

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



**Variabilita teploty vzduchu v České republice
v období ledových mužů**

Diplomová práce

Autor práce:

Bc. Karolína Chmelíková

Vedoucí práce:

Ing. Věra Kožnarová, CSc.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Variabilita teploty vzduchu v České republice v období ledových mužů" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 8. dubna 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Věře Kožnarové, CSc. za odborné vedení při vypracování této práce, za trpělivost a všestrannou pomoc. Dále bych chtěla poděkovat svému příteli a rodině za podporu.

Variabilita teploty vzduchu v České republice v období ledových mužů

Souhrn

Cílem práce je ověření platnosti pranostiky ledoví muži (12.–14. května) na území ČR v kontextu probíhající klimatické změny. Výchozí charakteristikou je popis variability minimální (t_{min}) a maximální (t_{max}) teploty vzduchu v období 1991–2010 na 18 stanicích rozdělených do 5 skupin dle nadmořské výšky. U t_{min} je navíc sledován stupeň ochlazení a jeho četnost v nižších nadmořských výškách. Současně je sledován výskyt a četnost synoptických situací a na základě odchylek od 20ti-letého průměru jsou jednotlivé typy charakterizovány. Ve sledovaném období je nástup ledových mužů velmi nepravidelný; je analyzován 4–5 letý cyklus opakování minimálních a maximálních hodnot t_{min} i t_{max} . U jednotlivých dnů je zaznamenán slabý rostoucí/klesající trendy, všechny jsou ale statisticky nevýznamné. Ze synoptického hlediska ve sledovaném období není zaznamenán zvýšený výskyt povětrnostních situací přinášejících studený vzduch ze severních směrů, které způsobují plošné ochlazení. K výskytům nízkých až záporných hodnot t_{min} dochází pouze ve vyšších nadmořských výškách. V níže položených oblastech jsou zaznamenávány pouze mrazíky, které na vyvíjejících se rostlinách mohou způsobit chladová poškození, nebezpečí mrazového poškození však nehrozí. Z časového hlediska pranostika v termínu 12.–14. května neplatí. V důsledku globálního oteplování především zimního a jarního období však dochází k dřívějšímu nástupu rostlinných fenofází citlivých na mráz, z čehož lze usuzovat, že riziko mrazového poškození ledových mužů trvá stále, v současnosti ale již nesedí kalendářně.

Klíčová slova: teplota vzduchu, minimum, ledoví muži, klimatická změna

The air temperature variability in the Czech Republic during period called Ice Saints

Summary

The aim is to validate the weather lore Ice Saints (12th–14th May) in the Czech Republic in context of climate change. The minimum (*t min*) and maximum (*t max*) air temperature variability in the period 1991–2010 at 18 stations divided by altitude is investigated. In addition, the level of cooling and its frequency of *t min* at lower altitudes are observed. At the same time, the occurrence and frequency of synoptic situations are monitored. According to twenty-year average deviation each synoptic type occurred is characterized. The arrival of *Ice Saints* during the monitored period is very irregular; a 4–5 year cycle of minimum and maximum *t min* and *t max* values alternation is analyzed. During 12th–14th May slight increasing/decreasing trends of *t min* and *t max* are recorded, however all of them are statistically insignificant. Also no increased northern, northeastern and northwestern synoptic situation occurrence causing surface cooling is detected. Low or negative *t min* values occur only at higher altitudes. In lower altitude locations *t min* values under 0,0 °C during the monitored period are not detected. Thus, developing plants may be threatened only by low (but positive) *t min* values and caused cold damages, there is no hazard of frost damages. On one hand, regarding the timing the weather lore in its term does not apply. On the other hand, noticeable warming during winter and spring leads to an earlier onset of plant phenophases, which are sensitive to frost. From this fact can be concluded that the risk of frost damage to the Ice Saints still lasts, but currently no longer fits to these particular dates.

Key words: air temperature, minimum, Ice Saints, climate change

Obsah

1. Úvod	8
2. Vědecké hypotézy a cíle práce	9
3. Literární rešerše	10
3.1. Lidové pranostiky	10
3.2. Pranostika ledoví muži.....	11
3.2.1. Původ a podoba pranostiky	11
3.2.2. Časové vymezení pranostiky a její projevy	12
3.2.2.1. Příčiny ochlazení (poklesu teploty vzduchu)	12
3.2.2.1.1. Severoatlantická oscilace (The North Atlantic Oscillation – NAO)	13
3.2.2.1.2. Synoptické situace	15
3.2.2.1.2.1. Typizace synoptických situací na území České republiky	17
3.2.3. Význam pranostiky	19
3.2.3.1. Poškození rostlin nízkými teplotami	19
3.2.3.1.1. Citlivost rostlin k nízkým teplotám	20
3.2.3.1.2. Příznaky poškození rostlin nízkými teplotami	21
3.2.4. Platnost pranostiky v minulosti a současnosti.....	23
3.2.4.1. Globální změna klimatu	23
3.2.4.1.1. Analyzované změny klimatu	25
3.2.4.1.2. Reakce rostlin na globální změnu klimatu	26
3.2.4.2. Pozorované změny v platnosti pranostiky	29
3.2.4.2.1. Změny v celkovém chodu počasí	29
3.2.4.2.2. Změny v trendech pozdních jarních mrazů	30
4. Materiály a metody	35
4.1. Data	35
4.1.1. Výběr stanic	35
4.2. Popis dílčích analýz	37
4.2.1. Hodnocení pravděpodobnosti výskytu hodnot t_{min}/t_{max} (percentily)	37
4.2.2. Analýza synoptických situací.....	38
4.2.3. Analýza skupin.....	43
4.2.4. Analýza minimální teploty vzduchu	44
5. Výsledky	46

5.1. Hodnocení pravděpodobnosti výskytu hodnot t_{min}/t_{max} (percentily).....	46
5.2. Analýza synoptických situací	48
5.3. Analýza skupin	54
5.3.1. Analýza t_{max} skupin	54
5.3.2. Analýza t_{min} skupin.....	57
5.4. Analýza minimálních teplot t_{min}	60
6. Diskuze	64
7. Závěr.....	70
8. Seznam literatury	72
9. Seznam použitých zkratk	78
10. Přílohy.....	79

1. Úvod

Dnešní doba je plná moderních vymožeností a techniky, které nám v nejrůznějších směrech každodenně ulehčují život. Přenos informací je díky rozvoji počítačů a internetu neustále plynulejší a snadnější, což se projevuje i ve zdokonalování předpovědi počasí pomocí numerických modelů.

Při tom všem, co se nám denně nabízí je pozoruhodné, že se stále najdou situace, v níž i nejlepší předpovědi získané nejmodernějšími metodami jdou do ústraní a přikláníme se k „babským“ radám a tradicím – vracíme se k něčemu, co prověřily dřívější generace, což nám dodává jistotu, že tak je to správně. V tomto směru si jistě každý vzpomene alespoň na pár průpovědek, které slýchal od svých prarodičů. Příkladem toho mohou být nejrůznější meteorologické pranostiky, které ve svých verších zachycují opakovaně využívané zkušenosti, zásady, návody, upozornění a varování. Obzvláště pak ledoví muži jsou stále silně zakořeněným rčením, a i když zemědělci dnes spoléhají výhradně na odborné předpovědi počasí z televizí a rádií, málokterý zahrádkář vysadí teplomilné rostliny ven, než takzvaní „zmrzlíci“ pominou, jen tak pro jistotu.

Mírné zimy a teplá jara posledních dekád způsobují, že se příroda probouzí k životu mnohem dříve, než pamatují starší generace. Na místě je tedy otázka, zda je tento výrok o náhlém ochlazení v půlce května stále aktuální i ve stínu globální změny klimatu, nebo je už jen pověrou.

2. Vědecké hypotézy a cíle práce

Pranostika ledových mužů (12. až 14. květen) se i v dnešní době těší silné popularitě, i když vznikla v období s odlišným klimatickými poměry, než jaké panují v současnosti. Tato klimatická změna a výrazný růst teploty vzduchu v globálním měřítku mohou mít vliv na pravdivost této pranostiky.

Cílem práce je analyzovat četnosti výskytu záporné, resp. nízké teploty vzduchu na počátku května.

Hypotéza:

1. V tomto období nastaly za uplynulé dvacetiletí výrazné změny v souvislosti se změnou klimatických (resp. mezoklimatických) podmínek.

Pro potvrzení nebo vyvrácení této hypotézy bude v práci ověřena platnost pranostiky:

- a. ve směru pravidelného ochlazení ve dnech 12. až 14. května v posledních dvou ukončených desetiletích 1991–2010 napříč územím ČR;
- b. na základě zvýšeného výskytu synoptických situací způsobující ochlazení během této triády, respektive rozbor vyskytujících se synoptických situací, jež určují mj. i chod teploty vzduchu.

2. Analyzované změny v četnosti výskytu nízké hodnoty teploty vzduchu jsou determinovány geografickou polohou.

Pro potvrzení nebo vyvrácení této hypotézy bude v práci ověřena platnost pranostiky:

- a. v analýze změn chodu hodnot extrémní (tj. minimální a maximální) teploty vzduchu v různých výškových patrech napříč územím ČR;
- b. zhodnocením stupeň ochlazení a jeho četnost v nižších nadmořských výškách, v nichž je soustředěna zemědělská (rostlinná) výroba.

3. Literární rešerše

3.1. Lidové pranostiky

Lidové pranostiky zaujímají v širokém spektru lidové kultury jedinečné postavení vypovídající o vzdělanosti každého národa. Jsou autentickým dokladem dříve opakovaně využívaných zkušeností a nejrůznějších rad, jimiž si naši předkové snažili ulehčit život (Vašků, 2014). Protože byli značně závislejší na chodu počasí, dobré úrodě a neměli možnost pravidelné meteorologické předpovědi počasí, museli být mnohem vnímavější k nejrůznějším jevům během celého roku. Tyto poznatky následně dávali do souvislosti s průběhem zemědělských prací a na jejich základě pak počasí i do jisté míry předvíдали (Munzar, 1985).

Samotné slovo pranostika vzniklo zkomolením slova „prognostika“, související s prognózou – čili předpovědí. Dle obsahu jsou nejdůležitější a také nejrozsáhlejší skupinou pranostiky hospodářské, jejichž užší a také nejatraktivnější skupinou jsou pranostiky meteorologické (povětrnostní) (Vašků, 2014).

Povětrnostními pranostikami označujeme lidovou (často rýmovanou) průpovídku, která zachycuje typický průběh počasí v jednotlivých částech roku, nebo odhaduje jeho vývoj v určitém referenčním dni/období. Většina pranostik se váže k vybraným kalendářním dnům, a jelikož vznikaly v dobách silného vlivu církve, jsou spojeny se jmény světců. Protože by si rolníci jen těžko zapamatovali jména všech kalendářních světců, byli vybíráni jen ti „významní“, při jejichž svátku se zpravidla nepracovalo a byl prostor pro vyhlížení počasí. Těmto pevně daným dnům se říkalo osudové, nebo také kritické dny (Munzar, 1985). Výrok o počasí kritického dne však neplatí pouze pro daný den, ale je mu ponechán jistý rozptyl, a tak příslušný světec – patron je jakýmsi zástupcem „svého“ časového úseku (Hanzlík, 1940). Je vhodné zmínit, že právě tyto kritické dny přinášející určitou povětrnost se s přijatelnou tolerancí shodují s tzv. singularitami, jež uznává i současná meteorologie.

Důležité je mít na paměti, že pranostiky mají pouze regionální význam a pro jejich pochopení je proto nutné znát místo a dobu vzniku. V minulosti mnohokrát došlo k přenesení pranostiky z míst s odlišným podnebím (tj. dlouhodobým chodem počasí), nebo k prostému překladu rčení do národního jazyka. Během staletí takto došlo ke vzniku značně nesourodého souboru pranostik, který v důsledku nánosu pověr, gregoriánské reformy kalendáře či špatné interpretace navozuje pochybnosti o jejich platnosti v současnosti (Munzar, 1985). U řady pranostik obsah ustoupil rýmu, jejich význam ale může být ovlivněn vývojovou změnou klimatu, a tak co platilo dříve, nemusí platit dnes (Vašků, 2014).

3.2. Pranostika ledoví muži

Pranostika ledoví muži (také „zmrzlíci“) spadají do pravděpodobně nejsrozumitelnějšího druhu povětrnostních pranostik – pranostik singularitních, jež jsou založeny na dřívějším pozorování opakujících se následností, shod a souher mnoha jevů v přírodě (Vašků, 2014).

Samotný pojem singularita v původním významu vyjadřuje odchylku od hladké (zidealizované) křivky dlouhodobého ročního chodu meteorologického prvku (především teploty vzduchu a srážek), která je patrná ještě ve stoleté řadě pozorování. V tomto smyslu se jedná o jev víceméně přesně vázaný na určitá kalendářní data – zde se projevuje provázanost s pranostikami a jejich „kritickými“ dny (Munzar, 1985). V širším slova smyslu pak nazýváme singularitou poměrně pravidelnou odchylku od celkového trendu počasí, která je podmíněna zvýšeným výskytem určitých povětrnostních (tj. synoptických) situací v dané části roku a v určité geografické oblasti (ČMeS, 2015).

3.2.1. Původ a podoba pranostiky

Na našem území jsou oněmi ledovými muži světcí Pankrác, Servác a Bonifác. Jejich životy byli úzce spjaty s křesťanskou vírou a žili ve 3. a 4. století našeho letopočtu.

První zmínky o této pranostice na starém kontinentu údajně spadají do 15. století; skotský meteorolog A. Buchan tvrdí, že o ledových svatých psal již francouzský spisovatel Rabelais (1495–1553) (Hanzlík, 1953). Na našem území však o nich není zmínka ani v Partlicově sbírce českých hospodářských pranostik z roku 1617, ani v Selských pravidlech připojených ke Stoletému kalendáři z roku 1846. V tomto díle je popsáno květnové ochlazení: „Před 13. dnem máje nejsme ubezpečeni stálého letního počasí, po tomto dni ale není zapotřebí se obávati vínu škodlivého mrazu“ – není zde zmínka o Pankráci a Bonifácovi a chybí i veršování.

Při hledání pranostiky ledových mužů u sousedních národů nacházíme polskou předlohu, doložitelnou již z roku 1856, ve znění: „Pankrác, Servác, Bonifáci pro sadaře zlí chlapani“ (z polštiny: „Pankracy, Serwaci, Bonifaci – źli na ogrody chlopacy“). „Kompletní“ ledové muže, jak je známe dnes, nacházíme v česky psaných písemných pramenech také v první polovině 19. století, avšak později, než uvádí polské prameny. Z toho faktu lze usuzovat, že

tato pranostika nevznikla na našem území a byla k nám přenesena. Dnes tuto pranostiku známe především v následujících formách:

„Pankrác, Servác, Bonifác, ledoví bratři, přinesou chladna, jak se patří“

„Pankrác, Servác, Bonifác – ledoví muži, spalují mrazem ovoce i růži“

„Pankrác, Servác, Bonifác pro sadaře jsou zlí chlapci“

„Pan Serboni pálí stromy“ tj. Pan(krác) – Ser(vác) – Boni(fác)

„Před Servácem není léta, po Serváci s mrazy veta“ (Munzar, 1985).

3.2.2. Časové vymezení pranostiky a její projevy

Pranostika připadá na 12.–14. květen, tedy na kalendářní svátky uvedených světců. Měsíc květen je charakteristický poměrně rychlým ohříváním pevniny, což se projevuje stálým vzestupem průměrných teplot vzduchu (Munzar, 1985) – dle klementinské řady vzroste v průběhu května průměrná teplota vzduchu z 12,0 °C na počátku měsíce na 16,5 °C na jeho konci, a výjimkou není ani výskyt letních dnů (tj. den s maximální teplotou 25,0 °C a více).

Ledoví muži, jakožto významná jarní singularita, přináší náhlé ochlazení na této vzestupné křivce chodu teploty, které se projevuje výskytem pozdních mrazů (tj. minimální teplota ve 2 metrech nad povrchem klesne pod 0,0 °C) nebo mrazíků. Ty jsou charakteristické krátkodobým poklesem teploty vzduchu (většinou v řádu několika hodin) při zemském povrchu pod bod mrazu, ve standardní výšce měření (tj. 2 metry nad povrchem) je však teplota vzduchu vyšší než 0,0 °C. Vyskytují se především v ranních hodinách a jejich častou příčinou bývá radiační ochlazování. Obecně se zmrzlíci s největší intenzitou uplatňují na území střední Evropy, avšak jejich nástup je značně nepravidelný a v některých letech se nemusí vyskytnout vůbec (Vašků, 2014).

3.2.2.1. Příčiny ochlazení (poklesu teploty vzduchu)

V dobách, kdy se předci museli spoléhat výhradně na svoje pozorovací schopnosti, vznikaly někdy až velmi kuriózní domněnky o původu jarních mrazíků. Ve středověku byl za mrazy způsobujícího činitele považován Měsíc. Jiná teorie připisuje ochlazení průletům mocných meteorických rojů mezi Sluncem a Zemí, které brání plnému pronikání slunečního záření na naši planetu a tím způsobují mrazíky a mrazy (Vondráček, 2008). Velké popularitě se

těší i teorie H. W. Dovea (1836, zakladatel nauky o singularitách a autor barického zákona) pracující s myšlenkou tání ledovců v polárních krajích a plutím ker hluboko na jih.

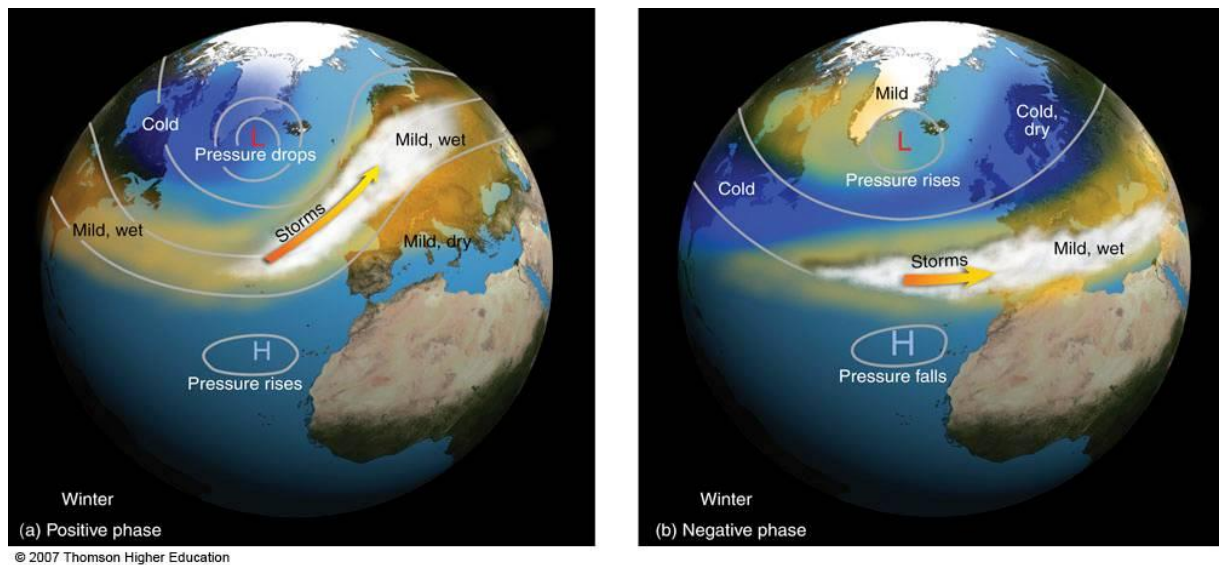
Pravou a vědecky podloženou příčinu výskytu nízkých teplot nabízí meteorologický výklad této pranostiky. Počasí, potažmo podnebí jsou výslednicí vzájemného působení vzduchových hmot různého původu a fyzikálních vlastností. Jejich proudění nad evropský kontinent je určováno všeobecnou cirkulací v mírných zeměpisných šířkách (Munzar, 1985), tzv. Severoatlantickou oscilací (ang. North Atlantic oscillation – NAO). Tato velkoprostorová cirkulace závisí na poloze a intenzitě tlakové níže nad Islandem a tlakovou výší nad Azorskými ostrovy (Hurrell et al., 2003).

3.2.2.1.1. Severoatlantická oscilace (The North Atlantic Oscillation – NAO)

NAO se vyjadřuje pomocí indexů (North Atlantic Oscillation Index – NAOI). Běžně se používají například staniční indexy, které pracují s rozdíly tlaku vzduchu přepočteného na hladinu moře mezi tzv. severní stanicí (zastupující islandskou tlakovou níží) a tzv. jižní stanicí reprezentující azorskou tlakovou výší. Výběr stanic se liší podle autorů jednotlivých indexů; jako severní stanice jsou používány islandské stanice Stykkisholmur (65°04' s. š., 22°44' z. d.) či Reykjavík (64°8' s. š., 21°53' z. d.), a jako jižní stanice Lisabon (38°43' s. š., 9°10' z. d.), Ponta Delgada (37°44' s. š., 25°40' z. d.) či Gibraltar (36°08' s. š., 5°21' z. d.).

Podle polohy řídicí anticyklony rozlišujeme kladnou a zápornou fázi NAO (obr. 1), která se promítá i do hodnot jejích indexů (+ hodnoty NAO znamenají kladnou fázi NAO a naopak) (Hurrell et al., 2003). Při kladné fázi se tlaková výše rozprostírá od Azor po Bermudy (normální poloha) a v Evropě se uplatňuje západní neboli zonální proudění (ve směru rovnoběžek). Dochází však k případům (záporná fáze), kdy se tato tlaková výše v průběhu dubna až června posune směrem k severu, a dostane se tak nad severozápadní Evropu a přilehlé moře, přičemž její jádro je přibližně nad Irskem. Tato situace pak vyvolává na našem území meridionální proudění (ve směru poledníků) ze severu. Na východní straně této tlakové výše proudí do střední Evropy i po několik dní mořský vzduch z oblasti jižně od Grónska a pozvolna zaplavuje celou střední Evropu (Munzar, 1985), o čemž může svědčit i rozdílné datování pranostiky ledových mužů a zastoupení světců; zatímco na severu Německa jsou za hlavní „zmrzlíky“ považováni Mamert, Pankrác a Servác (11. až 13. květen), v jižním Německu a na našem území jsou „posunuti“ o jeden den a připadají tak na světce Pankráce, Serváce a Bonifáce (12. až 14. květen) (Hanzlík, 1953). Pronikající mořský arktický vzduch je velmi čistý a vyznačuje se nízkým obsahem vodní páry, což způsobuje výbornou dohlednost a při

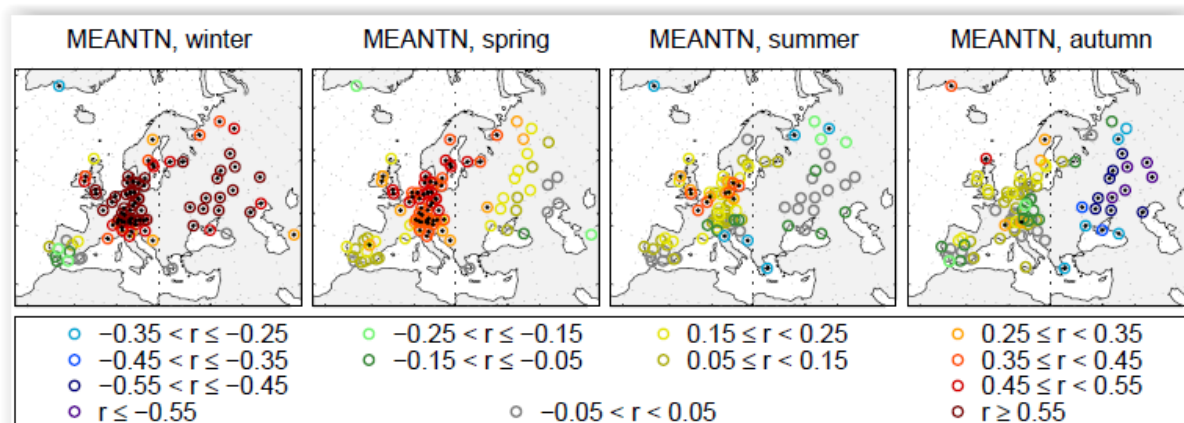
noční bezoblačné obloze velmi pravděpodobný příchod ledových mužů v podobě výskytu ranních mrazů i v nižších polohách, výskyt mrazíků je pak téměř jistý (Munzar, 1985). Stejným účinkem se projevují i vpády studeného vzduchu při severovýchodním a severozápadním meridionálním proudění (Vašků, 2014).



Obr. 1 Kladná a záporná fáze Severoatlantské oscilace (NAO)

převzato z: <http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter10/nao.html>

NAO se projevuje nejvíce ve středních a vyšších zeměpisných šířkách (Hurrell et al., 2003), a na základě NAO indexu je prokázán její vliv na teplotu především ve střední Evropě v průběhu celého roku, nejsilněji pak v zimě a na jaře (obr. 2) (Mohammed et al., 2006). Během zimy se nejsilněji propisuje do chodu teploty vzduchu intenzita zonálního proudění. Při jeho vysoké intenzitě jsou v oblasti střední Evropy zaznamenávány vyšší teploty vzduchu (nežli je standardní klimatologický normál, tj. podle World Meteorological Organization průměr z období 1961–1990), naopak jeho slábnutí a převaha meridionálního proudění je spojováno s nižšími teplotami, než je klimatický normál (tj. chladnější charakter počasí). Naopak během jara (a podzimu) je zaznamenána nejsilnější (záporná) korelace mezi teplotou vzduchu a intenzitou meridionálního proudění. Silné meridionální proudění přináší do střední Evropy intenzivní ochlazení, naopak zonální cirkulace má menší vliv na teplotu vzduchu (Sepp and Jaagus, 2002).



Obr. 2 Korelace mezi indexem NAO a sezónní průměrnou minimální teplotou (MEANTN) během zimy (prosinec-únor), jara (březen-květen), léta (červen-srpen) a podzimu (září-listopad) v období 1901–2000 (Mohammed et al., 2006)

Pozn. Korelační koeficienty založené na Pearsonově lineární korelaci, černé body indikují korelaci na úrovni 1 %.

Vlivu NAO na teplotu vzduchu na území ČR se věnuje Doležalová (2007), jež potvrzuje celoroční statisticky významný vztah mezi NAO a teplotou vzduchu po celý s nejvyšší intenzitou v zimním období. V rámci analýzy cirkulačních modů ovlivňujících chod vybraných klimatických prvků na našem území potvrdili statisticky významnou (pozitivní) korelaci NAO s teplotou vzduchu ve všech sezonách i Pokorná a kol. (2007).

3.2.2.1.2. Synoptické situace

Pro popis proudění vzduchových hmot lze také využít tzv. synoptických (povětrnostních) situací, které nalezneme v synoptických mapách – popisují rozložení vzduchových hmot, atmosférických front, cyklon, anticyklon a dalších synoptických objektů určující ráz počasí nad určitou velkou geografickou oblastí (Tolasz, 2007). I když je aktuální stav atmosféry neopakovatelný, jednotlivé situace lze zobecnit a následně je třídit a typizovat (Doležalová, 2007). Toho se využívá mimo jiné při předpovědi počasí, protože jednotlivé synoptické situace zahrnují všechny meteorologické prvky a často i jejich vzájemné vazby, a tak každá situace reprezentuje určitý druh počasí (ČMeS, 2015).

Z hlediska přístupu typizace synoptických situací lze rozlišit dva hlavní metodické přístupy. Prvním z nich je klasifikace subjektivní, jejíž velkou výhodou jsou uplatněné zkušenosti autorů při manuálních analýzách synoptických map. Na druhou stranu je jejich platnost omezená z geografického hlediska; například pro Britské ostrovy je využívána Lambova klasifikace, pro Německo pak klasifikace Hess-Brezowsky. Největším úskalím těchto

klasifikací obecně je ovšem subjektivita, kterou do typizace vnáší konkrétní řešitelský kolektiv. Z tohoto důvodu jsou jednotlivé klasifikace mezi sebou vzájemně neporovnatelné. Druhým metodickým přístupem je klasifikace objektivní. Typizace jsou vytvářeny pomocí moderní výpočetní techniky a jsou založeny na různých statistických postupech (analýza hlavních komponent, shlukové analýzy apod.). Výsledkem je definování nových synoptických typů. Například Stehlík (2002) uvádí objektivní klasifikaci (pro území ČR) založenou na principu či fuzzy logiky. Cirkulačními typy (CT) definovaných pomocí tlakového pole je možné klasifikovat výstupy z globálních cirkulačních modelů (GCM) a určit tak posloupnost a četnost výskytu jednotlivých CT. Alternativním metodickým přístupem tvorby klasifikace je kombinace prvních dvou přístupů, čímž vznikají tzv. klasifikace smíšené.

S rozvojem a zvyšující se výkonností výpočetní techniky postupně vzniklo značné množství klasifikací, které se od sebe liší klasifikovanou proměnnou, prostorovým či časovým rozlišením, počtem jednotlivých synoptických typů apod. K vytvoření konzistentní databáze a systematického porovnání celkem 23 klasifikací (17 objektivních a 5 subjektivních) posloužil projekt v rámci COST (European Cooperation in Science and Technology, tj. Evropská spolupráce v oblasti vědy a techniky) s názvem COST733-cat: Harmonisation and Applications of Weather Types Classifications for European Regions (tj. Harmonizace a použití klasifikací povětrnostních typů pro evropské regiony) (Philipp et al., 2010).

