

# CŠT sistemų šiluminis-hidraulinis modeliavimas – pagrindas ilgalaikiam planavimui ir optimizavimui

Dr. Mindaugas Valinčius

Branduolinių įrenginių saugos laboratorija

[Mindaugas.Valincius@lei.lt](mailto:Mindaugas.Valincius@lei.lt)



# Šiluminės-hidraulinės analizės metodai

- **Statinis** – parametų reikšmės nepriklauso nuo laiko.
  - Šis metodas tinka analizuoti darbo režimams, įvairioms tinklo jungimo schemoms ir pan.
- **Kvazi-statinis** – parametų reikšmės priklauso nuo laiko, tačiau sistemos inercija nevertinama.
  - Šis metodas tinka lėtai besikeičiantiems procesams tirti, pvz., paros pikų analizė, šaltinių „nusikrovimas“ ir pan.
- **Dinaminis** – parametų reikšmės priklauso nuo laiko, vertinama sistemos inercija.
  - Šis metodas tinka analizuoti greitus pereinamuosius procesus – vožtuvo atsidarymas/užsidarymas, siurblių sustojimas, staigus trūkis ir pan.

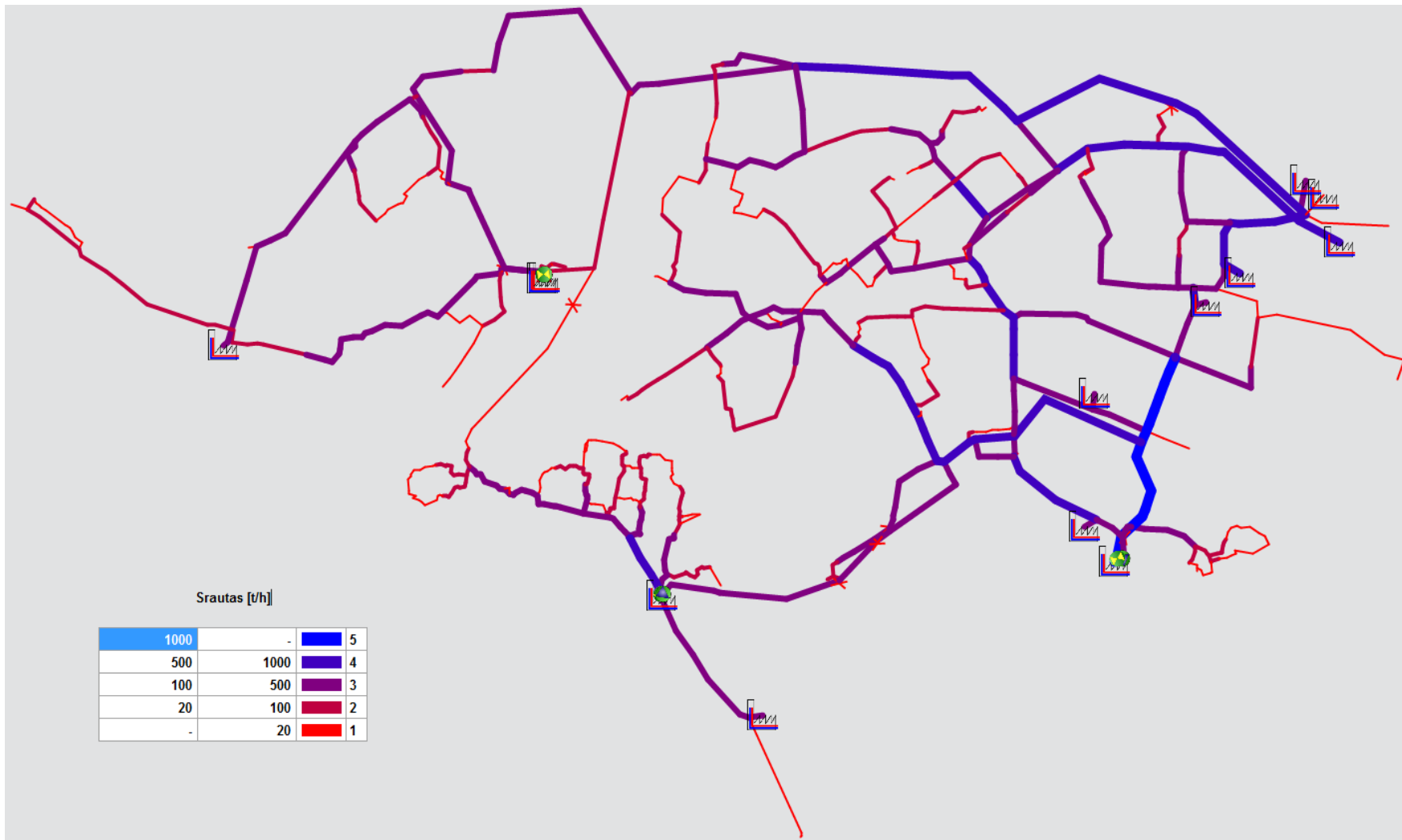


# Svarbiausi šiluminės-hidraulinės analizės rezultatai

- Teorinės visų technologinių parametru reikšmės, bet kurioje tinklo vietoje;
- Šilumos nuostolių įvertinimas;
- Tinklo darbo režimų ir veikimo schemų įvertinimas bei optimizavimas, avarijų pasekmių analizė priverstinai uždarius vamzdyno atkarpą;
- Tinklo vamzdynų modifikacijų analizė, vartotojų bei šaltinių prijungimas/atjungimas;
- Teorinių skaičiavimų lyginimas su matavimų duomenimis siekiant nustatyti tinklo sutrikimus ir jų vietą (vamzdyno trūkis, termofikacinio vandens nutekėjimas, netinkamai veikiantis vožtuvas ir pan.).



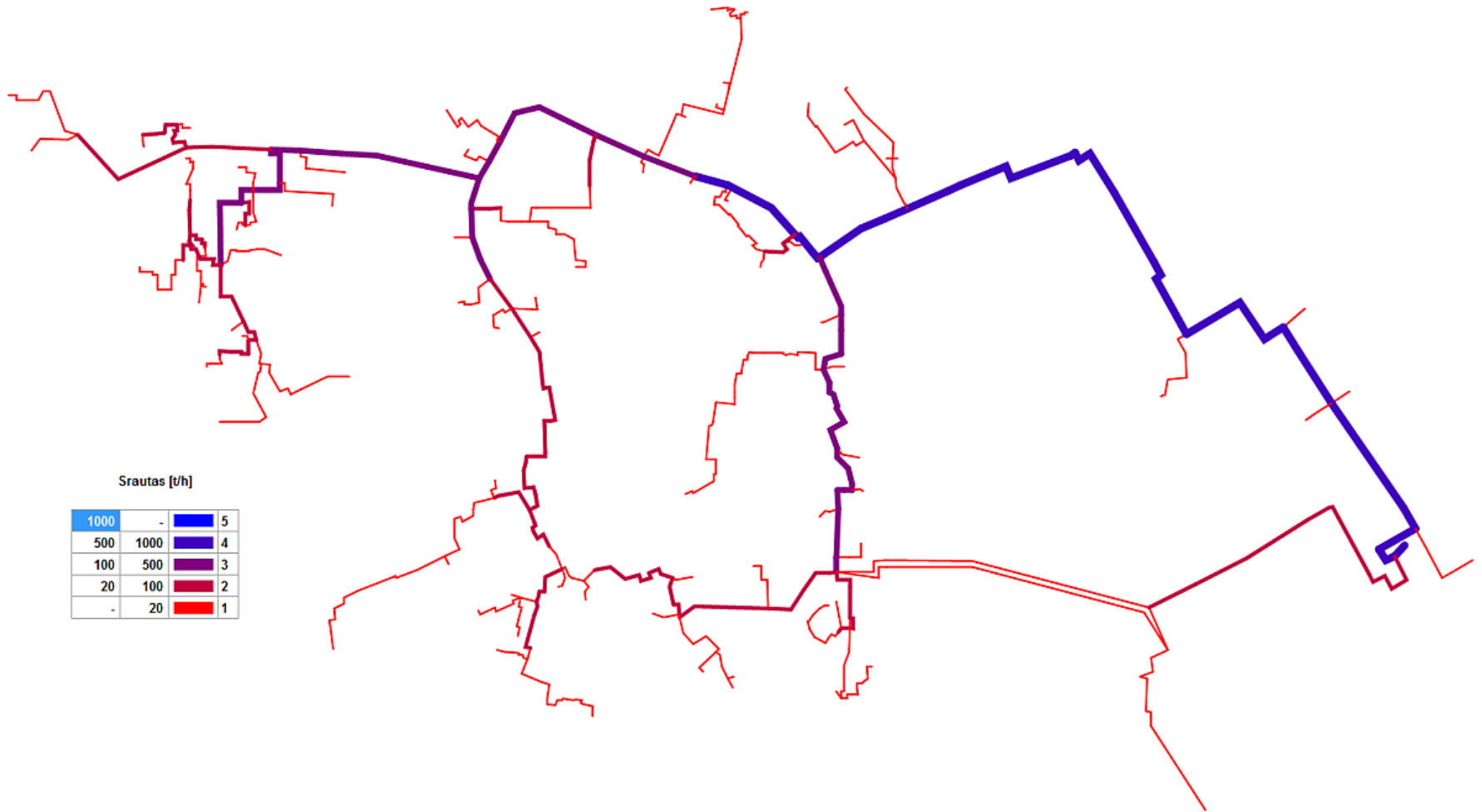
# Termofikacinio vandens debitai Kauno miesto integruotame CŠT tinkle (tiekimo linijoje)



(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)



