

Mensur MULABDIĆ  
Prof.dr.sc., Faculty of Civil Engineering, University of Osijek, Croatia

## **HRVATSKA ISKUSTVA U PRIMJENI SUVREMENIH IN SITU ISPITIVANJA TLA**

**SAŽETAK:** U radu se opisuje hrvatsko iskustvo u provedbi in situ ispitivanja tla suvremenim metodama (CPTU, DMT, MPM). Obrađuju se projekti, oprema, tehnologija ispitivanja, istraživanja i stanje u struci.

## **THE CROATIAN EXPERIENCE IN THE IN-SITU GROUND INVESTIGATION**

**SUMMARY:** In the article the Croatian experience in using in situ testing of soil is described (CPTU, DMT, MPM). The projects, equipment, technology in performing testing, research and current practice is described.

## UVOD

In situ pokusi sve češće zauzimaju zasluženost istaknuto mjesto u programima geotehničkih istražnih radova, prvenstveno zahvaljujući naprednoj tehnici ispitivanja i interpretacije, razumno jeftinom i brzom ispitivanju te postojećem iskustvu u njihovu korištenju.

Vrijedno je prisjetiti se izjava uvaženih stručnjaka-geotehničara kojima se zagovara uporaba in situ ispitivanja:

» *Pozitivna iskustva vezana za ispitivanja tla utjecat će na povećanu uporabu in situ ispitivanja kombiniranih sa dobro osmišljenim ispitivanjima u laboratoriju na ograničenom broju uzoraka*  
(Prof. M.Jamiolkowski and Prof. P.K.Robertson, iz *Future Trends on Penetration Testing, Penetration Testing in UK, London, 1988*)

i

» *... Uvjeran sam da većina geotehničkih istražnih radova može i treba biti obavljena in situ*  
(Prof. J.H. Schmertmann, USA, izvadak iz izlaganja na CPT'95, međunarodni simpozij, Linkoping, Švedska, 1995.)

U Hrvatskoj se ispitivanja tla i stijena in situ provode nekoliko desetljeća, sukladno razvoju struke, intenzitetu gradnje i specifičnostima projekata i problema. Tako stvoreno iskustvo omogućuje izradu skale iskoristivosti pojedinog tipa pokusa prema bodovanju u tablici 1, u kojoj su prikazani relativni odnosi između pojedinih metoda ispitivanja.

**Tablica 1.** Bodovanje iskoristivosti pojedinog in situ pokusa, u relativnim odnosima (zadebljano tiskani pokusi posebno se obrađuju u tekstu)

| VRSTA<br>ISPITIVANJA                | USPJEŠNOST ODREĐIVANJA |  |  |  |          |  |  |  |             |  |  |  |             |  |  |  |
|-------------------------------------|------------------------|--|--|--|----------|--|--|--|-------------|--|--|--|-------------|--|--|--|
|                                     | SASTAV TLA             |  |  |  | ČVRSTOĆA |  |  |  | DEFORMABIL. |  |  |  | KAR.KONSOL. |  |  |  |
| bušenje s laboratorijem             |                        |  |  |  |          |  |  |  |             |  |  |  |             |  |  |  |
| geofizička ispitivanja              |                        |  |  |  |          |  |  |  |             |  |  |  |             |  |  |  |
| <b>CPT-statička penetracija</b>     |                        |  |  |  |          |  |  |  |             |  |  |  |             |  |  |  |
| SPT-standardna – udarna penetracija |                        |  |  |  |          |  |  |  |             |  |  |  |             |  |  |  |
| <b>DMT – dilatometar Marchetti</b>  |                        |  |  |  |          |  |  |  |             |  |  |  |             |  |  |  |
| <b>MP- presiometar Menard</b>       |                        |  |  |  |          |  |  |  |             |  |  |  |             |  |  |  |
| KS –krilna sonda                    |                        |  |  |  |          |  |  |  |             |  |  |  |             |  |  |  |
| presiopermeametar                   |                        |  |  |  |          |  |  |  |             |  |  |  |             |  |  |  |

U Hrvatskoj geotehničkoj praksi sve više se prihvaća pristup prema kojem treba kombinirati različite metode ispitivanja, u fazama, tako da se brze i jeftinije metode ispitivanja (in situ) koje mogu opisati (gusto) relativna svojstva tla po dubini koriste kao polazna informacija za skuplja i složenija (dugotrajnija) ispitivanja na uzorcima tla u laboratoriju.

Većina ispitivanja in situ započeta je i doživjela (i doživljava) razvoj kroz djelatnosti IGH (Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb), u kojem je i sam autor ovog teksta radio dvadeset godina. U posljednje vrijeme se javljaju i manje privatne tvrtke u geotehničkom istraživanju koje raspolažu spektrom in situ ispitivanja i laboratorijskih ispitivanja.

To se ocjenjuje kao dobar pokazatelj širenja struke i eliminacije monopola u bilo kom pogledu. Ovlašćivanje (akreditacija) djelatnosti in situ ispitivanja u IGH je u početnoj fazi.

## KORIŠTENJE CPT I CPTU

Ovi pokusi, često nazivani statička penetracija (CPT) bez i sa (CPTU) mjerenjem pornog tlaka, dugo se koriste u Hrvatskoj.

Još sedamdesetih godina prošlog stoljeća korišteni su mehanički uređaji (CPT), a u posljednjih deset godina koriste se suvremena oprema za CPTU ispitivanja.