Pro klasifikaci synoptických situací je ve střední Evropě nejvíce používaná výše zmíněná (subjektivní) typizace Hess-Brezowsky. Je založená na klasifikaci F. Baura z r. 1944, jež obsahovala 21 synoptických typů definovaných podle geografické polohy tlakových útvarů a polohy frontální zóny nad Evropou a přilehlým oceánem, a dále dle rázu počasí nad střední Evropou. V polovině 20. století byla přepracována Hessem a Brezowským, přičemž počet synoptických typů byl zvýšen na 29 a při jejich určování byla zohledněna geopotenciální výška hladiny 500 hPa a tlak přepočteného na hladinu moře. Typizace podle azorské anticyklony rozeznává tři cirkulační typy (převážně zonální, smíšený a převážně meridionální), do kterých spadá celkem 18 typů synoptických situací. Ty se dále dělí podle charakteru počasí nad střední Evropou (tj. cyklonální nebo anticyklonální). Součástí typizace je také kalendář synoptických situací udávající jejich výskyt v jednotlivých dnech již od počátku r. 1881 (Gerstengarbe and Werner, 2010). Tato typizace však vyhovuje především pro území Německa a na území tehdejšího Československa nebyla aplikovatelná, což vedlo k vytvoření typizace

povětrnostních situací (někdejšího) Hydrometeorologického ústavu (HMÚ) pod vedením J. Brádky (také Brádkova typizace) (kolektiv HMÚ, 1968).

3.2.2.1.2.1. Typizace synoptických situací na území České republiky

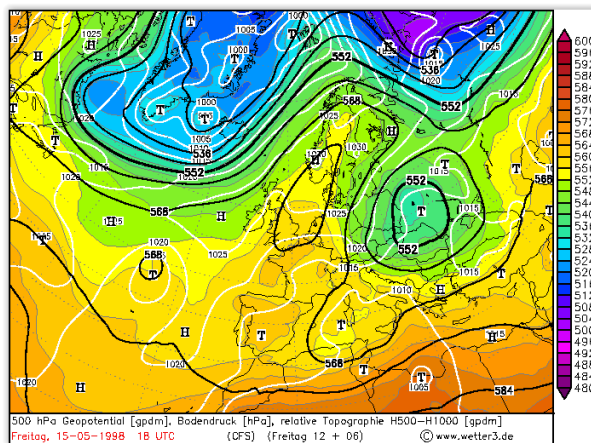
Původním účelem typizací synoptických situací obecně byla předpověď počasí; kromě synoptiky našla však využití i v dynamické klimatologii zabývající se zpracováním meteorologických prvků. Aby bylo možné této dvojí aplikaci dosáhnout, vyplývaly při tvorbě Brádkovy typizace (tj. typizace povětrnostních situací HMÚ) a jejího kalendáře určité požadavky. Zaprvé, v kalendáři synoptických situací bylo potřeba, aby byly otypovány všechny dny v roce v co nejdelším časovém období. Dále, typizace musela jednak zachycovat uzavřené cirkulační pochody (tj. aby charakterizovala přirozená synoptická období), čímž by vyhovoval katalog sestavený podle Multanovského definice přirozeného synoptického období, ten však sloužil výhradně jen ke studiu cirkulace. Současně musela typizace vyhovovat i potřebám dynamické klimatologie, neboť v rámci přirozeného typického období se může ráz cirkulace a počasí nad územím velkým jako je ČR zásadně změnit. Lepší vztah mezi meteorologickými prvky a přirozenými synoptickými obdobími zaručuje typizace na základě Baurovy definice, jež byla použita i v katalogu Hess-Brezowsky. Aby bylo vyhověno všem uvedeným požadavkům, bylo při tvorbě československého katalogu synoptických situací přistoupeno ke kompromisu mezi Multanovského a Baurovým způsobem jejich typizace (ČHMÚ, 2016).

Vzniklá typizace povětrnostních situací Hydrometeorologického ústavu (též Brádkova typizace) klade důraz na tlakové pole nad střední Evropou. Celkem čítá 28 synoptických situací (15 cyklonálních a 13 anticyklonálních) a otypován je každý den v roce. Kalendář začíná od 1. ledna 1946 (kolektiv HMÚ, 1968), je průběžně doplňován a publikován v časopise Meteorologické zprávy (od r. 1972); v posledních letech (od r. 2002) je uveřejňován na webových stránkách ČHMÚ. Do r. 1990 je jednotný pro území České republiky a Slovenské republiky, od r. 1991 je sestavován na základě vzájemné konzultace meteorologů ČHMÚ a SHMÚ zvlášť pro každé území (ČHMÚ, 2016).

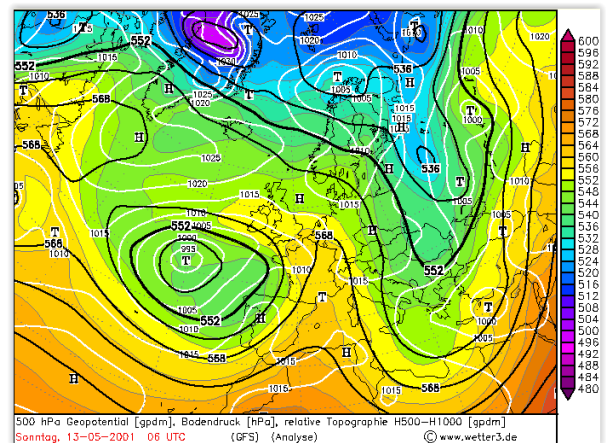
Typizace synoptických situací na území ČR se provádí na základě metodického předpisu Katalogu povětrnostních situací pro území ČSSR z roku 1968, který kromě kalendáře pro období 1946–1965 obsahuje i popis všech typů synoptických situací a jejich grafické znázornění. Jednotlivé synoptické situace jsou označeny podle tlakového útvaru nacházejícího se nad územím ČR (např. synoptická situace A, tj. anticyklona nad střední Evropou) nebo podle

směru, ze kterého na naše území proudí vzduch (označení je v tomto případě v angličtině, např. NEa, tj. North-East, tedy severovýchodní anticyklonální situace). K rozlišení typu situace je pak použito písmeno *c* (cyklonální typ) nebo *a* (anticyklonální typ) (kolektiv HMÚ, 1968). Při situacích cyklonálních především vlivem přechodů front, větších tlakových gradientů a srážkové činnosti jsou pozorovány pestřejší projevy počasí. Při anticyklonálních situacích je srážková činnost slabá nebo žádná, převažuje zpravidla menší rychlost proudění a více se uplatňuje radiace a lokální vlivy (Tolasz, 2007).

Pokles teploty vzduchu, jenž charakterizuje pranostiku ledových mužů, způsobují vpády studeného vzduchu ze severu, severozápadu a severovýchodu (Vašků, 2014). K nim dochází například při situaci *NEc* (severovýchodní cyklonální), během níž proudí velmi studený vzduch na naše území mezi tlakovou výší nad severovýchodním Atlantikem a oblastí nízkého tlaku vzduchu severovýchodně od střední Evropy nebo nad Ukrajinou (obr. 3) (kolektiv HMÚ, 1968). Obzvláště pokud dojde po vpádech studeného vzduchu do našich zeměpisných šířek k anticyklonálnímu vývoji počasí, je za jasných nocí výskyt jarních mrazů/mrazíků téměř jistý (Vašků, 2014); například při synoptické situaci *Ap₃* (putující anticyklona se směrem dráhy ze severu pře Shetlandy, Severní moře do oblasti jižních Karpat) (obr. 4) (kolektiv HMÚ, 1968).



Obr. 3 Synoptická situace *NEc* ze dne 15. května 1998
převzato z: <http://www1.wetter3.de/Archiv/>



Obr. 4 Synoptická situace *Ap₃* ze dne 13. května 2001
převzato z: <http://www1.wetter3.de/Archiv/>

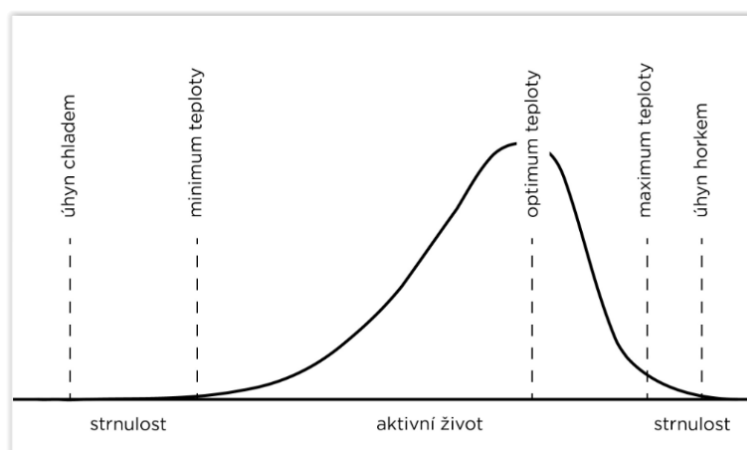
Na závěr je nutné dodat, že v současnosti se k předpovědi střednědobé předpovědi počasí užívají numerické modely; použití typizace HMÚ dnes směřuje spíše do oblasti poznání regionálních zvláštností klimatu při určitých povětrnostních podmínkách (Tolasz, 2007).

3.2.3. Význam pranostiky

Pranostika o ledových mužích byla hlavně v dřívějších dobách důležitou radou pro zemědělce a řízení polních prací, protože nebezpečí zmrzlíků spočívá právě v načasování ochlazení – nastává již v období plného rozvoje vegetace a způsobuje tak značné škody hospodářské škody (Vašků, 2014).

3.2.3.1. Poškození rostlin nízkými teplotami

Všechny důležité funkce rostlin a chemické aktivity udržující rovnovážný stav vnitřního prostředí jsou určovány teplotou. Každý rostlinný druh roste jen v jistém teplotním rozmezí, které je vymezeno kardinálními body (mezními teplotními hodnotami). Přírůstek hmotnosti rostlinných pletiv probíhá v určitém teplotním optimu (obr. 5), avšak jeho hodnota se u každého druhu v průběhu růstu a vývoje mění. To je způsobeno tím, že každý metabolický proces probíhá jen v určitém teplotním rozmezí a má svou optimální teplotu, nad níž i pod níž účinnost procesu klesá. Mimo hranice minima a maxima se aktivní růst zastavuje a nastává fáze strnulosti, kdy životní funkce stagnují, avšak se mohou obnovit a rostlina v této fázi nehynie. K úhynu dochází při dosažení letální chladové/mrazové nebo horkostní teploty, tedy extrémními hodnotami teploty (tj. chlad, mráz a horko).



Obr. 5 Mezní tepelné hodnoty pro život rostliny (Kůdela a kol., 2013)

Rozeznáváme dva druhy poruch způsobených nízkou teplotou vzduchu. Prvním druhem jsou chladové poruchy, tedy poškození způsobená teplotou nad bodem mrazu až do 9 °C. Škodlivé strukturní a fyziologické změny jsou primárně vyvolány poškozením fyzikálně chemických vlastností soustavy buněčných membrán, které se podílejí na všech základních životních funkcích (např. metabolické přeměny, transport molekul, informační proces, a pod). Mimo jiné dochází k poruchám enzymů, zpomaluje se příjem vody a živin, zpomaluje se

fotosyntéza, zrychluje se dýchání a zastavuje se růst. Metabolismus je narušen v závislosti na tom, jak hluboce poklesly teploty pod teplotní optimum růstu a vývoje. Trvá-li chlad určitou dobu (hodiny/dny/týdny), energetické zdroje se obvykle následkem zvýšené permeability membrán a výtoku látek z pletiv postupně vyčerpají. Dochází k hromadění toxických látek (např. etanol, acetaldehyd). Silný stres chladem zpravidla vyúsťuje v chlorózy, vadnutí, usychání a odumření určitých buněk, pletiv a orgánů. Oslabené rostliny jsou posléze náchylnější k napadání různými patogeny. V době kvetení působí chladové poruchy často vážné hospodářské škody poklesem kvality a velikostí sklizně.

Druhým druhem poruch jsou mrazová poškození – poškození rostlinných pletiv následkem tvorby ledu v jejich mezibuněčných prostorech (extracelulární led) nebo uvnitř samotných buněk (intracelulární led). Voda je transportním médiem mnoha látek, které snižují její bod tuhnutí, a tudíž k tvorbě ledu nedochází bezprostředně při poklesu okolní teploty pod 0,0 °C. Nejprve se vytváří led v mezibuněčných prostorech (tj. apoplastu), protože bod tuhnutí přítomných tekutin je vyšší než bod tuhnutí nitrobuňkové vody. Jak se podíl ledu zvyšuje, roste gradient mezi mrznoucí vodou apoplastu a nemrznoucí vodou uvnitř buněk, na což reagují sousedící buňky přemísťováním nitrobuňkové vody do mezibuněčných prostor. Dochází tím k silné dehydrataci buněk a kontrakci jejich protoplastu. Normální metabolismus buňky se narušuje. Překročí-li odvodnění buněk určitou hranici (představuje-li vymrzlá voda 70–90 % plného nasycení), nastává nevratné poškození buňky. V buňkách vznikají jedovaté látky typu toxinů, cytoplazma koaguluje, až nakonec buňky odumírají. Vnitrobuňková tvorba ledu není příliš častá, v přírodě se vyskytuje např. u neotužených rostlin a pro buňky je vždy letální. Na mrazových poškozeních rostlinných pletiv způsobených teplotou vzduchu v intervalu 0,0 °C až -5,0 °C se významně podílejí nukleárně (krystalizačně) aktivní epifytické bakterie *Pseudomonas syringae* a *Pantoea agglomerans* a další organismy, které dávají podnět k přeměně podchlazené vody na led (slouží jako kondenzační jádra) (Kůdela a kol., 2013).

3.2.3.1.1. Citlivost rostlin k nízkým teplotám

O citlivosti rostliny k nízké teplotě rozhoduje několik faktorů. Prvním je hodnota mezní teploty (tzv. kritická hodnota) každého rostlinného druhu a jeho odrůdy, která závisí na jeho geografickém původu. K chladu jsou citlivé zejména druhy pocházející z teplejších oblastí (např. kukuřice, rajče, paprika, apod.), druhy mírného pásu jsou obecně odolnější.

Dále záleží na růstové a vývojové fázi, v níž se rostlina nachází. Mimořádně citlivé k nízké teplotě jsou rostliny v počátečních růstových fázích (klíčení semen, vzcházení rostlin), v období prodlužovacího růstu, v raných stádiích tvorby květu a kvetení (tab. 1).

Tab. 1 Kritické hodnoty teploty vzduchu vybraných ovocných stromů v závislosti na jejich vývojové fázi (Hájková a kol., 2012)

Kritické hodnoty teploty vzduchu (° C)			
druh	uzavřená poupata, již zbarvená	plně rozvinuté květy	malé zelené plody
jabloň	-3,9	-2,2	-1,7
hrušeň	-3,9	-2,2	-1,0
třešeň ptačí	-3,9	-2,2	-1,1
meruňka	-3,9	-2,2	-0,6
ořešák královský	-1,1	-1,1	-1,1

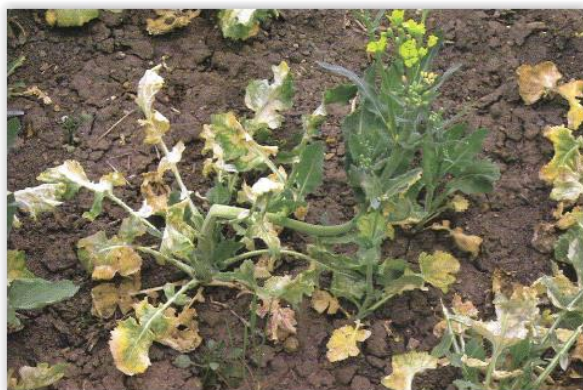
Rozdílně vnímavé k nízké teplotě jsou i jednotlivé rostlinné orgány a pletiva. Obecně jsou velmi citlivé mladé šťavnaté části rostlin obsahující množství vody (tj. pupeny, mladé listy, květy, růstové vrcholy). Záleží také na rychlosti ochlazování a stavu otužilosti rostliny a délce působení nízké teploty – např. listy okurky jsou poškozovány při 10,0 °C až po týdenním působení, avšak při 8,0 °C dochází k poškození již po 3 dnech a při teplotě 3,0 °C již po několika hodinách. Mimo jiné je také důležitá (ne)přítomnost epifytických nukleárně aktivních bakterií a také záleží na vnějších podmínkách před a po vystavení rostliny těmto teplotám (Kůdela a kol., 2013).

3.2.3.1.2. Příznaky poškození rostlin nízkými teplotami

Nízká teplota vzduchu může ve velkém rozsahu poškodit klíčící semena a vzcházející rostliny, vegetativní i generativní orgány rostlin. Listy a stonky bylin jejich následkem mohou například měnit barvu (chlorózy, vybělení na obr. 6, průsvitnost, apod.), tvar (obr. 7), celkově vadnout, usychat a odumírat, u dřevin se vyskytují nejružnější poškození listů jako je krabacení, vlnění, puchýřky a podobně. Může dojít i k nekrotám korových pletiv a při silných mrazech dokonce až k tvorbě mrazových desek, prasklin a lišt.

Dále nízká teplota vzduchu poškozuje květy nebo vyvíjející se semena a plody, což se u bylin projevuje například odumřením růstového vrcholu, sterilitou kvítků, zbělením klasu či osin, deformací klasů a lat či zbělením a zvrásněním obilek. U dřevin pozdní jarní mrazy a mrazíky ničí hlavně pupeny (hlavně tzv. advekční mrazy spojené s vpády studeného vzduchu), pro květy ovocných stromů jsou nebezpečné především tzv. radiační mrazy spojené

s vyzařováním tepla ze zemského povrchu za jasného bezvětřného počasí. Květy bývají poškozeny nejčastěji v časovém úseku od 5. do 20. května, jenž zahrnuje právě ledové muže. Nejčastěji se tato poškození projevují nerozvinutím květních pupenů, jejich opadem, zčernání blizen a celého pestíku nebo jednoduše zmrznutím celého květu, což platí hlavně pro peckoviny (Kůdela a kol., 2013).



Obr. 6 Zbělení a deformace stonků řepky olejky pozdním jarním mrazem (Kůdela a kol., 2013)



Obr. 7 Čepel jarního ječmene zvlněná působením mrazu (Kůdela a kol., 2013)



Obr. 8 Mrazové poškození blizny a prašníků květu jabloně (Kůdela a kol., 2013)

3.2.4. Platnost pranostiky v minulosti a současnosti

Tradice ledových mužů je ve střední Evropě silně zakořeněnou pranostikou, a tak pokaždé, kdy se od konce dubna jenom trochu ochladí, začne se denní tisk i předpovědi počasí plnit zprávami o příchodu ledových mužů, ovšem s dodatkem, že přijdou předčasně. V polovině května, pokud nedojde alespoň mírnému poklesu teplot, si pak zemědělci a zahrádkáři oddechnout, že tentokrát nepřišli (Litschmann, 2010a). Jak si tedy stojí tato pranostika v současnosti?

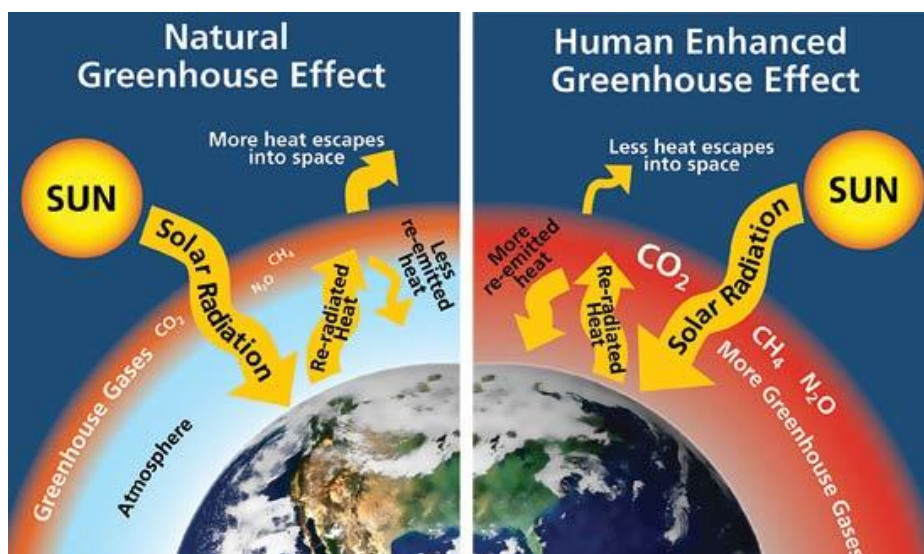
Při hodnocení platnosti této pranostiky je nutné si uvědomit, že časově náročný proces pozorování vzájemných vztahů mezi počasím a přírodou a k jejich následné písemné fixaci (prvně doloženo na území střední Evropy r. 1856) došlo v polovině 19. století – v období klimatologů označovaném jako malá doba ledová (Munzar, 1985). Ta byla na konci 19. století vystřídána klimatickým optimem, které panuje dodnes. Právě tato vývojová změna klimatu může ledovým mužům ubírat na pravdivosti (Vašků, 2014); především pak výrazné oteplování pozorované od poloviny 20. století a další urychlení růstu teploty vzduchu v 80. letech (Trenberth et al., 2007) s sebou přináší mnoho změn, které mají v širším kontextu dopad i na platnost této pranostiky.

3.2.4.1. Globální změna klimatu

Klimatickou změnou je chápán vývoj podnebí probíhající po relativně velmi dlouhou dobu v jednom směru (ochlazování/oteplování). Tento trend platí globálně, avšak na různých místech se může projevat odlišnou intenzitou, přičemž oteplování/ochlazování je nejvíce patrné ve vyšších zeměpisných šířkách. Příčinou změny podnebí bývá jednosměrná změna působení některého z globálně působících faktorů, mezi které se především v posledních několika staletí zařadil činnost člověka (ČMeS, 2015).

Celosvětově se odborníci shodují, že s velmi vysokou pravděpodobností je fyzikální příčinou změny klimatu právě antropogenní činnost související s vypouštěním skleníkových plynů. Ty mají schopnost zachycovat dlouhovlnné záření emitované ze zemského povrchu, čímž dochází k porušování bilančního vztahu mezi přicházející sluneční (krátkovlnnou) radiací a zmíněnou dlouhovlnnou. Zvyšující se koncentrace skleníkových plynů vede k zesilování skleníkového efektu (obr. 9), což má za následek akumulaci energie v nižších vrstvách atmosféry. Primárním dopadem je zvyšování teploty, které má však přímou vazbu k dalším meteorologickým prvkům, a tak způsobuje změny vlhkosti či tlaku vzduchu, ovlivňuje tvorbu

oblačnosti, pohyb vzduchových hmot a v konečném důsledku celý klimatický systém (Žalud a kol., 2007).



Obr. 9 Schéma přirozeného (vlevo) a člověkem zesíleného (vpravo) skleníkového efektu převzato z: <http://www.livescience.com/37743-greenhouse-effect.html>

I přes nepopiratelný nárůst koncentrací skleníkových plynů v důsledku lidské činnosti a jejich vliv na klimatický systém není vhodné mezi klimatickou změnu a člověka vkládat rovnítko. Kvantifikovat podíl člověka na globální změně klimatu je velmi obtížné, neboť klimatický systém, skládající z atmosféry, hydrosféry, biosféry, litosféry a pedosféry, obsahuje nespočetné množství vzájemných vazeb a vědcům se zatím nepodařilo jednoznačně odlišit podíl člověka a podíl přirozené změny klimatu (World Meteorological Association, 2013).

Pro komplexní vědecké posuzování publikovaných vědeckých, technických a sociálně-ekonomických informací o změnách klimatu byl roku 1988 založen organizacemi OSN (WMO a UNEP, tj. Světová meteorologická organizace a Program OSN pro životní prostředí) Mezivládní panel pro změnu klimatu (ang. IPCC – Intergovernmental Panel of Climate Change). Posuzuje i potenciální environmentální a sociálně-ekonomické důsledky klimatické změny a možnosti přizpůsobení se jim (tzv. adaptace) nebo zmírnění jejich účinků (tzv. mitigace). Panel tedy neprovádí žádný originální výzkum, jeho účelem je soustředit a analyzovat nejaktuálnější vědecké poznatky a tvořit tak odborný základ formou hodnotících zpráv, jež slouží mimo jiné i pro politická jednání. Tyto zprávy vychází v několikaletých odstupech; jednotlivé části poslední (v pořadí páté) hodnotící zprávy (ang. Fifth Assessment Report, zkráceně AR5) byly publikovány postupně v letech 2013–2014 (Intergovernmental Panel of Climate Change, 2016).

3.2.4.1.1. Analyzované změny klimatu

Celosvětově jsou reflektovány změny v mnoha ukazatelích, jako je koncentrace CO₂, změny v proudění, radiaci apod.; nejvýrazněji podléhají probíhajícím změnám klimatického systému teplota vzduchu a srážky. Z hlediska teploty vzduchu poslední souhrnná práce IPCC (AR5) uvádí její růst v globálním měřítku od konce 19. století, přičemž poslední tři dekády 20. století byly podle instrumentálního měření postupně teplejší než jim předcházející, a první dekáda 21. století je nejteplejší vůbec. Od r. 1979 stoupá teplota nad pevninou dvakrát rychleji než nad oceánem s největším oteplováním v zimě a jaře na severní polokouli (Trenberth et al., 2007). Mimo analýzy středu normálního rozdělení (tj. průměrné hodnoty) se stále více studií soustřeďují na analýzu jeho okrajů (zpravidla 10 % a 90 % kvantil), tedy na výskyt extrémních jevů. Jejich výskyt může často mnohem lépe charakterizovat stav klimatického systému, než jeho popis založený na hodnotách průměrných (Štěpánková, 2005). Na velké části světové pevniny je od poloviny 20. století pozorováno oteplování studených (10 % kvantil t_{min}^1 a t_{max}^2) i teplých (90 % kvantil t_{min} a t_{max}) extrémních jevů, přičemž se globálně rychleji oteplují extrémy t_{min} ; hlavně v posledních desetiletí výrazně klesá četnost 10 % kvantilu t_{min} a roste četnost 90 % kvantilu t_{min} (Hartman et al., 2013).

Globální růst teploty vzduchu vyvolává změny v globální cirkulaci, což způsobuje, že různé části planety se ohřívají s rozdílnou intenzitou. Například nad evropským kontinentem průměrné roční teploty rostou s lehce vyšším tempem, než je tomu v celoplanetárním měřítku. Obzvláště silné oteplování je pozorováno v posledních 50 letech nad Pyrenejským poloostrovem, v celé střední a severovýchodní Evropě a horských oblastech (EEA, 2012). Obecně jsou rostoucí trendy zimních měsíců vyšší a jasnější než je tomu u měsíců letních (Anders et al., 2014). Oteplování se projevuje i v trendech maximální a minimální teploty, respektive v četnostech teplotních extrémů definovaných okraji statistického rozdělení. Posledních 50 let napříč Evropou výrazně rostou četnosti extrémů definovaných 90 % kvantilem t_{min} i t_{max} (nejvíce v západní a střední Evropě). Současně s pomalejším tempem klesají četnosti extrému definovaných 10 % kvantilem t_{min} a t_{max} (nejvíce v SZ Evropě a Skandinávii) (EEA, 2012).

¹ t_{min} – minimální teplota vzduchu, tj. nejnižší teplota vzduchu zaznamenaná za určité časové období (den, měsíc...), je měřena ve 2 m nad zemí elektrickým (automatické stanice), nebo ještě stále minimálním teploměrem (ČMeS, 2015)

² t_{max} – maximální teplota vzduchu, tj. nejvyšší teplota vzduchu zaznamenaná za určité období (den, měsíc...), je měřena ve 2 m nad zemí elektrickým (automatické stanice), nebo ještě stále maximálním teploměrem (ČMeS, 2015).

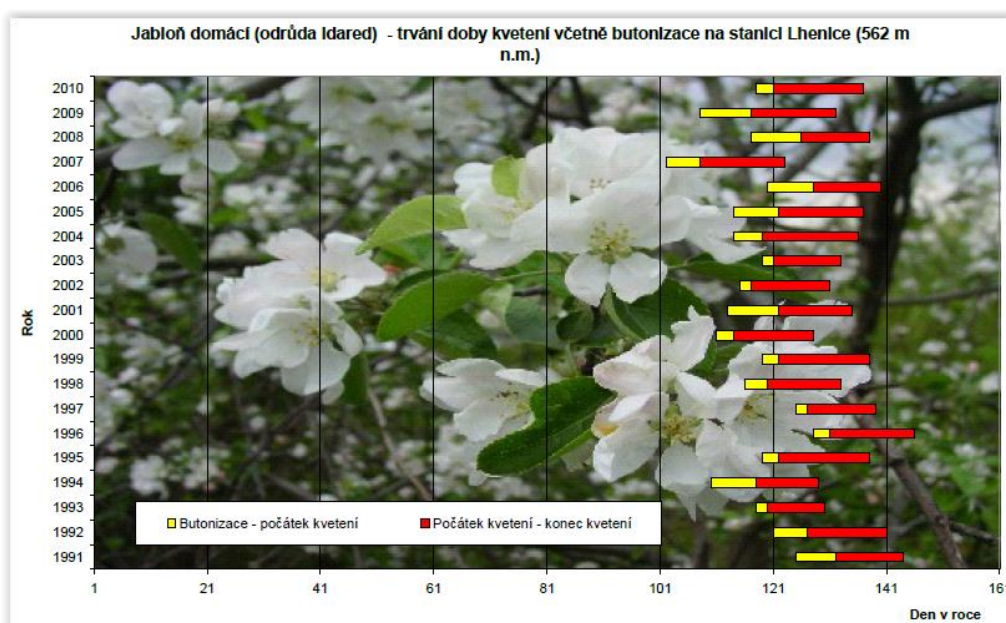
Protože jsou pranostiky obecně vázané na místo svého vzniku, je vhodné zmínit i projevy klimatické změny na území střední Evropy (respektive území ČR), kde se *ledoví muži* projevují obzvláště intenzivně (Munzar, 1985). Trendy změn zaznamenaných na našem území probíhají v kontextu se změnami klimatu v Evropě; Tolasz (2007) dodává, že v období 1961–2000 roční průměrná teplota v ČR silně kolísala, přesto je však zaznamenán statisticky významný oteplovací trend $0,28 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{dekáda}^{-1}$ s nejvýraznějším oteplováním v zimě a na jaře. Obdobně i Chládová a Kalvová (2005), jež analyzovaly chování 10 % a 90 % kvantilů maximální a minimální teploty vzduchu na našem území, zaznamenaly růst *t max* i *t min* s výraznějším oteplováním *t max*; ze sezonního hlediska se nevýrazněji otepluje v průběhu zimy a na jaře.

