

# AV'15

KONFERENCE  
ASFALTOVÉ VOZOVKY 2015

## STANOVENÍ NEROVNOSTÍ A MEZINÁRODNÍHO INDEXU NEROVNOSTI Z MRAČEN BODŮ (LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ)

Ing. Josef Žák, Ph.D.

Ing. Jan Valentin, Ph.D.

24.-25. listopadu, České Budějovice

## Obsah prezentace

- **Měření geometrických parametrů vrstev vozovek**
- **Laserové skenování**
- **RIRI**
  - Výpočet nerovností – gravitační těžiště.
  - IRI – Zpracování mrač. bodů. Určení trasy měření, simulace jízdy čtvrtvozidla.
- **Ukázka programu RIRI a výstupu**
- **Korelace**

## Požadavky na stanovení geom. kvalit

### Měření nerovností dle TKP

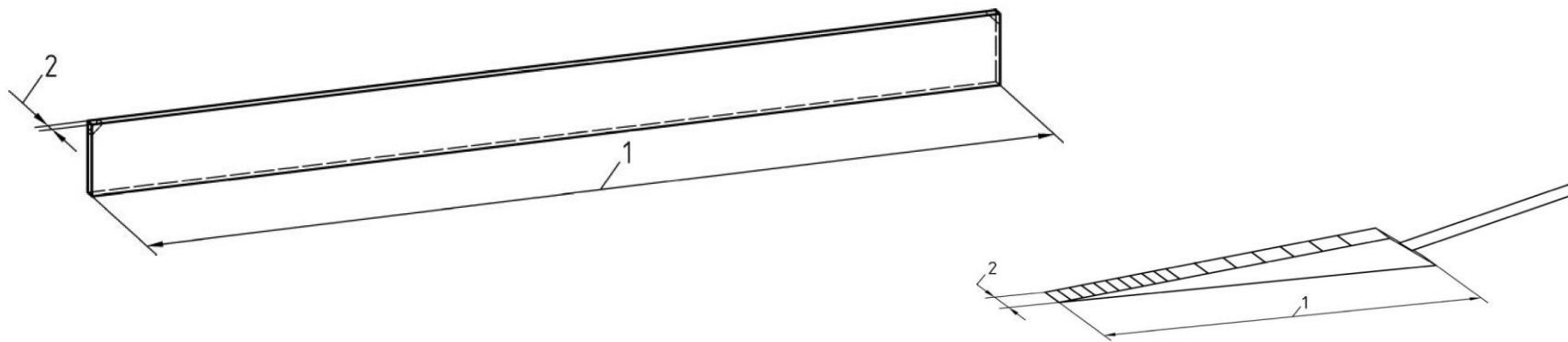
- ➔ TKP 4 Zemní práce – **Zemní pláň - 4 m latí**, pod kterou nesmí být prohlubeň větší než 25 mm u dálnic, silnic I. a II. třídy, místních komunikací rychlostních a sběrných. 30 mm se připouští u ostatních silnic a místních komunikací.
- ➔ TKP 5 **Podkladní vrstvy** – Odebírání vzorků a kontrolní zkoušky - měření nerovnosti povrchu **se požaduje pouze při opravách krytu.**
- ➔ TKP 7 **Asfaltové hutněné směsi** - Pro dálnice, rychlostní silnice, rychlostní místní komunikace a pozemní komunikace s TDZ S, I a II, jsou druhy a četnosti kontrolních zkoušek uvedeny v tabulkách 2 až 4 těchto TKP. Povrch obrusné, ložní i podkladní asfaltové vrstvy nesmí mít nerovnosti v podélném a příčném směru větší než hodnoty stanovené ČSN 73 6121 tabulka 16.

### Měření IRI

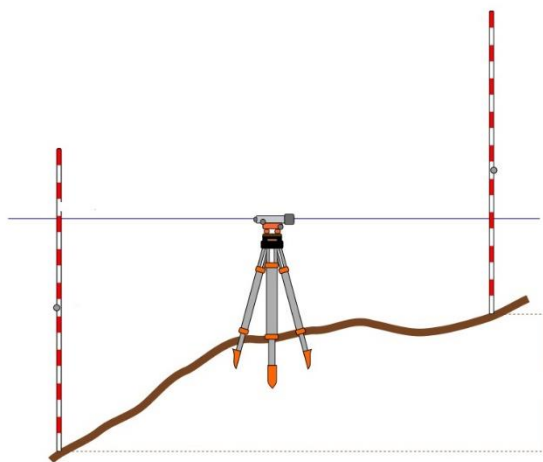
- ➔ TKP 7 **Asfaltové hutněné směsi** - Na dálnicích včetně křižovatkových větví, rychlostních silnicích a silnicích I. třídy se provádí měření (např. **IRI** vyjadřující nerovnosti v podélném směru).

