

OD REG ELTA DO SPATIAL STATION: ŠTIRI DESETLETJA ELEKTRONSKIH TAHIMETROV ZEISS (TRIMBLE)

FROM REG ELTA TO SPATIAL STATION: FOUR DECADES OF ZEISS ELECTRONIC
TACHEOMETERS (TRIMBLE)

Nedim Tuno, Admir Mulahusić, Dušan Kogoj

UDK: 528.53

IZVLEČEK

V prispevku je podan osnovni pregled zgodovinskega razvoja elektronskih tahimetrov, in sicer prek rešitev, ki so jih razvili v nemški tovarni geodetskih instrumentov Zeiss. Prav zahodnonemški Zeiss je prvi v svetu izdelal elektronski tahimeter. Temu instrumentu namenimo posebno pozornost. Kronološko so v nadaljevanju predstavljene zmožnosti različnih tahimetrov v trideset let dolgem razvoju. Na koncu je predstavljeno današnje stanje razvoja in proizvodnje tahimetrov v Zeissu po tem, ko je ta nekoč vodilni proizvajalec geodetskih instrumentov postal sestavni del velikega koncerna Trimble.

KLJUČNE BESEDE

elektronski tahimeter, Zeiss, Trimble, zgodovinski razvoj

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.04

ABSTRACT

This paper presents a basic overview of the historical development of electronic tachymeters, through solutions developed by the German manufacturer Zeiss. This factory is responsible for the first instrument of its kind in the world, which is described with special attention. Subsequently, the possibilities of different tachymeters are illustrated in chronological order, over their three decades of evolution. Finally, an overview on the current state of development and production of Zeiss tachymeters is given, since the plant became an integral part of Trimble's large concern.

KEY WORDS

electronic tacheometer, Zeiss, Trimble, historical development

1 UVOD

Obiskovalci Geodetskega dneva (zboru nemških geodetov) v Stuttgartu leta 1968 so lahko občudovali prototip neobičajnega instrumenta, ki ga je tovarna Zeiss Oberkochen prvič predstavila javnosti. Večina ni prav gotovo niti slutila, kako močno bo ta instrument v naslednjih letih vplival na razvoj geodetske merske tehnike. Instrument Reg Elta 14 je prvi omogočal samodejno registracijo merjenih smeri, kotov in dolžin. S tem je bila odpravljena največja pomanjkljivost optičnih tahimetrov. Poleg tega so z uporabo elektronike občutno razširili funkcije tahimetra. Geodeti so končno dobili avtomatiziran instrument, primeren za masovne meritve, in sicer predvsem v okviru detajlne izmere. S tem je elektronska tahimetrija postala realnost, obenem pa je instrument označeval konec obdobja optične tahimetrije.

Po velikem uspehu, ki ga je z instrumentom Reg Elta dosegel Zeiss, je ta proizvajalec nadaljeval uspešno delo. Iz generacije v generacijo so se pojavljali naprednejši in zmogljivejši elektronski tahimetri (preglednica 1).

Serija/model	Natančnost merjenja kotov (smerti) (DIN 18723, ISO 17123-3) ["]	Natančnost merjenja dolžin (DIN18723-6, ISO17123-4)		Doseg elektronskega razdaljemera (reflektor z eno prizmo) [m]	Masa instrumenta [kg]	Leto začetka serijske proizvodnje
		[mm]	[ppm]			
Reg Elta 14	3	5–10	–	500	28,5**	1970
Elta 2	0,6	5	2	2000*	13,5	1978
Elta 3	2	5	2	1200*	13,5	?
Elta 4	3	5	2	1200*	6,5	?
Elta 20	1	5	2	1600*	13,5	?
Elta 40	6	5	2	500	9,7***	?
Elta 46	3	?	?	2000*	?	1983
Elta 4	3	3	2	1500	5	1986
Elta 3	1,5	3	2	2100	5	1986
Elta 2	0,6	2	2	2300	5	1989
Elta 5	5	5	3	1000	4,8	1990
Elta 6	5	5	3	1200	4,8	1990
Rec Elta 2	0,6	2	2	2000	5,9	1990
Rec Elta 3	1,5	3	2	1800	5,9	1990
Rec Elta 4	3	3	2	1500	5,9	1990
Rec Elta 5	5	5	3	1200	5,9	1990
Rec Elta RL	1,5	5	3	6000	5,6	1993
Rec Elta 15	3	5	3	1000	5,2	1993
Rec Elta 14	2,5	3	2	1600	5,2	1994
Rec Elta 13	1,5	3	2	1600	5,2	1994
Elta 50	5	5	3	1000	3,5	1994
Rec Elta 14C	2,5	3	2	1600	5,2	1995
Rec Elta 13C	1,5	3	2	2000	5,2	1995
Rec Elta 13CM	1,5	3	2	2000	6	1995
Rec Elta 13CMS	1,5	2	2	2000	6,3	1996
Elta 40R	3	3	3	1200	3,5	1996
Elta 50R	5	5	3	1000	3,5	1996
Elta R 45	3	3	3	1500	3,5	1997
Elta R 50	5	5	3	1300	3,5	1997
Elta R 55	5	5	3	1300	3,5	1997
Elta S 10	1	1	2	2500	8,1	1997
Elta S 20	3	2	2	2500	8,1	1997
Elta C20	2	2	2	2500	6,2	1999
Elta C30	3	2	2	2500	6,2	1999

