

# **Lokálna a regionálna analýza max. ročných a sezónnych zrážok a prietokov na povodí horného Hrona**

**(At site and regional analysis of annual and seasonal  
maximum precipitations and discharges in the upper Hron  
region)**

**Silvia Kohnová, Kamila Hlavčová**

**Katedra vodného hospodárstva krajiny  
SvF STU v Bratislave**

# CIELE

(Objectives)

☛ **Lokálny a regionálny odhad N-ročných maximálnych ročných a sezónnych prietokov na povodí horného Hrona**

**(At site and regional analysis of annual and seasonal maximum design discharges in the upper Hron region)**

☛ **Vyšetrovanie možností zmien početnosti a sezónnosti vzniku extrémnych situácií v povodí, najmä vo vzťahu k extrémnym zrážkam**

**(Analysis of annual and seasonal maximum design precipitations in the connection of extreme runoff condition in the upper Hron region)**

# 1.

## Lokálny a regionálny odhad maximálnych N-ročných a sezónnych prietokov

(At site and regional estimation of design discharges)

Príprava údajov :

*ročné maximálne prietoky*

*sezónne maximálne prietoky (letné a zmiešané povodne)*

32 vodomerných staníc - horný Hron

251 vodomerných staníc z povodí na celom Slovensku

– sezónne prietoky

20 fyzicko-geografických a klimatických charakteristík vybraných povodí

# Zoznam analyzovaných vodomerných staníc v povodí horného Hrona (Table of analysed chatchments)

Indikatív	Stanica	Tok	ROČNÉ MAX.PRIETOKY		SEZÓNNE MAX.PRIETOKY	
			Obdobie	Počet rokov	Obdobie	Počet rokov
6922	Červená Skala	Župkov	1971 - 1987	17	1971 - 1987	17
6925	Červená Skala	Trsteník	1971 - 1992	22	1971 - 1992	22
6930	Šumiac	Grúň	1971 - 1988	18	ovplyvnené údaje	
6945	Šumiac	Šumiacký potok	1973 - 1987	15	1973 - 1987	15
6950	Zlatno	Hron	1931 - 1999	68	1931 - 1999	68
6960	Zlatno	Havraník	1967 - 1999	33	1967 - 1999	33
6972	Závadka - Stožky	Dudlávka	1971 - 1987	17	1971 - 1987	17
6975	Závadka - Päťina	Dudlávka	1972 - 1992	21	1972 - 1992	21
6990	Závadka nad Hronom	Hron	1965 - 1991	27	1965 - 1991	27
7000	Bacúch	Bacúšsky potok	1941 - 1985	43	1967 - 1985	19
7010	Michalová	Rohozná	1974 - 1999	26	1974 - 1999	26
7015	Brezno	Hron	1931 - 1999	69	1931 - 1999	69
7030	Čierny Balog	Čierny Hron	1969 - 1999	31	1969 - 1999	31
7033	Čierny Balog	Brotovo	1980 - 1999	20	ovplyvnené údaje	
7036	Čierny Balog	Vydrovo	1981 - 1999	19	1981 - 1999	19
7040	Hronček	Kamenistý potok	1970 - 1999	30	1970 - 1999	30
7045	Hronec	Čierny Hron	1931 - 1999	68	1931 - 1999	68
7050	Osrblie	Osrblianka	1966 - 1999	34	1966 - 1999	34
7060	Bystrá	Bystrianka	1925 - 1999	74	1948 - 1999	52
7065	Mýto pod Ďumbierom	Štiavnička	1925 - 1999	75	1931 - 1999	69
7070	Dolná Lehota	Vajskovský potok	1925 - 1999	75	1931 - 1999	69
7080	Jasenie	Jasenienský potok	1931 - 1997	67	1931 - 1999	69
7090	Ľubietová	Hutná	1976 - 1999	24	1976 - 1999	24
7100	Slovenská Ľupča	Ľupčica	1956 - 1996	41	ovplyvnené údaje	
7115	Horný Harmanec	Harmanec	1970 - 1994	25	1970 - 1994	25
7120	Dolný Harmanec	Harmanec	1970 - 1999	30	1970 - 1999	30
7125	Harman. papierne	Bystrica	1941 - 1999	55	1955 - 1999	45
7140	Staré Hory	Ramžiná	1946 - 1999	53	ovplyvnené údaje	
7145	Staré Hory	Starohorský potok	1931 - 1999	55	1967 - 1999	33
7155	Banská Bystrica	Bystrica	1925 - 1999	75	1979 - 1999	21
7160	Banská Bystrica	Hron	1925 - 1999	75	1925 - 1999	75
7170	Banská Bystrica	Tajovský potok	1965 - 1999	35	1966 - 1999	34

# Odvodenie klimatických a morfológických parametrov

## (Physiographic and climatic catchment characteristics)

- ☛ 20 charakteristík odvodených prevažne v prostredí GIS-DMT + digitalizované mapy
  - § plocha povodia (F, km<sup>2</sup>)
  - § dĺžka riečnej siete (L, km)
  - § priemerný sklon na povodí (Ip, %)
  - § priemerný sklon hlavného toku (It, %)
  - § koeficient tvaru povodia (a)
  - § priemerná orientácia povodia (Opr, stupne)
  - § priemerná nadmorská výška povodia (Hpr, m n.m.)
  - § lesnatosť povodia (Ls, %)
  - § dlhodobý priemerný ročný odtok za 1930-1960 (qa, l.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>)
  - § max. denný zrážkový úhrn za obdobie 1901-1980 (Maxd, mm)
  - § max. denný zrážkový úhrn s dobou opakovania 2, 50 a 100 rokov (NTn2, 50, 100)
  - § infiltračný index pôd (Idx)
  - § doba koncentrácie odtoku (tc, h) podľa Nasha, Hrádka a Kirpicha
  - § maximálna výška snehovej pokrývky s dobou opakovania 50 rokov a 100-rokov (SN50, SN100, cm)
  - § vodná hodnota snehovej pokrývky s dobou opakovania 10-rokov (SVH, kN.m<sup>-2</sup>)

## Lokálny odhad (At site estimation)

### a) Metóda DVWK/Regeln - 101 (1999)

- ☛ Testovali sme tieto teoretické rozdelenia pravdepodobnosti:
  - § Gumbelovo rozdelenie - EV1 (MOM, ML, PWM),
  - § generalized extreme value – GEV, (MOM, ML, PWM),
  - § Rossiho rozdelenie – ME, (ML),
  - § trojparametrické lognormálne rozdelenie- LN3, (MOM, ML, PWM),
  - § Pearson III - P3- odhad parametrov alternatívne (MOM, ML, PWM),
  - § logPearson III - LP3, (MOM, ML, PWM),
  - § Weibullovo rozdelenie - WB3, (MOM, ML, PWM)
  - § generalized logistic rozdelenie – GLO, (PWM).

