

# TEL4RAIN

Srážkový pole s vysokým rozlišením získaná s využitím telekomunikačních mikrovlnných spojů (CML)

Vojtěch Bareš  
 Martin Fenc  
 Martin Mudroch  
 Martin Kryl  
 Manuel Rios Gaona  
 David Stránský  
 Pavel Pechač



# CML výzkumné aktivity ČVUT

## Hydrologie/Elmag

Exp. povodí Letňany  
- Start DAQ SNMP  
T-Mobile  
- Data z kanalizační  
sítě PVK-HMP

První publikace  
reálných dat  
Fencel et al (2015)

Exp. povodí  
Uhřetěves  
- DAQ CML E-Band

Bilaterální projekt  
UniA/TUM/CTU  
- E-band  
- GER/CZ  
přeshraniční  
CML mapy

2012

2013

2014

2015

2017

2018

2019

2020

2021

Topologie CML sítě  
- Numerické simulace  
útlumu s virtuálními  
srážkovými poli

Rozšíření DAQ na  
Prahu a další 2  
města v CZ  
Projekt od GAČR

Společná skupina  
ČVUT ELMAG –  
prof. Pechac

.. T ..Mobile..



TEL4RAIN



.. T ..Mobile..

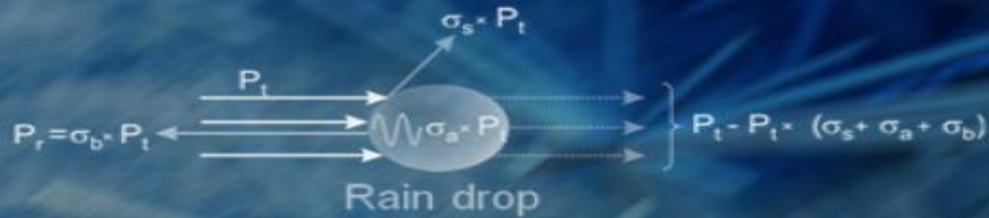




**COST**  
EUROPEAN COOPERATION  
IN SCIENCE AND TECHNOLOGY

2021-2025





# Informace o vodě

*Veškeré informace o koloběhu vody jsou základem pro rozhodování a utváření společnosti v čase a prostoru*

*Hydrometeorologické informační služby*

Srážková data = primární vstupní informace pro hydrologickou bilanci

Změna klimatu s sebou přináší i změnu v distribuci srážkové činnosti, **mění se hydrologická bilance**

*T [sec, min]*

*A [ha, km x km]*



*Společnost hledá nástroje jak tyto jevy sledovat a informovat o nich v předstihu či v reálném čase*

# Standardní technologie monitoringu srážek



**Pozemní pozorování**

- + přesné
- bodové
- Limitní počet stanic



**Radary**

- + plošné
- Méně přesné
- Vysoká elevace



**Satelitní pozorování**

- + globální
- nepřesné
- vzdálené
- Nízké časoprostorové rozlišení

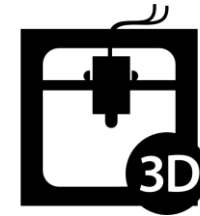
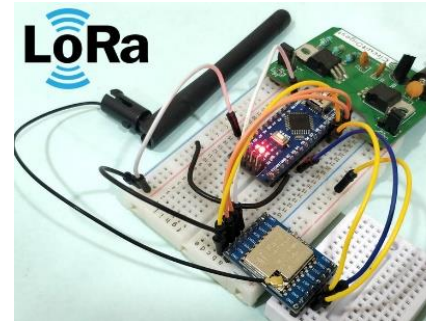
# Netradiční systémy pozorování

## Jiné služby a obory



*Airplane weather radar*

## DIY (low-cost)



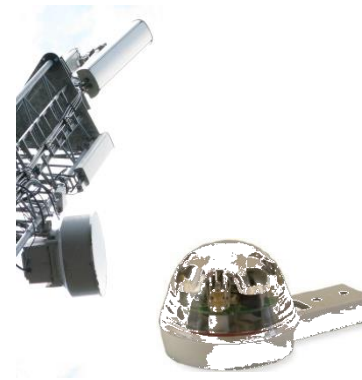
*Arduino with LoRa, 3D print, smart phones, UAV...*

## Crowdsource



*Netatmo weather station*

## Opportunistic



*CML, building automation, geosatellite*

# Oportunistické pozorování srážek

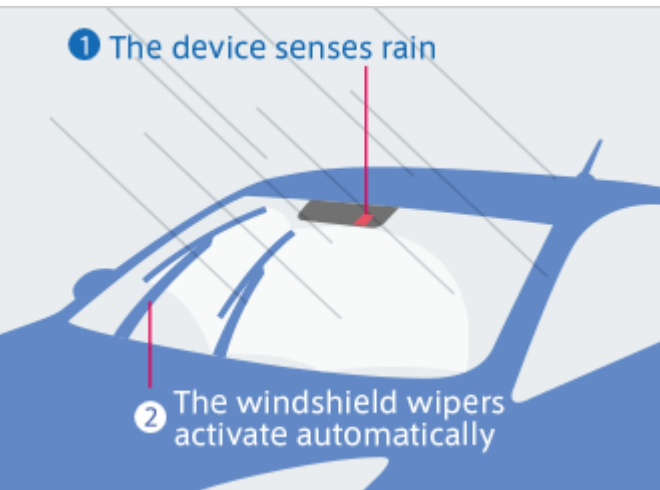
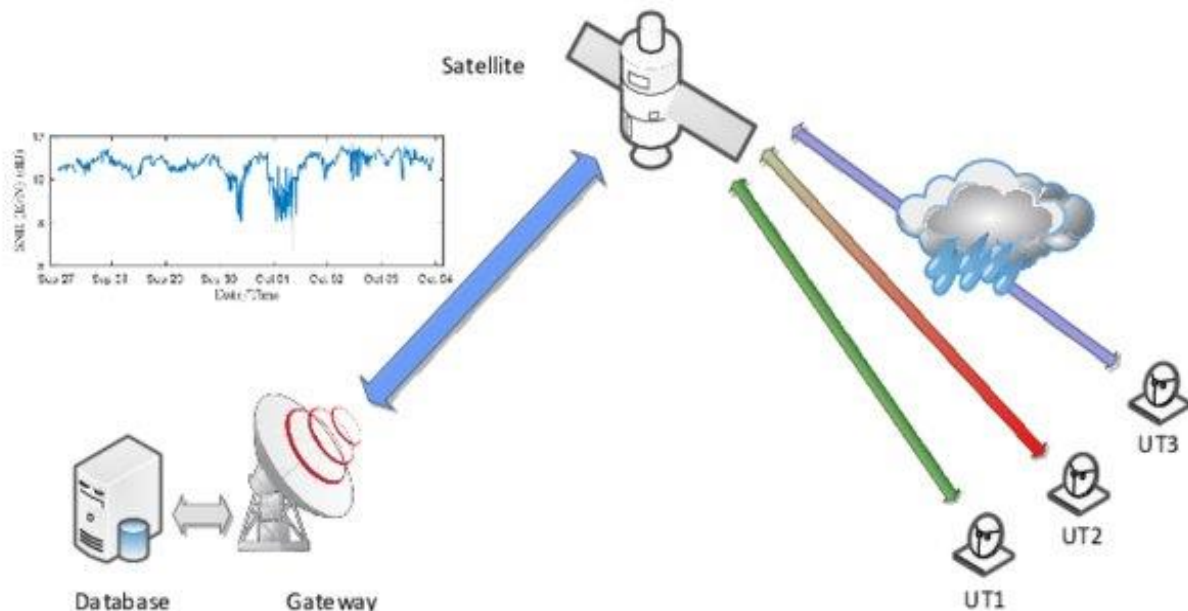