* reflektor s tremi prizmami, ** z registratorjem, *** brez baterije

Preglednica 1: Tahimetri Zeiss iz obdobja 1970–2000 (URL 4; Opton, 1972; Zeiss, 1981; Zeiss, 1982; Zeiss, 1984)

2 REG ELTA – REGISTRIRNI ELEKTRONSKI TAHIMETER

Prvi integrirani elektronski tahimeter z možnostjo samodejne registracije je imela javnost priložnost spoznati leta 1968, ko je zahodnonemški proizvajalec geodetskih instrumentov Zeiss Oberkochen (Opton) predstavil njegov prototip na Geodetskem dnevu v Stuttgartu (Mitić, 1972). Instrument je dobil oznako Zeiss RegElta 14 in je bil resnično vrhunski dosežek v razvoju geodetskih meritev.



Slika 1: Tahimeter Zeiss RegElta 14 s sistemom za registracijo merjenih vrednosti in njegova uporaba na olimpijskih igrah v Münchnu leta 1972 (Opton, 1972)

Poleg samodejnega elektronskega merjenja dolžin in kotov je tahimeter Zeiss Reg Elta 14 omogočal neposredno samodejno registracijo podatkov na perforirane trakove. Tako je bil prvič mogoč neprekinjen tok podatkov od faze terenske izmere do izdelave načrta (Benčič, 1990). Tahimeter so začeli serijsko izdelovati leta 1970, svetovno premiero pa je doživel leta 1972 med letnimi olimpijskimi igrami v Münchnu (slika 1). Dolžine metov tako prvokrat niso več določali z merskimi trakovi, temveč so to počeli elektrooptično. Kombinacija RegElte in elektronske računske naprave je zadovoljila vse zahteve glede hitrosti in natančnosti meritev, enostavnosti postopka, elektronske obdelave meritev in objave rezultatov (Čolić, 1972).

RegElta 14 ima obliko masivnega teodolita, pri katerem je celotna elektronska oprema za merjenje dolžin in kotov nameščena v nosilcih daljnogleda na bočnih straneh instrumenta. Elektronski razdaljemer je fazni, svetilo pa je Ga-As luminiscenčna dioda, ki oddaja infrardečo svetlobo ($\lambda_{\text{eff}} = 0,93 \mu\text{m}$). Razdaljemer ima koaksialno optiko, kar je značilnost vseh poznejših modelov integriranih tahimetrov, njegov doseg je 2000 metrov, standardni odklon merjenja dolžin pa je od 5 do 10 milimetrov. Za merjenje kotov (smeri) instrument uporablja absolutni način s kodirano razdelbo s samodejno koincidenčno diametralnih delov razdelbe, čitanje pa se izvede z optičnoelektronskim mikrometrom. Uporaba instrumenta je bila za tiste čase zelo

enostavna. Po končanem centriranju in horizontiranju se je instrument vključil z glavnimi stikali za merjenje kotov in dolžin. S števcem je bilo pred viziranjem potrebno nastaviti ime merjene točke. Po ročnem finem viziranju se je s pritiskom na gumb celoten merski postopek izvedel samodejno (Mitić, 1972). Čas meritev je bil pet sekund. Merjene vrednosti: horizontalna smer, zenitna razdalja in poševna dolžina so se v naslednjih petih sekundah registrirale na perforirni trak. Instrument je bil sredi sedemdesetih let nadgrajen z računalnikom Eltac, ki ga je bilo mogoče namestiti na stativ in povezati s tahimetrom. Omogočal je obdelavo merjenih podatkov neposredno na terenu (Mitić, 1980).

