

# Napredno vodenje pilotne naprave za sušenje nestabiliziranega komunalnega mulja čistilnih naprav

Božidar Bratina<sup>1</sup>, Riko Šafarič<sup>1</sup>, Janez Kramberger<sup>1</sup>, Peter Göncz<sup>1</sup>,  
Andrej Šorgo<sup>1</sup>, Suzana Fišer-Žilič<sup>1</sup>, Milan Rotovnik<sup>1</sup>

Vilijana Brumec<sup>2</sup>, Janez Ekart<sup>2</sup>, Tadej Krošlin<sup>2</sup>



Primer uspešnega povezovanja gospodarstva z znanostjo:  
Gorenje Surovina d.o.o. Maribor in Univerza v Mariboru

**Javni razpis za spodbujanje raziskovalno razvojnih  
projektov na problemskih območjih z visoko  
brezposelnostjo v letih od 2013 do 2015 – RRPO 2013**



- ❖ Mulj je končni produkt Komunalnih Čistilnih Naprav
- ❖ Znana problematika odlaganja na deponije – prepoved po letu 2009
- ❖ EU trend – reševanje problematike čiščenja odpadnih voda – izgradnja KČN lokalnih skupnosti – trend naraščanja količin mulja v EU
- ❖ V 2008 je vsak prebivalec EU ustvaril cca 90g (posušenega) mulja na dan
- ❖ Predikcija količin mulja v EU za 2020 – 13 miljard kg suhega mulja



## ➤ CČN Maribor

- 195 000 populacijskih enot (PE)
- blato centrifugirano, 20% suhe snovi

## ➤ CČN Ljubljana

- 280 000 (360 000) populacijskih enot
- anaerobna razgradnja → bioplín
- ostanek osušen na 90 %SS, sežig v Salonit Anhovo

## ➤ ČN Celje

- 85 000 populacijskih enot
- blato centrifugirano, 20% suhe snovi → sosežig v Toplarni Celje

## ➤ CČN Šaleške doline

- 50 000 populacijskih enot
- anaerobna razgradnja → bioplín
- blato centrifugirano, 27 % suhe snovi  
(odvoz po pogodbi na kompostiranje ali sežig v tujino)



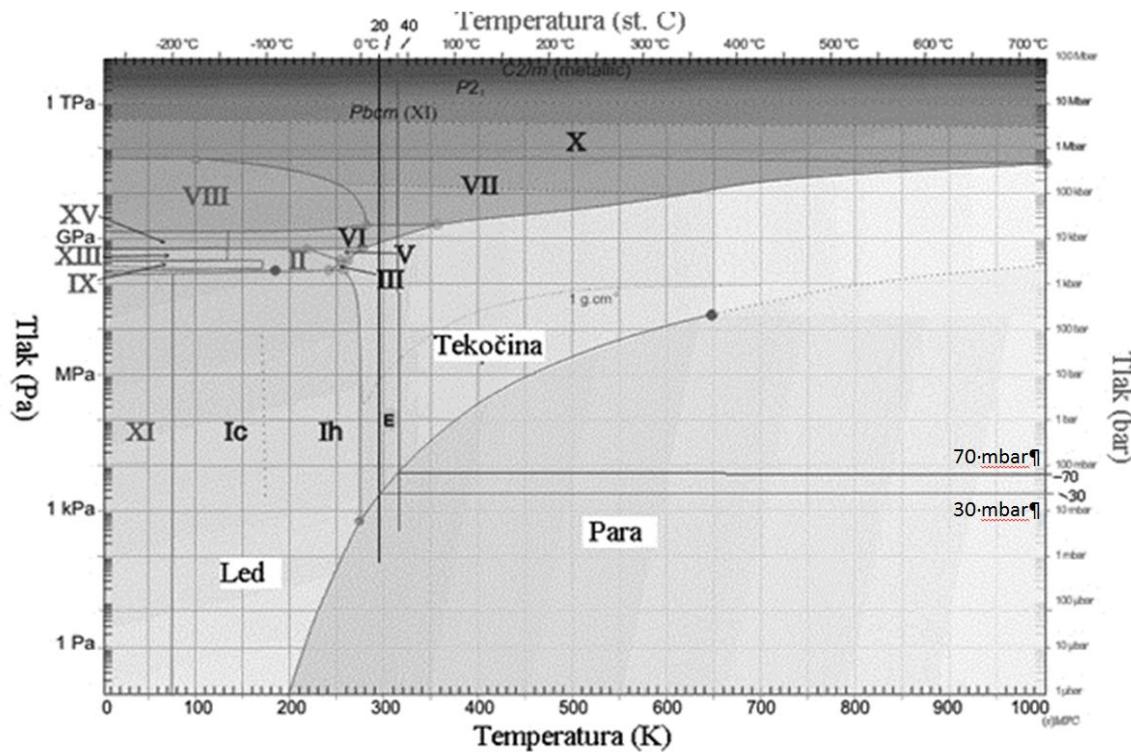
- ❖ Izraba mulja v tujini se izvaja že vrsto let
  - ❖ Kmetijstvo – raztros, kompostiranje
  - ❖ Energija – bioplinarne, sežigalnice (10-14 MJ/kg)
  - ❖ Material – gradbeništvo, zemljine za nasipe, ob cestah, opeke (pepel)
- ❖ Mulj je surovina ali emergent, ki ga je mogoče ob ustreznih obdelavah mulja na izhodu KČN koristno uporabiti – zaustavitev biološke aktivnosti
  - ❖ Kemično – dodajanje apna, pepela, oksidov
  - ❖ Mehansko – dehidracija
- ❖ Po zakonodaji se mulj KČN tretira kot odpadek - stroške uničenja ali odvoza nosi proizvajalec
- ❖ Prekvalifikacija mulja iz odpadka v produkt ??



