Univerzita Karlova v Praze

Matematicko-fyzikální fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Pavlína Keprtová

Charakteristiky konvektivního prostředí v atmosféře

Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Řezáčová Daniela, CSc.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Meteorologie a klimatologie

Praha 2013

Děkuji velice vedoucí diplomové práce doc. RNDr. Daniele Řezáčové, CSc. za poskytnuté odborné vedení a cenné rady. Za přípravu vstupních dat děkuji RNDr. Marku Kašparovi, Ph.D., který připravil data z reanalýz NCEP/NCAR, a RNDr. Petru Zacharovovi, Ph.D., který obětavě vypočítal charakteristiky z reanalýz a připravil srážková data.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne.....

Název práce: Charakteristiky konvektivního prostředí v atmosféře

Autor: Pavlína Keprtová

Katedra: Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Řezáčová Daniela, CSc.,
Ústav fyziky atmosféry Akademie věd České republiky

Abstrakt: Kvalita předpovědi silných konvektivních srážek a bouří je závislá na úrovni znalostí konvektivního prostředí. Charakteristiky konvektivního prostředí popisují různé podmínky v atmosféře, které jsou vhodné pro vznik a vývoj silných konvektivních bouří. Byly vybrány charakteristiky CAPE, střih větru S01, S03 a S06. Diplomová práce se zabývá analýzou hodnot CAPE a SOX na území České republiky v období květen – srpen let 2005 – 2011, dále analýzou rozdělení hodnot kombinované charakteristiky CAPE×S0X a indexu NDSEV, zejména v kritickém intervalu hodnot indikujících výskyt bouří, a odhad souvislosti indexu NDSEV s různou prahovou hodnotou a výskytu silných srážek v České republice pomocí verifikačního kritéria CSI.

Klíčová slova: CAPE, střih větru, instabilita atmosféry, konvektivní bouře, srážky

Title: Characteristics of atmospheric convective environment

Author: Pavlína Keprtová

Department: Department of Meteorology and Environment Protection

Supervisor: doc. RNDr. Řezáčová Daniela, CSc., Institute of Atmospheric Physics,
Academy of Sciences of the Czech Republic

Abstract: The quality of convective precipitation and storm prediction is dependent on the level of knowledge of the convective environment. Convective environment characteristics describe various conditions in the atmosphere which are suitable for the convective storm formation and evolution. The characteristics CAPE, wind shear S01, S03 and S06 were selected for the discussion of their properties and predictive ability. This master thesis deals with the CAPE and S0X values analysis in the Czech Republic during the period May-August 2005-2011. Furthermore it analyzes the distribution of the combined characteristics CAPE × S0X and index NDSEV, especially in the critical interval of values which indicate a storm occurrence. It also deals with the estimation of relationship between NDSEV index and the heavy precipitation occurrence in the Czech Republic. The verification criterion CSI was applied to the evaluation of various threshold values for the NDSEV index.

Keywords: CAPE, wind sheer, instability, convective storm, convective precipitation

Obsah

Úvod ... 1
1. Charakteristiky konvektivního prostředí v atmosféře ... 2
1.1. Konvektivní prostředí v atmosféře ... 2
1.2. Popis charakteristik konvektivního prostředí ... 3
1.3. Kombinace charakteristik konvektivního prostředí ... 6
2. Vstupní data a výpočetní postupy ... 11
2.1. Popis vstupních dat ... 11
2.2. Výpočet charakteristik ... 12
2.3. Užité statistické metody ... 12
3. Statistické srovnání charakteristik ... 15
3.1. Vliv polohy na charakteristiky CAPE a S06 ... 15
3.2. Závislost CAPE a S06 na termínu ... 18
3.3. Vlastnosti charakteristiky CAPE ... 19
3.3.1. Střední hodnoty CAPE ... 19
3.3.2. Četnost hodnot CAPE ... 21
3.4. Vlastnosti charakteristiky S0X ... 23
3.5. Vlastnosti CAPE × S0X ... 25
3.5.1. Střední hodnoty CAPE × S0X ... 25
3.5.2. Četnost hodnot CAPE × S0X ... 30
3.6. Vlastnosti charakteristiky NDSEV ... 32
3.6.1. Vlastnosti NDSEV v závislosti na prahové hodnotě ... 32
3.6.2. Vlastnosti NDSEV v závislosti na vrstvě ... 34
3.7. Vlastnosti srážek ... 34
3.8. NDSEV a výskyt srážek ... 36
Závěr ... 43
Seznam použité literatury ... 46
Seznam tabulek ... 49
Seznam použitých zkratek ... 51
Přílohy ... 52
Příloha č. 1 ... 53
Příloha č. 2 ... 55
Příloha č. 3 ... 57
Příloha č. 4 ... 59
Příloha č. 5 ... 61
Příloha č. 6 ... 62

Úvod

Konvektivní bouře zasahují území České republiky v letních měsících každý rok. Může se jednat o tzv. jednoduché cely, multicelární nebo supercelární bouře. Jsou nebezpečné hlavně svými doprovodnými jevy. Silné přívalové srážky mohou způsobit bleskové povodně, a tím škody na majetku i zdraví obyvatel. Mohou se vyskytnout kroupy, silné nárazy větru i tornáda. Kvalita předpovědi silných konvektivních srážek a bouří je závislá na úrovni znalostí konvektivního prostředí. Charakteristiky konvektivního prostředí popisují různé podmínky v atmosféře, které jsou vhodné pro vznik a vývoj silných konvektivních bouří. Je však otázkou, do jaké míry kombinace těchto charakteristik mohou poskytnout dostatečné informace o vhodnosti konvektivního prostředí pro vývoj bouří, a tím pomoci v jejich předpovědi.

V zahraničních studiích (např. Brooks (2009), Brooks et al. (2003), Manzato (2003, 2007), Romero et al. (2007), Trapp et al. (2007), aj.) byl již diskutován vliv řady charakteristik a jejich kombinací na posouzení konvektivního prostředí na území USA i různých částí Evropy, avšak pro Českou republiku se vliv různých charakteristik zkoumal jen v omezené míře (např. Strachota (1966), Táborský (1966), Řezáčová a Motl (1990), Zacharov (2004) aj.). Index NDSEV, který je studován v této práci, nebyl zatím podrobně testován pro území střední Evropy a speciálně pro oblast České republiky.

Cílem diplomové práce je analýza hodnot CAPE na území České republiky. Dále posouzení statistických rozdělení CAPE a vertikálního střihu větru ve spodní troposféře. Hlavním cílem práce je analýza rozdělení hodnot kombinované charakteristiky CAPE×S0X a indexu NDSEV, stanovení hodnot indexu NDSEV, zejména v kritickém intervalu hodnot indikujících výskyt bouří, a odhad souvislosti tohoto indexu a výskytu silných konvektivních srážek.

1. Charakteristiky konvektivního prostředí v atmosféře

Konvekce je důležitý proces, který vede k vertikálnímu transportu tepla, vlhkosti a hybnosti v atmosféře. Charakteristiky konvektivního prostředí určují podmínky, které mohou podporovat vývoj srážkových konvektivních oblaků i jejich nejsilnějších projevů spojených s vývojem konvektivních bouří.

1.1. Konvektivní prostředí v atmosféře

Atmosférická konvekce je označení pro výstupné a kompenzační sestupné pohyby, které se vyvíjejí v důsledku nerovnoměrného prohřívání povrchu země nebo nuceného výstupu vzduchu podél různých překážek. Při konvekci dochází k transportu teplého a vlhkého vzduchu do vyšších hladin a poté ke kompenzačním pohybům studeného vzduchu směrem k přízemním hladinám. Sestupné pohyby jsou často spojeny s vypadáváním konvektivních srážek. Nejvýznamnější jsou výstupné pohyby, které způsobují vývoj vertikálně mohutné srážkové kupovité oblačnosti, a tím i možnost vývoje konvektivních bouří. S konvektivními bouřemi je spojený výskyt nebezpečných jevů, jako jsou přívalové srážky, kroupy, silné nárazy větru a tornáda (Řezáčová et al., 2007).

Konvektivní prostředí je oblast, kde jsou splněny podmínky pro vznik a vývoj kupovité konvektivní oblačnosti, a tedy i možnost rozvoje této oblačnosti v silné konvektivní bouře. Mezi tři základní podmínky vývoje srážkové konvektivní oblačnosti patří iniciační impuls pro vzestup vzduchu, instabilní vertikální teplotní zvrstvení a dostatečně vlhký vzduch ve spodní troposféře. První impulsem pro vývoj výstupného proudu může být dostatečné prohřátí vzduchu u zemského povrchu, orografické překážky a vynucený vzestup podél nich, nebo vynucené frontální výstupy. Posouzení statické vertikální stability atmosféry nám umožňuje určit, zda situace bude či nebude podporovat výstupné konvektivní pohyby vzduchu. A konečně, vzduch stoupající vzhůru musí mít dostatečnou absolutní vlhkost, aby mohlo dojít k vývoji oblaků. Pro vývoj organizovaných konvektivních bouří je kromě těchto podmínek důležité i vhodné uspořádání pole proudění, které můžeme charakterizovat vertikálním střihem větru.

Podle rozdílů ve vnitřní organizaci a dynamice bouře rozdělujeme konvektivní bouře na jednoduché cely, multicelární a supercelární bouře. Jednoduchá cela se skládá z jednoho výstupného proudu, který je kompenzován sestupným proudem se srážkami. Životní cyklus jednoduché cely zahrnuje stadium kumulu, zralosti a rozpadu a trvá běžně 30 – 50 minut. Srážky vypadávají během stadia zralosti v průměru 20 minut, a proto jednoduché cely neprodukují velké srážkové úhrny. Jednoduché cely jsou pozorovány v nestabilním prostředí se slabým vertikálním střihem větru a mají malý plošný rozsah o charakteristickém rozměru do 10 km.

Multicelární bouře je složena ze skupiny cel v různém stádiu vývoje a její životnost může být i několik hodin. Tyto bouře mohou být různě organizované, od chaotických shluků až po lineární systémy. Vyvíjí se v prostředí se silnou energií instability a při mírném až středním střihu větru, který nabývá středních hodnot kolem 2,5 $m \cdot s^{-1}$ na 1 km výšky (Řezáčová et al., 2007). Vertikální střih větru podporuje vertikální vývoj nových cel v bouři. Jsou pozorovány i v Evropě a mohou vyvolat opakované silné přívalové srážky, kroupy a silné nárazy větru. Silné konvektivní srážky mohou trvat i desítky minut při opakujícím se vývoji cel v multicelární bouři. Mohou zasáhnout plochu o charakteristickém rozměru řádově až desítky kilometrů a v několika hodinách dosáhnout úhrnu srážek řádově desítky až stovky milimetrů.

Supercelární bouře se formují v prostředí se silným vertikálním střihem větru a velkou hodnotou CAPE (z anglického Convective Available Potential Energy – konvektivní dostupná potenciální energie) jako jedna mohutná cela se silným rotujícím výstupným proudem, který je během vývoje bouře stacionární po dlouhou dobu. Mají velmi dobře organizovanou strukturu a mohou trvat řadu hodin. Mohou produkovat velké kroupy, silný vítr, ale i tornáda. V Evropě jsou supercely vzácné. Řada studií ukazuje kombinovaný vliv vertikálního střihu větru a CAPE na vlastnosti supercelárních bouří (viz Řezáčová et al., 2007).

1.2. Popis charakteristik konvektivního prostředí

Pro hodnocení podmínek nutných pro vývoj srážkové konvekce se používají indexy instability i další charakteristiky konvektivního prostředí. Z těchto

charakteristik a z jejich kombinací lze usoudit některé vlastnosti týkající se vývoje i projevů konvektivních bouří (Řezáčová et al., 2007). Samotné charakteristiky neříkají, zda se konvektivní bouře vytvoří či nevytvoří, protože nemohou vystihnout počáteční impuls pro vývoj konvekce, ale jejich kombinace nám mohou poskytnout informace o vhodnosti daného konvektivního prostředí pro vývoj bouří. V naší i zahraniční literatuře se setkáváme s řadou studií, které hodnotí indexy instability i další charakteristiky jako prediktory pro vývoj bouřek, konvektivních srážek či konvektivních bouří (viz např. Strachota (1966), Táborský (1966), Peppler a Lamb (1989), Řezáčová a Motl (1990), Huntrieser et al. (1997), Brooks et al. (2003), Manzato (2003, 2007), Romero et al. (2007), aj.).

V současné době se využívají jako základní charakteristiky konvektivního prostředí hodnoty CAPE, CIN (z anglického Convective Inhibition), vertikální střih větru a další. Řada z nich se užívá jak v diagnostické formě tak jako prognostické veličiny získané z výstupů numerických modelů předpovědi počasí.

CAPE charakterizuje vertikální instabilitu v atmosféře, což je jedna z podmínek pro vznik konvektivního prostředí. Potřebnou velikost iniciačního impulsu vyjadřuje hodnota CIN. Obě veličiny jsou definovány pro adiabaticky izolovanou vzduchovou částici. CAPE udává míru dostupné energie, kterou tato částice získá při výstupu z hladiny volné konvekce (HVK) na hladinu nulového vztlaku (HNV). Velikost energie potřebné k dosažení HVK určuje hodnota CIN. Energie CAPE [$J \cdot kg^{-1}$] je definována vztahem

$$CAPE = \int_{HVK}^{HNV} B dz = \int_{HVK}^{HNV} g \frac{T' - T}{T} dz, \qquad (1)$$

kde B je vztlak, T teplota okolí, T´ teplota adiabaticky vystupující nasycené vzduchové částice. Energie CIN je dána vztahem

$$CIN = -\int_{Zo}^{HVK} B dz = -\int_{Zo}^{HVK} g \frac{T' - T}{T} dz, \qquad (2)$$

kde z_o značí nejčastěji přízemní hladinu a ostatní označení je stejné jako u vztahu (1) (viz např. Řezáčová et al., 2007). Charakteristika CIN je velmi důležitá pro vývoj silných bouří. Vysoká hodnota CAPE může indikovat vhodné konvektivní prostředí, ale pokud je hodnota CIN velká tzn. že je zapotřebí velkého počátečního impulzu pro

dosažení HVK, poté se bouře nemusí vyvinout. Iniciace může být důležitým faktorem při vysvětlování rozdílů v celkových výsledcích z USA a z Evropy (Brooks, 2009). Problematikou spojenou s využitím charakteristiky CIN se tato práce nezabývá.

Uspořádání proudění ve srážkových konvektivních oblacích, zejména organizace proudění v konvektivních bouřích, je ovlivněno rychlostí a směrem větru v různých výškových hladinách. Vliv proudění na organizaci konvektivních bouří vyjadřuje charakteristika vertikálního střihu větru, která určuje vertikální změnu horizontálního vektoru proudění (např. Trapp et al., 2007). V souladu s pracemi (Brooks et al., 2003; Trapp et al., 2007 aj.) se stanoví jako velikost rozdílu vektorů rychlosti proudění ve dvou hladinách. Tento rozdíl je mírou vertikálního střihu větru ($\partial\vec{V}/\partial z$) a pro stručnost budeme užívat označení střih. Nejčastěji se používá střih mezi přízemní hladinou a hladinou v 6 km, dále značený jako S06. Ale používají se i analogické charakteristiky S01 a S03. Pro vývoj silných konvektivních bouří je důležitý silný střih větru ve spodních hladinách troposféry (Zacharov, 2004).

Harold E. Brooks (2003) zavedl kombinovaný index CAPE × S06, který ukazuje kombinovaný vliv střihu větru a CAPE. Trapp et al. (2007) zavedl index NDSEV, který znamená v originále „number of days with severe thunderstorms“. Jde o počet dní, kdy součin hodnot CAPE a S06 překročí určitou prahovou hodnotu. Brooks uvádí, že hodnota

$$CAPE \times S06 \geq 10\,000\, m^3 \cdot s^{-3}, \qquad (3)$$

je dobrý ukazatel pro rozlišení prostředí vhodného pro vývoj silných konvektivních bouří („significant severe thunderstorms“) od prostředí vhodného pro vývoj bouří ostatních („non-severe thunderstorms“). Tento ukazatel se aplikuje při splnění podmínky, že CAPE ≥ 100 $J \cdot kg^{-1}$ a zároveň S06 ≥ 5 $m \cdot s^{-1}$. Index NDSEV byl použit i při studiu vlivu globálního oteplování na četnost výskytu silných bouří (Trapp et al., 2007).

Trapp et al. (2007) ve své práci uvádějí, že během 21. století se zvýšil počet dnů s vhodnými podmínkami k vývoji silných bouří (NDSEV). Vzhledem ke složitosti souboru podmínek v atmosféře, které vedou k vývoji silných bouří, není jednoduché předpokládat, že místní silné bouře budou doprovázeny extrémními

srážkami. Jejich studie se zaměřila na výskyt silných bouří ve Spojených státech hodnocením výstupů klimatických modelů. Průměr NDSEV v USA se pohybuje mezi 4 až 10 dny za sezóny Březen – Duben – Květen a Červen – Červenec - Srpen.

1.3. Kombinace charakteristik konvektivního prostředí

V odborné meteorologické literatuře najdeme řadu prací věnovaných studiu kombinovaných charakteristik konvektivního prostředí.

Brooks et al. (2003) se zabývali prostorovým rozdělením charakteristik prostředí se silnými bouřemi a tornády na základě globálních reanalýz. Hledali podmínky spojené s významnými silnými bouřemi, které produkují kroupy alespoň 5 cm v průměru, rychlosti větru nejméně 120 km/h nebo tornádo nejméně F2, a sledovali rozlišení podmínek, za nichž se vyskytují tornadické a netornadické bouře v USA. Zabývali se také otázkou, zda vztahy mezi parametry ze sondáží a výskyt nepříznivého počasí stanovené na území Spojených států mohou být aplikovány na jiné části světa. Byla použita data z reanalýz NCEP/NCAR (United States National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research) (Kalnay et al., 1996) s rozlišením 1,875° v šířce a 1,915° v délce a pro oblast světa od 45° záp. délky do 45° vých. délky (včetně evropského regionu) pro 1800 UTC. Tyto vztahy z USA poté aplikovali i na území Evropy a světa. Vyšetřili odhady četností příznivých podmínek pro silné bouře. Podle této studie má jižní Evropa největší četnost prostředí se silnými bouřemi zejména na Španělské plošině a na východ od Jaderského moře. Příznivé tornadické prostředí se nachází ve Francii a východně od Jaderského moře.

Cílem mnoha studií (viz Brooks et al., 2003) bylo najít omezenou sadu parametrů, které by mohly rozlišovat mezi prostředím se silnými nebo ostatními bouřemi, popř. rozlišit tornadické a netornadické prostředí. Zejména vysoké hodnoty kombinace CAPE a S06 jsou spojeny se silnými bouřemi častěji než jiné sledované veličiny.

Už v minulosti bylo ukázáno, že logaritmické vztahy mezi CAPE a S06 (Brooks et al., 2003) mohou rozlišit mezi silnými a ostatním bouřemi. Jeden z největších rozdílů v charakteristikách prostředí ve Spojených státech východně od Rocky Mountains a v Evropě je to, že evropské prostředí má tendenci mít nižší

hodnotu CAPE (Brooks et al., 2003, str. 81). Zatímco velké hodnoty CAPE nad 1000 $J \cdot kg^{-1}$ nejsou běžné ani v USA (7% všech sondáží v letech 1997 - 1999), vyskytují se ještě mnohem méně často v Evropě (1%). Hodnoty nad 2000 J. kg^{-1} jsou v Evropě velmi řídké. V USA byly tak vysoké hodnoty v 1% případů. Takto vysoká hodnota CAPE $\geq 2000\ J \cdot kg^{-1}$ se vyskytuje v průměru jen 5 dní za rok, Evropa má v průměru 1 den za rok (v letech 1997 - 1999). Brooks et al. (2003) předpokládali, že mohou odhadnout četnost prostředí, které napomáhají silné konvekci v Evropě za předpokladu, že prostředí, které produkuje silnou konvekci v USA by produkovalo stejně dobře silnou konvekci i v Evropě. Rozdíly v hodnotách CAPE lze připsat rozdílům v orografii Evropy a USA. Obecně jsou vysoké hodnoty CAPE a S06 důležité pro rozvoj silných bouří v USA i v Evropě.

Brooks (2009) uvádí, že pravděpodobnost výskytu silné bouře je vyšší pro vysoké hodnoty CAPE a S06 i v Evropě. Rozumné hodnoty CAPE × S06 se nacházejí mezi 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$. NDSEV se používá jako vhodný ukazatel na počet dnů, ve kterých součin CAPE × S06 překročil určitou prahovou hodnotu, tj. ve kterých by se mohly formovat silné bouře a produkovat silný vítr, kroupy a tornáda. Byly provedeny i drobné regionální studie pro Nizozemsko (Groenemeijer a van Delden, 2007) a severovýchodní Itálii (Manzato, 2007).

