

Analýza dopravních dat a model neřízené křižovatky

Oleg Jaroslavovič Pasteliak

Vedoucí: Mgr. Milan Krbálek, PhD.



O čem to dnes bude

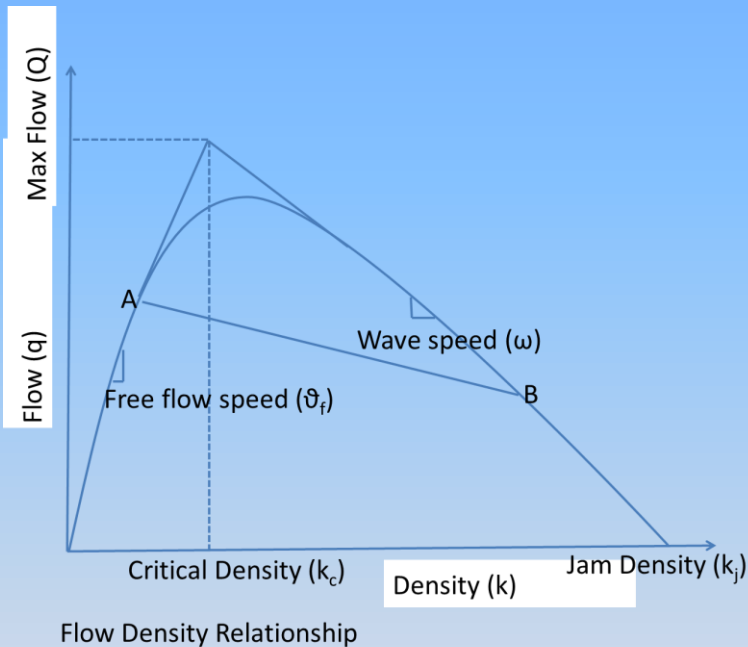
- Dopravní proud a zácpy (dopravní)
- Dysonův termodynamický plyn
- Analýza dopravních dat z neřízené křižovatky
- Model neřízené křižovatky



Studium a analýza dopravního toku

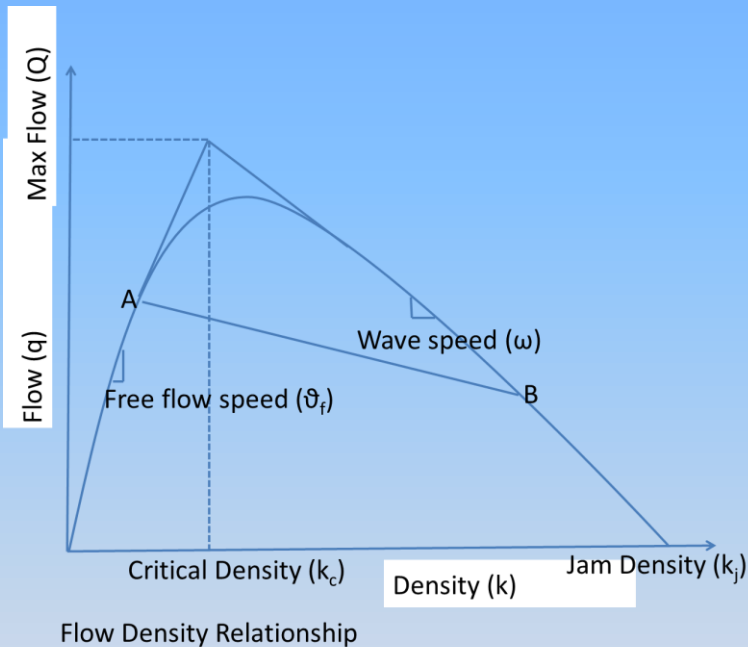
- **Komponenty:** vozidla s řidiči (mobilní) a infrastruktura (silnice, semaforey, značky – nemobilní)
- **Cíl:** matematický model popisující interakci mezi součástmi dopravního toku -> optimální silniční síť, minimum zácp
- **Náš cíl:** model pro jednu izolovanou křižovatku

Fundamentální diagram



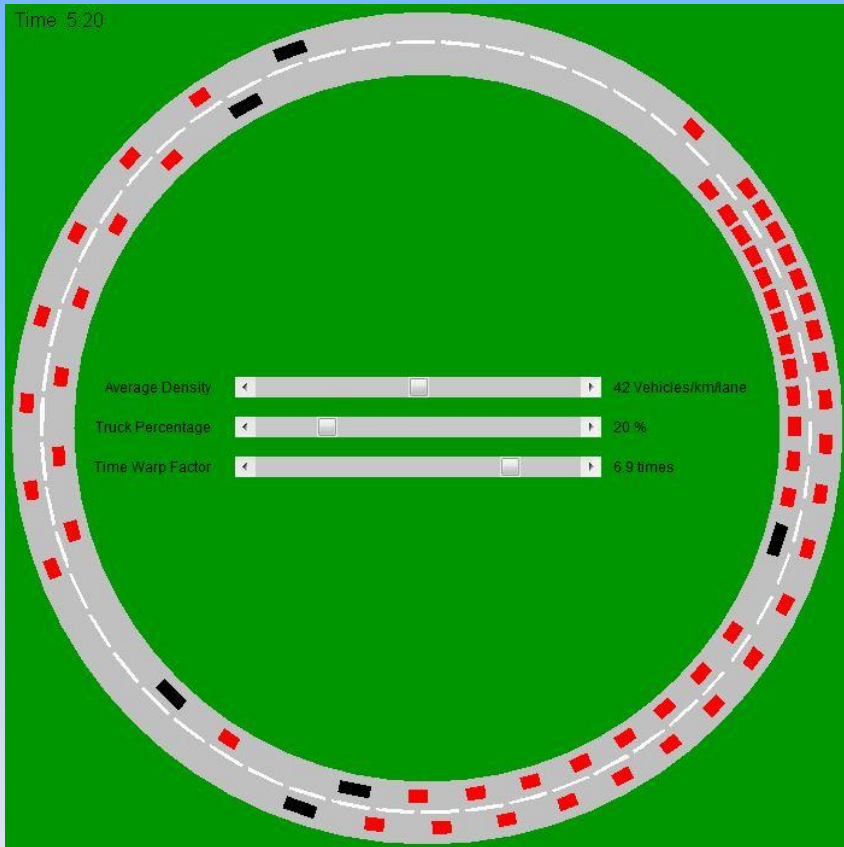
- **Dopravní tok** – počet vozidel za hodinu
- **Fundamentální diagram** – závislost toku na hustotě vozidel
- Při velké hustotě vozidel dojde ke snížení toku