# Termofikacinio vandens debitai Utenos miesto integruotame CŠT tinkle (tiekimo linijoje)



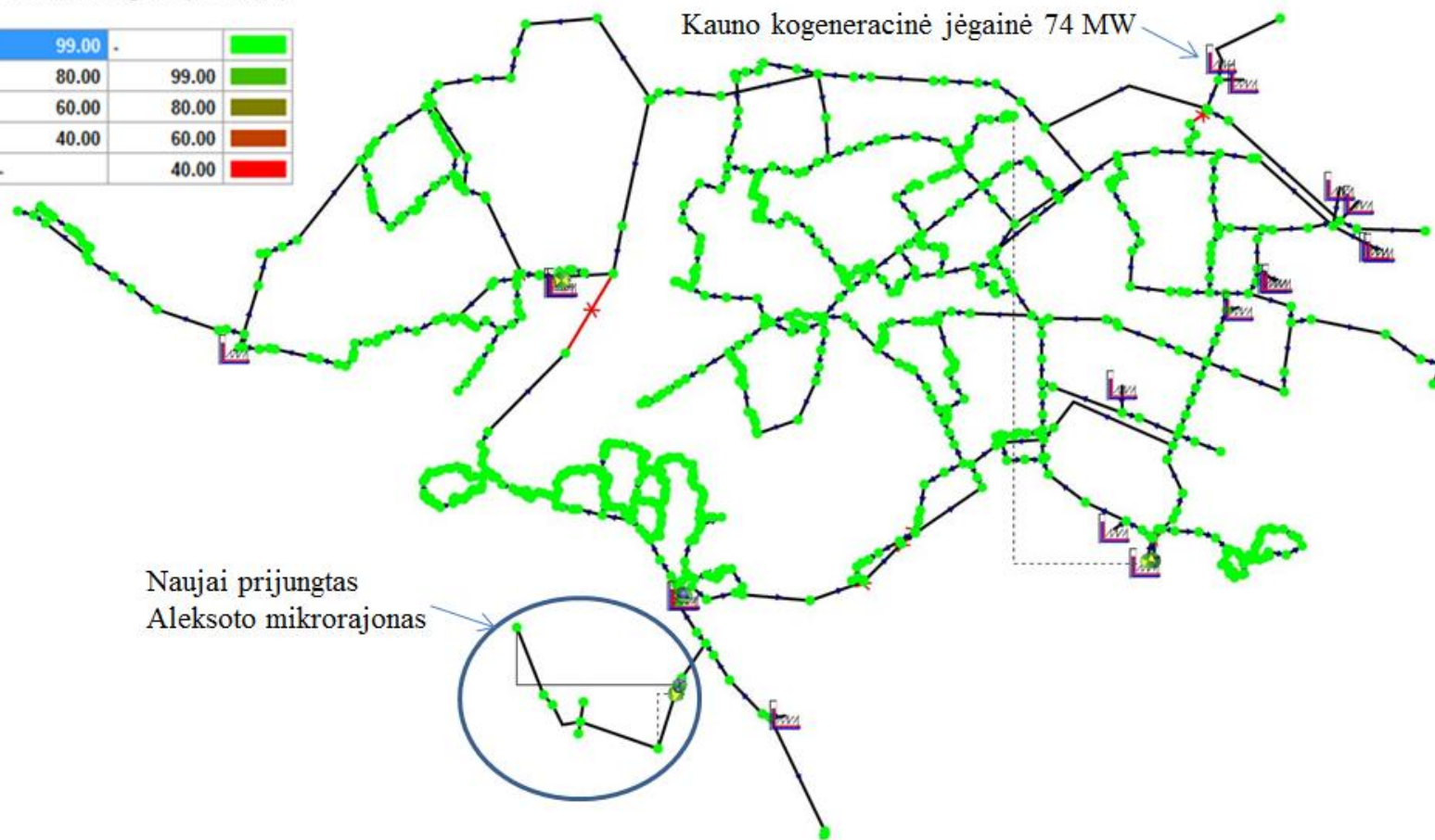
(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)



# Aleksoto mikrorajono bei papildomų šaltinių prijungimas prie Kauno miesto integruoto CŠT tinklo

Patenkinamas galios poreikis (%)

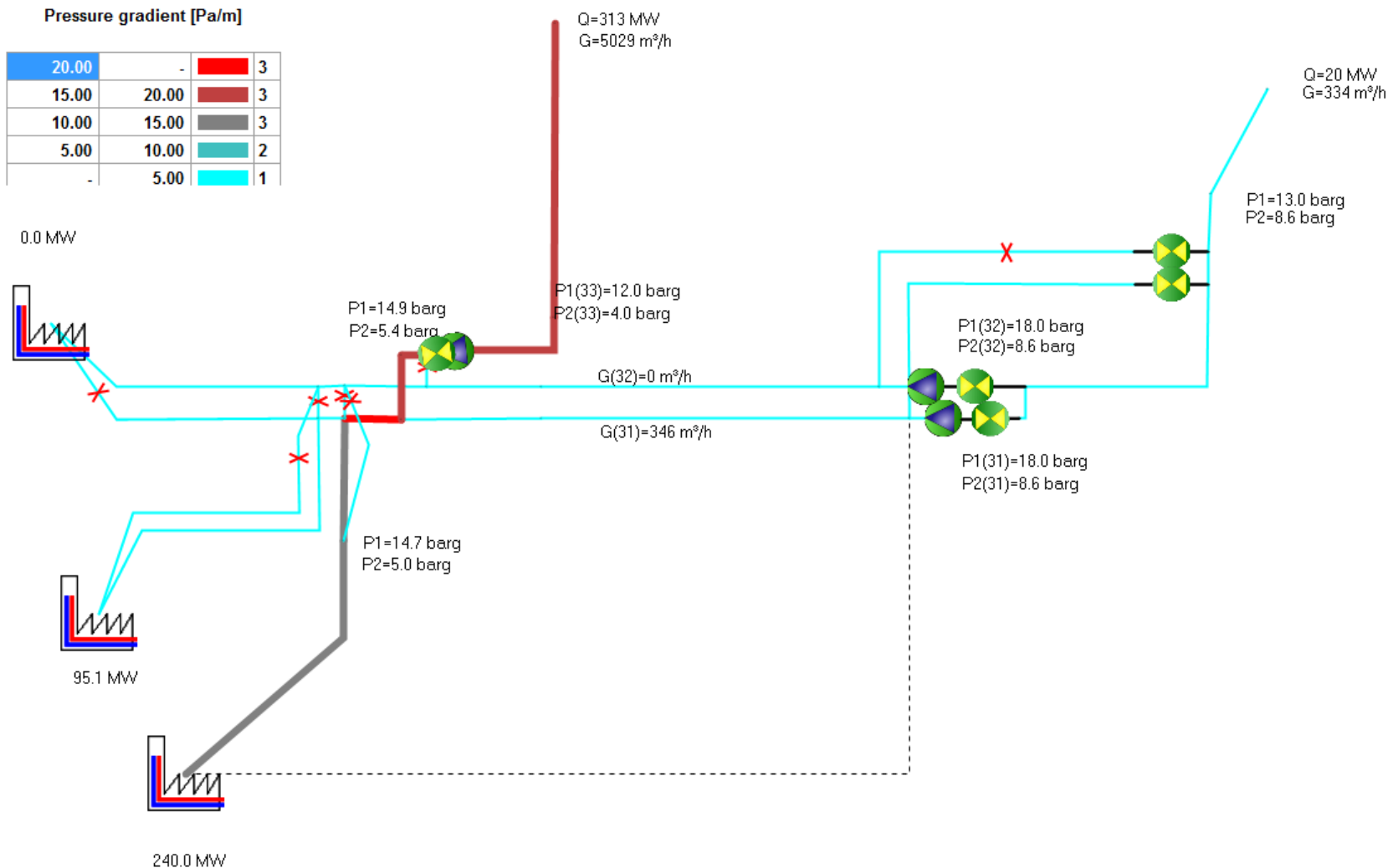
99.00	-	
80.00	99.00	
60.00	80.00	
40.00	60.00	
-	40.00	



(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)



# Vilniaus kogeneracinės jėgainės prijungimas prie Vilniaus miesto integruoto CŠT tinklo

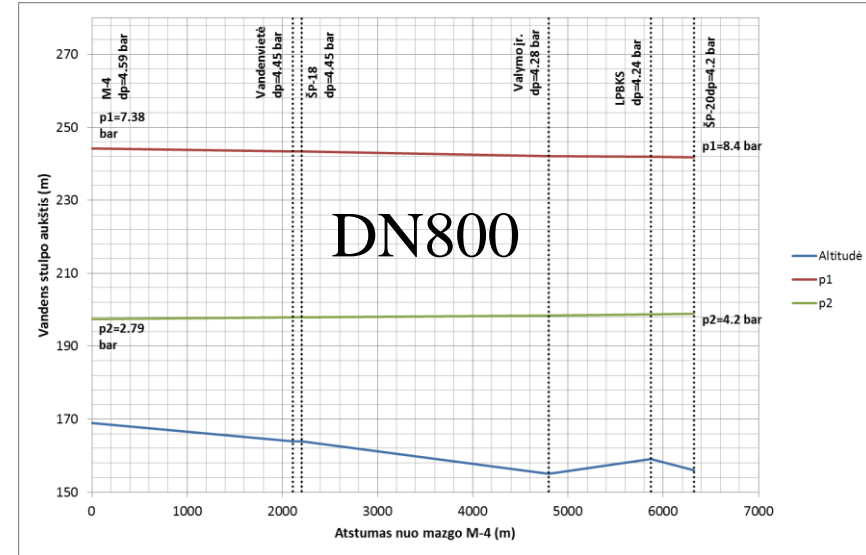
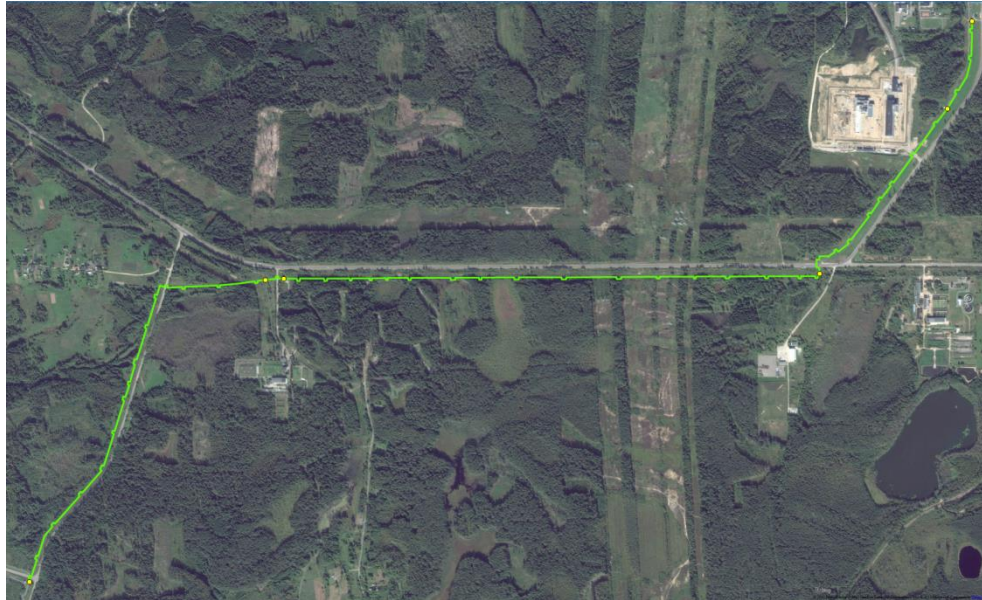


