

# Uporaba helijevega balona pri arheoloških vertikalnih posnetkih

©Rafko Urankar in Jure Krajšek

**Izvleček** V članku predstavlja razvoj lahko vodljivega helijevega balona in možnosti, ki nam jih ponuja pri vertikalnem snemanju. Širšemu krogu bralcev želiva predstaviti postopek gradnje podobnih balonov.

**Gljučne besede** helijev balon, aerofotografija, obdelava digitalnih posnetkov, arheološka dokumentacija

## Zakaj balon?

Ideja o balonu kot nosilcu kamere ni nova. Pri nas se veliko uporabljajo toplozračni baloni s posadko, vendar gre tu predvsem za dokumentarna snemanja in poševne posnetke. Tudi po svetu je bilo opravljenih že ničkoliko snemanj z manjšimi baloni napolnjenimi z vodikom, helijem ali toplim zrakom (npr. Schubert in Gunaver-von Hoerschmann 1978). Želja avtorjev pa je bila skonstruirati poceni, lahko vodljivo in vsakomur dostopno plovilo, ki bi ga arheologi uporabljali pri dokumentiranju izkopavanj, z dvigom na večje višine pa tudi pri rekognosciranju najdišč. Zato se je bilo potrebno pred samim konstruiranjem odločiti, s katerih višin fotografirati. V grobem bi lahko aerofotografijo razdelili glede na višino slikanja v tri kategorije: (i) nizko – do 20 m (lestev, stativ, žirafa, gradbeni stroji, žerjavi), (ii) srednje – 20 do 100 m (baloni, zmaj, modeli letal in helikopterjev) in (iii) visoko – nad 100 m (letala, helikopterji, sateliti).

Višino slikanja v zgornjih skupinah pogojujejo nosilci kamere. Na vsakih izkopavanjih se je poizkušalo izdelati fotografije iz zraka, ki bi zajele kar največjo površino, ker take fotografije pokažejo še kaj več kot samo obliko in velikost strukture. Največkrat smo z različnimi tehničnimi pomagali slikali z nizkih višin, ker smo to lahko storili v vsakem trenutku in ni preveč oviralo dela. Kadar pa se slika iz toplozračnega balona, se je vedno potrebno prilagajati vremenu in pilotom, zato fotografije skoraj nikoli niso posnete takrat, ko to želi arheolog. Slikanje iz večjih višin pa je, razen če nimamo med piloti kakega prijatelja, domena zelo majhnega števila ljudi.

Najina želja je bila izdelati plovilo, ki bi bilo enako uspešno v nizki in srednji kategoriji in bi bilo vsak trenutek na voljo in pri roki. Zato sva se med navedenimi nosilci odločila za balon, ker so konstruiranje, izdelava in upravljanje najlažji in najcenejši. Premišljevala sva tudi o uporabi zmaja, kjer bi bila izdelava še cenejša, vendar je za polet potreben stalen in močan veter. Modeli letal in helikopterjev pa so seveda daleč najdražji in najzahtevnejši za vodenje, poleg tega pa povzročajo vibracije, ki so pri fotografiranju zelo moteče.

**Abstract** The article describes the development of an easily dirigible helium balloon and its use for taking vertical photographs. The purpose of this article is to present a relatively simple building of similar airships to a wider circle of users.

**Keywords** helium balloon, aerophotography, digital image-editing, archaeological documentation

Zelo dobra plat balona je tudi relativno počasno padanje oz. strmoglavljenje ob morebitnih težavah, zato ima fotografska oprema nekaj več možnosti za preživetje kot pri ostalih letalnih sredstvih.

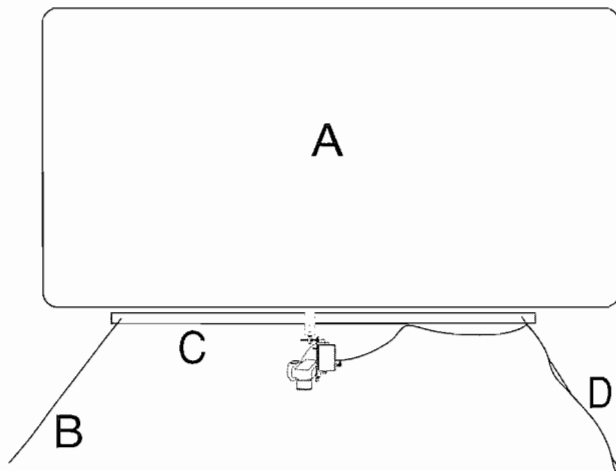
## Zgodovina konstruiranja

Ko sva začela premišljevatii o balonu, so nama najprej na misel prišli veliki reklamni baloni napolnjeni s helijem, ki jih vidimo po raznih sejnih. Začela sva zbirati informacije in cenike – predrago. Zato sva se odločila, da ga narediva kar sama. Zadalja sva si nekaj osnovnih ciljev: (i) narejen mora biti iz poceni in lahko dosegljivega materiala, (ii) dvigniti mora najmanj 5 kg opreme, (iii) biti mora lahko vodljiv.