3.2.4.1.2. Reakce rostlin na globální změnu klimatu

V posledních dvou desetiletích se stává nedílnou součástí mnoha analýz klimatické změny fenologie – vědní obor zkoumající časový průběhu významných periodicky se opakujících životních projevů rostlin a živočichů (tzv. fenologických fází, zkráceně fenofází) v závislosti na komplexu podmínek vnějšího prostředí, zejména na počasí a klima. Fenologická pozorování mají ve světě dlouhodobou tradici, na našem území byla zorganizována fenologická služba v letech 1923–1924 Václavem Novákem. Do roku 2012 se fenologická síť ČR skládala ze tří typů stanic (lesní rostliny, ovocné dřeviny, polní plodiny), přičemž se na každém typu stanice byly sledovány příslušné rostlinné druhy a jejich vybrané fenofáze (Hájková a kol., 2012). V současnosti jsou sledovány fenofáze pouze u lesních rostlin na celkem 28 stanicích, z nichž 3 (Doksany, Kostelec nad Černými lesy a Křtiny u Brna) jsou součástí projektu IPG (ang. International phenological gardens, tj. Mezinárodní fenologické zahrádky) (ČHMÚ Ústí n. Labem, 2016). Síť je tvořena více jak 70 evropskými stanicemi, na nichž je používána jednotná metodika pozorování a geneticky shodný biologický materiál (lesní rostliny z matečné školky v Ahrensburgu u Hamburku, Německo). Cílem projektu je získávání porovnatelných fenologických dat se širokým spektrem využití (Hájková a kol., 2012).

Značný růst teploty vzduchu pozorovaný především od 80. let 20. století se projevuje nejvýrazněji v zimě a na jaře, což vedle přístrojových měření a změn v teplotních charakteristikách (pokles četnosti mrazových dní, posun posledního mrazového dne k dřívějšímu datu apod.) indikují právě i dřívější nástupy (jarních) fenofází (tzn. dřívější počátek vegetačního období). Jejich posun k dřívějšímu datu potvrzují mnohé studie na lokálních úrovních, míra posunu se různí na základě sledovaných druhů či lokality (Cleland et

al., 2007). Vliv na kvantifikaci trendu posunu má i zpracovávaný časový úsek, což dokládá například analýza 50ti-leté řady fenologických dat na území ČR od autorů Stříž a Nekovář (2009). Období bylo rozděleno na dvě poloviny (1956–1980 a 1981–2005) se záměrným předělem v 80. letech, kdy je popisováno výrazné zrychlení oteplování. Sledovány byly fenofáze u zástupců všech tří skupin, tj. polní plodiny (pšenice ozimá, fenofáze metání), ovocné dřeviny (třešeň, fenofáze první květ) i lesní rostliny (bříza, fenofáze první květ). Z výsledků jasně vyplývá, že dochází k posunu sledovaných fenofází k dřívějšímu datu v průběhu celého období, v druhém úseku (1981–2005) však k jejich nástupu dochází významně dříve. Také Hájková a kol. (2011) uvádí, že celková tendence dřívějšího nástupu fenofází ovocných dřevin (obr. 10) na našem území pokračuje (i přes značnou meziroční variabilitu) v prvním desetiletí 21. století.

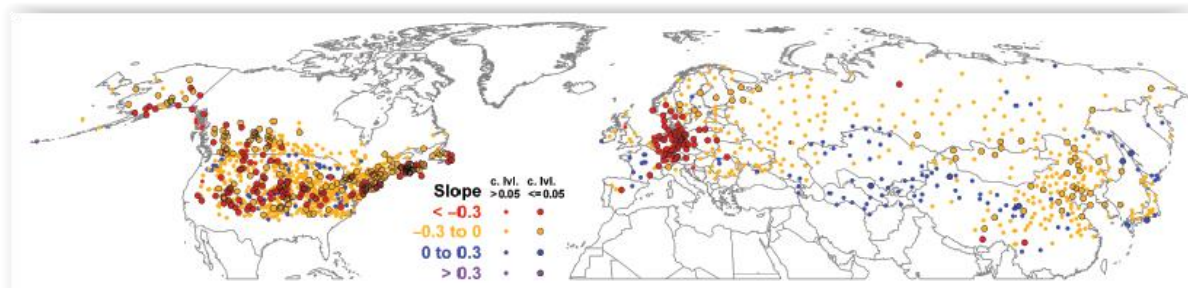


Obr. 10 Jabloň domácí (*Malus domestica* Borkh.) – trvání kvetení včetně butonizace (Hájková a kol., 2011)

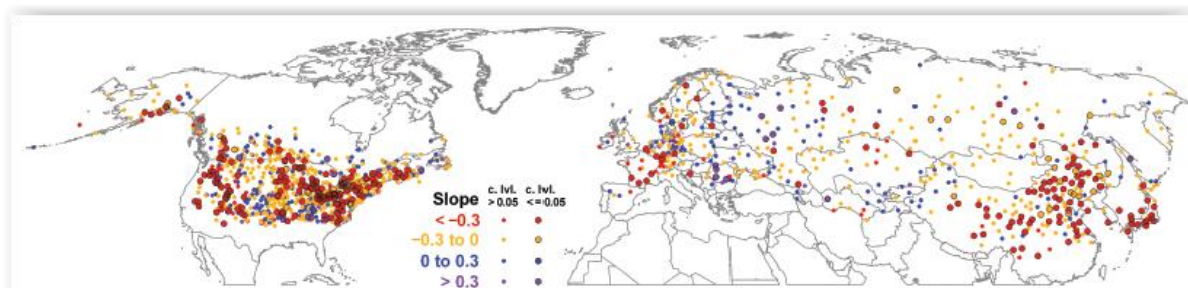
Nejkomplexnější přehled fenologických poměrů (a jejich změn ve sledovaném období 1991–2010) uvádí publikace Atlas fenologických poměrů Česka z r. 2012, jenž volně navazuje na Atlas podnebí Česka z r. 2007. Svým obsahem je unikátní nejen v ČR ale i v celosvětovém měřítku; vedle historie i stávajícím stavu fenologických pozorování na našem území uvádí charakteristiky jednotlivých druhů polních rostlin, ovocných dřevin a lesních rostlin. Obsahují nejen botanický popis, ale i hodnocení alergenů, fenologická hodnocení a především mapy nástupů jednotlivých sledovaných fenofází dané rostliny v ČR (Hájková a kol., 2012).

Fenologická data jsou zpracovávána i z větších území celků se záměrem kvantifikovat průměrné změny v načasování rostlinných fenofází nebo vyjádřit jejich prostorovou variabilitu, i v tomto ohledu jsou zaznamenávány stejné výsledky jako na lokální úrovni. Například Chmielewski and Rötzer (2002) vypočítali, že napříč Evropou se ve sledovaném období (1969–1998) posunul nástup sledovaných jarních fenofází vybraných dřevin (bříza pýřitá, třešeň ptačí, jeřáb ptačí, rybíz alpský) průměrně o 8 dní k dřívějšímu datu, přičemž k statisticky významným změnám došlo od r. 1989, kdy fenofáze nastoupily dříve v 8 z 10 roků. Také Menzel et al. (2006) analyzovali na značné části evropského kontinentu (21 států) posun jarních fenofází během tří dekad (1971–2000) průměrně o 7,5 dní k dřívějšímu datu (tj. $-2,5$ dne. dekáda⁻¹). Ze sledovaných 542 druhů rostlin zrychlilo svou fenologii 78 % druhů (z toho 30 % druhů statisticky významně). Největší akcelerace byla zaznamenána u druhů kvetoucích na počátku sezóny.

Prostorovou variabilitu dřívějšího nástupu jarních fenofází (první list a první květ) u keřů (šeříku a dvou druhů zimolezu) napříč severní polokoulí uvádějí Schwartz et al. (2006) (obr. 11). Posuny fenofází keřů byly porovnávány s posunem data výskytu posledního mrazu ($t_{min} = -2,2$ °C) (obr. 12). Nebezpečí jsou vystaveny lokality, kde se posouvá nástup fenofáze k dřívějšímu datu rychlejším tempem, než se posouvá datum posledního výskytu mrazu (např. severní a východní Evropa a některé oblasti Ruska).



Obr. 11 Nástup data prvního olistění keřů šeříku a dvou druhů zimolezu za období 1961–2000 napříč severní polokoulí (barevně rozlišené trendy jsou uváděny ve dnech. rok⁻¹ (Schwartz et al., 2006)



Obr. 12 Výskyt posledního jarního mrazu ($t_{min} = -2,2$ °C) za období 1961–2000 napříč severní polokoulí (barevně rozlišené trendy jsou uváděny ve dnech. rok⁻¹ (Schwartz et al., 2006)

3.2.4.2. Pozorované změny v platnosti pranostiky

3.2.4.2.1. Změny v celkovém chodu počasí

O ledových mužích je v současnosti referováno jako o pranostice s velmi nepravidelným nástupem, avšak ne vždy tomu tak bývalo – německý meteorolog G. Hellman totiž dokázal, že květnová ochlazení v termínu 11.–14. květen se dostavovala před rokem 1840 velmi pravidelně (Hanzlík, 1953). Pravděpodobnost výskytu nízkých teplot vyčíslil na 50 až 60 %, tzn., že byly naměřeny průměrně každý druhý rok, nebo i častěji. Z klimatologického hlediska byla tato doba (polovina 19. století) obdobím postupného doznívání malé doby ledové, kterou nahradilo dodnes trvající klimatické optimum (Litschmann, 2010a). Po roce 1840 Hellman popisuje rozdělení četnosti výskytu nízkých teplot na dvě období – první kolem 8. a 9. května a druhé kolem 20. a 21. května, pravděpodobnost opakování je však mnohem nižší (nedosahuje ani 40 %), a tak, třebaže byla tato pranostika v minulosti vytvořena na základě správného pozorování doby výskytu škodlivých mrazů, dnes vzhledem ke změně cirkulačním poměrům neodpovídá kalendáři (Munzar, 1985).

V nedávné době byli ledoví muži spolu s dalšími singularitami předmětem několika tuzemských i zahraničních studií. Ačkoli se vzájemně liší použitou metodou statistického zpracování teplotních údajů a územím, z kterého byla data pořízena, zpracovávané časové úseky spadají do období klimatického optima (Vašků (2014) udává počátek klimatického optima r. 1898) a uvádějí shodné výsledky – období zahrnující triádu ledových mužů je obdobím teplejšího průběhu počasí (tab. 2).

Tab. 2 Souhrn analyzovaných změn během triády ledoví muži (12.–14. května)

autor/autoři studie	analyzované území/stanice	analyzované období	období s analyzovaným oteplením
Bissolli a Schönwiese (1990)	Německo (32 stanic)	1881–1986	11.–15. května
Malarzewski (2006)	Polsko, Katowice	1951–2001	12.–19. května
Brázdil a kol. (1999)	ČR, Milešovka	1905–1994	počátek 2. květnové dekády
Radová a Kyselý (2009)	ČR, Praha Klementinum	1881–2000	11.–13. května 1961–2000
Řezníčková a kol. (2007)	ČR (13 stanic)	1961–2002	12.–18. května

Zahraniční studie přinášející tyto výsledky je například od autorů Bissolli and Schönwiese (1990), jenž analyzují teplotní údaje z 32 německých stanic v období 1881–1986. Pro zohlednění odlišné orografie a míry kontinentality bylo území rozděleno do 8 regionů. Ze zpracovaných údajů vyplývá, že v období ledových mužů 11.–15. května jsou ve všech

regionech pranostikou očekávané mrazy nahrazeny teplou singularitou. Stejnému závěru došel i Malarzewski (2006). Přestože analyzoval kratší časový úsek (1951–2001) teplotních záznamů v Katovicích (jižní Polsko), i jemu se podařilo detekovat použitím regresní křivky vyjádřené polynomem 5. řádu teplejší periodu 12.–19. května zahrnující „zmrzlíky“.

Tuzemské studie věnující se singularitám (včetně „zmrzlíků“) pracují buď s delším datovým záznamem jedné stanice, nebo s větším souborem a kratší řadou. Analýzu jedné stanice – Milešovky – provedli např. Brázdil a kol. (1999). Autoři se mj. zaměřili na odchylky průměrného ročního chodu teploty vzduchu (a dalších meteorologických prvků, např. rychlost větru nebo srážkové úhrny) od jejího shlazeného ročního chodu v letech 1905–1994. Ve shodě s předešlými analýzami je detekována na začátku druhé květnové dekády významná kladná teplotní odchylka. Také Radová and Kyselý (2009) zpracovávali jednu stanici – Praha Klementinum v období 1881–2000, jenž rozdělili na tři čtyřicetiletí. Během prvních dvou úseků (1881–1920 a 1921–1960) nebylo možné detekovat žádnou singularitu, avšak v třetím úseku (1961–2000) bylo detekováno mírné zvýšení teploty vzduchu ve dnech 11. a 13. květen. V analýze povětrnostních singularit se Řezníčková a kol. (2007) zaměřili na období poměrně kratší (1961–2002), data ovšem byla čerpána celkem ze 13 klimatologických stanic a vedle teplotních měření byli zkoumány i záznamy průměrného denního tlaku a denních srážkových úhrnů. Ve sledovaném období byl celorepublikově statisticky prokázán spíše teplejší a sušší chod počasí v období 12.–18. květen, tudíž tato studie odporuje tvrzení Vašků (2014), že se na území ČR v současnosti projevují ledoví muži spíše jako „studení“ (tj. přináší pouze ochlazení) a „mokří“ (tj. přinášející srážky).

3.2.4.2.2. Změny v trendech pozdních jarních mrazů

Výše uvedená fakta ohledně průběhu počasí (respektive chodu teploty vzduchu) již neodpovídají tvrzení „Pankrác, Servác, Bonifác, ledoví bratři, přinesou chladna, jak se patří“ (Munzar, 1985), což také potvrzují změny v trendech pozdních jarních mrazů. Jsou definovány jako pokles minimální denní teploty vzduchu pod bod mrazu v průběhu měsíců březen – květen, tedy již v probíhajícím vegetačním období, čímž představují značné nebezpečí pro vyvíjející se rostliny.

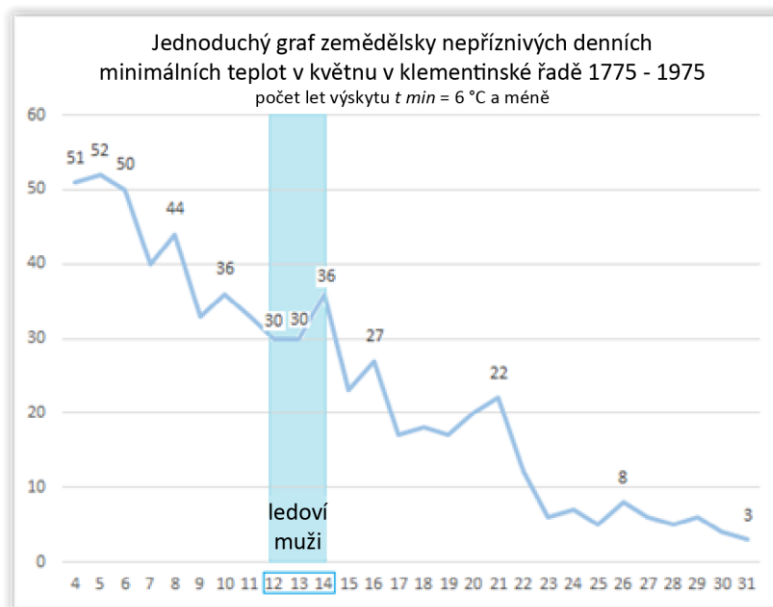
Díky délce klementinské řady lze sledovat dlouhodobé chování jarních pozdních mrazů z různých hledisek, které lze shrnout do několika bodů:

- je zaznamenán výrazný pokles výskytu pozdních jarních mrazů obecně, pokles výskytu mrazů v květnu a směrem k současnosti narůstá počet roků, kdy se nevyskytl žádný jarní mráz;
- nejvíce ledových dní je soustředěno v březnu z důvodů častých advekcí studeného vzduchu ze S a SZ na naše území. Podílí se zde i délka dne a noci, kdy v březnu (oproti dubnu a květnu) dochází k delšímu nočnímu vyzařování tepla ze zemského povrchu;
- průměrně se vyskytlo 131 mrazových dní. dekáda⁻¹ (1775–2000), 20. století se vyznačuje významným poklesem jarních mrazových dnů, přičemž od 80. let je zaznamenán až 50 % pokles;
- i přes značnou variabilitu lze potvrdit, že po r. 1981 převažuje výskyt posledního mrazu dříve než je průměr (3. duben).

Vedle poklesu četnosti pozdních jarních mrazů dochází i ke změně jejich intenzity. Pro daný rostlinný druh a konkrétní fenofázi se stává rizikovým takový mráz, jehož hodnota překročí tzv. kritickou hodnotu, avšak jako potenciálně nebezpečné jarní mrazy je možné označit obecně dny s $t_{min} \leq -1,1$ °C. Kritickou dobou jejich výskytu je druhá polovina jarního období, kdy jsou rostliny ve vyšším stupni rozvoje; hlavně pak mrazy v průběhu fenofáze kvetení vedou k jejich poškození a následnému snížení výnosů. Přesné vytyčení kritické doby závisí na počátku vegetačního období, pro zjednodušení lze uvažovat měsíce duben a květen, při nichž byl zaznamenán:

- výrazný pokles silných mrazů ($t_{min} \leq -2,1$ °C) v průběhu posledních tří 50ti-letí v dubnu: 2. pol. 19. stol. (1851–1900) 30krát; 1. pol. 20. stol. (1901–1950) 21krát, 2. pol. 20. stol. (1951–2000) 6krát; v květnu ani jeden za 150 let;
- střední/mírné mrazy ($t_{min} -2,0$ až $-1,1$ °C) se vyskytly v 2. pol. 19. stol. (1851–1900) a 1. pol. 20. stol. (1901–1950) nejvíce na počátku dubna, v jeho průběhu postupně četnost klesá a objevují se i květnu. V období 1951–2000 se vyskytovali už jen v dubnu (v květnu ani jednou);
- slabé mrazy ($t_{min} -1,0$ až $-0,1$ °C) vykazují stejný trend jako mrazy střední (absence v 1951–2000) (Štěpánková, 2005).

Přímo výskytu ledových mužů (respektive zemědělsky nepříznivé teplotě definovanou $t_{min} < 6,0 \text{ } ^\circ\text{C}$) v klementinské řadě se věnoval Šebek (1990). Ty se nejčastěji objevují na počátku května (obr. 13), dále lze v časovém sledu pozorovat sestupný trend její četnosti s několika vrcholy, z nichž jeden zastupuje právě „zmrzlíci“. Frekvence jejich výskytu je v termínu 12. až 14. květen velmi nepravidelná, v průměru lze očekávat jednou za 5 let.



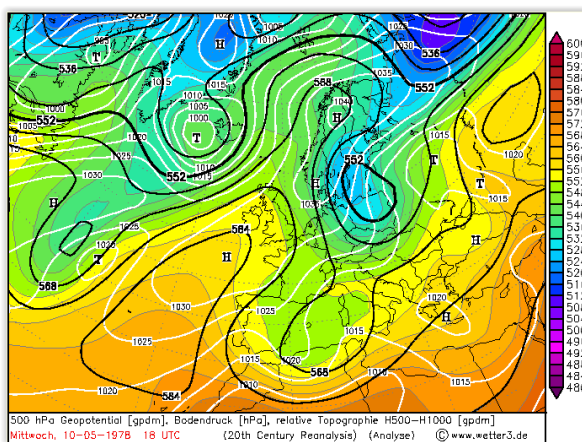
Obr. 13 Výskyt ledových mužů v klementinské řadě (1775–1975) (Šebek, 1990)

K oběma uvedeným analýzám je nutné dodat, že stanice Praha – Klementinum je situována ve středu města a zejména v poslední letech je ovlivňována teplotním ostrovem města (0,07 až 0,08 $^\circ\text{C} \cdot \text{dekáda}^{-1}$ před r. 1940, od r. 1940 cca 0,1 $^\circ\text{C} \cdot \text{dekáda}^{-1}$, v referenčním období 1961–2000 již 0,3 $^\circ\text{C} \cdot \text{dekáda}^{-1}$). Z toho plyne, že její použití není zcela vhodné pro agroklimatické účely, kam směřují dopady jarních mrazů a ledových mužů (Štěpánková, 2005).

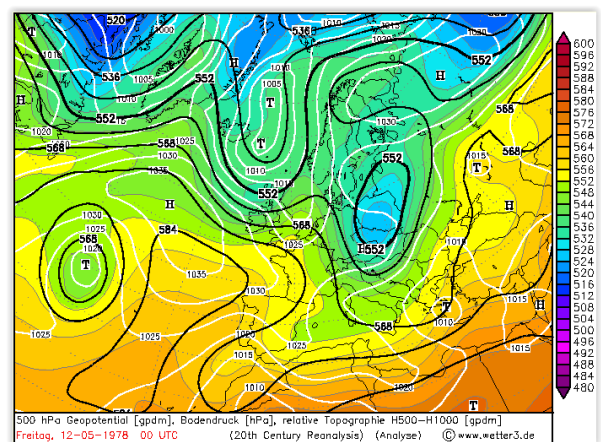
Porovnáme-li však tyto výsledky se studii, které analyzují data ze stanic ležících v zemědělských oblastech, nacházíme obdobné trendy výskytu pozdních jarních mrazů. Příkladem může být studie autorů Možný a Nekovář (2007), kteří využili mj. trend data výskytu posledního mrazového dne (tj. den s minimální teplotou vzduchu pod 0,0 $^\circ\text{C}$) k popisu dlouhodobého kolísání počátku vegetační sezony v Polabí. K definici jeho nástupu se mimo fenologických pozorování hojně využívají právě klimatologická měření teploty vzduchu a konkrétně datum výskytu posledního (jarního) mrazu počátek vegetačního období významně ovlivňuje. Během sledovaného období (1876–2005) je zaznamenán statisticky významný trend dřívějšího výskytu posledního mrazového dne o 0,09 dne. rok⁻¹ (tzn., že se v průběhu

sledovaných 130 let celkově posunul výskyt posledního mrazového dne o 11,7 dne k dřívějšímu datu), za období 1951–2005 o 0,22 dne. rok⁻¹. V posledních dvou dekádách sledovaného období byl zaznamenán dřívější výskyt posledního mrazového dne u jedenácti roků. Statisticky významné trendy potvrzující dřívější nástup vegetačního období byly zaznamenány i u trendů data prvního nástupu průměrných denních teplot vzduchu trvale nad 5,0 °C (tj. velké vegetační období) a 10,0 °C (tj. hlavní vegetační období).

K mohutnému ochlazení i v nížinách přímo během triády ledových mužů došlo naposledy v roce 1978, a ať se to nezdá, od té doby již uplynulo téměř 40 let. Ze synoptického hlediska došlo 10. května k rozšíření hřebenu vyššího tlaku vzduchu ze Skandinávie a po jeho okraji začal na naše území proudit studený vzduch od severovýchodu. O den později již v nížinách teploty poklesly na -1,0 až -4,0 °C, při zemi dokonce až -5,0 °C. Přízemní mrazíky trvaly až do 16. května a způsobily značné zemědělské škody (Munzar, 1985). Podle typizace povětrnostních situací HMÚ/ČHMÚ byla ve dnech 10. a 11. května zaznamenána situace *NEc* (severovýchodní cyklonální situace, obr. 14), kterou pak ve dnech 12.–16. května vystřídala situace *B* (brázda nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou, obr. 15) (ČHMÚ, 2016).



Obr. 14 Synoptická situace *NEc* ze dne 10. května 1978
převzato z: <http://www1.wetter3.de/Archiv/>



Obr. 15 Synoptická situace *B* ze dne 12. května 1978
převzato z: <http://www1.wetter3.de/Archiv/>

K ochlazení během zmiňované triády „zmrzlíků“ docházelo také následující roky, avšak jejich projevy nebyly již tak výrazné – například v roce 1980 se ochladilo ve dnech 14. až 17. května, ale teploty poklesly „jen“ pod -1,0 až -2,0 °C. Dále byly nízké teploty zaznamenány v letech 1987, 1991, 1995, 1996, 2000 či 2004, kdy byla kupříkladu dne 15. května v Červené u Libavy zaznamenána nejnižší přízemní teplota -4,4 °C. Naopak jsou zaznamenány ročníky,

kdy v období ledových mužů byly naměřeny tropické teploty 30,0 °C (rok 1945 či 1969), a v roce 1983 se během 12. až 14. května pohybovala minimální teplota vzduchu na stanici Praha Klementinum od 12,0 až 14,0 °C.

Vzhledem k jejich značně nepravidelnému nástupu je v současnosti jejich pravděpodobnost opakování vyčíslena na 20 až 30 %, to znamená, že jsou v nížinách zaznamenány mrazy a mrazíky v této triádě průměrně po pěti letech (Vašků, 2014).

4. Materiály a metody

Předmětem analýzy je variabilita minimální (t_{min}) a maximální (t_{max}) teploty vzduchu ve dnech 12. až 14. května, ke kterým je datována pranostika ledoví muži. Sledovány jsou změny hodnot statistických charakteristik na 18 českých stanicích v období 1991–2010. Použitá data pochází z denních záznamů počasí ČHMÚ a databáze NCDC, ke zpracování byl použit program MS Office 2007 a statistický program Statistica®.

4.1. Data

4.1.1. Výběr stanic

Variabilita t_{min} a t_{max} je sledována napříč územím České republiky. Vzhledem k protáhlému tvaru státu v rovnoběžkovém směru jsou sledovány změny jednotlivých charakteristik kolem 50. rovnoběžky severní šířky, s tolerancí $0,5^\circ$ nad a pod touto linií. Vzniklý pás $49,5^\circ$ – $50,5^\circ$ severní šířky zahrnuje stanice v různých nadmořských výškách. Pro výběr konkrétních stanic bylo použito celkem tři kritérií, díky kterým vzniklo celkem 5 skupin, ve kterých jsou sledovány změny jednotlivých charakteristik (tab. 3).

Prvním z nich byla podmínka nepřerušené řady měření minimální i maximální teploty vzduchu po celé sledované období 1991–2010.

Druhým kritériem byla nadmořská výška. Pro lepší představu o výškovém rozložení stanic byly tyto hodnoty vyneseny do bodového grafu. Jako vhodné stanice byly vybírány takové, které se nacházely v přibližně stejné nadmořské výšce a vytvářely tak skupiny. Rozptýl hodnot nadmořské výšky uvnitř jednotlivých skupin byl volen co nejmenší (maximálně 50 m), protože s rostoucí nadmořskou výškou klesá teplota vzduchu o $0,6^\circ\text{C}$ na každých 100 metrů. Zároveň bylo nutné volit co největší výškový rozdíl mezi jednotlivými skupinami, aby byly dostatečně zřetelné případné rozdíly v průběhu zjišťovaných charakteristik. Výjimkou jsou stanice Praha Libuš (303 m n. m.) a Tušimice (322 m n. m.), které jsou sice výše položené než ostatní stanice v dané skupině, avšak spadají do stejné klimatické oblasti (klasifikace dle Quitta, Příloha 1), a proto mohou být zařazeny mezi nížinné stanice.

Posledním kritériem byla co možná největší rovnoměrnost rozmístění stanic v jednotlivých skupinách. Pokud se nacházely dvě stanice blízko sebe, byla vybrána ta stanice, která se nachází blíže k 50. rovnoběžce severní šířky. Pro splnění všech kritérií byly zahrnuto i 5 stanic mimo vytyčený pás $49,5^\circ$ – $50,5^\circ$ severní šířky (stanice Milešovka, Liberec a Pec pod

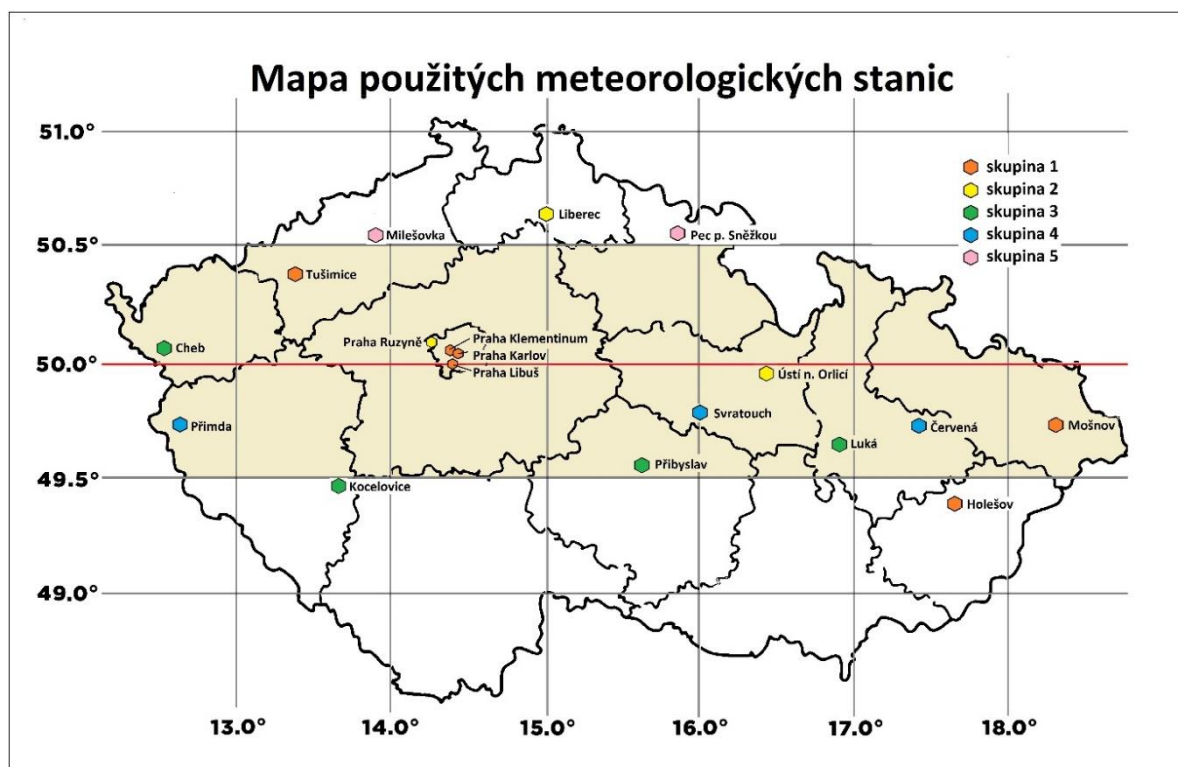
Sněžkou položených severněji a stanice Kocelovice a Holešov jižněji), avšak jsou v těsné blízkosti tohoto pásu. Přehled o prostorovém rozmístění jednotlivých stanic viz obr. 16.