Grünwald a Brooks (2011) se zabývali vztahy mezi parametry odvozenými ze sondáží a intenzitou tornád v Evropě a USA. Zaměřili se na prostředí, v němž se tvoří tornáda. Pro popis prostředí byly vytvořeny pseudosondáže, které vycházejí z dat reanalýzy NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996) a sondáží, které jsou prostorově i časově nejblíže vyskytujícímu se tornádu. Mezi parametry popisující dobře rozdíl mezi silnými a méně závažnými bouřemi, popř. mezi tornádickými a netornadickými bouřemi, si vybrali CAPE, vertikální střih větru a výšku výstupné kondenzační hladiny. Zjistili, že tornadické bouře se tvoří v prostředí s vysokou hodnotou CAPE a střihu, zatímco netornadické bouře se tvoří obvykle při nízkých hodnotách obou veličin. Orografie a synoptická situace jsou nejčastější faktory pro vývoj bouří v USA i v Evropě. Významná tornáda v Evropě se tvoří při nižší hodnotě CAPE než většina tornád v USA, tedy pro silná tornáda v Evropě není nutná tak vysoká hodnota CAPE (Grünwald a Brooks, 2011).

1.4. Nebezpečné jevy spojené s konvekcí

Konvektivní bouře je pojem pro souhrn konvektivních jevů vyskytujících se při vývoji vertikálně mohutných, srážkových konvektivních oblaků. Tyto jevy se mohou projevit jako vítr (nárazy, tornáda), srážky (přívalové srážky, kroupy) a blesková aktivita, které mohou být nebezpečné. Při meteorologickém pozorování na pozemních stanicích se mluví o bouřkách, přičemž tento termín je zaměřen na elektrickou aktivitu konvektivní bouře (Řezáčová et al., 2007), tedy i optické a akustické projevy (hřmění, blesky). V rámci výstrah se mluví též o silných bouřkách.

V České republice jsou pro vznik bouřek příznivé podmínky zpravidla v létě, kdy se nejčastěji vyskytují tzv. bouřky z tepla, které vznikají uvnitř jedné nestabilní vzduchové hmoty během odpoledne a večera. Dalším typem jsou bouřky frontální, které se vyskytují zejména v souvislosti s přechodem letních studených front. Na našem území se nejvíce bouřkových dní vyskytuje v severních horských oblastech (průměrný roční počet dní s bouřkou – 35 dní v Churáňově) a nejméně na jižní Moravě a ve středních a západních Čechách (17 dní v Kralovicích). Během období duben – září se vyskytuje 96% všech bouřek, ale maxima jsou v červnu (průměrně 7 dní s bouřkou). Výskyt krup byl zaznamenán nejčastěji v květnu a červnu (web – sivs; Tolasz et al., 2007).

Typická silná konvektivní bouře začíná prudkým nebo postupným zesílením větru (nárazy větru), krátce poté přijde zpravidla přívalový déšť doprovázený výrazným zesílením bleskové aktivity a v závěru po zeslabení větru a srážek se může dostavit krupobití. To může přijít ale i téměř současně s prvotním nárazem větru a nástupem srážek. Během silných konvektivních bouří na našem území může dojít i k výskytu tornád (viz web – tornáda).

Intenzita bouřek se pohybuje od krátce trvajících srážek až po bouřkovou činnost s ničivými doprovodnými jevy, mezi něž patří především blesky, intenzivní srážky (často přívalového charakteru), krupobití a silný nárazový vítr. Rychlost větru dosahuje v nárazech 15 až 30 m/s, ojediněle i více. Zároveň nastupují přívalové srážky doprovázené výrazným zesílením výbojů blesků. Přívalové srážky se vyskytují nejčastěji od června do srpna a jsou dány hodinovým úhrnem nejméně 30 mm. Obvyklá intenzita srážek v bouřkách na území České republiky je 10 - 40

mm/h. Maximální hodnoty úhrnů srážek byly dosaženy ve Vyšším Brodě (1966) a to 92,8 mm/1h, v Deštném (1998) 203,6 mm/12h a na Lysé hoře (1972) 237,7 mm/24h. Nejvyšší denní úhrny srážek se pohybují mezi 210 mm a 345 mm (web – sivs; Tolasz et al., 2007).

Silné přeháňky, spojené s bouřkovou činností, jsou v letním období poměrně častým a běžným jevem, avšak ve většině případů mají pouze krátkou dobu trvání (do 30 minut). Jindy se bouřková oblačnost může uspořádat do podoby většího množství bouřkových buněk, které opakovaně vznikají v přibližně stejné oblasti. V obou uvedených případech tak může dojít k velmi nebezpečným povodním z přívalových dešťů, označovaným jako přívalové, resp. bleskové povodně, které jsou nebezpečné hlavně svou rychlostí a prudkostí.

Krupobití je poměrně běžný jev doprovázející bouřky. Nebezpečné jsou už kroupy o průměru větším než cca 2 cm. Výjimečně se mohou vyskytnout kroupy o průměru nad 5 cm, které pak mohou způsobit vážná zranění či značné hmotné škody (web – sivs).

V České republice vydává ČHMÚ výstrahy Systému integrované výstražné služby (SIVS), jestliže se právě vyskytl (byl naměřen nebo pozorován), nebo je předpokládán bezprostřední výskyt některého z nebezpečných jevů, které mají rychlý vývoj (např. velmi silné bouřky, extrémně silné bouřky, extrémní srážky, povodňové ohrožení).

V SIVS jsou užívána kritéria pro vydávání výstražných informací (web – sivs). Kategorie bouřky, která je podmíněna výskytem bouřky nebo silné bouřky, je poté rozdělena na 3 stupně nebezpečí podle výskytu alespoň jednoho z uvedených jevů:

1. Silné bouřky – úhrn srážek ≥ 30mm
   – nárazy větru > 20 m/s (70 km/h)
2. Velmi silné bouřky – průměr krup ≥ 2 cm
   – úhrn srážek > 50 mm
   – nárazy větru > 25 m/s (90 km/h)
3. Extrémně silné bouřky – průměr krup ≥ 4 cm
   – úhrn srážek > 90 mm

– nárazy větru > 30 m/s (110 km/h)

V kategorii déšť je výstraha vydávána pro tyto stupně nebezpečí (web – sivs):

1. Vydatný déšť - úhrn srážek > 35mm/12 h (nebo 30mm/6 h nebo 40mm/24 h)
2. Velmi vydatný déšť - úhrn srážek > 50mm/12 h (60mm/24 h)
3. Extrémní srážky - úhrn srážek > 70mm/12h (nebo 50mm/6h nebo 90mm/24h)

Uvedená kritéria pro výskyt srážek jsou využita i v této práci při hodnocení souvislosti NDSEV a silných konvektivních srážek.

2. Vstupní data a výpočetní postupy

Hodnoty charakteristik konvektivního prostředí se dají vypočítat diagnosticky, např. pomocí aerologických dat, nebo prognosticky z výstupů modelu numerické předpovědi počasí. Některé práce v minulosti (Zacharov, 2004) se již zabývaly otázkou vlivu zdroje dat na tyto charakteristiky, proto jsem se touto otázkou již nezabývala. Studované charakteristiky byly stanoveny diagnosticky na základě dat z reanalýzy meteorologických polí.

2.1. Popis vstupních dat

Pro výpočet charakteristik byly použity reanalýzy NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996) s rozlišením 2,5°, což na našem území přibližně odpovídá 200 km. Vybrala jsem 9 gridových bodů, které zahrnují oblast České republiky. Body mají souřadnice v rozmezí 47,5° - 52,5° severní šířky a 12,5° - 17,5° východní délky.

Vybrala jsem časové období 2005 – 2011, v němž jsem zpracovala letní hydrologický půlrok, tj. květen – říjen, kdy je vznik konvektivních srážek nejvýznamnější. Konvekce se nejčastěji vyskytuje v odpoledních a večerních hodinách, proto byla vybrána data odpovídající 1200 UTC a 1800 UTC.

Vstupní datové soubory z reanalýz NCEP/NCAR byly pro tuto práci připraveny v Ústavu fyziky atmosféry AV ČR a obsahovaly hodnoty několika veličin pro isobarické hladiny v rozsahu 300 hPa – 1000 hPa. Pro jeden časový údaj byly dány hodnoty z 9 hladin, kde první hladina odpovídala úrovni země a další hodnotám tlaku vzduchu 1000hPa, 925hPa, 850hPa, 700hPa, 600hPa, 500hPa, 400hPa a 300hPa. Pro každou hladinu bylo uvedeno datum (rok, měsíc, den, hodina – 12 nebo 18), tlak v hladině [hPa], nadmořská výška hladiny [m n. m.], teplota vzduchu v hladině [°C], relativní vlhkost [%], složka rychlosti proudění od západu na východ [$m \cdot s^{-1}$] a složka rychlosti proudění od jihu na sever [$m \cdot s^{-1}$]. Vstupní data pro 9 gridových bodů obsahovala okolo 97 000 hodnot.

Vstupní srážková data za období 2005 – 2011 jsou získána z operativního produktu ČHMÚ MERGE (Šálek, 2010) s rozlišením 1 × 1 km. Z hodinových úhrnů jsou vypočítány průměry přes plochu České republiky a maximum je určeno tak, že

je nalezen gridový bod s maximálním úhrnem srážek. Pro každé datum v rozmezí 1. 4. až 30. 9. let 2005 - 2011 obsahují vstupní data 28 číselných hodnot, vždy průměr a maximum pro 24-hodinový úhrn srážek, 12-hodinový úhrn srážek (odpolední) a hodinové úhrny z času 1200 – 2400 UTC (první hodinový úhrn odpovídá úhrnu v období 1200 – 1300 UTC). Připravená data pro srovnání srážkových úhrnů obsahovala okolo 37 000 hodnot.

2.2. Výpočet charakteristik

Ze vstupních dat byly vypočítány hodnoty charakteristik CAPE, S01, S03, S06 pro termíny 1200 UTC a 1800 UTC pro každý den vybraného období, tj. květen – srpen v letech 2005 – 2011, v 9 gridových bodech. Hodnoty CAPE se počítaly integrací podle vztahu (1) přes jednotlivé hladiny 1000hPa až 150hPa. CAPE lze počítat různými způsoby, např. také pomocí virtuální teploty. Pro tuto práci byl vybrán výpočet podle (1) bez virtuální opravy vycházející z přízemní teploty. Pro názornější označení charakteristik jsou dále uváděny hodnoty CAPE v 1200 UTC zkratkou CAPE 12 a hodnoty CAPE v 1800 UTC zkratkou CAPE 18.

Hodnoty střihu větru S0X jsou vypočítány z hodnot rychlosti větru mezi hladinami 0 km a X km, to znamená S06 je vypočítáno mezi 0 km a 6 km. Analogicky se určí S01 mezi 0 km a 1 km a S03 mezi 0 km a 3 km. Značení udávající hodinu je obdobné jako u CAPE.

2.3. Užité statistické metody

Pro hodnocení charakteristik byly vybrány základní statistické veličiny. Střední hodnota byla vypočítána jako aritmetický průměr $\bar{x}$ všech hodnot x_i podle vzorce (Anděl, 2007)

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i. \qquad (4)$$

Maximální a minimální hodnota byla určena jako maximum a minimum výběru. Medián $\tilde{x}$ určuje hodnotu s 50% pravděpodobností výskytu, tj. alespoň polovina hodnot x_i je menší nebo rovna $\tilde{x}$ a alespoň polovina hodnot x_i je větší nebo rovna $\tilde{x}$.

Hodnoty byly rozděleny do tříd, které jsou určeny třídním intervalem hodnot, a poté spočítány četnosti v jednotlivých třídách. Absolutní četnost určuje skutečný počet hodnot v určité třídě. Relativní četnost určuje poměr absolutní četnosti k počtu všech případů. V případě spojitých veličin se často používá distribuční funkce, zejména pokud intervaly nejsou ekvidistantní.

Kontingenční tabulky se používají pro zhodnocení vzájemné závislosti dvou znaků vyskytujících se u statistických jednotek. V meteorologii se nejčastěji používá čtyřpolní kontingenční tabulka, která shrnuje četnosti případů, kdy určitý znak nastal nebo nenastal, ve všech 4 možných variantách, jak demonstruje obr. 1.

		Znak 2		Celkem
		Ano	Ne	
Znak 1	Ano	***a***	***b***	***a+b***
	Ne	***c***	***d***	***c+d***
Celkem		***a+c***	***b+d***	***N***

Obr. 1. Čtyřpolní kontingenční tabulka.

Kde N určuje počet všech případů, tedy $N = a+b+c+d$. Četnost a určuje počet případů, kdy se vyskytly oba znaky. Četnost b je počet případů, kdy nastal znak 1 a zároveň nenastal znak 2. U c je to obráceně počet případů, kdy nastal znak 2 a nenastal znak 1. Četnost d je počet případů, kdy se nevyskytl ani jeden ze znaků (Anděl, 2007). Jako příklad lze použít v roli znaku 1 výskyt nadprahových srážek a znaku 2 překročení hodnoty charakteristiky konvektivního prostředí. Nebo jako znak 1 měření a jako znak 2 předpověď.

Z kontingenční tabulky lze vyvodit určitý výsledek pomocí verifikačních kritérií, tzv. „skill scores“. Diskuse použití jednotlivých verifikačních kritérií byly uvedeny i v některých českých pracích např. Řezáčová, Školoud (1993) a Metelka (2001). Pro tuto práci bylo vybráno kritérium CSI (z anglického „Critical success index“), které se používá v případě řídkých jevů a je dáno vztahem:

$$CSI = \frac{a}{a+b+c} = \frac{a}{N-d} \tag{5}$$

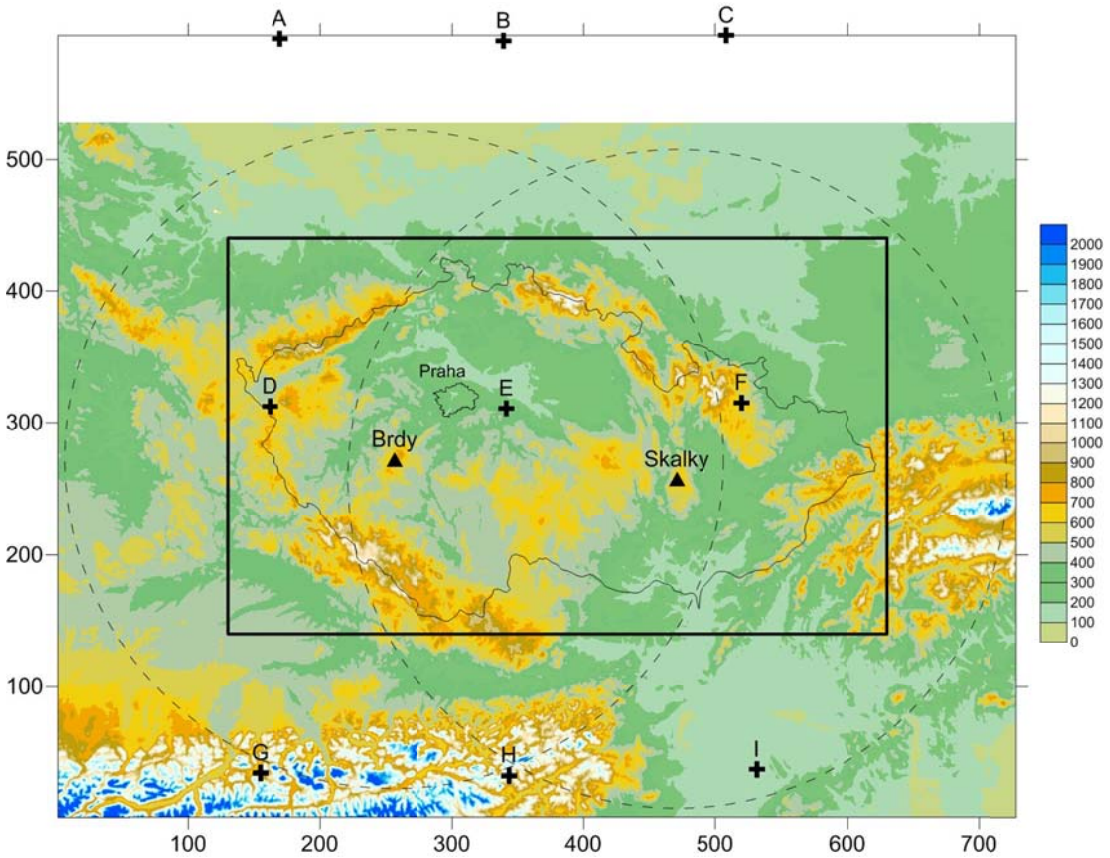
Index CSI nabývá hodnot od 0 do 1. Čím vyšší je hodnota CSI, tím větší je vazba mezi oběma znaky, nebo úspěšnost předpovědi.

3. Statistické srovnání charakteristik

Vlastní zpracování vstupních dat pomocí statistických veličin má ukázat, jakých hodnot nabývá CAPE a S06 na území České republiky, jak ovlivňuje prahová hodnota obou dílčích veličin i jejich součinu hodnotu NDSEV a jak souvisí NDSEV se silnými srážkami na území České republiky.

3.1. Vliv polohy na charakteristiky CAPE a S06

Při prvním zpracování dat byly vypočítány statistické veličiny, popisující základní vlastnosti jednotlivých souborů dat pro vybraných 9 gridových bodů. Body mají souřadnice v rozmezí 47,5° - 52,5° severní šířky (s.š.) a 12,5° - 17,5° východní délky (v.d.). Poloha bodů je znázorněna na obr. 2.



Obr. 2 Poloha 9 gridových bodů (A - I) ve zvolené oblasti zahrnující Českou republiku. Na mapě je barevně zvýrazněna orografie, trojúhelníky značí polohu radarů CZRAD a přerušovanou čarou jsou vyznačeny dosahy radarového pozorování. Černá čára vymezuje oblast, z níž byla počítána vstupní srážková data získaná z operativního produktu ČHMÚ MERGE.

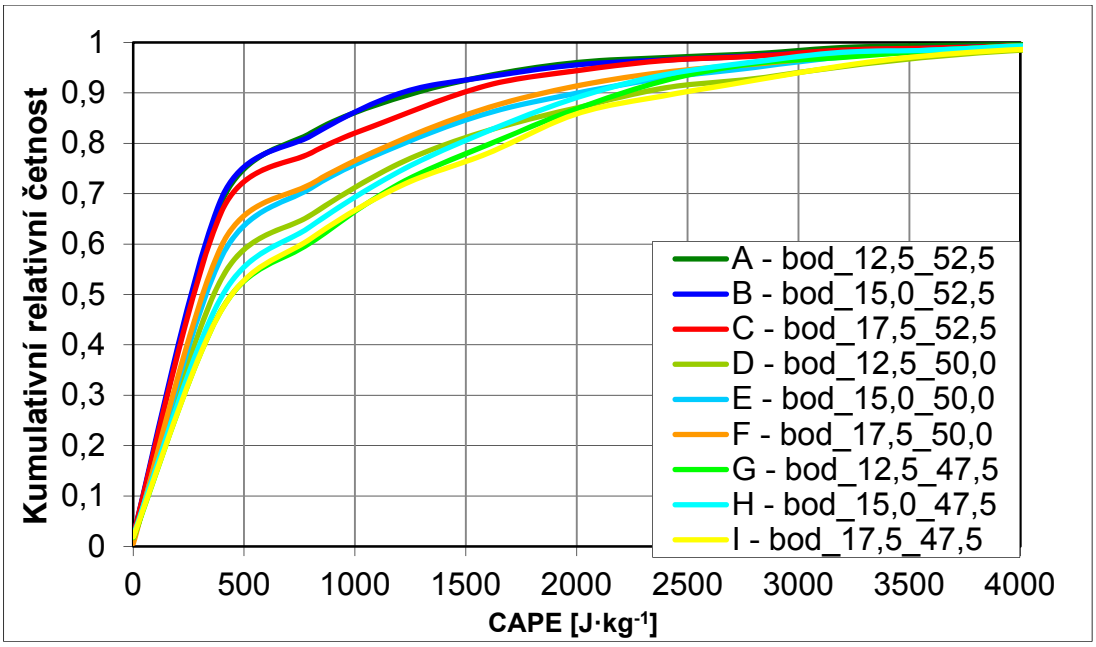
Pro popis chování charakteristik konvektivního prostředí bylo vybráno 9 gridových bodů zahrnujících území České republiky. Tři body (D, E, F) na rovnoběžce 50° s. š. nejlépe popisují situace v České republice, protože se nacházejí uvnitř území republiky. Následující tabulka 1 ukazuje střední hodnoty charakteristik za celé vybrané období v jednotlivých gridových bodech. Střední hodnoty byly vypočítány ze všech hodnot celého vybraného období. V případě, že CAPE neexistovala, byla dosazena hodnota CAPE = 0 $J \cdot kg^{-1}$.