Dopravní režimy



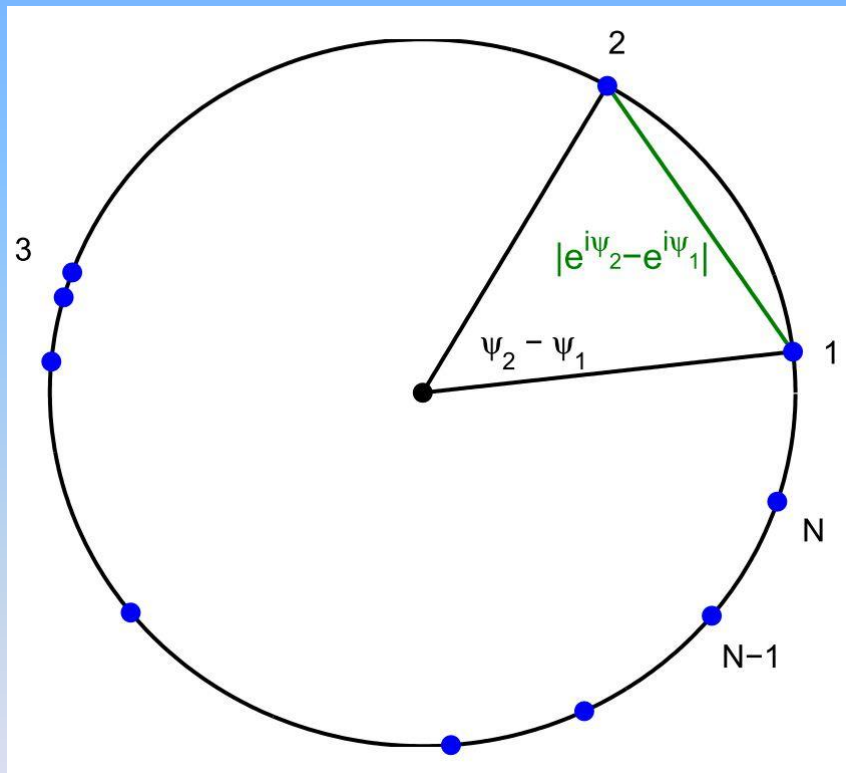
- Volný režim dopravy – hustota 0-20 vozidel/km
- Synchronizovaný dopravní režim – 20 až 80 vozidel/km
- Stop-and-go režim – hustota nad 80, zácpa

Dopravní zácpa



- Může vzniknout i bez úzkého hrdla
- Pohybuje se proti směru jízdy
- <http://www.traffic-simulation.de/>

Dysonův termodynamický plyn



- N identických částic na kružnici s úhlovými souřadnicemi $0 \leq \phi_1 < \phi_2 < \dots < \phi_N < 2\pi$ s krátkodosahovým mocninným potenciálem