Od tega, koliko koristnega tovora bo balon dvignil, je bila odvisna konstrukcija, predvsem pa volumen. Seveda sva se poigrala tudi z mislijo o toplozračnem balonu, ki pa bi moral imeti za enak učinek precej večji volumen (Bussemeyer 1987). Alternativa je bil tudi vodik, ki pa je preveč nevaren zaradi svoje lahke vnetljivosti in eksplozivnosti. Prvotna ideja o helijevem balonu je torej ostala. Pogled v kemijski priročnik (Radošević 1962, 495) nama je povedal, da ima kubični meter suhega zraka pri 0°C in tlaku 1 atm (= 1,01325 bar) maso 1,29 kg, enaka prostornina helija pa 0,17 kg. Zato sva malce zaokrožila in dobila formulo – 1 kubik = 1 kg vzgona. Ob upoštevanju lastne teže in predvidenega tovora sva prišla do zaključka, da bo imel balon s prostornino 10-12 kubičnih metrov optimalen vzgon.

Že na začetku sva se odločila, da bova balon vodila s tal tako, da bo z vrvico pripet na dveh mestih. V ta namen sva kot osnovo vzela lahko aluminijasto cev, ki sva jo še dodatno naluknjala zaradi vpetja balona, s tem pa sva tudi zmanjšala njeno težo. Na vsaki strani cevi je bila torej pritrjena vrvica, na sredini pa fotoaparati in video kamera (slika 1).

Odločiti sva se morala tudi za obliko zrakoplova. Najbolj idealna oblika je seveda krogla, ker ima najbolj ugodno razmerje med površino in prostornino, vendar taka oblika zahteva vpetje v eni točki, poleg tega pa je še zelo zahtevna za sestavljanje. Zato sva se odločila za obliko valja s premerom osnovne ploskve cca. 2 m in višino 4 m.



Slika 1: Skica balona. A - balon, B - vrvica za vodenje, C - nosilna cev, D - vrvica za vodenje s kablom za proženje in prenos video signala.

Odločitev o izbiri materiala ni bila lahka, ker je od slovenske tekstilne industrije težko dobiti podatke o propustnosti, teži in ostalih lastnostih svil. Vendar sva se na koncu le odločila za t. i. balonsko svilo – seveda na podlagi lastnih testiranj in tehtanj vzorcev. Pod spretnimi rokami profesionalne šivilje je nastal prvi balon v obliki valja.

Zavedala sva se, da so molekule helija tako zelo majhne, da jih zadrži le kovina, zato sva od vsega začetka računala na izgube plina. Svila je kljub tovarniški impregnaciji preveč propustna, zato sva jo še dodatno impregnirala z lateksovim premazom, ki naj bi bil tudi zadosti elastičen, kar je zlasti pomembno pri zlaganju in prenašanju balona. Dodatno sva zatesnila še šive, ki so bili pri celi konstrukciji najboljčutljivejša točka.

S tem balonom sva po prvih neuspehih zaradi težav z dobavo ustreznega plina nato naredila dva zelo uspešna poleta, o katerih več v nadaljevanju, nato pa bi morala balon že preveč popravljati, zato sva ga prenehala uporabljati. Probleme sva imela namreč z impregnacijo, ki je mestoma začela odstopati in izgube so bile prevelike, balon pa je bil v zraku le dve uri.

Začela sva testirati nove materiale, ki so bili lahko dosegljivi. Polietilenska vreča za smeti napolnjena s helijem in zavarjena z gospodinjskim strojčkom je tri dni lebdela pod stropom in s tem pokazala, da je polietilenska folija kar primeren in hkrati zelo poceni material. Pojavil se je problem sestavljanja, vendar se je za še vedno uporabnega pokazal stari likalnik in opravljenih je bilo nekaj uspešnih

preizkusov z različnimi folijami. Nabavila sva torej 4 kg gradbeniške folije, vklopila likalnik in zvarila naslednji model balona. Ker sva hotela imeti kar najmanj varov, je balon izgledal kot ogromna blazina, ki pa je vseeno opravila štiri uspešne polete, nato pa sva upokojila tudi njo, ker jo je bilo zaradi oblike malce težje voditi, pa tudi volumen je bil premajhen (cca. 8 m<sup>3</sup>). Ugotovila sva, da je polietilenska folija poceni in lahek material, pa tudi varjenje je zelo enostavno. (Mimogrede, iz enakega materiala sva tudi potapljaški ekipi zvarila balone za podvodno dvigovanje tovora. Cena v primerjavi s profesionalnimi je zanemarljiva, uporabni pa so enako.) Na koncu sva sestavila še tretji balon, ki ima zopet obliko valja in prostornino cca. 12 kubičnih metrov, kar zagotavlja zadosti vzgona, da lahko nanj obesimo do 6 kg opreme. Zaradi takšnega vzgona zelo dobro leti tudi v precej močnem vetru.

