



Hrvatsko geotehničko društvo
Croatian Geotechnical Society



HRVATSKE VODE

Radionica 10.02.2015.

mr.sc. Ninoslav Tomljanović, institut IGH

1



HRVATSKO GEOTEHNIČKO DRUŠTVO (HGD)
CROATIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (CGS)
SOCIÉTÉ CROATE DE LA GÉOTECHNIQUE

Radionica HRVATSKE VODE
veljača 2015.

GEOTEHNIČKI ASPEKTI PROJEKTIRANJA MELIORACIJSKIH KANALA

mr.sc. Ninoslav Tomljanović
Institut IGH, Zavod za geotehniku

SADRŽAJ

1. UVOD
2. PRIPREMNA FAZA - PROJEKTNII ZADATAK
3. GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI
4. PROJEKTNII DOKUMENTACIJA
5. ZAKLJUČAK

N. Tomljanović



HRVATSKO GEOTEHNIČKO DRUŠTVO (HGD)
CROATIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (CGS)
SOCIÉTÉ CROATE DE LA GÉOTECHNIQUE

Radionica HRVATSKE VODE
veljača 2015.

2



1. UVOD

CILJ PREDAVANJA:

- predavljanje procedura i postupaka u geotehnici koji su bitan preduvjet za uspješno projektiranje melioracijskih kanala,
- predlaganje smjernica za izradu projektnih zadataka s ciljem boljeg definiranja obveza i odgovornosti sudionika u pojedinim fazama izrade projektne dokumentacije,
- prijenos iskustava - malo izvedenih melioracijskih kanala proteklih desetljeća; veliki planovi navodnavanja do 2020,
- osvrt na projekte navodnjavanja:
 - lateralni kanal Kneževi Vinogradi - Zmajevac
 - dovodni melioracijski kanal za navodnjavanje Biđ-bosutskog polja.



1. UVOD

■ specifičnosti melioracijskih kanala:

- prolaze kroz različite geološke sredine,
- nužnost izgradnje objekata na mjestima križanja s postojećom infrastrukturom,
- *iskop uz prisutnosti podzemne vode,*
- problem deponiranja viška materijala.





Hrvatsko geotehničko društvo
Croatian Geotechnical Society



HRVATSKE VODE

Radionica 10.02.2015.

mr.sc. Ninoslav Tomljanović, institut IGH

3

Lateralni kanal Kneževi Vinogradi - Zmajevac, L=13,2 km



uljevna građevina, crpna stanica $Q=5 \text{ m}^3/\text{s}$
mikrotuneliranje L=60 m
4 mosta, 6 ustava, 5 sifona



N. Tomljanović



HRVATSKO GEOTEHNIČKO DRUŠTVO (HGD)
CROATIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (CGS)
SOCIÉTÉ CROATE DE LA GÉOTECHNIQUE

Radionica HRVATSKE VODE
veljača 2015.

5

Dovodni melioracijski kanal za navodnjavanje Biđ- bosutskog polja - dionica 0+435 - 8+650



crpna stanica $Q=10 \text{ m}^3/\text{s}$
mikrotuneliranje L=56 m i L=76 m
8 propusta L=60-90 m



N. Tomljanović



HRVATSKO GEOTEHNIČKO DRUŠTVO (HGD)
CROATIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (CGS)
SOCIÉTÉ CROATE DE LA GÉOTECHNIQUE

Radionica HRVATSKE VODE
veljača 2015.

6



Radionica 10.02.2015.

mr.sc. Ninoslav Tomljanović, institut IGH

4

2. PRIPREMNA FAZA PROJEKTA

- Projektni zadatak - namjena i uvjeti korištenja budućeg objekta
- Program istražnih radova - sastavni dio projektnog zadatka
 - Plan s položajem točaka istraživanja i vrstu istraživanja
 - Dubina istraživanja
 - Vrsta uzoraka (kategorija), količina i dubine s kojih će se uzorkovati
 - Način mjerenja podzemne vode
 - Vrsta opreme koja će se upotrijebiti
 - Norme u skladu s kojima se pojedini radovi trebaju izvoditi
 - Atesti, akreditacije, stručni kadar
- Dobro definiran program IR - ujednačenije ponude u natječajima
- Preporučljivo angažirati projektanta/revidenta/konzultanta za definiranje programa istražnih radova



