

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a biometeorologie**



**Analýza dopadů povodní a krupobití na zemědělskou produkci**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Hana Valovičová**

**Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině**

**Vedoucí práce: doc. Dr. Mgr. Vera Potopová**

**© 2018 ČZU v Praze**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Analýza dopadů povodní a krupobití na zemědělskou produkci" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.4.2018

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Doc. Dr. Mgr. Vere Potopové, vedoucí bakalářské práce, za odborné vedení, cenné rady a připomínky ke zpracovanému tématu.

## **Analýza dopadů povodní a krupobití na zemědělskou produkci**

### **Souhrn**

Bakalářská práce se zabývá zvýšeným výskytem extrémních hydrologických jevů v důsledku změny klimatu a jejich dopady, kterými se projeví na zemědělské produkci. Podrobněji jsou zde uvedeny povodně a krupobití, vyskytující se na území České republiky.

V úvodu se práce zaměřuje na to, jak člověk ovlivňuje změnu klimatu a tím i zvýšený výskyt extrémních hydrologických jevů. Dále je uvedena charakteristika pojmů, kde meteorologický slovník a vodní zákon definují co povodeň vlastně je. Povodně se dělí podle příčin vzniku na dešťové, sněhové, smíšené a ledové. Případně další dělení je na povodně zimní a letní. Dalším bodem této práce jsou případy povodní, které se vyskytly na území České republiky za posledních dvacet let. Jako první je zde uvedena nejničivější povodeň z roku 1997, při které bylo způsobeno hodně materiálních škod a velké ztráty na životech. Dalšími jsou z roku 2002, 2009, 2010 a jako poslední je zde uvedena povodeň z roku 2013. Dále je popsán monitoring povodní, který provádí Český hydrometeorologický ústav společně se správci významných toků. A jako poslední je zde uvedena ochrana, která by měla pomoci zamezit vzniku povodní.

V Další části této bakalářské práce je uveden další meteorologický extrém, krupobití. Je zde uvedeno, z čeho krupobití vzniká, jaké příčiny a faktory jej ovlivňují, čím a jak se dá detekovat. Tento jev je prostorově a časově omezeným dějem. Nedá se nikdy přesně určit, kde přesně a v jaké míře zasáhne. V této práci jsou uvedeni autoři, kteří vytvořili časové a prostorové analýzy krupobití v různém období. Jako v první části jsou zde popsány největší krupobití za posledních 20 let v České republice. Taktéž je zde popsána ochrana, kterou zemědělec proti tomuto jevu zaujme. Je rozdělována na pasivní a aktivní, podle toho jak se zemědělec smíří nebo nesmíří s počasím.

Poslední část této práce se zabývá zemědělstvím a přímým dopadům zmíněných meteorologických jevů na zemědělskou produkci. Jak se zemědělství brání proti změnám klimatických podmínek – adaptace. Poslední kapitola této práce se zabývá pojištěním, které zemědělci mohou využít pro ekonomickou ochranu proti těmto přírodním vlivům. V České republice je spousta produktů, které pojišťovny poskytují. Jen si vybrat tu, která bude nejvhodnější.

Klíčová slova: povodně, krupobití, hydrometeorologické extrémy, časová analýza, prostorová analýza

## **Analysis of flood and hail impacts on agricultural production**

The bachelor thesis deals with the increased occurrence of extreme hydrological phenomena due to climate change and their impacts, which will affect the agricultural production. Floods and hailstorms occurring in the Czech Republic are more detailed.

In the introduction, the work focuses on how one influences climate change and hence an increased occurrence of extreme hydrological phenomena. The following is a description of the concepts where the meteorological dictionary and the Water Act define what the flood is actually. Floods are divided by causes of rainfall, snow, mixed and icy. Eventually, further division is at winter and summer floods. Another point of this work is the flood cases that have occurred in the territory of the Czech Republic in the last twenty years. The first is the most devastating flood in 1997 that caused a lot of material damage and great loss of life. Others are from 2002, 2009, 2010 and the last one is the flood of 2013. The flood monitoring carried out by the Czech Hydrometeorological Institute together with the managers of significant flows is described. Lastly, there is a protection that should help prevent floods.

Other parts of this bachelor thesis include another meteorological extreme, hail. Here is what hailstones are produced, what causes and factors affect it, how and how it can be detected. This phenomenon is spatially and temporally limited. It can never be exactly determined where exactly and to what extent it will intervene. In this work are mentioned authors who have created time and spatial analyzes of hailstones in different periods. As in the first part there are described the biggest hailstorms in the last 20 years in the Czech Republic. It also describes the protection that the farmer will take up against this phenomenon. It is divided into passive and active, depending on how the farmer agrees or does not confront the weather.

The last part of this thesis deals with agriculture and the direct impact of these meteorological phenomena on agricultural production. How agriculture defends against climate change - adaptation. The last chapter of this thesis deals with the insurance that farmers can use for economic protection against these natural influences. There are a lot of products in the Czech Republic provided by insurance companies. Just choose the one that suits you best.

**Keywords:** floods, hail, hydrometeorological extremes, time analysis, spatial analysis

## Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Extrémní meteorologické jevy .....</b>	<b>2</b>
<b>4 Charakteristika povodní a krupobití v České republice .....</b>	<b>3</b>
<b>4.1 Charakteristika povodní.....</b>	<b>3</b>
<b>4.2 Rozdělení povodní podle příčin vzniku .....</b>	<b>4</b>
4.2.1 Dešťové povodně.....	4
4.2.2 Sněhové povodně.....	6
4.2.3 Smíšené povodně.....	6
4.2.4 Povodně ledové .....	7
<b>4.3 Meteorologické faktory ovlivňující vznik a průběh povodně .....</b>	<b>8</b>
4.3.1 Antropogenní a fyzicko-geografické faktory vzniku povodní.....	8
<b>4.4 Nejrozsáhlejší povodně v České republice za posledních 20 let.....</b>	<b>11</b>
<b>4.5 Monitoring povodní .....</b>	<b>15</b>
4.5.1 Stupně povodňové aktivity .....	16
<b>4.6 Ochrana proti povodním .....</b>	<b>17</b>
<b>5 Charakteristika krupobití .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Z čeho vzniká krupobití.....</b>	<b>17</b>
5.1.1 Konvekční bouře.....	17
5.1.2 Kroupotvorné bouře .....	19
<b>5.2 Vývoj krup .....</b>	<b>21</b>
<b>5.3 Krupobití.....</b>	<b>23</b>
5.3.1 Faktory ovlivňující krupobití .....	23
5.3.2 Časový a prostorový rozsah krupobití .....	25
5.3.3 Časová a prostorová variabilita krupobití .....	25

<b>5.4</b>	<b>Analýzy krupobití.....</b>	<b>26</b>
<b>5.5</b>	<b>Detekce krupobití.....</b>	<b>34</b>
5.5.1	PROSTOROVĚ NEJROZSÁHLEJŠÍ KRUPOBITÍ.....	35
5.5.2	Ochrana před krupobitím.....	36
<b>6</b>	<b>Dopady krupobití a povodní na zemědělství .....</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Pojištění.....</b>	<b>40</b>
<b>7.1</b>	<b>Pojištění plodin.....</b>	<b>41</b>
7.1.1	Krupobitní pojištění .....	41
7.1.2	Pojištění proti vybraným rizikům .....	41
7.1.3	Komplexní pojištění úrody .....	42
<b>7.2</b>	<b>Pojištění hospodářských zvířat .....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zdrojů: .....</b>	<b>44</b>

## 1 Úvod

Přítomnost extrémních hydrologických jevů ovlivňují českou krajinu již od nepaměti. Sledováním projevů meteorologických extrémů a následným důsledkům jimi způsobené se zabývalo mnoho pozorovatelů. Ať už z řad kronikářů nebo obyčejných rolníků. Zaznamenávali si běžné pochody počasí a z těchto poznatků čerpali informace, které jim pomáhali předvídat počasí a chránit samy sebe před těmito jevy. Mezi hydrologické extrémy patří i povodně a krupobití. Oba tyto extrémy jsou zhoubou zemědělství a mohou brát i lidské životy. V dnešní době může docházet k výkyvům, které silně ovlivňují zemědělskou produkci a tím ovlivňují dostupnost a cenu produktů na trhu.

V českých zemích první zmínku o povodňové katastrofě obsahuje Kosmova *Chronica Boemorum*, kterou kronikář zaznamenal jako její současník. šlo o povodeň na Vltavě v Praze během září 1118, tedy téměř před 900 lety . Lidskou činností je ovlivněno mnoho přírodních podmínek, které způsobují vznik povodní v České republice.

Velmi podobným aspektem ovlivňujícím nejrůznější oblasti života lidí je krupobití. I tento přírodní úkaz může znepříjemnit fungování a efektivitu zemědělské produkce v určitých částech roku. Otázkou je, do jaké míry jsou tyto přírodní úkazy způsobeny primárně lidskou činností, vykonávanou již po dlouhé období. Nutno říci, že tyto jevy jsou v současné době více než kdykoliv jindy diskutovány, a to především v souvislosti s velkým pokrokem lidstva a zrychleným tempem ekonomické výkonnosti ve všech směrech. U krupobití je téměř nemožné vytvořit přesnou předpověď, kdy je možné je očekávat. Zatímco v minulosti byla jakákoliv předpověď krupobití nemožná, technologický pokrok současné doby umožňuje mnohem lepší předpověď krupobití a tím částečnou eliminaci případných škod, které mohou vzniknout.

Předložená práce se zabývá povodněmi, krupobitím a souvislostmi se zemědělskou produkcí v České republice. Díky definování a popisu jednotlivých jevů se snažím přinést ucelený pohled na tuto problematiku a analyzovat vzájemné propojení a souvislosti mezi těmito procesy. Zároveň tím ukazuji na souvislosti s lidskou činností a ekonomickými dopady.



## 2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zpracovat literární rešerši o extrémních přírodních) hydrologických jevech jako jsou povodně a krupobití, charakterizovat je a analyzovat jejich dopady na zemědělskou produkci.

## 3 Extrémní meteorologické jevy

Lidé již od pradávna s obavami sledovali mračna, která se blížila k jejich obydlí a úrodě, co pěstovali na polích. Již tehdy se vyskytovaly meteorologické jevy, které znehodnocovaly úrodu, ničili jejich stavení, zaplavovali města. Neobjevovaly se však v takovém míře a razanci jako dnes. V dnešní době je počet těchto jevů přisuzováno změně klimatu.

Působením člověka ať už přímo nebo nepřímo má vliv na klimatický systém a vede patrně nejen ke globálnímu oteplování ale také k většímu výskytu hydrometeorologických extrémů (Salomon et al., 2007). Tyto extrémy značně ovlivňují škody na zemědělské úrodě, majetku či ztrátu na lidských životech. Na společnost mají zřetelné dopady především přívalové deště, povodně, krupobití, bouře, vichřice a další jevy, které jsou spojovány s extrémními chody atmosférických jevů.

Riziko zvýšeného výskytu meteorologických extrémů s sebou přináší změna klimatu. Ty mohou výrazně oslabit zemědělskou produkci (Olesen a Bindí, 2002; Niggli et al., 2007). Z hlediska času i prostoru je obtížná lokalizace pro tyto extrémy, mimořádná intenzita, složitá předvídatelnost a často i s nevratnými dopady, které sebou přinášejí. K těmto extrémům řadíme bouřky s přívalovými srážkami, holomrazy, náhlá a déletrvající zimní oteplení, vichřice, povodně, jarní mrazíky, výskyt sucha a vlny horka (Žalud et al., 2007). Za meteorologické extrémy se z pohledu statistiky pokládají případy, při kterých se vyskytla hodnota jevu či meteorologického prvku s dostatečně nízkou pravděpodobností. Určitý jev či hodnota je možno určit za extrémní při nedosažení či překročení vymezených mezních hodnot (Brázdil, 2002).

Přítomnost meteorologických extrémů je možno pokládat za důsledek běžné variability atmosféry Země, v nichž působením různých antropogenních a přírodních faktorů se odehrávají rozdílně složitá a navzájem působící chemické a fyzikální procesy. Při vzájemném působení s aktivním povrchem můžou tyto procesy směřovat k výskytu extrémních projevů o různém trvání a rozsahu. Účinky těchto extrémů jsou v přírodě složkou

přirozeného vývoje. Jejich intenzita, frekvencovanost a dopady se v prostoru a čase mění (Katz a Brown, 1992; Houghton et al., 2001; Brázdil, 2002) a současně přesné dopady jsou zásadně ovlivněny spolupůsobením s lidskou společností (Brázdil, 2002). Některé tyto extrémy přicházejí i s doprovodnými jevy, např. při konvektivních bouřích přichází společně a způsobují velké škody např. silné lijáky, blesky, silné větry, krupobití (Brázdil, 2002).

Nejvýznamnějšími meteorologickými extrémy v České republice jsou považovány teplé a studené vlny, extrémně vydatné srážky a sucha, časná a pozdní mrazy, ledovka a náledí, námraza, vichřice a konvektivní jevy (krupobití, silné bouřky, blesky), (Brázdil, 2002).

Z definic extrémních meteorologických jevů je patrné, že jsou oprávněně považovány za velice nebezpečné. Jejich nevyzpytatelnost a míra s jakou udeří není nikdy radno podceňovat. Škody, které napáchají, jsou mnohdy až nevratné.

## **4 Charakteristika povodní a krupobití v České republice**

### **4.1 Charakteristika povodní**

Meteorologický slovník a Vodní zákon č. 254/2001 Sb. (§ 64) určují povodeň jako: *„Přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod.“*

Povodně jsou pro přírodu přirozené. Dna vodních toků jsou tvořena podložními štěrkopískami a nadložními povodňovými sedimenty. Díky ukládání povodňových sedimentů vznikají ploché říční nivy, do kterých se koryto řeky zařezává. Na okrajích nivy jsou vytvářeny takzvané terasové stupně, které přirozeně vymezují prostor záplavového území.

Plochy a zdánlivě trvale stabilní povrch říčních niv může vyvolávat dojem jejich trvalé neměnnosti. Geomorfologické a geologické výzkumy spolu s poznatky archeologů a paleobotaniků ale prokázaly, že říční nivy patří dlouhodobě k nejdynamičtěji se měnícím částem naší krajiny. Současný plochý povrch říčních niv vznikl ukládáním povodňových kalů při záplavách v poledovém období. Díky činnosti vodních toků vznikly říční a potoční nivy, do nichž je vepsán rozsah záplavového území v přirozených podmínkách.

Lidstvo tento přírodní jev provází odjakživa. Povodně ovlivňují a mění ráz krajiny v blízkosti vodních toků a přetvářejí její podobu. Z pohledu člověka je přírodním živlem, při

kterém vznikají velké materiální škody a jsou často spojené i se ztrátami na životech. Dále páchají škodu i na úrodě zemědělců, zemědělské půdě, komunikacích.

Ke zvýšení průtoků v tocích, vedoucím k jejich vybřežování a zaplavování pozemků v říční nivě dochází pravidelně v období jarního tání a kromě toho také v období přívalových či trvalých dešťů. Rozsah a intenzitu záplav významně ovlivňuje stav krajiny.

Pro Českou republiku jsou povodně v současnosti nejzávažnějším přírodním extrémem. Jsou výslednicí souhrnného účinku příčinných faktorů. Těmito faktory jsou fyzicko-geografické (např. Vlastnosti povrchu), meteorologické (např. srážky) a antropogenní (např. změny ve využití ploch), (Brázdil et al., 2005).

## **4.2 Rozdělení povodní podle příčin vzniku**

Povodně jsou definovány kulminačním průtokem, kdy jde o nejvyšší maximální průtok u průtokové vlny. Při jednotlivých povodních se z hodnot kulminačních průtoků stanovuje N - letý největší průtok.

Podle příčin vzniku rozdělujeme povodně na dešťové, sněhové, smíšené a jako nezvyklý druh povodně ledové. Za jejich vznikem je několik meteorologických příčin, které je možno charakterizovat takto:

**4.2.1 Dešťové povodně** – jsou vyvolány kapalnými srážkami a podle způsobu vzniku, doby trvání a intenzity deště je lze dále dělit na povodně z trvalých srážek a povodně z přívalových srážek.

**a) dešťové povodně z trvalých srážek** - jsou vázány zpravidla na jedno až vícedenní trvalé srážky (někdy i přerušované časovými úseky bez deště), které jsou spojené s některými vybranými srážkově významnými synoptickými situacemi. Jsou vesměs vázány na výskyt tzv. „srážkotvorné“ cyklony v blízkosti území Moravy a Slezska. Významnou roli přitom hraje poloha, rychlost a směr postupu cyklony vzhledem k postiženému území a poloha s ní spojeného frontálního rozhraní, stejně jako orografické zesílení srážek. Vzhledem k omezenému plošnému rozsahu intenzivnějších srážek nepostihují nikdy současně převážnou část území České republiky.