# Požadavky na stanovení geom. kvalit

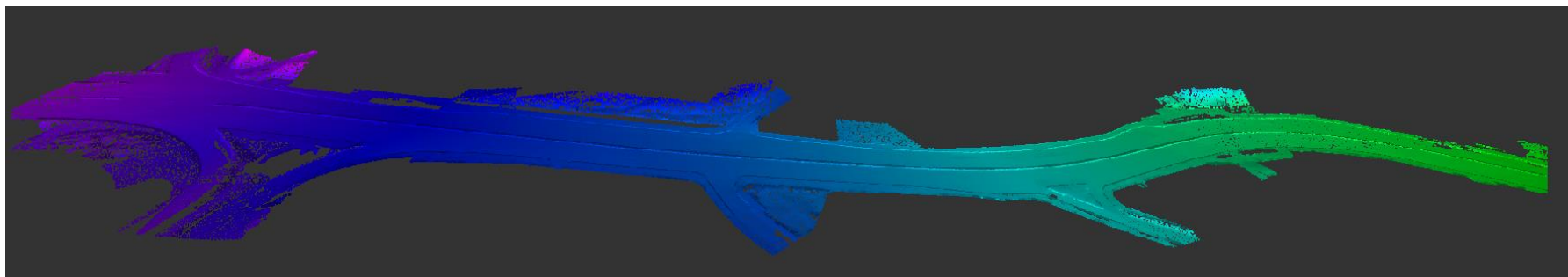
## Podélná nerovnost



## IRI



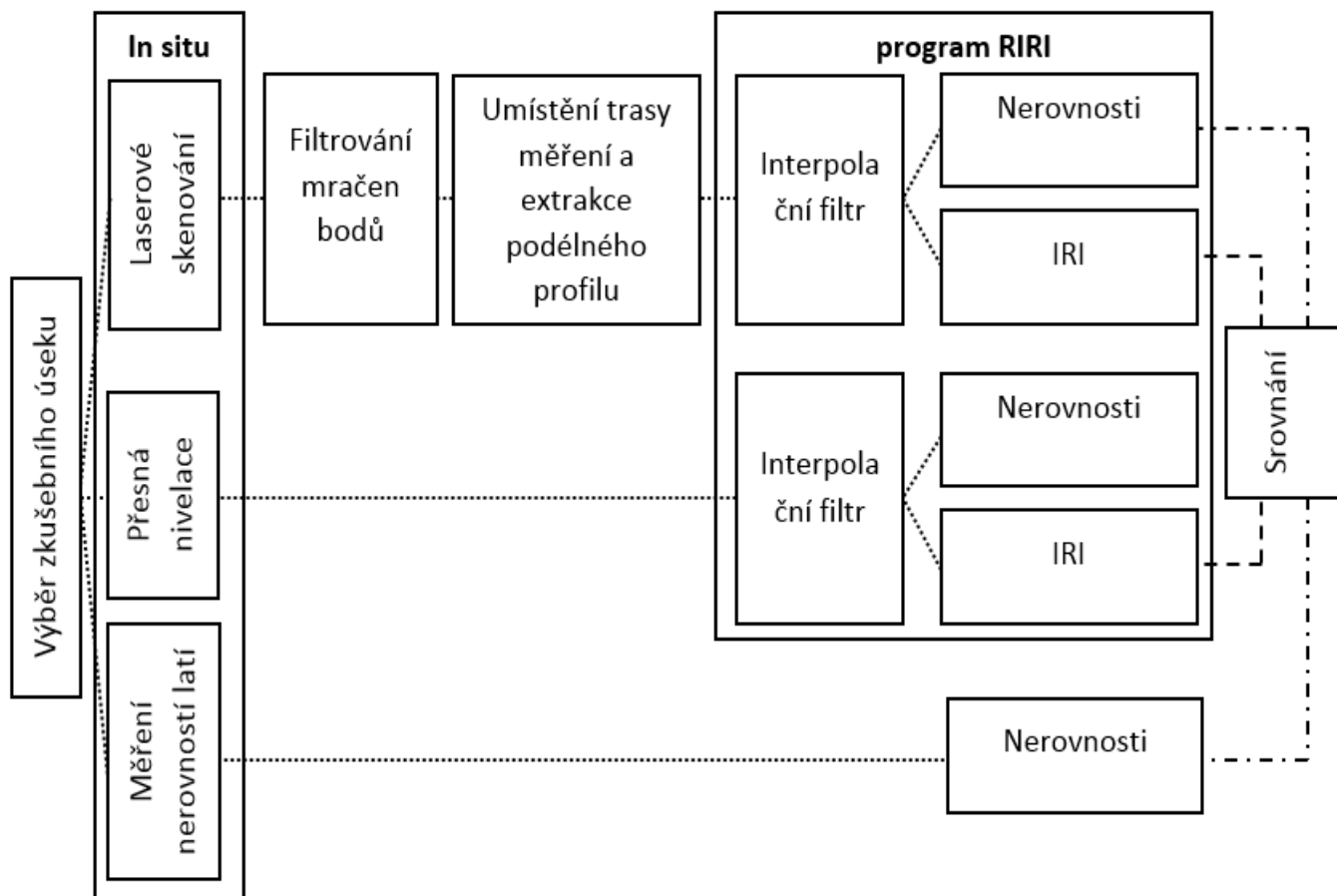
## Laserové skenování



## Laserové skenování

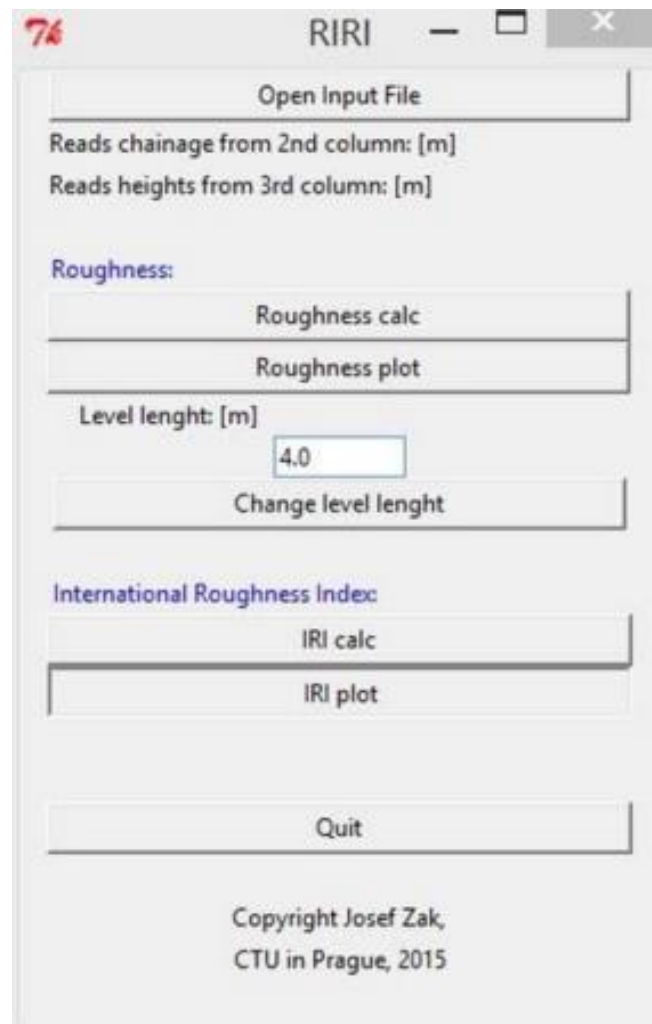