## **b) FEH (1999) metóda Hosking-Wallis**

- Ø vytvorenie L-momentových diagramov
- Ø odhad založený na metóde L-momentov
- Ø určenie lokálneho rozdelenia pravdepodobnosti prekročenia

## **Regionálny odhad N-ročných maximálnych prietokov**

**(Regional estimation of design discharges)**

### **1. FEH (1999) metóda Hosking-Wallis**

- a) metóda regionálnych parametrov distribučnej funkcie –ročné  $Q_{max}$
- b) metóda indexovej povodne – sezónne  $Q_{max}$

### **2. ROI – metóda vplyvného regiónu (Burn, Čunderlík 2001)**

# Regionálna typizácia podľa FGK v rámci celého Slovenska

(Pooling schemes according to physiographical characteristics for Slovakia)

## Metóda zhluková analýza

**(cluster analysis)**, (*K-means, Euklidovská metrika*)

*štestovanie cca 70 rôznych kombinácií parametrov*

**1. FGK charakteristík**

**2. štatistických L-momentových charakteristík**

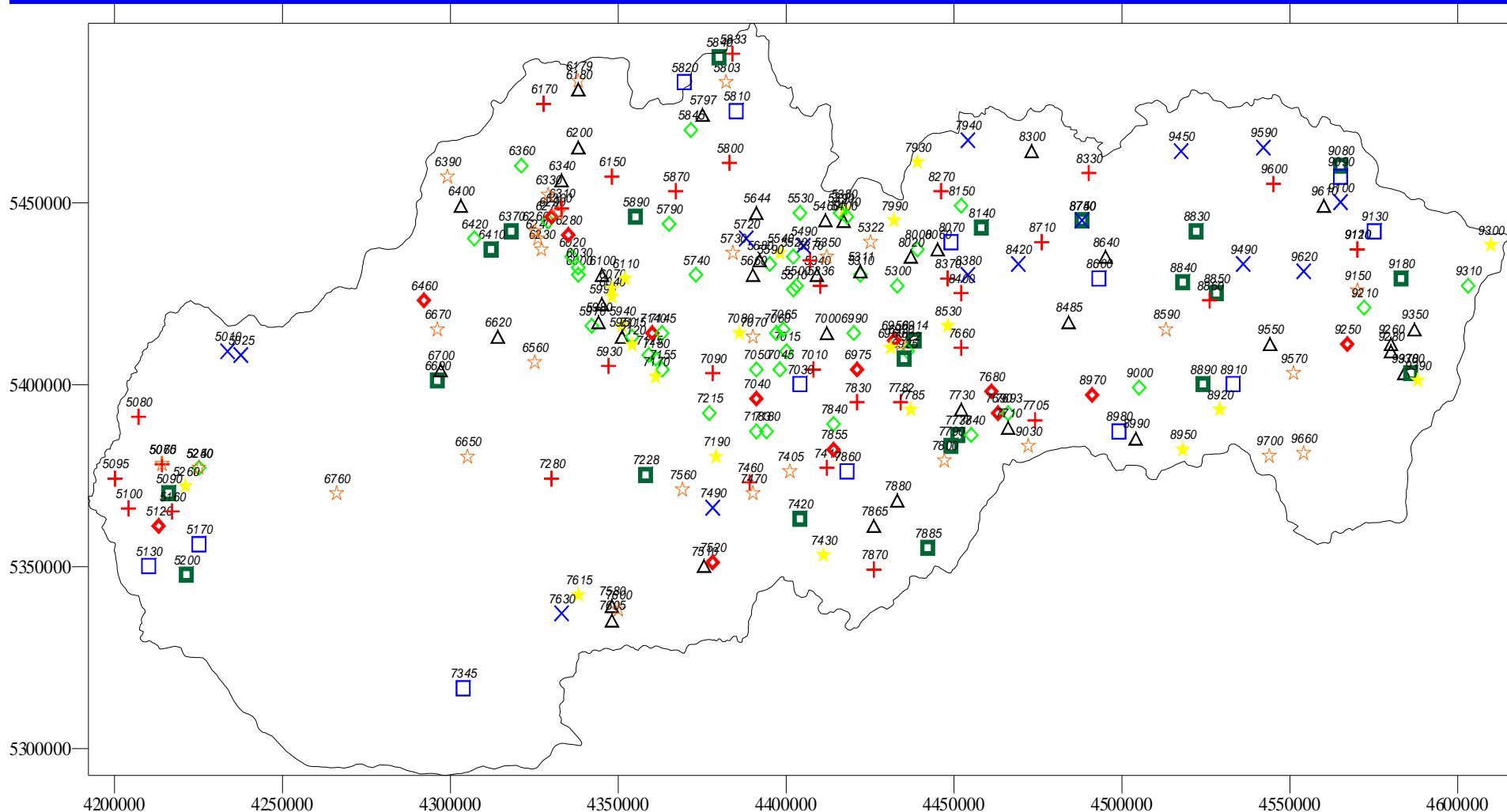
**Letné povodne**

**Zimné povodne**

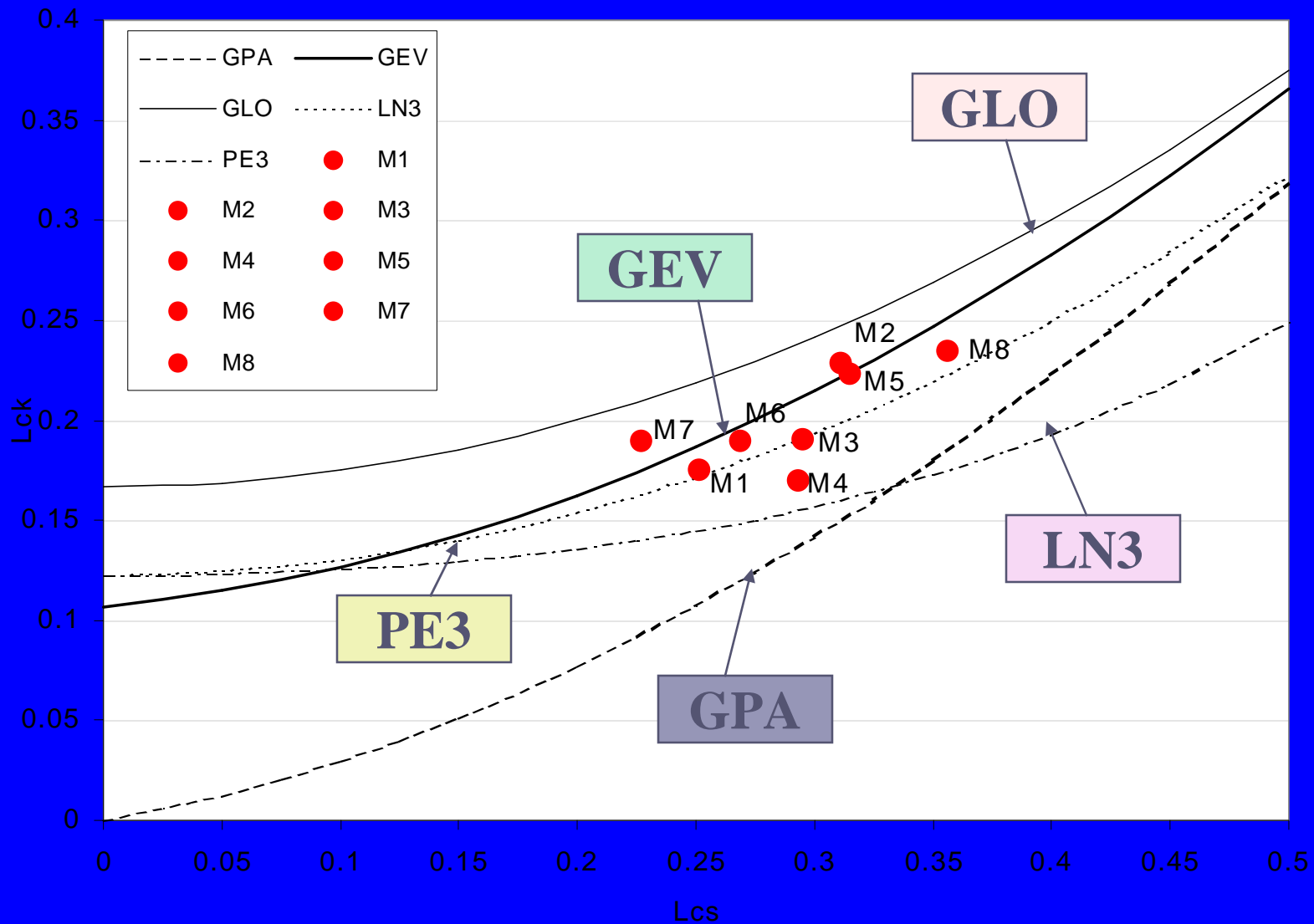


# Rozdelenie analyzovaných povodí Slovenska do regionálnych typov podľa zhlukovania premenných L-cv, L-cs a L-ck (zimné $Q_{max}$ )