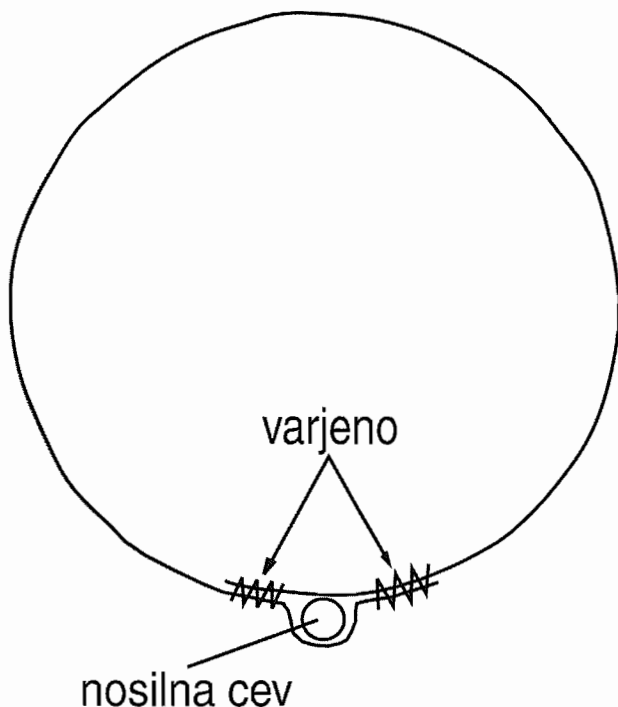
### Vodenje in fotografiranje

Kot sva že omenila, je osnova za vodenje lahka aluminijasta cev, ki je preko dveh vrvic povezana s pilotoma, ki s popuščanjem in obračanjem vodita balon. Balon je na cev pritrjen preko cele dolžine zavarjenega žepa, skozi katerega je potisnjena cev (slika 2). Na cev je tudi preko posebnega zgloba pritrjen fotoaparater in videokamera, ki omogoča vertikalno pa tudi poševno fotografiranje (slika 3). Za upravljanje balona je načelno zadosti posadka dveh pilotov, vendar je polet veliko bolj varen in kontroliran, če je poleg še tretji, ki skrbi za navigacijo in pomaga pri vzletu in pristanku.

Za vodenje sva uporabila testirano vrvico premera 3 mm, ki jo dobite v vsaki prodajalni s plezalno opremo. Zaplete z vrvico sva preprečila s sprotnim navijanjem le-te. Na eni strani jo navijava kar na originalen, malce predelan kolut, na drugi strani pa je na vrvico pritrjen tudi lahek kabel. Da ne bi prihajalo do zmešnjave in lomljenja kabla, sva predelala kolut za navijanje električnih podaljškov, ki ga lahko kupite v vsaki tehnični trgovini. Z naramnicami si ga eden od pilotov pritrdi na prsni koš in tako lahko hkrati opazuje dogajanje v zraku in na kolutu.

Pomemben je tudi kabel. Uporabila sva štirižilni kabel z opletom, preko katerega proživa fotoaparater. Poleg fotoaparata je na balonu tudi videokamera, ki nama preko istega kabla pošilja na zemljo signal in tako preko prenosnega monitorja opazujeva dogajanje na tleh in vidiva, kaj bo fotoaparater posnel.

Vse te električne povezave potrebujejo nekaj spajkanja in malce poznavanja elektronike. Za proženje fotoaparata se je najbolje pozanimati pri proizvajalcu, na kakšen način



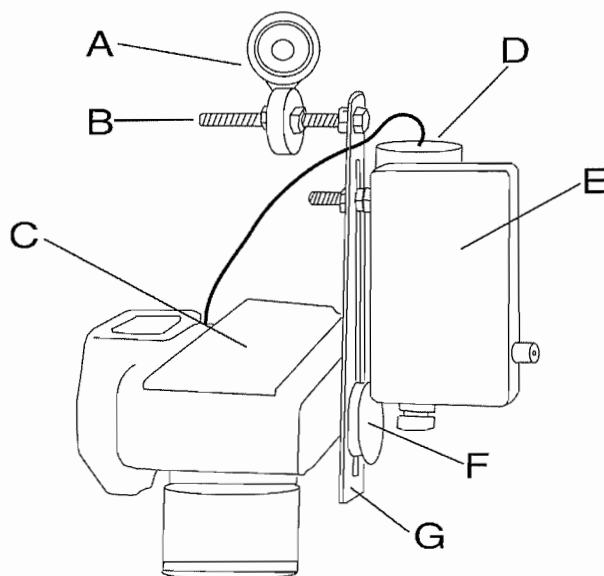
Slika 2: Prečni prerez balona z mesti varjenja in načinom pritrditve nosilne cevi.

imajo rešeno zadevo, ali pa preprosto razdreti električni žični sprožilec, kot sva to naredila midva, in preveriti njegovo delovanje.

Pri kameri je stvar malce težja. Najlažje videokamere zaradi teže niso bile po najinem okusu, kaj šele njihova cena. Zato sva se odločila in nabavila CMOS video modul, mu naredila napajalni del, ga zaprla v primerno ohišje, opremila s konektorji in tako dobila poceni barvno kamero, ki tehta skupaj z baterijo 120 g.

Na žalost pa nisva uspela najti kakšne poceni rešitve s prenosnim monitorjem na zemlji, zato sva bila primorana kupiti malo LCD prenosno televizijo, ki je seveda poleg fotoaparata tudi najdražji del opreme.