V Združenih državah Amerike so v prvi polovici sedemdesetih let izvedli intenzivna testiranja instrumenta, s katerimi so želeli predvsem preveriti njegovo učinkovitost pri praktični uporabi. Tahimeter se je zelo izkazal pri izmeri urbanih območij. Čeprav je vsa oprema skupaj tehtala kar 65 kilogramov, je bila po volumnu dovolj »majhna«, da jo je bilo mogoče po terenu prevažati v prtljajniku osebnega avtomobila. Ocenili so, da je s tahimetrom RegElta 14 mogoče isto terensko opravilo izvesti v 56 % krajšem času kot pri klasičnem načinu ter da je pri obdelavi podatkov mogoče prihraniti 59 % časa. Poleg tega so se zaradi manj številčne terenske ekipe zmanjšali stroški terenske izmere. Drugačni rezultati so bili doseženi pri izmeri zahtevnih terenov (hrbovita območja). Instrument je bil zelo občutljiv za tresljaje, posledica prevažanja po zahtevnih poteh je bila precejšnja derektifikacija. Njegova uporaba je bila zaradi velikih stranskih površin zelo otežena pri močnejšem vetru, ob višjih zunanjih temperaturah so se notranji deli instrumenta pregrevali (Murphy, 2006).

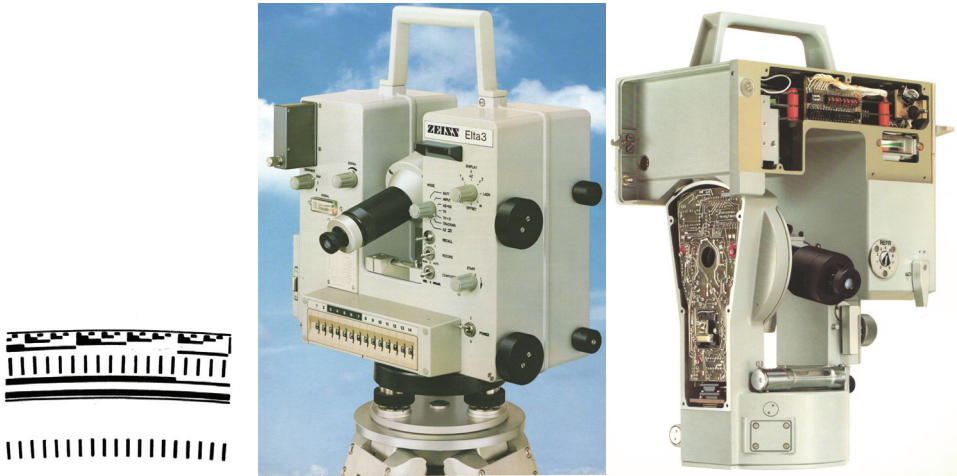
Osnovna pomanjkljivost instrumenta RegElta 14 je bila v tem, da kontrola podatkov na terenu ni bila mogoča. Enako je veljalo za kontrolo napak pri prenosu in obdelavi podatkov, saj so se pri perforaciji traku lahko pojavljale napake. Geodet na terenu ni mogel izvesti nobene kontrole, ker ni imel čitljivega zapisnika, perforirani trak pa je lahko bral le stroj (Benčić, 1990).

3 TAHIMETRI DRUGE GENERACIJE

Razvoj v tovarni Zeiss Oberkochen je kot naslednike tahimetra RegElta 14 prinesel novo generacijo instrumentov, ki so bili natančnejši, povečan je bil doseg merjenja razdalj, zmanjšale so se dimenzije in masa instrumentov, uveden je bil nov postopek registracije podatkov, povečala se je učinkovitost.

Leta 1978 se je začel serijsko izdelovati instrument Elta 2. To je bil prvi tahimeter na svetu, ki je v enem modulu zajemal teodolit, razdaljemer, spominsko enoto, računalnik in izvor napajanja. Tak koncept je bil bistveno ugodnejši – brez zunanje baterije, ločene spominske enote in povezovalnih kablov je bilo delo enostavnejše in hitrejše. Samodejna registracija se je izvedla na zamenljivi magnetni modul, kapaciteta modula je bila 800 merskih blokov (izmerjenih točk). Blok je bil sestavljen iz kod 14 cif in 7 mest za merske vrednosti. Osnovne funkcije tahimetra (merjenje kotov in dolžin, izbor enot, nastavitve vrednosti horizontalne smeri in podobno) je upravljal mikroračunalnik. Na podlagi merjene poševne dolžine in zenitne razdalje se je izračunala horizontalna dolžina in višinska razlika, upoštevani so bili popravki zaradi ukrivljenosti Zemlje, refrakcije in podobno. Modul s programom je omogočal reševanje različnih računskih nalog,

kot so prosto stojišče, zakoličba, izračun poligonskega vlaka, izračun popravkov smeri, merjenih v eni krožni legi, in drugo. Povezava instrumenta Elta 2 z računalnikom je bila vzpostavljena prek pretvornika podatkov, omogočena je bila obojestranska komunikacija (Mitić, 1980; Benčić, 1990). Sistem za merjenje kotov (slika 2) je bil podoben kot pri RegElta 14, le veliko natančnejši (0.6"). Visoka merska natančnost in konstrukcijska stabilnost sta bili zagotovljeni s kovinsko konstrukcijo tahimetra, kar pa se je poznalo na njegovi masi, saj je tehtal kar 13,5 kilograma.