Image processing uličních kamer

## Dešťové sensory v autech

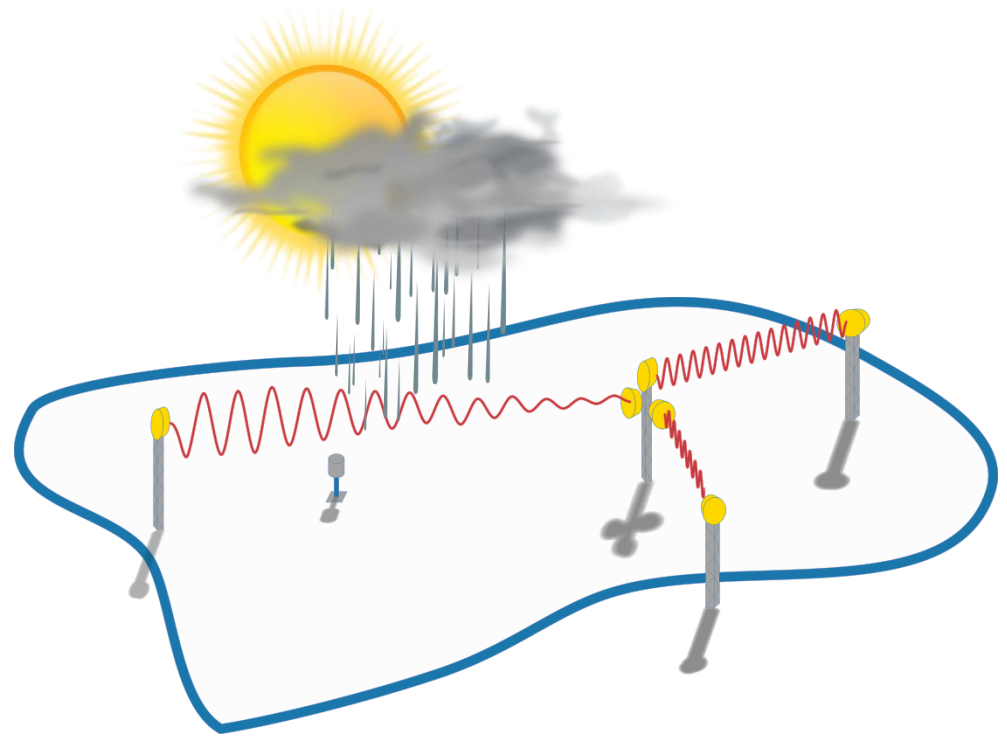


## Sensory pro detekci deště na budovách



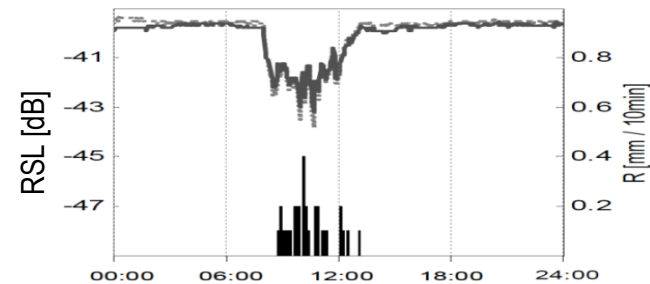
Komunikační spoje satelitů

# Komerční mikrovlnné spoje (CML)



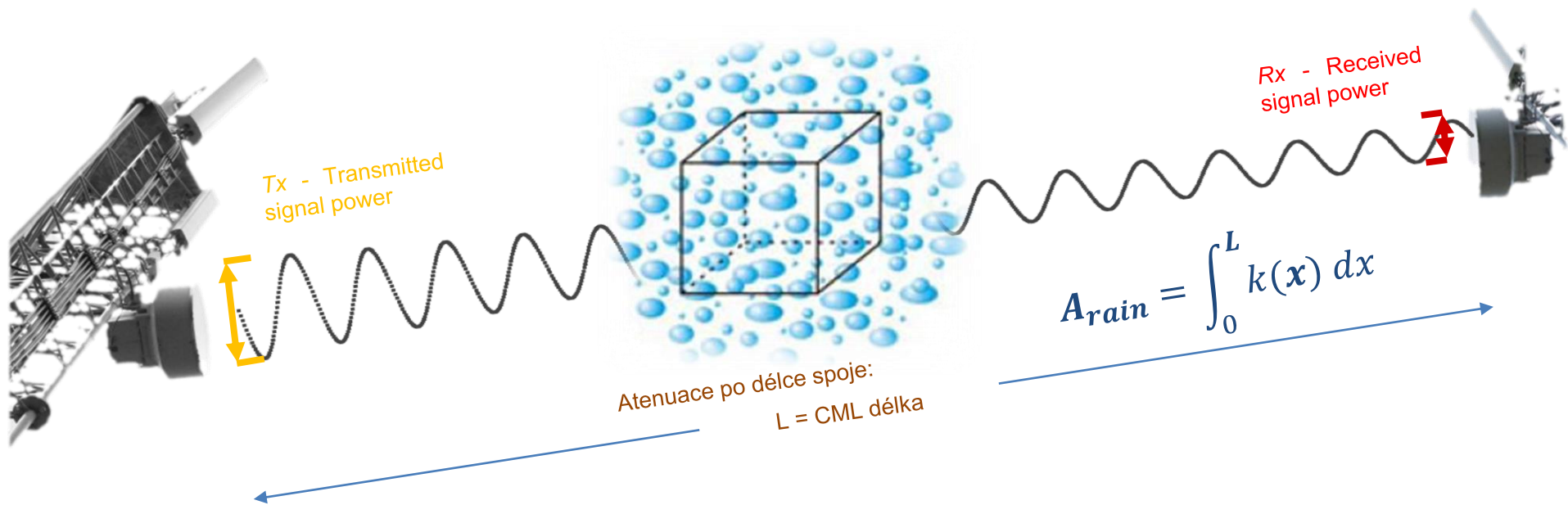
$L \approx 0.1 - 20 \text{ km}$  22-80 GHz

