



# MJESTO I ZNAČAJ SPREMNIKA TOPLINE U TOPLIFIKACIJSKIM SUSTAVIMA NISKOAKUMULATIVNIH OBJEKATA

Ante Čikić  
acikic@vtsbj.hr

## Niskoakumulativni objekti !? – plastenici:

- intenzivni uzgoj različitih agrokultura
- kontrolirani tehnološki i mikroklimatski uvjeti
- **dimenzije**: površina  $P \geq 4000 \text{ m}^2$ , do  $P = 100000 \text{ m}^2$ ,  
visina u sljemenu  $H \geq 5,5 \text{ m}$
- **oplošje**: metalna konstrukcija + dvostruka svjetlosno propusna plastična folija sa zračnim sendvičem promjenljive debljine, razne vrste tvrdih i mekih plastičnih masa  
 $k \geq 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ovisno o brzini vjetra i ostalim faktorima)
- **osjetljivost objekta**: mala termofizikalna karakteristika ( $\lambda \cdot c \cdot \rho$ ) oplošja objekta, vjetrovitost + kiša i/ili snijeg (10 – 60 % veći toplinski gubici), oblačnost, orijentacija, stupanj refleksije – apsorpcije vanjskih površina izloženih sunčevom zračenju, vrijeme i učestalost smanjivanja ili prekida dovođenja topline izravno utječu na toplinsku reakciju plastenika (**vremenska konstanta**),

$t = Q_{ak.} / Q_{gub.}$  je mala  $Q_{ak.}$  – akumulirana topline u objektu  
 $Q_{gub.}$  – gubici topline kroz oplošje objekta u jedinici vremena



## Poteškoće:

- precizan i cjelovit termodinamički proračun,
- učinkovito i racionalno grijanje,
- minimalna potrošnja energije i pogonskog goriva.

## Zahtjevi:

- održavanje strogih tehnoloških i mikroklimatskih uvjeta,
- cjelogodišnja i ekonomična intenzivna proizvodnja,
- maksimalni prinos i kakvoća proizvoda.

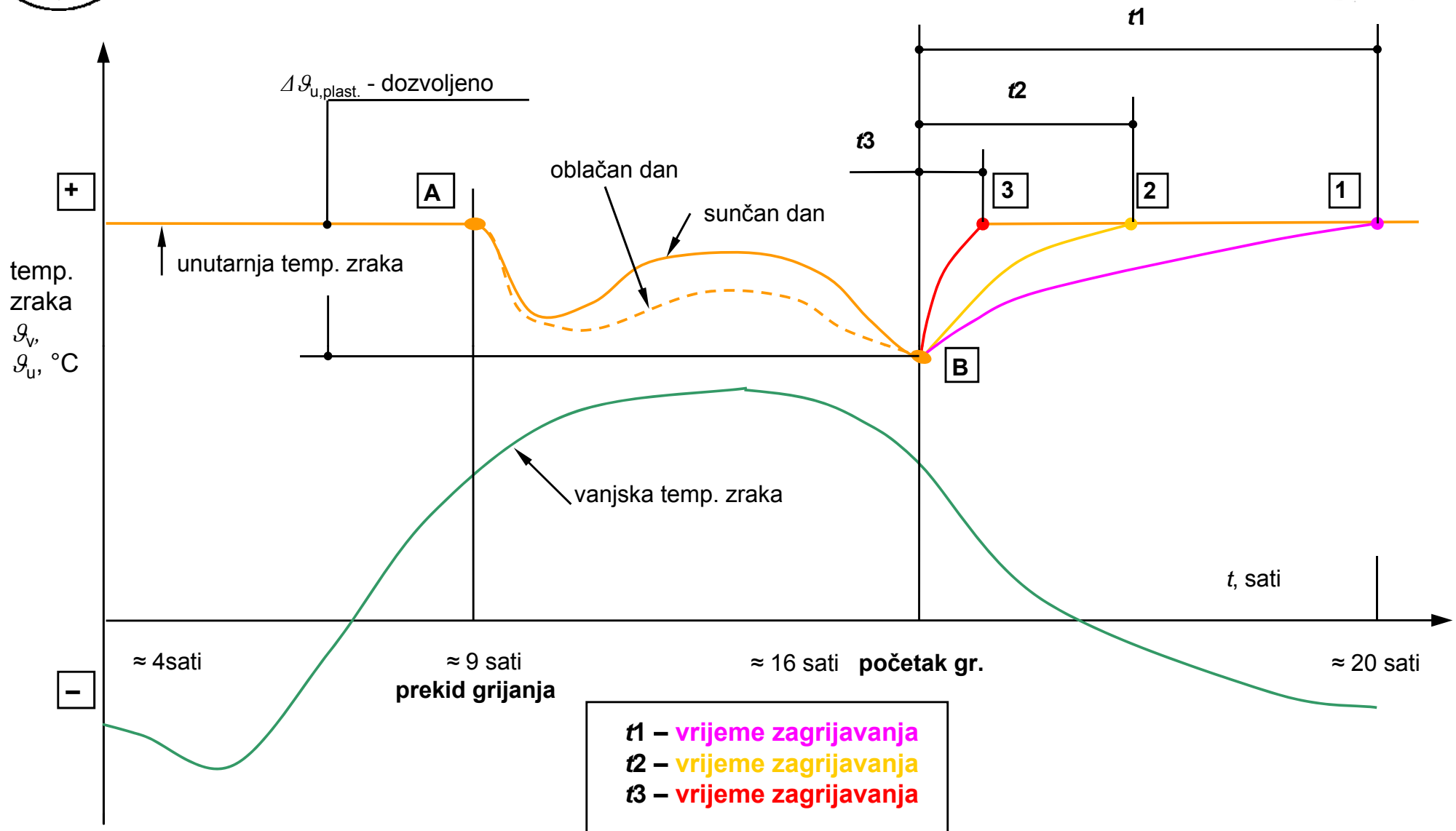
## Opće smjernice:

