

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra vodních zdrojů



Hydrologické extrémy v České republice

Bakalářská práce

Autor práce: Tereza Vranovská, Dis.

Obor studia: Ochrana krajiny a využívání přírodních zdrojů

Vedoucí práce: Ing. Markéta Miháliková, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Hydrologické extrémny v České republice" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí 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 autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18.4.2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí své bakalářské práce, paní doktorce Markétě Mihálikové za její trpělivost, toleranci a odborné rady. Děkuji panu doktorovi Punčochářovi za připomínky a doporučení ohledně opatření proti povodním a suchu. Současně mu děkuji za poskytnuté články a ostatní dokumenty týkající se tématu bakalářské práce.

Hydrologické extrémy v České republice

Souhrn

Literární rešerše se věnuje aktuální problematice hydrologických extrémů v České republice. Práce je konkrétně zaměřena na výskyt sucha a povodní v jednotlivých povodích a na jejich dopady. Tyto dva jevy se vyskytují stále častěji a je potřeba s nimi počítat v souvislosti se změnou klimatu. Roční úhrn srážek je víceméně stejný, ale problém je s místním a časovým rozložením srážek. Dále jsou popsány dopady hydrologických extrémů na zemědělskou produkci. V poslední kapitole jsou specifikovány stávající a plánovaná opatření ke zmírnění důsledků hydrologických extrémů vyplývajících z klimatické změny.

V úvodních kapitolách jsou popsány základní pojmy a procesy spojené s pohybem a rozložením vody na Zemi. Zdroje vody jsou omezené a největší spotřeba je v zemědělství. Sucho a povodně souvisí se změnou klimatu, a proto v další kapitole je popsáno klima našeho území včetně výhledu na několik budoucích let. V další části o povodních jsou zmíněny typy povodní a jejich synoptické příčiny na našem území. Faktory ovlivňující povodeň jsou rozlišeny na meteorologické a hydrologické. V závěru kapitoly o povodních je popsáno, jak u nás funguje předpověď povodní včetně stupňů povodňové aktivity. Následuje kapitola o suchu, které je někdy chybně zaměňováno s pojmem nedostatek vody. V úvodu je definováno sucho a vymezeno několik kategorií sucha. V rámci ČR monitorujeme především meteorologické, hydrologické a zemědělské či půdní sucho. Informace poskytují portály InterSucho a ČHMÚ v podobě mapových výstupů. V závěru kapitoly jsou popsány příčiny, hodnocení a dopady sucha hydrologického a zemědělského, které nás nejvíce ohrožují.

V hlavní části práce jsou popsány mezinárodní povodí ČR (Labe, Dunaj a Odra) v souvislosti s výskytem sucha a povodní na jejich územích. U jednotlivých povodí jsou vyznačeny konkrétní případy výskytu zmíněných extrémů z let 2002-2018 a jejich následky v podobě finančních škod nebo dopadů na životní prostředí.

V následující kapitole je popsána produkce zemědělských plodin ve vztahu k vývoji teplot a srážek na našem území za období 2002-2018. Vzhledem k rozdílnému rozložení srážek a teplot bylo nutné se zaměřit na hektarové výnosy v jednotlivých krajích. Teploty a srážky mají největší vliv na kvalitu a kvantitu během vegetačního období. U cukrové řepy při extrémních teplotách a suchu byl snížen hektarový výnos, ale cukernatost byla vyšší. U chmele vysoké teploty omezily tvorbu alfa hořkých kyselin, u brambor byl větší výskyt strupovitosti a mandelinky bramborové. Vysoké srážky způsobují výskyt plísně bramborové, snižují cukernatost řepy, komplikují včasnou sklizeň a ošetřování vinic v období silného infekčního tlaku.

V závěrečné kapitole jsou popsány aktuální a plánovaná opatření proti hydrologickým extrémům. Zatímco opatření proti povodním máme v ČR na vysoké úrovni, tak opatření proti suchu stále zaostává, a je ve stádiu plánování.

Klíčová slova: hydrologický cyklus, klimatická změna, sucho, povodně, životní prostředí

Hydrological extremes in the Czech Republic

Summary

The literature review focuses on the current issues of hydrological extremes in the Czech republic. The work is specifically focused on the occurrence of droughts and floods in individual basins and on their impacts. These two phenomena are occurring more and more frequently and need to be counted in relation to climate change. The annual rainfall is more or less the same, but the problem is with local and time distribution of precipitation. The effects of hydrological extremes on agricultural production are also described. The last chapter specifies existing and planned measures to mitigate the effects of hydrological extremes stemming from climate change.

The introductory chapters describe the basic concepts and processes associated with the movement and distribution of water on Earth. Water resources are limited and the largest consumption is in agriculture. Drought and floods are related to climate change, and this is why the climate of our territory, including the prospects for several future years, is described in the next chapter. In the next section on floods are mentioned types of floods and their synoptic causes in our territory. The factors influencing the flood are differentiated by meteorological and hydrological. At the end of the chapter on floods is described how the flood forecast works with us, including the degree of flood activity. The following is a chapter on drought, sometimes mistakenly confused with the notion of lack of water. In the introduction, drought is defined and several categories of drought are defined. In the Czech republic we monitor mainly meteorological, hydrological and agricultural or soil drought. The Information is provided by InterSucho and ČHMÚ portals in the form of map outputs. The end of the chapter describes the causes, evaluations and effects of the drought of hydrological and agricultural that threaten us most.

The following chapter describes the production of agricultural crops in relation to the development of temperatures and precipitation in our territory for the period 2002-2018. Due to the differing distribution of precipitation and temperatures, it was necessary to focus on the yields per hectare in each region. Temperatures and precipitation have the greatest impact on quality and quantity during the growing season. For Example, in the case of sugar beet at extreme temperatures and drought, the yield per hectare was reduced, but the sugar content was higher. In high-temperature hops, they reduced the formation of alpha-bitter acids, and potatoes had a greater incidence of slag and potato starch. Precipitation, for example, causes potato mildew, reduces beet sugar, complicate early harvest and treatment of vineyards during periods of strong infectious pressure.

The final chapter describes the current and planned measures against hydrological extremes. While measures against floods are on high level in the Czech Republic, measures against drought are still underestimated and are in the planning stage.

Keywords: Hydrological cycle, climate change, drought, floods, environment

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Voda na Zemi	3
3.1.1	Rozložení vody na Zemi a její využití	3
3.1.2	Hydrologický cyklus	4
3.1.2.1	Globální hydrologický cyklus	4
3.1.2.2	Malý a velký hydrologický cyklus	5
3.1.3	Hydrologická bilance	6
3.1.4	Voda v České republice	6
3.2	Klima České republiky	9
3.3	Povodně	10
3.3.1	Typy povodní na území ČR	10
3.3.2	Synoptické příčiny povodní na území České republiky	12
3.3.2.1	Povodně zimního typu	12
3.3.2.2	Povodně letního typu	13
3.3.3	Faktory ovlivňující povodeň	13
3.3.3.1	Meteorologické faktory	13
3.3.3.2	Hydrologické faktory	13
3.3.3.3	Ovlivňující činitele	14
3.3.4	Předpověď povodní	14
3.3.4.1	Hlásná povodňová služba	15
3.3.4.2	Předpovědní povodňová služba	15
3.3.5	Stupně povodňové aktivity	15
3.4	Sucho	16
3.4.1	Kategorie sucha	17
3.4.1.1	Meteorologické sucho	17
3.4.1.2	Klimatické sucho	18
3.4.1.3	Hydrologické sucho	18
3.4.1.4	Půdní sucho	18
3.4.1.5	Zemědělské sucho	18
3.4.1.6	Socioekonomické sucho	19
3.4.2	Monitoring sucha v ČR	19
3.4.3	Předpověď intenzity sucha v ČR	24

3.4.4	Příčiny sucha	24
3.4.5	Hodnocení sucha.....	25
3.4.5.1	Hodnocení hydrologického sucha	25
3.4.5.2	Hodnocení půdního sucha.....	27
3.4.6	Dopady sucha.....	29
3.4.6.1	Dopady hydrologického sucha	29
3.4.6.2	Dopady zemědělského sucha	30
3.5	Hydrologické extrémy na hlavních povodích ČR	31
3.5.1	Hlavní povodí Labe.....	31
3.5.1.1	Charakteristika oblasti.....	32
3.5.1.2	Hydrologické poměry	32
3.5.1.3	Povodně a jejich následky	33
3.5.1.4	Výskyt sucha a jeho následky	35
3.5.2	Hlavní povodí Dunaje	36
3.5.2.1	Charakteristika oblasti.....	37
3.5.2.2	Hydrologické poměry	38
3.5.2.3	Rostlinná produkce	38
3.5.2.4	Povodně a jejich následky	39
3.5.2.5	Výskyt sucha v povodí Moravy a Dyje	40
3.5.3	Hlavní povodí Odry	43
3.5.3.1	Charakteristika oblasti.....	43
3.5.3.2	Přírodní podmínky a zemědělství.....	44
3.5.3.3	Povodně a jejich následky	45
3.5.3.4	Výskyt sucha a jeho následky	46
3.6	Zemědělská produkce ve vztahu k hydrologickým extrémům	46
3.6.1	Vývoj teploty a srážek za období 2002-2018.....	46
3.6.1.1	Teplota 2002-2018	46
3.6.1.2	Srážky v období 2002-2018	48
3.6.2	Vliv extrémních teplot na produkci zemědělských plodin.....	49
3.6.2.1	Vliv extrémních teplot na produkci zemědělských plodin dle krajů	51
3.6.3	Vliv extrémních srážek na produkci zemědělských plodin	56
3.6.3.1	Vliv extrémních srážek na produkci zemědělských plodin dle krajů.....	57
3.7	Opatření proti hydrologickým extrémům	58
3.7.1	Možnosti zmírnění dopadů změny klimatu na hydrologický režim.....	58
3.7.1.1	Opatření v krajině.....	58
3.7.1.2	Opatření na tocích a v nivách.....	59

3.7.1.3	Opatření v urbanizovaných území.....	60
3.7.1.4	Vodohospodářská opatření.....	60
3.7.2	Protierozní a protipovodňová opatření na zemědělské půdě.....	61
3.7.3	Legislativa a dokumenty v rámci opatření proti povodním.....	62
3.7.4	Protipovodňová opatření v oblasti povodí Labe a Vltavy.....	64
3.7.5	Strategie a legislativa opatření proti suchu	65
4	Závěr	68
5	Literatura.....	69
	Seznam obrázků.....	I

1 Úvod

Voda je základní součástí Země a nezbytná pro život. Společně s atmosférou a příznivou teplotou vytváří podmínky pro existenci pozemského života. V přírodě se vyskytuje v pevném skupenství jako led a sníh, v kapalném a v plynném v podobě páry (Stoplusjednicka, 2017).

Celosvětová poptávka po vodě je do značné míry ovlivněna rostoucím počtem obyvatelstva, urbanizací, politikou v oblasti potravin a globalizace obchodu. Do roku 2050 se předpokládá, že celosvětová poptávka po vodě se zvýší o 55 % a to především kvůli rostoucí poptávce od výrobců, výroby tepla a energie a domácí spotřeby (Connor & UNESCO, 2015).

Voda prostupuje naše životy, a i základní lidské potřeby jsou na ní závislé. Například hladké fungování nemocnic se také spoléhá na dostupnost čisté vody, která má vliv na hygienu a zdraví, pomáhá chránit přirozené životní prostředí. Z těchto důvodů a mnoha dalších je přístup k bezpečné vodě a sanitace cílem sám o sobě a integrálně spojený s dosažením všech rozvojových cílů. Světová organizace OSN vydala zprávu o rozvoji vody, která je součástí publikace „UN-WATER“. Jedná se o meziagenturní mechanismus zřízený za účelem koordinace činností všech agentur OSN a subjekty působící v oblasti sladkovodních zdrojů. V rámci tohoto projektu se monitorují problémy s vodou a poskytují se doporučení k jejich nápravě.

Kromě nedostatku vody, či špatné kvality vody lidstvo ovlivnily i velké katastrofy po celém světě způsobené vodou. Lze zmínit případy tsunami v Indickém oceánu v roce 2004, hurikány v Karibiku, západním Pacifiku a Spojených státech v roce 2004 a 2005, v roce 2005 to byly povodně ve střední a východní Evropě a rozsáhlá sucha v Nigerii, Mali, Španělsku a Portugalsku. Tyto extrémní události jsou nejvýznamnějšími ilustracemi základních změn ovlivňující vodní zdroje po celém světě. V mnoha případech je tento vývoj s největší pravděpodobností spojen s trvalými změnami v globálním klimatu, což je fenomén podporovaný rostoucím množstvím důkazů. Kombinací nižších srážek a vyššího vypařování způsobuje v mnoha regionech snížení množství vody v řekách, jezerech a podzemních vodách. Zvýšené znečištění způsobuje poškozování ekosystémů a zdraví, životů a živobytí těch, kteří nemají přístup k vodě odpovídající kvality (Water, 2006).

Detailní analýzy důsledků hydrologických extrémů posledních let jsou důležitou součástí pro pochopení těchto jevů a plánování opatření na jejich zmírnění. V ČR je přijetí opatření k boji s následky zejména sucha klíčovým, avšak dosud do značné míry chybějícím nástrojem. K rozboru současné situace přispívá i tato práce.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo formou literární rešerše zpracovat dostupné informace a data o průběhu a důsledcích hydrologických extrémů v ČR v posledních letech, a přehledným způsobem shrnout zavedená či plánovaná opatření na jejich zmírnění.

3 Literární rešerše

3.1 Voda na Zemi

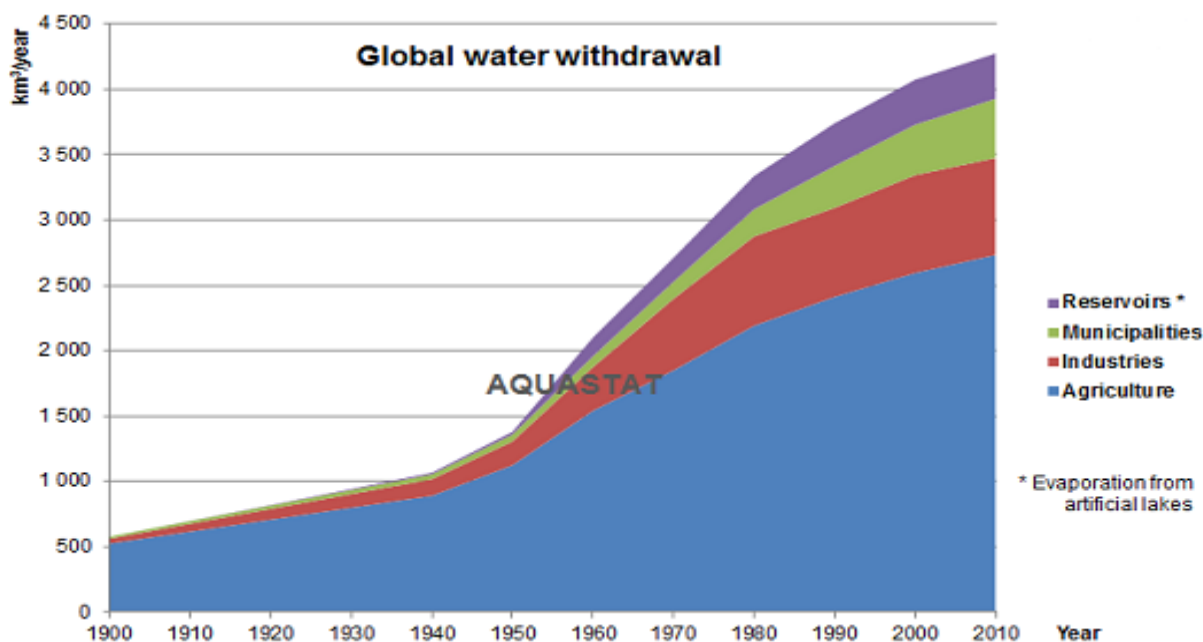
3.1.1 Rozložení vody na Zemi a její využití

Hydrosféra představuje veškerou vodu na Zemi. Je to vodní obal rozkládající se mezi atmosférou a zemskou kůrou (Meteorologický slovník výkladový terminologický, 1993). Na základě současných odhadů je na Zemi kolem 1386 milionů km³ vody. Oceány obsahují 97 % vody, 2,1 % ledové krunýře, 0,6 % podzemní akvifery, 0,02 % jezera a řeky. Pouhou 0,001 % tvoří oblaky a vodní pára v atmosféře (Redfern, 2016). Zásoby vody jsou v hydrosféře nerovnoměrně rozmístěny. Velká část je pro člověka obtížně využitelná. Příkladem takovéto vody je voda v ledovcích, podzemní voda ve velkých hloubkách, slaná voda v oceánech (Kravčík et al., 2007).

Hydrosféra je předmětem studia hydrologie, vědy, která se zabývá zákonitostmi rozložení a oběhu vody na Zemi (Meteorologický slovník výkladový terminologický, 1993). Hydrologie zkoumá fyzikální, chemické a biologické systémy zahrnující vodu, která cestuje různými cestami v atmosféře, pod zemským povrchem a rostlinami (USGS, 2016).

Meteorologie je věda zabývající se složením, ději a jevy probíhajícími v atmosféře (Meteorologický slovník výkladový terminologický, 1993). V troposféře, která obsahuje 80 % vzduchu a 99 % vodní páry, se odehrává většina koloběhu tepla a vodní páry a rodí se zde počasí, jak ho známe (Redfern, 2016).

Voda, potraviny, klima a energie tvoří komplexní síť vnitřního propojení. Výroba jídla představuje 70 % celosvětové spotřeby vody a 6 % využití energie. Plodiny odpařují odhadem 6700 km³, z které je 18 % je zavlažovanou vodou odebranou z povrchu a zdrojů podzemních vod. Voda má omezené zdroje a největší spotřeba vody vzrůstá dlouhodobě v zemědělství, jak je vidět na obr. 1. To představuje přibližně 70 % odebrané vody všemi třemi odvětvími (zemědělské, obecní a průmyslové) a 90 % z celkové spotřeby vody těmito třemi sektory. Dle odhadů lze říci, že globálně průměrně zavlažované obiloviny mají výnos 4,4 t/ha a výnosy pouze z dešťů bez zavlažování jsou 2,7 t/ha. Asi 42 % celosvětových obilovin pochází ze zavlažovaných ploch. Bez zavlažování by globální produkce obilovin klesla o 20 %. Využití vody v zemědělství má nepříznivý dopad na životní prostředí změnou suchozemských a vodních ekosystémů, protože dochází ke snižování průtoků řek a změně režimů proudění, snižování hladin podzemních vod, znečišťování půd a vody a odvodnění mokřadů (De Fraiture et al., 2014).



Obr. 1. Globální odběr vody
(zdroj: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/image/WithTime_eng.pdf)

3.1.2 Hydrologický cyklus

V koloběhu mezi oceány, vzduchem a pevninou se denně vypaří přibližně 1170 km³, z toho 90 % z oceánů. Průměrná doba, kterou voda stráví v jednotlivých částech koloběhu, je různá v závislosti na podmínkách. V oceánech trvá přibližně 3000 let, v řekách několik měsíců. Pouhých 9 dní trvá koloběh vody v každém cyklu v atmosféře (Redfern, 2016).

3.1.2.1 Globální hydrologický cyklus

Globální hydrologický cyklus je největší pohyb vody na Zemi. Voda je v neustálém pohybu, při kterém dochází k výměně vody mezi oceánem, atmosférou, zemským povrchem a zónami výskytu podzemní vody. Do koloběhu vody na Zemi vstupuje energie vyzářená ze Slunce. Tato energie způsobuje výpar vody z ploch oceánů a z půdy či vegetace na pevnině (Brutsaert, 2005).

Voda mění své skupenství z kapalného do plynného či pevného, a naopak. Vodní pára je unášena vzdušnými proudy do atmosféry, kde dochází ke kondenzaci vodní páry a její přeměnou do formy oblaků. Částice vody, které tvoří oblaka, se srážejí a poté vypadávají jako srážky dešťové či sněhové zpět do oceánů nebo na pevninu. Povrchová voda odtéká zemskou gravitací z části do řek, následně do oceánů. V jezerech a řekách se hromadí sladká voda z povrchového odtoku a prosakujících podzemních vod (USGS, 2016). Většina vody je vsakována do půdy. Pevná fáze v půdě reaguje s tekutinami, vodou a vzduchem, které pronikají půdními póry (Hillel, 1998). Část vsáklé vody odteče podpovrchovým odtokem, blízko zemského povrchu. Podzemní voda je z části vytahovaná kořeny rostlin a odpařovaná povrchem listů do atmosféry (evapotranspirace). Další část podzemní vody prosakuje hlouběji a obohacuje podpovrchové zóny nasycené podzemní vodou, jež z části opět vtéká do moří, kde oběh vody končí a začíná (USGS, 2016).

Hydrologický cyklus je znázorněn na obr. 2:



Obr. 2. Schéma hydrologického cyklu
(zdroj: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclecezech.html>)

3.1.2.2 Malý a velký hydrologický cyklus

Malý hydrologický cyklus je uzavřený koloběh vody, při kterém voda spadne v podobě srážek na stejné území, z kterého se vypařila (Kravčík et al., 2007). Podílí se na něm voda vypařená jak z pevniny, tak z oceánu (Bratrych, 2005). Jednotlivé malé cykly na sebe vzájemně působí. V malém vodním cyklu probíhá cirkulace vody horizontálně a na rozdíl od velkého cyklu i vertikálně. Lze říci, že oběh vody nad krajinou probíhá současně v množství několika malých cyklů, které jsou doplňovány vodou z velkého vodního cyklu.

Malý hydrologický cyklus je typický pro hydrologicky zdravou krajinu. Cirkulace vody na relativně krátké vzdálenosti a v malých množstvích probíhá v krajině, která je nasycená vodou a vodní párou. Tento děj nastává díky snížení rozdílů teplot mezi dnem a nocí.

Většina vody, která se vypaří, spadne opět ve formě místních srážek. Když jsou časté a pravidelné, udržují vyšší hladinu podzemní vody a tím i vegetaci a výpar. Výsledkem je, že celý cyklus se může neustále opakovat.

V případě, že dojde k narušení vegetačního pokryvu, sluneční energie dopadá na plochy s nízkým výparem a velká část se přemění na teplo. Výsledkem jsou velké výkyvy teplot včetně rozdílů teplot mezi dnem a nocí. Dojde ke zvýšení proudění vzduchu a vodní pára je unášena daleko pomocí teplého vzduchu. Většina vypařené vody se z krajiny ztrácí. Přibývají méně časté a silné srážky a ubývají časté a malé srážky. Cyklus se otvírá, a začíná převažovat velký vodní cyklus charakteristický erozí a odplavováním půdních živin do moře (Kravčík et al., 2007).

U velkého hydrologického cyklu část vody vypařené z povrchu oceánu je vzdušnými proudy přesunuta nad pevninu. Vypařená voda spadne zpět na zem s pomocí kondenzace a srážek. Zhruba z jedné třetiny se stává složkou povrchových vod, druhá část se infiltruje do

zásob podzemních vod, odkud se z části opět vrací do vodních toků, nádrží a světového oceánu. Třetí třetina spadlých srážek se vypaří (Bratrych, 2005).

Každoročně se do atmosféry vypaří okolo 550 tisíc km³ vody. Okolo 86 % se vypaří z moří a oceánů, z pevniny 14 % z celkového výparu z povrchu Země. Z výparu spadne 74 % atmosférických srážek nad oceány a 26 % nad pevninami. Pevnina je dotována vodou z oceánů pomocí výparu a srážek, které se vzdušnými proudy dostávají na velké vzdálenosti nad kontinenty (Kravčík et al., 2007).

3.1.3 Hydrologická bilance

Hydrologická (vodní) bilance popisuje vztah mezi příjmem, výdajem a kumulací vody v určitých zónách povodí, vod, nádrží, kontinentu apod. Zjišťuje se porovnáním vstupů, jako jsou atmosférické srážky s přítokem a výstupů, mezi něž patří odtok, výpar a také akumulace vody. Rovnice vodní bilance popisuje průměrné příjmy a výdaje vody (Meteorologický slovník výkladový terminologický, 1993). Na levou stranu rovnice se dosadí součet výparu z pevniny a oceánu, na pravou se dosadí součet srážek opět z oceánu a pevniny. Celkový výpar na Zemi se rovná množství spadlých srážek (Bratrych, 2005).

Bilanční rovnice vody se dá pro konkrétní hydrologické útvary vyjádřit v mnoha verzích. Například lze uvést ve své nejjednodušší podobě rovnici 3.1.3.1 vodní bilance kořenové zóny, která uvádí, že jakákoliv změna se vyskytuje v obsahu vody ΔW daného tělesa půdy během stanoveného období se musí rovnat rozdílu vody přijaté (W_{in}) a množství vody z ní odebrané (W_{out}) ve stejném období.

$$\Delta W = W_{in} - W_{out} \quad (3.1.3.1)$$

Pokud zisky převyšují ztráty, změna obsahu vody je pozitivní. Naopak, když ztráty převyšují zisky, tak je změna negativní. Příslušný objem nebo hloubka půdy, pro kterou je vodní bilance vypočtena, je určeno libovolně. V zásadě tedy může být vodní bilance pro malý vzorek půdy nebo pro celé povodí. Z ekologického nebo zemědělského hlediska je obecně nejvhodnější zvážit vodní bilanci kořenové zóny na jednotku plochy. Rovnováha kořenové zóny je obvykle vyjádřena rovnicí 3.1.3.2 v integrální formě:

$$\text{Změna ukládání} = \text{Zisky} - \text{Ztráty} \\ (\Delta S + \Delta V) = (P + I + U) - (R + D + E + T_r) \quad (3.1.3.2)$$

kde ΔS je změna vlhkosti v kořenové zóně půdy, ΔV je přírůstek vody začleněný do vegetativní biomasy, P - jsou srážky, I - zavlažování, U - kapilární vztlínání, R - odtok, D - gravitační odtok, E - přímé odpařování z povrchu půdy, a T - transpirace rostlin. Všechna množství jsou vyjádřena objemem vody na jednotkovou plochu půdy (tedy výškou) během posuzovaného období (Hillel, c1998).

Vodní bilance území je sledována převážně pravidelným měřením, což je základní úlohou hydrologie a meteorologie. Měří se úhrny srážek a průtoky na vybraných úsecích vodních toků pomocí sítě srážkoměrných a limnigrafických stanic. Nejvíce se měří při vyústění do větších povodí, do řek sousedních států, do moří či oceánů. V rámci meteorologie a klimatologie se také sledují teploty území, hladiny podzemních vod a kvalita vody (Kravčík et al., 2007).

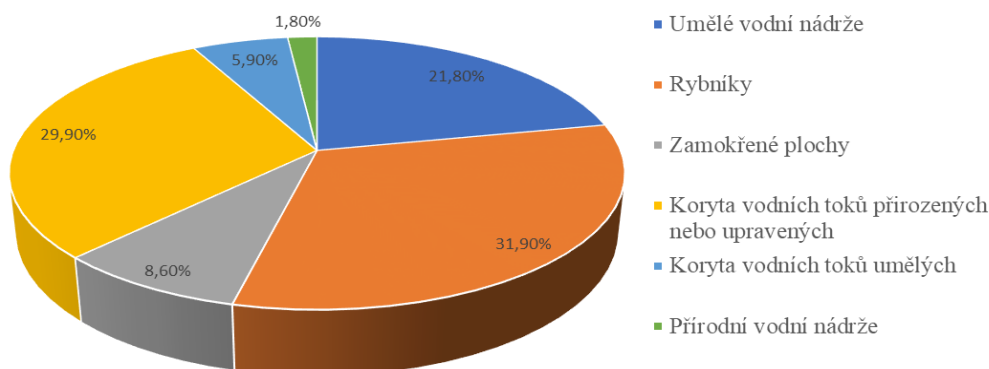
3.1.4 Voda v České republice

Povrchová voda

Dle vodního zákona se povrchovými vodami rozumí vody přirozeně vyskytující na zemském povrchu. Platí to i v případě, že část toku přechodně protéká zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem (Horáček, 2015).

Vodní plocha ČR zahrnuje 166 256 ha, což je 2,1 % z celkové rozlohy půdního fondu ČR (7 887 027 ha k 31.12.2017) (Situční a výhledová zpráva půda, 2018).

Vodní plochy v ČR podle využití 2017



Obr. 3. Vodní plochy v ČR dle využití

(upraveno dle zdroje: <https://www.ceskovdatech.cz/clanek/111-vodni-plochy-v-cesku/>)

Z grafu na obr.3 je zřejmé, že dle využití zauímají největší plochu rybníky s celkovou plochou 53 052 ha a také koryta vodních toků přirozených nebo upravených s plochou 49 786 ha. Nejmenší plochu mají přírodní vodní nádrže, tedy 2 953 ha.

Dle okresů se nejvíce vodních ploch nachází v okrese Jindřichův Hradec, do kterého spadá známá Třeboňská pánev se svými rybníky o rozloze 13 298 ha, což v roce 2017 bylo 6,84 % rozlohy okresu. Naopak nejméně je to v okrese Brno-město se 451 ha, tedy 1,96 % celkové rozlohy (Horáček, 2018).

- Vodní toky

Základní síť říční sítě tvoří kolem 100 000 km přirozených vodních toků a 15 000 km umělých toků.

Českou republikou prochází hranice povodí významných evropských řek Labe, Odry a Dunaje. Jednotlivá území se rozdělují dle odtoku vody do Severního, Baltského nebo Černého moře. Většina našich toků pramení na našem území. Výjimku tvoří pouze Ohře, Dyje, Lužnice a Malše, které pramení mimo naše státní území (Eagri, 2010).

Páteřními toky v ČR jsou Labe (370 km) s Vltavou (433 km) v Čechách, Morava (272 km) s Dyjí (306 km) na jižní Moravě a Odra (135 km) s Opavou (131 km) na severu Moravy a ve Slezsku (Fakta o vodě v České republice, 2013).

Hlavní povodí Labe tvoří 2/3 území ČR, oblast o celkové rozloze téměř 50 tisíc km². Hlavní oblasti, kde pramení řeky v povodí Labe, jsou v okrajových částech ČR – na Šumavě, v Krušných horách, Jizerských horách, Krkonoších, Orlických horách a na Českomoravské vrchovině. Vltava, která pramení na Šumavě, je nejvodnatějším tokem.

Hlavní pramennou oblast povodí Moravy představují Jeseníky, Beskydy a bílé Karpaty, která odvádí vodu prostřednictvím Dunaje do Černého moře.

Nejmenší povodí je povodí Odry, které je zásobeno řekami Opava, Odra, Ostravice a Olše. Jmenované toky se stékají v oblasti Ostravy a okolí (Eagri, 2010).

- Jezera

Jezera a mokřady jsou přirozené zásobárny stojaté vody a mají velký význam při zadržování vody v krajině. Na území ČR se nachází 700 jezer přírodního i umělého původu. V uvedeném počtu nejsou započítány rybníky a přehradní nádrže. V ČR převládají jezera říčního původu a nachází se zde velmi málo jezer přírodního původu.

- Ledovcová jezera – na Šumavě leží Černé, Čertovo, Laka, Prášílské a Plešné. V Krkonoších se nachází Mechové jezírko.
- Říční jezera – vyskytují se hlavně podél toků Labe, Moravy, Dyje, Lužnice, Orlice a Odry. Nejrozšířenější typ přírodních jezer v České republice. Řada z nich je státem chráněna. Například národní přírodní rezervace Libický luh, Polanská niva, Křivé jezero, ...
- Rašelinná a slatinná jezera vznikají zadržením vody srážkové či podzemní v mělkých sníženinách. Nachází se skoro ve všech pohraničních pohořích ČR. Na Šumavě se jich vyskytuje asi 200 v komplexu rašelinišť Modravské slatě (3 615 ha).
- Krasová jezera – nejznámější se nachází na dně propasti Macocha v Moravském krasu.
- Antropogenní jezera – vznikají v souvislosti s těžbou nerostných surovin a mívají vyšší kvalitu vody. Některá takto vzniklá jezera byla vyhlášena přírodními památkami (Božkovské jezírko, Lom Chlum, Teletínský lom, aj.). (Eagri, 2010).

Pro zajímavost zmiňuji národní přírodní památku Odlezelské jezero, které je nejmladší jezero na území ČR a dokonce i v Evropě. Vzniklo sesuvem bezprostředně po mimořádných deštích v roce 1872 s dvouhodinovým srážkovým úhrnem až 237 mm (AOPK ČR).

- Rybníky

Na území našeho státu vznikaly již od středověku, kdy plnily převážně víceúčelový charakter (výroba energie, zadržování vody, zdroj pitné a užitkové vody s protipožární funkcí).

V současnosti se na území České republiky nachází více než 24 tisíc rybníků a malých vodních nádrží. Celková plocha činí kolem 52 000 ha. Rozloha většiny rybníků nepřesahuje 5 ha. Největší rybníky jsou soustředěny v jižních Čechách (tab.č.2). Roční produkce ryb z českých rybníků je 20 tisíc tun.

Tab. 1. Rozlohy rybníků v jižních Čechách (upraveno dle zdroje: <http://eagri.cz/public/web/putovani-vody/o-vode>)

Rybník	Rozloha (km ²)
--------	----------------------------

Rožmberk	4,89
Horusický	4,16
Bezdiv	3,94
Dvořiště	3,37
Velký Tisý	3,17

- Přehradní nádrže

Přehrady jsou vybudovány např. ze zeminy, kamene, betonu nebo jejich kombinací. V české republice je 118 přehrad. Přehrady jsou víceúčelové stavby, které zásobují pitnou vodou, využívají se k získávání elektrické energie, rekreaci, chovu ryb, ochraně před povodněmi, ...). Přehrada s největší nádrží je Orlik s celkovým objemem 716,5 mil. m³ (Eagri, 2010).