Označení bodu	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Zeměpisná délka	12,5° v.d.	15,0° v.d.	17,5° v.d.	12,5° v.d.	15,0° v.d.	17,5° v.d.	12,5° v.d.	15,0° v.d.	17,5° v.d.
Zeměpisná šířka	52,5° s.š.	52,5° s.š.	52,5° s.š.	50,0° s.š.	50,0° s.š.	50,0° s.š.	47,5° s.š.	47,5° s.š.	47,5° s.š.
CAPE 12 [$J \cdot kg^{-1}$]	412,3	364,7	420,8	723,1	610,2	618,4	733,8	644,7	763,0
CAPE 18 [$J \cdot kg^{-1}$]	330,0	304,6	330,6	766,4	606,2	537,3	848,7	705,3	719,2
S06 12 [$m \cdot s^{-1}$]	13,2	13,1	13,2	13,5	13,4	13,2	14,1	13,3	12,4
S06 18 [$m \cdot s^{-1}$]	13,5	13,4	13,6	13,8	13,4	13,2	14,1	13,5	12,9

Tab. 1 Střední hodnoty charakteristik CAPE a S06 v 1200 UTC a v 1800 UTC v 9 gridových bodech, vypočítané přes celé vybrané období.

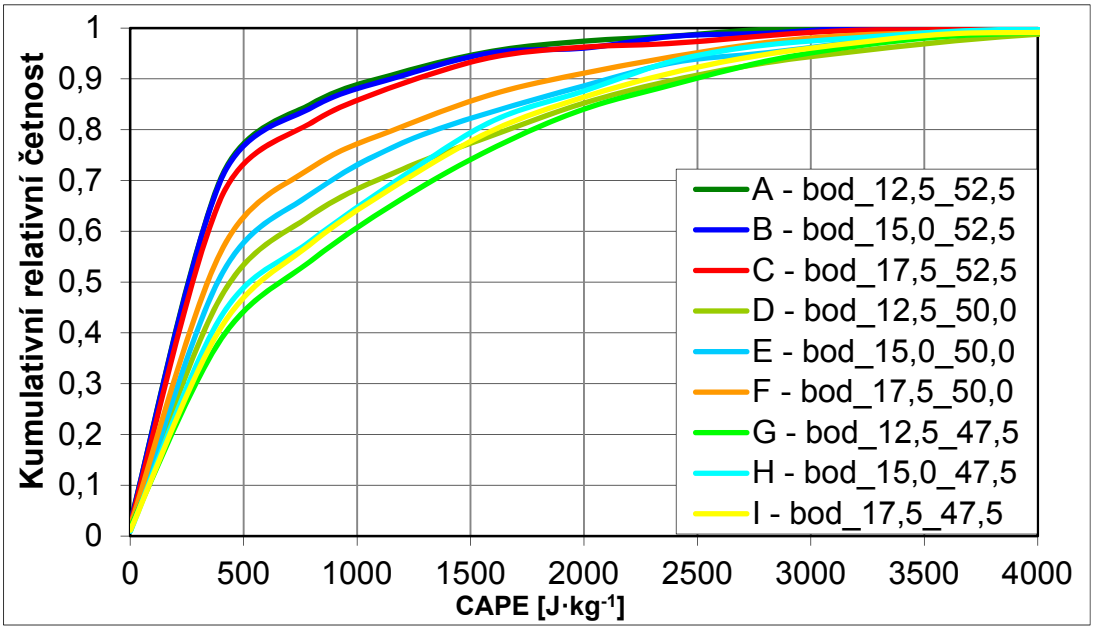
Z uvedených středních hodnot jednotlivých charakteristik je zřejmý vliv polohy bodu na charakteristiky. Z tabulky 1 je vidět nepatrný vzrůst střední hodnoty CAPE v meridionálním směru, tj. od 52,5° severní šířky k 47,5° severní šířky. V zonálním směru nelze specifikovat určité chování středních hodnot. Nejnižší střední hodnoty CAPE se nacházejí na 15° v.d. V případě střihu větru S06 je u bodů D, E, F a G, H, I vidět pokles střední hodnoty střihu v zonálním směru, tj. od 12,5° v.d. k 17,5° v.d.

Chování středních hodnot CAPE je znázorněno na následujících obr. 3 a 4. Distribuční funkce CAPE 12 (obr. 3) ukazuje odlišné chování v bodech A, B, C se zeměpisnou šířkou 52,5° severní šířky. Distribuční funkce jsou počítány pro nenulovou CAPE. Distribuční funkce pro CAPE 18 je uvedena na obr. 4.



Obr. 3 Distribuční funkce CAPE 12. V legendě je uvedena zeměpisná délka a šířka bodů. Body stejné zeměpisné délky jsou vyneseny jednou barvou (např. zelená), jejich odstín rozlišuje jejich zeměpisnou šířku.

Z obr. 3 je patrné, že body A, B, C (na 52,5° severní šířky) nabývají s větší pravděpodobností nižších hodnot CAPE. Pro bod A a B platí, že hodnota CAPE ≤ 1000 J·kg^{-1} se vyskytuje v 86% případů, u bodu C je to 82% a u ostatních bodů je to v rozmezí 66% - 76%. Hodnot CAPE ≤ 2000 J·kg^{-1} nabývají v 91% - 94% u bodů A, B, C. U bodů D – I je to 86% - 89%.



Obr. 4 Distribuční funkce CAPE 18. V legendě je uvedena zeměpisná délka a šířka bodů.

Na obr. 4 je zřejmé též odlišné chování bodů A, B, C se zeměpisnou šířkou 52,5° s. š. Pro tyto body platí, že hodnot CAPE ≤ 1000 $J \cdot kg^{-1}$ nabývají v 89% případů (bod C v 86%), u ostatních bodů v 61% - 77% případů. Hodnot CAPE ≤ 2000 $J \cdot kg^{-1}$ nabývají v 96% - 97% případů u bodů A, B, C. U bodů D – I je to 84% - 91% případů.

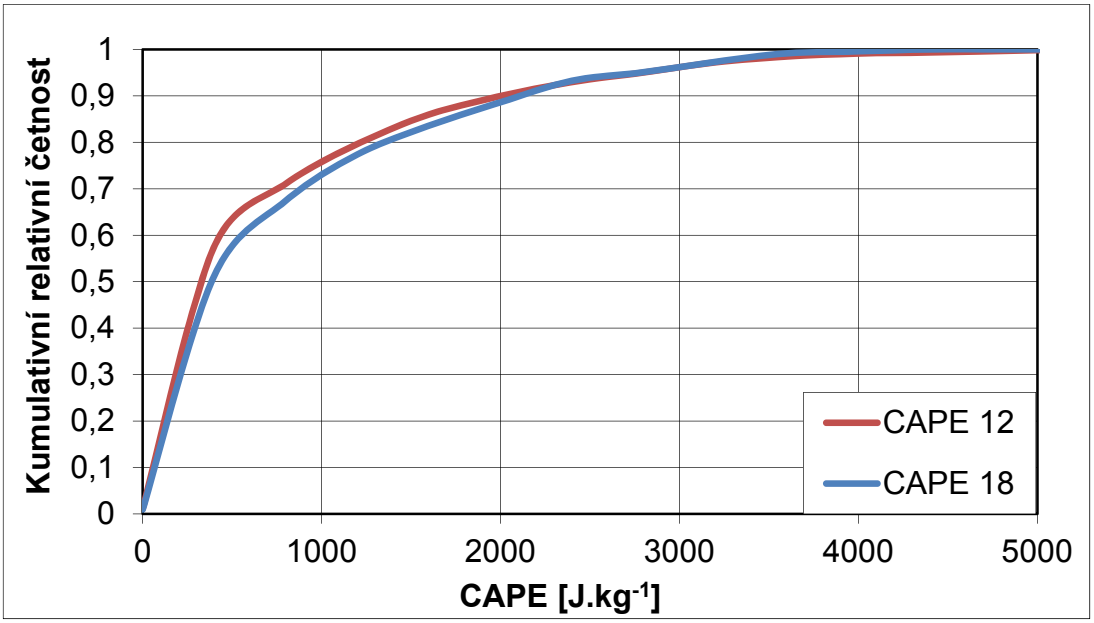
V dalším zpracování dat jsem se soustředila na gridový bod E na 15,0° v. d. a 50,0° s. š., který charakterizuje chování charakteristik na území České republiky. Proto se následující výsledky budou týkat pouze tohoto bodu.

3.2. Závislost CAPE a S06 na termínu

Soubor vypočítaných charakteristik obsahoval pro každý den hodnoty v 1200 UTC a v 1800 UTC. Hodnoty v obou souborech se liší. Mohou nastat případy, kdy ve 1200 UTC se CAPE nevyskytuje a v 1800 UTC už CAPE nabývá výrazných hodnot. Lze sledovat poklesy i nárůsty hodnot CAPE a S06 během odpoledne.

Charakteristika X	X 12 < X 18		X 12 > X 18	
CAPE	355	41,2%	506	58,8%
S06	445	51,7%	416	48,3%

Tab. 2 Počet případů, kdy se hodnoty CAPE a S06 měnily mezi 1200 a 1800 UTC. V prvním sloupci je vždy uvedena absolutní četnost a v druhém sloupci relativní četnost v procentech.



Obr. 5 Distribuční funkce CAPE ve 1200 a 1800 UTC.

Z tab. 2 můžeme usoudit, že během odpoledne dochází spíše k poklesům hodnoty CAPE a vzestupům S06, ale počty případů jsou relativně rovnocenné. U S06 se vzestupy i poklesy vyskytují přibližně u poloviny případů. Z distribuční funkce CAPE (obr. 5) je zřejmé, že CAPE ≤ 1000 $J \cdot kg^{-1}$ se vyskytuje v 76% případů v 1200 UTC a v 73% v 1800 UTC. Hodnot CAPE ≤ 2000 $J \cdot kg^{-1}$ nabývají v 90% případů v 1200 UTC a 88% v 1800 UTC. Pro posuzování konvektivního prostředí z obou termínů nelze rozhodnout, který je vhodnější pro další zpracovávání dat, proto jsou následující výsledky uvedené pro porovnání v obou termínech.

3.3. Vlastnosti charakteristiky CAPE

V této části se zabývám otázkou, jakých hodnot nabývá charakteristika CAPE na území České republiky a jak se liší tyto hodnoty ve vybraných měsících jednotlivých let. Ve sledovaném období květen – srpen let 2005 – 2011 byly spočítány střední hodnoty CAPE a četnost hodnot CAPE na území České republiky.

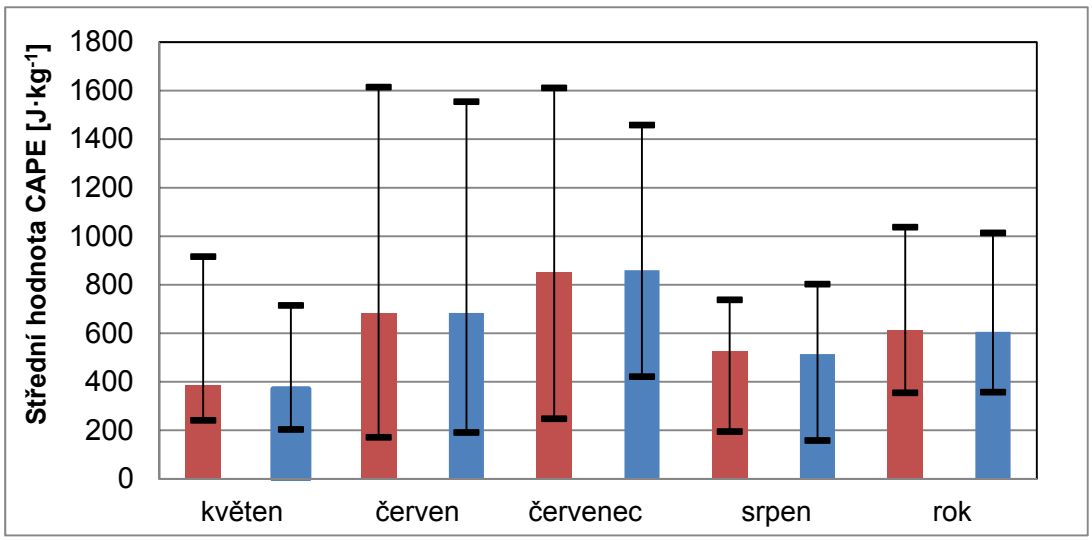
3.3.1. Střední hodnoty CAPE

Ze vstupních dat jsem vypočítala střední hodnotu, medián a maximální hodnotu CAPE v termínech 1200 a 1800 UTC. V případě, že CAPE neexistovala, byla dosazena hodnota CAPE = 0 $J \cdot kg^{-1}$. Střední hodnoty byly vypočítány ze všech hodnot vybraného období. V příloze č. 1 jsou uvedeny tabulky s výsledky pro každý rok zvlášť. Souhrnné informace o sezónním chodu charakteristiky CAPE dává tab. 3, která ukazuje střední hodnotu, medián a maximální hodnotu vybraného měsíce všech let 2005 – 2011. V posledním sloupci jsou uvedeny výsledky pro všechny měsíce.

CAPE [$J \cdot kg^{-1}$]	květen		červen		červenec		srpen		rok	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	385,7	369,6	681,0	683,6	852,0	859,8	524,5	514,3	610,2	606,2
Medián	74,0	74,0	163,5	130,5	401,0	521,0	213,0	199,0	160,0	195,0
Maximum	5042	3686	4871	4089	4763	4164	3247	3548	5042	4164

Tab. 3 Střední hodnota, medián a maximální hodnota CAPE v jednotlivých měsících let 2005 – 2011. Vždy pro termín 1200 a 1800 UTC.

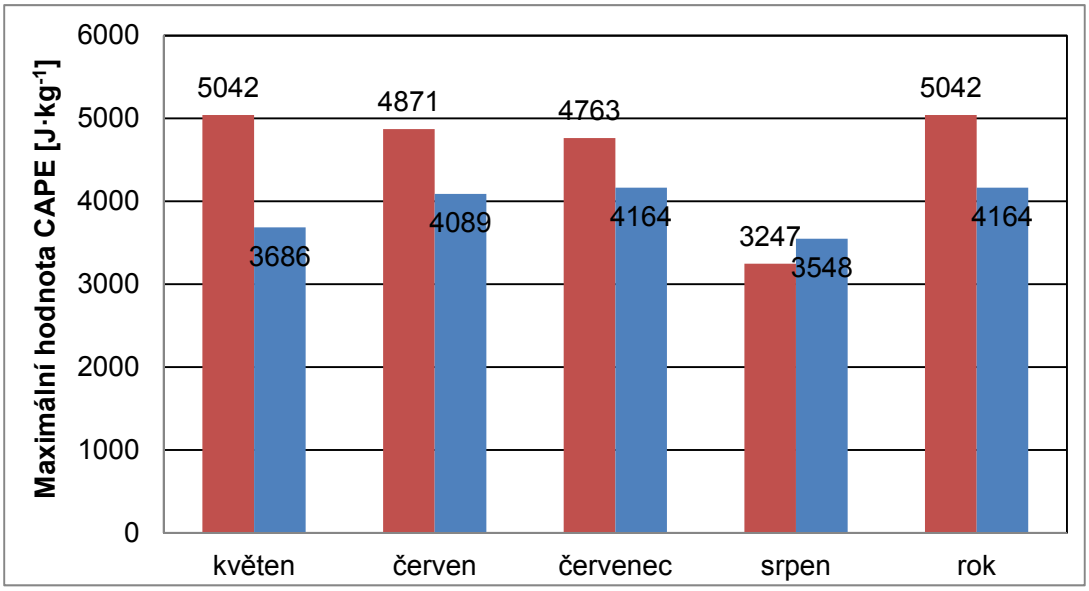
Tabulka 3 popisuje sezónní chod CAPE. Je zřejmé, že nejvyšších středních hodnoty nabývá CAPE v červenci a nejnižších středních hodnot v květnu. Sezónní střední hodnota CAPE pro Českou republiku je 610,2 $J \cdot kg^{-1}$ ve 1200 UTC a a 606,2 $J \cdot kg^{-1}$ v 1800 UTC. V červenci nabývá CAPE střední hodnoty 852 $J \cdot kg^{-1}$ ve 1200 UTC a přibližně 860 $J \cdot kg^{-1}$ v 1800 UTC. Sezónní chod středních hodnot CAPE je vidět i na obr. 6, který ukazuje střední hodnoty v jednotlivých měsících a též za celé období 2005 – 2011.



Obr. 6 Střední hodnoty CAPE v jednotlivých měsících a za celé období let 2005 – 2011 (označeno rok). Červeně jsou hodnoty v termínu 1200 UTC, modře hodnoty v 1800 UTC. Černé úsečky znázorňují rozpětí středních hodnot CAPE v daném měsíci u jednotlivých let.

Střední hodnoty v daném měsíci u jednotlivých let jsou odlišné, jak je vidět z tabulek v příloze č. 1. Obr. 6 ukazuje střední hodnoty CAPE v jednotlivých měsících z celých 7 let 2005 – 2011 a též rozpětí středních hodnot vyskytujících se v určitém měsíci, popř. za celé období. Rozpětí ukazuje maximální a minimální střední hodnotu měsíce, popř. celého období. Z obr. 6 je zřejmé, že největší rozpětí středních hodnot CAPE se nachází v červnu a červenci, nejmenší v květnu a srpnu.

V tab. 3 jsou důležité i výsledky maximálních hodnot CAPE sledovaných na území České republiky. Maximální hodnoty CAPE v jednotlivých měsících na tomto území se pohybují mezi 3247 $J \cdot kg^{-1}$ a 5042 $J \cdot kg^{-1}$. Jak je vidět, maximální hodnoty ve 1200 UTC jsou vyšší než v 1800 UTC s výjimkou srpna, kdy jsou celkově nejmenší. To znázorňuje i následující obr. 7, udávající maximální hodnoty CAPE v jednotlivých obdobích.



Obr. 7 Maximální hodnoty CAPE v jednotlivých měsících a za celé období let 2005 – 2011. Červeně jsou hodnoty v termínu 1200 UTC, modře hodnoty v 1800 UTC.

3.3.2. Četnost hodnot CAPE

Vzniká otázka, zda se mění v jednotlivých měsících poměr případů, kdy se CAPE nevyskytuje, oproti případům s nenulovou CAPE. Odpovědět může tab. 4, která ukazuje počet případů (v %), kdy se CAPE nevyskytuje, a počet případů s nenulovou CAPE v jednotlivých měsících a za celé vybrané období 2005 – 2011.

Relativní četnost CAPE [%]	květen		červen		červenec		srpen		rok	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
CAPE se nevyskytuje	12,0	23,5	9,0	13,3	11,1	13,8	3,2	18,4	8,8	17,3
nenulová CAPE	88,0	76,5	91,0	86,7	88,9	86,2	96,8	81,6	91,2	82,7

Tab. 4 Počet případů, kdy se CAPE nevyskytuje a případů s nenulovou CAPE v jednotlivých měsících v termínu 1200 a 1800 UTC.

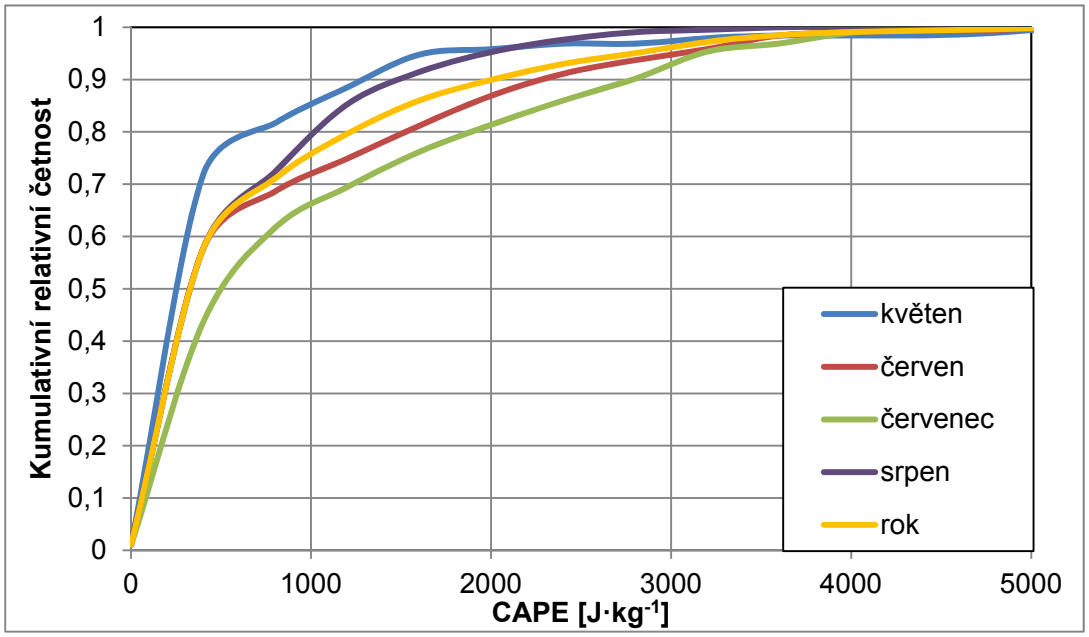
Z tabulky 4 je zřejmé většinové zastoupení případů, kdy CAPE nabývá nenulové hodnoty. CAPE se nevyskytuje častěji v 1800 UTC než v 1200 UTC. Na případy s nenulovou CAPE se lze podívat podrobněji a určit četnost v určitých intervalech. Hodnoty CAPE vyskytující se na území České republiky jsem rozdělila do 8 kategorií a vypočítala četnost případů v jednotlivých kategoriích. Výsledky pro jednotlivé roky jsou uvedeny v tabulkách v příloze č. 2 a v následující tabulce 5 jsou souhrnné informace o počtech případů v jednotlivých měsících a za celé období 2005

– 2011. Poslední kategorie vystihuje případy s extrémní hodnotou CAPE, a tedy vysokou pravděpodobností výskytu silných bouří.