- nije moguće zagrijati zračni prostor plastenika; neekonomična proizvodnja,
- zonsko grijanje – moguća ekonomična cjelogodišnja proizvodnja.



## Akumulacija toplinske energije – razlozi i svrha

- Prekid rada – brzo hlađenje objekta,
- pokretanje postrojenja – sporo postizanje unutarnje temperature zraka zonskog grijanja (4 – 6 grijanih zona; zračenje + minimalna konvekcija),
- omjer mase ogrjevnog medija:  
primarni krug : sekundarni krug = 1 :  $\geq 15$   
(bez spremnika topline),
- inercija sustava:  
toplovodno postrojenje (posebno biomasa) – grijanje objekta,
- toplinska i hidraulička ravnoteža  
[izvor topline – sekundarni sustav (više zonsko grijanje)],.....



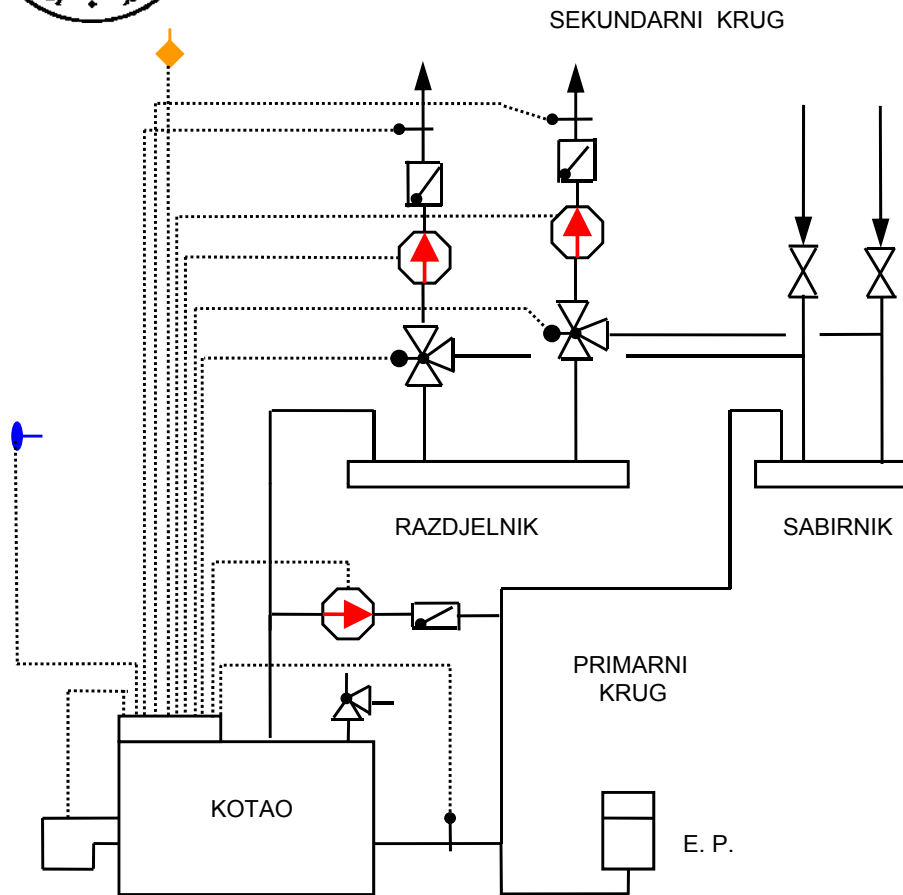
***Kvalitativni prikaz dnevne promjene temperature zraka kod toplovodnih sustava grijanja plastenika***

