

# MONITORING DIGEST ORA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ZAGREBU



Neven Kralj, dipl.ing.rud.  
Ivan Galić, ing.građ.  
**“Geo-eko” d.o.o.**

# [ 1. UVOD - općenito ]

- Istočni dio grada Zagreba, na početku Čulinečke ulice
- 4 digestora i centralni toranj

## • DIGESTOR

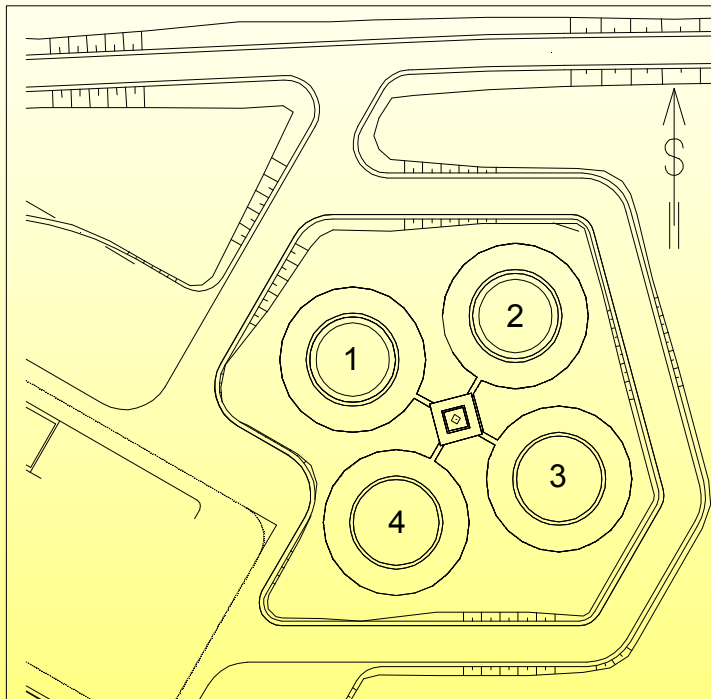
- visina ~ 35 m
- promjer ~ 24 m
- volumen ~ 9000 m<sup>3</sup>

## • AB TEMELJNA PLOČA

- debljina ~ 2 m
- promjer ~ 16 m



# 1. UVOD - općenito



SITUACIJA



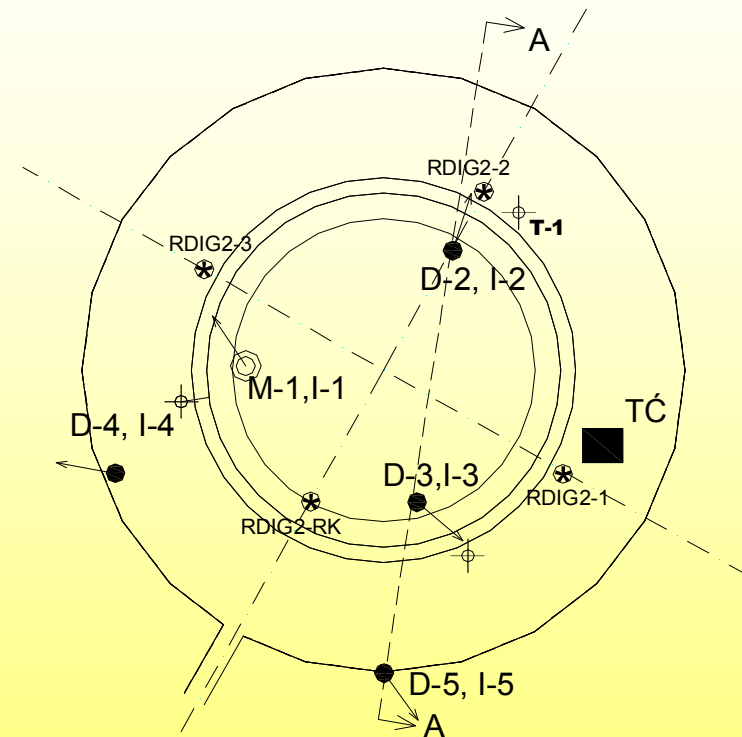
TEMELJNA PLOČA  
DIGESTORA D2



# 1. UVOD – monitoring digestora

## MJERNI INSTRUMENTI:

- Inklinometar, 5 kom
- INCREX deformetar, 4 kom
- Magnetni deformetar, 1 kom
- Tlačna ćelija, 1 kom
- Tiltmetri, 3 kom
- Geodetski reperi, 4 kom