Absolutní četnost CAPE [dny]	květen		červen		červenec		srpen		rok	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
CAPE se nevyskytuje	3,8	7,2	2,7	4,0	3,5	4,4	1,1	5,8	10,9	21,3
0<CAPE<10	3,7	2,9	2,4	2,1	1,3	1,0	2,7	2,4	10,1	8,4
10≤CAPE<50	6,7	4,0	5,1	5,1	4,4	3,1	6,1	3,7	22,4	16,0
50≤CAPE<100	2,7	2,0	2,6	2,9	1,7	1,0	2,3	1,4	9,3	7,3
100≤CAPE<500	7,9	7,6	6,3	4,6	6,4	5,7	8,1	6,1	28,7	24,0
500≤CAPE<1000	2,0	3,9	3,3	3,4	4,3	6,4	5,0	6,0	14,6	19,7
1000≤CAPE<2000	3,1	2,0	4,0	4,6	4,3	4,1	4,3	4,0	15,7	14,7
CAPE≥2000	1,1	1,4	3,6	3,3	5,1	5,3	1,4	1,6	11,3	11,6

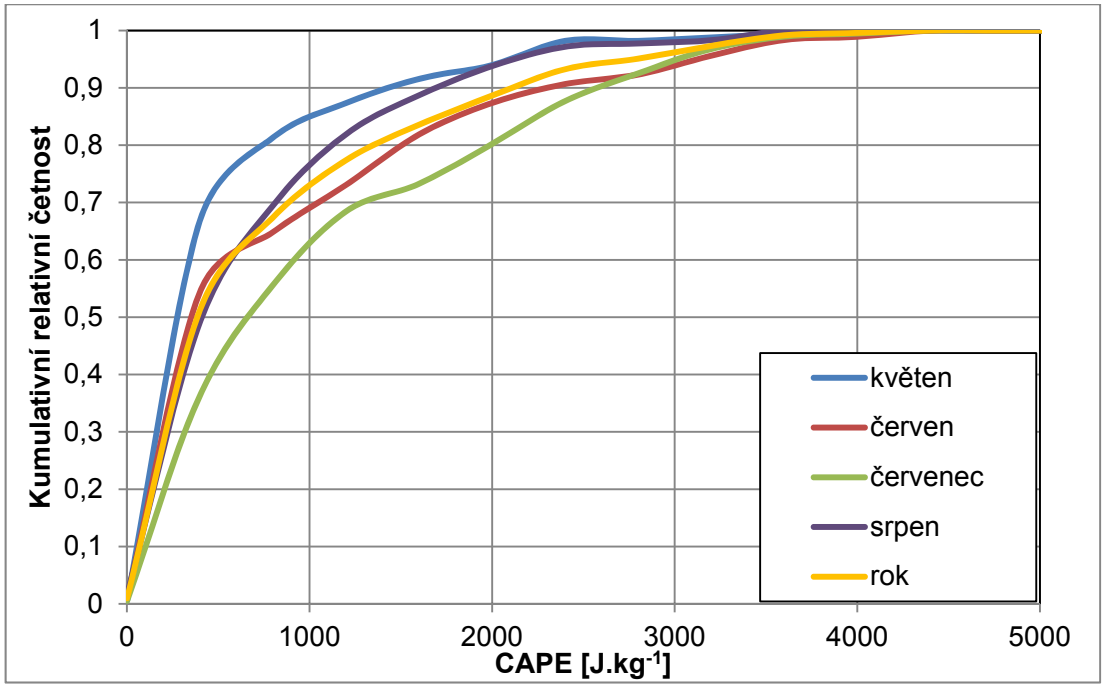
Tab. 5 Absolutní četnost CAPE v jednotlivých kategoriích pro uvedené měsíce v 1200 a 1800 UTC. Hraniční hodnoty intervalů jsou uvedeny v $J \cdot kg^{-1}$.

Z tabulky 5 je patrné, že nejvíce zastoupené kategorie jsou CAPE mezi 100 $J \cdot kg^{-1}$ a 500 $J \cdot kg^{-1}$. Pozornost by měla být věnována poslední kategorii, která ukazuje, že i na území České republiky se v nemalém počtu případů vyskytují hodnoty CAPE větší než 2000 $J \cdot kg^{-1}$. Nejvyšší četnost případů s těmito vysokými hodnotami je v červenci. Výsledky z tab. 5 shrnuje obr. 8 ukazující distribuční funkci CAPE 12 pro jednotlivé měsíce.



Obr. 8 Distribuční funkce CAPE 12 v jednotlivých měsících a za celé období let 2005 – 2011. Četnost hodnot za celé období 2005 – 2011 je znázorněna žlutou křivkou s popisem rok.

Z obr. 8 je zřejmá vyšší četnost vysokých hodnot CAPE 12 v červenci a nižší zastoupení vysokých hodnot CAPE 12 v květnu. Hodnoty CAPE 12 ≤ 2000 J·kg^{-1} se vyskytují v 90% případů za celé období 2005 – 2011, z toho v 81% v červenci, v 87% v červenu a v 95% v květnu a srpnu. Z toho vyplývá, že v červenci v 19% případů se hodnota CAPE 12 dostane nad 2000 J·kg^{-1}, ale v květnu a srpnu jen v 5%. Podobné výsledky dává i distribuční funkce CAPE 18 na obr. 9.



Obr. 9 Distribuční funkce CAPE 18 v jednotlivých měsících a za celé období let 2005 – 2011. Četnost hodnot za celé období 2005 – 2011 je znázorněna žlutou křivkou s popisem rok.

Hodnoty CAPE 18 ≤ 2000 J·kg^{-1} se vyskytují v 89% případů za celé období 2005 – 2011, z toho v 80% v červenci, v 87% v červenu a v 94% v květnu a srpnu. Z toho vyplývá, že v červenci v 20% případů se hodnota CAPE 18 dostane nad 2000 J·kg^{-1}, ale v květnu a srpnu jen v 6%. Jak je vidět, distribuční funkce CAPE 12 a CAPE 18 se výrazně neliší.

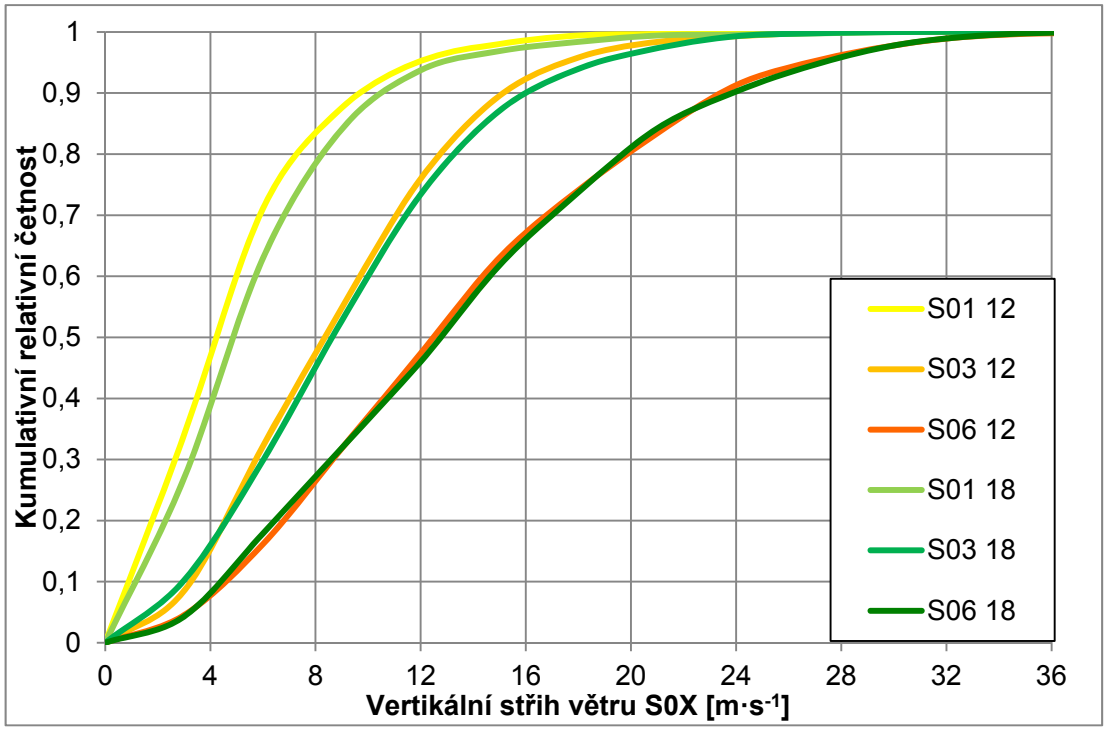
3.4. Vlastnosti charakteristiky S0X

Střih větru lze počítat v několika hladinách. S0X označuje souhrn S01, S03 a S06, z nichž se nejčastěji používá S06. V této části se zabývám rozdělením hodnot S0X na území České republiky ve vybraném období.

S0X [m·s^{-1}]	S01		S03		S06	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	4,9	5,7	8,8	9,2	13,4	13,4
Medián	4,1	4,9	8,2	8,6	12,5	12,8
Maximum	26,5	29,2	29,2	29,6	37,7	36,3

Tab. 6 Střední hodnota, medián a maximální hodnota S0X v 1200 a 1800 UTC.

Tab. 6 obsahuje střední hodnoty pro střih S01, S03 a S06 v 1200 a 1800 UTC vypočítané ze všech hodnot z vybraného období 2005 – 2011. Je zřejmý nárůst střední hodnoty s rostoucí výškou, tj. střední hodnota S06 je větší než ostatní. Hodnoty ve 1200 a v 1800 UTC se výrazně neliší. Maximální hodnoty S01 a S03 jsou do 30 m·s^{-1}, ale pro S06 maximální hodnoty přesahují 30 m·s^{-1}.



Obr. 10 Distribuční funkce S0X v 1200 UTC a 1800 UTC. Zelenou barvou jsou označeny hodnoty střihu v 1800 UTC, odstín určuje vrstvu S0X. Oranžová až žlutá určují hodnoty střihu v 1200 UTC.

Z distribuční funkce S0X na obr. 10 je zřejmý pouze nepatrný rozdíl v hodnotách v 1200 a 1800 UTC. Distribuční funkce S01, S03 a S06 se však liší a prokazují růst střihu větru s výškou (rozsahem sledované vrstvy). Hodnot menších než 12 m·s^{-1} nabývá S01 v 94% případů, S03 v 73% případů a S06 v 46% případů. Hodnot S0X ≤ 24 m·s^{-1} nabývá S06 v 90% případů, ale S01 i S03 už v 99% případů.

3.5. Vlastnosti CAPE × S0X

Součin CAPE × S06 použil již Brooks (2003) jako dobrý ukazatel pro podmínky konvektivního prostředí, protože zahrnuje energii instability CAPE i střih větru S06. V této části jsem se zaměřila na hodnoty součinu CAPE × S0X, které se vztahují na území České republiky ve vybraném období, s použitím střihu S01, S03 a S06.

3.5.1. Střední hodnoty CAPE × S0X

Pro posouzení, jakých hodnot nabývá součin CAPE × S0X na území České republiky, byla vypočítána střední hodnota, medián a maximální hodnota tohoto součinu pro každý měsíc a za celé vybrané období 2005 – 2011. V případě, že CAPE neexistovala, byla dosazena hodnota CAPE = 0 $J \cdot kg^{-1}$. Střední hodnoty byly vypočítány ze všech hodnot vybraného období. Níže jsou uvedené tabulky při použití S01 (tab. 7), S03 (tab. 8) a S06 (tab. 9).

CAPE x S01 [$m^3 \cdot s^{-3}$]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2005 - 2011	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	1849	2175	3134	3718	3385	4563	2784	2670	2785	3268
Medián	255	319	906	617	1163	1879	937	979	655	783
Maximum	44723	25989	32612	39522	33719	47844	32377	16151	44723	47844

Tab. 7 Střední hodnota, medián a maximální hodnota CAPE × S01 v jednotlivých měsících let 2005 – 2011. Vždy pro termín 1200 a 1800 UTC.

Střední hodnota CAPE × S01 se pohybuje mezi 1849 $m^3 \cdot s^{-3}$ až 4563 $m^3 \cdot s^{-3}$. Nejvyšších středních hodnot nabývá v červnu a červenci. Nejnižších potom v květnu. Medián nabývá nejvyšších hodnot v červenci. Maximální hodnoty CAPE × S01 dosahují až nad prahovou hodnotu 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$.

Střední hodnota CAPE × S03 (tab. 8) nabývá nejvyšších hodnot v červenci, až 7420 $m^3 \cdot s^{-3}$. Nejnižších potom v květnu. V celém vybraném období je střední hodnota menší v 1200 UTC než v 1800 UTC, jak je tomu i v červnu a v červenci. Medián nabývá nejvyšších hodnot opět v červenci. Maximální hodnoty CAPE × S03 v 1200 UTC dosahují 58 013 $m^3 \cdot s^{-3}$, v 1800 UTC 54 396 $m^3 \cdot s^{-3}$.

CAPE x S03 [$m^3 \cdot s^{-3}$]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2005 - 2011	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	3127	3095	5172	5845	6099	7420	4719	4400	4776	5184
Medián	532	512	1228	998	2744	3781	1597	1150	1224	1308
Maximum	54454	37145	52461	51313	58013	54396	37271	34851	58013	54396

Tab. 8 Střední hodnota, medián a maximální hodnota CAPE × S03 v jednotlivých měsících let 2005 – 2011. Vždy pro termín 1200 a 1800 UTC.

CAPE x S06 [$m^3 \cdot s^{-3}$]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2005 - 2011	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	4190	4168	7116	7783	8752	9920	6988	6218	6758	7016
Medián	887	825	2090	1479	3699	4383	2749	1943	2050	1945
Maximum	63983	47048	70289	59689	88432	61419	60883	54072	88432	61419

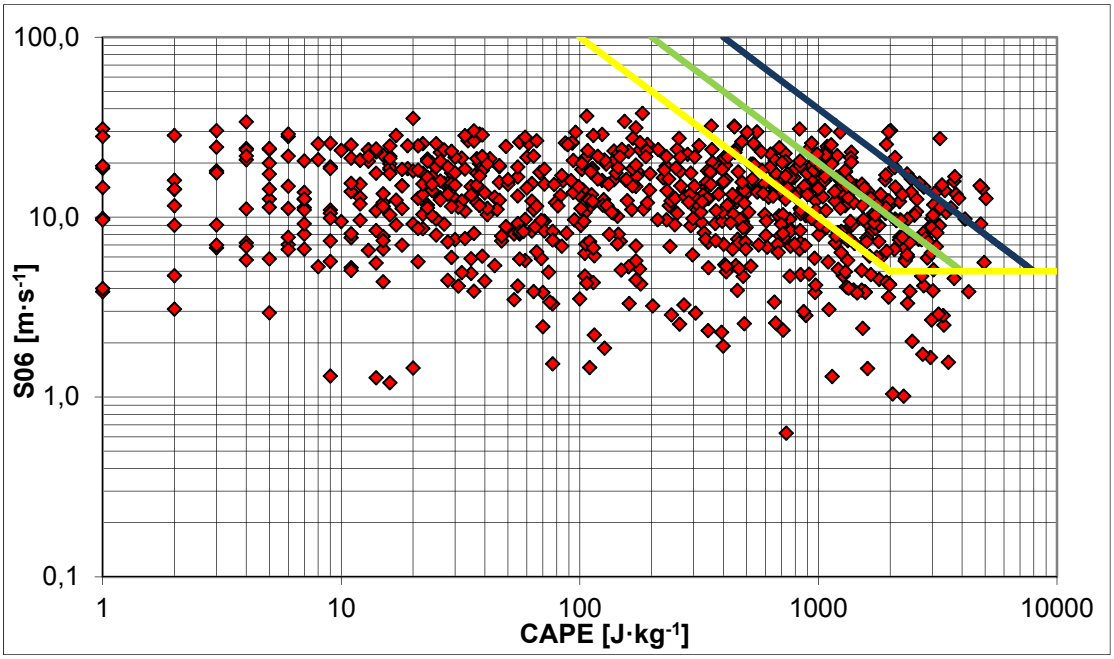
Tab. 9 Střední hodnota, medián a maximální hodnota CAPE × S06 v jednotlivých měsících let 2005 – 2011. Vždy pro termín 1200 a 1800 UTC.

Střední hodnota CAPE × S06 nabývá nejnižších hodnot v květnu, okolo 4180 $m^3 \cdot s^{-3}$. Přes celé vybrané období se střední hodnoty pohybují okolo 7000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a jsou menší v 1200 UTC než v 1800 UTC, stejně jako v červnu a v červenci. Medián nabývá nejnižších hodnot v květnu a nejvyšších hodnot v červenci. Maximální hodnota CAPE × S06 (ve vybraném období) byla dosažena 23. 7. 2009 ve 1200 UTC, a to 88 432 $m^3 \cdot s^{-3}$. V tomto případě byla CAPE = 3231 $J \cdot kg^{-1}$ a S06 = 27,37 $m \cdot s^{-1}$. Ten den byla pozorována supercelární bouře na Kolínsku (viz web – supercela). Evropská databáze nebezpečných meteorologických jevů (web - eswd) uvádí pro tento den 18 případů nebezpečných nárazů větru, 1 případ s výskytem krup a 1 případ s nálevkovitým oblakem (kondenzačním chobotem).

Brooks (2009) uvedl, že prostředí s hodnotami CAPE × S06 nacházející se nad 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ je vhodné pro vznik a vývoj silných bouří, jestliže platí, že CAPE $\geq$ 100 $J.kg^{-1}$ a zároveň S06 $\geq$ 5 $m.s^{-1}$. Brooks ve své práci (Brooks et al., 2003) uvedl graf závislosti S06 na CAPE (obě osy v logaritmickém měřítku) pro Spojené státy za období 1997 – 1999, kde jsou vyneseny kombinace CAPE a S06, jak byly zjištěny

v jednotlivých dnech. V grafu byla uvedena i křivka prahové hodnoty, která oddělovala hodnoty součinu CAPE × S06 menší a větší než 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$.