- ❖ Transport mulja v tujino (90% vode) – smotrnost obdelave – sušenje
- ❖ Proces sušenja zahteva veliko energije - uporaba bioplina, energija iz mulja in drugih odpadkov
- ❖ Sušenje blata
  - do stopnje sušenja v razponu 48-80 % SS ni priporočljivo, lepljivo
  - delno sušenje (do 30-48 % SS) – uporaba v kmetijstvu
  - sušenje (80-97 % SS) – energijska izraba ali gradbeni material.
- ❖ Pregnojenost EU kmetijskih površin z organskimi snovmi
- ❖ Izvajanje krožnega snovnega toka – vračanje pomembnih snovi nazaj v okolje (fosfor, kalij...)
- ❖ Emisije smradu v okolico!!



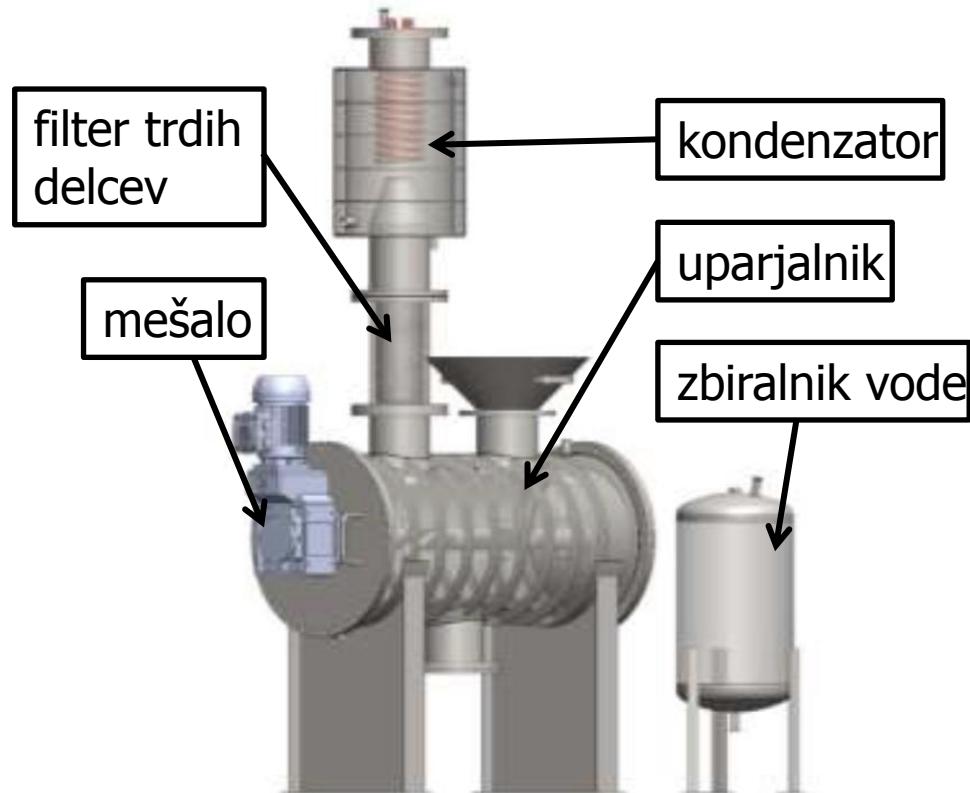
- ❖ Razvoj pilotne naprave za vakuumsko kontaktno sušenje komunalnih muljev in tehnološki postopek (sta v postopku patentiranja), za namene različne izrabe komunalnega mulja





