



# Mikrorajono šilumos tiekimo tinklo optimizavimas

Autoriai: Algirdas Kuprys, Ramūnas Gatautis



## Pranešimo struktūra

- Įvadas
- Optimalaus vamzdžio diametro parinkimas
- Tinko optimizavimas
- Ekonominis CŠT rekonstrukcijos vertinimas
- Išvados



## Įvadas

- Vamzdynai dažniausiai projektuojami skysčiam transportuoti užtikrinant reikiamą kiekį ir slėgį ekonomiškai efektyviausiu būdu.
- Per dideli vamzdžių diametrai:
  1. didina kapitalo sąnaudas,
  2. didina nuostolius tinkluose;
  3. mažina eksploatacines sąnaudas.
- Per maži vamzdžių diametrai- priešingai ....



## Įvadas

- Bendru atveju tinklo optimizavimas yra sudėtingas kombinatorikos uždavinys, dėl kelių priežasčių:
  1. dėl galimų įvairių vamzdžių dydžių ir jų išsidėstymo derinių, kurių skaičius yra labai didelis;
  2. yra pakankamai daug būdų sujungti tinklus;
  3. vamzdžių skersmuo nėra tolygiai kintamas dydis o yra diametrų seka.

## Įvadas

- Sprendžiant vandens tekėjimo tinkle uždavinius optimalūs vamzdžio diametrai buvo vertinami eilėje darbų. Visuose šiuose darbuose optimalus vamzdžio diametras yra suma trijų dydžių:
  1. hidraulinio pasipriešinimo;
  2. kapitalinių išlaidų;
  3. šilumos nuostolių kurie yra įvertinti per visą projekto periodą.

## Įvadas

- Sprendžiant optimizavimo uždavinius vandens paskirstymo tinkluose pagrinde naudojama optimizavimo technika:
  1. netiesinė (šilumos tinklai) ;
  2. stochastinė (vandens tiekimo tinklai).
- Šiame darbe nagrinėjamas CŠT, kurio forma yra apsprendžiama suminiu išlaidų minimizavimu atsirandančius per visą tinklo eksploatacijos periodą.

## Optimalaus vamzdžio diametro parinkimas

- Vamzdynų diametrų dydžių optimizavimas įvertinamas vamzdžių diametrų parinkimu, vertinant:
  1. energijos sąnaudas reikalingas nugalėti hidrauliniam pasipriešinimui;
  2. šilumos tinklo montavimo išlaidas;
  3. šilumos nuostolius tinko eksploatacijos metu.
- Šis optimalus vamzdžio diametras gali būti nustatomas įvertinant tekėjimo dinamiką apjungiant su išlaidų analize.

## Optimalaus vamzdžio diametro parinkimas

- Termofikacinio tinklo išlaidos per visą projekto periodą pagrinde susideda iš trijų kintamųjų:

$$C = F(C_s + C_c + C_n) = \min$$

- $C_s$  – išlaidos hidrauliniam pasipriešinimui nugalėti, Lt,
- $C_c$  – tinklo paklojimo išlaidos, Lt,
- $C_n$  – šilumos nuostoliai tinkle, Lt.



## Optimalaus vamzdžio diametro parinkimas

- Hidrauliniam pasipriešinimui nugalėti metinės išlaidos įvertintos sekančia lygtimi:

$$C_s = (\Delta p c_e Q \tau \rho) / (\eta \eta_B)$$

$c_e$  – elektros energijos kaina, Lt/Wh

$Q$  – šilumnešio debitas, kg/s,

$\tau$  - siurblio darbo laikas per metus, h,

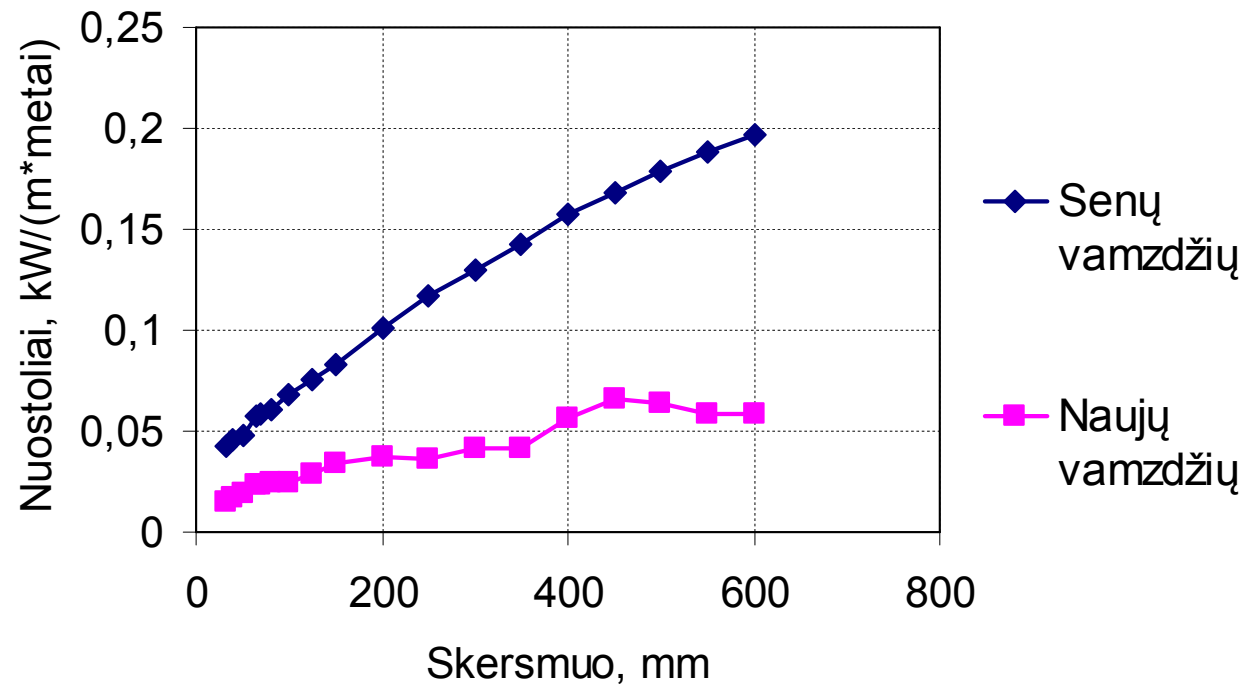
$\rho$  - šilumnešio tankis, kg/m<sup>3</sup>,

$\eta$  - siurblio ir variklio naudingo veiksmo koeficientas, %,

$\eta_B$  - siurblio išlaidų dalis tenkanti elektros energijai bei siurblio kapitalinėms išlaidoms nuo visų išlaidų, %.

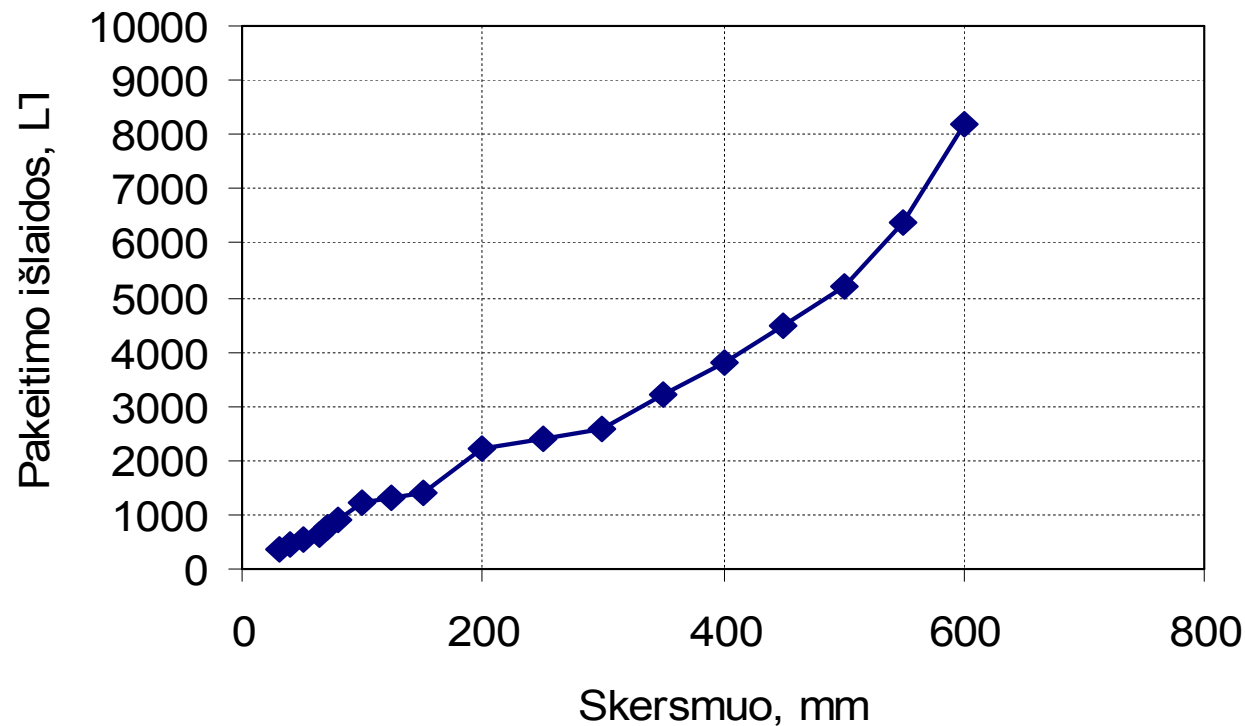
## Optimalaus vamzdžio diametro parinkimas