$$R = \alpha * k^\beta$$





# Převod útlumu na srážkovou intenzitu

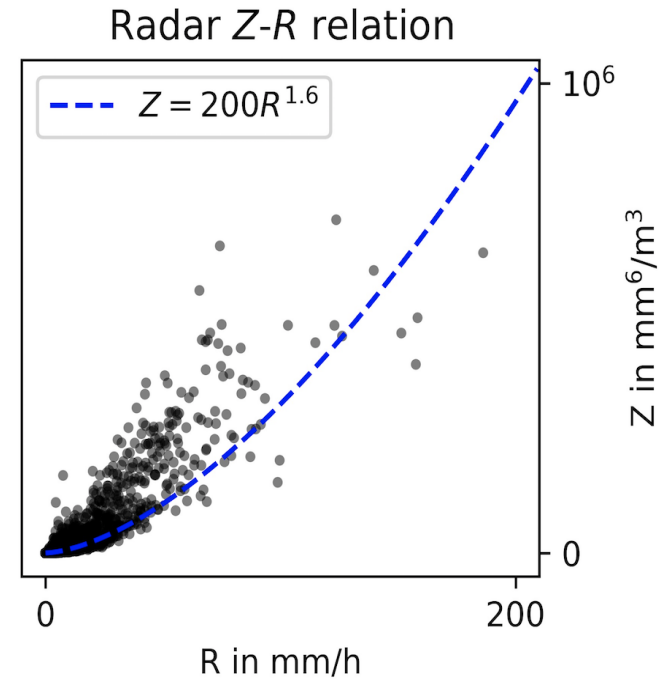
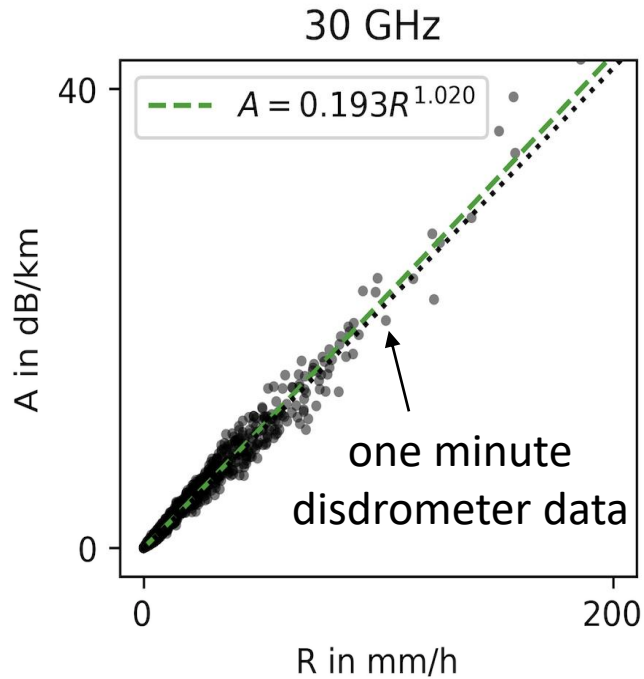


$$k = \frac{1}{\ln 10} \int_{D_{min}}^{D_{max}} \sigma_E(D, \lambda) N(D) dD$$

$$R = 0.6 \cdot 10^{-3} \pi \int_{D_{min}}^{D_{max}} D^3 v(D) N(D) dD$$

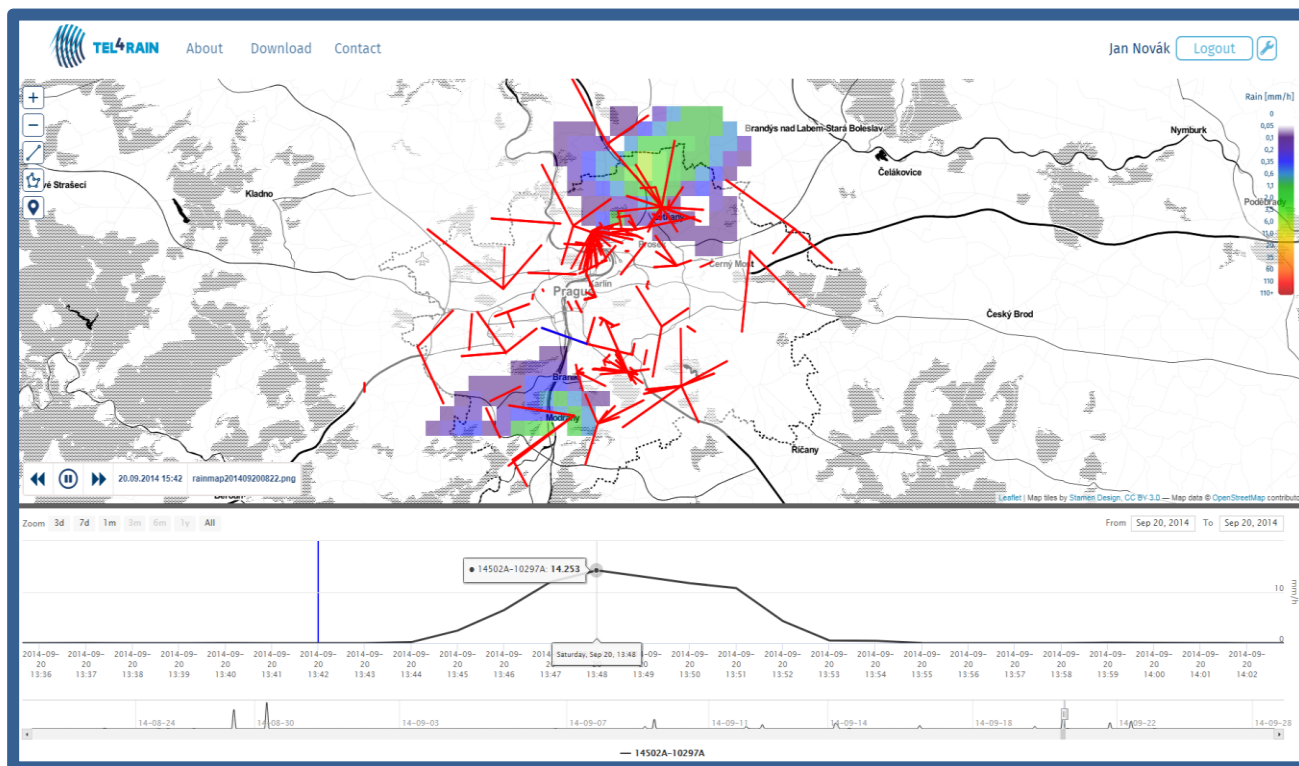
$$R \approx \alpha k^\beta$$

# Převod útlumu na srážkovou intenzitu



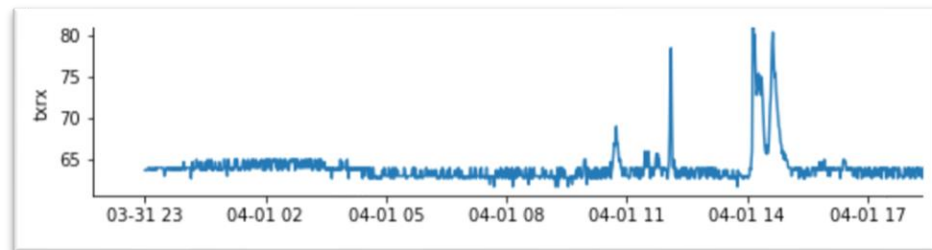
# Hlavní motivace a cíle Tel4Rain

- Zužitkovat informace ze základního výzkumu
- Zprostředkovat živá CML data a umožnit k nim standardní technický přístup – základní předpoklad pro využití a testování
- Vytvořit dynamický interaktivní frontend, který bude poskytovat srážkové informace ve formě odpovídající současné době
- Zaměření na cílové skupiny HMP – PVK, PVS, Lesy HMP

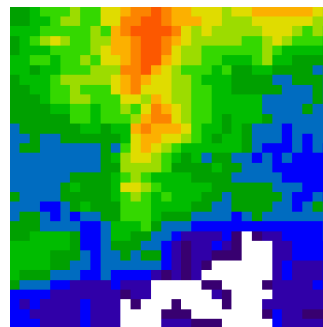


# Metody

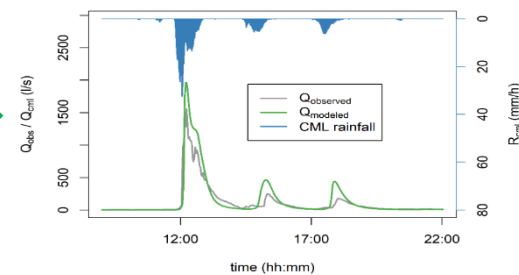
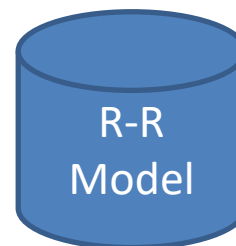
*Od surových dat o útlumu...*