$$V = - \sum_{k=1}^N \frac{1}{|\varphi_k - \varphi_{k-1}|^\alpha}$$

- Inverzní teplota plynu β :
 $\beta kT = 1$



Potenciál termodynamického plynu

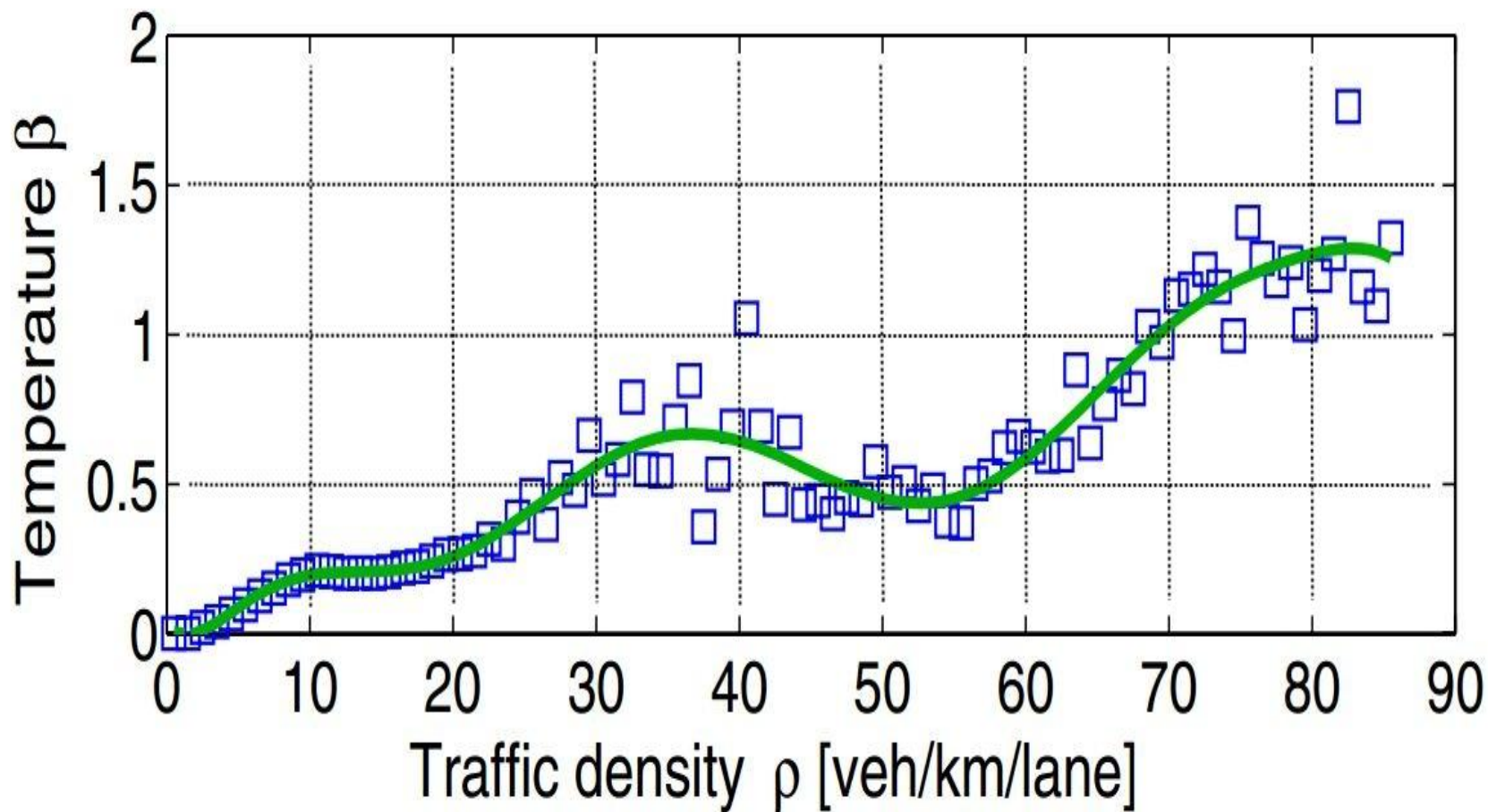
- Krátkodosahový mocninný $V = - \sum_{k=1}^N \frac{1}{|\varphi_k - \varphi_{k-1}|^\alpha}$
- Dlouhodosahový mocninný $V = - \sum_{1 < i < j < N} \frac{1}{|\varphi_i - \varphi_j|^\alpha}$
- Interakce 3 a více částic
- Vyvážený: $\alpha = 1$
- Zesílený: $\alpha = 2$



Metropolisův algoritmus

- Algoritmus pro simulaci jednorozměrného statistického plynu založený na metodě Monte Carlo
- Posouvá částice a snižuje potenciální energii
- Po určitém počtu kroků nastane tepelná rovnováha a potenciální energie se téměř ustálí
- Implementován v Matlabu

β vs. hustota dopravy

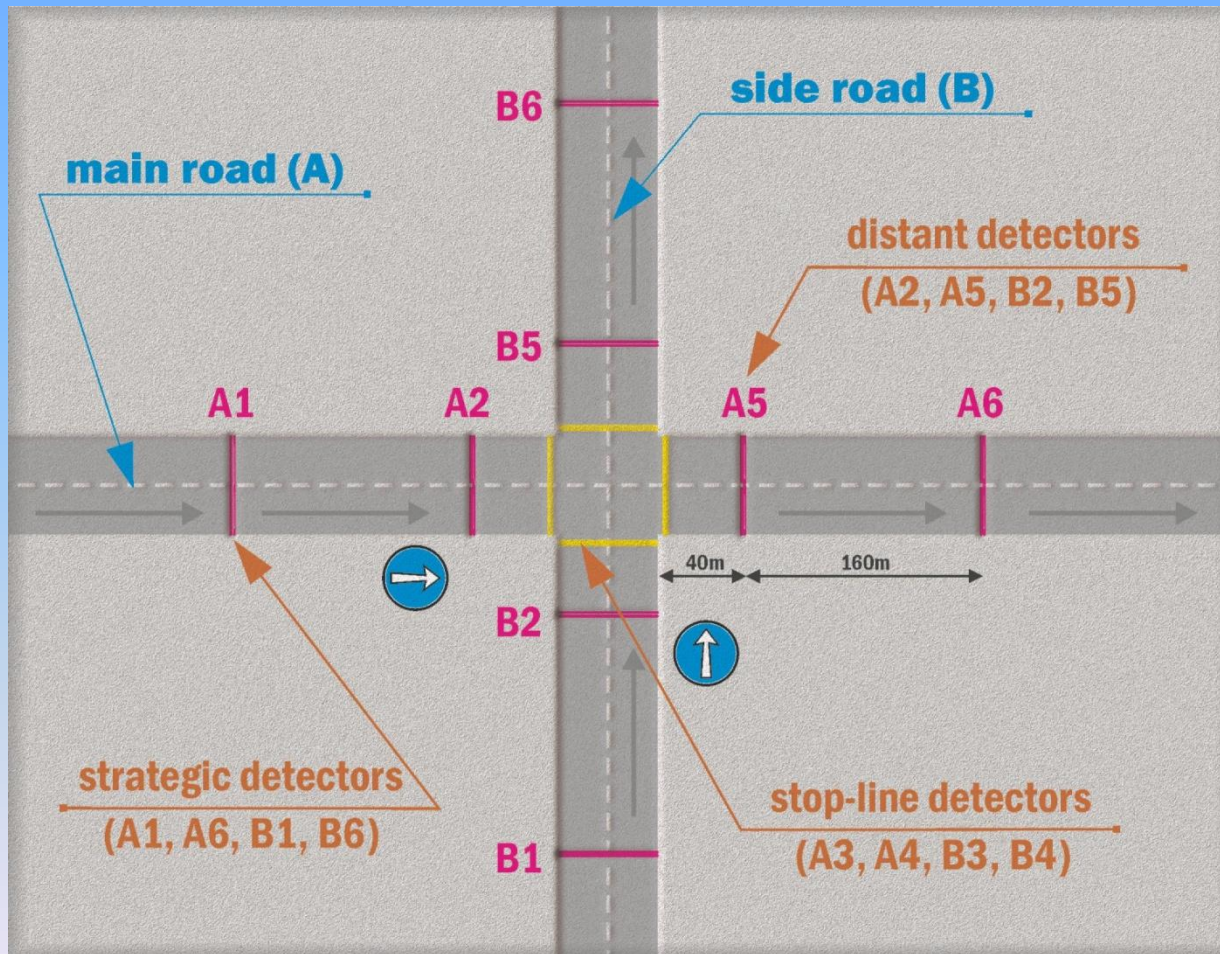




Diskrétní Dysonův plyn

- Omezený počet buněk pro částice
- V jedné buňce jen jedna částice
- Míra diskretizace – 1000 buněk na 100 částic