Tab. 3 Přehled použité meteorologických stanic a jejich popisné charakteristiky

skupina	indikativ	lokalita	zeměpisná délka (° v.d.)	zeměpisná šířka (° s.š.)	nadmořská výška (m n. m.)	klimatická oblast (dle Quitta)
1	514	Praha Klementinum	14,42	50,09	191	T2
	774	Holešov	17,57	49,32	224	T2
	519	Praha Karlov	14,42	50,07	232	T2
	782	Mošnov	18,12	49,69	251	MT10
	520	Praha Libuš	14,45	50,01	303	T2
	438	Kadaň Tušimice	13,33	50,38	322	T2
2	518	Praha Ruzyně	14,26	50,1	364	T2
	603	Liberec	15,03	50,77	398	MT4
	679	Ústí nad Orlicí	16,42	49,98	402	MT7
3	406	Cheb	12,4	50,07	483	MT4
	710	Luká	16,95	49,65	510	MT5
	487	Kocelovice	13,84	49,47	519	MT7
	659	Příbrav	15,76	49,58	530	MT2
4	638	Svratouch	16,03	49,74	737	CH7
	423	Přimda	12,68	49,67	742	CH7
	766	Červená	17,54	49,78	750	CH7
5	643	Pec pod Sněžkou	15,72	50,69	816	CH6
	464	Milešovka	13,93	50,55	833	CH7

Quittova klasifikace pracuje s komplexem 14 klimatologických charakteristik, pomocí jejichž kombinací hodnot rozlišuje na území ČSSR 23 klimatických rajónů (jednotek) ve třech klimatických oblastech (teplá, mírně teplá a chladná). V teplé oblasti se nachází 5 jednotek (T1 nejchladnější nejvlhčí, T5 nejteplejší nejsušší), v mírně teplé 11 (MT1 nejchladnější nejvlhčí, MT11 nejteplejší nejsušší) a chladné 7 (CH1 nejstudenější, CH7 nejteplejší). Na území ČR nacházejí 2 teplé jednotky, 8 mírně teplých a 3 chladné. Původní klasifikace vychází z hodnot odečtených z Atlasu podnebí Československé republiky z roku 1958, revize a aktualizace je publikována v Atlasu podnebí Česka z roku 2007 (Tolasz, 2007).

Pozn.: barevné rozlišení tabulky: oranžová (teplá oblast), žlutá (mírně teplá oblast), modrá (studená oblast); použité zkratky: T (teplá oblast), MT (mírně teplá oblast), CH (chladná oblast)



Obr. 16 Mapa použitých meteorologických stanic

4.2. Popis dílčích analýz

Charakteristiky minimální (t_{min}) a maximální (t_{max}) teploty vzduchu jsou analyzovány pro každý den (tj. 12., 13. a 14. května) odděleně. Bylo hodnoceno:

- hodnocení pravděpodobnosti výskytu hodnot t_{min}/t_{max} (percentily);
- analýza synoptických situací;
- variabilita hodnot t_{min}/t_{max} v jednotlivých skupinách v období 1991–2010;
- analýza nízkých hodnot t_{min} z hlediska nebezpečnosti pro zemědělství.

4.2.1. Hodnocení pravděpodobnosti výskytu hodnot t_{min}/t_{max} (percentily)

Zprvu byly pro jednotlivé dny na každé stanici zvlášť zhodnoceny naměřené hodnoty t_{min} a t_{max} podle platných kritérií WMO posuzujících jejich pravděpodobnost výskytu. Data byla zpracována pomocí funkce PERCENTIL v programu MS Excel, viz tabulka níže (tab. 4). Výstupem jsou tabulky přinášející přibližný nástin výskytu hodnot v jednotlivých intervalech (mimořádně studené až mimořádně teplé) a jejich vazbu na synoptické situace. Tato vazba je předmětem následující analýzy.

Tab. 4 Tabulka pravděpodobnostních kritérií pro hodnocení naměřených teplot vzduchu

Teplota vzduchu	Vzorec	Zabezpečení	Označení	Pravděpodobnost opakování
mimořádně studený	percentil 0,02	< 2 %		méně než jednou za 50 let
silně studený	percentil 0,099	2,0 – 9,9 %		méně než jednou za 10 let
studený	percentil 0,25	10,0 – 24,9 %		méně než jednou za 4 roky
normální	percentil 0,75	25,0 – 75,0 %		jednou za 2 roky
teplý	percentil 0,9	75,1 – 90,0 %		méně než jednou za 4 roky
silně teplý	percentil 0,98	90,1 – 98,0 %		méně než jednou za 10 let
mimořádně teplý	percentil 0,99	> 98,0 %		méně než jednou za 50 let

4.2.2. Analýza synoptických situací

Synoptickou situací se rozumí rozložení vzduchových hmot, atmosférických front, cyklon, anticyklon a jiných synoptických objektů určující ráz počasí nad určitou velkou geografickou oblastí. Klasifikace synoptických situací HMÚ/ČHMÚ obsahuje celkem 28 typů synoptických situací, 15 cyklonálních a 13 anticyklonálních (Tolasz, 2007). Popis jednotlivých situací (tab. 5 až tab. 8), grafické znázornění jednotlivých situací v příloze (Příloha 2).

Nejprve byly vypočtena celková četnost jednotlivých synoptických situací a jejich četnosti v jednotlivých dnech podle kalendáře synoptických situací ze dnů 12.–14. květen (období 1991–2010, Příloha 3), dále pak jejich rozdělení podle typu (cyklona/anticyklona).

Aby bylo možné alespoň přibližně charakterizovat povahu jednotlivých synoptických situací, byla pozorována míra odchylek od 20ti-letého průměru t_{min}/t_{max} . Odchytkou se rozumí rozdíl mezi naměřenou hodnotou teploty vzduchu a dlouhodobým průměrem nebo normálem.

Z naměřených hodnot t_{min} a t_{max} byl pro každý den a stanici zvlášť vypočítán 20ti-letý průměr a odchylky od něj. Následovalo připojení kalendáře synoptických situací. Data byla vložena do jednoho datového souboru a seřazena podle druhu synoptické situace. Tímto způsobem byly ke každé synoptické situaci přiřazeny odpovídající odchylky a z těchto hodnot byl vygenerován histogram s rozpětím tříd po 1,0 °C. Četnosti hodnot v jednotlivých intervalech byly pro lepší porovnatelnost převedeny na procenta. Dle tabulárních výstupů lze přibližně porovnávat chování t_{min} a t_{max} jednotlivých situací.

Tab. 5 Popis jednotlivých synoptických situací používaných na území ČRPřevzato z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetnostnich-situaci#>

označení	název	popis
Wc	západní cyklonální situace	Řídicími tlakovými útvary jsou studená cyklona v oblasti Islandu až Norského moře a teplá anticyklona nacházející se nad Azory až Španělskem. Frontální zóna probíhá z Atlantiku přes Britské ostrovy - Dánsko - sever Německa do jižního Pobaltí a dále na severovýchod, přičemž fronty aktivně zasahují i naše území a střídají se zde teplé a studené vzduchové hmoty. Vyskytuje se celoročně, nejčastěji však v zimě a létě.
Wcs	západní cyklonální situace s jižní dráhou	Oproti situaci <i>Wc</i> se liší pozicí řídicí cyklony, jež je posunuta jižněji (Skotsko - Severní moře - jih Skandinávie), řídicí anticyklona setrvává v oblasti Azorských ostrovů. Frontální zóna probíhá v ose Francie - Alpy - ČR - Slovensko a dále na SV. Na území ČR zasahují většinou okluzní fronty nebo jižně procházející vlny, takže převážně zůstává v chladném vzduchu a jen zřídka se dostává do teplého sektoru.
Wa	západní anticyklonální situace	Řídicí cyklona setrvává mezi Grónskem, Islandem a SZ pobřežím Norska. Oblast vyššího tlaku vzduchu se rozprostírá od Azorů přes Biskajský záliv, Francii a dále do střední Evropy, přičemž ČR leží na jejím severním okraji a přecházející teplá fronta z oceánu na pevninu zasahuje jen naše severní pohraničí. V poslední den této situace přechází celým územím ČR studená fronta. Nejčastěji se vyskytuje v létě a na podzim, na jaře jen velmi zřídka.
Wal	západní anticyklonální situace letního typu	Jednotlivé anticyklony ze subtropických šířek Atlantiku postupují jednotlivě přes Francii a střední Evropu dále na východ, přičemž v mělkých brázdách vzniká ve střední Evropě přechodné JZ proudění, ve kterých se studené fronty vlní. Vyskytuje se v květnu až září.
NWc	severozápadní cyklonální situace	Řídicí cyklona se nachází nad střední a severní Skandinávií, řídicí anticyklona setrvává nad Atlantikem v prostoru mezi Irskem, Biskajským zálivem a Azorami. Frontální zóna přechází jižně od Islandu přes Severní moře, Dánsko a jižní Polsko nad Ukrajinu. Mezi studeným vzduchem pronikajícím v týle řídicí cyklony přes Grónsko k jihozápadu a teplým vzduchem proudícím poblíž výškové brázdy nad západními oblastmi Atlantického oceánu se tvoří v severních částech Atlantiku výrazné tepelné rozhraní. Na něm vznikají v okolí Islandu frontální vlny, které postupují ve frontální zóně k jihovýchodu, a zasahují střední Evropu zpravidla ještě v neuzavřeném (neokludovaném) stádiu. Vyskytuje se nejčastěji v zimě, nejméně na jaře.
NWa	severozápadní anticyklonální situace	Je velmi podobná situaci <i>NWc</i> , oproti níž jsou řídicí útvary lehce posunuty k severu až severovýchodu (cyklona nad Bílým mořem, anticyklona nad západní Evropou). Výsledkem je stejná frontální zóna jako u situace <i>NWc</i> , ale je posunuta severněji. Nejčastěji se vyskytuje na podzim, vyrovnané zastoupení během zimy a jara, minimum v letních měsících.
Nc	severní cyklonální situace	Výškové tlakové pole situace je vždy tvořeno řídicí cyklónou nad Finskem a Pobaltím a cyklónou v severozápadní části Atlantiku. Mezi nimi se rozkládá mohutný hřeben vysokého tlaku probíhající z Azor přes Britské ostrovy na Grónsko. Frontální zóna probíhá z Norského moře přes Kattegat do střední Evropy. Jednotlivé frontální vlny z atlantské cyklony (přinášející studený vzduch ze severu) postupují do střední Evropy, kde následně okludují a zanikají ve výběžku vysokého tlaku nad Alpami. Situace se vyskytuje celoročně s výrazným minimem na konci léta a výrazným maximem na konci zimy.
NEc	severovýchodní cyklonální situace	Situaci lze rozdělit na dvě skupiny lišící se především stavem cirkulace nad Atlantikem a západní Evropou, při obou však při zemi proudí do střední Evropy od severu až severovýchodu (někdy i velmi) studený vzduch. Nejčastěji se tvoří uprostřed léta, nejméně se vyskytuje na podzim a na počátku zimy.

Tab. 6 Popis jednotlivých synoptických situací používaných na území ČRPřevzato z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci#>

označení	název	popis
<i>NEa</i>	severovýchodní anticyklonální situace	Situaci lze dělit na dvě skupiny. Rozdíl se neprojevují ve střední Evropě, nýbrž spočívají v odlišnosti cirkulace nad Atlantským oceánem, západní a střední Evropou. První skupina (4krát četnější) se vyznačuje přízemní a výškovou tlakovou výší v oblasti jižní Skandinávie a Norského moře s výběžkem do střední Evropy. Druhá skupina je charakterizována hřebenem vysokého tlaku vzduchu hřebenem vysokého tlaku při zemi i ve vyšších hladinách, který se vysouvá přes Britské ostrovy a Skandinávii na Baltické moře a od severozápadu a severu zasahuje i do střední Evropy. Obecně se situace <i>NEa</i> vyskytuje nejčastěji na jaře a počátku léta, nejméně na konci zimy a podzimu.
<i>Ec</i>	východní cyklonální situace	Cirkulaci ve střední Evropě určuje stacionární cyklona se středem nad Tyrhénským mořem a oblast vysokého tlaku vzduchu ležící nad Fénoskandií. Kolem tlakové níže proudí do střední Evropy ve výšce od východu až jihovýchodu teplý vzduch, naopak tlaková výše na severu vyvolává v nižších hladinách příliv studeného vzduchu od severovýchodu do střední Evropy. V takovém systému proudění vznikají nad střední Evropou výstupné výkluzné pohyby. Nejvíce se vyskytuje na jaře (březen) a nejméně na konci léta a začátku podzimu.
<i>Ea</i>	východní anticyklonální situace	Je dále dělena do dvou skupin. První (třikrát častější) je charakterizována anticyklonou nad Evropou (střed v oblasti Skandinávie až Pobaltí), jež zasahuje až do střední Evropy a udává zde ráz počasí. Na oceáně je řídicí cyklona mezi Grónskem a Islandem. Frontální zóna vede ze středního Atlantiku k východu, před Britskými ostrovy se stáčí k SV (Barentsovo moře). Druhá skupina má zonální ráz cirkulace s polohou frontální zóny v rovnoběžkovém směru ze severního Atlantiku přes severní Evropu na východ. Ve střední Evropě převládá příliv studeného vzduchu, který se v létě prohřívá. Situace <i>Ea</i> se nejčastěji vyskytuje na začátku jara a uprostřed zimy, nejméně uprostřed léta.
<i>SEc</i>	jihovýchodní cyklonální situace	Výškové tlakové pole situace je tvořeno hřebenem vysokého tlaku, probíhajícími přes Černé moře a Ukrajinu na Skandinávii, s anticyklonou nad Ukrajinou a brázdou nízkého tlaku, vybíhající z Islandské cyklóny do západního Středomoří, kde bývá samostatný střed nízkého tlaku. Při zemi leží nejčastěji střed stacionární anticyklóny nad Moskevskou oblastí a střed řídicí cyklóny nad Ligurským mořem. Krátká a slabě vyjádřená frontální zóna s vchodem nad Sicílií probíhá přes Východní Alpy a Čechy na Dánsko. Situace se vyskytuje poměrně málo a převážně jen v zimním období s maximem při nástupu zimy.
<i>SEa</i>	jihovýchodní anticyklonální situace	Situace je tvořena mohutnou řídicí anticyklonou v oblasti Pobaltí a Skandinávie. Její výškové a přízemní tlakové pole vytváří dvě skupiny situací, avšak přes jejich rozdílná tlaková pole a polohy frontální zóny se obě projevují ve střední Evropě cirkulačně shodně. Kolem řídicí anticyklony nad pevninou proudí studený vzduch od severu přes Ukrajinu na Balkán a odtud k severozápadu na naše území. Obě skupiny se vyskytují stejně často a takřka výlučně v přechodnou roční dobu a v zimě.
<i>Sa</i>	jižní anticyklonální situace	Výškové tlakové pole situace je tvořeno mohutným hřebenem vysokého tlaku, sahajícími ze severní Afriky přes střední a východní Evropu k severu, a brázdou nízkého tlaku probíhající z Norského moře přes Britské ostrovy na Biskajský záliv. Frontální zóna probíhá od SZ cípu Pyrenejského poloostrova přes Anglii podél západního břehu Skandinávie na Barentsovo moře. Na naše území proudí od jihu až jihovýchodu teplý vzduch. Vyskytuje se převážně v přechodných ročních dobách.

Tab. 7 Popis jednotlivých synoptických situací používaných na území ČR

Převzato z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci#>

označení	název	popis
<i>SWc1</i>	jihozápadní cyklonální situace	Na rozdíl od situace <i>SWc2</i> , <i>SWc3</i> a <i>SWa</i> (charakteristické výraznou frontální zónou téměř v zonálním směru) je tato situace meridionální. Stacionární výšková cyklona nad Britskými ostrovy způsobuje ve střední Evropě JZ proudění poměrně teplého vlhkého vzduchu. Nejčastěji se vyskytuje v letním období od května do září.
<i>SWc2</i>	jihozápadní cyklonální situace	Frontální zóna prochází od JZ k SV v prostoru Britské ostrovy – Baltské moře. Teplá anticyklona leží nad Středozezemním mořem, cyklona leží jižně od Islandu a způsobuje příliv studeného vzduchu z oblasti Grónska k jihovýchodu. Velký teplotní kontrast podporuje tvoření frontálních vln, které aktivně zasahují střední Evropu a tak se naše území dostává střídavě do teplého a studeného vzduchu. Situace je poměrně častá a vyskytuje se po celý rok s přibližně stejnou četností.
<i>SWc3</i>	jihozápadní cyklonální situace	Frontální zóna probíhá přes střední Evropu od JZ k SV. Střed teplé anticyklony leží nad severem Afriky a její výběžek zasahuje až na Balkán, studená cyklona leží nad Severním mořem až Britskými ostrovy. Studený vzduch pronikající od Islandu k jihu se setkává s velmi teplým a poměrně vlhkým JZ proudem. Mezi takto odlišnými vzduchovými hmotami vzniká ostré rozhraní, po němž postupují frontální vlny přes jižní Francii, Bavorsko a Čechy do Polska, často i dále k severovýchodu. Nejčastěji se tato situace vyskytuje v létě, nejméně v zimě.
<i>SWa</i>	jihozápadní anticyklonální situace	Vyznačuje se brázdou nízkého tlaku vzduchu nad východním Atlantikem, na východ od ní vysunut hřeben vysokého tlaku vzduchu přes Španělsko do střední Evropy. Mezi nimi probíhá frontální zóna ze střední části Atlantiku přes Britské ostrovy na Skandinávii. Při této situaci trvá ve střední Evropě anticyklonální ráz počasí při jihozápadním proudění. Nejčastěji se vyskytuje koncem podzimu a v první polovině zimy.
<i>B</i>	brázda nízkého tlaku nad střední Evropou	Řídící cyklóna je v oblasti západní Skandinávie, z níž vychází brázda zasahující až nad Středozezemní moře. Anticyklóny se rozprostírají nad oceánem a evropskou částí Ruska. Atlantická frontální zóna směřující nad Biskajský záliv se v západní Evropě rozpadá. Tato fronta podporuje příliv studeného vzduchu od SZ do západního středomoří. V oblasti severní Itálie a Středozezemního moře přílivem prudšího teplého vzduchu od JV a zmiňovaného studeného vzduchu vzniká nová frontální zóna, která přechází přes Maďarsko, Slovensko a Polsko dále k východu. Z našeho území je ovlivňována převážně Morava, Čechy méně. Nejčastěji se situace vyskytují v dubnu, květnu, v říjnu až prosinci, nejméně v srpnu.
<i>Bp</i>	brázda postupující přes střední Evropu	Odlišuje se od situace <i>B</i> tím, že cyklóna se rozkládá v oblasti Islandu. Vysoký tlak leží západně od Pyrenejského poloostrova a druhý nad evropskou částí Ruska. Mezi těmito anticyklónami postupuje brázda nízkého tlaku od západu k východu, přes střední Evropu. Na frontálním rozhraní, které leží v ose této brázdy, postupují od jihu k severu plytké frontální vlny. V návaznosti s přemístěním brázdy mění z části polohu i obě tlakové výše. Vysoký tlak, který se rozprostírá nad oceánem, se rozšiřuje ke konci situace do střední Evropy. Přejít brázdy bývá poměrně rychlý, z čehož lze odvodit i jeho krátké trvání. Největší zastoupení má v letním období, nejméně v zimě.
<i>Vfz</i>	vchod frontální zóny	Situace je tvořena tlakovým sedlem nad střední Evropou, vždy mezi čtyřmi šachovitě rozloženými stacionárními tlakovými útvary (dle jejich polohy ji lze dále dělit). Jednotlivé frontální poruchy postupují od západu přes Britské ostrovy sedlem přes střední Evropu dále k jihovýchodu. Vyskytuje nejčastěji v zimě a na jaře, nejméně na podzim.

Tab. 8 Popis jednotlivých synoptických situací používaných na území ČRPřevzato z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetnostnich-situaci#>

označení	název	popis
C	cyklóna nad střední Evropou	Hlavním rysem situace je stacionární cyklona vyjádřena obzvláště ve výšce, jež leží v západní části střední Evropy. Vysoký tlak nad SZ částí Ruska a Skandinávií a nad Atlantikem jsou spojené sedlem v oblasti Britských ostrovů. Frontální zóna přechází Island a směřuje na SV. Okolo řídicí cyklony postupují přízemní frontální poruchy. Velký vliv na počasí v ČR má její poloha – naše území zasahují frontální poruchy od JV a někdy i ze severu. Vyskytuje se celoročně, největší zastoupení má v letních měsících.
Cv	cyklóna výšková	Charakteristické je vytvoření poměrně malé výškové cyklóny nad Severním mořem. Na začátku situace je výškové tlakové pole tvořeno hřebenem vysokého tlaku, který přes střední Evropu spojuje azorskou anticyklónu s anticyklónou nad východní Evropou. Studená výšková cyklóna rychle proniká kolem azorské anticyklóny, která se přechodně vysouvá k severovýchodu ze Severního moře přes hřeben vysokého tlaku k jihu. Přízemní tlakové pole je tvořeno hřebenem vysokého tlaku nad střední Evropou, který přemostňuje azorskou a východoevropskou anticyklónu. Přechod výškové cyklóny napříč hřebenem nebývá v přízemním tlakovém poli vyjádřen. Protože celý proces přesunu výškové cyklóny narušuje dosavadní zonální cirkulaci jen na krátkou dobu, a to ještě jen ve výšce, nelze jej přičlenit k žádné jiné typické situaci.
Ap	putující anticyklóna	Cirkulačního hlediska se jedná o přechodný typ. Je tvořena anticyklónami, vyjádřenými pouze v přízemním tlakovém poli, které se pohybují ve směru řídicího proudění přes střední Evropu. Jsou to uzavírající anticyklóny situací jihozápadních, západních a severozápadních a podružná jádra vysokého tlaku vzniklá oddělením od stacionárních anticyklón nad Azorami a nad Grónskem. Délka trvání situace je poměrně malá (průměrně 2 dny) a podle směru dráhy pohybu je podrobněji dělena (Ap_1 až Ap_4). Dráha Ap_1 : Azory - Španělsko - Bavorsko - ČR - sever Ukrajiny. Délka trvání 1 den, přibližně 10 % všech případů, nerovnoměrně během celého roku, nejvíce však na podzim. Dráha Ap_2 : po 50. rovnoběžce z jižní Anglie - ČR - Ukrajina. Délka trvání 2 dny, přibližně 50 % všech případů s výrazným maximem v přechodných ročních dobách a s minimem v létě a zimě. Dráha Ap_3 : Shetlandy - Severní moře - jižní Karpaty. Délka trvání 2-3 dny, přibližně 30 % všech případů, rovnoměrně během celého roku, nejméně v létě. Dráha Ap_4 : jižní Skandinávie - Polsko - Balkán. Situace tvořena pouze jádry vysokého tlaku, která pronikla z oblasti grónské anticyklony nad Norské moře. Délka trvání značně proměnlivá (1 až 4 dny), přibližně 10 % všech případů s maximem výskytu na podzim. Četnost výskytu situace Ap jako celku má výrazný roční chod s dvěma maximy v přechodných ročních dobách a s minimy v únoru a v červnu.
A	anticyklóna nad střední Evropou	Tlaková výše je nad střední Evropou (většinou je stacionární, severně od 50. rovnoběžky) a svými okraji zasahuje nad západní a JZ Evropu. Stacionární cyklona setrvává nad jižním Grónskem a přilehlou částí Atlantiku, východním středomořím a Tureckem. Frontální zóna přechází z mírných šířek Atlantického oceánu do severní Skandinávie, odkud se stáčí na JV. Nejčastěji se vyskytuje na podzim a v zimě, minimum v létě.

4.2.3. Analýza skupin

Pro porovnání variability t_{min} a t_{max} v jednotlivých skupinách byla zvolena jako výchozí charakteristika *suma teplot*. Je to charakteristika teplotního režimu oblasti, která se mimo jiné používá k porovnávání teplotních poměrů různých míst ve stejném období. Stanovuje se jako součet hodnot teploty vzduchu (zde t_{min} , t_{max}) zaznamenané ve zvoleném období (ČMeS, 2015).

Každý sledovaný den (tj. 12., 13. a 14. květen) byl analyzován zvlášť. V každé skupině byly sečteny naměřené hodnoty teploty vzduchu (tj. minimální/maximální) za každý rok, čímž vznikla suma teplot. Protože jednotlivé skupiny nezahrnují vždy stejný počet stanic, vypočítaná suma teplot byla následně zprůměrována počtem stanic, které daná skupina zahrnuje. Tyto hodnoty jsou výchozí pro další postup (*suma teplot průměrná*). Jejich chod v průběhu sledovaného období jsou vyjádřeny grafem, ke kterému je připojen kalendář synoptických situací. Předchozí analýza odchylek hodnot t_{min} a t_{max} během jednotlivých synoptických situací vysvětlují maximální a minimální hodnoty naměřených hodnot *sum teplot průměrná*.

Dále byl z hodnot *suma teplot průměrná* vypočítán v jednotlivých skupinách 20ti-letý průměr. Následně byly sledovány odchylky od něj v každé skupině (samostatně pro dny 12., 13. a 14. květen), podle kterých lze přibližně charakterizovat teplejší a chladnější roky než je průměr a jejich střídání v čase.

V programu Statistika® byly analyzovány trendy hodnot *suma teplot průměrná* pomocí lineární regrese s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Výsledkem bylo proložení dat přímkou y s analytickým tvarem:

$$y = b_0 \pm b_1 * t$$

kde je:

y – vysvětlovaná neboli závislá proměnná: zde suma teplot *průměrná* t_{min}/t_{max}

t – vysvětlující čili nezávislá proměnná (regresor): zde čas t . Jinými slovy, čas je jediný faktor ovlivňující závislou proměnnou (*suma teplot průměrná* t_{min}/t_{max})

b_0 – konstanta čili absolutní člen (intercept), udává hodnotu závislé proměnné y , je-li hodnota regresoru (t) rovna nule

b_1 – regresní koeficient: udává jednotkovou změnu závislé proměnné (y), když se nezávislá proměnná (t) změní o jednotku (znaménko před b vyjadřuje hlavní tendenci dlouhodobého vývoje hodnot *sum teplot*; + znamená rostoucí trend, - znamená klesající trend, je-li $b_1 = 0$, trend je konstantní).

Současně byla provedena korelační analýza, jež určuje sílu závislosti proměnné (*suma teplot průměrná*) na čase t pomocí Pearsonovova korelačního koeficientu r . Jedná se o bezrozměrnou veličinu s rozsahem od -1 do +1. Rovná-li se korelační koeficient +1, existuje mezi proměnnými funkční přímá závislost. Obdobně, rovná-li se korelační koeficient -1, mezi proměnnými je nepřímá funkční lineární závislost. Pokud je roven nule (tj. $r = 0$) mezi proměnnými není závislost. Čím více se tedy korelační koeficient v absolutní hodnotě blíží hodnotě 1, tím považujeme danou závislost za silnější, čím více se blíží k nule, tím ji považujeme za volnější.

Při analýze je vygenerována hodnota p , jejíž hodnota se porovnává s hladinou významnosti α ($\alpha = 0,05$) pro zjištění statistické významnosti regresního koeficientu b_1 i korelačního koeficientu r . Platí-li:

- hodnota $p <$ hodnota významnosti α , jsou oba koeficienty statisticky významné;
- hodnota $p >$ hodnota významnosti α , jsou oba koeficienty statisticky nevýznamné.

(Hindls, 2007).

4.2.4. Analýza minimální teploty vzduchu

Analýza se zaměřuje na četnosti výskytu situací, při nichž je možný výskyt mrazů a mrazíků, které představují riziko poškození vyvíjející se vegetace. Mráz je definován jako t_{min} vzduchu nižší než $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jako mrazík je považována situace, kdy ve standardní výšce měření teploty vzduchu (tj. 2 metry nad zemským povrchem) jsou hodnoty sice vyšší než $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ovšem při zemi je již možný výskyt hodnot blížících se nule (ČMeS, 2015). Pro účely hodnocení výskytu mrazíků byla stanovena hranice $t_{min} < 5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a dále rozdělen na slabý a silný mrazík, viz tabulka níže (tab. 9).

Tab. 9 Klasifikace mrazíků a mrazu

název	interval t_{min}	horní hranice	spodní hranice	označení
mírný mrazík	$(5,0; 3,0 >$	4,9	3,0	
silný mrazík	$(3,0; 0,0 >$	2,9	0,0	
mráz	$(0,0; -3,0 >$	-0,1	-3,0	

Nejprve byly z datových souborů 12., 13. a 14. května vybrány hodnoty minimální teploty $t_{min} < 5,0$ °C a synoptické situace, za kterých se vyskytly. Následně byly hodnoty t_{min} zařazeny do příslušných intervalů (slabý a silný mrazík, mráz). Byly sledovány:

- četnosti výskytu situace, kdy hodnota t_{min} vzduchu klesla pod stanovenou hranici 5,0 °C (dále jen situace) celkově (tj. všechny 3 dny dohromady) a v jednotlivých dnech (tj. 12., 13., 14. květen);
- četnosti slabých mrazíků, silných mrazíků a mrazů v jednotlivých dnech a celkově;
- časová a prostorová distribuce slabých mrazíků, silných mrazíků a mrazů v jednotlivých dnech.