(Pooling groups according to pooling of L-cv, L-cs a L-ck of winter flood characteristics)



# Určenie regionálneho rozdelenia pravdepodobnosti: L-momentový diagram (L-moment ratio diagram – estimation of regional flood frequency)

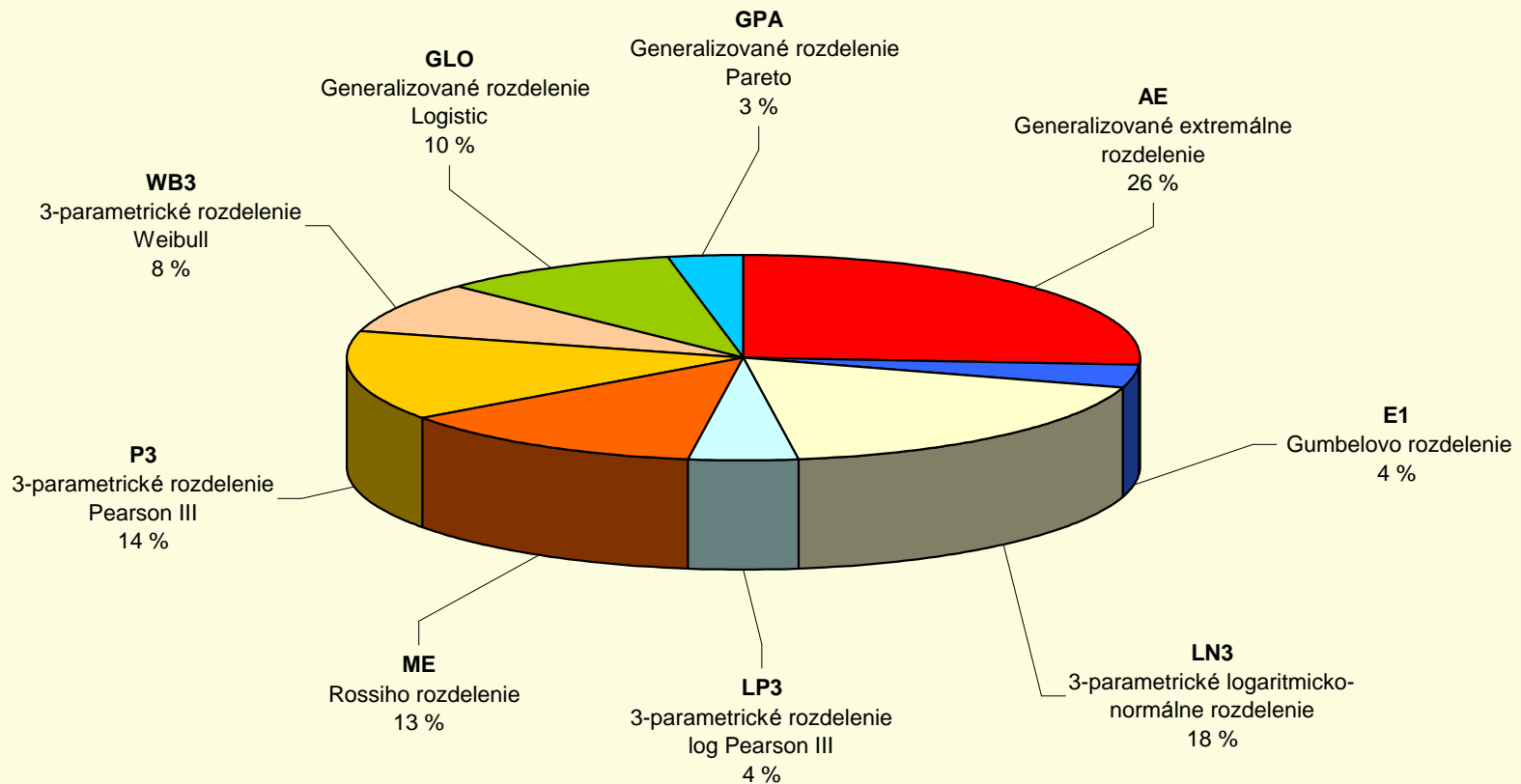


# Percentuálny prehľad použitých teoretických rozdelení pravdepodobnosti pri spracovaní ročných Q<sub>max</sub>

(The percentage of used types of distribution functions)

## Grafický prehľad použitých teoretických rozdelení pravdepodobnosti

Metóda DVWK, Metóda L-momentov  
- ROČNÉ MAXIMÁLNE PRIETOKY -



## Lokálny odhad GEV, GLO

(At site estimation GEV, GLO)

### ☛ DVWK

#### GEV

- ☛ N-ročné max. prietoky 32%
- ☛ N-ročné max. letné prietoky 30%
- ☛ N-ročné max. zimné prietoky 26%

### ☛ L-momenty

#### GLO

- ☛ N-ročné max. prietoky 34%
- ☛ N-ročné max. letné prietoky 37%
- ☛ N-ročné max. zimné prietoky 25%

## Regionálny odhad GEV, GLO, LN3

(Regional estimation GEV, GLO, LN3)

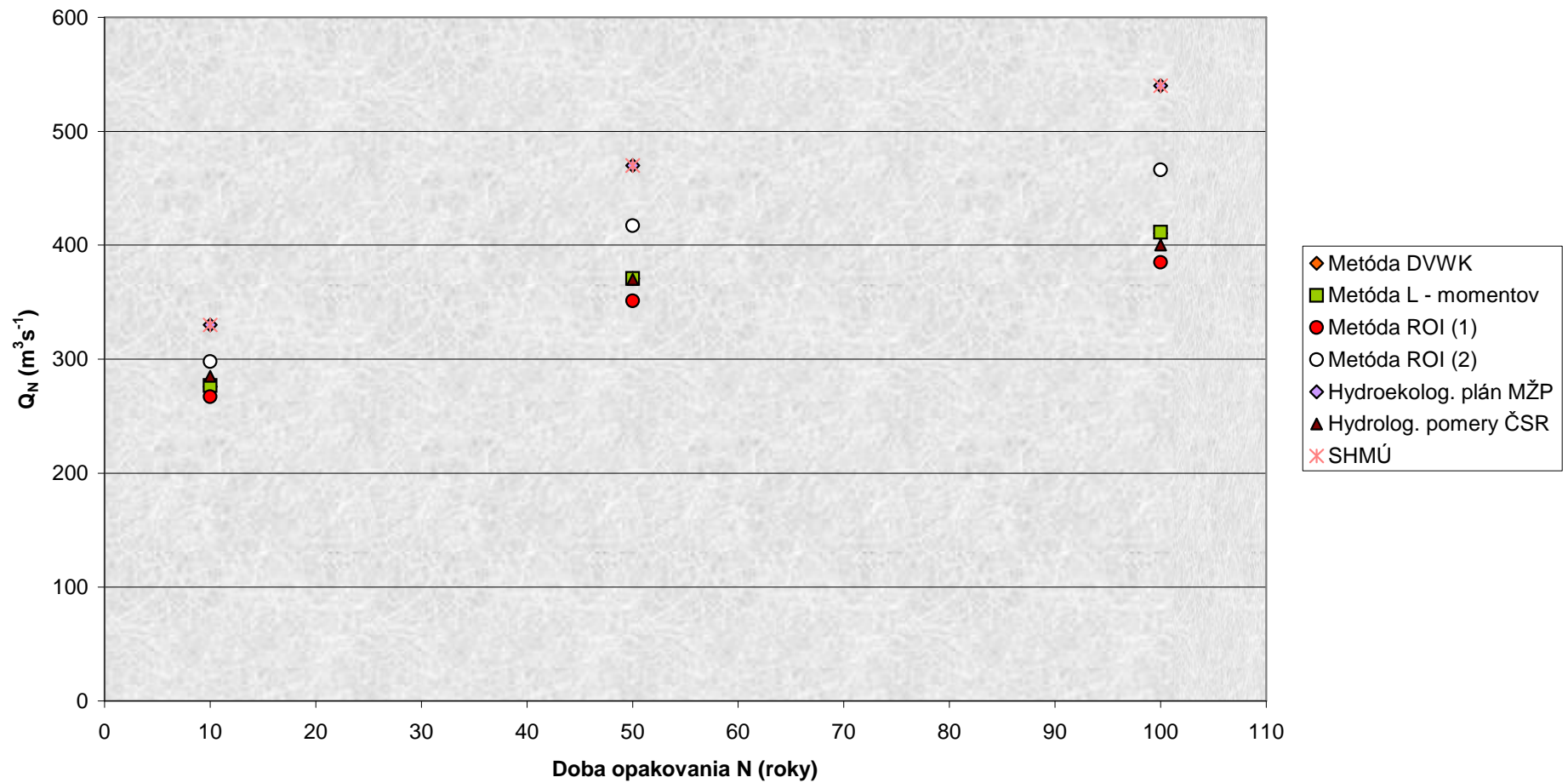
- ☛ N-ročné max. prietoky GEV
- ☛ N-ročné max. letné prietoky GLO 32%
- ☛ N-ročné max. zimné prietoky LN3 50%

