



# Sisteminės kontrolės priemonės moderniam šilumos tiekimui

Vytautas Deksnys

KTU multisensorinių sistemų laboratorija

Tel. 8698 48828, 0037037 300541

Vytautas.Deksnys@ktu.lt



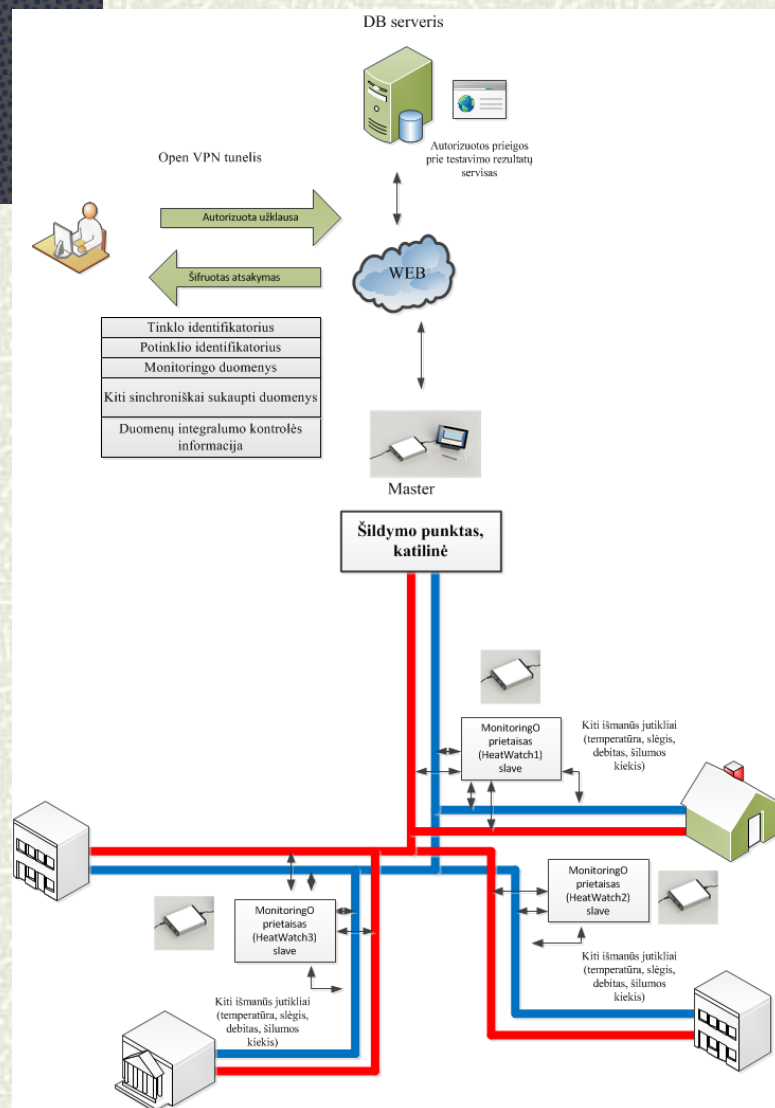
# Paskirtis

---

Priemonės yra skirtos izoliuotų šilumos tiekimo trasų sandarumo kontrolei montažo ir eksploatavimo metu. Jų pagalba galima:

- kontroliuoti vamzdyno šiluminės izoliacijos sluoksnio būseną, o aptikus defektus - nustatyti jų pobūdį (drėgmė, iš kur ji prasiskverbusi, pažeista monitoringo linija) ir vietą;
  - vykdyti duomenų mainus (tame tarpe ir iš kitų matavimo prietaisų, pav. temperatūra, slėgis, debitas, šilumos kiekis) kontroliuojamame vamzdžių tinkle;
  - centralizuotai kaupti matavimo rezultatus nuolat operatyviai identifikuojant pokyčius kontroliuojamuose vamzdynuose.
-

# Sistemas struktūra



## Savybės:

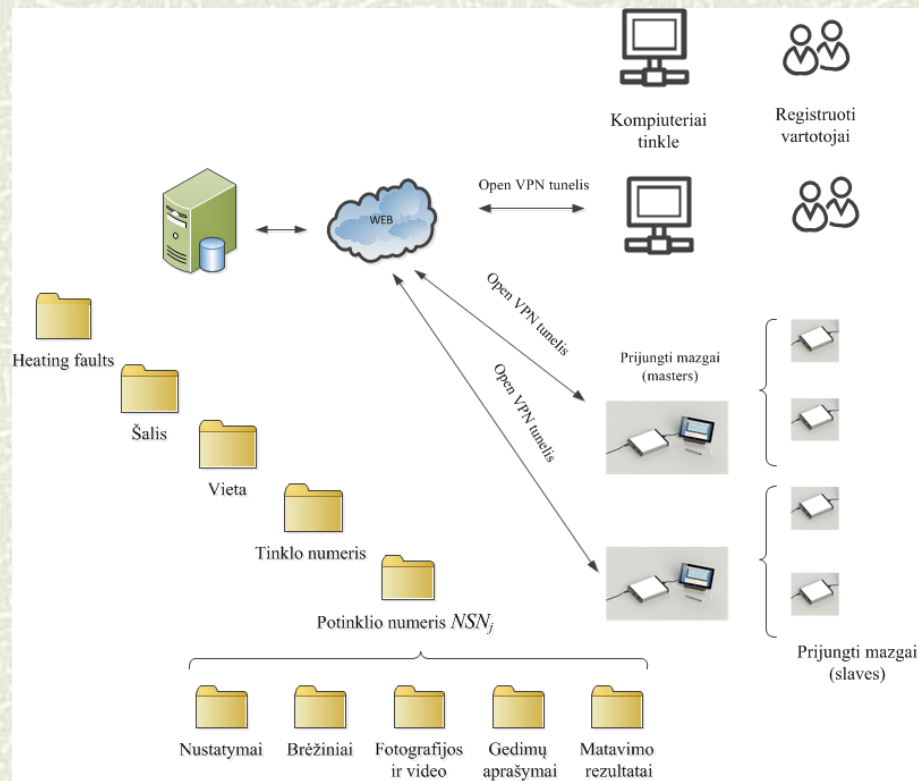
- Monitoringo atstumas vienam kanalui  $\leq 2\text{km}$ ;
- Kanalų skaičius – iki 8;
- Monitoringo laidininkai naudojami matavimui, duomenų perdavimui ir sistemos mazgų maitinimui;
- Automatinis darbo režimų valdymas iš vedančiojo mazgo;
- Centralizuota duomenų bazė ir autorizuota prieiga prie jos;
- Kitų parametrų matavimas vykdomas sinchroniškai. Laiko bazė – 1 ms.