Osvrt na projektne zadatke LK i DMK

- LK zadatak: GIR, elaborat i geotehnički projekt glavne trase kanala
- podloge: glavni i izvedbeni hidrograđevinski projekt kanala
geotehnički elaborati za objekte na trasi
geotehnički projekti objekata na trasi
- DMK zadatak: izmjene i dopune građevinskog projekta kanala (0+435 - 8+650)
- podloge: hidraulički modeli toka podzemnih voda
geotehnički elaborati (5 knjiga)
glavni građevinski projekt
geotehnički elaborat - dodatni istražni radovi
idejno rješenje izvedbe probnih dionica
recenzija elaborata dodatnih istr. radova i idejnog rješenja





Radionica 10.02.2015.

5

3. GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI

- prikupljanje i obrada podataka o temeljnom tlu, podzemnoj vodi i drugim bitnim podacima nužnim za ispravno i ekonomično
 - projektiranje
 - izgradnju
 - korištenje
- cilj - izrada geotehničkog profila tla
 - ↓
 - pojednostavljeni model prostorne raspodjele onih svojstava tla koja bitno utječu na stabilnost, uporabivost i ekonomičnost građevine i njene okoline tijekom izvođenja i uporabnog vijeka
- faze GIR (prema EC 7):
 - preliminarna
 - projektna
 - kontrolna

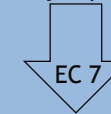


KARAKTERISTIKE TEMELJNOG TLA

KARAKTERISTIKE BUDUĆEG OBJEKTA

TEHNOLOGIJA IZVOĐENJA

} sadržaj i opseg GIR



- preporuke ovisno o geotehničkoj kategoriji objekta
- racionalizacija opsega istražnih radova

-geotehnička kategorija 1 – temelji jednokatnica, niski potporni zidovi, niski nasipi

GIR - pregled terena, istražni raskopi, primjena iskustava sa susjednih objekata i sl.

- **geotehnička kategorija 2 – uobičajeni geotehnički zahvati**

GIR - istražni raskopi, istražno bušenje, sondiranje

- geotehnička kategorija 3 – vrlo složeni zahvati i zahvati velikog rizika;

temeljenje na mekom tlu, građevne jame u blizini

postojećih građevina, klizišta, tuneli, visoke brane

GIR - istražno bušenje, sondiranje, geofizička ispitivanja, hidrogeološka ispitivanja





Provedba istražnih radova

1. ISTRAŽNO BUŠENJE I ISTRAŽNI RASKOPI

Istražno bušenje

- udarno bušenje, bušenje ispiranjem, svrdlanje i rotacijsko bušenje-bušenje s kontinuiranim jezgrovanjem
- utvrđivanje dubina rasprostiranja slojeva tla
- poremećeni i neporemećeni uzorci za laboratorijska ispitivanja
- provođenje drugih in-situ ispitivanja (SPP, CPT, DMT, MPMT, FVT)

Istražni raskopi

- za jednostavnije objekte ili kako kontrolna istražna mjesta između položaja sondiranja
- omogućuje vađenje neporemećenih uzoraka (blokova) u osjetljivim tlima
- ograničen dubinom iskopa i pojavom podzemne vode



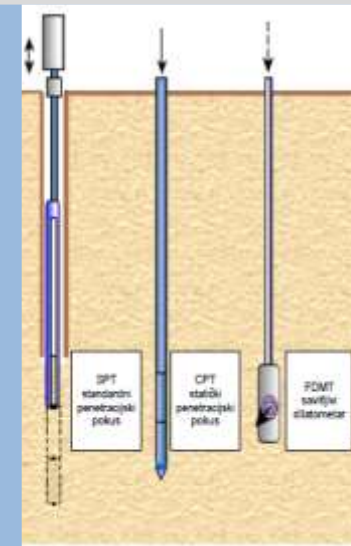
Provedba istražnih radova

2. IN-SITU ISPITIVANJA

Planiraju se tako da se uzmu u obzir:

- geološki uvjeti (uslojenost tla)
- vrsta konstrukcije, moguće temeljenje i predviđeni radovi tijekom gradnje
- vrsta zahtjevanih geotehničkih parametara
- metoda proračuna koja će se usvojiti

