

ANALYSIS TOOL FOR DESIGN RAINFALL WITHIN URBAN AREAS

Ing. Dušan Rusnák, doc. RNDr. Ivona Škultétyová, PhD., doc. Ing. Štefan
Stanko, PhD.



obsah

- stokové siete
- posudzovanie stokových sietí
- návrhový dažď
 - historické dažde
 - matematické dažde
- **DATER**
- záver

stoková sieť

- systém podzemných potrubí vedúcich odpadové vody od spotrebiteľa do čistiarne odpadových vôd (ČOV)
- priamo prepojené so životným prostredím pomocou:
 - Odľahčovacích komôr (OK) (počas dažďa – vysoko nariadené bez čistenia odpadových vôd)
 - ČOV (po čistení)
- neoddeliteľná časť systému ochrany životného prostredia
- prevencia (alebo aspoň zníženie) kontinuálnej infiltrácie splaškových vôd do environmentu (cez septiky do podzemných vôd a pod.)

stoková sieť

- základné delenie stokových sietí
 - splašková stoka (splaškové a/alebo priemyselné odpadové vody)
 - dažďová stoka (iba na povrchový odtok)
 - jednotná stoka (aj splaškové aj dažďové vody)
 - kombinácie
- táto práca sa zaoberá analýzou povrchového odtoku (**jednotné a dažďové stoky**)

posudzovanie stokových sietí

- posudzovanie stokových sietí je kľúčový postup verifikácie správnej funkcie stôk
- posudzovanie vedie k:
 - lepšiemu porozumeniu prietokov v stokách
 - odhaľuje problémové sekcie na stokách
 - slúži ako podklad pre rekonštrukciu stokových sietí
- najsledovanejšie parametre:
 - hydraulická kapacita stokových sietí (v pomere k návrhovým prietokom)
 - počet odľahčení OK

návrhový dažď

- využitie pri posudzovaní (aj návrhoch) jednotných a dažďových stokových sietí (prietok splaškových vôd je zanedbateľný v čase intenzívneho dažďa)
- použité pri výpočte návrhových prietokov
- základné delenie:
 - historické dažďe (skutočné, namerané dažde)
 - matematické dažďe (vypočítané na základe parametrov územia)
 - blokové dažde
 - syntetické dažde

návrhový dažď

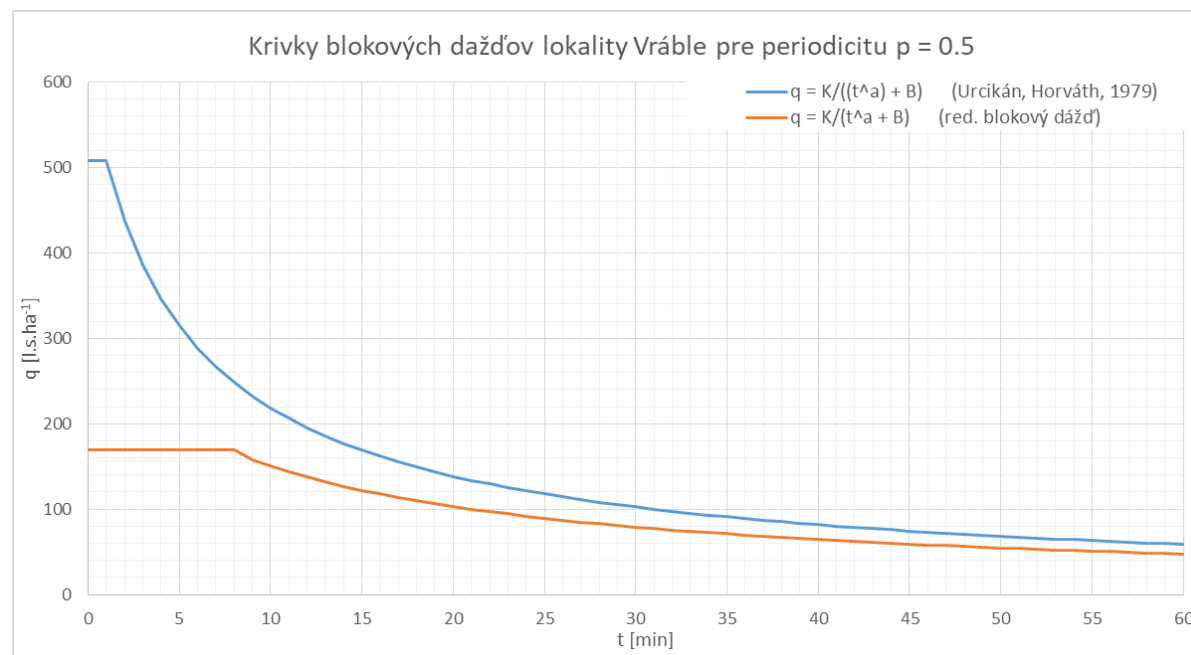
- historický dažď
 - reprezentuje skutočný – zaznamenaný – dažď zaznamenaný počas sledovaného obdobia v záujmovej lokalite
 - individuálne vyhodnocované
 - využité pre krátkodobé aj dlhodobé simulácie dažďových períód v hydrodynamickom modelovaní
 - majú najdôležitejšiu úlohu pri kalibrácii hydrodynamických modelov
 - (meteorologické údaje + merania prietokov sú nevyhnutné pre spoľahlivé posudzovania jednotných a dažďových stokových sietí)

