

### VÝPOČET ODTOKU Z POVODÍ

Možným a po všech stránkách vhodným řešením pro minimalizaci všech rizik vyplývajících z klimatické změny bez ohledu na to, co je příčinou, je zlepšit hospodaření s dešťovou vodou. A to tak, aby dešťová voda mohla ve strukturách lesní a zemědělské půdy a v městském prostředí zůstat, vytvářet zásoby vodních zdrojů a minimalizovat rizika vzniku povodní. Tak je možné zvýšit ochranu před povodněmi, suchem a projevy těch klimatických změn, které souvisejí s nedostatkem vody v území, přehříváním krajiny.

Z tohoto pohledu je velmi důležité poznání stavu vod v území. Především kolik vody odtéká z území bez užitku a zda je možné její využití pro ochranu a udržitelný rozvoj. Odtok dešťové vody ovlivňuje několik faktorů. Frekvence i intenzita srážek, způsob využívání a obhospodařování pozemků, struktura krajinného pokryvu, sklonitost, kvalita půd a nastavený management dešťové vody v území.

Na základě vodohospodářské praxe je ideální, aby z území odtékala pouze ta dešťová voda, kterou území nedokáže absorbovat. Ideální je, aby v území zůstalo co nejvíce dešťové vody pro výpar v rámci lokálního oběhu vody a k termoregulaci krajiny.

Na to, abychom nastavili vhodný režim a hospodaření s dešťovou vodou, potřebujeme znát nejen stav území, ale potřebujeme kvantifikovat kolik dešťové vody odeče a kolik jí umíme využít v území, tak abychom zabránili přehřívání území, posílili přírodní produkční potenciál zvýšením fotosyntézy a sekvestrace uhlíku, biodiverzitu a termoregulaci krajiny, v zájmu vodní, potravinové a klimatické bezpečnosti kraje.

Hlavním cílem této analýzy je kvantifikovat kolik dešťové vody z území kraje bez užitku odtéká. Data budou využita pro strategické rozhodování zlepšení vodní bilance území a pro potřeby zabezpečení vitálních funkcí krajiny.

### Metoda CN křivek

Pro kvantifikaci objemu odtoku vody z malých povodí byla zvolena metoda CN křivek. Jelikož Jihočeský kraj je poměrně rozsáhlý, bylo celé jeho území zpracováno pro úroveň základní administrativní jednotky, tj. pro katastrální území. Předpokládáme, že lokální samospráva bude umět reálně využít výsledky této analýzy pro své strategické rozhodování. Základním požadavkem byla kvantifikace objemu odtoku srážkové vody z katastrálního území, jako potenciálního zdroje pro obnovu přírodních zdrojů a zajištění jejich dostatku (vody, půdy, potravin), včetně regenerace klimatu.

Při plánování protipovodňové prevence, či jiných opatření hospodaření s dešťovou vodou je klíčovým parametrem objem povrchového odtoku z extrémní srážky. Povrchový odtok je funkcí několika faktorů: vydatnosti srážky, plochy povodí a vlastnosti povodí (sklonovitost terénu, vlastnosti půdy a krajinného pokryvu), které obvykle vyjadřujeme empirickými nebo poloempirickými součiniteli odtoku.

Metodu odtokových křivek CN (Curve Number Method) vyvinul americký hydrolog a hydraulik čínskému původu Ven Te Chow<sup>1</sup> v americkém institutu Soil Conservation Service (SCS). Na naše poměry byla upravena a publikována Janečkem (2001)<sup>2</sup>. Metoda CN křivek je poměrně jednoduchá a v rozmezí své platnosti pro malé povodí/území je dobrým kompromisem mezi pracností a přesností výpočtu a nároků na vstupní data.

Metoda CN SCS byla vyvinuta pro modelování odtoků ze zemědělských povodí v USA, pak ale došlo k její rozšíření i na jiné typy povrchů. Využívá se na hodnocení odtoku z přívalových srážek, a proto se často využívá i do složitějších simulačních modelů.<sup>3</sup> Jde o jednoduchou a široce používanou metodu sloužící k odhadu přímého odtoku z malého povodí<sup>4</sup>. Mezi její největší přednosti patří fakt, že zjednodušuje vstupní parametry na zadání několika základních parametrů, zohledňující typ půdy, land-use a hydrologické vlastnosti půdy<sup>5</sup>. Pro potřeby výpočtu povodňového odtoku se určuje hodnota CN křivky v rozmezí od 0 do 100. Číslo CN křivky vyjadřuje odtokový potenciál daného území. Hodnota CN 0 znamená, že veškerá dešťová voda vsákne, naopak hodnota CN 100 znamená, že veškerá srážková voda oteče. Odtokový potenciál se řídí především podle, půdního typu, způsobu využívání pozemků a podle způsobu obhospodařování půdy. Tato teorie se opírá o empirické poznatky, které v sobě ale současně zahrnují jistý fyzikální základ a lze tedy říci, že jde o jakousi kvazifyzikální metodu<sup>6</sup>. Hodnoty CN křivek byli přiděleny na základě vyhodnocení výsledků několika tisíc infiltračních pokusů<sup>7</sup>.