Ker je balon običajno visoko nad tlemi, nimamo popolne kontrole nad fotoaparatom. Najuporabnejša informacija, ki jo od kamere običajno dobimo preko zvoka, je ta, da je bil posnetek narejen. V ta namen sva najprej uporabila poceni bliskavico, ki pa je bila težka in okorna. Zato sva razdrla odslužen fotoaparatus za enkratno uporabo. Od njegovega drobovja sva vzela elektronsko vezje, na katerem je tudi bliskavica. Odstranila sva vse odvečne dele, na prava mesta prispajkala nekaj žic in konektor, vse skupaj pa pospravila v majhno polietilensko škatlico za zdravila. Tako



Slika 3: Pritrditev fotoaparata. A – sistem ležajev za vertikalno fotografiranje, B – vijak za nastavitev vertikalnosti v osi x, C – fotoaparatus, D – bliskavica, E – video kamera, F – vijak za nastavitev vertikalnosti v osi y, G – aluminijasta nosilna letvica.

sva dobila majhno in zelo lahko bliskavico, ki naju opozori, da je fotoaparatus opravil svoje delo. Današnji fotoaparatusi prožijo bliskavico preko polprevodniškega člana, zato moramo kontakte za proženje pravilno zvezati. Lahko pa se izognemo težavam tako, da z diodami naredimo usmernik in si s tem prihranimo nekaj premišljevanja.<sup>1</sup>

Največja višina leta, ki sva jo dosegla do sedaj, je 45 m, ne vidiva pa nobenih ovir, da balon ne bi mogel poleteti tja do 100 m, le vrvico in kabel bi bilo potrebno dodati.

### Vertikalno fotografiranje

Precej sva se ukvarjala tudi s kotom fotografiranja. Za dokumentiranje in nadaljnjo obdelavo je namreč najprimernejša vertikalna fotografija, zato sva si izmislila zelo preprost zglobov, ki je sestavljen iz dveh pod pravim kotom med seboj zvarjenih ležajev (slika 3: A). Potreben je le še daljši vijak za nastavitev, letvica na kateri bo pritrjen fotoaparatus, in sila fotoaparatusove teže. Pri ležajih sva morala biti pazljiva, ker sva uporabila precej majhne in lahke ležaje, ki so zaradi visokih temperatur pri varjenju zelo občutljivi, zato se je nekaj takšnih zglobov zatikalo in sva jih takoj izločila.

<sup>1</sup>OPOZORILO: Pri razdiranju bliskavic moramo biti previdni, saj imamo opraviti z zelo visokimi napetostmi (do nekaj kV). Zato je lahko dotik "prave" žice zelo neprijeten, pri močnejših bliskavicah pa tudi usoden.



Slika 4: Balon pred vzletom nad Monkodonjo. Foto: Darko Komšo.

V vertikalno kamero postavimo s svinčnico ali libelo prilepljeno na hrbet fotoaparata.

### *Izbira fotoaparata*

Pri izbiri fotoaparata sva imela na voljo več formatov: 6 x 6, leica, digitalna kamera. Sprva sva se navduševala nad večjimi formati (6 x 6) zaradi velike površine filma in s tem velike gostote informacij (točk). Vendar je pomankljivost teh kamer visoka cena in majhno število posnetkov na filmu.

Digitalna kamera je po drugi strani idealna zaradi velikega števila posnetkov in preverjanja uspešnosti fotografiranja na samem mestu. Poleg tega so digitalni fotoaparati zelo lahki in ne potrebujejo dodatne video kamere za nadzor fotografiranja. V trenutku, ko sva začela s projektom, je bila resolucija cenovno dostopnih digitalnih fotoaparatorov zelo majhna (okoli 2 milijona točk), kar pa je za resno delo odločno premalo. Danes so na trg prišle že mnogo boljše kamere, katerih resolucija presega pet milijonov točk, vendar je to še vedno premalo za razločevanje podrobnosti zaradi relativno velike višine snemanja.<sup>2</sup>

Tako nama je preostal še dobro preizkušeni leica format (24 x 36 mm). Na tržišču je velika izbira dobrih in poceni fotoaparatorov, ki podpirajo ta format, ki je danes tudi najbolj razširjen. Zaradi hitrega razvoja filmov je gostota točk izredno velika (cca. 25 milijonov), kar omogoča zajemanje velikih količin informacij, ki jih lahko poljubno obdelujemo (povečevanje, digitalizacija). Izbrala sva torej fotoaparata Canon EOS 500, ki je lahek in poceni (kar je

<sup>2</sup>Predpostavimo, da fotografiranje zajame površino približno 40 x 30 m. Za izračun vzemimo digitalno fotografijo s 5 milijoni točk (2500 x 2000). Če postavimo 2500 točk na daljšo stranico, pomeni, da 1 točka zajame 16 mm, s tem pa so detajli zabrisani. Več o digitalni fotografiji in problemih glej: [www.normankoren.com](http://www.normankoren.com).

pomembno tudi pri morebitnem strmoglavljenju plovila), na izbiro je široka paleta kvalitetnih objektivov. Omogoča pa tudi enostavno električno proženje na daljavo.

### *Izbira filma*

Pri izbiri filma moramo upoštevati več zahtev. Najprej se moramo odločiti med dia- in negativ filmom. Za dia film sva se odločila iz več razlogov: (i) običajno izkopavalci zahtevajo dia film, (ii) rezultate fotografiranja lahko vidimo že takoj po razvijanju, (iii) lažja je selekcija posnetkov.

