

INTEGRIRANI GEODETSKI MJERNI SUSTAV – TOTALNE MJERNE STANICE

Đuro BARKOVIĆ – Zagreb*

SAŽETAK. U ovom radu prikazana su svojstva današnjih totalnih mjernih stanica, te tendencije u razvoju novih integriranih geodetskih mjernih sustava u skorašnjoj budućnosti. Opisane su osnovne mogućnosti takvih instrumenata s obzirom na mjerni proces, te su dani tablični pregledi tehničkih svojstava pojedinih totalnih mjernih stanica svrstanih prema proizvođaču, modelu i godini proizvodnje.

Ključne riječi: Totalna mjerna stanica, integrirani mjerni sustav, senzor, modularna mjerna stanica.

1. UVOD

U današnjoj eri elektronike, kompjutorske tehnike, komunikacijskog razvoja i uopće vrlo visokog tehnološkog napretka, mjerni instrumenti se iznimno brzo razvijaju a s njima, dakako, i geodetski instrumenti. Od svih geodetskih instrumenata, teodolit je možda doživio najveće promjene u smislu integriranja suvremenih pomagala koja prilikom mjerenja djelomice ili potpuno zamjenjuju mjeritelja ili mu u najmanju ruku znatno olakšavaju njegov rad. Takva pomagala su na primjer: laserski visak, elektronska libela, kompenzator, elektronički daljinomjer, sustav za automatsko očitavanje kutova, sustav za automatsko traženje i viziranje cilja, sustav za pohranjivanje mjerenih podataka na pogodan medij i sl. Takav integrirani mjerni instrument nazivamo totalna mjerna stanica (Benčić 1990).

2. KRATAK PREGLED RAZVOJA TOTALNIH MJERNIH STANICA

Teodolit je geodetski instrument za mjerenje horizontalnih i vertikalnih kutova. Tahimetar je geodetski instrument koji osim horizontalnih i vertikalnih kutova može mjeriti i dužine. Dakle, mogli bismo kazati da je tahimetar teodolit u koji je integriran daljinomjer. Do pojave elektrooptičkih daljinomjera tahimetrom su se mjerile duljine optički i zbog toga se zvao optički tahimetar. Nakon pojave prvog elektrooptičkog daljinomjera 1950. (GEODIMETAR 1) nastaju velike promjene u metodi mjerenja duljina.

Elektrooptički daljinomjeri mjere duljinu slanjem vidljivih ili nevidljivih zraka svjetlosti. Zbog toga je pri mjerenju nužno optičko dogledanje instrumenta i točke cilja.

*Mr.sc. Đuro Barković, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb.

Na cilju se postavlja pasivni reflektor koji vraća signal u instrument, te se na osnovi mjerenja brzine signala i razlike u vremenu odaslanog i primljenog signala dobiju osnovni parametri za računanje prijednog puta, tj. duljine.

Takav se daljinomjer nije integrirao u teodolit zato što su prvi elektrooptički daljinomjeri bili vrlo nepraktični zbog svoje veličine i mase, npr. model GEODIMETAR 2A imao je masu od 150kg. U novim se modelima stalno smanjuju veličina i masa te poboljšava funkcionalnost i preciznost, tako da već model 6 (1964) ima masu od 16kg i srednju pogrešku $\pm(10\text{mm}+2\text{ppm})$ (Benčić 1990). Međutim, to je još uvijek bila velika razlika u masi između tadašnjih optičkih teodolita i elektrooptičkih daljinomjera da bi se izvršila integracija. Prvo što je učinjeno za integraciju je to, da se na optički teodolit pomoću odgovarajućeg adaptera postavljao elektrooptički daljinomjer. Tako integrirani instrument nazvan je elektrooptički tahimetar.

Kasnijim usavršavanjem i razvojem elektrooptičkih, elektroničkih i impulsnih (laserkih) daljinomjera moglo se pristupiti istinskoj integraciji s teodolitom.

Elektronički daljinomjeri mjere duljinu slanjem moduliranog elektromagnetskog vala do pasivne prizme, koja vraća signal u instrument, tako da odaslan modulirani val prelazi duljinu dva puta. Pritom treba odrediti brzinu c i mjeriti vrijeme prolaza t .

Impulsnji daljinomjeri mjere duljinu slanjem elektromagnetskog signala u vrlo kratkom vremenskom intervalu koji se odbija od cilja i vraća u instrument. Danas se za izvor zračenja kod impulsnih daljinomjera upotrebljava laser, što omogućuje mjerenje duljine i bez reflektora.