- ❖ Sušenje mulja v podtlaku z odpadno energijo (toplota, hlad)  
– ogrevanje 30 – 40°C, hlajenje 10 – 20°C.
- ❖ Izhodni suh mulj z vsebnostjo 40% vlage (gnojilo) ali 10% vlage (gorivo) - granulat 4 – 7mm.
- ❖ Proces sušenja traja med 24 – 48 ur, odvisno od vsebnosti vlage, stabilizacije, tipa mulja, produkta.
- ❖ Vstopna in izstopna analiza mulja, mikrobiološka analiza (patogenost).
- ❖ Filtracija trdih delcev iz kondenzata in plinov med procesom sušenja (fermentacija) - med postopkom sušenja ni smradu.

## Razvoj in konstrukcija pilotne naprave



Razvoj in projektiranje pilotne naprave

Izvedba in montaža v laboratoriju





## Moker mulj

### Komunalni mulj iz ČN

- Kemično stabiliziran
- Centrifugiran
- Nestabiliziran

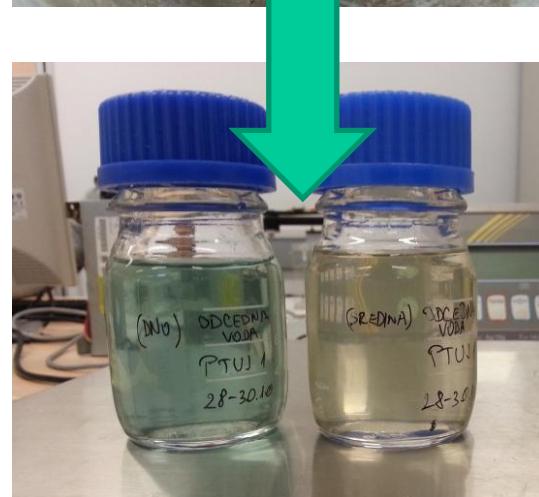
### Industrijski mulj klavniški, papirniški

- Nestabiliziran

## Sušenje in mešanje



## Posušen mulj



Kondenzat

40 kg mulja (15% SS):

- 33.3 litrov vode !!!
- 6.7 kg suhega mulja (90% SS)