Dopravní křižovatka





Dopravní data

- Časové odstupy vozidel
- Křižovatka v Paříži
- 3 měření na každém detektoru
 - Malá hustota provozu
 - Střední hustota
 - Velká hustota
- Každé měření – 3725 až 4788 odstupů vozidel



Statistické charakteristiky

- Hustota pravděpodobnosti pro vzdálenost - charakterizuje dvě sousední částice
- Spektrální rigidita – charakterizuje n po sobě jdoucích částic

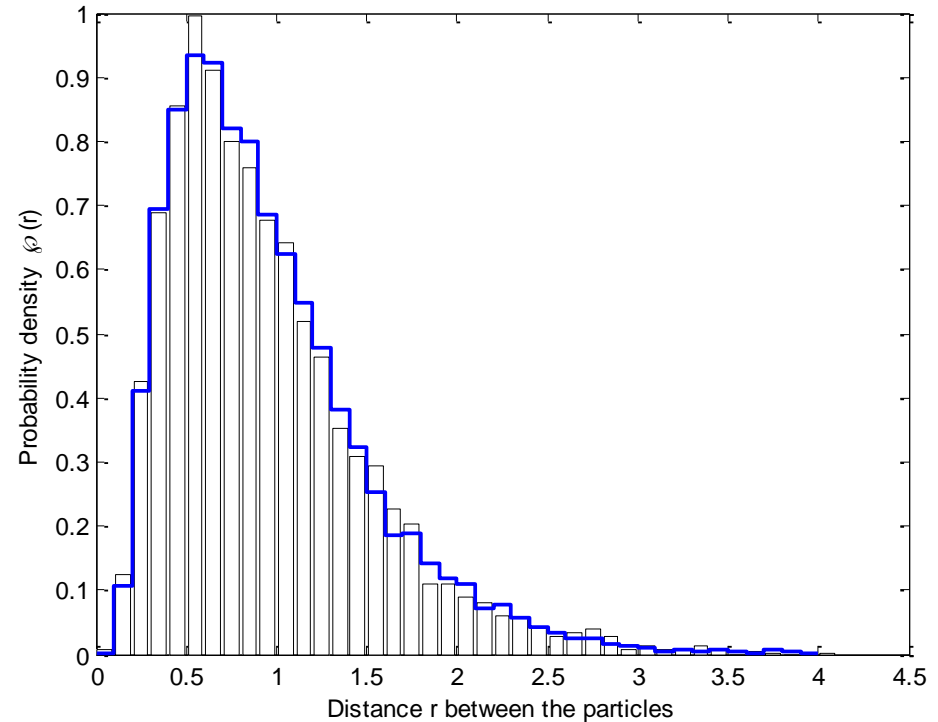


Detekce β dopravních dat