- SPT - standardni penetracijski pokus
 - mjerenje dubine prodiranja uslijed pada utega sa standardne visine
- CPT - statički penetracijski pokus
 - određivanje otpornost tla prodiranju šiljka i lokalnog trenja na plaštu
- DMT - plosnati dilatometar (Marchetti)
 - određivanje čvrstoće i deformabilnosti tla širenjem tanke čelične opne





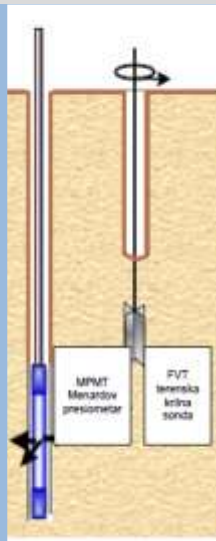
- PMT - presiometar (Menardov)
 - mjerenje in-situ deformacije tla uzrokovane širenjem savitljive opne pod tlakom
- FVT - terenska krilna sonda
 - određivanje nedrenirane čvrstoće mekog tla mjerenjem otpora zakretanju sonde
- PLT - ispitivanje pokusnom pločom
- DP - dinamička sonda
- WST - ispitivanje pomoću utega

3. GEOFIZIČKA ISPITIVANJA

- geoelektrična ispitivanja
- geoseizmička ispitivanja - seizmička refrakcija
- elektromagnetska
- prirodna i inducirana radioaktivnosti u tlu - karotaža

4. HIDROLOŠKA ISPITIVANJA

- mjerenje NPV u piezometrima
- mjerenje vodopropusnosti u bušotini pokusnim crpljenjem



Opseg GIR za kanale (prema EC 7)

- - razmak između ispitnih mjesta ≤ 200 m
- - dubina - 0.4 dubine iskopa mjereno od dna iskopa (NPV ispod kote iskopa)
H+2 m ispod kote iskopa, H=visina NPV iznad kote iskopa

GIR za LK

- idejni projekt - 9 bušotina
- glavni projekt - 8 bušotina
- dodatni - 4 bušotine (prije izvođenja)
- izmjene i dopune - 31 bušotina (trasa kanala)

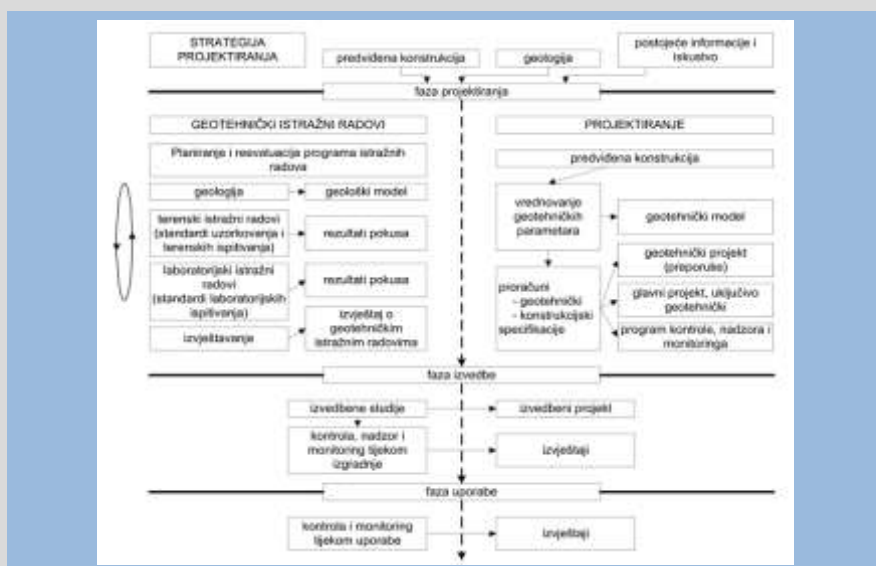
GIR za DMK

- idejni projekt - faza I - 2000 m (varijantna rješenja)
faze II i III - 1000 m
- glavni projekt - 81 bušotina, 172 CPT, 24 DMT
- dodatni - 15 bušotina, 15 CPT, 30 sondažnih jama





4. PROJEKTNJA DOKUMENTACIJA



Određivanje parametara tla

karakteristična vrijednost geotekničkog parametra

↓
oprezna procjena vrijednosti kojom taj parametar utječe na pojavu graničnog stanja (EN 1997-1)