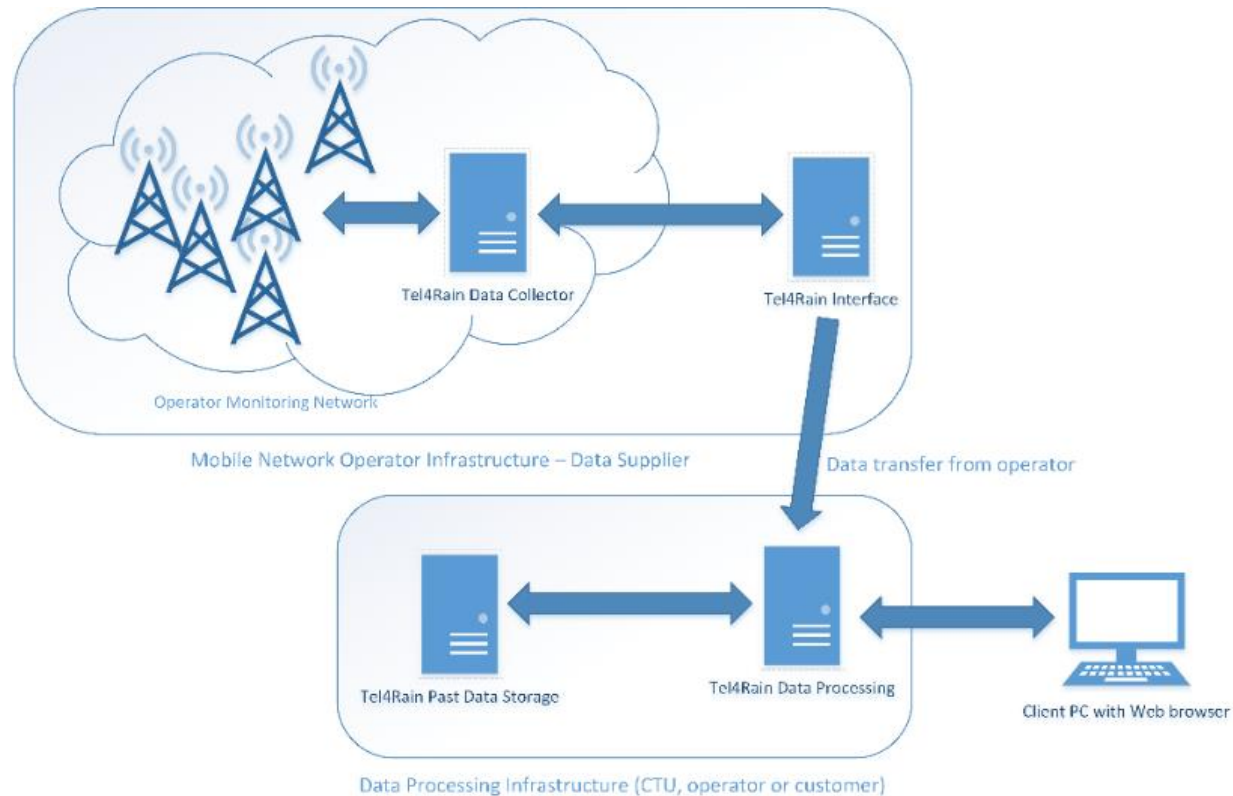
*... k prostorové srážkové informaci*



*... a k hydrologické aplikaci*

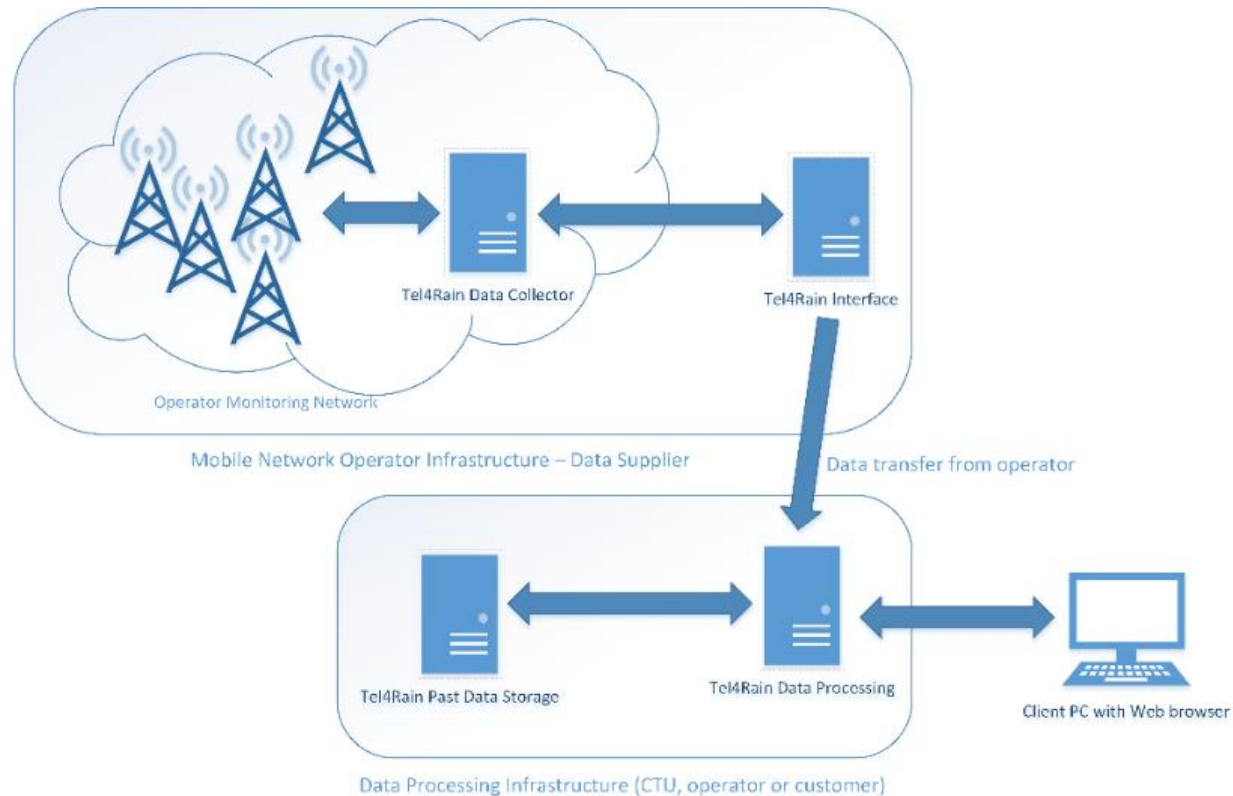


# Technická architektura Tel4Rain



- Architektura má finální podobu
- Schválené zabezpečené řešení Tel4Rain Interface ze strany T-Mobile