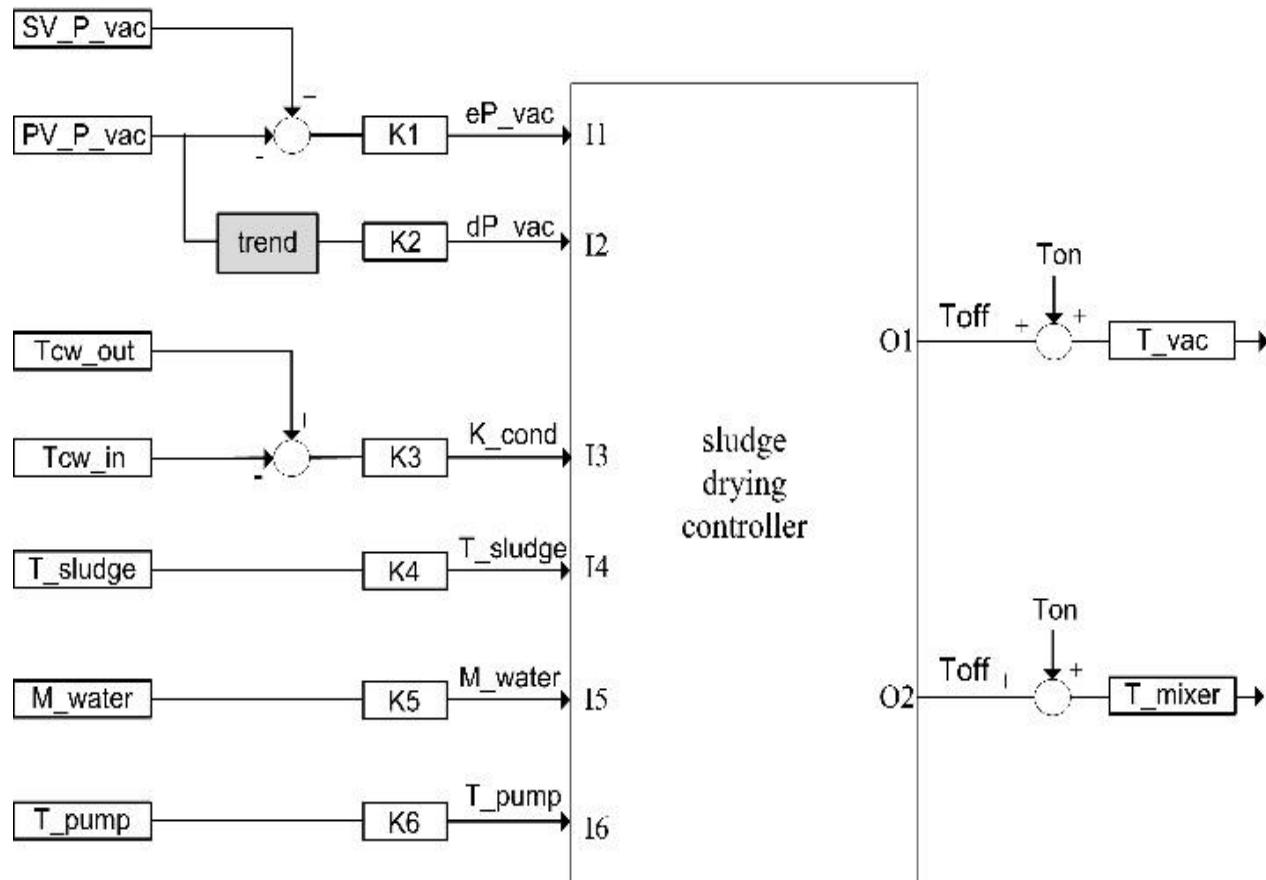
- ❖ Stabiliziran mulj je relativno enostavno sušiti v podtlačni atmosferi (ni fermentacije).
- ❖ Sušenje nestabiliziranega mulja poteka v več fazah, odvisno od stanja mulja (pastozno, praškasto).
- ❖ Za izvedbo avtomatskega vodenja procesa sušenja nestabiliziranega mulja so bile identificirane vplivne procesne veličine :
  - ustrezna temperatura ogrevalnega in hladilnega medija,
  - ustrezna temperatura mulja,
  - ustrezno območje podtlaka,
  - pravilen postopek mešanja mulja, glede na vrsto mulja in fazo sušenja
  - pravilen postopek odzračevanja, glede na vrsto mulja in fazo sušenja  
(- varovanje vakuumske črpalke pred pregrevanjem)