Pri digitalni obdelavi ga moramo skenirati podobno kot negativ film. Zrnavost filma (*grain*) ni bistveno slabša kot pri enako občutljivem negativ filmu. Nato se je potrebno odločiti za občutljivost filma. Bolj kot je film občutljiv, večji manevrski prostor pri izbiri zaslonke in časa imamo, po drugi strani pa pomeni večja občutljivost tudi večjo zrnavost in s tem slabši rezultat. Pri vseh letečih nosilcih kamere je zelo pomemben čas slikanja, ker zrakoplov ni fiksen, zaradi premikanja, vetra in drugih dejavnikov nastopajo zelo moteče vibracije. In če hočemo imeti ostro sliko, moramo zato uporabiti čim krajši čas. Z eksperimentiranjem sva ugotovila, da helijev balon zelo dobro amortizira sunke vetra, delno pa jih ublaži še zglob, namenjen vertikalnemu snemanju. Ob previdnem fotografiranju, ko umiriva balon, lahko dobiva ostre posnetke že ob uporabi 1/60 sekunde. Poleg tega zaradi višine fotografiranja ni večjih problemov z globinsko ostrino. Tako sva se odločila, da uporabiva film občutljivosti 100 ASA.<sup>3</sup>

### *Tehnični podatki*

Material: polietilenska gradbeniška folija

Volumen: cca. 12 m<sup>3</sup>

Polnjenje: helij 4.6

Masa: 5,65 kg

Maksimalna masa koristnega tovora: 5 kg

Vodenje: z dvema 3 mm vrvicama

Proženje fotoaparata: preko električnega kabla

Nadzor proženja: bliskavica

Nadzor fotografiranja: CMOS kamera in LCD monitor

Višina leta: do 100 m

### *Rezultati*

Prvi uspešni poleti so nama uspeli v januarju 2001, ko

<sup>3</sup>Več o problemih izbire filmov in skeniranja glej: [www.clarkvision.com/imagetdetail/scandetail.html](http://www.clarkvision.com/imagetdetail/scandetail.html).

sva fotografirala najdišče Podrečje pri Domžalah. Teren je bil skorajda idealen, ker se nahaja sredi Ljubljanske kotline, kar nama je zagotavljalo precej konstantne pogoje za pilotiranje, hkrati pa je najdišče praktično ravno, brez večjih višinskih razlik med strukturami, kar je bilo zlasti pomembno pri kasnejši obdelavi fotografij. Fotografirala sva celotno površino z 20-30 % prekrivanjem zaradi težav z video nadzorom. Na tleh sva s točkami označila meje kvadrantov in z vrvico glavno os koordinatne mreže, tako da je bilo kasnejše sestavljanje in vpenjanje fotografij v načrt zelo enostavno. Zaradi spremenljivosti svetlobe in s tem barv, sva dodajala še trak s tremi osnovnimi barvami zaradi kalibracije in lažje izenačitve barvnih odtenkov.

Fotografiranje je bilo torej uspešno, balon je zdržal dolgotrajno letenje, vendar sva ga po teh poletih, kot sva že omenila, "upokojila".

Z naslednjim modelom sva v štirih poletih (glede na odkopano površino) posnela 25.000 m<sup>2</sup> najdišča Grofovsko pri Murski Soboti (slika 6). Tudi tukaj je bil teren raven, več problemov pa sva imela z vetrom, saj so vetrovne razmere v Panonski nižini precej težje predvidljive, zaradi pomanjkanja ovir pa so vetrovi močnejši in nenehno spreminjajo smer. Tukaj sva se močno oprla na eksperimentalni model napovedovanja vremena Aladin, ki je na voljo na spletnih straneh Agencije za okolje pri Ministrstvu za okolje in prostor (bivši Hidrometeorološki zavod) – <http://www.rzs-hm.si/napoved/aladin.html>. Ugotovila sva, da je model zelo zanesljiv tako pri napovedi padavin kot tudi vetra.

Še zlasti pa je bil Aladin koristen pri naslednjem projektu fotografiranja prazgodovinskega gradišča Monkodonja v hrvaški Istri. Zaradi neposredne bližine morja in s tem bistvene spremembe podnebja so vremenske razmere za človeka, vajenega kontinentalne klime, težko predvidljive. Zato sva se projekta lotila skrajno pazljivo z novim modelom balona, ki se je izkazal za odličnega tudi v težjih pogojih, saj se je veter preko dneva krepil, površina gradišča pa je precej velika. To je zahtevalo peturni polet na višini 45 m, fotografirali smo v pasovih s 60 % prekrivanjem, celotna oprema pa je bila v dotodanjih poletih dobra preizkušena, odpravljene pomanjkljivosti, tako da je polet potekal brez problemov, nadzor nad fotografiranjem pa je bil stoddosten. Z istim modelom balona sva dvakrat fotografirala tudi na arheološkem najdišču Školarice, ki se nahaja poleg ankaranskega križišča. Tudi na tej lokaciji sva se srečala s težjimi vremenskimi razmerami, predvsem z močnejšim vetrom, ki pa se je čez dan tudi še krepil. Najdišče samo leži na pobočju hriba, zato je bilo fotogra-



Slika 5: Fotografija dela obzidja z vrati prazgodovinske naselbine na Monkodonji.

firanje še poseben izziv (slika 12).

