

# Hidraulinių smūgių analizė slėginiuose nuotekų tinkluose

Darbą rengia: Aleksandr Nevdach

Darbo vadovas: doc. Dr. Mindaugas Rimeika

# DARBO AKTUALUMAS, NAUJUMAS, ORIGINALUMAS

Pasirinkta tema mažai nagrinėta, taip pat mažai turime patirties nagrinėjant hidraulinius smūgius.



# DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Ištirti hidraulinių smūgių susidarymo galimybes trijose skirtingose nuotekų siurblinėse su dideliu kėlimo aukščiu ir ilgomis slėginėmis linijomis. Taip pat atlikti šių linijų hidraulinę analizę skirtingomis sąlygomis.

## UŽDAVINIAI

- Skirtingų tyrimų rezultatų palyginimas;
- Problemų apžvalga;
- Problemų sprendimo būdai;
- Atlikti matematinę hidraulinio smūgio vertinimą;
- Modelio sudarymas.



# PROBLEMA

## Hidrauliniai smūgiai atsirandimo priežastys:

- Staigus siurblio, siurblių sustabdymas (nutrūkus elektros energijos tiekimui);
- Staigus siurblio paleidimas prie atidarytos sklendės;
- Greitas sklendžių, vožtuvų ar hidrantų uždarymas;
- Oro buvimas sistemos vamzdynuose;
- Neteisingas apsaugos prietaisų veikimas.



# PASEKMĖS

Hidrauliniai smūgiai padaro didelę įtaką nuotekų slėginių tinklų veikimui:

- Gali sutrūkti vamzdžiai;
- Įvykti įrangos gedimas;
- Mažina vamzdynų ilgaamžiškumą;
- Mažina įrangos tarnavimo laiką;
- Susidaro didelis vakuumas sistemoje.



# TYRIMO METODIKA

- Atliekamas esamų nuotekų slėginių linijų analizė ir matavimai.
- Tyrimų metu slėginiuose tinkluose įrengiami slėgio ir debito matavimo prietaisai.
- Matavimo metų fiksuojame slėgio bangos svyravimus, tinklui veikiant įprastai.



# TYRIMAS

Esamuose nuotekų slėginėse linijose matuojome slėgį ir darome hidraulinių linijos modelį, kad patikrinti kaip sistema veikia, bei pasiūlysimė priemonės, kurios leistų apsaugoti sistemas nuo hidraulinio smūgio.

Hidraulinio smūgio matavimo prietaiso – specialūs reikalavimai:

- Duomenų kaupiklis.
- Tikslumas  $\pm 0,25\%$ .
- Rezoliucija nuo 20 kartų iki 100 kartų per sekundę.
- Matuota kas 0,04 sek. arba 25 matavimai per 1 sek

Hidraulinio modelio modeliavimui ir rezultatu palyginimui naudojama Bentley Water Hammer programa.



# TYRIMAS

Hidraulinius smūgius nuotekų slėginiam tinkle naudojant kompiuterinę programą, nagrinejami 3 paleidimo scenarijai. Šie scenarijai pasirinkti būtent dėl to, kad jie realiame gyvenime dažnai pasitaiko ir sukelia grėsmę nuotekų tinklo veikimui.

## **Siurblio paleidimo scenarijai:**

1. Siurblio paleidimas
2. Siurblio stabdymas po 10 sek.
3. Avarinis siurblio stabdymas.





# PROBLEMŲ SPRENDIMO BŪDAI

Hidrauliniam smūgiui mažinti gali būti naudojami šie prietaisai:

- Viršslėgio mažinimo vožtuvai;
- Hidropneumatinis rezervuaras;
- Siurblio valdymo vožtuvai;
- Atbuliniai vožtuvai;
- Oro vožtuvai;



# ESAMA SLĖGINE NUOTEKŲ LINIJA

Tyrimo metu analizuojama esama nuotekų siurblinė, kuri surenka nuotekas ir perpumpuoja į valymo įrenginius. Išmatavus slėgio svyravimus ir atlikus hidraulinį modelį, kurio pagalba analizuojami duomenys.