## Zonsko grijanje plastenika (regulacija grijanja, učinkovitost)

### Primjer 2.

Moduliranjem troputnog ventila u primarnom krugu i radom cirk.pumpe zaštite kotla održava se minimalno dozvoljeni protok i temperatura povratne vode.

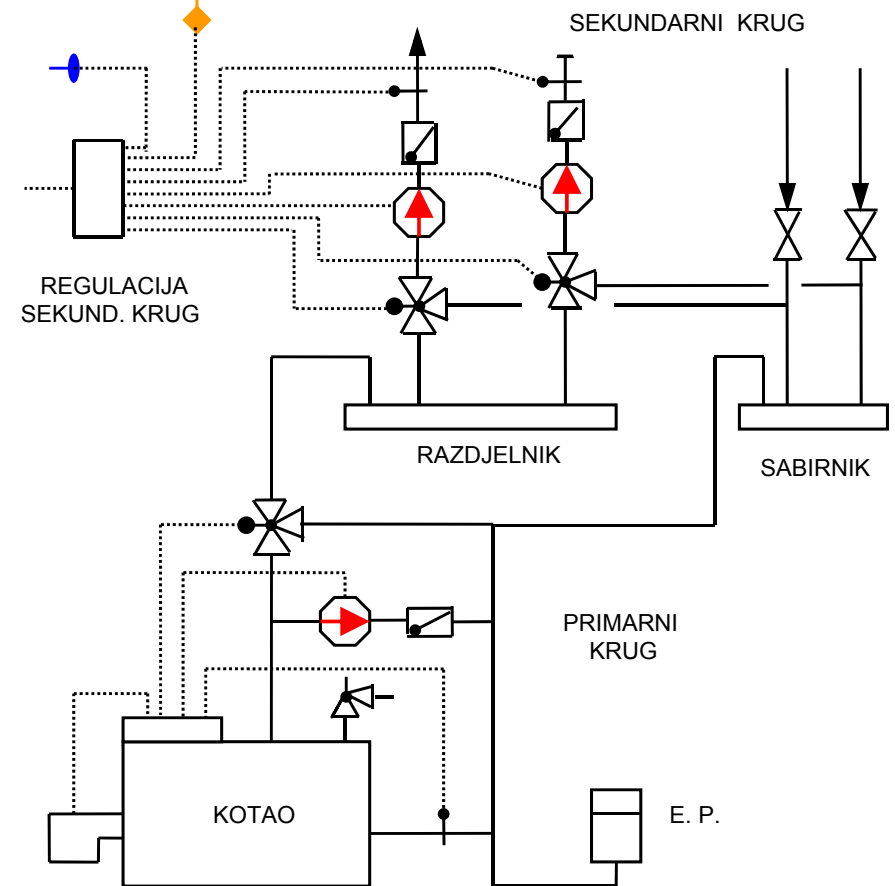
**Nešto je sporije zagrijavanje zona u plateniku, ali stabilnije radi regulacijski sustav u sekundarnom krugu (vrijeme zagrijavanja  $t_2$ ).**



