

Neinvazivne raziskave gomil, pomnikov starejše železne dobe pod Poštelo pri Mariboru

Non-invasive research of barrows, monuments of the Early Iron Age below Poštela near Maribor

Branko Mušič

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, Aškerčeva 2, 1000 Ljubljana
in Gearh d. o. o., Radvanjska 13, 2000 Maribor; brankomusic1@yahoo.com

Matija Črešnar

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, Aškerčeva 2, 1000 Ljubljana
in Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, Center za preventivno arheologijo, Poljanska 40, 1000 Ljubljana;
matija.cresnar@gmail.com

Igor Medarić

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, Aškerčeva 2, 1000 Ljubljana; igormedo@gmail.com

Barbara Horn

Gearh d. o. o., Radvanjska 13, 2000 Maribor; barbarahorn01@gmail.com

Izvleček: Gomile sodijo med najpomembnejše ostaline starejše železne dobe pri nas. Njihove pogosto izstopajoče lege in bogate najdbe, ki so (bile) v njih dostopne, so razlog, da raziskave gomil zasledimo že v najzgodnejšem obdobju razvoja arheologije pri nas, v drugi polovici 19. stoletja. A smisel prispevka ni obujati že znano o raziskavah iz preteklosti, temveč poskušati nakazati smeri raziskav v prihodnosti. Zato predstavljamo nekaj primerov sodobnih neinvazivnih raziskav gomil, pri katerih smo uporabili magnetno metodo in 2D električno upornostno tomografijo (ERT). Rezultate smo kombinirali in primerjali, na njihovi osnovi izvajali tudi 2D magnetno modeliranje, vse skupaj pa integrirali tudi s podatki zračnega laserskega skeniranja (ZLS). Novih podatkov, ki jih prinaša takšen pristop, je veliko, saj dovoljujejo tako detajlne analize posameznih gomil kot skupin gomil, kakršna je na primer severna skupina gomil na planoti Habakuk pod Poštelo.

Ključne besede: gomile, starejša železna doba, neinvazivne raziskave, arheološka geofizika, gradišče Poštela, severovzhodna Slovenija

Abstract: Barrows are among the most iconic remains from the Early Iron Age. Their outstanding locations and the rich archaeological finds they store(d) attracted attention early on and their excavations date back to the very beginnings of archaeological research in the region, to the second half of the 19th century. The aim of the article is not to reiterate past findings, but rather to outline the possibilities for future research. It presents a selection of case studies of non-invasive barrow investigations applying the geophysical magnetic method and 2D electrical resistivity tomography (ERT). The results were combined, compared and used for 2D magnetic modelling, and the new information integrated with the airborne laser scanning (ALS) data. In this way, we gained a new platform for studying individual barrows or groups of barrows, such as the northern barrow group on the Habakuk plateau below the Poštela hillfort.

Keywords: barrows, Early Iron Age, non-invasive research, archaeological geophysics, Poštela hillfort, north-eastern Slovenia

Uvod

V prazgodovinski arheologiji skorajda ni bolj emblematičnih ostalin kot so gomile. A gomile niso le arheološki pojem, saj so se zasidrale v našo krajino in postale eden najbolj razširjenih toponimov, ki ga lahko povezujemo s prisotnostjo arheoloških ostankov. Po poznavanju gričkov (*Hügel*), imenovanih gomile, je tako med drugim v imenu Centralne

komisije¹ na Kranjskem in Štajerskem povpraševal tudi Alfonz Müllner, ko je z vprašalnikom leta 1876 poizvedoval po poznanih arheoloških najdiščih (ob tem še: gradišče, groble itn.), da bi tako dopolnil poznavanje arheoloških najdišč na tem prostoru (Dular 2003, 29–30, sl. 9).

1 C. k. Centralna komisija za raziskovanje in varstvo umetnostnih in zgodovinskih spomenikov (*k. k. Central-Commission zur Erforschung und Erhaltung der kunst- und historischen Denkmale*). Več pri Dular 2003, 25–33.

Gomile iz starejše železne dobe bodisi posamezno bodisi v manjših ali večjih skupinah zaznamujejo kulturno krajino vse do današnjih dni. Ob tem pa je bila in je pogosto še dandanes bolj kot njihova velikost in oblika ter postavitev v prostoru zanimanja deležna njihova vsebina. Gre namreč za grobne spomenike, v katerih se lahko nahajajo tudi izjemne najdbe (npr. kovinsko napadalno in obrambno orožje, konjska oprava, kovinsko posodje, nakit itn.), s katerimi so bili pokopani pomembni posamezniki iz skupnosti starejše železne dobe. Prav ti izstopajoči grobovi so v zgodnjih letih razvoja arheologije v drugi polovici 19. in v začetku 20. stoletja gnali bolj ali manj podučene raziskovalce, da so »odpirali« grobnice in iskali dragocenosti, ki bi jih želel ta ali oni muzej odkupiti in postaviti v svoje vitrine (glej npr. Teržan 1990, 13–16; Dular 2003, 13–84).

Na srečo se je arheologija kot veda močno spremenila in iz antikvarske dejavnosti, katere smoter so bile predvsem najdbe, se je razvila znanost, ob tem pa so najdiščne okoliščine predmetov ter njihov lokalni, regionalni in nadregionalni kontekst postali prav tako ali še bolj pomembni kot posamezen predmet. Prav pri uveljavitvi takšnih študij in novih pogledov je brez dvoma izjemnega pomena delo jubilentke, prof. Bibe Teržan. Del teh raziskav je vezan na dolenjsko kulturno skupino starejše železne dobe (npr. Teržan 1976; ista 1985; ista 1994 itn.). Med najpomembnejše raziskave gomil na tem prostoru brez dvoma štejemo gomilo 48 pod železnodobnim centrom Cvinger nad Virom pri Stični, katere izkopavanja so bila zaključena že leta 1964. Pri obdelavi gradiva in njegovi monografski objavi, ki je sledila več desetletij kasneje in v mnogem odpira nove poglede na skupnosti starejše železne dobe na Dolenjskem, je imela pomembno vlogo prav B. Teržan (Gabrovec 2006; Gabrovec, Teržan 2008). Drugo jedro njenih raziskav je bila in je vzhodna Slovenija v času pozne bronaste in starejše železne dobe (npr. Teržan 1990; ista 1995; ista 1999; ista 2001 itn.). Med terenskimi raziskavami naj omenimo izkopavanja v letih 1980 in 1981 na arheološkem kompleksu Poštela pri Mariboru. Pri tem je bila ob sondah na nasipu gradišča in na dotlej slabo poznanem planem grobišču revizijsko izkopana tudi gomila 4 iz južne skupine gomil na Habakuku (Teržan 1990, 299–306, 308–321). V dolini, na Pivoli pod Poštelo, je leta 2006 vodila zaščitna izkopavanja gomile 13, ko se je pod njenim vodstvom že začela izrisovati smer nadaljnjih raziskav na tem najdišču in v njegovi okolici. Prvič so bile v sklopu teh raziskav pri izkopavanjih halštatskih gomil na Slovenskem uporabljene geofizikalne metode (georadarska, upornostna in magnetna metoda) (Teržan

et al. 2012; Teržan et al. 2015), ki so odtlej postale eno izmed pomembnejših orodij za vse nadaljnje raziskave na prazgodovinskih gomilnih grobiščih (glej npr. Črešnar et al. 2015).

Pri teh raziskavah smo sodelovali tudi soavtorji tega prispevka, ki smo tako imeli in imamo priložnost, da se učimo od velike raziskovalke in večne iskalke (arheoloških) resnic, ki se ni nikoli ustrašila novih izizivov in novih metod, ampak jih je po premisleku in skrbnem pregledu rezultatov, po načelu »zaupanje je v redu, preveriti je boljše«, sprejela in jih sprejema tudi dandanes. Spodnji poskus multidisciplinarnih raziskav gomil izpod Pošte, usmerjenih v njihovo neinvazivno raziskovanje s poudarkom na geofizikalnih prospekcijah, je mala zahvala, za vse kar smo in bomo od Vas prejeli, z Vašimi idejami, raziskavami in vzgledom ... Upamo, da Vam lahko s svojim delom vsaj delček tega tudi povrnemo.

Gomile pod Poštelo

Poštela pri Mariboru je eno izmed pomembnejših središč iz starejše železne dobe ne le na prostoru slovenskega Podravja, ampak tudi širše. Predstavlja del t. i. vzhodnohalštatskega kulturnega kroga, ki je zaobjemal domala ves panonski svet ter vzhodnoalpsko področje vključno. Povezanost Pošte s tem kulturnim prostorom podčrtujejo grobni ritual, način gradnje nagrobnih spomenikov oz. gomil, bogato okrašena keramika itn. Naselbina se nahaja na strateško izjemno dobro izbrani lokaciji s pregledom nad Dravskim poljem med Mariborom in Ptujem. Gre za obsežno naselje, utrjeno z mogočnim nasipom, v njeni notranjosti pa so še danes vidne številne naselbinske terase (glej npr. Mušič et al. 2015). A predmet pričujočega prispevka so gomile, ki so v več skupinah in posamično razporejene na obsežnem prostoru od planote Habakuk tik pod Poštelo preko Razvanja in Pivole do Spodnjih Hoč. Večina gomil na planoti Habakuk ni več povsem v prvotnem stanju, saj so bile številne bodisi izropane v daljni preteklosti bodisi bile izkopane v času zgodnjih raziskav, ki so se tukaj začele konec 19. stoletja. V dolini, kjer izstopajo vsaj na pogled odlično ohranjene gomile ob Botaničnem vrtu na Pivoli, pa so bile mnoge gomile poškodovane ali uničene ob gradnjah ali pri poljedelstvu. Kljub temu pa njihove raziskave venomer postrežejo z novostmi, ki dopolnijo sliko o skupnosti, ki je prebivala na Pošteli v času starejše železne dobe (Teržan 1990, 256–337; Strmčnik Gulič, Teržan 2004; Teržan et al. 2015).

Za analize tako podatkov zračnega laserskega snemanja (ZLS), imenovanega tudi lidar, kot geofizikalnih meritev so ključni predhodni podatki o tukajšnjih gomilah. Gre za zemljene strukture, praviloma okroglih oblik, v osrednjem delu katerih se nahajajo ostanki grobnih konstrukcij oz. grobnih kamer, približno kvadratnih oblik. Te so bile narejene iz lesa, ali pa iz lesa in obdane s kamnitim suhozidom. Kamnito je lahko bilo tudi poploščenje tal, pri čemer je tudi tla vsaj v nekaterih primerih prekrival lesen pod. Sklepamo lahko, da so imele kamre tudi lesen strop oz. streho, na kar kažejo npr. ostanki jam za sohe, odkriti v gomili 13 na Pivoli. V nekaterih gomilah se v osrednjem delu omenjajo tudi vkopi različnih velikosti, v katerih je lahko bila nasuta žganina s kostmi (Teržan 1990, 316–337; Strmčnik Gulič, Teržan 2004; Teržan et al. 2015).

V tovrstnih gomilah je bila običajno pokopana le ena oseba, a jih je včasih lahko bilo tudi več. Pri tem pa gre najverjetneje za spremstvo osrednjemu pokojniku, ob tem se lahko v grobovih nahajajo tudi ostanki žrtvovanih živali (npr. Grill, Wiltshke Schrotta 2013).

Med gomilami na Habakuku prevladujejo manjše in srednje velike gomile, precej večjih gomil pa se nahaja v dolini med Razvanjem in Pivolo. Posebno izstopajo monumentalna Kosova gomila v Razvanju, s premerom več kot 50 m, ter nekatere gomile v in ob Botaničnem vrtu na Pivoli. Ena takšnih je bila tudi t. i. Ipavčeva gomila. V premeru je merila 24 m, v višino pa 5 m. Prekrivala je grobno kamro skoraj kvadratne oblike, ki je merila 9,60 × 9,50 m, njeni zidovi pa so bili prvotno ohranjeni do višine 2 m. Dno kamre je bilo prav tako tlakovano s kamnitimi ploščami. Njena posebnost je bil tlakovani dohod oz. dromos, v dolžini 7,6 m in širini 5,7 m, ki je vodil do grobne kamre (Teržan 1990, 335–336). Med pošteljskimi gomilami predstavlja izjemo, a domnevamo, da ni bila edina te vrste.