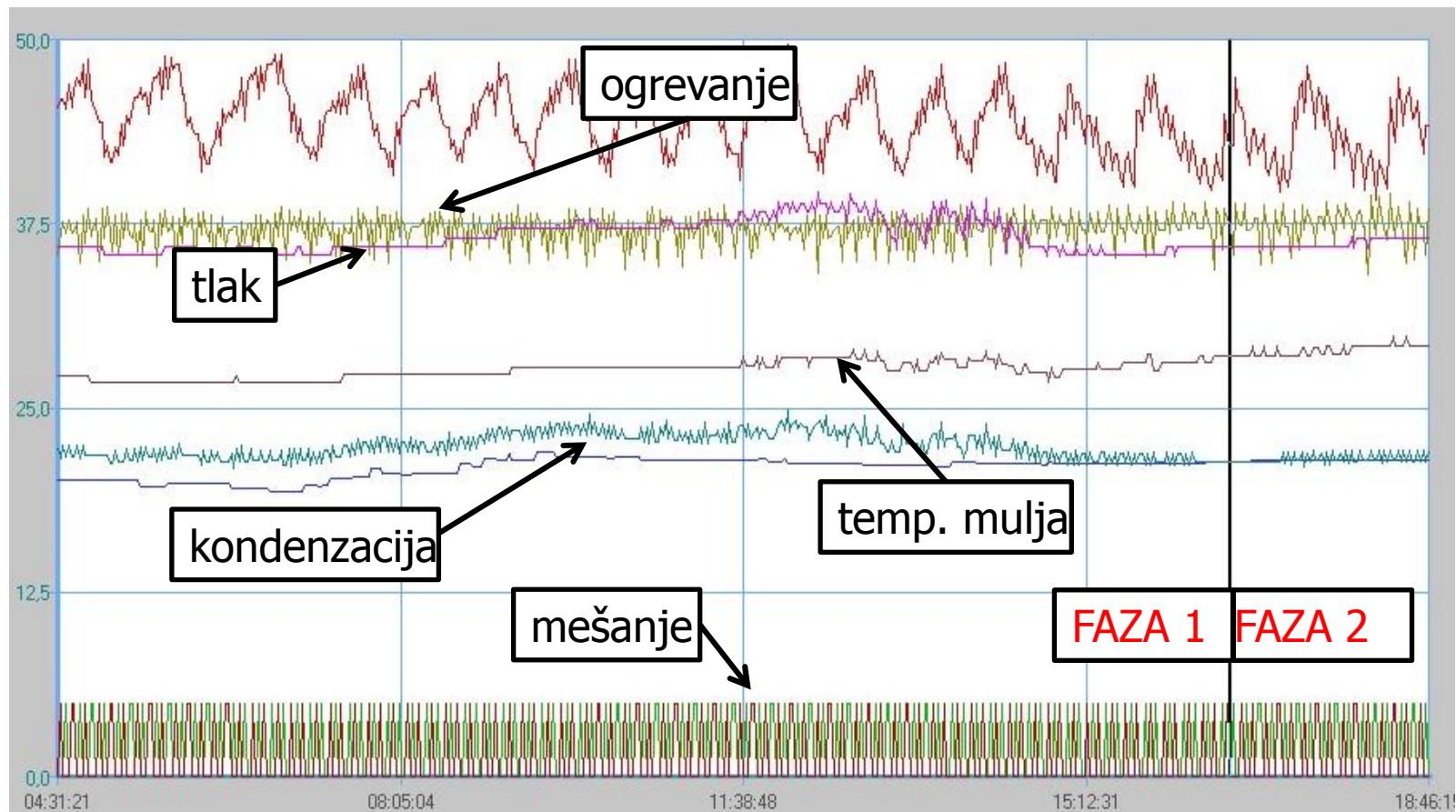
- ❖ Uporabljene vhodne procesne zvezne veličine za algoritom vodenja:
  - odstopanje podtlaka
  - trend podtlaka
  - stopnja kondenzacije
  - temperatura mulja
  - količina odcedne vode
  - temperatura vakuumske črpalke
- ❖ Izhodni veličini sta diskretni - vklop/ izklop vakuumske črpalke in mešala, kjer se spreminja perioda PŠM:
  - perioda vakuumske črpalke
  - perioda mešala