Na základě četností výskytu situací s $t_{min} < 5,0$ °C byla vyhodnocena „nebezpečnost/rizikovost“ jednotlivých synoptických situací v oblasti zemědělství. Protože je zemědělství soustředěno především v nížinách, zohledňoval se výskyt situací s $t_{min} < 5,0$ °C ve skupinách 1 až 3 (nadmořská výška 191–530 m n. m.) a jejich synoptické situace. Ty byly klasifikovány jako:

- nebezpečné – synoptické situace přinášející i v nižších nadmořských výškách silné mrazíky a mrazy (t_{min} nižší než 3,0 °C), které mohou působit značné škody v rostlinné výrobě;
- potenciálně nebezpečné – synoptické situace přinášející i v nižších nadmořských výškách slabé mrazíky (t_{min} v intervalu 5,0 až 3,0 °C), které mohou poškodit vyvíjející se vegetaci;
- bez rizika – synoptické situace, u nichž nebyl zaznamenána žádná situace s $t_{min} < 5,0$ °C.

Dne 14. května lze velmi dobře sledovat souběžně u hodnot t_{min} a t_{max} chladné roky (1991, 1995, 2003, 2004, 2009 a 2010) s minimem roku 1995 (synoptická situace C), teplé roky (1992, 1993, 1996, 1997, 2007) s maximy roku 1997 (Sa) a 2007 (B) (obr. 19).

5.2. Analýza synoptických situací

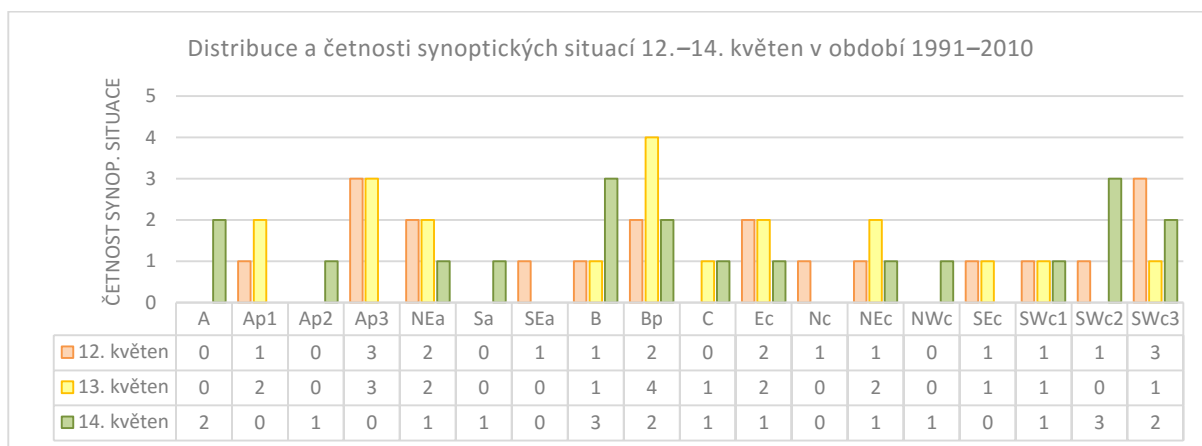
Ze všech 28 typů synoptických situací (dále jen situace) popsanych v Katalogu povětrnostních situací se během 12.–14. května v období 1991–2010 vyskytlo celkem 18 typů, z toho 7 anticyklonálních (žlutě) a 11 cyklonálních (zeleně) (tab. 10). Výrazně nedominuje žádná konkrétní synoptická situace, což se mj. odráží ve variabilitě naměřených hodnot t_{min} a t_{max} .

Celkově se nejvíce vyskytla situace Bp (8 x, celkově 13,3 % zaznamenaných synoptických situací), dále pak Ap₃ a SWc₃ (obě 6 x; 10,0 %) a B, Ec a NEa (5 x; 8,3 %). Konkrétně pak 12. května se nejčastěji vyskytla situace Ap₃ a SWc₃ (obě 3 x) dále pak Bp, Ec a NEa (všechny 2 x). Dne 13. května dominuje situace Bp (4 x) a Ap₃ (3 x), následují Ap₁, Ec, NEc a NEa (všechny 2 x). O den později 14. května jsou nejčetnější situace B a SWc₂ (obě 3 x), následují Bp, SWc₃ a A (všechny 2 x). Ostatní situace se vyskytují daný den během sledovaného období pouze jedenkrát nebo vůbec. Distribuce synoptických situací v čase uvádí graf níže (graf 1).

Tab. 10 Seznam synoptických situací a jejich četnosti

značka	název	celkově	celkově (%)	12.5.	13.5.	14.5.	značka	název	celkově	celkově (%)	12.5.	13.5.	14.5.
A	anticyklóna nad střed. Evropou	2	3,3	0	0	2	NWa	severozápadní anticyklon. situace	0	0	0	0	0
Ap ₁	putující anticyklóna	3	5	1	2	0	NWc	severozápadní cyklonální situace	1	1,7	0	0	1
Ap ₂	putující anticyklóna	1	1,7	0	0	1	Sa	jižní anticyklonální situace	1	1,7	0	0	1
Ap ₃	putující anticyklóna	6	10	3	3	0	SEa	jihovýchodní anticyklonální situace	1	1,7	1	0	0
Ap ₄	putující anticyklóna	0	0	0	0	0	SEc	jihovýchodní cyklonální situace	2	3,3	1	1	0
B	brázda nízkého tlaku nad stř. Ev.	5	8,3	1	1	3	SWa	jihozápadní anticyklonální situace	0	0	0	0	0
Bp	brázda postupující přes stř. Evr.	8	13,3	2	4	2	SWc ₁	jihozápadní cyklonální situace	3	5	1	1	1
C	cyklóna nad střední Evropou	2	3,3	0	1	1	SWc ₂	jihozápadní cyklonální situace	4	6,7	1	0	3
Cv	cyklóna výšková	0	0	0	0	0	SWc ₃	jihozápadní cyklonální situace	6	10	3	1	2
Ea	východní anticyklonální situace	0	0	0	0	0	Vfz	vchod frontální zóny	0	0	0	0	0
Ec	východní cyklonální situace	5	8,3	2	2	1	Wa	západní anticyklon. situace	0	0	0	0	0
Nc	severní cyklonální situace	1	1,7	1	0	0	Wal	západní anticyklon. sit. letního typu	0	0	0	0	0
NEa	severovýchodní anticyklon. sit.	5	8,3	2	2	1	Wc	západní cyklonální situace	0	0	0	0	0
NEc	severovýchodní cyklonální sit.	4	6,7	1	2	1	Wcs	západní cyklon. situace s jižní dráhou	0	0	0	0	0

Graf 1 Distribuce a četnosti synoptických situací během 12.–14. květen v období 1991–2010



Porovnáním typů synoptických situací (anticyklonální/cyklonální) bylo zjištěno, že celkově převažují cyklonální typy nad anticyklonálními, kdy na jednu anticyklonální situaci připadají přibližně 2 cyklonální (poměr 1 : 2,15). Jejich poměry jsou 12. a 13. května stejné (převaha cyklonálních, poměr 1 : 1,85), 14. května už připadají na jednu anticyklonální situaci tři cyklonální (poměr 1 : 3) (tab. 11).

Tab. 11 Srovnání četnosti cyklonálních a anticyklonální typů synoptických situací

	anticyklonální typ (A)	cyklonální typ (C)	poměr A : C
celkově	19	41	1 : 2,15
12. 5.	7	13	1 : 1,85
13. 5.	7	13	1 : 1,85
14. 5.	5	15	1 : 3

Bez ohledu na typ synoptické situace (A/C), je důležitá oblast, z které je vzduchová hmota přinášena. Obecně platí, že vzduchové hmoty ze severu přinášejí záporné hodnoty odchylek, z jihu naopak kladné.

Při srovnávání chodu t_{min} a t_{max} jsou patrné rozdíly mezi anticyklonálními a cyklonálními typy synoptických situací. Zatímco u cyklonálních typů se hodnoty odchylek t_{min} pohybují většinou v rozmezí 5,0 °C nad i pod 20ti-letý průměr, anticyklonální typy přinášejí záporné odchylky i 6,0 až 7,0 °C pod a kladné odchylky 7,0 až 8,0 °C nad 20ti-letý průměr. Vyšší hodnoty kladných odchylek t_{max} přinášejí spíše anticyklonální typy, naopak nízké hodnoty záporných odchylek t_{max} najdeme u cyklonálních typů (tab. 12, tab. 13).

Tab. 12 Procentuální zastoupení hodnot odchylek t_{max} od 20ti-letého průměru 1991–2010 u jednotlivých synoptických situací

t_{max}	<-12; -13>	<-11; -12>	<-10; -11>	<-9; -10>	<-8; -9>	<-7; -8>	<-6; -7>	<-5; -6>	<-4; -5>	<-3; -4>	<-2; -3>	<-1; -2>	<0; -1>	(0; 1>	(1; 2>	(2; 3>	(3; 4>	(4; 5>	(5; 6>	(6; 7>	(7; 8>	(8; 9>	(9; 10>	(10; 11>	(11; 12>	(12; 13>
Ap3	0	0	0	0	0	0,9	9,2	6,5	4,6	11,1	15,7	15,7	6,5	10,2	1,9	1,9	3,7	5,5	3,7	1,9	0,9	0	0	0	0	
Ap2	0	0	0	0	0	0	0	27,8	55,6	16,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ap1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9	11,1	14,8	3,7	0	1,9	0	5,5	20,4	20,4	3,7	11,1	5,5	0	0	0	0	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	5,5	30,6	33,3	22,2	2,8	0	2,8	0	0	0	
NEa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3	1,1	6,7	12,2	6,7	5,6	31,1	22,2	10,0	0	1,1	0	0	0	0	
Sa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38,9	38,9	16,6	5,6	0	0	0	
SEa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,6	22,2	33,3	27,8	11,1	0	0	
C	5,6	8,3	33,3	8,3	11,1	8,3	2,8	2,8	2,8	8,3	5,6	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NWc	0	0	0	0	0	0	5,6	11,1	11,1	27,7	11,1	16,7	5,6	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,1	50,0	33,3	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	1,1	0	8,9	5,5	4,4	2,2	4,4	7,8	16,7	12,2	2,2	6,7	6,7	0	1,1	0	0	0	1,1	3,3	8,9	5,5	1,1	0	0	
NEc	0	0	0	1,4	0	1,4	6,9	6,9	2,8	4,1	4,1	14,0	12,6	11,2	9,7	8,3	2,8	5,5	4,1	0	2,8	0	1,4	0	0	
SWc3	0	0	0	0	0,9	1,9	6,5	4,6	1,9	10,2	14,8	13,9	19,4	17,6	8,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ec	0	0	0	0	0	1,1	10,0	4,4	12,2	13,4	11,1	13,3	18,9	6,7	1,1	6,7	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bp	0	0	0	0	1,4	4,9	6,3	8,3	7,6	6,9	4,2	9,0	11,1	11,1	9,0	11,1	4,2	4,2	0,7	0	0	0	0	0	0	
SWc2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4	0	13,9	30,6	15,3	13,9	19,4	5,5	0	0	0	0	0	0	
SEc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,6	16,6	52,8	19,4	2,8	2,8	0	0	0	0	
SWc1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9	3,6	11,1	20,4	22,2	31,5	1,9	5,5	1,9	0	0	0	

Tab. 13 Procentuální zastoupení hodnot odchylek t_{min} od 20ti-letého průměru 1991–2010 u jednotlivých synoptických situací

t_{min}	<-12; -13>	<-11; -12>	<-10; -11>	<-9; -10>	<-8; -9>	<-7; -8>	<-6; -7>	<-5; -6>	<-4; -5>	<-3; -4>	<-2; -3>	<-1; -2>	<0; -1>	(0; 1>	(1; 2>	(2; 3>	(3; 4>	(4; 5>	(5; 6>	(6; 7>	(7; 8>	(8; 9>	(9; 10>	(10; 11>	(11; 12>	(12; 13>
Ap3	0	0	0	0	2,8	6,5	10,1	14,0	12,0	14,8	12,0	14,8	6,5	2,8	1,9	0,9	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ap2	0	0	0	0	0	0	0	16,7	11,1	22,2	39,0	5,5	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ap1	0	0	0	0	0	0	0	0	3,7	5,5	11,1	22,2	20,4	22,2	11,1	1,9	0	0	0	0	1,9	0	0	0	0	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	16,7	8,3	16,7	0	8,3	19,4	8,3	13,9	5,6	0	0	0	0	0	0	0	
NEa	0	0	0	0	0	0	1,1	0	5,6	4,4	8,9	21,1	12,2	19,0	11,1	10,0	2,2	3,3	1,1	0	0	0	0	0	0	
Sa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,1	22,2	33,3	16,8	11,1	5,5	0	0	0	0	
SEa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	0	22,2	33,3	5,6	16,7	0	16,7	0	0	0	0	
C	0	0	0	0	0	0	8,3	13,8	8,3	25,0	16,8	13,8	5,6	0	2,8	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NWc	0	0	0	0	0	0	0	11,1	22,2	27,8	22,2	11,1	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nc	0	0	0	0	0	0	0	0	11,1	38,9	16,7	22,2	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	0	0	0	0	0	0	1,1	4,4	6,7	11,1	13,4	8,9	11,1	5,6	11,1	4,4	10,0	5,6	3,3	2,2	1,1	0	0	0	0	
NEc	0	0	0	0	0	0	1,4	0	9,7	13,9	23,6	15,3	11,1	8,3	2,8	5,6	8,3	0	0	0	0	0	0	0	0	
SWc3	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9	3,8	13,9	33,3	19,4	19,4	8,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ec	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	5,6	8,9	22,3	14,4	16,7	8,9	11,1	2,2	2,2	3,3	0	0	0	0	0	0	
Bp	0	0	0	0	0	0	0	1,4	7,6	5,6	7,6	10,4	14,6	21,6	20,1	7,6	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	
SWc2	0	0	0	0	0	0	0	2,8	2,8	0	9,7	16,7	19,4	20,7	18,1	5,6	2,8	1,4	0	0	0	0	0	0	0	
SEc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,9	2,8	19,4	11,1	25,0	19,4	5,6	2,8	0	0	0	0	0	0	0	
SWc1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	14,8	1,9	7,4	25,9	16,7	16,7	13,0	1,8	0	0	0	0	0	0	

Pozn. k **Tab. 12** a **Tab. 13**: Dominující hodnoty jsou vyznačeny tučně, anticyklonální typy (žlutě) synoptických situací zeleně, cyklonální (zeleně)

Při podrobnějším rozboru anticyklonálních typů synoptických situací je možné rozdělit těchto 7 situací následovně:

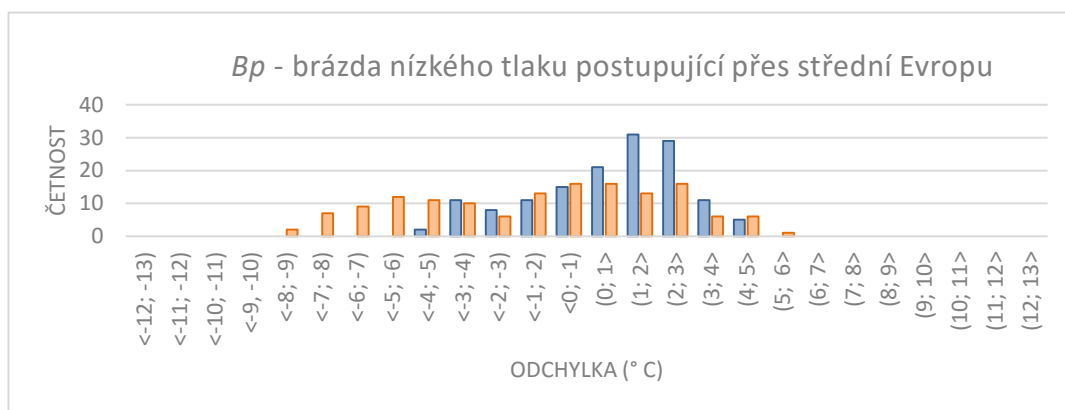
- **situace A, Ap_1 a NEa** přináší hodnoty odchylek t_{min} většinou kolem 20ti-letého průměru, nebo mírně nad (do $+3,0$ °C) a pod něj (cca do $-3,0$ °C). Hodnoty odchylek t_{max} se nachází u A a NEa v kladných hodnotách ($+3,0$ až $+6,0$ °C), u Ap_1 je možný výskyt hodnot mírně pod 20ti-letý průměr (většinou do $-3,0$ °C).
- **situace Ap_2 a Ap_3** přináší záporné hodnoty odchylek t_{min} (běžně $-1,0$ až $-6,0$ °C) a především pak Ap_3 i velmi nízké (i $-8,0$ až $-9,0$ °C), a proto je považována za vysoce nebezpečnou hlavně v oblasti pěstování zemědělských plodin. Hodnoty odchylek t_{max} nacházíme spíše pod 20ti-letý průměr (Ap_2 hodnoty odchylek $-3,0$ až $-6,0$ °C, Ap_3 od $-1,0$ až $-7,0$ °C), u Ap_3 i někdy nad (občas odchylky i kolem $+5,0$ °C).
- **situace Sa a SEa** jsou naopak považovány za „nejméně nebezpečné“ pro zemědělství, protože hodnoty odchylek t_{min} i t_{max} jsou vždy kladné (většinou $+2,0$ až $+7,0$ °C), a obzvláště u t_{max} nabývají vysokých hodnot (většinou $+6,0$ až $+9,0$ °C, u SEa až do $+11,0$ °C).

Zaměříme-li se podrobněji na cyklonální typy synoptických situací, lze je obdobně rozdělit následovně:

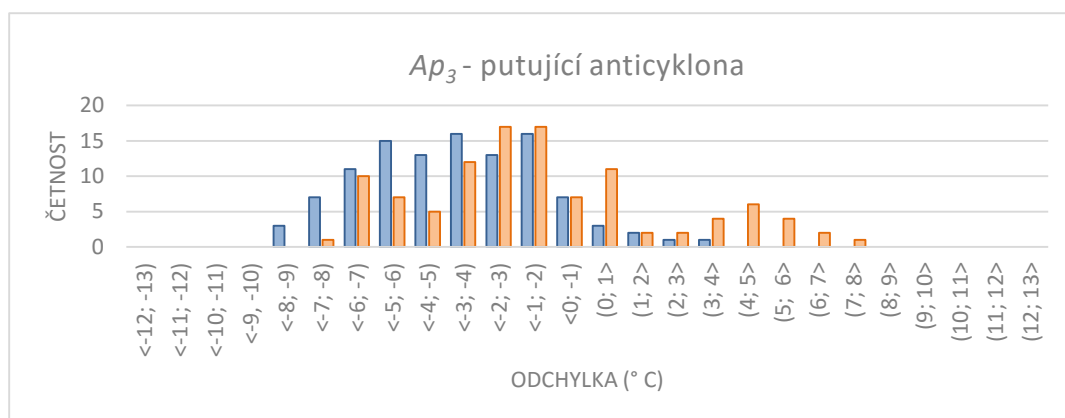
- **situace C, Nc a NWc** jsou (jako situace Ap_3 výše) pro zemědělce nejvíce obávanými. Hodnoty odchylek t_{min} jsou pravidelně záporné (hodnoty odchylek $-1,0$ až $-4,0$ °C), a často velmi nízké (u C a NWc až do $-7,0$ °C). Obdobně tomu je u odchylek t_{max} (odchylky $-1,0$ až $-6,0$ °C), především u C klesají hodnoty velmi hluboko pod 20ti-letý průměr (často i $-11,0$ °C a méně).
- **situace NEc** přináší u odchylek t_{min} i t_{max} širokou škálu hodnot. U t_{min} převažují hodnoty mírně pod 20ti-letým průměrem (většinou $-3,0$ až $0,0$ °C); u t_{max} se vyskytují většinou mírně pod (do $-3,0$ °C) a nad (do $+4,0$ °C) ním, ovšem byly zaznamenány i velmi nízké i vysoké hodnoty (i $-6,0$ °C a $+7,0$ °C).
- **situace B a Bp** jsou obdobně jako NEc velmi variabilní v hodnotách odchylek t_{min} i t_{max} , hodnoty odchylek t_{min} jsou však spíše kladné ($0,0$ až $+5,0$ °C), mohou ale i poklesnout do záporu (většinou do $-4,0$ °C). U t_{max} jsou u B převážně (i velmi) nízké (většinou kolem $-4,0$ °C, ale občas až $-10,0$ °C), u Bp jsou zaznamenány od poměrně nízkých přes lehce kladné hodnoty (od $-5,0$ do $+3,0$ °C).

- o **situace *Ec* a *SWc₃*** přináší hodnoty odchylek *t min* blízké 20ti-letému průměru (odchyly od -2,0 do +2,0 °C), hodnoty odchylek *t max* se drží u *SWc₃* většinou do 2,0 °C nad a pod průměrem, u *Ec* klesají většinou i velmi nízko (pravidelně -1,0 až -5,0 °C).
- o **situace *SEc*, *SWc₁* a *SWc₂*** patří v porovnání s ostatními cyklonálními typy k těm teplejším. Odchyly *t min* mají především kladné hodnoty (hodnoty odchylek většinou 0,0 až +5,0 °C), výjimečně klesnou pod 20ti-letý průměr (většinou do -2,0 °C); odchylky *t max* jsou vždy kladné (pravidelně +2,0 °C a více), především při situaci *SEc* a *SWc₁* jsou zaznamenávány velmi vysoké hodnoty (až +6,0 °C).

Níže jsou uvedeny histogramy synoptických situací s nejvyšší četností, tj. *Bp*, *Ap₃*, *SWc₃*, *B*, *Ec*, *NEa* (obr. 20 až 25), histogramy ostatních situací jsou v příloze (Příloha 4).

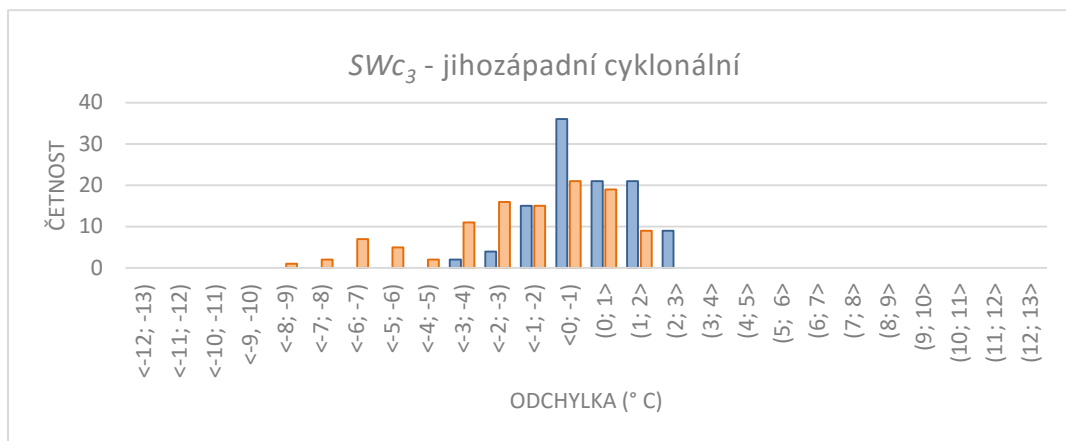


Obr. 20 Histogram synoptické situace *Bp* – brázda nízkého tlaku postupující přes střední Evropu

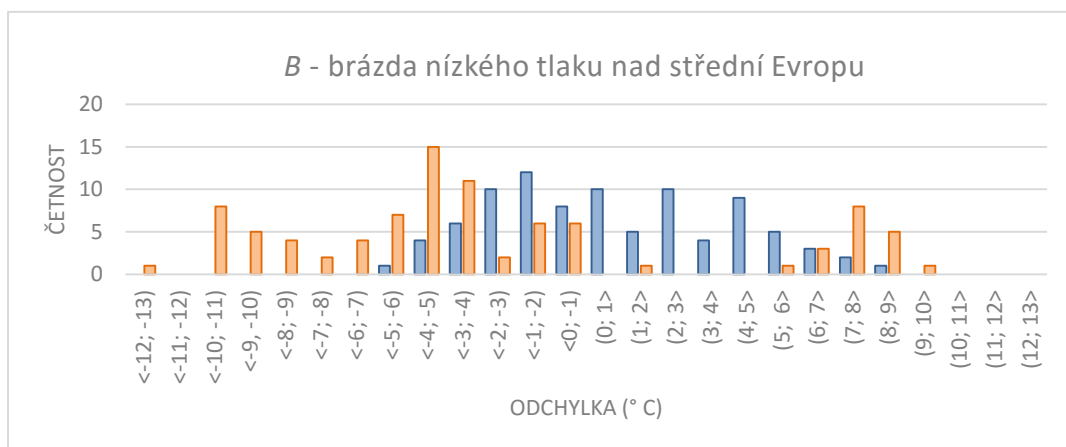


Obr. 21 Histogram synoptické situace *Ap₃* – putující anticyklona

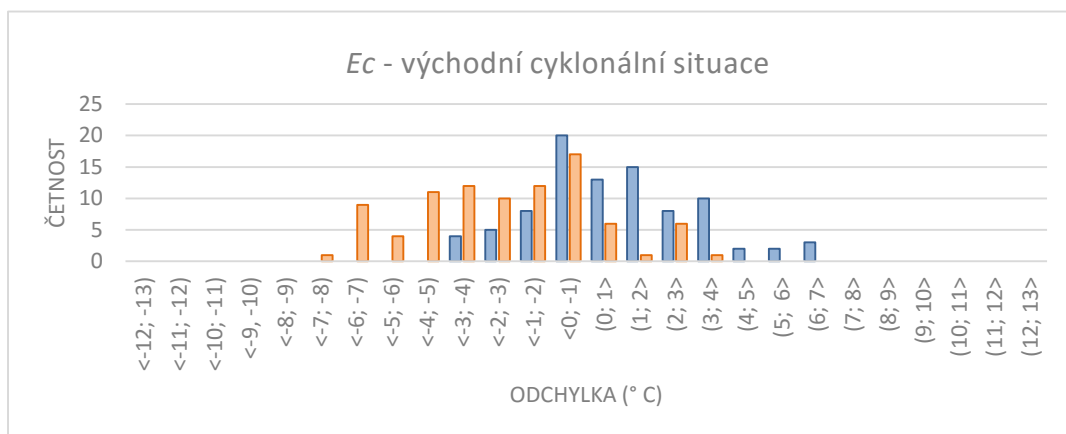
Poznámka k histogramům: odchylky *t min* vyjádřeny modře, odchylky *t max* oranžově



Obr. 22 Histogram synoptické situace SWc₃ – jihozápadní cyklonální

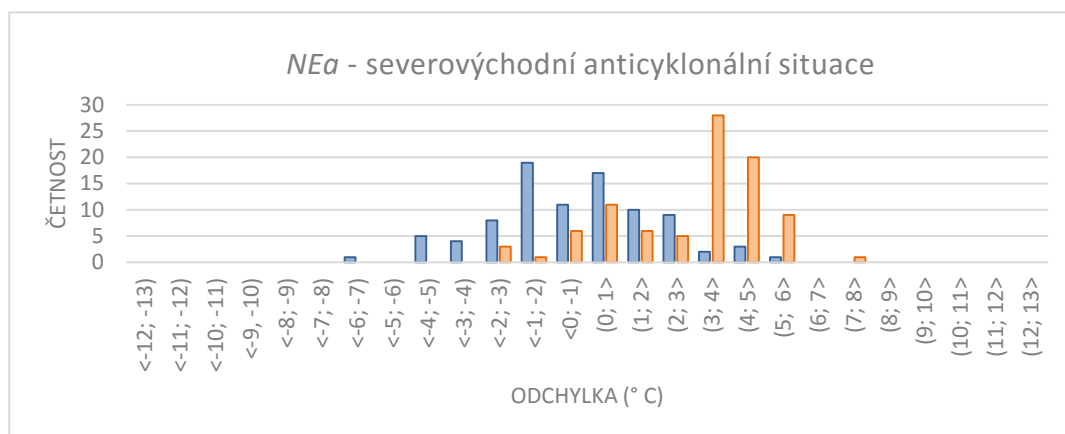


Obr. 23 Histogram synoptické situace B – brázda nízkého tlaku nad střední Evropou



Obr. 24 Histogram synoptické situace Ec – východní cyklonální

Poznámka k histogramům: odchylky *t* min vyjádřeny modře, odchylky *t* max oranžově



Obr. 25 Histogram synoptické situace *NEa* – severovýchodní anticyklonální

Poznámka k histogramům: odchylky t_{min} vyjádřeny modře, odchylky t_{max} oranžově

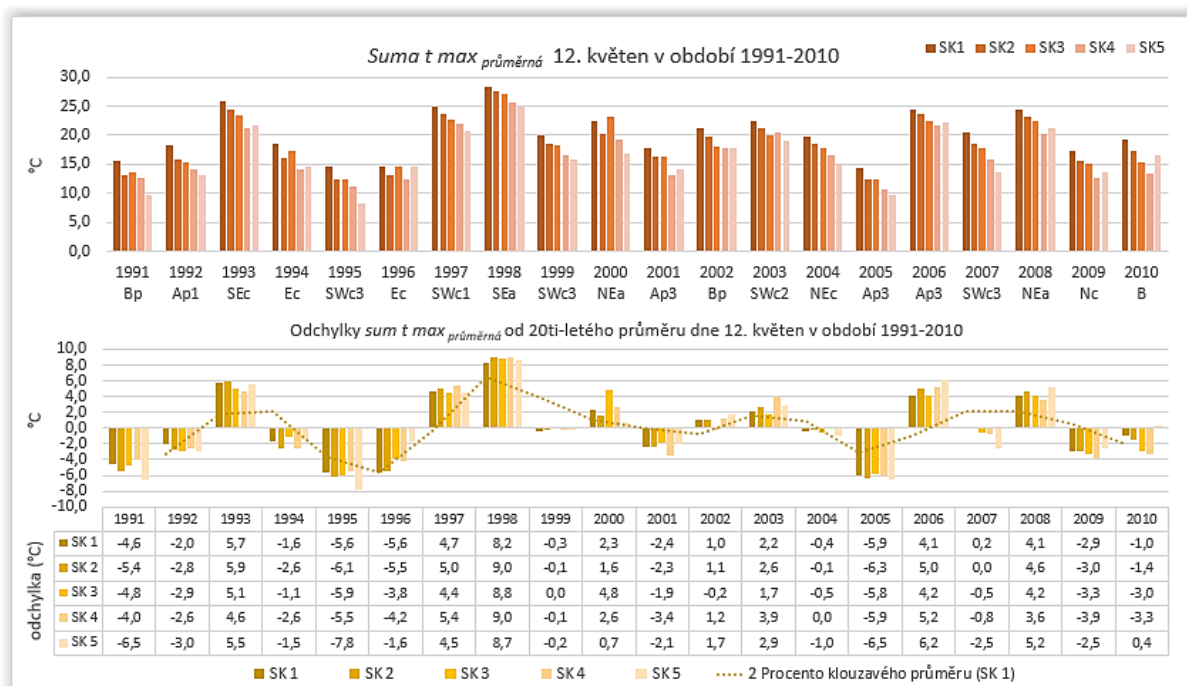
5.3. Analýza skupin

5.3.1. Analýza t_{max} skupin

12. květen

V horní části grafu (graf 2, nahoře) je jasně viditelná závislost na nadmořské výšce, kde s rostoucí nadmořskou výškou hodnota $sumy\ t_{max}\ průměrná$ klesá. Nápadné je střídání chladných ročníků, kdy byly zaznamenány relativně nižší hodnoty $sum\ t_{max}\ průměrná$ ve všech skupinách, s ročníky teplými, kdy byly naměřeny hodnoty relativně vyšší. Toto střídání má přibližně 4–5 letý cyklus, což naznačuje i průběh odchylek $sum\ t_{max}\ průměrná$ v dolní části grafu (graf 2, dole): po chladném roce (záporné odchylky) následuje rok teplejší, ale stále se zápornými odchylkami, další rok jsou již odchylky kladné (2–3 roky), poté zase klesají. Dobře je viditelný hlavně v prvním desetiletí. Pro dokreslení je uveden klouzavý průměr (skupina 1). Při chladných ročnících (nízké hodnoty odchylek; 1991, 1995, 1999, 2001, 2005, 2010) se objevily synoptické situace Ap_3 , Bp , Nc a SWc_3 , při teplých ročnících (vysoké hodnoty odchylek; 1993, 1998, 2003, 2006, 2008) Ap_3 , SEa , SEc , SWc_2 . Ve všech skupinách je pozorován slabý rostoucí trend $sumy\ t_{max}\ průměrná$, žádný z nich ale není statisticky významný.