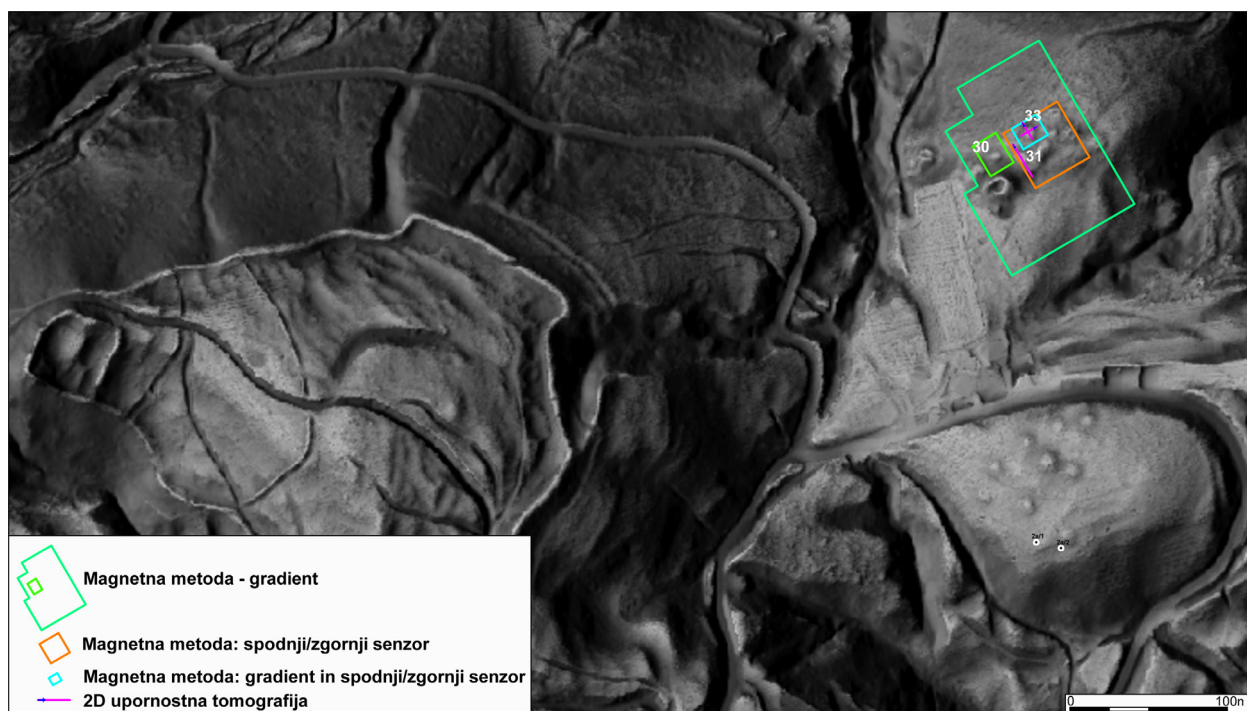
Raziskave gomilnih nekropol z vključevanjem neinvazivnih pristopov so dobile nov zagon z lidar-skim snemanjem, ki je bilo na širšem prostoru Pošte le opravljeno v letu 2009. Ne samo, da se je povečalo število gomil, prvič so bili opaženi tudi jarki, ki obdajajo vsako od gomil. Ob tem so se začele izdvajati tudi posamezne skupine gomil, ki se med seboj stikajo oz. delno prekrivajo in dajejo vtis ožje povezanosti v njih pokopanih oseb (Črešnar, Mlekuž 2014). Ob tem pa so se odprle tudi možnosti za celostno raziskavo prostora okoli Pošte le v smislu dojetja in oblikovanja krajine okoli najdišča ter postavljanja posameznih grobišč, posameznih gomil in poti v prostor (ista 2014).

Okoliščine so nam bile naklonjene in od leta 2011 smo s pomočjo različnih raziskovalnih projektov² poskušali Poštelo kar najboljše spoznati in nadgraditi obsežno znanje, ki je o najdišču že obstajalo. Ob tem pa smo v teh kompleksnem okolju prazgodovinskega najdišča preizkušali zmogljivosti in meje najsodobnejših geofizikalnih metod ter analitskih pristopov, ki so se ali pa se šele začenjajo uveljavljati v arheoloških terenskih raziskavah (npr. Mušič et al. 2015; Medarić et al. 2016). Nekatere izmed takšnih inovativnih pristopov, s katerimi smo se posvetili neinvazivnemu raziskovanju gomil in pri katerih smo integrirali rezultate različnih metod, predstavljamo v nadaljevanju.

Geofizikalne raziskave gomil pod Poštelo

Gomile predstavljajo za geofizikalne raziskave enega od zahtevnejših arheoloških objektov. Razlogi za to so njihova velikost, oblika s pogosto strmimi nakloni, raznolika sestava plašča in zakopani objekti. Vse to vpliva na spremenljivost in s tem nepredvidljivost njihovih fizikalnih lastnosti. V gozdnih območjih, kjer se nahaja večina poznanih ohranjenih gomilnih grobišč starejše železne dobe na Štajerskem, predstavlja poraščenost površine gomil še dodatno težavo za izvedbo meritev. Zaradi navedenih omejitvenih dejavnikov so bile za raziskave gomil v svetu uporabljene že skoraj vse geofizikalne metode: seizmična metoda (Vafidis et al. 1995; Tsokas et al. 1995; Forte, Pipan 2008), upornostna metoda na način kartiranja (Tonkov 1995; isti 2008; Teržan et al. 2012), upornostna tomografija (Papadopoulos et al. 2010; Mušič et al. 2015), georadarska metoda (Forte, Pipan 2008; Verdonck et al. 2009; Goodman et al. 2009; Mušič et al. 2014), nizkofrekvenčna elektromagnetna metoda (Bevan, Roosevelt 2003; Mušič et al. 2014) in magnetna metoda (Osten Woldenburg et al. 2002; Bevan, Roosevelt 2003; Smealova et al. 2008; Gorka, Fassbinder 2011; Mušič et al. 2015). Vsaka izmed uporabljenih metod se je v določenih okoliščinah izkazala za uspešno, univerzalne rešitve glede pristopa k raziskavam gomil pa (še) ni.

2 Raziskave so se začele v sklopu projekta *Tradicija in inovativnost v prazgodovini*, ki ga je vodila akad. zasl. prof. dr. Biba Teržan z Univerze v Ljubljani in so se nadaljevale s projektom ENTRANS (*Encounters and Transformations in Iron Age Europe*), ki ga je vodil prof. Ian Armit z Univerze v Bradfordu. Projekt je finančno podprl raziskovalni program HERA (www.heranet.info), ki so ga ustanovili AHRC, AKA, BMBF via PT-DLR, DASTI, ETAG, FCT, FNR, FNRS, FWF, FWO, HAZU, IRC, LMT, MHES, NWO, NCN, RANNÍS, RCN, VR in Evropska komisija v sklopu OP7 2007–2013, v programu Socialno-ekonomske znanosti in Humanistika.



Slika 1. Površine na gomilni nekropoli na Habakuku pod Poštelo, raziskane z magnetno metodo (*Geometrics G-858*) in 2D upornostno tomografijo (*ARES*).

V nadaljevanju predstavljamo najnovejše izsledke geofizikalnih raziskav na izbranih gomilah v sklopu nekropole na Habakuku pod Poštelo (sl. 1). Meritve z različnimi metodami smo uvajali postopoma in primerjali rezultate za iskanje ustreznih rešitev predvsem na področju obdelave rezultatov in združenih prikazov. Prve geofizikalne raziskave gomile z geofizikalno metodo v Sloveniji so se, kot rečeno, na pobudo prof. dr. B. Teržan začele v letu 2006 na gomili 13 na Pivoli. Ker je bila ta gomila nato raziskana še z arheološkimi izkopavanji, smo lahko s primerjavo rezultatov ugotovili dobro ujemanje izsledkov obeh pristopov (glej: Teržan et al. 2012; isti 2015). Zaključki te raziskave so predstavljali ustrezno izhodišče za nadaljnje geofizikalne raziskave tudi drugih gomil na Pivoli in Habakuku, čeprav so zelo raznolike okoliščine narekovele neprestano dopolnjevanje pristopa.

Dosedanje raziskave so pokazale, da je potrebno strategijo geofizikalnih raziskav uskladiti z velikostjo gomil. Razlogov za to je več in jih podrobneje razčlenjujemo v nadaljevanju prispevka. Gomile smo glede na njihovo velikost tako razdelili v tri skupine: nizke (do 1 m), srednje (od 1 do 3 m) in visoke (višje od 3 m) (glej Mušič et al. 2014).

Rezultati geofizikalnih raziskav v odnosu do arheoloških izkopavanj so bili na primeru nizkih gomil na Pivoli podrobneje razloženi drugje (glej: Teržan et al. 2007; isti 2012; isti 2015; Mušič et al. 2014).

Predstavljene raziskave gre torej razumeti kot nadaljevanje raziskav oz. poglobljanje v tematiko. Tokrat predstavljamo rezultate izsledkov raziskav v drugačnih okoliščinah, na dveh manjših (sl. 1: gomili 30 in 33) in eni srednje veliki gomili (sl. 1: 31) na Habakuku pod Poštelo. V ospredje postavljamo analizo rezultatov magnetne metode (*Geometrics G-858*) in 2D upornostne tomografije (*ARES*).

Zaradi raznolikosti gomil in posebnosti okolja, v katerem se nahajajo, so rezultati geofizikalnih raziskav na srednjih in visokih gomilah pogosto kompleksni in z različnim deležem raznovrstnih „šumov“, ki so v največji meri posledica sestave plašča gomil, ki odraža geološke posebnosti okolja, v katerem je bila gomila zgrajena.

Magnetna metoda

Magnetne lastnosti polnila obodnih jarkov gomil, ki se po mineralni sestavi le malo razlikujejo od naravne okolice, v katero so bili vkopani, so merljive s sodobnimi magnetometri. Na rezultatih magnetne metode zato največkrat prepoznamo le polnila obodnih jarkov gomile, ki so nastali pri ekstrakciji zemljine za nasipavanja plašča gomile. Ker gre za vkopano oz. negativno obliko se ta pogosto ohrani tudi takrat, ko je telo gomile že popolnoma izravnano z okolico. V takih primerih se način izvedbe in interpretacije rezultatov namreč ne razlikujeta od običajnih postopkov (Mušič et al. 2014). Zaradi razmeroma hitre izvedbe meritev oz.

pokrivanja velikih površin v kratkem času je magnetna metoda učinkovita predvsem za zamejevanje gomilnih nekropol izključno na podlagi prepoznavanja obodnih jarkov (glej npr. Osten Woldenburg et al. 2002; Czajlik et al. 2016).

Prve magnetne meritve na gomilah so bile izvedene že v 60. letih prejšnjega stoletja na najdiščih v Veliki Britaniji (Clark 1990) in v Turčiji (Goell 1969), vendar so bile precej neuspešne, predvsem zaradi slabše ločljivosti tedanjih magnetometrov. Prve uspešne raziskave za odkrivanja grobnic so bile objavljene šele konec 80. let (Morariu et al. 1989). Od takrat do danes je bilo na gomilnih grobiščih izvedenih veliko raziskav s pomočjo magnetne metode (glej npr. Lynott et al. 1997; Sarris et al. 2000; Osten Woldenburg et al. 2002; Smekalova et al. 2008; Gorka, Fassbinder 2011; Mušič et al. 2015). Natančnejših analiz in preverjanja uspešnosti magnetne metode na gomilah se je nasprotno lotilo le nekaj raziskovalcev (Tonkov 1995; Smekalova, Bevan 2002; Kis, Pusztai 2006; Osten Woldenburg et al. 2002; Ioane et al. 2009; Medarić, *v pripravi*). Predvsem Bruce Bevan in Tatjana Smekalova sta izvedla pomembne raziskave, pri katerih so bili natančneje analizirani vplivi plašča gomil z izdelovanjem 2D in 3D magnetnih modelov (Smekalova, Bevan 2002).

