The founders' Constitution*. Chicago: University of Chicago Press: // press-pubs. Uchicago.edu/founders/.

ČLANCI IZ ŠTAMPANIH

I ELEKTRONSKIH ČASOPISA

8. Način citiranja i navođenja članka u štampanom časopisu:

Citat u tekstu: (Vasić 2004, 91, fig. 17)

Način navođenja u bibliografiji: Vasić, Miloje. 2004. Bronze railing from Mediana. *Starinar* LI-II-LIV: 79-109.

9. Način citiranja i navođenja članka u elektronskom časopisu:

Citat u tekstu: (Van Eijck 2009, 41)

Način navođenja u bibliografiji: Van Eijck, Daniel. 2009. Learning from simpler times. *Risk Management*, vol. 56, no. 1: 40-44. http://proquest.umi.com/. (pristupljeno 30. januar 2009).

DOKTORSKE DISERTACIJE I MAGISTARSKE TEZE

10. Način citiranja i navođenja doktorskih disertacija i magistarskih teza:

Citat u tekstu: (Ilić 2005, 25-32)

Način navođenja u bibliografiji: Ilić, Olivera. 2005. *Ranohrišćanski pokretni nalazi na području djeceze Dakije od IV do početka VII veka*. Magistarska teza. Univerzitet u Beogradu.

REFERATI I SAOPŠTENJA

SA NAUČNIH SKUPOVA

11. Način citiranja i navođenja objavljenog referata ili saopštenja pročitanog na naučnom skupu:

Citat u tekstu: (Vasić 2008, 69, fig. 3)

Način navođenja u bibliografiji: Vasić, Miloje. 2006. Stibadium in romuliana and Mediana. *Felix Romvliana 50 years of archaeological excavations*. Ed. Miloje Vasić. Felix Romvliana 50 years of archaeological excavations. Papers from the International Conference. October, 27th-29th 2003, Zaječar, Serbia. Belgrade: Institut of Archaeology, Committee on Archaeology of Serbian Academy of Sciences and Arts, i Zaječar: National Museum, 69-75.

12. Način citiranja i navođenja neobjavljenog referata ili saopštenja pročitanog na naučnom skupu:

Citat u tekstu: (Gavrilović 2004)

Način navođenja u bibliografiji: Gavrilović, Nadežda. 2004. *Interpretatio Romana* of Oriental Cults in Upper Moesia from I to IV century A.D. 10th Annual meeting of European Association of Archaeologists. September, 7th-12th 2004, Lyon, France.

POPULARNI MAGAZINI (ČASOPISI)

I NOVINSKI ČLANCI

13. Način citiranja i navođenja članka u popularnom magazinu:

Citat u tekstu: (Lang 2007, 111)

Način navođenja u bibliografiji: Lang, Karen. 2007. Priče iz močvara. *National Geographic Srbija*, decembar.

14. Način citiranja i navođenja novinskog članka:

Citat u tekstu: (Ђорђевић 2009)

Način navođenja u bibliografiji: Ђорђевић, Марија. 2009. Октобарски салон изван локалног догађaja. *Politika*, 01. септембар, одељак Култура, Београдско издање.

ELEKTRONSKЕ BAZE PODATAKA, WEB STRANE, KOMENTARI ITD.

15. Način citiranja i navođenja elektronske baze podataka (Naziv baze podataka. Adresa):

Citat u tekstu: (Pliny the Elder, Perseus Digital

Library)

Način navođenja u bibliografiji: Perseus Digital Library. <http://www.perseus.tufts.edu/>.

16. Način citiranja i navođenja dokumenata i podataka preuzetih sa Web strana institucija (Naziv institucije. Naziv dokumenta. Izdavač. Web site. Datum pristupa):

Citat u tekstu: (Evanston Public Library Board of Trustees)

Način navođenja u bibliografiji: Evanston Public Library Board of Trustees. Evanston Public Library strategic plan, 2000-2010: A decade of outreach. Evanston Public Library. <http://www.epl.org/library стратегички план-00.html>. (June 1, 2005).