Podzemní a podpovrchová voda

Pod zemským povrchem, v zóně nasycení se přirozeně vyskytují podzemní vody zaplňující póry hornin.

Nad zónou nasycení, blízko zemskému povrchu se nalézá pásmo provzdušnění, ve kterém se vyskytuje půdní vlaha, která společně s podzemní vodou tvoří podpovrchovou vodu (Ruda, c2014). Pod zemským povrchem se nachází zhruba 97 % pevninské vody v kapalném stavu.

Podzemní voda v České republice se využívá jako zdroj pitné vody pro obyvatelstvo. Zásoby podzemní vody jsou rozloženy nerovnoměrně a většina našeho území trpí jejím nedostatkem. Nejvíce využitelné zdroje podzemní vody jsou v kotlinách vytvořených z usazených hornin např. pískovce, slínovce, jílovce, písky, jíly. Významné oblasti podzemních vod se vyskytují v severních a východních Čechách, v jihočeských pánvích a chebské kotlině.

V současnosti je největším problémem znečištění povrchových a podzemních vod vysokým obsahem dusičnanů. Horninové prostředí bývá znečištěno chemickými a ropnými látkami ze starších průmyslových podniků, letišť či vojenských objektů. Obě zmíněné kategorie znečišťujících látek se z části rozpouštějí v podzemní vodě, která je přemísťuje na větší vzdálenosti (Eagri, 2010).

3.2 Klima České republiky

Česká republika leží v oblasti mírného klimatického pásma severní polokoule. Průměrná roční teplota se pohybuje od 1,0 po 9,4 °C. Nejchladněji je v pohraničních horských oblastech. Nejvyšší teplotní průměry jsou v nížinách na jihovýchodě území a Polabí v nadmořských výškách kolem 200 m. Průměrné převládající teploty dle ročních období jsou rozdílné. U jarní a podzimní sezóny převládají plošně teploty v průměru kolem 7 až 8 °C. V létě se pohybuje teplota v rozmezí 16 až 17 °C. Průměrná roční teplota v zimě je -1 °C. Konkrétně Praha leží v oblasti, kde její tepelný ostrov zvyšuje průměrnou roční teplotu cca o 1 až 2 °C nad hodnoty odpovídající její geografické poloze (Bartoš, 2009).

Česká republika má rozlohu 78 866 km² a 10,3 milionů obyvatel. Leží na rozvodnici Severního, Baltského a Černého moře. Výška většiny území se pohybuje mezi 200 a 600 m. n. m. a průměrné roční srážky jsou 693 mm (Fakta o vodě v České republice, 2013).

Poloha evropského kontinentu je hlavní příčinou výrazné regionální proměnlivosti klimatu. Během posledního století se v Evropě zvýšila průměrná teplota o 1,2 °C a během posledních 25 let o 0,45 °C. Tyto hodnoty jsou o polovinu vyšší než globální změny teploty (Bartoš, 2009).

Výhled klimatu ČR v období 2010-2039

Trend zvýšení průměrných ročních teplot v ČR (0,24 °C/10 let) odpovídá globálním hodnotám i hodnotám uváděných pro Evropu (0,2 °C).

Zvýšení jarních a letních teplot bude nižší než zvýšení průměrných teplot na podzim a v zimě. Nižší trendy nárůstu teploty v teplé a vyšší trendy v chladné polovině roku naznačují, že se teplotní rozdíly mezi sezónami budou více vyrovnávat. Pravděpodobné je, že do konce třetího desetiletí tohoto století se budou průměrné roční teploty pohybovat na úrovni + 1,6 °C /rok.

Srážkové úhrny naznačují možnost mírného nárůstu ročních úhrnů v průměru o cca 4 % proti období 1961-1990. Vyšší v zimních a jarních měsících, nižší v letních a podzimních měsících. V období od května do října možnost poklesu srážkových úhrnů o 2 až 8 %. Lze očekávat, že srážkové úhrny se budou v roce 2030 pohybovat na úrovni – 3 % normálu 1961-1990 (Bartoš, 2009).

3.3 Povodně

Pojem povodeň je popsána ve vodním zákoně č. 254/2001 Sb. ve znění zákona č. 150/2011 Sb. jako přechodné výrazné zvýšení hladin vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody (Horáček, 2015). Oproti tomu záplavy, které jsou často zaměňovány právě s povodněmi, těmi se rozumí voda, která se šíří z jiných důvodů než povodeň. Jako příklad lze uvést škody vzniklé při silném dešti, když si voda najde odtok přes nemovitost, případně se na ní zadržuje. Z hlediska pojišťovnictví se jedná o dvě odlišné situace (Edpp, 2018).

Povodně představují rostoucí hrozbu na celém světě a mají vážné sociální a ekonomické dopady. Nedávné události extrémních srážek ve střední Evropě například upozorňovaly na zranitelnost osídlení a infrastruktur k povodním. Rozsáhlé letní povodně v roce 2016 zasáhly jižní Německo a sousední země vedly k peněžním ztrátám více než 2,6 miliardy eur. Je nutné zlepšení v oblasti povodňového řízení, včetně kvalitativního vyhodnocení stávající prognózy povodní a systémy včasného varování (Kumar Bhola et al., 2018).

3.3.1 Typy povodní na území ČR

Převážná většina povodní je způsobena nárůstem průtoku vody nad objem koryta ve větším úseku řeky. Menší lokální rozliv nad koryto řeky může být způsoben vlivem přehrazení nebo zúžení koryta řeky. Povodně převážně způsobují silné deště, tání sněhu a zahrazení koryta ledovou bariérou. Mezi tzv. "zvláštní povodně" lze zařadit povodně

vyvolané protržením přehrady, nádrže nebo ochranné hráze, které způsobují větší škody než při přirozeném rozlivu.

Většinu povodní vyskytujících se na našem území lze zařadit do jedné z následujících kategorií:

- Povodně z tání sněhu

Tyto povodně vznikají v zimním a jarním období, od prosince do dubna. Pokud při tání sněhu současně padá déšť, jedná se o tzv. smíšenou povodeň.

Rizikové faktory vzniku:

- Velké množství sněhu,
- zima bez výskytu dílčích tání,
- promrzlá půda pod sněhovou pokrývkou,
- oteplení s celodenní teplotou vzduchu nad bodem mrazu,
- silný vítr, vzdušná vlhkost a dešťové srážky v průběhu tání.

Touto kategorií povodní jsou ohroženy střední a velká povodí u Ohře, Cidliny nebo Lužnice, kde jsou malé výškové rozdíly terénu. Velké povodně tohoto typu byly zaznamenány například v letech 1784, 1845 a 1940. V roce 2000 na Jizeře a v roce 2006 na většině našeho území.

- Ledové povodně

Ledové povodně nastávají v období, kdy dochází k oteplení bezprostředně po silných mrazech, kdy se vytvořil ledový pokryv vodních toků. V důsledku tání sněhu dochází ke zvýšení průtoku dříve než k roztání ledové pokrývky. Ledy se rozlomí, začnou se pohybovat v korytě řeky a hromadí se na místech s mělkým dnem či v zúžení koryta, kde tvoří ledové bariéry (Brázdil, 2005). Tento proces je označován jako chod ledu nebo dřenice. I když jsou riziková místa známá a uvedena v povodňových plánech, tak nelze ledové bariéry předpovědět. V důsledku oteplení odpouštěním spodní teplé vody ze dna vodních nádrží se tento jev vyskytuje méně často. V roce 1929 a 1940 se vytvořila ledová povodeň ve Štěchovicích (Hlásná a předpovědní povodňová služba).

- Dešťové povodně

Dešťové povodně jsou vyvolány kapalnými srážkami. Bartoš (2009) uvedl, že podle způsobu vzniku, doby trvání a intenzity deště je lze rozdělit na povodně z trvalých srážek a povodně z přívalových srážek.

Dešťové povodně z trvalých srážek jsou vázány zpravidla na jedno až vícedenní trvalé srážky. Jedná se o intenzivní srážky, případně zesílené v horských oblastech. Ve většině případů jsou vázány na výskyt tzv. „srážkotvorné“ cyklóny v blízkosti nebo přímo na území České republiky či na její průchod. Z důvodu omezeného plošného rozsahu intenzivnějších srážek nepostihují nikdy současně celé území České republiky (Bartoš, 2009).

Půda se srážkami postupně nasytí a již není schopna zachycovat vodu. Vzápětí výrazně odtéká voda z krajiny. Velké riziko nastává v období, kdy vlastní povodni předcházelo vlhké období a půda byla již nasycena před silnými srážkami. Především

jsou ohroženy střední a velké řeky, které vylévají vodu z koryt, která zaplavuje rozsáhlé oblasti v okolí řek. Tyto povodně způsobily na našem území značné hospodářské škody. Lze zmínit například události z let 1997 na Moravě a v Čechách v roce 2002. Z časově vzdálenějších byly v roce 1897 na Labi, 1903 na Odře. Na Vltavě v letech 1118, 1432 a 1890 (Hlásná a předpovědní povodňová služba).

Studiem některých velkých povodní bylo zjištěno, že v některých případech bouřkové přívalové deště přecházejí v trvalé srážky a naopak. Trvalé srážky mohou být prokládány v některé části postiženého povodí přívalovými dešti (Bartoš, 2009).

- **Přívalové povodně**

Tyto povodně jsou příčinou krátkodobých a velmi intenzivních přívalových srážek. Často jsou nevhodně nazývané jako bleskové. Při této povodni může spadnout více než 100 mm srážek a to během velmi krátkého času 1 až 6 hodin. Přívalové srážky se objevují při letních bouřkách. Bleskový přísun vody nestačí půda vsáknout a tím odtéká po povrchu půdy. Voda proudí velmi rychle, často odnáší půdní materiál a má velkou ničivou sílu s následnými velkými škodami. Vzhledem k tomu, že jsou velmi neočekávané, nejvíce ohrožují lidské životy. Přívalové povodně se vyskytly například v roce 1872 na povodí dolní Berounky, v roce 1998 na Rychnovsku. V současném století postihly v roce 2006 povodí horní Dyje a v roce 2009 na Novojičínsku a v severních Čechách (Hlásná a předpovědní povodňová služba).

3.3.2 Synoptické příčiny povodní na území České republiky

Na našem území nejsou běžné čisté sněhové povodně bez vlivu dešťových srážek. Tento typ se vyskytuje pouze na menších tocích a hodnota kulminačního průtoku většinou nepřesáhne hodnotu pětiletého průtoku. V zimním a jarním období jsou vesměs smíšené povodně.

Společně se smíšenými povodněmi se mohou vyskytnout i ledové povodně, které je spíše předbíhají. Minimálně dochází k ledovým povodním bez smíšené povodně.

Smíšené povodně vyskytující se v období od prosince do března jsou nazývány jako povodně zimního typu. Velká většina dešťových povodní, které se objevují od dubna do října jsou označovány jako povodně letního typu.

3.3.2.1 Povodně zimního typu

Pro vznik smíšených povodní je nutná dostatečná zásoba vody ve sněhu a dost vysoké kladné teploty vzduchu pro jeho tání, trvající při oblevě alespoň 2 až 3 dny za sebou. Rostoucí rychlost větru při kladných hodnotách urychluje přenos tepla do vrstvy sněhu, a tím i její tání. Proces tání je závislý i na dešťových srážkách. Pomalu tající větší vrstva sněhu má brzdicí účinek na formování povodňových průtoků. Pohyby hlubokých cyklón severně od České republiky, kdy ve frontálních zónách přecházejí přes naše území atmosférické fronty a to opakovaně jsou v zimních a jarních měsících příznivé podmínky pro vypadávání vydatných dešťových srážek.

Výrazné oteplení společně s čerstvým větrem během období listopadu až března je synopticky podmíněná intenzivním přenosem teplejšího vzduchu z oblasti Atlantského oceánu na jižní straně cyklón.

Synoptické situace před povodní jsou nejvíce reprezentativní pro tři až jeden den před dnem kulminace povodně.

3.3.2.2 Povodně letního typu

Povodně spojené s vydatnými srážkami na relativně velkém území se vyvíjejí v intervalu desítek hodin až několika dnů a geograficky ovlivňují poměrně velké oblasti. Bouřky mají krátké trvání a způsobují lokálně omezené extrémní srážky, při nichž dochází k rychlému odtoku velkého množství vody.

Vznik a vývoj dešťové povodně je ovlivněn i časoprostorovým rozložením srážek v povodí. Z tohoto pohledu jsou zvláště nebezpečné případy, kdy trvalé srážky během několika dní postupně zesilují. Důvodem je, že mimořádně velké srážkové úhrny vypadávají do již nasyceného povodí.

V případě povodní z přívalových dešťů nehraje předchozí nasycenost povodí takovou roli jako u trvalých srážek, kdy se na vzniku povodňových průtoků větší měrou podílí podpovrchový odtok (Bartoš, 2009).

3.3.3 Faktory ovlivňující povodeň

Příčinou vzniku povodně nemusí být vždy voda ze silného deště či tání sněhu. Hydrologická situace v povodí také ovlivňuje vznik povodně. Záleží zejména na množství předchozích srážek, nakolik nasatily povodí, aby mohlo pojmout další vodu nebo zda tání sněhové pokrývky probíhá na zamrzlé půdě, která brání vsaku. Kromě počasí rozhoduje odtok ze spadlých srážek a retence či akumulace vody v jednotlivých složkách krajiny (Říční povodně, 2010).

3.3.3.1 Meteorologické faktory

- **Předběžné** – působí dny až měsíce před vznikem povodně. Do této skupiny lze zařadit nasycenost povodí, promrznutí půdy, výška sněhové pokrývky a její vodní hodnota.
- **Příčinné** – tyto faktory působí hodiny až dny před vznikem povodně. K těmto faktorům patří dešťové srážky, kladné teploty vzduchu při oblevách při existenci sněhové pokrývky, rychlost větru ovlivňující průběh tání sněhu.

3.3.3.2 Hydrologické faktory

- **Předběžné** – rozsah zaplnění koryt vodních toků před povodní, úplný stav ledových úkazů na tocích. Rozhodující vliv na vývoj povodní mají:
 - **intercepce** – padající srážky jsou zadržovány vegetací. Zadržování je ovlivněno druhem, hustotou a vývojovým stavem porostu. Pohyb vody na povrchu může být vegetací zpomalován a tím prodlužovat dobu možného vsaku.

- detence – lze popsat jako schopnost zpomalovat odtok ze spadlých srážek naplňováním depresí terénu, což může vést k dočasné akumulaci většího množství vody v rovinném než ve sklonitém terénu.
- infiltrace – voda se vsákne do půdních vrstev a zvodní podzemní vody. Vsak vody závisí na typu půdy, její mocnosti, pórovitosti, obsahu humusu a jejím nasycení vodou (Brázdil, 2005).
- objem říční sítě – koryta toků se plní množstvím vody vtlačené do přilehlých podpovrchových částí břehové zóny v důsledku hydrostatického tlaku, a objemu rozlivů do inundačních území podél toku.
- Příčinné – například následující faktory:
 - déletrvající a přívalové srážky
 - tání sněhu
 - ledové jevy na tocích (Langhammer, 2009)
 - seismická činnost – frekvence a velikost zemětřesení, tektonické charakteristiky, vyvolání pohybu země, zkapalnění základové půdy a pravděpodobnost zaplavení související se selháním hráze způsobenou zemětřesením (Risk analysis and uncertainty in flood damage reduction studies, c2000).
 - protržení jezer
 - protržení vodních inženýrských staveb
 - kombinace více příčin

3.3.3.3 Ovlivňující činitele

- Vodní díla a úpravy vodních toků – využívají se jako zdroje energie, dopravní cesty, pitné a užitkové vody i se snahou eliminovat účinky povodní.
 - Regulace, výrazné antropogenní ovlivnění hydrologického režimu krajiny, likvidace přirozených meandrů (napřímení vodních toků).
- Rychlý odvod vody z krajiny – např. likvidace přirozené zásoby vody, hlavně mokřadů, kácení lesů, přeměňování přirozené říční nivy v kulturní krajinu (Langhammer, 2009).

3.3.4 Předpověď povodní

V současnosti jsou k dispozici přesné údaje o průtocích ve vodních tocích a srážkách z mnoha měřicích stanic. Meteorologické a hydrologické modely nám pomáhají odhadnout budoucí vývoj počasí a odtoku. I tak není možné povodeň předpovědět naprosto přesně.

Procesy v atmosféře i na zemském povrchu jsou příliš složité a lze je těžko zcela vystihnout počítačovými programy. Schopnost předpovědi průtoků v řekách se liší v různých situacích a při různých typech povodní.

Hlásná a předpovědní služba ČHMÚ (HPPS) zajišťuje monitorování aktuální situace povodí, přípravu hydrologických předpovědí. Obě služby vydávají pravidelné zprávy a výstrahy v případě hrozící povodně. Tyto úkoly jsou řešeny hydrology na regionálních

předpovědních pracovištích ČHMÚ. Téměř všechny výstupy HPPS jsou k dispozici veřejnosti prostřednictvím médií a internetu.

3.3.4.1 Hlásná povodňová služba

Informace o nebezpečí, průběhu a vývoji povodně pro povodňové orgány zabezpečuje Hlásná povodňová služba dle Vodního zákona (254/2001 Sb, § 73). Tato služba je organizována povodňovými orgány obcí a obcí s rozšířenou působností. Jedná se o systém předávání dat týkající se vývoje povodní mezi obcemi a dalšími účastníky ochrany před povodněmi. Informace se předávají podél vodního toku do níže ležících lokalit a směrem k nadřízeným povodňovým orgánům. Hlásnou povodňovou službu doplňují zejména ČHMÚ a státní podniky Povodí, kteří provozují vodoměrné profily.

3.3.4.2 Předpovědní povodňová služba

Tato služba informuje povodňové orgány a obyvatelstvo o možnosti vzniku povodňové situace. Služba je zabezpečována Českým hydrometeorologickým ústavem, který vydává výstrahy před povodňovými jevy, intenzivními srážkami a bouřkami. Dále vydává předpovědi vodních stavů a průtoků ve vybraných profilech v celé ČR v rámci předpovědní povodňové služby. Během povodně jsou Českým hydrometeorologickým ústavem vydávány informační zprávy o aktuální situaci v zasažených povodí (Hlásná a předpovědní povodňová služba).

3.3.5 Stupně povodňové aktivity

Stupně povodňové aktivity (SPA) vyjadřují míru povodňového nebezpečí. Pro přirozené povodně jsou vázány na směrodatné limity, ze kterých lze jmenovat např. vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na vodních tocích. Popřípadě jsou vázány na mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu jako je denní úhrn srážek, hladina vody v nádrži, vznik ledových zácp, chod ledu, apod.). Úrovně SPA jsou stanoveny většinou v cm vodního stavu, výjimečně v hodnotě průtoku (m^3/s).

Hodnoty úrovní jednotlivých SPA navrhuje správci toku (státní podniky Povodí nebo ČHMÚ). Jejich platnost pak schvaluje a vyhláší Krajský úřad.

1. stupeň povodňové aktivity se nazývá bdělost – průtok dosahuje nadprůměrných hodnot, ale voda ještě zůstává v korytě. Tento stav nastává při nebezpečí přirozené povodně nebo vydáním výstražné informace ČHMÚ. Očekávaná situace je charakterizována patřičným stupněm povodňové aktivity včetně vymezené oblasti nebo vodního toku, na kterých nebezpečí povodně platí. Stav bdělosti zaniká pominou-li příčiny takového nebezpečí.
2. stupeň povodňové aktivity vyhláší příslušný povodňový orgán v případě kdy nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň. Voda již vystupuje z koryta a začíná zaplavovat přilehlá území. Voda zaplavuje jen louky, pastviny, příbřežní vegetaci, a ještě nepůsobí téměř žádné škody. Aktivují se povodňové komise a provádějí se aktivity pro zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu.

3. stupeň povodňové aktivity – při zaplavování již vznikají škody např. u obytných domů, průmyslových areálů, významných dopravních spojnic apod. Provádějí se zabezpečovací práce, záchranné práce a evakuace dle podkladů povodňového plánu.

Při katastrofálních povodních může být vyhlášen krizový stav, a to v případě, kdy již nelze povodeň zvládat běžnými prostředky. Řízení přebírají krizové štáby s většími pravomocemi např. s využitím armády (Hlásná povodňová služba).

3.4 Sucho

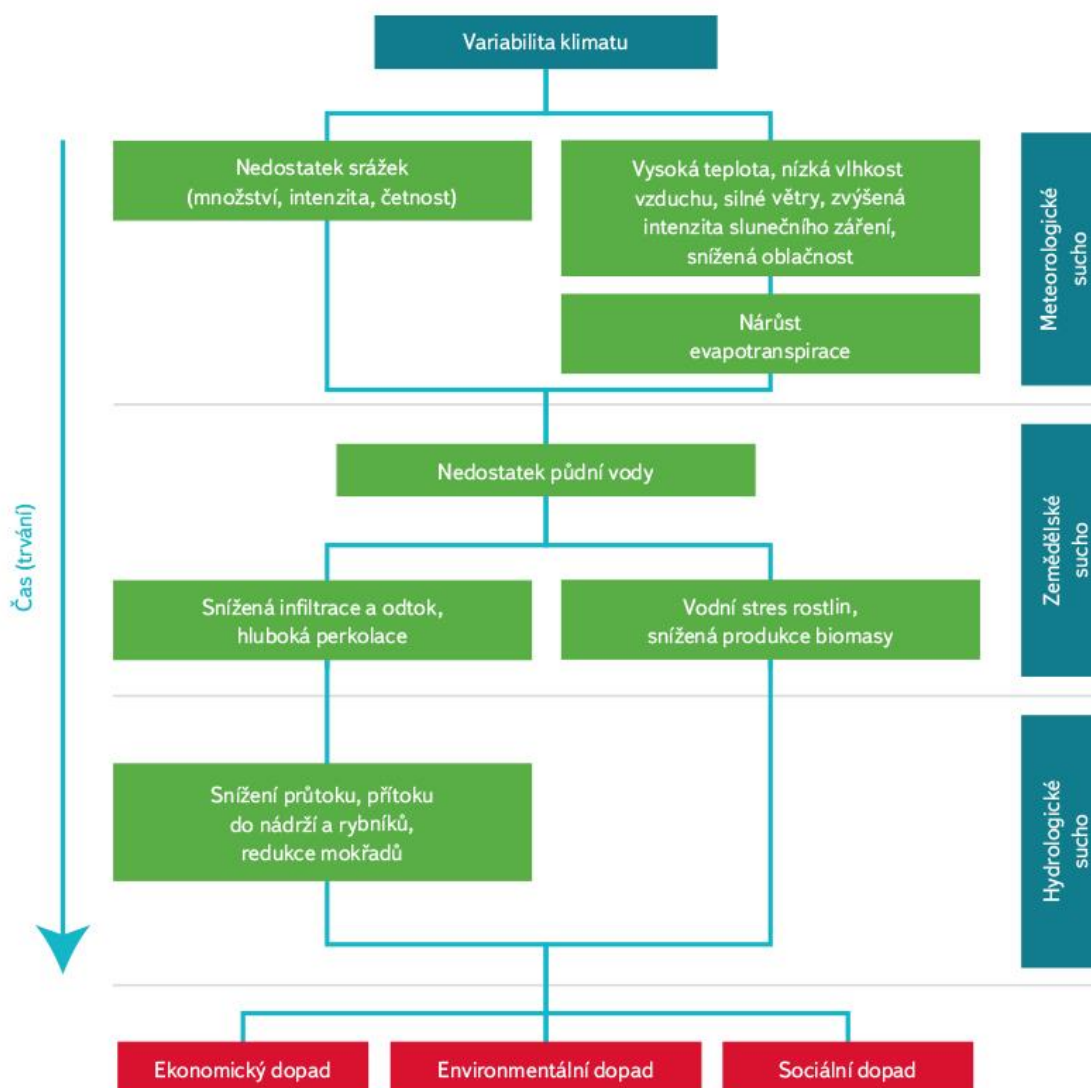
Sucho lze definovat jako zápornou odchylku vodní bilance od normálu v daném regionu v určitém časovém intervalu. Za příčinu sucha lze považovat nedostatek srážek za určitou dobu. Další jevy, které mohou přispět k prohloubení důsledků sucha, jsou vyšší teplota vzduchu, intenzivnější sluneční záření, nízká relativní vlhkost či evapotranspirace (Brázdil & Trnka, 2015). Sucho je výsledkem složité interakce mezi meteorologickými anomáliemi, povrchovými procesy v půdě, přítoky, odtoky, změnami zásob a člověkem (Van Loon et al., 2016).

Sucho je nepravidelný jev a obtížná je i jeho prognóza. Výskyt a vývoj sucha lze odhadovat na základě operativních informací o počasí a vyhodnocení aktuální bilance vody v krajině (Sucho).

V meteorologickém slovníku výkladovém a terminologickém je pojem „sucho“ definován následovně: „Sucho je velmi neurčitý, avšak v meteorologii často užívaný pojem, který v zásadě znamená nedostatek vody v půdě, rostlinách nebo v atmosféře“ (Meteorologický slovník výkladový terminologický, 1993).

Od pojmu sucha je nutné odlišit pojem nedostatek vody, který je uměle vyvolaný jev. Jedná se o nerovnováhu, která vzniká v souvislosti s vyšší spotřebou vodních zdrojů, než umožňuje jejich přirozená obnovitelnost. Za nedostatek vody lze považovat i její znečištění, které znemožňuje její využití.

Na obr. 4 je znázorněn proces propagace sucha, které se projevuje v dalších částech hydrologického cyklu v závislosti na jeho trvání.



Obr. 4. Propagace sucha v jednotlivých částech hydrologického cyklu
(zdroj: <https://www.vtei.cz/2018/10/hamr-online-system-pro-zvladani-sucha-operativni-rizeni-behem-suche-epizody/>)

V souvislosti s tím, jaká část hydrologického cyklu je suchem postižena, je možno rozlišovat meteorologické sucho, zemědělské (půdní) sucho, hydrologické sucho a socioekonomické sucho (Koncepte na ochranu před následky sucha pro území České republiky, 2017).

3.4.1 Kategorie sucha

Na základě časového měřítká a důsledků je sucho členěno do čtyř kategorií na sucho hydrologické, meteorologické, zemědělské a socioekonomické (Brázdil & Trnka, 2015). Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) rozlišuje sucho na klimatické, půdní a hydrologické (Sucho).

3.4.1.1 Meteorologické sucho

Sucho meteorologické se nejčastěji projevuje výskytem suchého nebo vyprahlého období. Zmíněná kategorie je nejčastěji definována časovými a prostorovými srážkovými poměry.

Množství a intenzita srážek v porovnání s dlouhodobými srážkovými normály pro konkrétní oblast a roční dobu. Určuje se pomocí klimatických indexů a je závislé na meteorologických prvcích jako např. na výparu, teplotě vzduchu, rychlosti větru a vlhkosti vzduchu (Rožnovský et al., 2012).

3.4.1.2 Klimatické sucho

K definici klimatického sucha je používán pojem deficit atmosférických srážek. Na počátku je meteorologické sucho, za nímž mohou následovat další typy s menším či větším zpožděním. Využívá se k porovnání srážkových poměrů aktuálního období k období dlouhodobému za časové období. Srážkový deficit je dobré chápat jako záporný rozdíl mezi množstvím aktuálně spadlých srážek a dlouhodobým průměrem za určité časové období. V rámci zhodnocení klimatického sucha je nutno zohledňovat velikost zmíněného deficitu včetně časového rozložení srážek v příslušném období. Identifikace je tedy závislá na srovnávací analýze hodnot konkrétních klimatických prvků dosažených v aktuálním období a v dlouhodobém průměru (Sucho).

3.4.1.3 Hydrologické sucho

Je definováno pro povrchové tekoucí vody a podzemní vody. Sucho hydrologické je dáno součtem za sebou jdoucích dní, týdnů, měsíců i roků s relativně nízkými průtoky. Opět se jedná o porovnání s dlouhodobými měsíčními či ročními normály. Vlivem zpomalujících účinků se objevuje i v době dávno odeznělého meteorologického sucha. Při výskytu meteorologického sucha se naopak ještě nemusí projevovat (Rožnovský et al., 2012).

3.4.1.4 Půdní sucho

Půdní sucho je základem pro vznik sucha zemědělského. Jedná se o nedostatek vody v kořenové vrstvě půdního profilu, který způsobuje poruchy ve vodním režimu plodin i rostlin. Půdnímu suchu předchází sucho klimatické, případně mohou trvat současně. V závislosti na vývojové fázi rostlin, nárocích na vodu, na stáří rostliny jsou účinky půdního sucha u jednotlivých druhů rostlin odlišné. Vlhkost půdy je závislá na množství, intenzitě a časovém rozložení srážek. K dalším podmínkám ovlivňující vlhkost půdy je výpar a vlastnost půdy, což se vyjadřuje hydrolimity v hydrologii. Půdní vlhkost se měří přímo a naměřené údaje je nutné doplňovat hodnotami vypočtenými modelově (Sucho).

3.4.1.5 Zemědělské sucho

Zemědělské sucho lze zjednodušeně označit jako „projekce“ půdního sucha do zemědělské praxe. Jeho intenzita a následky jsou ovlivňovány kromě nedostatku vody ve svrchních částech půdního horizontu dalšími faktory biologickými, technickými i ekonomickými. Z biologických faktorů lze jmenovat momentální stav porostů, odolnost jednotlivých odrůd vůči suchu. K technickým patří například způsob zpracování půdy a úroveň zemědělských strojů. Využití závlah lze zařadit k ekonomickým (Sucho).

3.4.1.6 Socioekonomické sucho

Výskyt sucha, které je označováno jako socioekonomické, negativně ovlivňuje celou společnost. S negativním vlivem nedostatku vody se lze setkat v turistickém ruchu, průmyslové produkci, produkci elektrické energie, nedostatku pitné vody (Brázdil & Trnka, 2015).

3.4.2 Monitoring sucha v ČR

Integrovaný systém používaný v ČR je zaměřován na meteorologické a zemědělské sucho. Je používán s ohledem na častější výskyt a ekonomické dopady pro ČR a také proto, že jsou nutným předpokladem kategorií hydrologického a socioekonomického sucha.

Monitoring sucha kombinuje výsledky pozemních měření, dynamický model vodní bilance a metody dálkového průzkumu Země (Jak sucho monitorujeme, 2012).

Cílem monitoringu sucha je být nápomocen českým zemědělcům, zahradníkům či lesníkům. Poskytovat oporu na úrovni zemědělské prvovýroby, podnikání, politiky, ale i vzdělání. Integrovaný systém pro sledování sucha společně provozují Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Mendelova univerzita v Brně a Státní pozemkový úřad. Monitoring sucha vychází ze 3 základních pilířů:

- Půdní vlhkost (první pilíř)

V rámci monitoringu jsou využívány nejmodernější přístupy pro výpočet obsahu půdní vláhy do hloubky 1 m. Zmíněná vrstva je ještě rozdělena do vrstvy povrchové 0-0,40 m a podpovrchové 0,40-1,00 m. Obsah půdní vláhy v daném pixelu je porovnán s jejím 50letým dlouhodobým průměrem (1961-2010) a na základě toho je stanoven stupeň intenzity sucha. Hodnoty jsou stanovovány pro každý den a vyjádřeny v jednoduché 7stupňové barevné škále.

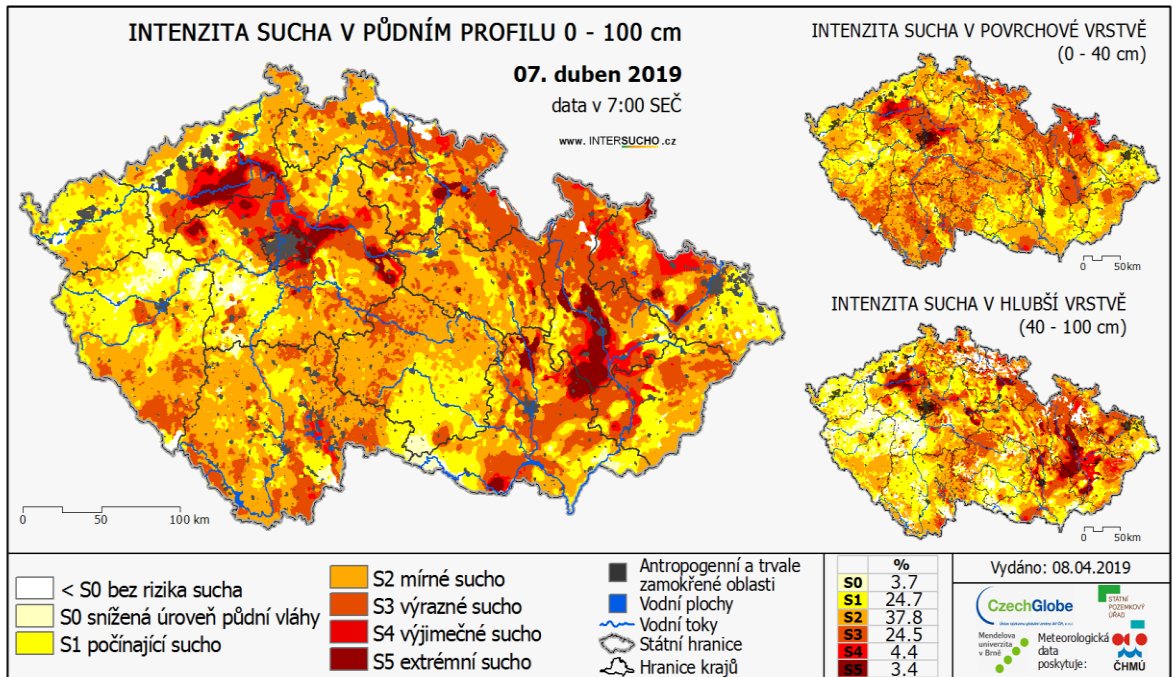
- Satelit (druhý pilíř)

Pomocí satelitních snímků jsou stanovované vegetační indexy. Umožňují popsat a zhodnotit tzv. kondici vegetace a odráží ostatní stresy jako nedostatek živin, choroby, napadení škůdci či náhlé změny vegetace.