Metoda CN křivek umožňuje určit základní odtokové charakteristiky povodí, a to:

$$A = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (\text{mm})$$

$$H_{O,p} = \frac{(H_Z - 0,2 \cdot A)^2}{H_Z + 0,8 \cdot A} \quad (\text{mm})$$

$$O_{O,p} = H_{O,p} \cdot S_p \quad (\text{m}^3)$$

<sup>1</sup> CHOW, V.T.: Handbook of Applied Hydrology, New York: Mc. Graw-Hill Book Company 1964

<sup>2</sup> JANEČEK, M. a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí, Praha, 2001

<sup>3</sup> Holman, I. P. a kol. (2003): The contribution of soil structural degradation to catchment flooding: a preliminary investigation of the 2000 floods in England and Wales. Hydrology and earth system sciences

<sup>4</sup> Brevnova, E. V. (2001). Green-Ampt infiltration model parameter determination using SCS curve number (CN) and soil texture class, and application to the SCS runoff model

<sup>5</sup> Soulis, K. X. a Valiantzas, J. D. (2011): SCS-CN parameter determination using rainfallrunoff data in heterogeneous watersheds - the two - CN system approach. Hydrology and earth system science

<sup>6</sup> Bc. DUBEN J.: Modelování odtoku pomocí metod SCS CN a Green Ampt v povodí ostrovské Bystřice v Krušných horách, Diplomová práce, Praha 2014

<sup>7</sup> PONCE, V. M. a HAWKINS, R. H. 1996. Runoff curve number: has it reached maturity. Jurnal of hydrology

**kde:**

**A** - potenciální retence řešené plochy [mm],

**CN** – hodnota křivek řešené plochy,

**H<sub>o,p</sub>** - výška povrchového odtoku z řešené plochy, vyvolaná uvažovaným deštěm [mm],

**H<sub>Z</sub>** - výška extrémního deště [mm],

**O<sub>o,p</sub>** - objem povrchového odtoku z řešené plochy, způsobený extrémním deštěm [m<sup>3</sup>],

**S<sub>p</sub>** - plocha vyšetřovaného území [m<sup>2</sup>].

K určení objemu odtoku dešťové vody pro každou obec bylo třeba znát výměru v m<sup>2</sup> různých druhů využití pozemku v katastrálním území obce. (S<sub>p</sub>). Dále bylo třeba znát výšku ročního maxima 1-denních úhrnů srážek v pravděpodobnosti opakování jednou za 100 let v mm. Pro celý kraj byla použita srážka 90 mm<sup>8</sup> (**H<sub>Z</sub>**). Vycházejí z charakteru denních extrémních srážek v kraji, které se pohybují od 108 mm (oblast Šumavy), po 48 mm (oblast Tábora) jsme vybrali pro výpočty odtoku 90 mm extrémní srážku ze dvou důvodů. Prvním důvodem je, že variabilita extrémních přivalových srážek z roku na rok narůstá<sup>9,10,11</sup>. Jednou z příčin nárůstu extrémních srážek je narušení hydrologický cyklus<sup>12</sup>, který pokud se opraví, charakter srážek se znormalizuje v čase i prostoru. Proto je možné očekávat, že extrémní srážky v horských oblastech kraje poklesnou a v agrourbánní krajině zemi vzrostou. Z toho důvodu zcela postačuje výpočet pro 90 mm vydatnou srážku pro celý kraj. Druhým důvodem je, že navrhované řešení jsou potřebné pro cyklické doplňování zásob vody zadržováním dešťové vody plošně a není investičně efektivní, aby se realizovaly opatření na extrémní srážku. Zcela postačuje na třetinový vypočtený objem. Tím se dosáhne zachycování všech dešťových vod při výskytu srážek menších do 40 mm a povodně se k stoupání hladin dojde při výskytu srážek nad 40 mm. Připomínáme, že bude docházet k zadržování dešťové vody cyklicky i několikrát v roce v závislosti na výskytu srážek, proto lze předpokládat, že zásoby vod budou velmi rychle

---

<sup>8</sup> Předpokládá se, že nejoblíbenější charakteristiky (hloubka srážek, průměrná míra srážek, maximální intenzita srážek za 60 minut a ukazatele erozivní srážkových událostí) se zvýší a větší hodnoty se objeví při extrémnějších hodnotách. **Vojtěch Svoboda a kol. Projected changes of rainfall event characteristics for the Czech Republic, 2016, str. 415**

<sup>9</sup> [https://geography.upol.cz/soubory/lide/smolova/GCZ/GCZ\\_Klima.pdf](https://geography.upol.cz/soubory/lide/smolova/GCZ/GCZ_Klima.pdf)

<sup>10</sup> [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni\\_akcni\\_plan\\_zmena\\_klimatu/\\$FILE/OEOK-NAP\\_text\\_20170127.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/$FILE/OEOK-NAP_text_20170127.pdf)

<sup>11</sup> [file:///C:/Users/pc/Downloads/DPTX\\_2010\\_1\\_0\\_265941\\_0\\_102010.pdf](file:///C:/Users/pc/Downloads/DPTX_2010_1_0_265941_0_102010.pdf)

<sup>12</sup> [https://www.researchgate.net/publication/339055656\\_A\\_Promethean\\_Legacy\\_Late\\_Quaternary\\_vegetation\\_history\\_of\\_Southern\\_Georgia\\_Caucasus\\_Appendix\\_-\\_present\\_and\\_past\\_pollen\\_maps\\_of\\_Georgia](https://www.researchgate.net/publication/339055656_A_Promethean_Legacy_Late_Quaternary_vegetation_history_of_Southern_Georgia_Caucasus_Appendix_-_present_and_past_pollen_maps_of_Georgia)

