

Povećanje energetske efikasnosti sistema grejanja, sa aspekta smanjivanja energetskih gubitaka na distributivnoj, vrelovodno – toplovodnoj mreži

**Milovan Paunović dipl.maš.tehn.**

**Nenad Ocokoljić, dipl.inž.maš.**

**TERMO PLUS doo Beograd**

## Zakonski okvir, maksimalno dozvoljeni gubici na mreži, uredba Vlade, priprema novog Zakona o energetici

---

- Kod rekonstrukcije distributivnih sistema je obaveza izrade Elaborata o energetskej efikasnosti distributivnih sistema.
- Vrednosti stepena korisnosti, Uredba Vlade Republike Srbije, prema kapacitetu:
  - do do 20 MW,  $\eta = 0,92$ ,
  - od 21 do 80 MW,  $\eta = 0,90$ ,
  - od 81 do 250 MW,  $\eta = 0,88$  i
  - preko 250 MW,  $\eta = 0,85$ .
- To znači da će svi gubici na distributivnoj mreži, konkretnog kapaciteta, koji su veći od navedenih vrednosti biti na teretu Toplane i ti troškovi neće biti pokriveni cenom usluge grejanja.

# POSTOJEĆE STANJE-distributivni sistemi, sistema daljinskog grejanja grejanja u Srbiji

- Jedan od većih problema, koje imaju Javna Preduzeća za grejanje su gubici toplotne energije na distributivnim sistemima, vrelovodno – toplovodnim mrežama.
- Pored gubitaka u grejnom fluidu-”curenje” vode, veliki su gubici i zbog potpuno oštećene i dotrajale izolacije.
- Distributivne mreže, montirane u betonskim kanalima ili predizolovanim sistemima, su izvedene 80-tih i 90-tih godina prošlog veka, tadašnjim tehnologijama, što je sa današnjeg stanovišta zastarelo.
- Poslednjih nekoliko godina u pojedinim gradovima je izvršena rekonstrukcija distributivnih sistema, zbog velikih gubitaka, a delom i zbog poddimenzionisanosti mreža.
- Na takvim rekonstruisanim distributivnim sistemima je povećana energetska efikasnost, smanjenim energetske gubicima.

## Veliki gubici, skupa toplotna energija

---

- Retka su Javna Preduzeća za grejanje, koja imaju energetske gubitke na distributivnoj, vrelvodno toplovodnoj mreži niže od 20 %.
- Prema podacima Poslovnog Udruženja toplana Srbije prosečne vrednosti gubitaka su između 24 i 26 %.
- Pojedine Toplane imaju veoma veliko dopunjavanje sistema grejanja, u toku grejne sezone i do 50 puta, zbog velikih "curenja" na distributivnoj mreži.
- Veoma su veliki troškovi otklanjanja kvarova na distributivnim sistemima, pri čemu korisnici grejanja često ostaju bez usluge grejanja do otklanjanja kvarova.
- Tako veliki gubici su veliko opterećenje Javnih Preduzeća za grejanje i značajno povećavaju cenu predate toplotne energije

## Veliki gubici, skupa toplotna energija

- Ovakvi kvarovi su, na žalost svakodnevnica mnogih Javnih Preduzeća za grejanje.
- Tehnologija sa kojim su izvođeni radovi na ovakvim mreža je zastarela, vidljivo je korišćenje i lima, kao spojnice.



# Rekonstrukcija dotrajale distributivne vrelovodno – toplovodne mreže

- **Rekonstrukcija distributivne mreže**, sistema grejanja je **rešenje** koje smanjuje gubitke i povećava energetska efikasnost celog sistema grejanja.
- Sagledati dugoročne potrebe za toplotnom energijom, za postojeće i buduće korisnike,
- Izrada Planske i Projektne dokumentacije rekonstrukcije postojećih i izgradnje novih distributivnih sistema.