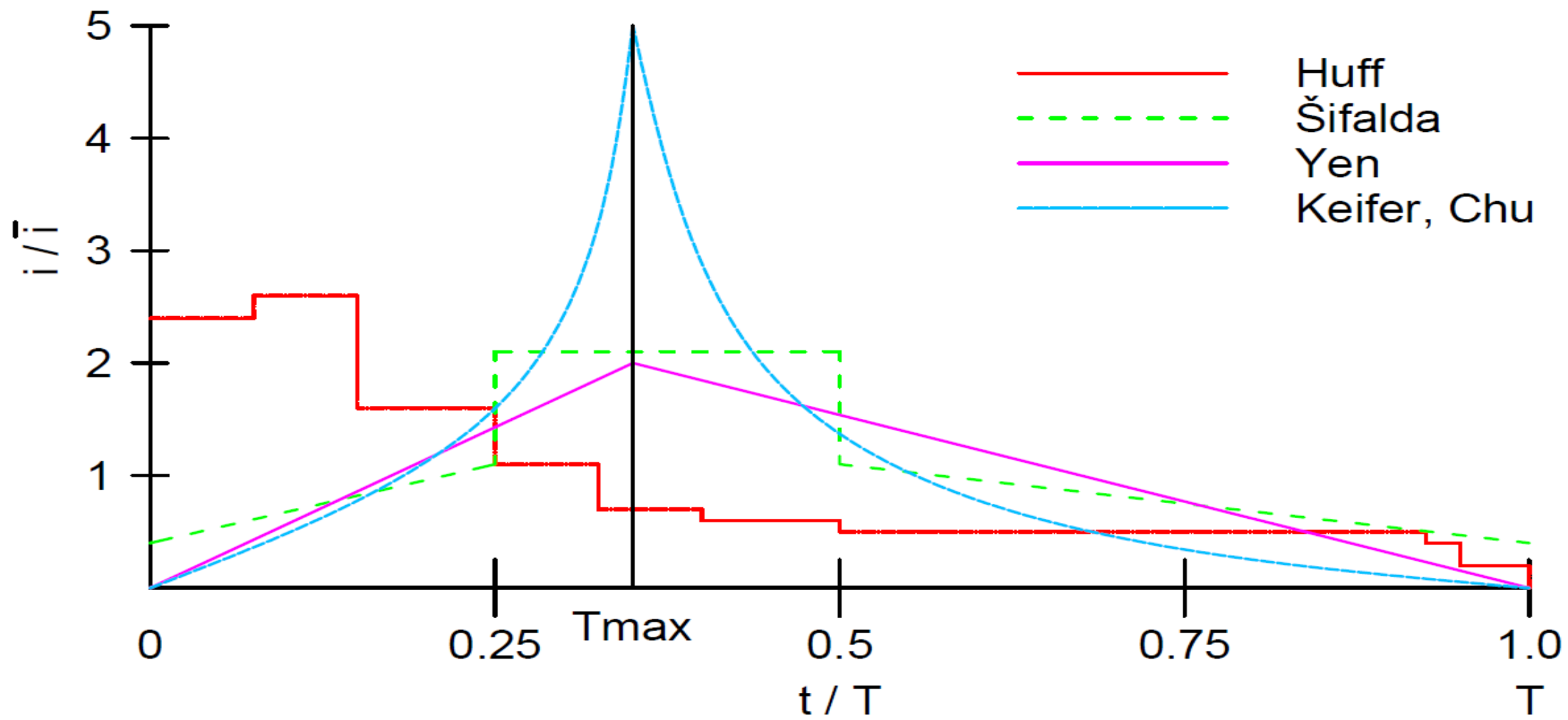
návrhových dažď

- matematické dažde (ďalšie delenie):
 - blokové dažde
 - syntetické dažde
- blokový dažď
 - najjednoduchší, no najmenej reálny priebeh
 - konštantná intenzita počas celého trvania
 - nevyhnutná konverzia pomocou matematických vzťahou do kriviek výdatností blokových dažďov (s konštantne klesajúcou intenzita)
 - vzťahy na konverziu opísané viacerými autormi:
 - na Slovensku: Urcikán, Horváth

návrhový dažď

- blokové dažde
 - využívané najmä pri navrhovaní stokových sietí racionálnou metódou
 - v prípade dlhších stokových sietí s dlhším časom dotoku používame „redukované blokové dažde“






DATER

- **D**ecisive **A**nalytical **T**ool for **E**ffective **R**ainfall (DATER)
- (rozhodujúca analytická pomôcka pre efektívny dažď)
- analytická pomôcka – založená na excely pre rýchlu prípravu a analýzu dažďov
- využíva extenzívny VBA (Visual Basic for Applications) kód na uľahčenie vstupných údajov a exportu
- dynamické tabuľky a grafy (využitie kontingenčných tabuliek a grafov so slicermi)
- možnosť simulácie zvýšenia intenzity (zmena počasia v posledných dekádach)

DATER

- umožňuje vytvorenie vlastného dažďa („modelový dažď“) – myšlienka založená na priebehu syntetických dažďov (Yen, Huff, Šifalda)
- výpočet matematických dažďov v rámci Slovenskej republiky