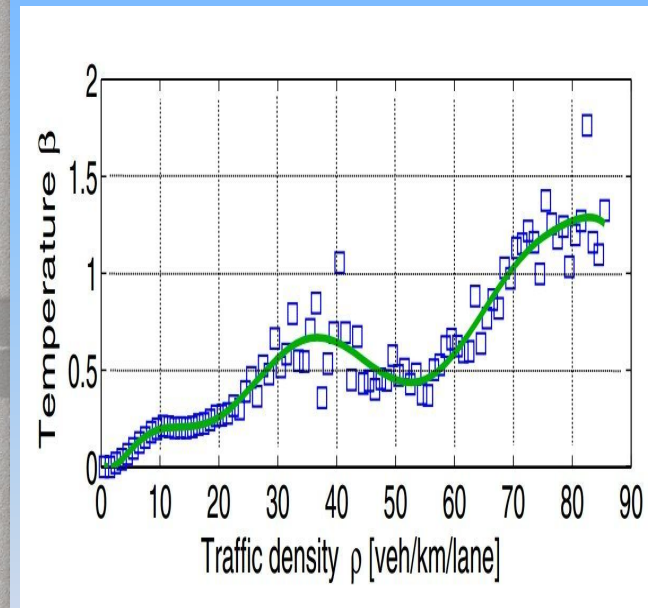
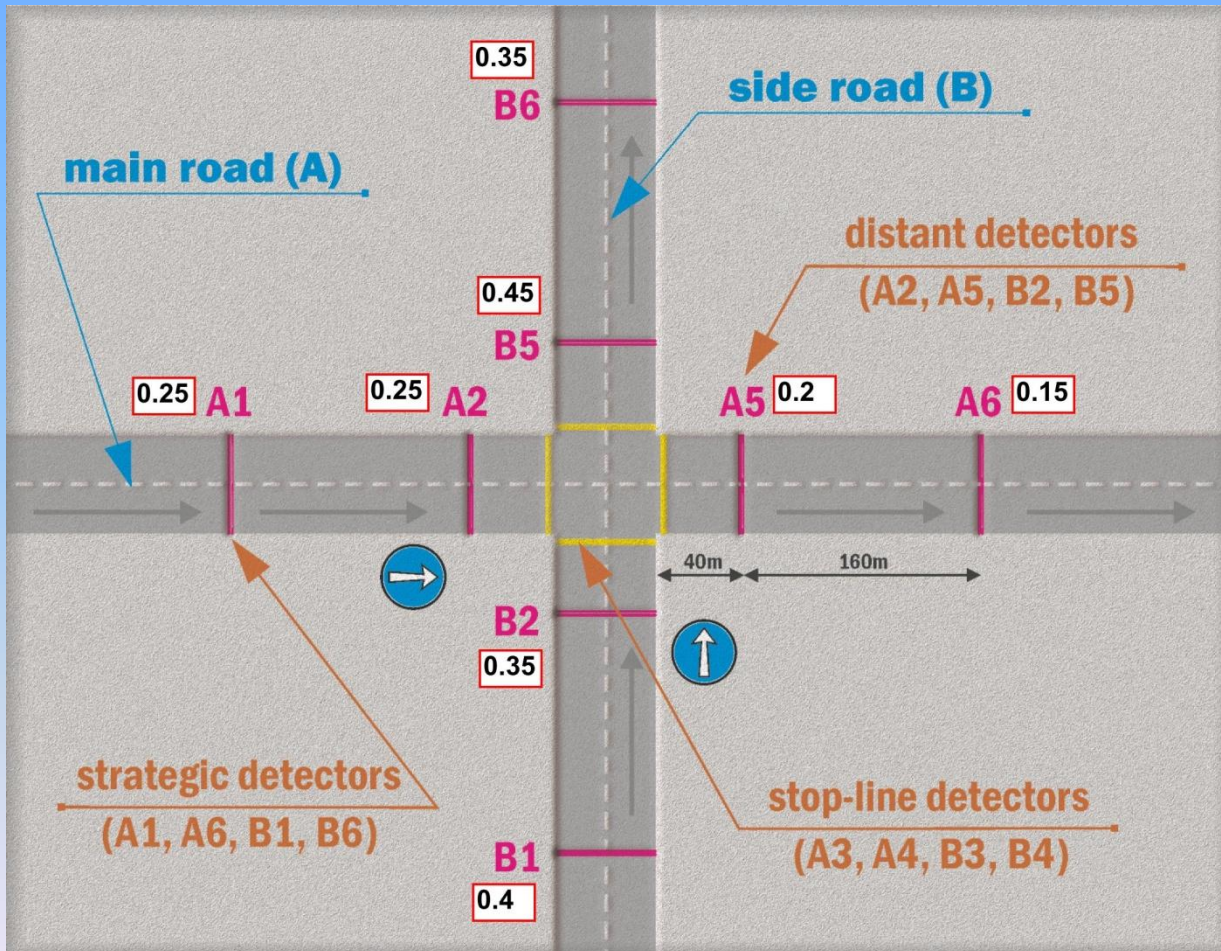
- Srovnání hustoty pravděpodobnosti pro vzdálenost:
 - Dopravních dat
 - Dat ze simulace Dysonova plynu
- „Metoda nejmenších čtverců“
- Ověření: Kolmogorov – Smirnov test
- Nejlepší potenciál – mocninný krátkodosahový

Příklad detekce β

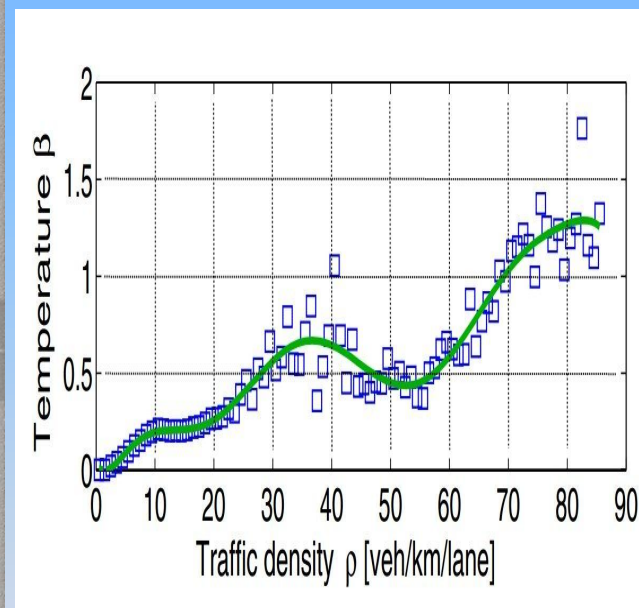
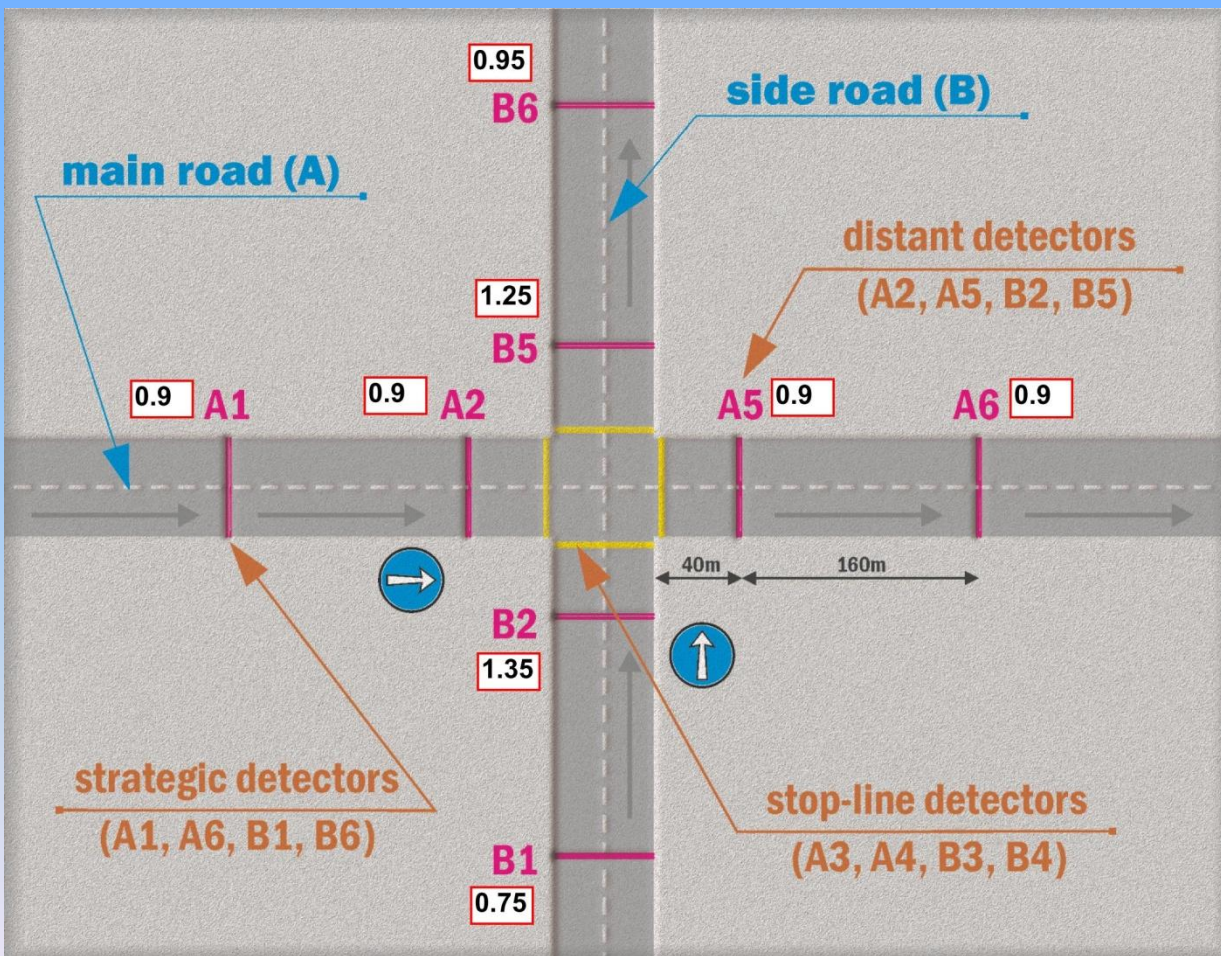
- Data – detektor A1
- 2. měření
- $\beta = 0.9$