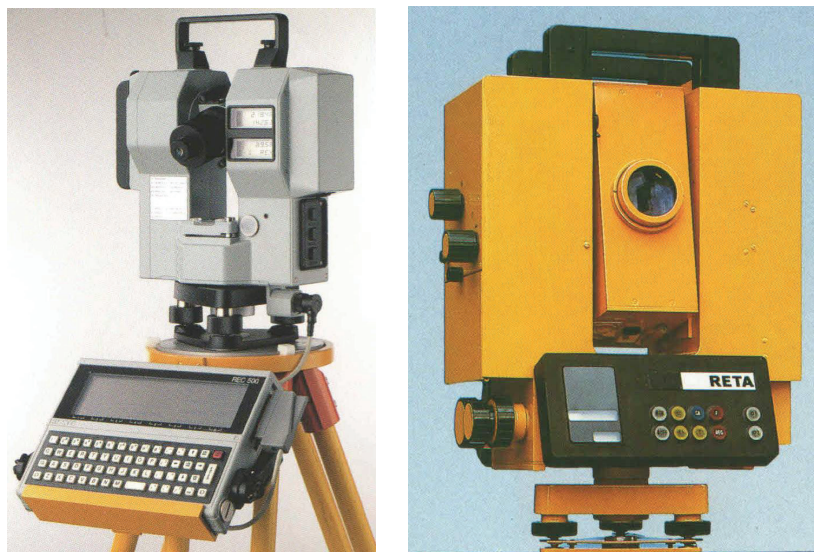


Slika 2: Izsek kodiranega kroga Elta 2 z dvojno krožno razdelbo (levo) (Benčić, 1990); tahimeter Elta 3 (v sredini) (Zeiss, 1982), presek tahimetra Elta 4 (desno) (Zeiss, 1981)

Vzporedno z instrumentom Elta 2 je Zeiss proizvajal enostavnejše tahimetre (Elta 20 in Elta 3 – slika 2) ter še enostavnejše inženirske tahimetre Elta 4 (slika 2) brez računske in spominske enote. Tahimeter Elta 4 je uporabljal relativni – inkrementalni način določanja kotnih vrednosti, ki je zahteval poseben način določitve horizonta vertikalnega kroga, ob vklopu pa je bila vrednost horizontalne smeri ne glede na položaj zgornjega sestava vedno 0.0000 (Mitić, 1980).

4 TAHIMETRI V OSEMDESETIH LETIH

Od leta 1986 se v serijski proizvodnji Zeiss Oberkochen pojavljajo novi modeli tahimetrov, kot sta Elta 3 in Elta 4, nekoliko pozneje pa tudi Elta 2, Elta 5 in Elta 6 (slika 3). Instrumenti imajo modernejšo obliko, njihova masa pa je več kot dvakrat manjša od tahimetra Elta 2. Novost sta dva LCD-zaslona na obeh straneh instrumenta. Na zaslonu je mogoče prikazati dve vrstici z desetimi znaki.



Slika 3: Tahimetra zahodnonemškega in vzhodnonemškega proizvajalca Zeiss iz osemdesetih let: Elta (levo) (Zeiss, 1993) in RETA (desno)

Za to serijo instrumentov je bil razvit nov relativni sistem čitanja kotov z inkrementalnim načinom. Zanimivo je, da so imeli tahimetri vgrajen termometer in barometer za merjenje meteoroloških parametrov, na podlagi katerih so bile izvedene meteorološke redukcije merjenih dolžin. Različni modeli tahimetrov Elta so bili enaki po zunanosti, so se pa bistveno razlikovali po natančnosti, merskem dosegu in drugih tehničnih značilnostih. V Elta 2 in Elta 3 so vgradili dvoosni tekočinski kompenzator za merjenje nagiba vertikalne vrtilne osi instrumenta. Na podlagi podatkov o nagibu v smeri osi daljnogleda in kolimacijske osi je instrument samodejno popravljajl odčitke na horizontalnem in vertikalnem krogu. Podatki o nagibu so bili prikazani na zaslonu. Merske vrednosti so se shranjevale prek vmesnika RS232 na zunanjo pomnilno enoto REC 500 s kapaciteto 4000 merskih blokov. Modul REC 500 (slika 3) je omogočal obdelavo podatkov za namen prostega stojšča, zakoličbe, izračuna poligona in drugega, uporabnik pa je lahko izdelal tudi lastne programske rešitve, programirati je bilo mogoče v programskem jeziku BASIC. Pretvornik podatkov REC-DXF je omogočil tudi podporo in integracijo podatkov v sisteme CAD (Benčič, 1990; Zeiss, 1991; Zeiss, 1992).