### Projekti

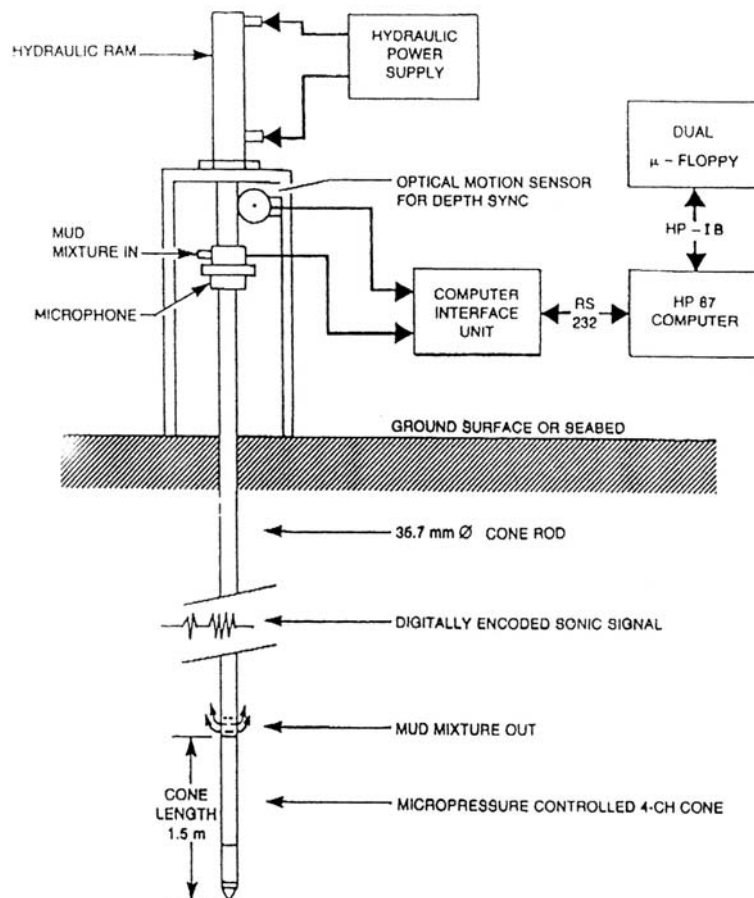
Najveću primjenu CPTU pokus doživio je kod istražnih radova na kanalu Dunav-Sava, u periodu 1995-1997, kada je izvedeno oko 2500 m penetracija. Na nekim dijelovima autocesta (npr. pravac Breznički Hum – Varaždin, Kninska cesta i sl.) ispitivano je statičkom penetracijom temeljno tlo ispod budućeg nasipa autoceste i nekih objekata.

Na nekim objektima za potrebe temeljenja (autoceste, most Mirna u Istri, tvornica za preradu vode u Sl. Brodu i sl.) obavljena su brojna ispitivanja CPTU pokusom.

Procjenjuje se da je obavljeno ukupno oko 3,500 m penetracija sa suvremenom statičkom sondom (CPTU).

Najčešće se od CPTU sondiranja očekivala informacija o sastavu tla i o nedreniranoj čvrstoći, a rijetko se radio pokus disipacije pornog tlaka, osim na trasi kanala Dunav – Sava. Za interpretaciju mjerenih podataka korišteni su programi iz Švedske (Geotech, «Conrad» - Švedski geotehnički institut, te preporuke iz literature).

### Oprema i tehnologija ispitivanja



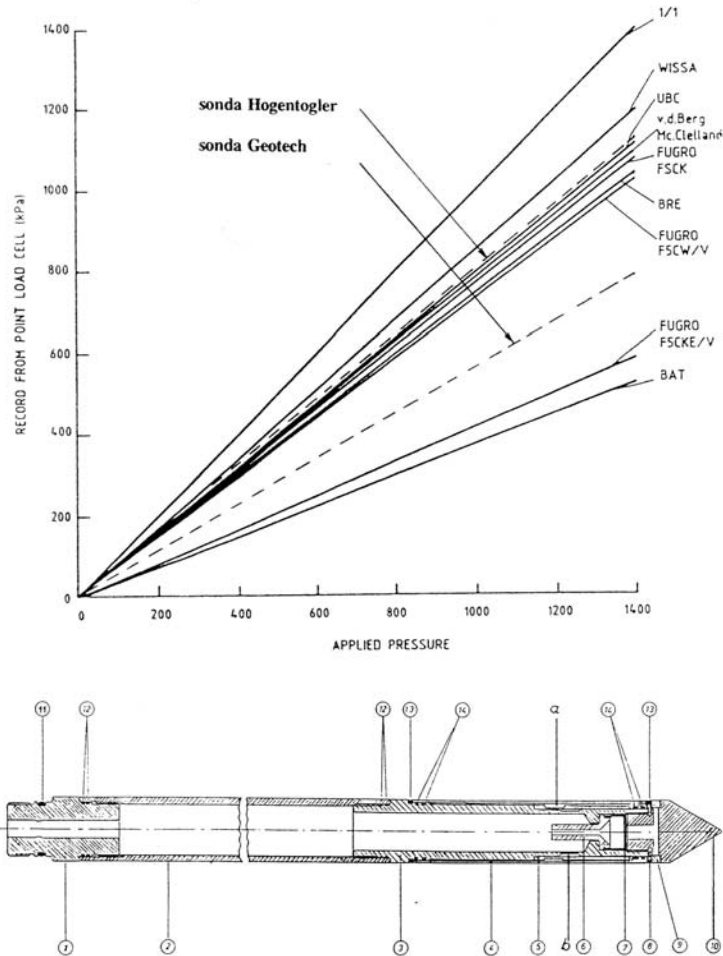
Slika 1. Princip rada sustava Geotech za CPTU pokus

Danas se u Hrvatskoj koristi oprema švedske firme GEOTECH. Taj je sustav prikazan na slici 1., nema kabela, a informacija od osjetila prenosi se zvukom visoke frekvencije do prijavnika na površini. Trenutno se očitavaju osnovni parametri o tlu, te pospremaju na neki medij za kasniju obradu.

Sustav je pouzdan, ima dovoljno proizvodno i uporabno iskustvo, sonde su kapaciteta 50 kN, a mogu se dobiti i (po narudžbi) drugačijih kapaciteta (5 kN, 10 kN).

Bušilica koja se koristi je također tipa Geotech - gusjeničar, vrlo pogodan za teže terene i meka tla, koji može obaviti i bušenja i druge pokuse.

Sonda ima koeficijent površine  $a=0,56$  (vidi usporedbu s drugim sondama na slici 2.).