- výpočet na základe pripravenej databázy (SHMÚ) využitím známych rovníc (Urcikán, Horváth) a krivky dažďov vyvynuté na základe autorov syntetických dažďov (Keifer + Chu, Huff, Yen, Šifalda)
- možnosť porovnať a pripraviť krivky historických dažďov
- proces porovnania rôznych dažďov v reálnom čase
- produkuje PDF súbory s údajmi o dažďoch a taktiež extenzívne XLS súbory na ďalšie použitie (dažďové údaje, statické modely, hydrodynamicko modely atď)

DATER – užívateľské rozhranie

 DATER decisive analytical tool for effective rainfall	INPUT DATA	periodicity	0.5	(1x / 2 years)	rainfall duration:	60	minutes	Ombrografic station #1	Ombrografic station #2	Ombrografic station #3	
	EXPORT DATA	area of interest:	Vráble		parameter "r":	0.23	-	Nitra	Nový Tekov	Svätuša	
		area type:	2 - without observations		intensity increase:	original data		17.4	[km]	16	[km]
HISTORICAL RAIN MODEL RAIN SUMMARY RAIN CURVES DATA EXPORT USER MANUAL t-q CURVES DATA											

- slúžia iba na zobrazenie vybraných vstupných údajov
- periodicitu, názov oblasti, typ lokality, trvanie dažďa, parameter „r“ (syntetické dažde), nárast intenzity
- neslúži na zmeny vstupných údajov

DATER – vstupné údaje

- Umožňuje zmenu vstupných údajov
- Obsahuje mapy ombrografických staníc a izolínií

INPUT DATA ×

PERIODICITY **INTENSITY INCREASE [%]**

PARAMETER "r"