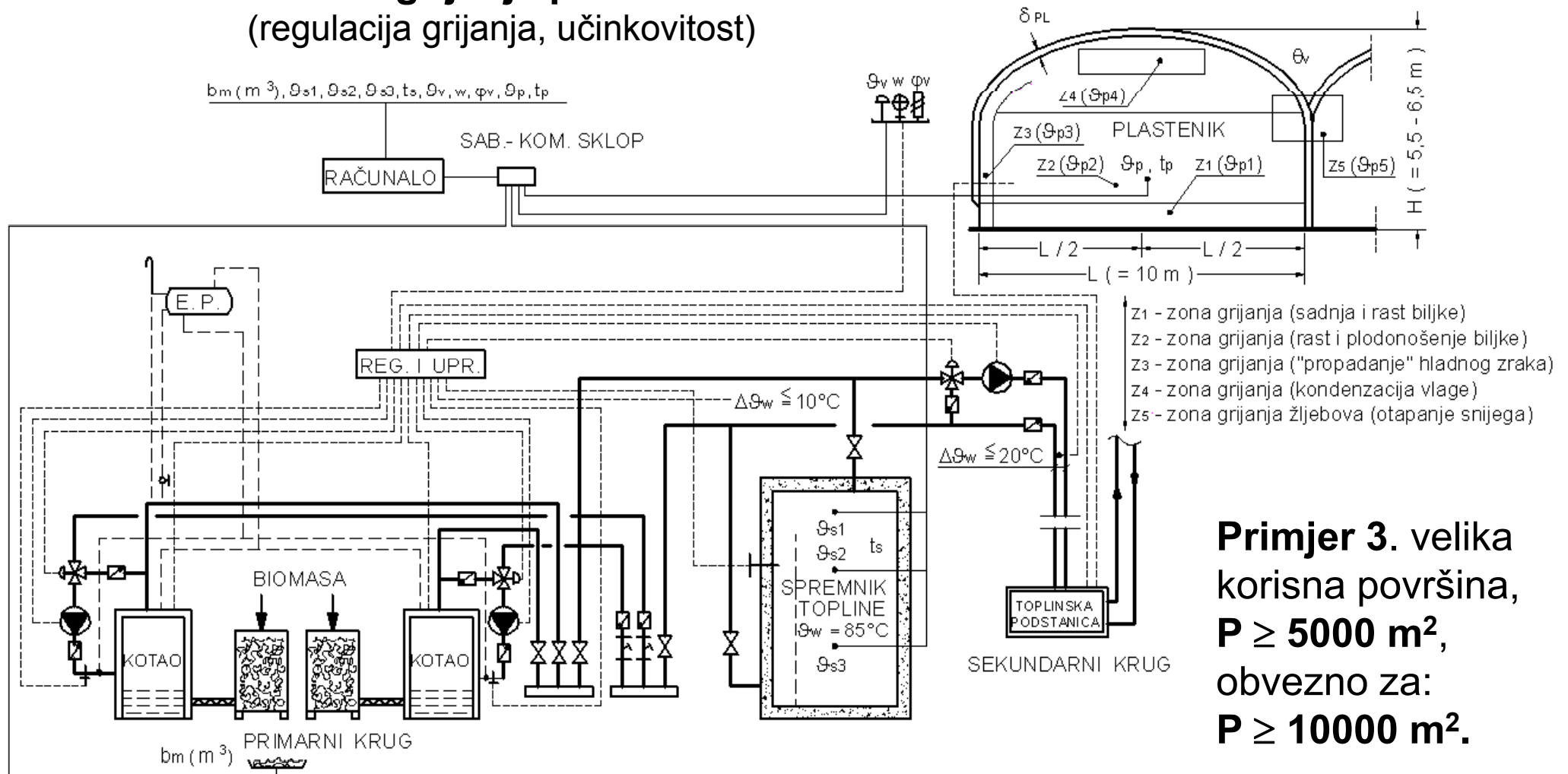
### Primjer 1.

- cirk.pumpa (sekundarni krug); savladavaju otpore primarnog i sekundarnog kruga,  $G_w = \text{konst.}$ ,  $\Delta\theta \leq 15^\circ\text{C}$ .
- cirk.pumpa (kotlovski krug); zaštita kotla, minimalni protok i minimalna dozvoljena temperatura povratne vode.