## Metodika

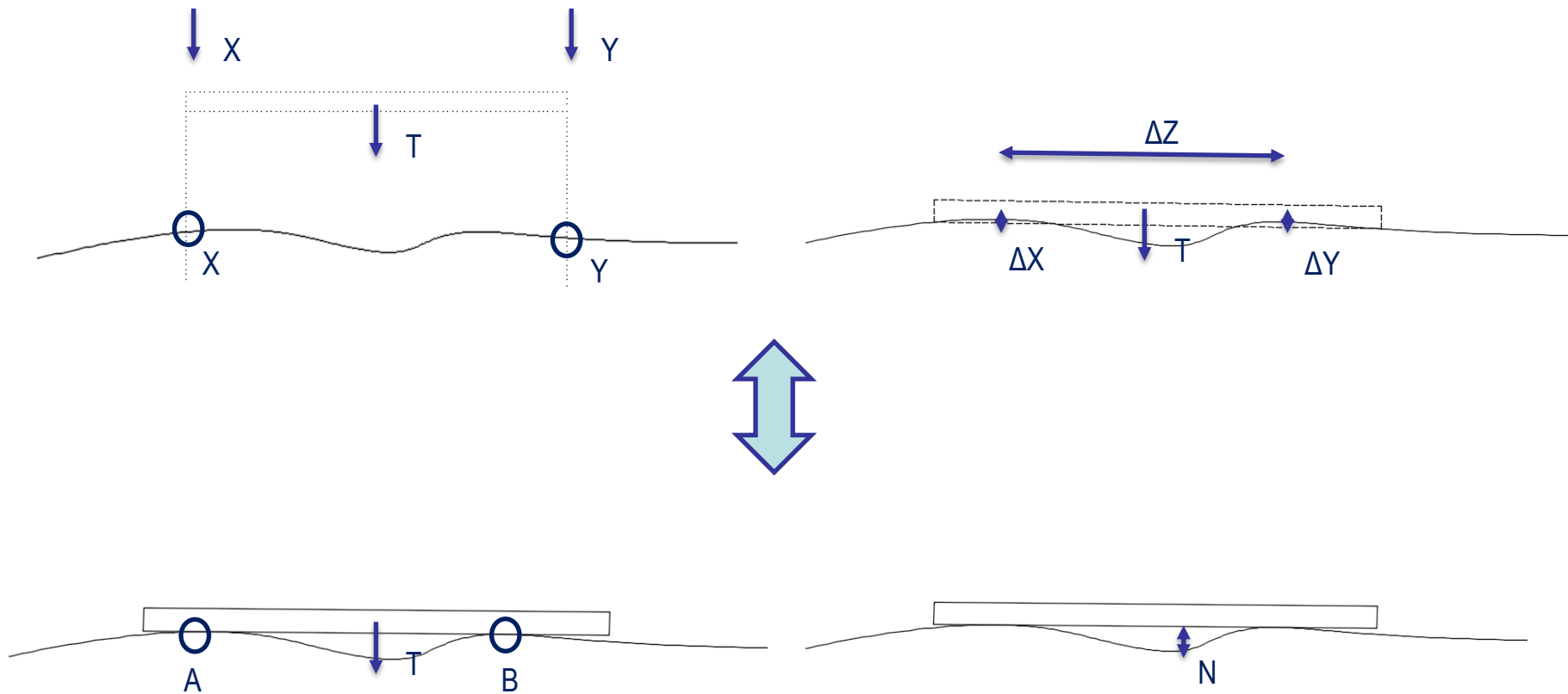


## Program RIRI

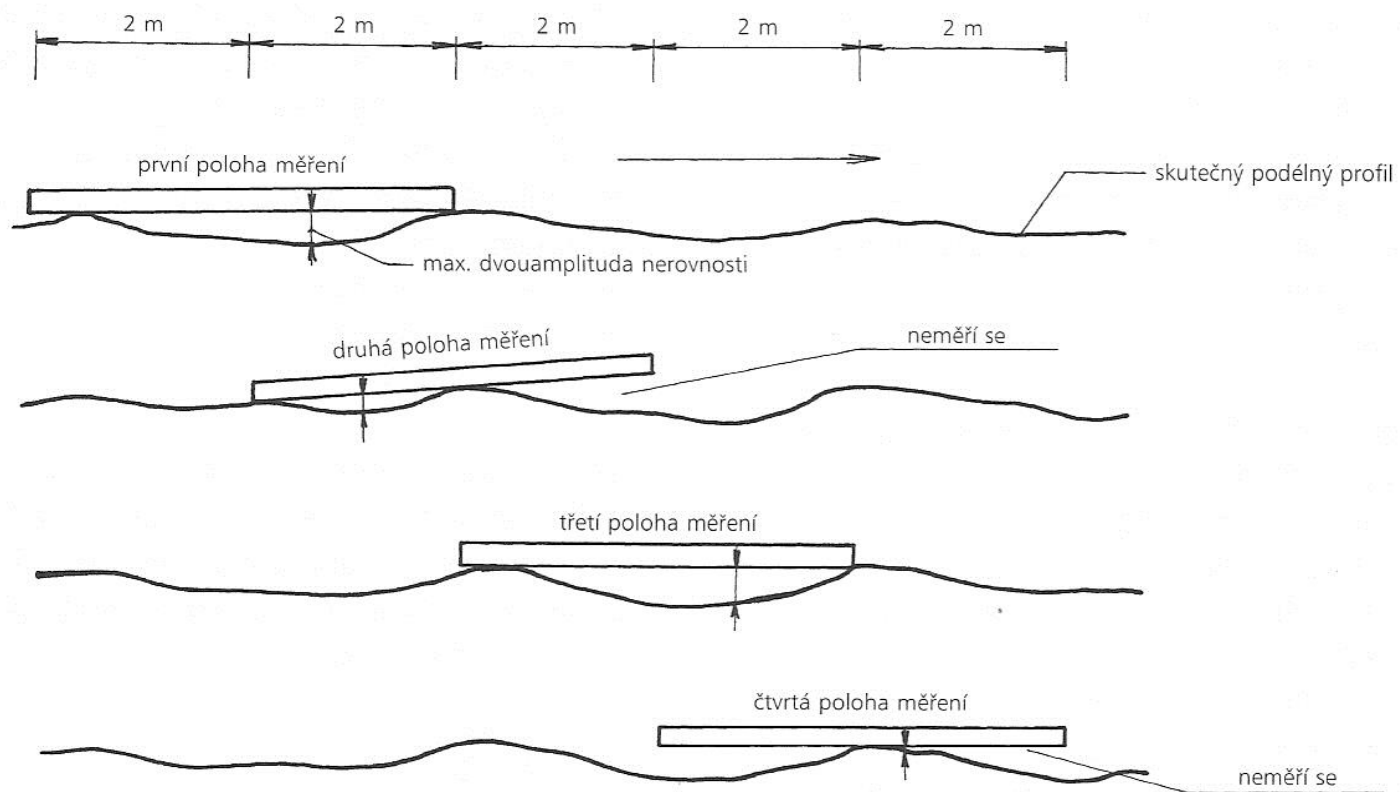
- Programovací jazyk Python
- Data z laserového skenování
- Podélné profily v ASCII
- Výpočet nerovností
- Výpočet IRI