(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)

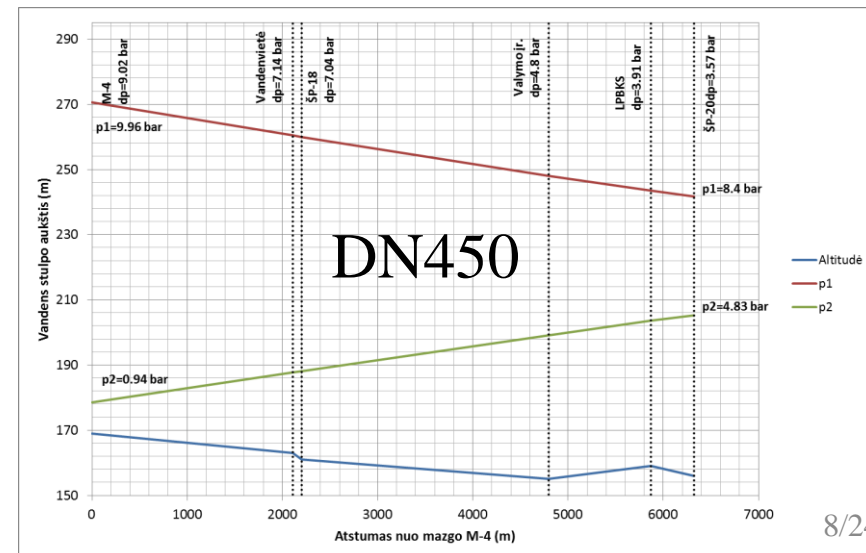
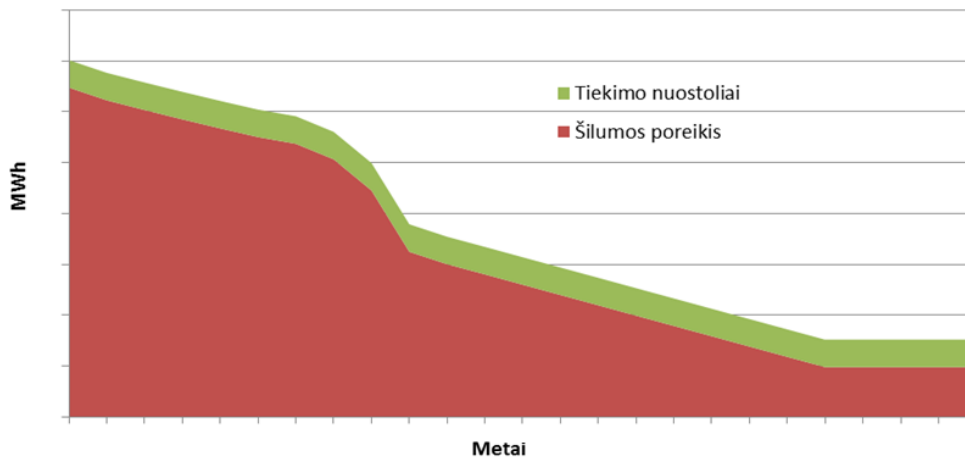




# CŠT atšakos iki Ignalinos atominės elektrinės optimizavimo analizė



Pronuojami šilumos poreikiai ir tiekimo nuostoliai



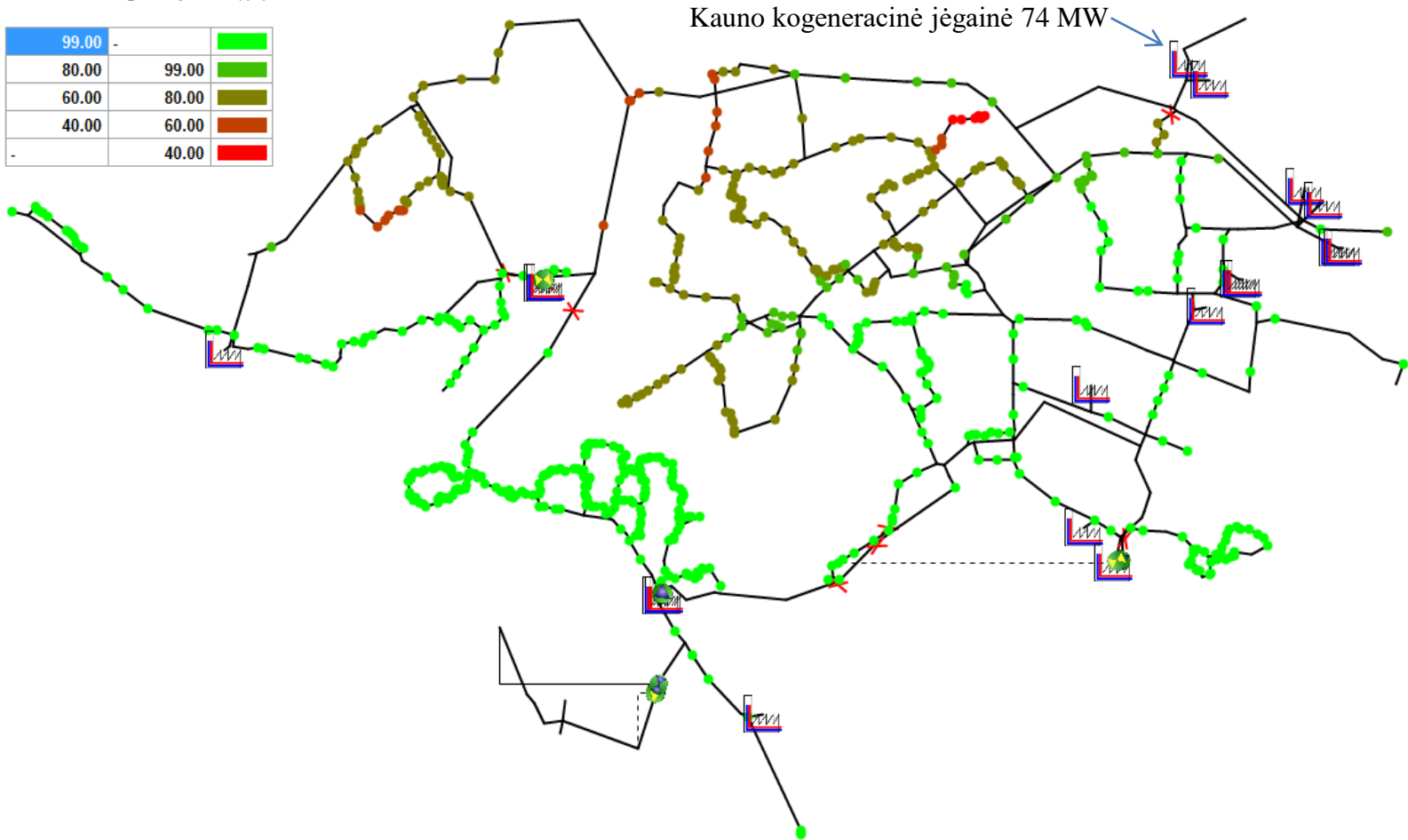




# Tinklo veikimas KKJ (74 MW) atsijungimo atveju, kai bendra apkrova 500 MW

Patenkinamas galios poreikis (%)

99.00	-	
80.00	99.00	
60.00	80.00	
40.00	60.00	
-	40.00	



(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)

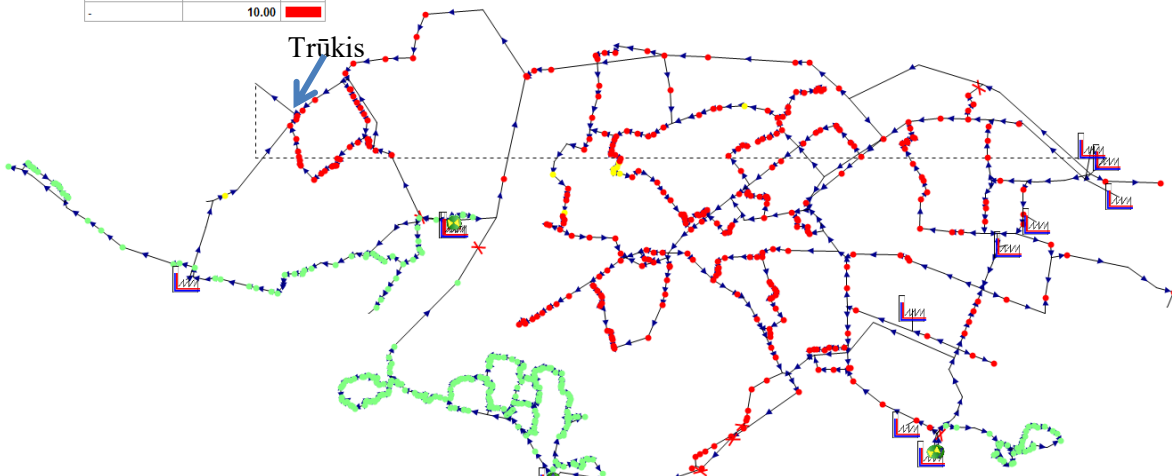


# Tinklo veikimas 500 m<sup>3</sup>/h trūkio atveju, kai bendra apkrova 500 MW

Patenkinamas galios poreikis (%)