**Obr. 1 – Povodeň v Praze 2002 – dlouhotrvající deště (Brázdil et al., 2005)**



**b) Dešťové povodně z přívalových srážek** - souvisejí se srážkami s krátkou dobou trvání (zpravidla v řádu hodin), avšak s velkou intenzitou a zpravidla doprovázenými bouřkami. Tyto povodně se vyznačují náhlým nástupem (jsou označovány jako bleskové povodně), ostrou povodňovou vlnou s rychlými vzestupy hladin a krátkým trváním. Jejich vznik souvisí s intenzivní konvencí, často i organizovanou, při tvorbě bouřkové oblačnosti. Následkem lokálních povodní mohou být velice značné škody, v důsledku velké průtočnosti tekoucí vody. Ve vyjíměčných případech mívají tyto povodně i větší rozsah území (Brázdil, 2007).

**Obr. 2 – Letní přívalové povodně**

(<http://www.hasici.tv/foto/redakce/1154/foto/novojcinskem-se-prohnaly-privalove-srazky-obyvatele-varovaly-sireny-8-3.JPG>)



Rozlišení obou typů dešťových povodní však může být obtížné, protože existuje řada případů, kdy bouřkové přívalové deště přecházejí v trvalé srážky a naopak, nebo kdy trvalé srážky jsou prokládány alespoň v některé části postiženého povodí přívalovými dešti. Oba typy srážek se mohou také vyskytovat v časovém sledu za sebou po intervalu bez deště apod. Počet případů kombinace obou typů roste se zvětšující se plochou zasaženého povodí (Brázdil et al., 2005).

**4.2.2 Sněhové povodně** - vznikají náhlým táním sněhu při kladných teplotách v zimním a v jarním období. Mohou být doprovázeny i ledovými jevy. Kulminační průtoky při sněhových povodních zpravidla nedosahují na území České republiky větších N - letostí.

**Obr. 3 - Povodeň z tání sněhu** (<https://www.novinky.cz/domaci/260123-cesku-hrozi-povodne-tajici-snih-a-ledove-kry-zvedaji-hladiny-rek.html>)



**4.2.3 Smíšené povodně** - jsou zapříčiněny kombinací tání sněhu a padáním dešťových srážek. Mohou být rovněž doprovázeny ledovými jevy. Jsou vázány na dosti rozdílné povětrnostní situace, přinášející v zimě a na začátku jara oteplení s kladnými teplotami, doprovázené často i silnějším větrem. Tání sněhové pokrývky, je rovněž urychlováno vypadáváním kapalných srážek, které zároveň samy přispívají ke zvětšení průtoků. Tyto povodně mohou mít v České republice větší územní rozsah než povodně z trvalých srážek.

**4.2.4 Povodně ledové** - vznikají zpravidla po období déle trvajících mrazů se zámrazem řek, kdy následné náhlé oteplení může způsobit odchod ledu. Pokud dojde ke tvorbě ledových zácp a nápěchů, může dočasné zmenšení průtočnosti koryta způsobit výrazné vzduť vodní hladiny (Brázdil, 2007).

**Obr. 4 – Ledová povodeň** (<https://blanensky.denik.cz/galerie/ledove-kry-svratka-odstrel.html?photo=1&back=2237729191-8091-67>)



Povodně se dále rozdělují na zimní a letní typ.

Povodně zimního charakteru jsou zapříčiněny intenzivním táním sněhové pokrývky. Většinou je tání sněhu doprovázeno dešťovými srážkami. Tímto druhem povodní bývají zasaženy převážně podhorské oblasti. Při větším oteplení na rozsáhlejších územích, dochází k ovlivnění i velkých toků v nížinách.

Povodně letního charakteru vznikají při dlouhodobých intenzivních srážkách. Působí hlavně na střední a velké toky, kde mají zřetelné následky (Brázdil et al., 2005).

Kromě těchto uvedených příčin vzniku se mohou vyskytnout i povodně specifické, které nemají přímou vazbu na meteorologickou situaci (Matějček, Hladný, 1999).

Díky průtočným překážkám, které jsou unášené splávkami (např. dřevo, kmeny, keře) dochází k ucpání mostních otvorů, propustků či koryta (Brázdil, 2007).

K povodni může dojít i díky poruše nebo poškození některého z ovládacích prvků vodního díla. Díky tomu by byla utlumena nebo zcela vyřazena jeho retenční ochranná funkce a muselo by dojít k nouzovému vypuštění nádrže (Matějček, Hladný, 1999).

### **4.3 Meteorologické faktory ovlivňující vznik a průběh povodně**

Povodně vznikají a jejich průběh je ovlivněn účinkem meteorologických faktorů. Jde o faktory předběžné a příčinné.

Předběžné faktory se odehrávají mnoho dní až měsíců, než povodně vznikají. K těmto faktorům se řadí např. množství sněhové pokrývky a s tím související vodní hodnota sněhu, promrznutí půdy a přesycenost povodí. Nejdůležitějším hydrologickým předběžným faktorem je množství vody ve vodních korytech před začátkem povodní.

Meteorologické příčinné faktory se odehrávají několik dnů až hodin před začátkem povodně. Působí jako mechanismus, který je spouští (rychlost větru – působí na rychlost tání sněhu, přívalové nebo trvalé dešťové srážky, vysoké teploty vzduchu).

#### **4.3.1 Antropogenní a fyzicko - geografické faktory vzniku povodní**

Povodně v České republice jsou zapříčiněny špatným hospodařením člověka v krajině. Zvyšuje se počet toků, které jsou ovlivněny technickými zásahy a toků s přirozeným režimem neustále ubývá. Ke zvýšení postupové rychlosti povodňové vlny a ke koncentraci odtoků z povodí dochází díky úpravám koryt. Ke vzniku povodní přispívá vše, co snižuje retenční schopnost krajiny: nízká sorpční schopnost půdy, utužení půdy, likvidace trvalých travních porostů, lesních i drnových s vysokou kapacitou vázat vodu, zahloubení i malých toků a tím snížená retence horních částí povodí, likvidace malých záplavových území v horních částech povodí, mokřadů.

Podle Vithy (1975) změnami odtokových podmínek v důsledku lidské činnosti je zapříčiněna následujícími vlivy:

- nenávratnou spotřebou vody v průmyslu, zemědělství a v komunálním hospodářství
- intenzifikací zemědělství
- změnami v lesním hospodářství
- výparem z nádrží a rybníků
- růstem zastavěné a odkanalizované plochy
- jinými změnami v životním prostředí

Regulacemi vodních toků (např. opevňování koryt, umělé prohlubování a napřimování vodních toků) dochází k tomu, že povrchová voda z krajiny je rychle odvedena. Vodním tokům byla těmito regulacemi odeprána místa, kde se dříve mohly přirozeně rozlívát (zaplavovat lužní lesy, mokřadní louky). Pokud povodně nastanou, není schopno rovné zredukované koryto pojmout všechnu vodu, která korytem protéká a rozlévá se do zastavěných míst, do měst.

Jedním z těchto faktorů je intenzivní zemědělství. V důsledku rozorání a přeměny luk na pole, která jsou neustále zhutňována těžkou zemědělskou technikou není schopno při rozlívání vody pojmout tolik vody. Velmi negativní vliv mělo odstranění remízků, mezi a pásů dřevin, které na svažitých pozemcích působily jako přirozené překážky odtoku vody z krajiny. Účinně bránili i vodní a větrné erozi půdy. Dalším vlivem jsou vysoké dávky pesticidů a hnojiv, které likvidují půdní život. Půdě chybí humus je málo prokypřená, a proto nedokáže pojmout tolik vláhy jako dříve.

Lidé pro získání úrodné zemědělské půdy, k ochraně polních plodin před zatopením a k obraně proti povodním samotným, prohloubili a zkrátili dolní toky řek. V posledních 150 letech na území České republiky byla zkrácena délka našich nejvýznamnějších toků asi o 4600 km.

Další z faktorů je např. špatné složení lesů na území České republiky. Území Česka je z většiny zalesněno smrkovou monokulturou, která nedokáže pojmout tolik vláhy jako lesy tvořené z buku, habru a s nimi společně bylinným patrem a mechovými porosty. Toto uspořádání lesů dokázalo pojmout velké množství vláhy a při suchých obdobích dokázali tuto vláhu poskytnout dle potřeby. Výskyt mrtvého dřeva v lesích je další chybou lesního hospodářství. Ztrouchnivělé dřevo dokáže nasávat vodu podobně jako huba. Pojme i více vody, než samo váží.

Podle Matějčíka a Hladného (1999) v souvislosti se vznikem a průběhem povodně považují za rozhodující tyto vlivy:

- intercepcí, tj. zadržující účinek vegetace na padající srážky, daný druhem, hustotou a vývojovým stavem porostu, který může navíc zpomalovat pohyb vody na povrchu a tím prodlužovat dobu možného vsaku



- detenci, tj. schopnost zpomalovat odtok ze spadlých srážek naplňováním depresí terénu, což může vést k dočasné akumulaci většího množství vody v rovinném než ve sklonitém terénu
- infiltraci, tj. vřak vody do půdních vrstev a zvodní podzemních vod, který závisí na typu půdy, její mocnosti, pórovitosti, obsahu humusu, jejím nasycením vodou atd.
- objemu říční sítě, tj. plnění koryt toků včetně množství vody vtlačené do přilehlých podpovrchových částí břehové zóny v důsledku hydrostatického tlaku, a objemu inundací, tj. rozliv do inundačních území podél toků.

Většina z těchto přirozených faktorů byly v průběhu času změněny lidskou činností (Brázdil et al., 2005).

Doba trvání a rozsah povodní je závislá především na tom, jak velké povodí je a jaký tvar povodí má, na intenzitě deště a jeho době trvání. Čím větší povodí je, tím menší je pravděpodobnost povodní. Pokud je povodí protáhlého tvaru, vznikají menší povodně. Přívalové deště mají velký význam pro vznik povodní.

Další důležitá vlastnost, která ovlivňuje vznik povodní, je propustnost půdy. Čím je půda propustnější, tím lépe infiltruje vodu a zmenší se tím povrchový odtok. V případě husté vegetace je zadrženo více vody tím, že všechnu vodu padající na povrch rostliny je vsáknuta jejím povrchem.

Rozsah povodně také závisí na rozloze zátopového území. Pokud je zátopové území větší, je umožněno rozliti velké povodňové vlny. Průtok vody je upraven přirozenými nebo umělými nádržemi.

Povodně jsou také děleny na jednoduché a složité. Jednoduché povodně trvají nejčastěji pouze několik hodin a mají jedno maximum. Složité povodně trvají obvykle několik dní až několik týdnů a mívají maxim několik (Chábera, 1999).

Čermák et al., (1970) uvádějí, že jezové zdrže s větším objemem mohou ovlivnit změnu průtoků. Ve velké většině jejich objem nemá zásadní vliv na snížení kulminace povodně, ale na druhou stranu mohou ovlivnit postupovou rychlost povodňové vlny. Velký vliv na změnu kulminačních průtoků mají vodní nádrže. Čím větší mají tyto nádrže objemy, tím více zplošťují kulminační průtok povodní, které se vyskytují řidčeji. Na druhou stranu mohou způsobit i zvyšování průtoků povodní častějšího výskytu.

Po shrnutí informací z těchto kapitol můžeme vidět, že za povodněmi nestojí pouze katastrofální výkyvy počasí, ale figurují za nimi také důležité ekologické příčiny.

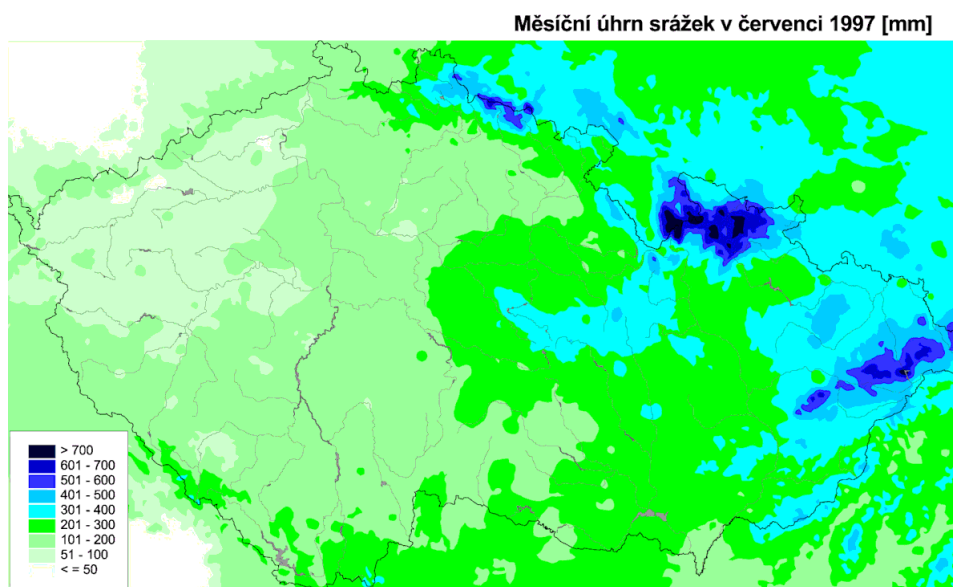
#### 4.4 Nejrozsáhlejší povodně v České republice za posledních 20 let

Červencová povodeň z roku 1997 na Moravě, je největší hydrologický extrém 20. století. Tato povodeň neměla v České republice obdoby. Významnými aspekty této povodně byly především délka trvání, rozsah postiženého území, kulminační průtoky, materiální škody a ztráty na životech. Tato Povodeň, která se týkala řeky Moravy a Odry byla jednou z nejkatastrofálnějších povodní 20. století. Na řece Odře šlo o více jak stoletou povodeň, která byla způsobena extrémně silnými trvalými srážkami regionálního charakteru.

Srážková činnost se projevila ve dvou vlnách. První započala 4. 7. 1997, kdy byla střední Evropa pod vlivem zvlněné studené fronty postupující pomalu od jihozápadu k severovýchodu. Vytvořila se tlaková níže, která přinesla mimořádné množství srážek ve východní části České republiky. Při první etapě povodňové situace byly na povodích toků průměrné srážky největší v severní části Beskyd v povodí Ostravice a v západní a severní oblasti Jeseníků.

Druhá etapa započala 17. 7., kdy se spojili dva frontální systémy. Vydatné srážky vypadávali hlavně v Krkonoších. Tyto srážky byly podstatně slabší v porovnání s první etapou. Představovaly pouze 30 – 50 % srážkových úhrnů. Srážkovou činnost v červenci 1997 ukazuje mapa č. 1. (Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997, 1998)

**Obr. 5 - Měsíční úhrn srážek v červenci 1997 (<http://voda.chmi.cz/pov97/uvod1.html>)**



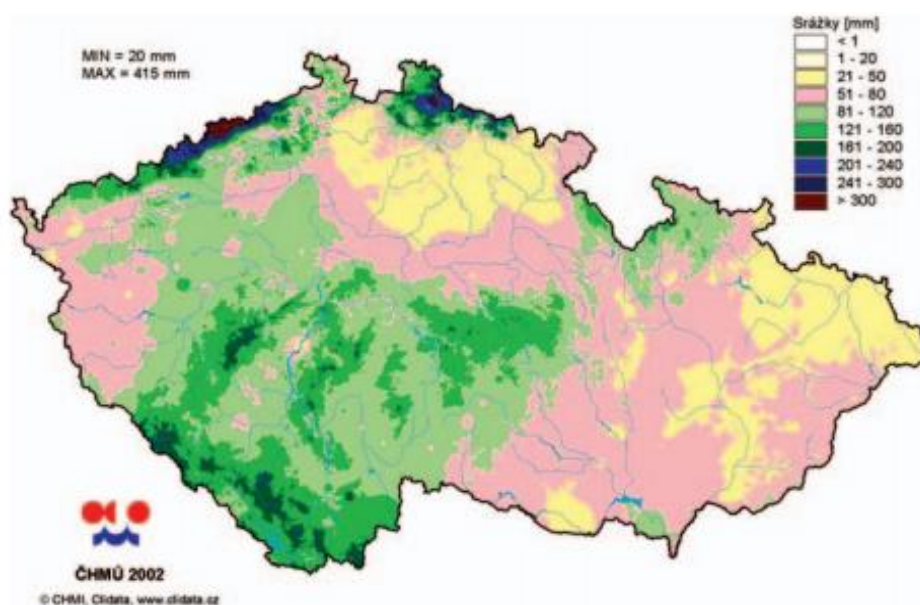
Povodeň z roku **2002**, která se ve větším nebo menším měřítku projevila v povodí mnoha českých řek. Na této povodni se podílely dvě mimořádné srážkové události. Jako první byly zasaženy 6. - 7. srpna jižní Čechy vlnou trvalých srážek, místy až přívalového charakteru. Tyto vlny byly prvotní příčinou tisíciletých kulminačních průtoků na většině řek. Šlo především o řeky jako Malše, Vltava v Českých Budějovicích, Blanice, Volyňka v Nemčicích a Otava v Písku. Naneštěstí dorazila ve dnech 11. - 13. srpna druhá výraznější srážková vlna. Tato povodeň se stala nepochybně jednou z nejmasivnějších za posledních 1000 let na středním a dolním toku Vltavy a na jihočeských tocích. Předpokládalo se, že vltavská kaskáda je povodni podobného rozsahu schopna zabránit. Proto šlo o povodeň zcela neočekávanou.