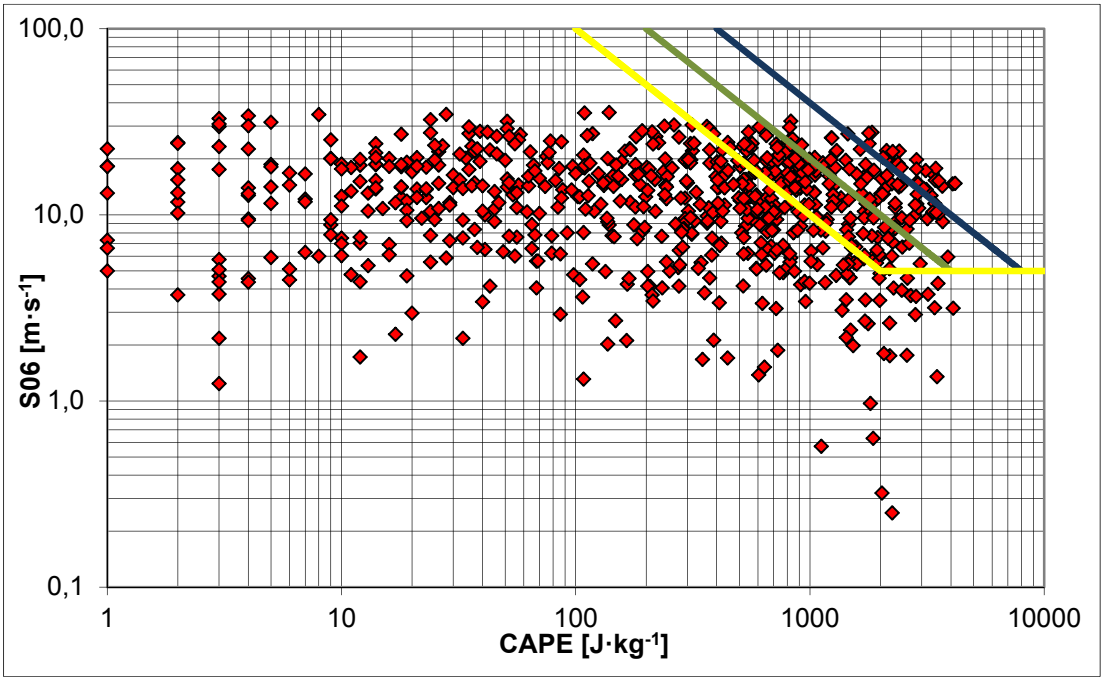
Pro území České republiky a období 2005 – 2011, vždy květen – srpen, byl vytvořen podobný graf (obr. 11), který ukazuje výskyt kombinací CAPE a S06 na tomto území. Každý bod znázorňuje kombinaci hodnoty CAPE a hodnoty S06, která se vyskytla v jeden den v 1200 UTC. V grafu je znázorněna i Brooksova prahová hodnota 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Pro další zpracování a lepší vystižení problému, určení prahové hodnoty pro území České republiky, jsem do grafu zakreslila i křivku prahové hodnoty 20 000 $m^3 \cdot s^{-3}$a křivku prahové hodnoty 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Jak je vidět maximální hodnoty dosažené na území České republiky převyšují prahovou hodnotu 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$.



Obr. 11 Závislost S06 na CAPE z dat za celé období let 2005 – 2011 ve 1200 UTC. Žlutá čára ukazuje prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$, zelená prahovou hodnotu 20 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a modrá prahovou hodnotu 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$.

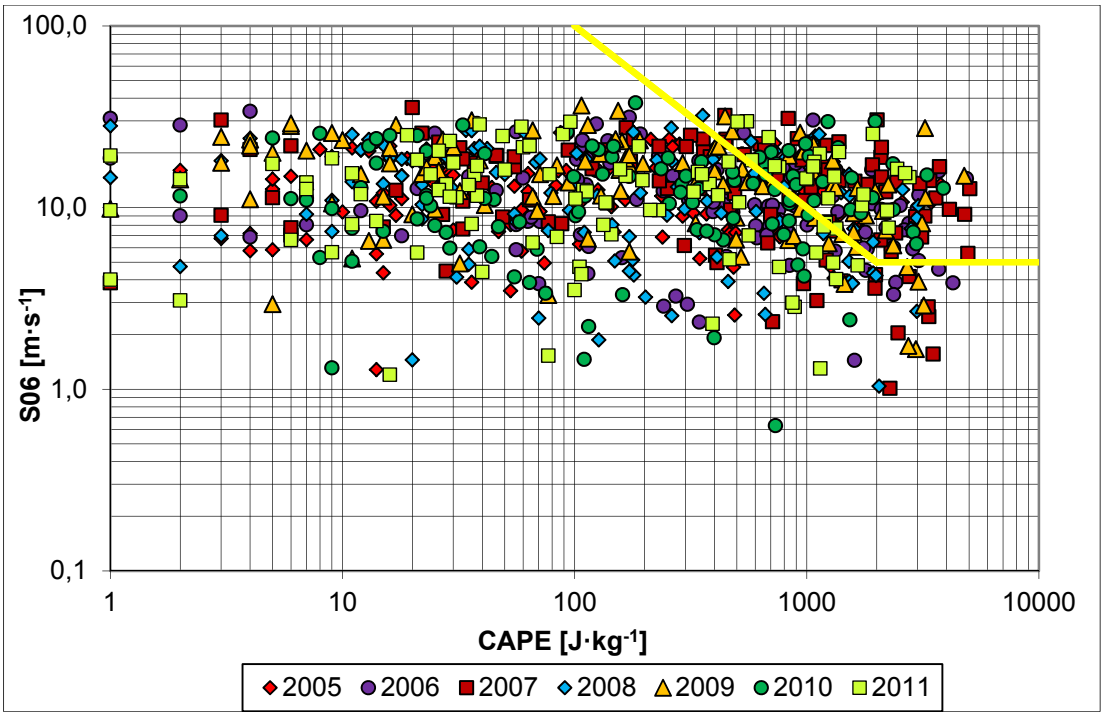
Křivka prahové hodnoty 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ je zalomena, protože Brooks definoval tuto hodnotu za předpokladu CAPE ≥ 100 $J \cdot kg^{-1}$ a zároveň S06 ≥ 5 $m \cdot s^{-1}$. Při vysokých hodnotách CAPE se dostane součin CAPE×S06 nad 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ i při hodnotách S06 ≤ 5 $m \cdot s^{-1}$. V případě dat z České republiky je pouze 11 případů (z 1722 případů celkem), kdy součin CAPE×S06 ≥ 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a zároveň S06 ≤ 5 $m \cdot s^{-1}$, z toho 5 případů bylo ve 1200 UTC a 6 případů v 1800 UTC. Závislost S06 na

CAPE v 1800 UTC je na obr. 12. Kdyby se tyto případy, kdy S06 ≤ 5 $m \cdot s^{-1}$, vyřadily, pak se vyřadí i některé dny s konvekcí, jako např. 1. 7. 2009 (Zacharov et al., 2013). Proto bych na území České republiky pro určování prahové hodnoty, zrušila předpoklad, že S06 ≥ 5 $m \cdot s^{-1}$. V dalším zpracování jsem tedy použila všechny hodnoty S06.

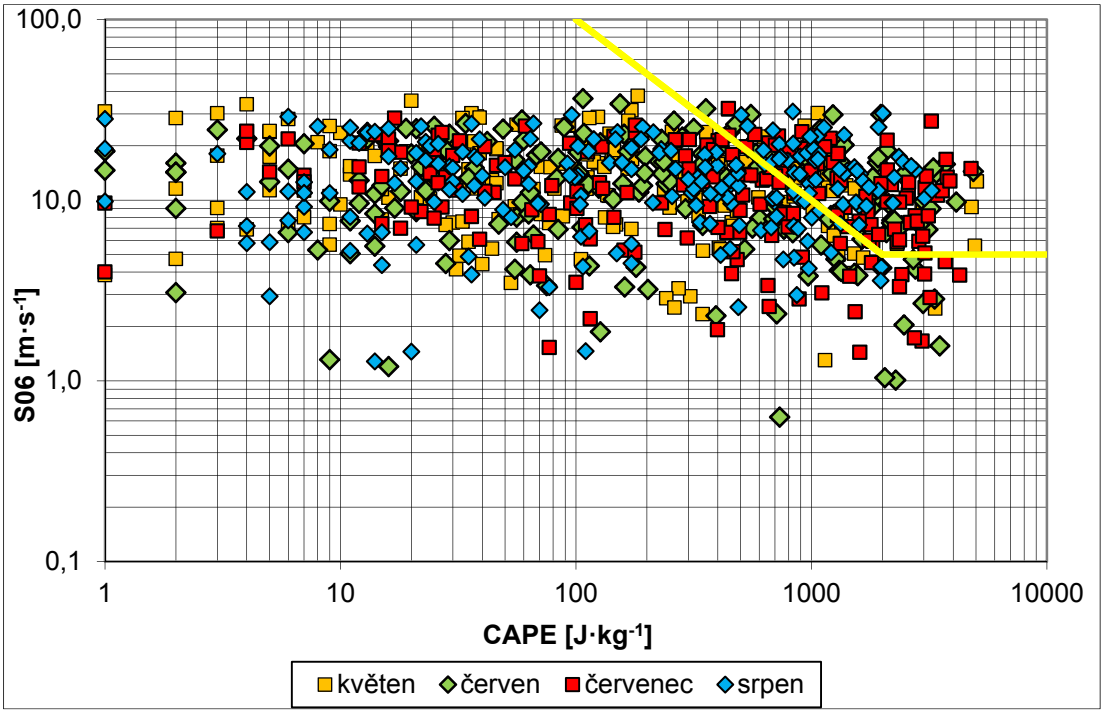


Obr. 12 Závislost S06 na CAPE z dat za celé období let 2005 – 2011 v 1800 UTC. Žlutá čára ukazuje prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$, zelená prahovou hodnotu 20 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a modrá prahovou hodnotu 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$.

Pro názornost jsou níže uvedeny grafy závislosti S06 na CAPE v 1200 UTC, kde jsou znázorněny barevně případy v jednotlivých letech (obr. 13) a v jednotlivých měsících (obr. 14).



Obr. 13 Závislost S06 na CAPE z dat za celé období let 2005 – 2011 v 1200 UTC. Barevně jsou odlišena data v jednotlivých letech (viz legenda). Žlutá čára ukazuje prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$.



Obr. 14 Závislost S06 na CAPE z dat za celé období let 2005 – 2011 v 1200 UTC. Barevně jsou odlišena data v jednotlivých měsících (viz legenda). Žlutá čára ukazuje prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$.

Z obr. 13 i obr. 14 nelze jednoznačně určit, zda se hodnoty v určitém měsíci nebo roce vyskytují častěji v oblasti ohraničené žlutou čarou.

3.5.2. Četnost hodnot CAPE × S0X

Pro posouzení hodnot CAPE×S0X vyskytujících se na území České republiky byly hodnoty rozděleny do intervalů a spočítána relativní četnost případů, které patří do jednotlivých intervalů.

X = CAPE x S01 [$m^3 \cdot s^{-3}$]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2005 - 2011	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
X=0	12,0	23,5	9,0	13,3	11,5	14,3	2,9	18,6	8,8	17,3
0<X<100	22,5	13,2	19,6	17,2	12,4	7,2	20,9	14,3	19	13,1
100≤X<500	25,8	19,4	18,6	16,2	15,2	11,1	16,7	11,4	19,0	14,4
500≤X<1000	8,3	8,8	3,8	9,0	9,7	8,8	9,0	7,1	7,7	8,5
1000≤X<5000	21,7	22,6	29,0	18,6	27,2	29,5	30,5	28,1	27,3	24,9
5000≤X<10000	6,0	6,0	11,9	13,3	17,5	15,7	13,8	14,8	12,2	12,4
10000≤X<50000	3,7	6,5	8,1	12,4	6,5	13,4	6,2	5,7	6,0	9,4
X≥50000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tab. 10 Relativní četnost CAPE × S01 (v %) v měsících a za celé vybrané období 2005 – 2011. Vždy v 1200 a 1800 UTC. Rozmezí intervalů je uvedeno v $m^3 \cdot s^{-3}$.

Výsledky jsou uvedeny pro různé střihy, tj. S01 (tab. 10), S03 (tab. 11) a S06 (tab. 12). Z tabulky 10 je zřejmé, že největší četnost je v intervalu 1000 $m^3 \cdot s^{-3} \leq$ CAPE × S01 < 5000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Hodnoty nad 50 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ se nevyskytují.

X = CAPE x S03 [$m^3 \cdot s^{-3}$]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2005 - 2011	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
X=0	12,0	23,5	9,0	13,3	11,5	14,3	2,9	18,6	8,8	17,3
0<X<100	14,6	12,4	10,4	11,8	7,4	5,1	10,5	12,4	10,7	10,6
100≤X<500	22,6	12,9	16,7	14,8	15,7	8,3	21,9	12,4	19,3	12,0
500≤X<1000	10,6	8,8	11,9	10,0	6,0	5,5	8,1	5,7	9,1	7,4
1000≤X<5000	21,7	21,2	24,3	16,7	24,4	24,9	27,6	20,0	24,4	20,8
5000≤X<10000	11,1	12,4	11,0	12,4	12,4	18,0	13,3	15,2	12,1	14,6
10000≤X<50000	6,5	8,8	15,7	20,5	22,1	23,0	15,7	15,7	15,0	17,0
X≥50000	0,9	0,0	1,0	0,5	0,5	0,9	0,0	0,0	0,6	0,3

Tab. 11 Relativní četnost CAPE × S03 (v %) v měsících a za celé vybrané období 2005 – 2011. Vždy v 1200 a 1800 UTC. Rozmezí intervalů je uvedeno v $m^3 \cdot s^{-3}$.

V případě CAPE × S03 se největší četnost vyskytuje opět v intervalu 1000 $m^3 \cdot s^{-3} \leq$ CAPE × S03 < 5000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Větší zastoupení je i v intervalu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3} \leq$

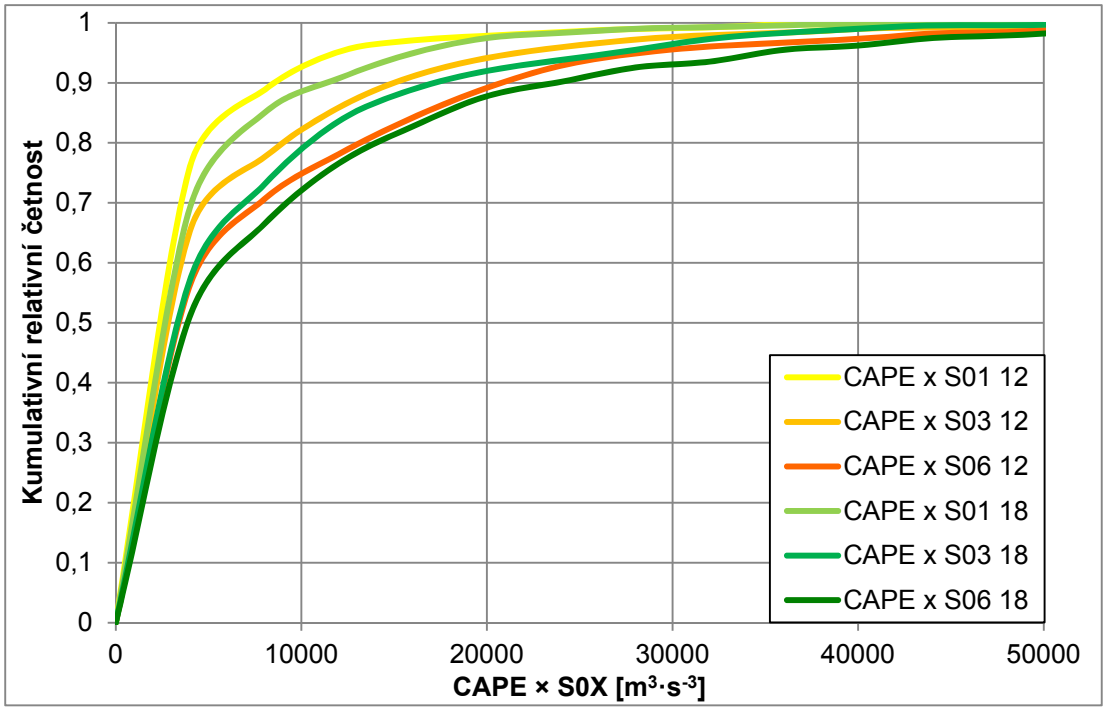
CAPE × S03 < 50 000 $m^3 \cdot s^{-3}$, a to hlavně v červnu, červenci a srpnu. Hodnoty nad 50 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ se vyskytují hlavně v červnu a červenci (do 1% případů).

X = CAPE x S06 [$m^3 \cdot s^{-3}$]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2005 - 2011	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
X=0	12,0	23,5	9,0	13,3	11,5	14,3	2,9	18,6	8,8	17,3
0<X<100	9,2	8,7	9,1	9,2	4,7	3,3	9,6	7,9	8	7,4
100≤X<500	19,8	12,0	16,7	13,3	13,8	7,8	17,1	12,4	17,1	11,3
500≤X<1000	11,1	8,3	8,1	9,5	8,3	4,1	9,5	4,8	9,2	6,7
1000≤X<5000	24,4	21,2	18,6	18,1	17,5	23,5	23,3	18,6	20,9	20,3
5000≤X<10000	10,6	12,0	15,2	9,5	12,9	15,7	13,3	13,8	12,9	12,8
10000≤X<50000	12,4	14,3	21,9	25,7	29,5	28,1	23,8	22,9	22,1	22,8
X≥50000	0,5	0,0	1,4	1,4	1,8	3,2	0,5	1,0	1,0	1,4

Tab. 12 Relativní četnost CAPE × S06 (v %) v měsících a za celé vybrané období 2005 – 2011. Vždy v 1200 a 1800 UTC. Rozmezí intervalů je uvedeno v $m^3 \cdot s^{-3}$.

Největší zastoupení v případě CAPE × S06 okolo 22% je v kategorii 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ ≤ CAPE × S06 < 50 000 $m^3 \cdot s^{-3}$. V této kategorii se největší četnost vyskytuje v červenci. Relativní četnost 20% je v intervalu 1000 $m^3 \cdot s^{-3}$ ≤ CAPE × S06 < 5000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Hodnoty nad 50 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ se vyskytují hlavně v červenci (až 3,2% případů).

Souhrnnou informaci o četnostech CAPE × S0X dává distribuční funkce na obr. 15. Pro porovnání jsou uvedeny hodnoty v 1200 UTC i v 1800 UTC. Distribuční funkce CAPE × S0X ukazuje odlišní chování, jak v případě různého střihu, tak v termínu 1200 nebo 1800 UTC. CAPE × S01 ≤ 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ se vyskytuje v 92% případů v 1200 UTC, v 88% případů v 1800 UTC. V případě CAPE × S03 ≤ 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ je to 82% (v 1200 UTC) a 79% (v 1800 UTC). Pro střih S06 v tomto případě se jedná o přibližně 75% případů. To znamená, že 25% hodnot součinu CAPE × S06 se vyskytuje nad prahovou hodnotou 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$. CAPE × S06 ≤ 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ se vyskytuje v 96% případů, pro ostatní střihy se hodnoty nad 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ skoro nevyskytují.



Obr. 15 Distribuční funkce CAPE × S0X v 1200 a 1800 UTC. Zelenou barvou jsou označeny hodnoty v 1800 UTC, odstín určuje vrstvu S0X. Oranžová až žlutá určují hodnoty ve 1200 UTC.

3.6. Vlastnosti charakteristiky NDSEV

NDSEV je charakteristika kombinující vliv CAPE a S06. Trapp et al.(2007) definoval charakteristiku NDSEV jako počet dní kdy součin CAPE x S06 překročí určitou prahovou hodnotu. Tuto hodnotu stanovil na 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$, jestliže platí, že CAPE ≥ 100 $J.kg^{-1}$ a zároveň S06 ≥ 5 $m.s^{-1}$.

V další části se mohu zaměřit na otázku, jak ovlivňuje počet dní daných hodnotou NDSEV změna prahové hodnoty nebo změna vrstvy, přes kterou je počítána S0X. V původní definici NDSEV se počítá pouze s hodnotou střihu S06, proto se lze podívat i na možnosti NDSEV při změně vrstvy, tedy dosazení S01 či S03.

3.6.1. Vlastnosti NDSEV v závislosti na prahové hodnotě

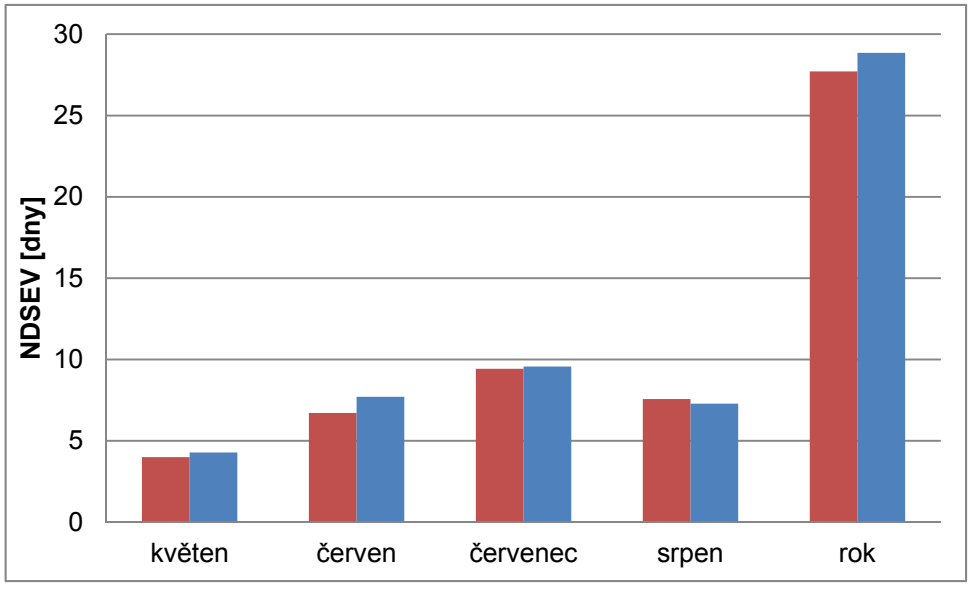
Pokud použiji prahovou hodnotu definovanou Brooksem (2003), dostanu pro území České republiky počet dní NDSEV, kdy součin CAPE × S06 překročil hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Tyto výsledky jsou uvedeny v tabulkách v příloze č. 3, vždy

pro každý rok jedna tabulka. Níže je uvedena tabulka 13 se střední hodnotou NDSEV v jednotlivých měsících pro vybrané období.