## Neophodni uslovi da bi Javna Preduzeća za grejanje bila konkurentne na tržištu u pogledu plasmana toplotne energije

---

- Javna Preduzeća za grejanje moraju znatno povećati energetska efikasnost, kako u proizvodnji i distribuciji, tako i u predaji toplotne energije u toplotnim podstanicama (TP).
- Gubitke na distributivnoj mreži svesti na 8-10 %.
- Uskladiti cenu energije, dobijenu na različite energente, na nivou Republike Srbije. Da se ne bi dešavalo da kupci toplotne energije otkazuju uslugu JP za grejanje i greju se na električnu energiju.
- JP za grejanje bi trebalo da imaju nižu cenu prirodnog gasa za 10-15 % u odnosu na cenu koju imaju korisnici sa malom potrošnjom. Tada bi JP za grejanje bila konkurentna u pružanju usluge.
- Regulacija i merenje predate energije u TP,
- Merenje predate energije za svakog kupca.

## Kad se isplati rekonstrukcija distributivne mreže?

- Kod planiranja rekonstrukcije distributivnog sistema, izvršiti detaljnu analizu i sačiniti Studija opravdanosti rekonstrukcije.
- Za distributivne mreže koje su **poddimenzinisane** (planirano povećanje konzuma) i na kojima **postoje kvarovi-''curenja''** grejnog fluida, prema iskustvima rekonstrukcija **se isplati** u vremenskom periodu 5-15 godina.
- Takvi distributivni sistemi se **moraju** rekonstruisati.
- Prema iskustvima razvijenih zemalja, ako distributivna mreža nije poddimenzinisana, nema kvarova-''curenja'' i nije oštećena izolacija, bez obzira na kvalitet izolacije, rekonstrukcija distributivne mreže nije isplatljiva.
- Takva investicija se veoma sporo i dugo otplaćuje. Prema iskustvima iz Danske i preko 25 godina.



## Tehno – ekonomska analiza rekonstrukcije distributivnog sistema na jednom primeru

	Sada	posle rekonstrukcije
Godišnje dopunjavanje distributivne mreže	39 puta	5 puta
Gubitak energije	22%	8%
Godišnji troškovi održavanja, saniranja kvarova	40,000 €	/
Smanjenje emisije SO <sub>2</sub> – investicija		12%
Ukupna ušteda goriva		4%
Ukupna ušteda troškova u radu		6%
Isplativost investicije	1,58 € za uloženi euro (€)	
Interna stopa rentabilnosti	15,27 %	

## Tehno – ekonomska analiza rekonstrukcije distributivnog sistema na jednom primeru

- Od trenutnog godišnjeg dopunjavanja sistema grejanja - 39 puta, posle rekonstrukcije bi se svelo na dopunjavanje od 5 puta
- Energetski gubici od 22 % ( izmereni ) na distributivnoj mreži se realno mogu svesti na 8%.
- Izuzetno su veliki troškovi kod intervencija i otklanjanja kvarova na takvoj, dotrajaloj mreži.
- Rekonstrukcijom distributivnog sistema za jednu grejnu sezonu se može uštedeti, oko 14 % toplotne energije, što prema pokazateljima jedne grejne sezone iznosi skoro 400.000 €/grejnoj sezoni.
- U analizi nisu obrađeni zastoji u isporuci toplotne enegije do otklanjanja kvarova na distributivnoj mreži

## Kvalitet predizolovanih cevi i drugog preizolovanog materijala, termička svojstva

- Dozvoljena vrednost koeficijenta provodljivosti, prema SRPS EN 253 je maksimalno  $\lambda_{\Sigma 50}=0,029$  W/mK
- Proizvođači predizolovanih sistema povećavaju kvalitet izolacionih svojstava poliuretanske mase, pa su pojedini proizvođači uspeali da koeficijent provodljivosti svedu na  $\lambda_{\Sigma 50}=0,025$  W/mK, pa čak i na  $\lambda_{\Sigma 50}=0,022$  W/mK.
- Veoma često se daje zahtev za povećanje debljine izolacije predizolovanih cevi, kao što je slučaj u pojedinim zemljama.
- To bi trebalo da bude praksa i kod nas, jer se time smanjuju gubici u distributivnim sistemima.