Tato povodeň se ve specifických ohledech odlišovala od povodně z roku 1997. Při této povodni bylo jistě využito určitých poznatků, poučení a zkušeností z července 1997. Proto nebyl počet obětí na životech vysoký jako při povodních v 97. Povodeň z tohoto roku ohrozila a zasáhla i hlavní město Prahu.

Rozvoj povodně v Praze se vyvíjel díky souběhu povodňové vlny na odtoku z kaskády na Vltavě a povodňové vlny na Berounce. Kulminace Vltavy v Praze nastala 12. 8. . Na dolním Labi povodeň kulminovala 16. 8. (Čamrová, 2006).

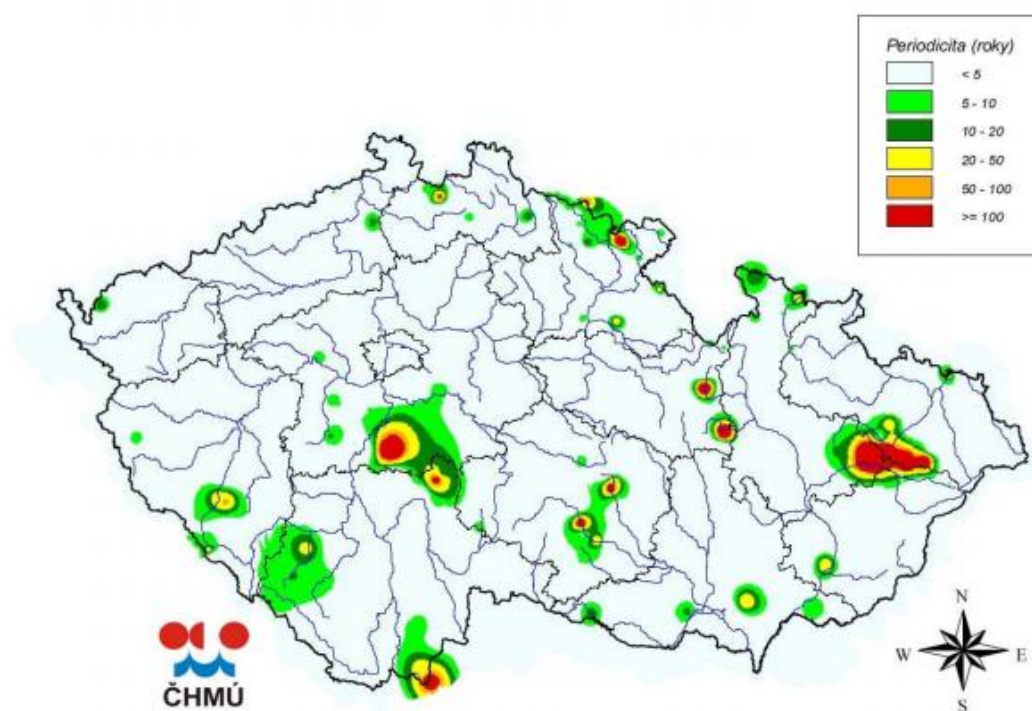
**Obr. 6 - Mapa úhrnů srážek za období od 11. do 13. srpna 2002**

([https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/B6D9A32B97767AC7C1256FC5003B9AFF/\\$file/POVO\\_DNOVA%20PUBLIKACE.PDF](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/B6D9A32B97767AC7C1256FC5003B9AFF/$file/POVO_DNOVA%20PUBLIKACE.PDF))



Třetí nejhorší katastrofou v novodobé historii České republiky se stala povodeň z roku **2009**. Oblast Novojičínska byla postižena nejvíce. Kalamity v tomto roce měly regionální charakter, tentokrát se živly střídaly. V den 23. června udeřily největší záplavy po nichž obyvatelé České republiky celé léto řešili škody, které způsobily vichřice, krupobití, přívalové deště, pády stromů.

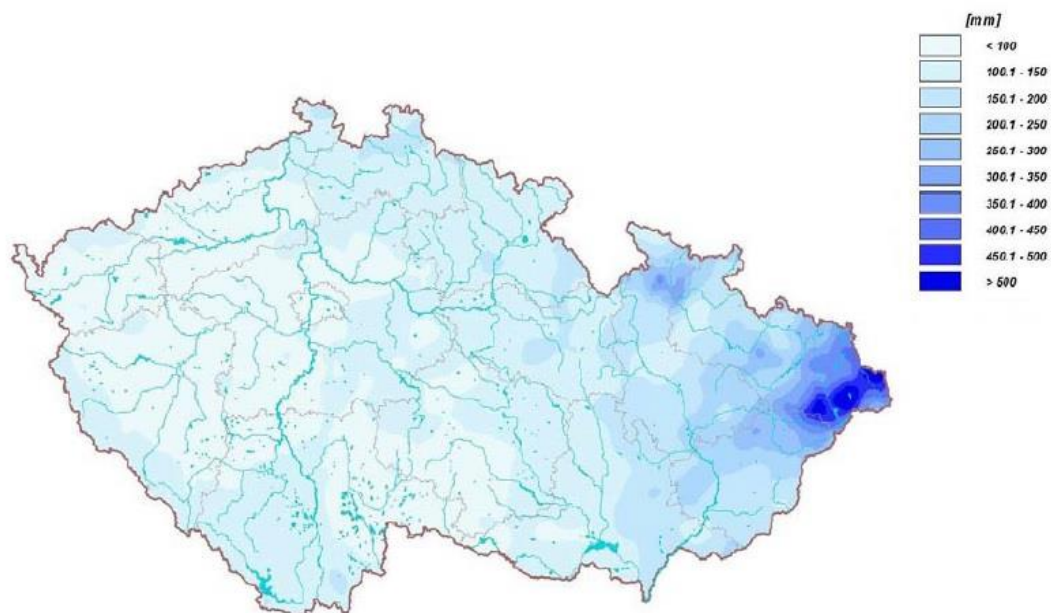
**Obr. 7 - Doba opakování maximálních zaznamenaných tříhodinových úhrnů srážek v období 20. 6. 2009 až 6. 7. 2009.** (<http://voda.chmi.cz/pov09/doc/01.pdf>)



I v roce **2010** vstoupily do života občanů České republiky přírodní živly. Tentokrát to bylo hned čtyřikrát v obrovském rozsahu. Nyní se na škodách podílely nejen povodně, ale i tíha sněhu a krupobití. Povodně v květnu byly zapříčiněny dlouhotrvajícím vydatným deštěm. Nejpostiženější oblasti byli okresy Karviná, Frýdek-Místek a Přerov. V srpnu se povodně opakovaly znovu. Silné dešťové srážky naplnily vodní toky a přemočená zem, louky a pole přívalové deště nedokázaly vsáknout. Na Ústecku a Liberecku zasáhla destruktivní silou takzvaná „blesková povodeň“. Pro tyto povodně bylo specifické to, že se voda rozlila do míst, kde ji nepamatovali ani starousedlíci. Kromě toho se takto obrovské povodně v severních Čechách nevyskytly přes padesát let (Kozák, 2007).

**Obr. 8 - Měsíční úhrn srážek na území ČR v květnu 2010**

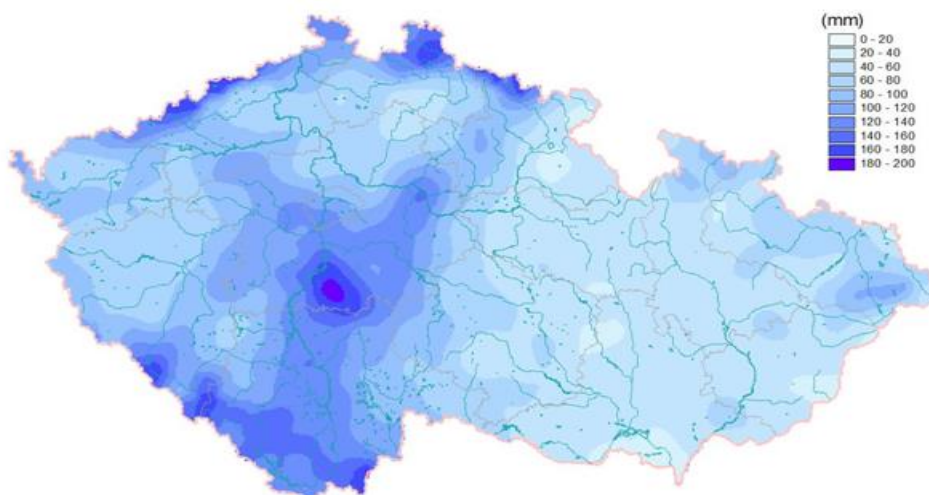
([http://voda.chmi.cz/pov10/pdf/vuv\\_szpr.pdf](http://voda.chmi.cz/pov10/pdf/vuv_szpr.pdf))



Příčinou povodní v roce **2013** byla tlaková níže, která se vyskytla nad střední Evropou. V důsledku této tlakové níže byl měsíc květen neobvykle bohatý na srážky a to způsobilo abnormální přesycení půdy a zvednutí průtoků toků v oblasti Čech. Srážky zapříčinily rychlé zvýšení přítoků střední Vltavy a další toky Středočeské pahorkatiny (Mastník, Brzina, Smutná, Blanice). Zásadně ovlivněno bylo území mezi Plzní a Prahou na povodí dolní Berounky a přítoky dolní Vltavy. Vývoj povodně byl na některých místech ovlivněn přelitím nebo protržením rybníků či protržením ochranných hrází. V této první vlně dosahovaly potoky a řeky na hodně místech úrovně 20 až 50leté povodně, někde i 100leté. Byla zasažena tyto velká města Ústí nad Labem, Děčín, Praha, Plzeň a České Budějovice, ale i spousta malých obcí. V období od 24. 6. nastala po delších srážkách další odtoková vlna, která postihla hlavně Krkonoše, Jizerské hory a území Českomoravské vrchoviny. Ta už se ale neprojevila už v takové míře jako ta první.

### Obr. 9 - Úhrn srážek na území ČR za období 29. 5. až 5. 6. 2013

[http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/news\\_130627\\_usneseni\\_povodnove\\_komise/\\$FILE/OTM\\_CHMU\\_20130627.pdf](http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_130627_usneseni_povodnove_komise/$FILE/OTM_CHMU_20130627.pdf)



#### 4.5 Monitoring povodní

Pro zlepšení ochrany před povodněmi, je podstatné mít včas veškeré dostupné aktuální informace. V České republice jsou zákonem dány dvě instituce – Předpovědní povodňová služba a Hlásná povodňová služba.

Předpovědní povodňovou službou v České republice je Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) společně se správci významných toků. ČHMÚ provozuje hydrologické předpovědní systémy a od roku 2002 soustavně vydává modelové předpovědi průtoků pro vybraný vodoměrný profil. Nejvýznamnější úlohou předpovědní povodňové služby je signalizace nástupu blížící se povodně.

V případě nebezpečí zajišťuje informace pro povodňové orgány hlásná služba. Svou činnost zahajuje při zvýšení vodních průtoků nebo stavů v hlásných profilech nebo na základě výstrahy vydané ČHMÚ. Tuto činnost zajišťují povodňové orgány obcí s rozšířenou působností a orgány obcí. Zajišťují hlídkovou službu v případě potřeby.

Opatřením k předcházení a zvládnutí povodňového rizika v ohroženém území se rozumí činnost pro ochranu před povodněmi. Je zajištěna systematickou prevencí a operativním opatřením. Operativní opatření jsou zajišťována díky povodňovým plánům a při vyhlášení stavu krize podle krizových plánů.

#### 4.5.1 Stupně povodňové aktivity

Stupně povodňové aktivity (dále jen „SPA“) se používají pro vyjádření stavu toků a míry ohroženosti. Jsou vázány na vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na tocích. Rozhodující stavy pro vyhlášení SPA jsou uvedeny v povodňových plánech a společně s nimi schvalovány povodňovými orgány. 1. SPA začíná při získání určitého stavu a při jeho pomnutí končí. 2. a 3. SPA vyhláší a odvolávají povodňové orgány. Tyto orgány mohou vyhlásit stupně povodňové aktivity i z jiných důvodů, a to např. na základě výstrahy Českého hydrometeorologického ústavu jako služby povodňové předpovědi (dále jen „ČHMÚ“) nebo doporučení správců povodí.

##### 1. SPA – „bdělost“

Tento stav je vyhlášen v případě, kdy nebezpečí vzniku přirozené povodně, kterou ohlásí předpovědní povodňová služba nebo při zjištění mimořádných událostí, které by vedly ke vzniku zvláštní povodně. Při této situaci se věnuje zvýšená pozornost vodním tokům. V pohotovosti je povodňová komise a hlásná povodňová služba společně se službou hlídkovou zahajují svou činnost.

##### 2. SPA – „pohotovost“

K vyhlášení dochází v době, kdy se případné nebezpečí povodně začíná stávat skutečností. K rozlivu vody ještě nedochází, drží se ve svém korytě. Nebo při mimořádném vypouštění vody z vodního díla, při kterém bude tohoto stupně dosaženo. Během tohoto stavu je již aktivována povodňová komise, jsou vyrozuměni všichni ostatní účastníci, kteří se podílí na ochraně před povodněmi. Současně se uvádějí do provozu všechny prostředky, které zabezpečují práce a provádí preventivní opatření, která by měla zmírnit následky povodně. Řeky jsou trvale sledovány, dochází k varování obyvatel a zjišťují se ubytovací a dopravní kapacity pro případy evakuace.

##### 3. SPA – „ohrožení“

Tento stupeň je vyhlášen v případě, že povodně již představují přímé nebezpečí pro život obyvatel. Dochází k velkým škodám na majetku, nebo pokud hrozí protržení hráze. Provádí se hlavní záchranné a bezpečnostní práce, popřípadě evakuace.

## **4.6 Ochrana proti povodním**

Podle Daňhela (2006) je možné utvářet určitá protipovodňová opatření technického rázu. Jedná se například o rekultivaci řek, čištění koryt řek, stavba protipovodňových hrází a násypů, protažení nových kanálů, které umožňují lepší odtok a mezi posledními uvádí průběžnou kontrolu stavu hladiny řek.

Povodně existovaly vždy a je potřeba s nimi počítat i do budoucna. Z každé povodně, která se vyskytne je potřeba se poučit a rozšířit si poznatky, jak se před škodlivými důsledky těchto pohrom chránit a snažit se o zmírnění způsobených škod.

## **5 Charakteristika krupobití**

### **5.1 Z čeho vzniká krupobití**

#### **5.1.1 Konvekční bouře**

Obecným termínem konvekční bouře je označení souboru konvekčních jevů a procesů, probíhajících při vzniku vertikálně mohutných, konvekčních srážkových oblaků – Cumulonimbus. Vzniklé jevy se projevují jako vítr (tornádo, silný nárazový vítr), srážky (kroupy, přívalový déšť), blesky. V rámci celého světa ani v Evropě nebyla určena kritéria definující meze mezi silnými a slabými bouřemi. Kvalitativní charakteristika nebezpečné nebo silné bouře je založena bez kvantitativní definice (Řezáčová et al., 2007).

Meischner et al., (2004) uvádějí, že konvekční bouře jsou složeny z mnoha různých forem. Počínaje izolovanou bouří, která je tvořena jedinou konvekční buňkou (jediný vzestupný proud) a konče konvekčním systémem, který je tvořen souborem multicel a supercel. Typ bouře je dán určitými podmínkami a to především instabilitou prostředí a vertikálním stříhem větru.



## **Typy konvekčních bouří**

### **Jednoduchá cela**

Jednoduchá cela je charakterizována jako hustý, mohutný oblak objemného rozsahu. V našich zeměpisných šířkách obsahuje téměř vždy ledové částice. Ve vrchní části oblaku se častokrát rozprostírá do formy kovadliny. Struktura oblaku jednoduché cely bývá tvořena proudem vzestupným a poté proudem sestupným. Vzestupný proud může být složen z mnoha proudů a jeho výstupná rychlost se s časem mění. Při zesílení mohou vzestupné proudy překročit nulovou izotermu a tím vzniknou ideální podmínky pro narůstání ledových částic. Menší ledové částice jsou vynášeny nahoru a do stran a utváří tak kovadlinu, větší pak tvoří srážky.