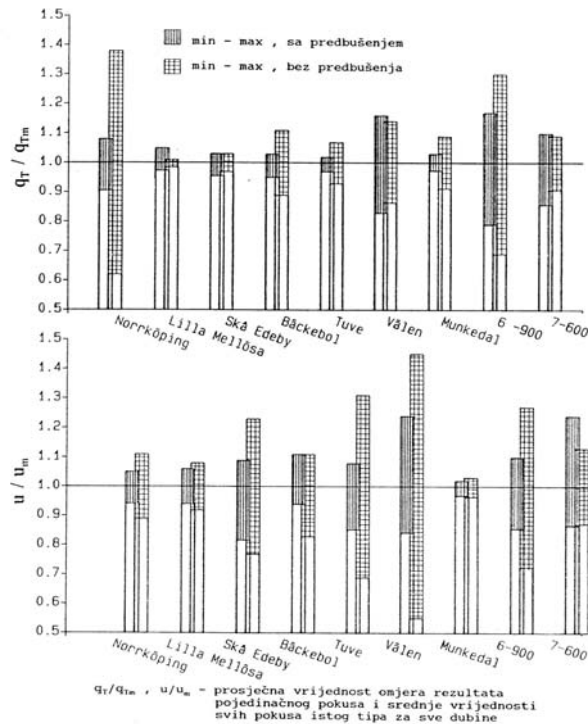
- 1 završni komad
- 2 cijev sa elektronikom
- 3 osjetilo za ukupnu silu
- 4 plašt za trenje
- 5 uložak
- 6 nosač osjetila za porni tlak
- 7 membrana osjetila za porni tlak
- 8 gumeni prsten protiv prljavštine
- 9 filter-kamen
- 10 šiljak
- 11 gumeni O prsten
- 12 gumeni O prsten
- 13 X prsten
- 14 gumeni O prsten
- a osjetilo za trenje
- b osjetilo za otpor šiljka

**Slika 2.** Usporedba geometrijskih karakteristika sonde Geotech s drugim sondama i prikaz građe sonde (prema Mulabdić, 1991.)

## Istraživanja

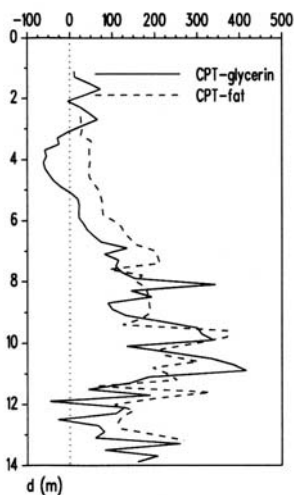
Hrvatski stručnjaci obavili su niz istraživanja vezanih za korištenje CPTU pokusa u geotehničkoj praksi. Ta su istraživanja obavljena u okviru među-institutske suradnje IGH-SGI (Švedski geotehnički institut) u periodu 1989-1992, te u Hrvatskoj u periodu 1995-1998. (Larson and Mulabdić, 1991; Mulabdić et al 1990, Mulabdić, 1991, Mulabdić et al 1998).

Istraživani su postupci tehnologije ispitivanja, mogućnosti interpretacije i utjecaj konstrukcije sonde.



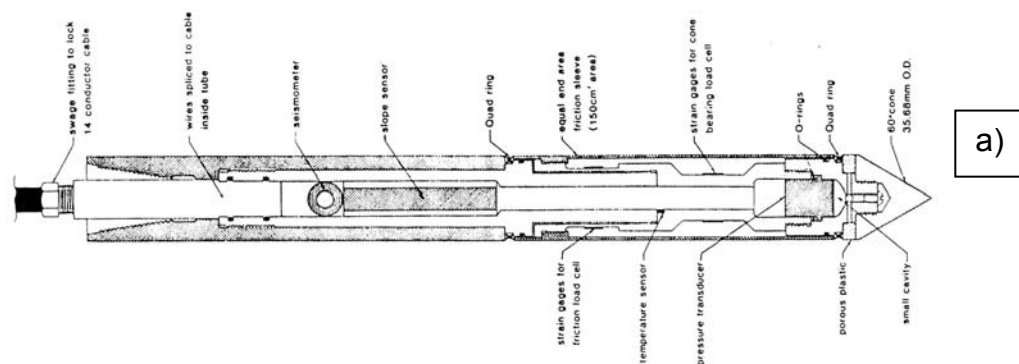
**Slika 3.** Utjecaj predbušenja na mjerene parametre CPTU pokusa (prema Mulabdić, 1991)

Praktičan i često kritičan element kod ispitivanja CPTU sondom je saturacija filterskog kamena. Najčešće se predbušenjem do nivoa podzemne vode izbjegava oštećenje saturacije. Ponekad je to otežano izvesti, pa se pribjegava korištenju glicerina u filteru ili uporabi tzv. slot-filtera, tj. procjepa u kojem je mast, a filtera nema. Na primjeru istraživanja u Švedskoj (slika 3.) vidi se da se predbušenjem znatno poboljšava mjerenje otpora šiljka i pornog tlaka.

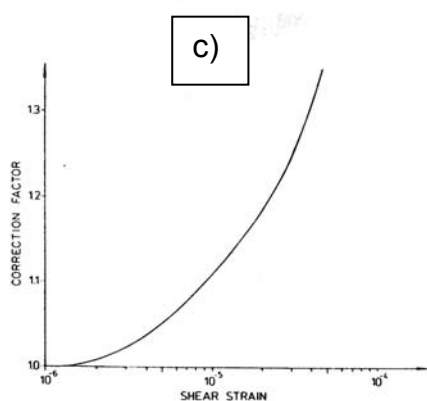


U istraživanjima za kanala Dunav – Sava korištene je i tzv. slot-filter, pa se na slici 4. daje usporedba za jednu lokaciju sa standardnim postavom sonde.