- Šilumos nuostoliai tinkle (2006 m. Kauno CŠT duomenys)



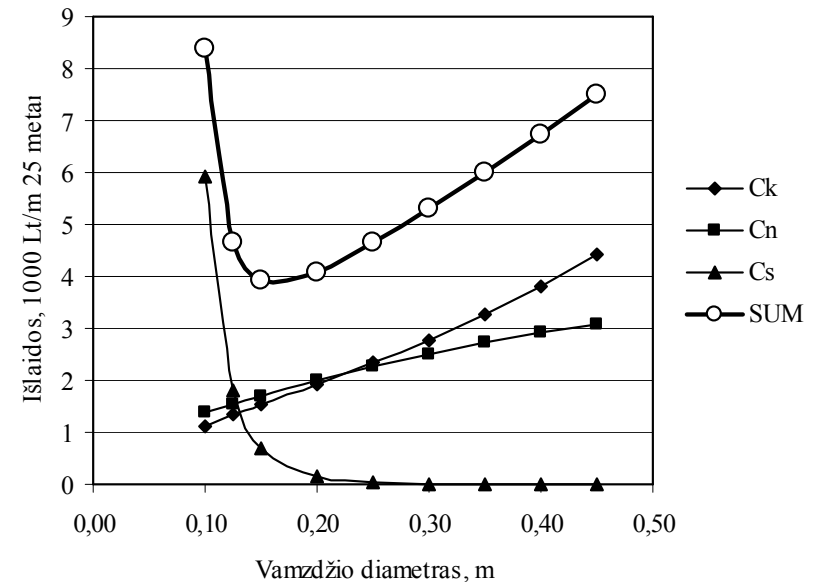
## Optimalaus vamzdžio diametro parinkimas

- Šilumos tinklo paklojimo (pakeitimo) išlaidos (2006 m. Kauno CŠT duomenys)



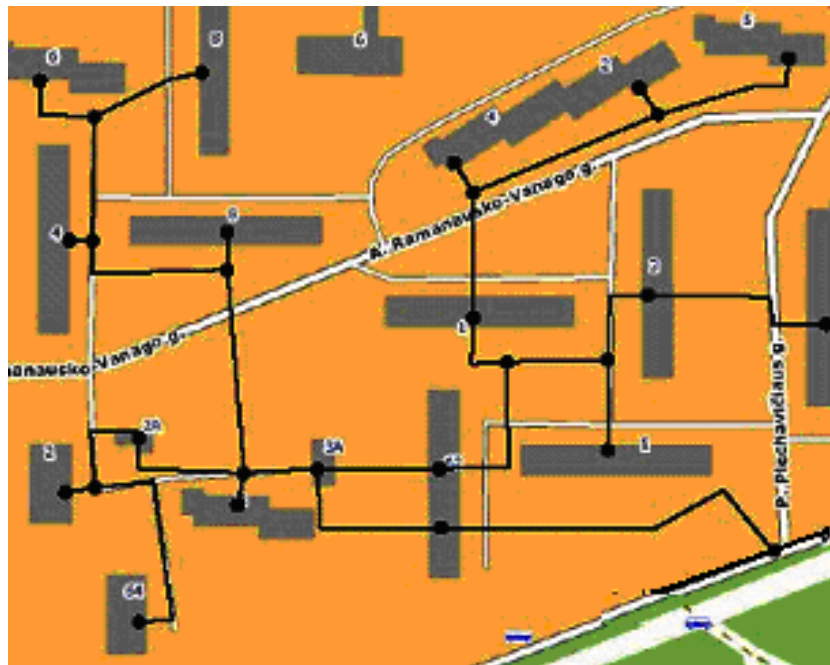
## Optimalaus vamzdžio diametro parinkimas

- Sumines išlaidos 25 metų laikotarpyje kai:
  1. vamzdžio ilgis  $L=1\text{ m}$ ,
  2. vandens debitas  $Q - 0,025\text{ m}^3/\text{s}$ ,
  3. tarifas šilumai -  $0,25\text{ ct/kW}$ ,
  4. tarifas elektrai –  $30\text{ ct/kW}$ ,
  5. bendras siurblio ir variklio naudingo veiksmo koeficientas –  $70\%$ ,
  6. siurblio išlaidų dalis tenkanti elektros energijai nuo visų išlaidų, -  $85\%$ ,
  7. vandens temperatūra –  $70\text{ }^\circ\text{C}$ .