- usvaja se na temelju rezultata i izvedenih veličina laboratorijskih i terenskih pokusa, uzimajući u obzir dobro utemeljeno iskustvo

Prilikom izbora karakteristične vrijednosti parametra potrebno je uvažiti:

- geološke informacije i podatke iz drugih projekata;
- varijabilnost mjerenih veličina;
- opseg terenskih i laboratorijskih pokusa;
- vrsta i broj uzoraka;
- veličinu zone tla koja bitno utječe na ponašanje geotekničke konstrukcije za razmatrano granično stanje;
- sposobnost geotekničke konstrukcije da prenese opterećenje iz slabije u jaču zonu u tlu.





Određivanje parametara tla

Izbor i pouzdanost karakterističnih parametara tla

- često VAŽNIJE od samog računskog modela i izbora parcijalnih koeficijenata djelovanja i materijala
- zahtijeva od projektanta dobro poznavanje suvremenih saznanja struke

Prema Eurokodu 7 - treba biti dokumentiran i obrazložen način odabira karakterističnih vrijednosti parametara tla

Izveštaj o geoteh. istr. radovima - rezultati svih geotehničkih ispitivanja

- Geotehnički projekt - dobivanje izvedenih veličina
- obrazloženje izbora karakterističnih vrijednosti
 - izbor projektnih situacija i graničnih stanja
 - dokaz stabilnosti i uporabivosti, nacrti, proračuni, popis kontrola, opažanja i održavanja



Princip projektiranja

Opći princip projektiranja - prema graničnim stanjima:

- granična stanja nosivosti - slom i rušenje konstrukcije
- granična stanja uporabivosti - normalna uporaba u projektiranom vijeku

Provjera doseganja graničnih stanja konstrukcije ili njenog dijela:

izbor odgovarajuće projektne situacije - trajna, prolazna, slučajna, potresna

- projektnu situaciju definiraju - geometrijski podaci (oblik i smještaj u prostoru)
 - opterećenja i utjecaji (djelovanje i kombinacije)
 - svojstva materijala.

- izbor projektnih situacija: **sveobuhvatan** - ne smije postojati moguća nepovoljnija situacija od već izabranih

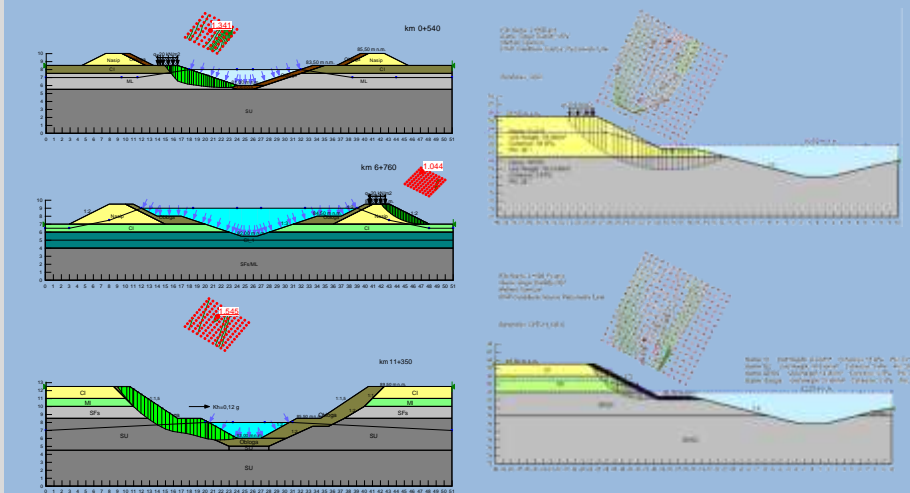
Projektiranje - za svaku projektnu situaciju određuju se moguća granična stanja te odgovarajući modeli konstrukcije i modeli djelovanja





Princip projektiranja

Primjeri proračuna (soft. paket Geostudio)



ZAKLJUČAK

- definiranje opsega istražnih radova u okviru projektnog zadatka je vrlo odgovoran i često problematičan zadatak (poznate su samo karakteristike objekta koji je podložan promjenama);
- u fazi izrade projektnog zadatka - angažirati konzultanta/revidenta za definiranje programa istražnih radova za potrebe idejnog projekta (PREPORUKA);
- sastavni dio idejnog projekta treba biti program istražnih radova za fazu izrade glavnog projekta (detaljno troškovnički opisano);
- u glavnom projektu se definira monitoring (praćenje pomaka tijekom izvođenja/uporabe) ili eventualni istražni radovi potrebni za potvrdu projektnih parametara;
- razumijevanje investitora za potrebu dodatnih istražnih radova ukoliko se prilikom izvođenja utvrde karakteristike temeljnog tla različite od onih usvojenih u projektu (dobra dosadašnja iskustva).





