

# Problematika návrhových srážek

Limity využití v hydrologických  
modelech

# Cíle pozemkových úprav v povodí

Úprava vlastnických vztahů

Protierozní opatření na ochranu zemědělského půdního fondu - eroze

Opatření vodohospodářská

Opatření sloužící ke zpřístupnění pozemků

Opatření k tvorbě a ochraně životního prostředí

**Funkčnost**

**Bezpečnost**

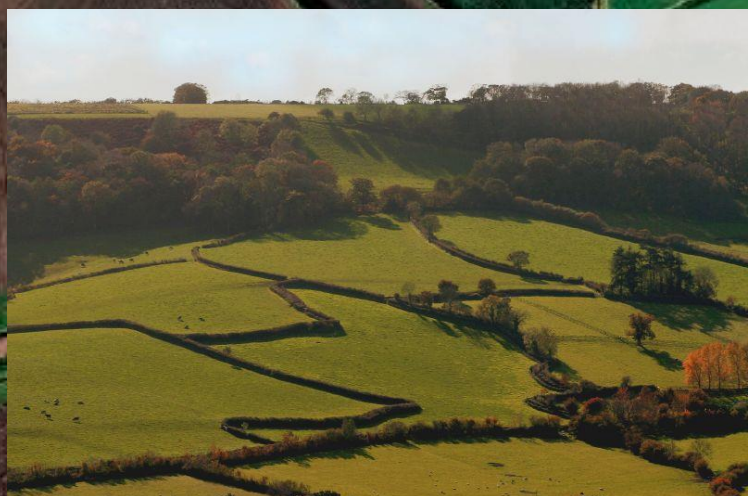
**Dlouhodobost**

**Udržitelnost**

**X**

**Cena**

**=> Optimalizace návrhu**



# Úpravy v ploše povodí

- Každé povodí je jedinečné
- Individuální přístup
- Variantní řešení
- Katastrální území  $\Leftrightarrow$  „malá povodí“

Pracovat lokálně x myslet globálně

*„Erosion is global problem, that must be solved locally“ Anthony J. Parsons*

# Metodiky / návody

ČSN 75 4500 – Protierozní ochrana zemědělské půdy, Český normalizační institut, **1996**

DOST 3.17 – Protierozní ochrana, Váška, J., Informační centrum ČKAIT, Praha, **2000**

**Janeček M., Ochrana zemědělské půdy před erozí – metodika, např. 2007, 2012**

ČSN 75 4500 – Protierozní ochrana zemědělské půdy, Český normalizační institut, **1996**

**ČSN 75 1400 - Hydrologické údaje povrchových vod**

**Metodické návody SPÚ – aktualizace 2017**

Metodiky TPEO, Kadlec (2014), Dostál (2014)

Úpravy potoků (TNV 75 2102) – **2010**

**Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině - 2018**

- Objekty mimo tok nejsou předmětem normy [ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod](#)
  - => *Nutno modelovat, navrhovat a dimenzovat*

### 3 Termíny a definice

V této normě jsou použity termíny podle ČSN 73 6510 a ČSN 73 6530 a dále tyto termíny a definice:

**3.1 hydrologické údaje povrchových vod:** údaje charakterizující hydrologické poměry a režim vodních toků, tj. zejména údaje o vodních stavech a teplotě vody ve vodoměrných stanicích, fyzickogeografických charakteristikách povodí, srážkách na povodí a průtocích v libovolném profilu vodního toku

- Technická protierozní opatření, drobné úpravy v krajině, cestní síť... pro správnou funkci vyžaduje návrh

# Malé povodí => různé nejistoty

- Relativně rychlé procesy (< 1 den)
- „Nepozorované profily“, nebo mimo vodní tok
- Různé podmínky, využití analogie je obtížné
- Data nejsou => jediná možnost je využití modelu.

# PROBLEMATIKA NÁVRHOVÝCH SRÁŽEK

Uspořádání objektů

List 1

- Pódorys (1.DMT:dmr\_Rusle)
  - out:RUSLE
- DMT: D:\2\_granty\_projekty\2\_Bezic
  - EUC
    - Kapka - Plus
    - Kapka - Plus
    - Kapka - Plus
    - Kapka - Plus
    - Kapka - Plus
    - Kapka - Plus
    - Kapka - Plus
  - Přerušení - polygony
    - Polygon (M)
  - Bez eroze - polygony
    - Bez eroze - polygony
- out:R faktor
- out:K faktor
- out:C faktor
- out:P faktor
- Čtverc. síť

Na pořadí: 1 Max=1

Na vybraný: Hlavní objekt Smazat

Ukázat: 0 Hledat >> Vlastnosti

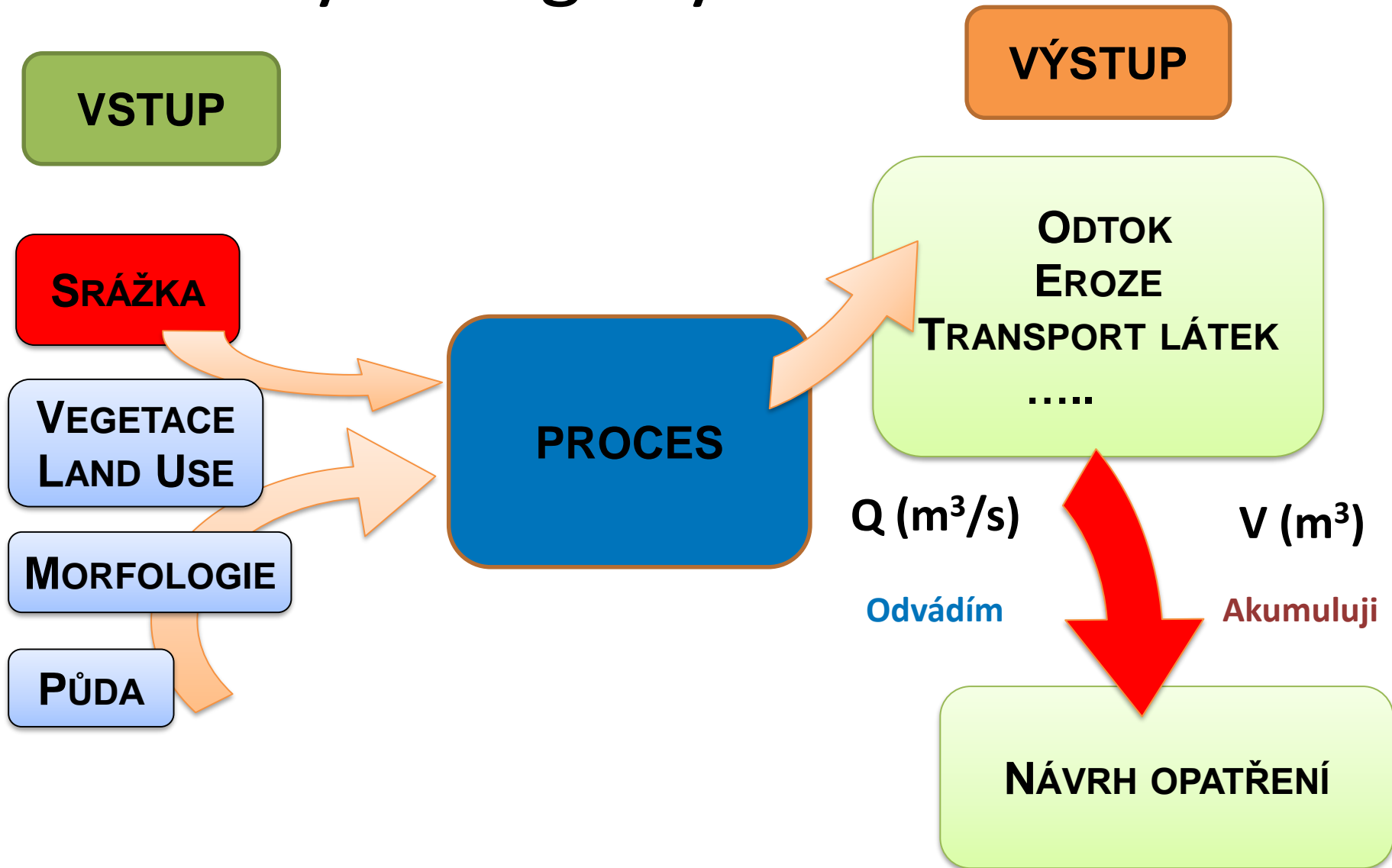


Výběr DMT

Vlast.	+	H0	VD	v	^	>>	DMT	E	Kreslit
1							C:\ProgramData\AtlasLtd\AtlasDMT\Morfometrie\dmr_Rusle		<input checked="" type="checkbox"/>
2							D:\2_granty_projekty\2_Bezic\2012_TACR_Atlas\3_manual_tutorial\Npute_data\DMT\dmr	(e)	<input checked="" type="checkbox"/>
3							C:\ProgramData\AtlasLtd\AtlasDMT\Morfometrie\dmr_R		<input type="checkbox"/>
4							C:\ProgramData\AtlasLtd\AtlasDMT\Morfometrie\dmr_K		<input type="checkbox"/>
5							C:\ProgramData\AtlasLtd\AtlasDMT\Morfometrie\dmr_C		<input type="checkbox"/>
6							C:\ProgramData\AtlasLtd\AtlasDMT\Morfometrie\dmr_P		<input type="checkbox"/>