# Architektura Tel4Rain



collection,  
aggregation  
**2 sec**



rainfall  
time series  
**12 sec**



gridding  
**7 sec**



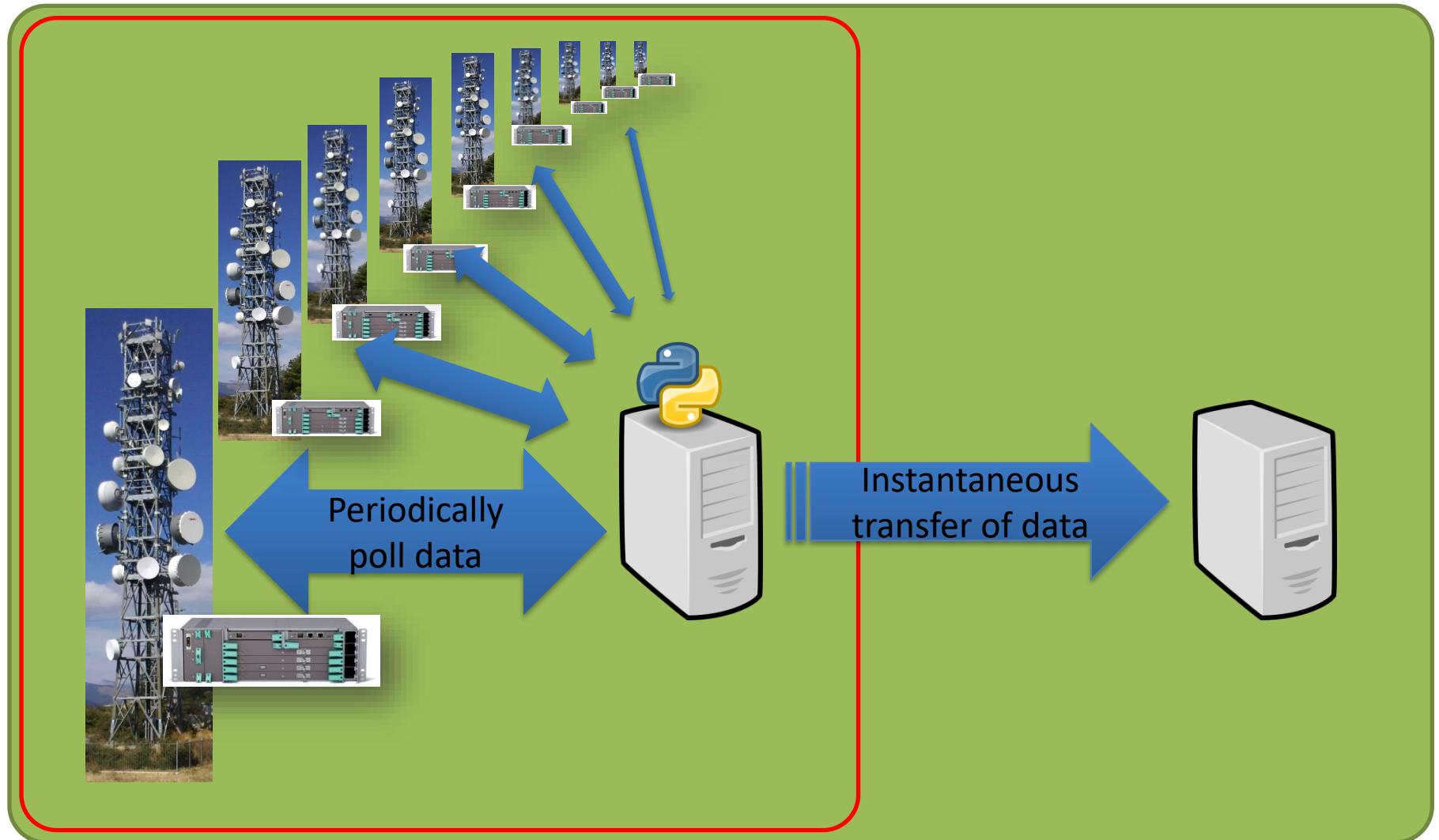
web  
visualisation  
**10 sec**



total processing time  
**31 sec**

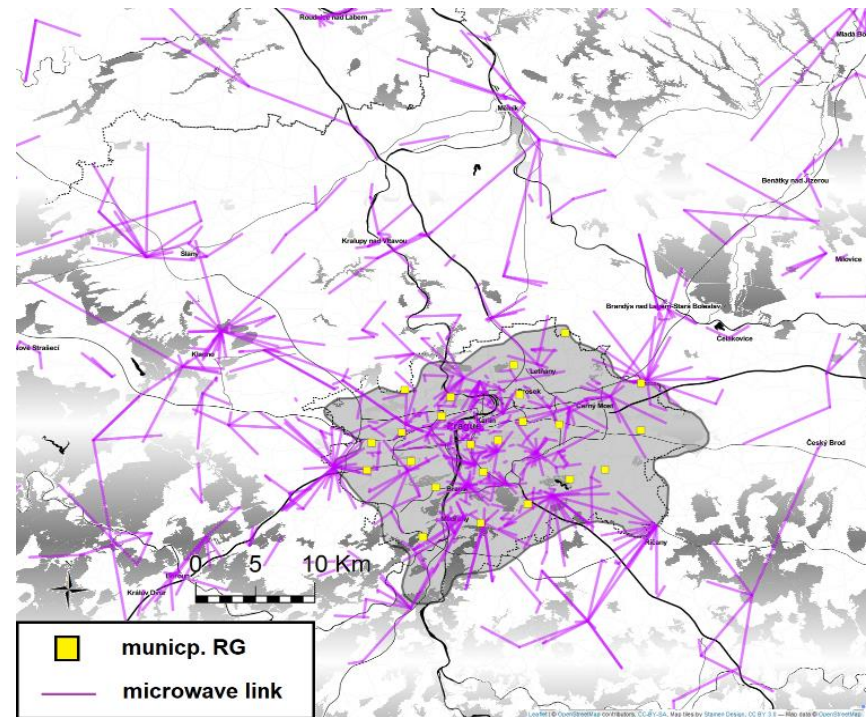
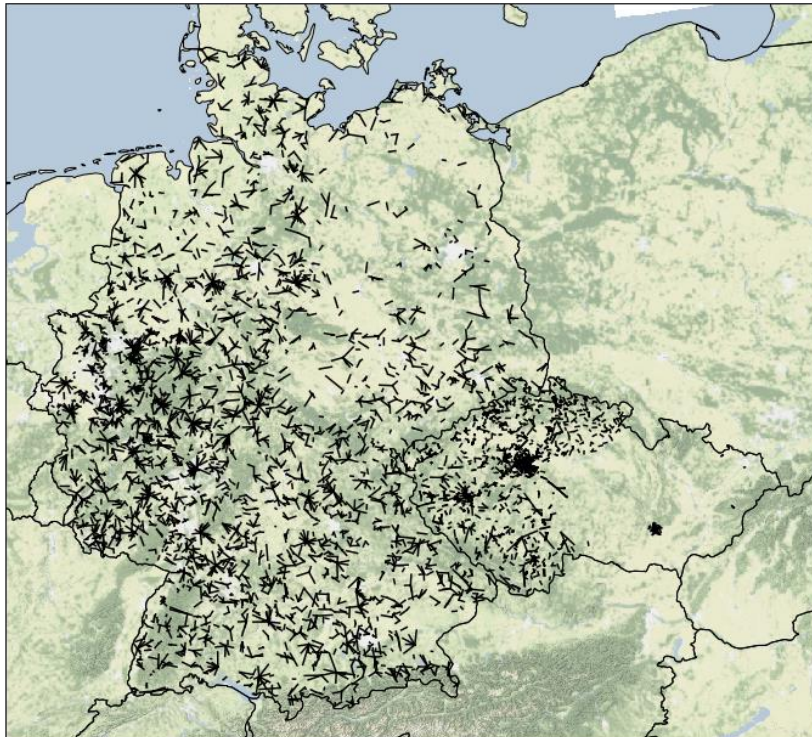
# Data Collector