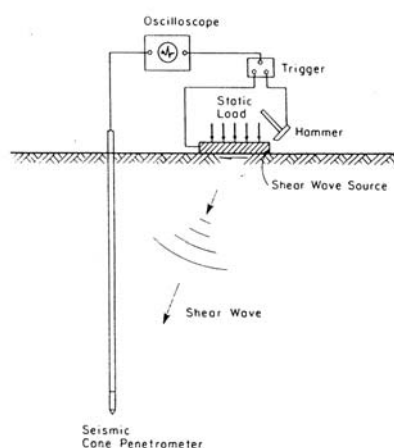
**Slika 4.** Usporedba pornih tlakova ( $u$ , kPa) iza šiljka, za slot-filter (CPT-fat) i standardni filter (CPT-glycerin) (prema Mulabdić, 1997)



a)



c)



b)

**Slika 5.** Seismic cone – UBC model; a) građa sonde, b) princip provedbe pokusa, c) korekcija zbog izazvane deformacije u tlu (prema Larson and Mulabdic, 1991)

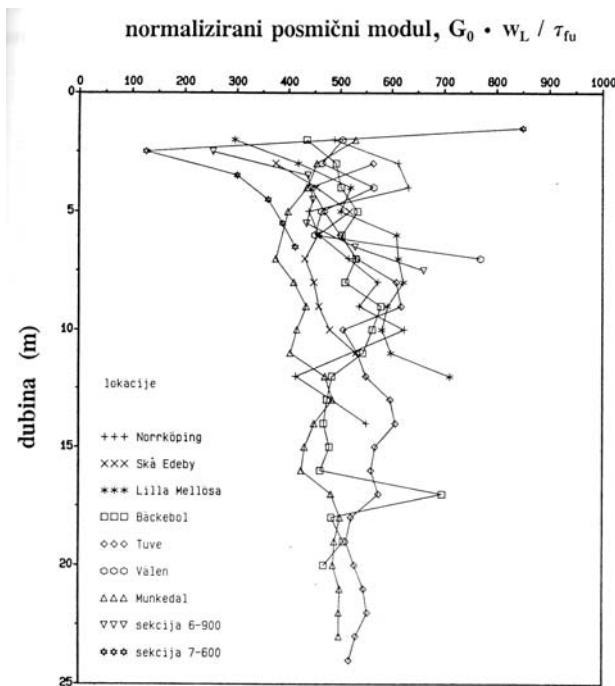
U istraživanjima u Švedskoj korištena je i seizmička sonda (slika 5. a) kojom se uz osnovne parametre može mjeriti i brzina prostiranja valova kroz tlo (slika 5 b) a temeljem nje i procijeniti modul  $G_0$  u tlu, budući se radi o malim izazvanim deformacijama.

U mekom tlu treba korigirati mjerene vrijednosti radi utjecaja deformacije tla na vrijednost  $G$  (veća energija udaraca izaziva veću deformaciju tla i opadanje modula  $G$ ) (slika 5 c).

Na temelju brojnih istraživanja na dobro obrađenim lokalitetima ustanovljena je vrijedna korelacija za modul  $G$  (slika 6, Larson and Mulabdić 1991), koja se jednostavno može pisati kao

$$G_0 \approx 500 \cdot w_L \cdot c_u \quad (1)$$

gdje je  $w_L$  granica tečenja a  $c_u$  nedrenirana čvrstoća tla,  $G_0$

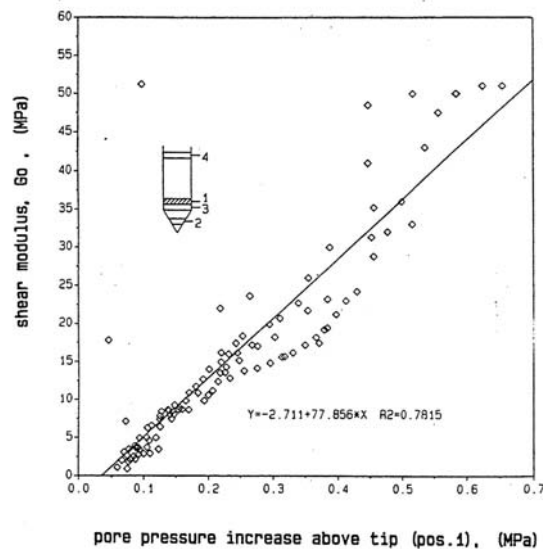


Slika 6. Prikaz korelacije  $G_0$  sa osnovnim parametrima tla (prema Larson and Mulabdic, 1991)

Daljom razradom korelacija ustanovljena je i druga korisna (orijentacijska) veza modula  $G_0$  i pornog tlaka iz CPTU pokusa u mekim tlima (Mulabdic, 1994):