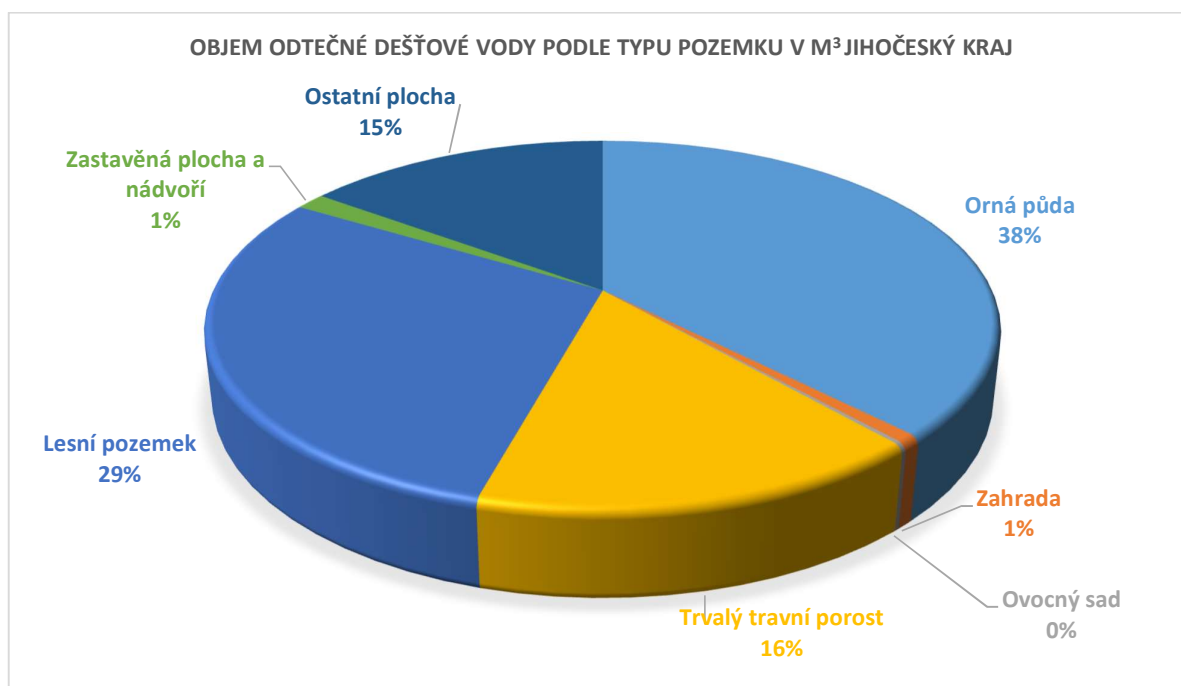
## Příloha č.1

regenerovat. Odhadujeme, že toto řešení způsobí v ročních bilancích zadržení dešťové vody na úrovni 90%. Těch 10%, které nebudou zadrženy, jsou právě ty extrémně srážky, které budou přispívat k sporadickým povodňovým vlnám. Očekáváme také, že dopady celého programu na zvýšení minimálních průtoků sumárně dosáhnou cca 20 m<sup>3</sup>/s.

Pro každý typ povrchu v dané obci bylo přiděleno číslo CN, které je závislé na typu půdy (z hydrologického hlediska) a její vegetačního krytu. Jelikož se jedná o velmi velké území, a pro potřeby Programu zavodňování JHČK je to dostačující, určovala se průměrná hodnota CN křivky pro daný druh využití pozemku a kategorie půdy. Kategorie půdy byla určena pro každou obec podle toho jaký typ půdy v katastru dané obce převládá. V úvahu byla brána i průměrná sklonitost terénu v obci. Obce byly rozděleny podle průměrné sklonitosti do 3 kategorií. Sklonitost do 3 °, sklonitost od 3 ° do 7 ° a sklonitost nad 7 °. Do analýzy byly použity i data o současném stavu lesů. Obcím so středně a silně poškozeným porostem a kalamitním plochám byla určena vyšší hodnota CN křivky pro lesní pozemek.