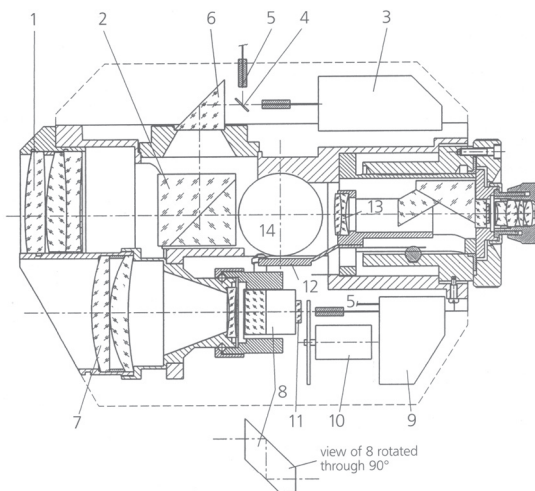
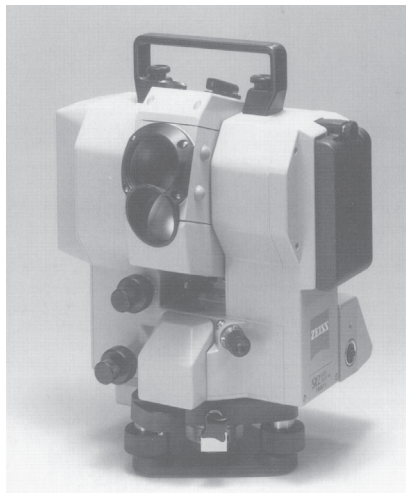
Od leta 1990 so bili tahimetri Rec Elta opremljeni s spominsko enoto in enoto za obdelavo podatkov Rec E (slika 3). Rec E je imel veliki LCD-grafični zaslon s štirimi vrsticami s po 40 znakovnimi polji, tipkovnico s 24 tipkami, alfanumerični vmesnik na podlagi »menu tehnike«, programe in izmenljivo spominsko enoto za 2000 zapisov (Zeiss, 1992).

Zaradi blokavske razdelitve Evrope je šel razvoj elektronskih tahimetrov proizvajalca Zeiss Jena popolnoma svojo pot. Leta 1980 je bil izdelan tahimeter Recota, leta 1982 pa tahimeter Reta (slika 3). Oba sta po natančnosti in tehnoloških rešitvah zaostajala za modeli zahodnonemškega soimenjaka (Mark, 2009).

5 ZADNJI MODELI TAHIMETROV SAMOSTOJNE TOVARNE ZEISS

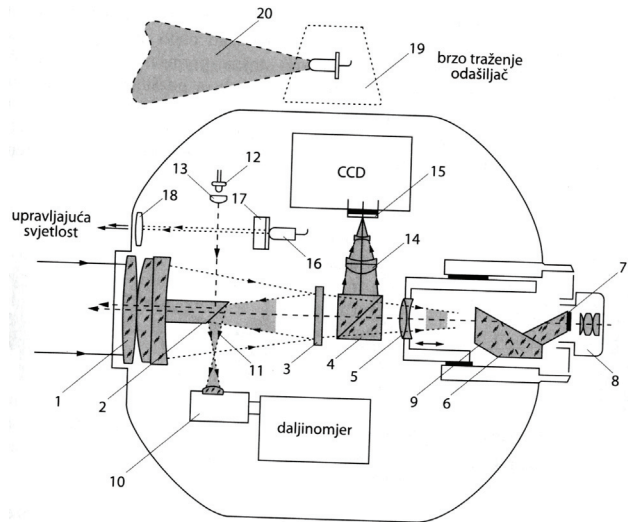
Po združitvi obeh Nemčij v začetku leta 1990 sta se združili tudi tovarni Zeiss Oberkochen in Zeiss Jena. Kmalu je bila sprejeta odločitev, da se vsa proizvodnja geodetskih instrumentov preseli v tovarno Zeiss Jena, selitev je bila dokončana leta 1997 (Cheves, 1997).

Medtem premeščanjem tehnologije in proizvodnih linij v Jenou so v Oberkochnu nadaljevali proizvodnjo tahimetrov Rec Elta, ki so dobili oznake 13, 14 in 15. Leta 1993 je bil predstavljen instrument Rec Elta RL, prvi elektronski tahimeter, ki je omogočal merjenje dolžin brez uporabe reflektorjev (slika 4) (Rueger, 2006).