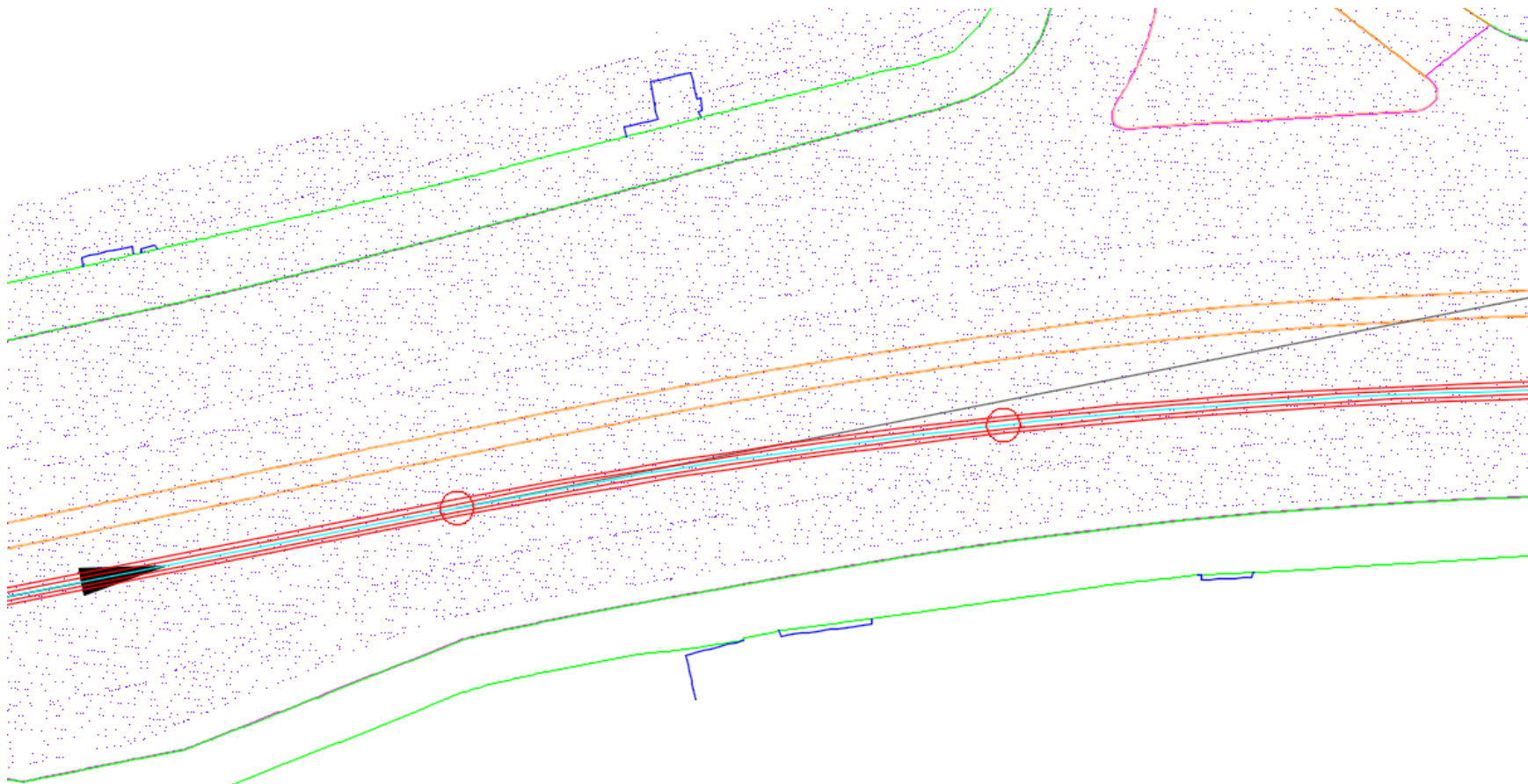
## Princip výpočtu nerovností



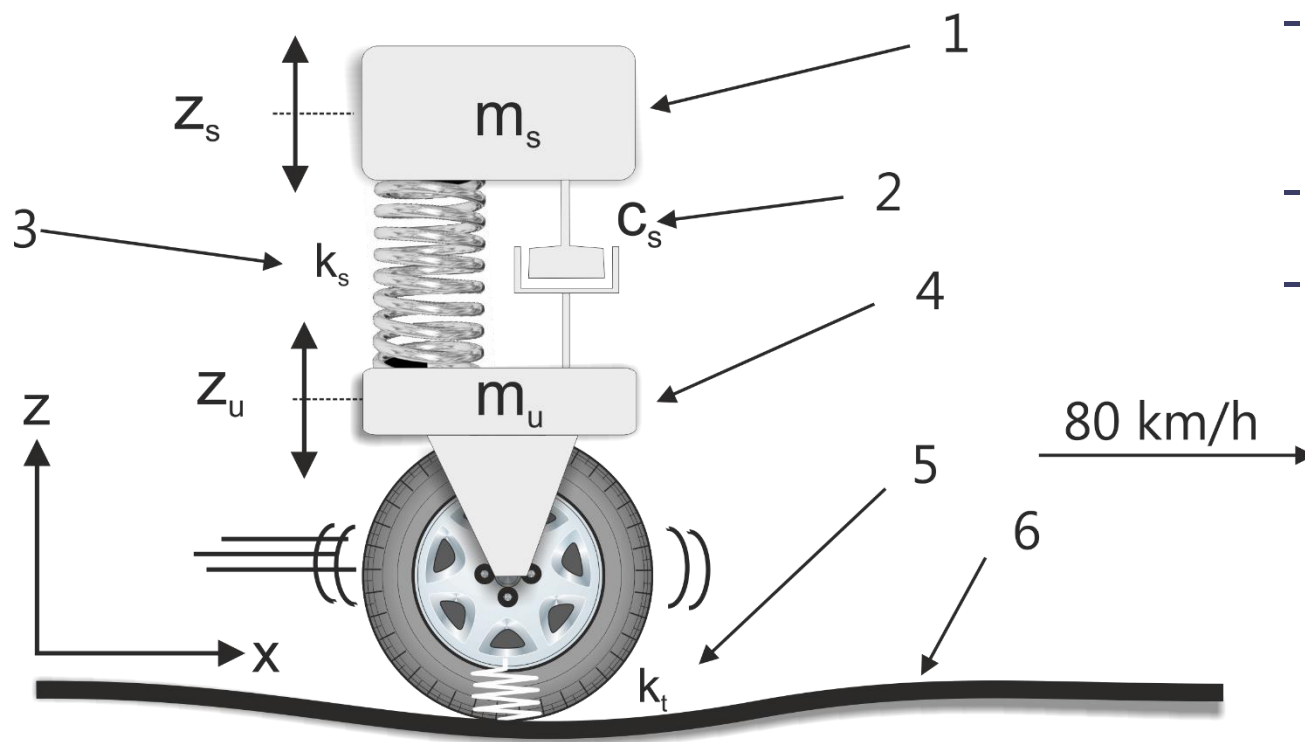