## Primer jedne realne distributivne mreže

analizirano je konzumno područje	3,500	kW
distributivna mreža je podzemna:		
ukupne dužine trase	1,100	met
čeličnim cevima u betonskom kanalu	55	%
predizolovanim cevima-beskanalno montirana	45	%
prosečan prečnik cevne mreže	ø78	mm
prosečna starost cevne mreže	21	godina
vreme rada postrojenja u grejnoj sezoni	2,900	časova
proizvedena toplotne energija grejne sezone	4,171,273	kWh
predata-izmerena, toplotna energija TP	3,506,407	kWh
gubitak toplotne energije na distrib. mreži	664,866	kWh
	15.94%	
cena toplotne enegije	6.2	RSD/kWh
gubitak toplotne energije na distrib. mreži	4,122,169	RSD

## Primer jedne realne distributivne mreže

**REKONSTRUKCIJA** podrazumeva kompletnu zamenu cevne mreže, ukidanje komora i montažu predizolovane armature-**POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI**

ukupan gubitak na distributivnoj mreži od <u>8%</u> , posle kompletne rekonstrukcije	280,513	kWh
predata-izmerena toplotna energija korisnicima TP	3,506,407	kWh
proizvedena toplotna energija sa smanjenim gubicima na distributivnoj mreži od 8%	3,786,919	kWh
Energetska ušteda, koja bi se ostvarila po rekonstrukciji celokupne mreže-po grejnoj sezoni	384,353	kWh
	2,382,991	RSD
manja potrošnja prirodnog gasa posle rekonstrukcije celokupne mreže	42,279	Sm <sup>3</sup>

## Primer jedne realne distributivne mreže

investiciona vrednost radova

procenjena investiciona vrednost kompletne  
rekonstrukcije mreže sa STANDARDNOM  
izolacijom

16,200,000

RSD

procenjena investiciona vrednost kompletne  
rekonstrukcije mreže sa POVEĆANOM  
izolacijom

18,200,000

RSD

proračunski parametri grejnog fluida

temperaturni režim za proračun 100/60 °C

## Analiza isplativosti kod rekonstrukcije celokupne distributivne mreže

<b><u>Rekonstrukcija celokupne distributivne mreže predizolovanim materijalom sa <math>\lambda=0.022</math> W/mK standardna i povećana izolacija</u></b>		
teorijski gubitak na cevnoj mreži, <b>STANDARDNE</b> izolacije $\lambda=0.022$ W/mK	116,739	kWh
	723,783	RSD
proizvedena TE, posle rekonstrukcije <b>STANDARDNE</b>	3,623,146	kWh
ušteda, koja bi se ostvaila po rekonstrukciji celokupne mreže-po grejnoj sezoni	3,398,386	RSD
<b>teorijska isplativost investicije</b>	<b><u>4.77</u></b>	godina
teorijski gubitak na cevnoj mreži, <b>POVEĆANE</b> izolacije $\lambda=0.022$ W/mK	94,806	kWh
	587,795	RSD
proizvedena TE, posle rekonstrukcije <b>POVEĆANE</b>	3,601,212	kWh
ušteda, koja bi se ostvarila po rekonstrukciji celokupne mreže-po grejnoj sezoni	3,534,374	RSD
<b>teorijska isplativost investicije</b>	<b><u>5.15</u></b>	godina

## Analiza isplativosti kod rekonstrukcije celokupne distributivne mreže

<u>Rekonstrukcija celokupne distributivne mreže predizolovanim materijalom sa <math>\lambda=0.029</math> W/mK standardna i povećana izolacija</u>		
teorijski gubitak na cevnoj mreži, <b>STANDARDNE</b> izolacije $\lambda=0.029$ W/mK	153,776	kWh
	953,411	RSD
proizvedena TE, posle rekonstrukcije <b>STANDARDNE</b>	3,660,183	kWh
ušteda, koja bi se ostvaila po rekonstrukciji celokupne mreže-po grejnoj sezoni	3,168,758	RSD
<b>teorijska isplativost investicije</b>	<b><u>5.11</u></b>	godina
teorijski gubitak na cevnoj mreži, <b>POVEĆANE</b> izolacije $\lambda=0.029$ W/mK	124,907	kWh
	774,423	RSD
proizvedena TE, posle rekonstrukcije <b>POVEĆANE</b>	3,631,314	kWh
ušteda, koja bi se ostvarila po rekonstrukciji celokupne mreže-po grejnoj sezoni	3,347,745	RSD
<b>teorijska isplativost investicije</b>	<b><u>5.44</u></b>	godina