90.00	-	90.00
10.00	-	10.00
-	-	10.00

Trūkis

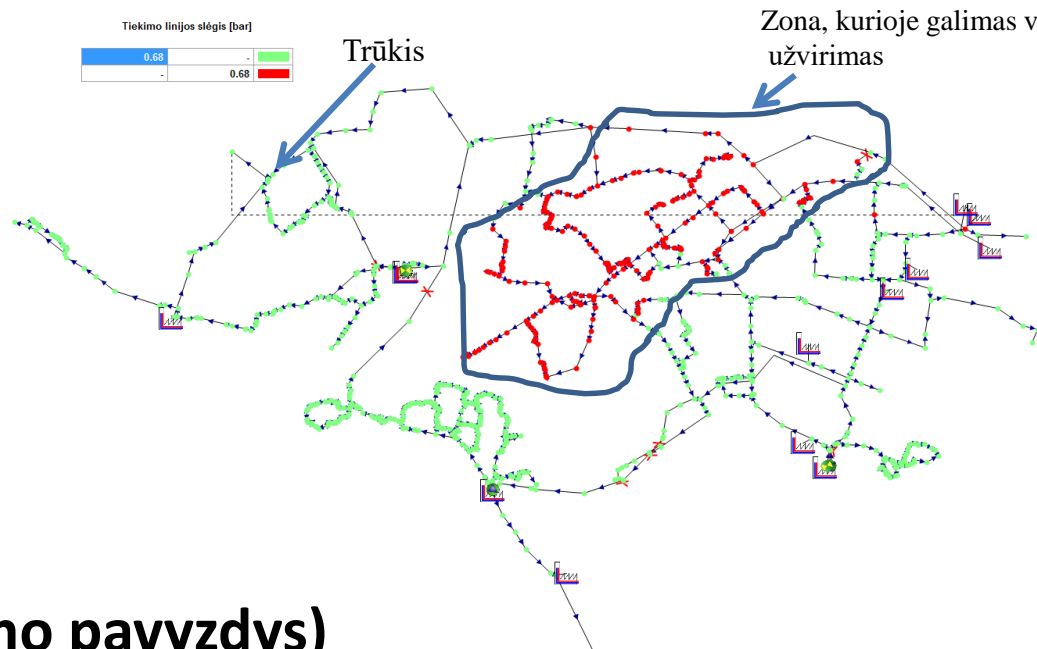


Tiekimo linijos slėgis [bar]

0.68	-	0.68
-	-	0.68

Trūkis

Zona, kurioje galimas vandens užvirimas

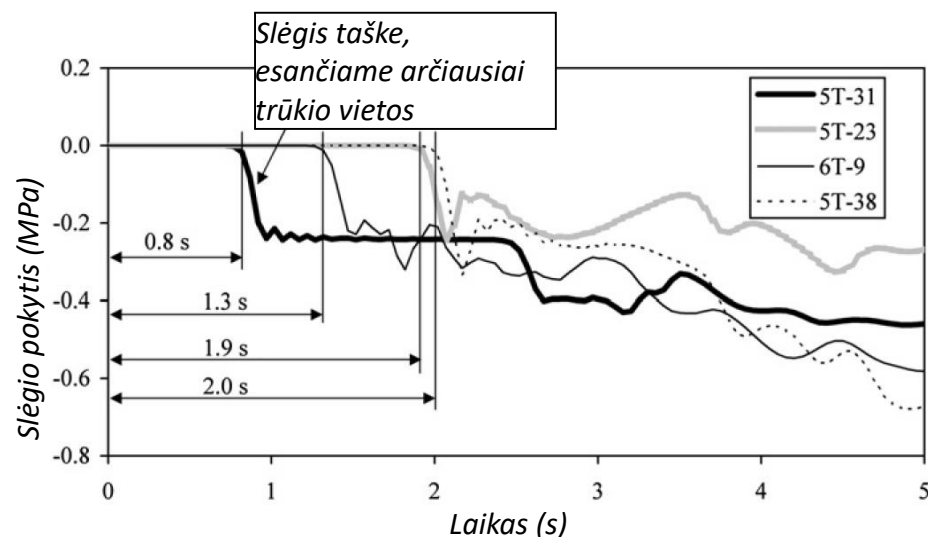
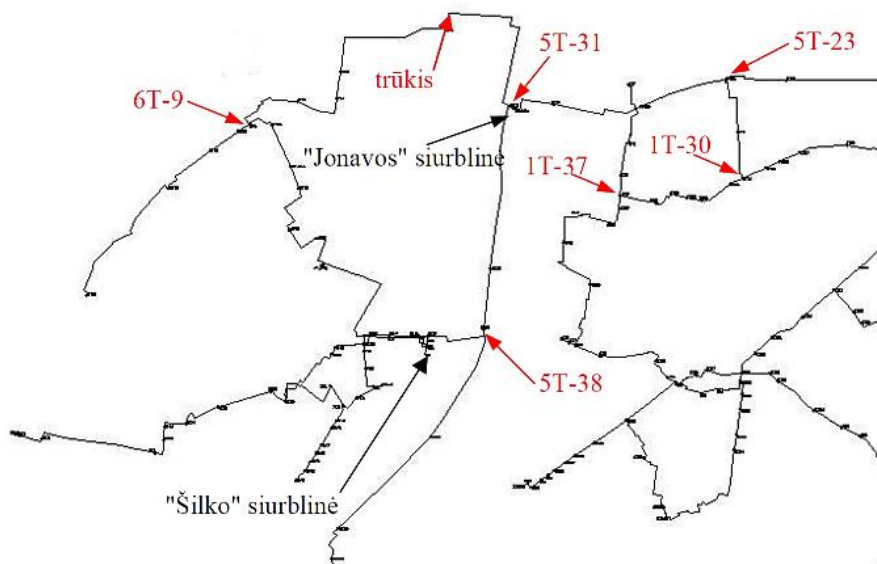


(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)



# Trūkio vietos nustatymas slėgio bangos sklidimo metodu

- Slėgio daviklių ir montavimo vietų tinkle parinkimas;
- Automatinės ištekėjimo nustatymo sistemos algoritmų sudarymas;
- Dinaminis modeliavimas leidžia prognozuoti slėgio kitimą dėl trūkio, todėl galima numatyti ar bus užfiksuota slėgio banga.

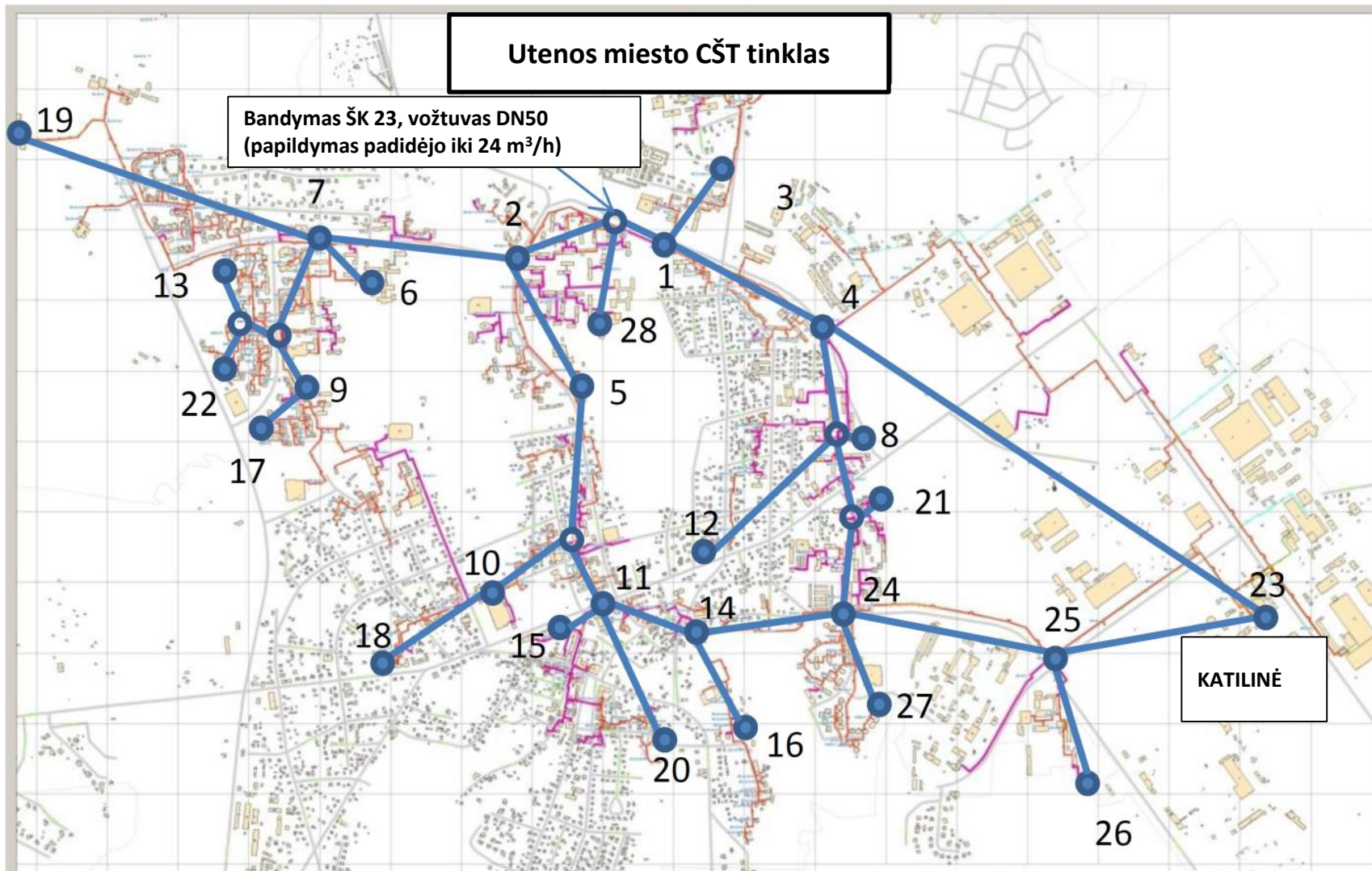


- Vamzdžio diametras 0,5 m, pradinis slėgis vamzdyje - 7,6 barai.
- Pilno trūkio atveju išmetamo vandens kiekis – 5400 t/h.