Graf 2 Variabilita $sum\ t\ max$ průměrná (nahore) její odchylky od 20ti-letého průměru (dole) v jednotlivých skupinách dne 12. května v období 1991–2010



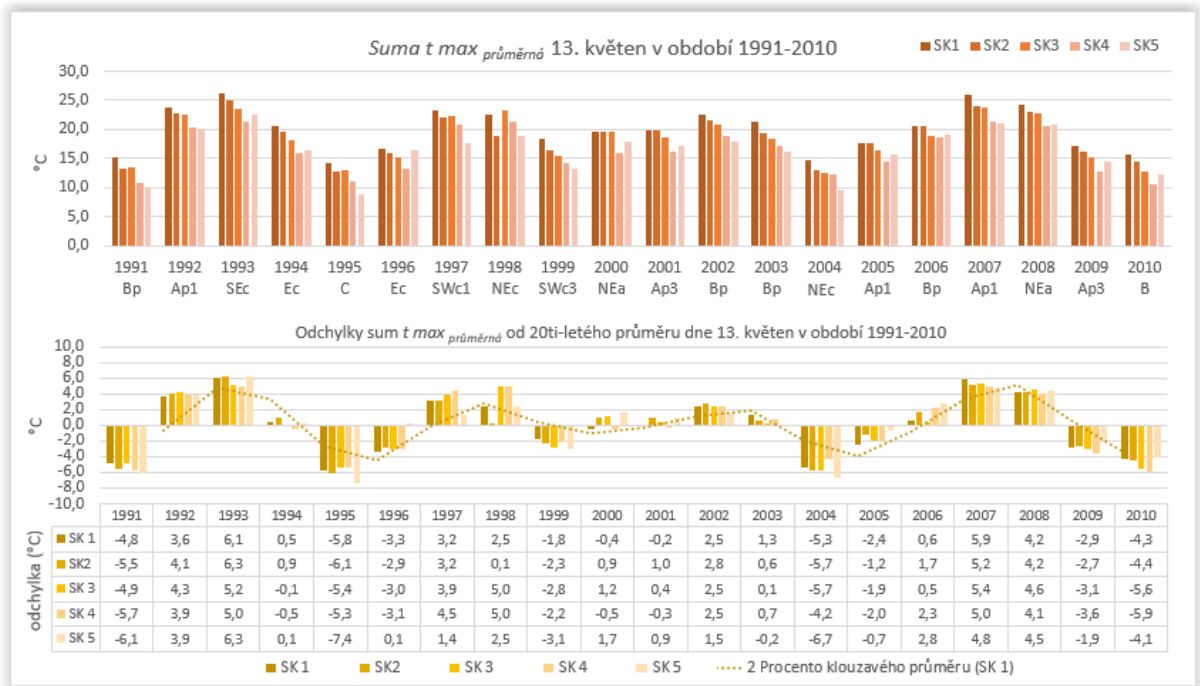
13. květen

V horní části grafu (graf 3, nahore) je opět jasně viditelné střídání chladných a teplých ročníků. Toto střídání má 4–5 letý cyklus, a je zřejmé v celém sledovaném období z průběhu odchylek $sum\ t\ max$ průměrná (graf 3, dole). Mezi chladné (nízké hodnoty záporných odchylek) spadají roky 1991, 1995, 1999, 2004, 2010 a vyskytly se při nich synoptické situace *B*, *Bp*, *C*, *NEc* a *SWc3*. Teplé roky (vysoké hodnoty kladných odchylek) byli zaznamenány roku 1993, 1997, 1998, 2002, 2007 při synoptických situacích *Ap1*, *Bp*, *NEc*, *SEc* a *SWc1*. Ve skupinách 1 až 4 je pozorován slabý klesající trend $sumy\ t\ max$ průměrná a ve skupině 5 slabý rostoucí, žádný z nich ale není statisticky významný.

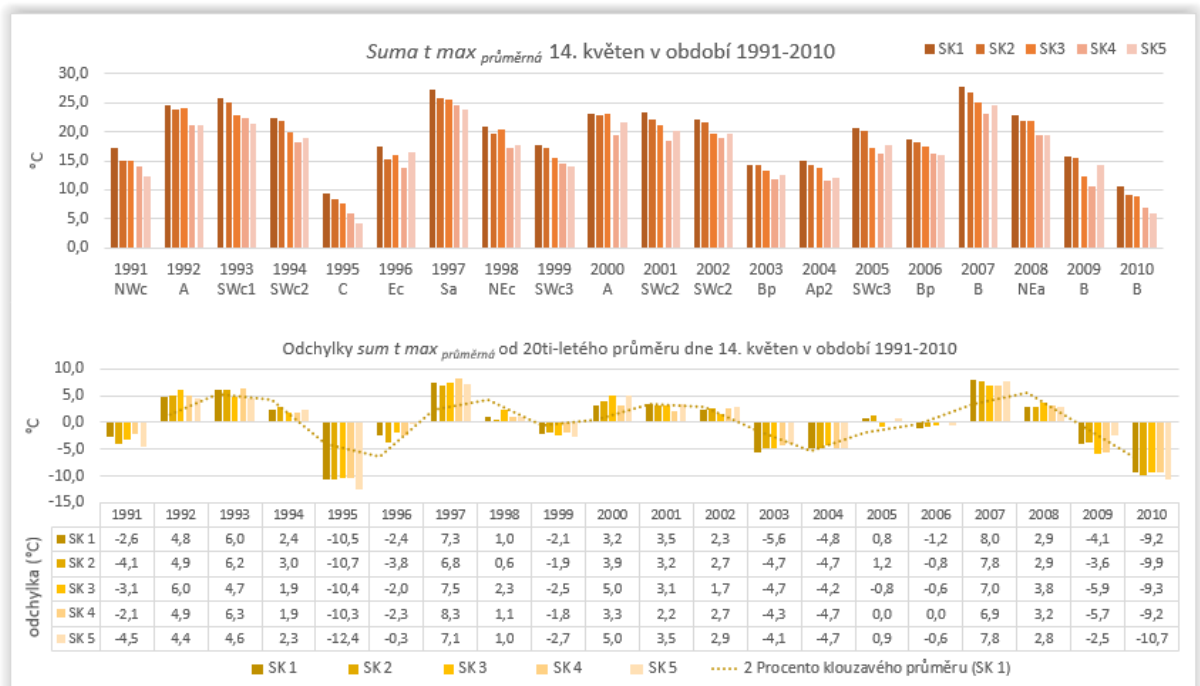
14. květen

Obdobně jako u předchozích dvou dnů je 14. května viditelné 4 letý cyklus, který se v závěru 2. desetiletí prodlužuje (graf 4, nahore). Obdobně jako u 13. května mezi chladné se řadí roky 1991, 1995, 1999, 2004, 2010, při nichž se objevily synoptické situace *Ap2*, *B*, *C*, *NWc* a *SWc3*; naopak vysoké kladné odchylky byli zaznamenány roky 1993, 1997, 2001, 2007 při synoptických situacích *B*, *Sa*, *SWc1* a *SWc2*. Ve všech skupinách je pozorován slabý klesající trend $sumy\ t\ max$ průměrná, žádný z nich ale není statisticky významný.

Graf 3 Variabilita *sum t max průměrná* (nahore) její odchylky od 20ti-letého průměru (dole) v jednotlivých skupinách dne 13. květen v období 1991–2010



Graf 4 Variabilita *sum t max průměrná* (nahore) její odchylky od 20ti-letého průměru (dole) v jednotlivých skupinách dne 14. květen v období 1991–2010

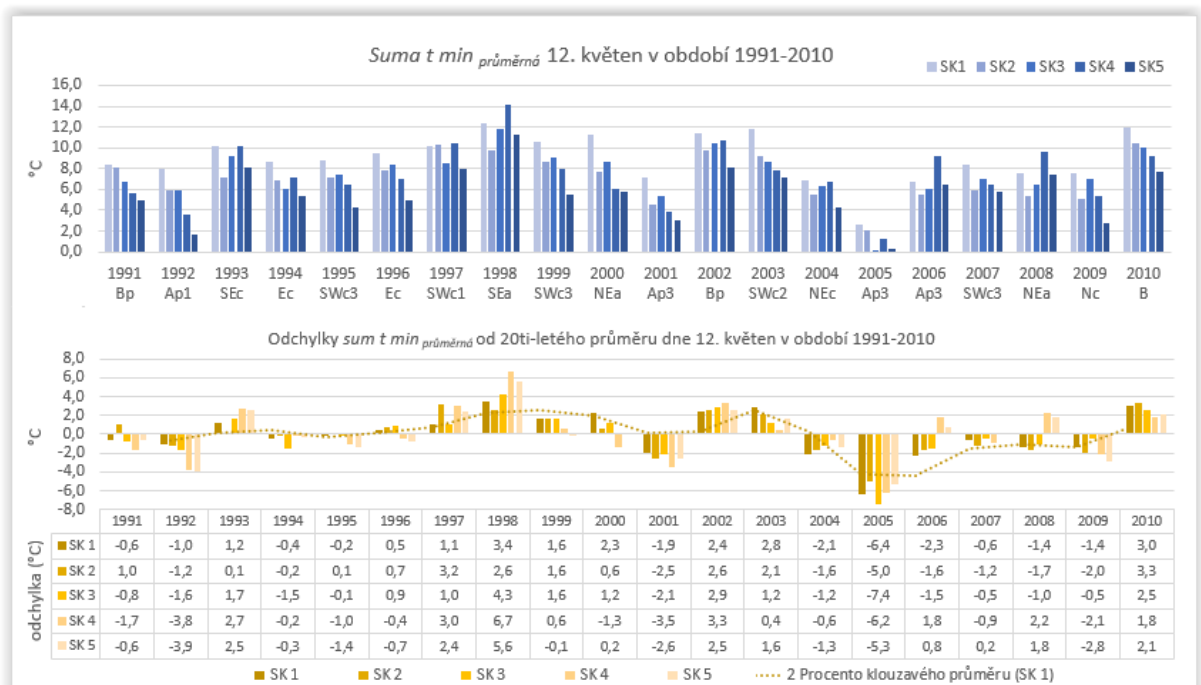


5.3.2. Analýza *t min* skupin

12. květen

V horní části grafu (graf 5, nahoře) je zřejmá závislost hodnot *sum t min průměrná* na nadmořské výšce; s rostoucí nadmořskou výškou hodnoty klesají (nejnižší hodnoty ve skupině 5), avšak tato sestupnost nemusí vždy pevně platit. Pravidelné střídání chladných ročníků (relativně nižší hodnoty *sumy t min průměrná*) a těch teplých jsou zřejmé u skupin 3–5 v celém sledované období po 4–5 letech; u skupin 1 a 2 jsou první desetiletí hodnoty *sumy t min průměrná* relativně vyrovnané, k jejich kolísání dochází až v 2. desetiletí. Pro dokreslení je uveden klouzavý průměr (skupina 1) (graf 5, dole). Při chladných ročnících (nízké hodnoty záporných odchylek; 1992, 1995, 2001, 2005, 2009) se objevily synoptické situace *Ap1*, *Ap3*, *Nc* a *SWc3*, při teplých ročnících (vysoké hodnoty kladných odchylek; 1993, 1998, 2002, 2010) *B*, *SEa*, *SEc* a *SWc2*. Ve všech skupinách je pozorován slabý rostoucí trend *sumy t max průměrná*, žádný z nich ale není statisticky významný. Ve skupinách 1 až 3 mají hodnoty *sum t min průměrná* slabou klesající a ve skupinách 4 a 5 slabou rostoucí tendenci, žádný z těchto trendů ovšem není statisticky významný.

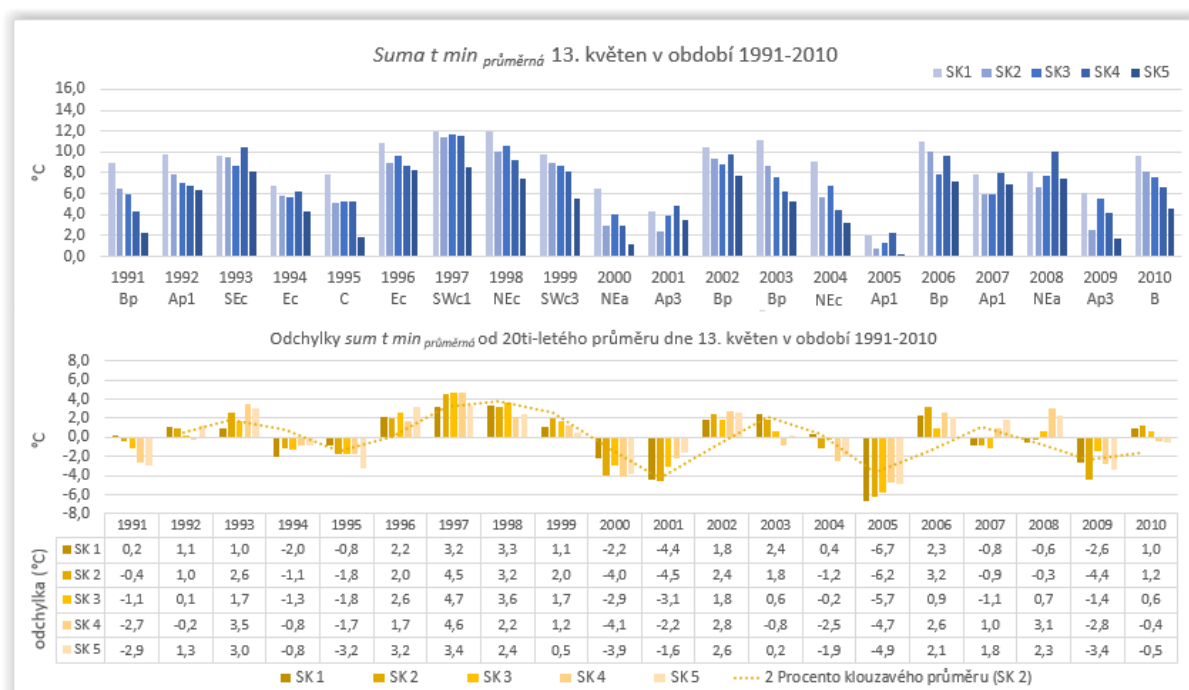
Graf 5 Variabilita *sum t min průměrná* (nahoře) její odchylky od 20ti-letého průměru (dole) v jednotlivých skupinách dne 12. května v období 1991–2010



13. květen

V horní části grafu (graf 6, nahoře) je opět jasně viditelné střídání chladných a teplých ročníků. Toto střídání má 4–5 letý cyklus, a je zřejmé v celém sledovaném období z průběhu odchylek $sum\ t\ min\ průměrná$ (graf 6, dole). Mezi chladné (nízké hodnoty záporných odchylek) spadají roky 1991, 1995, 2001, 2005, 2009 a vyskytly se při nich synoptické situace Bp , C , Ap_1 a Ap_3 . Teplé roky (vysoké hodnoty kladných odchylek) byli zaznamenány roku 1993, 1997, 2002 a 2006 při synoptických situacích Ap_1 , Bp , SEc a SWc_1 . Ve všech skupinách je pozorován slabý klesající trend $sum\ t\ min\ průměrná$, žádný z nich ale není statisticky významný.

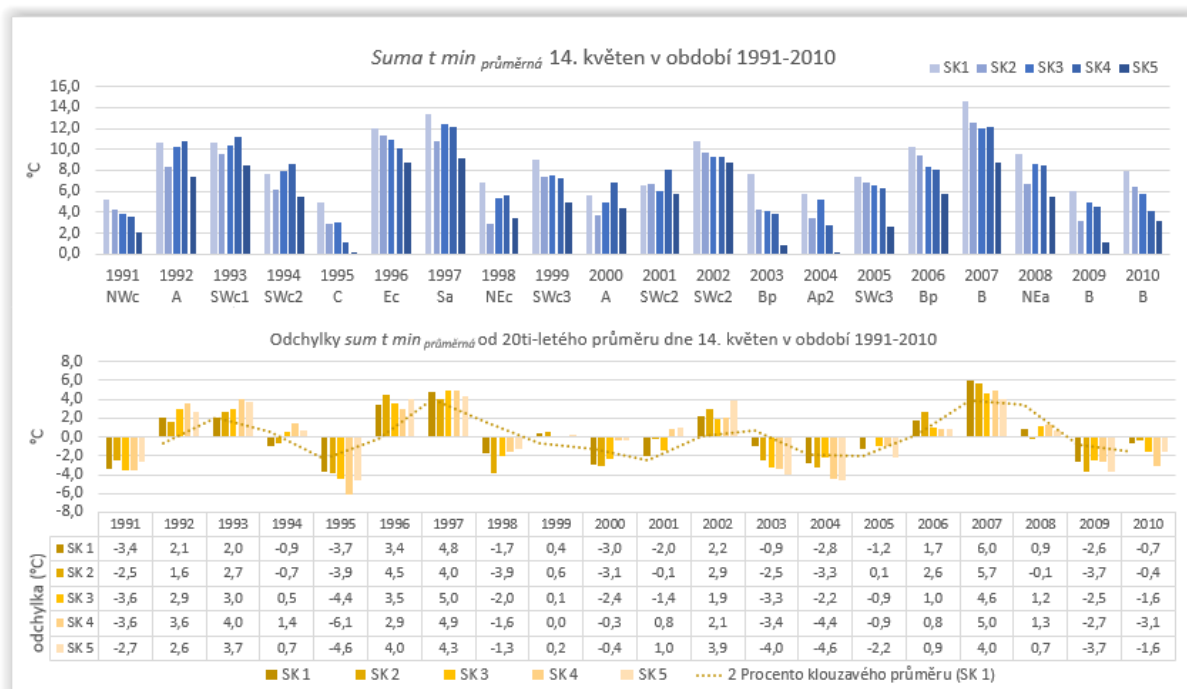
Graf 6 Variabilita $sum\ t\ min\ průměrná$ (nahore) její odchylky od 20ti-letého průměru (dole) v jednotlivých skupinách dne 13. května v období 1991–2010



14. květen

Obdobně jako u předchozích dvou dnů je 14. května viditelné 4–5 letý cyklus střídání chladných a teplých ročníků (graf 7, nahoře). Podle nízkých hodnot záporných odchylek $sumy\ t\ min\ průměrná$ (graf 7, dole) se mezi chladné roky řadí 1991, 1995, 1998, 2004 a 2009, při nichž se objevily synoptické situace B , Bp , C , NEc a NWc ; naopak vysoké kladné odchylky byly naměřeny v letech 1993, 1997, 2002 a 2007 při synoptických situacích B , Sa , SWc_1 a SWc_2 . Ve skupině 1–4 je pozorován slabý rostoucí trend $sumy\ t\ min\ průměrná$, ve skupinách 2–5 slabý klesající; žádný z nich ale není statisticky významný.

Graf 7 Variabilita $sum\ t\ min$ průměrná (nahore) její odchylky od 20ti-letého průměru (dole) v jednotlivých skupinách dne 14. května v období 1991–2010



Shrnutí analýzy $t\ min$ a $t\ max$ ve skupinách 1–5 lišící se nadmořskou výškou

- u $sum\ t\ max$ průměrná je dobře viditelný pokles hodnot se vzrůstající nadmořskou výškou, u hodnot $sum\ t\ min$ průměrná není tato závislost tak jednoznačná;
- pravidelné střídání chladných a teplých roků (určených mírou záporných a kladných odchylek) lze zobecnit 4–5 letý cyklus střídání. Nejlépe je znatelný u 13. a 14. května; dne 12. května je znatelná pravidelnost střídání ve vyšších nadmořských výškách (skupina 4 a 5), v nižších nadmořských výškách (skupina 1–3) není pravidelnost jasně pozorovatelná;
- výskyt synoptických situací při minimech hodnot sum teplot:
 - $t\ min$: $Ap_2, Ap_3, B, Bp, C, Nc, NEc, NWc, SWc_3$
 - $t\ max$: $Ap_1, Ap_3, B, Bp, C, Nc, NEc, NWc, SWc_3$
- výskyt synoptických situací při maximech hodnot sum teplot:
 - $t\ min$: $Ap_1, Ap_3, B, Bp, NEc, Sa, SEa, SEc, SWc_1, SWc_2$
 - $t\ max$: $Ap_1, B, Bp, Sa, SEa, SEc, SWc_1, SWc_2$
- trendy $t\ min$ a $t\ max$ ve všech skupinách jsou slabé rostoucí/klesající, všechny jsou statisticky nevýznamné (Příloha 5 a Příloha 6).

5.4. Analýza minimálních teplot t_{min}

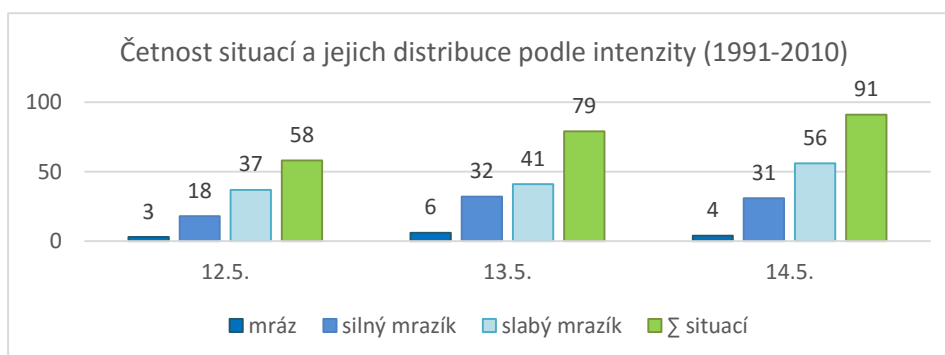
V průběhu 12.–14. května (ledoví muži) ve sledovaném období 1991–2010 se vyskytlo celkově 228 situací s $t_{min} < 5,0$ °C (dále jen situace). Jejich distribuce mezi jednotlivé dny má vzestupnou tendenci – nejméně jich připadá na den 12. května (58 situací); 79 situací na 13. květen a 91 situací na 14. května.

Přihlédnutím na hodnotu t_{min} se nejvíce vyskytlo slabých mrazíků, jejich četnosti jsou nejnižší dne 12. a nejvíce 14. května (38–50–63 krát). Méně se vyskytlo silných mrazíků, konkrétně 17 situací 12. května, 23 o den později a 24 dne 14. května. Mrazů se vyskytlo nejméně, ovšem nejvíce se jich vyskytlo 13. května (6 x) (graf 8).

Ve vzájemném poměru jsou k sobě mráz – silný mrazík – slabý mrazík:

- 12. květen: 1 : 6 : 12,3 – na jeden mráz připadá průměrně 6 silných a cca 12 slabých mrazíků;
- 13. květen: 1 : 5,8 : 6,8 – na jeden mráz připadá průměrně cca 6 silných a cca 7 slabých mrazíků;
- 14. květen: 1 : 7,8 : 14 – na jeden mráz připadá průměrně cca 8 silných a 16 slabých mrazíků.

Graf 8 Četnost situací a jejich distribuce podle intenzity (1991–2010)



Z hlediska prostorové distribuce situací ($t_{min} < 5,0$ °C) roste jejich četnost s nadmořskou výškou. Zatímco ve skupině 5 se běžně vyskytuje mráz i silný a slabý mrazík a skupině 4 silný a slabý mrazík, s klesající nadmořskou výškou jsou obecně jejich četnosti nižší, nebo se nevyskytují vůbec.

Výskyt všech 3 kategorií situací i v nižších nadmořských výškách (tj. skupina 1–3) silně ovlivňuje mimo jiné synoptická situace. Tuto skutečnost lze dobře vidět v tabulce (tab. 14), kde 13. května 2001 a 12. a 13. května 2005 synoptické situace Ap_3 přinesla velmi nízké teploty i do zemědělských oblastí nižších nadmořských výšek skupin 1–3.

Především 12. května se v odstupech většinou 2–3 roky objevily synoptické situace, při nichž se neobjevily žádné situace s $t_{min} < 5,0$ °C. Konkrétně to byly: *SEc*, *SWc₁*, *SEa*, *Bp*, *SWc₃* a *B*. Během prvního desetiletí se tento den až na výjimky nevyskytly ve skupinách 1–3 žádné nebezpečné situace. Nejkritičtější byl rok 2005, při níž se silné mrazíky vyskytovaly ve všech skupinách.

Dne 13. května se vyskytovaly synoptické situace nepřinášející žádné nebezpečné situace ve všech skupinách (*SEc*, *Ec*, *SWc₁*, *NEc*, *Bp*) hlavně v prvním desetiletí. Největší riziko pro zemědělství byly výše zmíněné roky 2001 a 2005, přičemž roku 2005 byly naměřeny silné mrazíky ve všech skupinách a mrazy již ve skupině 2 (nadmořská výška do 400 m n. m.). Sice méně, ale i tak nebezpečné pro rostlinnou výrobu byly roky 1995, 2000 a 2009.

Nejvíce četností situací s $t_{min} < 5,0$ °C bylo naměřeno 14. května, oproti 13. květnu je zaznamenán ale nárůst jen u slabých mrazíků. Četnosti silných mrazíků a mrazů jsou nepatrně nižší, avšak ty se objevovaly především ve skupinách 4 a 5. Celkem v 6 rocích doprovázel vyšší četnost slabých mrazíků i ojedinělý výskyt silných mrazíků ve skupinách 1–3 (1991, 1995, 1998, 2000, 2004, 2009). Také se vyskytlo 6 let, kdy nebyla zjištěna žádná nebezpečná situace (synoptické situace *SWc₁*, *Ec*, *Sa*, *SWc₂*, *Bp*, *B*). Jejich výskyt je přibližně po 3 letech (tab. 14).

Tab. 14 Přehled časové a prostorové distribuce situací s $t_{min} < 5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ během 12.–14. května (1991–2010)

12.5.	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	synop	13.5.	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	synop	14.5.	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	synop	
1991						Bp	1991						Bp	1991							NWc
1992						Ap ₁	1992						Ap ₁	1992							A
1993						SEc	1993						SEc	1993							SWc ₁
1994						Ec	1994						Ec	1994							SWc ₂
1995						SWc ₃	1995						C	1995							C
1996						Ec	1996						Ec	1996							Ec
1997						SWc ₁	1997						SWc ₁	1997							Sa
1998						SEa	1998						NEc	1998							NEc
1999						SWc ₃	1999						SWc ₃	1999							SWc ₃
2000						NEa	2000						NEa	2000							A
2001						Ap ₃	2001						Ap ₃	2001							SWc ₂
2002						Bp	2002						Bp	2002							SWc ₂
2003						SWc ₂	2003						Bp	2003							Bp
2004						NEc	2004						NEc	2004							Ap ₂
2005						Ap ₃	2005						Ap ₃	2005							SWc ₃
2006						Ap ₃	2006						Bp	2006							Bp
2007						SWc ₃	2007						Ap ₁	2007							B
2008						NEa	2008						NEa	2008							NEa
2009						Nc	2009						Ap ₃	2009							B
2010						B	2010						B	2010							B
Σ	5	9	5	6	13	38	Σ	6	8	9	15	12	50	Σ	16	12	17	9	9	63	
Σ	3	3	2	4	5	17	Σ	6	5	4	3	5	23	Σ	2	6	2	6	8	24	
Σ	0	0	2	0	1	3	Σ	0	2	1	0	3	6	Σ	0	0	0	0	4	4	
Σ	8	12	9	10	19	58	Σ	12	15	14	18	20	79	Σ	18	18	19	15	21	91	

$t_{min} \geq 5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
 slabý mrazík
 silný mrazík
 mráz

Pozn.: oranžově rámování skupiny 1–3 označuje oblasti, ve kterých se tradičně soustřeďuje rostlinná výroba

Z hlediska „nebezpečnosti/rizikovosti“ jednotlivých synoptických situací pro zemědělství (rostlinnou výrobu) během 12.–14. května (ledoví muži) bylo zjištěno (po uvážení četností v jednotlivých kategoriích) (tab. 15):

- 7 nebezpečných synoptických situací (sestupně dle četnosti: Ap_3 , B , NEa , NEc , A , C , Ap_2 , NWc), při kterých se vyskytují slabé a silné mrazíky, u Ap_3 dokonce i mrazů; mimo to se vyskytly ještě 4 situace, kdy se vyskytovaly slabé mrazíky, ale výjimečně byly zaznamenány i silné mrazíky (synoptické situace: Bp , SWc_3 , SEc , SWc_2);
- 3 potenciálně nebezpečné synoptické situace (sestupně dle četnosti: Ec , Ap_1 , Nc), u kterých se vyskytly pouze slabé mrazíky;
- 4 bezrizikové synoptické situace (sestupně dle četnosti: SWc_1 , SEc , Sa , SEa) s $t_{min} > 5,0$ °C.