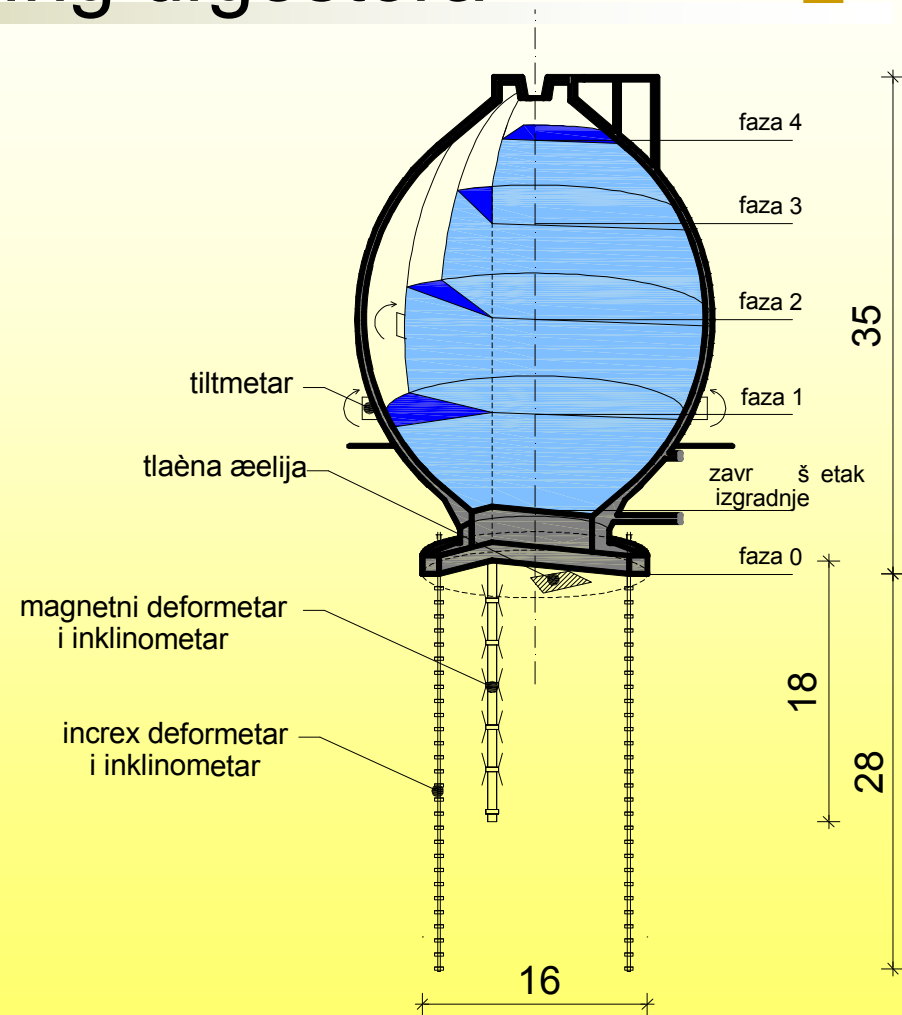


- ⊙ — magnetni deformetar i inklinometar
- — increx deformetar i inklinometar
- ⊕ — tiltmetar
- — tlačna ćelija
- ⊗ — geodetski reper

# 1. UVOD – monitoring digestora

## FAZE MJERENJA:

- prije izgradnje (nulto mjerenje)
- za vrijeme izgradnje
- za vrijeme probnog punjenja
- za vrijeme eksploatacije



## 2. TLAČNA ČELIJA

### PRIMJENA:

- mjerenje kontaktnih naprezanja

### ELEMENTI MJERNE OPREME:

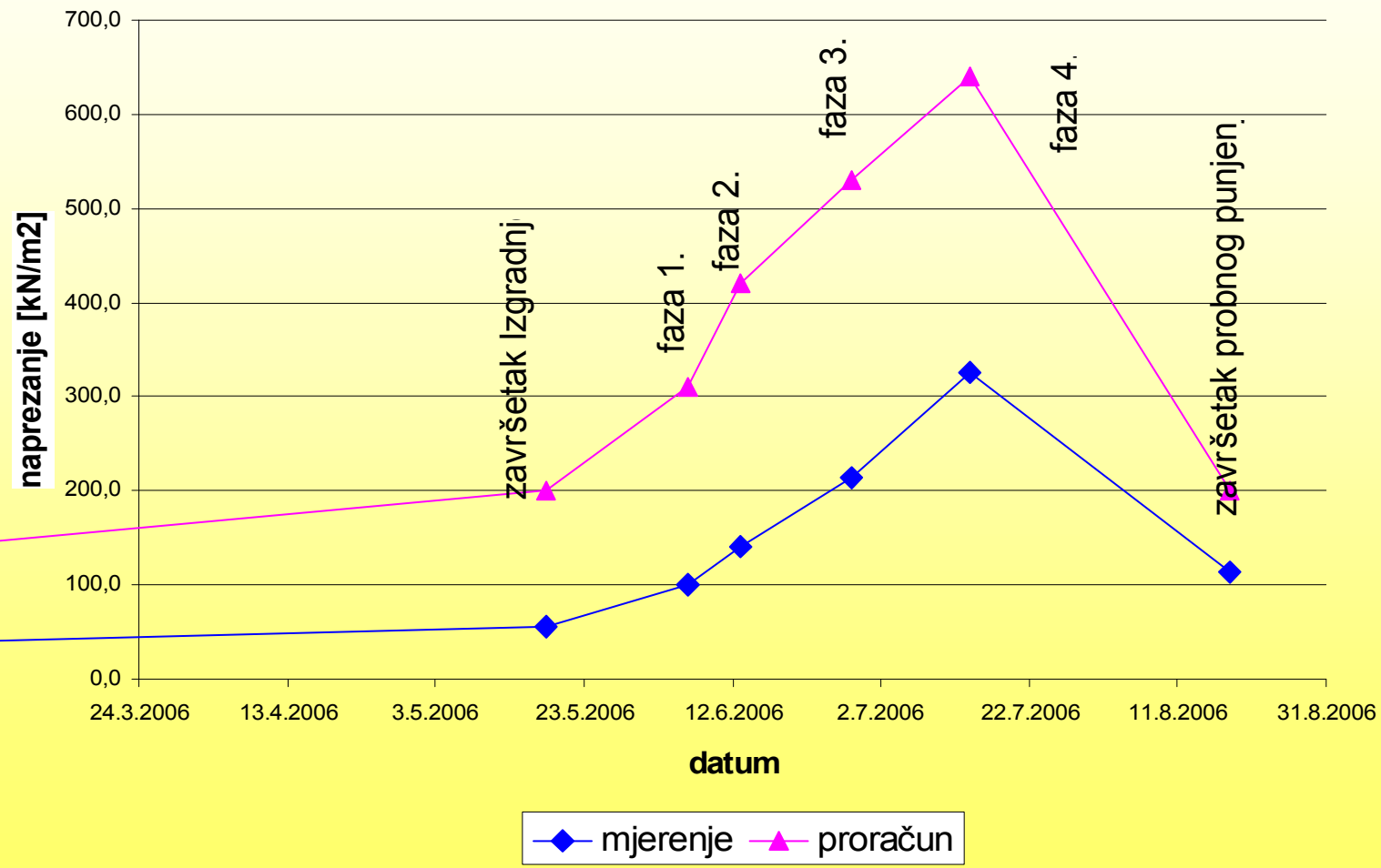
- ćelija od dvije tanke zavarene čelične ploče, ispunjena tekućinom
- VW pretvarač (vibrirajuća žica)
- električni kabel
- uređaj za prikaz i pohranu rezultata mjerenja

### KARAKTERISTIKE:

- dimenzije 400x400 mm
- maksimalno opterećenje 7 bara
- preciznost mjerenja 0,15% FS



# 2. TLAČNA ČELIJA



# 3. DEFORMETA R tipa INCREX

## PRIMJENA:

- mjerenje slijeganja tla po dubini

## ELEMENTI MJERNE OPREME:

- mjerne cijevi
- mjedeni prstenovi na razmaku 1m
- sonda koja radi na principu elektromagnetske indukcije
- prijenosno računalo za očitavanje, prikaz, pohranjivanje i obradu podataka