Pagrindiniai parametrai:

- $Q_d \text{ max} - 2400 \text{ m}^3/\text{d}$ ;
- $Q_{\text{val}} - 168 \text{ m}^3/\text{h} - 170 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- $H \approx 50 \text{ m.v.st}$

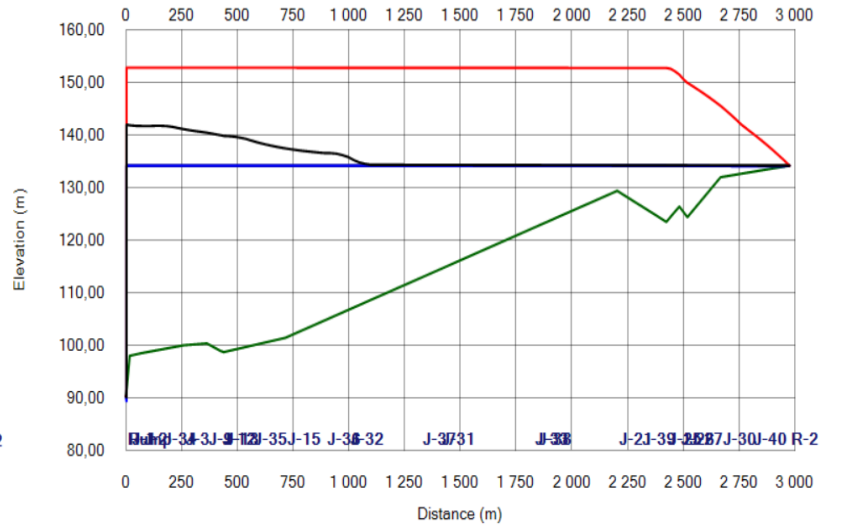
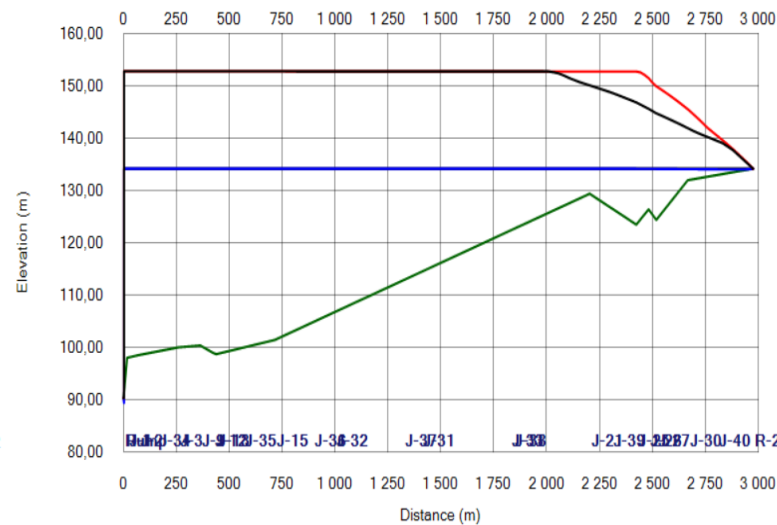
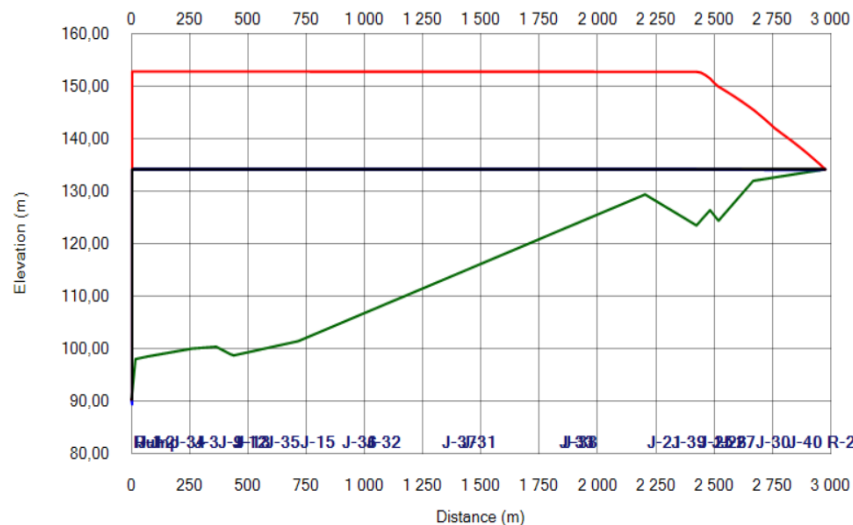
čia:  $\text{m}^3/\text{d}$  – nuotekų kiekis per dieną;  $\text{m}^3/\text{h}$  nuotekų kiekis per valanda; m.v.st – slėgio perkritis tarp įtekėjimo ir ištekėjimo