AREA TYPE **MODEL RAIN**

MAPS

1 - with observation

Ombrographic station

2 - without observation

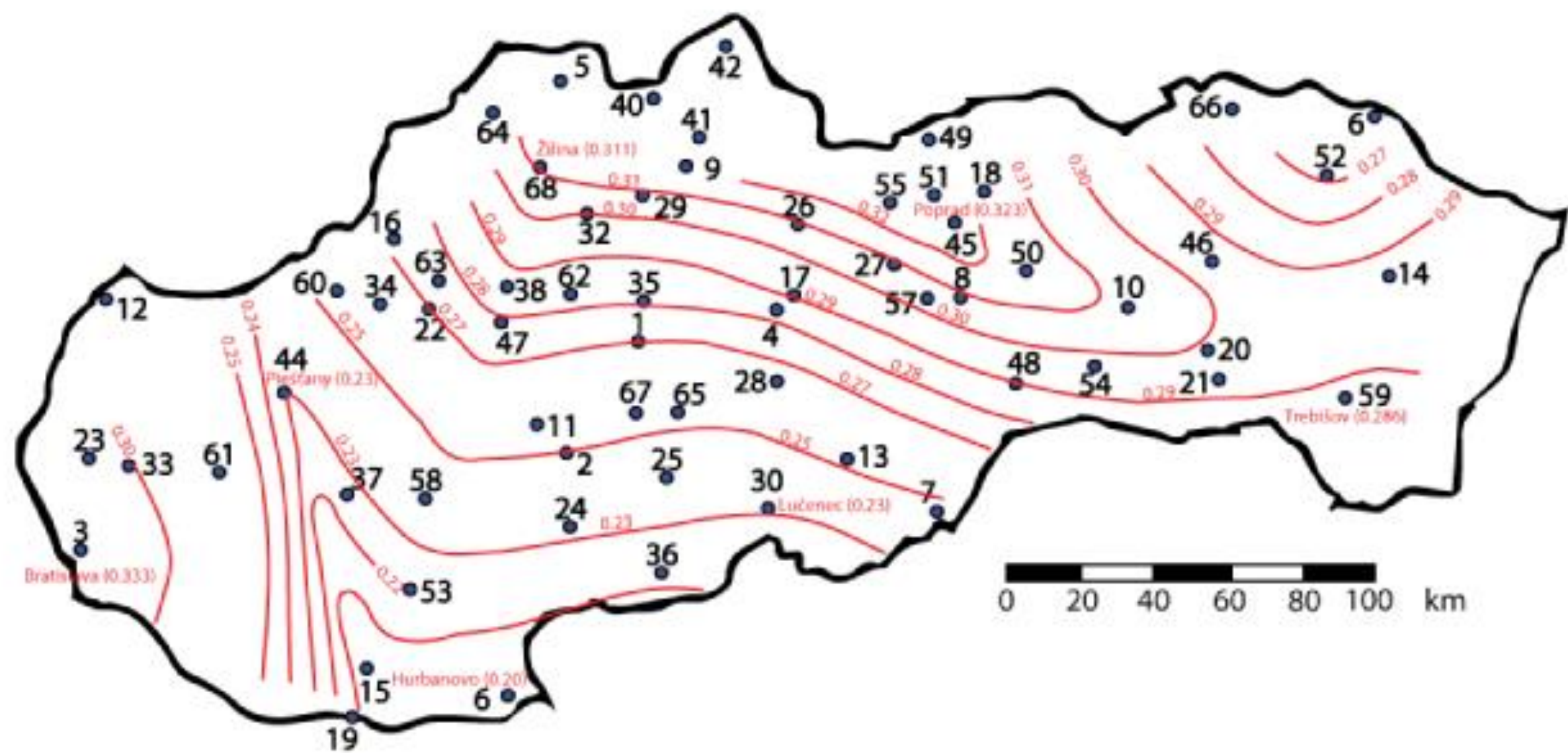
Ombrographic station #1 Ombrographic station #2 Ombrographic station #3

Distance from area of interest in kilometers

RAINFALL DURATION

DURATION [min]


CALCULATE **CLOSE**



DATER – modelový dažď

- Umožňuje užívateľom vytvorenie vlastného dažďa
- Myšlienka založená na syntetických dažďoch
- Užívateľ si zvolí počet intervalov (2-20), maximálnu intenzitu dažďa, a jednotlivým intervalom pridelí % maximálnej intenzity (možnosť využitia náhodného zadelenia intenzít)

The image shows two overlapping dialog boxes from the DATER software. The 'MODEL RAIN' dialog box on the left has a 'DELETE MODEL RAIN' button at the top, followed by input fields for 'Model rain name: (not required)', 'Maximal intensity of model rain: [l.s-1.ha-1]', and 'Amount of intervals (2-20):'. It includes 'INTERVALS' and 'CLOSE' buttons at the bottom. The 'MODEL RAIN INTERVALS' dialog box on the right has a 'Model rain name:' field, a 'Maximal intensity' field with a unit '[l.s-1.ha-1]', and two radio buttons for 'EVEN DISTRIBUTION' and 'RANDOM INTENSITIES'. Below these are two columns of input fields: 'upper time limit in [%]' and '% of maximal intensity', with rows for '1st int.' and '2nd int.'. A 'CLOSE' button is at the bottom.