# Tabuľkové spracovanie odhadnutých hodnôt N-ročných maximálnych prietokov

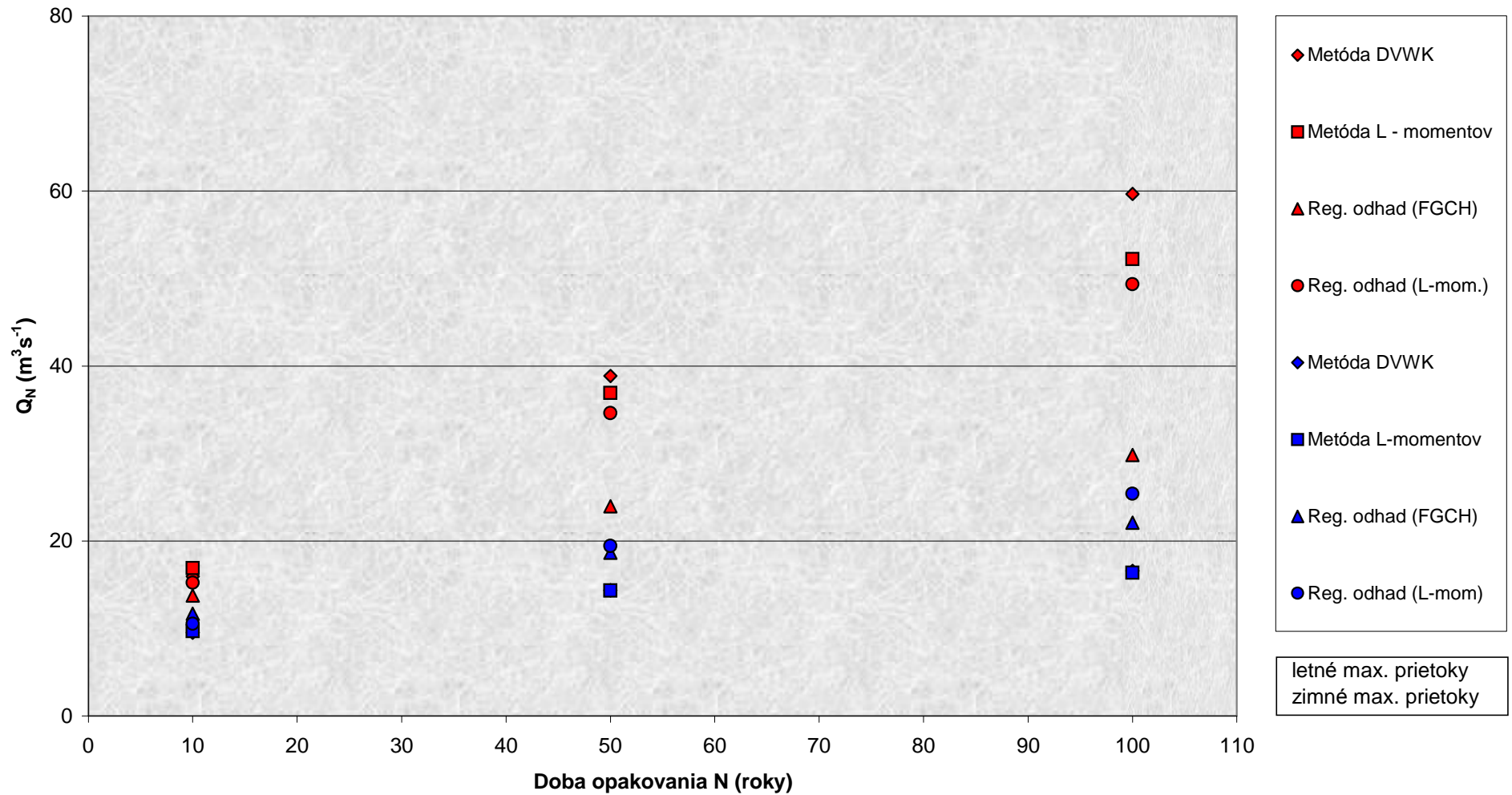
(N-year maximum discharges for selected catchments)

Indikatív	Stanica	Tok	Obdobie	Počet rokov	Plocha (km <sup>2</sup> )	DVWK/101 (1999)		Q <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Q <sub>20</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Q <sub>50</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )
						FEH (1999)						
6922	Červená S	Župkov	1971 - 1987	17	6.50	MLM	ME	0.815	2.080	2.600	3.290	3.800
						WGM	P3	0.826	2.080	2.670	3.480	4.100
						WGM	WB3	0.826	2.050	2.670	3.560	4.260
						L - mom.	P3	1.310	2.463	2.999	3.717	4.262
						L - mom.	GEV <sub>REG.</sub>	1.099	1.872	2.268	2.863	3.372
						Metóda ROI (1), Čunc		0.881	1.840	2.350	3.120	3.780
						Metóda ROI (2), Čunc		0.974	1.710	2.020	2.420	2.710
						SHMÚ (2001)		1.500	3.500	4.500	5.500	7.000
6930	Šumiac	Grúň	1971 - 1988	18	7.50	WGM	P3	1.570	2.830	3.250	3.750	4.100
						MM	WB3	1.600	2.790	3.130	3.530	3.790
						WGM	WB3	1.550	2.860	3.280	3.760	4.090
						L - mom.	GPA	1.854	2.952	3.213	3.428	3.527
						L - mom.	GEV <sub>REG.</sub>	1.646	2.803	3.397	4.288	5.051
						Metóda ROI (1), Čunc		1.800	2.620	2.900	3.220	3.430
						Metóda ROI (2), Čunc		1.650	2.850	3.350	3.990	4.460
						SHMÚ (2001)		1.500	3.500	4.500	5.500	7.000
6950	Zlatno	Hron	1931 - 1999	68	79.28	WGM	P3	11.100	23.900	28.900	35.400	40.100
						MLM	WB3	11.200	24.400	29.400	35.700	40.300
						WGM	WB3	11.100	24.100	28.900	34.900	39.300
						L - mom.	P3	13.294	24.902	29.268	34.255	37.469
						L - mom.	GEV <sub>REG.</sub>	12.943	22.050	26.721	33.728	39.730
						Hydroekol. plán MŽP		15.000	29.000	37.000	48.000	57.000
						Metóda ROI (1), Čunc		11.600	22.100	27.200	34.400	40.200
						Metóda ROI (2), Čunc		12.100	21.500	25.400	30.500	34.300
						SHMÚ (2001)		15.000	30.000	38.000	49.000	58.000
						Hydrologické pomery ČSR (1970)		15.000	32.000		48.000	56.000