Termín / období	květen	červen	červenec	srpen	rok
1200 UTC	4,0	6,7	9,4	7,6	27,7
1800 UTC	4,3	7,7	9,6	7,3	28,9
1200 UTC	12,9%	22,4%	30,4%	24,4%	22,5%
1800 UTC	13,8%	25,7%	30,9%	23,5%	23,5%

Tab. 13 Střední hodnota NDSEV (pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých měsících období 2005 – 2011 a za celé období. V prvních dvou řádcích jsou uvedeny hodnoty NDSEV ve dnech a v dalších dvou řádcích je uvedena relativní hodnota. Pro porovnání uvádím hodnoty v 1200 UTC i v 1800 UTC.

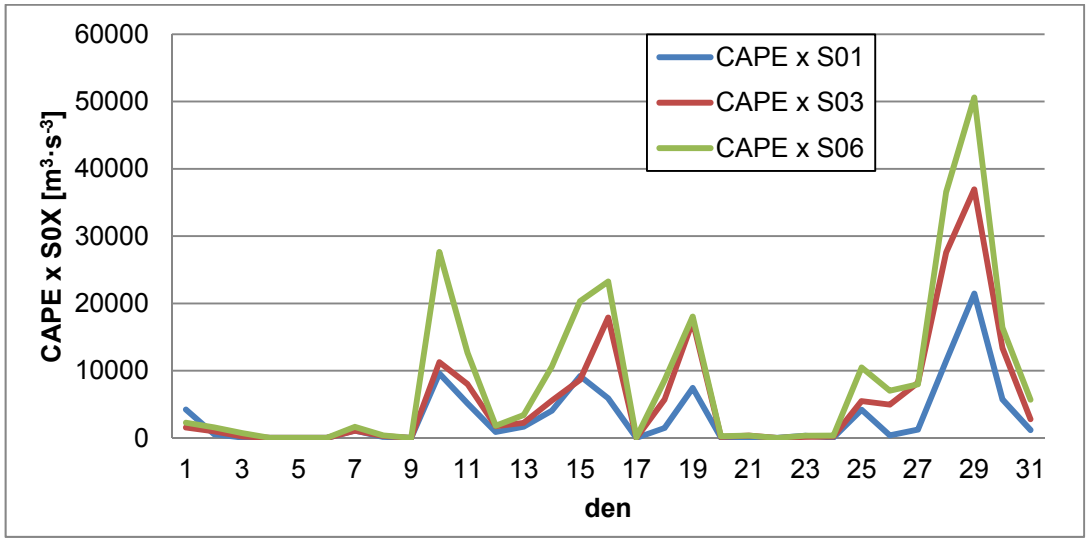
Nejvyšší hodnoty NDSEV, pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$, se vyskytují v červenci, nejnižší počty dnů jsou v květnu. Rozdíly mezi počty případů v 1200 UTC a v 1800 UTC jsou minimální. Největší rozdíl se vyskytuje v červnu. Kromě srpna je ve všech obdobích zřejmé, že v 1800 UTC nastalo víc případů, kdy součin CAPE x S06 překročil prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$, než tomu bylo v 1200 UTC. Výsledky z tabulky 13 jsou znázorněny v následujícím obr. 12, který vystihuje hodnotu NDSEV pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$.



Obr. 16 Hodnoty NDSEV v jednotlivých měsících období 2005 – 2011 a za celé období. Pro porovnání jsou vyneseny výsledky pro termín 1200 UTC (červeně) a 1800 UTC (modře).

3.6.2. Vlastnosti NDSEV v závislosti na vrstvě

Index NDSEV byl definován pro střih S06, tj. vrstvu 0 km – 6 km. V podkapitole 3.5. byly posuzovány i hodnoty součinů CAPE × S01 a CAPE × S03, a proto by mohl být index NDSEV definován i pro určitou prahovou hodnotu těchto součinů. Z předběžné analýzy časových průběhů součinů CAPE × S0X bylo zjištěno, že jejich hodnoty jsou synchronizovány. Jako příklad jsou na obr. 17 uvedeny hodnoty součinu CAPE × S0X v červenci 2005.



Obr. 17 Časový průběh CAPE × S0X v červenci 2005.

3.7. Vlastnosti srážek

Srážky se na území České republiky objevují v různých intenzitách. Podle SIVS jsou určeny 3 stupně nebezpečnosti srážek (viz podkapitola 1.4). Pro účely této práce jsem rozdělila srážky do 4 kategorií, jejichž krajní hodnoty byly inspirovány právě hraničními hodnotami pro 3 stupně nebezpečnosti srážek podle SIVS:

- Slabé srážky (maximální úhrn za 12 hodin < 35 mm)
- Střední srážky (rozmezí 35mm/12 hod až 50mm/12 hod)
- Silné srážky (rozmezí 50mm/12 hod až 70mm/12 hod)
- Extrémní srážky (maximální úhrn za 12 hodin ≥ 70 mm)

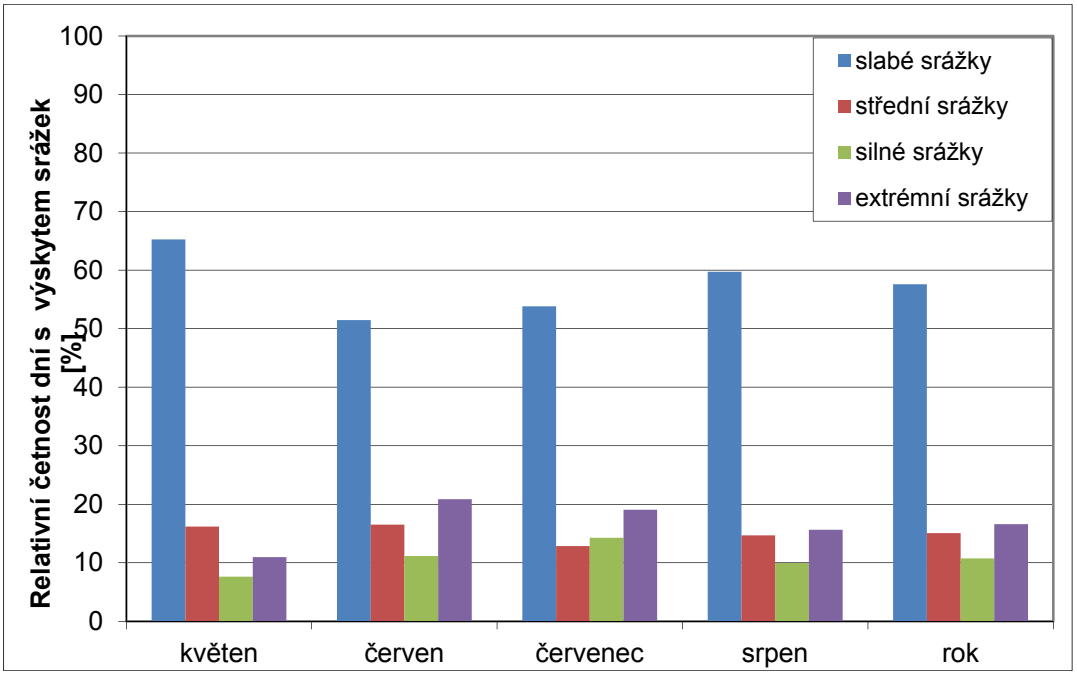
Absolutní četnosti výskytu slabých, středních, silných a extrémních srážek v jednotlivých letech 2005 – 2011 jsou uvedeny v tabulkách v příloze č. 4. Vybrala jsem pouze období květen – srpen, protože pro tyto měsíce jsou k dispozici i hodnoty

CAPE a S06. V následující tabulce 14 je uvedena relativní četnost počtu dní v měsících přes celé období, kdy se vyskytovaly srážky podle kategorií. V příloze č. 4 je u všech tabulek uveden v posledním řádku (celkem) počet dnů, které byly započítány po korekci na nereálné a chybějící hodnoty. Nereálné hodnoty byly všechny, které byly vyšší než 200 mm, podle maximálních hodnot naměřených na území České republiky (viz podkapitola 1.4).

Srážky [%]	květen	červen	červenec	srpen	rok 2005 - 2011
Slabé	65,2	51,4	53,8	59,7	57,5
Střední	16,2	16,5	12,9	14,7	15,1
Silné	7,6	11,2	14,3	10,0	10,8
Extrémní	11,0	20,9	19,0	15,6	16,6

Tab. 14 Relativní četnost výskytu slabých, středních, silných, extrémních srážek na území České republiky v měsících období 2005 – 2011.

Ve všech měsících se nejčastěji vyskytují slabé srážky. Jak je vidět z obr. 18, který znázorňuje výsledky z tabulky 14, mají v červnu, červenci a srpnu druhou největší četnost extrémní srážky. Výsledky v tabulce tak mohou podávat milnou informaci, že silné srážky jsou nejméně zastoupené, ale to způsobuje nerovnoměrné rozložení intervalů podle kritérií uvedených v úvodu této podkapitoly, tj. podle kritérií SIVS vybraných pro tuto práci.



Obr. 18 Počet dní se slabými (modrá), středními (červená), silnými (zelená) a extrémními (fialová) srážkami v jednotlivých měsících a za celé období 2005 – 2011.

3.8. NDSEV a výskyt srážek

V této části se zabývám odhadem souvislosti indexu NDSEV a výskytu silných konvektivních srážek v České republice. V podkapitole 3.5 jsou posuzovány hodnoty součinů CAPE × S0X. Jak uvádí podkapitola 3.6 je možné index NDSEV definovat pro různé prahové hodnoty součinu CAPE × S06, popř. i pro různé vrstvy S01 či S03. Proto jsem se soustředila na součin CAPE × S06 a testovala, pro které prahové hodnoty bude index NDSEV nejvíce odpovídat výskytu silných a extrémních srážek na území České republiky.

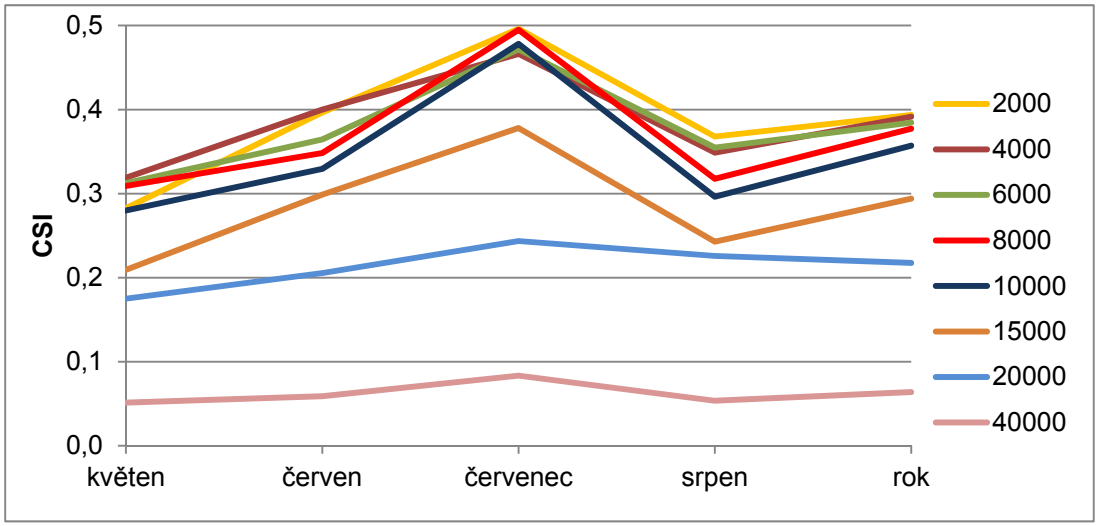
Pro jednotlivé dny byl vypočítán součin CAPE × S06 v 1200 UTC a poté index NDSEV pro různé prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 8000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$). Z těchto výsledků a srážkových dat (popsaných v podkapitole 3.7.) byly sestaveny kontingenční tabulky. Pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ jsou uvedeny v příloze č. 5 pro jednotlivé roky a v příloze č. 6 pro měsíce. V tomto případě jsem se zaměřila na **silné a extrémní srážky**, tj. maximální úhrn srážek za 12 hodin ≥ 50 mm. Z kontingenčních tabulek byl vypočítán index CSI a výsledky pro různé prahové hodnoty jsou uvedeny v tabulce 15 pro měsíce a v tabulce 16 pro jednotlivé roky. Výsledky v tabulkách shrnují grafy na obr. 19 a 20.

Období	Prahová hodnota							
	2000	4000	6000	8000	10000	15000	20000	40000
květen	0,283	0,319	0,313	0,309	0,280	0,209	0,175	0,051
červen	0,397	0,400	0,365	0,348	0,329	0,299	0,205	0,059
červenec	0,496	0,466	0,472	0,495	0,478	0,378	0,244	0,083
srpen	0,368	0,349	0,355	0,318	0,296	0,243	0,226	0,054
rok	0,394	0,392	0,384	0,377	0,357	0,294	0,217	0,064

Tab. 15 Index CSI pro prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 8000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých měsících pro **silné a extrémní** srážky. Barevně je zvýrazněno maximum CSI v jednotlivých měsících.

Z výsledků je zřejmé, že v červenci nabývá index CSI nejvyšších hodnot oproti ostatním měsícům. Je též patrné, že se snižující prahovou hodnotou se zvyšuje hodnota indexu CSI, což názorně vyjadřuje i průběh indexu CSI na obr. 19. Omezím-li se pouze na poslední 4 kategorie, tj. prahová hodnota 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a více, vyskytují se nejvyšší hodnoty CSI v červenci a prahová hodnota 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ by

byla při tomto omezení nejvhodnější. Pokud ale hledám maximální hodnotu CSI, musím rozšířit možnosti určení prahové hodnoty. Z obr. 19 i tab. 15 je zřejmé, že pro květen a červen je nejvhodnější prahová hodnota 4000 $m^3 \cdot s^{-3}$, ale pro červenec a srpen prahová hodnota 2000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Pro všechny hodnoty let 2005 – 2011 je opět nejvhodnější prahovou hodnotou 2000 $m^3 \cdot s^{-3}$.



Obr. 19 Grafické znázornění hodnot indexu CSI v jednotlivých měsících a za celé období pro **silné a extrémní** srážky.

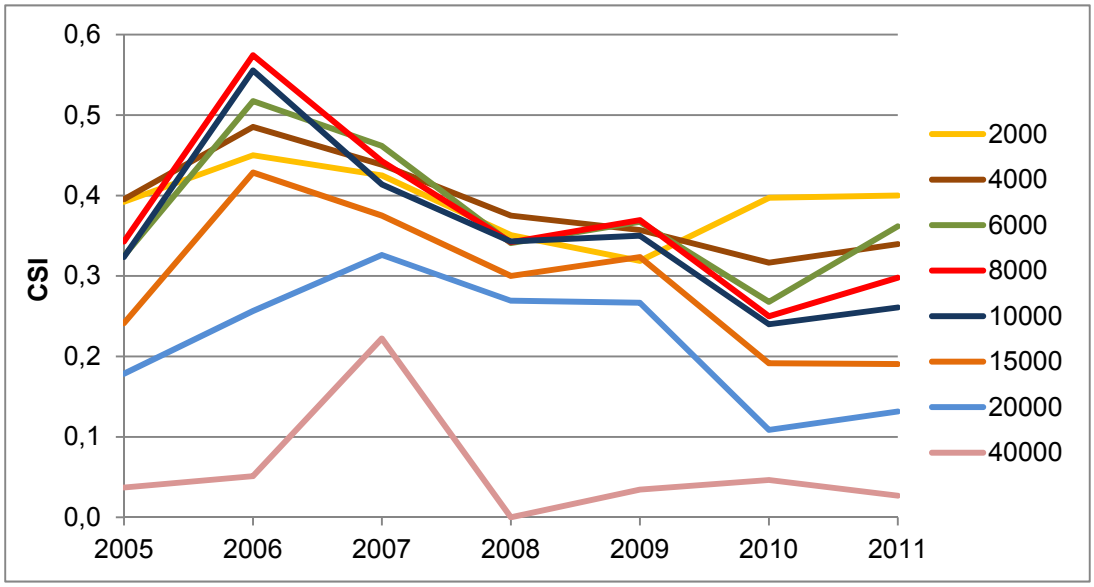
Maximální hodnoty indexu CSI v červenci nejsou nijak překvapující, oproti rozdílům v hodnotách v jednotlivých letech. Jak je vidět z tabulky 16 index CSI nabývá nejvyšších hodnot v roce 2007 pro prahové hodnoty 20 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a v roce 2006 pro ostatní prahové hodnoty. Jak bylo uvedeno (viz příloha č. 1 a č. 2), rok 2007 vykazoval nejvyšší četnost hodnot CAPE nad 2000 $J \cdot kg^{-1}$ a měl též nejvyšší dosaženou maximální hodnotu CAPE. Dalším rokem s vysokou četností hodnot CAPE nad 2000 $J \cdot kg^{-1}$ byl rok 2006.

Pro jednotlivé roky se také liší nejvhodnější prahové hodnoty (viz tab. 16). Pro rok 2006 a 2009 je nejvhodnější prahová hodnota 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$. To znamená, že počet dní odpovídající NDSEV (definovaný pro prahovou hodnotu 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$) nejlépe koresponduje s výskytem silných a extrémních srážek. V těchto dvou letech jsou na obr. 20 zřejmá maxima křivek jednotlivých prahových hodnot (hlavní maximum 2006, vedlejší maximum 2009). Pro rok 2007 je nejvhodnější prahovou hodnotou 6000 $m^3 \cdot s^{-3}$. V tomto roce nabývají maxima křivky pro nejvyšší prahové hodnoty, tj. 20 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Pro rok 2005 a 2008 je to prahová hodnota

4000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a rok 2010 a 2011 prahová hodnota 2000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Rozdílnost v jednotlivých letech může být zapříčiněna větším či menším zastoupením vrstevnatých srážek a konvektivních srážek. K dosažení prahové hodnoty 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$ je zapotřebí vyšších hodnot CAPE i S06, na rozdíl od prahové hodnoty 2000 $m^3 \cdot s^{-3}$.

Rok	Prahová hodnota							
	2000	4000	6000	8000	10000	15000	20000	40000
2005	0,392	0,395	0,325	0,343	0,324	0,241	0,179	0,037
2006	0,450	0,485	0,517	0,574	0,556	0,429	0,256	0,051
2007	0,425	0,438	0,462	0,443	0,414	0,375	0,326	0,222
2008	0,351	0,375	0,341	0,342	0,343	0,300	0,269	0,000
2009	0,319	0,357	0,367	0,370	0,350	0,324	0,267	0,034
2010	0,397	0,317	0,268	0,250	0,240	0,191	0,109	0,047
2011	0,400	0,340	0,362	0,298	0,261	0,190	0,132	0,027

Tab. 16 Index CSI pro prahovou hodnotu 2000, 4000, 6000, 8000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých letech pro **silné a extrémní** srážky. Barevně je zvýrazněno maximum CSI v jednotlivých letech.



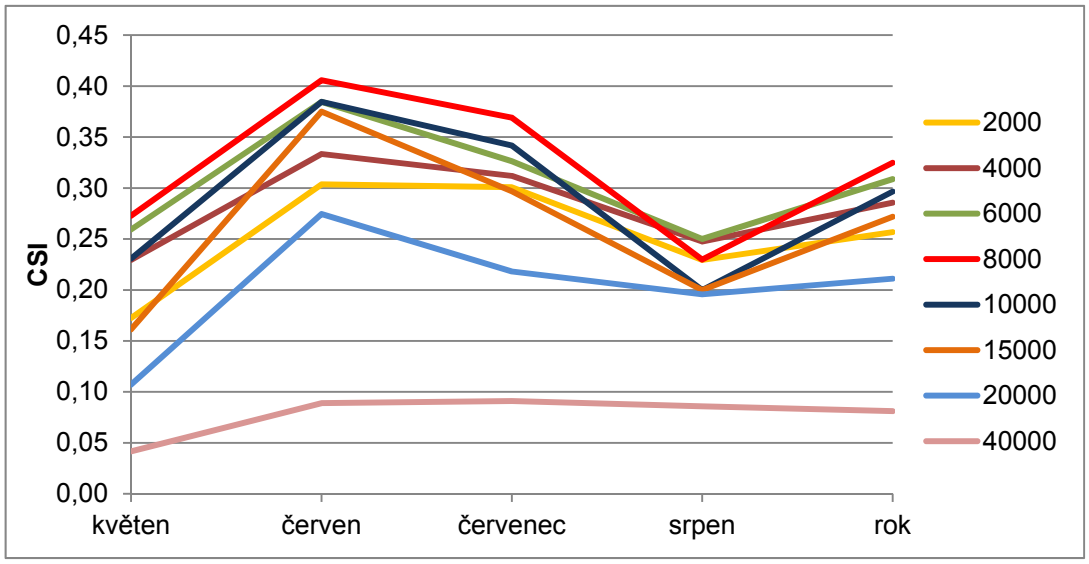
Obr. 20 Grafické znázornění hodnot indexu CSI v jednotlivých letech pro **silné a extrémní** srážky.