# Duomenų rūšys

## Kaupiami:

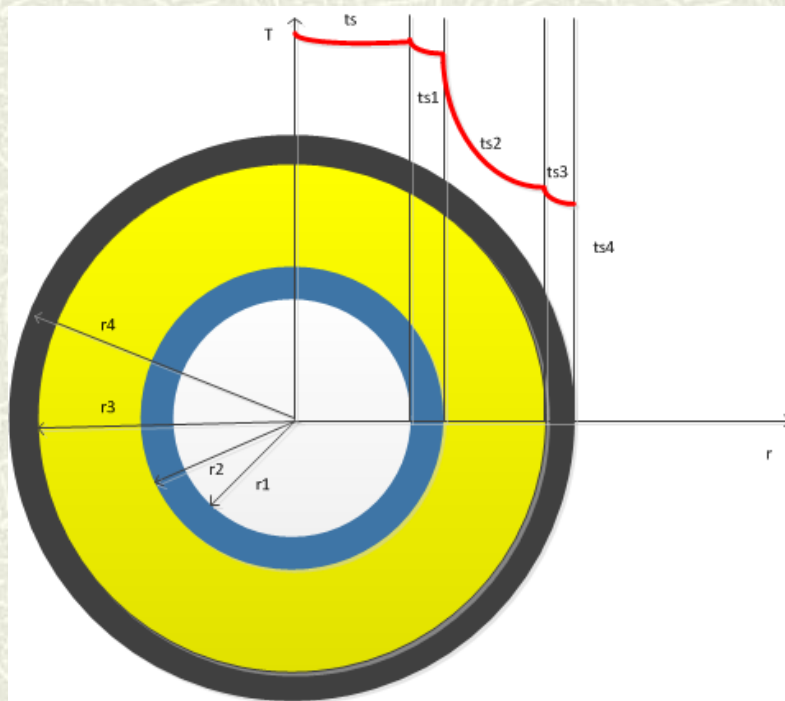
- Matavimų rezultatai tam tikru laiku pasirinktoje geografinėje vietovėje;
- Pateikiama projekto dokumentacija (brėžiniai ir elektrinės schemos), „pririšta“ prie geografinės vietovės;
- Pateikiama eksploatavimo istorija su nuolat atnaujinamais matavimų rezultatais, fotografijomis, videomedžiaga bei tinklą prižiūrinčio specialisto komentaru.



# Kodėl svarbu aptikti defektus ir objektyviai įvertinti jų pobūdį?

Izoliuoto vamzdžio šiluminė varža:

$$R_l = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} + \frac{1}{\alpha_2 d_4}$$



$\alpha_1$  vandens/plieno,  $\alpha_2$  polietileno/aplinkos sandūrų šilumos perdavimo koeficientai,  $\lambda_1$  plieno,  $\lambda_2$  termoizoliacinės medžiagos ir  $\lambda_3$  polietileno šiluminiai laidumai,  $d_1$ ,  $d_2$  ir  $d_3$  - vamzdžių skersmenys. Pagal standartą EN253 suminis laidumas  $\lambda \leq 0,033$  W/mK  
Garantinis laikotarpis 30 metų prie 130 laipsnių Celsijaus t-ros.

Korėtoje medžiagoje šiluma plinta dviem kanalais - kondensuota terpe ir oro tuštumomis. Savo ruožtu oro tuštumomis šiluma pernešama taip pat dviem būdais - šilumos plitimu, susijusiu su oro molekulių judėjimu gradientiniame temperatūros lauke ir tuštumų sienelių šiluminiu spinduliavimu.

T-ros gradientai vamzdžio sluoksniuose

# Kodėl svarbu aptikti defektus ir objektyviai įvertinti jų pobūdį?

---

Didėjant izoliacijos sluoksnio korėtumui šiluminis laidumas dėl šilumos plitimo kietuose kūnuose mažėja, bet didėja fotoninio šiluminio spinduliavimo sąlygotas šiluminis laidumas.

Taigi, mažėjant tankiui (didėjant korėtumui) bendras šiluminis laidumas pradžioje mažėja, o po to pradeda didėti. Taigi reikia parenktis optimalų poliuretano tankį. Jeigu oro tarpeliai per pažeistą išorinį polietileno apvaskalą arba trūkusį plieninį vamzdį, užsipildo vandeniu, tai šiluminis laidumas ryškiai padidėja ir išauga šilumos perdavimo nuostoliai.