- Předpověď sucha (třetí pilíř)

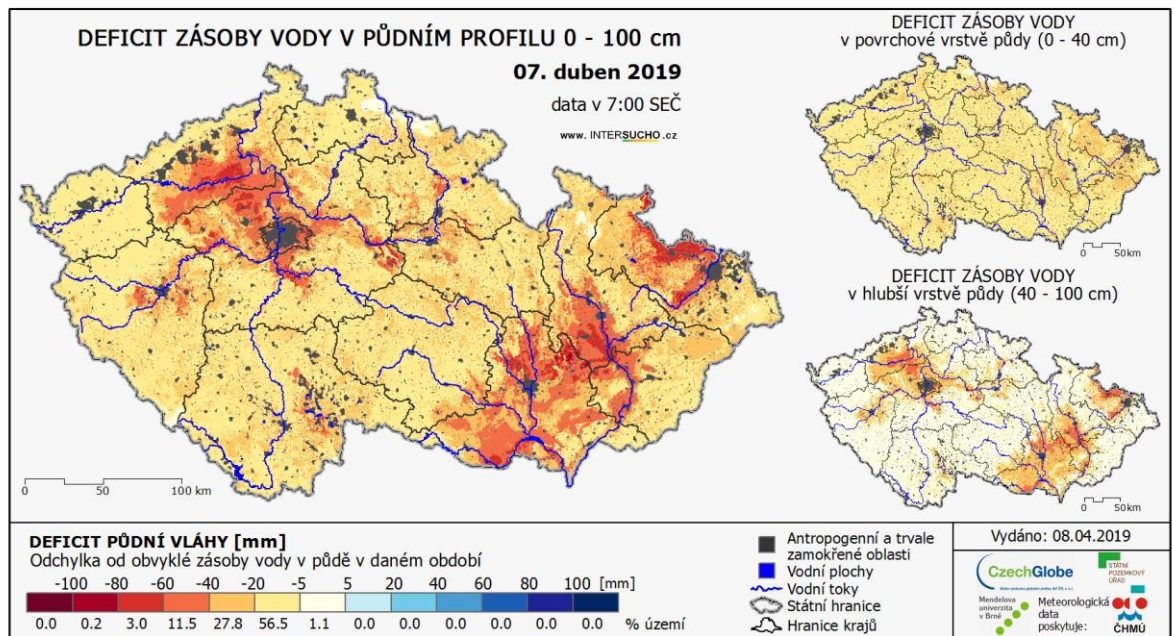
Je zaměřen na předpověď sucha a agrometeorologických parametrů (viz 3.4.3) (Integrovaný systém sledování sucha, 2017).

Portál InterSucho přináší několik typů informací o suchu a jeho dopadech, které je třeba vyhodnocovat ve vzájemných souvislostech. Výsledné mapové produkty projektu InterSucho zahrnují intenzitu sucha v půdním profilu (intenzita z aktuálního data na obr. 5), deficit půdní vláhy (aktuální data na obr. 6), na obr. 7 je relativní nasycení půdy, na obr. 8 je zobrazena relativní kondice polních plodin a travních porostů, na obr. 9 jsou dopady na vegetaci a na obr. 10 je mapa kumulovaného stresu opět z aktuálního data.

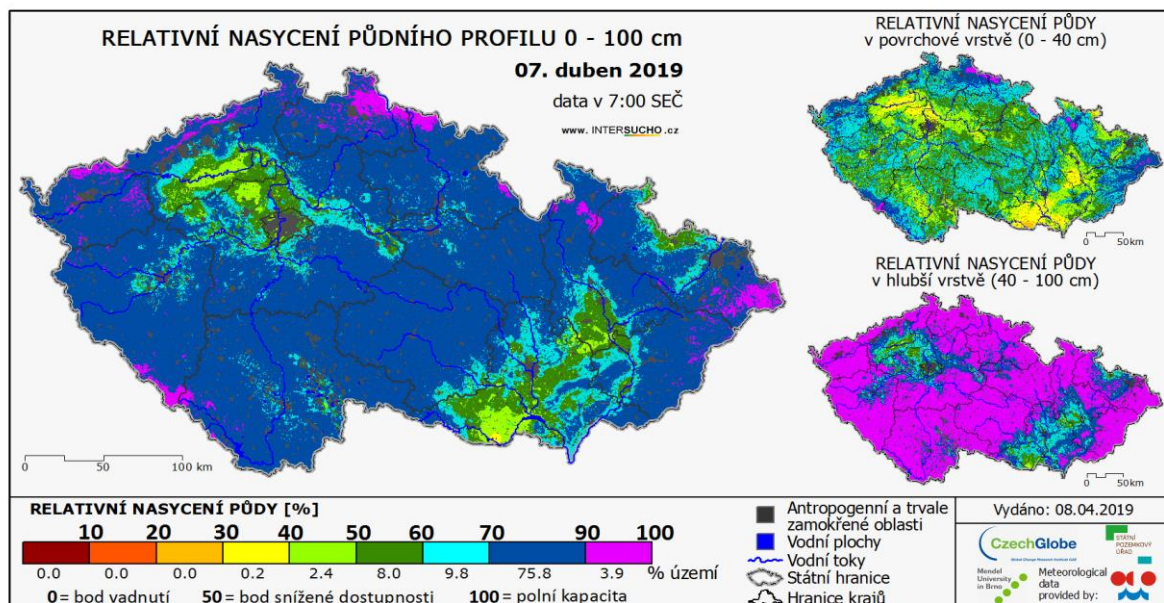


Obr. 5. Mapa intenzity sucha v půdním profilu
 (zdroj: <https://www.intersucho.cz/cz/?from=2019-03-16&to=2019-04-13¤t=2019-04-07>)

Na obr. 5 je vidět, že zemědělsky nebezpečný extrém sucha stále pokračuje. V povrchové i hlubší vrstvě deficit půdní vláhy i nadále zasahuje většinu území (obr. 6). Informace odrážejí v období od neděle 31.3.2019 do neděle 7.4.2019 (Jak sucho monitorujeme, 2012).

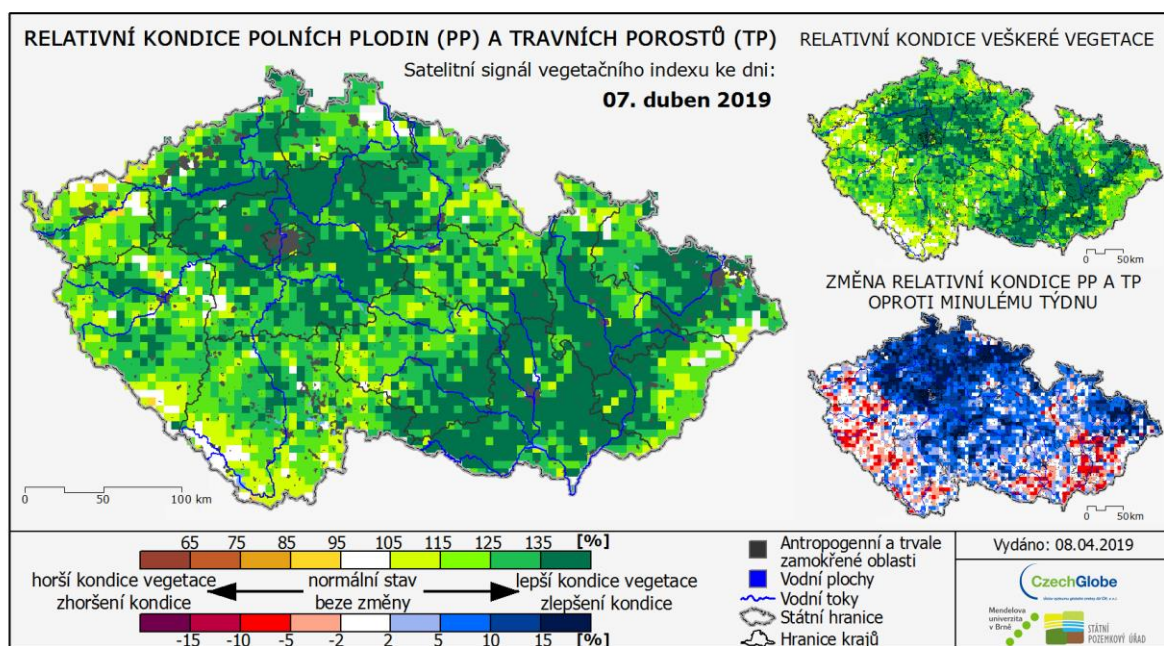


Obr. 6. Deficit půdní vláhy
 (zdroj: <https://www.intersucho.cz/cz/?map=8&from=2019-03-16&to=2019-04-13¤t=2019-04-07>)

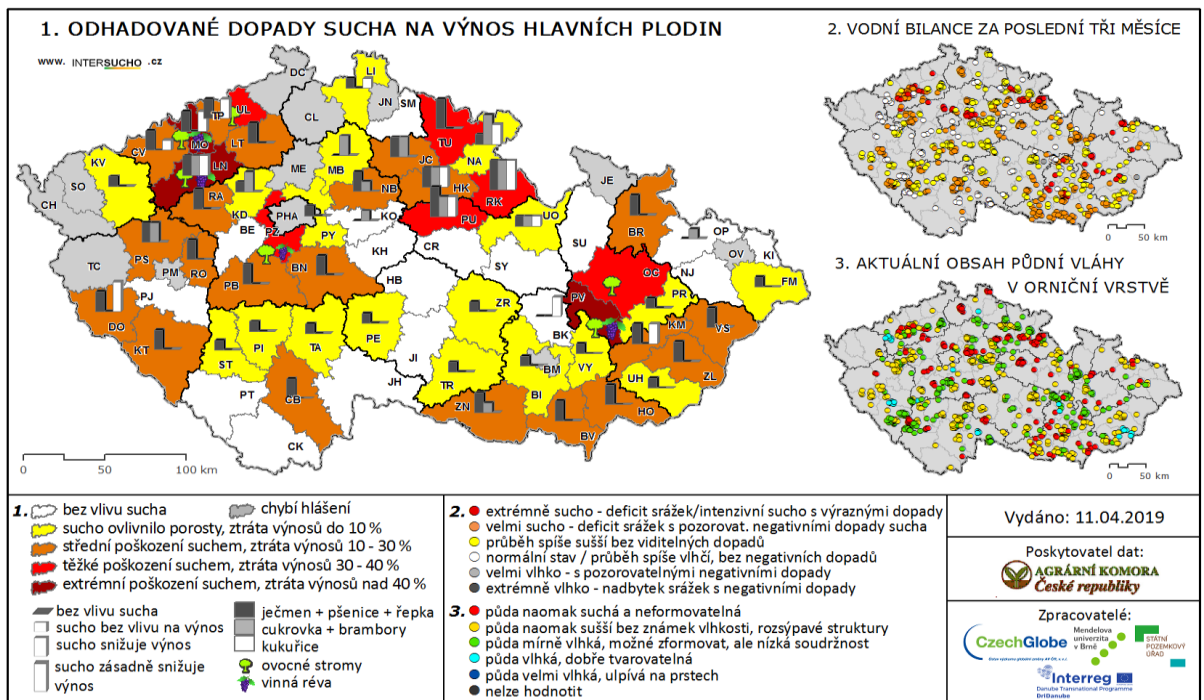


Obr. 7. Relativní nasycení půdy
 (zdroj: <https://www.intersucho.cz/cz/?map=1&from=2019-03-16&to=2019-04-13¤t=2019-04-07>)

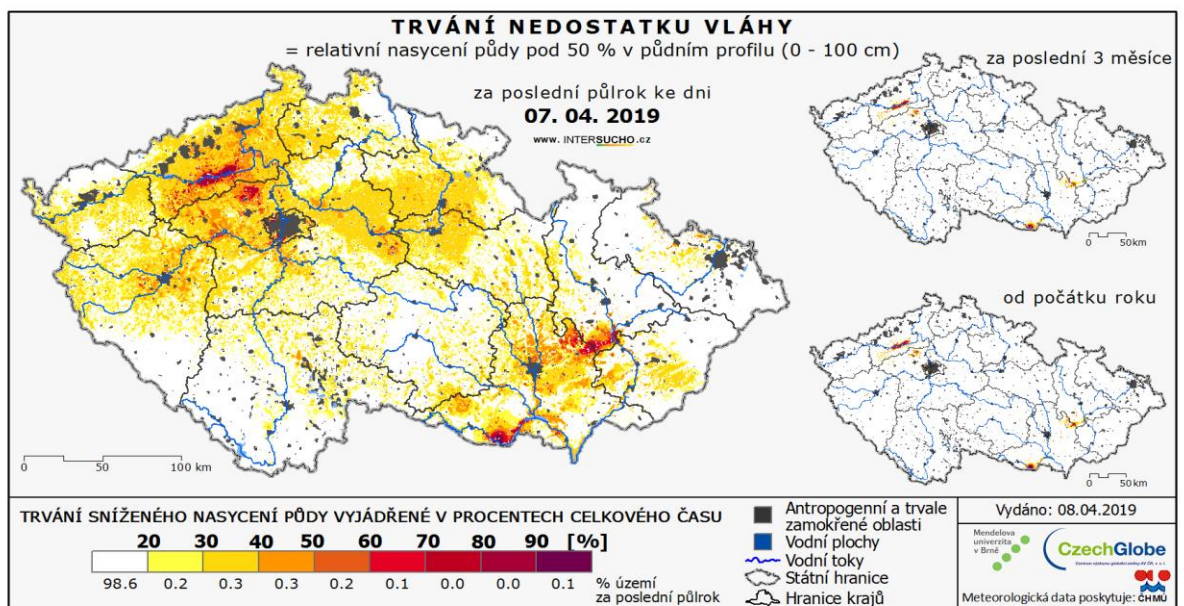
Mapu relativní kondice vegetace (obr.8) je třeba hodnotit jako doklad časného začátku vegetační zóny, což je odrazem relativně teplého průběhu zimy a jara. Tento stav nelze prozatím spojovat s dopady sucha nebo naopak dobrým vláhovým zásobením. Tuto relativně pozitivní zprávu je nutné vnímat v souladu s dlouhodobou předpovědí, která ukazuje, že bez nadprůměrných srážek může nastat v řadě oblastí nedostatek vláhy pro plodiny výrazně dříve než obvykle a současně, že časně vyvíjející se vegetace je zranitelná výskytem pozdních mrazů (Jak sucho monitorujeme, 2012).



Obr. 8. Relativní kondice polních plodin a travních porostů
 (zdroj: <https://www.intersucho.cz/cz/?map=2&from=2019-03-16&to=2019-04-13¤t=2019-04-07>)



Obr. 9. Odhadované dopady sucha na výnos hlavních plodin
(zdroj: <https://www.intersucho.cz/?map=3&from=2019-03-16&to=2019-04-13¤t=2019-04-11>)

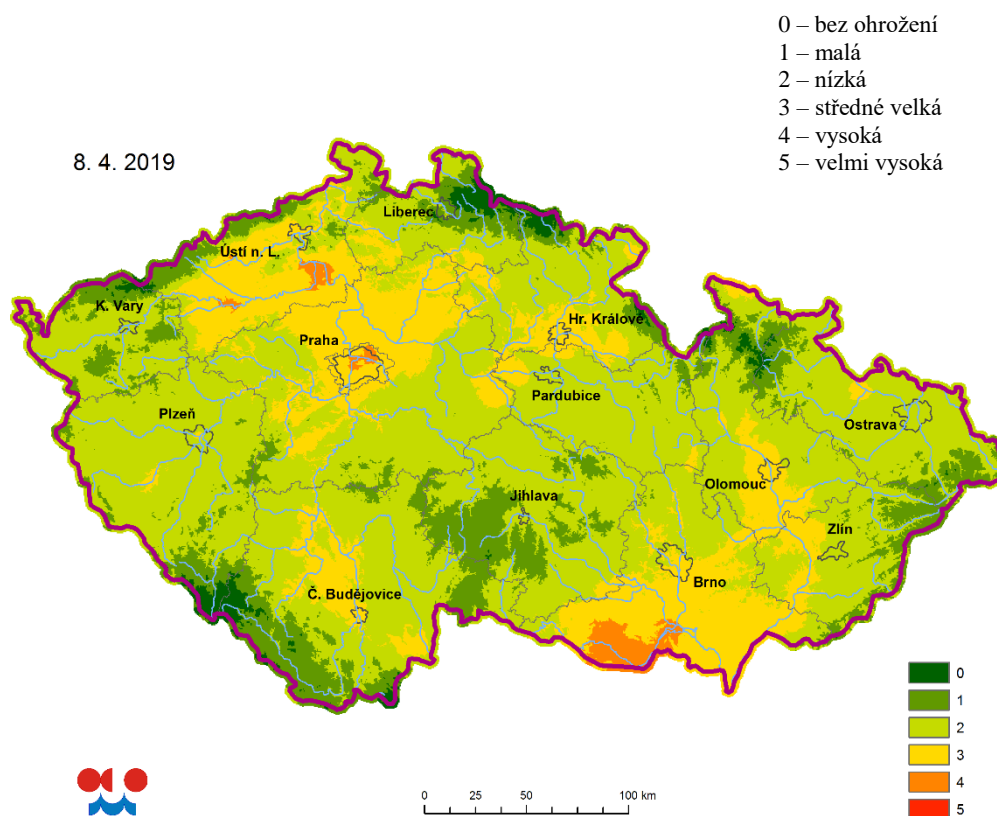


Obr. 10. Kumulovaný stres
(zdroj: <https://www.intersucho.cz/?map=6&from=2019-03-16&to=2019-04-13¤t=2019-04-07>)

Monitoring sucha na portále ČHMÚ zahrnuje mapové výstupy pro meteorologické sucho a půdní sucho, a pro hydrologické sucho. Pod jednotlivými typy sucha můžeme nalézt např. následující vyhodnocení sucha:

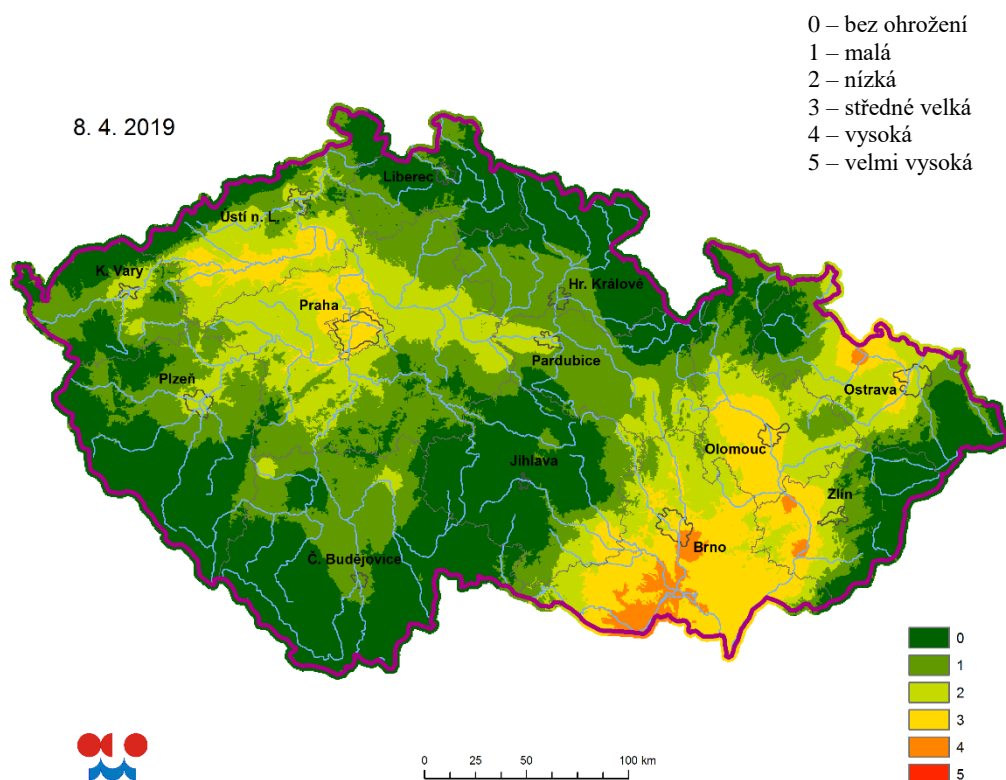
- Meteorologické sucho
 - ohrožení meteorologickým a půdním suchem
 - kategorie sucha podle indexu

- suma srážek v mm od 1.1.2019 vztažené k dlouhodobému průměru 1961-2010
 - rozdíl sumy srážek a potenciální evapotranspirace v mm od 1.1.2019 vztažené k dlouhodobému průměru 1961-2010
- Půdní sucho
 - míra ohrožení půdním suchem ve vrstvě 0-40 cm a ve vrstvě 0-100 cm (obr. 10 a 11 výstup ze dne 8.4. 2019)
 - modelová vlhkost půdy pod travním porostem ve vrstvě 0-20 cm
 - Hydrologické sucho
 - průtoky – aktuální stav
 - průtoky – vyhodnocení vodnosti
 - podzemní vody
 - mělké vrty
 - množství vody ve sněhové pokrývce... (Český hydrometeorologický ústav)



Obr. 11. Míra ohrožení půdním suchem ve vrstvě 0-40 cm
 (zdroj: http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#Pudni_sucho)

Když se porovnájí vyhodnocení půdního sucha v jednotlivých vrstvách z obr.5, 11 a 12, je zřejmé, že ČHMÚ a InterSucho využívají odlišný systém a stupnice vyhodnocení sucha.



Obr. 12. Míra ohrožení půdním suchem ve vrstvě 0-100 cm
(zdroj: http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#Pudni_sucho)

3.4.3 Předpověď intenzity sucha v ČR

V rámci projektu InterSucho se intenzita sucha předpovídá na následujících 9 dní a opírá se o 5 předpovědních modelů:

- IFS Evropského centra pro střednědobou předpověď,
- model GFS Amerického centra pro výzkum atmosféry,
- model GEM Kanadského meteorologického centra,
- model UK Global britské meteorologické služby a
- ARPEGE model francouzské meteorologické služby.

Všech pět modelů je používáno pro předpověď počasí meteorologickými službami nejen ČR, ale i řady jiných států. Dlouhodobá prognóza na 1 a 2 měsíce pak vychází ze statistické pravděpodobnosti vývoje vláhových poměrů v půdě na území ČR během nejbližších 8 týdnů. Vychází se z analýzy současného stavu a pozorovaného průběhu počasí mezi léty 1961-2015 (Jak sucho monitorujeme, 2012).

3.4.4 Příčiny sucha

Sucho přichází zprvu nepozorováno a pomalu se dostává do hlubších struktur zemského povrchu. Obvykle postihuje mnohem rozsáhlejší území než ostatní přírodní katastrofy. Sucho jako pojem je potřeba významem odlišit od pojmu aridita. Rozdílné pro tyto pojmy je časové i prostorové měřítko. Sucho se vyznačuje přechodným stavem na rozdíl od aridity, kterou lze

popsat stálým, suchým klimatem, kde nedostatek vody není výjimečný. V aridní oblasti je sucho běžné s nízkými průměrnými srážkovými úhrny a zpravidla vysokými teplotami (Bartoš, 2009). Deficit srážkových úhrnů vede k poklesu půdní vlhkosti, ke snížení povrchového a podpovrchového odtoku. Dojde k poklesu dotace zásob podzemní vody a následně ke snížení velikosti průtoků ve vodních tocích (Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky, 2017).

Sucho představuje výsledek působení kombinace meteorologických, fyzikálních a antropogenních faktorů. Hlavní meteorologické příčiny sucha jsou především atmosférická cirkulace vzduchu, nedostatek srážek a v neposlední řadě teplota a evapotranspirace. Primární příčinou je nedostatek dešťových srážek, zejména jejich načasování, rozdělení a intenzita nedostatku v souvislosti k retenci a využívání vody. Teplota a evapotranspirace mohou v kombinaci s dešťovými srážkami zhoršit závažnost a trvání negativní události. Dešťové srážky a teplota jsou řízeny atmosférickou cirkulací vzduchu. Mezi antropogenní a fyzikální faktory patří stupeň přirozené retence vody v povodí, socioekonomické faktory a kontrola poptávky po vodě (Estrela et al., 2001). Deficit vyvolaný činností člověka může být s dočasnými účinky anebo s trvalými. K příčinám dočasně vyvolaného sucha patří tzv. rabování vodního zdroje, kdy se odebírá více než je příroda schopna doplnit či špatným hospodařením s vodními zásobami atp. Nevratné, trvalé účinky jsou způsobeny rozsáhlým odlesňováním nebo totálním vyčerpáním vodního zdroje (Bartoš, 2009).

Dle Rožnovského (2014) musíme sucho vnímat jako přírodní proces, typický pro naše podnebí. V souvislosti s možnou změnou klimatu, stoupáním teploty vzduchu, může docházet ještě k častějšímu výskytu sucha a vyšším vláhovým deficitům. V důsledku by se naše podnebí stalo sušší. Zvýšil by se počet tropických dnů, kdy denní maxima překračují 30 °C. Při těchto teplotách dochází u rostlin ke snížení nebo zastavení fotosyntézy, k vysychání semen a plodů. Zvyšování teplot v průběhu vegetačního klidu, by způsobovalo lepší podmínky pro přezimování patogenů a škůdců, ale také vhodnější klima pro současné teplomilné druhy, které by se rozšiřovaly dále na sever. Docházelo by i ke snížení hladiny podzemní vody až vysychání mělčích mokřadů.

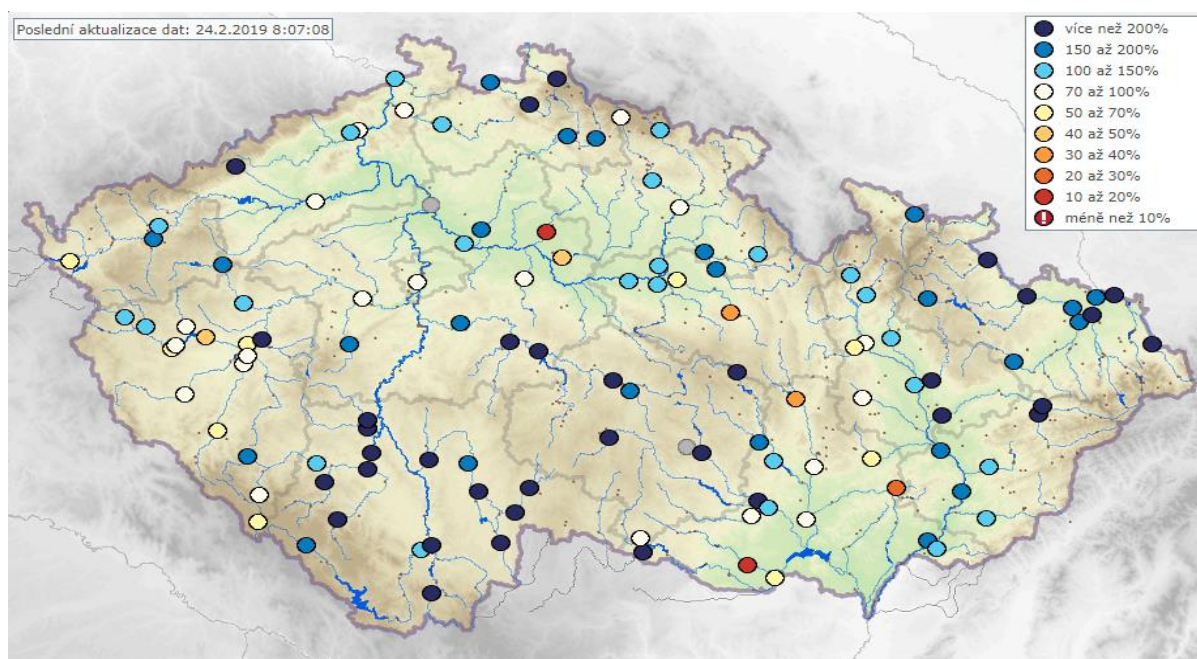
3.4.5 Hodnocení sucha

Tato subkapitola je věnována typům sucha, které lze operativně či preventivně ovlivnit. Konkrétně suchu hydrologickému, z půdního sucha zemědělskému a přeneseně socioekonomickému.

3.4.5.1 Hodnocení hydrologického sucha

Málo vodné období lze charakterizovat dosaženými minimy průtoků, dosaženými minimy průtoků z klouzavých průměrů, nedostatkovými objemy a jejich trváním, velikostí odchylky od normálu apod. Další indicií pro výskyt sucha může být významný pokles hladiny podzemních vod a vydatnosti pramenů.

Dle ČHMÚ je hydrologické sucho pro povrchové vody popsáno jako stav, kdy průtok klesne pod Q95. Vyhodnocení stavu sucha povrchových vod je popisováno pomocí pravděpodobnosti překročení průtoku (obr.13) (Návrh koncepce řešení krizové situace výskytu sucha a nedostatku vody v České republice, 2015). Symboly ukazují procentuální podíl průměrného denního průtoku naměřeného v posledních 24 hodinách k dlouhodobému průměrnému průtoku v daném kalendářním měsíci dle referenčního období 1981-2010 (Hlásná a předpovědní povodňová služba).

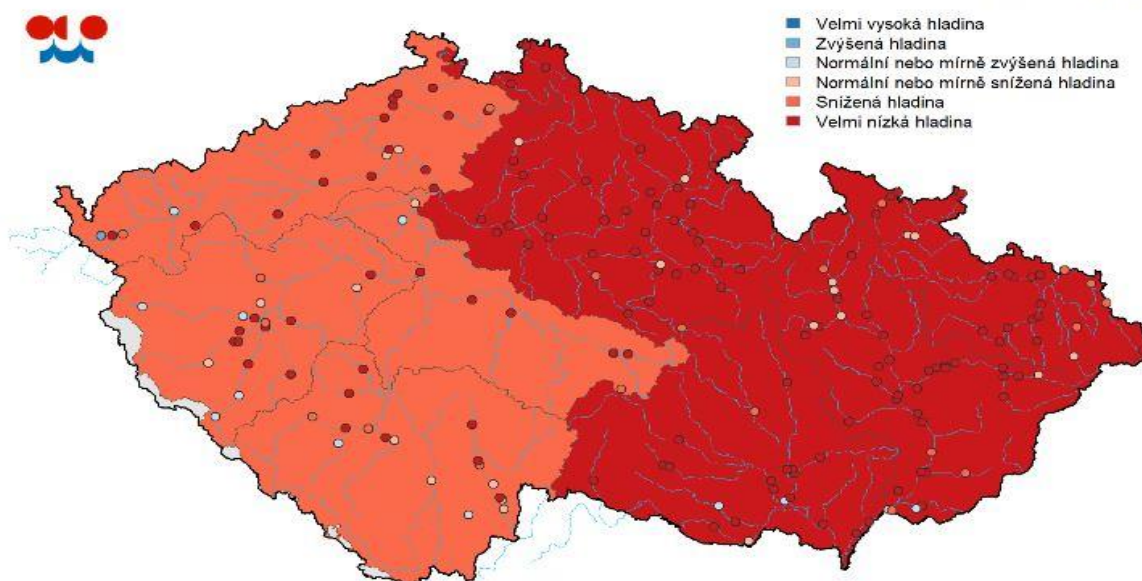


Obr. 13. Stav sucha u povrchových vod
(zdroj: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/vodnosti/vodnosti.html#priklad>)

Stav podzemních vod je hodnocen v hlásné síti mělkých vrtů podle pravděpodobnosti překročení hladiny ve vrtu vzhledem k příslušnému kalendářnímu měsíci. Referenční období pro stanovení závažnosti události je 1981-2010. Na základě stavu hladiny ve vrtech je rozlišováno mírné, silné a mimořádné sucho. Hodnocení je prováděno pro jednotlivé objekty a také souhrnně pro definované oblasti povodí (obr. 14). Využívá se indikátor SRI – aktuální stav sucha, a indikátor DMRI – celkový stav sucha.

Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech

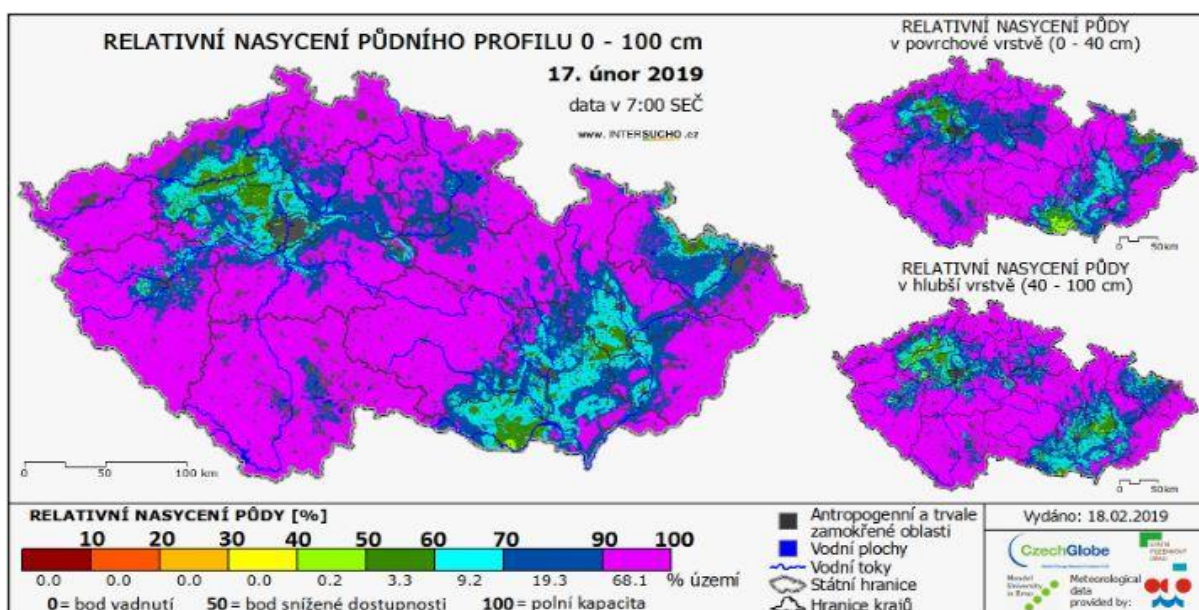
Prosinec 2018



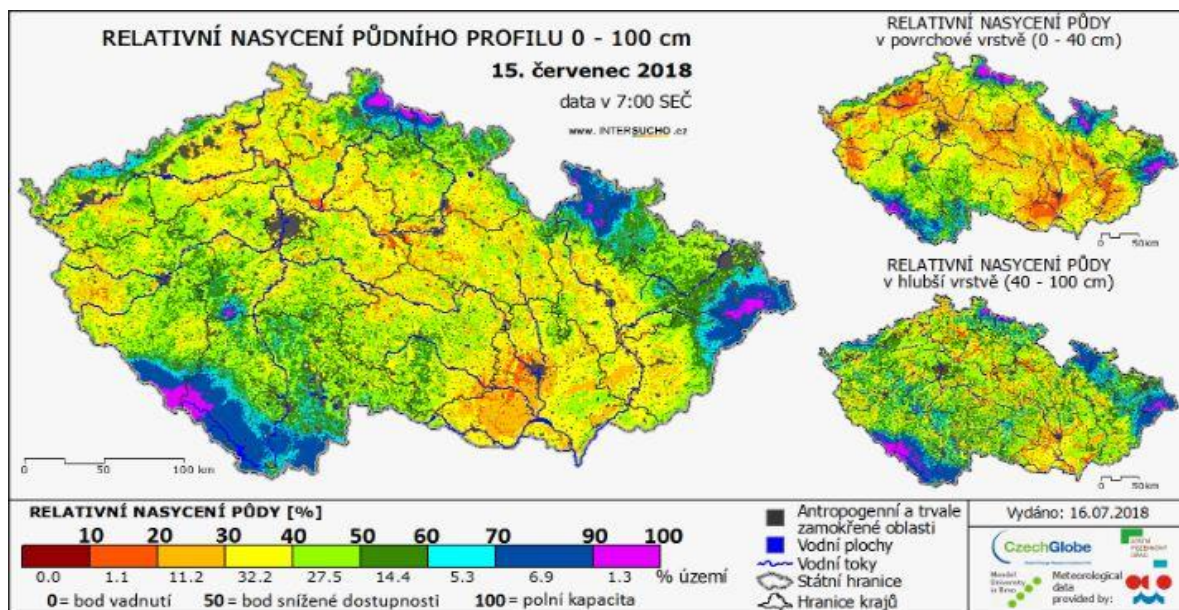
Obr. 14. Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech
(zdroj: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/hydrologicka-situace/stav-podzemnich-vod>)

3.4.5.2 Hodnocení půdního sucha

Základem pro hodnocení půdního sucha je stanovení indexů sucha jako množství zásoby půdní vody. Ve většině případů jsou indexy založené na odhadu dostupné půdní vláhky pro rostliny na základě hydrologické bilance společně s vybranými meteorologickými charakteristikami (např. sluneční záření, rychlost větru, teplota, evapotranspirace). Mapa na obr. 15 zobrazuje příklad nasycení půdy v profilu 0-40 cm, 40-100 cm a 0-100 cm v zimním období a na obr. 16 je mapa z letního měsíce.

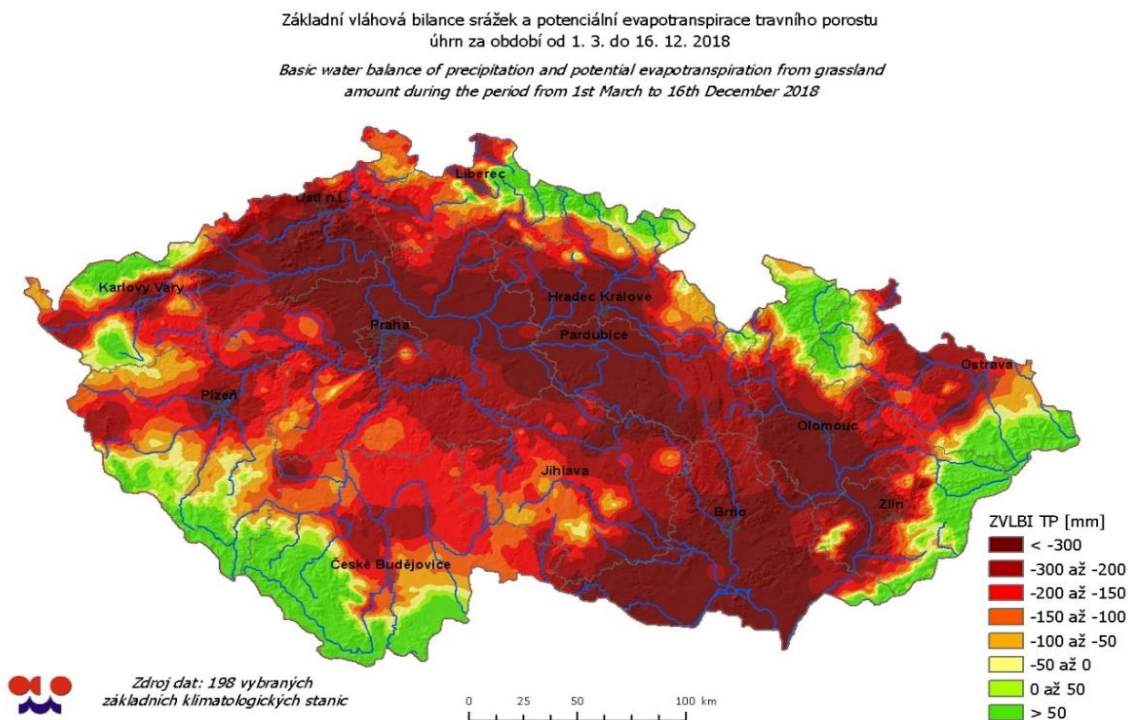


Obr. 15. Relativní nasycení půdního profilu v zimě
(zdroj: <https://www.intersucho.cz/?map=1&from=2019-03-16&to=2019-04-13¤t=2019-04-07>)



Obr. 16. Relativní nasycení půdního profilu v létě
 (zdroj: <https://www.intersucho.cz/cz/?map=1&from=2019-03-16&to=2019-04-13¤t=2019-04-07>)

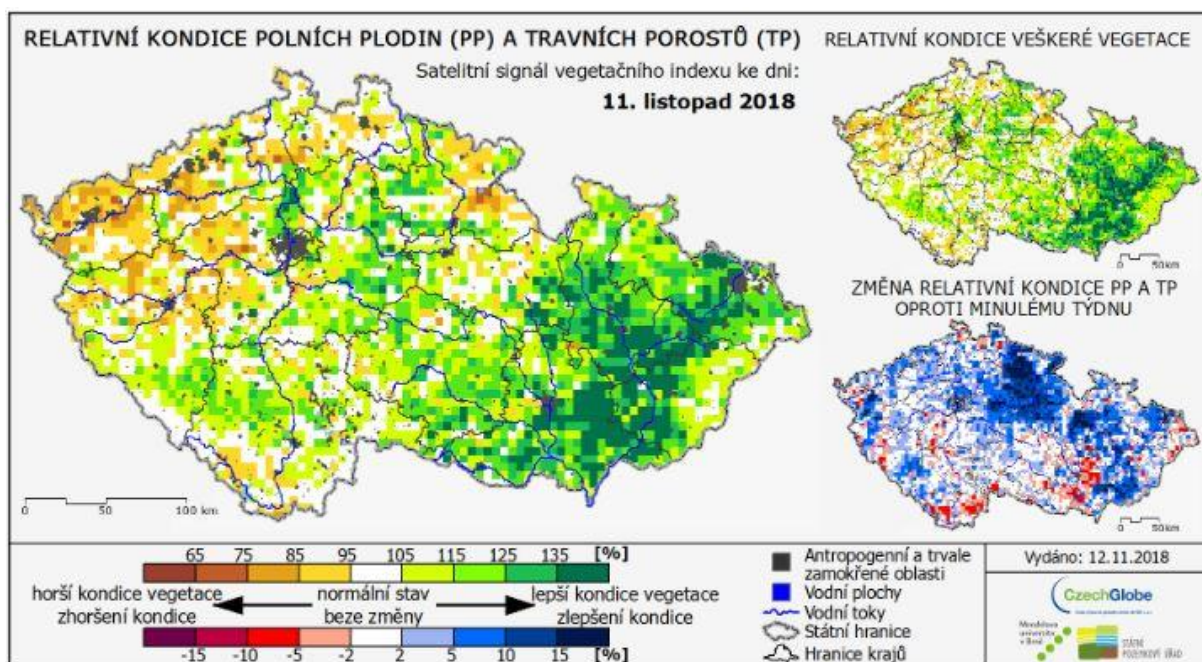
Využitelná vodní kapacita (VVK) vyjadřuje aktuálně naměřené hodnoty vlhkosti půdy ve staniční síti v procentech. Vyhodnocuje se ČHMÚ ve staniční síti v profilech 0-10 cm, 10-50 cm a 50-100 cm. Využívá se modelových hodnot ve vrstvě 0-40 cm pod travním porostem. VVK je daná hodnota maximálního množství vody, které je rostlina schopna využívat v konkrétním půdním profilu. Jedná se o rozdíl mezi polní vodní kapacitou a bodem vadnutí. Vláhovou bilanci travního porostu na území ČR neboli velikost dostupné zásoby půdní vody po odečtení ztrát evapotranspirací vyhodnocuje ČHMÚ a to každý týden (obr. 17).



Obr. 17. Vláhová bilance travního porostu
 (zdroj: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#>)

Na výnosy plodin lze doporučit vhodné indikátory vycházející z meteorologických charakteristik.

Pro stanovení vlivu nedostatku dostupné vláhy na stav plodin je využíváno laboratorní měření skutečného vodního stresu vybraných rostlin. Toto stanovení je založeno na měření vodního tlaku v rostlinných částech. Odlišný způsob je plošné stanovení sucha dálkovým průzkumem Země, který umožňuje získávat plošné informace o rozložení vlhkosti v jednotlivých vrstvách půdy a o přímém stavu vegetace pomocí vegetačních indexů. Data zpracovává projekt InterSucho a každý týden prezentuje formou map obr.18 (Návrh koncepce řešení krizové situace výskytu sucha a nedostatku vody v České republice, 2015).



Obr. 18. Relativní kondice polních plodin a trvalých travních porostů

(zdroj: <https://www.intersucho.cz/cz/?map=2&from=2019-03-16&to=2019-04-13¤t=2019-04-07>)

3.4.6 Dopady sucha

Problematika sucha a jeho dopadů se týká široké škály vlivů, od specifické geografické polohy ovlivňující náchylnost území ke vzniku sucha až po stále častější výskyt extrémů v podobě teplot a srážek. Negativní změny v krajině způsobují zvyšování důsledků zmíněných extrémů (Návrh koncepce řešení krizové situace výskytu sucha a nedostatku vody v České republice, 2015).

3.4.6.1 Dopady hydrologického sucha

Významný pokles průtoků a zmenšení objemu vody v korytě způsobuje náchylnost toku ke znečištění v důsledku horšího ředění vody. Zhoršená kvalita vody ovlivňuje možnosti využití vody pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou, odběry vody pro průmysl, energetiku a zemědělství, nebo využití vodních toků pro rekreaci. Dochází ke zvýšení koncentrace škodlivých látek, ke snížení množství rozpuštěného kyslíku, ke zvýšení teploty vody, objevuje se větší množství řas a vodních rostlin. Zhoršené prostředí pro ekosystémy může způsobit podstatnou redukci či vyhynutí vybraných druhů.

Hydrologické sucho má vliv na zhoršení zásobování obyvatelstva pitnou vodou kvůli jejímu nedostatku či znečištění. V takovém případě je nutné zabezpečit dodávky pitné vody jiným způsobem. Nejvyšší ekonomické náklady jsou spojené s náhradním zásobováním. Může být přerušen provoz úseků vodovodních sítí v důsledku nižšího tlaku vody v potrubích. Ve výsledku mohou být někteří uživatelé zcela odříznuti od dodávek vody.

Podstatné je i zastavení zavlažování v zemědělství. Vlivem nedostatku vody může dojít ke snížení produkce plodin, snížení odolnosti vůči škůdcům, plísním apod. V extrémních případech může dojít ke snížení produkce masa, mléčných výrobků a ostatních živočišných produktů.

V důsledku sucha je zvýšené nebezpečí vzniku požárů vzhledem k suché vegetaci a mohou vznikat další problémy při hašení z důvodu nedostatku vody v tocích a nádržích (Návrh koncepce řešení krizové situace výskytu sucha a nedostatku vody v České republice, 2015).

Hydrologické sucho v letech 2014-2018 spojené s vysokými letními teplotami vzduchu se projevilo poklesem našich omezených vodních zdrojů a regionálním nedostatkem vody. V současném zimním období se situace v povrchových zdrojích vod zlepšuje, ale pokud se nádrže nenaplní, mohly by se během léta vyskytnout problémy v případě nízkého úhrnu srážek. U podzemních vod je situace vážnější, představují totiž přibližně 50 % zdrojů pitné vody. Pokles hladin podzemních vod v letech 2015-2018 způsobil u 5-6 % obyvatel používající studny ztrátu dostupnosti vody (Punčochář, 2019).

3.4.6.2 Dopady zemědělského sucha

Dopady zemědělského sucha je hodnoceno ztrátami zemědělských podniků z produkce. Obecně je trend zvyšování výnosů podmíněn především intenzifikací zemědělské výroby, využíváním nově vyšlechtěných odrůd, vhodnějším zpracováním půdy apod. K výrazným poklesům výnosů vlivem sucha na počátku 21. století došlo v letech 2003 a 2006.

V období sucha způsobuje snižování produkce vodní stres rostlin. Hlavně jeho velikost a doba výskytu v průběhu různých fenologických fází dané plodiny. Vodní stres v rostlině nastává, jsou-li její vláhové potřeby vyšší, než je množství vody, které rostlina může absorbovat kořenovým systémem nebo přímou asimilací vzdušné vlhkosti.

Zvýšená spotřeba vody byla zjištěna především v období intenzivního růstu a před tvorbou generativních orgánů. Potřeba vody se značně snižuje po odkvětu a ve vývojové fázi voskové zralosti dosahuje minimálních hodnot.

Dopady výskytu sucha na výnosy nelze jednoduše kvantifikovat. Ovlivnění výnosů zemědělských plodin vlivem klimatických změn v budoucnu je velice diskutabilní. Do jednotlivých modelů lze zavádět vývoj založený pouze na změnách klimatických faktorů (Návrh koncepce řešení krizové situace výskytu sucha a nedostatku vody v České republice, 2015).

Dle Potopové (2018) je řešení nepříznivých klimatických změn komplikované v souvislosti s rozmanitostí ekosystémů a následným očekávaným dopadům změny klimatu na zemědělství. Sucho je jedním z řady škodlivých činitelů působících na výnos a kvalitu zemědělských plodin. V roce 2018 sucho postihlo hlavně jižní a západní Čechy, Vysočinu a severní Moravu. Následkem jarního sucha na Vysočině došlo ke komplikaci vysetí máku.

V období kvetení a tvorby semen u řepky dochází vlivem extrémního sucha k zasychání šesulí, semena se scvrkávají a jsou drobná.

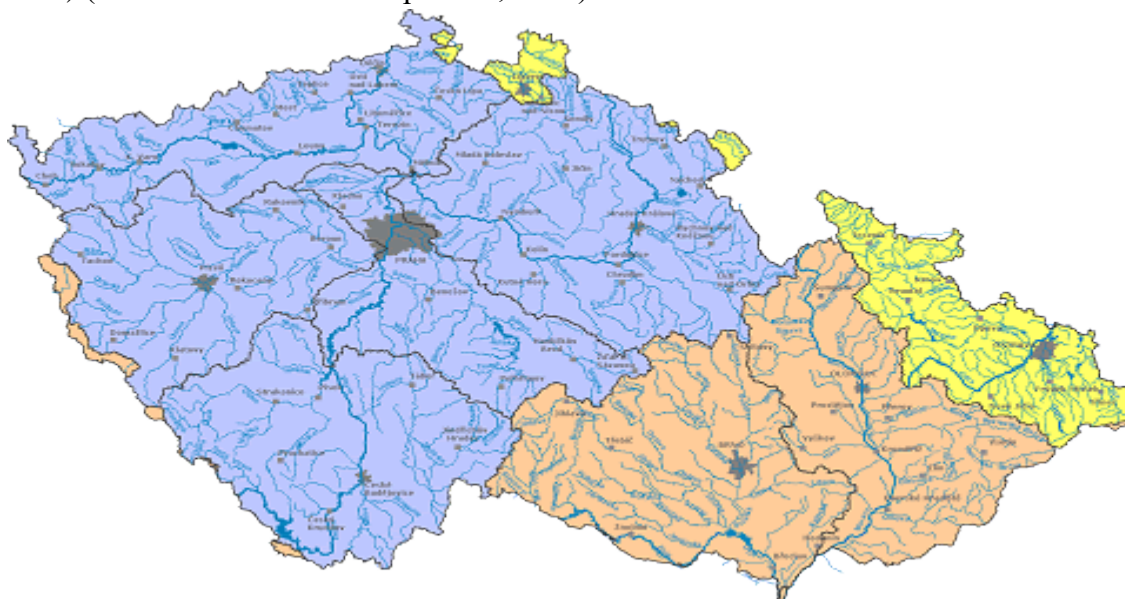
Na základě hodnocení stability výnosů ozimých a jarních obilnin pro okresy středních Čech, bylo dokázáno, že klimatické změny ovlivnily více proměnlivost výnosů v současných podmínkách ve srovnání s minulostí. U jarní pšenice, ječmene jarního a ova převládají nízké výnosy nad vysokými v jednotlivých letech. Konkrétní intenzita sucha má největší vliv na ozimé a jarní obilniny v období dubna až června, ale jarní obilniny jsou zranitelnější oproti ozimům. U raných fází růstu brambor a cukrové řepy je sucho stále větším problémem (Potopová, 2018).

3.5 Hydrologické extrémy na hlavních povodích ČR

Povodí ČR se skládá ze tří hlavních mezinárodních povodí, které se dále člení na dílčí povodí.

Hlavní povodí Dunaje je na obr. 19. znázorněno růžovou barvou. Modrá část mapy vymezuje českou část mezinárodní oblasti povodí Labe, které je svou rozlohou v ČR největší. Naopak nejmenší, ale neméně významné je hlavní povodí Odry (Mezinárodní a dílčí povodí ČR, c2009-2019).

Ze správního hlediska je naše území rozděleno na 5 povodí (Labe, Vltava, Ohře, Odra a Morava) (Fakta o vodě v České republice, 2013).



Obr. 19. Hlavní povodí ČR
(zdroj: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/oblasti-povodi.html>)

3.5.1 Hlavní povodí Labe

Česká část mezinárodní oblasti povodí Labe zaujímá 34 % z celkové rozlohy mezinárodní oblasti povodí Labe, což je po německé části druhý největší podíl. Z celkové délky toku Labe se 34 % délky toku nachází na území České republiky.

3.5.1.1 Charakteristika oblasti

V této podkapitole jsou uvedeny informace o české části mezinárodní oblasti povodí Labe.

Celková plocha povodí Labe je 49 936 km². K významným přítokům Labe patří Vltava, Ohře, Jizera, Ploučnice a Orlice. Z krajských měst, které lze najít na povodí to jsou České Budějovice, Plzeň, Pardubice, Praha, Hradec Králové, Karlovy Vary, Ústí nad Labem. Významné útvary povrchových vod v kategorii „jezero“ jsou Lipno I, Orlický náhon, Slapy, Švihov, Hracholusky a Nechanice.

Česká část mezinárodní oblasti povodí Labe je tvořena pěti dílčími povodími (Horní a Střední Labe, Ohře a Dolní Labe, Horní a Dolní Vltava, Berounka). Správu jednotlivých dílčích povodí zajišťují státní podniky Povodí Labe, Povodí Ohře a Povodí Vltavy.

3.5.1.2 Hydrologické poměry

Průměrný dlouhodobý roční úhrn srážek povodí Labe je 653 mm. Rozdělení srážek v průběhu roku je kontinentálního charakteru. Nejméně srážek se vyskytuje v únoru a březnu a největší úhrny připadají na květen až srpen. Časté letní krátkodobé extrémní srážky bouřkového charakteru zasahují poměrně malá území. Se zvětšující nadmořskou výškou stoupá dlouhodobý úhrn srážek.

Klimatické poměry jsou dány polohou v mírném pásmu s pravidelným střídáním čtyř ročních období v souladu s kombinací vlivů oceánského a kontinentálního podnebí. Velké a územně rozsáhlé srážky způsobují v letních měsících povodně, kdy extrémní povodeň byla v roce 2002, 2006, 2010 a 2013.

V závěrovém profilu Labe je průměrný průtok 313 m³/s což odpovídá specifickému průtoku 6,1 l/s/km² a roční odtokové výšce 192 mm. Specifický průtok je odlišný v horských oblastech s vydatnými srážkami, kde je podstatně vyšší a přesahuje 30 l/s/km². V některých nížinných povodích výrazně klesá pod 5 l/s/km² (Národní plán povodí Labe, 2015).

V oblasti povodí Dolní Vltavy jsou páteřními toky Vltava a její největší přítok v oblasti Sázava. Povodňové ohrožení je dáno možnostmi transformace povodňové vlny přicházející z horní části povodí Vltavy nádržemi Vltavské kaskády a jejím eventuálním střetem s povodněmi přicházejícími ze Sázavy a Berounky. Pro Sázavu a její přítoky jsou typické spíše zimní povodně a na Berounku smíšené (Plán oblasti povodí Dolní Vltavy, 2009).

Páteřním tokem oblasti Horní Vltavy je Vltava s nejvýznamnějšími přítoky Malše, Lužnice a Otava. Pro toky pramenící v Novohradských horách a v podhůří Šumavy je typický letní režim povodní. Pro Vltavu a Otavu je na jejich horních tocích charakteristický zimní až smíšený režim povodní. Letní režim povodní převažuje na dolních tocích. Lužnice s přítoky má spíše zimní režim povodní (Plán oblasti povodí Horní Vltavy, 2009).

V oblasti povodí Ohře a Dolního Labe převládá střídání poměrně mírných zim a letních období. Srážkové poměry jsou značně ovlivněny orografickým členěním a zejména nadmořskými výškami. Rozdělení srážek je tedy velmi nerovnoměrné. Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek v této oblasti povodí (657 mm) je přibližně v úrovni průměrného úhrnu ČR. Během roku úhrny srážek značně kolísají. Tato skutečnost ovlivňuje zabezpečení ročních

odtoků a současně i riziko vzniku extrémních povodňových stavů (Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe, 2009).

3.5.1.3 Povodně a jejich následky

Riziko povodně závisí na povodňových veličinách, jako je hloubka povodní, rychlost a doba trvání. Zranitelnost může být definována jako podmínky určené fyzickými, sociálními, ekonomickými a environmentálními faktory, které zvyšují citlivost komunity na dopad nebezpečí (Tingsanchali, 2012).

Povodeň 2002

Povodněmi v srpnu 2002 bylo zasaženo 43 okresů v rámci 10 krajů. Složkami IZS bylo evakuováno 123 200 osob a zachráněno 3 374 osob (Statistická ročenka, 2002). Přišlo o život 16 lidí, v sedmi krajích byl vyhlášen stav nouze. Celkové škody dosáhly výše 73,3 miliard Kč, z toho přes 6 miliard Kč jen v pražském metru. Nejvyšší průtok a Vltavě v Praze byl 5 300 m³/s (Povodně v novodobé historii České republiky, 2015).

V Praze během kulminace dne 14.8.2002 dosáhla výška hladiny 785 cm. Povodeň byla největší za posledních 250 let. Hlavní město Praha vyhlásilo postupně 2. a 3. stupeň povodňové aktivity a bylo evakuováno cca 50 000 obyvatel, nemocnice Na Františku. Bylo zatopeno 17 stanic metra. Celkové škody dosáhly výše 27 mld. Kč (Povodně).

Katastrofální povodeň v srpnu 2002 byla vyvolána vydatnými srážkami zejména v jižních Čechách. Nejextrémnější průtoky byly zaznamenány ve většině vodních toků v povodí Horní Vltavy a Berounky. V povodí Labe bylo zasaženo Dolní Labe v úseku Mělník – Kostelec n. O. V profilech Ústí nad Labem a Děčín byla doba jejího opakování na 100-200 let.

V povodí Horního a Středního Labe a Lužické Nisy byly srážkové úhrny mnohem menší než v jižních Čechách. Nejdelsí doba opakování povodňového průtoku byly zaznamenána na Smědě – Q₅₀ a dále na horní Jizeře a Doubravě, kulminoval povodňový průtok na Q₂₀.

Povodeň v srpnu 2002 v povodí Ohře nedosahovala takových rozměrů katastrofálních povodní v povodí Vltavy a Dolního Labe, ale i tak zanechala vážné škody. Mimořádná byla situace a dolní Ohři v okolí Litoměřic, Lovosic a Terezína, kde došlo k zatopení rozsáhlého území, poškození nebo úplnému zničení mnoha domů a jiných majetků (Souhrnná zpráva o povodni za ucelené povodí Ohře, 2019).

- Škody okresu Mělník
 - uzavření mostů, neprůjezdnost některých silnic, výluky na tratích ČD
 - zaplaveno 2692 domů, zcela zničeno 469 domů, celková škoda byla vyčíslena na 572,557 mil. Kč
 - zaplaveno bylo celkem 397 průmyslových objektů – z největších Spolana, a. s. Neratovice, Kaučuk, a. s. Kralupy nad Vltavou
 - škody způsobené povodní v zemědělství byly odhadnuty na 364 mil. Kč, největší škody byly na polních plodinách (160 mil. Kč) a na hospodářských stavbách (110 mil. Kč)

- Škody v okrese Litoměřice
 - neprůjezdné některé silnice, výluka na železniční trati Litoměřice-Mělník
 - přerušování dodávek elektrické energie a plynu, přerušování dodávek pitné vody, zaplavení a odstavení ČOV
 - úniky olejů u firem Carda, Brassica s. r.o. a Rýžová společnost Lovosice
 - náklady na záchranné a likvidační práce byly vyčísleny na 414,57 mil. Kč
- V okrese Ústí nad Labem celkové škody způsobené povodní přesahovaly částku 2000 mil. Kč. V okrese Děčín celkové škody v okrese byly vyčísleny na cca 846 mil. Kč.
- Z povodí horního a středního Labe a Lužické Nisy vyčísly vyšší povodňových škod pouze některé okresy (např. Liberec 38 mil. Kč, Kutná Hora 33 mil. Kč) (Souhrnná zpráva, 2003).

Povodeň březen 2005

Během začátku měsíce března došlo k výraznému nárůstu výšky sněhu a jeho vodní hodnoty v celém Povodí Labe. Postupným oteplováním došlo k postupnému tání sněhu bez srážek a ve dnech 19.-20.3. k dosažení kulminací na většině toků. Při kulminacích byla dosažena maximální vodnost na úrovni 5-10leté velké vody. Jednalo se o mírný průběh povodně.

Škody způsobené na vodních tocích a vodních dílech povodí Labe orientačně dosáhly výše 5 560 tis. Kč. V obcích byla škoda vyčíslena na 2 124,5 tis. Kč. Celkové škody byly celkem 12 092,5 tis. Kč (Souhrnná zpráva, 2005).

Povodeň březen 2006

Příčinou této povodně byl tající sníh společně s přechodnými intenzivnějšími srážkami. Při dosažení kulminací ve dnech 27.3. až 3. 4. byla dosažena nejčastěji vodnost na úrovni 5 až 10leté velké vody. V několika profilech došlo k dosažení vodností na úrovni 20 až 50leté velké vody. Na Mrlině ve Vestci byla však zaznamenána více jak 100letá povodeň. Celkové povodňové škody dosáhly výše 1 864 306 tis. Kč (Souhrnná zpráva, 2006)

Povodeň srpen 2006

V důsledku výrazně intenzivních srážek 6.8. až 8.8. docházelo k rychlým vzestupům vodních stavů na vodních tocích pramenících v oblasti Jizerských hor a Krkonoš. Nejčastěji byla dosažena kulminace vodností na úrovni 5 až 10leté velké vody. V některých profilech došlo k dosažení vodností na úrovni 20 až 50leté velké vody. Více jak 100letá povodeň byla zaznamenána na Labi se Špindlerové Mlýně a pod vodní nádrží Labská.

Průtoky překročily v řadě míst kapacitu koryt a zaplavením způsobily škody na infrastruktuře obcí a měst i na soukromém majetku občanů. Škody na vodohospodářském majetku v horských městech byly způsobeny vlivem velkých rychlostí doprovázených sunutím velkého množství plavenin. Vysoké škody byly také způsobeny na drobných vodních tocích na území ve správě Krkonošského národního parku. Sesuvy půdy do profilu toku, následně unášené splaveniny způsobily velké škody na objektech hrazení (Souhrnná zpráva, 2006).

Povodeň srpen 2010

Ve dnech 6.-7.8. 2010 zasáhly oblast Jizerských hor a Lužických hor mimořádně intenzivní srážky s velmi rychlou odezvou na většinu vodních toků. Kulminační průtoky v celé řadě profilů překračovaly úroveň Q_{100} . Blesková povodeň měla nebývale ničivé následky. Extrémně postihla toky pramenící v oblasti Jizerských hor, nejvíce toky v povodí Smědé, Jeřice, Lužické Nisy a Olešky. Celkové škody byly vyčísleny na 5 902 522 tis. Kč (Souhrnná zpráva, 2010).

Povodeň červenec 2011

Ve dnech 20.-22.7.2011 došlo v povodí Lužické Nisy a Smědé k zasažení území vytrvalými srážkami s denními úhrny většinou mezi 40-100 mm, v povodí Orlice pak srážkami se denními úhrny mezi 20-90 mm. Hodnota n-letostí byla max. Q_{20} . Dne 30.7.2011 byly tyto oblasti opětovně zasaženy další vlnou srážek s denními úhrny mezi 20-80 mm, která způsobila opětový vzestup vodních stavů, ale s nižšími průtoky.

Na některých tocích byly způsobeny břehové nátrže, nánosy, zanesená koryta, poškozená opevnění břehů. V některých obcích byly škody na komunikacích, mostech, lávkách, kanalizačních řádech. Dále byly zaplaveny zahrady, sklepy a hřiště. Obytné části jen ojediněle. Celkový rozsah povodňových škod byl odhadován na 35 891,6 tis. Kč (Souhrnná zpráva, 2011).

Povodně červen 2013

V červnu 2013 došlo ke dvěma záplavovým vlnám. Povodeň 1.6.-13.6.2013 zasáhla ve velkém rozsahu území v působnosti Povodí Labe, Povodí Vltavy, Berounky a Ohře. Škody na majetku jsou srovnatelné s následky povodní v roce 2002, 2006 a 2010. Byly narušeny státní, krajské, obecní i privátní majetky – bydlení, pozemní komunikace, mosty, inženýrské sítě, ČOV, přirozená funkce vodních toků, technická infrastruktura, zemědělská produkce a lesní hospodářství. Na některých úsecích byly změřeny průtoky Q_{50-100} . První povodňová vlna způsobila škody za 10 016 477 tis. Kč včetně škod mimo správní území Povodí Labe (Souhrnná zpráva, 2014).

Při této povodni probíhala výrazná srážková činnost i nad Prahou. Povodňové průtoky tedy byly zaznamenány na Vltavě, Berounce, ale i na drobných vodních tocích území hl. m. Prahy. V Praze nastala komplikace v dopravě z důvodu částečně uzavřeného metra. Vltava zaplavila Modřany, Zbraslav, Lahovice a Lahovičky, na severu Prahy část Troje a Císařského ostrova. Pod vodou bylo více než šest desítek komunikací. Problémy byly i s menšími toky zejména Botič, Rokytky a Šárecký potok (Povodně).

Druhá povodňová vlna (25.6.-28.6.2013) zasáhla území již relativně v malém rozsahu a kulminační průtoky nedosáhly úrovně vodnosti z první červnové povodně (1. vlna). Povodňové škody z 2. vlny jsou oproti škodám z 1. vlny výrazně nižší a nově vznikly především v Pardubickém kraji. Celkové škody byly odhadovány na částku 175 421 tis. Kč (Souhrnná zpráva, 2014).

3.5.1.4 Výskyt sucha a jeho následky

V roce 2003 se vegetační období vyznačovalo meteorologickým a hydrologickým suchem. Nejvýraznější hydrologické sucho bylo se vyskytovalo v povodí Horního Labe

s pravděpodobností opakování většinou 2 až 10 ojediněle až 50 let. V povodí Vltavy nad Vltavskou kaskádou (5 až 25 let), dále v povodí Berounky, Vltavy pod kaskádou a Dolního Labe byla situace příznivější (2 až 5 let).

Ve zmíněném roce byl výchozí stav zásob podzemních vod v povodích zasažených povodní a extrémními srážkami velmi vysoký a ve zbývajících částech území průměrný až slabě podprůměrný. Pokles hladin a vydatností pramenů započal v dubnu a pokračoval trvale až do září 2003.

Z pohledu klimatologického a agroklimatologického bylo v průměru období od ledna do konce září významně teplejší a vyskytoval se nedostatek srážek. Příznivější vláhová bilance byla pouze v okrajových částech ČR, naopak nepříznivá až výrazně nepříznivá byla ve všech zemědělsky produkčních oblastech, a to ke konci září a ve všech letních měsících.