 VÝPOČET EXPORT DÁT	periodicita	0.5	(1x za 2 roky)	trvanie dažďa:	60	minút	Ombrografická stanica č.1 použitá pre interpoláciu:		Ombrografická stanica č.2 použitá pre interpoláciu:		Ombrografická stanica č.3 použitá pre interpoláciu:	
	lokality:	Vráble		parameter "r":	0.23	-	Nitra		Nový Tekov		Svätuša	
	druh lokality:	2 - bez pozorování		zmena intenzity:	pôvodné údaje		17.4	[km]	16	[km]	15.3	[km]
<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> decisive analytical tool for effective rainfall HISTORICKÝ DÁŽĎ MODELOVÝ DÁŽĎ SUMÁR GRAFY VÝSTUP INFORMÁCIE PRIEBEH KRIVIEK </div>												

VOĽBA HISTORICKÉHO DAŽĎA

Podmienkou fungovania výpočtu pri porovnaní historických dažďov je dĺžka trvania minimálne **15 minút** a maximálne **180 minút**. V prípade voľby historického dažďa v správnom rozmedzí bude **celý výpočet aplikovaný na dĺžku historického dažďa**.


VYMAZAŤ VŠETKY ÚDAJE HISTORICKÝCH DAŽĎOV

VYMAZAŤ ÚDAJE 1. DAŽĎA		VYMAZAŤ ÚDAJE 2. DAŽĎA		VYMAZAŤ ÚDAJE 3. DAŽĎA		VYMAZAŤ ÚDAJE 4. DAŽĎA		VYMAZAŤ ÚDAJE 5. DAŽĎA		pomocné t
1		2		3		4		5		
názov:	4 6 2016	názov:	13 5 2016	názov:	17 8 2015	názov:	17 8 2016	názov:	19 8 2016	
t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	
[min]	[l.s-1.ha-1]	[min]	[l.s-1.ha-1]	[min]	[l.s-1.ha-1]	[min]	[l.s-1.ha-1]	[min]	[l.s-1.ha-1]	
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	1
3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	1
4	0	4	16.666667	4	0	4	16.666667	4	16.666667	1
5	16.666667	5	33.333333	5	0	5	0	5	33.333333	1
6	33.333333	6	50	6	0	6	0	6	50	1
7	16.666667	7	33.333333	7	0	7	16.666667	7	66.666667	1
8	16.666667	8	16.666667	8	16.666667	8	0	8	116.666667	1
9	0	9	83.333333	9	16.666667	9	16.666667	9	150	1
10	0	10	150	10	66.666667	10	50	10	250	1
11	33.333333	11	83.333333	11	83.333333	11	100	11	233.333333	1
12	16.666667	12	83.333333	12	100	12	116.666667	12	150	1
13	50	13	66.666667	13	150	13	100	13	133.333333	1
14	16.666667	14	150	14	183.333333	14	100	14	133.333333	1
15	66.666667	15	100	15	200	15	50	15	150	1
16	133.333333	16	116.666667	16	200	16	83.333333	16	150	1
17	250	17	100	17	300	17	66.666667	17	83.333333	1

DATER – výsledky programu

- program produkuje výsledku vo forme tabuliek a grafov
- hárok „SUMÁR“ zahŕňa výsledky výpočtov zvoleného dažďa (v závislosti od periodicity a ostatných parametrov) a dažďov zvolených parametrov všetkých periodicít (pre porovnanie)
- hárok „DAŽĎOVÉ KRIVKY“ zahŕňa vypočítané krivky dažďov vo forme kontigenčných tabuliek a využitím slicerov môže užívateľ rýchlo zmeniť/zvoliť hľadaný dažď/dažde