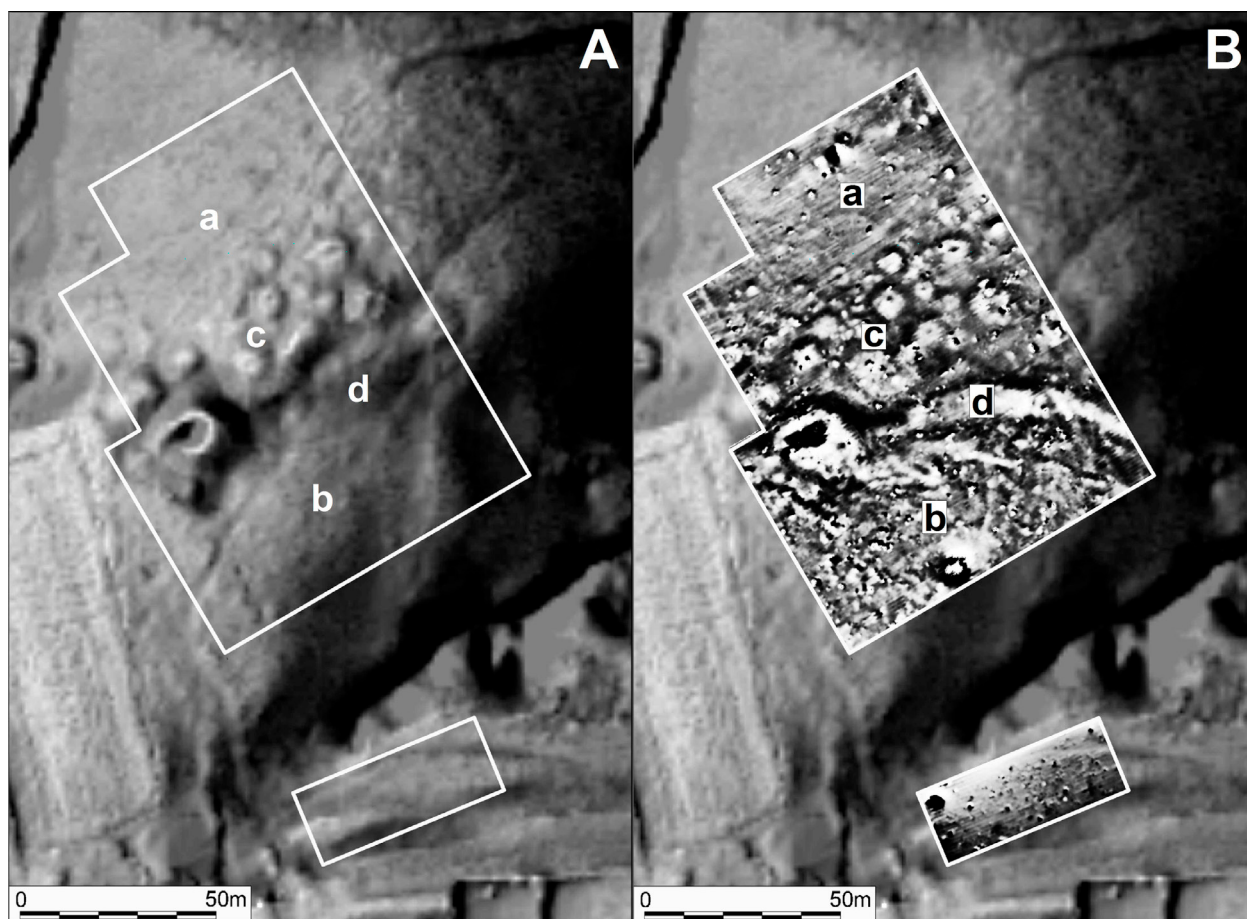
Čeprav je zaradi velikega razmerja med prostornino plašča in kamnitimi grobnimi kamrami pogosto težko prepoznati njihov magnetni učinek, je v nekaterih primerih vendarle mogoče opaziti anomalije, ki bi lahko kazale na zakrito vsebino gomil (npr. Bevan, Roosevelt 2003; Becker, Fassbinder 2001; Fassbinder et al. 2009; Gorka et al. 2011). Pri razlagi rezultatov magnetnih meritev je potrebna previdnost, saj lahko del anomalij povzroča že oblika gomile. Brez razumevanja učinka topografije lahko pridemo do preuranjenih zaključkov o arheoloških strukturah v osrednjem delu gomile. Zaradi tega je pri interpretaciji magnetograma nujna preverba vpliva topografije in sestave plašča na izmerjeno magnetno anomalijo. Vpliv se močno povečuje z naklonom gomile, manj z njeno višino, tako da je učinek mnogo bolj izrazit pri manjših gomilah s strmim naklonom (Smekalova, Bevan 2002; Bevan, Roosevelt 2003). Majhna višina gomil po drugi strani pomeni, da se potencialne grobne kamre in ostale grobne strukture nahajajo bližje površju. To pa povečuje možnost, da v primerih, kjer obstajajo zadostne razlike v susceptibilnosti med materialom v nasutju gomile in kamninskim materialom grobnih kamer s pomočjo magnetometra le-te dejansko prepoznamo.

V zadnjih letih je bil tudi pri nas narejen pomemben korak v tej smeri. Pomembne izkušnje smo

pridobili z analizo magnetnih meritev dveh gomil na gomilni nekropoli iz starejše železne dobe pri Kaptolu na severnih obronkih Požeške kotline, ki sta bili kasneje tudi arheološko raziskani (Medarić, *v pripravi*). Razprave o rezultatih magnetnih raziskav, ki sledijo, pogosto temeljijo tudi na teh spoznanjih in utirajo pot prepoznavanju kamnitih grobnih kamer v gomilah tudi na drugih gomilnih grobiščih. Pri tem izpostavljamo postopke 2D magnetnega modeliranja, ki predstavljajo inovativen in tudi v svetu še vedno zelo redko uporabljen pristop za posredno ugotavljanje sestave gomil.

Za magnetno raziskavo na gomilni nekropoli na Habakuku pod Poštelo (sl. 1) je pomemben podatek o relativno nizki magnetni susceptibilnosti amfibolitov, metamorfnih kamnin, ki gradijo vzhodni del mariborskega Pohorja (Žnidarčič, Mioč 1989; Rižnar 2012). Navidezna magnetna susceptibilnost vrhnjega dela močno preperelega amfibolita pod meljasto preperino debeline od nekaj dm do 1 m in več je največ $0,3 \times 10^{-3} \text{SI}$ (*Kappameter KT-5*). Najvišje srednje vrednosti magnetne susceptibilnosti meljaste preperine nad preperinsko skorjo amfibolitov pa so $0,35 \times 10^{-3} \text{SI}$. Tako majhna razlika v magnetni susceptibilnosti med talnimi različki in kamninskim materialom, iz katerega so bile zgrajene tudi grobne kamre v gomilah, ni dajala veliko upanja za njihovo prepoznavanje na magnetogramih (Mušič et al. 2015).

Kljub majhnih izmerjenih razlikah v magnetni susceptibilnosti med različki tal in preperino amfibolita so bili rezultati magnetnih meritev na gomilni nekropoli arheološko izpovedni. Celotno območje nekropole z bližnjo okolico smo najprej raziskali z gradientnimi meritvami (sl. 2–3) in na osrednjem delu nekropole meritve ponovili z uporabo baznega magnetometra za spremljavo časovnih sprememb Zemljinega magnetnega polja. Ta način meritev, ki se v primerjavi z rabo gradientnih meritev le redko uporablja pri arheoloških prospekcijah (glej npr. Tabbagh 2003, 75–81; Petronille et al. 2010, 141–150; Oh et al. 2008, 227–238; Sheriff et al. 2010, 49–60), omogoča beleženje sprememb v lokalnem magnetnem polju, izmerjenih na spodnjem in zgornjem senzorju ločeno (sl. 4: B in C). Od tega načina meritev smo na območju gomil pričakovali bolj realen vpogled v tlorisne oblike virov magnetnih anomalij zaradi prisotnosti kamnitih grobnih kamer. Gradientni način meritev namreč močno poudari magnetne vire plitvo pod površjem, kar pa je lahko v primeru gomil na Habakuku zaradi heterogene sestave plaščev gomil prej motnja oz. neželeni šum kot arheološko koristna informacija. Rezultati gradientnih meritev magnetnega polja so dali dobre rezultate glede



Slika 2. Habakuk pod Poštelu. Območje severnega dela gomilne nekropole, raziskano z magnetno metodo na gradientni način na podatkih ZLS (A) in magnetogram gradienta totalnega magnetnega polja (B). Magnetno "tiho" območje (a), območje s spremenljivo magnetno susceptibilnostjo vrhnjega sloja tal (b), osrednji del gomilne nekropole (c), širok pas močnejših magnetnih anomalij naravnega izvora (d) (prirejeno po Teržan et al. 2015).

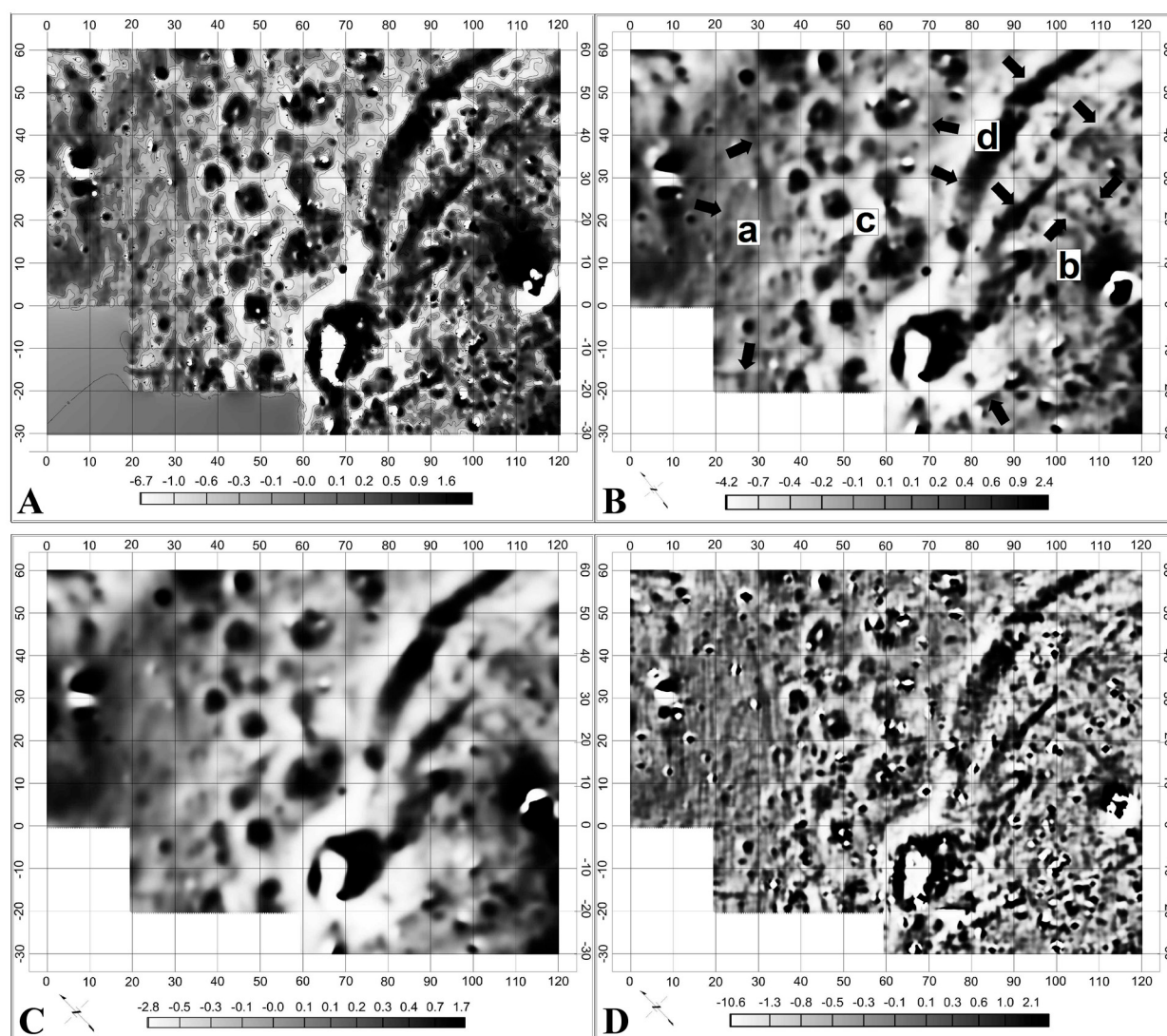
obodnih jarkov, ki so bili, kot že predstavljeno, prepoznani tudi pri analizi podatkov ZLS (Črešnar, Mlekuž 2014). Jarki so jasno vidni že na prikazih "surovih" vrednosti gradientnih meritev (sl. 2: B), še posebej na prikazih "surovih" vrednosti z izolinijami (sl. 3: A) in po uporabi transformacije podaljševanja magnetnih anomalij navzgor (*Upward continuation*) (sl. 3: B in C). Tudi glede prepoznavanja morebitnih kamnitih grobnih kamer v osrednjih delih gomil moramo primerjati rezultate različnih obdelav magnetogramov, pri čemer smo uvedli tudi izračunavanje vertikalnih derivatov, kar nekoliko poudari bočne spremembe v magnetnih anomalijah (sl. 3: D). Na ta način so bolj vidne tudi šibke, usmerjene magnetne anomalije. Za arheološko interpretacijo magnetogramov je torej potrebno upoštevati vse te prikaze. Pomembno je, da se ponekod dokaj jasno vidijo približno kvadratne oblike v osrednjih delih gomil. To kaže, da gre najverjetneje za magnetni odziv kamnitih grobnih kamer, a je pri takšni interpretaciji potrebna preudarnost. Takšne

oblike so lahko namreč tudi posledica načina izvajanja magnetnih meritev, oblike gomil, heterogene sestave plašča, kakor tudi raznolikih arheoloških ostankov v osrednjem delu gomile.

V sestavi gomil sicer pričakujemo tako vsebine grobov s termoremanentno magnetizacijo (keramične posode, železni pridatki, ožgana glina ali ostanki grmade), kakor tudi inducirano magnetizacijo kamnitih kamer. Le te lahko v primernih pogojih, kjer obstajajo določene razlike v magnetizaciji, prepoznamo s pomočjo natančnih meritev z občutljivimi magnetometri. Kjer ni drugih grobnih struktur, lahko npr. magnetne anomalije povzroči že grobna jama, ali kakšen drug vkop.