# Hydrologický MODEL



# Návrhové srážky

- Problematické jejich definování. Znalostní deficit - extrémní variabilita v čase i prostoru, často nutná variantní řešení
- Bezpečnost prvku je definována na pravděpodobnosti výskytu

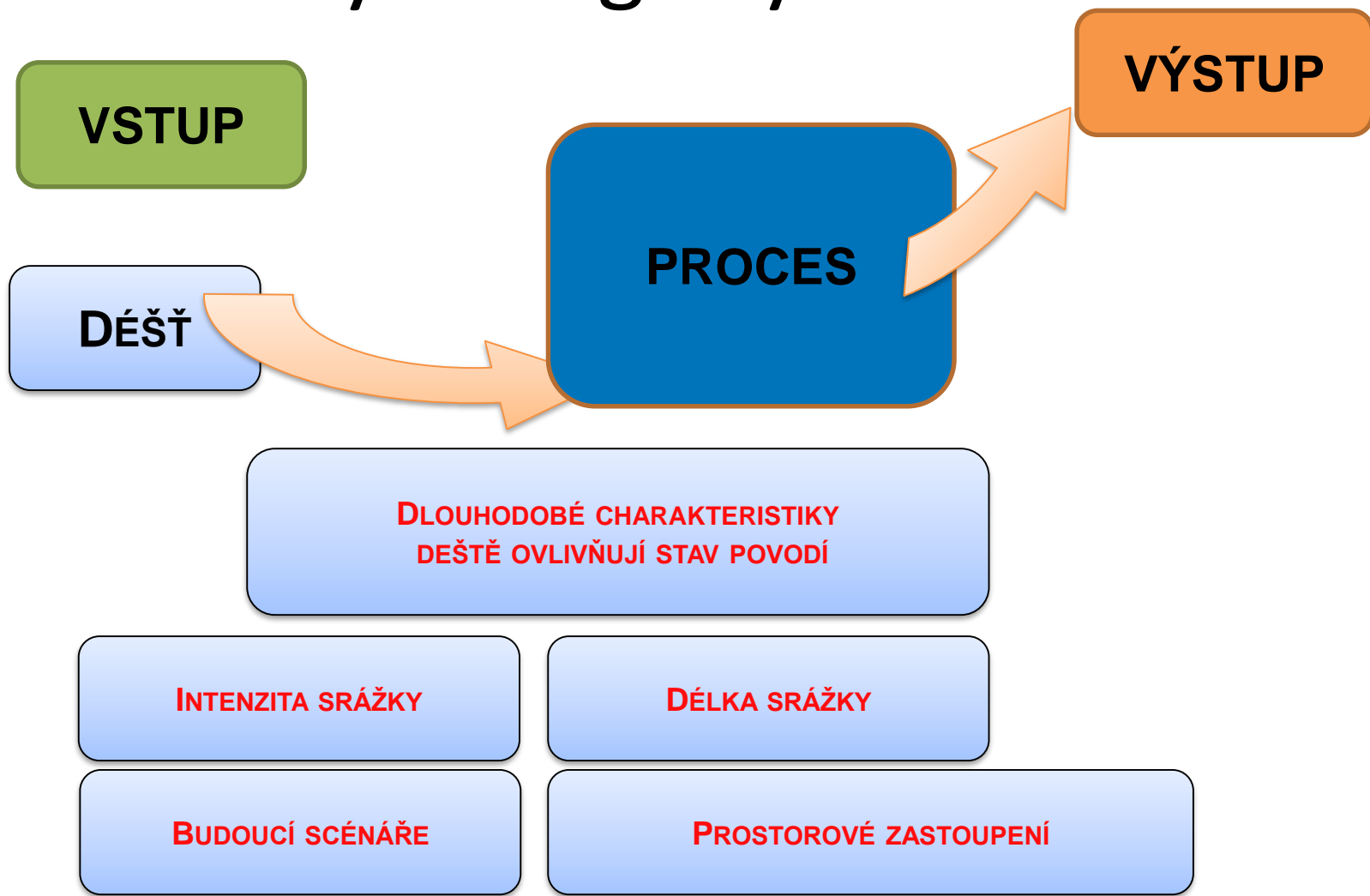
- Doba opakování návrhové srážky

**nemusí odpovídat!**

době opakování návrhového průtoku / objemu odtoku

- Oboje statistické hodnoty, ale různé veličiny. + je těžké stanovit stav povodí při reálné srážce
- **Přesto se předpokládá, že N-letá srážka vyvolá N-letý průtok**  
??? Nastavení modelu a zohlednění nejistot vstupních dat???

# Hydrologický MODEL



# Historický exkurz – dostupná data

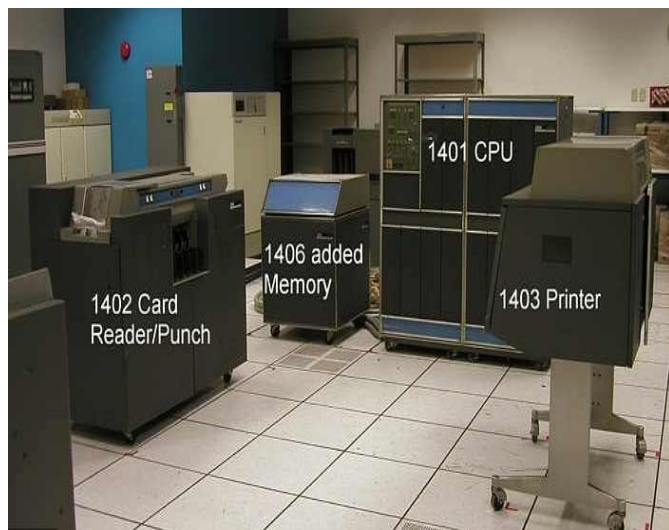


50. léta



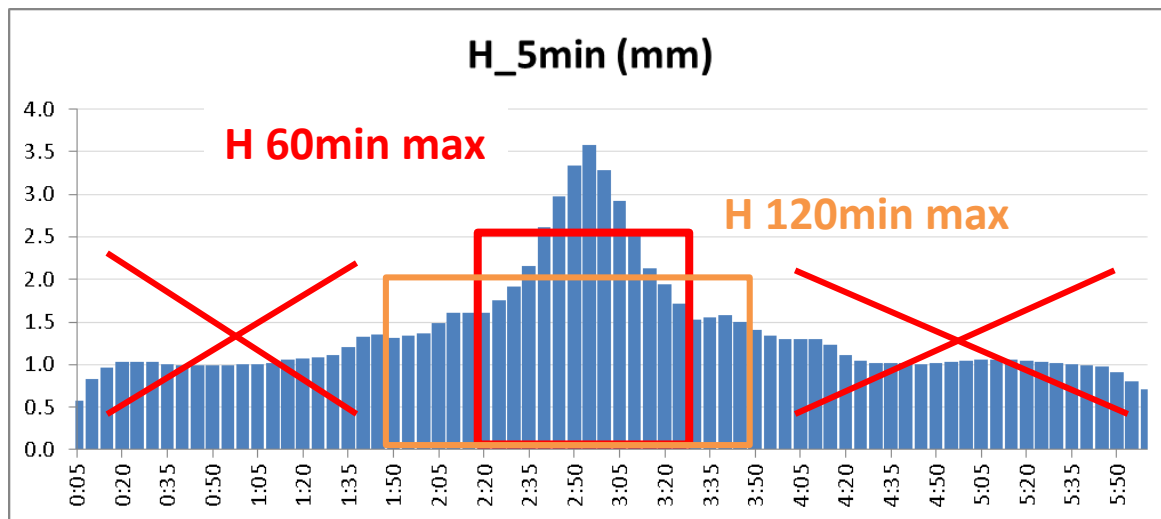
80. léta

2019



# Historický exkurz – dostupná data

- Trupl (1958) – Intenzity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy
  - Náhradní (průměrné) maximální intenzity deště za různě dlouhý časový interval
  - 98 stanic na českém území
  - Délka pozorování 8–48 let, v průměru 17,5 roku
  - Údaje neříkají nic o vnitřním průběhu intenzit deště ani předchozích či následných úhrnech



49 - Lysá hora

periodicitita

Čas (min)	0,5	0,2	0,1	0,05
5	8,6	10,4	11,9	13,4
10	11,8	14,5	16,7	18,8
15	13,8	17,0	19,6	22,2
20	15,6	19,4	22,2	25,2
30	18,2	22,7	26,1	29,7
40	20,5	25,7	29,5	33,4
60	24,0	30,0	34,6	39,2
90	28,5	35,5	40,9	46,3
120	31,8	39,7	45,7	51,8



# Historický exkurz – dostupná data

- Trupl (1958) – Intenzity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy
- Šamaj, Valovič, Brázdil (1985) – Denné úhrny zrážek s mimoriadnou výdatností v ČSSR v období 1901–1980.
  - Denní (24hodinové) maximální úhrny s dobou opakování 2–100 let
  - 579 stanic na českém území, problematická lokalizace (zrušené stanice, přesuny, chybné souřadnice...)