DATER – výsledky programu („SUMÁR“)



VÝPOČET

EXPORT DÁT

periodicita	0.5	(1x za 2 roky)	trvanie dažďa:	60	minút	Ombrografická stanica č.1 použitá pre interpoláciu:	Ombrografická stanica č.2 použitá pre interpoláciu:	Ombrografická stanica č.3 použitá pre interpoláciu:
lokality:	Vráble		parameter "r":	0.23	-	Nitra	Nový Tekov	Svätúša
druh lokality:	2 - bez pozorovaní		zmena intenzity:	pôvodné údaje		17.4 [km]	16 [km]	15.3 [km]

decisive analytical tool for effective rainfall
HISTORICKÝ DÁŽĎ
MODELOVÝ DÁŽĎ
SUMÁR
GRAFY
VÝSTUP
INFORMÁCIE
PRIEBEH KRIVIEK

Zadané vstupné údaje:

Lokalita:	Vráble	Ombrografická stanica č.1 použitá pre interpoláciu:	Nitra	Ombrografická stanica č.2 použitá pre interpoláciu:	Nový Tekov	Ombrografická stanica č.3 použitá pre interpoláciu:	Svätúša
Periodicita	0.5	(1x za 2 roky)		Parameter r	0.23	dĺžka trvania dažďa	60 minút

Vypočítané parametre K,B,a:

rovnicou použitá pre výpočet:	parameter		
	K	B	a
$q = K/(t + B)$	3948.0	8.17	-
$q = K/(t + B)$ (Urcikán, 1981)	3988.0	9.27	-
$q = K/t^a$	1230.1	-	0.75
$q = K/(t^a + B)$ (Urcikán+Horváth, 1979)	2791.3	4.49	0.92

druh dažďa

blokový dažď

syntetický dažď

rovnicu krivky

Huffov dažď

Keifer, Chu

$q = K/(t + B)$

$q = K/(t + B)$ (1)

$q = K/(ta + B)$ (2)

$q = K/(ta + B)$ (red.)

$q = K/ta$

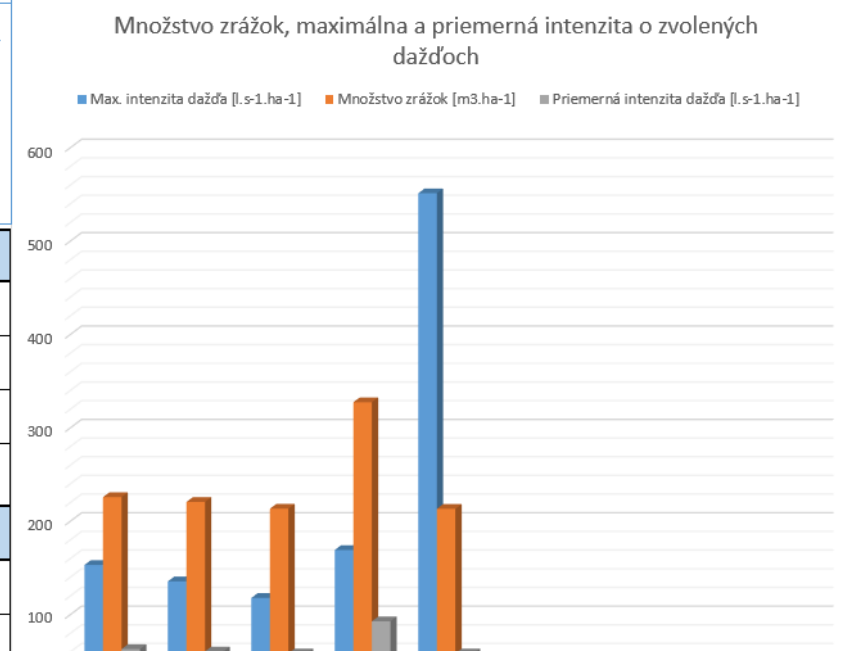
Šifaldov dažď

Yenov dažď

hľadaná veličina

Informácie o daždi:

druh dažďa:	rovnicu / názov dažďa	Priem. intenzita dažďa [l.s ⁻¹ .ha ⁻¹]	Max. intenzita dažďa [l.s ⁻¹ .ha ⁻¹]	Poloha max. intenzity [min]	Množstvo zrážok [m ³ .ha ⁻¹]
Blokový dažď	$q = K/(t + B)$	140.99	430.74	1	501.37
	$q = K/(t + B)$ (Urcikán, 1981)	134.88	388.40	1	480.27
	$q = K/t^a$	174.09	1230.09	1	598.60
	$q = K/(t^a + B)$ (Urcikán+Horváth, 1979)	145.56	508.14	1	515.72
Redukovaný blokový dažď	$q = K/(t^a + B)$	92.73	169.03	1	327.32
	Keifer, Chu	58.38	551.08	14	213.07
	Huffov dažď	62.91	153.04	4	225.67