**Grafické znázornenie vypočítaných hodnôt N-ročných maximálnych prietokov  
vo vodomernej stanici 7160**



Grafické znázornenie vypočítaných hodnôt N-ročných sezónnych max. prietokov  
vo vodomernej stanici 7030 Čierny Balog - Čierny Hron



## Zhodnotenie výsledkov (Results)

- ü vo viac ako 50 % analyzovaných povodí boli vyššie hodnoty dosiahnuté regionálnym odhadom
- ü pri lokálnom odhade N-ročných maximálnych prietokov aplikovaním nemeckej metódy DVWK a britskej metódy L-momentov sme získali približne rovnaké hodnoty
- ü najvyššie odhady - podľa Hydrologických pomerov ČSSR III, SHMÚ a Hydroekologický plán MZP SR
- ü najnižšie hodnoty N-ročných maximálnych prietokov (viac ako v polovici analyzovaných povodí) boli vypočítané podľa metódy vplyvného regiónu
- ü regionálnym odhadom boli spravidla vyššie odhady ako vypočítané lokálnym odhadom
- ü vo väčšine analyzovaných povodí sú hodnoty maximálnych letných prietokov vyššie ako hodnoty maximálnych zimných prietokov



**2.**

**Štatistická a regionálna analýza  
maximálnych ročných a sezónnych  
jednodňových, dvojdňových a  
päťdňových  
úhrnov zrážok vo vybraných staniach  
horného Hrona**

**(At site and regional analysis of annual and seasonal maximum 1,2, and 5  
days precipitation depths in the upper Hron region)**

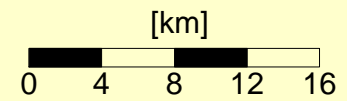
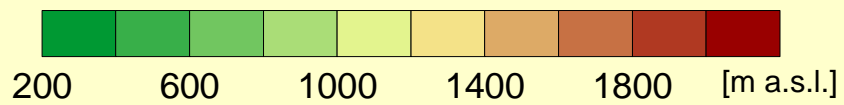
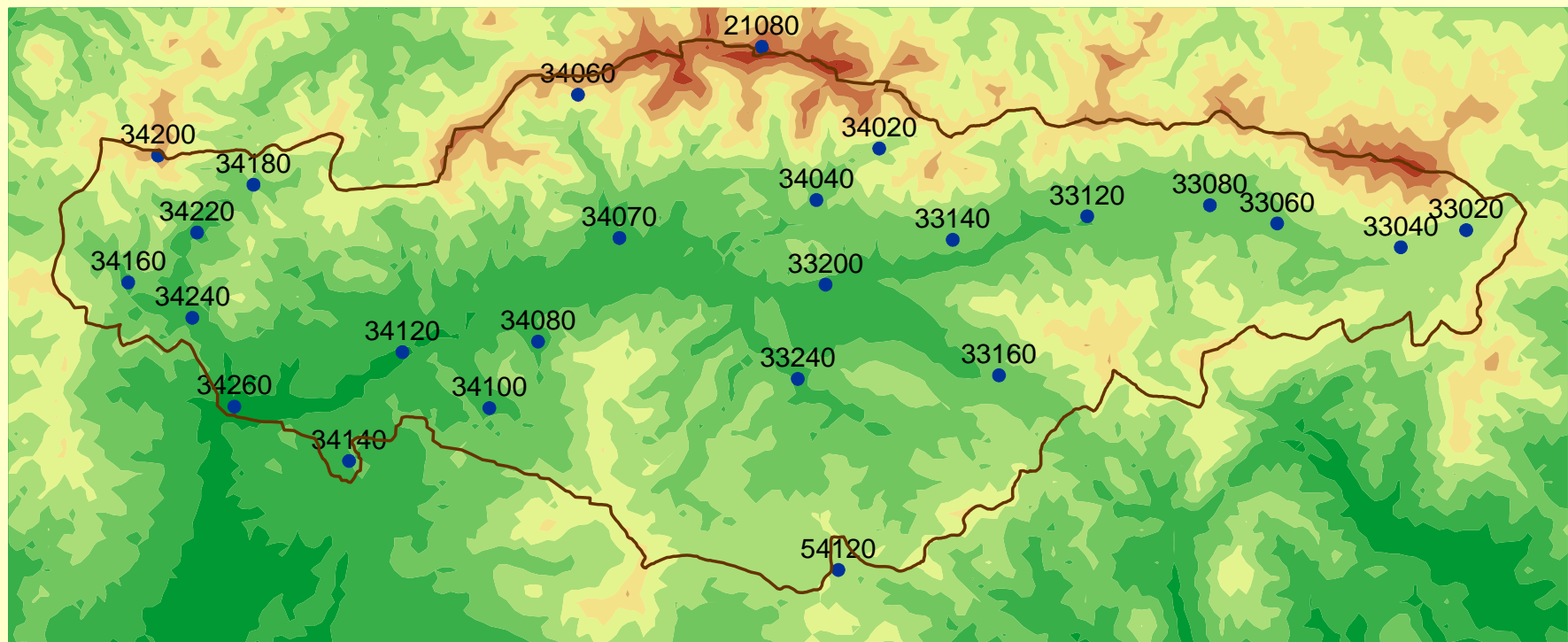
# Vstupné údaje

(Input data)

- ☞ 25 zrážkomerných staníc v povodí horného Hrona po Banskú Bystricu

**maximálne 1, 2 a 5-denné úhrny zrážok**

- ☞ od roku 1951 (pre 5 zrážkomerných staníc)
- ☞ a od roku 1961 (pre 20 zrážkomerných staníc)
- ☞ maximálne hodnoty za **teplý polrok (IV-IX)**,
- ☞ **chladný polrok (X-III) a rok (I-XII)**



**Použité metódy odhadu N-ročných  
maximálnych jedno a dvojdňových zrážok**  
(Method for the estimation of design values of annual and seasonal  
maximum 1,2, and 5 day precipitation depths)

- **Metóda Geiger (1991) -Švajčiarsko**
- **Metóda DVWK (1999)- Nemecko**
- **Metóda FEH (1999)- V. Británia**

**a) Metóda Geiger - lokálny odhad**

**Testovanie vhodnosti extrémálneho rozdelenia I, II,  
alebo III typu**

**b) Metóda DVWK (1999) - lokálny odhad**

**DVWK/Regeln - 101 (1999)**

## Metóda FEH (1999)

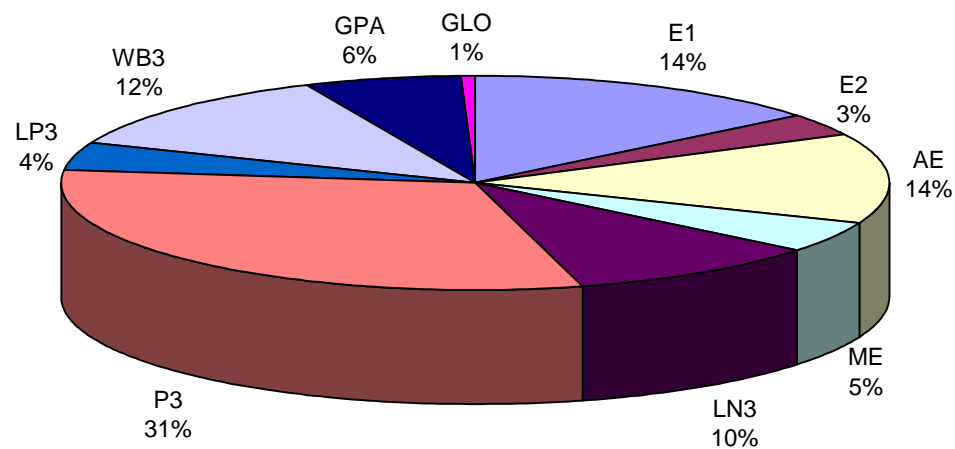
### c) lokálny a d) regionálny odhad

- odhad založený na metóde L-momentov
  - Testovanie homogenity oblasti horného Hrona
    - (Hosking-Wallis test regionálnej heterogenity)
    - test vyhovel pre sezónne i ročné maximálne zrážkové úhrny**
- vytvorenie L-momentových diagramov
- určenie lokálneho rozdelenia pravdepodobnosti prekročenia
- určenie regionálneho rozdelenia pravdepodobnosti prekročenia