## Primer jedne realne distributivne mreže

- Na distributivnoj mreži postoji povećan gubitak toplotne energije.
- Podaci o proizvodnji i predaji toplotne energije su egzaktni, izmereni u toku jedne grejne sezone.
- Postoje kritične deonice sa povećanim gubicima, ali su veliki gubici i u komorama i šahtama, u kojima je izolacija oštećena ili je uopšte nema. "Curenja" su bila mala.
- Investicija bi se isplatila za period od nepunih 5 godina, pa do 5 i po godina,
- Iz prikaza se vidi da se brže isplaćuje investicija rekonstrukcije distributivnog sistema, predizolovanim sistemima sa standardnom izolacijom, ali se veća ušteda ostvariye na pojačanoj izolaciji predizolovanih sistema.

## Kvalitet montaže distributivne mreže

- Veliku pažnju je potrebno posvetiti Projektu distributivne mreže, projektovati najoptimalnije rešenje.
- Posebno je važna montaža predizolovane distributivne mreže.
- Veoma je važna uloga nadzora nad izvođenjem radova.
- Zavarivanje predizolovanih sistema i njihovo ispitivanje su veoma važni za kvalitetnu montažu distributivnih sistema.
- Mesta spajanja su najkritičnija mesta, jer uglavnom svi kvarovi, kao i prodor spoljne vode se javljaju na tim mestima.
- Montaža termoskupljajućih spojnica zahteva posebnu obučenost radnika na montaži, uz potpuno poštovanje uputstva za montažu.
- Pored kvalitetne montaže termoskupljajućih spojnica veoma je važan kvalitet poliuretanske pene kao termičke izolacije.

## Kvalitet poliuretanske pene na mestima spajanja predizlovanih sistema

- Sa stanovišta termičkih svojstava i eksploacionog veka celokupne distribucivne mreže izuzetno je važan kvalitet i način montaže poliuretanske pene.
- Ekspandirana poliuretanska pena dobija se mešanjem dve komponente: poliola (komponente A – svetla ) i izocijanata (komponenta B – tamna).
- Kod pogrešnog odnosa komponentni, poliuretanske pena slabo ekspandira, ili su ćelije krupne što direktno utiče na smanjena termička svojstva i znatno kraćeg eksploacionog veka takvih spojeva.
- Radi sagledavanja kako razni odnosi komponente A i B utiču na kvalitet poliuretanske pene, prezentiran je veći broj uzoraka.

## Uzorak 1

Kad su vlažne površine čelika ili plastike ( spojnice) pri usipanju poliuretanske mase dolazi do reakcije izocijanata sa vodom i stvara se urea (koja je čvrsta), pa se automatski menja odnos komponenata i dobija poliuretanska pena kao kad je poliol u višku. Znatno se smanjuju termička svojstva takvog spoja ( uzorak 1 i 5 ). Koeficijent provodljivosti je viši i od 0,070 W/mK.



## Uzorak 2

Ukoliko je polioliol u višku dobija se veoma mekana pena, koja se teško stabilizuje i tokom vremena se skuplja. Ne lepi se na spojnicu. Termička svojstva su snižena za preko 50 % ( uzorak 2 ). Koeficijent provodljivosti je oko 0,050 W/mK. Postojaniji je od uzoraka 1 i 5, ali je znatno manje postojanosti od kvalitetno sačinjene poliuretanske mase.