DAQ v reálném čase prostřednictvím SNMP protokolu



# Tel4Rain Data Collector

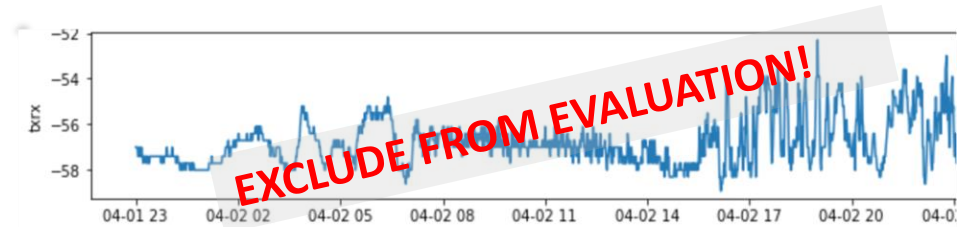
- Nová aplikace duben-květen 2020
- 3000 spojů Čechy (Praha 800 spojů)
- Spolupráce s Německem KIT, TUM (T-Mobile, DWD)



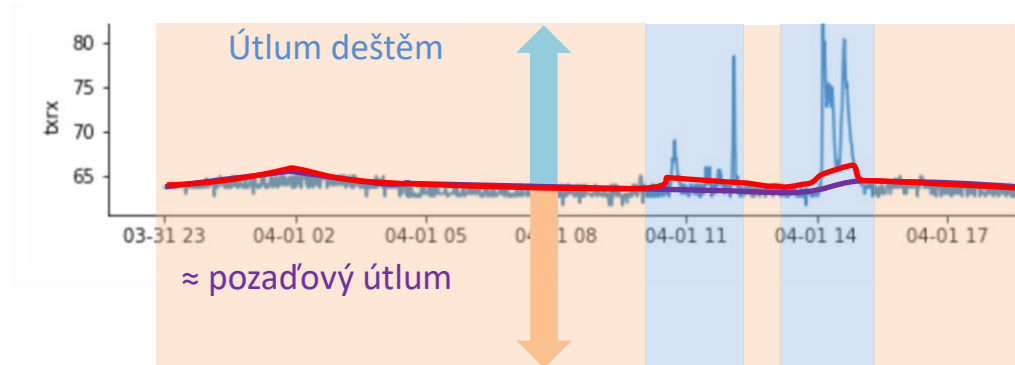


# Data Processing

Kontrola kvality dat



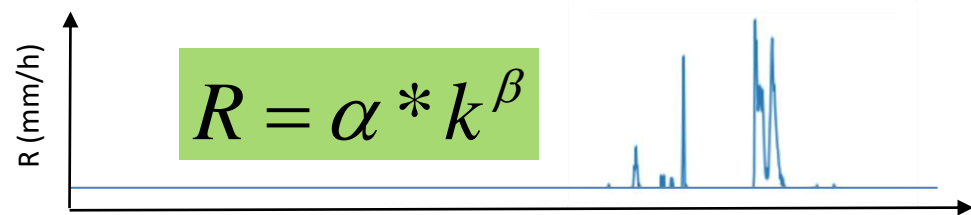
Binární identifikace mokré-suché



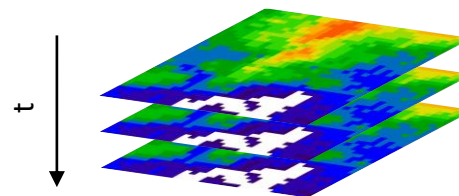
Separace pozadového útlumu

Korekce útlumu mokré antény

Převod útlumu kapkami na srážkovou intenzitu

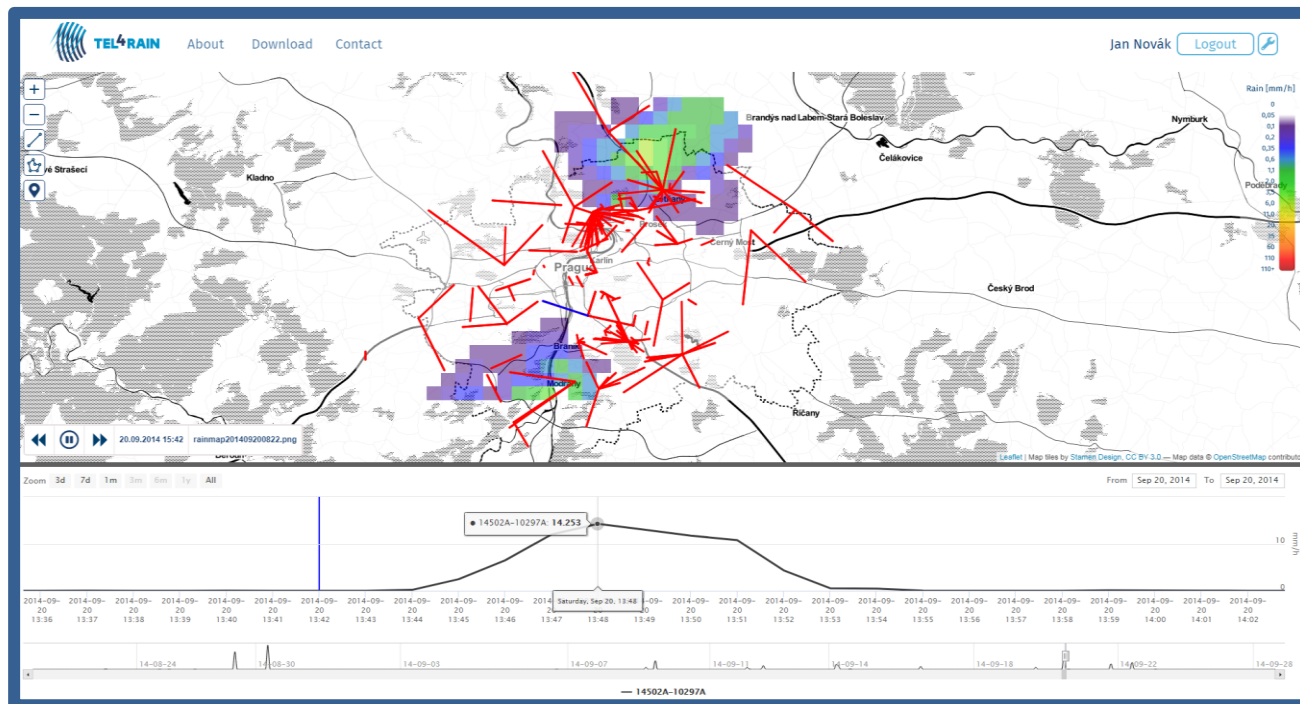


Prostorová rekonstrukce, fúze dat



# Interaktivní webový klient

- Java script (knihovny Leaflet a Highcharts)
- Vizualizační interface – mapové okno, okno časových řad
- 5 základních vrstev – CML TRSL, CML Rain, srážkové mapy
- povodí, virtuální srážkoměry, Exportní okno



# Vrstvy

## „CMLs“

- Pozice spoje s metadaty, R, At, Tx, Rx
- Možnost výběru více spojů
- 1 min rozlišení, průměrná srážka ve dvou směrech A-B, B-A