### Objem odtoku vody podle typu pozemku v m<sup>3</sup>

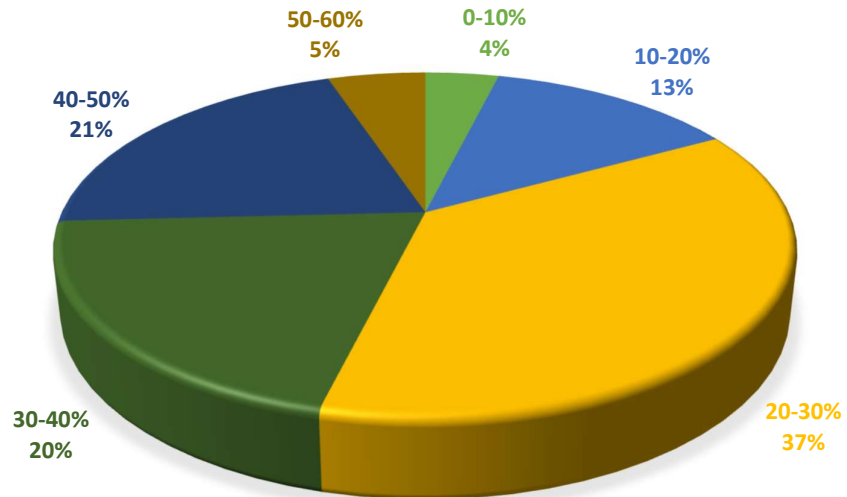
Okres	Orná půda	Zahrada	Ovocný sad	Trvalý travní porost	Lesní pozemek	Zastavěná plocha a nádvoří	Ostatní plocha	Spolu
České Buďejovice	24 215 203	584 218	25 221	6 957 296	15 842 237	1 121 648	6 874 594	<b>55 620 416</b>
Český Krumlov	5 683 172	116 217	23 422	10 226 663	14 981 266	271 774	9 157 735	<b>40 460 250</b>
Jindřichův Hradec	21 306 538	336 939	12 390	7 461 235	18 892 739	736 555	6 863 210	<b>55 609 607</b>
Písek	15 792 115	234 325	27 092	3 174 888	7 066 735	532 435	3 449 378	<b>30 276 967</b>
Prachatice	6 281 264	164 838	269 849	8 050 922	14 165 573	300 545	6 746 511	<b>35 979 503</b>
Strakonice	12 803 935	183 967	181 118	3 507 007	2 900 551	440 341	3 524 985	<b>23 541 904</b>
Tábor	16 916 922	296 222	7 440	3 693 503	6 436 406	581 692	4 212 169	<b>32 144 354</b>
<b>Spolu</b>	<b>102 999 149</b>	<b>1 916 726</b>	<b>546 532</b>	<b>43 071 513</b>	<b>80 285 507</b>	<b>3 984 990</b>	<b>40 828 583</b>	<b>273 633 000</b>



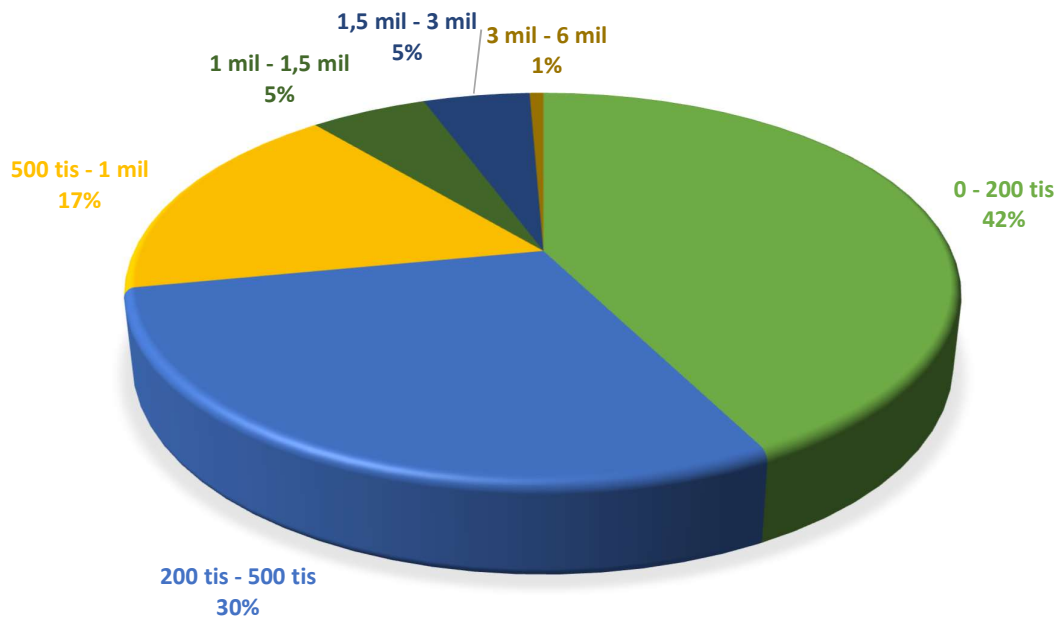
**Procentuální povrchový odtok a objem povrchového odtoku dešťové vody při jednorázové extrémní srážce pro celý Jihočeský kraj**

Jihočeský kraj			
Procentuální povrchový odtok	Počet obcí	Objem povrchového odtoku v m <sup>3</sup>	Počet obcí
0-10%	24	0 - 200 tis	265
10-20%	82	200 tis - 500 tis	184
20-30%	230	500 tis - 1 mil	106
30-40%	127	1 mil - 1,5 mil	34
40-50%	129	1,5 mil - 3 mil	31
50-60%	32	3 mil - 6 mil	4
<b>Celkem</b>	<b>624</b>	<b>Celkem</b>	<b>624</b>