# SLĖGINĖS NUOTEKŲ LINIJOS SIURBLIO PALEIDIMAS

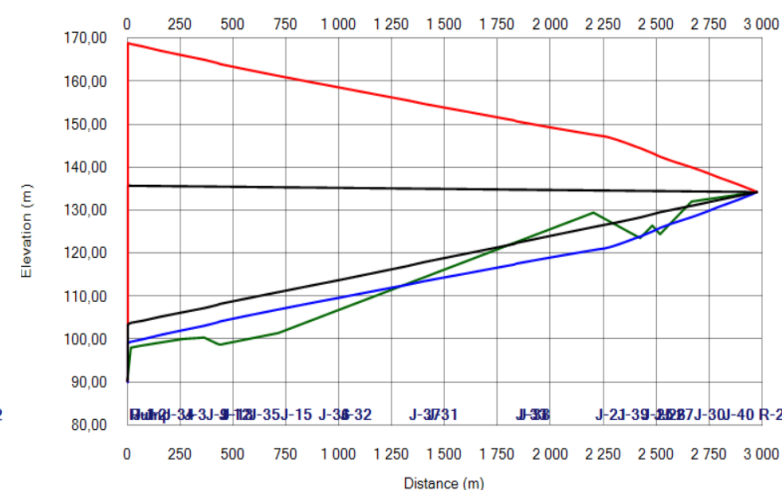
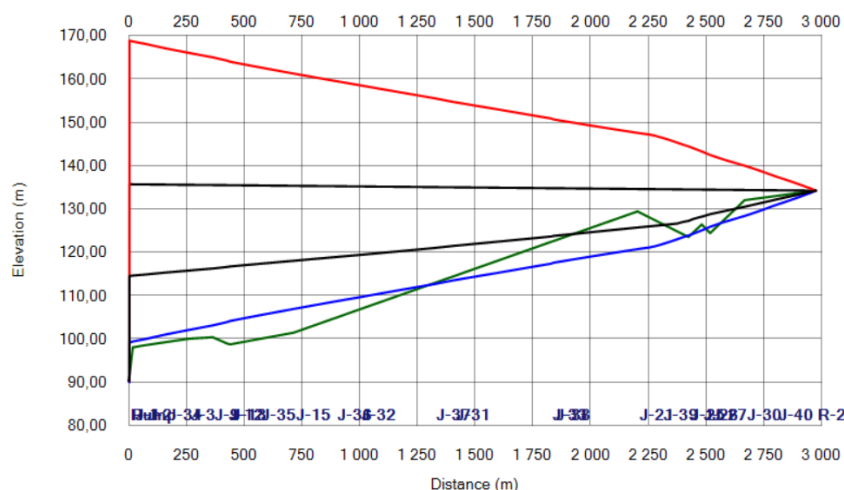
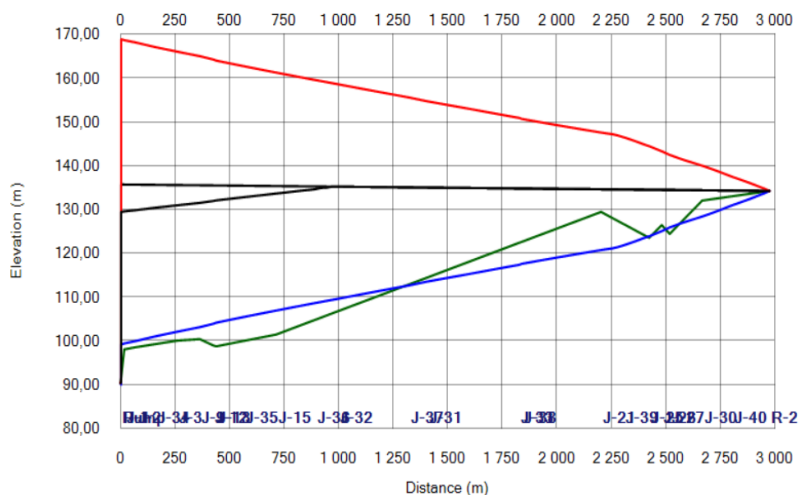
Analizuojame slėginės nuotekų linijos siurblio paleidimą veikiančią įprastai be jokių apsaugos priemonių.