Stanice	Pravděpodobnost opakování				
	2	10	20	100	
Adršpach - Dolní	39,4	76,6	91,8	100,0	
Albrechtice - Jezeří	36,3	56,6	64,8	100,0	
Albrechtice nad Orlicí	36,9	54,7	61,9	100,0	
Arnoltice	35,1	61,5	72,2	100,0	
Aš	33,4	51,5	58,9	100,0	
Babice nad Svitavou	39,5	68,7	80,6	100,0	
Babín, vodárna	35,5	56,7	65,3	100,0	
Bavorov	37,9	63,8	74,4	100,0	
Bečov nad Teplou	32,1	53,7	62,5	100,0	
Bedřichov, Nová Louka	72,6	120,9	140,5	164,7	183,5
Benecko	42,6	67,5	77,7	90,2	99,9



# Historický exkurz – dostupná data

- Trupl (1958) – Intenzity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy
- Šamaj, Valovič, Brázdil (1985) – Denné úhrny zrážek s mimoriadnou výdatností v ČSSR v období 1901–1980.

Hrádek, Kovář (1994) – Výpočet náhradních intenzit přivalových dešťů metoda redukce 1-denních maximálních srážkových úhrnů

- krátká doba pozorování v Truplově práci
- neaktuálnost dat – jak Truplových náhradních intenzit, tak Šamajových denních úhrnů
- koeficienty redukce v Hrádkově metodě odvozeny pouze pro povodí Labe
- nerozlišování met. příčin vzniku intenzivních srážek – frontální/konvektivní, orografické efekty
- součástí DOST a potažmo metodik, implementováno do hydrologických modelů (**DesQ-MaxQ**)
- nízký uživatelský komfort (lokalizace stanice, variantní výpočty redukce atd.)





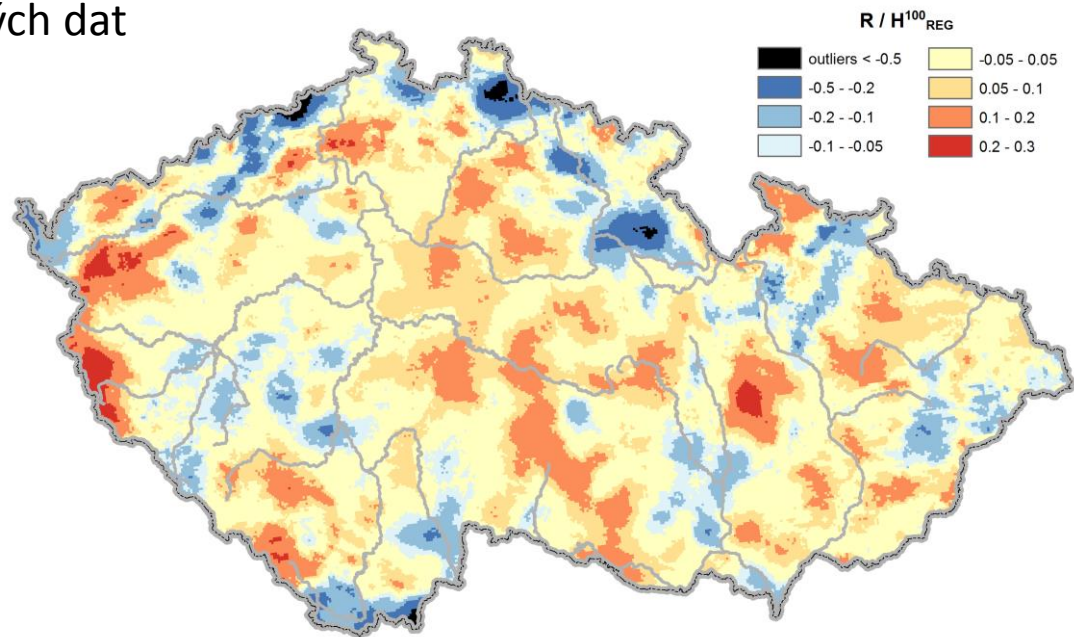
# Historický exkurz – dostupná data

## Maximální denní úhrny – rastr ČHMÚ (2004)

- Revize a doplnění Šamajových dat – data ze stanic 1895–2002 interpolovaná do rastru 1 km se zahrnutím orografie.
- Významné změny od původních Šamajových dat

## Maximální denní úhrny (Šamaj 1986) – interpolace (ČVUT 2016)

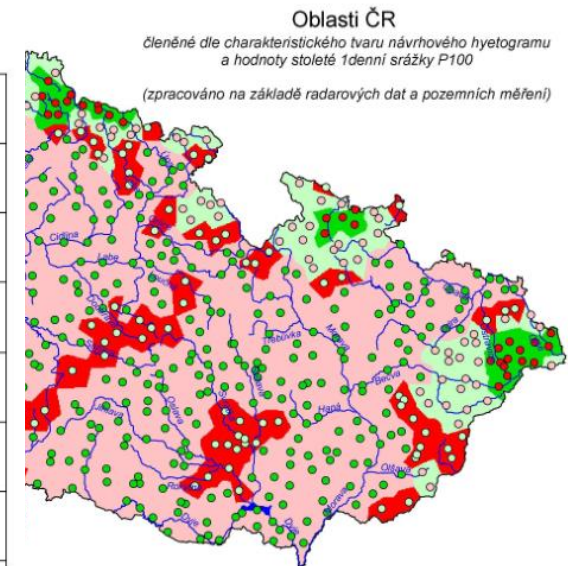
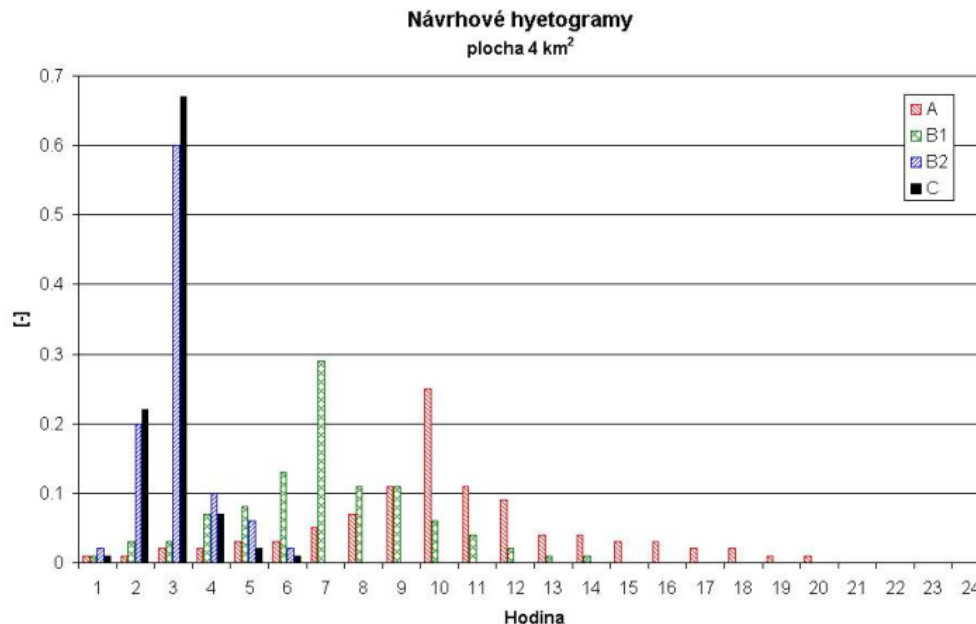
- Digitalizace původních bodových dat
- Řízená prostorová interpolace
- Snadná dostupnost



# Historický exkurz – dostupná data

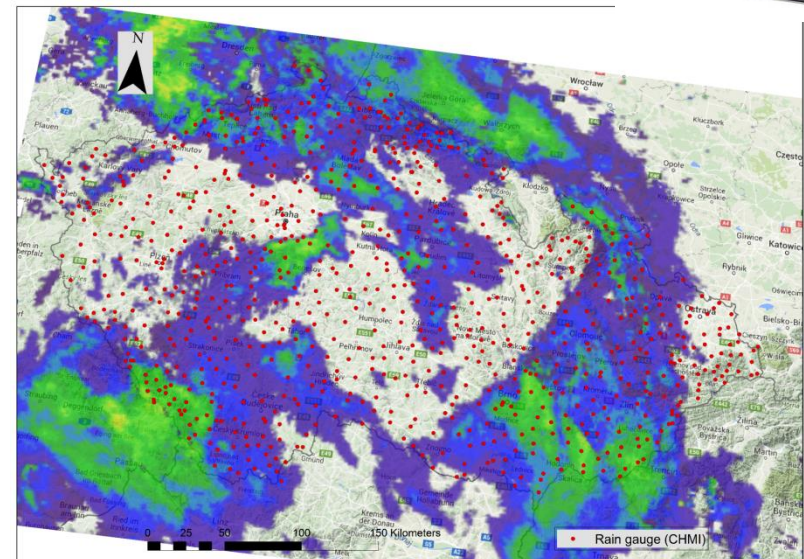
## Typické hyetogramy pro H100 dle ČHMÚ (2004)

- Republika rozdělena do 4 oblastí, pro každou definován 1 typický hyetogram
- Hyetogramy o časovém kroku 1 hodina
- Rozložení intenzit vychází z Truplových dat → neaktuální a málo spolehlivá data