$$G_0 = 2.7 + 77.8 \cdot \Delta u \quad (\text{MPa}) \quad (2)$$

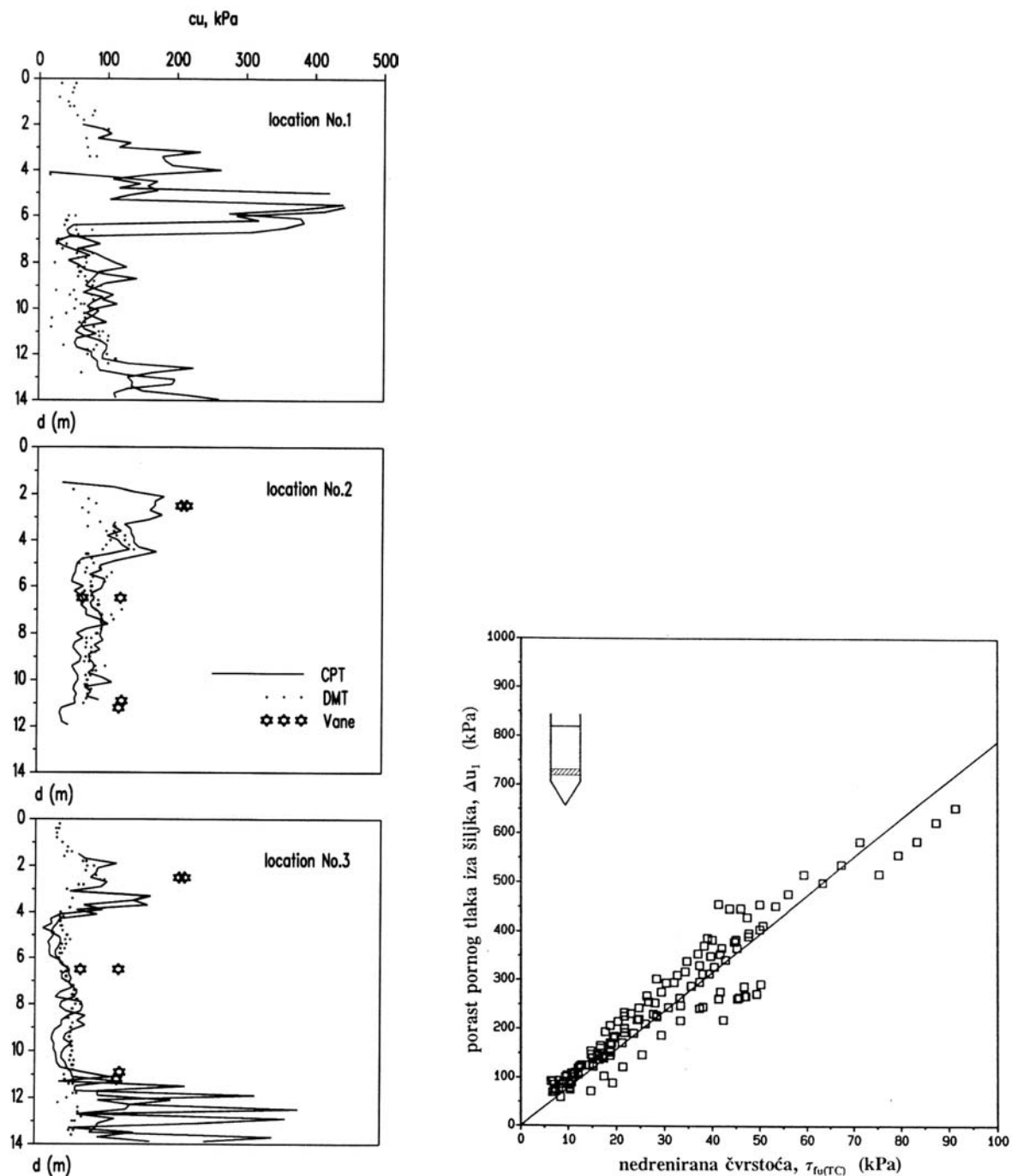
gdje je  $\Delta u = u - u_0$ , porast pornog tlaka iza šiljka (slika 7).



Slika 7. Odnos  $G_0$  i pornog tlaka u mekim tlima (prema Mulabdić, 1994)

Problem prognoze nedrenirane čvrstoće pomoću CPTU je stalno prisutan i predstavlja dilemu za projektante glede izbora vrijednosti za  $N$ . Općenito se preporuča ustanoviti lokalne korelacije, pa je tako u istraživanjima za kanal Dunav – Sava izrađena usporedba prikazana na slici 8.

Ona se odnosi na tvrde gline, za koje je ocijenjeno da je moguće koristiti  $N=25$  za  $c_u > 50 \text{ kPa}$ , ili  $N=16$  za  $c_u \leq 50 \text{ kPa}$  (Mulabdic i dr. 1998).

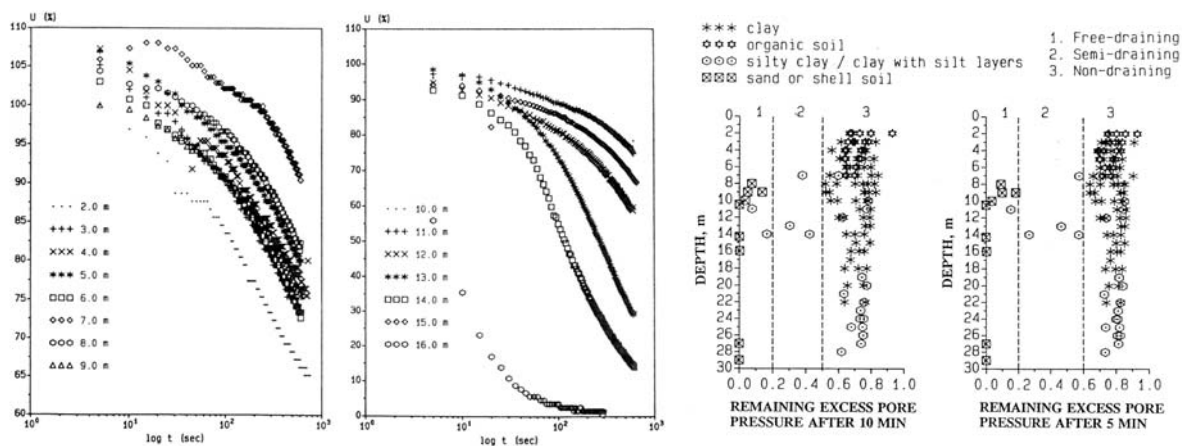


**Slika 8.** Usporedba mjerenih vrijednosti nedrenirane čvrstoće na kanalu Dunav – Sava –lijeva slika (Mulabdic at al 1998) te odnos nedrenirane čvrstoće i porasta pornog tlaka za meke švedske gline – desna slika (Mulabdić, 1991)

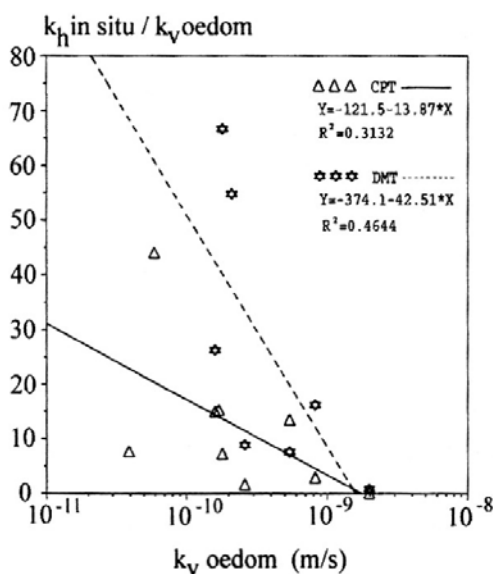
Posebno veliki naponi u teorijskom i praktičnom dijelu prisutni su u pokušaju da se uz pomoć CPTU opišu konsolidacijska svojstva tla.