Siurblio paleidimo metu matome slėgio padidėjimą. Didžiausias slėgio svyravimas nustatytas ties siurbline nuo 90 iki 152 m.v.st. (6,2 bar).



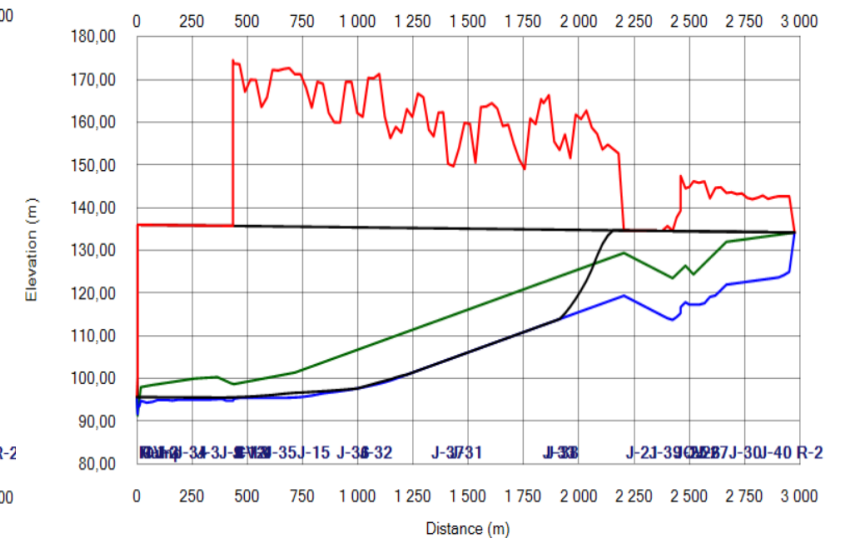
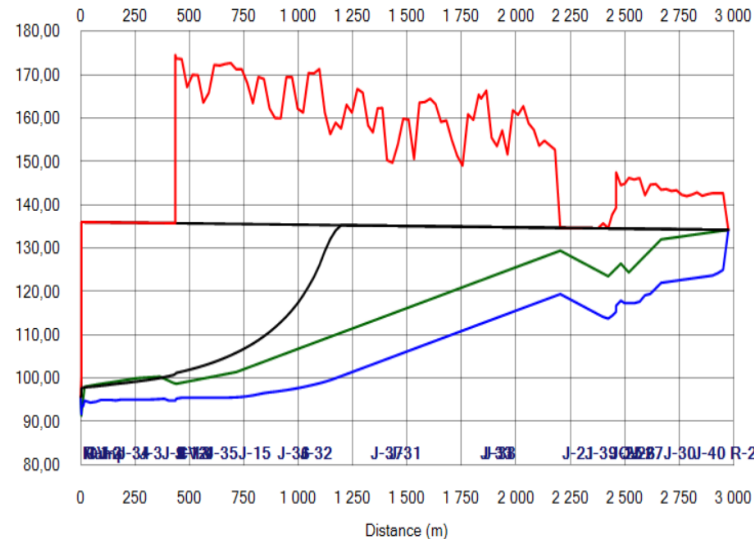
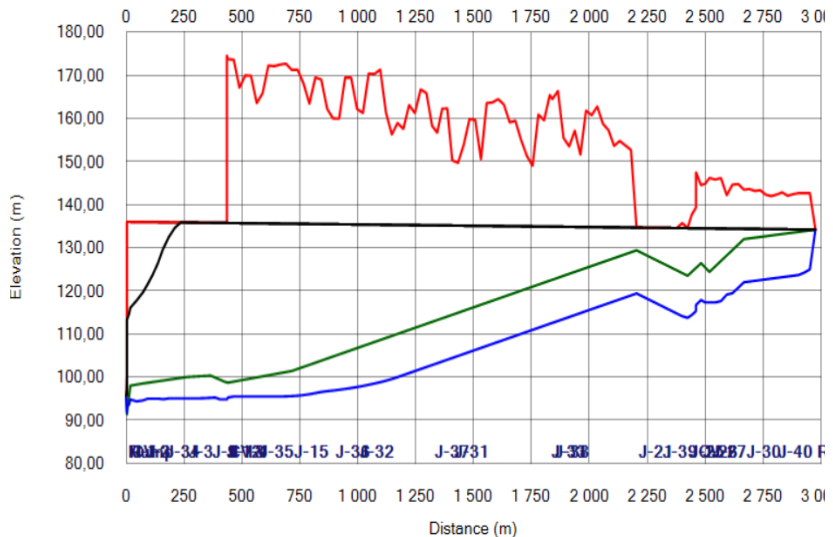
# SLĖGINĖS NUOTEKŲ LINIJOS SIURBLIO STABDYMAS PO 10 SEK