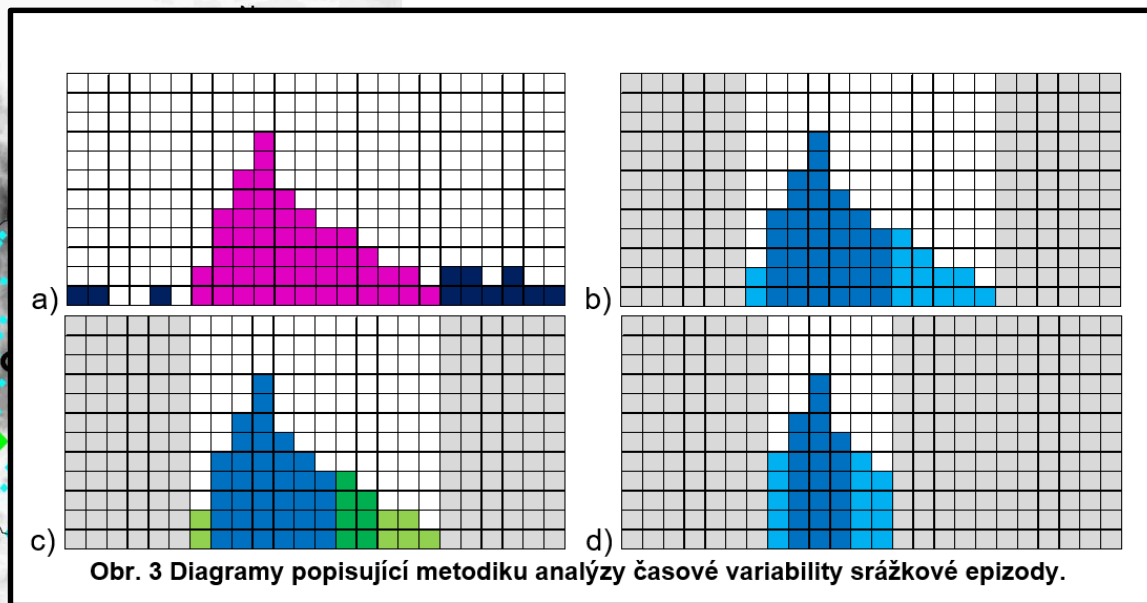
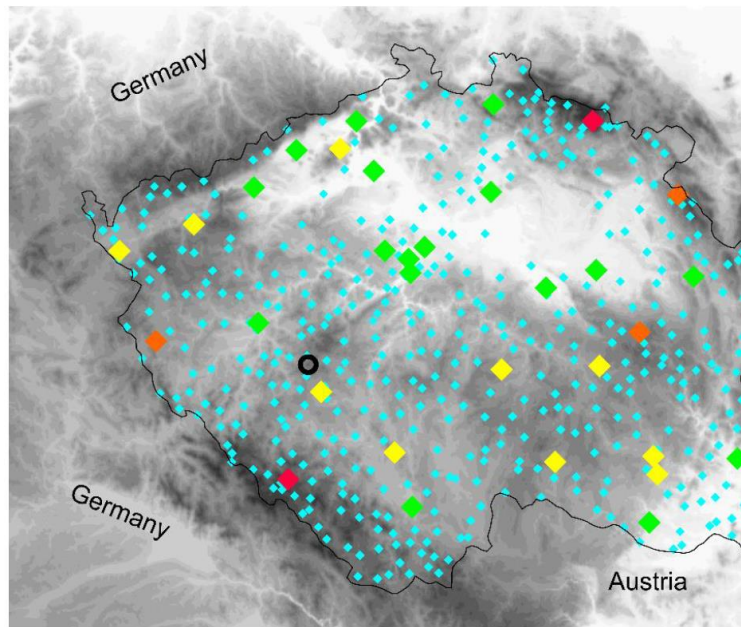
# 6h návrhové hyetogramy (2017)

- Zdrojová data
  - Radarová data 2002 – 2011 (10/15 min krok)
  - Denní úhrny – srážkoměry
- Metoda adjustace radarových dat pozemním měřením

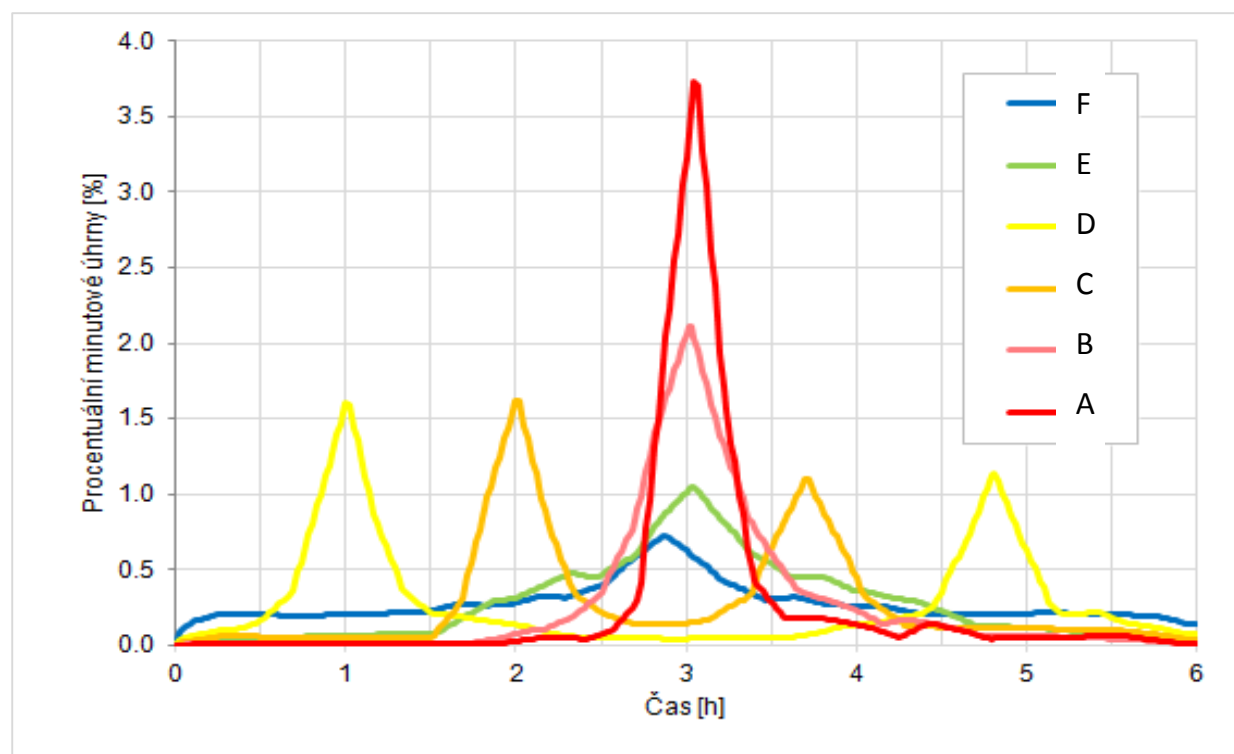


# 6h návrhové hyetogramy (2017)

- 39 uzlových bodů – 50 největších událostí
- Celkem 1950 událostí  $>10$  mm / 6h
- Analýza srážkových „oken“ (24 až 0.5 h)
- Volba časového okna 6 hodin