PROCENTUÁLNÍ POVRCHOVÝ ODTOK DEŠŤOVÉ VODY PŘI JEDNORÁZOVÉ  
EXTRÉMNI SRÁŽCE JIHOČESKÝ KRAJ

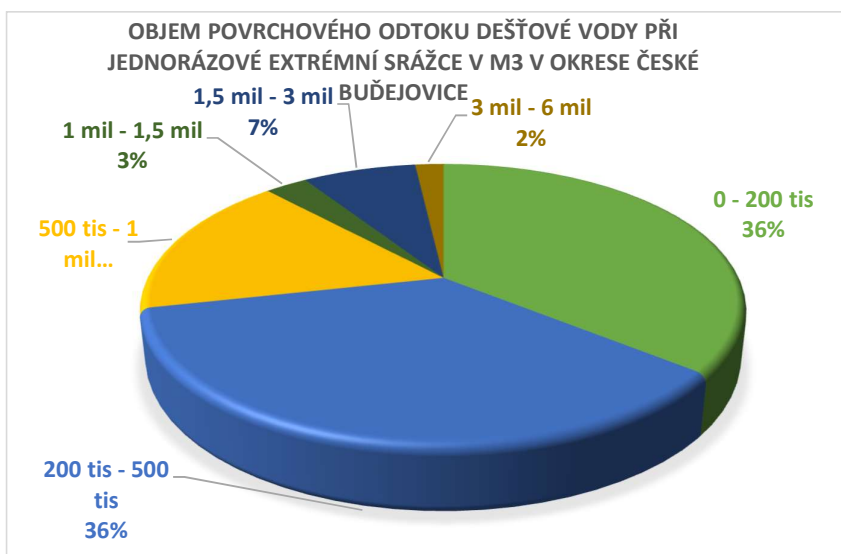


OBJEM POVRCHOVÉHO ODTOKU DEŠŤOVÉ VODY PŘI JEDNORÁZOVÉ EXTRÉMNI  
SRÁŽCE V M3 JIHOČESKÝ KRAJ



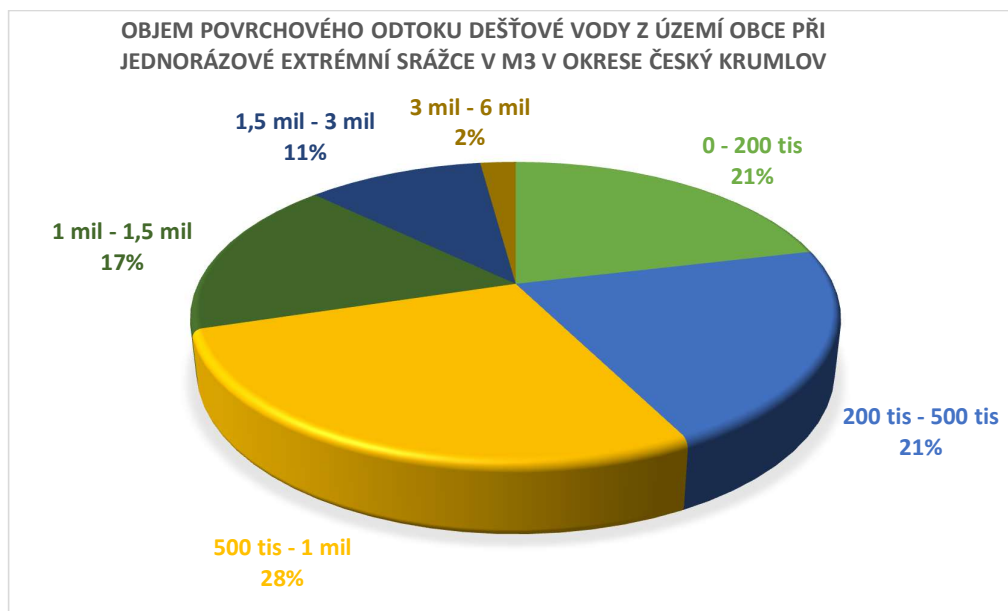
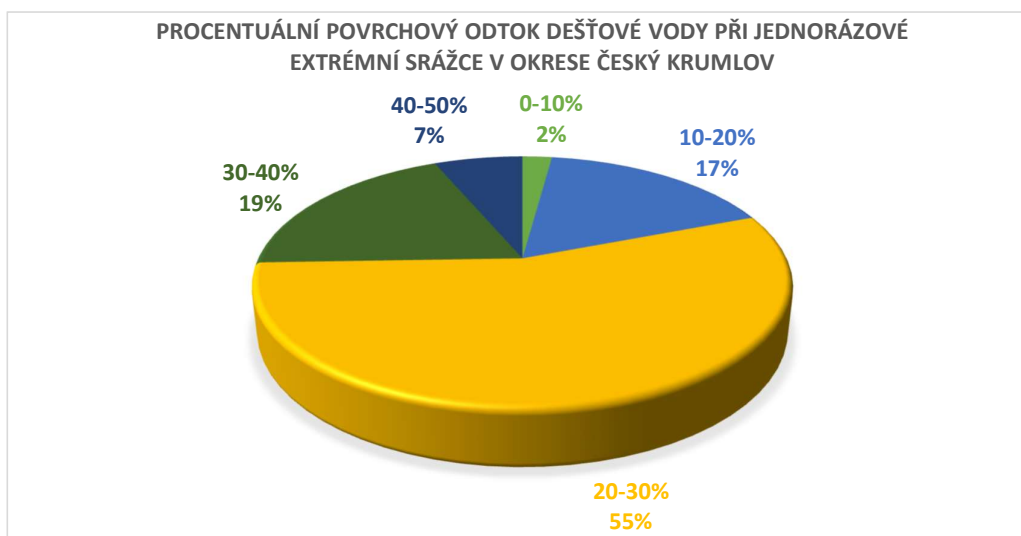
**Procentuální povrchový odtok a objem povrchového odtoku dešťové vody při jednorázové extrémní srážce pro okres České Budějovice**