## Princip výpočtu nerovností



## Princip výpočtu IRI

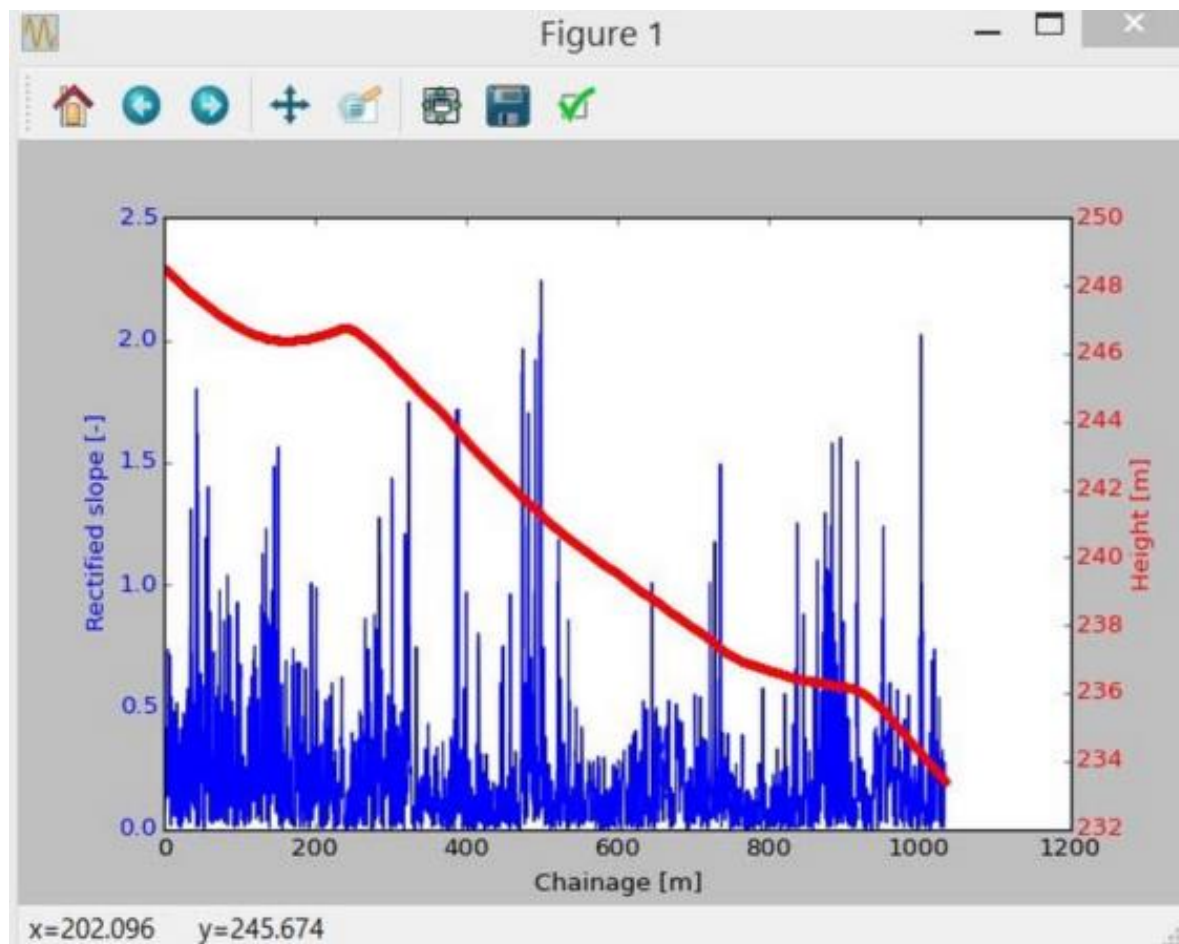
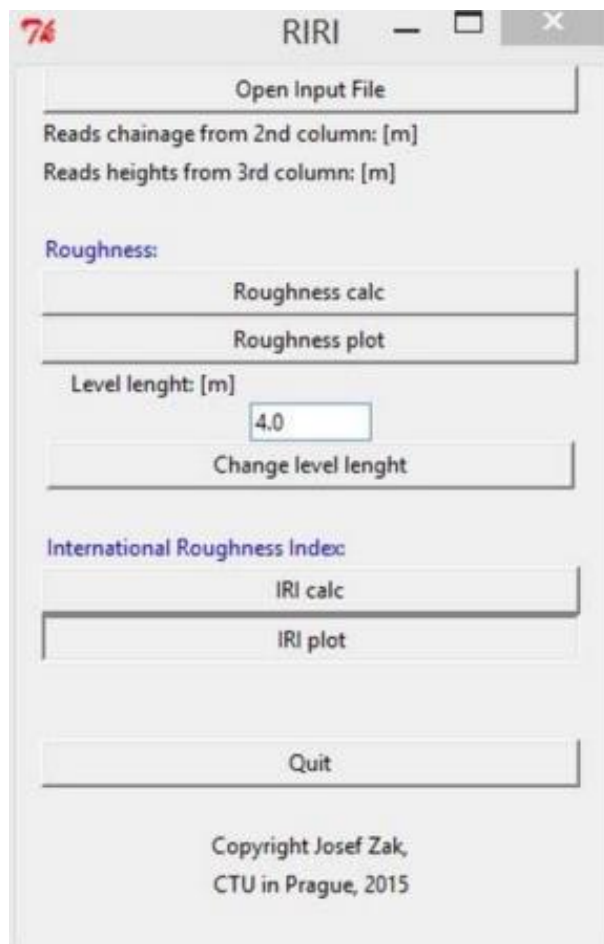