Unatoč tome što su u teodolit ugrađeni neki od tih daljinomjera, ne može se reći da su to totalne mjerne stanice. Tek nakon integriranja u teodolit sustava za automatsko očitavanje horizontalnih i vertikalnih kutova uz elektronički daljinomjer i sustava za automatsko pohranjivanje izmjerenih podataka, takav instrument poprima karakteristike osnovnog (jednostavnog) modela totalne mjerne stanice.

3. SUVREMENA TOTALNA MJERNA STANICA

Današnji integrirani geodetski mjerni sustavi ili totalne mjerne stanice imaju široki spektar mogućnosti izvođenja mjernih operacija. U njih su ugrađeni mikroprocesori koji gotovo ne zaostaju za onima ugrađenim u osobna računala (PC). Ti procesori obavljaju kontrolu svih aktivnosti mjerne stanice.

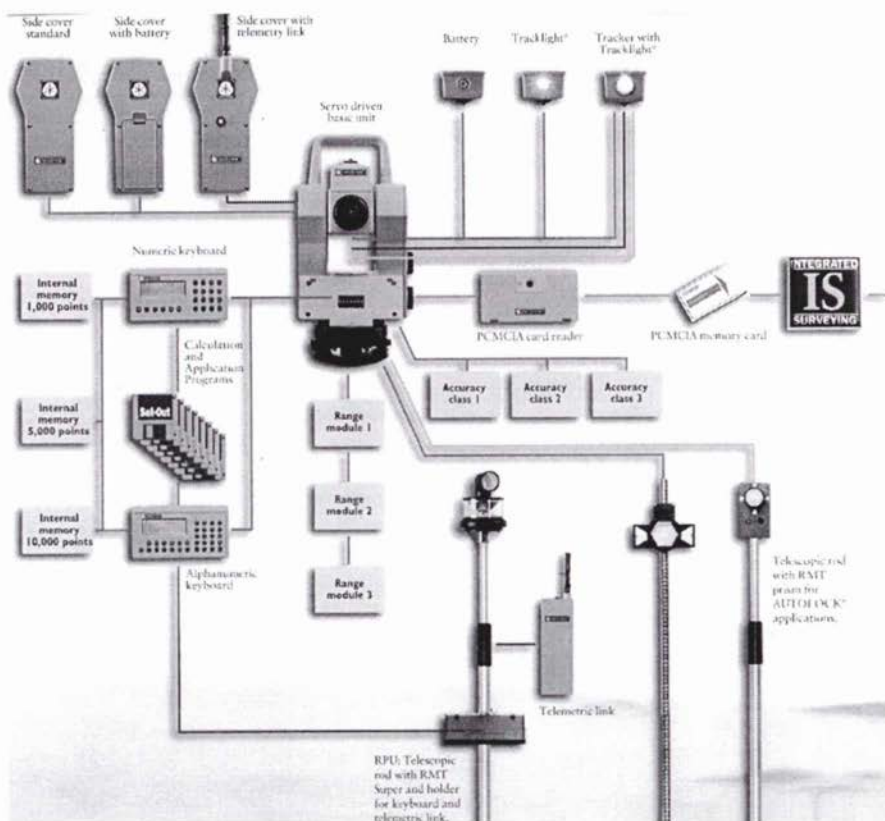
Glavni dijelovi suvremene totalne mjerne stanice (slika 1) isti su kao i kod optičkog teodolita, a to su: durbin, alhidada na kojoj su smješteni vijci za fini pomak i kočnice alhidade i durbina, te (po potrebi odvojivu) podložnu ploču u koji je usađena alhidada. Ono po čemu se na prvi pogled totalna mjerna stanica razlikuje od klasičnog optičkog teodolita je to što na njoj ne postoji okular za očitavanje limbova. Osim toga na alhidadi su smješteni pokazivač (dijeljak) i tipkovnica pomoću kojih mjeritelj uspostavlja komunikaciju s instrumentom. Na samom instrumentu nalaze se još: mjesto za unutarnju bateriju, prijenosni medij za pohranjivanje mjerenih podataka, te utičnice za priključne kablove. Unutar samog kućišta instrumenta smješteni su svi oni elektronički i drugi dijelovi koji takav instrument svrstavaju u totalnu mjernu stanicu.