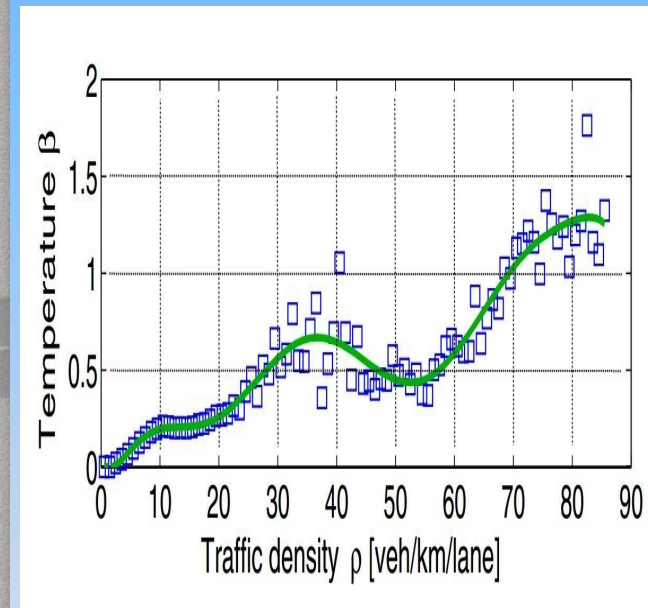
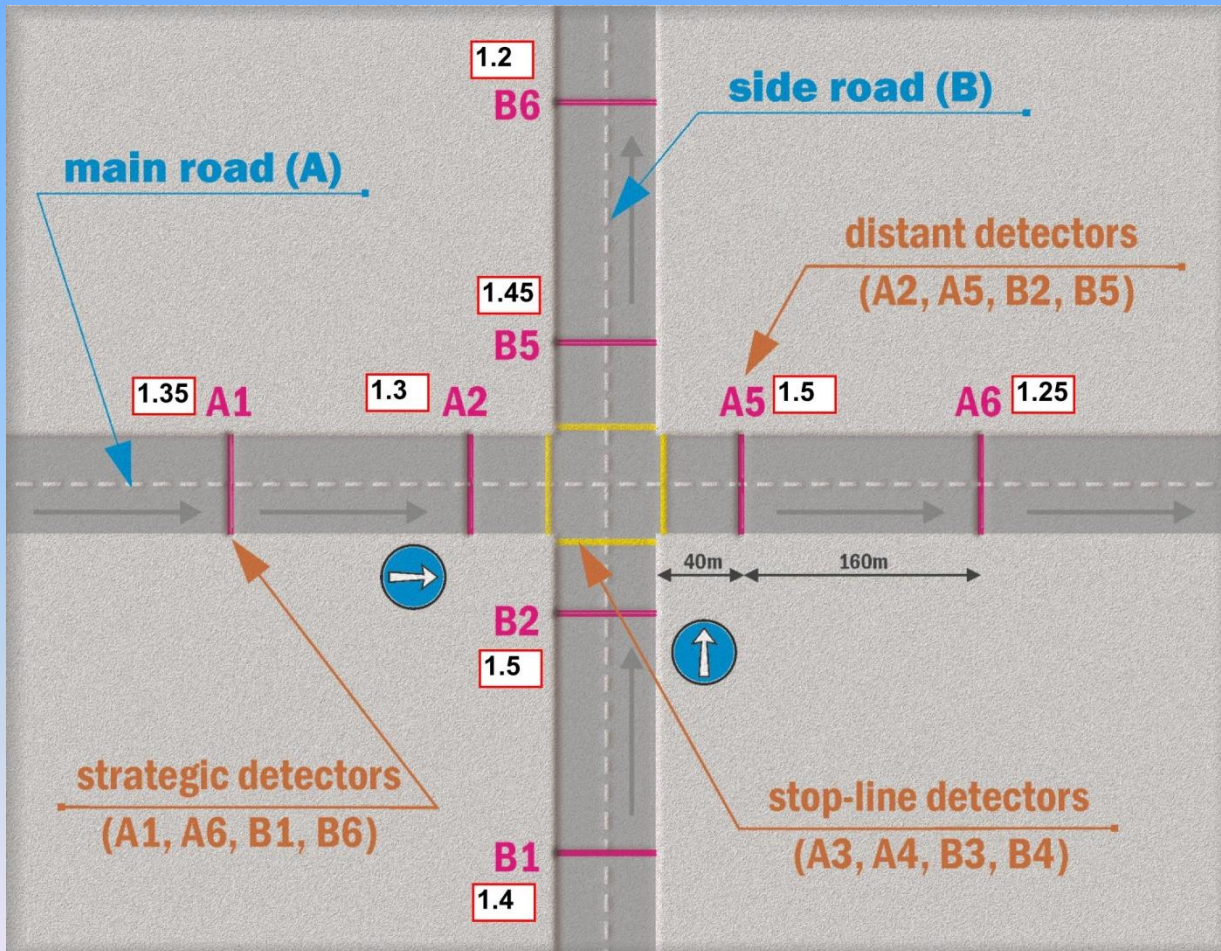
Malý provoz