## Princip výpočtu IRI

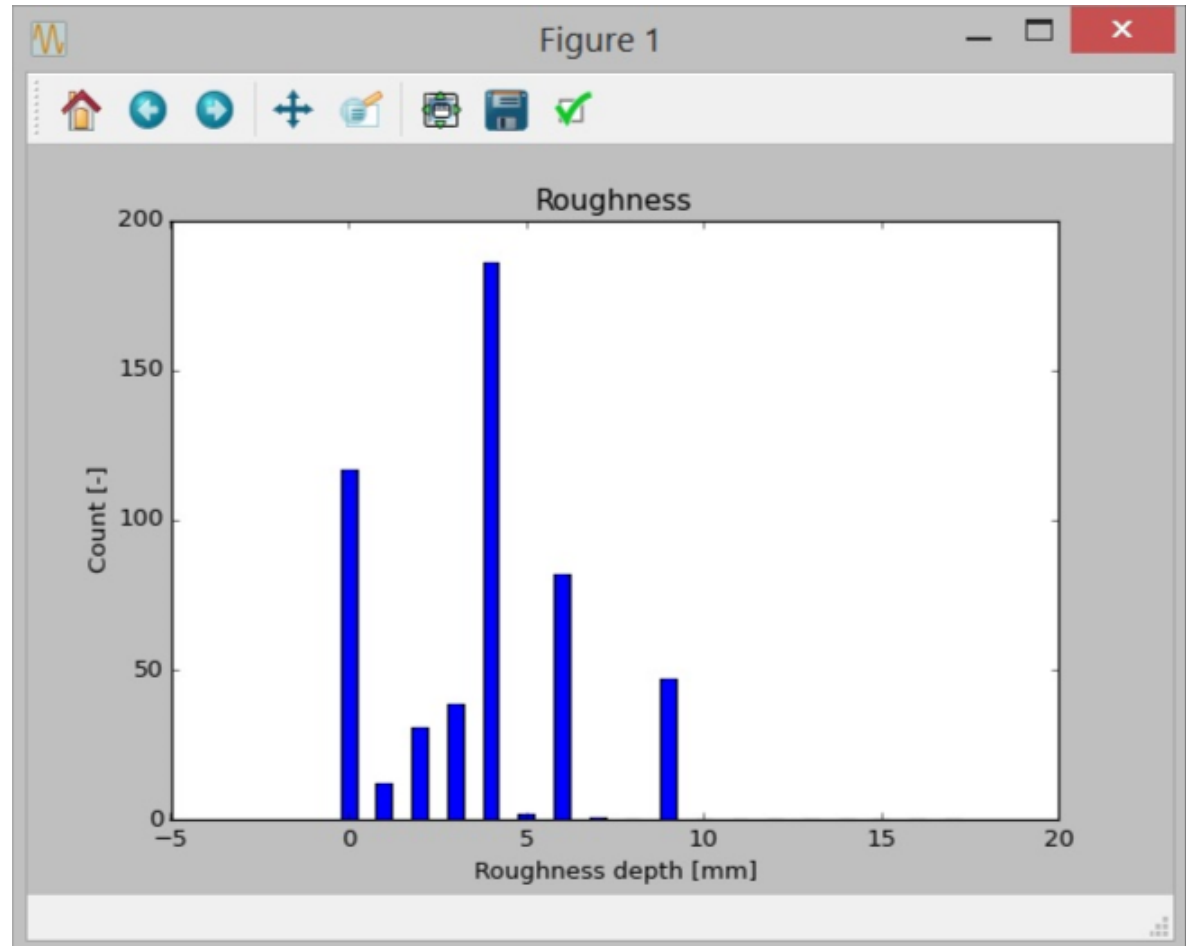
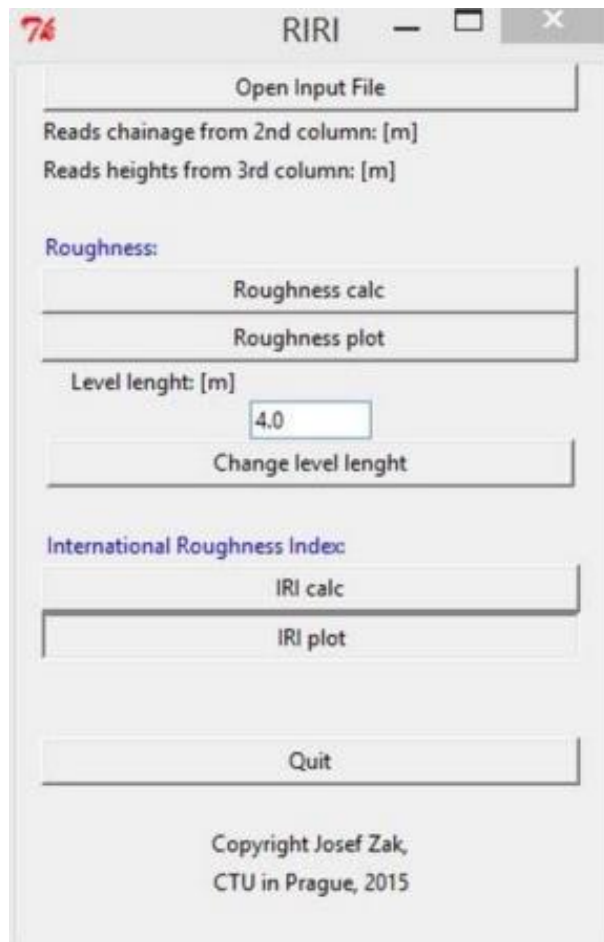