### **Multicela**

Multicelu tvoří mnoho buněk v různém vývojovém stádiu. Životnost jednotlivých buněk je identická s celou jednoduchou. Jako celek může multicela přetrvávat i několik hodin. Mladé buňky se vyznačují vzestupným dynamickým proudem a rychlým růstem hydrometeorů. Zralé buňky jsou tvořeny mimo vzestupného proudu také proudem sestupným se kterým souvisí i vypadávání srážek. Buňky, které se pomalu rozpadávají mají pouze proud sestupný a padání srážek doznívá. Krupky, které vypadávají ze zvětšujících se mladých buněk mohou být opět vtaženy do centra bouře, kde se dostávají do hlavního vzestupného proudu bouře a mohou znovu stoupat. Krupky se mohou dostat do oblastí s vysokým obsahem kapalné vody v hlavním vzestupném proudu a rostou do větších rozměrů. Tyto kroupy poté rychle padají k zemi.

### **Supercela**

Posledním silnějším a vzácnějším typem konvekční bouře je supercela, vznikající za vhodných podmínek. Tyto bouře produkují ničivá tornáda, nebezpečné kroupy a silný déšť. Je tvořena jediným obřím párem vzestupného a sestupného proudu. Supercela má životnost od 2 do 6 hodin. Radikálně velmi vzestupný proud, jehož rychlost překračuje někdy i 40 m/s, napomáhá růstu velkých krup. V supercele oblast vzestupného proudu rotuje.

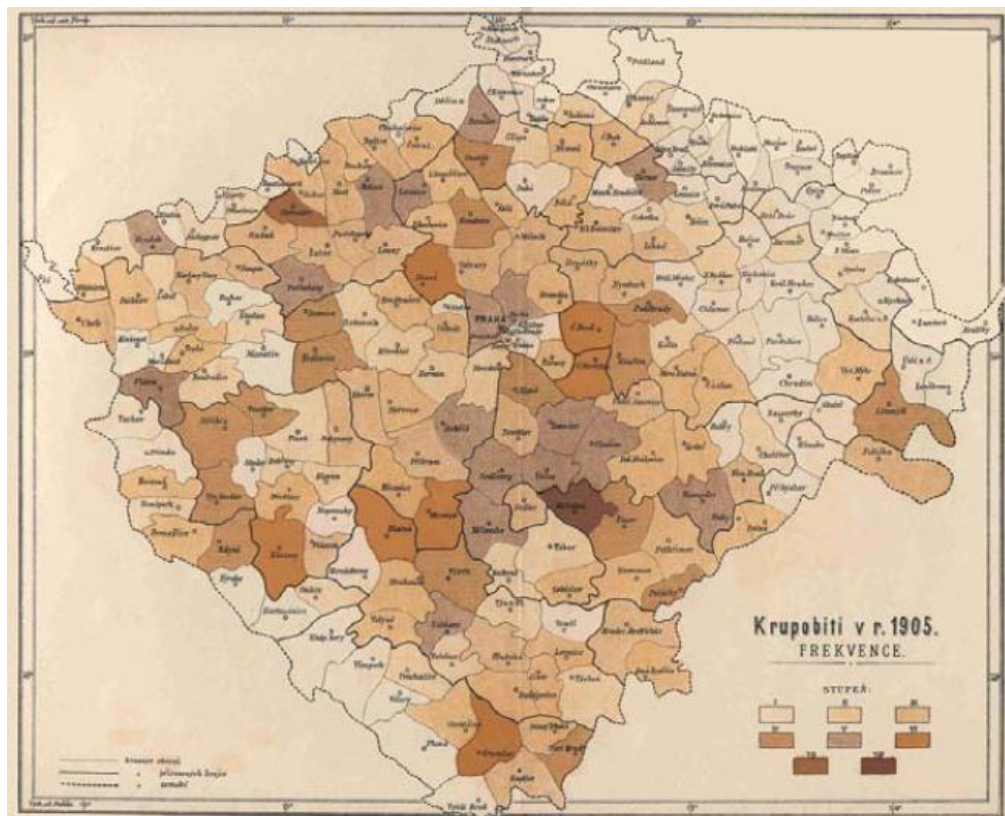
### 5.1.2 Kroupotvorné bouře

Mezi bouřemi produkující kroupy a bouřemi bez krup není zřetelný rozdíl. V mnoha silných konvekčních bouřích s největší pravděpodobností kroupy vznikají, ale často roztají dříve, než dopadnou na zemský povrch (Knight a Knight, 2001).

Bělohav (1906) uvádí, že výskyt krupobití je ve vzájemném vztahu k bouřkám. Hlavním závěrem je to, že krupobití je téměř bez výjimky spojeno s bouřkou, ovšem toto tvrzení neplatí opačně, protože zdaleka ne každá bouřka je doprovázena krupobitím.

Analýza počtu bouřek připadajících na jedno krupobití ukázala, že největší pravděpodobnost skutečnosti, že bouřka bude spojena s krupobitím, je v chladnějším období roku. Zatímco v dubnu připadalo krupobití asi na každou čtvrtou bouřku, v červenci je to již každá patnáctá a v srpnu dokonce každá sedmnáctá zaznamenaná bouřka. Tento fakt je vysvětlován tím, že v letním období kroupy často při pádu horkým vzduchem roztají dříve, než dosáhnou zemského povrchu.

**Obr. 10 - Četnost výskytu krupobití v Čechách v roce 1905 (Bělohav, 1906)**

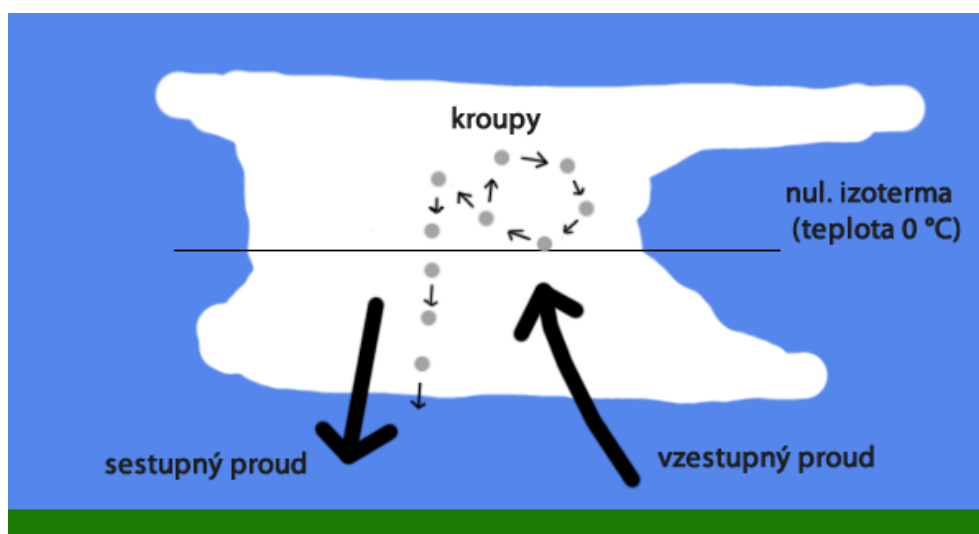


Podle Nelsona (1987) je faktorem vzniku krup masivní vzestupný proud. Ten umožňuje vzniku velkých krup. Velikost krup vypadávající z oblak může být pouze hrubým odhadem síly vzestupného proudu. Obvykle příliš vysoké rychlosti jako 40 m/s a více neumožňují kroupám dostatečně narůst. Bouře produkující významné krupobíjí jsou ty s rozlehlými oblastmi vzestupných proudů střední rychlosti (20-40 m/s).

Dále je potřeba, aby se zárodky krup dostaly do oblastí s přechlazenou vodou. Toto narůstání je ovlivněno trajektorií pohybu narůstajících krup. Informace o složitém časoprostorovém rozložení vlastností oblaků určující vývoj krup, získáváme pouze nepřímo. Vývoj krup sledují studie, které míří na řešení dvou základních otázek: (1) Jaká je struktura bouře, která zajišťuje původ kroupových zárodků a jejich dopravu do míst, kde se mohou nadále zvětšovat a (2) jaké jsou trajektorie krup v bouřích, které umožňují narůstání krup do větších velikostí? (Řezáčová et al., 2007)

### Obr. 11 - Vznik krup v oblacích

(<https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/obrazky/kroupy-vznik.png>)



Pravděpodobným zdrojem kroupových zárodků jsou v případě multicelárních bouří menší cely nacházející se obvykle ve směru proti větru (relativně k bouři) do hlavního vzestupného proudu. Takový zdroj zárodků může být velice blízko hlavnímu, tedy nejsilnějšímu, vzestupnému proudu nebo se může nacházet ve vzdálenosti 10 – 20 km i více. Další možná oblast vzniku zárodků je na okraji hlavního vzestupného proudu. Zárodky také vznikají odstřikováním z mokřých krup. Takové zárodky by se měly nazývat sekundární, protože pro jejich vznik je již nutná existence krup v oblaku, ostatní zárodky jsou primární

(Knight a Knight, 2001). Zdroje těchto zárodků mohou pracovat v bouři současně. Po vniknutí do silného vzestupného proudu nadále narůstají.

Mikrofyzikální procesy a dynamika bouře spolupůsobí v bouřích produkujících krupobití. Tyto dvě hlediska jsou obvykle pro zjednodušení oddělovány a je pozoruhodné, že dva důležité cíle výzkumů, které se týkají krupobití, tedy potlačování a předpověď krupobití, mají jiný základ. Předpověď krupobití je založeno na predikci vlastností bouře, jako jsou vzestupné proudy a v případě velmi krátkodobé prognózy na měřítku radarového odrazu. Kdežto potlačování krup je založeno na mikrofyzikálním zásahu, jakým je umělá infekce oblaků (Knight a Knight, 2001).

## 5.2 Vývoj krup

Kroupy jsou jedním z druhů atmosférických srážek. V Meteorologickém slovníku (1993) jsou kroupy definovány jako kulové, kuželovité nebo i nepravidelné kusy ledu o průměru 5 až 50 mm, někdy i větší, které mohou vznikat v bouřích v oblacích druhu cumulonimbus s velkou vertikální mohutností a rychlostí výstupného proudu.

Podmínkou pro vývoj krup je vznik zárodků krup rostoucích za vhodných podmínek zachycováním a namrzáním kapek přechlazené vody, které do oblasti vývoje krup dopravuje výstupný proud. Na řezu velkými kroupami mohou být zřetelně patrné vrstvy ledu o různé koncentraci vzduchových bublin. Jsou výsledkem vlivu tepelné bilance rostoucí kroupy na průběh namrzání zachycených přechlazených kapek.

**Obr. 12 - Řez kroupou** (<http://www.grotonweather.com/severe.php>)



Většina krup padající k zemi má velikost několika centimetrů. Na území České republiky při každoročním zaznamenávání mají kroupy obvykle průměr kolem 1 až 2 cm. Při výskytu lokálních krupobití mohou padat kroupy o průměru 4 cm.

Při růstu kroupy zápasí o oblačnou vodu, a proto s velikostí krup klesá jejich koncentrace. Extrémní kroupy bývají velice řídké. Daleko důležitější jsou kroupy o středních velikostech, které mohou být příčinou masivních škod na majetku a zemědělské úrodě (Řezáčová et al., 2007).

Prvním stupněm tvorby kroupy je vytvoření ledového zárodku. Musí být přijatelně velký, aby mohl dále sbírat kapky přehlazené vody. Zárodek může být velká zmrzlá kapka vody, vzniklá splýváním disperzních částic (koalescencí). Nebo může vzniknout tak, že vznikne oblačná kapka, která zmrzne a dále roste do sněhového krystalu. Poté začne sbírat přechlazené vodní kapky a tím vznikne krupka, která tvoří kroupový zárodek. Tyto dva procesy vedoucí k vzniku zárodku trvají přibližně 20 až 30 minut. Vznik zárodku většinou probíhá v odlišných dynamických podmínkách, než případný růst kroupy. Pro vývoj kroupy je zapotřebí silný vzestupný proud, ale ten by pro zárodek byl moc velký a odnesl by jej pohotově do kovádliny bouře. Tedy hodně vysoko.

Jsou popisovány dva typy vývoje krup. Takzvaný suchý růst a mokrý/vlhký růst.

Při suchém růstu kapky ihned namrzají a povrchová teplota kroupy se pohybuje pod 0°C. Vznikne led s mnoha zachycenými vzduchovými bublinami. Při odrazu světla se tyto vrstvy tváří jako bílé. Při prozkoumávání řezů těchto krup jsou tyto části naopak tmavé.

Druhým růstovým režimem je mokrý/vlhký růst. Během něj je zachycování vody rychlejší než transport tepla. Kroupy se obalují kapalnou vodou, která poté zmrzne. Na kroupu tedy přirůstá čirý led s malým množstvím bublin. V laboratorních pokusech bylo pozorováno, že při zatažení většího množství kapalné vody dovnitř kroupy vzniká tzv. houbovitý led. Po zmrznutí takovéto houbovité kroupy vznikají ve struktuře ledu odlišné vzduchové bubliny. Při zkoumání krup z různých krupobití se potvrdil výskyt houbovitého ledu i v přírodě, ale jen vzácně (Knight a Knight, 2005).

Kroupy mají významnou vlastnost a to vysokou pádovou rychlost, která je způsobena jejich velkou hmotností. Díky ničivému potenciálu krup a taktéž jako ukazatel tempa vzestupného proudu jsou důležité pádové rychlosti krup (Pruppacher a Klett, 1997).

Řezáčová et al., (2007) uvádějí, že uvnitř konvekční bouře, v níž se kroupy tvoří a rostou, musí tedy existovat srovnatelné vzestupné rychlosti. Studie ukazují, že kroupy i krupky během pádu kmitají a převalují se. Tyto nepravidelnosti jsou vyvolány tvarem a často

nesymetrickým rozložením hmotnosti krup na jedné straně, přispívají však i k nerovnoměrnému zachycování přechlazené vody a mrznutí na povrchu kroupy na straně druhé.

### **5.3 Krupobití**

Krupobití je děj, který vzniká intenzivní meteorologickou srážkou krup. Obvykle se vyskytuje při odpolední letní bouřce. Přestože zasahuje zpravidla pouze omezenou oblast a trvá několik minut, výjimečně i půl hodiny, dokáže vytvořit v parném létě zdání zimní krajiny a způsobit významné škody. Katastrofické následky může mít krupobití pro zemědělce. Dochází k poškození plodin, poranění i zabití hospodářských i domácích zvířat a poničení staveb.

Podle meteorologického slovníku je pojem krupobití definován jako srážka tvořená kroupami. Krupobití patří k nebezpečným jevům, které se mohou vyskytnout při konvekčních bouřkách. Trvá zpravidla jen několik minut, výjimečně i půl hodiny, a zasahuje obvykle jen omezenou oblast. Vyskytuje se převážně v teplé roční době v odpoledních hodinách. Někdy má charakter živelních pohrom, zvláště při značné hustotě a velikosti krup a v případě, že je zasažena rozsáhlejší oblast hlavně před sklizní. K včasné identifikaci krupobití slouží meteorologické radiolokátory. Vzhledem k malému měřítku a složitosti procesů, při nichž dochází k vývoji krup, není dostatečně prostorově a časově lokalizovaná předpověď krupobití zatím možná.

Krupobití je považováno za složitý děj. Pro jeho vytvoření je zapotřebí spousta specifických podmínek. Lze je stanovit na základě několika nejzákladnějších odhadů vzniku krupobití dle globální klimatologie. Nejde však s jistotou vždy říci, že tam kde ideální podmínky jsou, se musí vždy objevit bouře s krupobitím. Jde spíš o stanovení míst, kde s největší pravděpodobností krupobití vznikne.

#### **5.3.1 Faktory ovlivňující krupobití**

Tolasz et al., (2007) analyzují prostorovou a časovou variabilitu bouřek, atmosférických srážek a mlh, krupobití. Zmiňují také konfiguraci terénu jako ovlivňujícího prvku vzniku a pohybu bouřek v České republice. Z tohoto důvodu jsou průměrné nejvyšší roční množství dnů s bouřkou vázány na oblasti horské (Vysočina, pohraniční hory). Reliéf

(návětrné a závětrné efekty hor) a nadmořská výška nejvíce ovlivňuje prostorovou diferenciaci bouřek.

Faktory ovlivňující krupobití jsou: zeměpisná šířka, kontinentalita, nadmořská výška, orografické zvedání a atmosférická cirkulace

### **5.3.1.1 Zeměpisná šířka**

Ta má pro vznik krupobití velký vliv. Největší množství se vyskytuje ve středních zeměpisných šířkách. V tropech je naopak tento jev častý méně, i přes to, že se v této oblasti vyskytuje více bouří, než v zeměpisných šířkách středních. V oblastech tropických je teplejší atmosféra ve vyšších výškách oproti oblasti střední zeměpisné šířky, tudíž jeho vznik neumožňuje. Zde se krupobití objevuje převážně ve vysokých nadmořských výškách, kde je vzduch chladnější.