2D upornostna tomografija

Meritve upornosti temeljijo na dejstvu, da se električna prevodnost oz. upornost arheoloških objektov razlikuje od medija, v katerem se nahajajo. Na to v največji meri vplivajo dejavniki, ki kontrolirajo porazdelitev vlage z elektroliti oz. ionskimi spojinami v tleh. Ta



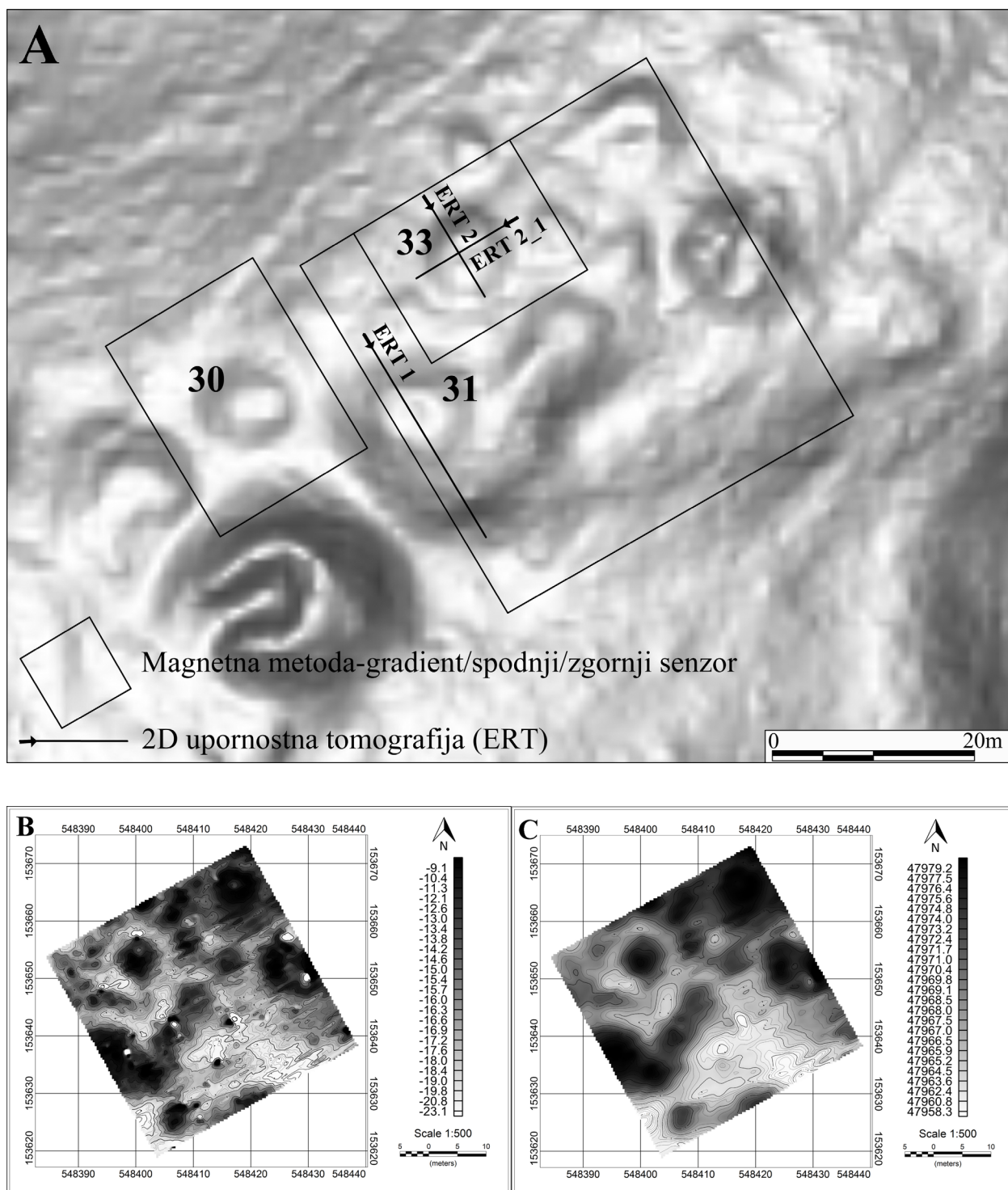
Slika 3. Habakuk pod Poštelo. Naprednejši postopki obdelave gradientnih meritev na severnem delu nekropole. Izmerjene vrednosti gradientnih meritev s spodnjim senzorjem ca. 0,3 m nad površino (A), podaljševanje magnetnih anomalij navzgor (*Upward continuation*) z magnetnimi anomalijami preračunanimi na višino 0,75 m (B) in 1,5 m (C), vertikalni derivati (*Vertical derivatives*) (D). Magnetno tiho območje (a), območje s spremenljivo magnetno susceptibilnostjo (b), osrednji del nekropole z magnetnim učinkom gomil in obodnih jarkov (c), širok pas relativno močnejših magnetnih anomalij naravnega izvora (d), poleg tega magnetno anomalnega pasu, puščice označujejo tudi druge šibkejšje usmerjene magnetne anomalije neznanega izvora (prirejeno po Teržan et al. 2015).

pa je odvisna od količine padavin, teksture, strukture in konsistence zemljišča oz. arheoloških plasti ter geoarheoloških značilnosti terena. Na podlagi značilnih razponov vrednosti upornosti določenih kamnin, sedimentov in drugih materialov lahko z ERT raziskavami podamo kvantitativno interpretacijo sestave podpovršja.

Rezultati meritev ERT predstavljajo 2D ali 3D psevdosekcije navideznih upornosti, prave porazdelitve upornosti podpovršja pa dobimo z modeliranjem izmerjenih psevdosekcij navidezne upornosti s pomočjo geofizikalne inverzije (Olayinka et al. 2000; Loke, Dahlin 2002; Athanasiou et al. 2007; Boonchaisuk et

al. 2008; Wilkinson et al. 2012), kjer z iterativnim postopkom izračunani model približujemo izmerjenim vrednostim navidezne upornosti.

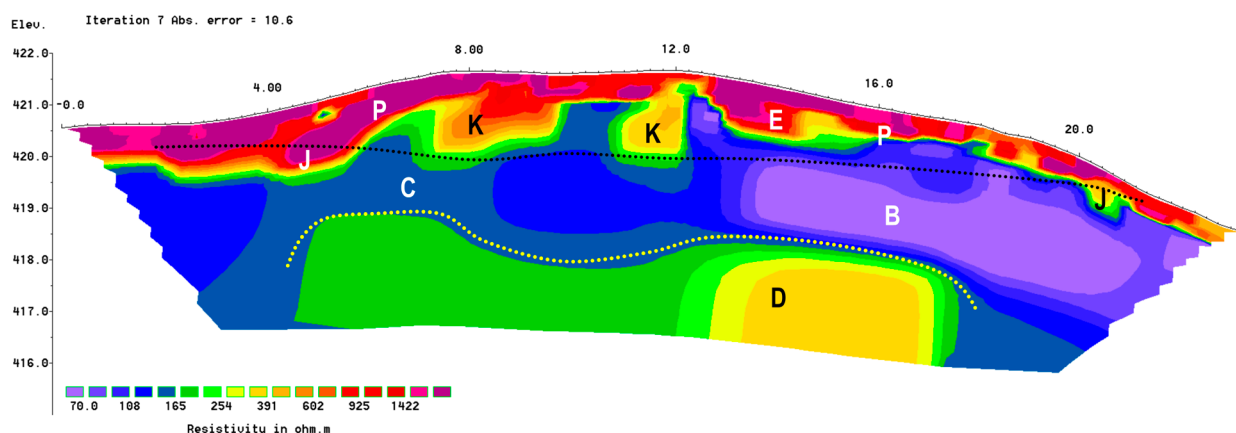
Rezultati inverzije predstavljajo končni 2D ali 3D model podpovršja s pravimi porazdelitvami vrednosti upornosti v prostoru, na podlagi katerih lahko sklepamo na sestavo podpovršja ter analiziramo tipe struktur arheoloških kulturnih plasti, in njihovo prostorsko razsežnost. Kvantitativna analiza ERT modelov prispeva tudi k razumevanju geoloških in geoarheoloških posebnosti arheoloških najdišč (Similox Tohon et al. 2004; Teixido 2013; Papadopoulos 2014; Mušič et al. 2015).



Slika 4. Habakuk pod Poštelo. Območje severnega dela gomilne nekropole, raziskane z magnetno metodo na gradientni način in ob uporabi baznega magnetometra (A). Označeni so tudi profili za 2D upornostno tomografijo na območju gomil 31 in 33. Rezultati meritev magnetnega polja na spodnjem (B) in zgornjem senzorju (C) z upoštevanjem korekcij dnevnih sprememb Zemljinega magnetnega polja (prirejeno po Medarič, *v pripravi*).

Metoda električne upornostne tomografije (ang. *Electrical Resistivity Tomography*, v nadaljevanju ERT) se že uspešno uporablja za raziskovanje gomilnih nekropol s kamnitimi grobnicami (Papadopoulos et al. 2010; Tsourlos et al. 2014).

Eni izmed najpomembnejših zadev pri načrtovanju raziskav sta izbira najustreznejše medelektrodne razvrstitve ter izbira optimalnih medelektrodnih razdalj pri razpoložljivem številu elektrod. Izbira najboljše elektrodne razvrstitve v danih pogojih je odvisna predvsem



Slika 5. Habakuk pod Poštelo, gomila 31. 2D ERT model za profil ERT 1, merjen z medelektrodnimi razdaljami 0,5 m in razvrstitvijo dvojni dipol. K – visokoupornostni ostanki kamnite grobne kamre (300–750 Ω m). E – podolgovata visokoupornostna oblika v plašču gomile vzhodno od kamre. P – zelo visokoupornostna sestava plašča gomile blizu površine (nad 1500 Ω m) ter nizkoupornostna sestava na globini, večji od pribl. 0,5 m pod površjem (60–150 Ω m). J – najverjetneje gre za obodni jarek gomile, ki je zapolnjen z višje- do visokoupornostnim materialom. B – drobnnozrnat material z večjo vsebnostjo vlage (do 100 Ω m). C – srednje vlažna preperina amfibolitne podlage (100–200 Ω m). D – višje upornostna, delno preperela amfibolitna geološka podlaga. Črna prekinjena linija predstavlja približen nivo površja, na katerem je bila zgrajena gomila.

od tipa preiskovane strukture, od občutljivosti merilnega sistema in od jakosti šumov v ozadju. Zaradi največje občutljivosti v spremembah upornosti v horizontalni smeri je razporeditev dvojnega dipola najprimernejša izbira za preiskovanje navpičnih struktur (obzidja, zidovi ...), *Wenner alfa* pa je zaradi boljše zaznave navpičnih sprememb v upornosti bolj primerna za preiskovanje vodoravnih sedimentov. Konfiguracija *Wenner-Schlumberger* je občutljiva tako na vodoravne kot navpične spremembe v upornosti in predstavlja kompromis med prej omenjenima. Medelektrodne razdalje določijo željeno ločljivost, pri čemer pomeni manjša razdalja med elektrodami boljšo ločljivost, hkrati pa pri znanem številu elektrod določijo tudi globino preiskav. Pri tem pa ne vplivajo na dolžino raziskave, saj lahko meritve profila nadaljujemo in spajamo s tehniko *roll-allong*.

V letu 2015 so bile na severnem delu gomilne nekropole na Habakuku pod Poštelo izvedene prve ERT meritve za potrebe (geo)arheoloških raziskav v Sloveniji. Na 2D upornostnih modelih profila merjenega s tremi različnimi elektrodnimi razvrstitvami (*dvojni dipol*, *Wenner alfa* in *Wenner-Schlumberger*), z elektrodnim razmikom 1 m, sta bila definirana višje upornostna amfibolitna geološka podlaga platoja z gomilami ter električno bolje prevoden gravitacijsko prenešen material (predvsem peščeni melj) oz. koluvij (glej Mušič et al. 2015).