## **Kaip atskirti iš kur plinta drėgmė?**

1. Dėl išorinio pažeidimo drėgmė poliuretano sluoksnyje plinta lėtai. Iš išorės patenkantis vanduo yra su priemaišomis ir todėl didesnio laidumo.
  2. Dėl vidinio pažeidimo plitimo greitis yra žymiai didesnis, jis priklauso nuo trūkimo ploto ir slėgio. Termofikacinis vanduo chemiškai švaresnis, todėl mažiau laidus elektros srovei.
-



# Monitoringo sudėtinės dalys:

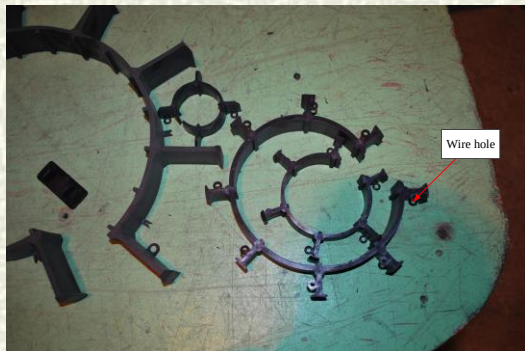
---

- # Į vamzdžio izoliaciją įkomponuoti neizoliuoti variniai laidai;
  - # Prietaisas operatyviam defektų vietos nustatymui ir matavimo rezultatų kaupimui;
  - # Montavimo ir kontrolės metodika;
  - # Dažnas matavimo rezultatų palyginimas.
-

# Monitoringo laidai vamzdžio termoizoliaciniam sluoksnyje



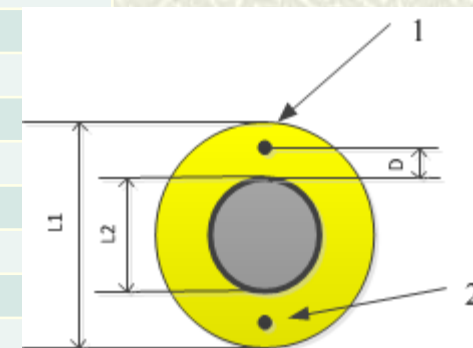
Laidai komponuojami gamybos ir montavimo metu, lygiagrečiai plieniniam vamzdžiui, pastoviu atstumu nuo jo, naudojant specialias distancines atramas.





# Monitoringo laidų išdėstymas vamzdžio termoizoliaciniame sluoksnyje

| Nr | Skersmenys (plieninio /polietileninio)<br>L2/L1 | Atstumas (D) tarp<br>monitoringo laido ir<br>plieninio vamzdžio (mm) | Charakteringoji varža(Om)<br>$\rho = \sqrt{L/C}$ |
|----|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1  | 33.7/90                                         | 16                                                                   | 194.8                                            |
| 2  | 42,4/110                                        | 20                                                                   | 206.9                                            |
| 3  | 48/110                                          | 16                                                                   | 194.8                                            |
| 4  | 60,3/125                                        | 16                                                                   | 194.8                                            |
| 5  | 76,1/140                                        | 17                                                                   | 198.1                                            |
| 6  | 88.9/160                                        | 20                                                                   | 206.9                                            |
| 7  | 114/200                                         | 23                                                                   | 214.6                                            |
| 8  | 139,7/225                                       | 23                                                                   | 214.6                                            |
| 9  | 168/250                                         | 19                                                                   | 204.1                                            |
| 10 | 219,1/315                                       | 28                                                                   | 225.3                                            |
| 11 | 273/400                                         | 32                                                                   | 232.6                                            |
| 12 | 323/450                                         | 30                                                                   | 229.1                                            |
| 13 | 406/630                                         | 16/ 41/ 55/70                                                        | 194.8/246.1/262.2/275.3                          |
| 14 | 410/630                                         | 55                                                                   | 262.162                                          |