Na lokacijama u Švedskoj i Hrvatskoj autor je sudjelovao u pokusima takve vrste. Može se reći da se prognoza koeficijenta konsolidacije može dati u redu veličine na temelju disipacijskog pokusa CPTU, pod uvjetom da se osigura dobra saturacija filtera, da se dobro interpretira krivulja pada pornog tlaka i da se izmjeri točno početni porni tlak prije disipacije.





**Slika 9.** Rezultati ispitivanja karakteristika konsolidacije na mekim glinama u Švedskoj: lijevo - karakteristične krivulje opadanja poreznog tlaka s vremenom (Mulabdić, 1991), desno - preporučena interpretacija propusnosti (Larson and Mulabdic, 1991)



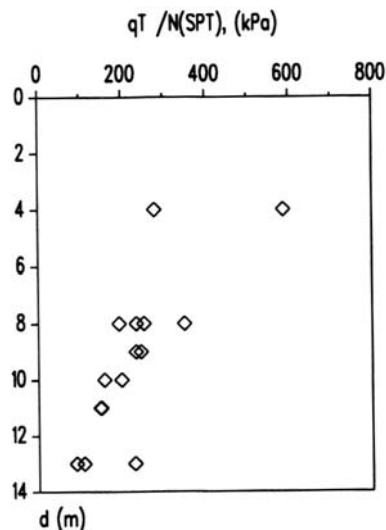
**Slika 10.** Ustanovljeni odnosi za tvrde gline na kanalu Dunav-Sava (prema Mulabdic et al, 1998)

Korisno je napomenuti da se na temelju istraživanja za kanala Dunav-Sava može ustanoviti veza između otpora na šiljku CPTU i broja udaraca  $N(SPT)$  za tvrde slavonske gline, što je prikazano na slici 11.

Prosječni odnos može se prikazati kao (Mulabdic et al, 1998):

$$q_T = \frac{N_{SPT}}{5,5} \quad (\text{MPa}), \quad (3)$$

gdje je  $q_T$  = korigirani otpor na vrhu, a  $N_{SPT}$  = nekorigirani broj udaraca.



**Slika 11.** Odnos otpora na vrhu i N(SPT) za tvrde slavonske gline (prema Mulabdic et al, 1998)

### Zaključak

Na temelju iskustava u korištenju CPTU pokusa u Hrvatskoj može se zaključiti:

- postoji dugogodišnje iskustvo u korištenju pokusa u Hrvatskoj
- CPTU pokus koristi se intenzivnije u posljednjih desetak godina
- koristi se suvremena oprema
- rješavaju se problemi cestogradnje i temeljenja
- provode se istraživanja za potrebe bolje interpretacije rezultata pokusa
- osoblje je dobro obučeno za izvedbu pokusa
- projektanti se, prosječno, teže odlučuju na CPTU pokus, osim kada nemaju drugog izlaza
- potrebno je naći pravu mjeru za ovaj pokus i njegovo korištenje, što znači da korisnici moraju poznavati prednosti i ograničenja u uporabi CPTU pri projektiranju, a što zahtijeva znanja koja se stječu dugotrajnim korištenjem i proučavanjem

### DMT MARCHETTI

Ovaj pokus koristi se u Hrvatskoj od 1993. godine. Nažalost, korišten je u ograničenom broju slučajeva vezanim za cestogradnju i neke pojedinačne objekte.

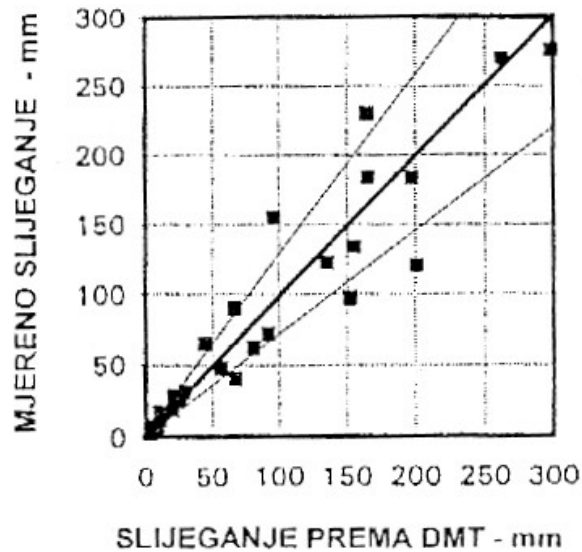
#### Projekti

Obilno se pokus koristio samo u dva velika projekta: kanal Dunav-Sava i autocesta Breznički Hum – Varaždin.

Ukupno je ispitano oko 1200 m tla, od čega na objekte otpada oko 300 m.

Pokus je korišten za ocjenu sastava tla, za procjenu čvrstoće, za procjenu modula za račun slijeganja te za procjenu poboljšanja tla. Ne postoje praćenja slijeganja na projektiranim objektima da bi se mogla izraditi analiza uspješnosti prognoze slijeganja u odnosu na izračunate vrijednosti.

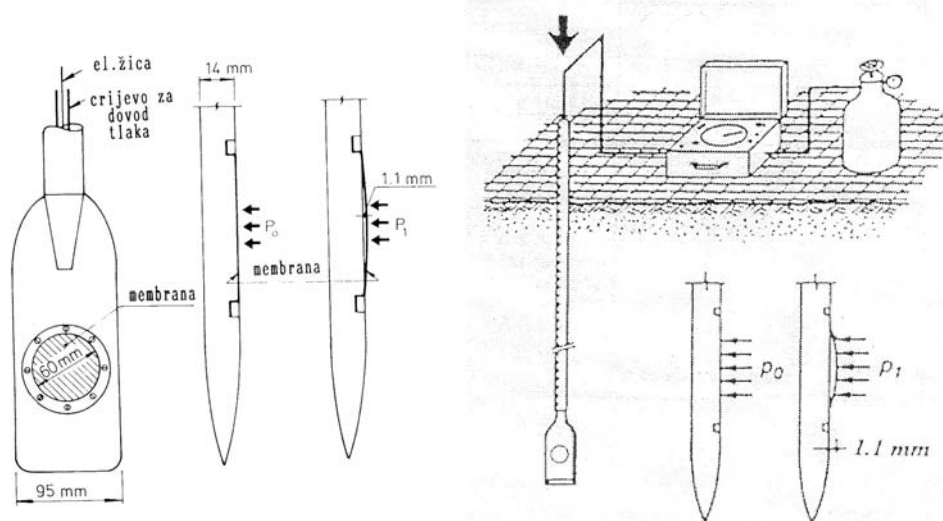
Svjetska dokumentirana iskustva o uspješnosti prognoze slijeganja po podacima dobivenim dilatometrom Marchetti data su na slici 12. Može se reći da su prognozna slijeganja unutar  $\pm 25\%$  od mjerenih slijeganja.