Gotovo svi današnji modeli totalnih mjernih stanica rade na istim ili vrlo sličnim osnovama, te će se pri opisu osnovnih mogućnosti i načina rada s njima govoriti općenito.

Nakon uključivanja i inicijaliziranja instrumenta na pokazivaču će se pojaviti očitavanje horizontalnog i vertikalnog kuta. Mjeritelj tada može birati, većinom iz menija ili izravno pomoću funkcijskih tipki, odgovarajuću aktivnost instrumenta.

Struktura menija može se podijeliti u nekoliko cjelina:

- funkcijski dio menija zadužen za razne kontrole pri radu s instrumentom
- dio menija pomoću kojeg korisnik može upravljati s mjerenim podacima



Slika 1. Suvremena totalna mjerna stanica s pojedinim modulima za nadogradnju.

– dio menija u kojem postoje odgovarajući paketi programa koji su integrirani u mjernu stanicu i omogućuju mjeritelju izvršavanje najčešćih geodetskih zadataka, kao npr. slobodno stacioniranje (presjeci), iskolčenje točaka, računanje površina iz koordinata, kodirano snimanje detalja i sl.

Kod većine instrumenata pomoću menija može se pristupiti sljedećim funkcijama:

Postavljanje:

Unos početnog broja točke i visine reflektora
 Unos određenoga horizontalnog kuta
 Izbor maske displeja
 Unos atm. korekcije i adicijske konstante
 Uključenje elektronske libele

Integrirani softver:

Unos podataka o poslu i operateru
 Unos podataka o stajalištu i instrumentu
 Presjek natrag
 Iskolčenje iz koord. ili s kutom i duljinom
 Računanje duljine između dvije točke
 Računanje površine iz koord. ili iz mjerenja

Korisne funkcije za rad s podacima:

Unos podataka:

Unos koordinata
 Unos kodova

Brisanje podataka:

Brisanje mjerenih podataka
 Brisanje koordinata
 Brisanje kodova

Pretraživanje podataka:

Traženje mjer. podataka prema zad. broju toč.
 Traženje koord. prema zadanom broju točke

Pregled podataka:

Pregled mjerenih podataka

Pregled koordinata

Pregled kodova

Slanje podataka (na kompjutor):

Slanje mjerenih podataka

Slanje koordinata

Slanje kodova

Učitavanje podataka (u instrument):

Učitavanje koordinata

Učitavanje kodova

Brisanje svih podataka:

Brisanje svih mjerenih podataka

Brisanje svih koordinata

Brisanje svih kodova

Test funkcije:

Stanje baterije

Nutarnja temperatura instrumenta

Jačina vraćenog signala od prizme

Test LCD displeja i osvjetljenja

Kalibracija instrumenta:

Određivanje pogreške indeksa vert. kruga

Određivanje kolimacijske pogreške

Konfiguracija instrumenta:**Parametri:**

Namještanje kontrasta i kuta gledanja

Mjerenje elevacijskoga kuta, zenitne daljine ili nagiba u postocima

Parametri interfejsa:

Brzina prijenosa

Paritet

CR ili CRLF (oznaka kraja linije)

Pohrana podataka

Pohrana podataka na RAM ili RS 232

Izbor maske: MASK1 ili MASK2

Mjerne jedinice:

Izbor jedinice za duljine: (m, ft ili ft/in)

Izbor jedinice za kut: (gon, 360d, 360s)

Uključenja / isključenja:

Zvučni signal na kutu od: 0°, 90°, 180° i 270°

Kompenzator

Ispravan Hz kut do tilta (za COMP=ON)

Zvučni signal pri pritisku na tipke

Automatsko isključenje

4. TENDENCIJE U RAZVOJU BUDUĆIH INTEGRIRANIH GEODETSKIH MJERNIH SUSTAVA

Najveća novost u budućim geodetskim mjernim sustavima bit će, prije svega, potpuna automatizacija mjernog procesa. Konkretno, za totalnu mjernu stanicu to znači da će u svim modelima biti ugrađeni servomotori za pomicanje alhidade i durbina. Zatim, imat će sustav za automatsko traženje cilja (senzor). Vjerojatno će biti integriran i GPS modul za direktno određivanje koordinata stajališta. Radiovezom će biti moguće uspostaviti komunikaciju između mjerne stanice i ciljne točke a vjerojatno i sa centralnom bazom mjerenih podataka ili bazom koordinata koja se nalazi u uredu korisnika. Pojedine integracije tih novosti već se mogu susresti kod nekih modela (GIM 1997), ali još uvijek ne u tolikoj mjeri na našim prostorima, dok je to uobičajena slika na gotovo svim gradilištima u Austriji i Njemačkoj.