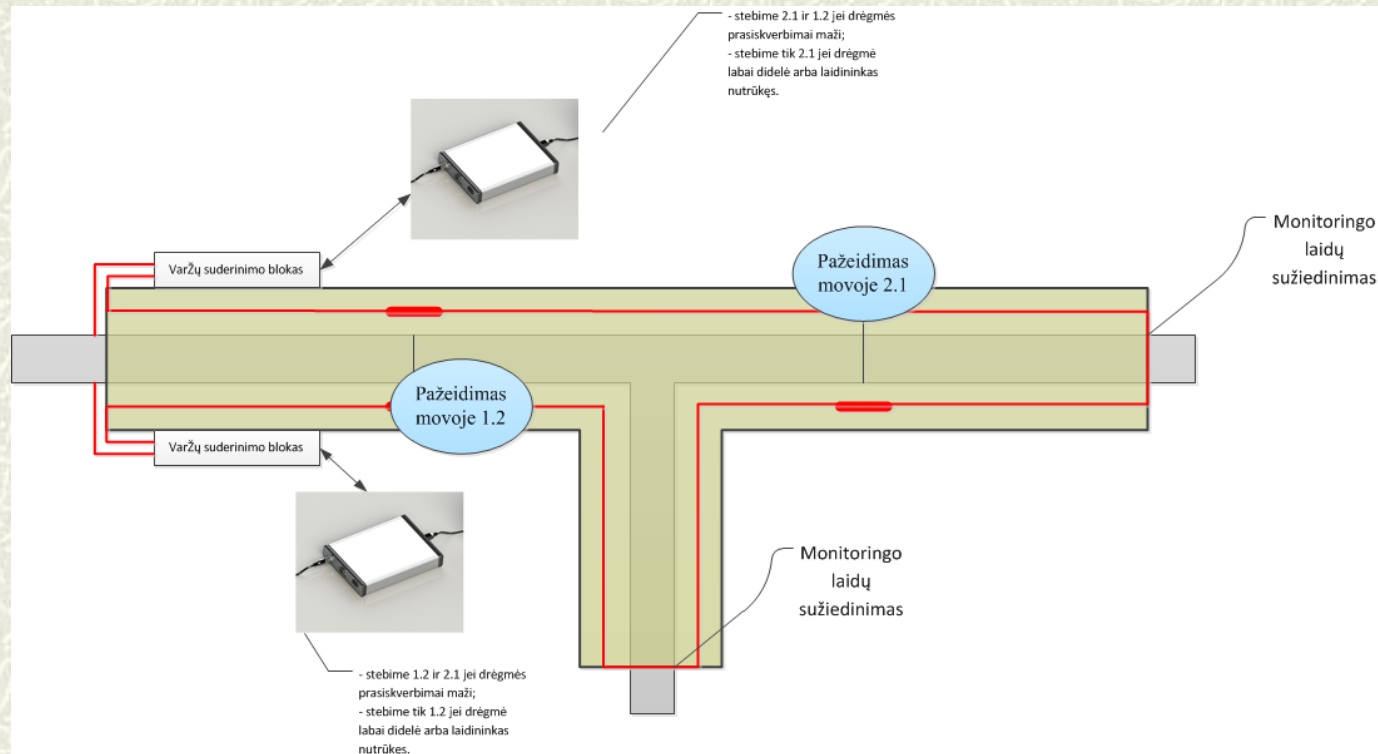
Geometriniai parametrai ir charakteringoji varža

# Objekto elektriniai parametrai

---

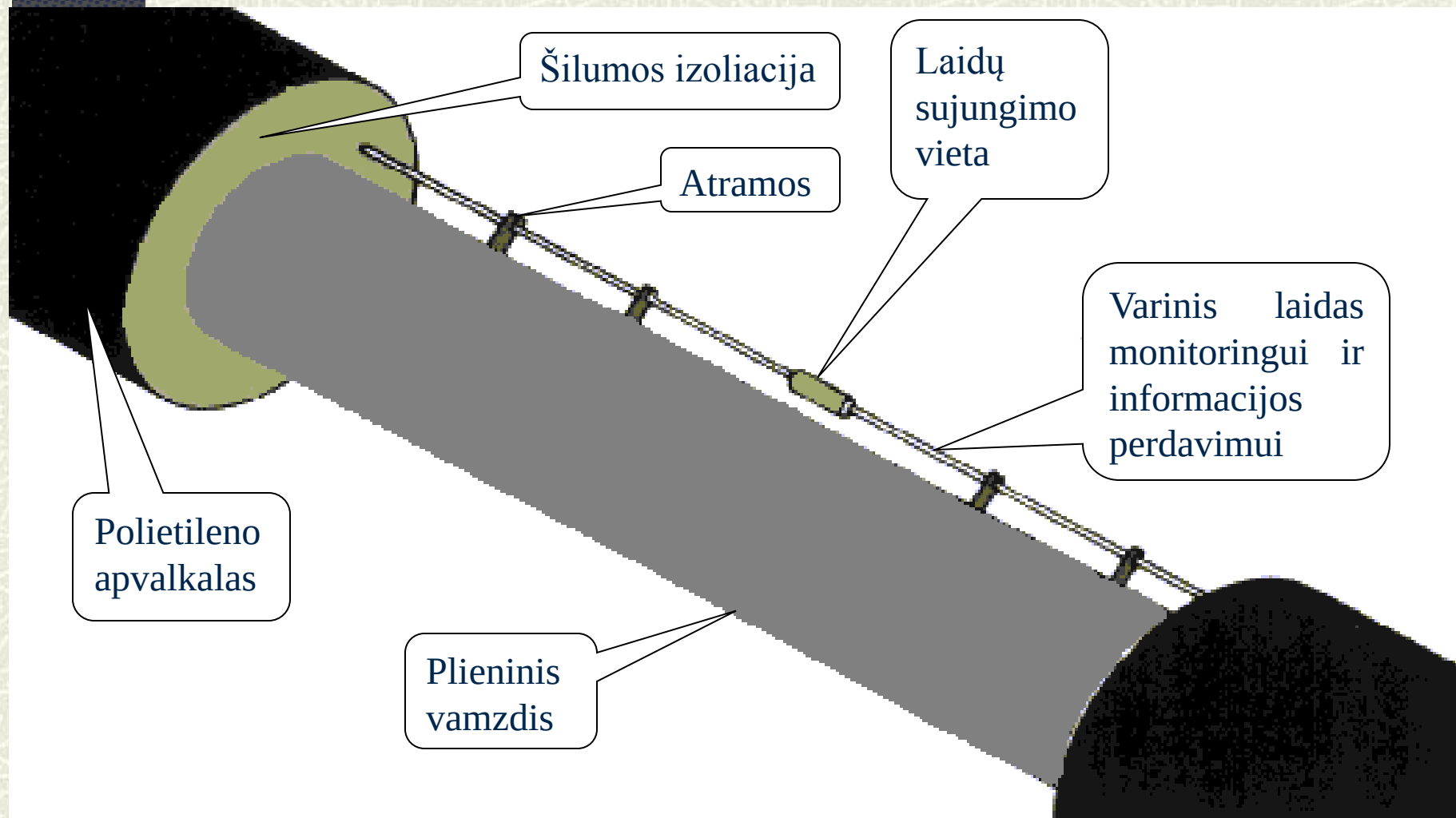
- # Charakteringosios varžos kitimo ribos 194,8 – 275,3  $\Omega$ m;
  - # Induktyvumas – 96,72 nH/m;
  - # Signalo sklidimo greitis  $V=2,757 \cdot 10^8$  m/s;
  - # Vėlinimo laikas – 3,6278 ns/m.
-