# Vamzdyno trūkio vietos nustatymas Utenos CŠT tinkle



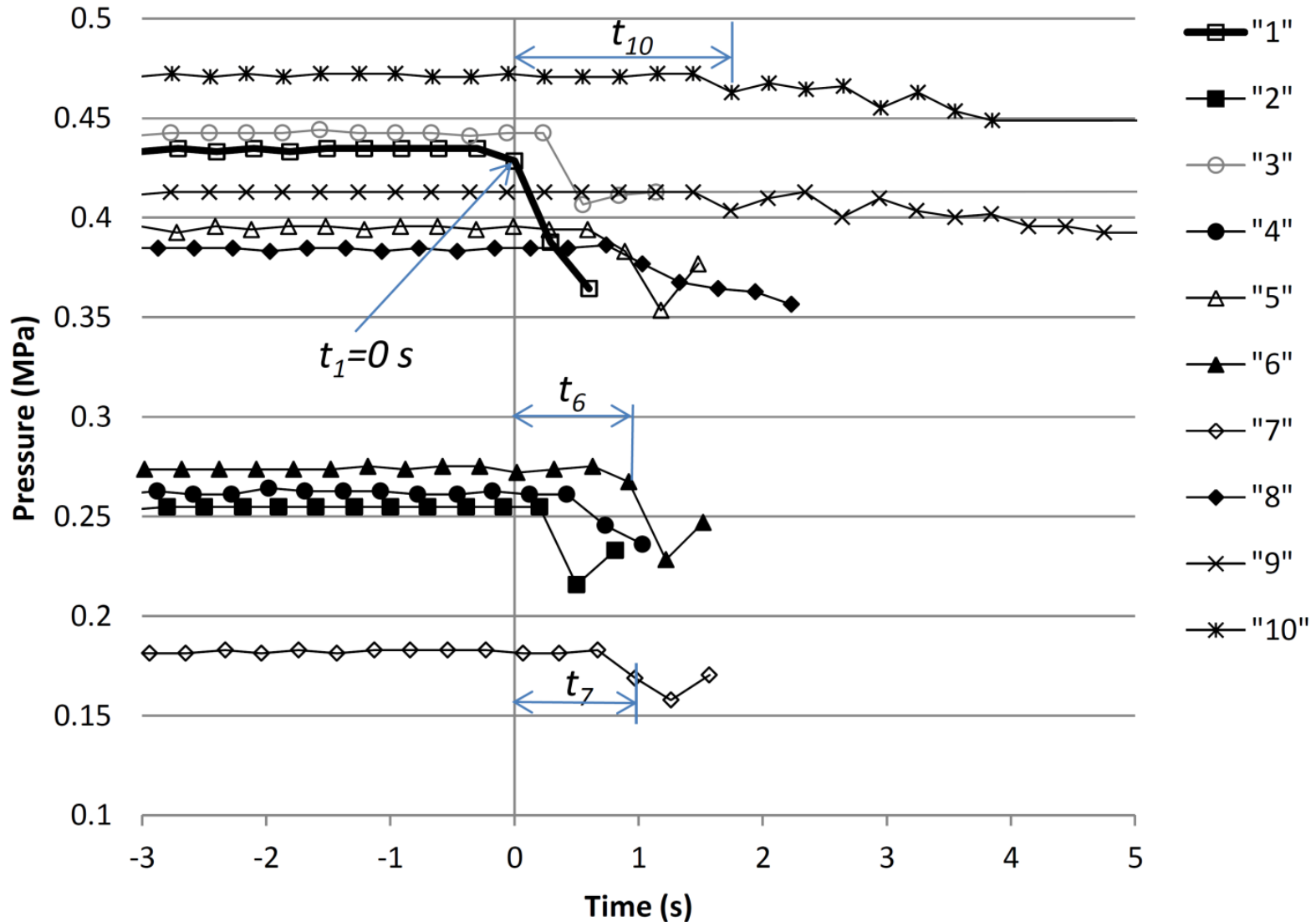
# Utenos miesto CŠTS schema ir parametų matavimo taškai



Bandymai buvo atlikti kai  $T_{lauko} \sim -5^{\circ}\text{C}$ , katilinės galia  $\sim 23 \text{ MW}$



# Utenos CŠTS eksperimentai ir matavimo duomenų analizė

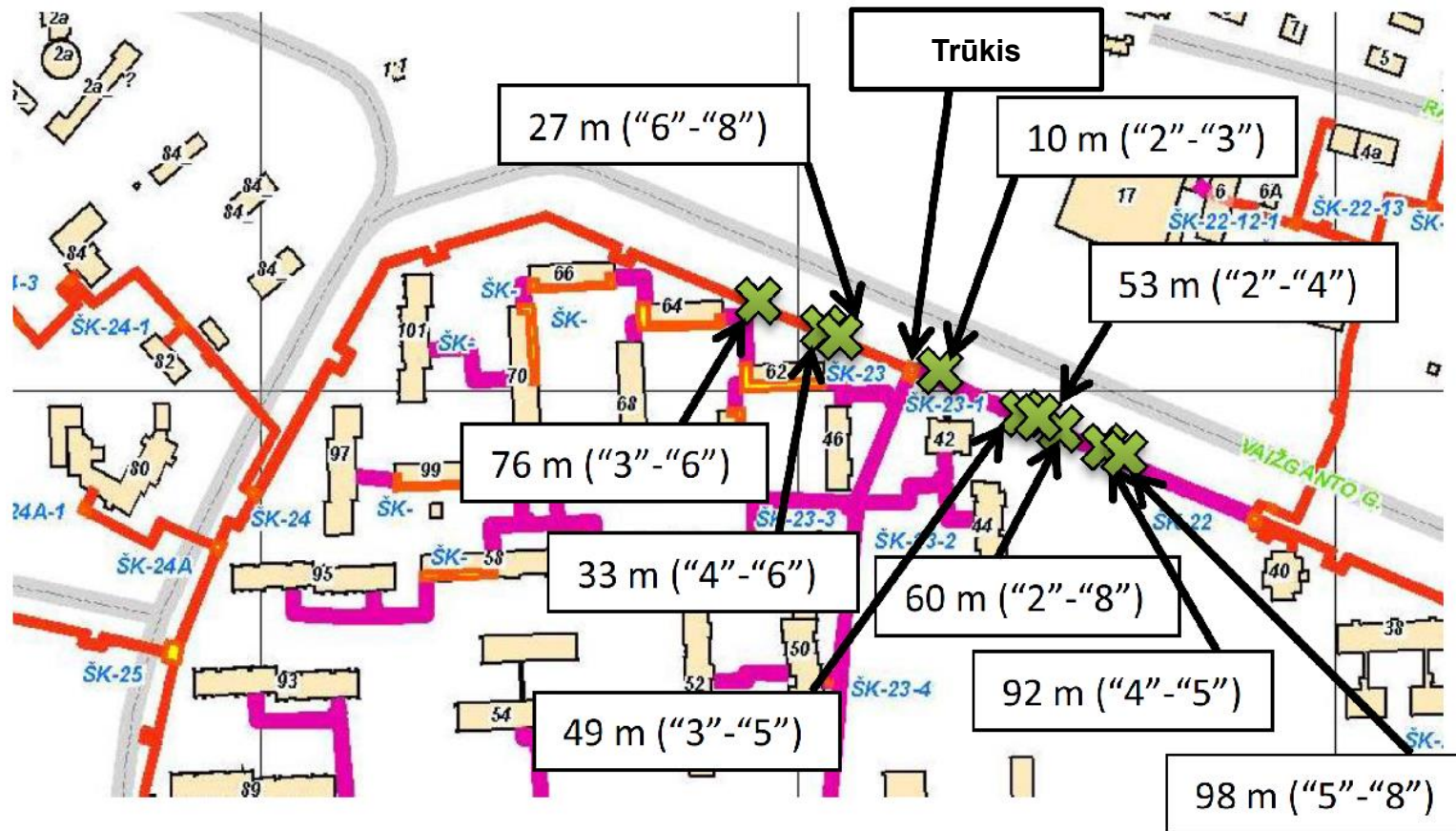






# Utenos CŠTS eksperimentai

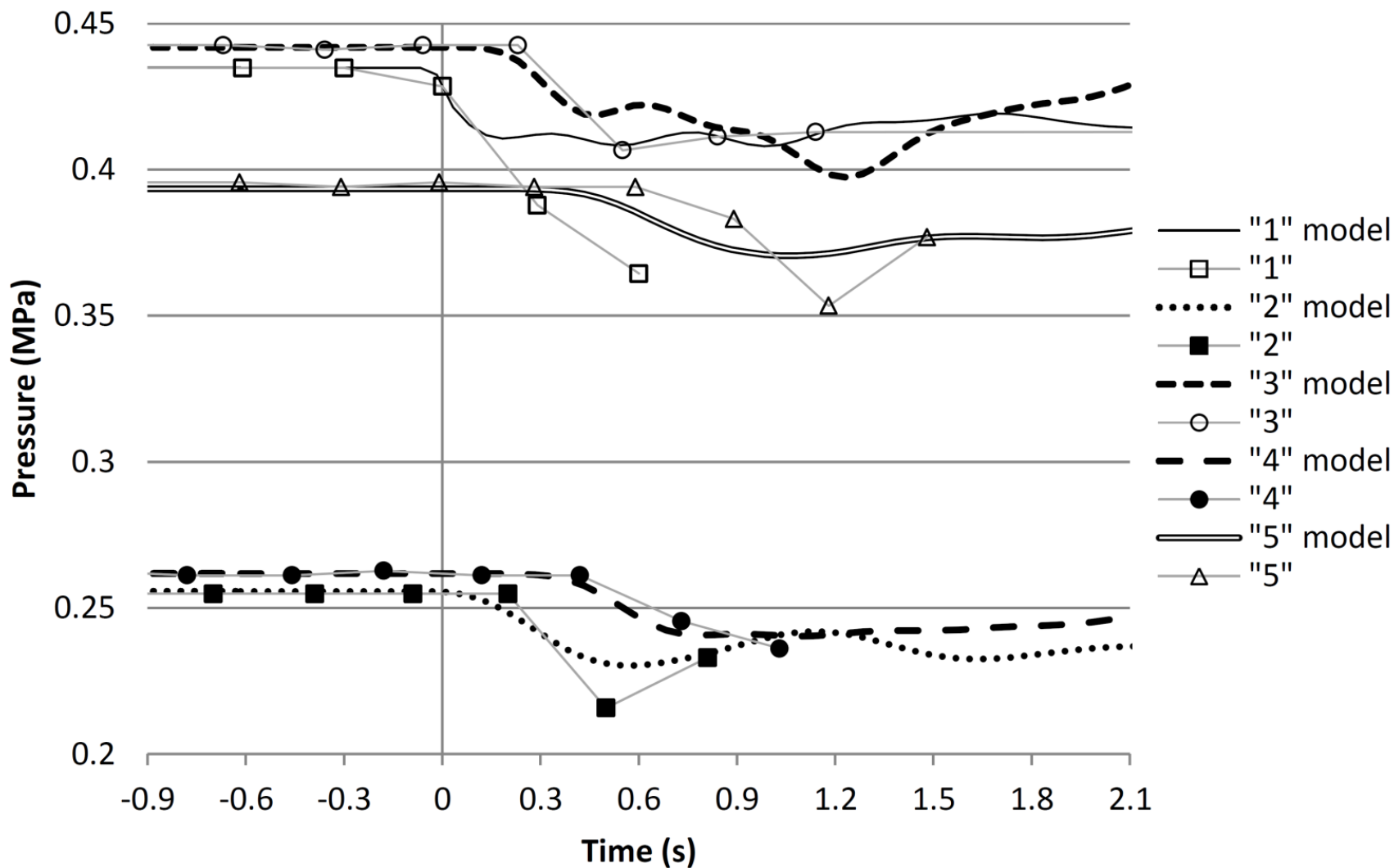
- Apskaičiuotos galimos trūkio vietos, naudojant duomenis iš skirtingų slėgio sensorių;
- Trūkio vietos nustatymo paklaida priklauso nuo duomenų įrašymo periodiškumo (slėgio bangos sklaidimo greitis vandenyje ~1500m/s).