Dvojdňové maximálne úhrny zrážok  
grafický prehľad použitých teoretických rozdelení prevdepodobnosti  
metóda DVWK, metóda L-momentov

**(Annual and seasonal maximum 2 days precipitation depths – the applied distribution functions, DVWK method and L-moment method)**

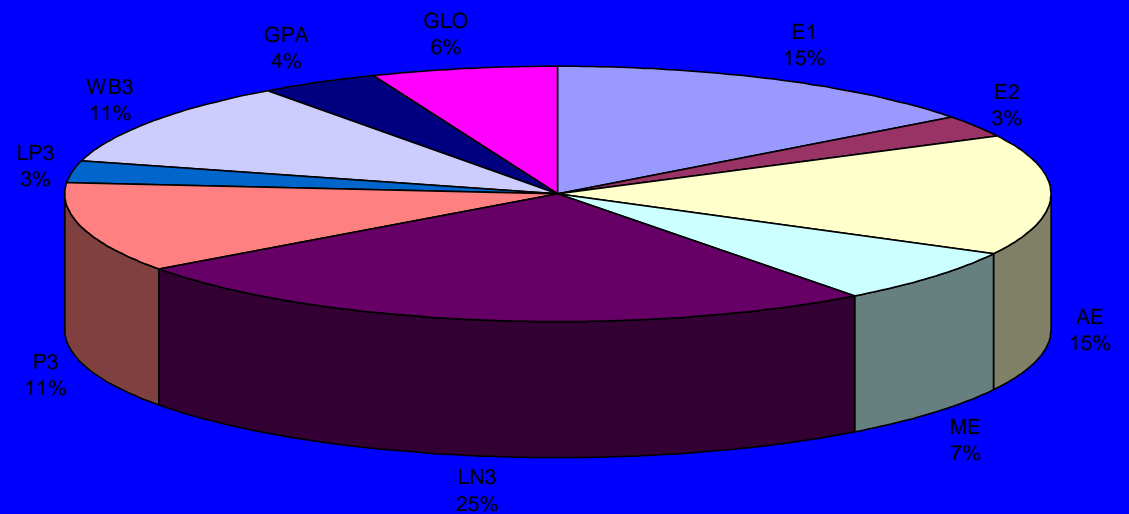


Prehľad počtu zrážkomerných staníc priradených k jednotlivým zákonom rozdelenia pravdepodobnosti podľa metodiky DVWK (údaje z teplého polroka)

Zákon rozdelenia pravdepodobnosti	Počet staníc	Číslo zrážkomernej stanice
GEV	15	21080,33020,33040,33060,33060,33200,34020,34060,34070,34080,34100,34120,34140,34160,34220,
P3	12	33140,33160,33240,34020,34060,34100,34140,34180,34180,34200,34260,54120
LN3	12	21080,33020,33040,33060,33120,33160,33200,34080,34100,34220,54120,54120
WB3	10	33080,33140,33160,33240,34020,34060,34200,34220,34260,54120
ME	6	33020,33120,33140,34020,34120,34240,
LP3	5	34070,34080,34140,34160,34240
EV1	4	33040,34070,34120,34240,

**(Annual and seasonal maximum precipitation depths – the applied distribution functions, DVWK method and L-moment method) the summer period**

Jednodňové maximálne úhrny zrážok  
Grafický prehľad použitých teoretických rozdelení pravdepodobnosti  
Metóda DVWK, Metóda L-momentov  
-teplý polrok-





# **Spracovanie odhadnutých hodnôt jednodňových, dvojdňových a päťdňových maximálnych úhrnov zrážok**

**(Methods of interpretation of estimated design values of annual and seasonal maximum 1,2, and 5 days precipitation depths)**

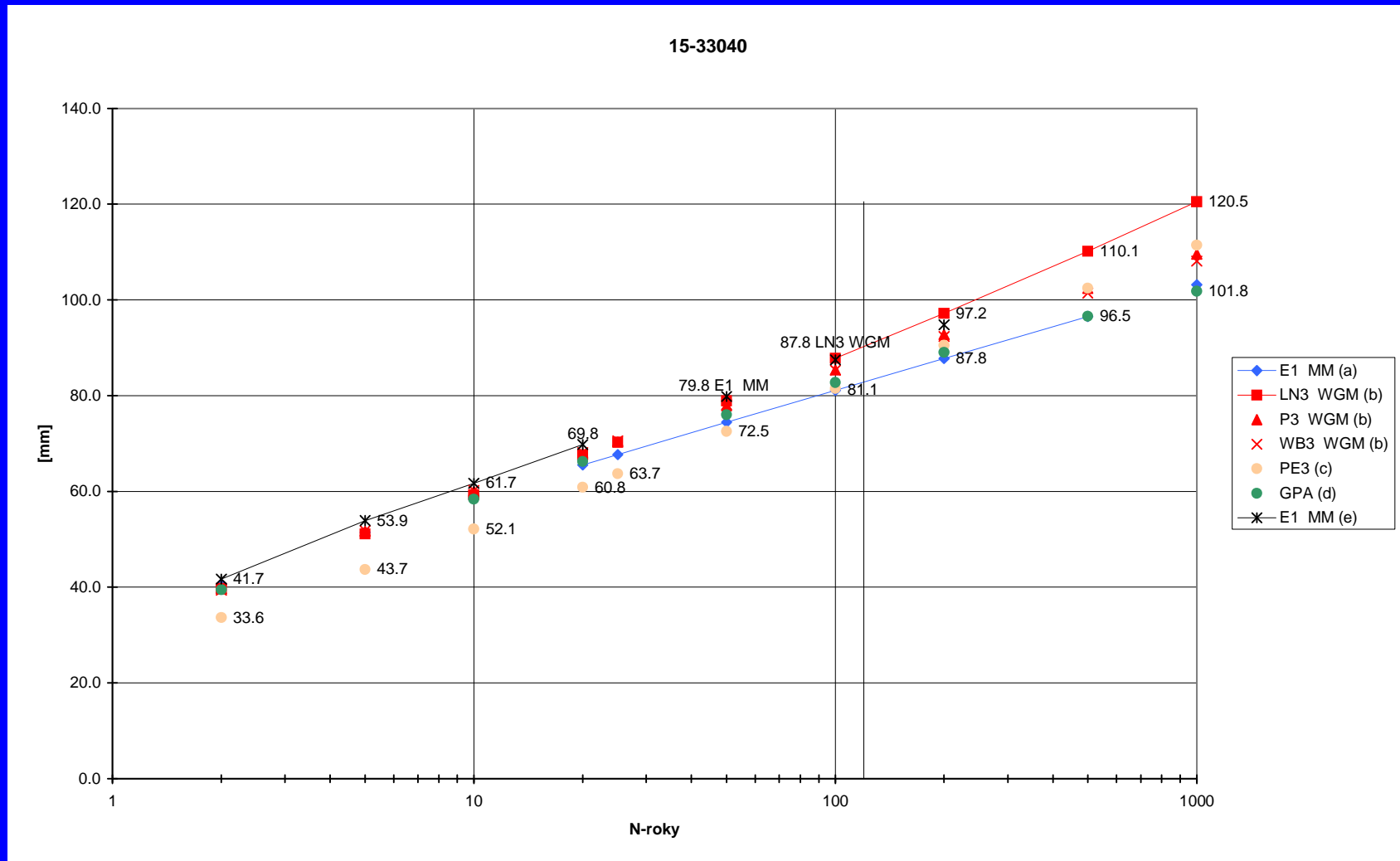
- ☛ **1. Katalóg N-ročných hodnôt 1-,2- a 5-dňových maximálnych úhrnov zrážok pre N=2,10,20,50,100,200,500,1000**
  - Rok
  - Teplý polrok
  - Chladný polrok
  