## KARAKTERISTIKE:

- preciznost 0,01 mm/m'
- raspon mjerenja  $\pm 20$  mm/m'



## 3. DEFORMETA R tipa INCREX

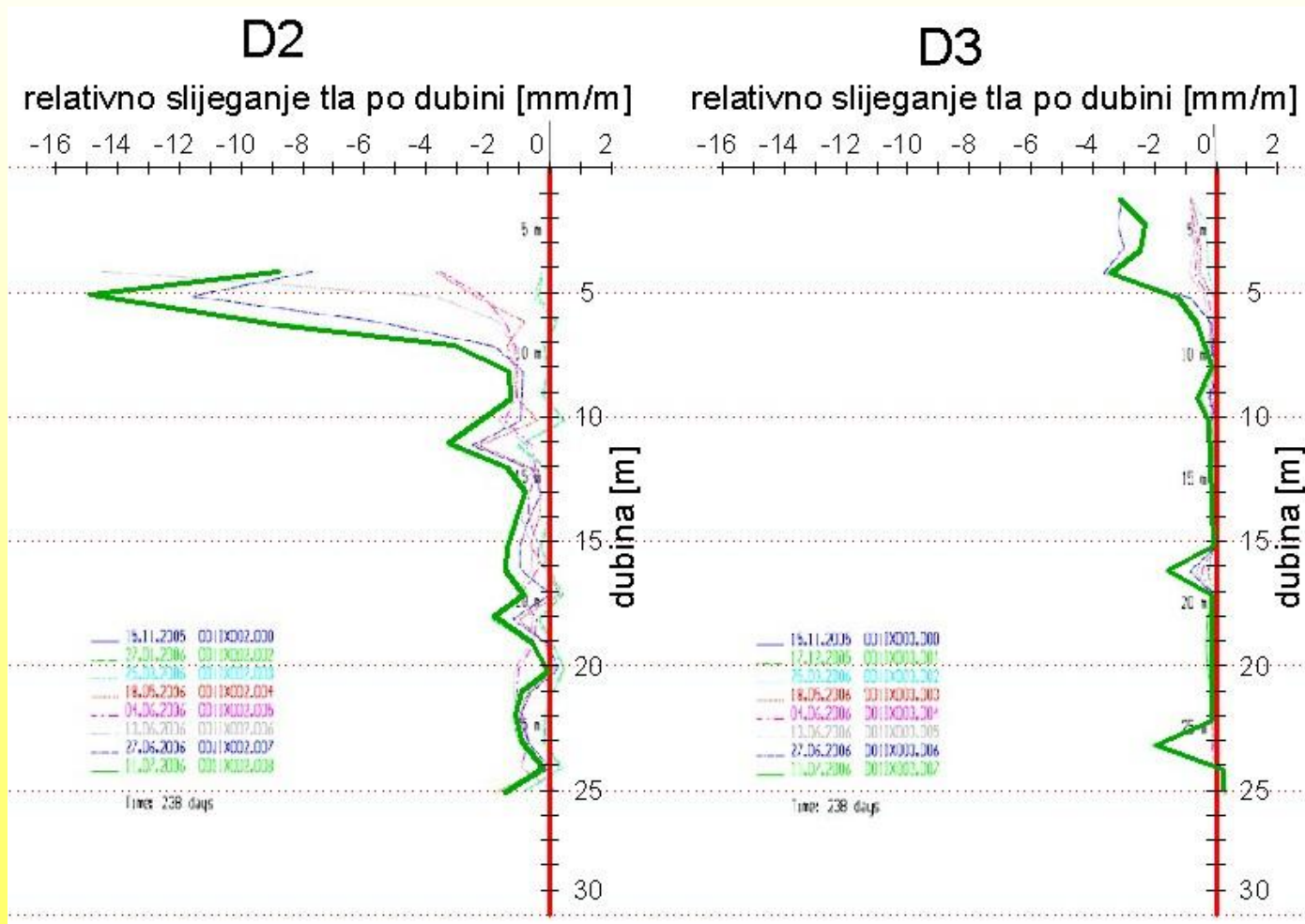


OČITAVANJE, SPREMANJE I  
OBRADA PODATAKA

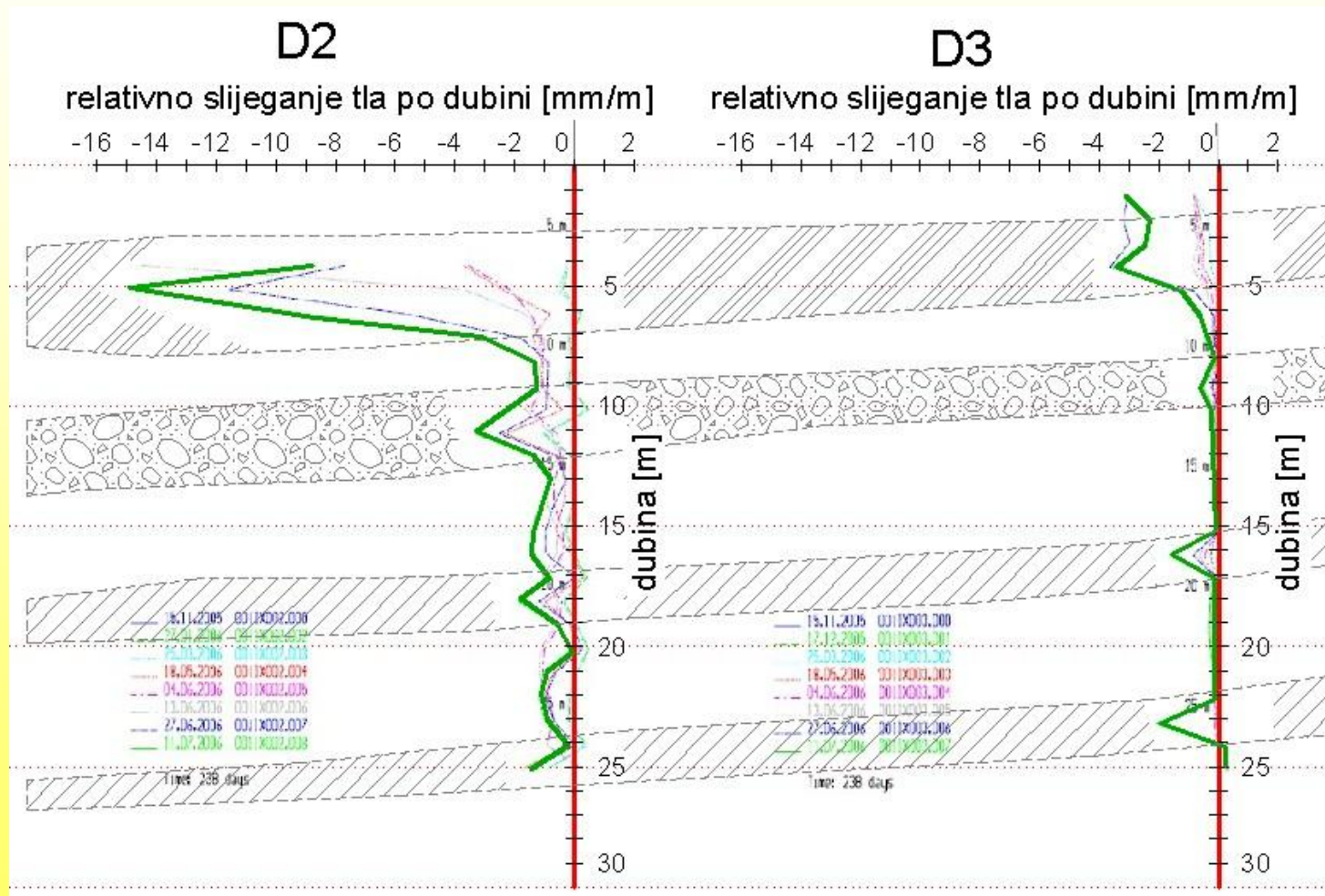


MJERENJE U OKNIMA  
IZNAD TEMELJNE PLOČE

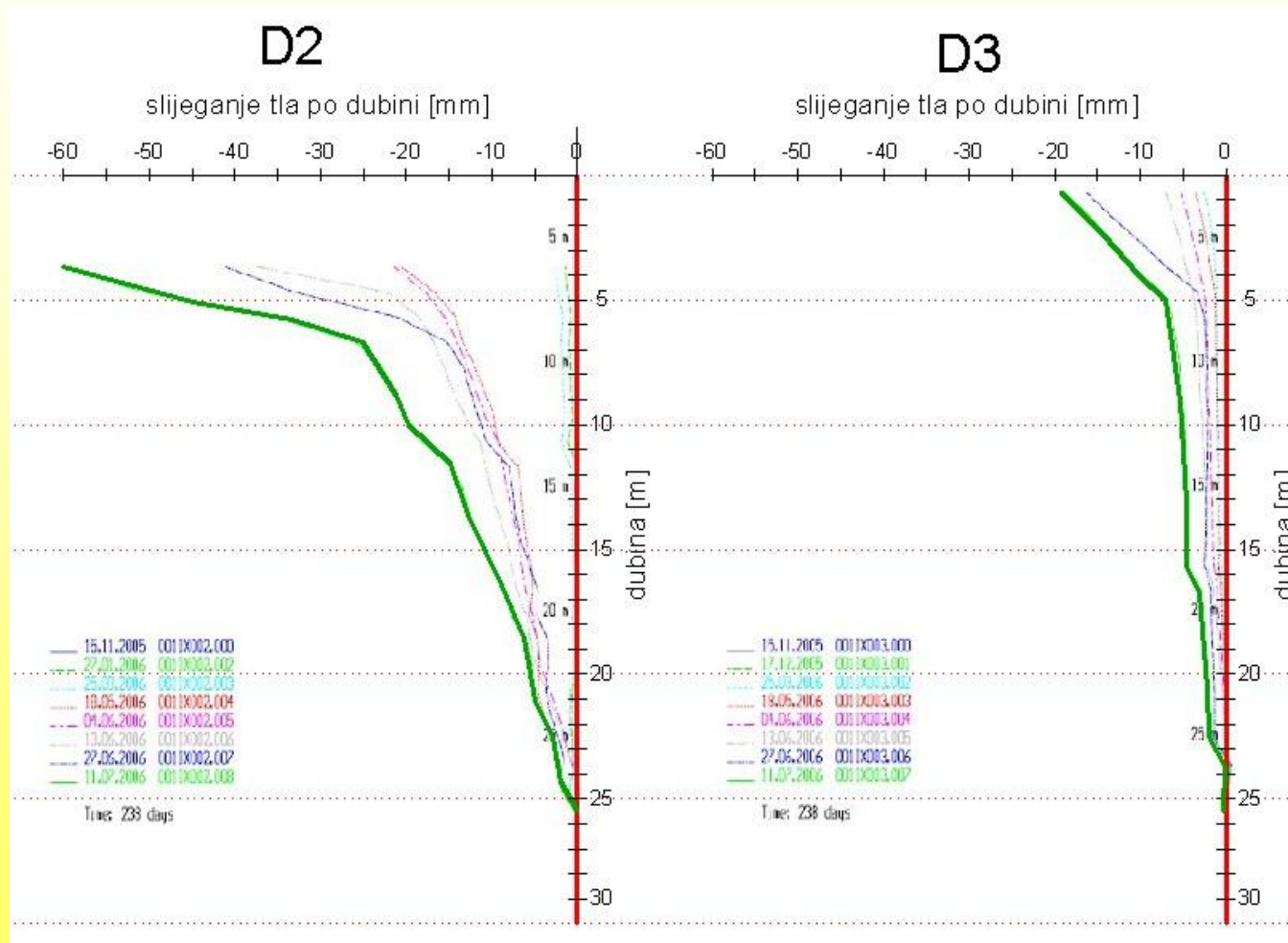
### 3. DEFORMETA R tipa INCREX



# 3. DEFORMETA R tipa INCREX



# 3. DEFORMETA R tipa INCREX



# 3. MAGNETNI DEFORME TAR

## PRIMJENA:

- mjerenje slijeganja tla po dubini

## ELEMENTI MJERNE OPREME:

- mjerne cijevi
- magnetni prstenovi na razmaku 3 m
- sonda koja registrira pojavi magnetnog polja
- mjerna vrpca sa mi limetarskom skalom