Slika 4: Elta RL in shema daljnogleda (Zeiss, 1994; Michelbacher, 1994)

Uporabljene so bile rešitve, realizirane v elektronskem razdaljemeru Zeiss Eldi 10, ki se je serijsko izdeloval od leta 1988. Daljnogled tahimetra Rec Elta RL (slika 4) je bil izveden tako, da sta vizurna os in os oddajne optike elektronskega razdaljamera sovpadali, kar je omogočalo simultano merjenje dolžin in smeri do identične ciljne točke. Tako so se izognili nekontroliranim odstopanjem, ki so se pojavljala pri dotedanjih rešitvah, pri katerih sta bila teodolit in razdaljemer izvedena kot posebna in »ločena« modula (Michelbacher, 1994). Pri kombiniranih tahimetrih je bil razdaljemer namreč pritrjen na daljnogled teodolita. Pojavil se je vertikalni zamik vizurne osi teodolita in osi svetlobnega žarka razdaljamera, kar je povzročilo nemalo težav pri enolični določitvi kraja ciljne točke. Ta težava je pri meritvah brez uporabe reflektorjev včasih nerešljiva. Rec Elta RL je bil torej prvi instrument, ki je omogočal korektno izvedbo meritev brez uporabe reflektorjev pri detajlni izmeri. Zaradi impulznega načina meritev in dovolj velike svetlobne jakosti laserske diode kot izvora svetlobe je bil doseg razdaljamera pri tem načinu merjenja 400 metrov (različica RL-S), doseg z uporabo reflektorja pa je bil kar 8000 metrov (Zeiss, 1994). Tahimetri serije Rec Elta 13/14/15 so bili v devedesetih letih precej naprednejši tudi zaradi shranjevanja podatkov na kartice PCMCIA SRAM in FLASH (Rec Elta 13C/15C), vgrajenega stopenjskega motorja za vrtenje alhidade in daljnogleda (Rec Elta 13CM) ter sistema samodejnega prepoznavanja tarče (Rec Elta 13CMS). Posebno zanimiv je bil tahimeter CMS



Slika 5: Univerzalni tahimeter Zeiss Elta S10 (URL 5) in njegov daljnogled (Benčić in Solarić, 2008)

Ti instrumenti so imeli možnost nadgradnje po posameznih modulih, ki so v končni rešitvi Space omogočali popolno avtomatizacijo merskega postopka. Daljnogled (slika 5) poleg običajnega optičnega sistema vsebuje elektrooptični razdaljemer, sistem za hitro viziranje (iskanje tarče), senzorje za samodejno viziranje tarče in usmerjevalno luč. Sistem iskanja tarče (Quick Lock) temelji na oddaji in sprejemu vertikalnega laserskega snopa, pri čemer se instrument vrtil okrog vertikalne osi s hitrostjo $90^\circ/\text{s}$. Ko sprejemnik na reflektorju zazna prehod laserske svetlobe, to prek radijske zveze sporoči instrumentu. Instrument ustavi vrtenje, točka je v horizontalni smeri grobo navizirana. Sledi vrtenje daljnogleda v vertikalni ravnini, dokler sprejemnik na reflektorju ne zazna ustreznega signala. Točka je takrat grobo navizirana. Fino viziranje (FineLock) se doseže s sistemom iskanja največje intenzitete od reflektorja odbitega svetlobnega žarka, ki ga instrument pošlje proti ciljni točki. Doseg sistema QuickLock je 300 metrov, sistema FineLock pa kar 1000 metrov. Druge novosti instrumenta Elta S so bile elektronska libela, popolna QWERTY tipkovnica, kodirani (absolutni) način določevanja smeri na krogih in podobno (Benčić in Solarić, 2008; Pepling, 1997).

6 POD OKRILJEM TRIMBLA

Leta 1999 je bil podpisan sporazum o skupnem podjetju družb Carl Zeiss Jena GmbH in Spectra Precision Inc (nekdanji švedski proizvajalec Geotronics). To leto so se na trgu pojavili tahimetri Zeiss C20/30 z možnostjo brezžične povezave z drugimi računalniki in instrumenti, nosilec prenosa je bila infrardeča svetloba. Kmalu zatem (v sredini leta 2000) je postal lastnik nemško-švedske skupine ameriški koncern Trimble. V Jeni sta se razvoj in proizvodnja nadaljevala pod imenom Trimble Jena GmbH. Tahimetri so se še nekaj časa proizvajali pod oznako Zeiss, kaj kmalu pa so se preimenovali v Trimble. Tako se na primer instrumenti Elta C20/30 od leta 2001 imenujejo Trimble 3600 (Mark, 2009; URL 1). Zanimivo je, da se napredne različice teh tahimetrov še vedno proizvajajo. Tak model je Trimble 3601 (slika 6), ki ima deklarirano natančnost $1.5''$ in 1 mm ; 1.5 ppm ter možnost merjenja dolžin brez uporabe reflektorjev, dvoosni kompenzator, kontrolno enoto QVGA z osvetljenim barvnim ekranom na dotik. Tahimeter je kompatibilen s sprejemnikom GNSS, saj ima identičen uporabniški vmesnik, isti format baze podatkov ter enotno programsko opremo za združitev in obdelavo podatkov obeh merskih tehnologij (URL 2).