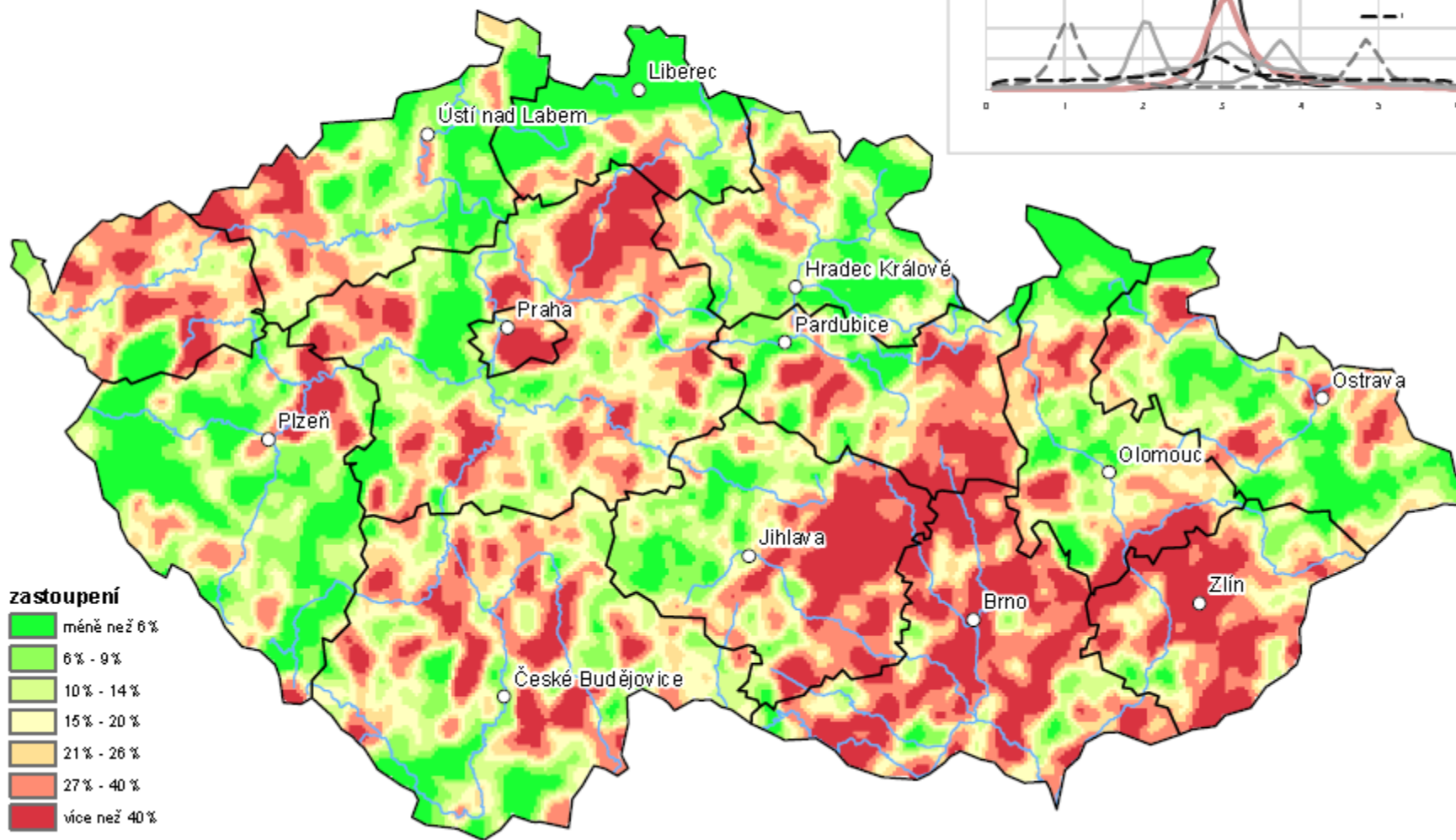


# 6h návrhové hyetogramy (2017)

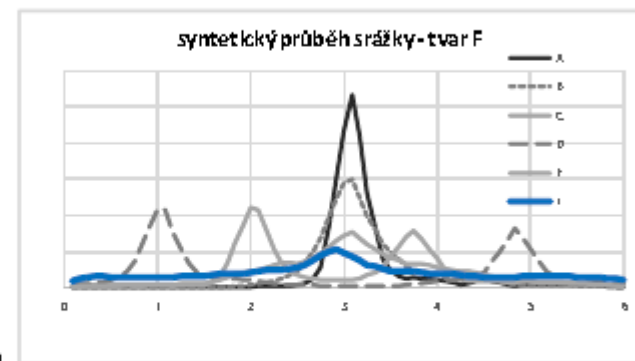
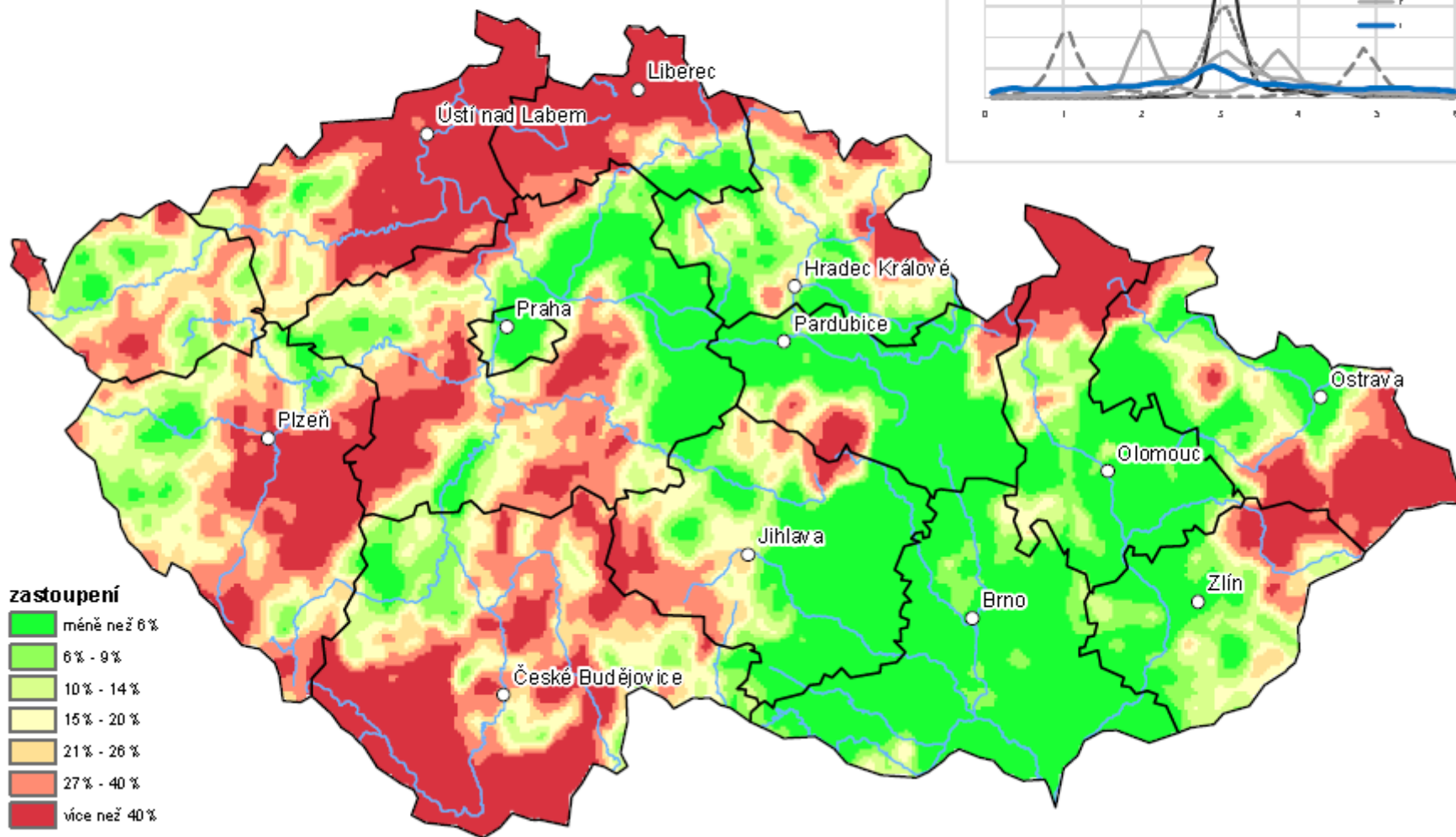


Müller, M. et al. (2017): Určení variant srážkových epizod v závislosti na průběhu jejich intenzit

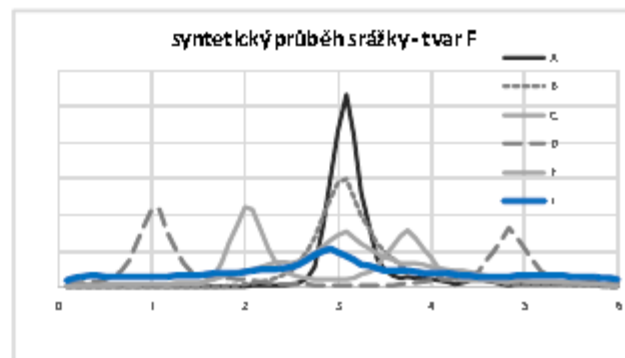
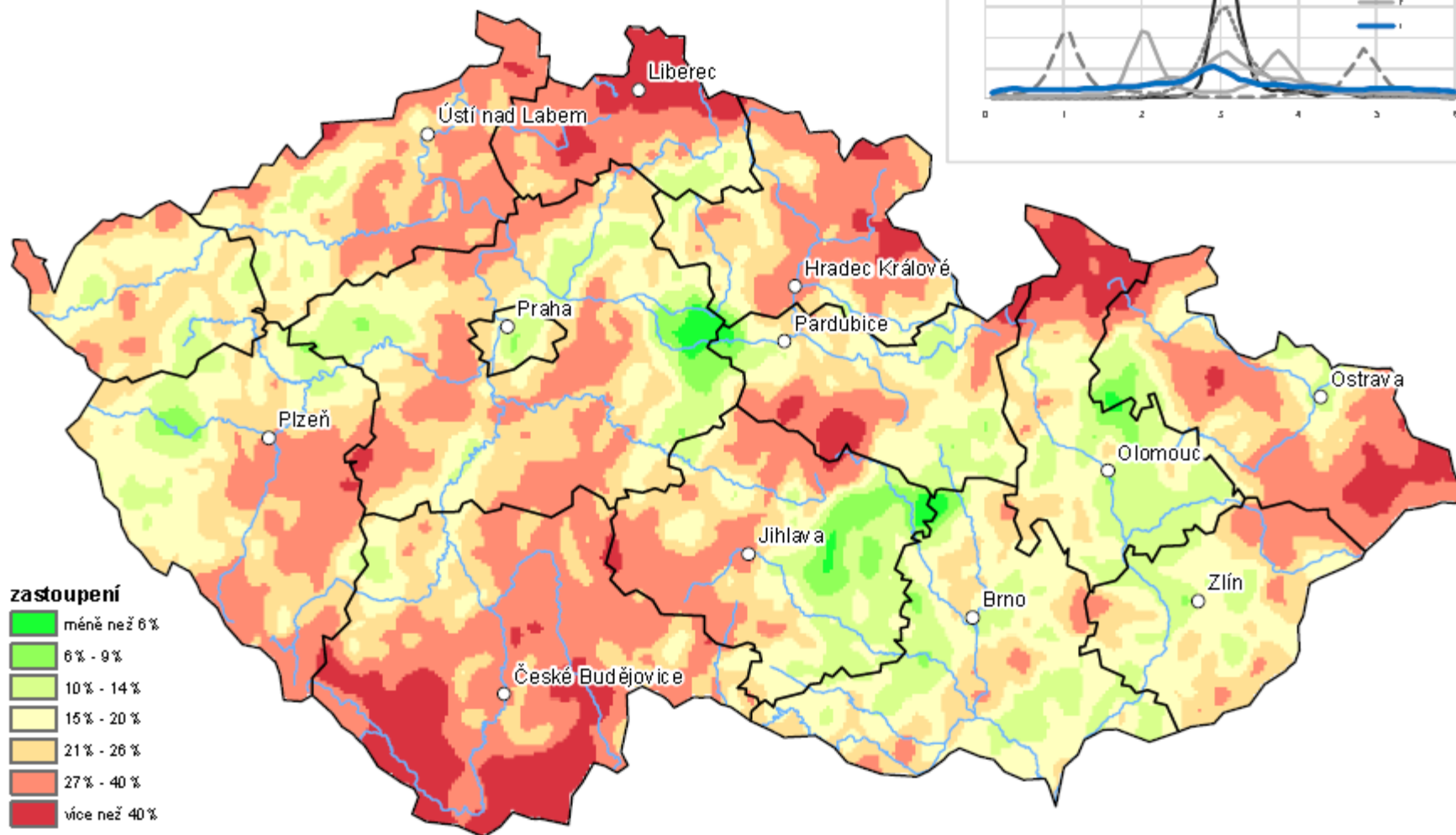
Zastoupení tvaru 6-hodinové srážky B pro dobu opakování 100 let