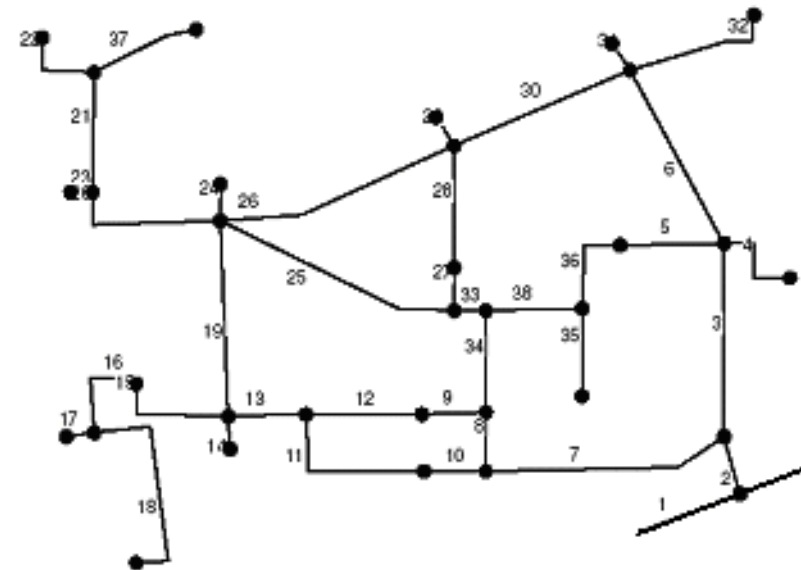


# Tinko optimizavimas

- Esamas CŠT tinklas



- Optimizuojamas tinklas



## Tinko optimizavimas

- Šilumos paskirstymo tinklo optimizavimas įvertinamas atskirų tinklo atkarpų optimalių diametrų atranka pasinaudojant netiesiniu tinklo optimizavimo algoritmu: 
$$\sum_{i=1}^n C_i L_i Q_i = \min$$
  1. įvertinant debito nepertraukiamumo sąlygą
  2. prie sekančių ribinių sąlygų:  $0 \leq Q_i < Q_{\max}$  ,  
 $d_{\min} \leq d_i \leq d_{\max}$  ,

## Tinko optimizavimas

- Tinklo optimizavimas atliekamas sekančiai:
  1. pasinaudojant lygtimi ir įvertinant debito nepertraukiamumo sąlygą surandamos tinklo trasos;
  2. jeigu analizuojamam tinkle yra žiedinių trasų, pasinaudojus Hardy Cross metodu žiedinio tinklo sujungimo taškuose perskaičiuojant debitus vamzdžiuose suvienodinam slėgius;
  3. suradus naujus debitus perskaičiuojami optimalius vamzdžių diametrai.

## Ekonominis CŠT rekonstrukcijos vertinimas

- Vienas iš rodiklių įvertinantis projekto naudą investuotojui yra dabartinė projekto vertė. Sprendžiama sekančio pavidalo lygtis

$$NPW = -P + \sum_{t=1}^k \frac{(I_t - C_t)}{(1+i)^t}$$

čia:  $P$  – investicijos,  $I$  – pajamos,  $i$  - vidinė gražos norma 10%,  $k=25$  metai,  $I_t - C_t$  - pajamos gautos sumažėjus šilumos nuostoliam tinkluose keičiant senus vamzdžius naujais.



## Ekonominis CŠT rekonstrukcijos vertinimas

- Projektų palyginimas

Proj. Nr.	Investicijos, tūkst. Lt	Metinės išlaidos, tūkst. Lt	Sprendinys	Neatitikimas optimaliam sprendiniui	Vidinė gražos norma, %	Atsipirkimo laikas, metai	Dabartinė vertė, tūkst. Lt
0	0	219					
1	1425	87	847272	80,2%	7,8	10,8	-229,9
2	1450	86	470106	0,0%	7,8	10,8	-236,7
3	1272	82	482207	2,5%	9,8	9,2	-22,8

### 0. Esam padėtis

- Keičiami seni vamzdžiai naujais tose pačiose trasose, optimizuojami vamzdžių diametrai
- Optimizuojamas tinklas ir vamzdžių diametrai
- Optimizuojamas tinklas ir vamzdžių diametrai dabartinės vertės atžvilgiu

## Išvados

1. Suformuotas tinklo optimizavimo modelis.
2. Modelio tinkamumui įvertinti atlikti apskaičiavimai parodė, kad nežiūrint ekonominių pokyčių suprojektuoti mikrorajono šilumos tinklai adekvatūs modelyje priimtomis techninėms ekonominėms sąlygoms.
3. Priklausomai nuo tikslo funkcijos tinklas gali kisti.
4. Didelių sistemų optimizacija gali būti ribojama tikrai techninėmis skaičiavimo technikos galimybėmis.