## „Srážkové mapy“

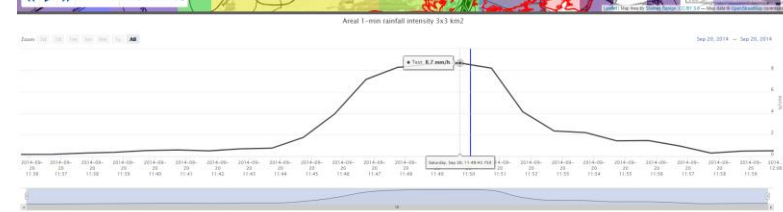
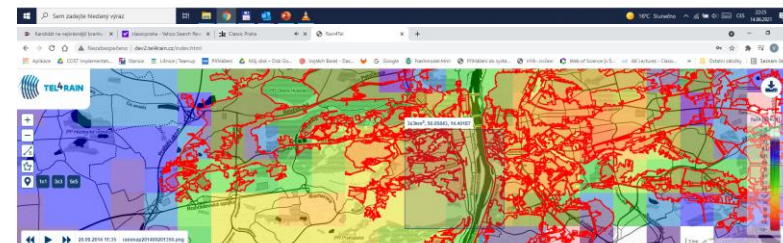
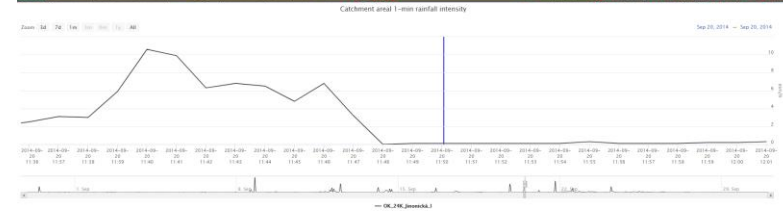
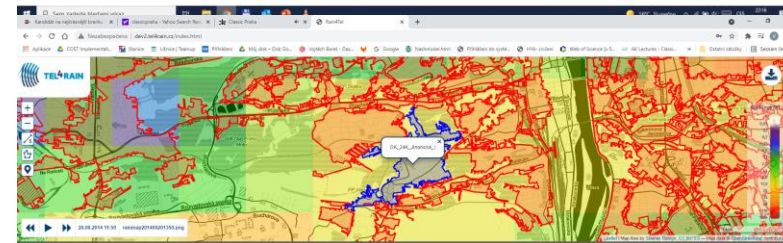
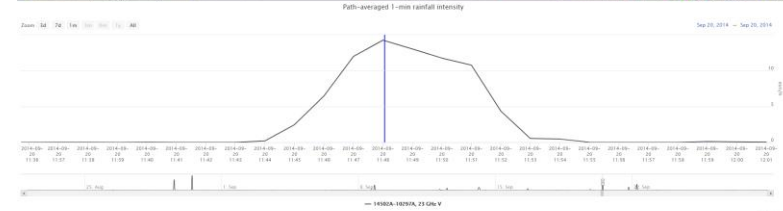
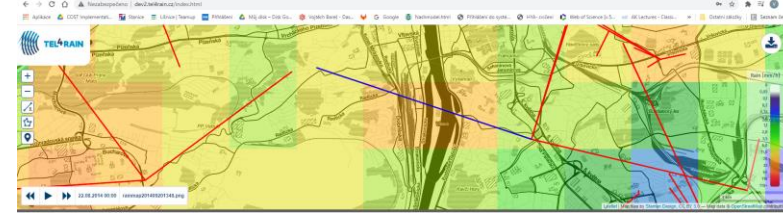
- Rastrová srážková mapa (\*.png, nebo ASCII GRID)

## „Povodí“

- Polygony povodí jednotlivých OK
- Plošná srážka nad povodím – vstup pro hydrologické modely

## „Virtuální srážkoměr“

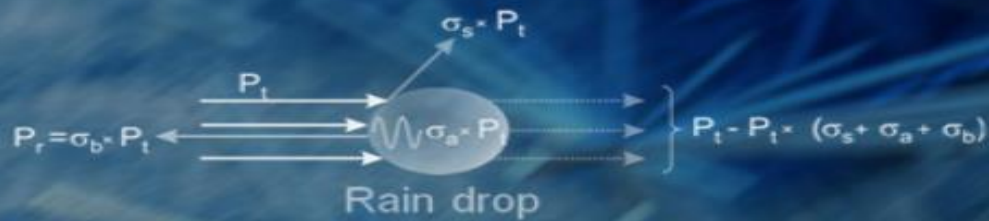
- Plošná srážka ve výřezu 1x1, 3x3 or 5x5 km2 ve vybrané lokaci



# Online tour

<http://dev2.tel4rain.cz>





## ***Hlavní potenciál***

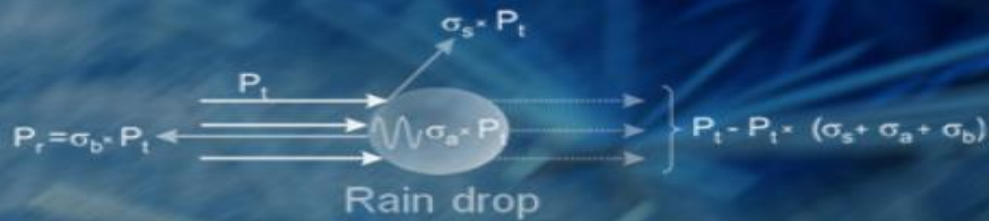
***Data pocházejí ze stávající infrastruktury, nevyžadují další investice***

***Data jsou dostupná online s velmi rychlým přenosem z centrálního bodu. Vzorkovací frekvence je neomezená.***

***Poměrně jasný fyzikální princip , nízká elevace sensorů***

***CML sensorů jsou řádově tisíce, korelace s hustotou osídlení***

***Metody pro korekci dat jsou známé a dále se vyvíjejí***



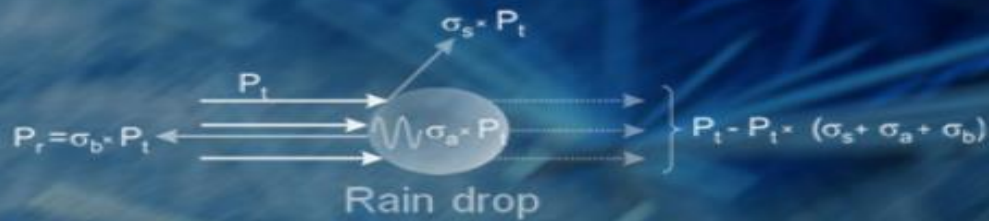
## ***Hlavní úskalí***

***Sensory nejsou primárně určeny pro měření srážek. Nutný robustní processing dat.***

***Stabilita a vývoj telekomunikační techniky, sítí a telekomunikačního trhu obecně***

***Uživatel dat je zvyklý na data z vlastních či „zaručených“ zdrojů – obava, že data zmizí***

***Vlastník dat (T-Mobile) nemá jako primární náplň hydrometeo služby***



## *Shrnutí a jak dál*

*System je v provozu a sbírá data na území Prahy a velké části ČR*

*Online data v reálném čase a testování*

- v současné době pracujeme na dev3 a implementaci online dat*

*Komericializace*

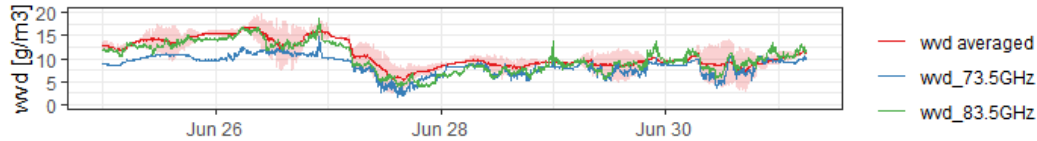
- Jednání o převzetí systému do provozu divizí T-Mobile Smart Cities IoT*
- Technická implementace pro region HMP je připravena*

*System umožňuje zpracovat a integrovat i data z jiných zdrojů*

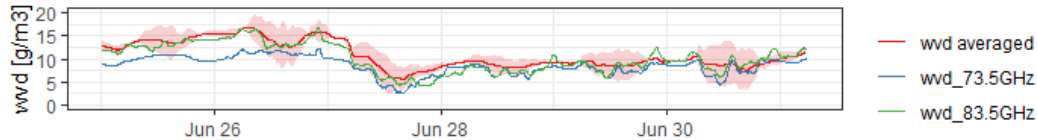
*Testování jiných veličin – např. hustota vodní páry*