To zasigurno nisu sve novosti koje nas uskoro očekuju. Međutim, važno je napomenuti da ni proizvođači ne žele ugraditi sva ta pomagala (senzore) u svoje proizvode, jer bi takvi instrumenti za sada bili preskupi. Osim toga, mnogi korisnici iz opravdanih razloga nemaju potrebe za svim tim novim dodacima i za njih bi kupovina takvih instrumenata bila sasvim neopravdana, tj. neekonomična.

5. TABLIČNI PRIKAZ OSNOVNIH TEHNIČKIH SVOJSTAVA POJEDINIH TOTALNIH MJERNIH STANICA

U sljedećim tablicama prikazana su osnovna tehnička svojstva pojedinih totalnih mjernih stanica trenutno dostupnih na tržištu. Korisnici često imaju specifične zahtjeve, te je prije nabavke neophodno procijeniti odnos mogućnosti, kvalitete i cijene, a koji znatno utječu na izbor.



Carl Zeiss, Elta S10/S20



Leica, TCA 1800



Spectra Precision, GEODIMETER 600



Sokkia, SET 2000



Topcon, GTS-6 Series



Nikon, serija DTM 700

Slika 2. Totalne mjerne stanice različitih proizvođača

Tip instrumenta	Carl Zeiss	Carl Zeiss
Model	Rec Elta 13 CMS	Elta S10
Datum pojavljivanja	Listopad, 1996.	Na Intergeo '97.
Kutna mjerenja		
Podjela/najmanja vrijednost	0.6", 0.2 mgon	0.5", 0.1mgon
Točnost	1.5", 0.5 mgon	1.0", 0.3mgon
Elektronička libela	–	–
Kompenzator	2 osi, u rasponu od 2'40"	2 osi, u raponu od 3'
Mjerenje dužina		
Doseg s 1 prizmom	2000–2500m	2500–3500m
Doseg bez prizme (folija)	–	300m
Najmanji podatak	1mm	0.1mm
Točnost	2mm + 2ppm	1mm+2ppm
Vrijeme mjerenja	2sek. (1sek. Treking)	sek. (.5sek. treking)
Durbin		
Duljina	170mm	–
Leća objektivna	45mm	–
Povećanje	30 puta	–
Širina pogleda na 100m	24m	–
Najkraće fokusiranje	1.2m	–
Displej/Tipkovnica		
Obostrana	Ne	Postoji mogućnost dogradnje
Broj redova : znakova u redu	4 : 40, (240x38 piksela)	8:40, (CGA 320x80 piksela)
Broj tipki	24	QWERTY alfa-num. tipk.
Alfa-numerički unos	Da	Da
PC-instrument	Ne	Da
Memorija za podatke	512Kb, 1Mb, 2Mb	PC card 8000 linija, 1Mb
I/O port	RS 232	RS 232 C
Automatski pretraživački sustav	Da	Da
Maksimalna brzina	60gon/sek.	5m/s
Mjerno područje	300m	1000m
Područje pretraživanja (Hor./Vert.)	–	–
Točnost automatskog viziranja	2mmūm, 3mm150m	–
Vrijeme mjerenja	ovisno o modu mjerenja	–
Vrijeme traženja	–	–
Dimenzije instrumenta		
Visina x širina x duljina	270x252x182mm	370x280x195mm
Masa (s bat. i daljinomjerom)	6.3kg	8.7kg
Masa kutije	3.5kg	–
Dimenzije pretraživača		
Visina x širina x duljina	–	–
Masa (s bat., prizmom i dalj.)	–	–
Ostalo		
Potrošnja struje (mAh)	–	–
Baterija	Unutarnja i vanjska	Unutarnja i vanjska
Napon baterije (vanjske)	6V, 7Ah	6V, 7Ah
Masa baterije	–	–
Vrijeme mjerenja s 1 baterijom	–	–