- Simulace jízdy čtvrt vozidla
- 80 km/h
- Pojezd po povrchu měřeným přesnou nivelací a laserscanem

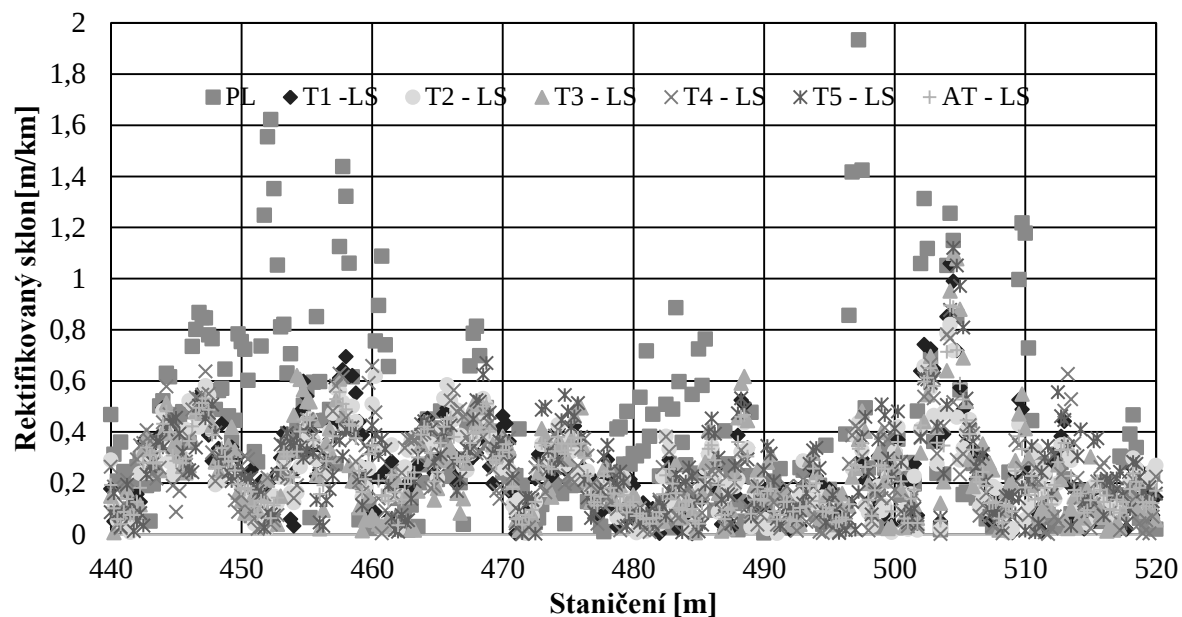
## Program RIRI - IRI



## Program RIRI - nerovnosti

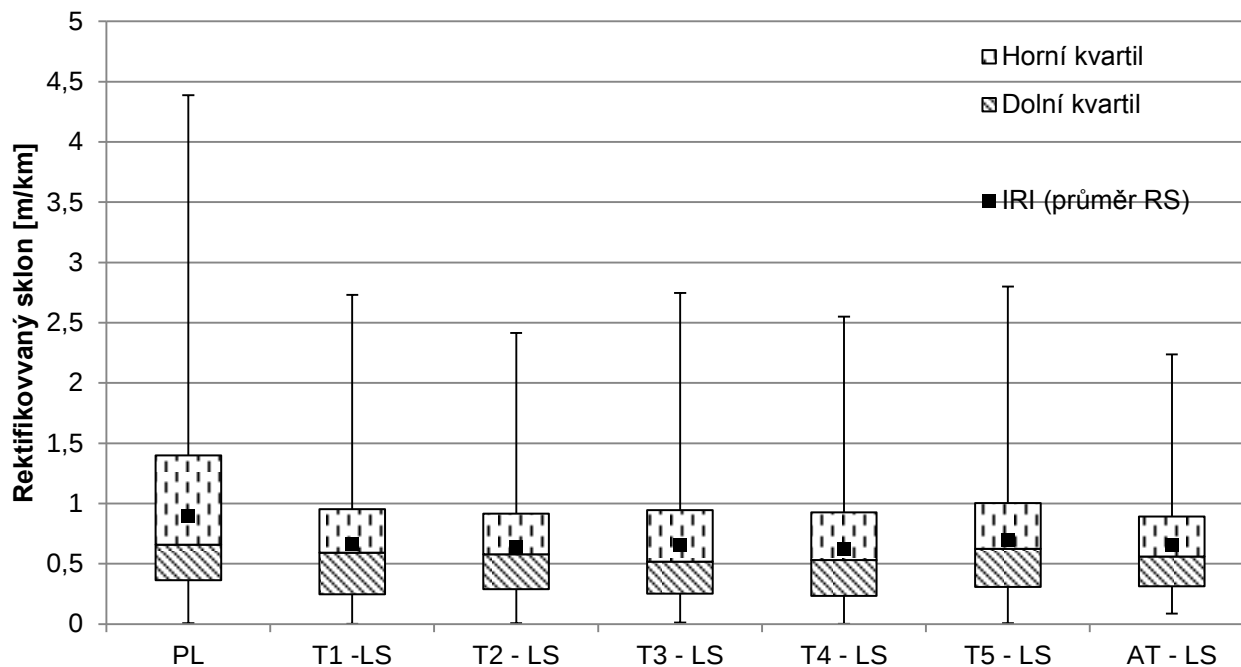


## Interpretace hodnot IRI



Obtížné nesubjektivní vyhodnocení měření v několika profilech.