Zastoupení tvaru 6-hodinové srážky F pro dobu opakování 100 let

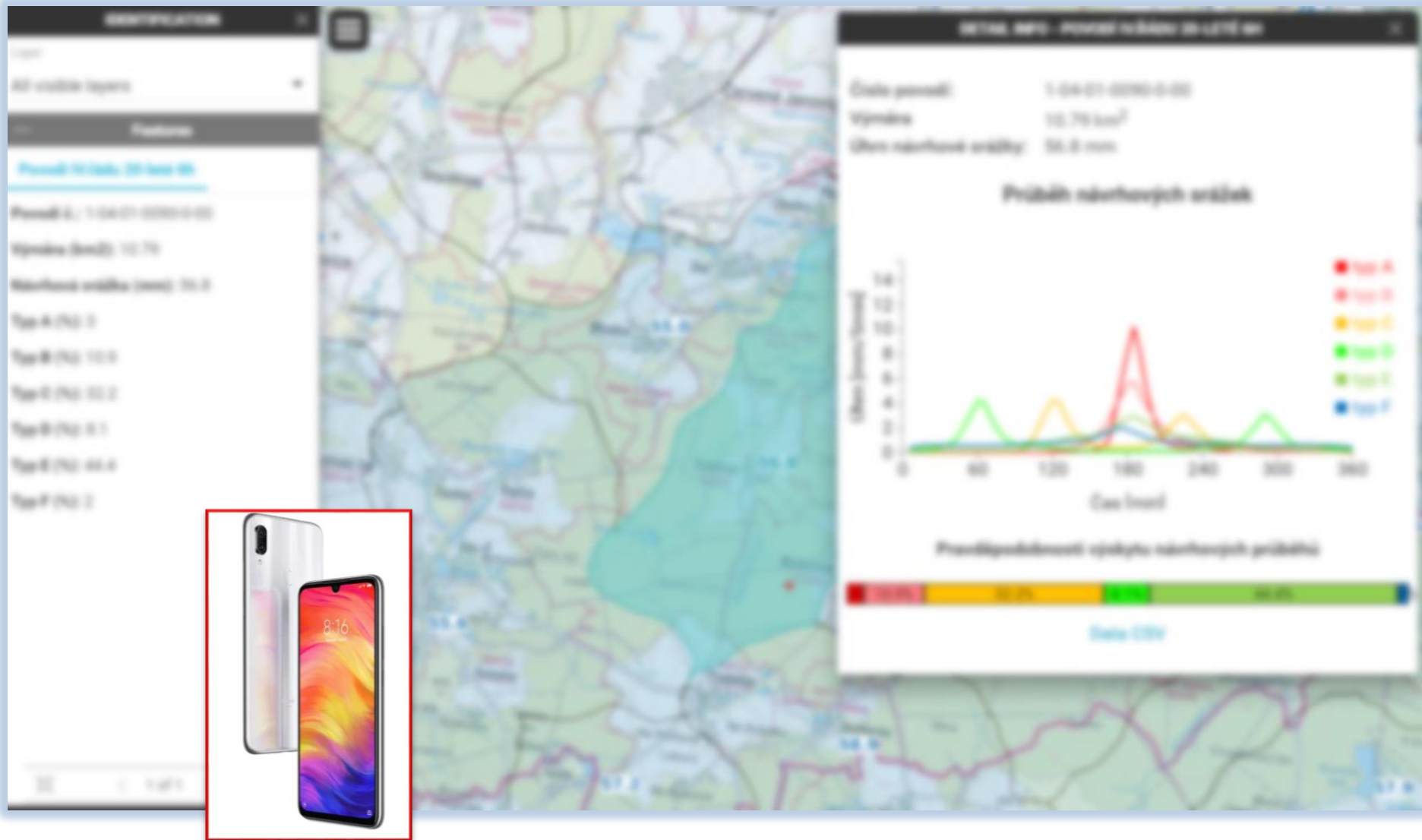


Zastoupení tvaru 6-hodinové srážky F pro dobu opakování 2 roky





# Data snadno a rychle: [rain.fsv.cvut.cz](http://rain.fsv.cvut.cz)



# Hydrologické modely využívané v ČR

## Viz metodiky

- Vzorce intenzitního typu
- SCS – CN -> objem odtoku. V kombinaci např. s jednotkovým hydrogramem i odtok
  - Uvedeno v metodice Janeček
  - DesQ-MaxQ
  - HEC-HMS
- $Q = f(\text{řešené plochy})$
- Fyzikálně založené modely
  - Popis procesů
  - SMODERP
  - WEPP
  - KINFIL

# Intenzitní vzorec

- spočívá v redukci srážkové intenzity **odtokovým součinitelem**

$$q = o_i \cdot i_N \cdot P$$

, kde  $q$  ... $N$ -letý návrhový průtok ( $m^3s^{-1}$ )  
 $o_i$ .....odtokový součinitel (-)  
 $i_N$  ...náhradní intenzita návrhové srážky ( $ms^{-1}$ )  
 získána vztažením úhrnu návrhové srážky na dobu trvání  
 $P$  ...plocha povodí ( $m^2$ )

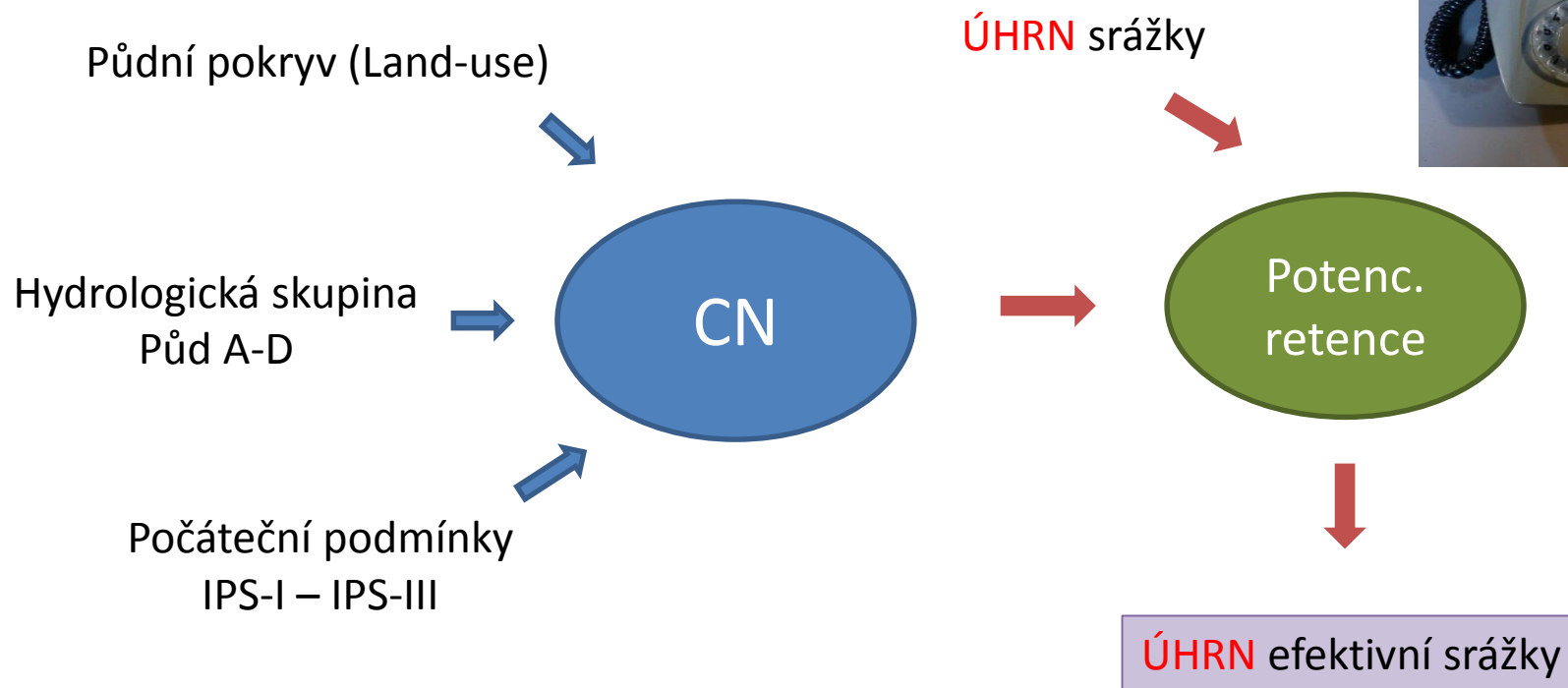
- odtokový součinitel podle různých autorů, např. dle O.Härtela:

$$o_i = o_1 \cdot o_2 \cdot o_3 \cdot o_4$$

, kde  $o_1$  ...součinitel vlivu délky údolí zasaženého deštěm  
 $o_2$  ...součinitel vlivu zalesnění  
 $o_3$  ...součinitel sklonitosti území  
 $o_4$  ...součinitel vlivu propustnosti půdy



# METODA CN



Na průběhu intenzit nezáleží !!!

# IMPLEMENTACE METODY CN DO ČESKÉHO PROSTŘEDÍ

- Metodika „Protierozní ochrana“, Janeček
- DesQ/MaxQ
- HEC-HMS
- Návody/postupy pro ArcGIS, Qgis
- **Atlas - Hydrologie**
- ....

# DesQ/MaxQ



- **Nástroj v sobě obsahuje postup uvedený v metodice Janček**
- *Srážka je řešena redukcí denního úhrnu na kratší*
- *Nijak nezohledňuje tvar návrhové srážky*
- *Tabelární řešení, bez prostorových vazeb*

DesQ-MAX Q

Soubor Edituj Výstupy Okna Volby Nápověda

Nepojmenovaný projekt

Parametry výpočtu

Typ povodí: Dva svahy

Varianta: Varianta I

Vypočítej

Povodí

Délka údolnice [km]

Sklon údolnice [%]

1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 5 [mm]	43.9	?
1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 10 [mm]	51.1	
1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 20 [mm]	58.6	
1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 50 [mm]	67.7	
1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 100 [mm]	74.9	

Popis projektu

Blatná

Dva svahy

Plocha svahu [km<sup>2</sup>]

Sklon svahu [%]

Drsnost  $\gamma$  [s]  ?

Typ CN křivky [1,2,3]  ?

Číslo CN křivky [40-100]  ?

Levý

Pravý

# HEC-HMS

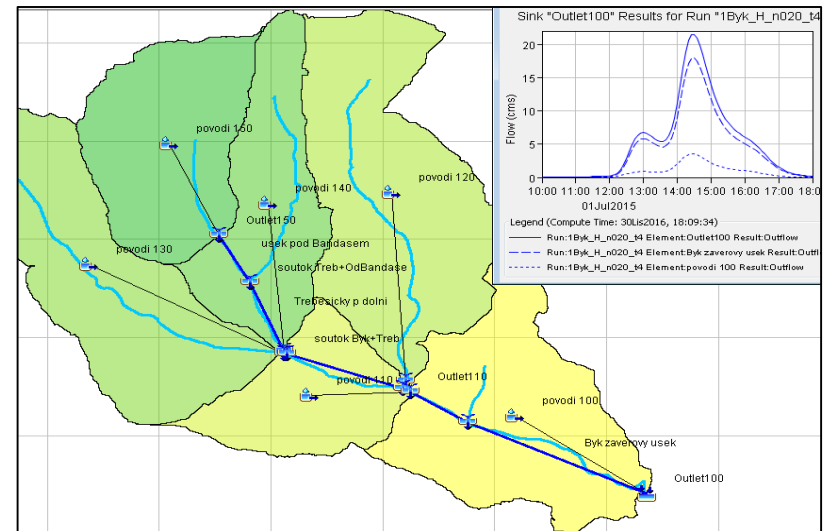


Konceptuální celistvý až částečně distribuovaný model

V ČR dlouho zavedený, volně dostupný, používaný v praxi

V principu 3 oddělené složky výpočtu

- Efektivní srážka
  - např. SCS CN metoda
- Routing efektivní srážky → tvorba odtoku
  - např. SCS jednotkový hydrogram
- Transformace a skládání v korytech
  - např. kinematická metoda, hydrologické metody...
- Objekty na hydrografické síti



# FYZIKÁLNĚ ZALOŽENÉ MODELY

**Snaha matematicky popsat  
jednotlivé procesy**

Pro české prostředí nejčastěji:

SMODERP

KINFIL

EROSION

WEPP

HydroCAD

MIKE - SHE .....



# KINFIL

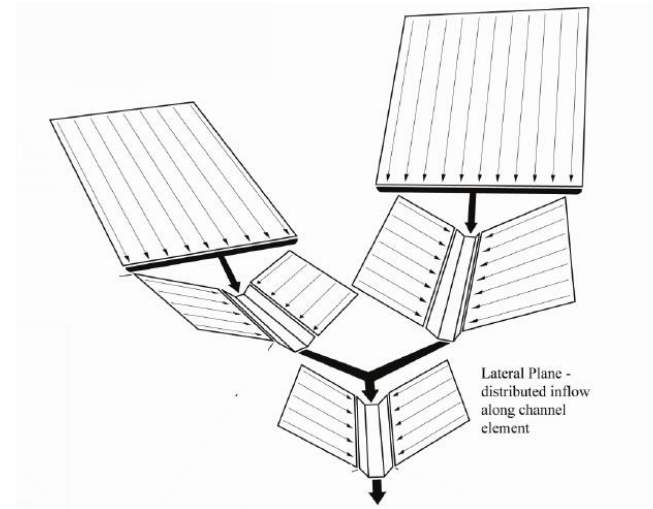


Konceptuální celistvý model

Vyvinutý v ČR (ČZÚ), obsažen v metodikách PEO, ale spíše výzkumné účely

V principu 3 oddělené složky výpočtu

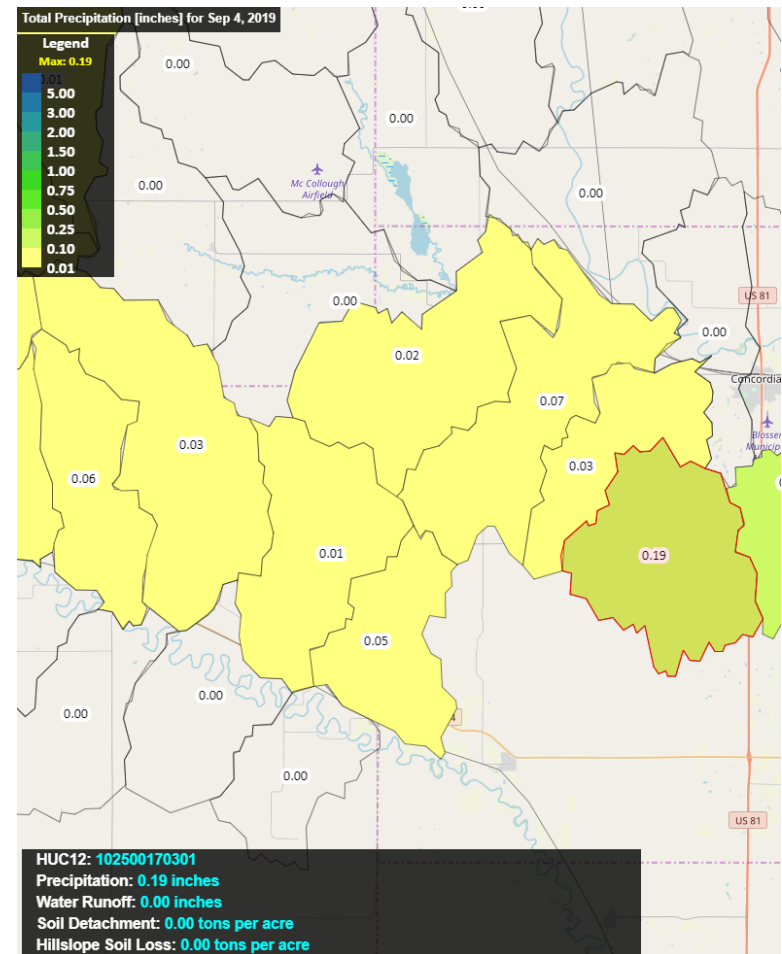
- Efektivní srážka  
– fyzikální přístup G&A
- Routing efektivní srážky → tvorba odtoku  
– konceptuální povrch – kaskáda desek
- Transformace v korytě  
– hydrologická metoda M&C