**Nestabilna regulacija, sporo postizanje i održavanje temperature zraka u zonama grijanja. Troši se više pog. goriva, smanjena učinkovitost (vrijeme zagrijavanja  $t_1$ ).**



## Zonsko grijanje plastenika (regulacija grijanja, učinkovitost)



- Akumulacijsko – kompenzacijski spremnik: održavanje termotehničke i hidrauličke ravnoteže.
- Neophodan kod velikih omjera količina vode u sekundarnom u odnosu na primarni krug.
- Brzo se postižu zadane temperature zraka u pojedinim zonama grijanja (**vrijeme zagrijavanja  $t_3$** ).
- Stabilna regulacija i zanemariva oscilacija unutarnje temperature zraka.
- Manja potrošnja goriva, stabilan rad termoenerg. postrojenja posebno s pogonima na biomasu.



# Utjecaj veličine i oblika spremnika topline: učinkovitost i ekonomičnost

## Pokusna mjerenja

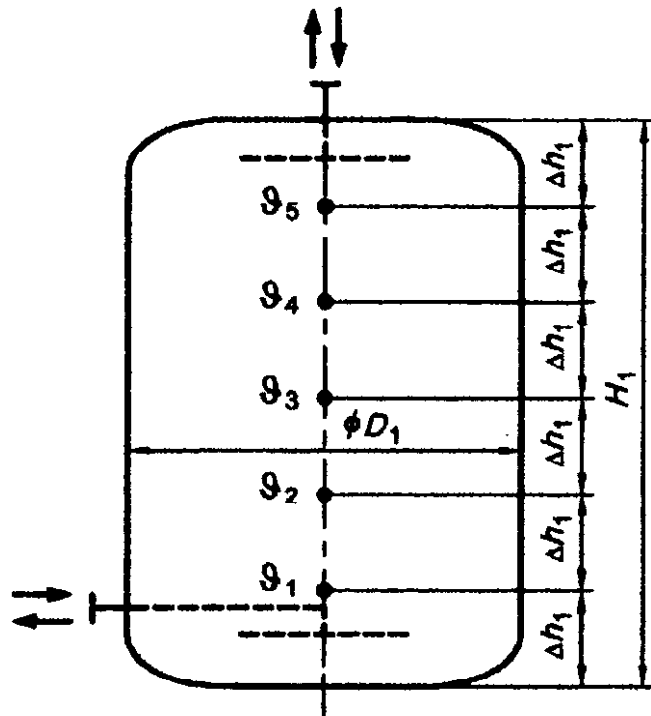
- Niskoakumulativni agro tehnološki objekti – 3 lokacije  
 $P_1 = P_2 = P_3 = 15000 \text{ m}^2$ ,     izvor topline  $Q = 2 \text{ MW}$ ,
- ST1 (P1), ST2 (P2), ST3 (P3) – pogon biomasa,
- spremnici topline:  $STV_1 = STV_2 = STV_3 = 52 \text{ m}^3$ ,
- oblik i dimenzije spremnika:  
 $\varnothing D_1 > \varnothing D_2 > \varnothing D_3$ ;      $H_1 < H_2 < H_3$ ,
- temperatura vode – spremnik topline (ST):  
 $\vartheta_{\max} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\vartheta_{\min} = 45 - 50 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\Delta\vartheta_{\text{korisno}} = 40 - 45 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
- mikroklimatski uvjeti (pokus):  
 $\vartheta_{\text{PL}} = 16 - 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\vartheta_{\text{V}} = 3 - 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w = 1,5 - 2 \text{ m/s}$ ,  $\varphi = 65 - 80 \text{ \%}$ .