Střední provoz



Velký provoz



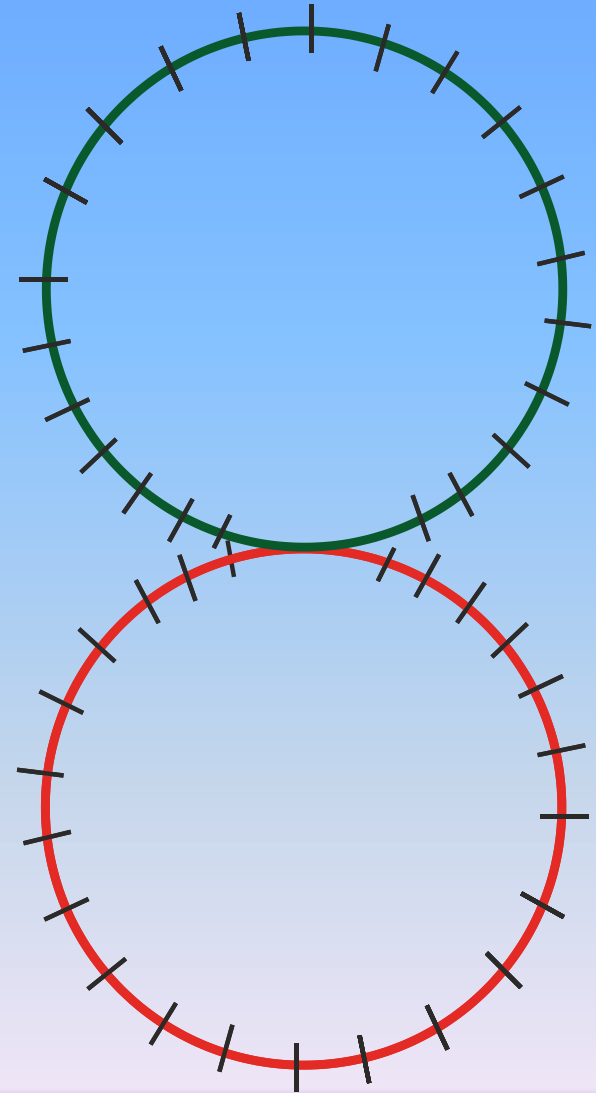


Model křižovatky

- Věci ke zvážení
 - 1 nebo 2 kružnice
 - Potenciál
 - Inverzní teplota β
 - Pravidla přechodu na křižovatce

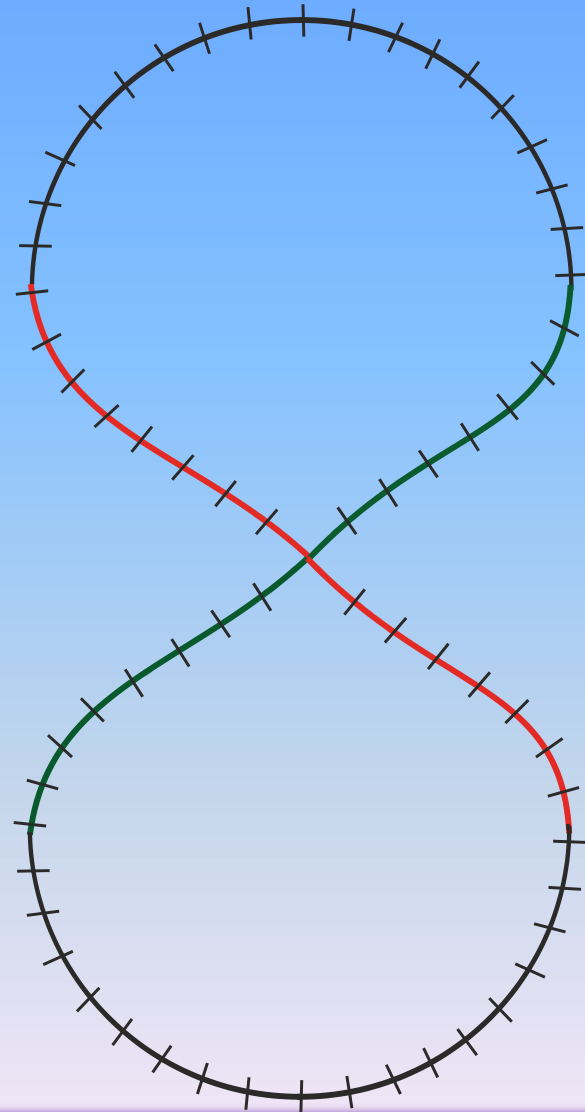
Model 2 kružnic

- Současná simulace plynu na 2 kružnicích
- Hlavní a vedlejší kružnice
- V místě křížení není buňka
- Lze mít různé β
- Nelze zatáčet