- ☛ **2. Grafické spracovanie N-ročných hodnôt 1-,2- a 5-dňových maximálnych úhrnov zrážok v každej analyzovanej stanici**
  - Rok
  - Teplý polrok
  - Chladný polrok

34220 (STARÉ HORY)											
Obdobie pozorovania	Teor. rozdelenie	N-roky									
		2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000
1961 - 2000	E1 MM (a)	39.3	51.8	60.1	68.1	70.6	78.4	86.2	93.9	104.0	111.7
	P3 WGM (b)	39.8	52.9	60.8	68.0	70.1	76.7	82.8	88.8	96.4	101.9
	WB3 MLM (b)	39.8	53.1	60.8	67.4	69.3	75.1	80.3	85.2	91.2	95.5
	WB3 WGM (b)	39.9	53.3	61.0	67.7	69.7	75.4	80.7	85.6	91.7	96.0
	PE3 (c)	31.3	44.1	54.8	65.9	69.5	80.8	92.2	103.6	118.7	130.2
	GPA (d)	40.1		61.0	65.9		70.0	71.9	73.1	74.0	74.5
34240 (BANSKÁ BYSTRICA-ULANKA)											
Obdobie pozorovania	Teor. rozdelenie	N-roky									
		2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000
1961 - 2000	E1 MM (a)	34.3	46.9	55.3	63.4	65.9	73.8	81.6	89.4	99.7	107.4
	LN3 WGM (b)	33.3	46.5	55.9	65.3	68.4	78.2	88.3	98.8	113.4	125.1
	P3 WGM (b)	33.2	47.1	56.5	65.5	68.4	77.1	85.6	94.0	104.9	113.1
	WB3 WGM (b)	33.1	47.3	56.8	65.6	68.3	76.6	84.5	92.1	101.8	109.0
	PE3 (c)	27.8	39.1	48.6	58.4	61.6	71.6	81.8	91.9	105.3	115.5
	GPA (d)	33.6		56.0	63.3		71.0	75.4	79.0	82.6	84.7
21080 (CHOPOK)											
Obdobie pozorovania	Teor. rozdelenie	N-roky									
		2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000
1961 - 2000	E2 (n. Geiger) (a)	23.1	32.2	40.2	49.6	53.1	65.2	80.1	98.3	128.7	157.8
	AE MLM (b)	23.4	31.5	37.9	45.0	47.4	55.7	65.0	75.6	91.9	106.2
	AE WGM (b)	23.3	31.5	38.0	45.0	47.4	55.6	64.8	75.3	91.2	105.1
	LP3 MLM (b)	23.4	31.7	38.1	44.9	47.2	54.9	63.3	72.5	86.3	97.9
	PE3 (c)	21.7	30.5	37.9	45.5	48.0	55.9	63.8	71.6	82.1	90.1
	GLO (d)	25.5		37.7	44.6		55.9	66.7	79.9	101.9	123.0

# Sumiac

## N-ročné maximálne denné úhrny zrážok *porovnanie metód odhadu*

(Design values of annual maximum daily precipitation depths,  
comparison of methods)

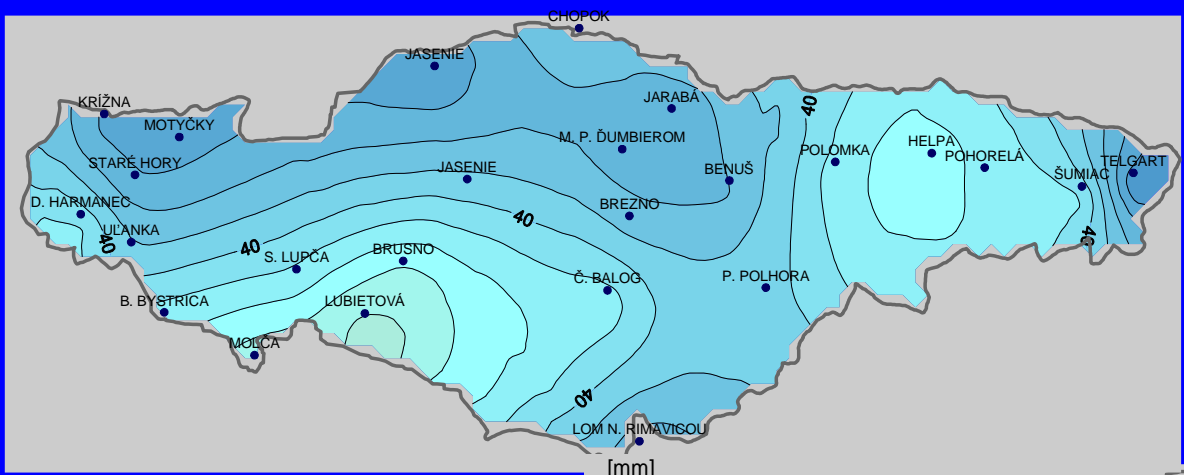


# Priestorové vyjadrenie maximálnych ročných jednodňových úhrnov zrážok na povodí horného Hrona

## Geoštatistické interpolačné metódy **kriging, cokriging** **a metóda inverzných vzdialeností** testované pri priestorovom vyjadrení

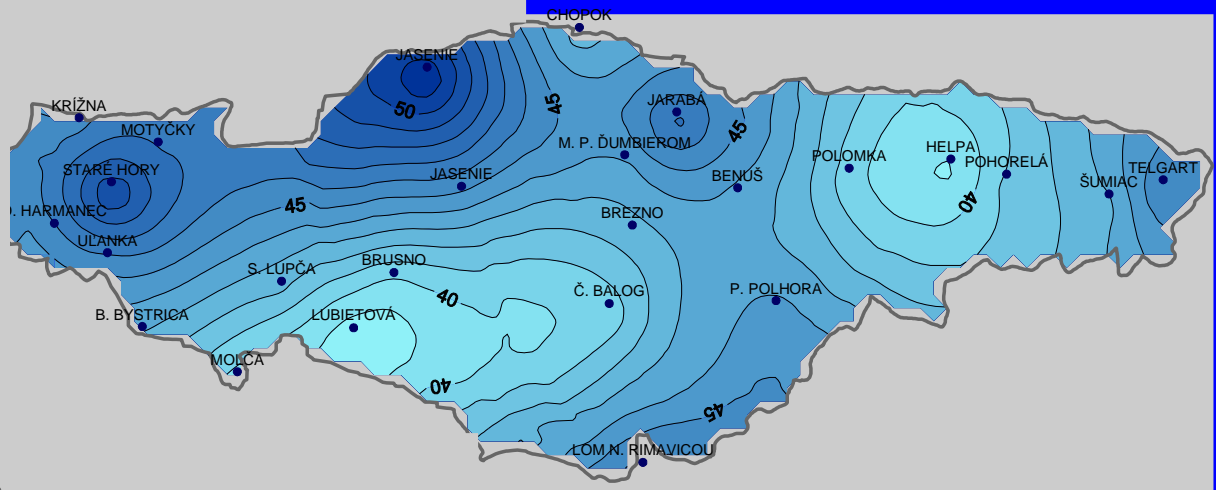
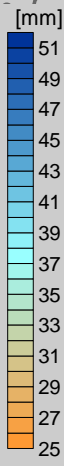
(Geostatistical interpolation methods used for the spatial interpretation of  
design values of annual and seasonal maximum daily precipitation depths)

- ☞ priemerných hodnôt maximálnych ročných jednoduchých úhrnov atmosferických zrážok
- ☞ maximálnych ročných jednoduchých zrážkových úhrnov s dobou opakovania dva roky
- ☞ maximálnych ročných jednoduchých zrážkových úhrnov s dobou opakovania sto rokov
- ☞ smerodajných odchýlok maximálnych ročných jednoduchých zrážkových úhrnov