Hrvatsko geotehničko društvo
Croatian Geotechnical Society



HRVATSKE VODE

Radionica 10.02.2015.

mr.sc. Ninoslav Tomljanović, institut IGH

11

“TEMELJI GRAĐEVINA UVIJEK SU BILI PASTORČAD ZATO ŠTO NEMA SLAVE U TEMELJENJU I ŠTO UZROCI USPJEHA ILI NEUSPJEHA LEŽE SKRIVENI DUBOKO U TLU; ALI DJELA OSVETE TEMELJA ZBOG POMANJKANJA BRIGE O NJIMA MOGU BITI VRLO ZBUNJUJUĆA ...”

K. Terzaghi, London 1951.

... ali djela osvete temeljnog tla zbog nedovoljno opsežnih i/ili neadekvatnih istražnih radova mogu biti vrlo skupa ...

HVALA NA POZORNOSTI !

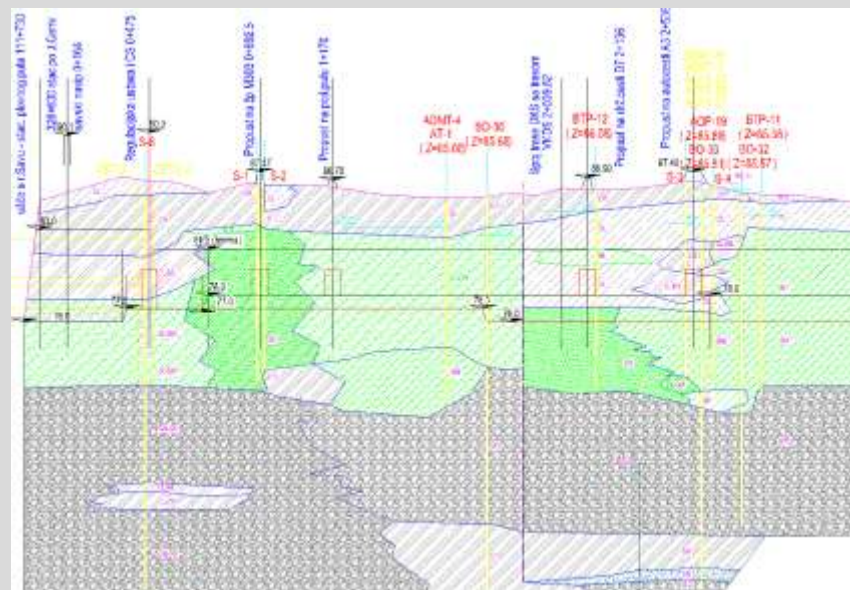
N. Tomljanović



HRVATSKO GEOTEHNIČKO DRUŠTVO (HGD)
CROATIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (CGS)
SOCIÉTÉ CROATE DE LA GÉOTECHNIQUE

Radionica HRVATSKE VODE
veljača 2015.

Geotehnički profil DMK 0+000 - 3+500



N. Tomljanović



HRVATSKO GEOTEHNIČKO DRUŠTVO (HGD)
CROATIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (CGS)
SOCIÉTÉ CROATE DE LA GÉOTECHNIQUE

Radionica HRVATSKE VODE
veljača 2015.



Hrvatsko geotehničko društvo
Croatian Geotechnical Society

mr.sc. Ninoslav Tomljanović, institut IGH



HRVATSKE VODE

Radionica 10.02.2015.

12

Lateralni kanal - primjer heterogenosti



N. Tomljanović



HRVATSKO GEOTEHNIČKO DRUŠTVO (HGD)
CROATIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (CGS)
SOCIÉTÉ CROATE DE LA GÉOTECHNIQUE

Radionica HRVATSKE VODE
veljača 2015.