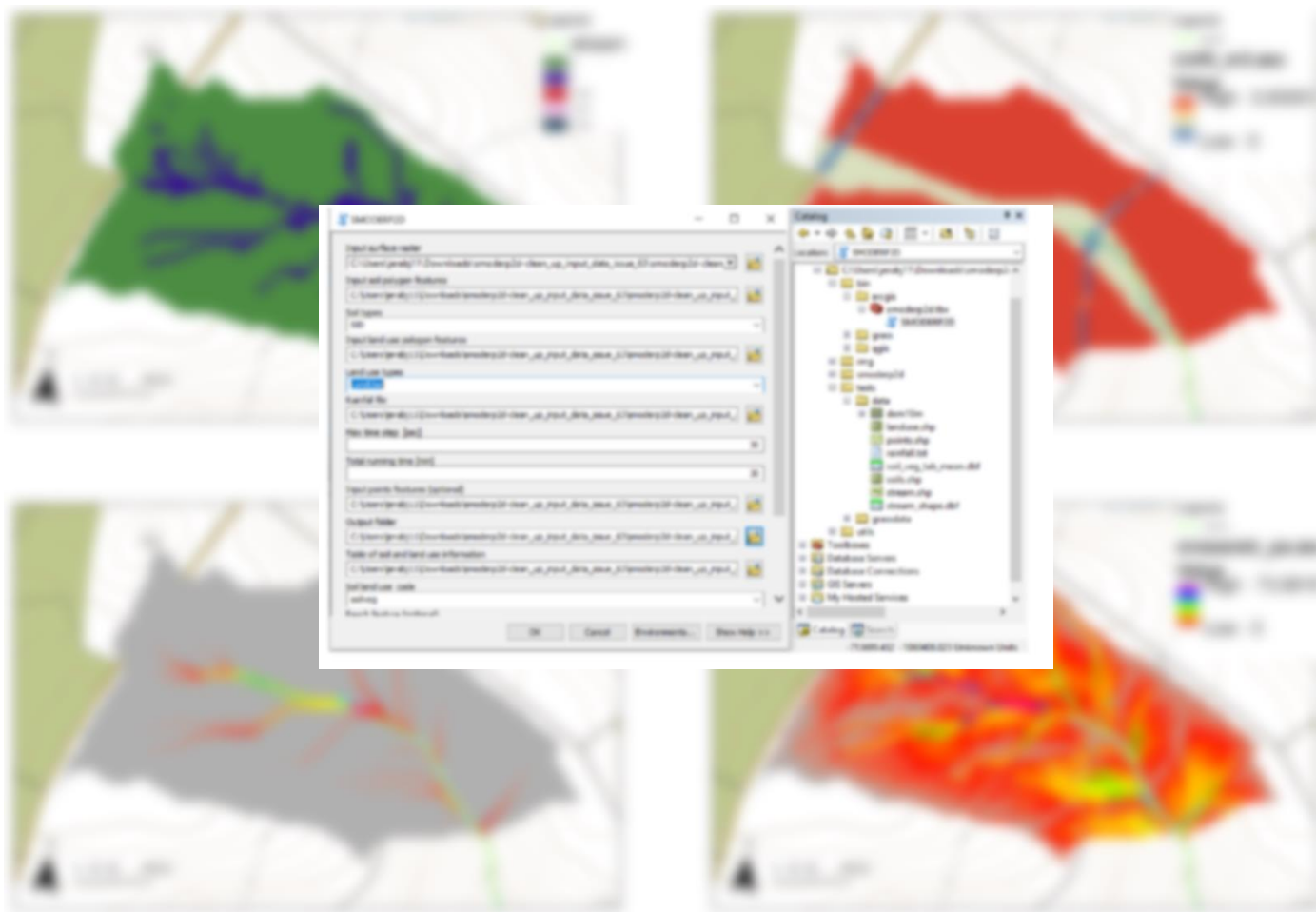
*ALE – vývoj neprobíhá, psáno ve FORTRAN, těžko široce využitelný*

# WEPP

- Zdarma
- Pro ČR nejsou vstupy
- V USA nahrazuje USLE, široké využití
  - Hydrologie i smyv
  - DEP – [daylierosion.org](http://daylierosion.org)



# SMODERP



# CN



- Jednoduchá metoda
- Nejrozšířenější
- Standardizovaná vstupní data
- Součástí metodik a zaběhnutých postupů



- Empiricky odvozená metoda –  
problematické využití při navrhování na budoucí klimatické scénáře
- Samotná metoda nezohledňuje tvar srážky
  - Nutno propojit s dalšími přístupy

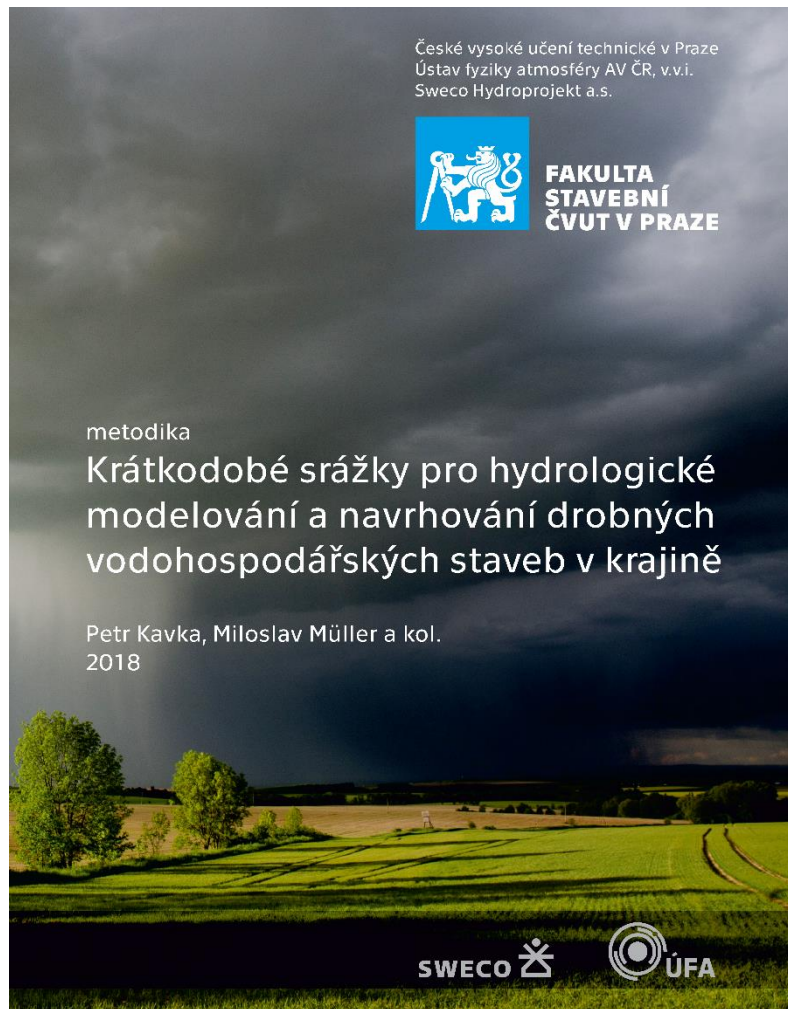
# Fyzikálně založené modely



- Popis procesů
- Využití některých modelů umožňuje metodiky Janeček
- Možnost využití i pro budoucí scénáře
- Distribuované modely dávají informaci o procesech v celém území



- Není standardizace vstupních dat
- Není standardizace procesů
- Numericky a znalostně složitější
- Menší rozšíření mezi uživateli



ČVUT v Praze



Ústav fyziky atmosféry AV ČR



SWECO Hydroprojet a.s.



*Petr Kavka, Miloslav Muller, Martin Pavel,  
Luděk Strouhal, Martin Landa, Jiří  
Cajthaml, Lenka Weyskrabová, Karel  
Vlasák, Marek Kašpar, Vojtěch Bližňák*

S podporou Ministerstva zemědělství  
- NAZV KUS



[rain.fsv.cvut.cz](http://rain.fsv.cvut.cz)

# Aktuální stav povodí

- Velká nejistota
- ? Stavů nasycenosti povodí, stavů vegetace, ...
- Často vyjadřováno IPS
  - u CN metody jsou pak stavy CNI CNII CNIII
  - Fyzikální přístupy komplikovanější (součástí infiltrační rutiny daného modelu)

## Analýza stavů předchozího nasycení

Studovány úhrny v době 6 hodin – 5 dní před výskytem intenzivních událostí typů A-F a doby opakování N let a vztaženy k dlouhodobému normálu

Interval dob opakování	Tvary srážek					
	A	B	C	D	E	F
1,5 - 2,5	97	106	108	157	148	282
2,5 - 4	97	106	108	163	164	320
4 - 7,5	99	104	112	166	184	357
7,5 - 15	96	104	123	200	210	433
15 - 25	95	101	126	210	195	519
25 - 40	95	89	150	230	200	547
40 - 75	99	95	175	241	193	567
75 - 125	90	84	199	211	215	574

Relativní průměrná velikost (%) **pětidenních úhrnů** před návrhovými srážkovými epizodami šesti tvarů pro různé intervaly doby opakování, **vztažená k normálu pětidenních úhrnů** za měsíce květen až září. Žlutě jsou vyznačeny hodnoty blízké 100 % normálu, červeně hodnoty silně nadnormální.