## Uzorak 3

Ukoliko je izocijanat u višku dobija se krupno zrnasta struktura ćelija; poliuretanska pena je ne elastična, krta je i lako lomljiva, sa snižavanjem termičkih svojstava za preko 50%. Ne lepi se na čeličnu osnovnu cev i spojnicu. Radni, eksploatacioni period je znatno kraći (uzorak 3 i 4). Koeficijent provodljivosti je viši od 0,050 W/mK. Sa vremenom se termička svojstva značajno smanjuju, jer takva poliuretanska masa nije postojana.



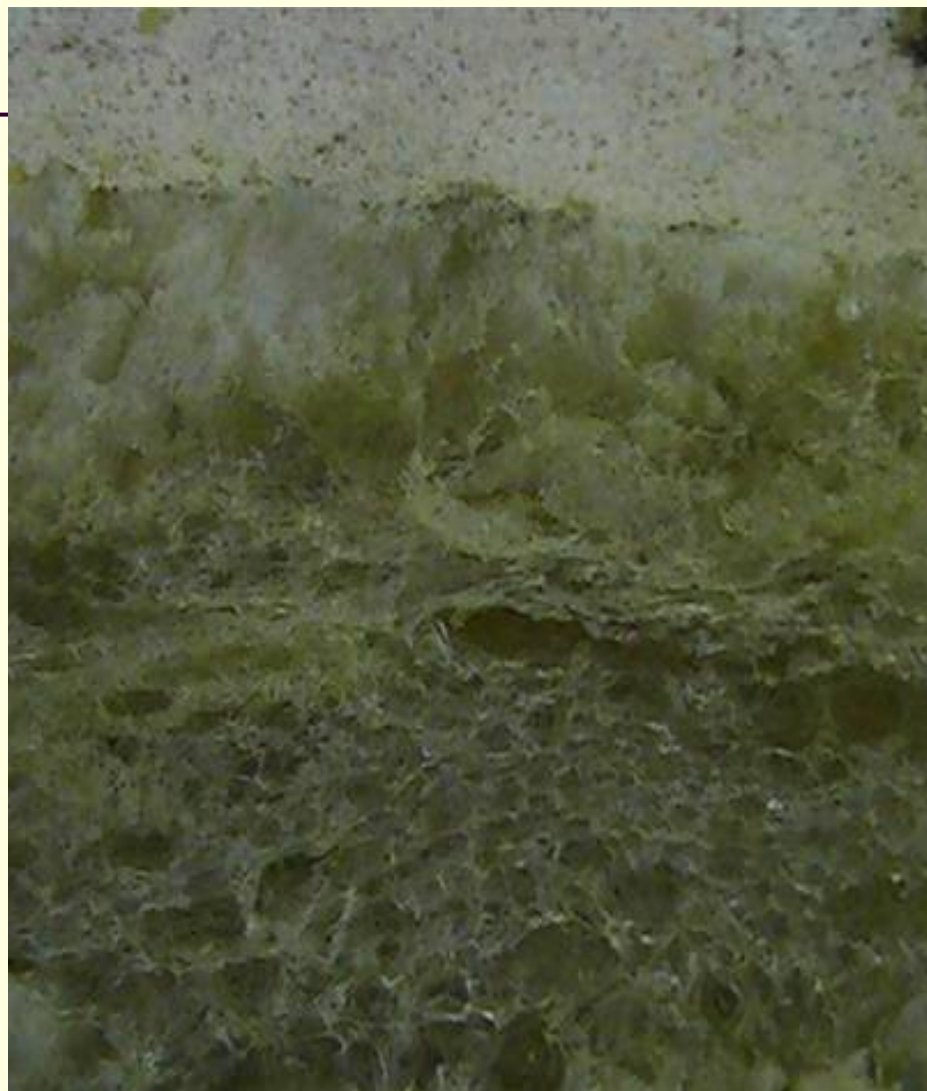
## Uzorak 4

Ukoliko je izocijanat u višku dobija se krupno zrnasta struktura ćelija; poliuretanska pena je ne elastična, krta je i lako lomljiva, sa snižavanjem termičkih svojstava za preko 50%. Ne lepi se na čeličnu osnovnu cev i spojnicu. Radni, eksploatacioni period je znatno kraći (uzorak 3 i 4). Koeficijent provodljivosti je viši od 0,050 W/mK. Sa vremenom se termička svojstva značajno smanjuju, jer takva poliuretanska masa nije postojana.