### **5.3.1.2 Kontinentalita**

Kontinentalita daného území má obrovský vliv na frekvenci a množství krupobití. Pro vytváření krup má společně s kontinentalitou vliv také hladina mrznutí. Dochází k nasunutí suchého vzduchu do bouřkového oblaku. To způsobuje snížení hladiny mrznutí a tím k formování velkých krup o postačující hmotnosti tudíž nedojde tak k rozmrznutí a vypadává z bouřkového oblaku k povrchu.

### **5.3.1.3 Nadmořská výška**

Nadmořská výška je typickou podmínkou, která nezvyšuje sama o sobě riziko vzniku krupobití. Tento faktor má vliv na již vzniklé kroupy. Při vyšší nadmořské výšce klesá příležitost, že již vzniklá kroupa při padání z mraků roztaje cestou k zemi. Pokud je oblačnost moc vysoko nad zemí, začne vytvořená kroupa, která padá směrem k zemi tát a na povrchu jí vnímáme už jen jako dešťovou kapku.

Kessler (1992) uvádí, že jsou pozorovány větší početnosti jakéhokoliv krupobití v horských oblastech. Bez ohledu na velikost krup. Maximální početnost krupobití je častá v závětrných sušších oblastech vysokých pohoří.

#### **5.3.1.4 Orografické zvedání**

Jestliže při větru v cestě stojí např. hory, může se stát, že na návětrné straně dochází ke vzniku nebo zvýšení intenzity krupobití. Nejčastější výskyt orografického zvedání je objevuje u velkých pohoří, tudíž můžeme obecně říci, že se velmi často krupobití objevuje u pohoří.

#### **5.3.1.5 Atmosférická cirkulace**

Jde o specifickou situaci v cirkulaci atmosféry, která vede k počátku krupobití. Podle místa vzniku se liší podmínky pro vznik tohoto jevu.

### **5.3.2 Časový a prostorový rozsah krupobití**

Charakterem krupobití je prostorově a časově omezená událost. Plocha zasažená kroupami má průměrně pár desítek kilometrů čtverečních. Souvisle zasažená plocha kroupami je označována jako kroupový pruh. Týká se oblasti, která je ovlivněna jednou bouřkovou buňkou.

Mikeladzová (2009) potvrzuje, že krupobití má prostorově omezený charakter. V letech 1991 – 2007 se zabírala pozorováním krupobití v Brně, kde se měřilo na všech pěti stanicích současně. Neobjevily se zde krupobití, které by byli zaznamenány na všech pěti stanicích ba dokonce ani na čtyřech z pěti stanic.

### **5.3.3 Časová a prostorová variabilita krupobití**

V letním období se kroupy vyskytují nejvíce. Je to dáno úzkým vztahem k bouřkové situaci. Bouřky jsou občas doprovázeny jevy, jako jsou například kroupy. Během zimního období je při pozorování krup riziko záměny za námrazové krupky nebo jiné rozdílné formy ledu.

V minulosti se v zimním období výskyt těchto jevů příliš nezkoumal, avšak dnes se četností výskytu nebezpečných jevů v zimním období již některé práce zabývají (např. Racko, Simon, 2002).



Zmíníme-li celosvětové rozložení množství krupobití, tak kromě Antarktidy nalezneme na všech kontinentech oblasti, kde jsou krupobití časté (Gokhale, 1975).

Krupobití se nejčastěji vyskytuje v kontinentálních oblastech středních zeměpisných šířek a směrem k rovníku a pólům klesá. Malou část zemského povrchu pokrývají oblasti s každoročním bodovým množstvím od 3 do 10 událostí. Některé z nich se objevují v hlavních zemědělských oblastech. Síla a četnosti krupobití mnohdy výrazně ovlivňuje zemědělskou produkci (Kessler, 1992).

#### 5.4 Analýzy krupobití

Z metodologického hlediska je slovo analýza používána ve smyslu metod k získávání nových poznatků, nebo ve smyslu metody výkladu poznatků.

Všichni autoři uvedeni v této kapitole mají odlišný přístup při analýzách konkrétních bouřek, ale podstata vzniku základních vlastností a tvorby bouřek zůstávají stejné i v odlišných časových obdobích.

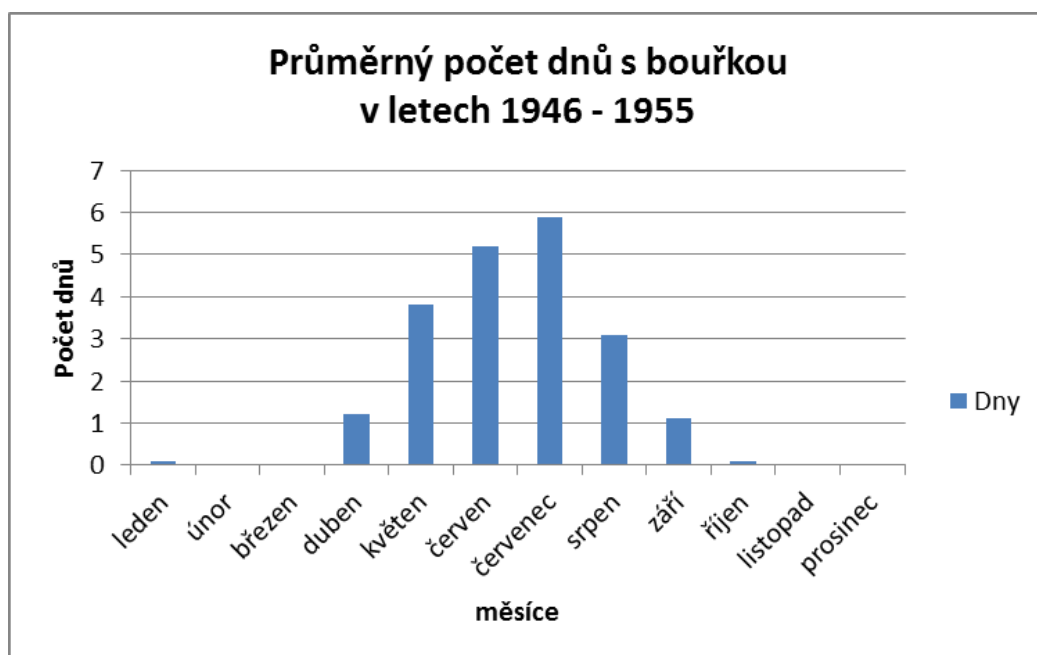
Regionální výskyty ničivých bouřek, krupobití v České republice a v zahraničí se zabývá velké množství prací. V těchto pracích je zpravidla popisována synoptická situace určitého dne, vyhodnocují množství spadlých srážek (i ve formě krup), pátrají po příčinách vzniku bouřky a posuzují dopady určitého jevu.

V období 1946-1955 byly v Tabulkách (1961) publikovány průměrné množství dnů s bouřkou v Brně. Největší množství bouřek v tomto období se vyskytují v měsíci červenec, červen a květen. V únoru, březnu, listopadu a prosinci v Brně nebyla zaregistrována žádná bouřka. V jednom roce je udáván průměrný počet bouřek 20,5.

**Tab. 1 Průměrný počet dnů s bouřkou (Db) v Brně v období 1946-1955 (Tabulky, 1961)**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Db	0,1	-	-	1,2	3,8	5,2	5,9	3,1	1,1	0,1	-	-	20,5

**Graf 1 - Průměrný počet dnů s bouřkou v letech 1946 – 1955**



Na území ČSSR v období 1946-1955 jsou obecné charakteristiky bouřkových jevů uvedeny v Podnebí ČSSR. Bouřky byly rozčleněny na dva typy, a to na frontální bouřky a místní bouřky. Tyto dva typy bouřek jsou ovlivněny rychlostí postupu přes určité území, bouřky frontální trvají déle (2 až 3 hodiny) než bouřky místní (15 až 30 minut). Průměrná střední hodnota trvání bouřky byla propočítána na 1,2-1,5 hodiny. Od května do srpna se vyskytlo 80 – 90 % bouřek. Zřídka se bouřkové jevy objevují v zimních měsících.

V období 1946 – 1965 v Brně měřilo několik stanic, bohužel nevedli, zda jde o data pouze z jedné stanice nebo jde o průměr z více stanic. Největší množství dnů s bouřkou a nejvíce hodin s bouřkou se objevuje v červenci (5,2 dne s bouřkou, 14,3 hodin s bouřkou). V celém zkoumaném období nebyl výskyt bouřky pozorován v měsících únor, listopad a v prosinci. V této publikaci nebyla nadmořská výška podrobněji zkoumána. Uvedli pouze, že se vyskytuje nejméně bouřek v nejnižších polohách. Změna výskytu bouřek jsou také ovlivněny polohou stanice vůči pohoří (závětrné a návětrné efekty hor).

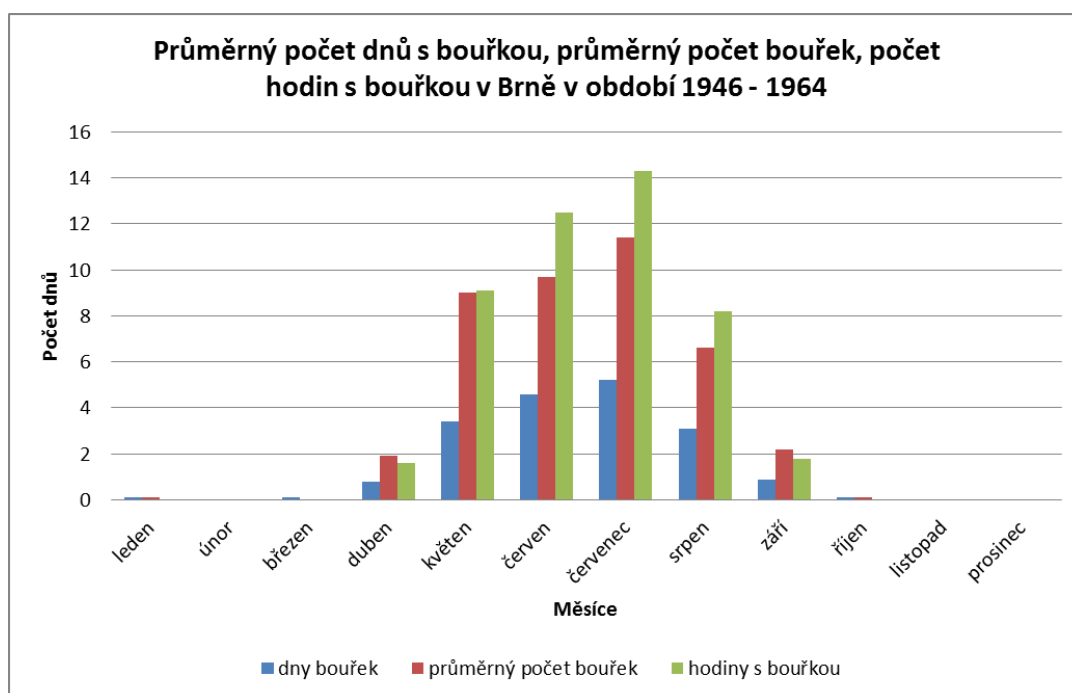
Největší množství bouřek v roce se objevuje v Čáslavi (průměrně 62,1 dnů s bouřkou za rok). Naopak v oblasti Slezska bylo zaznamenáno nejméně bouřek v roce (Opava průměrně 24,6 dnů s bouřkou za rok).

V těchto dvou publikacích jsou uvedeny konkrétní informace pro bouřky, ale data o krupobití v této lokalitě zde uvedeny nejsou (Souborná studie, 1969).

**Tab. 2 Průměrný počet dnů s bouřkou (DB), průměrný počet bouřek (BB) a průměrný počet hodin s bouřkou (HB) v Brně v období 1946-1965 (Souborná studie, 1969)**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Db	0,1	-	0,1	0,8	3,4	4,6	5,2	3,1	0,9	0,1	-	-	18,3
Bb	0,1	-	0,0	1,9	9,0	9,7	11,4	6,6	2,2	0,1	-	-	41,1
Hb	0,0	-	0,0	1,6	9,1	12,5	14,3	8,2	1,8	0,0	-	-	47,5

**Graf 2 – Průměrný počet dnů s bouřkou, průměrný počet bouřek, počet hodin s bouřkou v Brně v období 1946 – 1964**

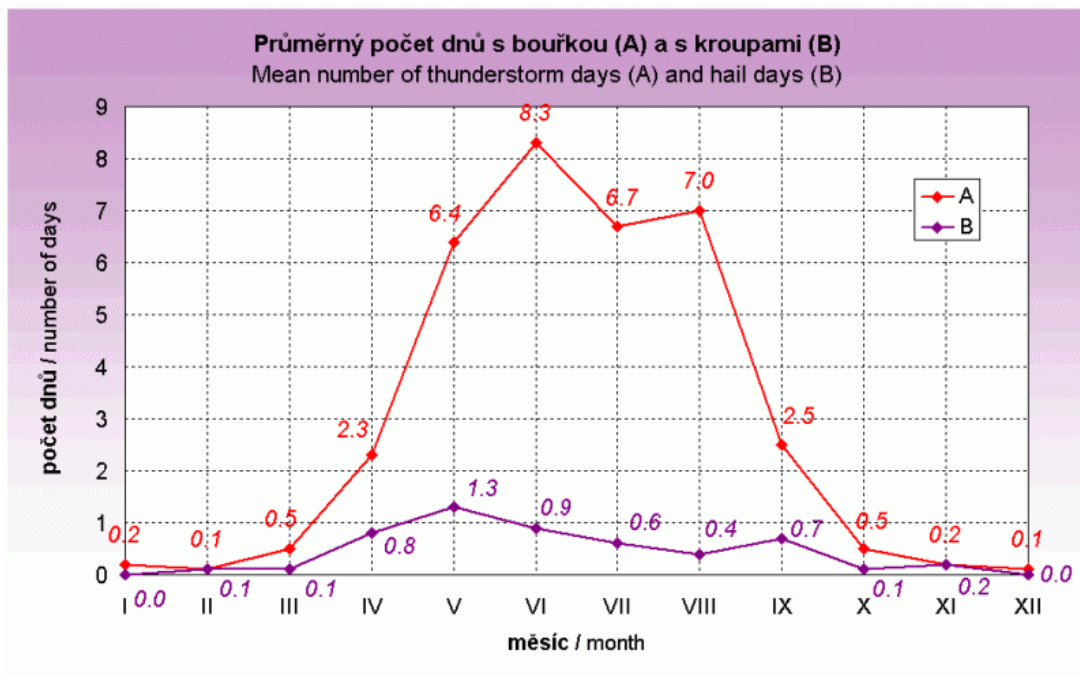


Červený et al., (1984) uvádějí zásadní informace o časové variabilitě bouřek a krupobití na území ČSSR. Tvrdí, že větší množství bouřek se vyskytuje v měsících červenec, květen, červen a v srpnu (seřazeno podle množství výskytu). Na území ČSSR je tvorba místních bouřek ovlivněna maximální teplotou vzduchu, tedy jejich nejčastější výskyt je mezi 14. – 16. hodinou. V odpoledních až nočních hodinách jsou zaznamenány frontální bouřky. Během dubna se vyskytuje mnohou bouřek také mezi 20. – 22. hodinou. Mezi 8. – 9. hodinou je v denním chodu absolutní minimum výskytu bouřek. Maximální výskyt krupobití v období 1951-1970 je v květnu, červnu a červenci. Více jak 95% krupobití je sledováno ve vegetačním

období. V období 1951-1960 je pozorováno nejvíce krupobití v červnu a v květnu během období 1961-1970. Kroupy se mohou vyskytovat kdykoliv během dne, nejčastěji to však bývá mezi 11. – 20. hodinou. S přechodem fronty je spojeno 58% krupobití a 40% krupobití vzniká ve vzduchové hmotě.

Brázdil, Štekl et al., (1999) zpracovali analýzu bouřek na Milešovce v období 1961-1990. Vykreslili roční chody a vypočítali základní statistické charakteristiky jednotlivých bouřkových jevů (vzdálená, blízká, blýskavice, hřmění, blýskavice). Zpracovali analýzu nejmenší vzdálenosti bouřky od stanice, která je vyjádřena exponenciální křivkou poklesu množství výskytu bouřek s rostoucí vzdáleností od stanice. Množství bouřek v denním chodu jsou vyjádřeny jednoduchou vlnou s maximem v odpoledních hodinách. Pro trend byla zhotovena analýza s použitými informacemi o počtech dní s bouřkou, počtem vzdálených bouřek, počtem blízkých bouřek. Veškeré tyto charakteristiky v období 1946-1995 vykazovaly klesající lineární trend pro počet blízkých bouřek a pro všechny bouřky byly statisticky významné.