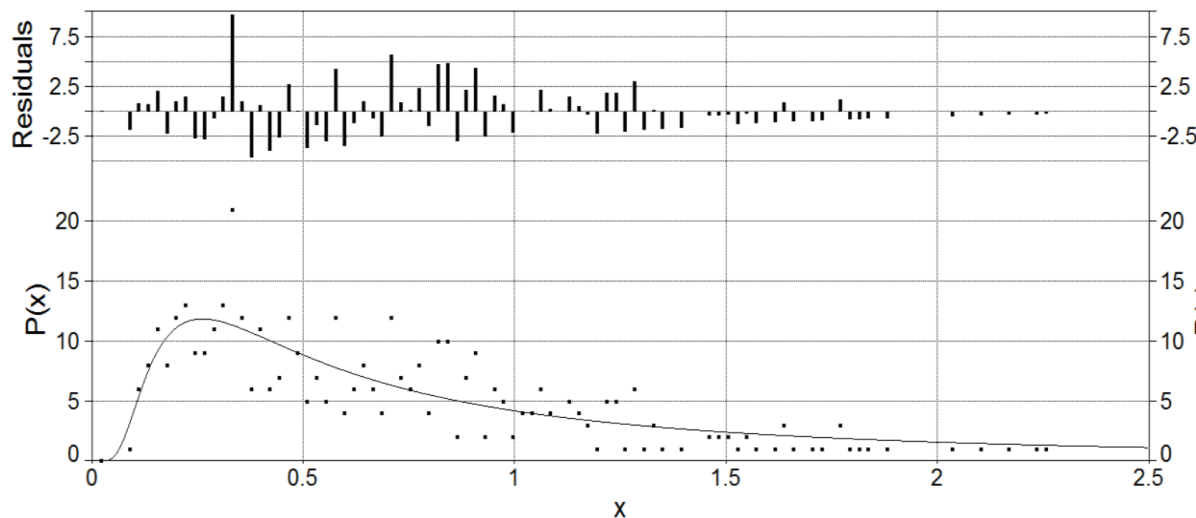
## Interpretace hodnot IRI



**Box-Whisker plot.**

LS měření mají nižší variabilitu.

## Interpretace hodnot



**Freedman a Diaconisovo pravidlo pro tvorbu historgramů**

$$h = 2(IQ)n^{-1/3}$$

**IV. typ Pearsonovo distribuční funkce**

$$P(x) = \frac{a}{\left[1 + \frac{4 * (x - b)^2 (2^{\frac{1}{d}} - 1)}{c^2}\right]^d}$$

# Srovnání rektifikovaných sklonů a IRI a parametry Pearsonova rozdělení IV. typu

|                                                | Zk. úsek #1 |         | Zk. úsek #2 |         | Zk. úsek #3 |         | PCC mezi PL a AT -<br>LS |
|------------------------------------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|--------------------------|
|                                                | PL          | AT - LS | PL          | AT - LS | PL          | AT - LS |                          |
| <b>IRI (Průměr z RS)</b>                       | 0.894       | 0.657   | 4.662       | 2.004   | 6.346       | 4.190   | <b>0.94</b>              |
| <b>Standardní odchylka</b>                     | 0.715       | 0.437   | 4.377       | 1.447   | 5.099       | 2.730   | <b>0.91</b>              |
| <b>Min</b>                                     | 0.008       | 0.086   | 0.006       | 0.074   | 0.074       | 0.076   | <b>-0.39</b>             |
| <b>Q1</b>                                      | 0.362       | 0.312   | 1.618       | 0.951   | 2.403       | 2.214   | <b>0.95</b>              |
| <b>Medián</b>                                  | 0.657       | 0.560   | 3.480       | 1.688   | 5.086       | 3.578   | <b>0.95</b>              |
| <b>Q3</b>                                      | 1.398       | 0.890   | 6.051       | 2.529   | 9.320       | 5.502   | <b>0.96</b>              |
| <b>Max</b>                                     | 4.386       | 2.236   | 28.008      | 9.593   | 26.792      | 15.599  | <b>0.87</b>              |
| <b>Dolní rozpětí</b>                           | 0.362       | 0.312   | 1.618       | 0.951   | 2.403       | 2.214   | <b>0.95</b>              |
| <b>Horní kvartil</b>                           | 0.295       | 0.248   | 1.862       | 0.737   | 2.683       | 1.363   | <b>0.97</b>              |
| <b>Dolní kvartil</b>                           | 0.741       | 0.330   | 2.571       | 0.842   | 4.234       | 1.924   | <b>0.97</b>              |
| <b>Parametry Pearsonova rozdělení IV. typu</b> |             |         |             |         |             |         |                          |
| <b>a</b>                                       | 46.127      | 11.841  | 11.381      | 0.539   | 17.268      | 0.627   | <b>0.99</b>              |
| <b>b</b>                                       | 0.475       | 0.261   | 4.110       | 3.856   | 1.802       | 4.212   | <b>0.72</b>              |
| <b>c</b>                                       | 0.170       | 0.011   | 1.380       | 0.871   | 6.105       | 1.976   | <b>0.97</b>              |
| <b>d</b>                                       | 0.330       | 0.879   | 0.030       | 0.077   | 0.600       | 0.002   | <b>-0.05</b>             |
| <b>r2 koef. det.</b>                           | 0.871       | 0.679   | 0.815       | 0.603   | 0.848       | 0.888   | -                        |

## Srovnání nerovností popsaných Pearsonovou distribuční funkcí IV. typu

|                                         | Zk. úsek #1 |         | Zk. úsek #2 |         | Zk. úsek #3 |         | PCC mezi PL a AT - LS |
|-----------------------------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-----------------------|
|                                         | PL          | AT - LS | PL          | AT - LS | PL          | AT - LS |                       |
| Parametry Pearsonova rozdělení IV. typu |             |         |             |         |             |         |                       |
| a                                       | 1598.81     | 249.53  | 36.42       | 43.67   | 11.46       | 128.10  | 0.91                  |
| b                                       | -0.522      | 1.451   | 2.584       | 1.830   | -22.851     | -0.037  | 1.00                  |
| c                                       | 0.050       | 0.711   | 0.700       | 0.035   | 2.050       | 0.004   | -0.78                 |
| d                                       | 0.522       | 0.999   | 0.868       | 0.227   | 0.024       | 0.172   | 0.16                  |
| r2 coef. det.                           | 0.857       | 0.990   | 0.903       | 0.769   | 0.769       | 0.868   | -                     |

## Závěr

- Vyvinut program k provedení analýz IRI a nerovností z dat laserového skenování.
- Vypočtené podélné nerovnosti a IRI korelují velmi dobře.
- K vyhodnocení tvaru křivky lze použít Pearsonovo rozdělení IV typu.

Další kroky:

RIRI v2

**Podpora výkonově orientovaných modelů výstavby !!!**

**Děkuji za pozornost.**

**Ing. Josef Žák, Ph.D.**  
**[josef.zak@fsv.cvut.cz](mailto:josef.zak@fsv.cvut.cz)**