# Prietaiso ir laidininkų prijungimo būdai



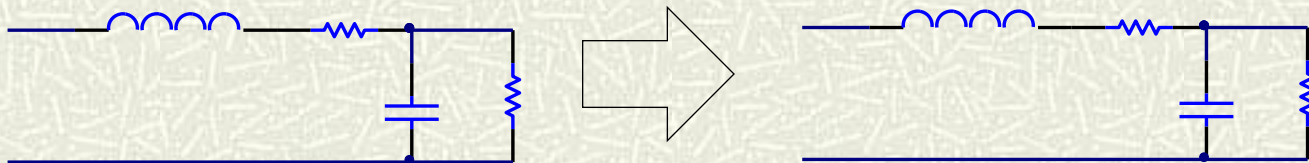


# Monitoringo laidų montażas movose



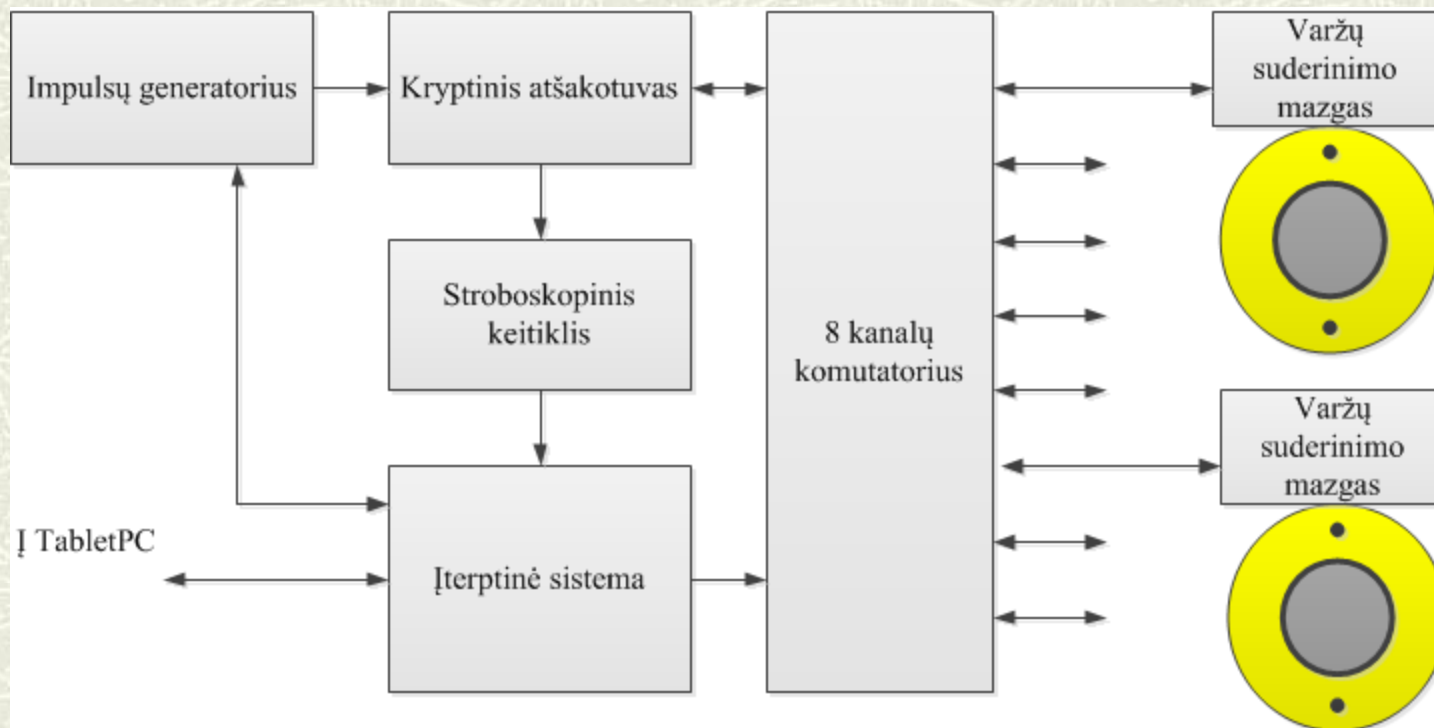
# Linijos parametrai

Ekvivalentinę monitoringo linijos schemą sudaro kaskadinis junginys grandžių su nuosekliais paskirstytais induktyvumu  $L$  ir omine varža  $R$ , lygiagrečiais paskirstytais talpumu  $C$  ir nuostolių laidumu  $G$ .