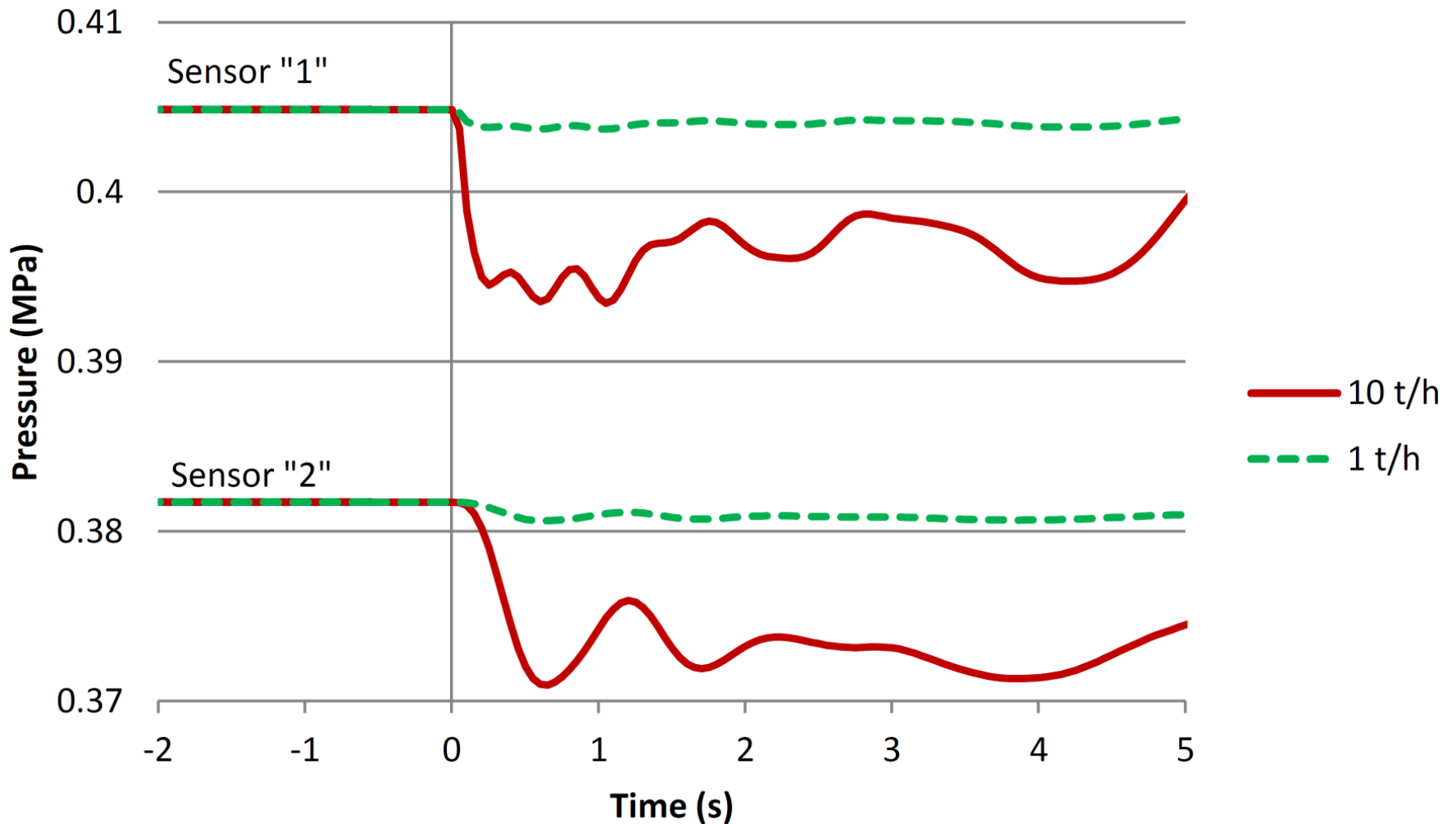


# Utenos CŠTS eksperimentų modeliavimas





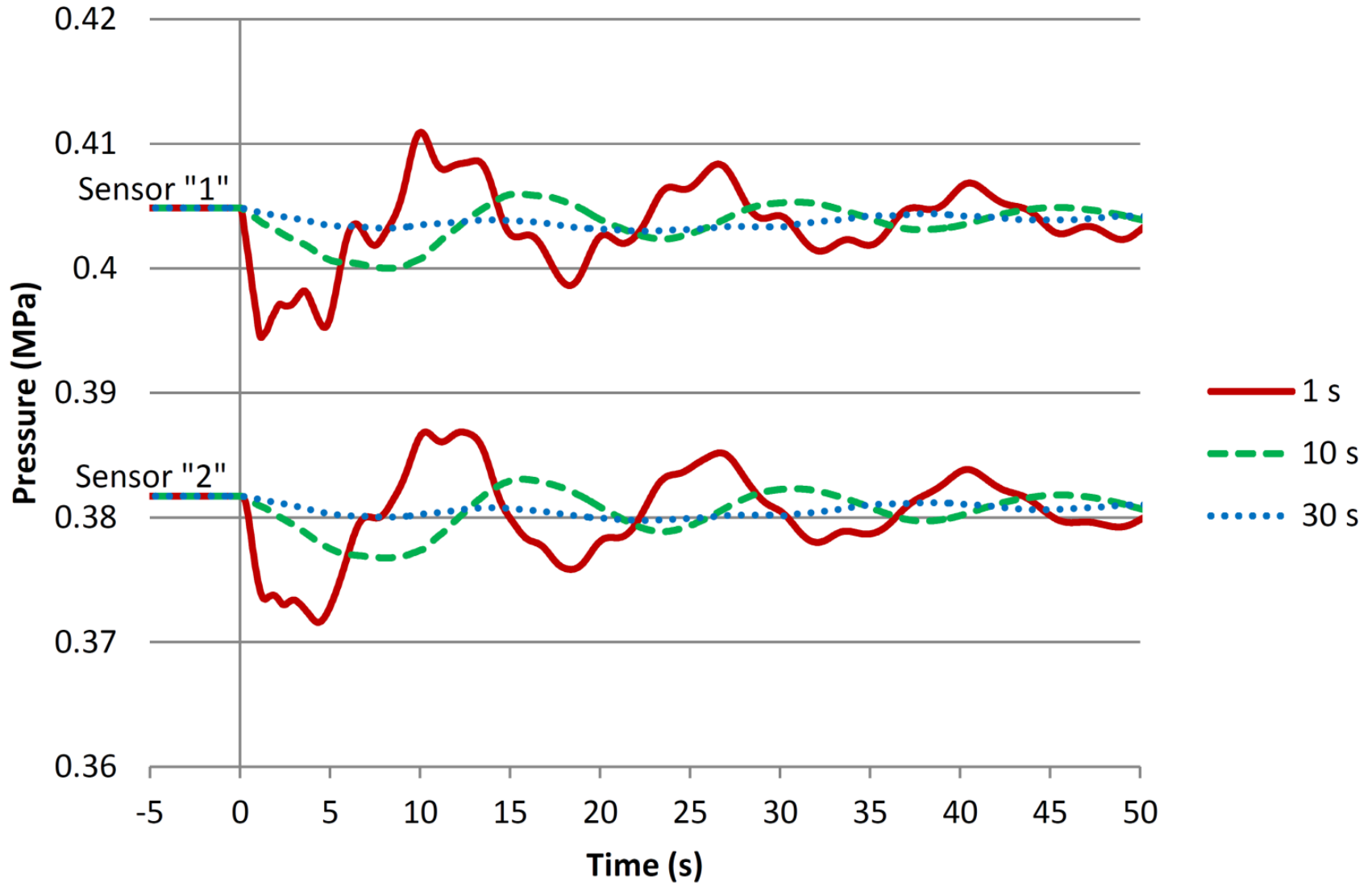
# Utenos CŠTS modeliavimas



Slėgio bangos amplitudės priklausomybė nuo nuotėkio dydžio



# Utenos CŠTS modeliavimas



Slėgio bangos amplitudės priklausomybė nuo trūkio atsivėrimo laiko

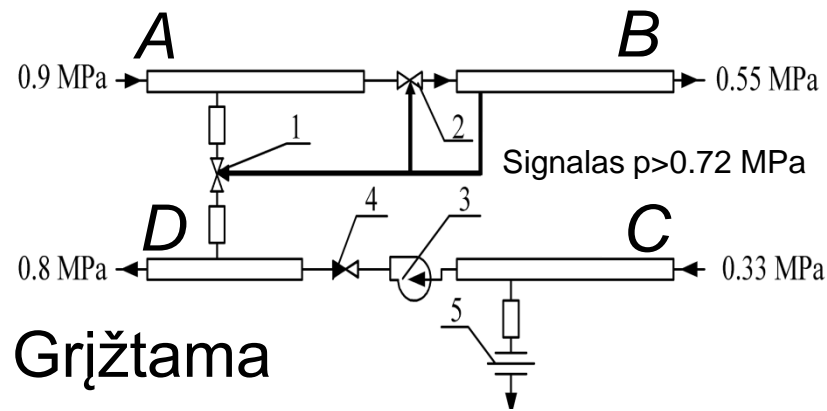
# Kiti tyrimai



# Pereinamųjų procesų tinkle analizė

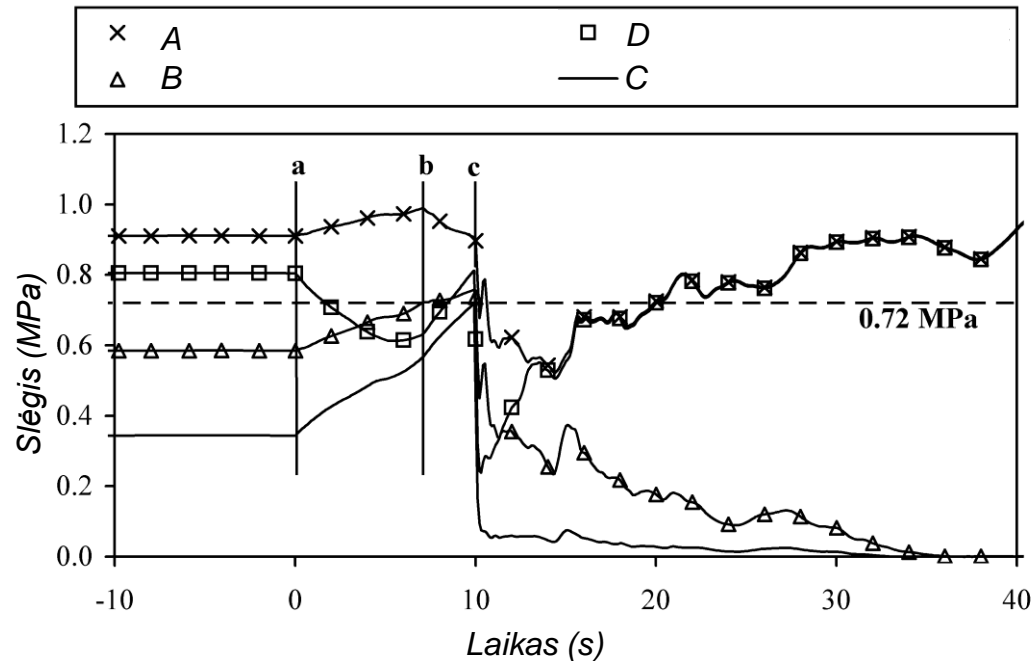
- Staigus siurblių sustojimas/paleidimas;
- Vožtuvų atsidarymas/užsidarymas.

Paduodama



Grįžtama