Meteorologického sucha v roce 2003 se vyskytovalo na celém území ČR s výjimkou pohraničních hor. Výskyt sucha měl pět vln, se dvěma výraznými vrcholy. První proběhl v červnu, kdy se kritické sucho vyskytovalo na 47 % území ČR. V tomto měsíci sucho postihlo většinu pěstitelsky významných oblastí republiky. Druhý, který byl rozsáhlejší, se vyskytl v srpnu na 53 % území (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2003, 2004).

Období od ledna do října roku 2015 s druhým nejnižším srážkovým úhrnem, který lze nejlépe charakterizovat srážkovým deficitem od normálu 152 mm. Průměrná teplota pro období leden až říjen pro území ČR činila 10,4 °C, což je o 1,1 °C nad dlouhodobým normálem, přičemž průměrná teplota vegetačního období (duben až září) byla 15,2 °C, to je rovněž +1,1 °C nad normálem za období 1981-2010.

Nízké průtoky nezpůsobují škody na objektech, nedochází k narušení koryt vodních toků ani nedochází ke ztrátám na zdraví nebo na životech. Mezi přímé důsledky sucha lze zařadit nepříznivé podmínky pro plavbu, omezení odběrů vody pro potřebu průmyslu, zemědělství či pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou, vynucené odstávky vodních elektráren a úhyn živočichů a rostlin vázaných na vodní prostředí.

K vyschnutí toků došlo převážně v horních úsecích drobných vodních toků hlavně na území působnosti Povodí Labe. Místy docházelo k vytvoření stojatých tůní a louží, které postupně zahnívaly. Některé drobné toky úplně vyschly. V důsledku nízkých průtoků se vyskytly problémy s provozem vodních elektráren. Nízké průtoky měly vliv na jakost vody ve vodních tocích. Docházelo ke zhoršení povrchových vod vlivem znečištění zdroji komunálního odpadu z ČOV měst a obcí. Vlivem vysokých teplot docházelo k úhynu ryb z důvodu kyslíkového deficitu. K masivnímu úhynu ryb a vodních živočichů mohlo docházet i z důvodu vyschnutí vodních toků.

Suché období bylo příznivé pro provádění stavebních prací v korytech vodních toků (Zpráva o hydrologické situaci, 2016).

3.5.2 Hlavní povodí Dunaje

Do mezinárodní oblasti povodí Dunaje zasahuje celkem 19 států. Plocha povodí na území České republiky je 21 688 km² což je 2,7 % plochy mezinárodní oblasti povodí Dunaje. Mezinárodní oblast povodí Dunaje je se svojí rozlohou 807 827 km² druhou největší oblastí v Evropě.

3.5.2.1 Charakteristika oblasti

Plocha české části mezinárodní oblasti povodí Dunaje je 21 681 km² (81,6 % ČR). Délka hlavního toku Morava je 269 km. K významným přítokům patří Dyje, Svatka a Bečva. Z krajských měst lze jmenovat Jihlavu, Brno, Zlín, Olomouc. K významným útvarům povrchových vod v kategorii „jezero“ patří Nádrž Nové Mlýny I. a Nové Mlýny II., Nádrž Vranov, Nádrž Opatovice.

Česká část mezinárodní oblasti povodí Dunaje je tvořena třemi dílčími povodími, která jsou uvedena v tab. č. 2. Jejich geografická poloha je znázorněna na obr. č. 20 (Národní plán povodí Dunaje, 2015).

Tab. 2. Dílčí povodí tvořící českou část mezinárodní oblasti povodí Dunaje (zdroj: http://eagri.cz/public/web/file/437784/NPP_Dunaj_kapitola_I.pdf)

Název dílčího povodí	Plocha dílčího povodí [km ²]	Páteří toky dílčího povodí	Správce povodí, státní podnik
Morava a přítoky Váhu	9 994	Morava, Bečva, Olšava, Haná, Romže (Valová), Bystřice	Povodí Moravy, s. p., Povodí Odry, státní podnik
Dyje	11 163	Oslava, Litava, Svatka, Jihlava, Rokytná, Dyje	Povodí Moravy, s. p.
Ostatní přítoky Dunaje	524	Kateřinský potok, Kouba	Povodí Vltavy, státní podnik



Obr. 20. Mapa plošného vymezení dílčích povodí Moravy a přítoků Váhu a Dyje a příslušných krajů (zdroj: <http://www.pmo.cz/cz/zobrazit/planovani-v-oblasti-vod-ii/zabezpeceni-procesu-planovani-v-oblasti-vod-x/>)

V povodí Moravy (dle správce) je největší poldr Soutok o maximální ploše zátopy 8 000 ha a objemu 140 mil. m³. Významný je i největším podílem ochranné protipovodňové hráze podél vodních toků v délce 1 114 km v ČR (Stručně o vodě v České republice, 2017).

3.5.2.2 Hydrologické poměry

Území lze zařadit mezi oblasti s průměrným výskytem vnitrozemských srážek s tím, že jeho jižní část již patří mezi subaridní oblasti. Průměrný roční úhrn srážek činí 635 mm, ale mění se v závislosti na nadmořské výšce od 1 474 mm (Praděd) až po 487 mm (jižní část dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu). Rozdělení srážek během ročních období je následující: 37,4 % v létě, 23 % na jaře, 22,7 % na podzim a 16,9 % v zimě. Sněhová pokrývka se vyskytuje na jihu povodí 30-40 dní, na severu 60-80 dní, v nadmořské výšce nad 1300 m více než 150 dní.

Svémi charakteristikami průtoky a režimy se Morava řadí mezi toky dešťovo-sněhového typu. Hydrologický režim v povodí je značnou měrou ovlivňován hromaděním a táním sněhu. Vyznačuje se zimními a jarními povodněmi hlavně v západní části povodí Dyje. Jsou-li velké sněhové zásoby v nižších, středních a horských oblastech a intenzivní obleva je spojena s vydatnými dešti, vznikají extrémní povodně. V letním období vznikají povodně v důsledku velkých a územně rozsáhlých srážek. Často se vyskytují lokální povodně způsobené letními přívalovými srážkami. Na řece Bečvě, ve východní části povodí převládají povodně v letním období květen až říjen nad zimními povodněmi. Oproti tomu na řece Moravě je výskyt letních i zimních povodní vyrovnaný.

Hydrologický režim v povodí Moravy je ovlivněn údolními nádržemi a rybníky. Nádrže obecně působí na vyrovnávání hydrologického režimu a částečně snižují průběh povodní. Celkově je na území povodí Moravy v provozu 34 nádrží o celkovém objemu 569 mil. m³ a 2 900 rybníků o celkovém objemu vody 90 mil. m³ (Národní plán povodí Dunaje, 2015).

3.5.2.3 Rostlinná produkce

- dílčí povodí Dyje
Toto povodí je tvořeno ze 63,7 % zemědělskou půdou, z které orná půda činí 81 %. Na jižní Moravě jsou vinice založeny na 17 812 ha půdy a trvalé travní prostory převládají v kraji Vysočina. Na více jak polovině plochy orné půdy se pěstují obiloviny. Na Českomoravské vrchovině se pěstují převážně brambory a na jižní Moravě spíše cukrová řepa. Z technických plodin se pěstuje spíše kukuřice, řepka olejka a na jižní Moravě slunečnice, kde se omezila tradiční produkce polní zeleniny.
- dílčí povodí Moravy a přítoků Váhu
Zemědělská půda tvoří 55,5 % z oblasti dílčího povodí a z toho orná půda je na 37,5 %. Ze zemědělsky využívaných ploch největší podíl tvoří orná půda (zhruba 70 %), dále pak louky a polopřirodní vegetace. Nejméně zemědělsky využívaná půda je v horských oblastech a podhorských oblastech, kde převládají trvalé porosty jako jsou pastviny a louky. K nejčastěji pěstovaným plodinám patří obiloviny, luskoviny,

brambory, cukrovka, technické plodiny a píce. Největší nárůst osevních ploch byl zaznamenán u kukuřice.

- dílčí povodí ostatních přítoků Dunaje

Většina území je zalesněná s minimální zemědělskou výrobou, kterou provozují převážně zemědělci lokálního charakteru (Národní plán povodí Dunaje, 2015).

3.5.2.4 Povodně a jejich následky

Povodně v povodí Dyje

V tomto povodí bylo od roku 2002 do roku 2018 zaznamenáno několik povodní různého charakteru. Nejčastěji se vyskytovala povodeň přívalová místy i regionální, ale vyskytovala se i povodeň smíšená.

Přívalové povodně byly zaznamenány v letech 2002, 2003, 2014 a 2018. Společným charakterem těchto povodní bylo několik bouřek, přívalových dešťů a následné rozvodnění několika vodních toků (Hlásná a předpovědní povodňová služba).

Uprostřed Moravy na rozvodnici mezi řekami Svratkou a Svitavou byly v červenci 2002 nejvíce postižené obce: Olešnice, Crhov, Louka, Křtěnov, Kunštát, Hodonín u Kunštátu, Zbraslavce (okres Blansko), Štěpánov v okrese Žďár nad Sázavou. Povodňová vlna zničila vozovky, zatopila sklepy a ohrozila statiku několika desítek domů. Byly i ztráty na životech (Zpráva o povodni na Blanensku a ve Štěpánově nad Svratkou, 2002).

Dne 26. května 2003 povodeň zasáhla obce na Blanensku. Zničila komunikace, mosty a ploty. Nejvíce byl poškozen Sloup, který náleží k povodí řeky Svitavy, kde bylo zatopeno osmdesát domů, garáže, obecní úřad, restauraci, poštu, hřiště i provozní budovy Sloupsko-Šosůvských jeskyní (Zpráva o povodni ve Sloupu na Blanensku a jeho okolí, 2003).

V JV části Českomoravské vrchoviny došlo ve dnech 12. až 14. září 2014 k nejvýznamnější povodňové události na toku Jevišovky, kde bylo dosaženo 3. SPA. K nárůstům průtoků docházelo také v horním povodí Dyje. Sesuvy půdy zasáhly obec Dolní Věstonice na dolní Dyji. Došlo i k evakuaci 15 obyvatel a byl vyhlášen stav nebezpečí v několika obcích (Zpráva o povodni na Jevišovce a Veličce, 2014).

V červnu 2018 došlo k povodni v povodí Brtnice, kdy vodní tok kulminoval těsně pod úrovní 1. stupně povodňové aktivity (SPA). Levostranný přítok Brtnice Jestřábský potok a splach zeminy z polí zaplavily celkem 20 domů a 12 lidí bylo evakuováno. Při povodni došlo zanesení silnice II/403 splachem materiálu z polí, podemletí břehů, ucpání kanalizačních sítí, narušení vodovodního potrubí a dalším škodám. Menší škody byly zaznamenány např. v Jihlavě, Třebíči, Jemnici, kde voda z intenzivních dešťů zatopila sklepy domů (Zpráva o povodni v povodí Brtnice, 2018).

Regionální a přívalová povodeň v Podhradí na Dyji v roce 2006

Dne 29. června 2006 došlo k výraznému vývoji bouřkových buněk v oblasti jižních a západních Čech a na horním toku Dyje. Nejsilnější vývoj byl pozorován především v povodí Moravské Dyje a Lužnice. Při silných srážkách v okolí Dačic napršelo téměř 90 mm srážek.

Povodni byla nejvíce postižena obec Podhradí nad Dyjí. Typický byl velmi rychlý nárůst povodňové vlny. Kulminační průtoky na Moravské Dyji v Janově a na Dyji v Podhradí byly

dosaženy 30.6.2006 v ranních hodinách. Doba opakování byla vyhodnocena větší než 1000 let. Během 24 hodin vzrostl na Dyji ve vodoměrné stanici Podhradí průtok z $10,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na $551 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Povodeň byla výjimečná, co se týče kulminačního průtoku. Byla způsobena přívalovými dešti na velké ploše povodí. Zasáhla především obec Podhradí, kde bylo evakuováno 150 lidí. V obci byl vypnut elektrický proud, zkolabovala zde síť mobilních telefonů. V rekreační oblasti Vranov nad Dyjí nezanechala povodeň téměř žádné následky (Zpráva o povodni červen-červenec 2006 v Podhradí na Dyji, 2006).

Z povodňových stavů, které zasáhly oblast povodí Dyje a současně se vyskytovaly na většině tocích Českého území lze zmínit povodně z regionálních dešťů v srpnu 2002, povodně smíšené z března 2006 a z března 2009, přívalové povodně v červnu a červenci 2009.

Z povodní vyskytujících se na většině tocích území ČR, které zasáhly povodí Moravy lze například zmínit regionální a přívalovou povodeň z června 2009, povodeň z regionálních dešťů v květnu 2010 a v červenci 2011. Jako smíšené povodně byly charakterizovány události z března 2006 a března 2009 (Povodňové zprávy ČHMÚ).

3.5.2.5 Výskyt sucha v povodí Moravy a Dyje

Po povodni z června 2013 započalo celkově suché období a s velkou pravděpodobností bude v různé intenzitě trvat i nadále. Vrchol sucha nastal v létě 2015, ale místy a v některých aspektech přetrvával až do roku 2016. Příčiny sucha lze spatřovat v kombinaci řady faktorů. V první řadě je to nedostatek srážek a vysoká teplota vzduchu podporující větší výpar. Nepříznivý byl i charakter zim s podprůměrným množstvím sněhu a brzkým skončením sněhové pokrývky a tím brzy započal pravidelný pokles zásob vody v půdě a v podzemních vodách (Suché období 2014-2017, 2018).

V této podkapitole jsem pro bližší popsání zvolila období z historie a to rok 2007. Další rok jsem zvolila 2015 pro jeho závažnost.

Oblast povodí Moravy

Sucho v roce 2007

Rok 2007 na území horního povodí řeky Moravy byl hodnocen jako teplotně silně nadnormální. V povodí řeky Bečvy byl rok hodnocen jako teplotně nadnormální a v dolním povodí řeky Moravy jako teplotně mimořádně nadnormální. Pro zmíněné části povodí jsou v tab.3 zobrazeny teplotní charakteristiky pro jednotlivé měsíce.

Tab. 3. Teplotní charakteristiky povodí Moravy (zdroj: <http://voda.chmi.cz/hr07/obsah/kap2.pdf>)

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Horní povodí řeky Moravy	+++	++	+	+	+	++	+	+	-	-	-	0
Povodí řeky Bečvy	+++	++	0	0	+	++	+	+	-	-	-	0
Dolní povodí řeky Moravy	++	++	+	+	++	+++	+	+	-	-	-	0

0 teplotně normální, +teplotně nadnormální, ++ teplotně silně nadnormální, +++ mimořádně nadnormální, - teplotně podnormální

V horním povodí řeky Moravy byl červenec 2007 nejteplejším měsícem a nejchladnějším prosinec. Pro dolní povodí řeky Moravy byly charakteristické nadprůměrné až vysoce nadprůměrné teploty od ledna do srpna a mírně podprůměrné teploty na podzim a v závěru roku.

Sněhová pokrývka v povodí horní Moravy a Bečvy byla na počátku roku souvislá a vyskytovala se jen na nejvyšších místech povodí. V poslední dekádě ledna, kdy napadl sníh i v nižších polohách, přibýlo sněhu i na horských stanicích v Jeseníkách. Maximum vodní hodnoty sněhu bylo dosaženo 19.3. hodnotou 513 mm. Na konci roku se sněhová pokrývka pohybovala mezi 35 až 80 cm. Zásoby vody ve sněhové pokrývce kolísaly v závislosti na jednotlivých sněhových epizodách, kdy se nacházela souvislejší sněhová pokrývka i v nižších oblastech.

V povodí dolní Moravy se souvislá sněhová pokrývka vytvořila pouze v kratších časových úsecích přerušovaných déletrvajícími obdobími bez sněhové pokrývky.

Rok 2007 byl v povodí Moravy včetně Bečvy srážkově normální. Na povodí dolní Moravy byl průměrný roční úhrn srážek srážkově nadnormální (116 % normálu). Z hlediska ročního chodu měsíčních úhrnů srážek byl typický srážkově nadnormální začátek roku vystřídán mimořádně suchým dubnem. Po létu, které bylo srážkově normální, následoval vysoký úhrn srážek v měsíci září. Závěr roku byl srážkově normální. Silně nadnormálními měsíci byl leden (184 %), březen (219 %) a září (249 %). Srážkově silně podnormální byl měsíc duben (10 %).

Odtokově byl rok 2007 v povodí horní Moravy a Bečvy mírně podprůměrný (Morava okolo 91 % a Bečva 96 % normálu). V oblasti střední a dolní Moravy byl průměrný roční odtok podprůměrný okolo 88 % normálu (Hydrologická ročenka České republiky 2007, [2008]).

Sucho v roce 2015 v povodí Moravy a přítoků Váhu

Rok 2015 byl teplotně silně nadnormální. Začátek roku byl teplý, leden byl nadnormální, měsíce únor a březen měly sice také kladnou odchylku, ale byly ještě v mezích normálu. Období od dubna do června bylo teplotně normální, ale červenec i srpen byly silně nadnormální. Měsíce září a říjen byly normální, ale závěr roku byl znovu teplý, listopad byl nadnormální a prosinec silně až mimořádně nadnormální. V tab.4 jsou uvedeny teplotní odchylky od normálu v jednotlivých měsících roku 2015 (Hydrologická ročenka České republiky 2015, [2016]).

Tab. 4. Teplotní odchylky od normálu v roce 2015 (zdroje: <http://voda.chmi.cz/hr15/pdf/kap2.pdf>)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	2015
[°C]	0,5	0,1	4,0	8,1	12,6	16,7	20,5	21,6	13,9	8,1	5,2	2,4	9,5
odchylka [°C]	2,8	1,1	1,1	-0,2	-0,9	0,4	2,3	3,9	0,8	-0,3	2,0	3,5	1,4

Rok 2015 jako celek byl srážkově silně podnormální. Z tab.5 je zřejmé, že leden byl srážkově nadnormální, únor naopak podnormální a březen normální. Následovalo ale velmi dlouhé období od dubna až do října, během kterého dosáhl pouze srpen srážkového normálu, a to ještě pouze díky jedné významné dešťové epizodě v polovině měsíce. Srážkově normální listopad vystřídal silně podnormální prosinec (Hydrologická ročenka České republiky 2015, [2016]).

Tab. 5. Srážky v roce 2015 za jednotlivé měsíce (zdroj: <http://voda.chmi.cz/hr15/pdf/kap2.pdf>)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	2015
[mm]	61	22	54	28	53	44	39	82	40	34	61	17	535
[%]	139	56	115	64	70	52	44	109	63	75	117	31	75

Během zimních měsíců roku 2015 byla sněhová pokrývka i vodní hodnota sněhu většinou podprůměrná. V první dubnové dekádě se sněžení vyskytovalo ve všech polohách a zejména ve vyšších se vytvořila i sněhová pokrývka, díky které byl duben téměř průměrný, Konec roku byl mimořádně podprůměrný, nepříliš vysoká sněhová pokrývka se vyskytovala pouze na konci listopadu ve vyšších polohách, a pak velmi rychle roztála.

Rok byl z hlediska odtoku celkově podprůměrný až silně podprůměrný (Hydrologická ročenka České republiky 2015, [2016]).

Oblast povodí Dyje

Sucho v roce 2007

Průměrná roční teplota vzduchu představovala odchylku od normálu 1,7 °C. Rok byl hodnocen jako teplotně mimořádně nadnormální a byl charakteristický nadprůměrnými až vysoce nadprůměrnými teplotami od ledna do srpna a mírně podprůměrnými teplotami na podzim a v závěru roku.

Souvislá sněhová pokrývka se tvořila pouze v kratších časových úsecích a její trvání bylo přerušováno déletrvajícimi obdobími bez sněhové pokrývky.

Rok 2007 byl srážkově normální. Nadnormální byly měsíce leden a březen, silně nadnormální byl měsíc září (256 %). Srážkově podnormální byl prosinec a silně podnormální duben (7 %).

Z hlediska odtoku byla Dyje v roce 2007 podprůměrná okolo 80 % (ČHMÚ 2007).

Sucho v roce 2015 na povodí Dyje

Rok 2015 jako celek byl teplotně mimořádně nadnormální. V tab. č 6 je vidět, že začátek roku byl teplý, leden byl teplotně silně nadnormální, měsíce únor a březen byly ještě v mezích

normálu. Měsíc červenec i srpen byl teplotně silně nadnormální. Závěr roku byl teplý, listopad i prosinec byly silně nadnormální.

Tab. 6. Teplotní odchylky od normálu v roce 2015 (zdroj: <http://voda.chmi.cz/hr15/pdf/kap2.pdf>)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	2015
[°C]	1,0	0,4	4,4	8,6	13,1	17,4	21,4	22,0	14,0	8,3	5,7	2,8	9,9
odchylka [°C]	3,1	1,2	1,2	0,0	-0,6	0,9	2,8	3,9	0,6	-0,1	2,7	3,8	1,6

Rok jako celek byl srážkově podnormální. Z tab.7 je zřejmé, že většina měsíců byla, co se týče srážek podprůměrná. Jediná dva měsíce byly srážkově nadnormální, a to říjen a listopad.

Tab. 7. Srážky v roce 2015 za jednotlivé měsíce (zdroj: <http://voda.chmi.cz/hr15/pdf/kap2.pdf>)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	2015
[mm]	42	10	39	17	44	33	35	84	32	56	54	18	465
[%]	126	33	99	46	68	45	45	122	61	159	131	47	78

Sněhová pokrývka i vodní hodnota sněhu byla během zimních měsíců většinou mimořádně podprůměrná. V první dubnové dekádě se sněžení vyskytovalo ve všech polohách a zejména ve vyšších se vytvořila i sněhová pokrývka, díky které byl duben nadprůměrný. Konec roku bylo pět mimořádně podprůměrný, nepříliš vysoká sněhová pokrývka se vyskytovala pouze na konci listopadu ve vyšších polohách, a pak velmi rychle roztála.

Zmíněný rok 2015 byl u povodí Dyje z hlediska odtoku celkově podprůměrným (Hydrologická ročenka České republiky 2007, [2008]).

3.5.3 Hlavní povodí Odry

Česká část mezinárodního povodí Odry zaujímá 6 % z celkové rozlohy 118 861 km² mezinárodní oblasti povodí Odry. Větší část území tvoří dílčí povodí Horní Odry na severní Moravě a menší dílčí povodí Lužické Nisy a ostatních přítoků Odry se nachází na severu Čech.

3.5.3.1 Charakteristika oblasti

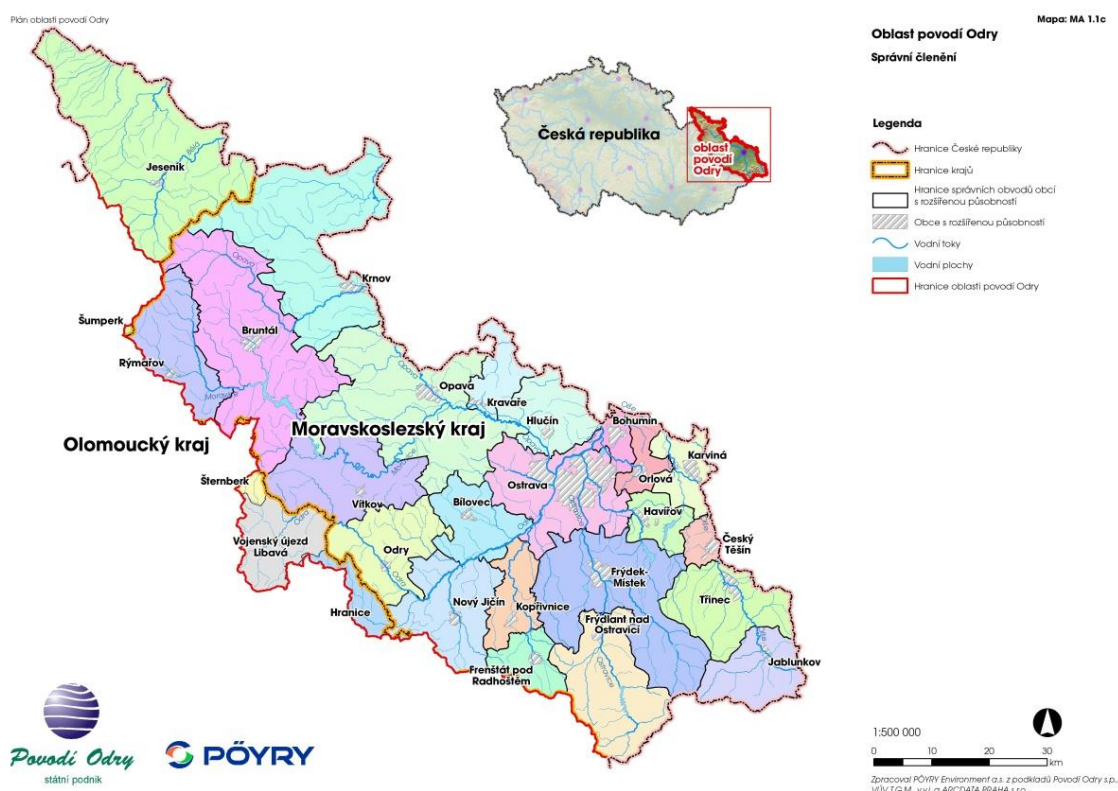
Plocha české části mezinárodní oblasti povodí Odry je 7 248 km². Délka hlavního toku Odry je 112 km. Významnými přítoky jsou Opava, Lužická Nisa, Ostravice, Olše. Významným útvarem povrchových vod v kategorii „jezero“ je Slezská Harta.

Česká část mezinárodní oblasti povodí Odry je tvořena dvěma dílčími povodími, které jsou uvedeny v tab. 8 a jejich geografická poloha je znázorněna na mapě na obr. 21.

Povodí Odry má největší rozkolísanost průtoků v tocích v poměru nízkých a vysokých 1: 4 000. V Beskydech je to způsobeno rychlým odtokem z terénu s vysokou sklonitostí v souvislosti s výskytem extrémních srážek (Stručně o vodě v České republice, 2017).

Tab. 8. Dílčí povodí tvořící českou část mezinárodní oblasti povodí Odry (zdroj: http://eagri.cz/public/web/file/437760/NPP_Odra_kapitola_1.pdf)

Název dílčího povodí	Plocha dílčího povodí [km ²]	Páteří toky dílčího povodí	Správce povodí, státní podnik
Horní Odra	6 230	Odra, Opava, Ostravice, Olše	Povodí Odry, státní podnik
Lužická Nisa a ostatní přítoky Odry	1018	Lužická Nisa, Stěnava, Mandava, Smědá, Bobr	Povodí Ohře, státní podnik a Povodí Labe, státní podnik



Obr. 21. Mapa plošného vymezení povodí Odry a příslušných krajů (zdroj: https://www.pod.cz/plan-oblasti-povodi-Odry/a-popis/mapy/ma_1_1c.jpg)

3.5.3.2 Přírodní podmínky a zemědělství

Česká část mezinárodní oblasti povodí Odry je značně výškově členitá. To je dáno jejím umístěním mezi horskými masivy Hrubého Jeseníku a Beskyd a současně otevřením k severu do Slezské nížiny.

Větší část povodí patří k územím s vysokým množstvím ročních srážek (horské oblasti přes 1 000 m). Celkový odtok je proto relativně velký, ale velmi nerovnoměrný, protože charakter hornin většiny území je nepříznivý pro akumulaci podzemní vody.

Zemědělská půda je zastoupena na necelé polovině plochy české části mezinárodní oblasti povodí Odry. Z toho orná půda v dílčím povodí Horní Odry tvoří 51 % a Lužické Nisy a ostatních přítoků Odry třetinu plochy zemědělské půdy.

Rostlinná výroba je soustředěna především v dílčím povodí Horní Odry, hlavně na Opavsku, Novojičínsku a v Osoblažském výběžku na Bruntálsku. Nejčastěji pěstované plodiny jsou cukrovka, pšenice, sladovnický ječmen, kukuřice na zrno, olejnin, zelenina a víceleté pícniny (Národní plán povodí Odry, 2015).

3.5.3.3 Povodně a jejich následky

Povodně v roce 2005 se vyskytovaly pouze v dílčích povodích řeky Olše, Ostravice a na pravobřežních přítocích Odry. Příčinou povodně byly krátkodobé, zato velmi intenzivní dešťové srážky v podhůří Beskyd, které dosáhly intenzity až 100 mm za 13 hodin. Jednalo se o bleskovou povodeň. Byly naměřeny průtoky s četností výskytu od 2 až do 100 let. Na některých profilech vodních toků byl hlášen i 3. povodňový stupeň. Povodňové škody byly na majetku měst a obcí, především na místních komunikacích, na vodních tocích, ale škody byly i na majetku správců toků (Souhrnná zpráva o povodni 24. a 25. srpna 2005 v povodí Odry, 2005).

Povodňová situace z března a dubna 2006 byla vyvolána především táním silné sněhové pokrývky, která se nacházela i na níže položených oblastech povodí. Tání bylo urychleno dešťovými srážkami. Povodňové průtoky se pohybovaly nejčastěji na úrovni dvou až pětiletých vod, místy i téměř desetiletá voda. Na 11 hlásných profilech bylo dosaženo II. SPA a z toho na 6 profilech byl překročen III. SPA. Byly způsobeny škody na komunikacích, poškozeny mosty, nánosy v potocích (Souhrnná zpráva o povodni březen, duben 2006, 2006).

Povodeň ze září 2007 byla vyvolána intenzivními dešťovými srážkami, které v oblasti Jeseníku dosahovaly celkový úhrn až 300 mm a v Beskydech 200 mm tím došlo ke zvýšení průtoků až na úroveň Q_{50} . Na některých místech došlo k poškození komunikací, mostů, chodníků. Škody na majetku správců vodních toků byly především nátrže, poškození podélného a příčného zpevnění, nánosy a zátarasy v korytě apod. (Souhrnná zpráva o povodni září 2007, 2007).

Povodňová situace z června a července 2009 byla vyvolána trvalejšími srážkami. Extrémní srážka dne 24.6.2009 vyvolala bleskovou povodeň na vodních tocích Novojičínska s devastujícími účinky na zástavbu podél vodních toků a s devíti oběti na lidských životech. Byl výrazně překročen stoletý průtok. Další blesková povodeň, která proběhla dne 26.6.2009 postihla hlavně oblast Jeseníků. Nejvyšší škody vznikly na řece Vidnávce, kde byl zaznamenán cca 50letý průtok. Při této povodni byly dvě oběti na lidských životech. Třetí povodňová vlna charakteru bleskové povodně byla zaznamenána dne 2.7.2009 na Husím potoce. Přívalové povodně způsobily v Moravskoslezském kraji obrovské materiální škody. Celkové náklady na obnovu majetku byly vyčísleny na 3.152.374 tis Kč (Zpráva o povodni červen, červenec 2009, 2009).

Povodeň z května 2010 postihla beskydskou část povodí vlivem vydatných srážek regionálního charakteru. V jednotlivých úsecích povodí bylo dosaženo kulminací průtoků s četností výskytů přibližně od 2leté vody až nad 100leté vody. Celkové náklady na odstranění povodňových škod činily 3 242 mil. Kč (Kapka, 2010).

Při povodni z května 2014 byly v prvním období (14.-17.5.2014) srážkami nejvíce zasaženy Beskydy a jeho podhůří, následně Jeseníky a oblast Ostravska. Povodňové škody na vodohospodářském majetku za toto období činily 10,720 mil Kč. V druhém období (26.-

29.5.2014) byly nejvyšší přívalové srážky zaznamenány v Jeseníkách. Srážky vyvolaly intenzivní odtokovou odezvu a zejména na drobných vodních tocích způsobily vznik povodňových škod. Povodňové škody na majetku ve správě Povodí Odry činily 7,270 mil Kč. Lokálně byla poškozena vodní díla a koryta Povodí Odry, státního podniku, a to v úhrnné výši 17,990 mil Kč (Zpráva o povodni květen 2014, 2014).

3.5.3.4 Výskyt sucha a jeho následky

Od začátku hydrologického roku tedy od 1. listopadu 2014 probíhalo v povodí Odry hydrologické sucho. Průměrný úhrn srážek od dubna do září činil 400 mm na Opavsku a až 800 mm v Beskydech a Jeseníkách. Po srážkově průměrné zimě 2014/2015 bylo vegetační období od 1. dubna 2015 významnou zápornou odchylku od normálu. Srážkový deficit dosahoval k 1. listopadu 2015 již 31 % průměrného dlouhodobého ročního úhrnu. Letní červencové teploty přesáhly dlouhodobý průměr v daném měsíci o 3,6 °C a srpnové dokonce o 5,0 °C. Následkem těchto teplot byl extrémní výpar. Průtoky byly od poloviny června na velice nízkých hodnotách, pod hranicí sucha. V některých profilech bylo dosaženo i historických minim. Některé menší horské a podhorské vodní toky zcela vysychaly (Kapka, 2014) (Kapka, 2015).

V lednu 2016 sucho pokračovalo vlivem minimálních zásob vody ve sněhu. Od začátku února 2016 se meteorologická situace postupně zlepšovala. Srážky přicházející od jihu a jihovýchodu zasahovaly celé povodí a více horské oblasti a tím došlo ke zlepšení situace na vodárenských nádržích jejich plněním (Kapka, 2016).

Hydrologický rok 2018 byl poznamenán nedostatkem srážek a situace v červnu byla na vodních tocích dokonce horší než při mimořádném suchu v roce 2015 (Kapka, 2018).