Prasiskverbusi drėgmė labiausiai įtakoja talpumą ir laidumą, kurių vertės kinta skirtingai nuo stimuliuojančio signalo dažnio. Šie parametrai įtakoja charakteringosios varžos pokytį drėgmės prasiskverbimo vietoje, o taip pat signalo amplitudės slopinimą.

# Matavimo prietaiso struktūra





# Prietaiso konstrukcija

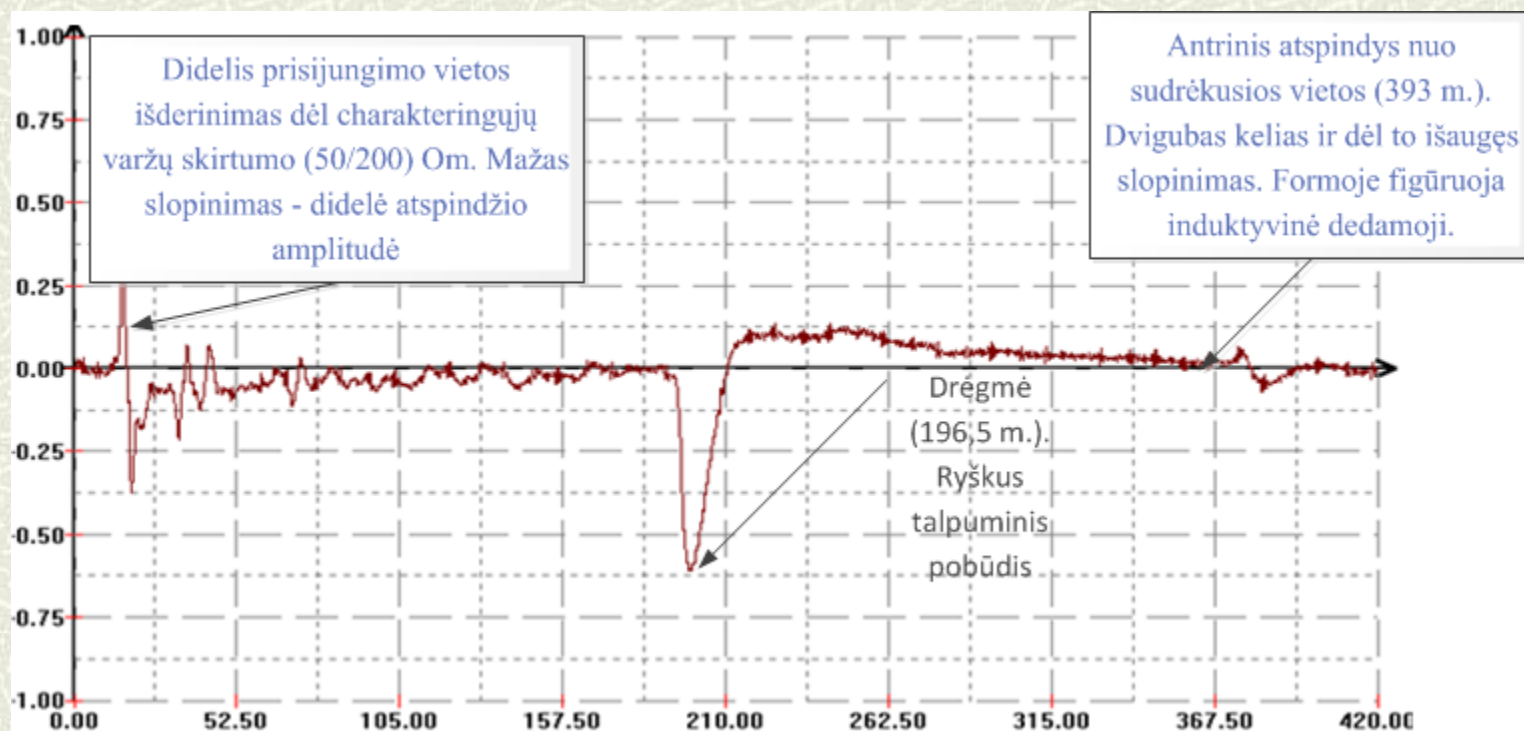


Sprendimas  
su išoriniu 4 kanalų  
komutatoriumi



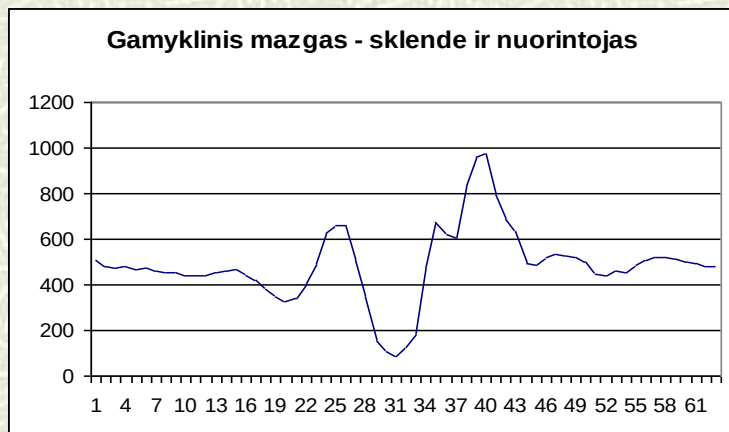
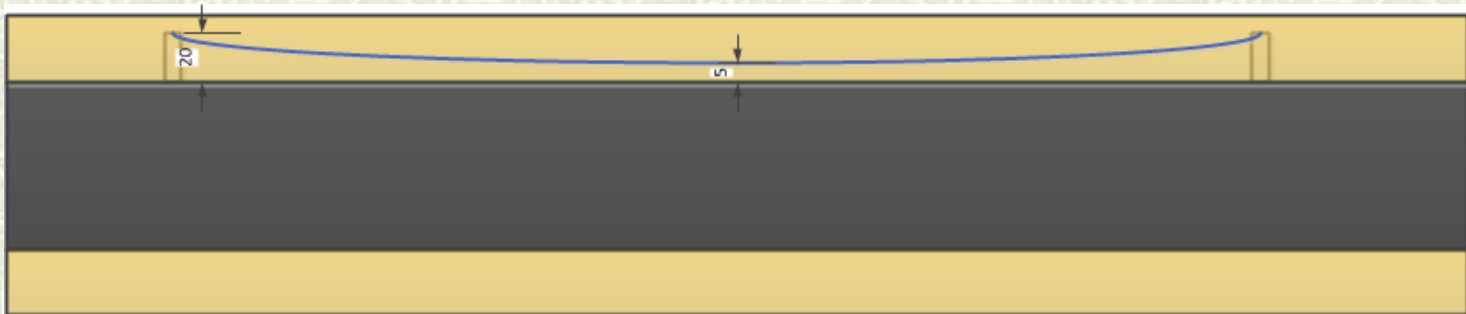
Portatyvinis sprendimas  
su planšetiniu PK