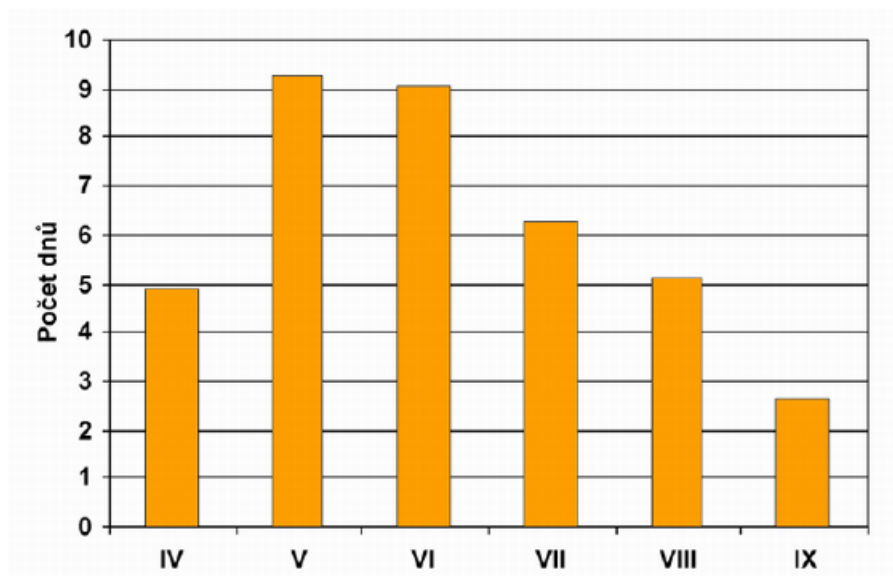
**Graf 3 - Roční chod počtu dní s bouřkou (A) a kroupami (B) na stanici Milešovka v období 1961-1990 (Brázdil, Štekl et al., 1999)**



Brázdil et al., (1998) studovali proměnlivost množství bouřek, krupobití a extrémních srážek v období 1946-1995 na vybraných stanicích Moravy. V analýze použili data z pěti stanic z jižní Moravy, kde byl velký důraz kladen na kvalitu dat, které byly z jedné stanice dobrovolné a čtyřech profesionálních. V tomto příspěvku jsou klasifikovány i nepříznivé dopady studovaných jevů na území jižní Moravy.

Díky časové analýze vyplynulo, že se krupobití vyskytuje z velké části v letním období od dubna do září. Na většině stanic je maximum v květnu. Při denním chodu je 86% krupobití zaregistrováno v rozmezí od 10. – 20. hodiny. Z těchto dat vytvořila Chromá geografické rozložení počtu dnů s krupobitím pro Moravu a Slezsko.

**Graf 4 - Průměrný počet dnů s krupobitím v měsících letního půlroku na Moravě a ve Slezsku v období 1961 – 2000 (Chromá, 2006)**

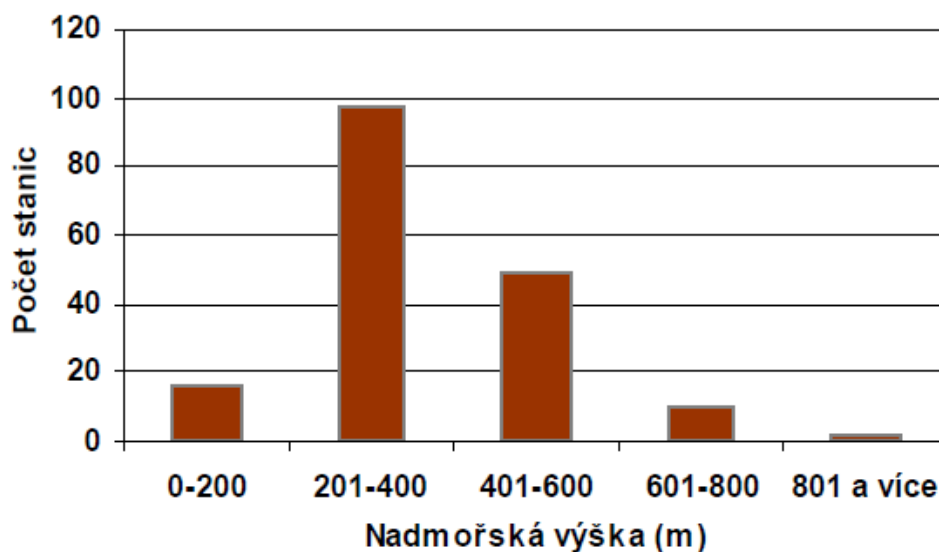


Objevila souvislost s počtem dnů s krupobitím a nadmořské výšce. V níže ležícím území je počet dnů s krupobitím nižší než v oblastech ležících výše. V letním půlroce se objevuje nejvíce dnů s krupobitím v nejvyšších partiích Moravy a Slezska. Když budeme konkrétní tak je to Praděd, Lysá hora a na Českomoravské vrchovině.

**Tab. 3 Rozložení 174 použitých meteorologických stanic ČHMÚ na území Moravy a Slezska podle nadmořské výšky (Chromá, 2006)**

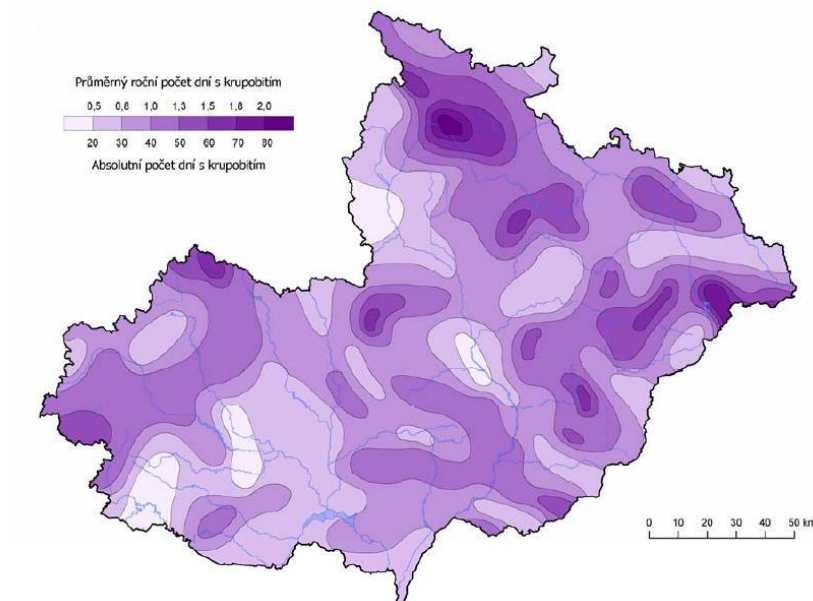
Nadmořská výška (m)	Počet stanic	
	absolutní	relativní (%)
0-200	16	9,2
201-400	97	55,7
401-600	49	28,2
601-800	10	5,7
801 a více	2	1,2

**Graf 5 - Rozložení 174 použitých meteorologických stanic ČHMÚ na území Moravy a Slezska podle nadmořské výšky (Chromá, 2006)**



Vytvořila mapu geografického rozložení množství výskytu krupobití na Moravě a ve Slezsku. Tuto mapu autorka nazývá jako mapu krupobitního rizika ale nebere v úvahu způsobené škody a sílu krupobití. Při tvoření této mapy autorka použila údaje z databáze ČHMÚ o krupobití k nimž, přidala vlastní poznatky, které pořídila vlastním pozorováním. Použila informace ze 174 měřících stanic.

**Obr. 18 - Geografické rozložení počtu dnů s krupobitím na Moravě a ve Slezsku v letním půlroce období 1961-2000 (Chromá, 2006)**

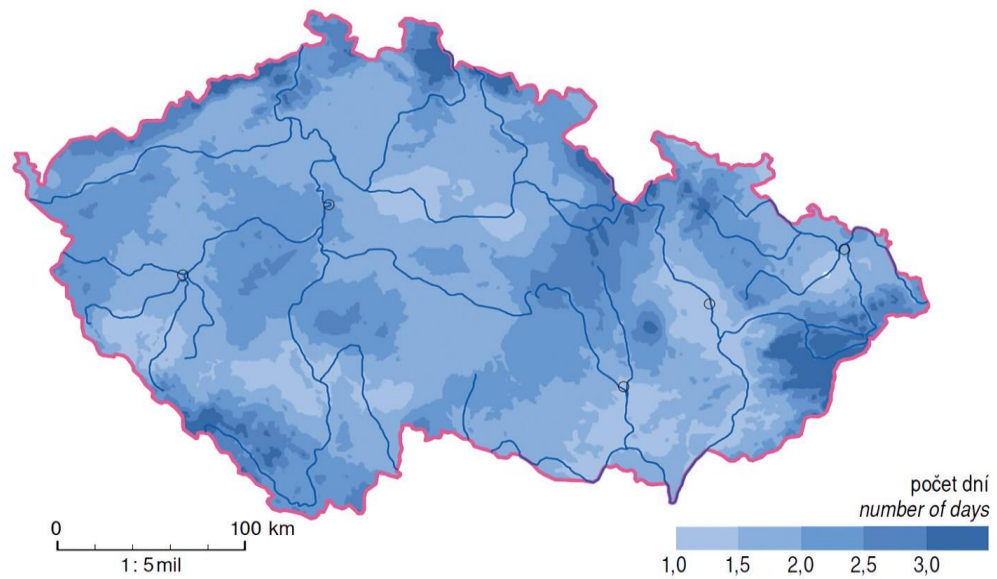


Uvádí také zjištění, že dochází ke snižování výskytu krupobití ve východním sektoru republiky v důsledku zvyšování teplot vzduchu v České republice (1961 – 1998) (Chromá, 2006).

Stejně jako Chromá (2006) tak i Sovadina (2002) pozoroval závislost nadmořské výšky a krupobití. Uvádí, že se nachází na území jižní Moravy méně krupobití, než na území s obdobnými klimatickými podmínkami v Čechách (Polabí).

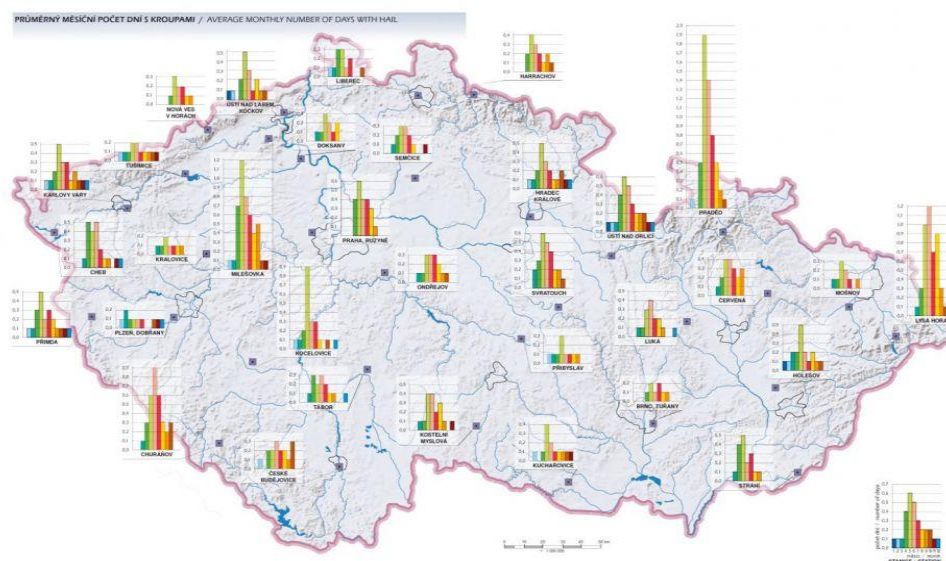
V publikaci Atlas podnebí Česka (2007) popisují Tolasz et al., krupobití na území České republiky. V období 1981 až 2000 je podle pozorování na meteorologických stanicích vytvořena mapa, která znázorňuje průměrné roční počty dnů s krupobitím. Počty dnů s kroupami se vyjadřuje pomocí hodnot 1-2,5. Z histogramů s měsíčními průměrnými počty dnů s kroupami je patrný roční chod krupobití. Nejvíce se maxima vyskytují v květnu a v červnu. V dubnu nebyly na žádné stanici překročeny průměry měsíčních počtů dnů s kroupami vyjádřená hodnotou 0,7. Pouze Praděd a Lysá hora v červnu překračují hodnotu 1. Nejvyšší naměřenou průměrnou měsíční hodnotu naměřili v květnu na Pradědu a to 1,9.

**Obr. 19 - Průměrný roční počet dní s kroupami (1981–2000) (Atlas podnebí Česka 2007)**



Jsou zde uváděny také měsíční průměrné dny s kroupami ve formě kartodiagramů vzhledem k 33 meteorologickým stanicím za období 1961-2000. Z těchto 33 uvedených stanic tady dosahuje nejnižší roční průměrný počet dnů s krupobitím Kralovice (0,6 dne) a nejvyšší Praděd (5,4 dne).

**Obr. 20 - Průměrný měsíční počet dní s kroupami (Atlas podnebí Česka 2007)**





## 5.5 Detekce krupobití

Odhalování krupobití se provádí pomocí různých zdrojů vycházejících z lidského pozorování a pomocí meteorologických radiolokátorů.

Metody s meteorologickými radiolokátory, kde jde o dálkovou detekci, používají určené hraniční hodnoty odrazivosti a odhalují kroupy. Díky dlouhodobého sledování těchto základních údajů odvozují místa, kde je zvýšené množství krupobití. Jako první se měří odrazivost, určující odvozené veličiny a k tomu se vezmou v potaz atmosférické podmínky, vzniká pravděpodobnost přítomnosti krupobití. Radiolokátory, zabývající se touto metodou se potýkají s problémem, že nedokáží rozeznat intenzivní dešťové srážky a krupobití.

- Radar s lineární polarizací – Waldvogelova metoda
  - VIL metoda
  - SWP algoritmus
  - Auerova metoda
  - Detekce dvěma vlnovými délkami

- Duální polarizační radar

Metoda povrchové detekce pomocí pozorování člověkem je přímo spjata s činností člověka, ať už odborníka nebo laika. Jednotlivé metody se odlišují v přesné interpretaci a v čase, kdy se získávají data o krupobití.

- Data z meteorologických stanic
- Pozorování obyvatel
- Data z médií
- Hailpads
- Pojistné události

Detekování krupobití radarem v důsledku prostorového a časového rozložení se ukázala meteorologicky odůvodněná. Lepší prostorové a časové rozlišení než jakékoliv pozemní pozorování umožňující radarové techniky (Saltikoff et al., 2010)

Během posledních pár let se většina autorů zabývá zkoumáním bouřek a krupobití díky moderních metod dálkového průzkumu Země. Využívají data pro své analýzy z družicových snímků, radarových odrazů, dálkové detekce blesků, numerických modelů. Zkoumání určitých případů a posuzování přesnosti předpovědi krupobití či přívalových dešťů pomáhá k přesné interpretaci dat z družic či radarových odrazů.

### **5.5.1 PROSTOROVĚ NEJROZSÁHLEJŠÍ KRUPOBITÍ**

#### **Krupobití 9. června 2009**

Území Česka se v tento den nacházelo na přední straně brázdy nad západní Evropou. V noci na 10. 6. předcházela studená fronta přes naše území. V blízkosti jedné vlny této fronty se před půlnocí vytvořila jižně od Znojma neobvyklá masivní bouřka. Pohybovala se k severovýchodu a projevila se formou lokálního větru, krupobitím (kroupy kolem 3 cm) a silným přivalovým deštěm právě na Znojemsku. Kolem 22 hodiny zasáhla například obce Derflice, Strachotice, Chvalovice. Podle informací sdělovacích prostředků dosahovala vrstva krup až 25 cm. Kroupy ničily omítky na domech, rozbíjely okna, strhaly listí ze stromů a zničily úrodu (Skripniková a Řezáčová, 2010)

#### **Krupobití 15. srpna 2010**

Přízemní tlaková níže se pohybovala směrem z jihovýchodního Německa do České republiky a poté dále do severovýchodního Německa. Během odpoledních hodin se na Sušicku utvořila masivní bouře s krupobitím. Z jižních Čech na sever se večer posunovala supercela, která po 21. hodině udeřila v Praze silným krupobitím. Kroupy, které v Praze padaly měly průměr přes 3 cm. Způsobily velké škody na budovách a automobilech. Po 18. hodině jižně od Prahy a v jižní části Prahy se nachází výrazná oblast s detekovaným krupobitím. V tomto období je detekováno krupobití i na jiné části Česka, od podhůří Šumavy přes střední Čechy. Později bylo detekováno krupobití i v oblasti Varnsdorfu (Skripniková a Řezáčová, 2013a).