3.6 Zemědělská produkce ve vztahu k hydrologickým extrémům

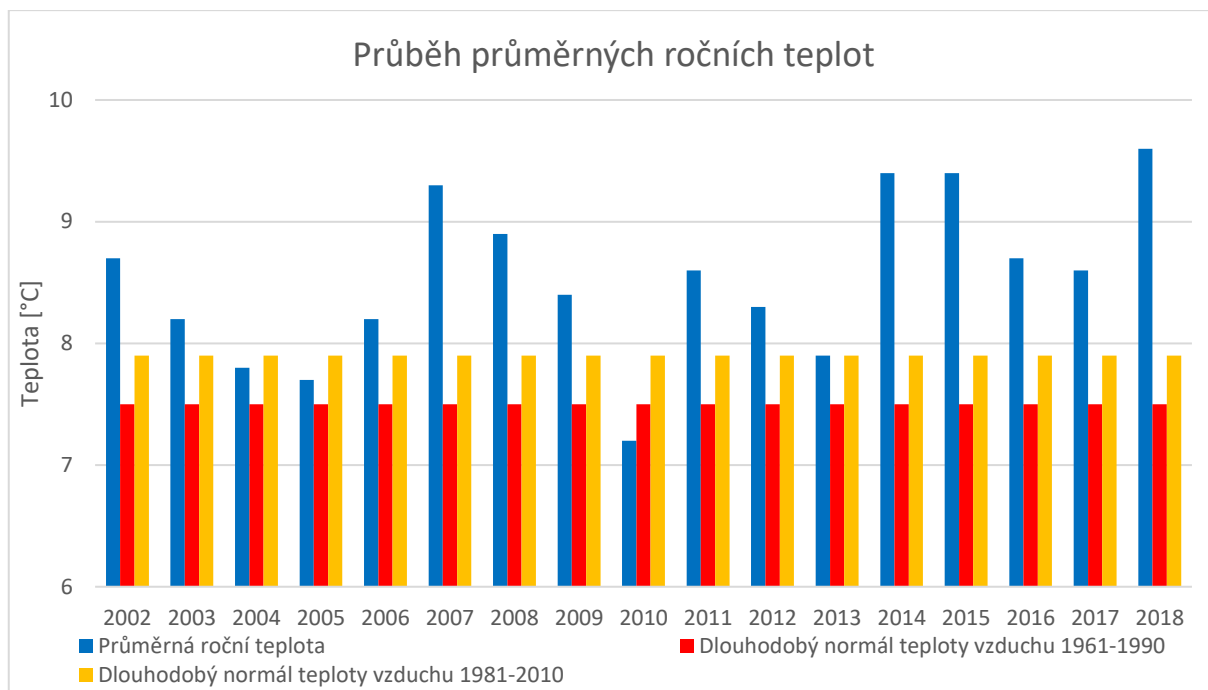
Téměř každý rok dochází v menší či větší míře k události nějakého hydrologického extrému. Cílem této podkapitoly je zjistit, jak se mění produkce zemědělských plodin v souvislosti s extrémní teplotou vzduchu a množstvím srážek. K porovnání jsem zvolila období 2002-2018 z důvodu počátku významných extrémních událostí posledních let.

3.6.1 Vývoj teploty a srážek za období 2002-2018

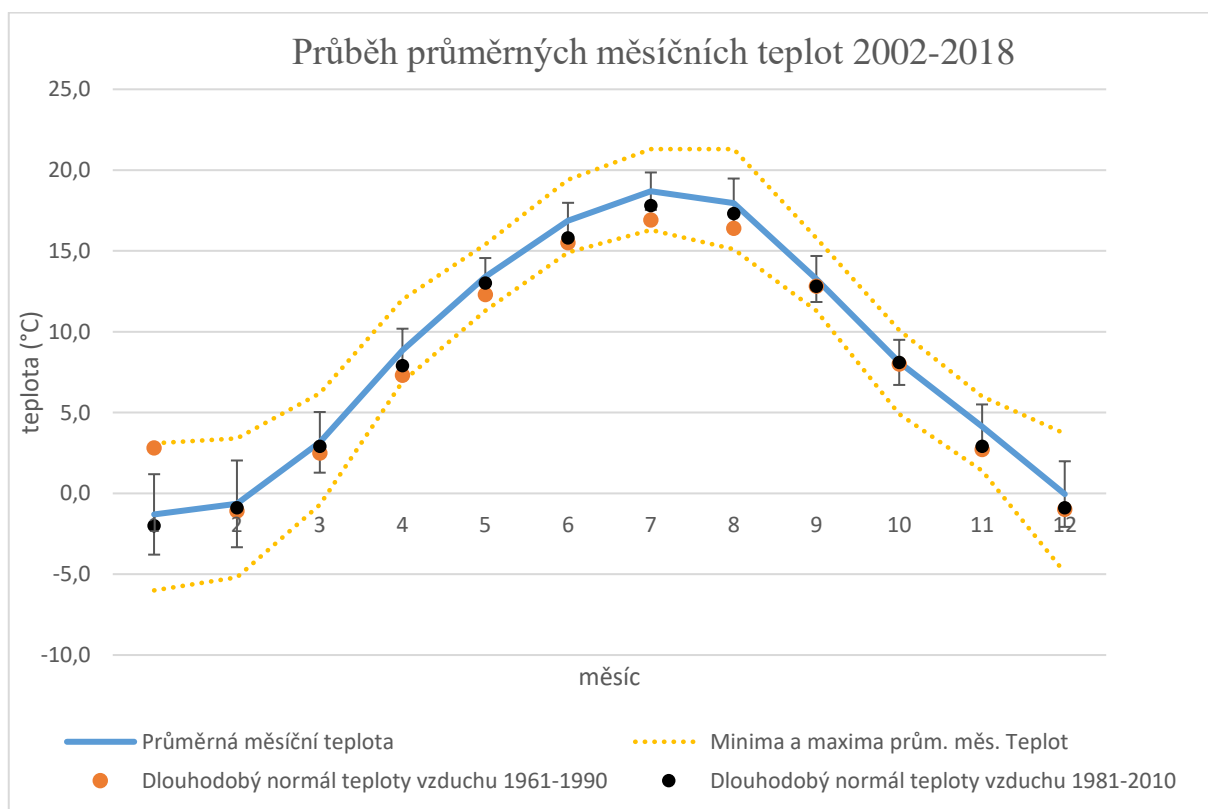
3.6.1.1 Teplota 2002-2018

Za sledované období činí průměr ročních teplot 8,5 °C. Teplota je vyšší o celý stupeň oproti dlouhodobému normálu teploty vzduchu za období 1961-1990. Oproti normálu z let 1981-2010 je teplota vyšší o 0,6 °C. Z dlouhodobého hlediska dochází tedy k postupnému zvyšování průměrné teploty. K tomuto zvyšování nedochází lineárně a ani exponenciálně. Jedná se o nepravidelné roční průměry.

Z grafu na obr. 22 je zřejmé, že teplotně výrazně nad normály a současně nad hranicí 9,0 °C byl rok 2007, 2014, 2015 a 2018. Průměrné roční teploty v rozmezí 8-9 °C se vyskytovaly nejčastěji, a to v roce 2002, 2003, 2006, 2008, 2009, 2011, 2012, 2016 a 2017. Minimum připadá na rok 2010, kdy průměrná teplota byla dokonce pod dlouhodobými normály.



Obr. 22. Srovnání průběhu průměrných ročních teplot s normály za období 2002-2018 (zdroj dat: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>)



Obr. 23. Srovnání průběhu průměrných měsíčních teplot s normály za období 2002-2018 (zdroj dat: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>)

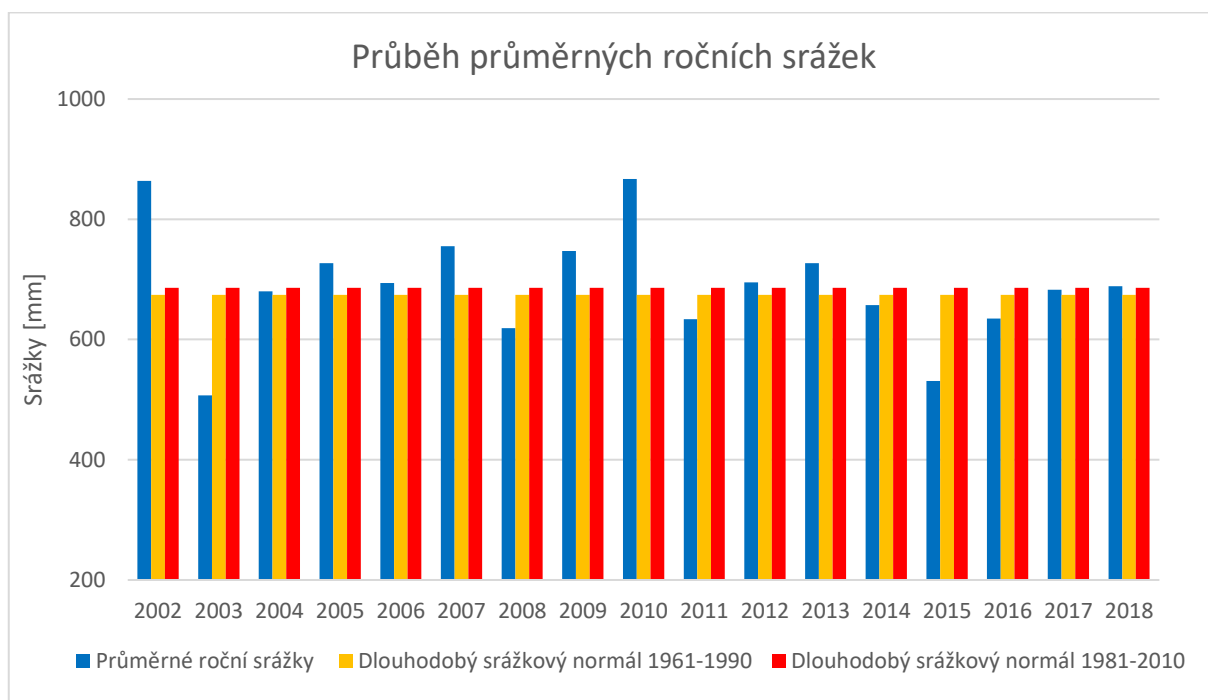
Na obr. 23 je mj. vidět, že největší fluktuační teplot ve sledovaném období je v zimních měsících, nejnižší v červnu. Největší odchylky ve vegetačním období jsou v srpnu. Nejchladnější je leden a nejteplejší červenec. Nejvyšší teploty oproti dlouhodobým normálům

teploty vzduchu 1981-2010 byly v červenci a v srpnu. Nejnižší teploty oproti dlouhodobým normálům teploty vzduchu 1961-1990 byly v lednu.

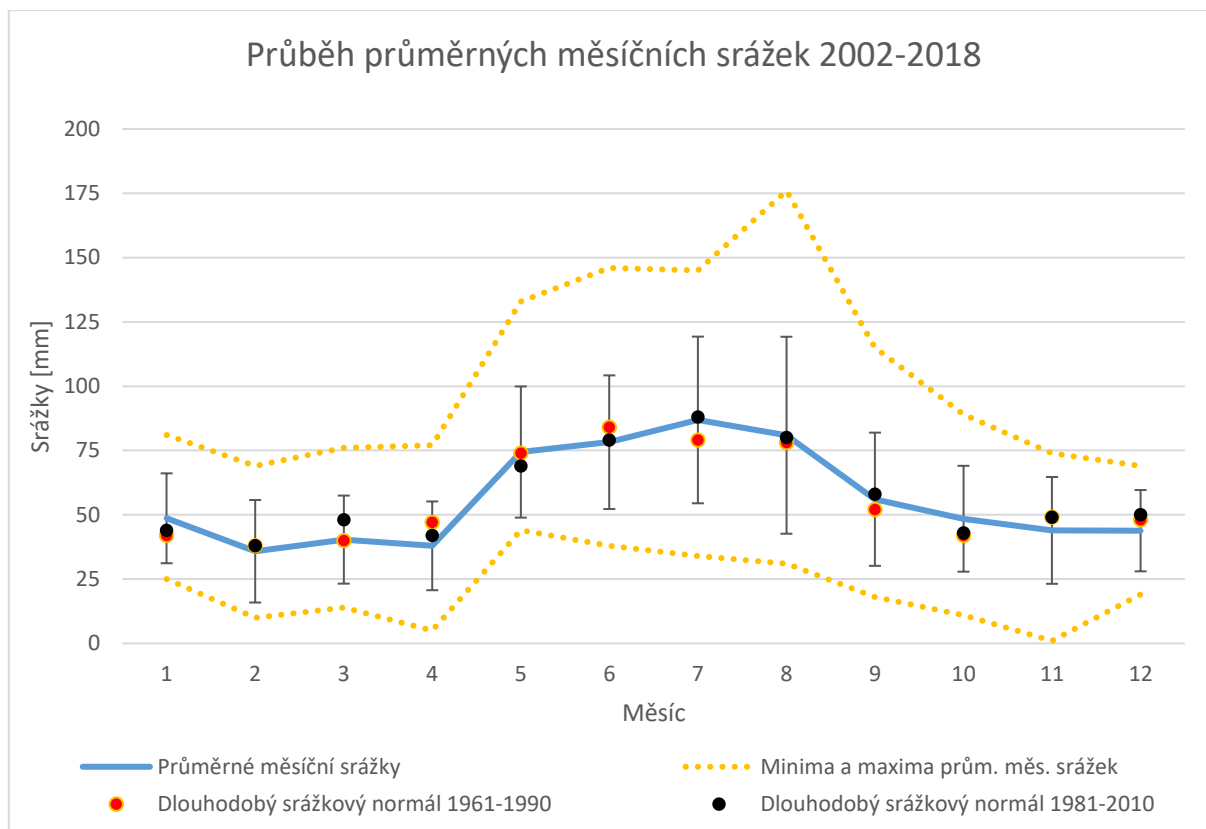
3.6.1.2 Srážky v období 2002-2018

Celkový průměr srážek ve zvoleném období byl 689 mm. Tato průměrná hodnota byla vypočítána ze stanovených dat pro celkové území ČR bez ohledu na nadmořskou výšku. I když v některých letech byly extrémní srážky nebo naopak nedostatečné, odchylka za období za 16 let oproti dlouhodobému normálu je minimální.

Obr.24. znázorňuje roční úhrn srážek na území ČR. K extrémnímu překročení dlouhodobých normálů (674, 686) a průměrných srážek za období 2002-2017 (689) došlo v roce 2002 hodnotou 864 mm a v roce 2010 množstvím 867 mm. Nejnižší úhrn srážek připadá na rok 2003, a to konkrétně 507 mm, a dále na rok 2015, kdy bylo naměřeno 531 mm. Stabilní úbytek srážek dva roky po sobě lze pozorovat v roce 2014 a 2015.



Obr. 24. Srovnání průběhu průměrných ročních srážek s normály za období 2002-2018
(zdroj dat: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>)



Obr. 25. Srovnání průběhu průměrných měsíčních srážek s normály za období 2002-2018 (zdroj dat: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>)

Z obr. 25 je zřejmé, že největší fluktuace průměrných srážek ve sledovaném období je od ledna až do dubna a od září až do prosince, nejnižší je v červenci. Největší odchylky ve vegetačním období jsou v srpnu, i když téměř ve všech měsících ve vegetačním období jsou značné výkyvy. Nejméně průměrných srážek je v únoru a nejvíce v červenci. Nejvyšší srážky oproti dlouhodobým srážkovým normálům 1981-2010 byly v lednu, květnu a říjnu. Nejnižší srážky oproti dlouhodobým normálům teploty vzduchu 1961-1990 byly v dubnu, červnu, listopadu a prosinci.

3.6.2 Vliv extrémních teplot na produkci zemědělských plodin

Na základě grafu z obr.22. jsem si zvolila roky 2007, 2014, 2015 a 2018. K vyhodnocení opačného extrému, tedy nejnižších teplot jsem zvolila 2010. Z plodin jsem zvolila obilniny, samostatně kukuřici, cukrovou řepu, brambory, z olejnin řepku a z víceletých vinice a chmelnice.

V roce 2007 během celého vegetačního období byly nepříznivé podmínky a výsledkem byl meziroční pokles produkce obilovin o 16,6 % a zároveň i snížená kvalita sklizně. Hektarový výnos kukuřice oproti předchozímu roku klesl o 0,42 t/ha. Teplé a suché počasí na jaře způsobilo, že zásoba zimní vláhly se vypařila a cukrová řepa se sela do velmi suché půdy, ale i tak výnos (54,71 t/ha) byl v porovnání s předchozím rokem vyšší o 2,0 %. Hektarový výnos brambor klesl na 21,72 tun oproti předchozímu roku, kdy výnos byl 28,05 t/ha. Sklizeň řepky olejné byla úspěšná a hektarový výnos byl 3,01 t/ha, předchozí byl 2,88 t/ha. Průměrný hektarový výnos chmele se v roce 2007 meziročně snížil z 1,38 t/ha na 1,01 t/ha. U vinné révy byly během července poškozeny bobule některých hroznů v důsledku vysokých teplot a snížilo

to výnosy. V roce 2007 byl hektarový výnos 3,71 t/ha, v předchozím roce byl výnos 4,39 t/ha a v následujícím dokonce 5,82 (Zpráva o stavu českého zemědělství, 2011).

Průměrný výnos všech obilovin v roce 2014 byl na úrovni 6,23 t ha. Ve srovnání s předchozím rokem jde o velmi vysoký nárůst o 0,91 t/ha (tj. o 17,1 %). V roce 2014 byl u kukuřice na zrno vysoký hektarový výnos 8,43 t/ha. Z pohledu počasí nebyl rok 2014 vůči cukrové řepě nijak příznivý. Od května nedostatek srážek přivodil na mnoha místech zastavení vegetace. Od července došlo k obnovení růstu vlivem srážek. Důsledkem byla velice nízká cukernatost, zejména na Moravě, oproti nadprůměrným výnosům bulev. Průměrný výnos u brambor byl 27,68 t/ha (rok 2016 byl 22,08). U řepky olejné díky velmi teplému průběhu zimy nedocházelo k žádnému poškození porostů a historicky byl nejlepší pěstitelský výsledek. Hektarový výnos byl o 14 % vyšší než v předchozím roce, který vyšplhal až na 3,95 t/ha. Průměrný výnos chmele byl 1,39 t/ha (2013 – 1,23 t/ha) (Zemědělství, 2015).

V roce 2015 byl průměrný výnos všech obilovin na úrovni 5,89 t/ha. Ve srovnání s předchozím rokem jde o mírný pokles o 0,34 t/ha (tj. o 5,5 %). Dlouhotrvající sucho mělo negativní vliv na hektarový výnos kukuřice na zrno. Hektarový výnos 5,54 t/ha byl velmi nízký vlivem dlouhotrvajícího sucha v období března až srpna 2015, kdy plochy kukuřice strádaly. Rok 2015 v pěstování cukrové řepy lze přes extrémní průběh počasí hodnotit celkově jako dobrý. Tentokrát kvalita předčila kvantitu. Výnos bulev dosáhl hodnoty 61 t/ha a cukernatost měla hodnotu 18,20 %, což bylo oproti předchozímu výsledku o 12,6 % více. U brambor byl v roce 2015 průměrný výnos 21,06 t/ha (2014 – 27,68 t/ha). V roce 2015 byl hektarový výnos řepky olejné 3,43 t/ha a produkce řepky tak poklesla o 18 %. U chmelu se vývoj počasí neodrazil jen na výnosu, ale i v parametru alfa hořkých látek. Ročník 2015 se zařadil mezi velmi slabé a obě hodnoty dosáhly výrazně nízkých hodnot a lze ho zařadit k nejhorším rokům 1994 nebo 2006. Průměrný celkový výnos byl 1,05 t/ha (2014 – 1,39 t/ha). U vinné révy došlo na Břeclavsku k praskání vinné révy vlivem nerovnoměrného příjmu vody. Na Břeclavsku, Znojemsku, v Hodoníně, Uherském Hradišti došlo k poškození bobulí sluneční spálou révy a slunečním úžehem révy (Zemědělství, 2016).

Tab. 9. Porovnání výnosu plodin za rok 2017-2018
(upraveno dle zdroje: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2018>)

Plodina	MJ	2017	2018	Vývoj výnosu
Obiloviny	Výnos [t/ha]	5,50	5,21	6 %
Kukuřice na zrno	Výnos [t/ha]	6,84	5,98	14 %
Brambory	Výnos [t/ha]	29,42	25,50	15 %
Cukrovka technická	Výnos [t/ha]	66,56	57,51	16 %
Řepka	Výnos [t/ha]	2,91	3,43	-15 %
Chmel	Výnos [t/ha]	1,37	1,02	35 %
Vinné hrozny	Výnos [t/ha]	5,05	6,51	-22 %

V roce 2018 byl nejvyšší průměr teplot v ČR a tím byl nejteplejším českým rokem. V tab. 9. je vidět, že k poklesu hektarových výnosů došlo u obilovin, kukuřice na zrno, brambor, cukrovky a chmele. K největšímu poklesu došlo u chmele o 35 % z původních 1,37 t/h na 1,02 t/h a nejméně u obilovin. Naopak došlo k nárůstu hektarových výnosů u řepky a vinné révy.

V roce 2010, kdy byla dle obr.22. nejnižší průměrná teplota a zároveň nevyšší srážkový úhrn v období 2002-2018, došlo k meziročnímu poklesu produkce z důvodu nižších hektarových výnosů. Porosty jařin strádaly v důsledku nedostatku kyslíku v příliš vlhké půdě (květen extrémní srážky a nízké teploty). Při chladném a deštivém počasí docházelo ke zpomalení až zastavení růstu. Docházelo k problémům s opylením porostů zejména řepky. Poslední dekáda července byla opět velmi chladná a propršela. Došlo k opoždění žňové práce, to ovlivnilo založení nových porostů ozimé řepky, která šla v důsledku toho do přezimování slabší a málo vyvinutá. U obilovin byl v roce 2010 hektarový výnos 4,70 t/ha (rok 2009 – 5,08 t/ha), došlo ke snížení o 7,5 %. Do sklizně a zpracování řepy zasáhly vydatné srážky na začátku října, které výrazně zhoršily obsah příměsí ve sklizené řepě a zředily obsah cukru v řepě. Průměrná cukernatost řepy vlivem špatného počasí po celou vegetaci, ve srovnání s předchozím rokem, poklesla na 16,65 %. Zima roku 2009/2010 byla ve srovnání s dlouhodobým průměrem mírnější a výrazně bohatší na srážky. Vegetační období roku 2010 bylo velmi bohaté na srážky a půda pro většinu dnů byla buď silně provlhlá, nebo alespoň středně vlhká. Výjimkou byl měsíc červen, kdy napršelo pouze zhruba 57 % dlouhodobého průměru, a to pouze v první polovině. Rovněž i první polovina téměř bez srážek a s vysokými teplotami způsobilo, že porosty brambor začaly trpět suchem, na viditelně vadla a u některých odrůd se dostavovaly příznaky předčasného ukončování vegetace. Nadprůměrné srážky v závěru měsíce září zkomplikovaly sklizeň brambor. Průměrný hektarový výnos byl nižší než v předchozím roce a to 23,45 t/ha. Sklizeň chmele v roce 2010 byla historicky nejvyšší. Od roku 1920 nebyl ročník, který by dosahoval této úrovně. Výnos z jednoho hektaru, který byl v roce 2010 ve výši 1,49 tuny, předčil i doposud nejlepší výnos z roku 2005, kdy byl průměrný výnos 1,38 t/ha. Rekordní výnos chmele byl i přes nepříznivé počasí během vegetace. Hodnota alfa hořkých kyselin byla v dlouhodobém horizontu podprůměrná. U vinné révy bylo nepříznivým jevem pro dozrávání hroznů silné ochlazení na konci srpna a počátku září. Značné množství srážek komplikovalo ošetřování vinic v období silného infekčního tlaku, vyvolaného právě těmito dešti. Jednalo se o výskyty nejvýznamnějších patogenů, jako jsou padlí révové, plíseň révová, šedá hniloba. V měsíci červnu, kdy došlo k dlouhodobému podmáčení keřů, došlo v celém okrese Břeclav silným projevům chlorózy (Zemědělství, 2011).

3.6.2.1 Vliv extrémních teplot na produkci zemědělských plodin dle krajů

V rámci ČR je rozložení teplot v jednotlivých krajích odlišné a stejně tak i hektarové výnosy. Opět jsem zvolila rok 2007, 2010, 2014, 2015 a 2018. U výnosů jsem zvolila k porovnání předchozí roky.

Tab. 10. Průměrné roční teploty v jednotlivých krajích
(upraveno dle zdroje: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>)

Kraj	Průměrné teploty [°C]					Dlouhodobý normál teploty vzduchu 1961-1990 [°C]	Dlouhodobý normál teploty vzduchu 1981-2010 [°C]
	2007	2010	2014	2015	2018		
Praha a Středočeský	9,8	7,9	10,1	10,2	10,4	8,2	9,3
Jihočeský	8,6	6,8	8,9	9,0	9,1	7,1	8,3
Plzeňský	8,7	6,8	9,1	9,1	9,3	7,1	8,4
Karlovarský	7,9	5,9	8,3	8,2	8,3	7,0	7,5
Ústecký	9,3	7,2	9,5	9,5	9,7	7,7	8,9
Liberecký	8,5	6,7	9,0	8,7	9,0	6,4	7,9
Královehradecký	7,9	7,2	9,3	9,3	8,3	6,9	8,4
Pardubický	9,3	7,3	9,4	9,5	9,8	7,2	8,6
Vysočina	8,6	6,8	9,0	9,1	9,3	7,2	8,3
Jihomoravský	10,2	8,3	10,5	10,4	10,8	8,3	9,8
Olomoucký	8,9	7,2	9,4	9,2	9,5	7,4	8,4
Zlínský	9,3	7,7	9,8	9,5	10,0	8,1	8,8
Moravskoslezský	8,8	7,0	9,2	9,2	9,2	7,0	8,3

V roce 2007 byly ve všech krajích nadprůměrné teploty nad dlouhodobými normály. Nejvíce v Jihomoravském kraji a to 10,2 °C a nejméně v Karlovarském a Královehradeckém kraji s teplotou 7,9 °C. Rozdíly teplot mezi jednotlivými kraji jsou značné. V roce 2010, kdy byl rok s nejnižšími průměrnými teploty, tak nejnižší průměrná teplota byla Karlovarským kraji (5,9 °C). Naopak nejvyšší průměrná teplota byla 8,3 °C a to v Jihomoravském kraji. V roce 2010 byly téměř ve všech krajích teploty dokonce pod dlouhodobými průměry. Rok 2014 byl opět význačný teplotami nad dlouhodobými průměry u jednotlivých krajů. Teploty se pohybovaly v rozmezí od 8,1-10,5 °C. Nejvyšší průměrná teplota byla v Jihomoravském kraji (10,5 °C) a naopak nejnižší opět v Karlovarském kraji (8,3 °C). V roce 2015 se průměrné roční teploty pohybovaly v rozmezí 8,2-10,4 °C. Nejvyšší opět v Jihomoravském a nejnižší opakovaně v Karlovarském kraji. Rok 2018 se projevil ve všech krajích nejvyššími průměrnými teplotami ve srovnání s předchozími roky.

V roce 2007 (tab. 11.) byl ve všech krajích průměrný hektarový výnos obilovin vyšší oproti předchozímu roku 2006. Výjimku tvoří pouze Jihomoravský kraj, kde výnos (4,37 t/ha) se oproti roku 2006 snížil, ale zároveň v roce 2007 byla v tomto kraji nejvyšší průměrná teplota. V roce 2010 došlo ke snížení průměrného hektarového výnosu ve všech krajích. Nejnižší průměrný výnos (4,12 t/ha) v roce 2010 byl na Vysočině. V roce 2014 došlo ve všech krajích ke zvýšení průměrného hektarového výnosu oproti roku 2013. Nejvyšší výnosy byly ve Středočeském kraji, Zlínském kraji a Olomouckém kraji. Nejnižší na Vysočině, v Karlovarském a Libereckém kraji. V roce 2015 došlo ve všech krajích ke snížení hektarového výnosu obilovin. Průměrné výnosy byly mezi 4,95-5,98 t/ha. Nejnižší byl na Vysočině a nejvyšší ve Středočeském kraji. V roce 2018 byl pohyb výnosů dle krajů v porovnání s rokem

2017 nepravidelný. Ke zvýšení došlo v kraji Jihočeském, Karlovarském, Ústeckém a na Vysočině. V ostatních krajích došlo ke snížení.

Tab.11. Průměrné výnosy obilovin dle krajů
(upraveno dle zdroje: <https://www.czso.cz/csu/czso/zemdelstvi>)

Obiloviny výnosy t/ha									
Kraj	2006	2007	2009	2010	2013	2014	2015	2017	2018
Praha a Středočeský	4,49	4,66	5,46	4,99	5,63	6,61	6,50	5,94	5,37
Jihočeský	3,66	4,37	4,49	4,21	4,88	5,83	5,35	5,18	5,19
Plzeňský	3,86	4,45	4,68	4,41	4,90	5,89	5,47	5,23	5,17
Karlovarský	3,64	4,30	4,47	4,31	4,98	5,78	5,42	5,10	5,13
Ústecký	4,40	4,52	5,31	4,93	5,55	6,58	6,36	5,21	5,30
Liberecký	3,70	4,17	4,58	4,24	4,98	5,79	5,50	5,21	5,01
Královéhradecký	4,37	4,83	5,34	4,87	4,90	6,48	6,25	5,98	5,16
Pardubický	4,15	4,67	5,14	4,71	5,44	6,33	5,87	5,73	5,32
Vysočina	3,59	4,29	4,42	4,12	5,28	5,78	5,36	4,95	5,22
Jihomoravský	4,48	4,37	5,51	5,13	4,86	6,23	5,82	5,91	5,01
Olomoucký	4,54	4,77	5,49	4,95	5,72	6,60	6,35	5,83	5,34
Zlínský	4,60	4,81	5,60	5,14	5,59	6,61	6,25	5,42	5,26
Moravskoslezský	4,06	4,46	4,91	4,53	5,70	6,10	5,76	5,93	5,18

Tab. 12. Průměrné výnosy kukuřice na zrno dle krajů
(upraveno dle zdroje: <https://www.czso.cz/csu/czso/zemdelstvi>)

Kukuřice na zrno výnosy t/ha									
Kraj	2006	2007	2009	2010	2013	2014	2015	2017	2018
Praha a Středočeský	6,72	7,32	8,78	7,02	7,77	9,14	6,31	8,18	6,28
Jihočeský	5,80	6,41	7,58	5,42	5,69	8,29	4,97	7,51	6,10
Plzeňský	6,10	6,77	7,75	5,61	5,77	9,02	5,02	7,54	6,01
Karlovarský	5,74	6,81	6,61	-	-	-	-	-	5,95
Ústecký	6,90	7,40	8,50	6,8	6,94	8,77	5,77	8,13	6,25
Liberecký	5,82	6,60	7,66	5,24	5,51	8,36	5,18	7,64	5,95
Královéhradecký	6,62	7,25	8,43	6,51	6,63	8,54	5,42	8,14	5,93
Pardubický	6,72	7,06	8,22	6,46	6,76	8,46	5,46	7,90	6,13
Vysočina	5,98	6,63	7,72	5,98	6,05	8,29	4,98	7,37	6,47
Jihomoravský	6,82	6,12	8,63	6,96	6,88	8,04	5,35	5,34	5,75
Olomoucký	7,33	7,72	8,75	7,01	7,54	9,03	6,03	8,01	6,32
Zlínský	6,99	7,20	8,63	7,06	7,38	9,06	5,88	7,47	6,10
Moravskoslezský	6,61	6,73	8,07	6,34	6,91	8,5	5,54	7,66	6,36

U kukuřice na zrno (tab.12.) došlo v roce 2007 k nárůstu hektarového výnosu téměř ve všech krajích ve srovnání s předcházejícím rokem 2006. Výjimku tvoří Jihomoravský kraj, kde došlo k poklesu hektarového výnosu (6,12 t/ha). Nejvyšší hektarový výnos byl v Olomouckém kraji (7,72 t/ha). V roce 2010, kdy byl rok teplotně nejchladnější, došlo ve všech krajích ke snížení hektarového výnosu. Extrémně nízký hektarový výnos (5,24 t/ha) byl v Libereckém kraji. V roce 2014 došlo k extrémním nárůstům hektarových výnosů, pohybovaly se v rozmezí 8,29-9,14 t/ha. V roce 2015 došlo opět k opačným extrémům, a to k poklesům oproti roku 2014. Nejnížší výnosy byly na Vysočině a v Jihočeském kraji. V roce 2018 byly hektarové výnosy opět nižší oproti roku 2017 ve všech krajích.

Tab. 13. Průměrné výnosy brambor dle krajů
(upraveno dle zdroje: <https://www.czso.cz/csu/czso/zemdelstvi>)

Brambory výnosy t/ha									
Kraj	2006	2007	2009	2010	2013	2014	2015	2017	2018
Praha a Středočeský	23,98	25,23	25,96	23,26	21,04	28,27	22,91	28,63	24,45
Jihočeský	24,55	28,37	28,11	27,52	25,66	33,43	22,16	32,27	26,70
Plzeňský	23,60	27,77	27,86	26,76	25,06	32,76	21,59	31,89	26,33
Karlovarský	24,35	28,77	28,36	27,53	26,08	33,65	23,67	32,73	27,64
Ústecký	21,27	24,88	25,47	20,97	20,89	26,41	22,90	27,55	24,05
Liberecký	24,17	27,79	27,36	26,58	25,75	31,70	22,73	31,68	26,64
Královéhradecký	23,38	26,09	26,57	23,64	22,86	29,96	23,27	29,85	25,26
Pardubický	23,43	27,41	27,66	25,73	25,33	31,63	22,36	31,68	26,39
Vysočina	24,47	28,59	28,35	27,56	25,83	33,58	23,17	32,57	27,27
Jihomoravský	22,73	21,73	25,96	19,16	24,05	22,80	27,47	26,12	26,52
Olomoucký	22,51	25,10	25,87	22,75	22,50	29,02	23,58	29,40	24,68
Zlínský	23,19	25,58	25,96	23,17	22,93	27,84	22,62	29,14	24,66
Moravskoslezský	22,03	26,36	25,90	23,12	24,33	27,45	21,64	28,98	24,71

U brambor v tab. 13. došlo u téměř všech krajů v roce 2007 k nárůstu průměrných hektarových výnosů oproti předchozímu roku. Ke snížení došlo v Jihomoravském kraji s hektarovým výnosem 21,73 t/ha. V roce 2010 a 2015 došlo ke snížení hektarových výnosů. V roce 2014 došlo k extrémnímu nárůstu hektarových výnosů, nejvíce v Karlovarském kraji (33,65 t/ha) a na Vysočině (33,58 t/ha). V roce 2018 opětovně došlo ke snížení v porovnání s předchozím rokem 2017.