# Defekto vietos nustatymas ir reflektogramos formos interpretavimas.



# Pasitaikantys gamykliniai defektai

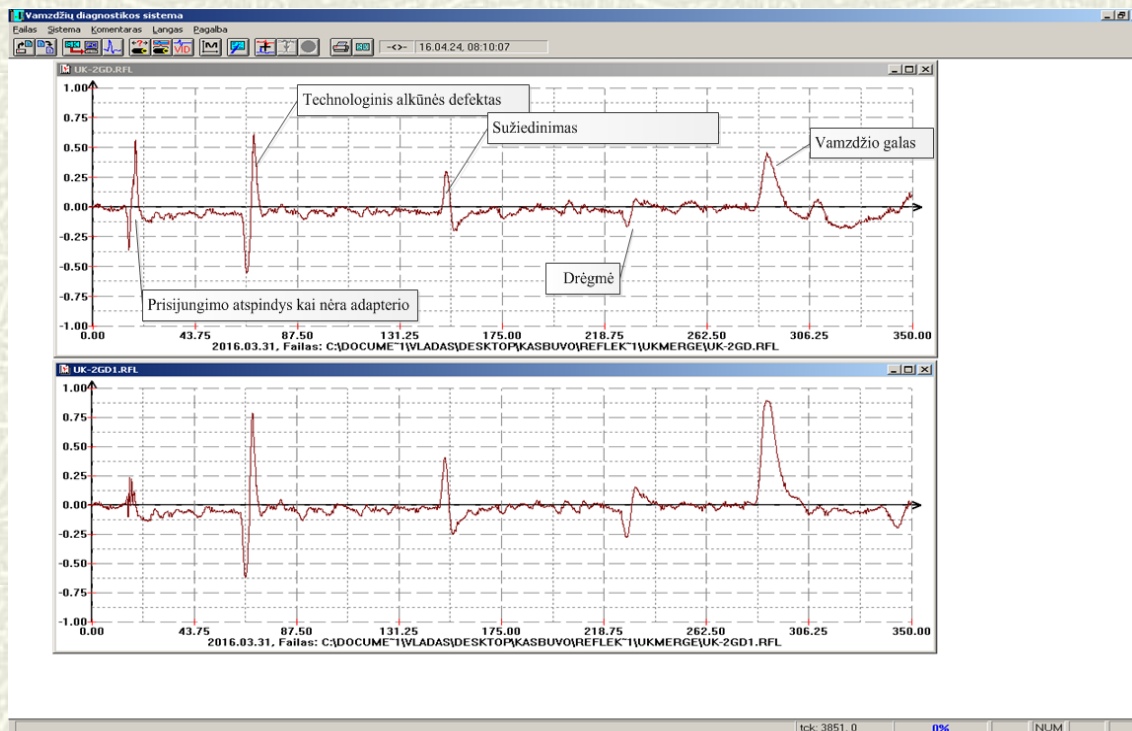
Kartais neišlaikomas pastovus atstumas tarp monitoringo laido ir plieninio vamzdžio



Rezultatas – reflektograma „užteršiama“ talpuminio pobūdžio nehomogeniškumais, bet kadangi laidumas šiuo atveju nepadidėja, galima atskirti defektus dėl drėgmės prasiskverbimo.

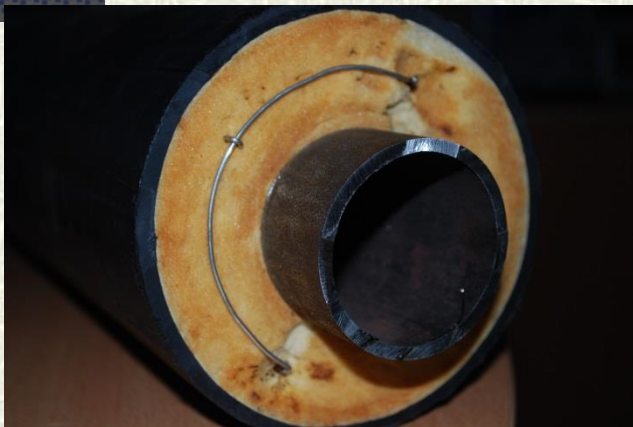


# Būdingi technologiniai defektai reflektogramose



1. Neišlygintas monitoringo laidas moveje (svarbu ne tik elektrinis kontaktas, bet ir pastovi charakteringoji varža);
2. Sužiedinimo vietoje laidas kartais yra priglaudžiamas prie plieninio vamzdžio ir gaunamas banginės varžos šuolis dėl padidėjusio induktyvumo.