### *Obdelava fotografij*

Golo fotografiranje je končano v nekaj urah. V tem relativno kratkem času lahko posnamemo tudi več sto fotografij, ki nam lahko služijo zgolj kot osnovna dokumentacija, kot vizualna predstavitev najdišča iz ptičje perspektive. Lahko pa iz teh fotografij potegnemo mnogo več. Kot sva omenila že v uvodu, sva želela narediti fotografijo, ki bi služila kot podlaga za kvalitetno in natančno florisno risbo. In tega sva se lotila s fotografijami z najdišča Podrečje.

Z direktno analogno obdelavo fotografij (razvijanje merske fotografije iz negativa ali pozitivna) ne moremo odstraniti popačenj, ki jih povzročajo objektivni, namenjeni običajni fotografiji, kjer popačenja mogoče sploh ne opazimo oziroma ga jemljemo kot del umetniške izpovedi. Še posebej je tako popačenje veliko pri optiki, ki sva jo zaradi

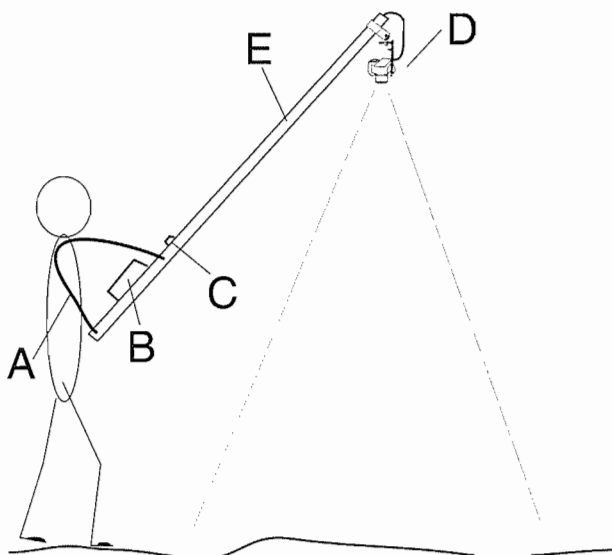


Slika 6: Fotografija z najdišča Grofovsko pri Murski Soboti.

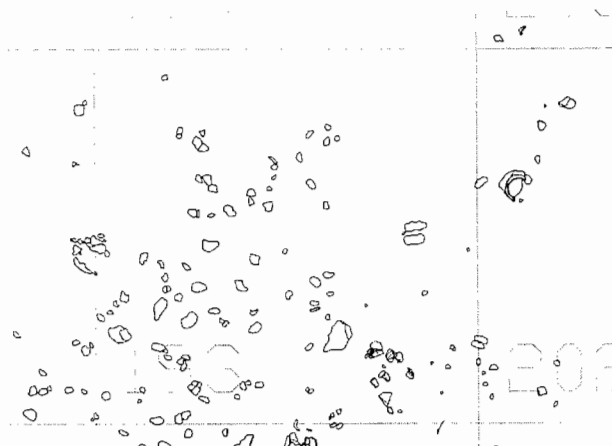
cenovne ugodnosti uporabljala. Zato sva ugotovila, da je s to opremo edina možnost digitalna obdelava fotografij. Naslednja faza je digitalizacija (skeniranje) diapozitivov. V tej fazi sva si zaželela, da bi že končno naredili digitalni fotoaparata s primerno ločljivostjo, da bi lahko to fazo preskočila.

Glavna vzroka popačenj fotografij sta perspektiva in ukrivljanje zaradi optike (*lens distortion*). Popačenje zaradi perspektive sva odpravila z vertikalnim snemanjem, ukrivljenost zaradi optike pa s preprostim podprogramom v okviru Adobovega Photoshopa, ki sva ga našla na Internetu ([www.fh-furtwangen.de/~dersch/](http://www.fh-furtwangen.de/~dersch/)). Tako sva dobila osnovno fotografijo, ki sva jo v primerno merilo postavila s pomočjo znanih razdalj med točkami na tleh, ki so hkrati služile tudi za preverjanje morebitnih popačenj zaradi perspektive.

Na prvi pogled med digitalno obdelano in neobdelano fotografijo ni bilo velikih razlik. Le-te bi se pokazale pri se-



Slika 7: Skica "žirafe". A - trak ali vrstica za pritrditev na rame, B - monitor za nadzor slikanja, C - gumb za proženje fotoaparata, D - fotoaparata, E - nosilna aluminijasta cev.