## Uzorak 5

Kad su vlažne površine čelika ili plastike ( spojnice) pri usipanju poliuretanske mase dolazi do reakcije izocijanata sa vodom i stvara se urea (koja je čvrsta), pa se automatski menja odnos komponenata i dobija poliuretanska pena kao kad je poliol u višku. Znatno se smanjuju termička svojstva takvog spoja ( uzorak 1 i 5 ). Koeficijent provodljivosti je viši i od 0,070 W/mK.





## Uzorak 6

Znači pravi odnos polilola (svetla komponenta - A) i isocijanata (tamna komponenta - B), kao i uslovi pod kojim se vrši upenjavanje je izuzetno bitan za kvalitetnu izolaciju (uzorak 6). Posebno je važno da spoljna temperatura bude u granicama od 15 do 25 °C, a površine čiste i dobro pripremljene za usipanje poliuretanske mase.



## Kvalitet poliuretanske pene na mestima spajanja predizolovanih sistema

- Ulivanje hladnih komponenti na hladne površine čelika i spojnice, stvara dodatne probleme. Tada se gubi reakciona toplota što stvara nepravilnu strukturu poliuretana. To zahteva veću količinu komponenti za stvaranje mase. Termička svojstva su viša nego kod dobre poliuretanske mase i kreću se oko 0,03-0,035 W/mK. Poliuretanska masa se odmah odvaja od površine poliuretanske zaštitne cevi, što dodatno slabi spoj predizolovanih cevi.
- Vreme eksploatacije predizolovanih sistema se znatno produžava, kod kvalitetno izvedene instalacije. Izvođači radova, u slučaju da su ispunjavani svi uslovi koje zahteva proizvođač predizolovanih sistema, mogu dati garancije na rad distributivne mreže i na 30 godina.

# ZAKLJUČAK

- Sa stanovišta povećanja energetske efikasnosti sistema grejanja, gubici energije distributivne mreže se moraju smanjivati
- Svaki povećan gubitak se mora rekonstrukcijom mreže što više smanjiti, kako zbog curenja grejnog fluida, tako i zbog gubitka energije usled loše i dotrajale izolacije, naročito u komorama i šahtama
- Kod rekonstrukcije posebnu pažnju posvetiti kvalitetu ugrađenih predizolovanih sistema, naročito vrednostima koeficijena provođenja toplote. Čine se naponi da se maksimalne vrednosti, prema SRPS EN 253 od  $\lambda_{\Sigma 50}=0,029$  W/mK, značajno smanje. Postoje proizvođači predizolovanih sistema, koji imaju koeficijent provođenja svojih predizolovanih cevi i  $\lambda_{\Sigma 50}=0,025$  W/mK, pa čak i  $\lambda_{\Sigma 50}=0,022$  W/mK.

# ZAKLJUČAK

- Povećana izolacija se obezbeđuje korišćenjem većeg prečnika omotača od polietilena, pa je debljina izolacije od poliuretanske mase veća, od standardne.
- Veoma je važno da predizolovan sistem bude kvalitetno montiran, primenjujući sva pravila proizvođača za ovu vrstu instalacija.
- Po završetku radova na zavarivanju, neophodnom snimanju zavarenih spojeva i ispitivanjima, izvršiti proveru i montažu uređaja za detekciju curenja i kvalitetnu montažu termoskupljajućih spojnica sa upenjavanjem poliuretanske mase.
- Treba težiti da upenjavanje poliuretanske mase izvodi specijalizovana, posebno obučena firma i da za svoje radove daje garanciju.

# HVALA NA PAŽNJI

**Nenad Ocokoljić, "TERMO PLUS" d.o.o. Beograd**  
**[nenad.s.ocokoljic@gmail.com](mailto:nenad.s.ocokoljic@gmail.com)**