Pokud se zaměřím pouze na **extrémní** srážky, tj. maximální úhrn srážek za 12 hodin ≥ 70 mm, vycházejí indexy CSI obdobně, ale s určitými rozdíly. V tabulce 17 jsou uvedeny vypočítané indexy CSI z kontingenčních tabulek, které byly sestaveny pro NDSEV s různou prahovou hodnotou (uvedeno v prvním řádku tabulky) a pro výskyt extrémních srážek, v jednotlivých měsících období 2005 – 2011. Výsledky

z tabulky 17 shrnuje obr. 21, z něhož je zřejmá nejvhodnější prahová hodnota 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$ pro měsíce květen, červen a červenec. Pro srpen vychází jako nejvhodnější prahová hodnota 6000 $m^3 \cdot s^{-3}$, což odpovídá menšímu výskytu vhodných podmínek v tomto měsíci. V případě použití všech hodnot za období 2005 – 2011 vychází opět jako nejvhodnější prahová hodnota 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Na rozdíl od předchozího případu (silné a extrémní srážky) se u extrémních srážek vyskytuje maximální hodnota CSI v červnu a minimální v srpnu pro většinu prahových hodnot. Pouze pro prahovou hodnotu 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ se maximální hodnota CSI nachází v červenci.

Období	Prahová hodnota							
	2000	4000	6000	8000	10000	15000	20000	40000
květen	0,172	0,230	0,259	0,273	0,231	0,161	0,107	0,042
červen	0,304	0,333	0,385	0,406	0,385	0,375	0,275	0,089
červenec	0,301	0,312	0,326	0,369	0,342	0,297	0,218	0,091
srpen	0,230	0,248	0,250	0,230	0,200	0,200	0,196	0,086
rok	0,257	0,286	0,309	0,325	0,296	0,272	0,211	0,081

Tab. 17 Index CSI pro prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 8000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých měsících pro **extrémní** srážky. Barevně je zvýrazněno maximum CSI v jednotlivých měsících.



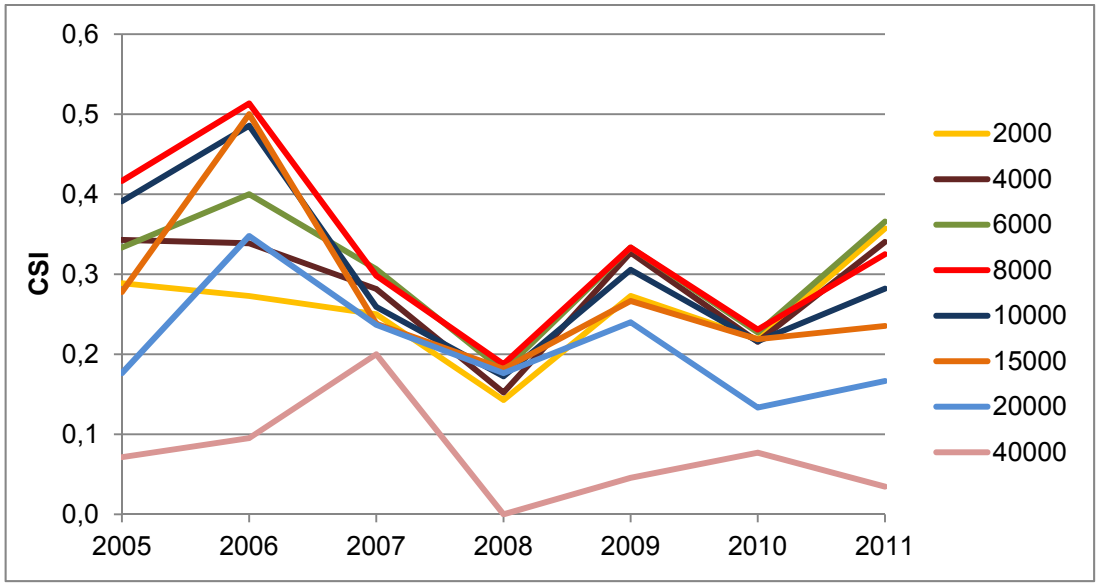
Obr. 21 Grafické znázornění hodnot indexu CSI v jednotlivých měsících pro **extrémní** srážky.

Výsledky indexu CSI pro **extrémní** srážky z jednotlivých let jsou uvedeny v tabulce 18 a obr. 22. Pro většinu let vyšla jako nejvhodnější prahová hodnota 8000

$m^3 \cdot s^{-3}$, jen v případě roku 2007 a 2011 to byla hodnota 6000 $m^3 \cdot s^{-3}$. V roce 2009 vyšla pro prahové hodnoty 6000 a 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$ stejná hodnota indexu CSI. Křivky na obr. 22 vykazují obdobný průběh jako v případě silných a extrémních srážek. Hlavní maximum se opět vyskytuje v roce 2006 a vedlejší v roce 2009. Minimální hodnota je ve většině případů v roce 2008, který měl nejméně dnů s extrémními srážkami (viz příloha č. 4). Křivka pro prahovou hodnotu 40 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ má opět maximum v roce 2007.

Rok	Prahová hodnota							
	2000	**4000**	**6000**	**8000**	**10000**	**15000**	**20000**	**40000**
2005	0,289	0,343	0,333	0,417	0,391	0,278	0,176	0,071
2006	0,273	0,339	0,400	0,514	0,486	0,500	0,348	0,095
2007	0,250	0,282	0,306	0,298	0,259	0,238	0,237	0,200
2008	0,143	0,152	0,179	0,188	0,172	0,182	0,176	0,000
2009	0,273	0,327	0,333	0,333	0,306	0,267	0,240	0,045
2010	0,219	0,216	0,227	0,231	0,216	0,219	0,133	0,077
2011	0,357	0,340	0,366	0,325	0,282	0,235	0,167	0,034

Tab. 18 Index CSI pro prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 8000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých letech pro **extrémní** srážky. Barevně je zvýrazněno maximum CSI v jednotlivých letech.

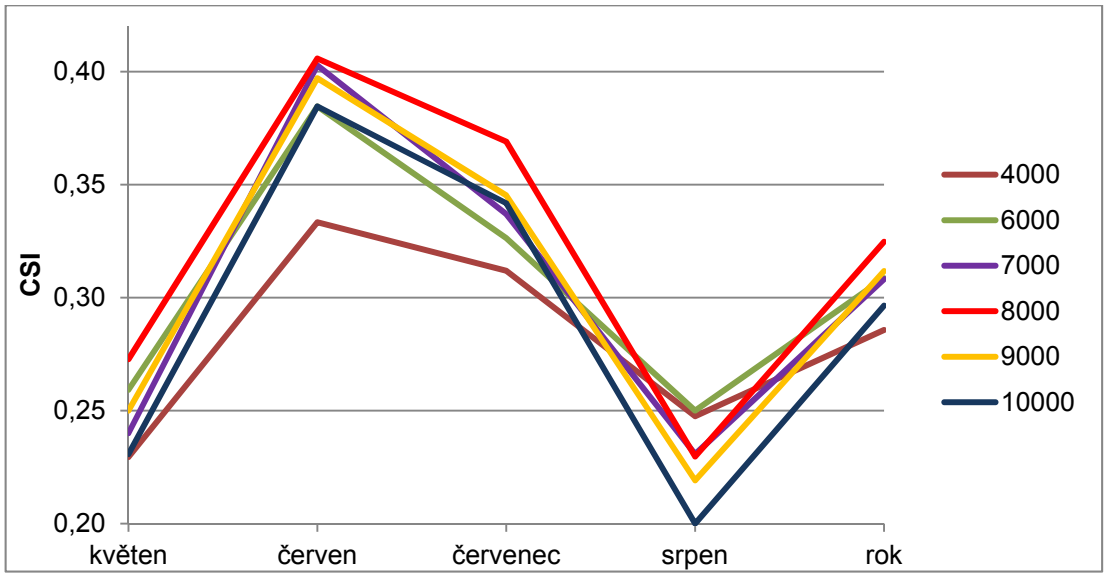


Obr. 22 Grafické znázornění hodnot indexu CSI v jednotlivých letech pro **extrémní** srážky.

Z předchozích výsledků indexu CSI pro jednotlivé měsíce je zřejmé, že nejvhodnější prahová hodnota v případě extrémních srážek je 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Tohoto výsledku bylo dosaženo v případě volby kroku prahové hodnoty po 2000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Otázkou je, zda by prahová hodnota 7000 $m^3 \cdot s^{-3}$ nebo 9000 $m^3 \cdot s^{-3}$ byla vhodnější. Pro zpřesnění byl vypočítán index CSI i pro prahovou hodnotu 7000 $m^3 \cdot s^{-3}$ a 9000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Výsledky pro všechny vybrané prahové hodnoty jsou uvedeny v tabulce 19 a na obrázku 23 je znázorněn index CSI v jednotlivých měsících pro prahové hodnoty 2000 – 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Výsledky jsou stejné, tedy nejvhodnější prahovou hodnotou v případě extrémních srážek je 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$ pro měsíce květen, červen a červenec. Pro srpen je nejvhodnější prahová hodnota 6000 $m^3 \cdot s^{-3}$. V rámci všech hodnot za období 2005 – 2011 je nejvhodnější prahová hodnota opět 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$.

Období	Prahová hodnota									
	2000	**4000**	**6000**	**7000**	**8000**	**9000**	**10000**	**15000**	**20000**	**40000**
květen	0,172	0,230	0,259	0,240	0,273	0,250	0,231	0,161	0,107	0,042
červen	0,304	0,333	0,385	0,403	0,406	0,397	0,385	0,375	0,275	0,089
červenec	0,301	0,312	0,326	0,337	0,369	0,345	0,342	0,297	0,218	0,091
srpen	0,230	0,248	0,250	0,231	0,230	0,219	0,200	0,200	0,196	0,086
rok	0,257	0,286	0,309	0,308	0,325	0,312	0,296	0,272	0,211	0,081

Tab. 19 Index CSI pro prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých měsících pro **extrémní** srážky. Barevně je zvýrazněno maximum indexu CSI v jednotlivých měsících.



Obr. 23 Grafické znázornění hodnot indexu CSI v jednotlivých měsících pro **extrémní** srážky.

Z těchto výsledků je zřejmé, že bude-li zvolena prahová hodnota, pro kterou se určuje NDSEV, na 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$ v květnu, červnu nebo červenci, pak je více pravděpodobný výskyt extrémních srážek, tj. maximální úhrn srážek za 12 hodin ≥ 70 mm. To znamená, že součin CAPE × S06 ≥ 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$ za podmínky, že CAPE ≥ 100 $J \cdot kg^{-1}$.

Závěr

Konvektivní bouře v letních měsících mohou přinést přívalové srážky, kroupy i tornáda. Pro vznik a vývoj silných konvektivních bouří je zapotřebí vhodných podmínek v atmosféře, které jsou popsány charakteristikami konvektivního prostředí. V posledních letech byly v několika studiích studovány charakteristiky CAPE, střih větru a jejich kombinace. Byly testovány pro USA a části Evropy jako charakteristiky konvektivního prostředí vhodné pro vývoj silných bouří. Zaměřila jsem se na Českou republiku a použila charakteristiky CAPE a střih větru vypočítané z reanalýz NCEP/NCAR a srážková data získaná z operativního produktu ČHMÚ MERGE. Analyzovala jsem hodnoty CAPE, střihu větru S0X (S01, S03 i S06), jejich součinu CAPE × S0X a indexu NDSEV vztahující se na naše území v období květen – srpen let 2005 – 2011. V závěru práce jsem pomocí verifikačního kritéria CSI sledovala závislost indexu NDSEV s různou prahovou hodnotou a výskytu silných a extrémních srážek v České republice.

Na základě výsledků této práce a uvedených distribučních funkcí bylo zjištěno:

- V oblasti 9 gridových bodů, zahrnující Českou republiku, vzrůstá střední hodnota CAPE v meridionálním směru, tj. od 52,5° s.š. k 47,5° s.š. V zonálním směru nevykazuje žádný významný trend. Distribuční funkce CAPE jsou odlišné pro jednotlivé body. Odlišné chování vykazují zejména body na 52,5° s. š.
- Pro analýzu byly vybrány hodnoty v termínech 1200 UTC a 1800 UTC. Během odpoledne dochází spíše k poklesům hodnoty CAPE a vzestupům S06, ale počty případů jsou relativně rovnocenné, proto byly použity oba termíny (pro porovnání).
- Sezónní střední hodnota CAPE je 610,2 $J \cdot kg^{-1}$ ve 1200 UTC a 606,2 $J \cdot kg^{-1}$ v 1800 UTC. Maximální střední hodnota se vyskytuje v červenci 852 $J \cdot kg^{-1}$ v 1200 UTC a 859, 8 $J \cdot kg^{-1}$ v 1800 UTC. Maximální hodnoty CAPE jsou v 1200 UTC vyšší než v 1800 UTC v květnu,červnu a červenci, v srpnu jsou vyšší hodnoty v 1800 UTC.

- CAPE se nevyskytuje v 8,8% případů (v 1200 UTC) a v 17,3% případů (v 1800 UTC). Naopak ve většině případů je CAPE nenulová, tj. 91,2% případů ve 1200 UTC a 82,7% případů v 1800 UTC. Největší četnost hodnot CAPE spadá do kategorie 100 $J \cdot kg^{-1} \leq$ CAPE $<$ 500 $J \cdot kg^{-1}$. V červenci je okolo 5 dnů s CAPE $\geq$ 2000 $J \cdot kg^{-1}$.

- Distribuční funkce střihu větru S01, S03 a S06 se liší a prokazují růst střihu větru s výškou (rozsahem sledované vrstvy). Maximální hodnoty S06 jsou okolo 37 $m \cdot s^{-1}$.

- Součin CAPE × S0X vykazuje též nárůst hodnot s výškou. Maximální četnost CAPE × S01 a CAPE × S03 je v kategorii 1000 – 5000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Ale pro CAPE × S06 je to kategorie 10 000 – 50 000 $m^3 \cdot s^{-3}$. Hodnot nad 50 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ je dosaženo v 1% případů u střihu S03 a v 3,2% případů u střihu S06, a to hlavně v červenci. Maximální hodnota CAPE × S06 = 88 432 $m^3 \cdot s^{-3}$ byla dosažena 23. 7. 2009 ve 1200 UTC, kdy byla zaznamenána supercelární bouře na Kolínsku.

- Index NDSEV byl původně definován jako počet dní, kdy součin CAPE×S06 $\geq$ 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$ za podmínek, že CAPE $\geq$ 100 $J \cdot kg^{-1}$ a zároveň S06 $\geq$ 5 $m \cdot s^{-1}$ (Trapp et al., 2007). V této práci se hledala vhodná prahová hodnota součinu pro situace v České republice a výsledky ukázaly, že podmínka S06 $\geq$ 5 $m \cdot s^{-1}$ je pro naše území nadbytečná. Index NDSEV (pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$) má největší hodnoty v červenci, okolo 9 dní.

- Srážky byly rozděleny do 4 kategorií podle kritérií SIVS. Největší zastoupení mají slabé srážky (do 35 mm/12 hodin). Extrémní srážky (nad 70 mm/12 hodin) se v červnu a červenci vyskytují v přibližně 20% případů.

- Pro zjištění nejvhodnější prahové hodnoty pro index NDSEV v České republice bylo použito verifikační kritérium CSI, které bylo vypočítáno z kontingenčních tabulek, kde se pozoroval výskyt silných a extrémních srážek a existence indexu NDSEV.

- Index CSI byl testován pro prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) pro silné a extrémní srážky nebo jen extrémní srážky. Pro extrémní srážky se jednoznačně ukázala

prahová hodnota 8000 $m^3 \cdot s^{-3}$ jako nejvhodnější pro měsíce květen, červen a červenec. Pro srpen je to prahová hodnota 6000 $m^3 \cdot s^{-3}$.

Pro další zpracování považuji za užitečné prostudovat vliv zvolené vrstvy na index NDSEV, tj. použití S01 nebo S03 při definici indexu NDSEV místo S06. Dále vytvoření kritérií pro rozdělení srážek na konvektivní a nekonvektivní a jejich vztah k indexu NDSEV. Prostudování případů s konvektivními i nekonvektivními srážkami v souvislosti s hodnotami součinu CAPE × S0X a indexem NDSEV pro různou prahovou hodnotu. Hodnoty CAPE byly počítány z přízemní teploty, tj. jako hodnoty označované jako SBCAPE. Bylo by vhodné prostudovat vliv hodnot CAPE na součin CAPE × S0X a index NDSEV, pokud by CAPE byla representovaná tzv. hodnotou MUCAPE (maximální hodnota CAPE počítaná z přízemní vrstvy 300hPa) nebo tzv. hodnotou MLCAPE (střední hodnota CAPE počítaná z vrstvy 100hPa).

Předpověď extrémních konvektivních srážek je v dnešní době stále obtížná. Výpočet součinu CAPE × S0X a indexu NDSEV z prognostických výstupů modelu numerické předpovědi počasí může podpořit výsledky předpovědi výskytu extrémních srážek.

Seznam použité literatury

ANDĚL, J., 2007. *Statistické metody*. 4., upr. vyd. Praha: Matfyzpress, 299 s. ISBN 978-80-7378-003-6.

BROOKS, H. E.; LEE, J. W.; CRAVEN, J. P., 2003. The spatial distribution of severe thunderstorm and tornado environments from global reanalysis data. *Atmospheric Research*, 67: 73-94, ISSN 0169-8095.

BROOKS, H. E., 2009. Proximity soundings for severe convection for Europe and the United States from reanalysis data. *Atmospheric Research*, 93: 546-553. ISSN 0169-8095

GROENEMEIJER, P. H.; VAN DELDEN, A., 2007. Sounding-derived parameters associated with large hail and tornadoes in the Netherlands. *Atmospheric Research*, 83: 473–487.

GRÜNWALD, S.; BROOKS, H. E., 2011. Relationship between sounding derived parameters and the strength of tornadoes in Europe and the USA from reanalysis data. *Atmospheric Research*, 100: 479-488.

HUNTRIESER, H.; SCHIESSER, H. H.; SCHMID, W.; WALDVOGEL, A., 1997. Comparison of traditional and newly developed thunderstorm indices for Switzerland. *Weather and forecasting*, 12: 108-125.

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; ZHU, Y.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MO, K.C.; ROPELEWSKI, C.; WANG, J.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R.; JENNE, R.; JOSEPH, D., 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American meteorological Society,* 77: 437-471.

MANZATO, A., 2003. A climatology of instability indices derived from Friuli Venezia Giulia soundings, using three different methods. *Atmospheric research*, 67: 417-454.

MANZATO, A., 2007. Sounding-derived indices for neural network based short-term thunderstorm and rainfall forecasts. *Atmospheric research*, 83: 349-365.

METELKA, L., 2001. Optimalizace kategoriálních předpovědí. *Meteorologické zprávy.* Praha: Český hydrometeorologický ústav, 54, 39-45 . ISSN 0026-1173.

PEPPLER, R. A.; LAMB, P. J., 1989. Tropospheric static stability and central North American growing season rainfall. *Monthly weather review*, 117: 1156-1180.

ROMERO, R.; GAYÀ, M.; DOSWELL, Ch. A., 2007. European climatology of severe convective storm environmental parameters: A test for significant tornado events. *Atmospheric research*, 83: 389-404.

ŘEZÁČOVÁ, D.; MOTL, V., 1990. The use of the simple 1D steady-state convective cloud model in the decision tree for determining the probability of thunderstorm occurrence. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 34: 147-166.

ŘEZÁČOVÁ, D.; NOVÁK, P.; KAŠPAR, M. a SETVÁK, M., 2007. *Fyzika oblaků a srážek*. Vyd. 1. Praha: Academia, 574 s., ISBN 978-80-200-1505-1.

ŘEZÁČOVÁ, D., ŠKOLOUD, O., 1993. Zhodnocení aerologické informace programem TEMP-GRAF. *Meteorologické zprávy.* Praha: Český hydrometeorologický ústav, 46, 71-77 . ISSN 0026-1173.

STRACHOTA, J., 1966. Ověření několika metod pro předpověď bouřek v letním pololetí 1965. *Meteorologické zprávy*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 19, 105–111. ISSN 0026-1173.