1 – apėjimo vožtuvas; 2 – droseliavimo vožtuvas;  
3 – siurblys; 4 – atbulinis vožtuvas; 5 – apsauginis vožtuvas

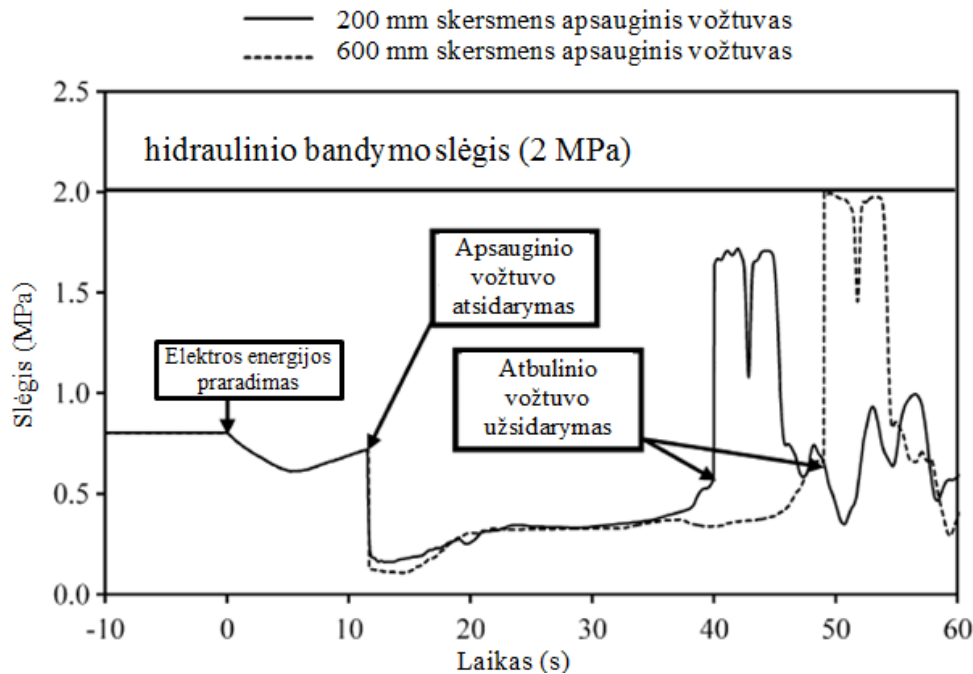


*a – siurblio sustojimas; b – droseliavimo vožtuvo užsidarymas / apėjimo vožtuvo atsidarymas (per 30 s); c – apsauginio vožtuvo atsidarymas*

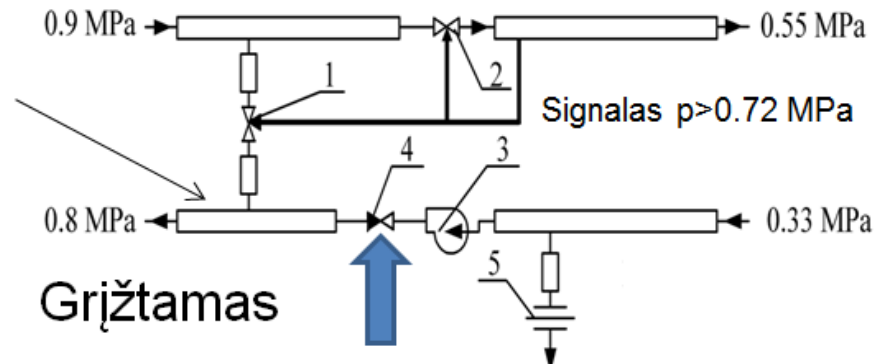


# Hidraulinio smūgio analizė

- Staigus atbulinio vožtuvo užsidarymas gali sukelti hidraulinį smūgį



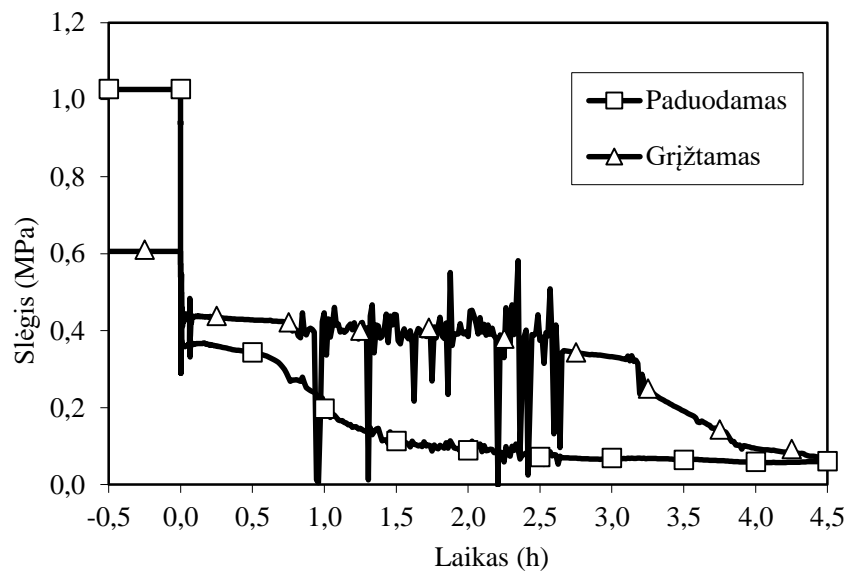
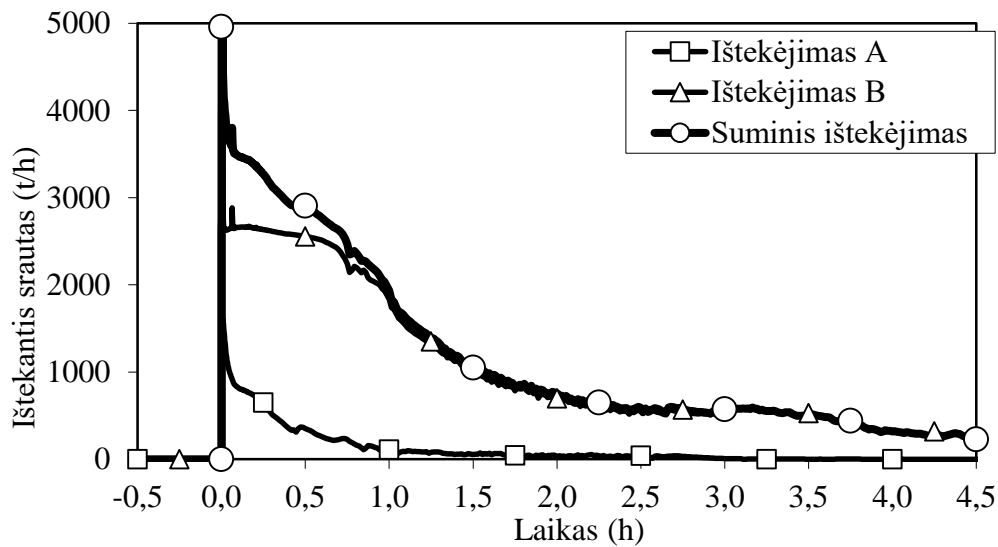
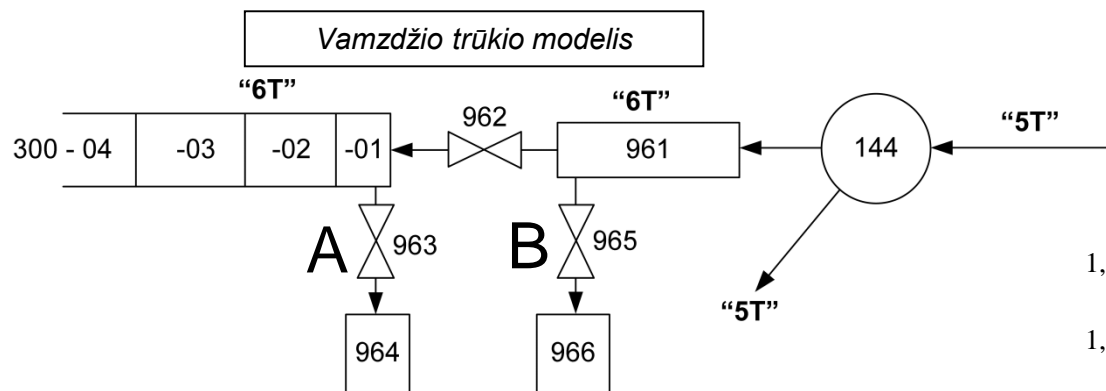
## Paduodamas