**Slika 12.** Prognozirana i mjerena slijeganja na temelju podataka iz literature (prema Mulabdic i Brunčić, 2000.)

### Oprema i tehnologija ispitivanja

Koristi se patentirani uređaj (Marchetti, 1980 , noviji model 1995) i propisana tehnologija (slika 13.)



**Slika 13.** Uređaj i postav za ispitivanje tla dilatometrom Marchetti

Pokus je jednostavan, brz i ponovljiv. Potrebna je stalna kontrola rada uređaja redovitim baždarenjem prije i poslije pokusa.

### Istraživanja

U Hrvatskoj su istraživanja primjene DMT rađena za potrebe većih projekata. Tako se za projekt kanala Dunav – Sava istraživala prognoza čvrstoće (slika 8) i prognoza koeficijenta propusnosti (slika 10).

Nedrenirane čvrstoće tla nešto su manje nego prognozirane pomoću CPT pokusa.

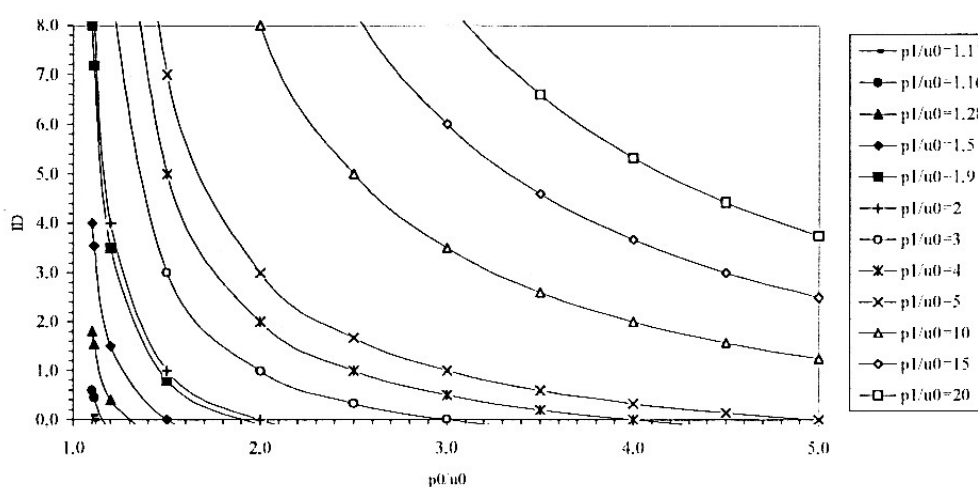
Pokus uz tzv. čitanje C (disipacija tlaka) proveden je na nekoliko lokacija i rezultat prognoze dat je na slici 10. Općenito se smatra da se tim pokusom ne može postići dobra prognoza na nivou CPTU pokusa, što se vidi na slici 10.

Posebno je istraživani problem nivoa podzemne vode i njenog utjecaja na interpretaciju rezultata ispitivanja (Mulabdić i Brunčić, 2000), budući se DMT pokus izvodi bez bušenja s površine terena.

Ustanovljeno je da loša prognoza NPV ograničeno utječe na interpretaciju parametara: najmanje na prognozu tipa tla, više na čvrstoću i još više na modul stišljivosti. Utjecaj je ograničen na oko 30%, s tim što je manji kod mekog tla.

On ovisi o promjeni  $u_0/\sigma'_{v0}$ , krutosti tla, promjeni efektivnog naprežanja u tlu i o vrsti tla.

Često se kod interpretacije tipa tla pri površini prognozira pijesak umjesto tvrde gline, pa se preporuča provjera bušenjem svrdlom do NPV.



**Slika 14.** Utjecaj procjene  $u_0$  na prognozu vrijednosti ID (prema Mulabdić i Brunčić, 2000)

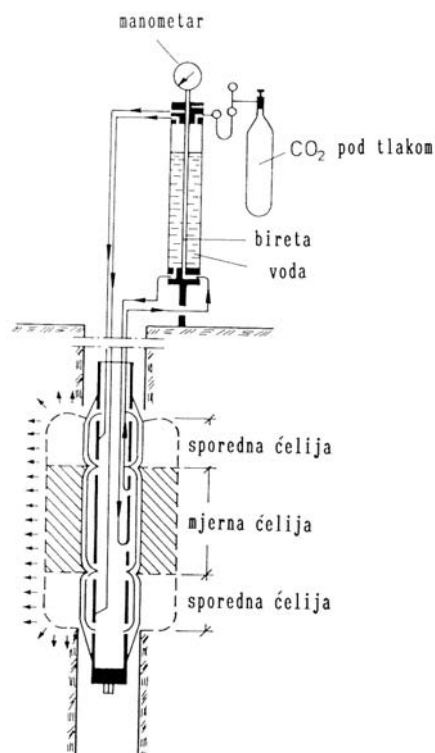
## Zaključak

Dosadašnja iskustva primjene DMT u Hrvatskoj mogu se sažeti na slijedeći način:

- pokus DMT koristi se unatrag desetak godina
- ne postoji veće iskustvo u projektiranju na temelju DMT ispitivanja
- projektanti s rezervom gledaju na isplativost pokusa
- postoji ograničena baza podataka o ispitivanju DMT i ocjenama ponašanja objekta
- istraživanja se provode i unapređuju praksu s obzirom na lokalne uvjete
- potrebna je veća inicijativa na usporedbi mjerenih i prognoznih slijeganja

## PRESIOMETAR

Ovaj se pokus koristi u Hrvatskoj od 1979. godine u raznim tlima za razne projekte. U posljednje vrijeme koristi se suvremeni uređaj s automatskim zapisom mjerenja.