Arheološko in geoarheološko izpovedni začetni rezultati prvih ERT meritev so dali elan za nadaljnje

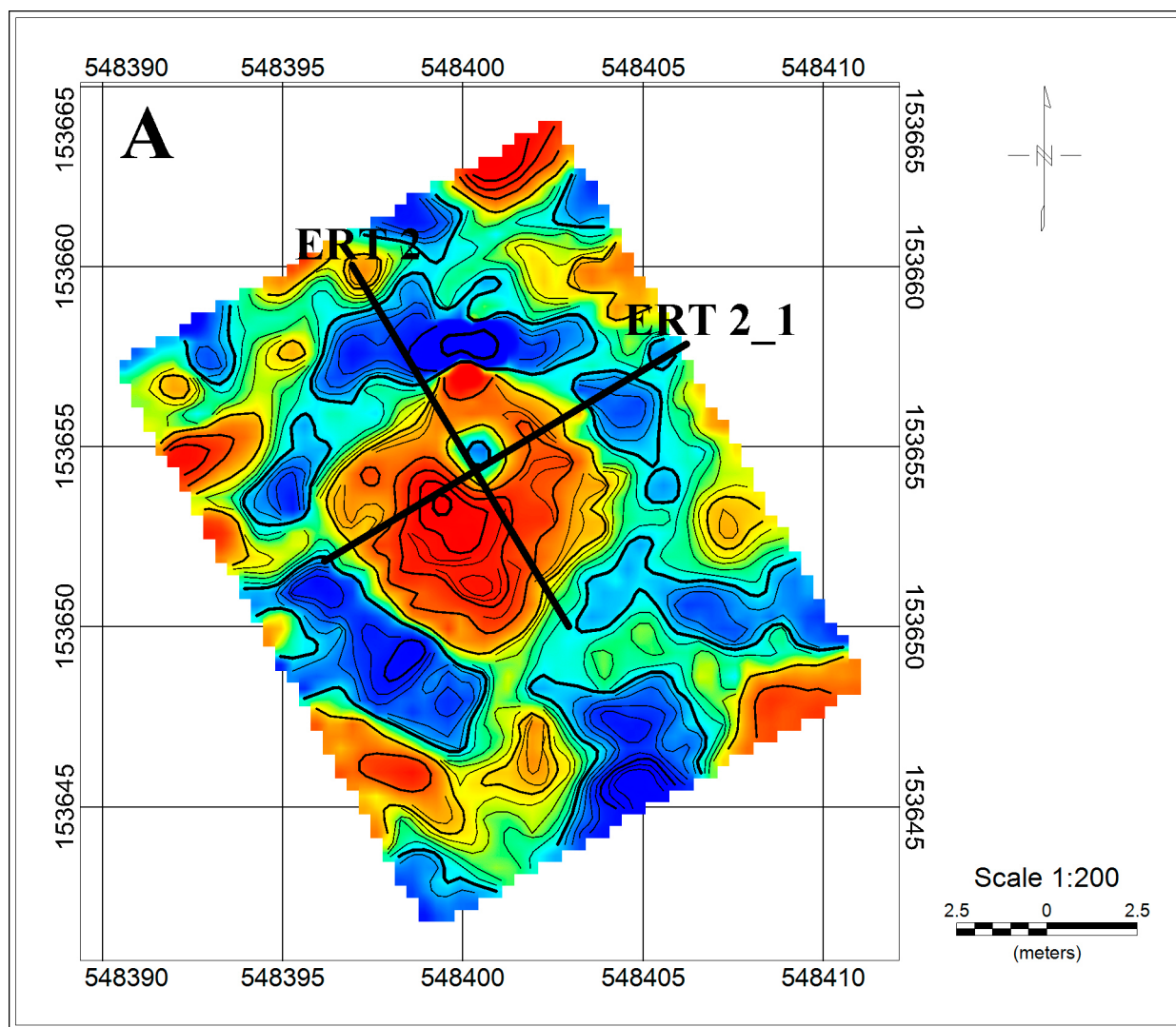
raziskave. Tako so bile z ERT metodo dvojnega dipola dodatno izmerjene štiri gomile na Habakuku in ena v Botaničnem vrtu na Pivoli. Na severnem delu gomilne nekropole na Habakuku smo z ERT metodo preiskali srednje visoko gomilo 31, kjer se začetek profila nahaja na nizki gomili 32, ter nizko gomilo 33 (sl. 4: A). Naj južnem delu iste nekropole smo z ERT metodo raziskali še gomili 4 in 6, pri čemer je bila gomila 4 predhodno arheološko že raziskana. V nadaljevanju predstavljamo del rezultatov teh meritev.³

Gomila 31

Ker se je predhodno med tremi preverjenimi elektrodnimi razvrstitvami, s katerimi smo razpolagali pri raziskovanju notranje strukture gomile 31 (sl. 4: A), elektrodna razvrstitev dvojnega dipola izkazala za najustreznejšo, smo v nadaljevanju za raziskave gomil uporabljali predvsem ta način meritev. S profilom ERT 1 (sl. 5) smo želeli nadalje s krajšo medelektrodno razdaljo (0,5 m) in s tem boljšo ločljivostjo dobiti podrobnejši vpogled v sestavo gomile 31.

V nadaljevanju podajamo 2D ERT model (sl. 5). Celice podpovršja modela so generirane po kvantitativnem pristopu na podlagi relativnih vrednostih občutljivosti celic modela.

³ 2D ERT modeli so zaradi različnih velikosti gomil in posledičnega usklajevanja medelektrodnih razmikov, dolžin profilov za dovolj velik horizontalni zajem ter hkrati zadostno ločljivost in globinski doseg za razpoložljivo število elektrod (48) merjeni z različnim številom elektrod in z različnimi medelektrodnimi razdaljami. Zato se dolžine profilov med seboj razlikujejo.

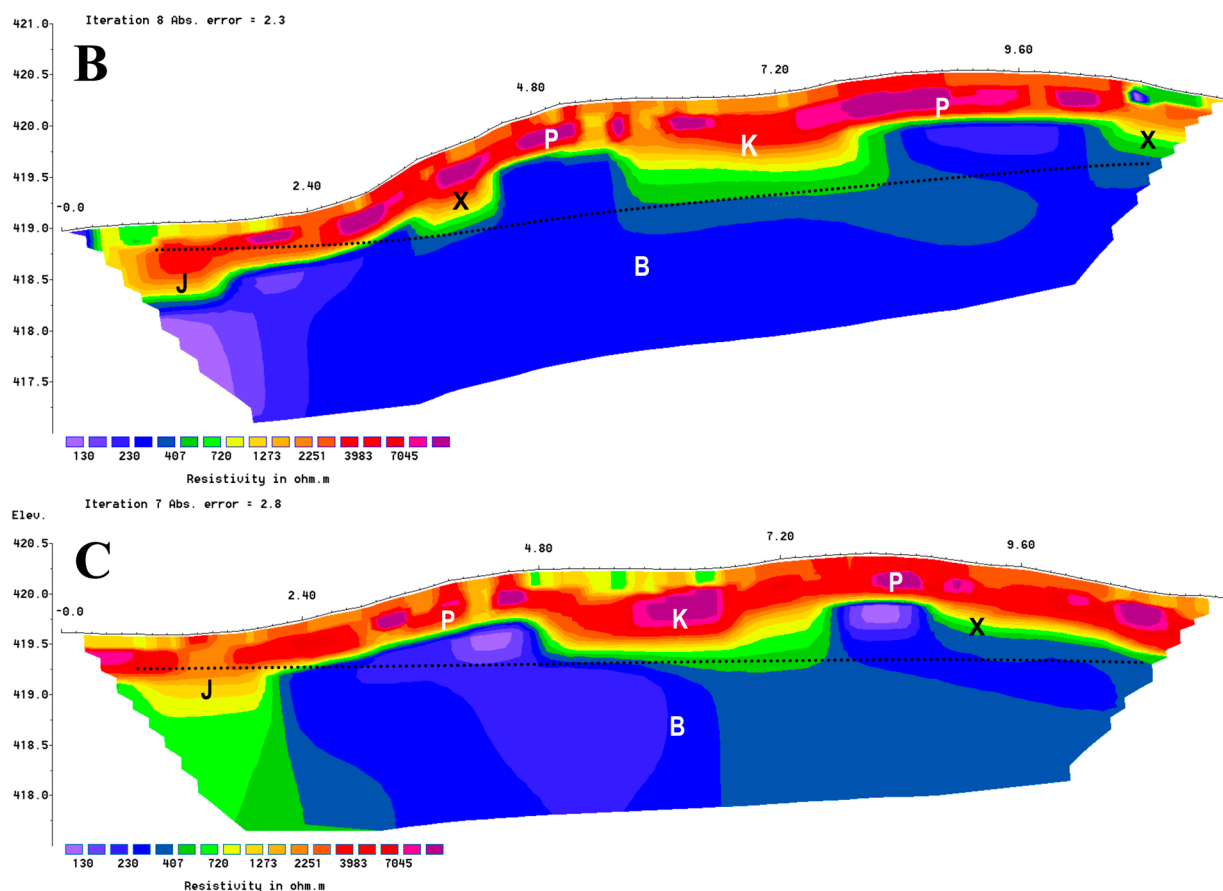


Slika 6 (zgoraj in na naslednji strani). Habakuk pod Poštelo, gomila 33. 2D ERT model profilov ERT 2 (zgoraj) in ERT 2_1 (spodaj), izmerjenih v pravokotnih smereh. K – zelo visokoupornostni ostanki kamnite grobne kamre (700–8000 Ωm). Najverjetneje se je strop kamre posedel, na kar sklepamo po vbočenem osrednjem delu gomile nad kamro, ki pa ne sovпада z manjšim vkopom v plašču gomile. P – visokoupornostni plašč gomile (nad 1000 Ωm) sega do 0,5 m pod površjem, nižje so vrednosti upornosti 150–400 Ωm . J – obodni jarek gomile, ki je bil kasneje zapolnjen z gravitacijsko prenešenim višjeupornostnim materialom plašča, po položaju ustreza magnetni anomaliji na mestu jarka. X – visokoupornostni kamniti strukturi širine 0,7 m in višine 0,3 m sta še nepojasneni. B – preperina amfibolita (200–700 Ωm). Črna prekinjena linija predstavlja približen nivo površja na katerem je bila zgrajena gomila.

Pri modelih boljše ločljivosti razločneje izstopijo visokoupornostne anomalije, ki ponazarjajo ostanke grobne kamre (sl. 5: K), od nižjeupornostne preperine amfibolita (sl. 5: B in C) nad višjeupornostno trdno amfibolitno podlago (sl. 5: D). Premer gomile 31 znaša okrog 18 m; kamra je glede na vrednosti upornosti (300–1000 Ωm) najbrž zgrajena iz lomljencev v suhozidni tehniki. Premer kamre v smeri ERT profila je pribl. 4,5 m, njena višina pa 1 m. Zelo visokoupornostna površinska plast nad kamro sega približno do globine 0,5 m. Kamra se nahaja v globinskem intervalu približno med 0,3 in 1,5 m pod površjem.

Gomila 33

Dva ERT profila (ERT 2 in ERT 2_1) dolžin 11,7 m, merjena v dveh med seboj pravokotnih smereh (slika 4: A), z medelektrodnimi razdaljami 0,3 m in elektrodno konfiguracijo dvojnega dipola, sta zelo dobro zamejila ostanke kamnite grobne kamre v osrednjem delu gomile premera približno 10 m. Na mestu grobne kamre so zelo visoke vrednosti upornosti (700–8000 Ωm). V smeri profila ERT 2 je domnevni premer kamre pribl. 2,5 m, v smeri profila ERT 2_1 pa 3 m. Višina ohranjenega dela kamre v obeh ERT profilih znaša pribl. 0,75 m (sl. 6). Vrednosti upornosti preperine



amfibolita v večjem delu podlage gomile 33 (200 Ω m; samo na skrajnem SV robu profila ERT 2_1 dosegaajo 700 Ω m) so podobne kot pri profilu ERT 1 na SZ strani gomile 31. To najverjetneje pomeni, da je na večjem območju SZ dela plašča relativno večji delež kamninskega drobirja preperine amfibolita, kar je bilo potrjeno tudi s plitvimi vrtinami, izvrtanimi za meritve magnetne susceptibilnosti na globinah 0–0,5 m in 0,5–1 m (Mušič et al. 2015).

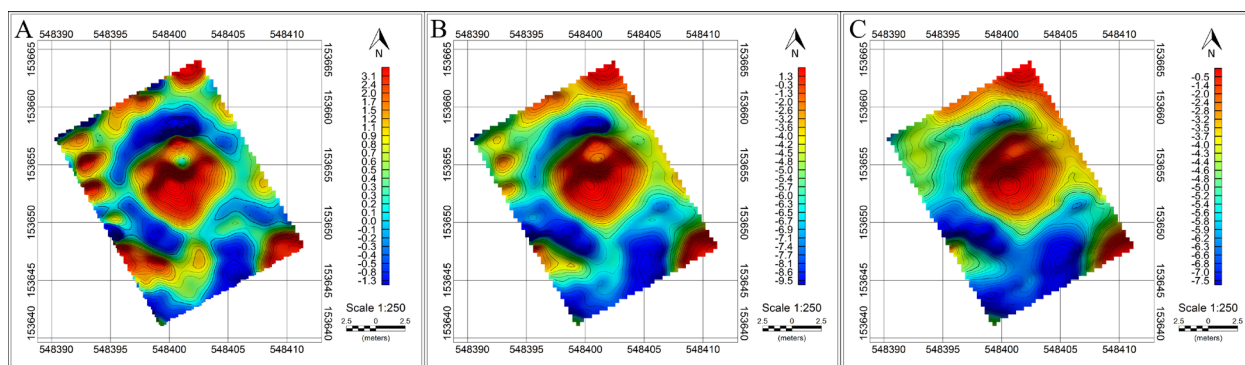
Gomila 33 s premerom približno 10 m tako najverjetneje vsebuje grobno kamro, narejeno iz lomljencev v suhozidni tehniki, višine 0,75 m, ki se nahaja v globinskem intervalu okrog 0,2–1 m pod površjem. Velikosti kamre ne moremo natančno določiti samo na podlagi dveh pravokotnih ERT profilov, katerih položaj glede na položaj kamre ni točno znan. Sicer velikost stranice kamre v gomili 33 ocenjujemo na pribl. 2,5 do 3 m.