# Prijungimų pavyzdžiai

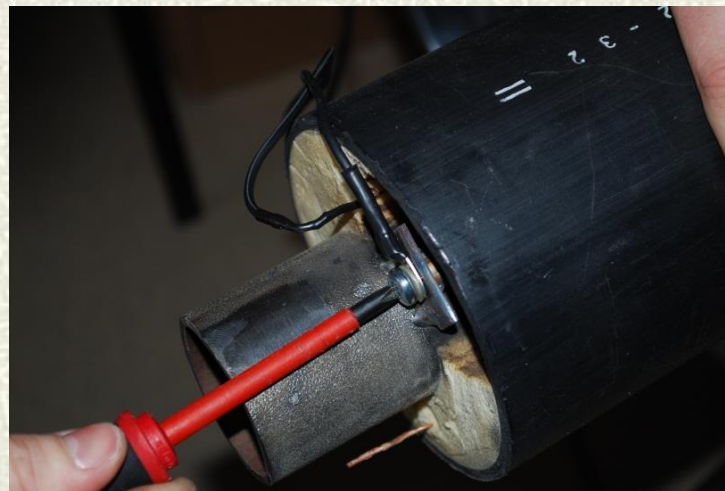
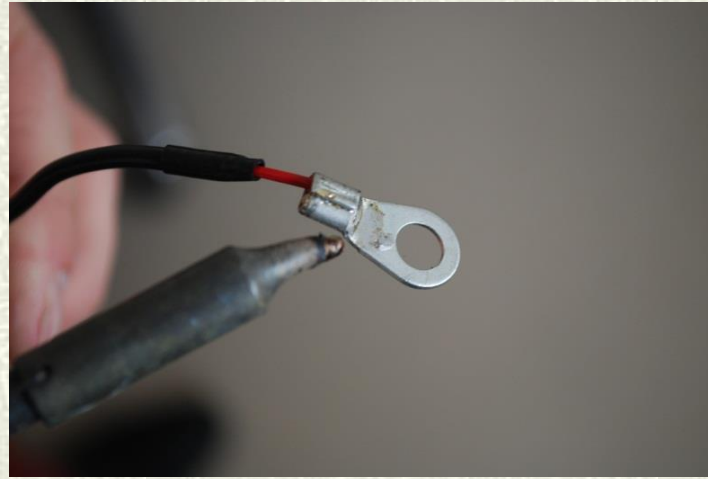


Sužiedinimo pavyzdys išlaikant pastovų monitoringo laidininko atstumą iki plieninio vamzdžio.



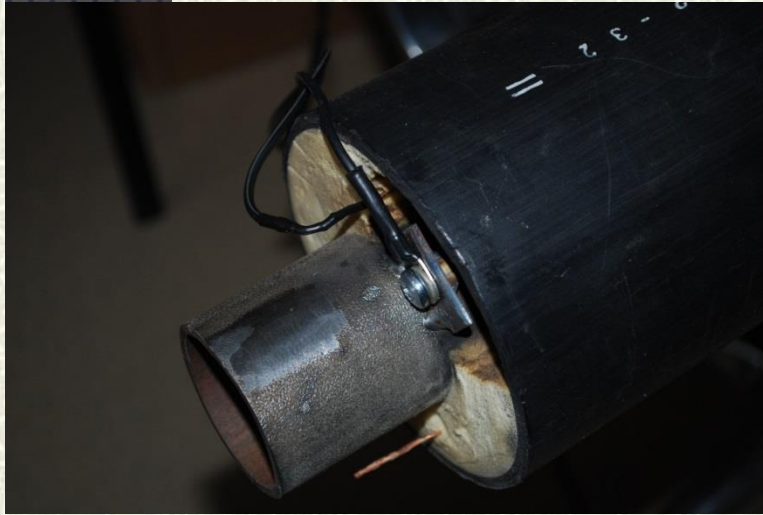
Varžų suderinimo adapteris vamzdžio pradžioje/gale.

# Varžų suderinimo adapterio prijungimas





# Sandarinimas ir adapterio montavimas



Adapteris su  
identifikaciniu numeriu

# Monitoringo metodika

---

- Projekto dokumentacija (brėžiniai, schemas, testavimo rezultatai) vienoje vietoje – archyve nutolusioje duomenų bazėje;
  - Testavimas surinkus kiekvieną movą;
  - Nepertraukiamas monitoringas ankstyvajai defektų prevencijai;
  - Atsakingas ir kvalifikuotas darbas gamybos ir montažo metu.
-



# Trasų montavimo ypatumai



Ties alkūnėmis pageidautinas demferuojantis poringos medžiagos sluoksnis, nes temperatūros pokyčiai lemia ilgio pokyčius. Pažeidžiamas polietileno apvalkalas arba negrižtamai deformuojasi poliuretano sluoksnis.

Po izoliavimo kartais hermetizuojama dar neatvėsusi mova. Dėl to ji gali išsipūsti ir išsisandarinti dėl garavimo kylančio slėgio ties bandažo kraštais.



# Dėkui!