**Slika 15.** Princip ispitivanja presiometrom Menard (prema Mulabdić, 1991)

## Projekti

Raspored obavljenih ispitivanja u Hrvatskoj prikazan je u tablici 2.

**Tablica 2.** Uporaba PMT (Menard) u Hrvatskoj – broj ispitivanja koje je obavio IGH Zagreb (ostali objekti: ceste, luke, temeljenja, mostovi, deponiji)

| OBJEKTI |        | MATERIJALI |             |         |        |
|---------|--------|------------|-------------|---------|--------|
| tuneli  | ostalo | stijena    | lapor/shale | šljunak | ostalo |
| 620     | 1883   | 1127       | 122         | 414     | 841    |

## Oprema i tehnologija ispitivanja

Koristi se Menard presiometar, u posljednje vrijeme model s automatskim prikupljanjem podataka.

Treba napomenuti da je u uporabi i presiopermeametar, za mjerenje vodopropusnosti tla.

## Istraživanja

Nije bilo posebnih istraživanja, osim u prilagodbi tehnike bušenja u pojedinom materijalu, što je rezultiralo izborom tehnike bušenja, promjera bušotine i tipa membrane, pa se takve preporuke danas koriste za ispitivanja.

## Zaključak

Ovo skupo i komplicirano ispitivanje ima veliku tradiciju u Hrvatskoj. Danas se sve manje koristi jer su druga suvremena ispitivanja više u uporabi.

## UMJESTO ZAKLJUČKA

Može se konstatirati da se u Hrvatskoj sustavno koriste in situ ispitivanja za određivanje svojstava tla i stijena. Napredak u razvoju struke u ovoj oblasti prati se i u Hrvatskoj, gdje se uspješno primjenjuju posljednja dostignuća u stručnom, znanstvenom i tehnološkom pogledu.

Brojni su objekti na kojima su korištena ova ispitivanja, a posebno su impozantni podaci o ispitivanju presiometrom (ranije) i CPTU pokusom (1996-1998).

Sve više se koristi fazno ispitivanje tla na terenu, u čemu prvu fazu u pravilu ispunjava in situ i geofizičko ispitivanje.

Ostaje, međutim, za primijetiti činjenica da se razvojem i primjenom ovih ispitivanja prvenstveno bave znanstvenici i osoblje iz laboratorija, a manje se osjeća interes projektanata da se temeljitije i značajnije koristi ova tehnologija u svakodnevnom poslu.

Napredak u tom dijelu u budućnosti se očekuje i to bi bio razuman naredni korak u poboljšanju geotehničke prakse.

*Zahvaljujem djelatnicima IGH Zavod za geotehniku Zagreb na pomoći u prikupljanju podataka za ovaj rad i dosadašnjoj suradnji na poslovima in situ ispitivanja u Hrvatskoj.*

## LITERATURA

- (1) Istražni radovi za kanal Dunav-Sava, I i II faza (glavni projekt), IGH Zavod za geotehniku, Zagreb, (1995-1997.), ukupna duljina kanala oko 60 km, korištenje svih suvremenih postupaka ispitivanja tla.
- (2) Istražni radovi za geotehnički projekt za autocestu Breznički Hum – Varaždin, IGH 1996-1997.
- (3) Larsson, R. and Mulabdić, M. (1991). Shear Moduli in Scandinavian Clays Report No. 40, Swedish Geotechnical Institute, Linköping, pp 127
- (4) Mulabdić, M. (1991). Statička penetracija sa mjerenjem pornog tlaka u mekim tlima. Disertacija. Građevinski fakultet sveučilišta u Zagrebu.
- (5) Larsson, R. and Mulabdić, M. (1991). Piezocone tests in clay. Swedish Geotechnical Institute, Report No. 42, Linköping, pp 240
- (6) Mulabdić, M., Eskilson, S. and Larsson, R. (1990). Calibration of Piezocones for Investigations in Soft Soils and Demands for Accuracy of the Equipments. Varia No. 270, Swedish Geotechnical Institute, Linköping, pp 62
- (7) Mulabdić, M. (1992). Pregled metoda ispitivanja tla in situ. Građevinar No. 1, str. 23-31
- (8) Mulabdić, M. (1994). Neki noviji postupci in situ ispitivanja tla. Znanstvenostručno savjetovanje - Geotehnika prometnih građevina, Novigrad, Izdavač IGH, Saopćenja, knjiga 1, tisak Topograf, Velika Gorica, pp 191-201.
- (9) Mulabdić, M. (1994). Determining shear modulus of soil by cone penetration testing, 10th European Conference on Earthquake Engineering, August 28- September 2, 1994, Vienna, Austria; Duma E., Editor, Proceedings X ECEE, Vol 1, Balkema Rotterdam, pp 541-544
- (10) Mulabdić, M. (1997). Comparison of Piezocone, Marchetti dilatometer and Vane test results for the canal "Dunav-Sava", XIV International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Sept. 6-12, Hamburg 6-12 Sept., Publications Committee of IX ICSMFE, Editor, Proceedings, Vol 1, Balkema Rotterdam, 1997. pp 561-564
- (11) Mulabdić, M., Miklin, Ž. and Brunčić, A. (1998). Use of piezocone in site investigation for the Danube-Sava Canal, 8th International IAEG Congress, Vancouver – Canada, Proceedings, D. Moore and O. Hungr (editors), pp 441-447, Balkema, Rotterdam
- (12) Mulabdić, M. i Brunčić, A. (2000.). Prilog analizi primjene dilatometra Marchetti, Građevinar, Vol 52, No. 1, pp 9-17
- (13) Miklin, Ž., Mulabdić, M., Terzić, J., (2000.). Određivanje inženjerskogeoloških značajki tla metodom statičke penetracije na primjeru kanala "Dunav - Sava" (The application of the CPTU method for the determination of soil characteristics; a case study on the "Danube-Sava" canal). Zbornik radova, 2. Hrvatski geološki kongres, 17-20 May 2000. Cavtat- Dubrovnik, pp 683-687