#### **Krupobití 24. srpna 2011**

Koncem srpna 2011 na naše území proudil velmi teplý vzduch od jihu. Teploty byly značně nad normálem. Na území Česka se v tento den vyskytovaly lokální bouřky. Krupobití se vyskytlo v 16:30 v okolí Příbyslavi. Průměr krup byl 5 cm. Souběžně bylo detekováno krupobití na Jihlavsku.

#### **Krupobití 2. července 2012**

Přes Polsko k severovýchodu postupovala tlaková níže a nad střední Evropou se nacházelo nevýrazné tlakové pole. Frontální rozhraní mezi chladnou vzduchovou hmotou v západní Evropě a teplou vzduchovou hmotou nad východní Evropou. Toto frontální

rozhraní přetrvávalo nad Evropou střední takřka bez pohybu a vyvolalo odpoledne a večer silné srážky nad severozápadní polovinou Čech (Hydrometeorologické vyhodnocení..., 2012).

### **5.5.2 Ochrana před krupobitím**

Ochranu před krupobitím dělíme podle toho, jaký přístup k této ochraně zemědělec zvolí. Pasivní metodou ochrany proti krupobití je zakrytí plodin sítěmi nebo plachtami, které chrání úrodu před poškozením kroupami. Mnozí se s tímto pasivním přístupem ochrany nesmířili a bojují proti tomuto přírodnímu jevu tím, že se snaží ovlivnit počasí.

Podle meteorologického slovníku jde o zásah do vývoje konvenčního oblaku, v němž lze očekávat vývoj krup. Cílem zásahu je ochrana oblastí s intenzivní zemědělskou výrobou před krupobitím v oblastech s vysokou četností tohoto jevu.

#### **Generování výbuchů**

Jednou z metod pro potlačování krupobití, kterou uvádí Kessler (1992) je generování výbuchů. Kdy tlaková vlna by způsobila kolaps vzduchových bublin v kroupách a tím by se vytvořili kroupy, měkké houbovitě struktury.

Wieringa a Holleman (2006) po shrnutí všech poznatků o dělech proti krupobití usuzují, že jejich používání je jen plýtvání peněz a času. Taktéž pro Světovou meteorologickou organizaci neexistuje věrohodná hypotéza ani odborný základ, které by podpořily tato aktivity (Řezáčová et al., 2007).

Pro potlačení krupobití jsou používány i jiné metody, které se zakládají na koncepčních modelech konvekčních bouří.

Nejrozšířenější metodou je umělá infekce oblaků, při níž se do radiolokačně určených míst oblaku s velkým vertikálním vývojem dopravují vhodná umělá jádra pomocí raket, dělostřeleckých granátů nebo letecky. Základní koncepce zásahu proti krupobití je založena na infekci oblaku umělými ledovými jádry. Nejobvyklejší používanou infekční látkou jsou částice obsahující AgI. Ty mají vyvolat zvýšení koncentrace zárodečných ledových částic, které pak nemohou narůst do krup velkých rozměrů a stačí během svého pádu roztát. Jde o tzv. princip užitečné kompetice ledových částic.

Další z koncepce využívá hygroskopické kondenzační jádra a přepokládá, že dojde k urychlení vývoje dešťové srážky a poklesne množství přechlazené vody, která již nestačí pro vytvoření krup. Tyto metody jsou označovány jako princip snížení kroupových trajektorií

nebo princip předčasného deště. Zásah obvykle zajišťuje specializovaná složka meteorologické služby, která využívá meteorologické stanice, radiolokační stanice, raketovou či dělostřeleckou techniku nebo speciálně vybavená letadla.

Vyskytují se i čistě komerční aktivity dodávající zařízení pro ochranu proti krupobití založená na jiných principech. Úroveň jejich spolehlivosti lze však obtížně ověřit. V současné době probíhá se státní či jinou podporou v několika zemích jižní Evropy. Jde o finančně velmi náročné technologie, jejichž pozitivní výsledek je obtížně prokazatelný.

## **6 Dopady krupobití a povodní na zemědělství**

Zemědělství bylo, je a bude vždy závislé na průběhu počasí a podnebí. V našich zeměpisných šířkách je podnebí nejdynamičtější složkou krajiny, extrémní projevy jsou typické. Právem jej můžeme označovat jako proměnlivé.

Zemědělský sektor je velice zranitelný díky změnám klimatu. Výnosy v průběhu let jsou ovlivněny i krátkodobým kolísáním počasí a i zemědělské postupy jsou závislé na klimatických podmínkách. Na výnosy plodin a následnou produkci potravin působí změny srážkových a teplotních podmínek, které jej přímo ovlivňují. Dochází i ke změně dostupnosti vody.

Zemědělská výroba je ovlivněna ať už přímo změnami agroklimatických podmínek tak i nepřímo např. změnou půdních parametrů, které působí na půdní vlhkost a vyrovnanost živin, nebo výskyt škůdců, plevelů a chorob. Tyto změny budou mít za následek obrat výnosových schopností zemědělských plodin (Eitzinger et al., 2012). Zemědělská produkce je považována za tradiční odvětví národního hospodářství. Je složena ze dvou základních složek a to rostlinou a živočišnou produkcí.

Rostlinná produkce se zabývá pěstováním kulturních rostlin. Mezi rostlinné komodity patří polní a speciální plodiny pěstované pro své hlavní i vedlejší produkty k lidské výživě a konzumaci. K technickému a farmaceutickému využití a k výživě hospodářských zvířat jsou to obiloviny, luskoviny, okopaniny, pícniny a technické a speciální plodiny, mezi které patří vinná réva, cukrová řepa, olejniny, chmel, ovoce, zelenina a léčivé a kořeninové rostliny.

Živočišná produkce patří mezi významnou součást zemědělské produkce. Hlavní cíl živočišné výroby je vyrábět mléko, maso, vejce ne jen pro tuzemský trh, ale i pro vývoz. Mezi živočišné komodity patří ovce a kozy, prasata, skot, drůbež, ryby, mléko a mléčné výrobky. Využívá rostlinnou výrobu jako zdroj krmiv. K velkému podílu tohoto odvětví je i údržba krajiny v podhorských a horských oblastech, kde dominuje pastevní chov skotu a ovcí.

## **Zemědělství jako jeden z faktorů pro vznik sucha a povodní**

Více než polovinu rozlohy České republiky tvoří zemědělská půda a z ní většina jako orná. Z hlediska znehodnocení je právě orná půda ta nejrizikovější. Největší podíl takto náchylných půd se nachází na jižní Moravě. Následkem znehodnocovacích procesů a pokračujících klimatických změn je nyní toto území nejnáchylnější k propuknutí hlavně zemědělského sucha, ale díky malé retenční schopnosti půdy dochází také k povodním. Ke snížení nepříznivých dopadů by významně pomohla odpovídající agrotechnika. Vhodnou kultivací půdy a dostatečným přísunem organické hmoty lze omezit erozi. Kvalita půdy výrazně ovlivňuje vodní režim krajiny. Stabilní půdní struktura je podmínkou dostatečné retenční a infiltrační kapacity, což minimalizuje negativní dopady extrémních srážek jako např. zrychlený povrchový odtok a vodní erozi.

Vliv zemědělství má velmi negativní vliv na povrchový odtok srážkových vod. Technologický vývoj v tomto století se podepsal na zemědělské krajině jako celku rozkolísaností a rychlým odtokem srážek, markantním snížením infiltračních schopností půdy i schopnosti půdy zadržet určité množství vody. S rozmachem odvodňování zemědělských pozemků (ve třicátých a sedmdesátých letech) byly zasaženy zejména vrcholové části povodí. Ty jsou pro zadržování vody klíčové. Přeměna soukromého zemědělství v sedmdesátých letech na zemědělství kolektivní se stala druhou vlnou nepříznivého vývoje ve schopnosti zemědělské krajiny zadržovat vodu. Zvyšováním účinnosti různých faktorů jako např. rozorávání trvalých travních porostů, vytváření honů o velikosti mezi 50 až 200 ha bez ohledu na terén, rozmístění kukuřice a jiných náchylných plodin na erozi do sklonitých podhorských terénu a mnoho dalších. Společně v kombinaci se začátkem používání těžké techniky a chemizace došlo k celoplošnému zhutnění půdy. Takto zhutněná půda nedokáže vsáknout větší množství vody a tím vzniká povodeň.

## **Změna agroklimatických podmínek**

Změna klimatu přináší problém s nárůstem teploty, možnost změny cirkulace a celkovou změnu klimatických podmínek (Rožnovský a Kožnarová, 2010). Růst meteorologických extrémů je považován za jeden z atributů změny klimatu současnosti (Žalud et al., 2007) a jejich dopadů, jakož to výsledek vzájemného působení meteorologických faktorů, lidské společnosti a profilu přírodního prostředí (Brázdil, 2002).

V České republice se změna klimatu do teď projevila v teplotě vzduchu. Nárůst teploty se aktuálně nejvíce ukazuje na jihu a jihovýchodě v letním období, v západní části republiky v zimě a na jaře (Pretel et al., 2011).

### **Rostlinná produkce**

Rostlinou produkci ovlivňují extrémní meteorologické jevy. Počínaje silným větrem, suchem, kroupami, vyskytující se holomrazy v období jara, povodněmi. V důsledků jejich působení dochází ke značným ztrátám na úrodě a to poškozením nebo úplným zničením pěstovaných plodin. Při zničení části nebo celkové úrody dochází ke škodám, které se s největší pravděpodobností promítnou v ceně produktu, vznikající z příslušné plodiny. Z toho vyplývá, že hlavními dopady těchto jevů jsou ekonomické.

Jedna z mnoha atmosférických srážek, která ovlivňuje vývoj či poškození určité plodiny jsou kroupy. Objevují se časté případy, kdy padající kroupy vyvrcholí ve velice vážné až katastrofální hospodářské škody. Všechny nadzemní orgány plodiny jsou poškozovány padajícími kroupami. Kultyury s širokými listy, křehkými lodyhami, květy nebo pupeny mají zpravidla největší poškození. Nejvíce postihovanými plodinami jsou tabák, chmel, cukrovka, většina druhů zelenin, kukuřice, brambory a ovocné stromy. V nejlehčích případech u obilovin kroupy způsobují klasové deformace, vydrol zrna a při masivním krupobití přerážejí stébla, urážejí celé klasy a můžou naprosto zničit celý porost. Za důsledek krupobití se taktéž považuje poranění nebo až usmrcení drůbeže (slepice, husy, kachny), drobných hospodářských zvířat, venku žijícího dobytka (např. ovce), ptáků.

### **Živočišná produkce**

Vyskytují se hypotézy případného vlivu klimatických změn na její objem a kvalitu, a v první řadě na její výnosnost. Zvyšující se teplota může ovlivnit např. pokles produkce mléka, snížit váhové přírůstky hospodářských zvířat, dále způsobuje stres při reprodukci. Do budoucna se může zhoršit i přítomnosti nemocí mezi hospodářskými zvířaty. Většina chorob je přenášena díky vektorům, jejichž šíření je závislé hlavně na vlhkosti a teplotě (IPCC, 2014)

Klimatickou změnou bude ovlivněno i spousta ekosystémových služeb, bez kterých by se zemědělská výroba neobešla. Především jde o cyklus živin, opylování, a biologickou kontrolu. Očekává se, že hodně problematické bude zaručit opylování, jelikož hmyz má

k proměnlivosti a k jejich podmínkám neobyčejně vysokou citlivost. Změna klimatu může nabourat sladění doby kvetení zemědělských plodin a doby činnosti opylovačů (IPCC, 2014).

### **Adaptace – Přizpůsobení**

Možným bojem zemědělství proti negativním vlivům meteorologických jevů je přizpůsobení se okolí. Tohoto přizpůsobení se je možno docílit pomocí adaptačních opatření.

Cílem adaptačních opatření je zamezit negativním dopadům na zemědělskou produkci. Hlavním cílem je nalezení postupů, které by pomohly zmenšit či úplně odstranit zvyšující se extremitu počasí a rostoucí frekvenci přítomnosti mimořádných povětrnostních jevů. Adaptací se zabývá mnoho národních i mezinárodních projektů. Ukazuje se, že adaptace jako taková je velmi finančně náročná. Je zapotřebí před jejím zavedením podrobně prozkoumat jejich účinnost, přínosy, efektivitu i vykonatelnost s ohledem na schopnost klimatického systému, ale taktéž krajiny a jejích složek se změně klimatu přizpůsobit.

Přizpůsobování se v zemědělství zahrnují např. změnu pěstovaných druhů zemědělských plodin a hospodářských zvířat (introdukce, šlechtění), zajištění reprodukce půdní úrodnosti, použití nových agrotechnických postupů za účelem snížení ztráty půdní vláh, zvýšení stability půd z hlediska jejich erozního ohrožení, zlepšení a rozšíření využití závlah pro produkci speciálních plodin.

## **7 Pojištění**

Cílem zemědělce jako podnikatele je dosažení co možná nejvyššího výnosu ve svém oboru. Podstatně jej ovlivňuje působení negativních vlivů v důsledku změny klimatu a to projevem většího množství extrémních meteorologických jevů (krupobití, povodně, sucho, ...).

Dobře fungující pojistný systém v České republice je dán jeho dlouholetou tradicí. Trh s pojištěním je u nás velice rozmanitý. Podstatným pilířem rizik v zemědělství je komerční zemědělské pojištění. V roce 1990 bylo ukončeno zákonné pojištění zemědělských organizací, které zahrnovaly celkové pojištění úrody a pojištění hospodářských zvířat. Od roku 1991 se stalo Dobrovolným. Zemědělci si mohou svobodně vybrat pojistitele dle svých požadavků. I když se zdají jednotlivé produkty pojišťoven na první pohled podobné, lze v nich najít rozdíly. Pojišťovny nabízí pestrou nabídku produktů, včetně výhod a bonusů. Pro ochranu zemědělce byly vyhotoveny specifické pojistné produkty, které mírní dopady vzniklé při nahodilých a nepředvídatelných událostech. Pojištění je pro zemědělské podnikání určitým

nástrojem stability. V případě úplného výpadku produkce zemědělci umožňuje plynulé pokračování podnikatelské činnosti. Zahrnují v sobě především pojištění plodin a hospodářských zvířat, ale i pojištění majetku zemědělců. Zemědělské pojištění je v Česku zabezpečováno mnoha pojišťovnami. Jednou z nejvýznamnějších pojišťoven v České republice, která se zabývá zemědělským pojištěním je Česká pojišťovna a.s.. Dalšími z mnoha jsou například Generali Pojišťovna a.s., Hasičská vzájemná pojišťovna a.s., AGRA pojišťovna, Pojišťovna UNIQA, a. s. .

## **7.1 Pojištění plodin**

Tímto pojištěním jsou pokryty škody, způsobené na rostlinné produkci. Plodiny, které toto pojištění chrání jsou: běžně pěstované plodiny na orné půdě (obilniny, olejniny, luskoviny, a další), trvalé travní porosty, vinná réva, chmel, ovoce, zelenina, přadné rostliny (konopí, len). V zásadě jde o pojištění výnosu.

V oblasti pojištění plodin rozlišujeme 3 základní druhy:

- Krupobitní pojištění
- Pojištění plodin proti vybraným rizikům
- Pojištění úrody

### **7.1.1 Krupobitní pojištění**

Jde o jedno z nejstarších pojištění, jehož minulost sahá až do 18. století. Kryje riziko zničení nebo poškození plodin krupobitím. Předností tohoto pojištění je, že nejde zaměnit znehodnocení plodin kroupami s jiným typem poškození. Proto je možné bezproblémové pojistné plnění. Krupobití tvoří v rostlinné výrobě velmi významné riziko. Jde o relativně řídké se vyskytující přírodní jev, který se objevuje v poslední době stále intenzivněji.

### **7.1.2 Pojištění proti vybraným rizikům**

Pojištění proti vybraným rizikům můžeme nazvat i živelním pojištěním plodin. Odstraňuje některé nedostatky krupobitního pojištění. Tímto pojištěním jsou kryta vedle krupobití i další rizika: záplava a povodeň, požár, škůdce, sesuvy půdy, vichřice, jarní mráz, vyzimování, a další



### **7.1.3 Komplexní pojištění úrody**

Celkovou, ale bohužel i nejdražší ochranou před působením celého souboru vlivů, se zabývá produkt komplexní pojištění úrody plodin. Při tomto pojištění se neodškodňují jednotlivé poškození nebo úplné zničení plodin konkrétními pojistnými událostmi, ale odškodňuje se nezískání dohodnutého standardního hektarového výnosu. Ten bývá určen jako vylepšený průměrný výnos posledních např. dvou let z posledních pěti. Toto pojištění bylo sestaveno pro vysokou spoluúčasť zemědělců (až 50%). Jsou rozlišeny 3 formy tohoto pojištění a to: - pojištění úrody jednotlivých plodin (len, chmel),

- pojištění úrody skupin plodin,
- pojištění celkové úrody.