Geotronics AB	Geotronics AB	Leica AG
Geodimeter-Bergstrand	Geodimeter 600S Autolock	TC400N/TC605
Ožujak, 1997.	Ožujak, 1995.	10.1996. / 4.1997.
0.1"	0.1"	5", / 1"
1"	2"	10", / 5"
Da	Da	Da
2 osi, u rasponu od 6'	2 osi, u rasponu od 6'	1, (5'), / 2 (5')
2000 – 3500m	1200 – 2500m	1100 m
–		–
0.1mm	0.1mm	1mm
1mm + 1ppm	2mm+2ppm	3mm + 3ppm
(.4sek. Treking)	(.4sek. treking)	3sek. (0.3sek. treking)
170mm	185mm	150mm
45mm		28mm
30 puta	30 puta	28 puta
26m	26m	27m
1.7m	1.7m	2m
Ne	Da	Ne
4 : 20	4 : 20	4 : 16
Num=22, alfa=33	Num=22, alfa=33	7, / 23
Da	Da	Ne, /Da
Ne	Ne	Da
0.5Mb, (vanjska 20Mb)	0.5Mb, (vanjska 20Mb)	800 cord, (3000 točaka)
RS 232	RS 232	RS 232
Da	Da	Ne
40deg/sek.	40deg/sek.	–
750m	1000m	–
Hor=360 ⁰ , Vert=30 ⁰ –120 ⁰	Hor=360 ⁰ , Vert=30 ⁰ –120 ⁰	–
mm	mm	–
0.4sek.	0.4sek.	–
10sek.	10sek.	–
355x205x175mm	355x205x190mm	330x210x220mm
7.5kg	7.5kg	4.5kg
4.5kg	4.5kg	2.5kg
55x65x135mm	55x65x135mm	–
1.9	1.9	–
0.4 – 0.9A	0.4 – 0.9A	0.8 – 3.0A
Vanjska	Unutarnja i vanjska	Unutarnja
6V, 7Ah	6V, 7Ah	12V, 0.6Ah
2.5kg	0.4 i 2.5kg	0.2kg
10 sati	2 sata i 11 sati	400 mjerenja

Tip instrumenta	Leica AG	Nikon Corporation
Model	TCA1700/TCA1800	DTM720/DTM750
Datum pojavljivanja	1.1997. / 10.1995.	Travanj 1993
Kutna mjerenja		
Podjela/najmanja vrijednost	1"	1" ili 5"
Točnost	1.5", / 1"	4" / 2"
Elektronička libela	Da	Da
Kompenzator (1 ili 2 osi)	2 osi u rasponu od 0.07'	2 osi u rasponu od 3'
Mjerenje dužina		
Doseg s 1 prizmom	2500m	1600–2000m/2400–2700m
Doseg bez prizme (folija)	–	–
Najmanji podatak	1mm, / 0.1mm	0.2mm
Točnost	2mm+2ppm	3mm + 3ppm/2mm+2ppm
Vrijeme mjerenja	3 sek. (0.3sek. treking)	3sek. (0.5sek. treking)
Durbin		
Duljina	170mm	156mm
Leća objektiva	42mm	45mm
Povećanje	30 puta	30 puta
Širina pogleda na 100m	27m	23m
Najkraće fokusiranje	1.7m	1.3m
Displej/Tipkovnica		
Obostrana	Da	Da
Broj redova : znakova u redu	8 : 35	4 : 16
Broj tipki	32	25
Alfa-numerički unos	Da	Da
PC-instrument	Da	Da
Memorija za podatke	0.5Mb, (vanjska 2Mb)	128Kb
I/O port	RS 232	RS 232 C
Automatski pretraživački sustav	Da	Ne
Maksimalna brzina	50gon/sek.	–
Mjerno područje	0.5gon	–
Područje pretraživanja (Hor./Vert.)	Definirano od korisnika	–
Točnost automatskog viziranja	mm	–
Vrijeme mjerenja	0.8sek.	–
Vrijeme traženja	Ovisno o veličini sektora	–
Dimenzije instrumenta		
Visina x širina x duljina	330x210x220mm	367x175x182.5mm
Masa (s bat. i daljinomjerom)	7.4g	7.6kg
Masa kutije	4.0g	4.7kg
Dimenzije pretraživača		
Visina x širina x duljina	–	–
Masa (s baterijom, prizmom i dalj.)	3kg	–
Ostalo		
Potrošnja struje (mAh)	0.8 – 3.0A	–
Baterija	Unutarnja	Unutarnja Ni-MH
Napon baterije (vanjske)	12V, 1.1Ah	7.2V
Masa baterije	0.3kg	0.7kg
Vrijeme mjerenja s 1 baterijom	400 mjerenja	3.3 sata