Tab. 15 Četnosti rizikových, potenciálně rizikových a bezrizikových synoptických situací během ledových mužů, tj. 12.–14. květen (1991–2010)

synop	četnosti					synop	průměrná četnost během situace			
	Σ synop	Σ situace	slabý mrazík	silný mrazík	mraz		Σ situace	slabý mrazík	silný mrazík	mraz
Bp	8	7	6	1	0	Bp	0,9	0,8	0,1	0
Ap_3	6	48	17	26	5	Ap_3	8	2,8	4,3	0,8
SWc_3	6	1	0	1	0	SWc_3	0,2	0	0,2	0
B	5	6	3	3	0	B	1,2	0,6	0,6	0
Ec	5	3	3	0	0	Ec	0,6	0,6	0	0
NEa	5	9	7	2	0	NEa	1,8	1,4	0,4	0
NEc	4	8	7	1	0	NEc	2	1,8	0,3	0
SWc_2	4	5	4	1	0	SWc_2	1,3	1	0,3	0
Ap_1	3	2	2	0	0	Ap_1	0,7	0,7	0	0
SWc_1	3	0	0	0	0	SWc_1	0	0	0	0
A	2	7	5	2	0	A	3,5	2,5	1	0
C	2	14	12	2	0	C	7	6	1	0
SEc	2	0	0	0	0	SEc	0	0	0	0
Ap_2	1	7	5	2	0	Ap_2	7	5	2	0
Nc	1	2	2	0	0	Nc	2	2	0	0
NWc	1	6	4	2	0	NWc	6	4	2	0
Sa	1	0	0	0	0	Sa	0	0	0	0
SEa	1	0	0	0	0	SEa	0	0	0	0

nevyskytují se žádné
 pouze slabý mrazík
 slabý i silný mrazík
 mraz

6. Diskuze

K ověření pravdivosti pranostiky ledoví muži bylo upuštěno od používání průměrných hodnot teplot vzduchu z toho důvodu, že hodnoty průměru nejsou zcela odolné vůči působení odlehlých pozorování náhodné proměnné (Hindls, 2007). Také Štěpánková (2005) uvádí jako vhodnější metodu charakterizování stavu klimatu použití extrémních hodnot (v práci minimální a maximální teplota vzduchu) namísto průměrných. Mimo jiné, tato pranostika má označovat náhlý pokles teploty vzduchu (Vašků, 2014), což nejlépe zachytí minimální teplota (t_{min}). Maximální teplota vzduchu (t_{max}) dokresluje změny v dlouhodobém chodu teploty vzduchu a také napomáhají rozdělit synoptické situace do skupin podle toho, jak ovlivňují míru odchylky od dvacetiletého průměru.

Již z tabulárních výstupů pravděpodobnosti výskytu hodnot t_{min}/t_{max} je zřejmé, že teploty t_{min} i t_{max} jsou značně variabilní. Na první pohled je možné analyzovat výrazně teplejších i chladnějších ročníků či jejich skupiny. Tato skutečnost potvrzuje, že nástup této pranostiky v termínu 12.–14. května je v analyzovaných 20 letech velmi nepravidelný (Vašků, 2014).

Ochlazení, jež přináší „zmrzlíci“, je podmíněno zvýšeným výskytem takových synoptických situací označujících meridionální proudění ze severu (Vašků (2014) doplňuje i proudění ze severovýchodu a severozápadu). Pravděpodobnost výskytu mrazů a mrazíků je o to vyšší, dojde-li k anticyklonálnímu vývoji počasí (Munzar, 1985). Z rozboru Kalendáře synoptických situací však ve sledovaném období nelze detekovat výraznější převahu žádné synoptické situace, natož situací přinášejících studený vzduch ze severních směrů (SZ – S – SV). Během 12.–14. května se také vyskytovaly synoptické situace anticyklonálního typu dvakrát méně než cyklonálního typu (na jednu anticyklonální se vyskytly dvě cyklonální). Dále se na různorodosti průběhu počasí se také podepisuje skutečnost, že se i v průběhu těchto tří dní měnila synoptická situace – 14 krát setrvala synoptická situace 2 dny a pak změnila se v jinou, dva roky (2007 a 2009) byla dokonce každý den analyzována jiná synoptická situace. Z toho vyplývá, že v průběhu analyzovaných 20 let nebyly k pravidelnému plošnému ochlazení vytvářeny příznivé (synoptické) podmínky.

Z rozboru odchylek od 20letého průměru vyplývá, že při výskytu synoptických situací označujících proudění ze severních směrů S – SV – SZ (konkrétně Ap_{1-3} , A, NEa a C, NWc, Nc, NEc) byly zaznamenány záporné odchylky t_{min} , někdy i s velmi nízkou hodnotou. Tyto synoptické situace ve shodě s Munzarem (1985) a Vašků (2014) přináší na naše území

ochlazení. Synoptické situace Ap_{1-3} , C , NWc , Nc , B přináší také (někdy i velmi výrazně) záporné odchylky t_{max} . Všechny tyto situace se ovšem vyskytují zřídka. Pro rostlinnou výrobu byla klasifikována jako nejnebezpečnější synoptická situace *putující cyklona* Ap_3 charakterizována svou dráhou od Shetland – Severní moře – jižní Karpaty. Ze všech čtyř typů putující anticyklony se tato vyskytuje v 30 % případů, objevuje se celoročně, nejčastěji v přechodných ročních dobách (tj. jaro, podzim) (ČHMÚ, 2016). Naopak, u synoptických situací označujících proudění z jižních směrů J – JV – JZ (Sa , SEa , SEc , SWc) jsou pravidelně zaznamenávány kladné odchylky jak i t_{min} , tak t_{max} .

Z hlediska nadmořské výšky hodnoty *sum t_{max} průměrná* klesají s rostoucí nadmořskou výškou, u hodnot *sum t_{min} průměrná* tato závislost nemusí vždy platit. Jak uvádí Tolasz (2007), minimální hodnoty teploty vzduchu se vyskytují jak ve vysokých polohách, tak i v nižších v závislosti na povětrnostní situaci a místních podmínkách.

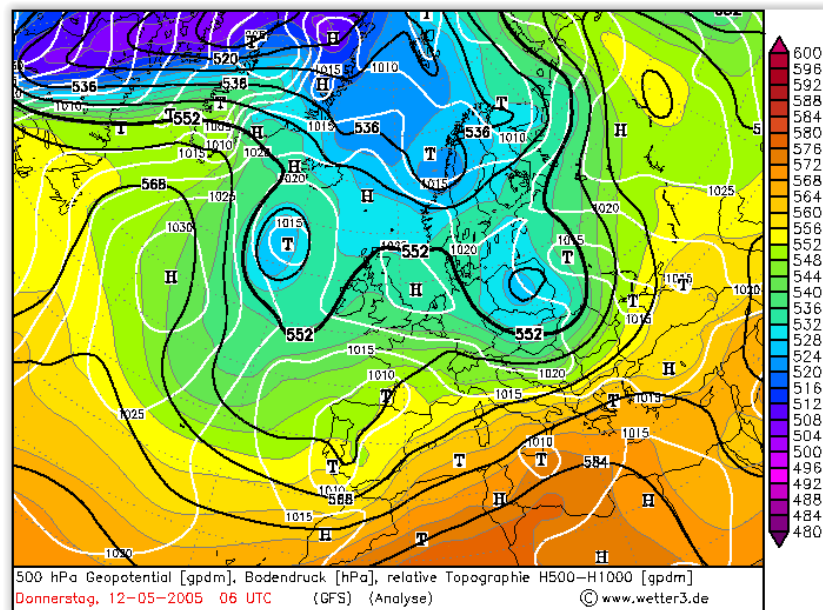
Z hlediska časového průběhu sum minimálních, resp. maximálních teploty vzduchu (t_{min} , resp. t_{max}) byl za posledních 20 let zjištěn jejich přibližně 4–5 letý cyklus ve střídání minimálních a maximálních hodnot. Většinou jsou tak zaznamenány ± 3 roky po sobě s hodnotami nad průměrem, následovány ± 3 roky s hodnotami podprůměrnými, které alespoň zhruba mohou posloužit k predikci teplejších a chladnějších ročníků.

Co se týče analyzovaných trendů sum t_{min} a t_{max} , je nutno k těmto výsledkům přistupovat se značnou rezervou. I když většina z nich poukazuje na klesající tendenci (tj. snižování hodnot t_{min} i t_{max} ; ochlazování) podle hodnoty r (Pearsonův korelační koeficient) je však tato závislost teploty vzduchu (t_{min} i t_{max}) v čase slabá a vygenerované rovnice lineárního trendu popisují jen zlomek naměřených dat. Ze statistického hlediska jsou všechny uvedené trendy (podle hodnoty p) nevýznamné, a tudíž zanedbatelné. To pramení jednak ze značné meziroční variability a délky časové řady. Jak varuje Hartman et al. (2013), s ohledem na přirozenou variabilitu jsou trendy vycházející z krátkodobých záznamů velmi citlivé na počáteční a koncová data a obecně neodrážejí dlouhodobé klimatické změny. Na druhou stranu však dosud doporučované třicetileté období pro klimatologické studie World Meteorological Organization (tj. Světová meteorologická organizace) v současnosti již nepovažuje za zcela vhodné, např. pro hodnocení srážkových charakteristik je příliš krátké a pro teplotní poměry lze použít (tak jako v této práci) i kratší časový úsek (WMO, 2011).

Z hlediska intenzity ochlazení a jeho četnosti je nutné brát v potaz, že teplota vzduchu obecně klesá s nadmořskou výškou, a tak ve výše položených oblastech (v analýze t_{min}

reprezentovaných skupinou 4 a 5) je výskyt nízkých teplot v této roční době stále běžným jevem (Petrovič, 1969). Tuto skutečnost potvrzuje grafický výstup analýzy t_{min} (tab. 14), kde s rostoucí nadmořskou výškou roste četnost i intenzita t_{min} . Smyslem pranostiky je však varovat zejména zemědělce, sadaře a zahrádkáře před náhlým ochlazením sestupujícího i do nížin, kde je tradičně soustředěna zemědělská (rostlinná) výroba a výrazný pokles teploty vzduchu může na vyvíjející se vegetaci a kvetoucích stromech způsobit značné škody (Vašků, 2014).

Ve skupinách 1–3 (reprezentující v analýze t_{min} zemědělské oblasti) byly v průběhu analyzovaných 20 let zaznamenány mrazy pouze jedinkrát – roku 2005. Dne 12. a 13. května 2005 synoptická situace Ap_3 (obr. 26) způsobila pokles teploty pod nulu na celkem 4 stanicích: 12. května na stanicích Cheb (-0,3 °C, skupina 3) a Příbryslav (-1,2 °C, skupina 3), o den později na stanicích Liberec (-0,2 °C, skupina 2), Ústí nad Orlicí (-0,3 °C, skupina 2) a Příbryslav (-2,0 °C, skupina 3). I když se mráz stává rizikovým při poklesu teploty vzduchu pod tzv. kritickou hodnotu (přesná hodnota závisí na rostlinném druhu a fenofázi), Štěpánková (2005) uvádí jako nebezpečný pro rostliny pokles teploty vzduchu pod hodnotu -1,0 °C. Z tohoto důvodu na stanicích Cheb, Liberec a Ústí n. Orlicí, kde byl zaznamenán pokles teploty vzduchu jen tři desetiny stupě pod nulu, nízké teploty nepoškodily rostlinná pletiva tvorbou ledu. Toto nebezpečí mohlo nastat pouze na stanici Příbryslav; tato stanice je nejvýše položenou stanicí analyzované skupiny 3 (530 m n. m.) a podle Quitta spadá do klimatické oblasti MT 2 (mírně teplá), která je v porovnání s dalšími mírně teplými oblastmi (MT 4, MT 5 a MT 7) relativně chladnější a vlhčí. Protože je nástup jednotlivých fenofází řízen teplotou vzduchu a ta s rostoucí nadmořskou výškou klesá, nastupují zde citlivé fenofáze (např. kvetení ovocných stromů) o něco později než v nížinách. To dokládá Stibral (1966) ve své studii ohrožení kvetoucích jabloní jarními mrazy během 14 dnů po nástupu prvních květů; ve výše položených lokalitách byl sice zaznamenán větší počet mrazů, avšak jen malá část z nich byla škodlivá (12 %). Naproti tomu v nížinách intenzivnější prohřívání urychluje vývoj vegetace a z celkového nižšího počtu květnových mrazíků bylo procento těch nebezpečných mnohem vyšší (39 %). Z uvedeného vyplývá, že ani míra poklesu teploty vzduchu na stanici Příbryslav nemusela díky nadmořské výšce způsobit větší škody. Celkově se pak ledoví muži 2005 na ostatních analyzovaných stanicích projevíli jako mrazíky.



Obr. 26 Synoptická situace A_p3 (putující anticyklona) ze dne 12. května 2005
převzato z: <http://www1.wetter3.de/Archiv/>

Mimo rok 2005 se ve skupinách 1–3 v průběhu analyzovaného období 1991–2010 mrazy neobjevily. Zaznamenávají jsou pouze slabé a silné mrazíky. Jejich opakování nastává průměrně po 4–5 letech, avšak jejich skutečný nástup Ledových mužů řídí synoptická situace, a tak někdy vyskytovaly častěji a jindy vůbec k poklesu teploty nedošlo. Z uvedeného vyplývá, že za analyzované období 1991–2010 nenastalo v termínu 12.–14. května riziko mrazového poškození rostlin, riziko pro rostliny v tomto termínu představuje „pouze“ působení chladu (tj. působení mrazíků).

Jinými slovy, ledoví muži se během tohoto termínu již ve svém pravém slova smyslu – výskytu mrazů – neprojevují. To ovšem neznamená, že by rostlinám nehrozilo nebezpečí poškození mrazem. V tomto směru je nutné vzít v potaz globální změnu klimatických poměrů a její projevy v regionu střední Evropy, kde se ledoví muži uplatňují/v minulosti uplatňovali zvláště intenzivně (ČMeS, 2015). V důsledku značného růstu teploty vzduchu (především od 80. let 20. století) projevující se nejvýrazněji v zimě a na jaře dochází k dřívějšímu ukončení mrazů a dřívějšímu nástupu jarních fenofází. Problémem je skutečnost, že se poslední mrazy tak i fenofáze, které jsou na poškození mrazem silně citlivé (počáteční růstové fáze, tvorba květu či kvetení (Kůdela, 2013)), posouvají do dřívějších termínů přibližně stejnou rychlostí. Současný výskyt mrazů a příslušné kritické fenofáze může být v současnosti stejný jako v minulosti a v žádném případě neznamená, že se jejich nebezpečí pro rostliny snižuje. Jestliže

za dob svého vzniku pranostika ledových mužů varovala před poškozením květů a mladých rostlin v polovině května, za změněných klimatických poměrů mohou nebezpečné situace nastat již koncem dubne nebo počátkem května. Význam této pranostiky tedy svým způsobem pořád platí, je již nesedí kalendářně (Litschmann, 2010b).

Důkazem toho mohou být silné mrazy, které zasáhly většinu území České republiky ve dnech 4.–6. května 2011. Teplota vzduchu ve dvou metrech nad zemí poklesla v pěstitelských oblastech na $-2,0$ až $-5,0$ °C, přičemž na mnoha místech došlo k poklesu teploty pod nulu již ve večerních hodinách a sady tak byly vystaveny mrazům i deset hodin. Ovocné stromy byly ve fázi počátku nebo již plného květu a mrazy velmi silně poškodily na 6 400 hektarů sadů (tj. 37 % plochy všech plodných sadů ČR) – u jabloní bylo zaznamenáno silné poškození na třetině ploch, u třešní dokonce tři čtvrtiny. Vážné hospodářské ztráty zaznamenaly i slivoně, hrušky, rybíz a jahod. Protože pojištění proti mrazu lze sjednat jen zčásti (komerční pojišťovny zatím umožňují jen pojištění proti pozdním mrazům u jabloní a jahod) (Ludvík, 2011), určitě se vyplácí se sledovat aktuální předpověď počasí. Její úspěšnost ovšem klesá s délkou předpovědního období; tzv. nowcasting označuje předpověď na 2 hodiny dopředu, velmi krátká předpověď počasí se vztahuje na predikci stavu povětrnosti na 12 hodin dopředu. V televizních zprávách se běžně setkáváme s krátkodobými (12 až 72 hodin) a střednědobými (72 až 240 hodin) předpověďmi počasí; v tomto směru je dosti spolehlivá předpověď na 5 dní dopředu (v závislosti na synoptické situaci), předpověď na více jak 10 dní udává spíše jen předpokládaný charakter počasí (ČMeS, 2015).

V kombinaci se znalostí klimatických poměrů oblasti, ve kterých zemědělec provozuje rostlinnou výrobu, a včasnou aplikací některých z možných opatření je možné alespoň snížit škody na vegetaci při poklesu teploty vzduchu pod $0,0$ °C při nočních radiačních ohlazeních za bezvětří nebo slabém vánku. Cílem je zabránit poklesu teploty citlivých částí rostlin pod jejich kritickou hodnotu, při níž dochází k poškození. V praxi se setkáváme s několika metodami. Tou první je postřik vodou, která zpomaluje pokles povrchové teploty vegetace v důsledku velké tepelné kapacity vody a uvolňování latentního tepla při dosažení teploty $0,0$ °C. Používá se i zadýmování, jímž se zmenšuje radiační výměna energie mezi povrchem a přilehlou vrstvou vzduchu, a tím i rychlost poklesu teploty v zadýmované vrstvě atmosféry (ČMeS, 2015). Šebek (1990) však uvádí, že by se těmito způsobům ochrany v ekologicky zatížené krajině mělo upustit, jako vhodný způsob pak hodnotí promíchávání vzduchu v přízemní vrstvě atmosféry protimrazovými ventilátory nebo rotorem nízko letícího vrtulníku. Tato opatření jsou však značně nákladná, proto kladou jejich provozovatelé vysoké požadavky na přesnost

meteorologické předpovědi minimálních teplot vzduchu. Novějším způsobem ochrany rostlin před mrazy vychází z poznatků o vlivu nukleačně (krystalizačně) aktivních epifytických bakterií *Pseudomonas syringae* a *Pantoea agglomerans* a dalších organismů, které slouží jako kondenzační jádra při přeměně vody na led. Podstatou je eliminace těchto organismů prostřednictvím nejrůznějších postřiků. Návody na používání jsou individuální, důležité je však aplikovat tyto postřiky ještě předtím, než poklesne teplota pod bod mrazu (Kůdela a kol., 2013).

7. Závěr

Z hlediska platnosti pranostiky ledových mužů (ochlazení v termínu 12.–14. května) bylo ve sledovaném období 1991–2010 dosaženo těchto poznatků:

- Nástup ochlazení v termínu 12.–14. května je v období 1991–2010 velmi nepravidelný; z toho vyplývá, že hypotéza (1a) o pravidelném ochlazení v tomto termínu napříč naším územím za současných klimatických podmínek není potvrzena.
- V průběhu sledovaného období nebyly k pravidelnému plošnému ochlazení vytvářeny příznivé synoptické podmínky, tudíž hypotéza (1b) o zvýšeném výskytu synoptických situací způsobující ochlazení není potvrzena. Nejvyšší četnost měly situace Bp (brázda nízkého tlaku putující přes střední Evropu), Ap_3 (putující anticyklona) a SWc_3 (jihozápadní cyklonální situace). Během této triády není zaznamenána převaha žádné synoptické situace, ani situací přinášející studený vzduch ze severních směrů (SZ – S – SV).
- Z hlediska nadmořské výšky hodnoty $sum\ t\ max\ průměrná$ klesají s rostoucí nadmořskou výškou, u hodnot $sum\ t\ min\ průměrná$ může být ovlivněna i povětrnostní situací a místními podmínkami. Hypotéza o determinaci nadmořskou výškou (2a) platí tedy pro hodnoty maximální teploty, pro minimální teploty vzduchu je důležitá i synoptická situace.
- Z časového průběhu $sum\ min$ a $sum\ max$ teploty vzduchu byl za posledních 20 let zjištěn přibližně 4–5 letý cyklus ve střídání minimálních a maximálních hodnot; většinou jsou zaznamenány ± 3 roky po sobě s hodnotami nad průměrem, následovány ± 3 roky s hodnotami podprůměrnými. Z dlouhodobého hlediska jsou lineární trendy $t\ min$ a $t\ max$ statisticky nevýznamné.
- Z hlediska nadmořské výšky je ve výše položených oblastech výskyt nízkých a záporných teplot v této roční době stále běžným jevem, v níže položených oblastech jsou zaznamenávány pouze slabé a silné mrazíky, jejich opakování nastává průměrně po 4–5 letech, avšak jejich skutečný nástup řídí synoptická situace, a tak někdy vyskytovaly častěji a jindy vůbec k poklesu teploty nedošlo. Hypotéza (2b) je potvrzena.
- Z hlediska nebezpečí pro zemědělské oblasti v analyzovaném období nastalo v termínu 12.–14. května riziko mrazového poškození rostlin pouze jednou – ve dnech 12. a 13. května 2005 (synoptická situace Ap_3), avšak po bližším zhodnocení ani během těchto dvou dnů pokles teploty vzduchu pravděpodobně nezpůsobil větší škody na vegetaci; v termínu 12.–14. května představuje riziko pro rostliny „pouze“ působení chladu (tj. působení mrazíků).

Z uvedených výsledků vyplývá, že v analyzovaném časovém úseku se v termínu 12. až 14. května ledoví muži v pravém slova smyslu, tj. výskytu mrazů, neprojevují. Nebezpečí mrazového poškození rostlin ve spojitosti s globální změnou klimatu však neklesá, z důvodu přibližně stejné rychlosti posunu posledních mrazů a na mráz nejcitlivějších fenofází k dřívějšímu datu. Význam této pranostiky tedy svým způsobem pořád platí, jen již nesedí kalendářně.

8. Seznam literatury

Anders, I., Stagl, J., Auer, I., Pavlik, D. 2014. Climate change in Central and Eastern Europe. In: Rannow, S., Neubert, M. (eds.). Managing protected areas in Central and Eastern Europe under climate change. Springer. Dordrecht. p. 17-30. Advances in global change research, 58, ISBN: 978-94-007-7959-4.

Bissolli P., Schönwiese, C. D. 1990. Spatial and temporal variations of singularities in the Federal Republic of Germany 1881–1986. Meteorologische Rundschau. 42. 33-42.

Brázdil, R., Budíková, M., Dobrovolný, P., Fišák, J., Kolář, M., Prošek, P., Sokol, Z., Štekl, J., Štěpánek, P., Štěpánková, P., Zacharov, P. 1999. Klimatické poměry Milešovky, Academia, Praha, 433 s. ISBN: 80-200-0744-X.

Cleland, E. E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H. A., Schwartz, M. D. 2007. Shifting plant phenology in response to global change. Trends in Ecology and Evolution. 22 (7). 357-365.

Česká meteorologická společnost (ČMeS). Meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS) [online]. 27. leden 2015 [cit. 2015-10-18]. Dostupné z: <<http://slovník.cmes.cz/>>.

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Typizace povětrnostních situací pro území České republiky: popis synoptických typů [online]. [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: <<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci#>>.

Český hydrometeorologický ústav Ústí nad Labem (ČHMÚ Ústí n. Labem). Český hydrometeorologický ústav Ústí nad Labem: oddělení meteorologie a klimatologie [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <<http://www.chmuul.org/?page=oddeleni-meteorologie-a-klimatologie>>.

Doležalová, M. 2007. Projevy severoatlantické oscilace v časové variabilitě teploty vzduchu a srážek na území České republiky. Meteorologický časopis. 10 (2). 91-101.

European Environment Agency (EEA). 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 – an indicator-based report. European Environmental Agency, Copenhagen, 300 p. ISBN: 978-92-9213-346-7.

Gerstengarbe, F. W., Werner, P. C. 2010. Katalog der Großwetterlagen Europas 1881–2009 nach P. Hess und H. Brezowsky. 7. verbesserte und ergänzte Auflage, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK Report, No. 119), Potsdam, 146 s. ISSN 1436-0179.

Hájková, L., Richterová, D., Kohut, M. 2011. Časová variabilita nástupu fenofází ovocných dřevin sledovaných ve fenologické síti ČHMÚ za období 1991–2010. In: Salaš, P. (ed.). Rostliny v podmínkách měnícího se klimatu, vědecká konference s mezinárodní účastí 20.–21. říjen, 2011, Lednice, Česká republika. Úroda, vědecká příloha, 59 (10), s. 87-98. ISSN 0139-6013.

Hájková, L., Voženílek, V., Tolasz, R., Kohut, M., Možný, M., Nekovář, J., Novák, M., Richterová, D., Stříž, M., Vávra, A., Vondráková, A. 2012. Atlas fenologických poměrů Česka. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc. 320 s. ISBN: 978-80-244-3005-8.

Hanzlík, S. 1940. O lidových pranostikách. Meteorologické zprávy. 4 (5-6). 120-122.

Hanzlík, S. 1953. Lidová povětrnostní pořekadla ve světle statistiky. Meteorologické zprávy. 6 (1). 22-27.

Hartmann, D. L., Klein Tank, A. M. G., Rusticucci, M., Alexander, L. V., Brönnimann, S., Charabi, Y., Dentener, F. J., Dlugokencky, E. J., Easterling, D. R., Kaplan, A., Soden, B. J., Thorne, P. W., Wild, M., Zhai, P. M. 2013. Observations: Atmosphere and Surface. In: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. B. (eds.). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York. p. 159-254. ISBN: 978-1-107-66182-0.

Hindls, R. 2007. Statistika pro ekonomy. Professional Publishing. Praha. 415 s. ISBN: 978-80-86946-43-6.

Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G., Visbeck. 2013. An Overview of the North Atlantic Oscillation. In: Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G., Visbeck (eds.). The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact. American Geophysical Union. Washington, DC. p. 1-36. ISBN: 0875909949.

Chládová, Z., Kalvová, J. 2005. Změny vybraných teplotních kvantilů v období 1961–2000. Meteorologické zprávy. 58 (4). 111-118.

Chmielewski, F. M., Rötzer, T. 2002. Annual and spatial variability of the beginning of the growing season in Europe in relation to air temperature changes. Climate Research. 19. 257-264.

Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). History of Organization [online]. Intergovernmental Panel of Climate Change [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: <http://www.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml>.

Kolektiv HMÚ. 1968. Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR. HMÚ. Praha. 94 s.

Kůdela, V., Ackermann, P., Prášil, I. T., Rod, J., Veverka, K. 2013. Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění. Academia. Praha. 566 s. ISBN: 978-80-200-2262-2.

Litschmann, T. 2010a. Výskyt mrazíků v jarním období v Lednici. Vinařský obzor. 103 (5). 220-222.

Litschmann, T. 2010b. Ledoví muži – mýtus nebo realita? Zahradnictví. 9 (5). 17-19.

Ludvík, M. 2011. Mrazy způsobily ovocnářům a vinařům škody za stovky milionů. Vinař a sadař. 6 (3). 58-59.

Malarzewski, L. 2006. Singularities in annual course of temperature in Katowice. In: Lapin, M., Matejka, F. (eds.). Bioklimatológia a voda v krajine: Bioklimatologické pracovné dni 2006 11.–14. September 2006, Strečno, ISBN 80-89186-12-2. Dostupné také z: <http://www.cbks.cz/sbornikStrecno06/prispevky/PosterI._clanky/P1-4.pdf>.

Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler, K., Bissolli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, F. M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, Å., Dahl, S., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Mage, F., Mestre, A., Øyvind, N., Penuelas, J., Pirinen, P., Remišová, V., Scheifinger, H., Striz, M., Susnik, A., Van Vliet, A. J. H., Wielgolaski, F. E. Zach, S., Zust, A. 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global change Biology*. 12 (10), 1969-1976.

Mohammad, R., Moberg, A., Ansell, T. Correlations between indices for temperature and precipitation extremes in Europe and the leading atmospheric circulation mode during 1901–2000. European and North Atlantic daily to MULTidecadal climATE variability (EMULATE) Final management report Section 3: Detailed report organized by Work Packages [online]. 20th March, 2006. [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: <http://www.cru.uea.ac.uk/projects/emulate/WP3/D11/D11_uni_stockholm_v2.pdf>.

Možný, M., Nekovář, J. 2007. Dlouhodobé kolísání počátku vegetační sezony v Polabí v letech 1876–2005. *Meteorologické zprávy*. 60 (1). 23-26.

Munzar, J. 1985. Medardovo kápě, aneb pranostiky očima meteorologa. Horizont. Praha. 240 s.

Philipp, A., Bartholy, J., Christoph Beck, Ch., Erpicum, M., Esteban, P., Fettweis, X., Huth, R., James, P., Jourdain, S., Kreienkamp, F., Krennert, T., Lykoudis, S., Michalides, S. C., Pianko-Kluczynska, K., Post, P., Rasilla Álvarez, D. A., Schiemann, R., Spekat, A., Tymvios, F. S. 2010. Cost733cat – A database of weather and circulation type classifications. *Physics and Chemistry of the Earth*. 35 (9-12), 360-373.

Pokorná, L., Beranová, R., Huth, R. 2007. Vztahy mezi cirkulačními mody a klimatickými prvky v České republice a jejich časová proměnlivost. *Meteorologické zprávy*. 60 (3). 65-76.