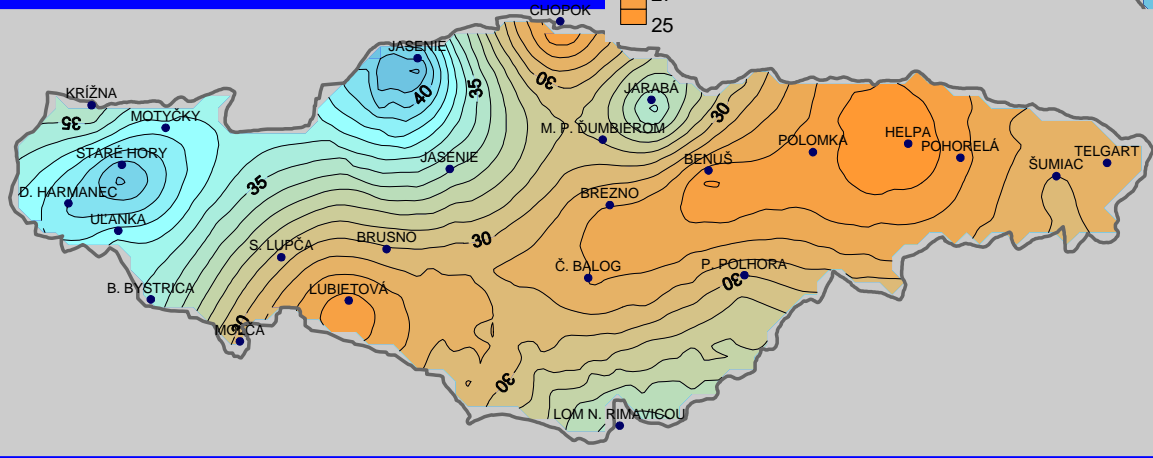


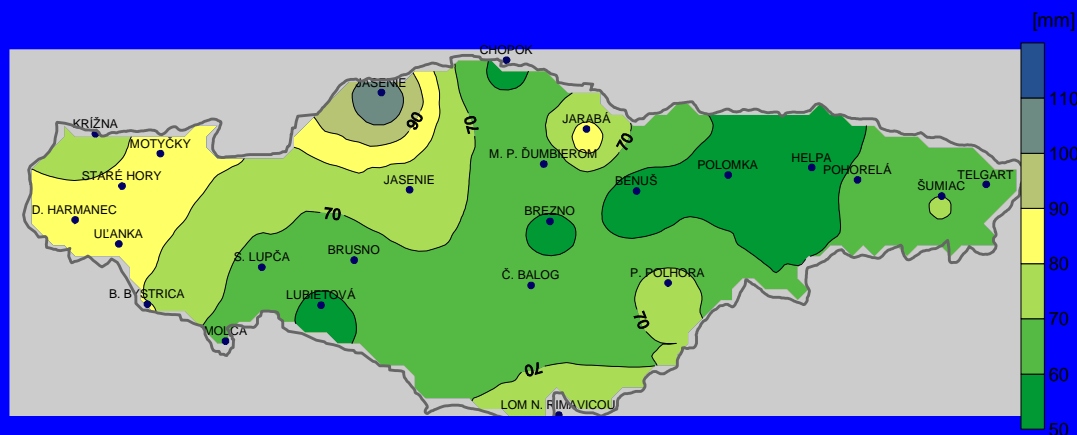
**Priemerné ročné maximálne denné úhrny zrážok - rok –kriging**  
 (Mean maximum daily precipitation depths – year – kriging)

**Priemerné ročné maximálne denné úhrny zrážok -leto –kriging**  
 (Mean maximum daily precipitation depths – summer – kriging)



**Priemerné ročné maximálne denné úhrny zrážok -zima –kriging**  
 (Mean maximum daily precipitation depths – winter – kriging)

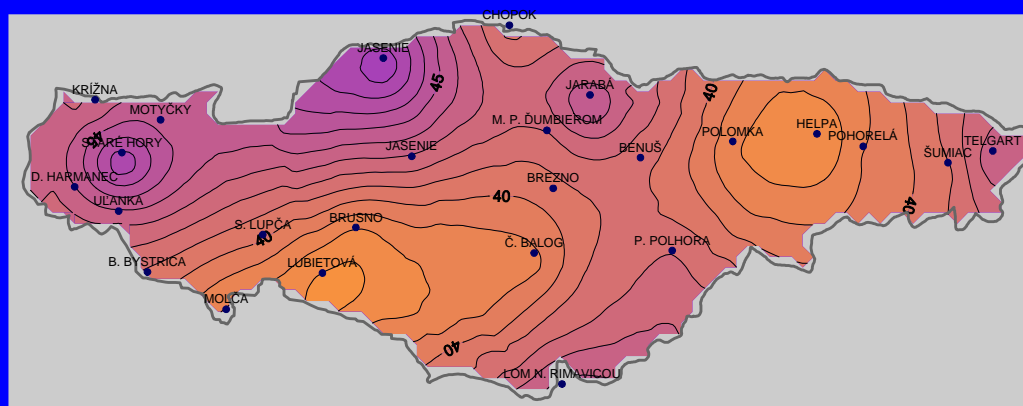




**100-ročné maximálne denné úhrny zrážok (rok)**

-kriging

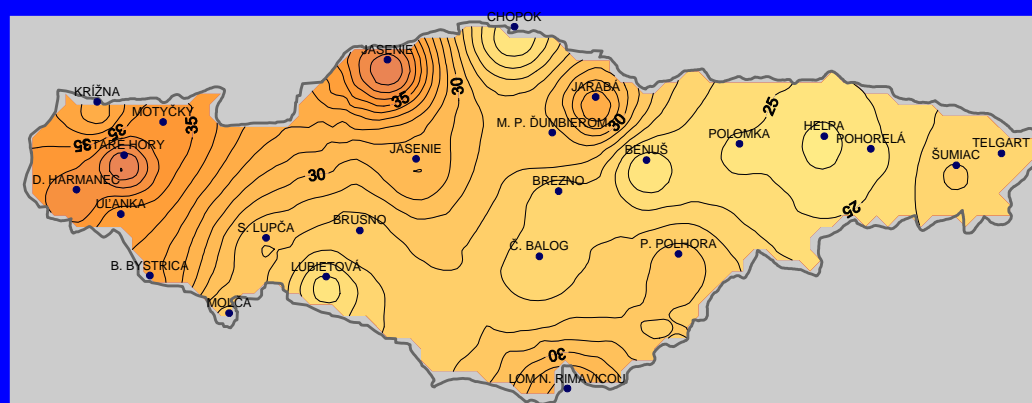
(100-year maximum daily precipitation depths – year –kriging)



**2- ročné maximálne denné úhrny zrážok (rok)**

- kriging

(2-year maximum daily precipitation depths – year –kriging)



**2-ročné maximálne denné úhrny zrážok (zima)**

– inverzne vážené vzdialenosti  
(2-year maximum daily precipitation depths – winter –inverse distance weighting method)

## **Použitelnosť a presnosť zvolených interpolačných metód pri konštrukcii rastrových máp maximálnych ročných jednodňových úhrnov zrážok s priestorovým rozlíšením 1x1 km pre povodie horného Hrona**

**(The applicability and accuracy of the interpolation methods by deriving of raster maps of maximum daily precipitation depths in the upper Hron region)**

- 1. Štatistické zhodnotenie rozdielov porovnávacej metódy „jack-knife“ ukázalo, že interpolačná metóda kriging je presnejšia v porovnaní s interpolačnými metódami cokriging, Thiessenove polygóny a metódou inverzne váženej vzdialenosti.**
- 2. Nepreukázalo sa spresnenie interpolácie zakomponovaním informácie o topografii územia pri interpolačnej metóde cokriging.**
- 3. Vytvorené digitálne mapy (36 máp) sú priamo použiteľné vo vodohospodárskych výpočtoch na celom povodí.**