## KARAKTERISTIKE:

- preciznost očitavanja 5 mm
- neograničen raspon mjerenja



# 3. MAGNETNI DEFORME TAR

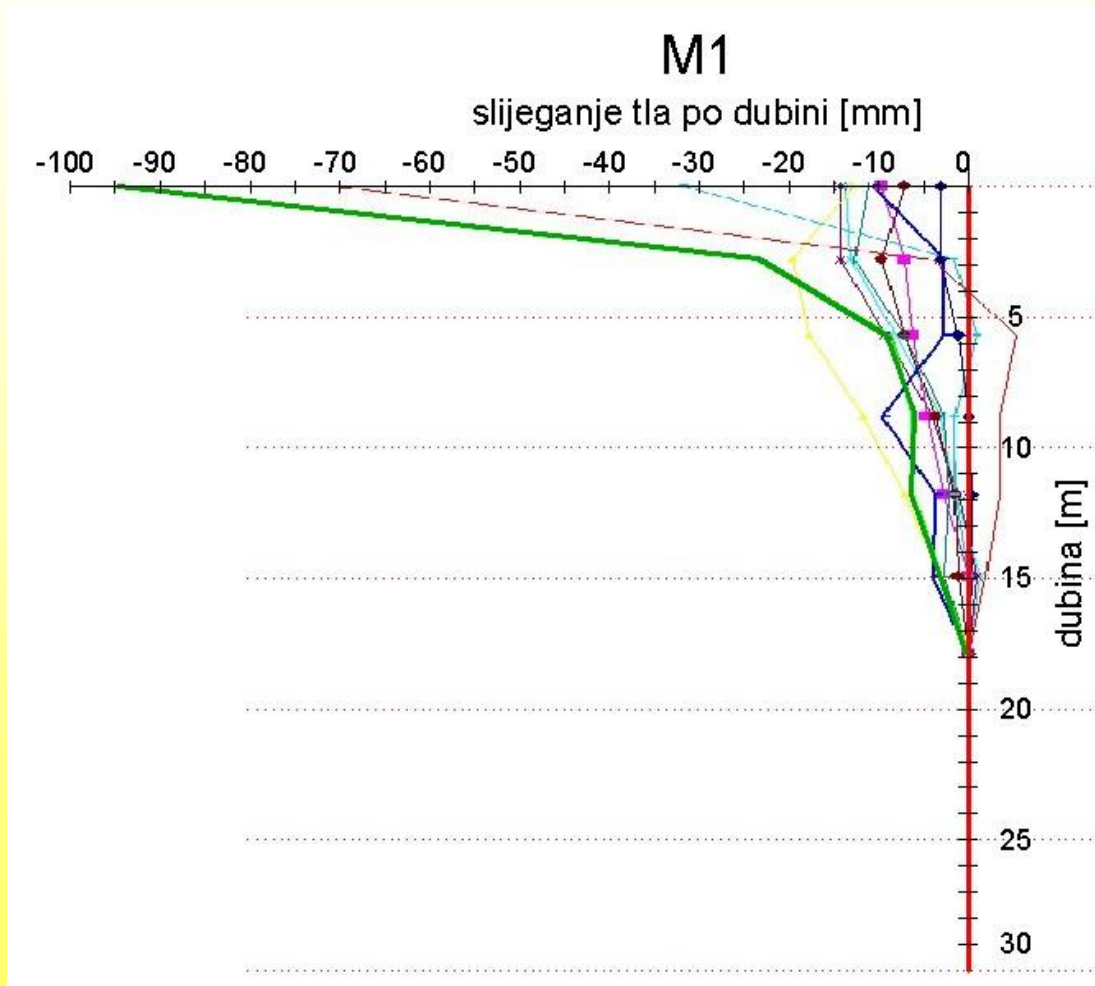


UGRADNJA MJERNE  
INSTALACIJE

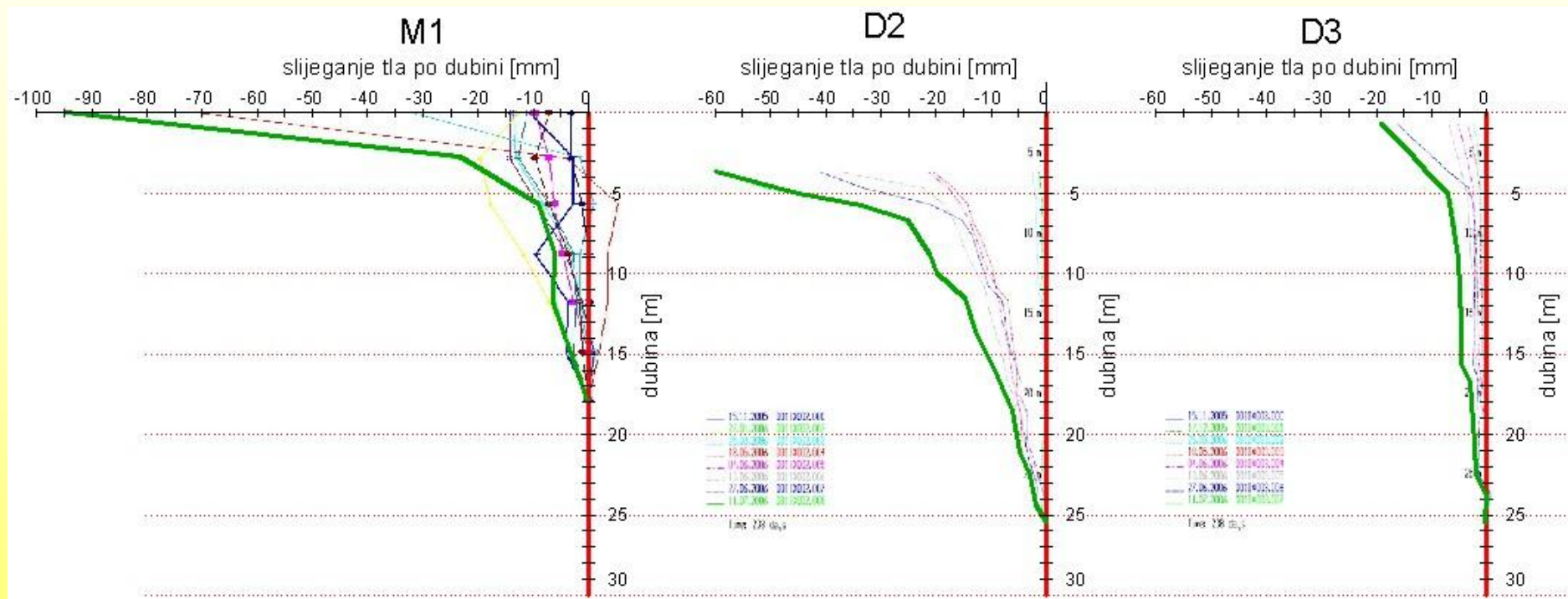


MJERENJE

# 3. MAGNETNI DEFORME TAR



# 3. USPOREDBA REZULTATA