DATER – výsledky programu („DAŽĎOVÉ KRIVKY“)

periodicita

0.01	0.02	0.033	0.05
0.1	0.2	0.5	1
2	5	hist.	

druh krivky

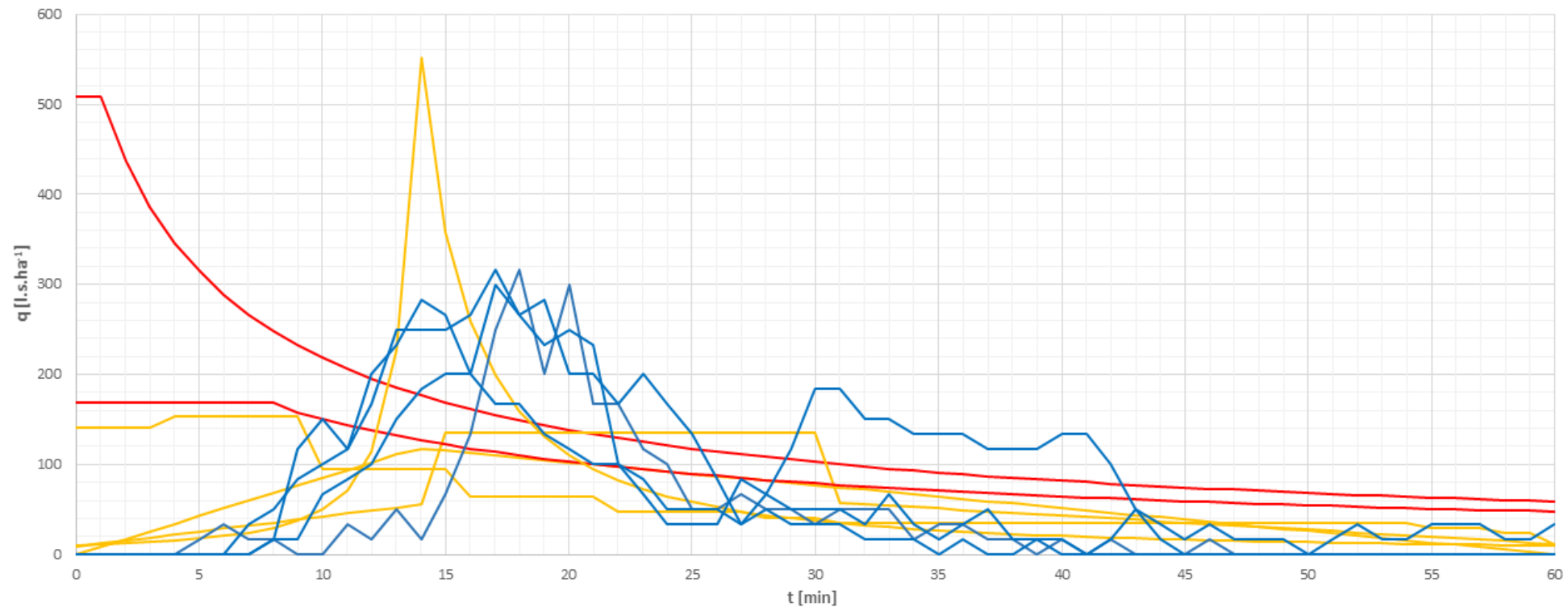
blokový dažď

historický dažď

rovnica/autor

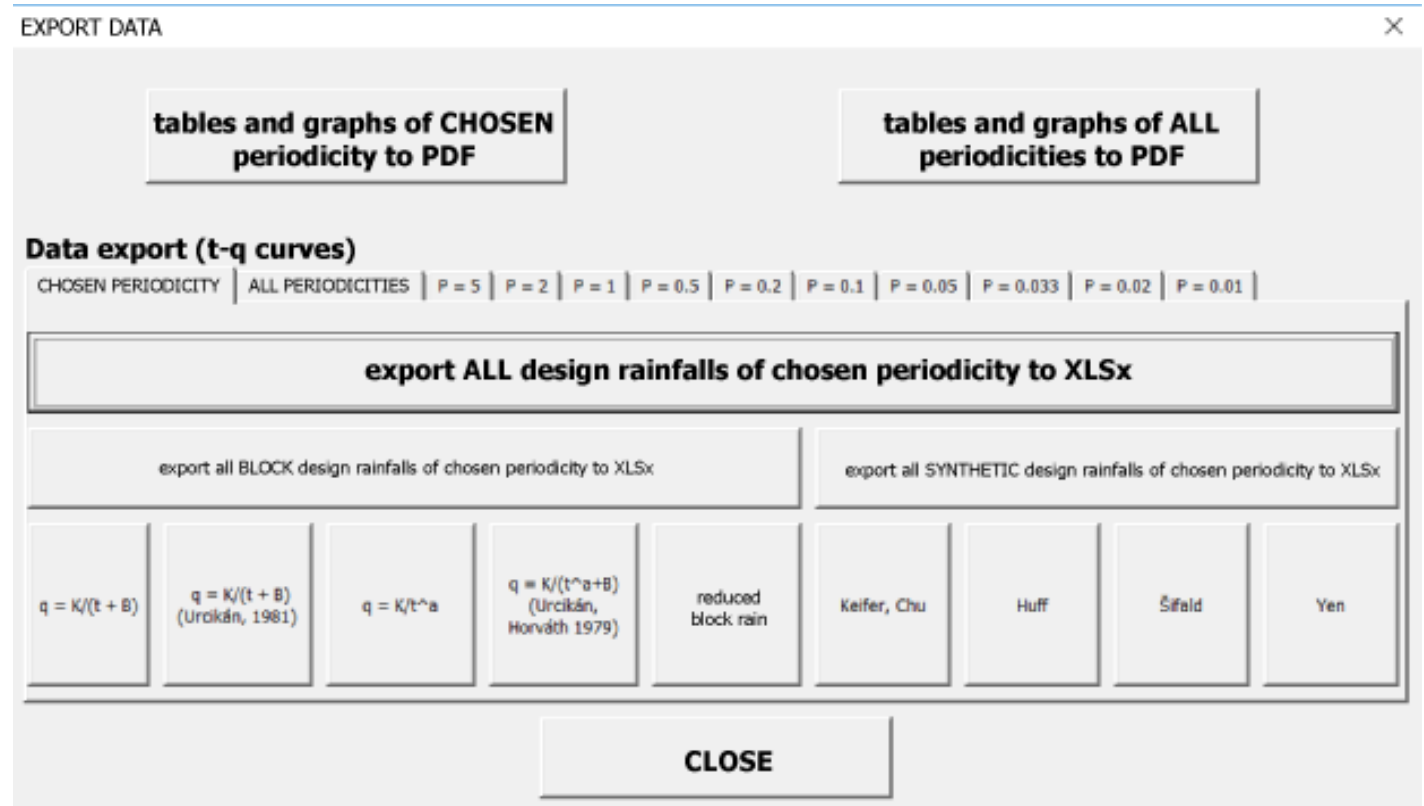
rovnica/autor (p =)

Krivky blokových, syntetických a historických dažďov lokality Vráble pre periodicitu $p = 0.5$



DATER – export dát

- export dát umožňuje užívateľovy rýchly export PDF a XLS súborov
- užívateľ môže špecificky zvoliť ktorý dážd'/ dažde vo zvolenej periodicitate/ periodicitách bude exportovaný
- podporuje zhukové exporthy (viacero dažd'ov naraz)



záver

- táto práca prezentuje vývoj analytickej pomôcky pre efektívny výber návrhových dažďov založených na nameraných údajoch v poslednom storočí
- program je funkčný, no v súčasnosti sa pracuje na ďalšom vývoji (napr. implementácia skriptu ktorý pripravuje dáta na ďalšie využitie v hydrodynamických modeloch – napr. Mike URBAN)