### **7.2 Pojištění hospodářských zvířat**

Tento druh pojištění je zaměřen na hlavní druhy zemědělských zvířat a to skot, kozy, ovce, drůbež a prasata, ale také lze pojistit koně, kočky a psy, vejce v líhni, ... . Obvykle se pojištění vztahuje na úhyn, utracení nebo nucenou porážku z důvodu nemoci, operace, poranění, porodu nebo potratu.

Jsou tři základní skupiny rizik týkajících se hospodářských zvířat:

- riziko nákazy,
- riziko úrazů a nenakažlivých onemocnění,
- riziko živelní (požár, krupobití, záplava a povodeň, vichřice, zemětřesení, ...).

## 8 Závěr

Předkládaná bakalářská práce je zpracována jako literární rešerše o změně klimatu a důsledcích, které přináší na území České republiky. Se změnou klimatu souvisí častější výskyt extrémních hydrologických jevů. Tato práce je pomyslně rozdělena do tří sekcí.

V první části se zabývám změnou klimatických podmínek a jak ovlivňují výskyt jednotlivých extrémních hydrologických jevů. Jako první se věnuji povodním, jejich definici, charakteristice, jednotlivým druhům, příčinám a faktorům, které je ovlivňují, příklady povodní za posledních 20 let, jejich monitoringu a jako poslední ochraně. Jednotlivé pojmy jsou definovány meteorologickým slovníkem a vodním zákonem. Dále rozděluji povodně podle příčin vzniku na dešťové, sněhové, smíšené a ledové. Faktory ovlivňující povodně jsou rozděleny na meteorologické, antropogenní a fyzicko-geografické. Druhá etapa první části se zabývá jednotlivými povodněmi, které se vyskytly na území České republiky za posledních 20 let. Jejich popisem a příčinami vzniku. V poslední řadě je zde popisováno sledování a ochrana proti tomuto přírodnímu živlu.

V druhé části se věnuji dalšímu z extrémních jevů a to krupobití. Z čeho krupobití vzniká, jaké jsou a jak se vyvíjí srážky (kroupy), které krupobití zapříčiňují a faktory ovlivňující krupobití. Tento jev je prostorově časově omezen, je dále rozepsán v kapitole časový a prostorový rozsah krupobití. Zkoumáním příčin vzniku, průběhu, intenzitě a dalším důležitým podmínkám se věnuje spousta publikací a autorů. V kapitole analýzy krupobití je uvedeno pár autorů, kteří se sledováním tohoto jevu zabývali. Jako poslední v této kapitole uvádím krupobití na území České republiky v jednotlivých letech.

Poslední část této práce se zabývá dopady povodní a krupobití na zemědělskou produkci. Na začátku popisuji, jak je zemědělství závislé na podnebí, jeho charakteristiku a rozdělení na rostlinnou a živočišnou produkci. Dále uvádím informace, jak zemědělství ovlivňuje vznik povodní. Jak se budou projevovat změny klimatu na zemědělství a případnou ochranu proti dopadům tímto způsobené (adaptace). V poslední řadě je zde uvedena kapitola pojištění a ta se zabývá, jak zemědělci mohou bojovat proti snížení ekonomického výnosu vlivem těchto nepříznivých klimatických podmínek. Je rozděleno do dvou skupin a to na pojištění pro rostlinnou a živočišnou výrobu.

## 9 Seznam použitých zdrojů:

Atlas podnebí Česka (2007). Praha, Olomouc: ČHMÚ, univerzita Palackého v Olomouci. 206 s.

Bělohav, J., (1906): Krupobití v Čechách. Nákladem vlastním, Praha, 80 s.

Brázdil, R., Štěpánek, P., Vais, T., (1998): Časová a prostorová analýza bouřek, krupobití a extrémních srážek v jižní části Moravy v období 1946-1995. Meteorologické zprávy, 51, 2, 4552.

Brázdil, R. (2002). Meteorologické extrémy a povodně v České republice -přirozený trend nebo následek globálního oteplování? Geografie -Sborník České geografické společnosti. Roč. 2007, č. 7. Praha: Česká geografická společnost, 349-370 s.

Brázdil et al., (2005): Historické a současné povodně v České republice. Masarykova univerzita, Český hydrometeorologický ústav. 370 s.

Brázdil, R. et al., (2005): Meteorologická pozorování v Brně v první polovině 19. století: Historie počasí a hydrometeorologických extrémů. Archiv města Brna, Brno, 2005. 271-331 s.

Brázdil, R., Kirchner, K. et al., (2007): Vybrané přírodní extrémy a jejich dopady a Moravě a ve Slezsku. Masarykova univerzita, Český hydrometeorologický ústav, Ústav geoniky Akademie věd ČR, Brno, Praha, Ostrava. 432 s.

Brázdil, R., Štekl, J. et al., (1999): Klimatické poměry Milešovky. 1. vydání, Academia, Praha, 1999. s. 227-237, 384.

Čamrová, L., Jílková J. (2006): Povodňové škody a nástroje k jejich snížení. 1. vyd. Praha : Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, Fakulty národohospodářské, Vysoká škola ekonomická v Praze, 2006. 420 s.

Čejková, V. a Bibzová, I. (2006): Inovace ve vývoji zemědělského pojištění v České republice. Pojistné rozpravy. Praha: ČAP, 2006, č. 19, 108s.

Červený, J. et al., (1984): Podnebí a vodní režim ČSSR. 1. vydání, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1984. 163-192 s.

Daňhel, J. (2005): Pojistná teorie. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2005.

Eitzinger, J., et al., (2012): Regional Climate change impacts on agricultural crop production in Central and Eastern Europe. The Journal of Agricultural Science. Vol. 151 (6), 787-812 s.

Gokhale, N.R. (1975): Hailstorms and Hailstone Growth. State University of New York Press, New York, 465 s.

Houghton, J., T., et al., (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 944 s.

Chábera, S., Kössel, L. (1999): Základy fyzické geomorfologie: přehled hydrogeografie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Pedagogická fakulta, katedra geografie. 159 s.

Chromá, K. (2006): Časová a prostorová analýza krupobití letního půlroku na území Moravy a Slezska v 19. a 20. století. Disertační práce, Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno, 2006.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 161 s.

Katz, R., W., Brown, B., G. (1992): Extreme events in a changing climate: Variability is more important than averages. Climatic Change. Vol. 21 (3), 289-302 s.

- Kessler E. ed. (1992): Thunderstorm morphology and dynamics. Vol.2 of thunderstorms: A social, scientific, and technological documentary. 2. vydání, University Oklahoma Press, 411 s.
- Knight, C.A., Knight, N.C. (2001): Hailstorms. American Meteorological Society Monograph No.50, Vol.28, Severe Convective Storms, 223-254, C. Doswell editor.
- Knight, C.A., Knight, N.C. (2005): Very Large Hailstones from Aurora, Nebraska. American Meteorological Society, 1773-1781.
- Kozák J. (2007): Povodně v českých zemích. Professional Publishing 1 Vyd. Praha, 91,92 s.
- Matějček, J., Hladný, J. (1999): Povodňová katastrofa 20. století na území České republiky. Ministerstvo životního prostředí., Praha, 60 s.
- Meischner, P. et al., (2004): Weather Radar – Principles and Advanced Applications. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Meteorologický slovník (1993): Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Ministerstvo životního prostředí ČR, Academia, Praha, 594 s.
- Mikeladzová, J. (2009): Nebezpečné hydrometeorologické jevy na území Brna a okolí. Diplomová práce, Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno.
- Nelson, S.P. (1987): The hybrid multicellular-supercellular storm: An efficient hail producer. Part II: General characteristics and implication for hail growth. Journal of the Atmospheric Science 44, 2060-2073.
- Niggli, U., et al. (2007): Organic farming and climate change. Geneva: ITC, 27 s.
- Olesen, J., E., Bindi, M. (2002): Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. European Journal of Agronomy. Vol. 16, 239-262 s.

Picková, A., Poláčková J. (2003): Pojištění – eliminace rizik zemědělského podnikání. Praha: VÚZE, 2003. 47 s.

Podnebí Československé socialistické republiky - Souborná studie. Hydrometeorologický ústav, Praha, 1969. s. 247-260.

Podnebí Československé socialistické republiky - Tabulky. Hydrometeorologický ústav, Praha, 1961.

Pretel, J., et al., (2011): Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření: Technické shrnutí výsledků projektu v letech 2007-2011. Praha: MŽP, 67 s.

Pruppacher, H.R., Klett, J.D. (1997): Microphysics of clouds and precipitation. Second revised and enlarged edition with an introduction to cloud chemistry and cloud electricity. Atmospheric and oceanographic science library, vol.18, Kluwer Academic Publisher, 954 s.

RACKO, S., SIMON, A. (2002): Niektoré z príčin búrok v zimnom období. Meteorologické zprávy 55, 3, 2002. 69-81 s.

Rožnovský, J., Kožnarová, V. (2010): Dopad klimatických změn na produkci potravinářských a technických plodin. In: Seminář ke Světovému dni výživy. Praha: VÚPP, 30 s.

Řezáčová, D. et al., (2007): Fyzika oblaků a srážek. 1. vyd. Praha: Academia, 2007 576 s. 574 s.

Saltikoff, E. et al. (2010): A Climatological Comparison of Radar and Ground Observations of Hail in Finland. Journal of Applied Meteorology and Climatology 49, 101-114.

Skripniková, K., Řezáčová, D. (2010): Detekce výskytu krup pomocí radarových dat Meteorologické Zprávy 63, 76-82 s.

Skripniková, K., Řezáčová, D. (2013a): Hodnocení kritérií pro detekci výskytu krup využívajících radarová měření. Meteorologické Zprávy 66, 97-103 s.

Skripniková, K., Řezáčová, D. (2013b): Radar-based hail detection. *Atmospheric Research*, v tisku, doi: 10.1016/j.atmosres.2013.06.002.

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquiz, M., Averyt, K.B., Signor, M., Miller, H.L., eds.: *Climate Change (2007): The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, 2007. 996 s.

Sovadina, M. (2002): *Krupobití v České republice a jeho dopady*. Diplomová práce, Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno, 2002. 93, 69 s.

Tolasz, R., Míková, T., Valeriánová, A., Voženílek, V., (2007): *Atlas podnebí Česka*. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s.

Vostárek, J. (2000): *Sociální a soukromé pojištění*. 1. vyd. Praha: Kodex Bohemia, 2000.

Wieringa, J., Holleman, I. (2006): If cannons cannot figur hail, what else? *Meteorologische Zeitschrift* 15, 659-669

Žalud, Z., et al. (2007): *Změna klimatu a její dopady na růst a vývoj polních plodin*. *Agromagazín*. Vol. 8, 7-10 s.

Žalud, Z., et al. (2009): *Dopady změny klimatu a strategie adaptačních opatření v agrosektoru České Republiky*. In: XIII. Seminář šlechtitelů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 7-13 s.

## Internetové zdroje

Analýza povodňových událostí v ekologických souvislostech [online]. Autorský kolektiv, 1998 [cit. 02. 04. 2018]. Dostupné z: <[http://www.uprm.cz/data/docs/publikace/analyza\\_povudalosti.pdf](http://www.uprm.cz/data/docs/publikace/analyza_povudalosti.pdf)>

Kalous R., Číp D. 2008). Příroda.cz [online]. [cit. 02. 03. 2018]. Dostupné z: <<https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1106>>

ČHMÚ, hydro.chmi.cz [online], 2009 [cit. 02. 03. 2018]. Hlásné profily. Dostupné z: <<http://hydro.chmi.cz/hpps/>>.

Předběžné hydrometeorologické shrnutí průběhu povodně v červnu 2013[online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 02. 03. 2018]. Dostupné z: <[http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/news\\_130627\\_usneseni\\_povodnove\\_komise/\\$FILE/OTM\\_CHMU\\_20130627.pdf](http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_130627_usneseni_povodnove_komise/$FILE/OTM_CHMU_20130627.pdf)>

Grotonweather.com [online]. [cit. 10. 04. 2018]. Dostupné z: <<http://www.grotonweather.com/severe.php>>

Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje. Novojičínskem se prohnaly přívalové srážky, obyvatelé varovaly sirény [online]. [cit. 04. 04. 2018]. Dostupné z: <<http://www.hasici.tv/foto/redakce/1154/foto/novojicinskem-se-prohnaly-privalove-srazky-obyvatele-varovaly-sireny-8-3.JPG>>

Hydrologické vyhodnocení bouřkového období v České republice od 1. do 8. července 2012 (2012). Praha: ČHMÚ. Dostupné z: <[http://www.chmi.cz/fines/portal/docs/ruzne/Final\\_vyhodnoceni\\_bourek\\_cervenec\\_2012.pdf; 5.12.2012](http://www.chmi.cz/fines/portal/docs/ruzne/Final_vyhodnoceni_bourek_cervenec_2012.pdf; 5.12.2012)>

Charakteristika zemědělství. [online], [cit. 4. 4. 2018]. Dostupné z: <[https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Charakteristika\\_zemedelstvi.pdf](https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Charakteristika_zemedelstvi.pdf)>



Meteorologický slovník výkladový a terminologický [online]. (eMS), ČMeS, [cit. 02. 03. 2018]. Dostupný z: <<http://slovník.cmes.cz/>>

Ministerstvo zemědělství, portál eAGRI [online]. [cit. 02. 03. 2018]. Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100053121.html>>

Ministerstvo životního prostředí. Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. In: voda.chmi.cz [online]. [cit. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <<http://voda.chmi.cz/pov97/uvod1.html>>

Ministerstvo životního prostředí. Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002 chmi.cz [online]. [cit. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/B6D9A32B97767AC7C1256FC5003B9AFF/\\$file/POV\\_ODNOVA%20PUBLIKACE.PDF](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/B6D9A32B97767AC7C1256FC5003B9AFF/$file/POV_ODNOVA%20PUBLIKACE.PDF)>

Ministerstvo životního prostředí. Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky. chmi.cz [online]. [cit. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <<http://voda.chmi.cz/pov09/doc/01.pdf>>

Ministerstvo životního prostředí. Vyhodnocení povodní v květnu a červnu 2010. In: voda.chmi.cz [online]. [cit. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <[http://voda.chmi.cz/pov10/pdf/vuv\\_szpr.pdf](http://voda.chmi.cz/pov10/pdf/vuv_szpr.pdf)>

Munzar J., Ondráček S., (2011): Geografické rozhledy, Historické povodně a jejich dokumentace, ÚGN AV ČR, odd. Brno [online]. 2011 [cit. 01. 03. 2018] Dostupné z: <<https://www.geograficke-rozhledy.cz/archiv/clanek/434/pdf>>

Prouza, Vladislav (2012). Česku hrozí povodně, tající sníh a ledové kry zvedají hladiny řek [online]. Novinky.cz 2012 [cit. 04. 04. 2018]. Dostupné z: <<https://www.novinky.cz/domaci/260123-cesku-hrozi-povodne-tajici-snih-a-ledove-kry-zvedaji-hladiny-rek.html>>

Racek, Attila. V Tišnově řeku Svatku ucply ledové kry. In: brnensky.dennik.cz [online]. [cit. 04. 04. 2018]. Dostupné z: <<https://blanensky.denik.cz/galerie/ledove-kry-svatka-odstrel.html?photo=1&back=2237729191-8091-67>>

Rožnovský J. (2011): Zpravodaj bio, Možné dopady měnícího se klimatu na zemědělství v ČR, ČHMÚ, Brno [online], [cit. 25. 3. 2018] Dostupné z: <[http://aa.ecn.cz/img\\_upload/7331e1faea7fac726e0197358f83ecdd/bio1102\\_zpravodaj.pdf](http://aa.ecn.cz/img_upload/7331e1faea7fac726e0197358f83ecdd/bio1102_zpravodaj.pdf)>

Skripniková K. (2011): Geografické rozhledy, Krupobití, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha [online], [cit. 15. 03. 2018] Dostupné z: <[geography.cz/geograficke-rozhledy/wp-content/uploads/2011/06/4-5.pdf](http://geography.cz/geograficke-rozhledy/wp-content/uploads/2011/06/4-5.pdf)>

Stupně povodňové aktivity. [online], [cit. 02. 03. 2018]. Dostupné z: <[http://www.mudk.cz/dpp/pp\\_mesto/0300-spa.htm%3E](http://www.mudk.cz/dpp/pp_mesto/0300-spa.htm%3E)>

Vašků Z. (1999). Historická krupobití v Čechách, Časopis Vesmír [online], [cit. 01. 04. 2018]. Dostupné z: <<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1999/cislo-9/kroupy-neboli-skodnice.html>>

Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997: Souhrnná zpráva projektu [online]. ČHMÚ, 1998 [cit. 02. 04. 2018]. Dostupné z: <<http://www.chmi.cz/hydro/start.html>>

Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 [online]. ČHMÚ, 2002 [cit. 02. 03. 2018]. Dostupné z: <<http://www.chmi.cz/hydro/pov02/index.html>>