Slėginės nuotekų linijos siurblio stabdymas po 10 sek. Analizuojant siurblio stabdymą po 10 sek, matome kad tinkle pradėjo kauptis oras ir susidarė vakuumas. Didžiausias slėgio svyravimas yra ties siurbline - nuo 90 iki 168 m.v.st. (7,8 bar).



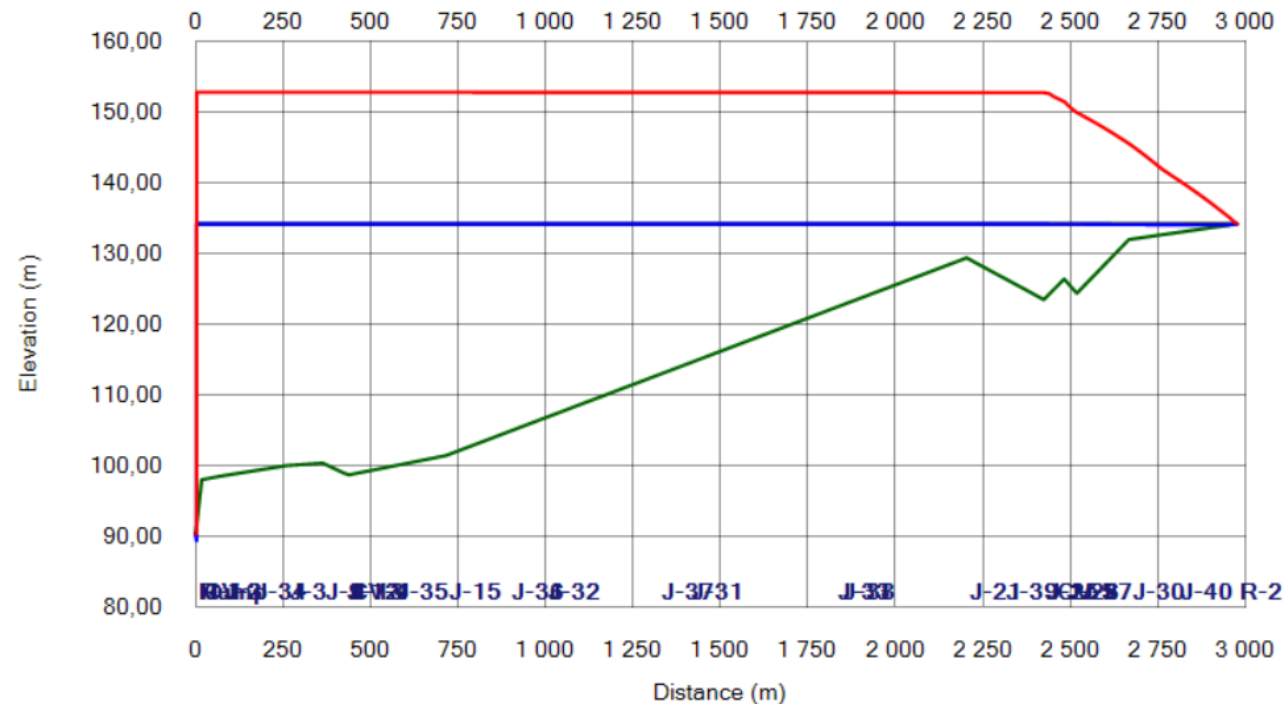
# SLĖGINES NUOTEKŲ LINIJOS AVARINIS SIURBLIO STABDYMAS

Atliekant analizę avarinio siurblio stabdymo scenarijaus metu matome didžiausius slėgio svyravimus, ir kad susidaro vakuumas per visa nuotekų tinklą. Didžiausias slėgio svyravimas nustatytas - nuo 91 iki 175 m.v.st. (8,4 bar).