České Budějovice			
Procentuální povrchový odtok	Počet obcí	Objem povrchového odtoku v m <sup>3</sup>	Počet obcí
0-10%	3	0 - 200 tis	39
10-20%	8	200 tis - 500 tis	39
20-30%	26	500 tis - 1 mil	18
30-40%	12	1 mil - 1,5 mil	3
40-50%	41	1,5 mil - 3 mil	8
50-60%	19	3 mil - 6 mil	2
<b>Celkem</b>	<b>109</b>	<b>Celkem</b>	<b>109</b>



**Procentuální povrchový odtok a objem povrchového odtoku dešťové vody při jednorázové extrémní srážce pro okres Český Krumlov**

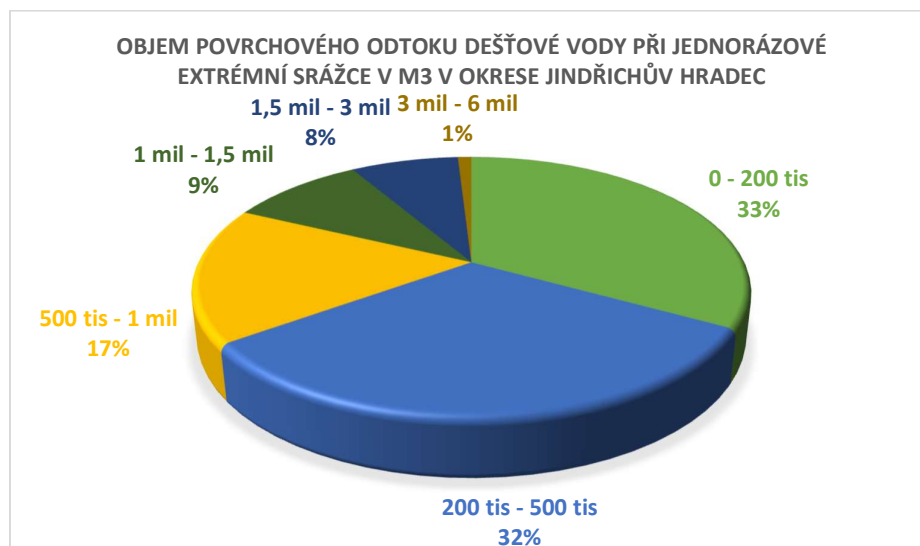
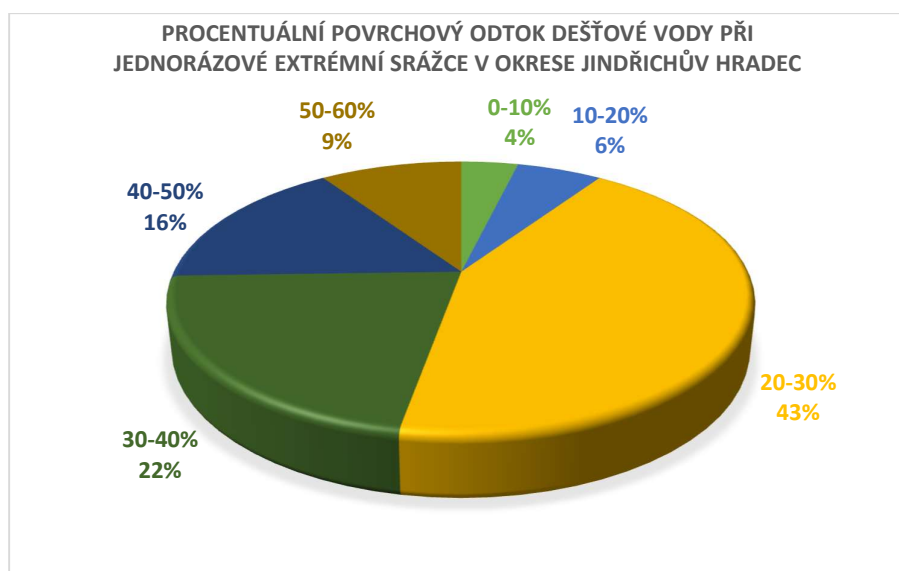
Český Krumlov			
Procentuální povrchový odtok	Počet obcí	Objem povrchového odtoku v m <sup>3</sup>	Počet obcí
0-10%	1	0 - 200 tis	10
10-20%	8	200 tis - 500 tis	10
20-30%	26	500 tis - 1 mil	13
30-40%	9	1 mil - 1,5 mil	8
40-50%	3	1,5 mil - 3 mil	5
50-60%	0	3 mil - 6 mil	1
<b>Celkem</b>	<b>47</b>	<b>Celkem</b>	<b>47</b>