Tab. 14. Průměrné výnosy cukrovky dle krajů
(upraveno dle zdroje: <https://www.czso.cz/csu/czso/zemdelstvi>)

Cukrovka technická výnosy t/ha									
Kraj	2006	2007	2009	2010	2013	2014	2015	2017	2018
Praha a Středočeský	52,25	54,70	58,96	55,20	61,57	71,35	60,34	67,40	57,82
Ústecký	51,21	53,22	57,20	55,08	59,35	70,40	59,58	67,77	56,96
Liberecký	49,88	54,22	56,32	52,19	57,52	71,42	58,45	68,54	58,02
Královéhradecký	51,44	53,95	57,89	54,31	60,06	70,82	59,67	67,97	57,20
Pardubický	51,04	54,01	58,50	53,66	59,73	72,50	59,68	67,82	59,14
Vysočina	50,21	54,68	57,15	54,95	58,51	72,11	59,06	69,26	56,31
Jihomoravský	51,08	46,69	57,75	55,97	56,87	61,07	55,69	55,38	54,50
Olomoucký	52,25	54,93	59,03	54,75	61,77	71,33	60,34	67,44	58,28
Zlínský	51,75	50,35	57,97	55,01	59,67	71,36	58,62	63,87	57,54
Moravskoslezský	50,59	53,41	56,18	51,70	58,65	71,38	58,89	67,22	58,76

V tab.14. u cukrovky došlo v roce 2007 k nárůstu téměř ve všech krajích s výjimkou Jihomoravského (46,69 t/ha) a Zlínského kraje (50,35 t/ha), kde došlo ke snížení. Nejvyšší hektarové výnosy byly ve Středočeském kraji (54,70 t/ha). V roce 2010, kdy byla průměrná teplota extrémně nízká došlo ke snížení hektarových výnosů ve všech krajích oproti roku 2009. Nejnižší průměrný výnos byl v Moravskoslezském kraji (51,70 t/ha). V roce 2014, kdy byla extrémní průměrná teplota, došlo opět k nárůstu výnosů ve všech krajích v porovnání s rokem

2013. V roce 2014 byly nejvyšší hektarové výnosy v porovnání s předchozím a následujícími roky v rozmezí 61,07- 72,50 t/ha. V roce 2015 a 2018 došlo opět ke snížení výnosů ve všech krajích ve srovnání s předchozími rok 2014 a 2017.

Tab. 15. Průměrné výnosy řepky dle krajů
(upraveno dle zdroje: <https://www.czso.cz/csu/czso/zemdelstvi>)

Řepka olejná výnosy t/ha									
Kraj	2006	2007	2009	2010	2013	2014	2015	2017	2018
Praha a Středočeský	3,18	3,14	3,36	2,84	3,56	4,06	3,55	3,03	3,45
Jihočeský	2,85	3,00	3,08	2,86	3,37	3,88	3,37	2,87	3,50
Plzeňský	2,93	3,03	3,12	2,86	3,36	3,88	3,36	2,84	3,49
Karlovarský	2,84	3,01	3,09	2,87	3,36	3,89	3,37	2,88	3,52
Ústecký	3,16	3,11	3,29	2,78	3,51	4,02	3,54	3,00	3,35
Liberecký	2,96	3,03	3,13	2,81	3,40	3,90	3,40	2,89	3,44
Královéhradecký	3,10	3,10	3,25	2,80	3,48	4,00	3,53	2,99	3,37
Pardubický	3,02	3,07	3,21	2,83	3,44	3,96	3,46	2,92	3,45
Vysočina	2,82	3,00	3,08	2,83	3,37	3,89	3,37	2,90	3,50
Jihomoravský	3,15	3,02	3,14	2,83	3,49	3,93	3,29	2,69	3,32
Olomoucký	3,18	3,14	3,32	2,81	3,55	4,04	3,53	3,01	3,43
Zlínský	3,15	3,09	3,26	2,81	3,53	4,03	3,50	2,96	3,37
Moravskoslezský	3,01	3,05	3,15	2,77	3,40	3,89	3,38	2,87	3,39

Rok 2007 byl u řepky v tab. 15 u jednotlivých krajů odlišný. V některých krajích došlo ke zvýšení hektarovému výnosu a u některých ke snížení oproti roku 2006. V roce 2010, kdy byla nejnižší průměrná teplota za všechny roky, došlo ke snížení hektarových výnosů ve všech krajích. V roce 2014 a 2018 došlo ve všech krajích ke zvýšení ve srovnání s roky 2013 a 2017. V roce 2015 došlo opět ke snížení výnosů u všech krajů.

Tab. 16. Průměrné výnosy chmele dle krajů
(Upraveno dle zdroje: <https://www.czso.cz/csu/czso/zemdelstvi>)

Chmel výnosy t/ha									
Kraje	2006	2007	2009	2010	2013	2014	2015	2017	2018
Praha a Středočeský	0,84	0,91	1,24	1,45	1,24	1,36	0,93	1,35	1,04
Ústecký	0,98	1,02	1,17	1,47	1,18	1,37	1,04	1,38	1,03
Liberecký	1,07	1,50	1,36	1,23	1,05	1,50	1,03	1,47	1,36
Olomoucký	1,54	1,46	1,58	1,68	1,51	1,58	1,42	1,44	0,93

Plodící chmelnice v tab.16. jsou pouze ve čtyřech krajích. V roce 2007 došlo k nárůstu hektarových výnosů. Největší průměrné hektarové výnosy byly v Libereckém kraji a nejnižší ve Středočeském kraji. Rok 2010 byl výnosově plodnější ve srovnání s předchozím rokem s výjimkou Libereckého kraje, kde došlo ke snížení. Roky 2014 a 2017 zaznamenaly nárůst ve všech krajích. Naopak roky 2015 a 2018 zaznamenaly pokles bez výjimky.

Vinice, které plodily ve všech sledovaných letech byly zaznamenány v osmi krajích v tab. 17. V roce 2007 došlo ke zvýšení hektarových výnosů ve všech krajích. V roce 2010 došlo ke zvýšení pouze v Královéhradeckém kraji a na Vysočině. V roce 2014 došlo ve všech krajích ke

zvýšení hektarového výnosu. Naopak v roce 2015 a 2018 došlo ke snížení hektarových výnosů ve srovnání s předcházejícími roky 2014 a 2017 opět ve všech krajích.

Tab. 17. Průměrné výnosy vinné révy dle krajů
(Upraveno dle zdroje: <https://www.czso.cz/csu/czso/zemedelstvi>)

Vinná réva výnosy t/ha									
Kraj	2006	2007	2009	2010	2013	2014	2015	2017	2018
Praha a Středočeský	2,68	5,62	3,36	3,17	3,34	3,72	4,96	4,93	5,97
Plzeňský	3,00	3,00	3,12	2,88	3,63	3,55	4,74	4,92	6,45
Ústecký	2,79	5,87	3,29	2,91	3,31	3,49	4,73	4,86	6,49
Královéhradecký	2,69	5,97	3,25	3,55	3,29	3,55	4,87	5,02	6,40
Vysočina	2,63	5,79	3,08	3,35	4,67	4,00	5,64	4,98	6,20
Jihomoravský	3,78	5,82	3,14	2,86	4,86	4,05	5,79	5,06	6,51
Olomoucký	2,88	5,64	3,32	3,23	3,29	3,48	4,75	4,91	6,48
Zlínský	3,12	5,93	3,26	3,08	3,93	3,91	5,04	4,91	6,49

3.6.3 Vliv extrémních srážek na produkci zemědělských plodin

Na základě grafu na obr.24. jsem zvolila pro popsání rok 2002, kdy byly nejextrémnější srážky. Naopak s nejnižšími průměrnými srážkami jsem zvolila rok 2003. Roky 2010 a 2015 byly již popsány v předchozích kapitolách.

Rok 2002 nebyl pro většinu tržních plodin příznivý. Produkce z ploch postižených zvýšenými srážkami se vyznačovala nižšími výnosy a podstatně nižší kvalitou. Průměrný výnos všech obilovin v roce 2002 dosáhl 4,33 t/ha a ve srovnání s předchozím rokem se snížil o 0,19 t/ha (4,2 %). U kukuřice byl mohutný růst produkce. Cukrovka v ČR byla v některých krajích silně poškozena srpnovou povodní. Sklizňová plocha byla nižší, ale byl historicky nejvyšší výnos 41,69 t/ha. Vyšší dešťové srážky v červnu zapříčinily časný výskyt plísně bramborové v porostech brambor. Příznivé podmínky pro plíseň bramborovou trvaly vlivem extrémních dešťových srážek po celé vegetační období, což se odrazilo v intenzitě ochrany. Dešťové srážky v období sklizně neumožnily sklídit všechny porosty brambor. Zůstaly nesklizené podmáčené pozemky v Polabí, nesklidily se veškeré plochy konzumních i průmyslových brambor v bramborářských oblastech Čech i Moravy. Nesklizené plochy byly v řádu stovek hektarů. Někteří pěstitelé dosahovali na jednotlivých pozemcích výnosy 50-60 tun z hektaru. Řepka olejná měla výnos nižší oproti roku 2001 o 0,57 t/ha. Negativní vliv na porosty řepky mělo rozšíření houbových chorob i vysoký výskyt živočišných škůdců na konci vegetace a špatné klimatické podmínky během vegetace. Povodně v srpnu 2002 významně ovlivnily produkci chmele v Ústěcké chmelařské oblasti, kde zasáhly 13 pěstitelů chmele a z 200 ha chmelnic nebyl díky povodním chmel sklizen. Přes 20 ha chmelnic bylo zcela zničeno. U vinic byl rok 2002 příznivý až na výjimky. Průměrný výnos dosáhl 5,8 t/ha (Zemědělství, 2003).

V roce 2003 se průměrný výnos všech obilovin 3,95 t/ha ve srovnání s předchozím rokem snížil o 0,38 t/ha (8,7 %). U cukrovky byly v roce 2003 ve většině produkčních oblastí nižší výnosy z důvodu extrémně suchého a teplého počasí po téměř celé vegetační období. Cukernatost byla naopak historicky nejvyšší. Pro brambory byl průběh počasí v roce 2003 velmi nepříznivý. Velmi suché a teplé počasí způsobilo nedostatečné využití výnosového

potenciálu brambor. Vlivem počasí nedošlo k rozvoji plísně bramborové, ale byl silnější výskyt strupovitosti a mandelinky bramborové. V roce 2003 byl zaznamenán propad u řepky o 0,72 t/ha. U chmele byl rok 2003 z hlediska růstu a vývoje chmelových porostů netypický až extrémní. V průběhu vegetace od začátku dubna do konce srpna byl značný deficit srážek. Vysoké maximální teploty v tomto období omezily tvorbu alfa hořkých kyselin. Průběh počasí v roce 2003 byl opět poměrně příznivý pro pěstování vinné révy (Zemědělství, 2004).

3.6.3.1 Vliv extrémních srážek na produkci zemědělských plodin dle krajů

V rámci ČR je rozložení srážek jev jednotlivých krajích odlišné a stejně tak i hektarové výnosy. K porovnání jsem zvolila rok 2002, kdy byly extrémní srážky a rok 2003, kdy bylo extrémní sucho.

Tab. 18. Průměrné roční srážky v ČR dle krajů
(upraveno dle zdroje: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>)

Kraj	Průměrné srážky [mm]			
	2002	2003	Dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm]	Dlouhodobý srážkový normál 1981-2010 [mm]
Praha a Středočeský	794	400	590	587
Jihočeský	1059	517	659	687
Plzeňský	1012	468	656	684
Karlovarský	957	513	673	747
Ústecký	813	378	612	636
Liberecký	958	582	860	893
Královehradecký	867	606	774	760
Pardubický	795	551	711	702
Vysočina	834	527	644	673
Jihomoravský	653	425	543	559
Olomoucký	733	600	732	708
Zlínský	789	581	786	775
Moravskoslezský	798	628	816	802

V tab.18. je vidět, že v roce 2002 se v některých krajích vyskytovaly extrémní úhrny srážek vysoko nad dlouhodobými normály. Největší průměrné roční úhrny byly v Jihočeském a Plzeňském kraji. V roce 2003 bylo extrémní sucho a průměrné srážky v některých krajích byly pod dlouhodobými normály. Nejnižší srážky byly v Ústeckém kraji a ve Středočeském kraji.

Z tab. 19. je zřejmé, že u obilovin došlo v roce 2002 v porovnání s předchozím rokem ke snížení hektarového výnosu ve Středočeském kraji, Jihočeském, Královehradeckém, Pardubickém, Vysočinou, Jihomoravském a Olomouckém kraji. Výnosy se pohybovaly v rozmezí 3,87-4,76 t/ha. Nejnižší hektarový výnos byl v Karlovarském kraji a nejvyšší v Jihomoravském kraji. V roce 2003 došlo opět k poklesu hektarových výnosů obilovin, ale tentokrát u všech krajů. Výnosy byly v rozmezí 3,51-4,41 t/ha, nejnižší byl v Plzeňském kraji a nejvyšší v Olomouckém kraji.

U brambor došlo v roce 2002 ve většině krajů ke zvýšení výnosů s výjimkou Středočeského a Jihočeského kraje. Výnosy se pohybovaly v rozmezí 19,64-25,94 t/ha.

Nejnižší byly v Ústeckém kraji a nevyšší v Jihočeském kraji. V roce 2003 došlo k extrémnímu snížení výnosu ve všech krajích. Výnosy byly v rozmezí 15,00-20,74 t/ha.

Cukrovka technická vykazovala v roce 2002 nárůst výnosů téměř ve všech krajích kromě Středočeského kraje, Olomouckého, Zlínského a Moravskoslezského kraje. V roce 2003 naopak došlo ke snížení výnosů ve všech krajích kromě Prahy a Středočeského kraje.

U řepky došlo v roce 2002 ke snížení výnosů ve všech krajích a v roce 2003 k dalšímu snížení, kdy hektarový výnos nepřesáhl 2 t/ha.

Tab. 19. Průměrné hektarové výnosy dle krajů
(upraveno dle zdroje: Statistická ročenka ČR)

Kraj	Obiloviny t/ha			Brambory t/ha			Cukrovka technická t/ha			Řepka t/ha		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Praha a Středočeský	4,83	4,59	4,29	21,42	20,52	17,67	44,25	41,72	46,11	2,92	2,33	1,80
Jihočeský	4,17	4,05	3,55	21,73	25,94	19,58	-	-	-	3,07	2,26	1,37
Plzeňský	3,93	4,20	3,51	20,09	25,32	19,43	-	-	-	2,79	2,29	1,42
Karlovarský	3,41	3,87	3,62	14,23	25,20	20,74	-	-	-	2,65	2,28	1,37
Ústecký	4,09	4,34	4,20	14,96	19,64	16,61	44,15	49,17	44,84	2,56	2,28	1,75
Liberecký	3,51	3,86	3,67	19,06	24,68	20,24	41,87	43,38	45,86	2,81	2,26	1,51
Královéhradecký	5,01	4,42	3,96	18,92	22,19	18,76	47,05	49,30	45,16	3,09	2,28	1,76
Pardubický	4,37	4,36	3,96	21,17	23,92	19,71	42,83	49,88	45,31	2,90	2,30	1,59
Vysočina	4,42	3,90	3,65	24,06	25,03	20,03	43,79	52,26	44,08	3,00	2,26	1,38
Jihomoravský	5,10	4,76	4,06	17,97	16,85	15,00	44,02	48,60	42,92	2,62	2,16	1,45
Olomoucký	5,17	4,70	4,41	20,75	21,26	18,18	51,03	50,34	46,35	2,73	2,31	1,75
Zlínský	4,62	4,74	4,33	17,16	22,66	18,93	41,09	49,67	45,34	2,43	2,28	1,70
Moravskoslezský	4,05	4,24	3,88	17,47	23,19	18,88	42,12	48,74	45,11	2,56	2,27	1,54

3.7 Opatření proti hydrologickým extrémům

3.7.1 Možnosti zmírnění dopadů změny klimatu na hydrologický režim

Klimatická změna může negativně ovlivnit hydrologický režim v období hydrologického sucha i při výskytu povodí. Oba extrémy mohou poškozovat ekosystémy jak v plošném měřítku krajiny, tak zejména ekosystémy přímo spojené s vodními toky.

Zmírnění účinků obou hydrologických extrémů je možné dosáhnout zmenšením požadavků lidí v případě sucha na odběry vody a ředění vypouštění odpadních vod, v případě povodní požadavky na ochranu lidí a všeho, co využívají. Další možností je zajištění opatření, které zmenší účinky extrémních jevů.

Pro zmírnění účinku extrémů lze využít opatření v krajině povodí a opatření zaměřená na vodu, která již odtéká říční sítí.

3.7.1.1 Opatření v krajině

Zmenšení dopadů hydrologického sucha

Z desetiletého pozorování v období 1981-1990 vyplývá, že nejvyšší dlouhodobá hodnota koeficientu odtoku (31 %) vykazuje zemědělsky využívané povodí, následuje povodí s jehličnatým lesem (26 %) a nejmenší je u povodí pokrytého listnatým lesem (23 %).

Změny využití pozemků mají pozitivní vliv ke zvětšení retenční schopnosti krajiny, a proto jsou vhodné z pohledu zlepšení vodního režimu krajiny i pro zmenšení povodní z krátkodobých přívalových srážek. Oproti tomu u malých povodí s menšími průměrnými srážkami se mohou projevit zřetelným zmenšením celkového odtoku, a tedy i zmenšením množství vody dostupné pro zásobování nebo pro ekosystémy vázané na vodní prostředí.

Pro posuzování účinku změny využití pozemků na zvětšení infiltrace do zóny podzemních vod, ze které je vytvářen odtok v období hydrologického sucha, je nezbytné posoudit, jaké množství vody a jak velké plochy povodí můžeme ovlivnit.

V případě pokračující klimatické změny lze docílit zvětšení odtoku z povodí například pomocí omezení meliorací, hrazení stávajících odvodňovacích příkopů, vyloučením holosečí, obnovou přirozené druhové a věkové skladby lesa.

Rozumné důvody pro změny užívání pozemků a další opatření zmenšující povrchový odtok spočívají ve zmenšení eroze a zmenšení kulminačních průtoků zejména krátkodobých povodní, nikoliv ve zvětšení dotace podzemní vody, resp. zvětšení průtoků v období hydrologického sucha (Hanel, 2011).

Zmenšení důsledků povodní

Změny využití pozemků se projevují v závislosti na typu povodně. Jejich podstatný vliv se projevuje u povodní z krátkodobých intenzivních srážek. Ke zmenšení zmíněného vlivu dochází u povodní z několikahodinových extrémních srážek, kdy výška srážky významně přesáhne retenční schopnost půdy. U povodní z extrémních regionálních srážek je pak vliv využití pozemků řádově slabší v porovnání s významem příčinné srážky. Z pohledu ochrany půdy před erozí je u všech povodní pozitivnější, když je povrch povodí pokryt travním nebo lesním porostem v porovnání se zemědělskými plodinami.

Podstatné je, aby na svažitých pozemcích nebyla pěstována kukuřice a ostatní širokořádkové plodiny. Při výskytu přívalového deště by nastal plošný povrchový odtok, retenční funkce půdy by byla značně omezena a vznikla by nebezpečná lokální povodeň.

3.7.1.2 Opatření na tocích a v nivách

Revitalizace vodních toků patří k základním opatření týkající se vodních toků. Měla by prodloužit délky toku, kterému odpovídá zmenšení sklonu toku, odstranění technických zpevnění svahů.

Z hlediska povodní vede taková změna toku k menší průtočné kapacitě, zmenšení postupové doby povodní a většímu rozlivu mimo řečiště. V úsecích toku, kde existuje údolní niva, způsobí rozliv zmenšení kulminačních průtoků. Tento účinek se projeví u povodní s rychlým vzestupem a krátkým trváním. Naopak u objemných povodní z několikadenních událostí v podobě srážek nebo tání sněhu je nepatrný. Revitalizace toků tedy mohou vést k adaptaci na přívalové povodně a ve výsledku i ke zvětšení objemu vody akumulované v toku.

Opatření označené „uvolnit nivy pro rozlivy“ může v některých úsecích toků i podstatně přispět ke zmenšení kulminačních průtoků, dokonce i u regionálních povodní. Je však omezeno na úseky toků, kdy rozsáhlé nivy existují a v minulosti byl rozliv do nich zamezen ohrazováním.

Část vody, která se rozlije do nivy, po povodni přispívá ke zvětšení průtoků. Doba odtoku však není tak dlouhá, aby zlepšila situaci v případném dalším hydrologickém suchu. Příkladem je výskyt mimořádného sucha v roce 2003 po povodni z roku 2002.

Opatření na tocích a v nivách tedy na řadě části toků mohou být pokládána za adaptaci na důsledky klimatické změny v oblasti povodní. Ze strany adaptace na dopady klimatické změny v období hydrologického sucha mohou být účinné spíše ve výjimečných případech.

3.7.1.3 Opatření v urbanizovaných území

Pro zmenšení povodňového odtoku je přijatelné zvětšení infiltrační schopnosti části urbanizovaných území. To je však závislé na technickém řešení, do jaké míry je účinné. Městské odvodnění s využitím propustných ploch, akumulacích a vsakovacích nádrží řeší jen čtené srážky. K zástavbám, které umožňují infiltraci srážkové vody, patří například domek, z jehož střechy voda vytéká na zatravněnou část zahrady, která je oplocena tak, že voda z ní neodtéká.

Pro vodohospodářskou bilanci je výhodnější zachytit vodu ze srážek a využít ji. Je to účinnější než nechat infiltrovat, někde jímat, dopravit zpět a využít. Získávání zásoby vody označováno jako „water harvesting patří k významným opatřením k omezení nároků na odběry vody. U nás v ČR se toho využívá především hromaděním srážkové vody do nádrží na zavlažování zahrad a v menším měřítku na splachování záchodů (Hanel, 2011).

3.7.1.4 Vodohospodářská opatření

Vodohospodářská opatření by měla podporovat změnu průběhu odtoku v čase. Ze základních a efektivních způsobů lze jmenovat například využití vody zadržené v nádržích a dále převody vody mezi povodími. Vodu zachycenou při povodních lze zcela nebo částečně využít pro nalepšování průtoků v období hydrologického sucha i pro odběry.

Dle možnosti využití vodní nádrže pro adaptaci na dopady klimatické změny ve vodním hospodářství se rozlišují:

- stávající nádrže – jsou využívány pro nalepšování průtoků, zajištění odběrů vody, ochranu před povodněmi, energetické účely, rekreaci i další účely. Na základě hydrologických podkladů ovlivněných klimatickou změnou dochází k prověření jejich funkce a následné úpravě manipulačních řádů. V určitých mezích lze upřednostnit nebo potlačit některou z funkcí nádrže.
- menší nádrže – byly vybudované jako zásobní, ale svou funkci neplní. V současnosti jsou využívány pro chov ryb. Je potřeba obnovit jejich původní účel u povodí, která již postihl nedostatek vody.
- nádrže plánované a zřizované v současné době – převládají poldry (suché nádrže) určené pouze pro protipovodňovou ochranu.

- nádrže potenciální – jedná se o neexistující nádrže. V rámci změn hydrologického režimu by některé zásobní vodohospodářské soustavy nebyly bez posílení novými zdroji schopny plnit svůj účel.

Další typ vodohospodářského opatření zajišťuje převedení vody z místa jejího dostatku do toků zasažených hydrologickým suchem. Převod nesmí negativně ovlivnit bilanci povodí, ze kterého je odváděna.

Při návrhu konkrétních adaptačních opatření nebo jejich slučováním je nutné provést ekonomické vyhodnocení nákladů. Jako doplňující kritéria výběru je vhodné uvážit další hlediska. Nádrže mohou být zřízeny jako víceúčelové, využity jako akumulární, a i pro ochranu před povodněmi. Nevýhodou nádrží v porovnání s trubními převody je, že zabírají větší územní celky (Hanel, 2011).

Dle Punčocháře (2018) zastánci trendu přírodě blízkých opatření maximálně souhlasí s výstavbou a obnovou rybníků, zřizováním tůní, terénními úpravami a revitalizací mokřadů. Tyto vodní útvary přispívají k posílení výskytu vody v krajině a podporují udržení biodiverzity, což oddálí projevy a dopady sucha v krajině, ale využitelné vodní zdroje se tím samozřejmě neposílí.

3.7.2 Protierozní a protipovodňová opatření na zemědělské půdě

Přírodě blízká protipovodňová opatření jsou v ČR zatím relativně málo využívána. Efekty těchto opatření jsou vícekritériální. Ve volné krajině mohou vytvořit ekologický základ krajiny a podporovat tak její biodiverzitu.

V zemědělsky využívané krajině je dosti velkým přínosem přírodě blízkých postupů možnost jejich kombinace s protierozními opatřeními, která jsou na těchto pozemcích velmi podstatná.

Protierozní opatření lze rozlišit na organizační, které je nejjednodušší, následně na agrotechnické a technické.

- Organizační opatření – obecné protierozní zásady, které vycházejí ze znalostí příčin erozních jevů. Zahrnují například včasný termín výsevu plodin, výsev víceletých pícnin do krycí plodiny, posun podmínky do období s nižšími výskytu přívalových srážek, rozmístění plodin dle svažitosti pozemku, zařazování bezorebně setých meziplodin, ochranné zatravnění nebo zalesnění, pásové střídání plodin, protierozní oseední postupy. V tomto opatření je důležitý vegetační pokryv, který svými kořeny zpevňuje půdu a tím jí ochraňuje před erozním účinkem tekoucí vody.
- Agrotechnická opatření – účelem jejich použití je zlepšit vsakovací schopnosti půdy, zvýšit její protierozní odolnost a ochránit její povrch při přívalových srážkách. Svým charakterem navazují na opatření organizační.
 - protierozní agrotechnologie na orné půdě
 - agrotechnologie ve speciálních kulturách
 - hrázkování a důlkování povrchu půdy

- Technická protierozní opatření – technické liniové prvky protierozní ochrany přerušují délku a napomáhají rozptýlení povrchového odtoku. Jsou navrhovány tak, aby svým umístěním regulovaly obdělávání pozemků a způsob hospodaření zemědělských subjektů. Společně s doprovodnou zelení mají velký význam z hlediska krajinně estetického a ekologického.
 - retenční průleh
 - mez s retenčním průlehem a travním pásem
 - retenční průleh s vegetací
 - odváděcí příkop
 - odváděcí průleh s travním pásem
 - odváděcí průleh s vegetací
 - svodný příkop
 - retenční nádrže (Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy v přírodě blízkými opatřeními v České republice, 2015)

3.7.3 Legislativa a dokumenty v rámci opatření proti povodním

Dle Punčocháře (2015) jsou naše vodní zdroje absolutně závislé na atmosférických srážkách. Výkyvy v množství srážek zapříčiňují, že je vodní režim vystaven hydrologickým extrémům, tedy suchu a povodním. Z hlediska dopadů na vodní zdroje je sucho významnější, ale i tak při povodňových situacích od roku 1997 do 2013 vznikly povodňové škody v celkové výši 189 600 mil. Kč. Tyto události měly za následek přijímání neustále se zlepšujících preventivních opatření s cílem omezit negativní dopady povodňových situací.

V roce 1998 byla povodňová opatření utříděna a zpracována v „Generelech protipovodňových opatření“. Současně byly započaty práce na přípravě nové legislativy k využití za povodňových situacích k záchranným pracím. Hasičskému záchrannému sboru České republiky byly rozšířeny aktivity společně s vybavením.

V roce 2002 byla vládou schválena „Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky, kterou zpracovalo Ministerstvo zemědělství společně s Ministerstvem životního prostředí. Postupně byly přijaty zákony, které po několika novelizacích představují soubor předpisů pro management povodní, organizování a zajišťování záchranných prací. Podle rozsahu povodně jsou zapojovány i obce, obce s rozšířenou působností, krajské úřady a ústřední správní úřady. Od roku 2001 se využití „povodňové“ legislativy promítlo ve zmírnění následků katastrofických povodní a vzniklých škod. Právní předpisy přijaté jako reakce na výskyt povodních situacích z minulých let:

- Zákon č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.

- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území.
- Statut Ústřední povodňové komise. Usnesení vlády č 806 ze dne 25.srpna 2004.
- Metodika stanovení aktivní zóny záplavového území. Ministerstvo zemědělství a ARCADIS, a. s., Praha, 2005, 18 s. (Punčochář, 2015).

Reakcí na povodeň v roce 2002 vláda schválila (Usnesení vlády č. 977 ze dne 7. října 2002) projekt Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 na meziresortní úrovni. Byly využívány podklady jiných resortů a připraveny výstupy, které byly následně jinými resorty využity. Projekt je členěn do tří etap. Dále byly připraveny programy MZe zaměřené na odstraňování povodňových škod a na prevenci před povodněmi (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2002, 2003)

V rámci podpory prevence před povodněmi byl zaveden dotační program Ministerstva zemědělství a jeho etapy realizují správci vodních toků. Jeho náplní je omezení lokálního rozsahu povodně a snížení povodňových škod, které jsou zajišťovány technickými protipovodňovými opatřeními. Při realizaci je důležité, aby náklady na vybudování opatření byly vždy nižší než hodnota ochráněného majetku. Etapy programu „Podpora prevence před povodněmi jsou následující:

- I. Etapa „Zahájení“ v letech 2002-2007 – investice ve výši 4,1 mld. Kč přinesly zvýšení ochrany pro 315 tisíc obyvatel a majetku za 240 miliard Kč (Punčochář, 2015). Etapa byla zaměřena na území zasažená povodní v roce 1997 (Morava, Odra, horní Labe). Bylo realizováno 435 protipovodňových staveb (Kozlová, 2013). Z konkrétních podprogramů lze jmenovat:
 - podprogram „Výstavba a obnova poldrů, nádrží a hrází“
 - podprogram „Zvyšování průtočné kapacity vodních toků“
 - podprogram „Stanovování záplavových území“
 - podprogram „Studie odtokových poměrů“
 - podprogram „Vymezení rozsahu území ohrožených zvláštními povodněmi“ (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2002, 2003)
- II. Etapa označená jako „Rozvinutí“ proběhla v letech 2007-2014 s investicí ve výši 11 mld. Kč (Punčochář 2015). Tato etapa byla zaměřena na technická opatření podél vodních toků, na opatření zvyšující retenci a na bezpečnost vodních děl při povodni (Kozlová, 2013).
- III. Etapa s názvem „Retence“ je stále v běhu od roku 2014 a v roce 2015 byly investice zatím ve výši 4,5 mld. Kč. Finále by mělo být v tomto roce, tedy v roce 2019. Tato etapa je orientována přednostně na zvýšení akumulace a retence vody v povodích (Punčochář, 2015).

- IV. Etapa byla odstartována v roce 2018 a má navazovat na třetí etapu. Do roku 2024 vzniknou protipovodňová opatření s celkovým příspěvkem ve výši 4,6 miliardy korun. Tato opatření budou zahrnovat budování nových retenčních prostorů, úpravy existujících vodních nádrží, opatření k rozlivům povodní, zvyšování kapacity koryt, výstavbu ochranných hrází i zajištění projektové dokumentace významných akcí (Tiskové zprávy, 2018).

V souladu s „povodňovou směrnicí“ Evropských společenství (2007/60/ES) byly zpracovány v termínu 31. října 2013 mapy povodňového nebezpečí a mapy povodňových rizik pro oblasti s významným povodňovým rizikem na celém území České republiky (Punčochář, 2015).

V rámci plánování v oblasti vod, při přípravě 2. plánovacího období v letech 2015-2021 došlo k první aktualizaci plánů povodí:

- pro mezinárodní oblasti povodní – mezinárodní plány povodí
- pro části mezinárodních oblastí povodí a území České republiky – národní plány povodí
- pro dílčí povodí – plány dílčích povodí

Národní plány povodí i plány pro zvládání povodňových rizik byly 21.12.2015 schváleny vládou České republiky. Ministerstvo zemědělství následně vydalo 12.1.2016 národní plány povodí opatřeními obecné povahy, která nabyla účinnosti 28.1.2016 (Stručně o vodě v České republice, 2017).

Období po povodni je obdobím před další povodní! Proto je nezbytné, aby zastupitelstva a zejména starostové obcí a měst naplňovali povinnosti ze zákona o vodách. Zejména dodržovali plán povodňových hlídek i mimo povodeň, a hlavně prověřovali existenci povodňových plánů a u všech subjektů ohrožených povodní, tedy umístěných v záplavových územích (Sucho, 2015).

3.7.4 Protipovodňová opatření v oblasti povodí Labe a Vltavy

Povodně představují největší přímé nebezpečí v oblasti přírodních katastrof. Při těchto událostech vznikají nemalé materiální škody, devastace postižené krajiny a také ztráty na lidských životech. Nelze jim zabránit, ale lze jejich následky zmírnit.