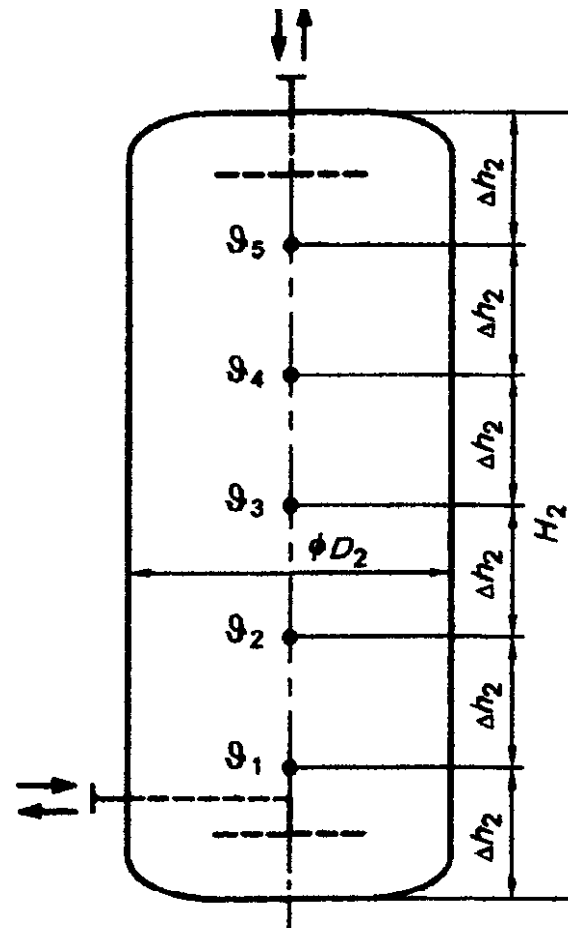
## Spremnici topline

$$Q = V_v \cdot \rho_v \cdot c_{pv} \cdot (\vartheta_{x,\max} - \vartheta_{x,\text{korisno}}) \quad \text{W}$$

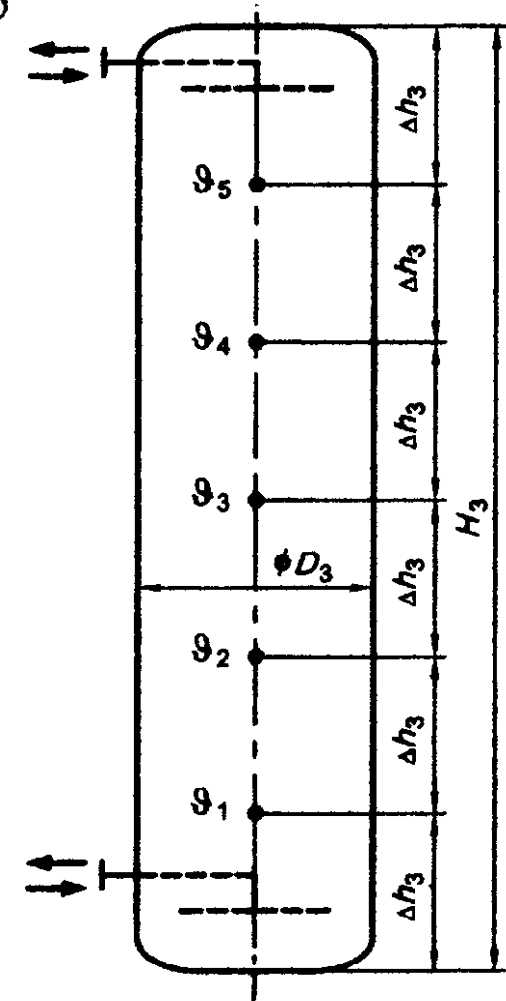
$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{D_{1,2,3}^2 \cdot \pi}{4} \cdot \Delta h_{1,2,3} \cdot \rho_{v,n} \cdot c_{pv,n} \cdot (\vartheta_{x+1} - \vartheta_x) \quad \text{W}, \quad n=1 \text{ do } 6, \quad x=1 \text{ do } 5$$