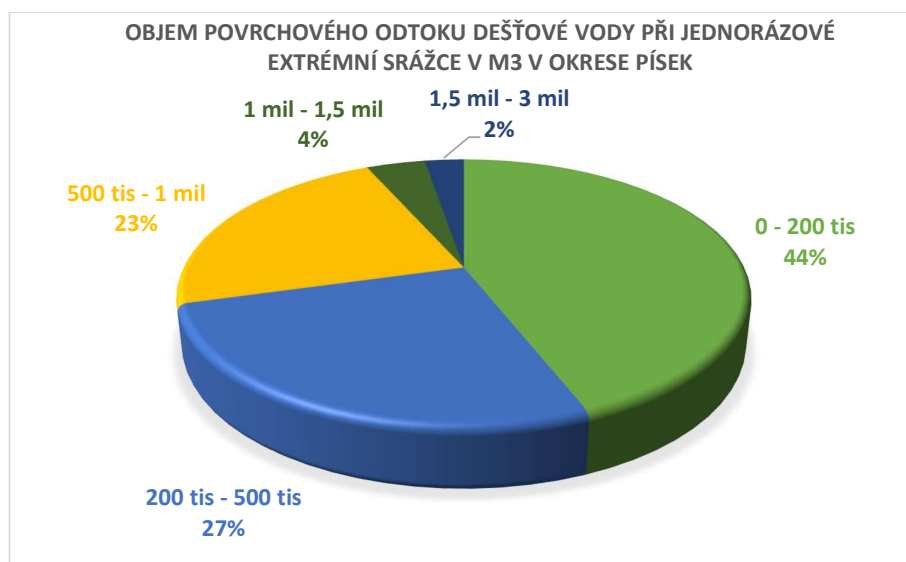
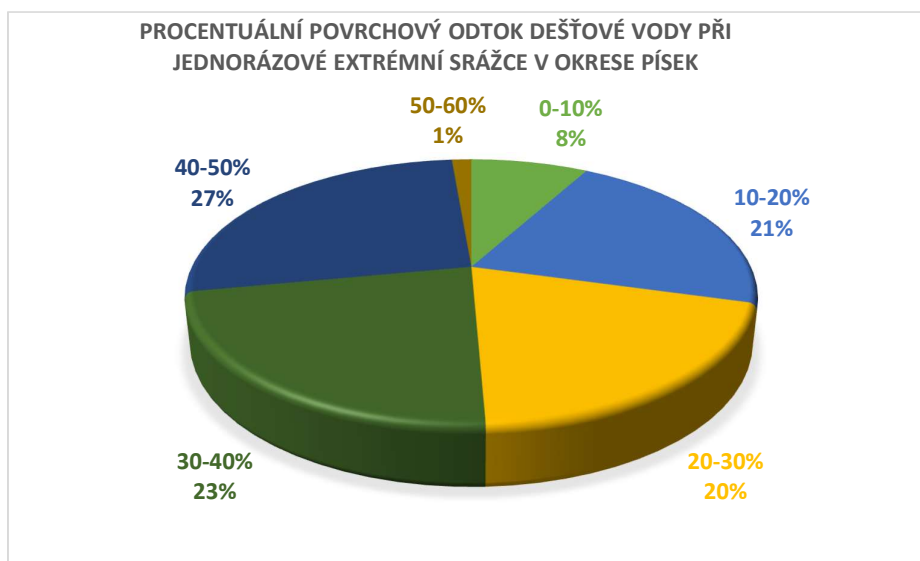
**Procentuální povrchový odtok a objem povrchového odtoku dešťové vody při jednorázové extrémní srážce pro okres Jindřichův Hradec**

Jindřichův Hradec			
Procentuální povrchový odtok	Počet obcí	Objem povrchového odtoku v m <sup>3</sup>	Počet obcí
0-10%	4	0 - 200 tis	35
10-20%	6	200 tis - 500 tis	34
20-30%	46	500 tis - 1 mil	18
30-40%	23	1 mil - 1,5 mil	10
40-50%	17	1,5 mil - 3 mil	8
50-60%	10	3 mil - 6 mil	1
<b>Celkem</b>	<b>106</b>	<b>Celkem</b>	<b>106</b>



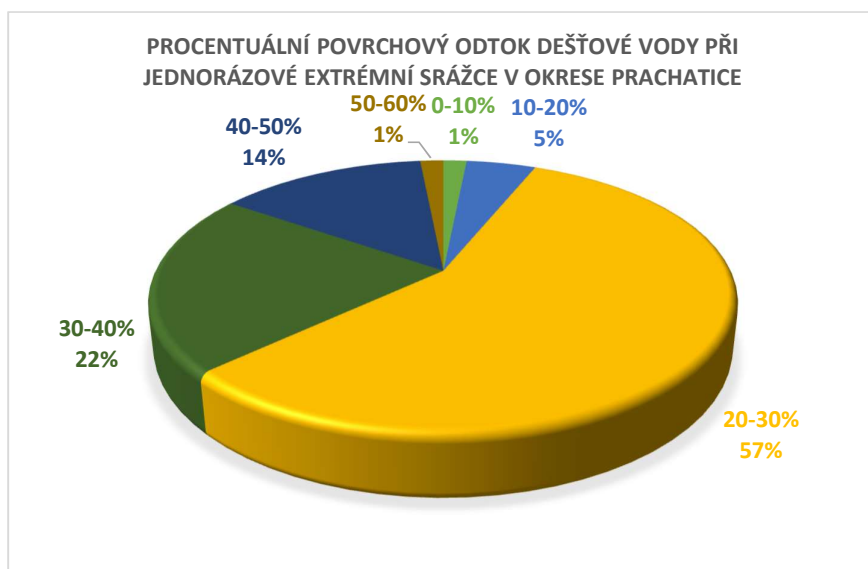
**Procentuální povrchový odtok a objem povrchového odtoku dešťové vody při jednorázové extrémní srážce pro okres Písek**

Písek			
Procentuální povrchový odtok	Počet obcí	Objem povrchového odtoku v m <sup>3</sup>	Počet obcí
0-10%	6	0 - 200 tis	33
10-20%	16	200 tis - 500 tis	20
20-30%	15	500 tis - 1 mil	17
30-40%	17	1 mil - 1,5 mil	3
40-50%	20	1,5 mil - 3 mil	2
50-60%	1	3 mil - 6 mil	0
<b>Celkem</b>	<b>75</b>	<b>Celkem</b>	<b>75</b>