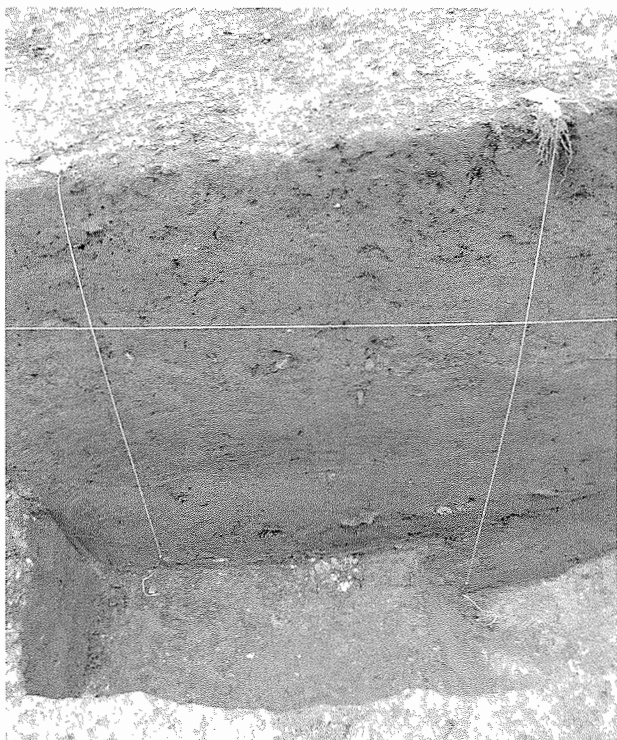
Slika 8: Tloris kvadranta 193 z najdišča Col pri Prilipah, ki je bil izdelan s pomočjo korigirane vertikalne digitalne fotografije.

stavljanju slike celotnega najdišča, kar je bil tudi cilj fotografiranja. Vedeti moramo, da popačenje ni linearno, da se največ anomalij pojavi na robovih fotografij. Vendar so se obdelane fotografije izredno lepo ujemale in končni rezultat je bil sestavljena fotografija celotnega najdišča v merilu 1:200.

Pri sestavljanju fotografij pa smo naleteli še na eno dobro stran fotografiranja s srednjih višin. S podrobnim pregledovanjem smo namreč iz zraka videli obrise jam stojk, ki jih s tal ni bilo moč videti, videti jih ni bilo tudi na fotografijah, narejenih s stativom. Kulturna plast je bila na-



mreč izredno neugodna mešanica prsti in proda, jame pa niso bile obložene z večjimi oblicami. S te višine pa smo bili ravno prav oddaljeni za opazovanje razlik v strukturi. Dodatno pa je pravilnost identifikacije novih arheoloških struktur potrdila še njihova pozicija. Objekt je tako dobil zadnje manjkajoče člene za popolno rekonstrukcijo.



Slika 9: Nekorigirana digitalna fotografija "Preseka 1" – Col pri Prilipah.

### *Prenos izkušenj na "žirafu"*

Izkušnje, ki sva jih pridobila pri fotografiranju z balonom in obdelavo fotografij, sva preizkusila tudi pri fotografiranju s t. i. žirafu. Priprava je izdelana iz aluminijaste cevi dolžine 2,5 m in premera 35 mm. Na enem koncu je vpet zglob za vertikalno fotografiranje, ki sva ga razvila za balon, druga stran cevi pa je namenjena držanju. Ker je zaradi dolge ročice držanje lahko zelo naporno, v zgornjem delu ročaja izvrtamo luknjo, preko katere lahko privežemo žirafu preko ramen na fotografa. V notranjosti cevi teče kabel za proženje aparata in posredovanje slike na zaslon, ob ročaju je nameščeno stikalo za proženje (slika 7). Bliskavica za kontrolo proženja ni potrebna. Žirafu lahko uporabljamo za fotografiranje manjših površin (cca. 2 x 2 m). Ker je izredno lahka in priročna, je uporabna tudi tam, kjer je malo prostora.



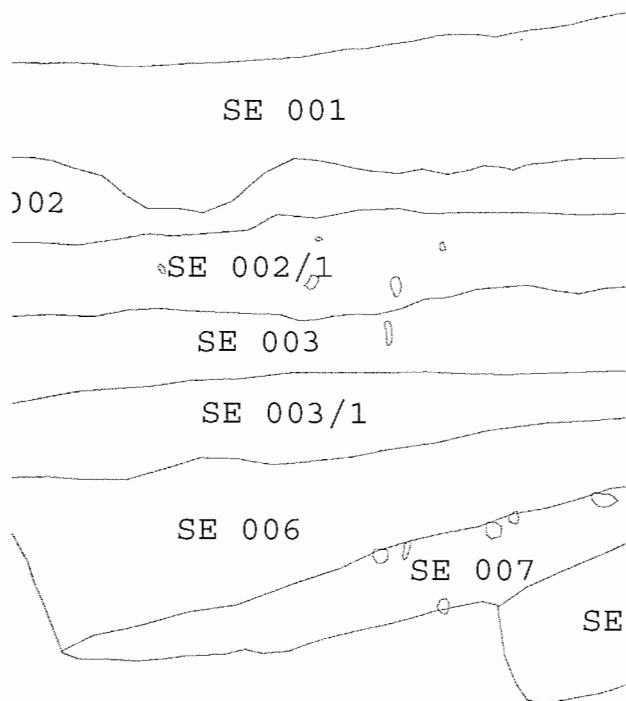
Slika 10: Fotografija "Preseka 1" po obdelavi – razkrivljanju in postavitvi v vertikalno.