Slika 6: Tahimetra Trimble 3600 (URL 2) in Trimble S6 (URL 3)

Po prevzemu tovarn Carl Zeiss Jena in Spectra Precision je imel Trimble zadostno ponudbo enostavnih, standardnih in univerzalnih tahimetrov, zasnovanih na instrumentih, ki so jih pred tem razvili nemški in švedski proizvajalci. Zanimivo je, da sta se takrat vzporedno proizvajala dva tipa univerzalnih tahimetrov Trimble Zeiss Elta S in Trimble 5600 (prej Geodeimeter 600). Čeprav so bili ti instrumenti preverjeni in zanesljivi, je bilo že takrat jasno, da jih bo

moral Trimble zelo hitro zamenjati in na trgu ponuditi tehnološko naprednejši tahimeter, če bo hotel uspešno konkurirati izdelkom sorodnih podjetij. Tako so sprejeli program za razvoj naprednega tahimetra. Da bi zmanjšali stroške in skrajšali čas razvoja, je bilo delo zaupano več projektantskim skupinam, pri čemer so eno sestavljali strokovnjaki iz Jene. Petletni razvoj pod vodstvom švedskih strokovnjakov je leta 2005 obrodil sadove, predstavljen je bil tahimeter nove generacije Trimble T6 (slika 6). Trimblovi strokovnjaki so že med razvijanjem projekta S6 gledali naprej in predvideli kombinacijo tega instrumenta z video tehnologijo. Leta 2007 je bil predstavljen Trimble VX Spatial Station, instrument, ki prvi združuje elektronski tahimeter, 3D-laserski skener in omogoča dodatno snemanje digitalnih fotografij z vgrajeno metrično kamero. Omogočena je skupna obdelava vseh tako zajetih podatkov (Cheves, 2007).

7 SKLEP

Pionirsko delo projektantov, ki so v šestdesetih letih prejšnjega stoletja intenzivno razvijali elektronske komponente za uporabo v geodetskih instrumentih, je bilo kronano s tahimetrom RegElta14 nemškega proizvajalca geodetskih instrumentov Zeiss Oberkochen. Ravno s tem instrumentom se je uresničil davni sen geodetov o neprekinjenem toku podatkov od meritev na terenu do končnih rezultatov v numerični ali grafični obliki. Zeiss RegElta14 je bil toliko naprednejši od takratnih optičnih tahimetrov, da je bila primerjava skoraj nemogoča. Mnoge tehnične rešitve so bile pozneje uporabljene v številnih drugih Zeissovih instrumentih in instrumentih drugih proizvajalcev. Na tako dobri podlagi je bil izdelan instrument Elta 2, ki je bil konceptualno najnaprednejši tahimeter ob koncu sedemdesetih let. Glede na vse svoje odlike je bil gotovo najnaprednejši tahimeter vseh časov. Koncept vgradnje razdaljemera, enote za merjenje kotov, sistema samodejne registracije in izvora napajanja v en modul so pozneje prevzeli vsi proizvajalci geodetskih instrumentov.

Od začetka osemdesetih let so bili številni proizvajalci vključeni v neizprosno tekmo ustvarjanja vse boljših integriranih elektronskih tahimetrov. V zelo močni konkurenci je Zeissu uspelo ohraniti položaj enega od vodilnih proizvajalcev tahimetrov. Prodajni rezultati so bili dobri, o čemer priča tudi seznam več kot 30 različnih modelov, proizvedenih do leta 2000.

Po tridesetih letih samostojnega delovanja na področju razvoja in izdelave tahimetrov se je geodetski del tovarne Zeiss pridružil Trimblu. Kot del tega velikega koncerna je tovarna Zeiss Jena nadaljevala uspešno proizvodnjo elektronskih tahimetrov in njihovih komponent, njeni strokovnjaki pa so bistveno prispevali k razvoju naprednih instrumentov Trimble S6 in Trimble VX Spatial Station.