# [ 4. TILTMETRI ]

## PRIMJENA:

- mjerenje kuta zaokreta objekta

## ELEMENTI MJERNE OPREME:

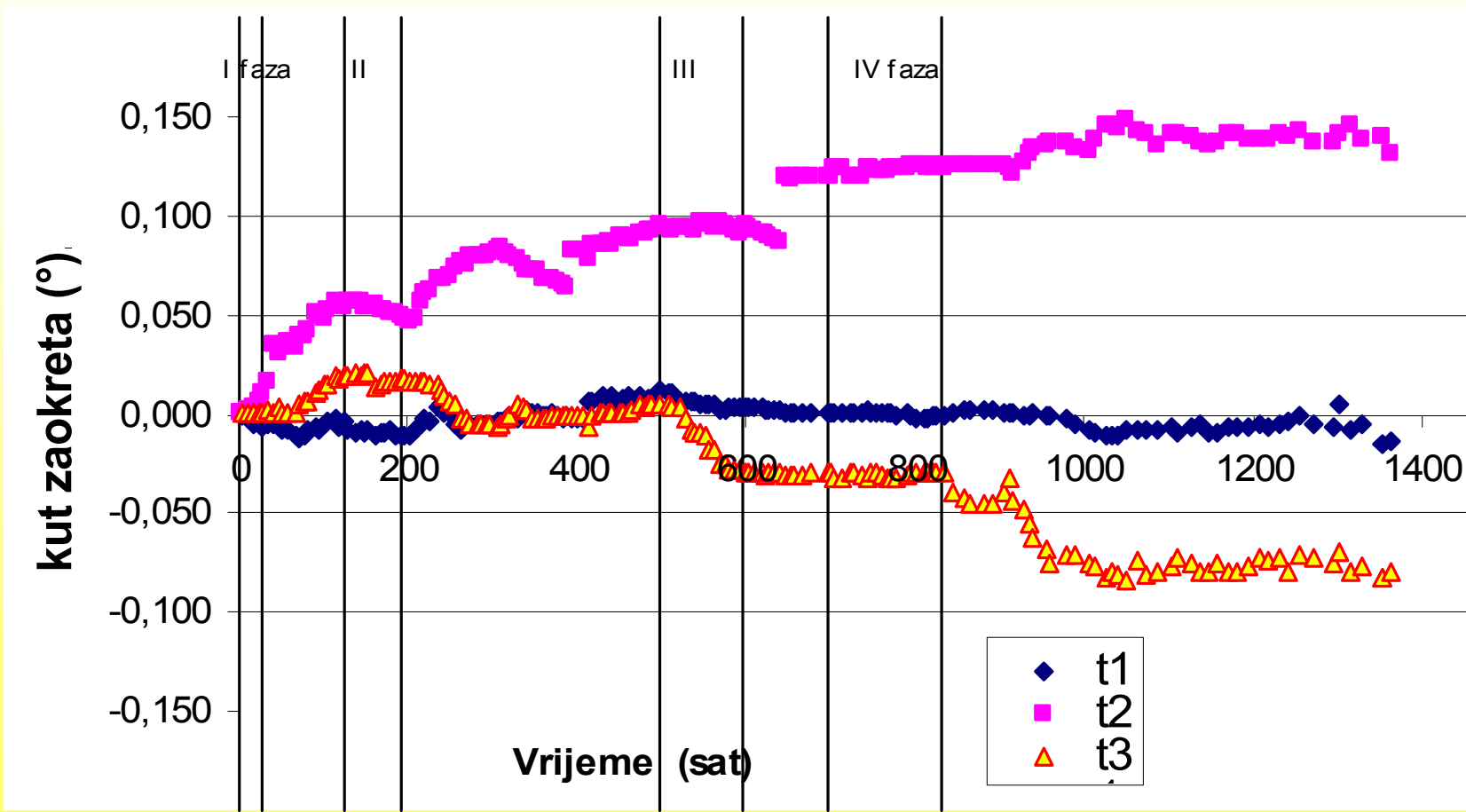
- bazna ploča
- mjerni instrument sa servo-akcelerometrom
- prijenosi uređaj za prikaz i spremanje rezultata mjerenja
- software za obradu podatak a mjerenja