Inovativni analitski postopki in integracija rezultatov geofizikalnih meritev

Kot kažejo zgoraj predstavljeni primeri, so že rezultati posameznih geofizikalnih metod, v kolikor so uporabljene s premislekom in v skladu z njihovimi zmožnostmi, izredno učinkovita orodja. Kljub temu

pa posamezne geofizikalne metode svoj največji potencial razvijejo šele, če jih medsebojno povezujemo oz. integriramo ter primerjamo, ob tem pa uporabimo tudi inovativne analitske pristope, kot je 2D magnetno modeliranje.

Na primeru nizke gomile 33 (sl. 4: A) lahko ilustriramo pomen primerjave rezultatov gradientnih magnetnih meritev ter meritev na spodnjem in zgornjem senzorju ločeno (sl. 7). V vseh treh primerih smo dobili skoraj identičen rezultat glede zaobljenega kvadratnega območja višjih magnetnih anomalij na osrednjem delu gomile. Podobno velja tudi za obodni jarek, ki je na vseh prikazih dobro viden na treh četrtinah oboda gomile. Na vzhodni strani, kjer je opazna prekinitev jarka, gre lahko tudi za magnetni učinek manjše sosednje gomile 35, ki je bila najverjetneje zgrajena kasneje, pri tem pa so posegli tudi v območje starejšega jarka gomile 33 (glej tudi sl. 11). To je najboljše vidno na rezultatih meritev na spodnjem in zgornjem senzorju. Na območju gomile so površinske oblike, med katerimi izstopa manjši, verjetno novodobni vkop, najboljše viden na gradientnih meritvah. Nekoliko slabše je prepoznaven na meritvah spodnjega senzorja, medtem ko je na rezultatih zgornjega senzorja ostal nezaznan. Poleg takšnih intervencij na gradientne meritve močno vplivajo tudi razlike v sestavi plašča gomile, zato je

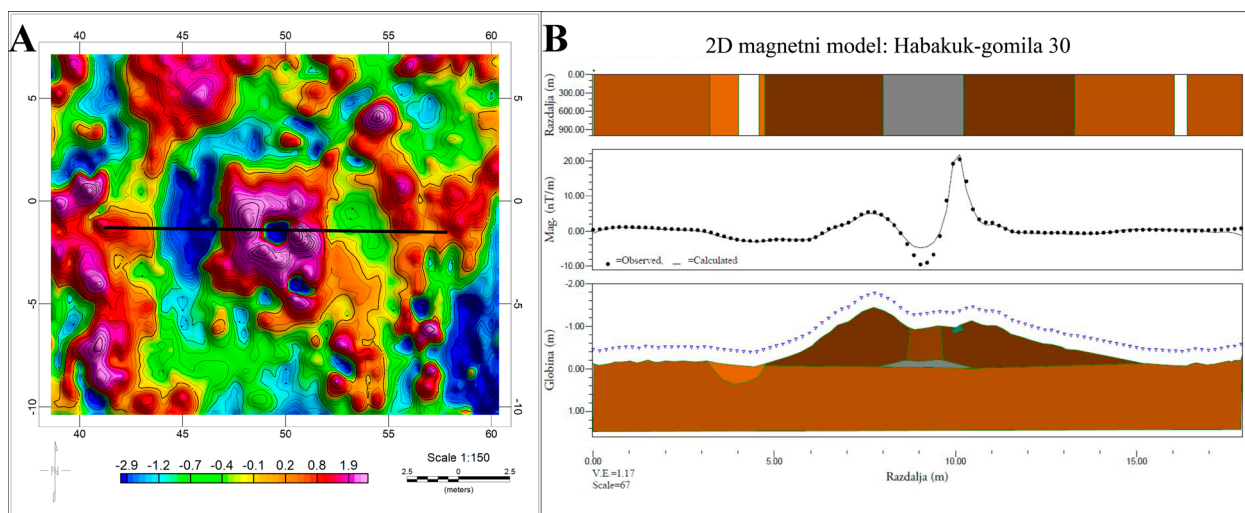


Slika 7. Habakuk pod Poštelo, gomila 33. Primerjava rezultatov magnetnih gradientnih meritev (A), meritev na spodnjem (B) in zgornjem senzorju (C) po uporabi glajenja z Gauss-ovim filtrom (prirejeno po Medarić, *v pripravi*).

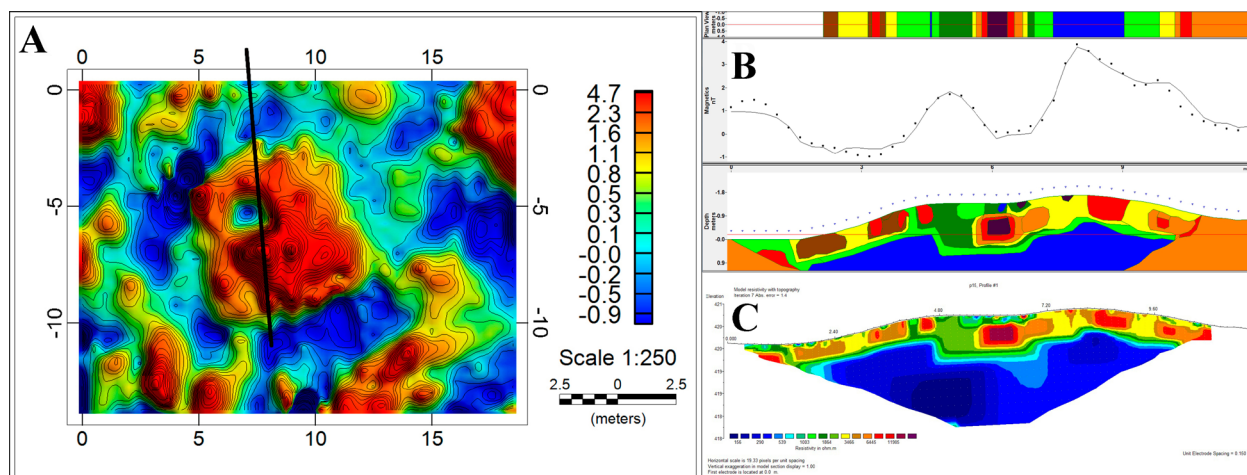
magnetna podoba gomile bolj razgibana. Na primeru gomile 33 je izpostavljen pomen natančnih analiz rezultatov magnetne metode, pri katerih je priporočljivo vedno upoštevati vse tri načine meritev razlik v lokalnem magnetnem polju (sl. 7). Le na takšen način lahko zaradi kompleksne zgradbe gomil in magnetnega učinka kasnejših intervencij pomembno prispevamo k relevantnosti arheološki rezultatov.

Kot izredno pomembno orodje za razumevanje in interpretacijo rezultatov magnetnih meritev oz. za ugotavljanje vsebine gomil se je pokazalo tudi 2D magnetno modeliranje. Pri tem lahko ustvarjamo poljubne predpostavljene situacije pod površjem, vendar vselej na podlagi različnih vnaprej določenih parametrov. Verodostojnost magnetnih modelov je odvisna predvsem od zanesljivosti vhodnih podatkov, kot so ocena magnetne susceptibilnosti za predpostavljene objekte ter njihova geometrija, velikost in globina, na kateri se nahajajo. Pri arheoloških raziskavah se je direktna

metoda z arheo-fizikalnimi modeli že precej uveljavila, čeprav uporaba še vedno ni v sorazmerju z njenimi možnostmi (Linford 1998; Neubauer, Eder Hinterleitner 1997; Darnet et al. 2004; Di Fiore, Chianese 2008; Milea et al. 2010; Medarić et al. 2011; Eppelbaum 2015; Bevan 2016; Medarić, *v pripravi*). Pri magnetni raziskavi gomil smo se osredotočili predvsem na ustvarjanje magnetnih modelov za oceno prisotnosti kamnitih grobnih kamer. Kot primer 2D magnetnega modeliranja predstavljamo nizko gomilo 30 (sl. 8), kjer je bil magnetni model narejen na podlagi ZLS topografije, površinskih znakov in predpostavljene vsebine gomile in obodnega jarka, ter magnetni model za gomilo 33 (sl. 9), kjer so bili za podlago uporabljeni tudi rezultati 2D upornostne tomografije. Pri slednjem smo v modelu ohranili upornostne oblike, ki smo jih interpretirali (npr. grobno kamro) in jim pripisali določene vrednosti magnetne susceptibilnosti na podlagi meritev kamnin in tal na Habakuku in v okolici.



Slika 8. Habakuk pod Poštelo, gomila 30. Magnetogram magnetnih gradientov (A) in rezultati 2D magnetnega modeliranja na podlagi ZLS topografije, površinskih znakov in predpostavljene vsebine gomile in obodnega jarka (B).



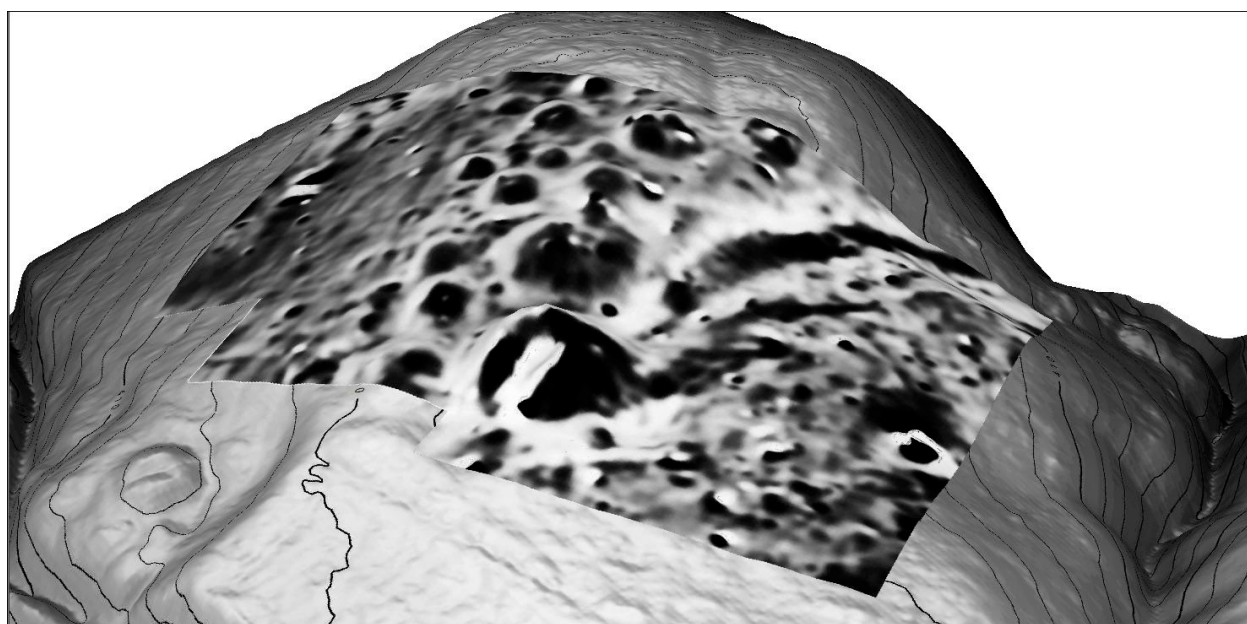
Slika 9. Habakuk pod Poštelo, gomila 33. Rezultati magnetne metode (A) in magnetnega modeliranja (B) na podlagi rezultatov 2D upornostne tomografije (ERT), na katerih so ostanki grobne kamre jasno vidni (C). Za izdelavo 2D magnetnega modela (B) so bile upoštevane oblike upornostno različnih vsebin gomile (C) (prirejeno po Medarič, *v pripravi*).

Na podlagi magnetnega modeliranja (sl. 8B) lahko predpostavimo dimenzije uničenja z izkopom v centralnem delu gomile, prisotnost ostankov kamnite grobne kamre in potrdimo obstoj obodnega jarka na zahodni strani gomile. Skladanje izmerjene magnetne anomalije (sl. 8B: pikčasta linija) z izračunano (sl. 8B: neprekinjena linija) na podlagi predpostavljenega magnetnega modela kaže na verodostojnost modela.