Izredno dobra je kombinacija z digitalno kamero, s katero smo izdelovali natančne predloge za izdelavo merskih risb z uporabo računalnika. Fotografije smo najprej obdelali po zgoraj opisanem postopku v programu Photoshop (razkrivljanje in sestavljanje), nato pa smo jih uvozili v AutoCad in izdelali vektorsko risbo (slika 8).

Ta postopek je primeren za dokumentiranje tlorisov, medtem ko je za preseke bilo potrebno postopek malce prilagoditi. Pri fotografiranju preseka se poizkusimo postaviti kar se da pravokotno na presek. Vsaka fotografija mora vsebovati štiri med seboj enako oddaljene referenčne točke, ki tvorijo kvadrat. To je pomembno zato, ker moramo odpraviti popačenje zaradi perspektive in tako postaviti fotografijo na vertikalno ravnino. Seveda moramo pred tem fotografije tudi razkriviti, nato pa jih med seboj sestaviti s pomočjo referenčnih točk, s katerimi določimo tudi merilo. Risbo, izdelano iz tako sestavljenih fotografij, smo preverili na terenu s pomočjo natančnih meritev (slike 9-11). Odstopanja so bila minimalna.<sup>4</sup>

Prednost teh postopkov je v hitrosti izdelave dokumentacije, kar je zlasti pomembno pri zaščitnih izkopavanjih, in

<sup>4</sup>Napake pri 14 m dolgem preseku so bile manjše od centimetra.



Slika 11: Na podlagi korigirane fotografije izdelana risba "Preseka 1".

natančnosti, ki presega natančnost klasično izdelanih risb.

### Zaključek

Kot sva povedala že na začetku, je bil najin cilj narediti poceni in lahko vodljiv sistem za fotografiranje s srednjih višin (do 100 m), ki bi ga lahko uporabili za opazovanje in dokumentiranje najdišča, hkrati pa je enostaven za izdelavo in s tem dosegljiv širšemu krogu uporabnikov. Uspelo nama je izdelati poceni plovilo, ki pa ima eno veliko pomanjkljivost – ceno helija. Vendar lahko z enkratnim polnjenjem in minimalnimi dopolnjenji balon leti več dni. Zato pa je kakovost fotografij glede na uporabljeno opremo več kot zadovoljiva. Zaradi konstrukcije, ki je sposobna blažiti nihanja in ne povzroča vibracij, lahko fotografiramo tudi v precej neugodnih svetlobnih pogojih. Seveda je plovilo občutljivo na močnejši veter, predvsem sunke. Zato moramo izbirati ugodno vreme, če pa je napoved slaba, pa še bolj zgodnje ure. Ta sestavek je predvsem tehnične narave. Z njim sva hotela predstaviti probleme, s katerimi sva se soočala pri konstruiranju in izdelavi sistema za fotografiranje s srednjih višin. Misliva, da so rešitve cenene in enostavne, zato upava, da bova k podobnemu projektu spodbudila še koga.



Slika 12: Fotografija dela najdišča Školarice poleg ankaranskega križišča.

### Zahvale

Najprej bi se rada zahvalila Mileni Horvat, ki nama je omogočila prva uspešna poleta na Podrečju in digitalno obdelavo posnetkov. Hkrati nama je bila v oporo in naju je v težkih trenutkih vzpodbujala. Celo več; na neki način naju je ves čas priganjala, da sva bila primorana reševati probleme in razmišljati o novih izzivih – prvi digitalno obdelan prerez je bil izdelan na najdišču Col pri Prilipah na trasi avtoceste na Dolenjskem, kjer je vodila izkopavanja.

Veliko zaslug pri razvoju balona ima tudi Matjaž Novšak (Arhej d.o.o.), ki nama je omogočil polete v Murski Soboti (najdišče Grofovsko).

Fotografiranje gradišča Monkodonja pri Rovinju nama je omogočila prof. dr. Biba Teržan. Alfred A. Trenz naju je povabil na fotografiranje najdišča Školarice.

Zahvaljujeva se Darji Grosman za sodelovanje pri tretjem



poletu in za vse koristne nasvete.

Oddelku za arheologijo sva dolžna zahvalo za uporabo računalniške in programske opreme.

Silvi Cesar se zahvaljujeva za nedeljsko popoldne, ki ga je žrtvovala za šivanje prvega modela balona, in Tomažu Korenu za posojilo video-nadzorne kamere, ki sva jo uporabljala na začetku.

Brez Marka Simiča bi na internetu pri iskanju fotografskih podatkov zagotovo prebila dan ali dva.

Zvestemu navigatorju Otmarju Kovaču pa se zahvaljujeva za prenašanje najinih letalskih muh.

#### LITERATURA

BUSEMEYER K. L. 1987, Zur Konzeption eines ferngeleiteten gefesselter Heißluft-Kammerträgersystems. – V: *Luftaufnahmen aus geringer Flughöhe*, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum, Nr. 41, Bochum, str. 49-56.

RADOŠEVIĆ N. 1962, *Priručnik za hemičare i tehnologe*. – Tehnička knjiga, Beograd.

SCHUBERT F., GUNAVAR-von HOERSCHMANN S. 1978, *Archäologie und Photographie*. – Deutsches Archäologisches Institut, Berlin.