Protipovodňová opatření v oblasti povodí Labe

V letech 1997-2002 na území působnosti Povodí Labe, s.p, povodně způsobily škody za téměř 19 mld. Kč. V následujícím povodňovém období 2005-2013 povodňové škody dosáhly na stejném území podobné výše a to 18,7 mld. Kč.

V rámci dotačního programu „Podpora prevence před povodněmi“ realizovalo Povodí Labe, s.p., 21 stavebních akcí s celkovým nákladem 667 mil. Kč. Za období 2002-2005 (I.

Etapy) bylo získáno celkem 22 km ochranných hrází, 14 km úprav a 10 mil. m³ retenčních objemů.

Cílem prací během II. Etapy bylo zmenšení povodňového nebezpečí pro další města a obce, které se nalézaly v záplavovém území. Během tohoto programu v letech 2007 a 2014 Povodí Labe realizovalo ve svém území celkem 36 investičních akcí za téměř 3,8 mld. Kč.

Během povodně v roce 2013 dokončená protipovodňová opatření na dolním Labi, plnila svou ochranou funkci. Naopak u staveb, které nebyly v době povodně dokončeny, nastala vážná situace.

Do programu III. Etapy v územní působnosti Povodí Labe byl návrh přípravy a realizace suché nádrže na Dědině, Mělčany, zvýšení ochrany území výstavbou nádrže, která je prioritou Královéhradeckého kraje i obyvatel ochráněných obcí (Šebesta, 2015).

Protipovodňová opatření v oblasti povodí Vltavy

Opatření stavební povahy bylo státním podnikem Povodí Vltavy v rámci programu Podpory prevence před povodněmi II realizováno celkem 51 protipovodňových opatření ve výši 2 280 mld. Kč. Tyto stavby ochrání více než 110 tisíc obyvatel a majetek za více než 6 mld. Kč. Povodní z roku 2013 bylo dotčeno 41 protipovodňových opatření. Z toho 31 opatření splnilo svou funkci. V pěti případech byla funkce z části splněna, protože v době povodně byly ve výstavbě. Čtyři opatření nebyla během povodně uvedena do funkce (Kubala, 2015).

3.7.5 Strategie a legislativa opatření proti suchu

Celkový roční srážkový úhrn se téměř nemění, ale distribuce srážek v čase ano. Problém jsou intenzivnější srážky a delší období bez srážek. Letní měsíce budou v následujících letech teplejší a sušší. Pro řešení sucha i povodní je ideální zadržování vody v krajině.

Strategické dokumenty řešící sucho

V roce 2015 byla vládou schválená Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Tento dokument identifikuje nejvíce postižené oblasti (lesní hospodářství, vodní hospodářství, zemědělství, biodiverzita, zdraví a hygiena, doprava, průmysl, ...) změnou klimatu. Definiuje adaptační opatření do r. 2020 s výhledem do r. 2030.

Národní akční plán adaptace na změnu klimatu implementuje „Adaptační strategii“ a rozpracovává adaptační opatření do konkrétních úkolů a určuje termíny plnění.

Meziresortní komise Voda-Sucho

Určitým impulsem k zahájení činností k omezení následků sucha byl výskyt jarního sucha v roce 2014. Jako další reakcí na výskyt sucha byl připraven meziresortní komisí Voda-Sucho materiál k boji proti suchu, který byl schválený Vládou ČR dne 29. července 2015 jako usnesení vlády č 620. Bylo vytyčeno 50 konkrétních úkolů s termíny plnění v letech 2015-2017 (např. využití systémů umělé infiltrace, převody vody ze sousedních povodí, revize závlahových a odvodňovacích soustav, obnova zaniklých vodních prvků atd.). Společným cílem je připravenost ČR na dlouhotrvající sucho, ochrana před následky sucha a cílená lokální řešení (Davidová, 2016). V rámci tohoto projektu byl v roce 2017 započat vývoj systému HAMR,

který informuje o meteorologickém, hydrologickém i zemědělském suchu. Jedná se o online systém MŽP a je dostupný od prosince 2018 na portále ČHMÚ (Plnění koncepce Sucho).

Generel vodního hospodářství krajiny České republiky

Již před suchem v r. 2015 bylo zahájeno zpracování „Generelu vodního hospodářství krajiny České republiky“. V tomto dokumentu jsou konkrétně rozvíjeny úkoly navržené mezirezortní skupinou Voda-Sucho schválené vládou ČR a to v rámci aktivní spolupráce řady institucí z oblasti veřejné zprávy, výzkumných ústavů, univerzit a také zemědělské praxe. Cílem je podpořit dosažení potravinové soběstačnosti, ochranu půdního fondu a krajiny a jejich ekosystémových služeb. Dalším bodem je zajištění dostatku vody a ochranu občanů a majetku před povodněmi. Generel vychází ze dvou základních tezí, kdy v období 1991-2014 došlo:

1. k zásadnímu zhoršení problému zemědělského sucha prakticky na celém území - nejvíce v oblasti jižní Moravy a Hané, v Polabí a ve srážkovém stínu Krušných hor = suché oblasti se stávají významně sušší v první polovině vegetační sezóny;
2. sucho a povodně z přivalových srážek jsou projevy zvýšené extremity klimatu. Z dostupných dat se nedá předpokládat, že by se zvýšením výskytu sucha, ubylo přivalových povodní. Naopak podle některých analýz se zvyšuje četnost výskytu přivalových srážek během vegetační sezóny. Na základě multikriteriální analýzy zahrnující míru ohrožení suchem, erozí a lokálními povodněmi z přivalových srážek, byly vymezeny nejvíce ohrožené regiony s vysokým výskytem problematických regionů (Trnka et al., 2017).

Analýza hrozeb pro ČR a typový plán pro řešení krizové situace

V roce 2016 vláda schválila novou „Analýzu hrozeb pro Českou republiku“, zcela nově obsahuje sucho (Boj MŽP se suchem. Prezentace., 2016). MŽP zpracovalo v roce 2017 typový plán pro řešení krizové situace „Dlouhodobé sucho“, který byl schválen ministrem ŽP (Tejkalová, 2018). Obsahuje možné dopady krizové situace (identifikace možných dopadů na životy a poškození zdraví osob, dopadů na ekonomiku a životní prostředí), dále preventivní opatření, připravenost, odpovědnost za etapy řešení krizové situace, postupy při hrozbě i vzniku krizové situace. V neposlední řadě zahrnuje popis přenosu informací, likvidaci následků, požadavky na mimořádné síly a prostředky (Boj MŽP se suchem. Prezentace., 2016).

Koncepce na ochranu před následky sucha pro území ČR

Dne 24. července 2017 usnesením č. 528 byla schválena vládou České republiky „Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky“. Strategický dokument byl zpracován na základě výstupů činnosti Mezirezortní komise VODA-SUCHO skupinou pracovníků MZe, MŽP a VÚV TGM v. v. i. Koncepce reaguje na aktuální výskyt epizod sucha v období 2014-2016. Cílem je vytvoření strategického rámce pro přijetí účinných legislativních, organizačních, technických a ekonomických opatření k minimalizaci dopadů sucha a nedostatku vody na životy a zdraví obyvatel, hospodářství a životního prostředí (Koncepce a strategie, 2017).

Strategie resortu Ministerstva zemědělství s výhledem do roku 2030

V roce 2016 byla zpracována Strategie resortu MZe s výhledem do roku 2030. Ve čtvrté kapitole je strategie vodního hospodářství. Hlavními strategickými cíli jsou:

- zkvalitnění prevence před povodněmi
- zmírnění následků sucha v souvislosti se změnou klimatu
- udržitelná péče o vodní zdroje ČR
- podpora a regulace oboru vodovodů a kanalizací pro zabezpečení vodohospodářských služeb obyvatelstvu
- zlepšení stavu vodních ekosystémů prostřednictvím realizace opatření z plánů povodí
- zkvalitnění činnosti státní zprávy, zajištění veřejně dostupných informací o vodním hospodářství a rozvoj „public relations“:

Hlavní prioritou je celkově dosáhnout dobré kvality vod pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou, zabezpečení vodních zdrojů, zmírnění následků povodní a sucha (Stručně o vodě v České republice, 2017).

Punčochář (2019) zmínil, že hrozba častějšího sucha a nedostatku vody v souvislosti se změnou klimatu vede k usnesení vlády o podpoře opatření k zadržování vody v krajině a vytvoření nových akumulací v přehradních nádrží v povodích s výrazným nedostatkem ve stávajících zdrojích při stále opakujícím se suchu. Příprava záměru realizace přehrad bez jejich zahájení trvá v ČR 10-15 let. Proto je potřeba rozhodování o realizaci urychlit a dokončit co nejdříve. Současné rozhodnutí by stěžejně zajistilo výstavbu přehradní nádrže do r. 2040-2050 (Punčochář, 2019).

Připravovaná legislativa

V rámci velké novely vodního zákona byla připravena Ministerstvem zemědělství, tzv. „suchá hlava“, která byla již vládou schválena.

Z ministerstva zemědělství mám k dispozici znění Hlavy X chystané novely zákona č. 254/2012 Sb. o vodách pod názvem „Zvládání sucha a stavu nedostatku vody“. Díl 1 odlišuje pojmy sucho a stav nedostatku vody. Díl 2 popisuje Plán pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody (Hlava X zákona č. 254/2012 Sb. o vodách). Tento dokument, tedy plán byl připraven současně s novelou vodního zákona. Jedná se o vzorový dokument, co dělat, když nastane sucho. Plán zahrnuje popis území (vodní zdroje), charakteristika využití území (odběry vody), přehled preventivních a adaptačních opatření pro jednotlivé fáze ohrožení suchem. Plány budou řešeny na obecní, krajské i celostátní úrovni (Boj MŽP se suchem. Prezentace., 2016).

Připravuje se tzv. protierozní vyhláška. Jedná se o prováděcí právní předpis k zákonu č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů. Stanoví hodnocení erozního ohrožení, přípustnou míru erozního ohrožení a opatření ke snížení erozního ohrožení (Daňhelka, 2018).

4 Závěr

- Cílem literární rešerše bylo zpracování zdrojů informací a dat zaměřených na hydrologické extrémy v České republice v posledních letech. Práce byla zaměřena konkrétně na sucha a povodně v jednotlivých povodích ČR a na jejich dopady. Byly popsány dopady hydrologických extrémů na zemědělskou produkci. V poslední kapitole byly specifikovány stávající a plánovaná opatření v ČR ke zmírnění důsledků hydrologických extrémů vyplývajících z klimatické změny.
- V úvodních kapitolách byly popsány základní pojmy a procesy spojené s pohybem a rozložením vody na Zemi. Zdroje vody jsou omezené a největší spotřeba je v zemědělství. Sucho a povodně bez pochyby souvisí se změnou klimatu nejen v ČR, proto v další kapitole bylo popsáno klima ČR včetně výhledu na několik budoucích let. V následující kapitole o povodních byly rozlišeny typy povodní na území ČR a jejich synoptické příčiny. Bylo nutné rozlišit faktory ovlivňující povodeň na meteorologické, hydrologické a příčinné. Dále byl popsán předpovědní systém povodní a stupně povodňové aktivity. Sucho, někdy chybně zaměňováno s pojmem nedostatek vody má několik definic a zde byly popsány jen některé. Z kategorií sucha byly definovány meteorologické, klimatické, hydrologické, půdní, zemědělské a socioekonomické sucho. Monitoring sucha v ČR je především zaměřován na meteorologické, hydrologické a zemědělské a informace poskytuje portál InterSucho a portál ČHMÚ v podobě mapových výstupů. Následují příčiny, hodnocení a dopady sucha hydrologického a zemědělského.
- V další obsáhlejší kapitole byly popsány konkrétní případy výskytu sucha a povodní na hlavních mezinárodních povodích ČR (Labe, Dunaje a Odry) od roku 2002 po současnost a jejich dopady. V následující kapitole byla popsána zemědělská produkce ve vztahu k vývoji teplot a srážek za období 2002-2018. Některé zemědělské plodiny vykazovaly snížení hektarového výnosu nebo kvality, například u cukrové řepy byla snížena cukernatost a u chmele nedostatek alfa hořkých látek. Vzhledem k rozdílnému rozložení srážek bylo nutné se zaměřit na výnosy v jednotlivých krajích. V závěrečné kapitole byly popsány opatření proti hydrologickým extrémům. Zatímco opatření proti povodním máme v ČR na vysoké úrovni, tak opatření proti suchu stále zaostává, a je ve stádiu plánování.

5 Literatura

- BARTOŠ, Michael, 2009. Vodstvo a podnebí v České republice. 1. Praha: Consult Praha. ISBN 80-903482-7-0.
- BRÁZDIL, Rudolf, 2005. Historie počasí a podnebí v Českých zemích. Brno: Masarykova univerzita v Brně. ISBN 80-210-3864-0.
- BRÁZDIL, Rudolf a Miroslav TRNKA, 2015. Historie počasí a podnebí v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky. ISBN 978-80-87902-11-0.
- BRUTSAERT, Wilfried, 2005. Hydrology: an introduction. New York: Cambridge University Press. ISBN 0-521-82479-6.
- CONNOR, Richard a UNESCO, 2015. The United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world. France: United Nations Educational. ISBN 978-92-3-100071-3.
- DAŇHELKA, Jan a Tereza DAVIDOVÁ, 2018. Problematika sucha a vody: zhodnocení vývoje od roku 2015 [online]. Praha: MŽP [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <<http://www.smocr.cz/data/fileBank/ae3543df-ce89-48ec-bc5c-a96ebc4fefcb.pdf>>.
- DAVIDOVÁ, Tereza, 2016. Informace o řešení problematiky sucha z pohledu MŽP. Prezentace. [online]. Praha: MŽP [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <<https://docplayer.cz/31897147-Info-mace-o-reseni-problematiky-sucha-z-pohledu-mzp-ing-tereza-davidova-ph-d-odbor-ochrany-vod-oddeleni-ochrany-pred-povodnemi.html>>.
- DE FRAITURE, Charlotte, Aynur FAYRAP, Olcay UNVER a Ragab RAGAB, 2014. INTEGRATED WATER MANAGEMENT APPROACHES FOR SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION. Irrigation and Drainage [online]. 63(2), 221-231 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1002/ird.1847. ISSN 15310353. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ird.1847>.
- ESTRELA A KOL., 2001. Sustainable water use in Europe: Extreme hydrological events: flood and droughts [online]. Part 3. European Environment Agency [cit. 2018-12-10]. ISBN 92-9167-306-4. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/Environmental_Issues_No_21>.
- HANEL, Martin, Ladislav KAŠPÁREK a Magdalena MRKVIČKOVÁ, 2011. Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření. Praha: <Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka. ISBN 978-80-87402-22-1>.
- HILLEL, Daniel, c1998. Environmental soil physics. San Diego, CA: Academic Press. ISBN 978-0-12-348525-0.
- HORÁČEK, Zdeněk, 2018. Vodní plochy v Česku. Wwww.ceskovdatech.cz [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <<https://www.ceskovdatech.cz/clanek/111-vodni-plochy-v-cesku/>>.

- HORÁČEK, Zdeněk, 2015. Vodní zákon: s aktualizovaným podrobným komentářem po roce účinnosti nového občanského zákoníku k ... Praha: Soudy, (3.). Paragrafy do kapsy. ISBN 978-80-86846-57-6.
- KOZLOVÁ, Naděžda, 2013. Ministerstvo zemědělství a protipovodňová opatření. Prezentace [online]. Praha: MZe [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/file/179646/Kozlova.pdf>>.
- KRAVČÍK, Michal, Jan POKORNÝ, Juraj KOHUTIAR, Martin KOVÁČ a Eugen TÓTH, 2007. Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm. Žilina: Municipalia a.s. and TORY Consulting.
- KUBALA, Petr, 2015. Ochrana před povodněmi v oblasti povodí Vltavy. 112. Praha: HZS ČR, 2015(4), 24-27.
- KUMAR BHOLA, Punit, Jorge LEANDRO a Markus DISSE, 2018. Framework for Offline Flood Inundation Forecasts for Two-Dimensional Hydrodynamic Models. Geosciences. 2018(8), 1. DOI: 10.3390. ISSN 2076-3263.
- LANGHAMMER, J., 2009. Typologie povodní, extrémní povodně v Evropě a ČR. Prezentace.: povodně v krajině [online]. Praha: Katedra fyzické geografie a geoekologie UK v Praze [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~kfggsekr/langhamr/lectures/floods/prezentace/langhammer_1_uvod_historicke_extremni_povodne.pdf>.
- POTOPOVÁ, Vera, 2018. Nové poznatky, které jsou odrazem změny klimatu - vliv sucha na rostlinnou produkci. Agromanual [online]. Praha: Agromanual.cz, 18.10.2018 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/nove-poznatky-ktere-jsou-odrazem-zmeny-klimatu-vliv-sucha-na-rostlinnou-produkci>>.
- PUNČOCHÁŘ, Pavel, 2018. Jaká opatření k omezení sucha a nedostatku vody budou účinná? In: Suché období 2014–2017. 2018. Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-81-3.
- PUNČOCHÁŘ, Pavel, 2019. Končí blahobyt vodních zdrojů v České republice? Stavebnictví. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2019(3).
- PUNČOCHÁŘ, Pavel, 2015. Prevence povodní na území České republiky a podpora Ministerstva zemědělství. 112: Povodně v České republice. Praha: HZS ČR, 2015(4), 19-21.
- REDFERN, Martin, 2016. Země: 50 myšlenek, které musíte znát. Přeložil Lenka SVOBODOVÁ. Praha: Slovart. ISBN 978-80-7529-100-4.
- ROŽNOVSKÝ A KOL., Jaroslav, 2012. Sucho na území ČR a jeho dopady. Prezentace. [online]. Praha: ČHMÚ [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/katastrofy/26zasedani/Roznovsky_sucho_230412.pdf>.
- ROŽNOVSKÝ, Jaroslav, 2014. Sucho na území České republiky. Živa [online]. Praha: Academica, SSČ AV ČR, 2014, 2014(1), 2-3 [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: <<http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/sucho-na-uzemi-ceske-republiky.pdf>>.

- RUDA, Aleš, c2014. Klimatologie a hydrogeografie pro učitele. Muni [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2014 [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/11-podpovrchova-voda.html#soul>.
- ŠEBESTA, Marián, 2015. Protipovodňová opatření v oblasti povodí Labe. 112. Praha: HZS ČR, 2015(4), 22-23.
- TEJKALOVÁ, Jana, 2018. Typový plán pro řešení krizové situace Dlouhodobé sucho [online]. Praha: MŽP [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <http://cvtvhs.cz/files/aktualne/sucho2014-2017/006_tejkalova_Typovy_plan_Dlouhodore_sucho.pdf>.
- TINGSANCHALI, T., 2012. Urban flood disaster management. Procedia Engineering [online]. 32, 25-37 [cit. 2019-02-13]. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.01.1233. ISSN 18777058. Dostupné z: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705812012647>>.
- TRNKA A KOL., 2017. Generel vodního hospodářství krajiny České republiky: stručný souhrn [online]. Praha: SPÚ ČR [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.spucr.cz/frontend/webroot/uploads/files/2017/09/1_generel_vodniho_hospodarstvi_krajiny_cr_-_strucny_souhrn6907.pdf>.
- VAN LOON, Anne F., Kerstin STAHL, Giuliano DI BALDASSARRE, et al., 2016. Drought in a human-modified world: reframing drought definitions, understanding, and analysis approaches. Hydrology and Earth System Sciences [online]. 20(9), 3631-3650 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.5194/hess-20-3631-2016. ISSN 1607-7938. Dostupné z: <<https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/20/3631/2016/>>.
- Povodňové zprávy ČHMÚ, Portal [online]. ČHMÚ [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy.html>.
- Zpráva o povodni červen-červenec 2006 v Podhradí na Dyji [online], 2006. Brno: ČHMÚ [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/br_2006_06.pdf>.
- Zpráva o povodni v povodí Brtnice: 1. června 2018 [online], 2018. Brno: ČHMÚ [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/br_2018_06.pdf>.
- Zpráva o povodni na Blanensku a ve Štěpánově nad Svratkou: 15. července 2002 [online], 2002. Brno: ČHMÚ [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/br_2002_07.pdf>.
- Zpráva o povodni ve Sloupu na Blanensku a jeho okolí: 26. května 2003 [online], 2003. Brno: ČHMÚ [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/br_2003_05.pdf>.
- Zpráva o povodni na Jevišovce a Veličce: v září 2014 [online], 2014. Brno: ČHMÚ [cit. 2019-02-14]. Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/br_2014_09.pdf>.

Stoplusjednicka: Věčná záhada (1): Odkud se vzala voda na Zemi? 2017. 100+1 [online]. František Martínek, 27.8.2017 [cit. 2018-12-14]. Dostupné z: <<https://www.stoplusjednicka.cz/vecna-zahada-odkud-se-vzala-voda-na-zemi-1>>.

Národní plán povodí Dunaje [online], 2015. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/437784/NPP_Dunaj_kapitola_I.pdf>.

Zpráva o hydrologické situaci: v období 1.1.2015-31.10.2015 [online], 2016. Hradec Králové: Povodí Labe [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/Zprava_o_suchu_2015.pdf>

Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2003. Report on state of water management in the Czech Republic: stav k 2003, 2004. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky v nakl. Lesnická práce, 2004. ISBN 80-86386-53-8.

Souhrnná zpráva: o povodích v červnu 2013 [online], 2014. Hradec Králové: Povodí Labe [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/Zprava%20o%20povodni%202013_06b.pdf>.

Plán oblasti povodí Dolní Vltavy: popis oblasti povodí [online], 2009. Praha: Povodí Vltavy [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/portal/hydroprojekt/VD/A/1_TEXTOVA_CAST/VD_Kapitola_A.pdf>.

Souhrnná zpráva: o povodni v červenci 2011 [online], 2011. Hradec Králové: Povodí Labe [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/Zprava%20o%20povodni%202011_07%20text.pdf>.

Souhrnná zpráva: o povodni v srpnu 2010 [online], 2010. Hradec Králové: Povodí Labe [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/Zprava%20o%20povodnove%20situaci%2008-2010%20-%20text_cast.pdf>.

Souhrnná zpráva: o povodni v srpnu 2006 [online], 2006. Hradec Králové: Povodí Labe [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/Zprava%20o%20povodnove%20situaci%2008-2006%20-%20text_cast.pdf>.

Souhrnná zpráva: o povodni v březnu 2006 [online], 2006. Hradec Králové: Povodí Labe [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/Zprava%20o%20povodnove%20situaci%2003-2006%20-%20text_cast.pdf>.

Souhrnná zpráva: O povodni v březnu 2005 za ucelené povodí Labe [online], 2005. Hradec Králové: Povodí Labe [cit. 2019-02-14]. Dostupné z:

- <http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/zprava3_2005/o_povodni_3-2005.pdf>.
- Souhrnná zpráva: O povodni v srpnu 2002 za ucelené povodní Labe [online], 2003. Hradec Králové: Povodí Labe [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/zprava8_2002/text/Souhrnna_zprava_cast_1.pdf>.
- Souhrnná zpráva o povodni za ucelené povodí Ohře: srpen 2002 [online], 2019. Chomutov: Hana Roučková [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://www.poh.cz/assets/File.ashx?id_org=200341&id_dokumenty=2537>.
- Povodně: povodně v hl. m. Praze, Bezpečnost. Praha. EU [online]. Praha: Magistrát HMP [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <<https://bezpecnost.praha.eu/clanky/povodne>>.
- Statistická ročenka 2002: Česká republika: požární ochrana, integrovaný záchranný systém, Hasičský záchranný sbor ČR, 2003. Praha: Ministerstvo vnitra-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky.
- Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe: popis oblasti povodí [online], 2009. Povodí Ohře [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <http://www.poh.cz/assets/File.ashx?id_org=200341&id_dokumenty=1671>.
- Plán oblasti povodí Horní Vltavy: popis oblasti povodí [online], 2009. Praha: Povodí Vltavy [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/portal/hydroprojekt/VH/A/1_TEXTOVA_CAST/VH_Kapitola_A.pdf>.
- Národní plán povodí Labe [online], 2015. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba [cit. 2019-01-13]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/437742/NPP_Labe_kapitola_I.pdf>.
- Mezinárodní a dílčí povodí ČR, c2009-2019. EAGRI [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/oblasti-povodi.htm>>.
- Návrh koncepce řešení krizové situace výskytu sucha a nedostatku vody v České republice [online], 2015. Praha: VÚV TGM [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <http://sucho.vuv.cz/wp-content/uploads/2016/02/Koncepce_reseni_kriz_situace_sucho.pdf>.
- AOPK ČR, Národní přírodní památka Odlezenské jezero [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <<http://www.ochranaprirody.cz/lokality/?idlokality=618>>.
- Český hydrometeorologický ústav [online], Praha [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho>>.
- Eagri [online], 2010. Cittadella [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/putovani-vody/o-vode>>.
- Jak sucho monitorujeme, 2012. Intersucho [online]. Praha: CzechGlobe [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: <<https://www.intersucho.cz/cz/o-suchu/jak-sucho-monitorujeme/>>.

- Integrovaný systém sledování sucha [online], 2017. Praha: Státní pozemkový úřad [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.spucr.cz/frontend/webroot/uploads/files/2017/09/spu_letak_miecf_dl_2017-cz_web6904.pdf>.
- Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky [online], 2017. Praha [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/545860/Koncepce_ochrany_pred_nasledky_sucha_pro_uzemi_CR.pdf>.
- Sucho, Český hydrometeorologický ústav [online]. Praha: ČHMÚ [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/Definice_sucha.html>.
- Hlásná povodňová služba [online], Praha: ČHMÚ [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://www.povis.cz/mzp/Hlasna_povodnova_sluzba.pdf>.
- Risk analysis and uncertainty in flood damage reduction studies, c2000. Washington, D.C.: National Academy Press. ISBN 0309071364.
- Říční povodně: faktory a příčiny vzniku povodně, 2010. Velkawoda [online]. [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: <<http://www.velkawoda.unas.cz/factory.htm>>.
- Hlásná a předpovědní povodňová služba [online], Praha: ČHMÚ [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/pruvodce_verejnost.html>.
- Situační a výhledová zpráva půda [online], 2018. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2018 [cit. 2019-04-22]. ISSN 1211-7692.
- Edpp, 2018. Elektronický digitální povodňový portál [online]. 1.03.2018 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <<https://www.edpp.cz/aktualita/povoden-nebo-zaplava-jak-pojistit-nemovitost/>>.
- Fakta o vodě v České republice, 2013. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-048-2.
- USGS: science for a changing world [online], 2016. [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <<http://water.usgs.gov/edu/watercyclesummary.html>>.
- Meteorologický slovník výkladový terminologický: s cizojazyčnými názvy hesel ve slovenštině, angličtině, němčině, francouzštině a ruštině, 1993. Praha: Academia. ISBN 80-85368-45-5.
- Zemědělství, 2011. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2010. ISBN 978-80-7434-292-9.
- Water: a shared responsibility, 2006. Report 2. New York: Berghahn Books. United Nations world water development report. ISBN 92-3-104006-5.
- Zemědělství, 2004. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2003. ISBN 978-80-7434-292-9.
- Zemědělství, 2003. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2002. ISBN 978-80-7434-292-9.

- Zemědělství, 2016. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2015. ISBN 978-80-7434-292-9.
- Zemědělství, 2015. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2014. ISBN 978-80-7434-219-6.
- Zpráva o stavu českého zemědělství: "Zelená zpráva", 2011. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2007.
- Hlava X zákona č. 254/2012 Sb. o vodách: zvládnání sucha a nedostatku vody, Stručně o vodě v České republice, 2017. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-359-9.
- Koncepce a strategie: Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky, 2017. EAGRI [online]. Praha: MZ, 15.8.2017 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/koncepce-a-strategie/koncepce-na-ochranu-pred-nasledky-sucha.html>>.
- Boj MŽP se suchem. Prezentace. [online], 2016. Praha: MŽP [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/news_160609_TK_sucho>.
- Plnění koncepce Sucho [online], Praha [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <<http://suchovkrajine.cz/komise-voda-sucho/plneni-koncepce-sucho>>.
- Sucho: vážná hrozba pro Českou republiku [online], 2015. Praha: MZe [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/434050/Problem_sucho.pdf>.
- Tiskové zprávy, 2018. EAGRI [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 17.10.2018 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2018_ministerstvo-zemedelstvi-odstartovalo.html>.
- Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2002. Report on state of water management in the Czech Republic: stav k 2002, 2003. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky v nakl. Lesnická práce, 2003. ISBN 80-86386-40-6.
- Povodně v novodobé historii České republiky, 2015. Povodně v České republice [online]. Hzs ČR, 2015(4), 4-7.
- Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice [online], 2015. Praha: VÚV TGM [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <http://www.vodavkrajine.cz/sites/default/files/vyzva/informace_o_vysledcich_projektu_a_jejich_vyuziti.pdf>.
- Kapka: zpravodaj státního podniku Povodí Odry [online], 2018. Ostrava: Povodí Odry, 2018(2) [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <<https://www.pod.cz/data/pages/files/kapka-2018-02.pdf>>.
- Kapka: zpravodaj státního podniku Povodí Odry [online], 2016. Ostrava: Povodí Odry, 2016(1) [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <<https://www.pod.cz/data/pages/files/kapka-2016-01.pdf>>.

- Kapka: zpravodaj státního podniku Povodí Odry [online], 2015. Ostrava: Povodí Odry, 2015(3) [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <<https://www.pod.cz/data/pages/files/kapka-2015-03.pdf>>.
- Kapka: zpravodaj státního podniku Povodí Odry [online], 2014. Ostrava: Povodí Odry, 2014(4) [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <<https://www.pod.cz/data/pages/files/kapka-2014-04.pdf>>.
- Zpráva o povodni květen 2014: v dílčím povodí Horní Odry [online], 2014. Ostrava: Povodí Odry [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <<http://dppmsk.hzsmsk.cz/dpp-pages-portlet/msk/PP-A9/zprava-o-povodni-kveten-2014.pdf?target=pdf>>.
- Kapka: zpravodaj státního podniku Povodí Odry [online], 2010. Ostrava: Povodí Odry, 2010(3) [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <<https://www.pod.cz/data/pages/files/kapka-2010-03.pdf>>.
- Kapka: zpravodaj státního podniku Povodí Odry [online], 2010. Ostrava: Povodí Odry, 2010(1) [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <<https://www.pod.cz/data/pages/files/kapka-2010-02.pdf>>.
- Zpráva o povodni červen, červenec 2009: v povodí Odry [online], 2009. Ostrava: Povodí Odry [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <<http://dppmsk.hzsmsk.cz/dpp-pages-portlet/msk/PP-A9/cerven2009/Souhrnn%C3%A1%20zprava%20o%20povodni%202009.htm>>.
- Souhrnná zpráva o povodni září 2007: v povodí Odry [online], 2007. Ostrava: Povodí Odry [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <<http://dppmsk.hzsmsk.cz/dpp-pages-portlet/msk/PP-A9/zari2007/index.htm>>.
- Souhrnná zpráva o povodni březen, duben 2006: v povodí Odry [online], 2006. Ostrava: Povodí Odry [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <<http://dppmsk.hzsmsk.cz/dpp-pages-portlet/msk/PP-A9/jaro2006/Zprava2006.htm>>.
- Souhrnná zpráva o povodni 24. a 25. srpna 2005 v povodí Odry [online], 2005. Ostrava: Povodí Odry [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <<http://dppmsk.hzsmsk.cz/dpp-pages-portlet/msk/PP-A9/srpen2005/PP-10-2.htm#Zhodnocen%C3%AD%20povodn%C4%9B>>.
- Národní plán povodí Odry: CHARAKTERISTIKY ČÁSTI MEZINÁRODNÍ OBLASTI POVODÍ ODRY NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY [online], 2015. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/437760/NPP_Odra_kapitola_I.pdf>.
- Hydrologická ročenka České republiky 2015: Hydrological yearbook of the Czech Republic 2015, [2016]. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-60-5. ISSN 2533-6312.
- Suché období 2014-2017: vyhodnocení, dopady a opatření, 2018. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-87577-81-3.

Seznam obrázků

Obr. 1. Globální odběr vody	4
Obr. 2. Schéma hydrologického cyklu.....	5
Obr. 3. Vodní plochy v ČR dle využití	7
Obr. 4. Propagace sucha v jednotlivých částech hydrologického cyklu.....	17
Obr. 5. Mapa intenzity sucha v půdním profilu	20
Obr. 6. Deficit půdní vláhy	20
Obr. 7. Relativní nasycení půdy.....	21
Obr. 8. Relativní kondice polních plodin a travních porostů.....	21
Obr. 9. Odhadované dopady sucha na výnos hlavních plodin.....	22
Obr. 10. Kumulovaný stres	22
Obr. 11. Míra ohrožení půdním suchem ve vrstvě 0-40 cm	23
Obr. 12. Míra ohrožení půdním suchem ve vrstvě 0-100 cm	24
Obr. 13. Stav sucha u povrchových vod	26
Obr. 14. Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech.....	27
Obr. 15. Relativní nasycení půdního profilu v zimě.....	27
Obr. 16. Relativní nasycení půdního profilu v létě.....	28
Obr. 17. Vláhová bilance travního porostu.....	28
Obr. 18. Relativní kondice polních plodin a trvalých travních porostů.....	29
Obr. 19. Hlavní povodí ČR.....	31
Obr. 20. Mapa plošného vymezení dílčích povodí Moravy a přítoků Váhu a Dyje a příslušných krajů	37
Obr. 21. Mapa plošného vymezení povodí Odry a příslušných krajů	44
Obr. 22. Srovnání průběhu průměrných ročních teplot s normály za období 2002-2018	47
Obr. 23. Srovnání průběhu průměrných měsíčních teplot s normály za období 2002-2018	47
Obr. 24. Srovnání průběhu průměrných ročních srážek s normály za období 2002-2018	48
Obr. 25. Srovnání průběhu průměrných měsíčních srážek s normály za období 2002-2018	49