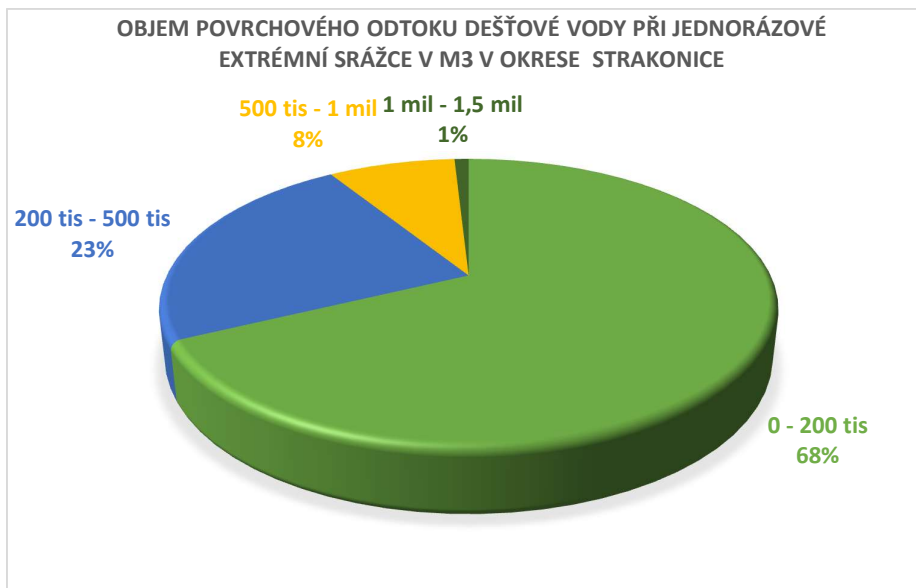
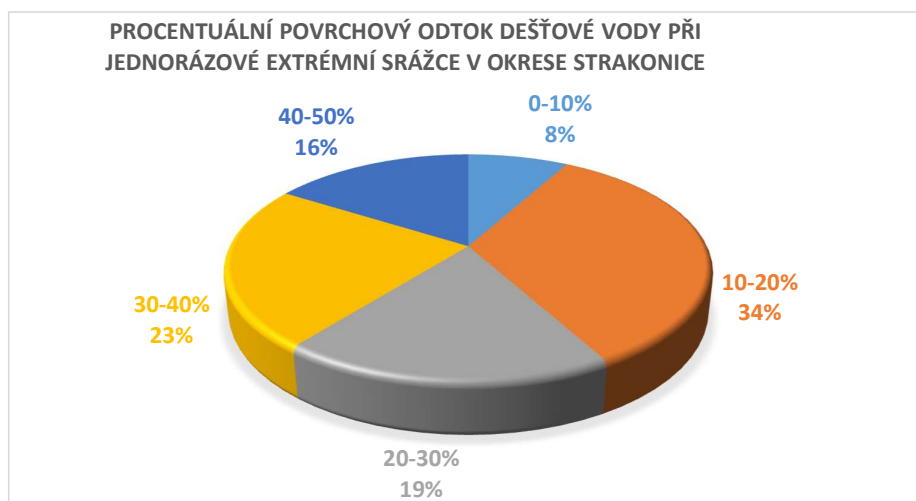
**Procentuální povrchový odtok a objem povrchového odtoku dešťové vody při jednorázové extrémní srážce pro okres Prachatice**

Prachatice			
Procentuální povrchový odtok	Počet obcí	Objem povrchového odtoku v m <sup>3</sup>	Počet obcí
0-10%	1	0 - 200 tis	22
10-20%	3	200 tis - 500 tis	19
20-30%	37	500 tis - 1 mil	11
30-40%	14	1 mil - 1,5 mil	7
40-50%	9	1,5 mil - 3 mil	6
50-60%	1	3 mil - 6 mil	0
<b>Celkem</b>	<b>65</b>	<b>Celkem</b>	<b>65</b>



**Procentuální povrchový odtok a objem povrchového odtoku dešťové vody při jednorázové extrémní srážce pro okres Strakonice**

Strakonice			
Procentuální povrchový odtok	Počet obcí	Objem povrchového odtoku v m <sup>3</sup>	Počet obcí
0-10%	9	0 - 200 tis	76
10-20%	38	200 tis - 500 tis	26
20-30%	21	500 tis - 1 mil	9
30-40%	26	1 mil - 1,5 mil	1
40-50%	18	1,5 mil - 3 mil	0
50-60%	0	3 mil - 6 mil	0
<b>Celkem</b>	<b>112</b>	<b>Celkem</b>	<b>112</b>



**Procentuální povrchový odtok a objem povrchového odtoku dešťové vody při jednorázové extrémní srážce pro okres Tábor**

Tábor			
Procentuální povrchový odtok	Počet obcí	Objem povrchového odtoku v m <sup>3</sup>	Počet obcí
0-10%	0	0 - 200 tis	50
10-20%	3	200 tis - 500 tis	36
20-30%	59	500 tis - 1 mil	20
30-40%	26	1 mil - 1,5 mil	2
40-50%	21	1,5 mil - 3 mil	2
50-60%	1	3 mil - 6 mil	0
<b>Celkem</b>	<b>110</b>	<b>Celkem</b>	<b>110</b>