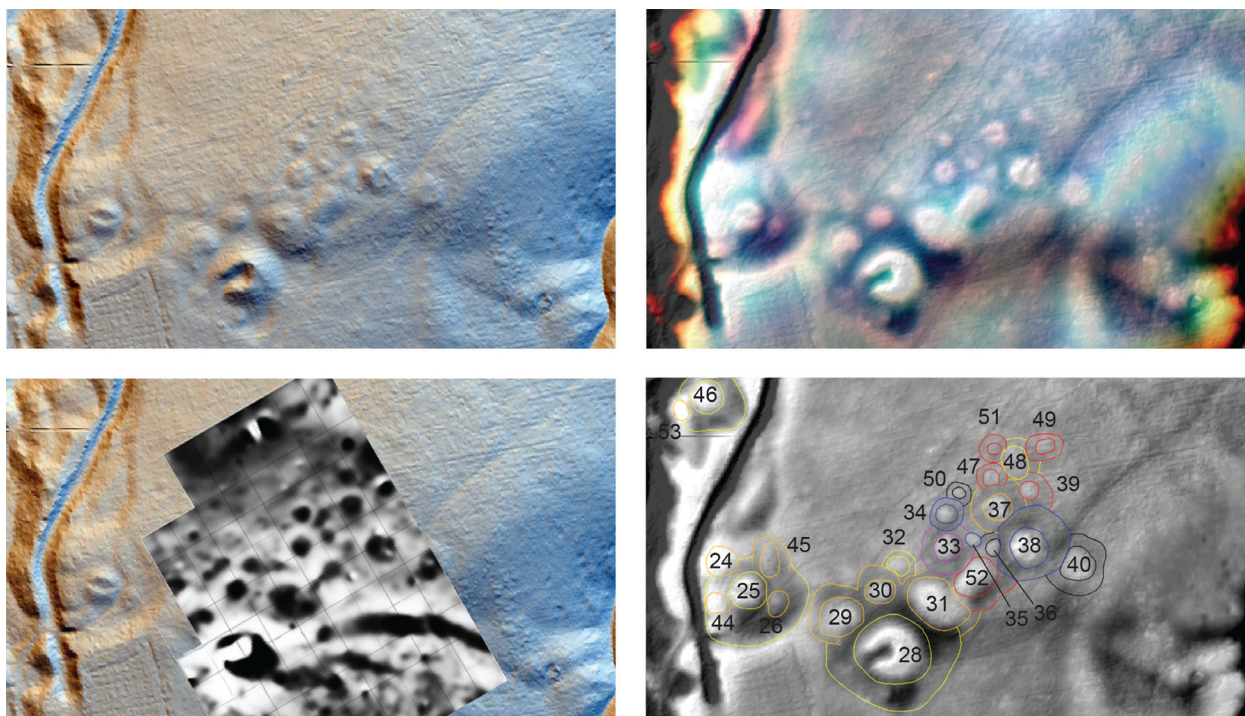
Podobno prepričljiva je tudi primerjava vrednosti magnetne anomalije (sl. 9B: pikčasta linija) z izračunanimi vrednostmi izvedene na podlagi 2D upornostne tomografije (sl. 9B: neprekinjena linija). Takšno

ujemanje kaže na verodostojnost modela in potrjuje, da je diskretni magnetni učinek kamnitih grobnih kamer dejansko prisoten v magnetnem zapisu plašča gomile, čeprav je na prikazih magnetnih gradientov (sl. 9A) kamra navidezno nekoliko večja od določene po ERT profilu (sl. 9C).

Posamezni primeri gomil, kot so predstavljeni zgoraj, so brez dvoma izreden doprinos arheološke geofizike k transdisciplinarnim raziskavam, kjer v vseh korakih dela, od načrtovanja, preko izvedbe in do interpretacije sodelujemo raziskovalci različnih profilov. Če smo pred dobrim desetletjem začudeno



Slika 10. Habakuk pod Poštelo. Območje severnega dela gomilne nekropole. Rezultati magnetne metode, združeni s podatki ZLS.



Slika 11. Habakuk pod Poštelo. Severna skupina gomil. A – senčen relief, B – analiza lokalnega reliefa (izvedba: D. Mlekuž), C – rezultati magnetnih meritev, D – »horizontalna stratigrafija« skupine gomil z relativnimi fazami, od najstarejše do najmlajše (rumena – oranžna – rdeča – magenta – modra; črno obarvane gomile niso natančneje umeščene) (prirejeno po Črešnar 2017).

gledali na krožne jarke, ki so obkrožali gomile, izkopenane v nižinskih delih Podravja in Pomurja v sklopu gradnje avtocestnega križa (npr. Guštin, Tiefengraber 2001; Strmčnik Gulič 2001; Teržan 2001; Teržan et al. 2015), smo sedaj na neinvazivne načine prišli do podobnih spoznanj tudi na grobiščih, ki se nahajajo v gozdovih.

Ob tem pa smo z integracijo rezultatov geofizikalnih meritev s podatki ZLS najprej uporabili za preverjanje rezultatov magnetne metode. Ali torej anomalije, ki jih razumemo kot obodni jarki gomil, sovpadajo z reliefnimi oblikami, ki jih opisujemo kot obodne jarke (sl. 10). Rezultati so bili primerljivi, a kot venomer poudarjamo, gre za komplementarne metode, ki se dopolnjujejo. Praviloma nekatere detajle prepoznamo le s pomočjo na ene od metod, spet druge z drugo.

Tako obdelava podatkov geofizikalnih metod kot ZLS omogočajo raznolike vizualizacije, ki poudarjajo določene značilnosti. Po tej poti integracije smo poskušali raziskati, ali bi lahko s takšnimi neinvazivnimi postopki prišli do kronološke slike gomilnih grobišč. Največji potencial je imela, tako zaradi gostote gomil kot zaradi številnih uporabljenih metod prav severna skupina gomil na Habakuku. Poskus, prikazan spodaj (sl. 11), združuje številne različne prikaze in pregleda morebitnih scenarijev. Za primer naj navedemo prej

predstavljeno gomilo 31, ki je nekoliko neznačilne podolgovate oblike. Prav zato nismo bili povsem prepričani, ali gre za eno gomilo, ali morda dve, pri čemer je bila severna zgrajena delno nad južno. Kot kažejo rezultati 2D električne tomografije (sl. 5), gre za eno gomilo, ki pa stoji na robu nekoliko naravno dvignjene površine in je najverjetneje zaradi tega dobila nekoliko neznačilno obliko.

Če strnemo ugotovitve, se kaže, da lahko pri analizi severne skupine gomil na Habakuku prepoznamo vsaj pet faz širjenja grobišča, pri čemer pa nekaterih gomil zaradi pomanjkljivih odnosov z drugimi gomilami ne moremo natančno umestiti. Potrditev, da gre naša analiza v pravo smer, je tudi dejstvo, da lahko kot eno najmlajših gomil opredelimo gomilo 38, v kateri je bila pokopana ženska oseba z bogato bronasto nošnjo, po kateri jo lahko datiramo v zadnjo fazo poselitve Pošte-le v starejši železni dobi oz. Ha C2/D1 (Teržan 1990, 66–70, T. 61).

Rezultati postavljajo vprašanja in narekujejo smeri raziskave

Različnih detajlov in primerov, kako s pomočjo integracije podatkov tudi z neinvazivnimi raziskavami

pridemo do pomembnih ugotovitev, je zelo veliko. S prvimi geofizikalnimi študijami gomil leta 2006 smo začeli spoznavati možnosti arheološke geofizike na prazgodovinskih gomilnih grobiščih. Z rezultati smo lahko bolje načrtovali izkopavanje že izbranega objekta, gomile 13 na Pivoli. Z raziskavami tudi drugih gomil na njivskih površinah v okolici smo lahko ocenili, da so številne med njimi že dodobra poškodovane in da je zato potrebna posebna skrb, ki bo preprečila njihovo popolno uničenje in izbris iz kulturne krajine (Teržan et al. 2012; isti 2015).

Z raziskavami od leta 2011 naprej smo obrnili način naših raziskav, saj je geofizika poleg ZLS postala vodilo za umeščanje naših izkopavanj in ne le dodatna informacija pred začetkom invazivnih posegov. Ob tem pa smo se po izkopavanjih pogosto vračali nazaj k

osnovnim podatkom, jih preverjali in ponovno analizirali, da smo lahko iz njim izluščili še več tistega, kar smo prepoznali med izkopavanji, vendar na primarnih rezultatih geofizikalnih meritev ni bilo videti (npr. Medarić et al. 2016). Pogosto smo na tej raziskovalni poti prišli do situacij, ki jih v tistem trenutku nismo znali pojasniti. A novi pristopi, ki so jih terjali rezultati, so pogosto obrodili sadove (npr. Mušič et al. 2015).

Raziskave tako na gomilah kot na širšem kompleksu Pošte, kaj šele v njeni okolici, še zdaleč niso zaključene, saj novim vprašanjem, ki jih ustvarjajo raziskave, kar ni videti konca. Čaka nas še veliko dela. A z raziskovalno žilico, vztrajnostjo in predanostjo, kot nam jih vedno znova izkazuje slavljenka, bo delo brez dvoma napredovalo. Hvala Vam, draga prof. Teržan, da lahko skupaj raziskujemo skrivnosti naših korenin ...

Literatura/References

- ATHANASIOU, E. N., P. I. TSOURLOS, C. B. PAPA-ZACHOS, G. N. TSOKAS 2007, Combined weighted inversion of electrical resistivity data arising from different array types. – *Journal of Applied Geophysics* 62, 124–140.
- BECKER, H., J. W. E. FASSBINDER 2001, *Magnetic prospecting in archaeological sites*. Monuments and Sites VI. – München.
- BEVAN, B. W., A. C. ROOSVELT 2003, Geophysical exploration of Guajara a prehistoric earth mound in Brazil. – *Geoarchaeology* 18(3), 287–331.
- BEVAN, B. W. 2016, *Forward Magnetic Models. Creation and Calculation*. – Weems.
- BOONCHAIKUL, S., C. VACHIRATIENCHAI, W. SIRIPUNVARAPORN 2008, Two-dimensional direct current (DC) resistivity inversion: Data space Occam's approach. – *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 168, 204–211.
- CLARK, A. 1990, *Seeing beneath the Soil. Prospecting Methods in Archaeology*. – London.
- CZAJLIK, Z., B. T. HOLL, G. NEMETH, S. PUSZTA, M. VICZE 2016, New results in the topographic research on the Early Iron Age tumulus cemetery at Érd-Százhalombatta (Kom. Pest/H). – *Archäologisches Korrespondenzblatt* 46/1, 57–73.
- ČREŠNAR, M., D. MLEKUŽ 2014, Identities of the early Iron Age in northeastern Slovenia. – V/In: C. N. Popa, S. Stoddart (ur./eds.), *Fingerprinting the Iron Age: approaches to identity in the European Iron Age: integrating South-Eastern Europe into the debate*, Oxford, 18–32.
- ČREŠNAR, M., M. MELE, K. PAITLER, M. VINAZZA (ur./eds.) 2015, *Archäologische Biographie einer Landschaft an der steirisch-slowenischen Grenze / Arheološka biografija krajine ob meji med avstrijsko Štajersko in Slovenijo*. – Schield von Steier, Beiheft 6, Graz, Ljubljana.
- ČREŠNAR, M. 2017, New approaches to tracing (landscape) connections on the southeastern fringes of the Alps in the Early Iron Age: the state of (integrated) research in eastern Slovenia. – V/In: R. Schumann, S. van der Vaart-Verschoof (ur./eds.), *Connecting elites and regions. Perspectives on contacts, relations and differentiation during the Early Iron Age Hallstatt C period in Northwest and Central Europe*, Leiden, 255–269.
- DARNET, M., P. SAILHAC, G. MARQUIS 2004, Geophysical investigation of Antique iron furnaces: Insights from modelling magnetic and VLF data. – *Near Surface Geophysics* 2, 95–101.
- Di FIORE, B., D. CHIANESE 2008, Electric and magnetic tomographic approach for the geophysical investigation of an unexplored area in the archaeological site of Pompeii (Southern Italy). – *Journal of Archaeological Science* 35, 14–25.
- DULAR, J. 2003, *Halštatske nekropole Dolenjske / Die hallstattzeitlichen Nekropolen in Dolenjsko*. – Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 6, Ljubljana.
- NEUBAUER, W., A. EDER HINTERLEITNER 1997, 3D-interpretation of postprocessed archaeological magnetic prospection data. – *Archaeological Prospection* 4, 191–205.
- EPPELBAUM, L. V. 2015, Quantitative interpretation of magnetic anomalies from thick bed, horizontal plate and intermediate models under complex physical-geological environments in archaeological prospection. – *Archaeological Prospection* 23, 255–268.
- FASSBINDER, J. W. E., T. GORK, H. PARZINGER, A. NAGLER 2009, Magnetic prospecting of Scythian Kurgans from Chilik, Southeastern Kazakhstan. – *Archaeosciences, revue d'archéométrie, suppl.* 33, 59–61.
- FORTE, E., M. PIPAN 2008, Integrated seismic tomography and ground penetrating radar (GPR) for the high resolution study of burial mounds (tumuli). – *Journal of Archaeological Science* 35, 2614–2623.
- GABROVEC, S. (ur.) 2006, *Stična II/1. Gomile starejše železne dobe / Grabhügel der älteren Eisenzeit. Katalog*. – Katalogi in monografije 37, Ljubljana.
- GABROVEC, S., B. TERŽAN 2008, *Stična II/2, Gomile starejše železne dobe, Razprave / Grabhügel aus der älteren Eisenzeit, Studien*. – Katalogi in monografije 38, (2010) Ljubljana.
- GOELL, T. H. 1969, The Nemrud Dag (Turkey) Geophysical Surveys of 1964. – *National Geographic Society Research Reports, 1964 Projects*, Washington, 61–81.
- GOODMAN, D., S. PIRO, Y. NISHIMURA, K. SCHNEIDER, H. HONGO, N. HIGASHI, J. STEINBERG, B. DAMIATA 2009, GPR Archaeometry. – V/In: H. M. Jol (ur./ed.), *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications*, Oxford, 479–508.
- GORKA, T., J. W. E. FASSBINDER 2011, Classification and documentation of Kurgans by magnetometry. – V/In: M. G. Drahor, M. A. Berge (ur./eds.), *Archaeological Prospection. Extended Abstracts. 9th International Conference on Archaeological Prospection*, Izmir, 183–186.
- GRILL, C., K. WILTSCHKE SCHROTTA 2013, Anthropologische Untersuchungsergebnisse des Leichenbrandes. – V/In: M. Egg, D. Kramer (ur./eds.), *Die hallstattzeitlichen Fürstengräber von Kleinklein in der Steiermark: der Kröllkogel*. Monographien des RGZM 110, Mainz, 33–59.
- GUŠTIN, M., G. TIEFENGABER 2001, Prazgodovinske najdbe z avtocestnega odseka Murska Sobota – Nova tabla / Vorgeschichtliche Funde aus dem