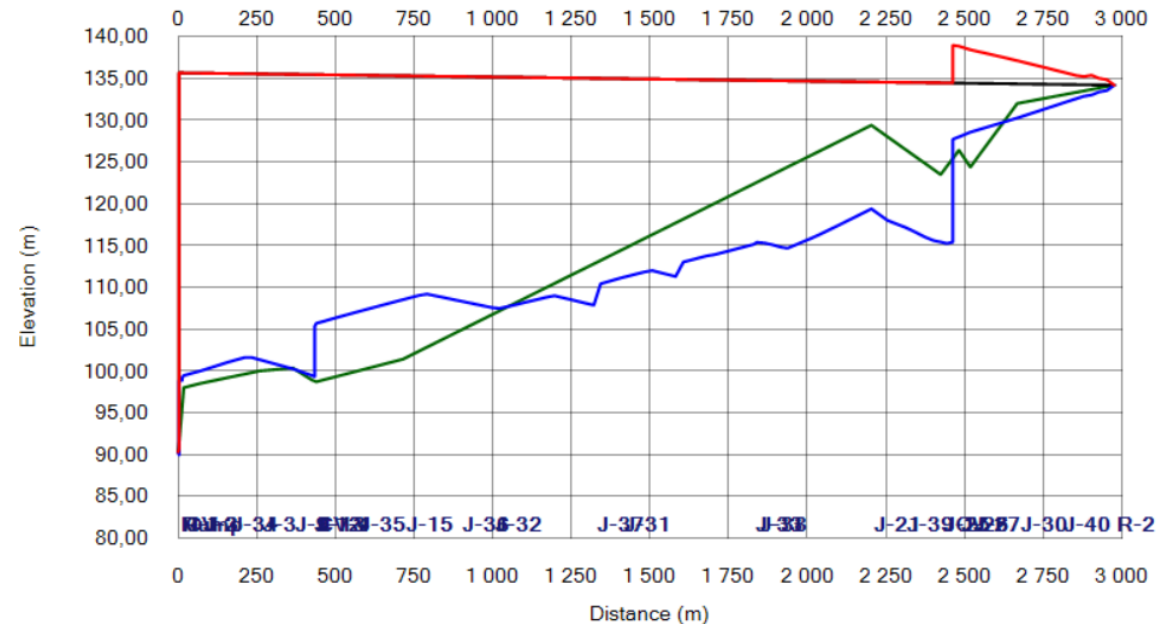
# SLĖGINES NUOTEKŲ LINIJOS SIURBLIO PALEIDIMO REZULTATAI

Įdiegus tris atbulinius vožtuvus: tinklo pradžioje, viduryje ir pabaigoje, modeliavimo programoje 4 pav. pagal šį scenarijų įdiegus priemones slėgio svyravimai nepakito.