ŠÁLEK, M., 2010. Operational application of the precipitation estimate by radar and raingauges using local bias correction and regression kriging. *ERAD, Proceedings. National Meteorological Administration of Romania, Sibiu*. 39-43. ISBN 978-973-0-09073-4.

TÁBORSKÝ, Z., 1966. Srovnání několika metod předpovědi bouřek. *Meteorologické zprávy*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 19, 164–172. ISSN 0026-1173.

TOLASZ, R. a kol., 2007. *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.

TRAPP, R. J.; DIFFENBAUGH, N. S.; BROOKS, H. E.; BALDWIN, M. E.; ROBINSON, E. D.; PAL, J. S., 2007. Changes in severe thunderstorm environment frequency during the 21st century caused by anthropogenically enhanced global radiative forcing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104: 19719-19723.

ZACHAROV, P., 2004. *Diagnostické a prognostické prekurzory konvekce*. Kladno, 2004. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Matematicko - fyzikální fakulta, Katedra meteorologie a ochrany prostředí.

ZACHAROV, P.; ŘEZÁČOVÁ, D., BROŽKOVÁ, R., 2013. Evaluation of the QPF of convective flash flood rainfalls over the Czech territory in 2009. *Atmospheric Research* (v tisku, doi:10.1016/j.atmosres.2013.03.007)

Internetové zdroje:

web – sivs:
Systém integrované výstražné služby (SIVS) [online]. [cit. 2013-03-01]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/sivs/sivs.html

web – tornáda:
Tornáda na území ČR a Slovenska [online]. Český hydrometeorologický ústav, Amatérská meteorologická společnost, © 1996-2012 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: http://www.tornada-cz.cz/

web – supercela:
Databáze supercel. *Amateur stormchasing society: Projekt občanského sdružení Amatérská meteorologická společnost* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: http://www.bourky.com/databaze-supercel

web – eswd:
European Severe Weather Database [online]. ESSL, © 2013 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: http://essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi

Seznam tabulek

Tab. 1 Střední hodnoty charakteristik CAPE a S06 v 9 gridových bodech.

Tab. 2 Počet případů, kdy se hodnoty CAPE a S06 měnily mezi 1200 a 1800 UTC.

Tab. 3 Střední hodnota, medián a maximální hodnota CAPE v jednotlivých měsících.

Tab. 4 Počet případů, kdy se CAPE nevyskytuje a případů s nenulovou CAPE v jednotlivých měsících.

Tab. 5 Absolutní četnost CAPE v jednotlivých kategoriích pro uvedené měsíce ve 1200 a 1800 UTC.

Tab. 6 Střední hodnota, medián a maximální hodnota S0X ve 1200 a v 1800 UTC.

Tab. 7 Střední hodnota, medián a maximální hodnota CAPE × S01 v jednotlivých měsících.

Tab. 8 Střední hodnota, medián a maximální hodnota CAPE × S03 v jednotlivých měsících.

Tab. 9 Střední hodnota, medián a maximální hodnota CAPE × S06 v jednotlivých měsících.

Tab. 10 Relativní četnost CAPE × S01 (v %) v měsících a za celé vybrané období 2005 – 2011.

Tab. 11 Relativní četnost CAPE × S03 (v %) v měsících a za celé vybrané období 2005 – 2011.

Tab. 12 Relativní četnost CAPE × S06 (v %) v měsících a za celé vybrané období 2005 – 2011.

Tab. 13 Střední hodnota NDSEV (pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých měsících období 2005 – 2011 a za celé období.

Tab. 14 Relativní četnost výskytu slabých, středních, silných, extrémních srážek na území České republiky v měsících období 2005 – 2011.

Tab. 15 Index CSI pro prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 8000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých měsících pro **silné a extrémní** srážky.

Tab. 16 Index CSI pro prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 8000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých letech pro **silné a extrémní** srážky.

Tab. 17 Index CSI pro prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 8000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých měsících pro **extrémní** srážky.

Tab. 18 Index CSI pro prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 8000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých letech pro **extrémní** srážky.

Tab. 19 Index CSI pro prahové hodnoty 2000, 4000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10 000, 15 000, 20 000 a 40 000 ($m^3 \cdot s^{-3}$) v jednotlivých měsících pro **extrémní** srážky.

Seznam použitých zkratek

AV ČR	Akademie věd České republiky
CAPE	Convective Available Potential Energy; dostupná konvektivní potenciální energie
CAPE 12	CAPE v 1200 UTC
CAPE 18	CAPE v 1800 UTC
CIN	Convective Inhibition; energie nutná pro výstup částice do hladiny volné konvekce
CSI	Critical success index
CZRAD	Česká síť meteorologických radarů provozovaná ČHMÚ
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
HNV	hladina nulového vztlaku
HVK	hladina volné konvekce
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
S01	střih větru mezi hladinami 0 a 1 km
S03	střih větru mezi hladinami 0 a 3 km
S06	střih větru mezi hladinami 0 a 6 km
S06 12	střih S06 v 1200 UTC
S06 18	střih S06 v 1800 UTC
NDSEV	z angl. Number of day with severe thunderstorms; počet dní se silnými bouřemi
UTC	Coordinated universal time
VKH	výstupná kondenzační hladina

Přílohy

Příloha č. 1 - Střední hodnota, medián a maximální hodnota CAPE

Příloha č. 2 - Absolutní četnost hodnot CAPE

Příloha č. 3 - Index NDSEV (pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$)

Příloha č. 4 - Počet dnů, ve kterých se vyskytovaly slabé, střední, silné nebo extrémní srážky

Příloha č. 5 - Kontingenční tabulky NDSEV (pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$) a srážky (silné a extrémní) v jednotlivých letech

Příloha č. 6 - Kontingenční tabulky NDSEV (pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$) a srážky (silné a extrémní) v měsících

Příloha č. 1

Střední hodnota, medián a maximální hodnota CAPE - pro měsíce v jednotlivých letech 2005 – 2011 v 1200 a 1800 UTC (v posledním sloupci za všechny dny vybraného období).

a) rok 2005

CAPE [J.kg^{-1}]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2005	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	335,2	358,0	170,9	190,4	711,1	716,0	194,6	157,5	354,4	356,8
Medián	85	157	22	27,5	264	244	63	23	63	47
Maximum	1682	1708	1270	1827	3774	3443	1420	798	3774	3443

b) rok 2006

CAPE [J.kg^{-1}]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2006	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	240,8	203,1	878,7	952,1	1610,8	1458,0	571,4	470,3	825,0	769,4
Medián	124	120	213	292	1799	1726	486	414	398	364
Maximum	1216	850	4871	4066	4265	3344	1362	1135	4871	4066

c) rok 2007

CAPE [J.kg^{-1}]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2007	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	915,6	714,4	1614,6	1554,2	899,1	999,1	737,7	802,3	1037,1	1013,1
Medián	119	51	1535	1347,5	447	535	833	522	489	535
Maximum	5042	3686	4119	4089	3730	4164	2202	3523	5042	4164

d) rok 2008

CAPE [J.kg^{-1}]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2008	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	393,7	429,5	704,5	766,7	615,5	686,1	323,8	287,0	507,8	540,5
Medián	56	104	303	417	178	550	39	12	127	162
Maximum	2981	3192	2981	3406	2815	2667	3022	2308	3022	3406

e) rok 2009

CAPE [J.kg^{-1}]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2009	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	277,8	308,4	559,6	464,6	1191,7	1000,0	487,5	535,7	629,7	578,1
Medián	39	74	163	175,5	646	657	94	131	154	180
Maximum	2358	2228	2708	1991	4763	3676	3247	3355	4763	3676

f) rok 2010

CAPE [J.kg^{-1}]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2010	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	287,7	281,1	388,7	436,3	688,2	738,4	630,1	643,1	499,6	525,4
Medián	93	69	21	13,5	399	538	371	407	132	145
Maximum	1367	1580	3295	3119	3875	3466	2353	2059	3875	3466

g) rok 2011

CAPE [J.kg^{-1}]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2011	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
Střední hodnota	249,2	292,5	449,9	420,9	247,5	420,7	726,5	704,1	418,0	459,9
Medián	24	9	86,5	54	36	149	354	278	78	56
Maximum	1659	2067	2251	1800	1138	2886	2769	3548	2769	3548

Příloha č. 2

Absolutní četnost hodnot CAPE - v intervalech (viz první sloupec) pro jednotlivé měsíce a roky. Pro porovnání jsou uvedeny pro termín 1200 UTC a 1800 UTC. Rozmezí intervalů je uvedeno v $J \cdot kg^{-1}$.

a) rok 2005

Absolutní četnost CAPE [dny]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2005	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
CAPE se nevyskytuje	3	5	7	5	4	3	0	8	14	21
0<CAPE<10	1	2	3	6	2	1	5	3	11	12
10≤CAPE<50	9	5	9	7	4	8	9	9	31	29
50≤CAPE<100	4	2	2	5	2	0	5	1	13	8
100≤CAPE<500	7	10	5	4	7	4	9	4	28	22
500≤CAPE<1000	3	2	3	1	5	9	2	6	13	18
1000≤CAPE<2000	4	5	1	2	3	2	1	0	9	9
CAPE≥2000	0	0	0	0	4	4	0	0	4	4

b) rok 2006

Absolutní četnost CAPE [dny]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2006	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
CAPE se nevyskytuje	1	4	1	1	5	5	0	1	7	11
0<CAPE<10	5	3	2	0	0	1	0	1	7	5
10≤CAPE<50	4	3	3	7	1	0	1	2	9	12
50≤CAPE<100	3	4	3	2	2	0	1	2	9	8
100≤CAPE<500	13	13	9	7	2	4	14	12	38	36
500≤CAPE<1000	3	4	3	4	1	2	12	10	19	20
1000≤CAPE<2000	2	0	5	3	6	8	3	3	16	14
CAPE≥2000	0	0	4	6	14	11	0	0	18	17

c) rok 2007

Absolutní četnost CAPE [dny]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2007	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
CAPE se nevyskytuje	4	7	0	0	0	3	4	5	8	15
0<CAPE<10	5	3	0	0	2	0	1	3	8	6
10≤CAPE<50	5	5	1	1	4	2	7	3	17	11
50≤CAPE<100	1	2	2	4	2	1	1	0	6	7
100≤CAPE<500	7	4	5	4	9	7	2	3	23	18
500≤CAPE<1000	1	2	6	4	4	7	5	7	16	20
1000≤CAPE<2000	2	2	3	5	4	4	9	8	18	19
CAPE≥2000	6	6	13	12	6	7	2	2	27	27

d) rok 2008

Absolutní četnost CAPE [dny]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2008	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
CAPE se nevyskytuje	2	8	0	3	2	1	1	10	5	22
0<CAPE<10	4	2	1	2	1	1	5	4	11	9
10≤CAPE<50	7	3	6	3	6	4	10	7	29	17
50≤CAPE<100	4	2	2	2	3	2	3	0	12	6
100≤CAPE<500	8	8	9	6	6	6	6	3	29	23
500≤CAPE<1000	1	4	1	4	6	9	2	3	10	20
1000≤CAPE<2000	4	2	9	7	5	7	3	3	21	19
CAPE≥2000	1	2	2	3	2	1	1	1	6	7

e) rok 2009

Absolutní četnost CAPE [dny]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2009	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
CAPE se nevyskytuje	2	9	3	4	3	4	0	7	8	24
0<CAPE<10	5	4	5	1	0	0	4	1	14	6
10≤CAPE<50	9	2	2	5	4	3	8	3	23	13
50≤CAPE<100	3	1	1	3	0	2	4	4	8	10
100≤CAPE<500	7	8	9	6	7	5	7	7	30	26
500≤CAPE<1000	2	5	5	6	3	6	2	3	12	20
1000≤CAPE<2000	2	1	2	5	7	3	4	3	15	12
CAPE≥2000	1	1	3	0	7	8	2	3	13	12

f) rok 2010

Absolutní četnost CAPE [dny]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2010	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
CAPE se nevyskytuje	3	5	7	8	4	5	0	3	14	21
0<CAPE<10	3	3	3	3	0	2	3	1	9	9
10≤CAPE<50	8	5	8	9	6	2	2	2	24	18
50≤CAPE<100	3	3	3	1	1	1	0	2	7	7
100≤CAPE<500	7	7	3	3	7	5	13	8	30	23
500≤CAPE<1000	4	6	2	0	7	9	7	7	20	22
1000≤CAPE<2000	3	2	2	4	3	4	5	7	13	17
CAPE≥2000	0	0	2	2	3	3	1	1	6	6

g) rok 2011

Absolutní četnost CAPE [dny]	květen		červen		červenec		srpen		rok 2011	
	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC	1200 UTC	1800 UTC
CAPE se nevyskytuje	11	13	1	7	6	9	2	6	20	35
0<CAPE<10	3	3	3	3	4	2	1	4	11	12
10≤CAPE<50	5	5	7	4	6	3	6	0	24	12
50≤CAPE<100	1	0	5	3	2	1	2	1	10	5
100≤CAPE<500	6	3	4	2	7	9	6	6	23	20
500≤CAPE<1000	0	4	3	5	4	3	5	6	12	18
1000≤CAPE<2000	5	2	6	6	2	1	5	4	18	13
CAPE≥2000	0	1	1	0	0	3	4	4	5	8

Příloha č. 3

Index NDSEV (pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$) – v prvních dvou řádcích je uvedena hodnota indexu NDSEV ve dnech a v posledních dvou řádcích je uvedena relativní hodnota NDSEV. Vždy pro měsíce a jednotlivé roky 2005 – 2011. Pro porovnání jsou uvedeny počty dnů, kdy jsou splněny podmínky NDSEV v 1200 UTC a kdy pro NDSEV v 1800 UTC.

a) rok 2005

NDSEV [dny]	květen	červen	červenec	srpen	rok 2005
1200 UTC	5	1	10	3	19
1800 UTC	6	3	10	1	20
1200 UTC	16,1%	3,3%	32,3%	9,7%	15,4%
1800 UTC	19,4%	10,0%	32,3%	3,2%	16,3%

b) rok 2006

NDSEV [dny]	květen	červen	červenec	srpen	rok 2006
1200 UTC	2	10	13	6	31
1800 UTC	1	12	11	5	29
1200 UTC	6,5%	33,3%	41,9%	19,4%	25,2%
1800 UTC	3,2%	40,0%	35,5%	16,1%	23,6%

c) rok 2007

NDSEV [dny]	květen	červen	červenec	srpen	rok 2007
1200 UTC	7	15	14	11	47
1800 UTC	8	14	14	12	48
1200 UTC	22,6%	50,0%	45,2%	35,5%	38,2%
1800 UTC	25,8%	46,7%	45,2%	38,7%	39,0%

d) rok 2008

NDSEV [dny]	květen	červen	červenec	srpen	rok 2008
1200 UTC	4	4	9	6	23
1800 UTC	4	7	8	5	24
1200 UTC	12,9%	13,3%	29,0%	19,4%	18,7%
1800 UTC	12,9%	23,3%	25,8%	16,1%	19,5%

e) rok 2009

NDSEV [dny]	květen	červen	červenec	srpen	rok 2009
1200 UTC	4	7	9	5	25
1800 UTC	6	8	12	5	31
1200 UTC	12,9%	23,3%	29,0%	16,1%	20,3%
1800 UTC	19,4%	26,7%	38,7%	16,1%	25,2%

f) rok 2010

NDSEV [dny]	květen	červen	červenec	srpen	rok 2010
1200 UTC	4	5	7	10	26
1800 UTC	3	5	8	12	28
1200 UTC	12,9%	16,7%	22,6%	32,3%	21,1%
1800 UTC	9,7%	16,7%	25,8%	38,7%	22,8%

g) rok 2011

NDSEV [dny]	květen	červen	červenec	srpen	rok 2011
1200 UTC	2	5	4	12	23
1800 UTC	2	5	4	11	22
1200 UTC	6,5%	16,7%	12,9%	38,7%	18,7%
1800 UTC	6,5%	16,7%	12,9%	35,5%	17,9%

Příloha č. 4

Počet dnů, ve kterých se vyskytovaly slabé, střední, silné nebo extrémní srážky. V posledním řádku (celkem) je uveden počet dnů, které se započítávaly po korekci na nereálné a chybějící hodnoty. Každá tabulka je vytvořena pro jeden rok. Poslední tabulka ukazuje souhrnné hodnoty za celé období 2005 – 2011 a v posledním jejím řádku je vidět, kolik hodnot celkem se v jednotlivých měsících započítávalo po korekci.

a) rok 2005

Srážky	květen	červen	červenec	srpen	rok 2005
Slabé	22	20	17	21	80
Střední	5	3	5	2	15
Silné	0	6	4	3	13
Extrémní	3	1	5	5	14
Celkem	30	30	31	31	122

b) rok 2006

Srážky	květen	červen	červenec	srpen	rok 2006
Slabé	24	14	11	15	64
Střední	3	3	0	10	16
Silné	4	3	8	3	18
Extrémní	0	10	9	2	21
Celkem	31	30	28	30	119

c) rok 2007

Srážky	květen	červen	červenec	srpen	rok 2007
Slabé	20	12	22	19	73
Střední	4	5	4	1	14
Silné	1	5	4	4	14
Extrémní	6	7	1	7	21
Celkem	31	29	31	31	122

d) rok 2008

Srážky	květen	červen	červenec	srpen	rok 2008
Slabé	25	15	18	23	81
Střední	4	7	3	4	18
Silné	1	5	6	1	13
Extrémní	1	3	4	3	11
Celkem	31	30	31	31	123

e) rok 2009

Srážky	květen	červen	červenec	srpen	rok 2009
Slabé	16	16	18	19	69
Střední	7	4	3	7	21
Silné	2	1	2	2	7
Extrémní	3	7	8	3	21
Celkem	28	28	31	31	118

f) rok 2010

Srážky	květen	červen	červenec	srpen	rok 2010
Slabé	10	15	13	12	50
Střední	7	5	5	3	20
Silné	5	2	4	6	17
Extrémní	6	7	5	6	24
Celkem	28	29	27	27	111

g) rok 2011

Srážky	květen	červen	červenec	srpen	rok 2011
Slabé	20	14	14	17	65
Střední	4	7	7	4	22
Silné	3	1	2	2	8
Extrémní	4	8	8	7	27
Celkem	31	30	31	30	122

h) celkový počet dní za období 2005 - 2011

Srážky	květen	červen	červenec	srpen	rok 2005 - 2011
Slabé	137	106	113	126	482
Střední	34	34	27	31	126
Silné	16	23	30	21	90
Extrémní	23	43	40	33	139
Celkem	210	206	210	211	837

Příloha č. 5

Kontingenční tabulky NDSEV (pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$) a srážky (silné a extrémní) – v jednotlivých letech 2005 – 2011
NDSEV Ano – hodnoty CAPE × S06 ≥ 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$
NDSEV Ne – hodnoty CAPE × S06 < 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$
Srážky Ano – úhrn srážek za 12 hodin ≥ 50 mm
Srážky Ne – úhrn srážek za 12 hodin < 50 mm

a) rok 2005

2005		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	11	16	27
	Ne	7	88	95
Celkem		18	104	122

b) rok 2006

2006		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	25	14	39
	Ne	6	74	80
Celkem		31	88	119

c) rok 2007

2007		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	24	11	35
	Ne	23	64	87
Celkem		47	75	122

d) rok 2008

2008		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	12	12	24
	Ne	11	88	99
Celkem		23	100	123

e) rok 2009

2009		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	14	14	28
	Ne	12	78	90
Celkem		26	92	118

f) rok 2010

2010		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	12	29	41
	Ne	9	61	70
Celkem		21	90	111

g) rok 2011

2011		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	12	23	35
	Ne	11	76	87
Celkem		23	99	122

Příloha č. 6

Kontingenční tabulky NDSEV (pro prahovou hodnotu 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$) a srážky (silné a extrémní) – v jednotlivých měsících a za celé období
NDSEV Ano – hodnoty CAPE × S06 ≥ 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$
NDSEV Ne – hodnoty CAPE × S06 < 10 000 $m^3 \cdot s^{-3}$
Srážky Ano – úhrn srážek za 12 hodin ≥ 50 mm
Srážky Ne – úhrn srážek za 12 hodin < 50 mm

a) květen

květen		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	14	25	39
	Ne	11	160	171
Celkem		25	185	210

b) červen

červen		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	28	38	66
	Ne	19	121	140
Celkem		47	159	206

c) červenec

červenec		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	44	26	70
	Ne	22	118	140
Celkem		66	144	210

d) srpen

srpen		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	24	30	54
	Ne	27	130	157
Celkem		51	160	211

e) celé období 2005 - 2011

rok		NDSEV (10000)		Celkem
		Ano	Ne	
Srážky	Ano	110	119	229
	Ne	79	529	608
Celkem		189	648	837