- Autobahnabschnitt bei Murska Sobota – Nova tabla. – *Arheološki vestnik* 52, 107–116.
- IOANE, D., S. ANGHEL, A. DUDU 2009, Magnetic Prospection of a Tumulus in the Ancient Histria Necropolis. – *Geo-Eco-Marina* 15, 161–165.
- KIS, K. I., S. PUSZTA 2006, Application of magnetic field derivatives for locating Sarmatian Graves. – *Journal of Applied Geophysics* 60, 13–26.
- LINFORD, N. T. 1998, Geophysical survey at Boden Vean, Cornwall, including an assessment of the microgravity technique for the location of suspected archaeological void features. – *Archaeometry* 40, 187–216.
- LOKE, M. H., T. DAHLIN 2002, A comparison of the Gauss–Newton and quasi-Newton methods in resistivity imaging inversion. – *Journal of Applied Geophysics* 49, 149–162.
- LOKE, M. H., J. E. CHAMBERS, D. F. RUCKER, O. KURAS, P. B. WILKINSON 2013, Recent developments in the direct-current geoelectrical imaging method. – *Journal of Applied Geophysics* 95, 135–156.
- LYNOTT, M. J. 1997, *Geophysical Surveys at two Earthen Mound Sites, Wright–Patterson Air Force Base, Ohio*. – Lincoln.
- MEDARIĆ, I., B. MUŠIČ, K. VYNCKE 2011, Application of 2D magnetic modelling in evaluating the results of the magnetic method: case study at the archaeological site at Düzen Tepe, Turkey. – *Arheo* 28, 35–72.
- MEDARIĆ, I., B. MUŠIČ, M. ČREŠNAR 2016, Tracing the flat cremation graves using integrated advanced processing of magnetometry data (case study of Poštela near Maribor, NE Slovenia). – V/In: I. Armit, H. Potrebica, M. Črešnar, P. Mason, L. Büster (ur./eds.), *Cultural encounters in Iron Age Europe*. Archaeolingua, Series Minor 38, Budapest, 67–93.
- MEDARIĆ, I. v pripravi, *Kvantitativna analiza arheoloških struktur z uporabo 2D in 3D magnetnega modeliranja*. – Neobjavljena doktorska disertacija, Oddelek za arheologijo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani.
- MILEA, C. M., R. HANSEN, G. N. TSOKAS, C. B. PAZACHOS, P. I. TSOURLOS, 2010, Complex Attributes of the Magnetic Signal for Multiple Sources: Application to Signals from Buried Ditches. – *Archaeological Prospection* 17, 89–101.
- MIOČ, P., M. ŽNIDARČIČ 1989, *Tolmač za lista Maribor in Leibnitz. Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000*. – Beograd.
- MLEKUŽ, D., M. ČREŠNAR 2014, Landscape and Identity politics of the Poštela hillfort. – V/In: S. Tecco Hvala (ur./eds.), *Studia Praehistorica in Honorem Janez Dular*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 30, Ljubljana, 197–211.
- MORARIU, V. V., V. BRATU, P. T. FRANGOPOL, C. RAILEANU 1989, Magnetic prospection of a large tumulus. – V/In: Y. Maniatis (ur./ed.), *Archaeometry: Proceedings of the 25th International Symposium*, Amsterdam, New York, 419–425.
- MUŠIČ, B., M. ČREŠNAR, I. MEDARIĆ 2014, Možnosti geofizikalnih raziskav na najdiščih iz starejše železne dobe. Primer Pošte pri Mariboru. – *Arheo* 31, 19–47.
- MUŠIČ, B., M. VINAZZA, M. ČREŠNAR, I. MEDARIĆ 2015, Integrirane neinvazivne raziskave in terensko preverjanje. Izkušnje s prazgodovinskih najdišč severovzhodne Slovenije, – *Arheo* 32, 37–64.
- OH, J., T. ABDALLATIF, M. SUH 2008, Magnetic and seismic investigations of historic Features in the Suchon Area, Kongju, Korea. – *Archaeological prospection* 15, 227–238.
- OLAYINKA, A. I., U. YARAMANCI 2000, Use of block inversion in the 2-D interpretation of apparent resistivity data and its comparison with smooth inversion. – *Journal of Applied Geophysics* 45, 63–81.
- OSTEN WOLDENBURG, H., B. CHAUM, W. REINHARD 2002, Magnetic imaging of a late Bronze Age tumulus in France before and during excavation. – *The Leading Edge* 21, 465–466.
- PAPADOPOULOS, N. G., M. Y. YI, J. H. KIM, G. N. TSOKAS, P. TSOURLOS 2010, Geophysical Investigation of Tumuli by means of Surface 3D Electrical Resistivity Tomography. – *Journal of Applied Geophysics* 70, 192–205.
- PAPADOPOULOS, N. G. 2014, Electrical Resistivity Tomography for the Modelling of Cultural Deposits and Geomorphological Landscapes at Neolithic Sites: a Case Study from Southeastern Hungary. – *Archaeological Prospection* 21, 169–183.
- PETRONILLE, M., J. THIESSON, F. X. SIMON, O. BÜCHSENSCHÜTZ 2010, Magnetic Signal Prospecting using Multiparameter Measurements: the Case Study of the Gallic Site of Levroux. – *Archaeological Prospection* 17, 141–150.
- RIŽNAR, I. 2012, *Poročilo o analizi morfologije arheološkega najdišča Poštela*. – Neobjavljeno poročilo, Ljubljana.
- SARRIS, A., G. POULIOUDIS, A. GKIOUROU, V. KEVGAS, D. TRIANTAPHYLLOS, D. TERZOPOULOU 2000, Geophysical investigations of Tumuli in Thrace, N. Greece. – Mexico City.
- SHERIFF, S. D., D. MACDONALD, D. DICK 2010, Decorrugation, edge detection, and modelling of total field magnetic observations from a historic town site, Yellowstone national park, Usa. – *Archaeological Prospection* 17, 49–60.

- SIMILOXTOHON, D., K. VANNESTE, M. SINTUBIN, P. MUCHEZ, M. WAELEKENS 2004, Two-dimensional Resistivity Imaging: a Tool in Archaeoseismology. An Example from Ancient Sagalassos (Southwest Turkey). – *Archaeological Prospection* 11, 1–18.
- SMEKALOVA, T. N., B. BEVAN 2002, *The Magnetic Anomaly of a Mound 2002*. – Technical Report, Geosight, Weems, VA, USA.
- SMEKALOVA, T. N., O. VOSS, S. L. SMEKALOV 2008, *Magnetic surveying in archaeology. 2nd revised edition*. – Wormianum.
- STRMČNIK GULIČ, M. 2001, Nova podoba prazgodovinske poselitve na zahodnem obrobju Dravskega polja. – *Arheološki vestnik* 52, 117–130.
- STRMČNIK GULIČ, M., B. TERŽAN 2004, O gomili halštatskega veljaka iz Pivole pod Poštelo. – *Časopis za zgodovino in narodopisje* n. v. 40, 217–238.
- TABBAGH, J. 2003, Total field magnetic prospection: Are vertical gradiometer measurements preferable to single sensor survey? – *Archaeological Prospection* 10, 75–81.
- TEIXIDO, T. 2013, Geoarchaeological Context of the Motilla de la Vega Site (Spain) Based on Electrical Resistivity Tomography. – *Archaeological Prospection* 20, 11–22.
- TERŽAN, B. 1976, Certoška fibula / Die Certosafibel. – *Arheološki vestnik* 27 (1977), 317–536.
- TERŽAN, B. 1985, Poskus rekonstrukcije halštatske družbene strukture v dolenskem kulturnem krogu / Ein Rekonstruktionsversuch der Gesellschaftsstruktur im Dolenjsko-Kreis der Hallstattkultur. – *Arheološki vestnik* 36, 77–105.
- TERŽAN, B. 1990, *Starejša železna doba na Slovenskem Štajerskem*. – Katalogi in monografije 25, Ljubljana.
- TERŽAN, B. 1994, Überlegungen zum sozialen Status des Handwerkers in der frühen Eisenzeit Südosteuropas. – V/In: C. Dobiat (ur./ed.), *Festschrift für Otto-Herman Frey zum 65. Geburtstag*. Marburger Studien zur Vor- und Frühgeschichte 16, Marburg, 659–669.
- TERŽAN, B. 1995, Handel und soziale Oberschichten in früheisenzeitlichen Südosteuropa. – V/In: B. Hänsel (ur./ed.), *Handel, Tausch und Verkehr im Bronze- und früheisenzeitlichen Südosteuropa*. Prähistorische Archäologie in Südosteuropa 11, Südosteuropa-Schriften 17, Berlin, München, 81–159.
- TERŽAN, B. 1999, An Outline of Urnfield Culture Period in Slovenia / Oris obdobja kulture žarnih grobišč na Slovenskem. – *Arheološki vestnik* 50, 1999, 97–143.
- TERŽAN, B. 2001, Die spätbronze- und früheisenzeitliche Besiedlung im nordöstlichen Slowenien. Ein Überblick. – V/In: A. Lippert (ur./ed.), *Die Drau-, Mur- und Raab-Region im 1. vorchristlichen Jahrtausend: Akten des internationalen und interdisziplinären Symposiums vom 26. bis 29. April 2000 in Bad Radkersburg*. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 78, Bonn, 125–135.
- TERŽAN, B., M. ČREŠNAR, B. MUŠIČ 2012, Pogledi v preteklost: Poštela – »staro mesto« na obronkih Pohorja in njegova okolica, O arheoloških raziskavah. – *Dialogi* 1–2/12.
- TERŽAN, B., M. ČREŠNAR, B. MUŠIČ 2015, Early Iron Age barrows in the eyes of complementary archaeological research. Case study of Poštela near Maribor (Podravje, Slovenia). – V/In: Ch. Gutjahr, G. Tiefengraber (ur./eds.), *Beiträge zur Hallstattzeit am Rande der Südostalpen, Akten des 2. Wildoner Fachgesprächs vom 10. bis 11. Juni 2010 in Wildon / Steiermark (Österreich)*. Internationale Archäologie. Arbeitsgemeinschaft, Symposium, Tagung, Kongress 19 (= Hengist-Studien 3), Rahden/Westf., 61–82.
- TONKOV, N. 1995, Some observations on the magnetic prospecting of tumuli near the Village of Sveshtary, Northeastern Bulgaria. – *PACT* 45, 459–469.
- TONKOV, N. 2008, Resistivity survey of Thracian burial mounds. – V/In: R. I. Kostov, B. Gaydarska, M. Gurova (ur./eds.), *Geoarchaeology and Archaeomineralogy. Proceedings of the International Conference, 29–30 October 2008 Sofia*, Sofia, 325–328.
- TSOKAS, G. N., C. B. PAPAACHOS, A. VAFIDIS, M. LOUKOYIANNAKIS, G. VARGEMEZIS, K. TZIMEAS 1995, The detection of monumental tombs in tumuli by refraction seismics. – *Geophysics* 60, 1735–1742.
- TSOURLOS, P., N. PAPADOPOULOS, M.-J. YI, J.-H. KIM, G. TSOKAS 2014, Comparison of measuring strategies for the 3-D electrical resistivity imaging of tumuli. – *Journal of Applied Geophysics* 101, 77–85.
- VAFIDIS, A., G. N. TSOKAS, M. Z. LOUKOYIANNAKIS, K. VASILADIS, C. B. PAPAACHOS, G. VARGEMEZIS 1995, Feasibility Study on the Use of Seismic Methods in Detecting Monumental Tombs Buried in Tumuli. – *Archaeological Prospection* 2, 119–128.
- VERDONCK, L., D. SIMPSON, W. M. CORNELIS, A. PLYSON, J. BOURGEOIS, R. DOCTER, M. VAN MEIRVENNE 2009, Ground-penetrating radar survey over bronze age circular monuments on sand soil, complemented with electrical-magnetic induction and fluxgate gradiometer data. – *Archaeological Prospection* 16, 193–202.
- WILKINSON, P. B., M. H. LOKE, P. I. MELDRUM, J. E. CHAMBERS, O. KURAS, D. A. GUNN, R. D. OGILVY 2012, Practical aspects of applied optimized survey design for electrical resistivity tomography. – *Geophysical Journal International* 189, 428–440.