$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = t_{on} \cdot f_s$$

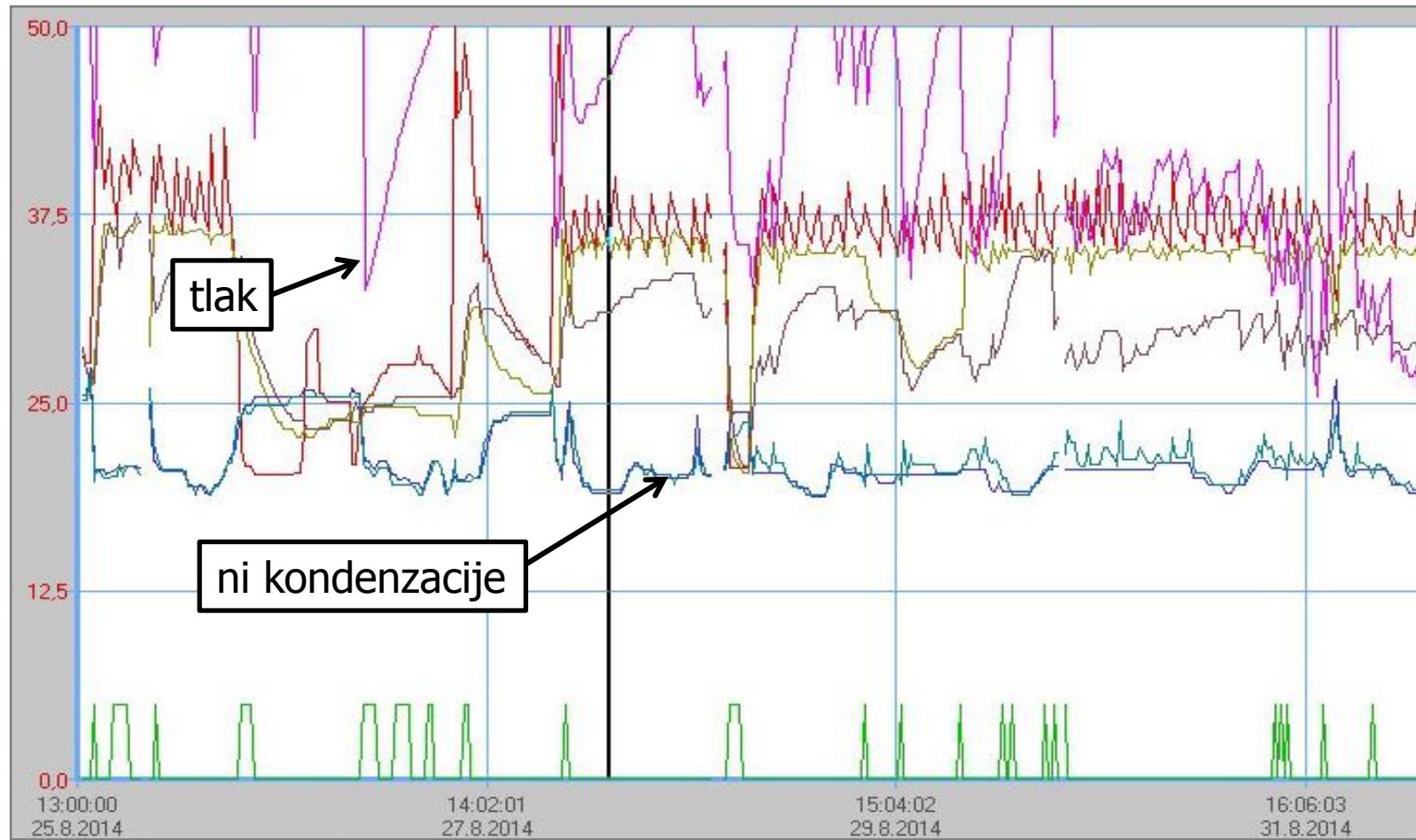
## Regulator za sušenje mulja



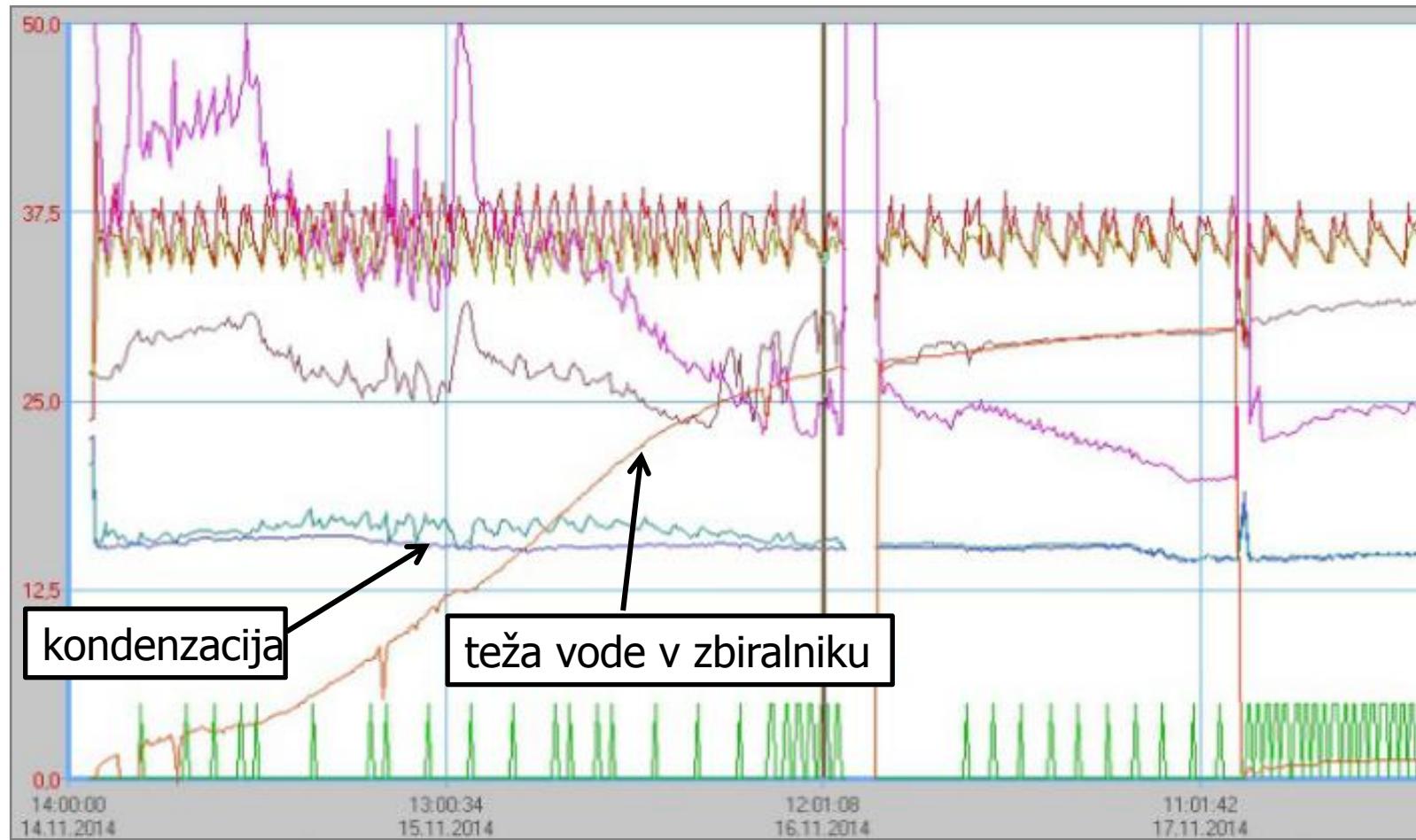
## Sušenje stabiliziranega mulja



## Sušenje nestabiliziranega mulja - fermentacija



## Sušenje nestabiliziranega mulja – pod kontrolo



## Komunalni mulj



moker mulj

## Industrijski mulj



posušen mulj





- ❖ Razvit postopek skupaj z napravo omogoča sušenje mulja z viški ali viri odpadne energije
- ❖ Vakumska tehnologija sušenja mulja z avtomatskim delovanjem ponuja še eno dobro lastnost - povzroča minimalne emisije smradu v okolico
- ❖ Omogočeno je sušenje stabiliziranega in nestabiliziranega mulja (komunalnih, industrijskih)
- ❖ Trajanje sušenja je odvisno od zahtevane suhosti produkta – ocena na podlagi kondenzirane vode v posodi
- ❖ Gradnja industrijske naprave kapaciteto cca 330 ton/ dan!