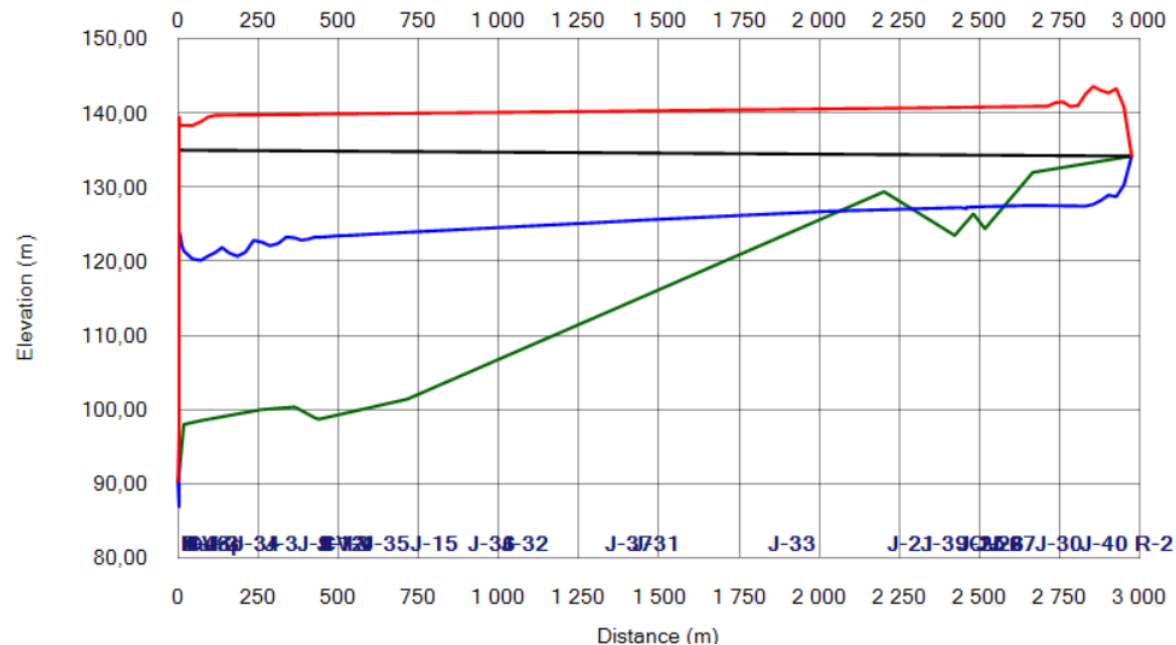
# SLĖGINES NUOTEKŲ LINIJOS SIURBLIO STABDYMAS PO 10 SEK REZULTATAI

Įdiegus tris atbulinius vožtuvus, slėgio svyravimai ties siurbline pakito nuo 90 iki 136 m.v.st (4,6 bar). Matome, kad slėgis tinkle svyravo žemyn – aukštyn ir vakuumo tinkle susidaro jau mažiau.



# SLĖGINES NUOTEKŲ LINIJOS AVARINIS STABDYMO REZULTATAI

Avarinio siurblio stabdymo metu įdiegus tris atbulinius vožtuvus ir hidropneumatinį talpą, kurio tūris 3000 litrų, slėgio svyravimai ties siurbline pakito nuo 87 iki 140 m.v.st (5,3 bar).





# IŠVADOS

- Sukurtame nuotekų slėginės linijos hidrauliniam modelyje užfiksuoti slėgio svyravimai tiesiogiai priklauso nuo vietovės reljefo. Dideli slėgio svyravimai pastebimi nelygiose (kalvotose) vietovėse.
- Nuotekų slėginės linijos hidrauliniam modelyje naudoti atbuliniai vožtuvai ir hidropneumatinė talpa. Nustatyta, kad slėgio svyravimus, taip pat ir neigiamą slėgį, efektyviausiai hidraulinių smūgį sumažino hidropneumatinė talpa, naudojant šias priemones prailginamas slėginės linijos ir armatūros eksploatavimo laikas.
- Stabdant siurblių susidarantys slėgio bangos svyravimai yra daugiau kaip du kartus didesni negu siurblių paleidžiant.
- Hidraulinis tinklo modeliavimas efektyviausiai padeda parinkti hidraulinio smūgio apsaugos priemones.



# LITERATŪRA

- Ellis, J. 2008. Pressure transients in water engineering. London: Thomas Telford Publishing. 540 p.
- Kay, M. 2008. Practical Hydraulics. 2nd ed. Taylor & Francis. 260 p.
- Pothof, I.; Karney, B. 2012. Guidelines for transient analysis in water transmission and distribution systems. Pothof and Karney, licensee InTech. 22 p. <http://dx.doi.org/10.5772/53944>
- Wichowski, R. 2006. Hydraulic Transients Analysis in Pipe Networks by the Method of Characteristics (MOC), Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics 53(3): 267–291.
- Ludecke, H. J.; Kothe, B. 2006. Water hammer. KSB know-how, Halle, Germany, 34 p.
- Savic, A.; Banyard, J. K. 2011. Water Distribution Systems. ICE Publishing, London, United Kingdom. 342 p. <http://dx.doi.org/10.1680/wds.41127>
- Tijsseling, A. S.; Anderson, A. 2006. The Joukowsky equation for fluids and solids. Eindhoven: Technical University of Eindhoven. 11 p



# Hidraulinių smūgių analizė slėginiuose nuotekų tinkluose

Aleksandr Nevdach