ST1,  $\Delta h_1 = 0,9 \text{ m}$



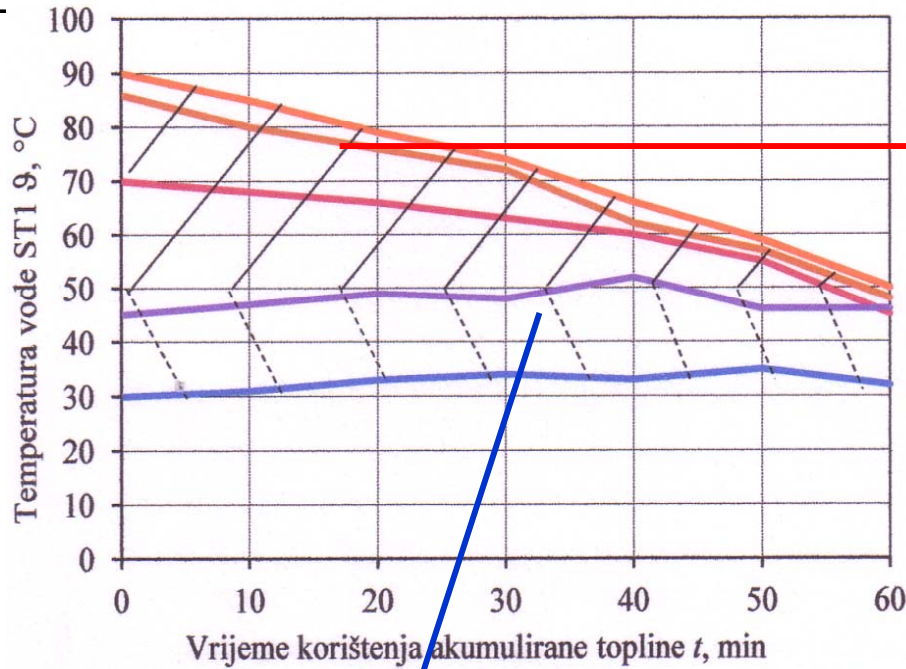
ST2,  $\Delta h_2 = 1,25 \text{ m}$



ST3,  $\Delta h_3 = 1,75 \text{ m}$

## Spremnici topline ST (1, 2, 3)

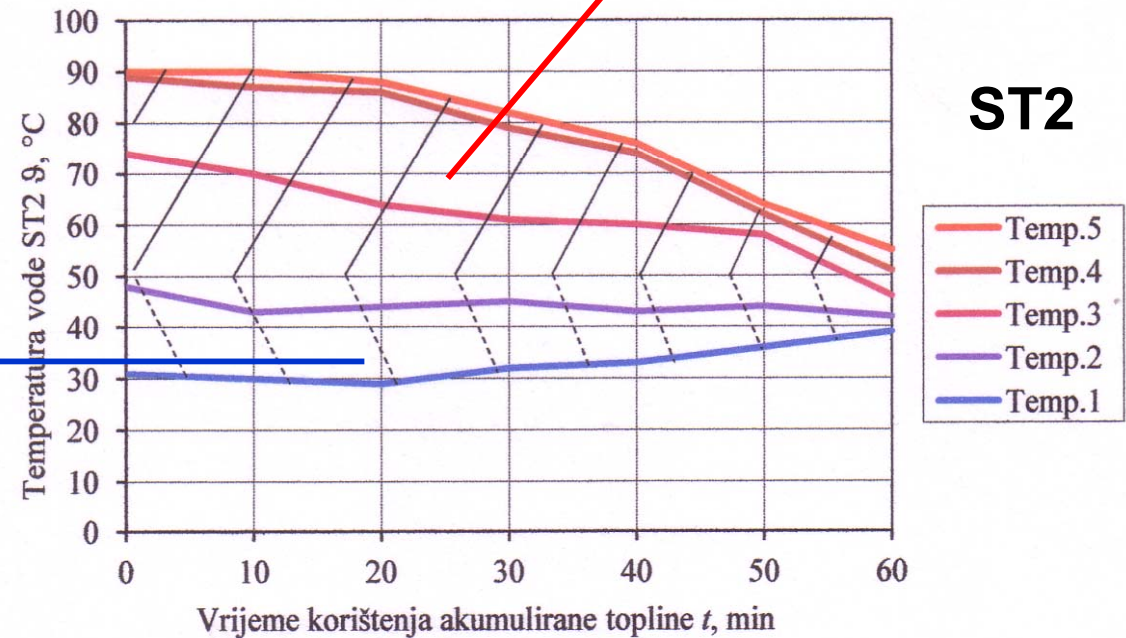




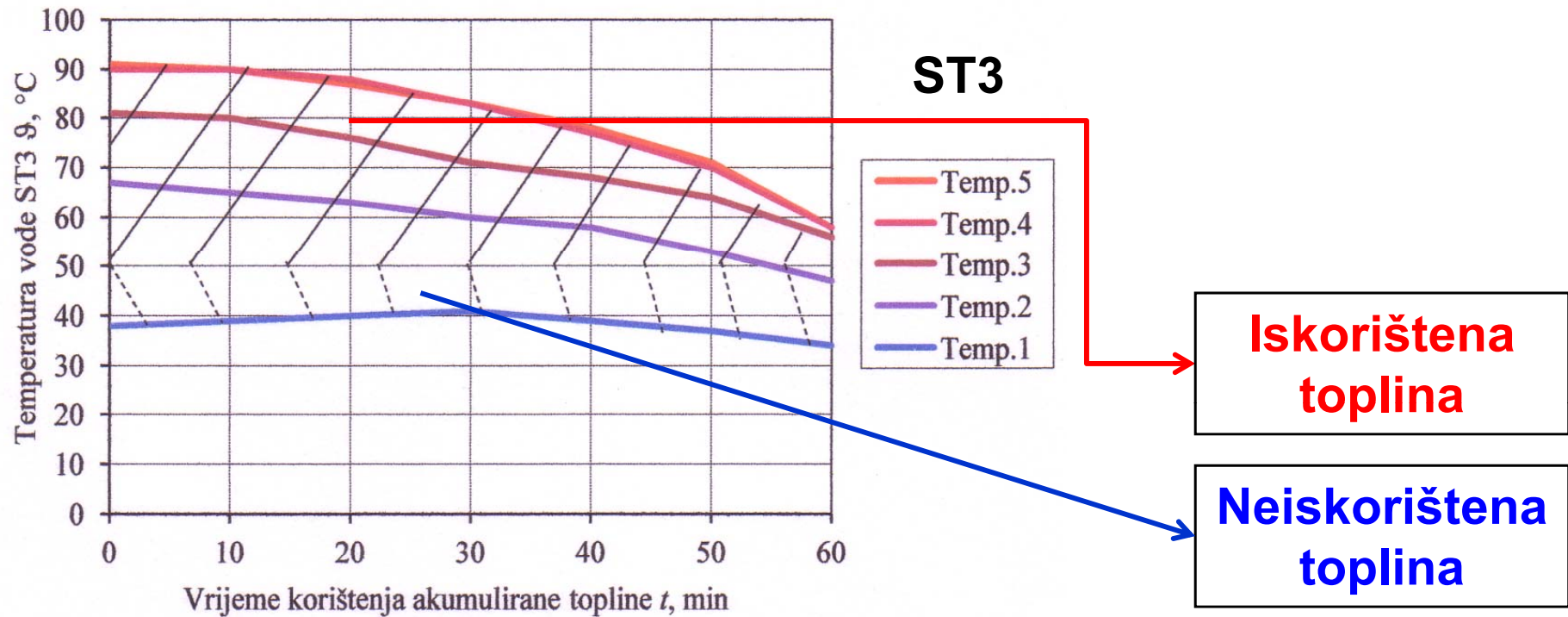
Rezultati pokusnih  
mjerjenja

**Iskorištena  
toplina**

**Neiskorištena  
toplina**







**Iskorištena toplina:**

$$Q_{IT} (ST3) > Q_{IT} (ST2) > Q_{IT} (ST1)$$

**Neiskorištena toplina:**

$$Q_{NT} (ST1) > Q_{NT} (ST2) > Q_{NT} (ST3)$$



## Zaključak:

- Spremnik topline značajno doprinosi stabilnosti, učinkovitosti i ekonomičnosti:
  - niskoakumulativnih objekata s diskontinuiranim toplinskim opterećenjem,
  - inercija sustava ; toplovodno postrojenje (posebno biomasa) – grijanje objekta,
  - toplinska i hidraulička ravnoteža,
  - manja potrošnja pogonskog goriva (10 % – 20 %).
- Omjer  $H / \varnothing D$  spremnika utječe na iskoristivost akumulirane toplinske energije.
- Praktična mjerenja:  
ST1 ( $H_1 / \varnothing D_1 = 1,54$ ) ; ST2 ( $H_2 / \varnothing D_2 = 2,5$ ) ; ST3 ( $H_3 / \varnothing D_3 = 4,2$ )  
 $(1,18 - 1,2) Q_{3(ST3)} > (1,10 - 1,12) Q_{2(ST2)} > Q_{1(ST1)}$

**HVALA!**