Pentax	Sokkia Co. Ltd	Topcon
ATS-101/ATS-105	SET 1000/ SET 4000	GMT-100L/GMT-100
–	Srpanj 1995.	Srpanj 1997.
–		–
0.5", / 5"	1", / 5"	1", / 5"
Da	Da	Da
2 osi u rasponu od 3'	2 osi u rasponu od 3'	2 osi u rasponu od 3'
–		2200m, / 2500m
–	–	–
–	0.1mm, / 1mm	1mm, / 0.2mm
2mm+2ppm/3mm+3ppm	2mm + 2ppm	2mm+2ppm
3 sek. (0.4sek. treking)	(0.7sek. grubo mjerenje)	2 sek. (0.4sek. treking)
–	165mm	176
45mm	45mm	45mm
30 puta	30 puta	30 puta
1 ⁰ 30' (2.6%)	26m	26m
1.3m	1.0m	1.3m
–		
Da	Da	Ne
20 : 8	8 : 20	40 : 10
19	43	21
Da	Da	Da
Da	Da	Da
2Mb	128Kb ili 512Kb vanjska	768Kb
RS 232	RS 232	RS 232
Ne	Ne	Da
–	–	30 ⁰ /sek.
–	–	360 ⁰
–	–	Definira se kutom
–	–	30"
–	–	2sek. (0.4sek. treking)
–	–	12sek.
–		
343x189x185mm	345x188x165mm	405x217x193mm
7kg	5.6kg	8.6kg
–	3.8kg	5.4kg
–	–	–
–	–	–
–	–	–
Unutarnja, vanjska	Unutarnja / vanjska	Unutarnja
7.2V, 8.4V	–	7.2V
0.5kg		0.3kg
3 sata, 8 sati		3 sata

6. ZAKLJUČAK

Danas je na europskom tržištu uistinu zadovoljavajuća ponuda geodetskog pribora i instrumenata najvišeg stupnja razvoja. U Hrvatskoj je također, osobito u posljednje vrijeme, na tržištu zastupljeno više svjetskih proizvođača geodetskih instrumenata. Može se sa zadovoljstvom kazati da se osjeća natjecateljski (konkurentski) duh u proizvodnji i razvoju novih geodetskih mjernih sustava. Međutim, u potrošačkoj eri u kojoj danas živimo valja obratiti pozornost na kvalitetu i pouzdanost takvih proizvoda. Stoga krajnji korisnik mora nastojati da u tako prenatrpanoj ponudi dobije dobar, pouzdan i svrsishodan proizvod.

Totalna mjerna stanica danas je nezaobilazan instrument u geodetskom uredu, te pri odabiru najveću pozornost treba posvetiti svrsi i namjeni tog instrumenta za konkretne poslove toga ureda. S obzirom da je dinamika mijenjanja poslova u velikom porastu, kupci takvih instrumenta traže mogućnost nadogradnje (opcije). Dakle, pri odabiru kod kupovine važno je i to ima li totalna mjerna stanica mogućnosti nadogradnje po pojedinih modulima (modularna mjerna stanica).

Na kraju se može zaključiti da se geodetski instrumenti stalno razvijaju, ali ipak među proizvođačima postoji tendencija da su za krajnjeg korisnika sve više međusobno kompatibilni, a sustav na kojem rade otvoren je u smislu nadogradnje i od strane korisnika i od strane proizvođača.

LITERATURA

- Benčić, D. (1990): Geodetski instrumenti, Školska knjiga, Zagreb
GIM (1997): Yesterday's Success Does Not Predict Tomorrow's, Nr. 9, 1997.
Carl Zeiss: Zeiss Geodetic Systems, Elta S10, Elta S20, System Total Station – prospekt.
Carl Zeiss: Zeiss Geodetic Systems, Elta R45, Elta R50, Elta R 55, Routine Total Station – prospekt.
Leica: TPS – System 1000 – prospekt.
Sokkia: PowerSet Series 100 – prospekt
Spectra Precision: Geodimeter System 600 – prospekt
Topcon: Electronic Total Station GTS–6 series, GTS–300 Series – prospekt

INTEGRATED GEODETIC MEASURING SYSTEM – TOTAL STATIONS

ABSTRACT. The properties of the present total stations and the tendencies in the development of new integrated geodetic measuring systems in the near future are presented in this paper. The fundamental possibilities of such instruments referring to the measuring process are also described accompanied by the table review of the technical characteristics of single total stations classified according to the manufacturer, model and the year of manufacture.

Key words: total station, integrated measuring system, sensor, modular measuring station