# Hustota vodní páry z E-band CML 80 GHz Praha Háje

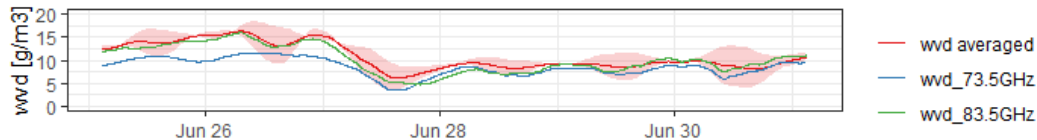
5-min data



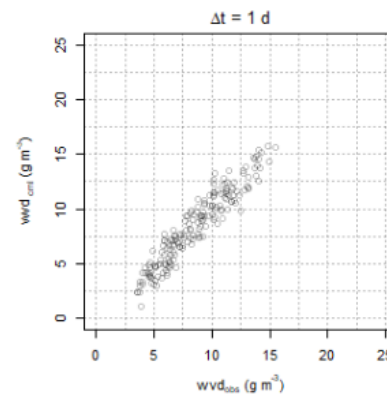
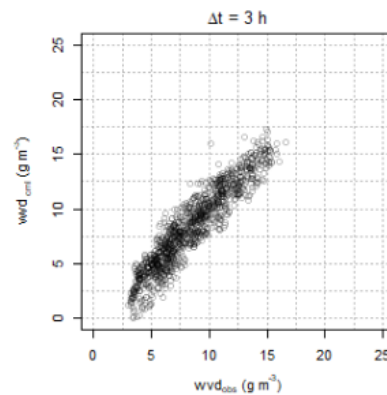
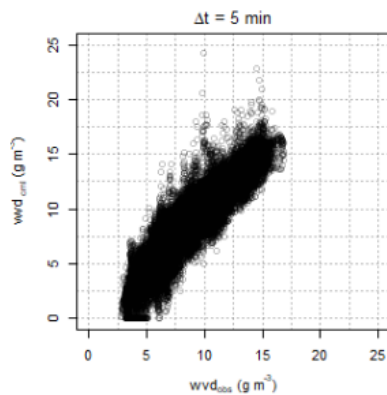
1-h moving-window mean



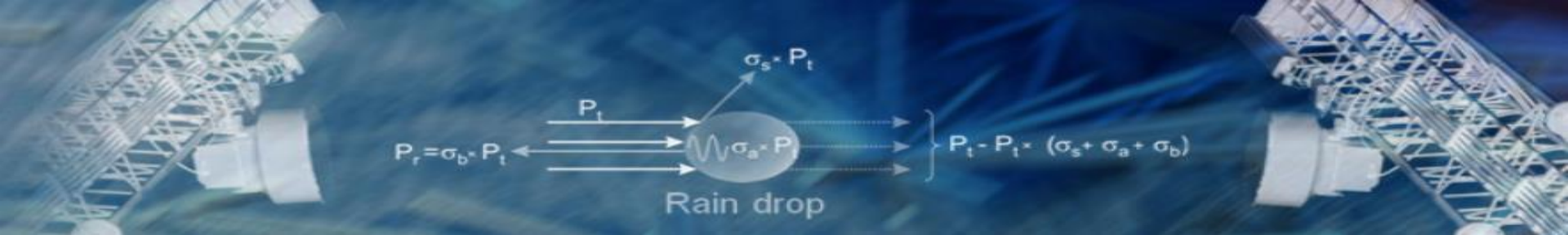
6-h moving-window mean



připraveno k  
publikaci v  
**Geophysical  
Research Letters**







Děkuji za pozornost



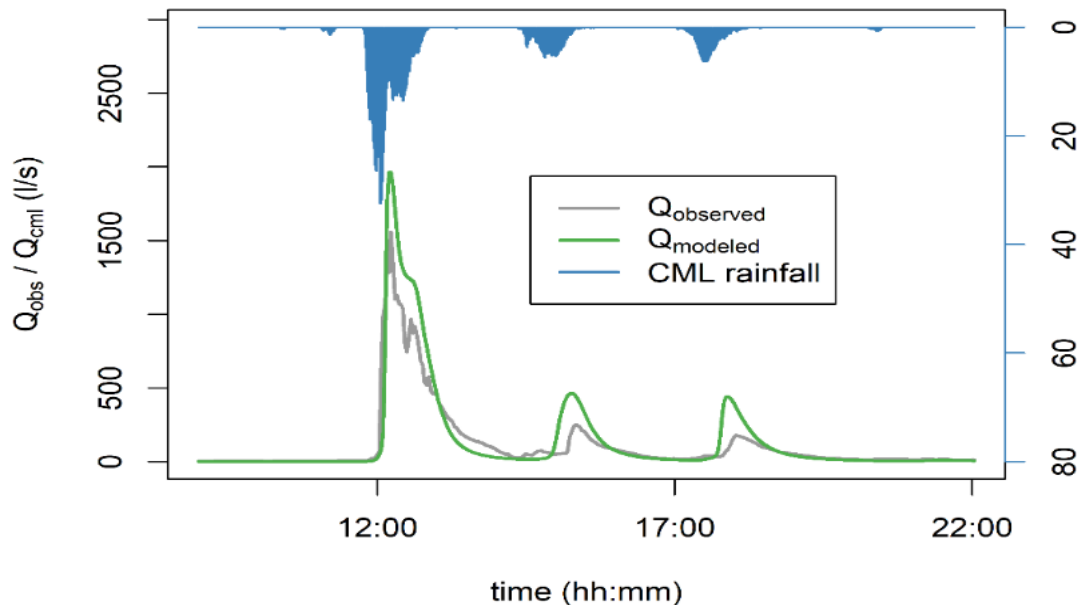
# Využití dat jako vstupu pro hydrologické modely

**2014-2016:** Predikce srážkového odtoku v urbanizovaných povodích na základě deštěm generovaného útlumu signálu mikrovlnných spojů telekomunikační sítě

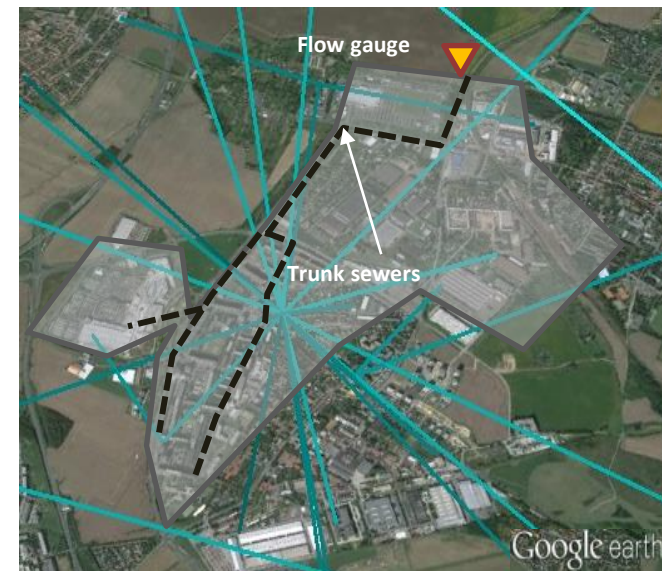
## Malé urbanizované území

*Validace pomocí 3 roky dlouhé datové řady srážek, CML dat a měřených odtoků z povodí*

Event on 3<sup>rd</sup> October 2016



Praha Letnany



1 km

# Modelování odtoku na území Prahy

## Přítok ústřední čistírny odpadních vod