- 1 – apėjimo vožtuvas; 2 – droseliavimo vožtuvas;  
3 – siurblys; 4 – atbulinis vožtuvas; 5 – apsauginis vožtuvas



# Vamzdyno trūkio hidraulinė analizė

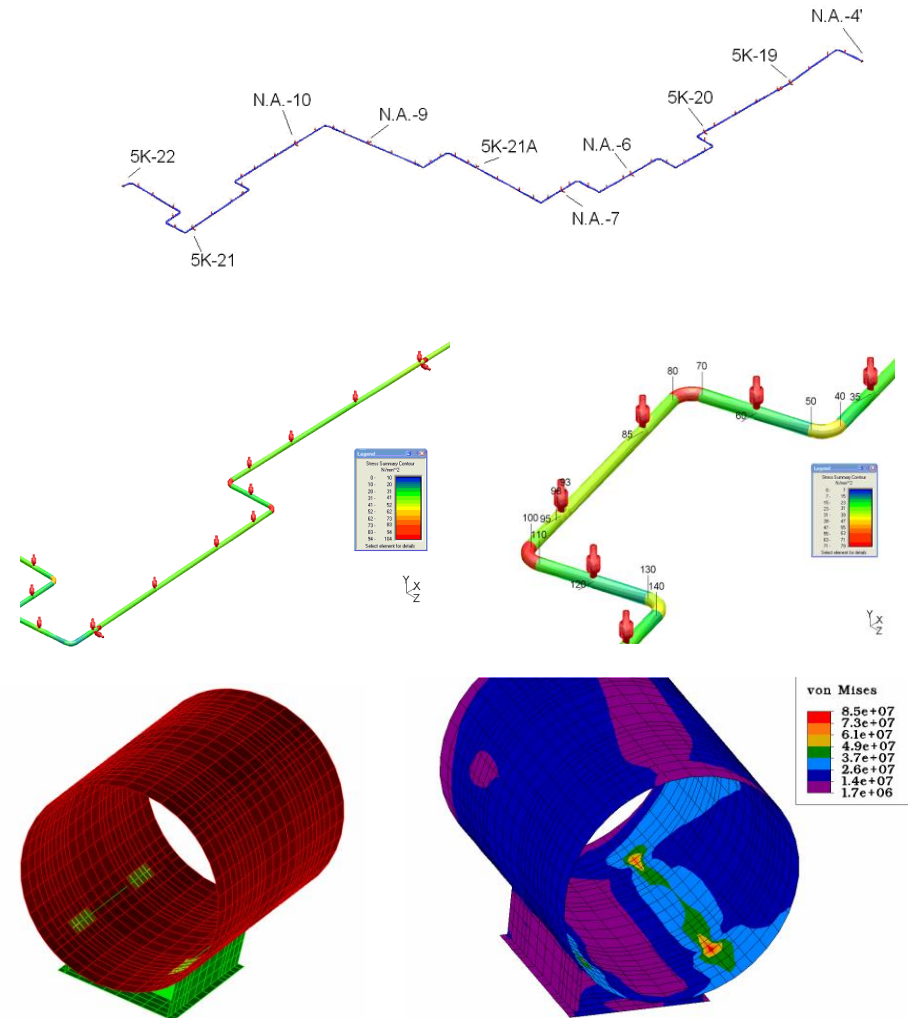






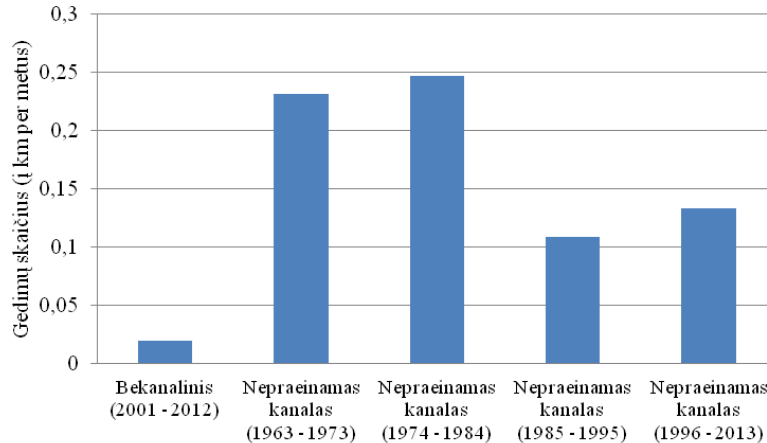
# Šiluminių vamzdynų stipruminė analizė

- Dalies šiluminės trasos vamzdyno BE modelio paruošimas (ADLPIPE V10 programa).
- Parinkto vamzdyno bendroji stipruminė analizė normalios eksploatacijos ir hidraulinių bandymų sąlygomis, įvertinant mechaninių tyrimų ir termohidraulines analizės rezultatus.
- Parinktos vamzdyno dalies detali stipruminė analizė (ALGOR).
- Nustatyti vamzdynų maksimalūs įtempiai yra suvirinimo proceso metu paveiktose zonose, bei staigaus geometrijos pokyčio vietose.

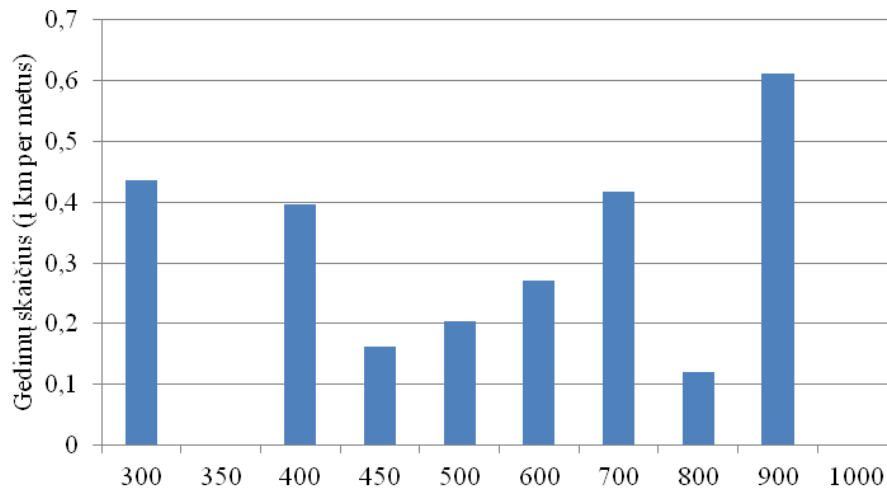
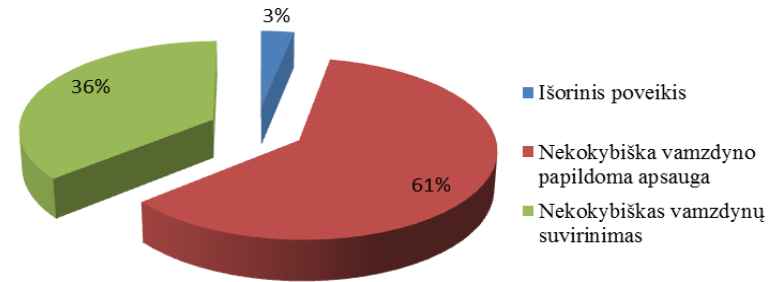




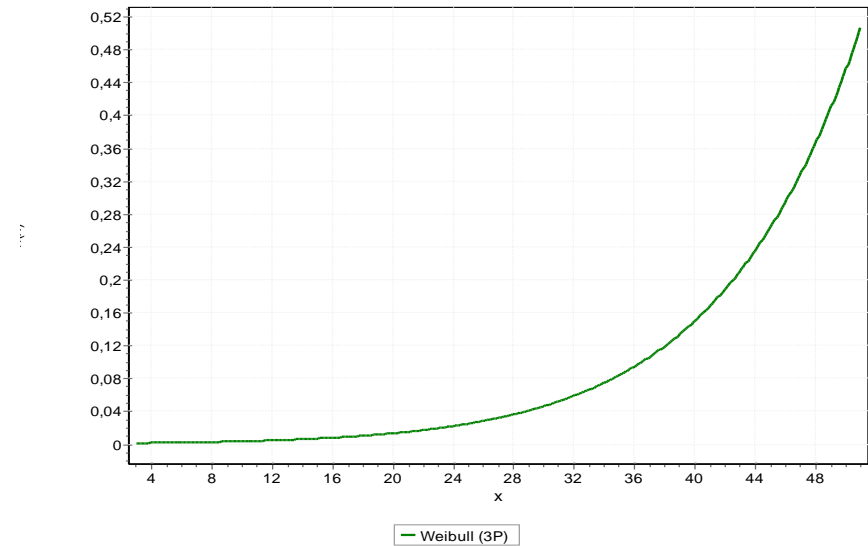
# Šiluminių vamzdynų patikimumo analizė



Magistralinio vamzdyno paklojimo būdas



Magistralinio vamzdyno skersmuo, mm



**Ačiū už dėmesį**