Literatura in viri:

- Bencić, D. (1990). *Geodetski instrumenti. Školska knjiga, Zagreb.*
- Bencić, D., Solarić, N. (2008). *Mjerni instrumenti i sustavi u geodeziji i geoinformatici. Školska knjiga, Zagreb.*
- Cheves, M. (1997). *Carl Zeiss: 150 Years of Quality. Professional Surveyor Magazine, 17(6).*
- Cheves, M. (2007). *Fusing Measuring Innovation with Globa R&D. The American Surveyor, 4(9).*

Čolić, K. (1972). Uz novi postupak mjerenja dužina u bacačkim disciplinama na 20. Olimpijadi. *Geodetski list*, XXVI(7–9).

Mark, R. P. (2009). *Von Zeiss zu Trimble: 100 Jahre Entwicklung und Bau geodätischer Instrumente in Jena. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten Bd., 116(3), 83–88.*

Michelbacher, E. (1994). *Zeiss Rec Elta RL – A New Electronic Total Station for Distance Measurements without Reflectors. Carl Zeiss, Oberkochen.*

Mitić, S. (1972). *Elektronska tahimetrija. Geodetska služba, 3, 32–39.*

Mitić, S. (1980). *Novi elektronski tahimetri firme Zeiss Oberkochen Elta 2 i Elta 4. Geodetska služba, 26, 58–72.*

Murphy, J. S. (2004). *Electronics based innovation in a niche market: distances measured by the speed of light. North Carolina State University.*

Opton (1972). *Elektronische Tachymeter SM 11, Reg Elta 14. Opton Feintechnik GMBH, Oberkochen, ZRN.*

Pepling, A. (1997). *Hands On: Zeiss Elta S 20 Robotic Total Station. Professional Surveyor Magazine, 19(7).*

Rüeger, J. M. (2006). *75 Years of Change in Survey Technology. Survey Review, Vol. 38, No. 300, pp. 459-473.*

Zeiss (1981). *Zeiss Elta 4 Elektronisches Tachymeter – Digitaler Ingenieurtheodolit mit elektronischer Kerisablesung und eingebautem elektro-optischem Distanzemesser. Carl Zeiss Oberkochen, ZRN.*

Zeiss (1982). *Elta 20, Elta 3 Elektronische Tachymeter. Carl Zeiss Oberkochen, ZRN.*

Zeiss (1984). *Elta – 2 Electronic Second – Reading Tacheometer – Operating Instructions. Carl Zeiss Oberkochen.*

Zeiss (1984). *Zeiss Elta 40 – Elektronisches Ingenieur- und Bautachymeter mit Registrierausgang und Rechenprogrammen. Carl Zeiss Oberkochen, ZRN.*

Zeiss (1991). *Zeiss Elta 3 and Elta 4 Operating Instructions. Carl Zeiss Oberkochen.*

Zeiss (1992). *Elta Electronic Total Stations for Surveying at All Levels of Accuracy. Carl Zeiss Surveying Division, Oberkochen.*

Zeiss (1992). *Rec Elta Recording Electronic Tacheometer. Carl Zeiss Oberkochen.*

Zeiss (1993). *Universal-Tachymeter RecElta RL. Carl Zeiss Oberkochen.*

Zeiss (1994). *Rec Elta RL-S Total Station for Reflectorless Measurement. Carl Zeiss Geodetic Systems, Jena.*

Zeiss (1997). *Rec Elta/C/CM/CMS Operating Instructions. Carl Zeiss Geodetic Systems, Jena.*

URL 1: Trimble Jena GmbH http://www.zeiss.de/C12567A100537AB9/Inhalt_Frame/F8E314A7F866BDD4C1256E830044BA62?OpenDocument&Highlight=trimble (6. 5. 2012)

URL 2: Trimble@ 3600 Mechanical Total Station <http://www.trimble.com/3600.shtml> (6. 5. 2012)

URL 3: Trimble@ S6 Servo-Autolock-Robotic Total Station <http://www.trimble.com/trimbleS6.shtml> (6. 5. 2012)

URL 4: Tehnički podaci Zeiss tahimetara <http://www.bujorel.com/id17.html> (6. 5. 2012)

URL 5: Trimble Knowledge Network <http://tknsc.trimble.com/> (6. 5. 2012)

Prispelo v objavo: 4. junij 2012

Sprejeto: 30. avgust 2012

asist. mag. Nedim Tuno, univ. dipl. inž. geod.

US, Građevinski fakultet 2, Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo

e-pošta: nedim_tu@yahoo.com

asist. dr. Admir Mulahusić, univ. dipl. inž. geod.

US, Građevinski fakultet 2, Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo

e-pošta: amulahusic@yahoo.com

izr. prof. dr. Dušan Kogoj, univ. dipl. inž. geod.

UL, FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si