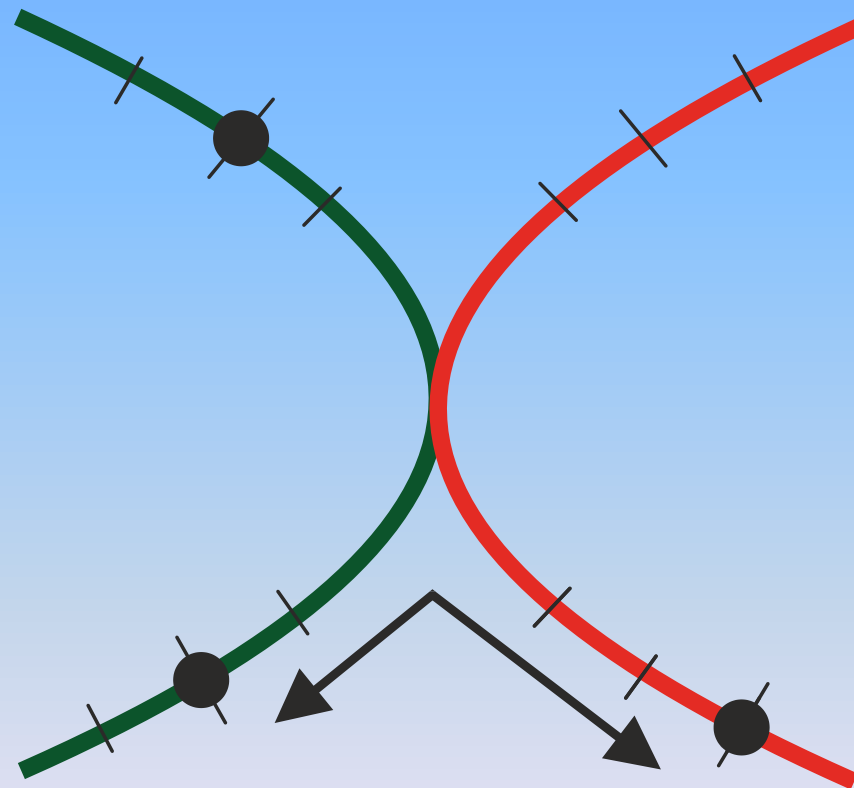
Model 1 kružnice

- Kružnice stočená do 8
- V místě křížení není buňka
- Jedno β (ne tak úplně)
- Zároveň hlavní i vedlejší ulice
- Lze umožnit zatáčení



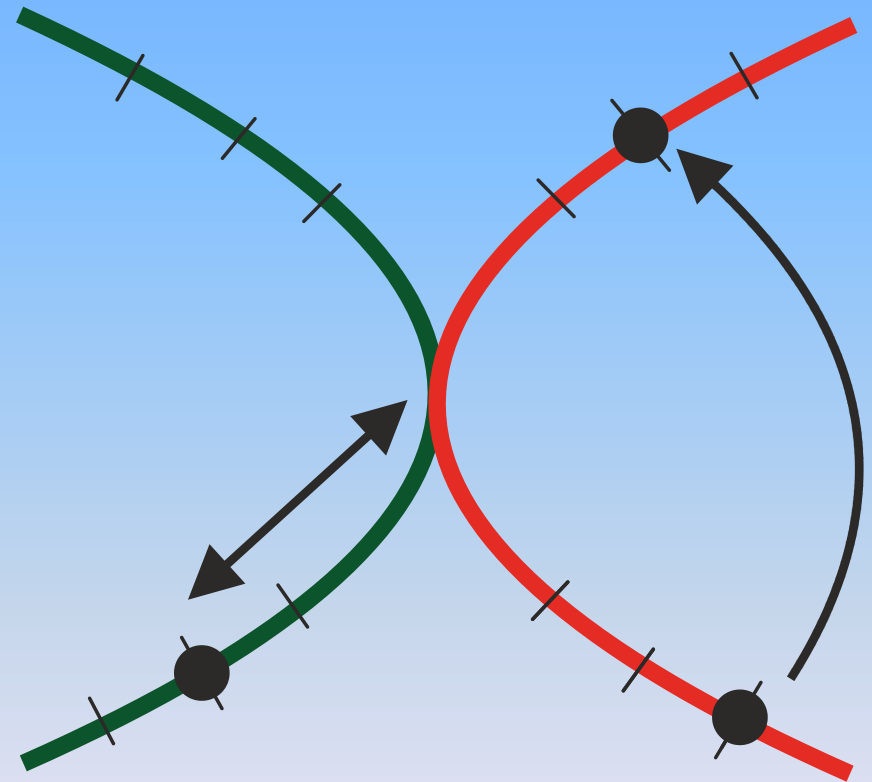
Energie vedlejší kružnice

- Zahrneme interakci mezi dvěma přibližujícími částicemi



Přechod přes křižovatku

- Umístíme částici na křižovatku, spočítáme energii
- Posuneme dál, zase spočítáme energii



Výsledky modelu 2 kružnic

β_1 set	β_2 set	β_1 detected	β_2 detected	β_2 before crossroad	β_2 after crossroad
1	1	1	0.85	1.4	0.5
0.25	0.4	0.25	0.35	0.65 (0.35)	0.65 (0.45)
0.9	0.75	1	0.7	1.2 (1.35)	0.6 (1.25)
1.35	1.4	1.5	1.25	2 (1.5)	0.7 (1.45)

- Výsledky ještě nejsou úplně konečné