17. Način citiranja i navođenja dokumenata i podataka preuzetih sa Web-site-a, sa naznačenim autorom (Prezime autora, Ime autora. Naziv teksta. Naziv početne strane. Web site. Datum pristupa):

Citat u tekstu: (Flavin)

Način navođenja u bibliografiji: Flavin, Richard. The Karanovo Zodiak. Twisted History. <http://www.flavinscorner.com/karanovo.htm>. (15.07.2009).

18. Način citiranja i navođenja dokumenata i podataka preuzetih iz Weblog-a (Ime i prezime korisnika. Naziv blog-a. Adresa:

Citat u tekstu: (Peter Pearson, The Becker-Posner Blog, komentar postavljen 06. marta 2006)

Način navođenja u bibliografiji: Becker-Posner blog, The. <http://www.becker-posner-blog.com/>.

12. Sve reference citirane u tekstu navode se po azbučnom (abecednom) ukoliko je tekst na engleskom ili nekom drugom jeziku) redosledu inicijala u prezimenu autora ili početnog slova u nazivu dela (ako autor ili urednik nisu naznačeni).

13. Prilikom predaje rukopisa za APN autor treba da navede i svoje kontakt podatke u posebnom fajlu: adresu ustanove u kojoj je zaposlen i svoju e-mail adresu. Ako ima više autora, navode se kontakt podaci samo prvog autora. Takođe autor je dužan da navede naziv i šifru projekta, odnosno naziv programa u okviru kojeg je članak nastao, kao i naziv institucije koja je finansirala projekat.

14. Radove pripremljene za štampu treba predati sekretaru redakcije. Pored kopije teksta u štampanoj verziji, rad treba dostaviti i u elektronskoj formi na CD-u.

- Štampana verzija rada treba da bude uređena na sledeći način: 1. naslov rada; 2. ime, srednje slovo i prezime autora; 3. afilijacija autora; 4. sažetak (apstrakt); 5. ključne reči; 6. osnovni tekst; 7. rezime; 8. bibliografija; 9. ilustrativni deo; 10. spisak ilustracija; 11. kontakt podaci (adresa ili e-mail);

- Digitalna verzija rada treba da sadrži više fajlova: 1. fajl u kome su sadržani prvih sedam delova rada (1. naslov rada; 2. ime, srednje slovo i prezime autora; 3. afilijacija autora; 4. sažetak (apstrakt); 5. ključne reči; 6. osnovni tekst); 2. fajl sa rezimeom rada; 3. fajl sa citiranom bibliografijom; 4. fajl sa ilustracijama; 5. fajl sa spiskom ilustracija (dvojezično); 6. fajl sa kontakt podacima.

Rukopisi će biti primljeni samo ukoliko su pisani i opremljeni u skladu sa navedenim pravilima. Ukoliko se autor ne složi sa zahtevima Redakcije, ne uvaži primedbe recenzenta, ili intervencije lektora, rad neće biti štampan. Izmene tekstova nakon dostavljenih recenzija nisu dozvoljene, osim ukoliko se odnose na primedbe recenzentata.

Dodatna objašnjena mogu se dobiti na telefon: 381 (0)11 2637 191 ili na e-mail adresi: o.ilic@ai.sanu.ac.rs.

Redakcija časopisa
ARHEOLOGIJA I PRIRODNE NAUKE

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

902/904

ARHEOLOGIJA i prirodne nauke =
Archaeology and Science / glavni i odgovorni
urednik Miomir Korać. - 2008, No. 4- . -
Beograd : Centar za nove tehnologije :
Arheološki institut, 2009- (Beograd :
DigitalArt). - 28 cm

ISSN 1452-7448 = Arheologija i prirodne
nauke
COBISS.SR-ID 136747788

αλπελο