## KARAKTERISTIKE:

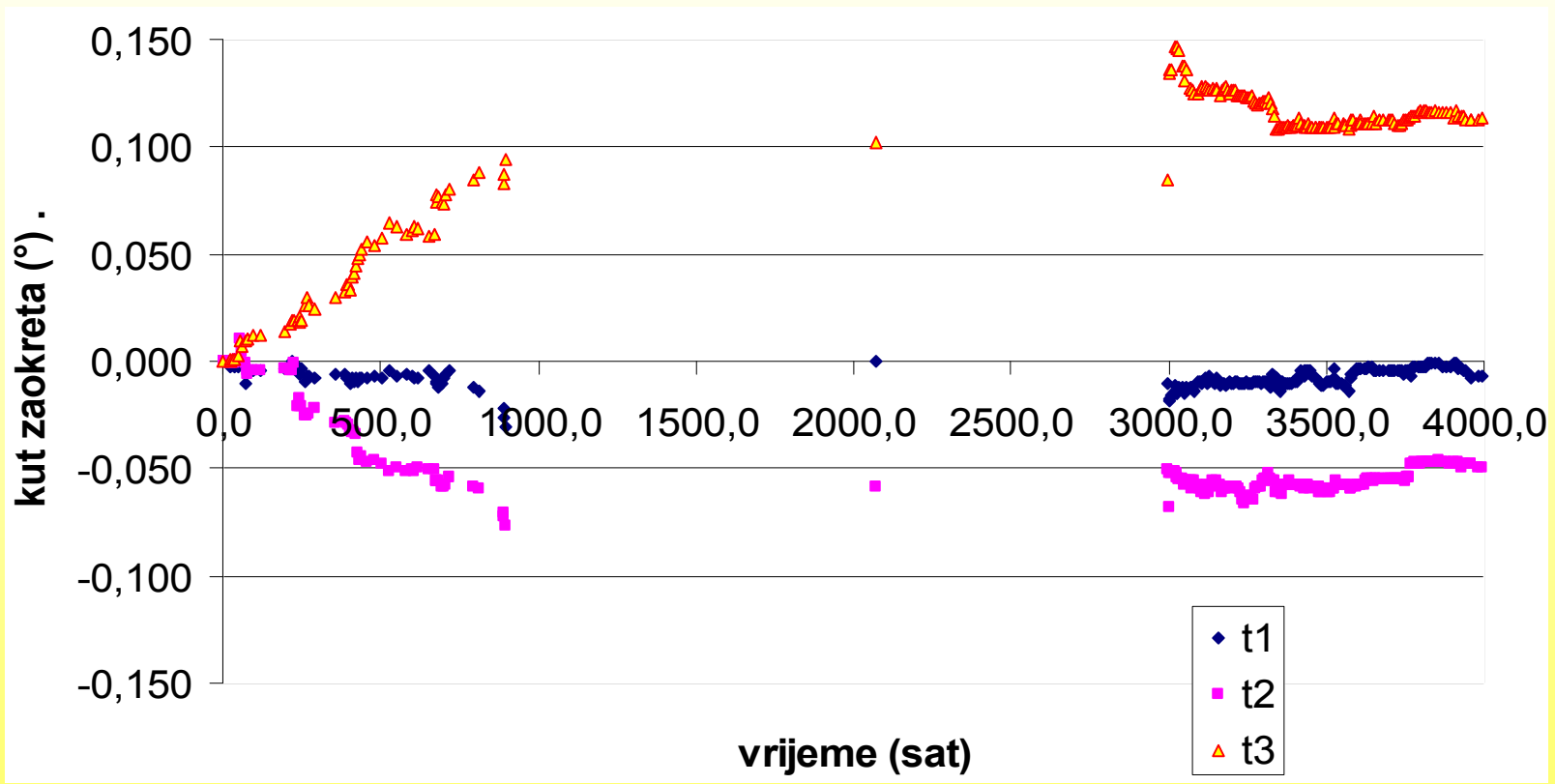
- preciznost 8 arcsec
- raspon mjerenja  $\pm 53^\circ$  od vertikale



# 4. TILTMETRI – digestor D2



# 4. TILTMETRI – digestor D1



# 5. INKLINOMETRI

## PRIMJENA:

- mjerenje horizontalnih pomaka tla po dubini

## ELEMENTI MJERNE OPREME:

- mjerna cijev
- mjerna sonda sa bi aksialnim servo-akcelerometrima
- prijenosi uređaj za prikaz i spremanje rezultata mjerenja
- software za obradu podataka mjerenja

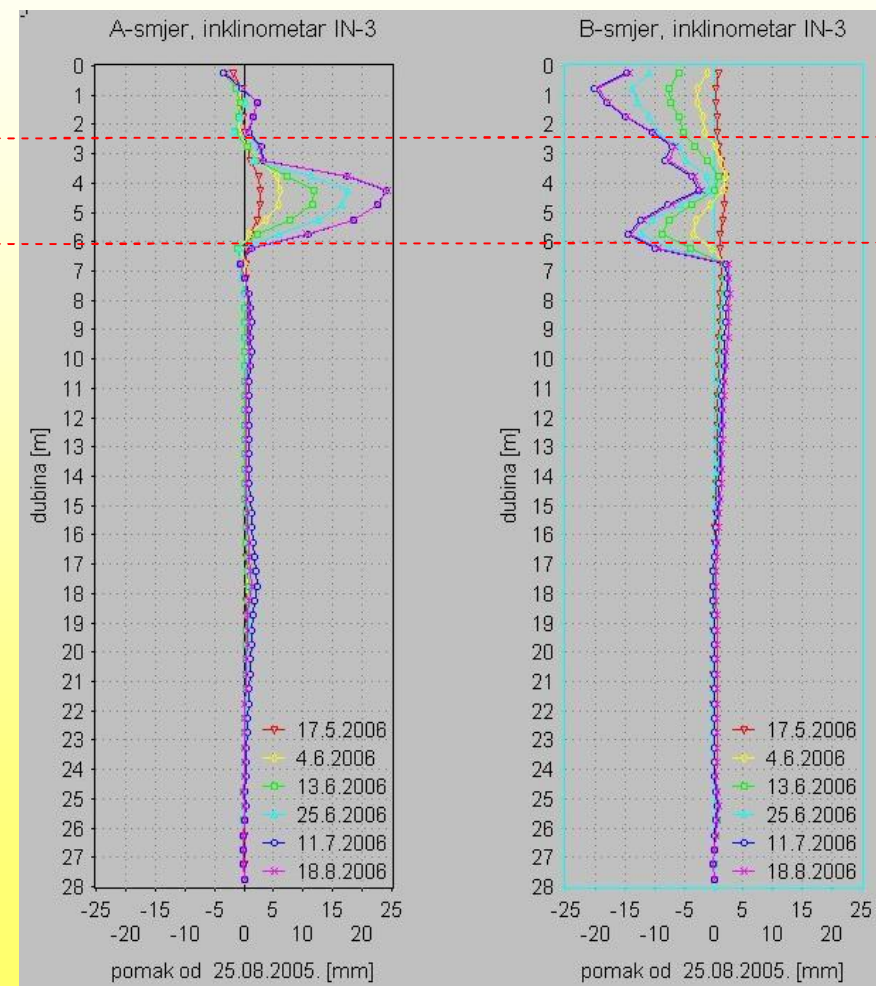
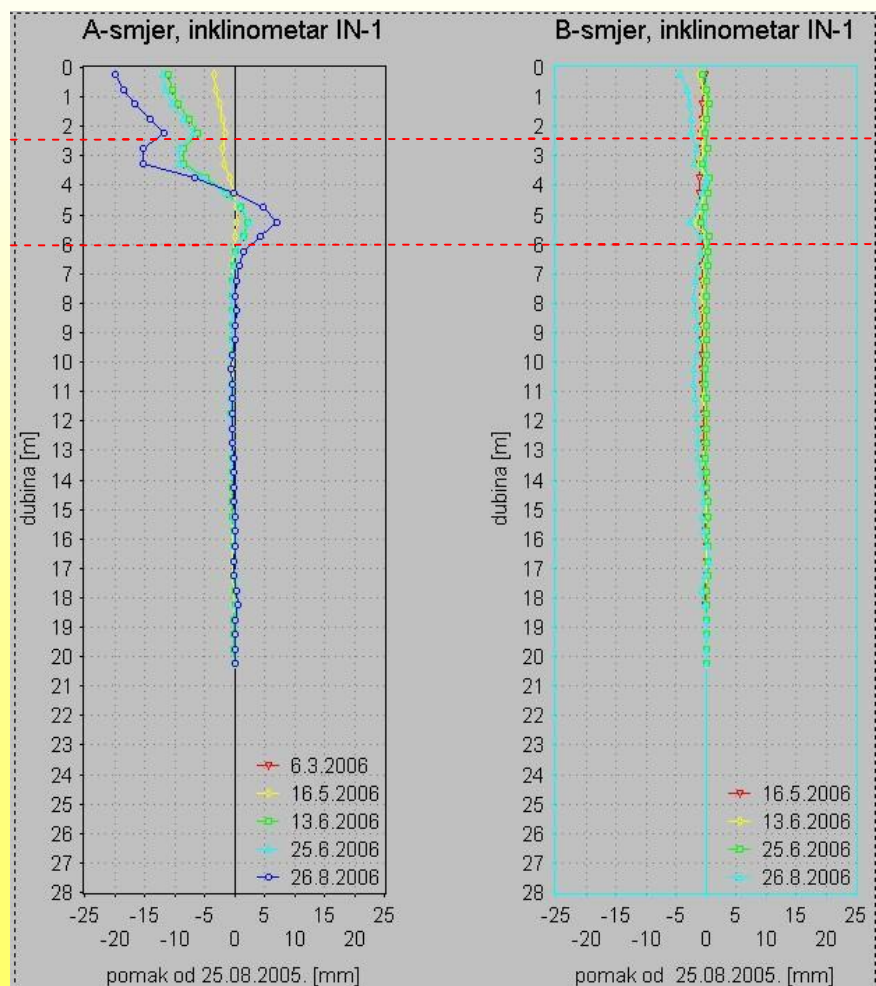
## KARAKTERISTIKE:

- preciznost 8 arcsec
- raspon mjerenja  $\pm 53^\circ$  od vertikale





# [ 5. INKLINOMETRI ]



# 6. GEODETSKA MJERENJA

## PRIMJENA:

- mjerenje slijeganja digestora

## ELEMENTI MJERNE OPREME:

- standardna geodetska oprema

## KARAKTERISTIKE:

- preciznost 0,1 mm

Slijeganje digestora prema geodetskim reperima u mm

Mjerna pozicija	po završetku izgradnje	na kraju punjenja	ukupno
RDIG2.1	34	142	176
RDIG2.2	34	100	134
RDIG2.3	22	69	91
RDIG2-RK	22	95	117

## 7. ZAKLJUČAK

- U vrijeme izgradnje digestora D2 došlo je do slijeganja objekta od prosječno 3 cm, a u vrijeme punjenja do ukupnog slijeganja od 9 do 17 cm. Približno 85% slijeganja realiziralo se do dubine 6 m, oko 5% u proslojku zaglinjenog šljunka na dubini 9 m, po 2% na kontaktu gline i šljunčanog sloja, a preostali dio slijeganja od 6% realizirao se u srednje zbijenom šljunku.
- Obzirom na mjestimične zone ispod temeljne ploče sa tlom veće stišljivosti, došlo je do zakretanja digestora prema istočnoj strani. Oko 15% zaokreta realiziralo se u fazi izgradnje digestora, a preostalih 85% posto u vrijeme probnog punjenja. Ukupna vrijednost zaokreta iznosi cca  $0.25^\circ$  odnosno cca 7.0 cm na obodu digestora

## 7. ZAKLJUČAK

- Prilikom zakretanja digestora i istiskivanja mekog i žitkog materijala došlo je do horizontalnog pomicanja objekta za cca 2 cm.
- Kontaktna naprezanja na rubu objekta, mjerena na jednoj poziciji, iznose za prazni objekt cca 115 kN/m<sup>2</sup> (što iznosi cca 60 % od projektom predviđene vrijednosti), a u vrijeme punjenja cca 320 kN/m<sup>2</sup> (što odgovara cca 50% projektiranoj vrijednosti). Prirast naprezanja za 25% volumena digestora, prema zadnjoj fazi, iznosi cca 110 kN/m<sup>2</sup> (što odgovara projektom predviđenoj vrijednosti).

## 7. ZAKLJUČAK

- Usporedimo li rezultate magnetnog deformetra i deformetra tipa Incred vidimo da su prednosti magnetnog deformetra veći raspon mjerenja (neograničeni raspon) i mogućnost ugradnje magnetnih prstenova na proizvoljnim pozicijama, dok je prednost Incred deformetra veća preciznost instrumenta (laboratorijska preciznost od 0.01 mm/m') i gušći raspored metalnih prstenova (na svega 1.0 m) kojima je moguće kvalitetnije registrirati zone u kojima se realiziraju deformacije tla.

# [ 7. ZAKLJUČAK ]

- Obzirom da su mjerenja tiltmetrima relativno brza metoda te samim time prilagodljiva dinamici radova na gradilištu, moguće je obaviti velik broj mjerenja u nizu u kratkim vremenskim intervalima. Na taj način moguće je kvalitetno promatrati ponašanje objekta u izgradnji radi ocijene njegove stabilnosti, a prema kriteriju smirenja pomaka moguće je defirnirati siguran nastavak izgradnje odnosno punjenja digestora.

## 7. ZAKLJUČAK

- Općenito primjenjeni sustav mjerenja pokazao se vrlo uspješnim i ograničenja pojedinih mjernih instalacija nadomješteni su prednostima ostalih. Na taj način dobiveni su kvalitetni podaci o ponašanju građevine ovakvoga tipa koji se po prvi puta gradi u gradu Zagrebu, a temeljen je na tlu karakterističnom za zagrebački aluvij rijeke Save. Poznate su kvalitativne i kvantitativne vrijednosti pomaka i zaokreta digestora za koje je zadržana njegova funkcionalnost i uporabivost.



HVALA NA PAŽNJI !