Petrovič, Š. (ed.) 1969. Podnebí Československé socialistické republiky – souborná studie. Hydrometeorologický ústav v Praze. Praha. 357 s.

Radová, M., Kyselý, J. 2009. Temporal instability of temperature singularities in a long-term series at Prague-Klementinum. *Theoretical and Applied Climatology*. 95 (3). 235-243.

Řezníčková, L., Brázdil, R., Tolasz, R. 2007. Meteorological singularities on the Czech Republic in the period 1961–2002. *Theoretical and Applied Climatology*. 88 (3). 179-192.

Sepp, M., Jaagus, J. 2002. Frequency of circulation patterns and air temperature variations in Europe. *Boreal Environmental Research*, 7, 273-279.

Schwartz, M. D., Ahas, R., Aasa, A. 2006. Onset of spring starting earlier across the Northern Hemisphere. *Global Change Biology*. 12 (2). 343-351.

Stehlík, J. 2002. Objektivní klasifikace cirkulačních typů pro území České republiky. *Meteorologické zprávy*. 55 (2). 40-49.

Stibral, J. 1966. Četnosti mrazíků v době květu jabloně. *Meteorologické zprávy*. 19 (6). 177-179.

Stříž, M., Nekovář, J. 2009. Pozorování nástupu fenofází a teploty vzduchu v letech 1956–1980 a 1981–2005 v Česku. *Meteorologické zprávy*. 62 (3). 89-96.

Šebek, O. 1990. Ledoví muži v klementinské sekulární řadě. *Meteorologické zprávy*. 43 (5). s. 141.

Štěpánková, P. 2005. Variabilita jarních mrazů na stanici Praha – Klementinum v období 1775–2003. *Meteorologické zprávy*. 58 (3). 73-78.

Tolasz, R. (ed.). 2007. Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav. Praha, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.

Trenberth, K. E., Jones, P. D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein Tank, A., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J. A., Rusticucci, M., Soden, B., Zhai, P. 2007: Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller, H. L. (eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge and New York, p. 235-336. ISBN: 978-0-521-70596-7.

Vašků, Z. 2014. Hold slunci, dešti, půdě a pluhu: pranostikon. Academia. Praha. 1183 s. ISBN: 978-80-200-2313-1.

Vondráček, V. 2008. Eliášův pranostikon. TeMi CZ. Velké Bílovice. 112 s. ISBN: 978-80-87156-14-8.

World Meteorological Association. 2013. The Global climate 2001–2010 a decade od climate extremes: summary report. World Meteorological Organization, Geneva. 15 p. ISBN: 978-92-63-11119-7.

World Meteorological Organization (WMO). 2011. Technical Regulations Basic Documents No. 2 Volume I – General Meteorological Standards and Recommended Practises. WMO No. 49. Geneva: WMO. 83 p. ISBN 987-92-63-10049-8.

Žalud, Z., Trnka, M., Semerádová, D., Dubrovský, M. 2007. Změny klimatu a její dopady na růst a vývoj polních plodin. Agromagazín, 8 (3). 7-10.

9. Seznam použitých zkratek

ang.	anglicky
apod.	a podobně
ČHMÚ	Český Hydrometeorologický ústav
SHMÚ	Slovenský Hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
J	jih, jižní
JV	jihovýchod, jihovýchodní
JZ	jihozápad, jihozápadní
m n. m.	metrů nad mořem
mj.	mimo jiné
např.	například
resp.	respektive
S	sever, severní
SV	severovýchod, severovýchodní
SZ	severozápad, severozápadní
tj.	to je
tzn.	to znamená

10. Přílohy

Příloha 1 Klasifikace klimatických oblastí ČR podle Quitta (1971) – charakteristika klimatických rajónů (jednotek), do kterých spadají stanice použité pro analýzu.....	80
Příloha 2 Grafické vyjádření jednotlivých synoptických situací.....	81
Příloha 3 Kalendář synoptických situací ze dnů 12., 13. a 14. květen v období 1991–2010....	85
Příloha 4 Histogramy synoptických situací objevující se během 12.–14. května 1991–2010...	86
Příloha 5 Tabulka trendů <i>sumy t min průměrná</i> u jednotlivých skupin za období 1991–2010.....	89
Příloha 6 Tabulka trendů <i>sumy t max průměrná</i> u jednotlivých skupin za období 1991–2010.....	89

Příloha 1 Klasifikace klimatických oblastí ČR podle Quitta (1971) – charakteristika klimatických rajónů (jednotek), do kterých spadají stanice použité pro analýzu

klimatologická charakteristika	T2	MT2	MT4	MT5	MT7	MT10	CH6	CH7
Počet letních dní	50 - 60	20 - 30	20 - 30	30 - 40	30 - 40	40 - 50	10 - 30	10 - 30
Počet dní s průměrnou t = 10 °C a více	160 - 170	140 - 160	140 - 160	140 - 160	140 - 160	140 - 160	120 - 140	120 - 140
Počet dní s mrazem	100 - 110	110 - 130	110 - 130	130 - 140	110 - 130	110 - 130	140 - 160	140 - 160
Počet ledových dní	30 - 40	40 - 50	40 - 50	40 - 50	40 - 50	30 - 40	60 - 70	50 - 60
Průměrná teplota leden (°C)	-2 až -3	-3 až -4	-2 až -3	-4 až -5	-2 až -3	-2 až -3	-4 až -5	-3 až -4
Průměrná teplota červenec (°C)	18 - 19	16 - 17	16 - 17	16 - 17	16 - 17	17-18	14 - 15	15 - 16
Průměrná teplota duben (°C)	8 - 9	6 - 7	6 - 7	6 - 7	6 - 7	7 - 8	2 - 4	4 - 6
Průměrná teplota říjen (°C)	7 - 9	6 - 7	6 - 7	6 - 7	7 - 8	7 - 8	5 - 7	6 - 8
Průměr. počet dní se srážkami 1 mm a více	90 - 100	120 - 130	110 - 120	100 - 120	100 - 120	100 - 120	140 - 160	120 - 130
Suma srážek ve vegetačním období	350 - 400	450 - 500	350 - 450	350 - 450	400 - 450	400 - 450	600 - 700	500 - 600
Suma srážek v zimním období	200 - 300	250 - 300	250 - 300	250 - 300	250 - 300	200 - 250	400 - 500	350 - 400
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40 - 50	80 - 100	60 - 80	60 - 100	60 - 80	50 - 60	120 - 140	100 - 120
Počet zatažených dní	120 - 140	150 - 160	150 - 160	120 - 150	120 - 150	120 - 150	150 - 160	150 - 160
Počet jasných dní	40 - 50	40 - 50	40 - 50	50 - 60	40 - 50	40 - 50	40 - 50	40 - 50

Quittova klasifikace pracuje s komplexem 14 klimatologických charakteristik, pomocí jejichž kombinací hodnot rozlišuje na území ČSSR 23 klimatických rajónů (jednotek) ve třech klimatických oblastech (teplá, mírně teplá a chladná). V teplé oblasti se nachází 5 jednotek (T1 nejchladnější nejvlhčí, T5 nejteplejší nejsušší), v mírně teplé 11 (MT1 nejchladnější nejvlhčí, MT11 nejteplejší nejsušší) a chladné 7 (CH1 nejstudenější, CH7 nejteplejší). Na území ČR nacházejí 2 teplé jednotky, 8 mírně teplých a 3 chladné. Původní klasifikace vychází z hodnot odečtených z Atlasu podnebí Československé republiky z roku 1958, revize a aktualizace je publikována v Atlasu podnebí Česka z roku 2007 (Tolasz, 2007).

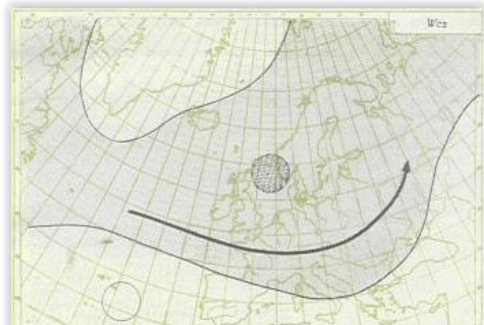
Pozn.: barevné rozlišení tabulky: oranžová (teplá oblast), žlutá (mírně teplá oblast), modrá (studená oblast); použité zkratky: T (teplá oblast), MT (mírně teplá oblast), CH (chladná oblast)

Příloha 2 Grafické vyjádření jednotlivých synoptických situací

převzato z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetnostnich-situaci>



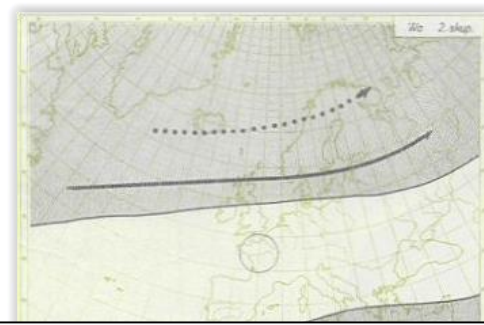
Wc - západní cyklonální situace



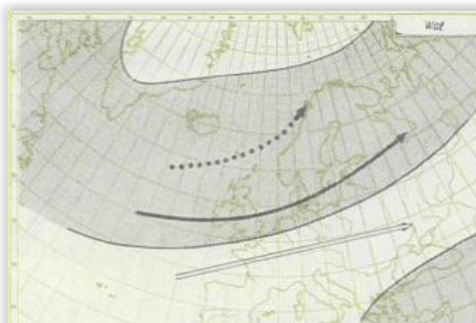
Wcs - západní cyklonální sit. s jižní dráhou



Wa - západní anticyklonální situace (1. skup.)



Wa - západní anticyklonální situace (2. skup.)



Wal - západní anticyklon. sit. letního typu



NWc - severozápadní cyklonální situace



NWo - severozápadní anticyklonální situace



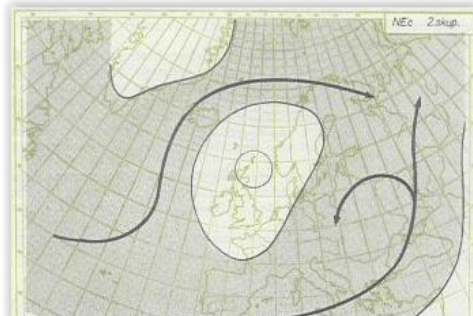
Nc - Severní cyklonální situace

Příloha 2 Grafické vyjádření jednotlivých synoptických situací

převzato z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetnostnich-situaci>



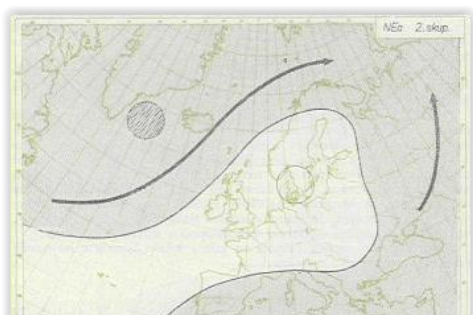
NEc - severovýchodní cyklonální sit. (1. skup.)



NEc - severovýchodní cyklonální sit. (2. skup.)



NEa - severovýchodní anticykl. sit. (1. skup.)



NEa - severovýchodní anticykl. sit. (2. skup.)



Ec - východní cyklonální situace (1. skup.)



Ec - východní cyklonální situace (2. skup.)



Ea - východní anticyklonální situace (1. skup.)



Ea - východní anticyklonální situace (2. skup.)

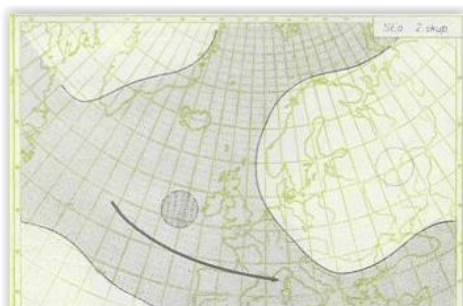
Příloha 2 Grafické vyjádření jednotlivých synoptických situací
převzato z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetnostnich-situaci>



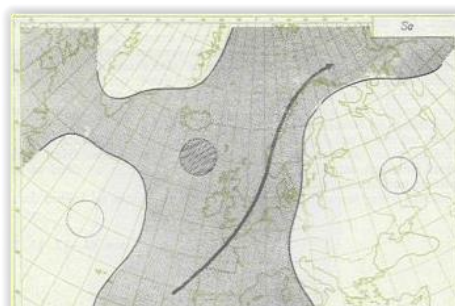
SEc - jihovýchodní cyklonální situace



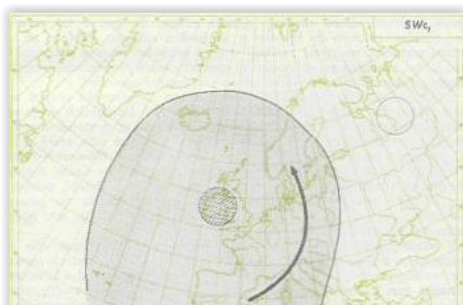
SEa - jihovýchodní anticyklonální sit. (1. sk.)



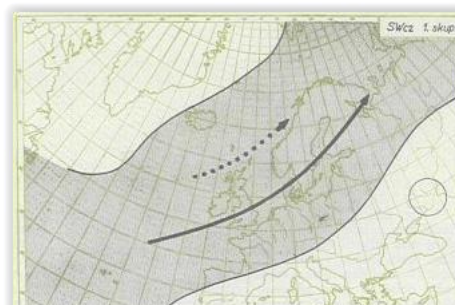
SEa - jihovýchodní anticyklonální sit. (2. sk.)



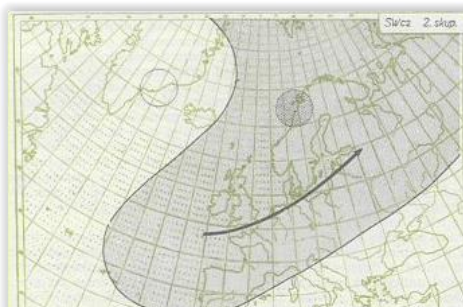
Sa - jižní anticyklonální situace



SWc1 - jihozápadní cyklonální situace



SWc2 - jihozápadní cyklonální sit. (1. skup.)



SWc2 - jihozápadní cyklonální sit. (2. skup.)



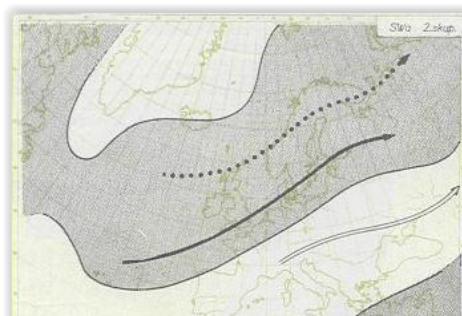
SWc3 - Jihozápadní cyklonální situace

Příloha 2 Grafické vyjádření jednotlivých synoptických situací

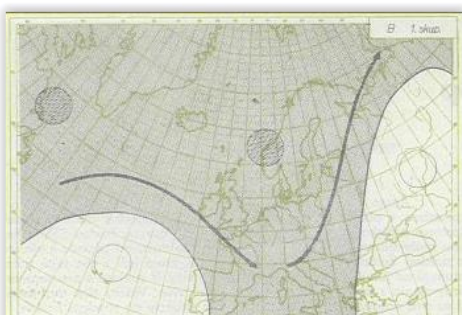
převzato z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetnostnich-situaci>



SWa - jihu západní anticyklonální sit. (1. skup.)



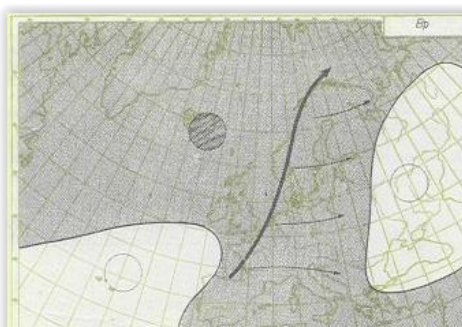
SWa - jihu západní anticyklonální sit. (2. skup.)



B - brázda nízkého tlaku nad stř. Evr. (1. skup.)



B - brázda nízkého tlaku nad stř. Evr. (2. skup.)



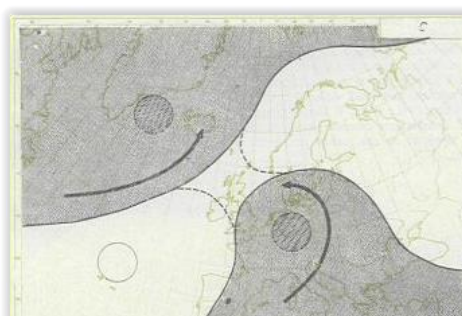
Bp - brázda postupující přes střední Evropu



Vfz - vchod frontální zóny (1. skupina)



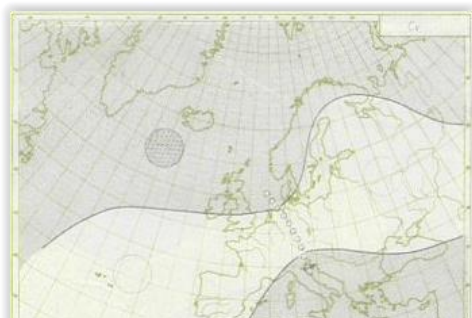
Vfz - vchod frontální zóny (2. skupina)



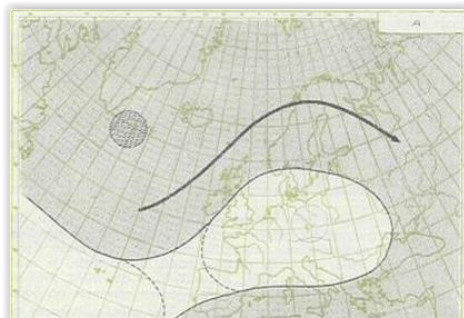
C - cyklona nad střední Evropou

Příloha 2 Grafické vyjádření jednotlivých synoptických situací

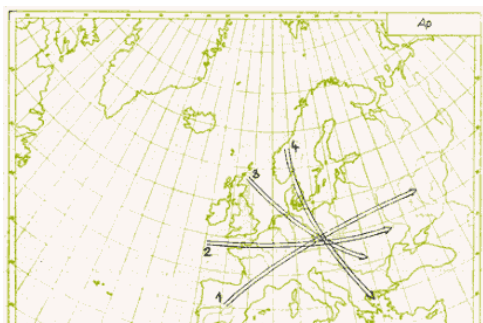
převzato z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetnostnich-situaci>



Cv - cyklona výšková



A - anticyklona nad střední Evropou



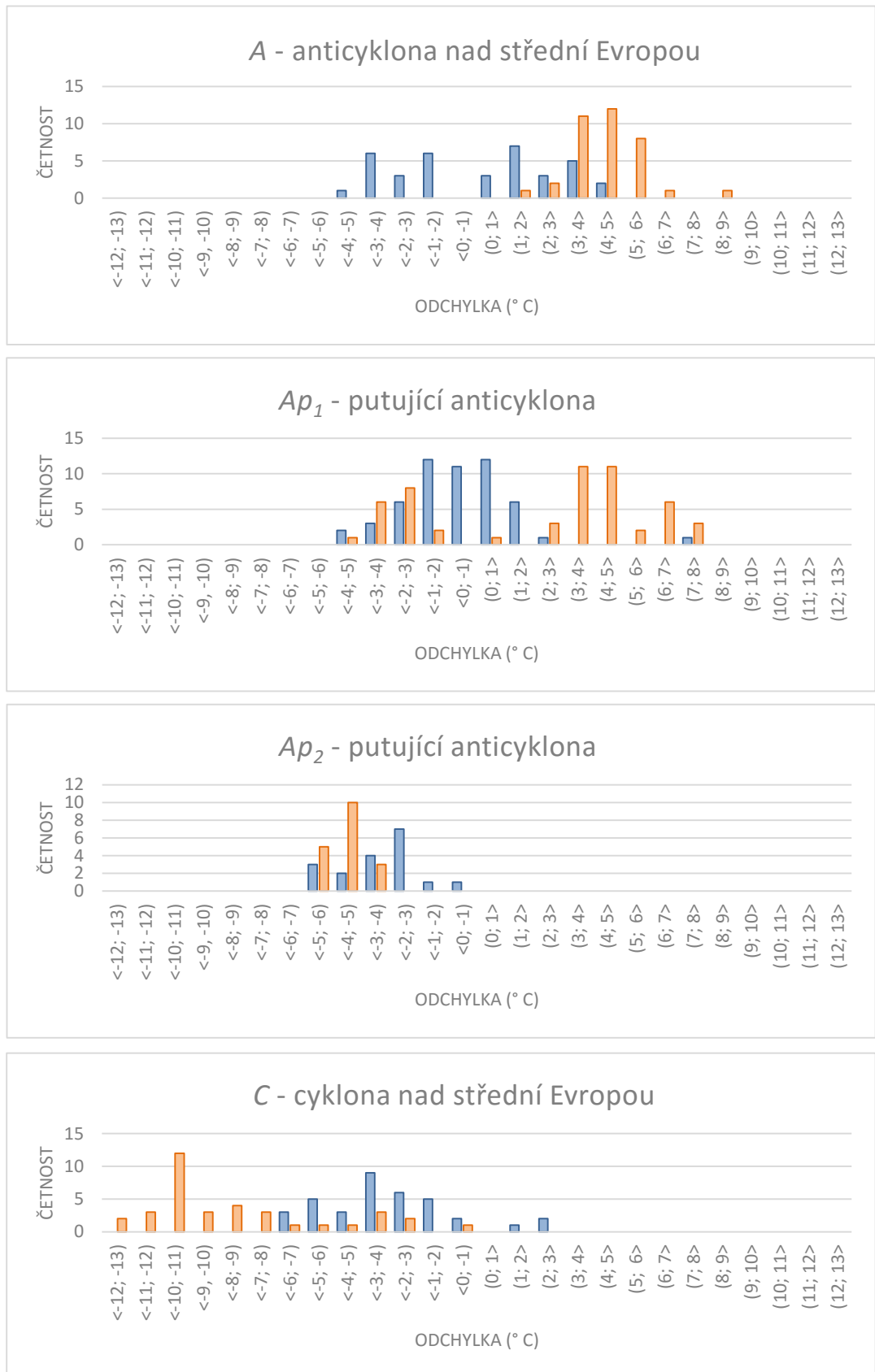
Ap - putující anticyklona

Příloha 3 Kalendář synoptických situací ze dnů 12., 13. a 14. květen v období 1991–2010

Převzato z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetnostnich-situaci>

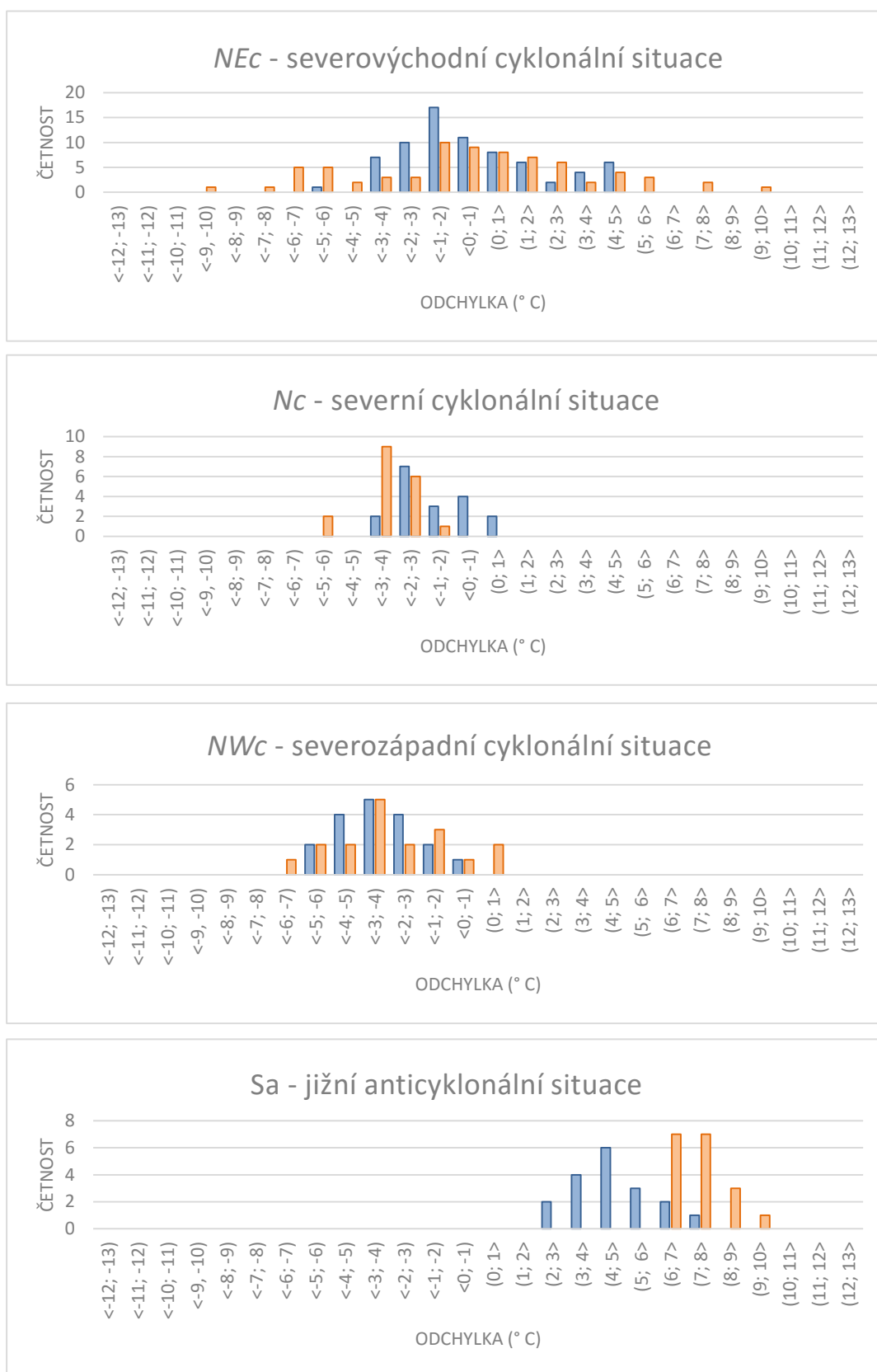
rok	12.5.	13.5.	14.5.	rok	12.5.	13.5.	14.5.	rok	12.5.	13.5.	14.5.	rok	12.5.	13.5.	14.5.
1991	Bp	Bp	NWc	1996	Ec	Ec	Ec	2001	Ap ₃	Ap ₃	SWC ₂	2006	Ap ₃	Bp	Bp
1992	Ap ₁	Ap ₁	A	1997	SWC ₁	SWC ₁	Sa	2002	Bp	Bp	SWC ₂	2007	SWC ₃	Ap ₁	B
1993	SEc	SEc	SWC ₁	1998	SEa	NEc	NEc	2003	SWC ₂	Bp	Bp	2008	NEa	NEa	NEa
1994	Ec	Ec	SWC ₂	1999	SWC ₃	SWC ₃	SWC ₃	2004	NEc	NEc	Ap ₂	2009	Nc	Ap ₃	B
1995	SWC ₃	C	C	2000	NEa	NEa	A	2005	Ap ₃	Ap ₃	SWC ₃	2010	B	B	B

Příloha 4 Histogramy synoptických situací objevující se během 12.–14. května 1991–2010



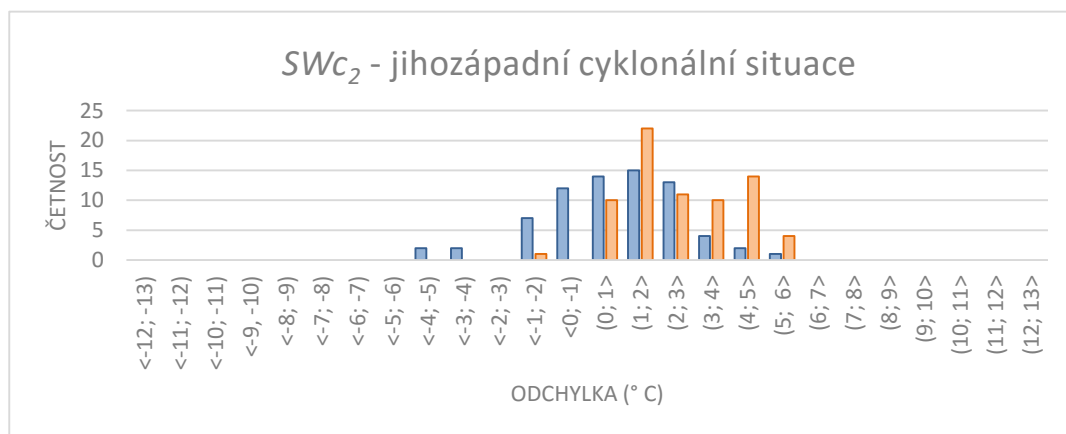
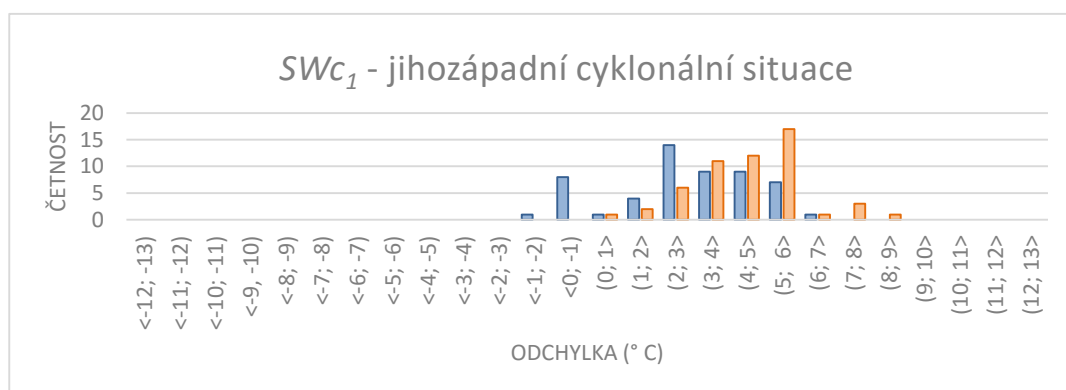
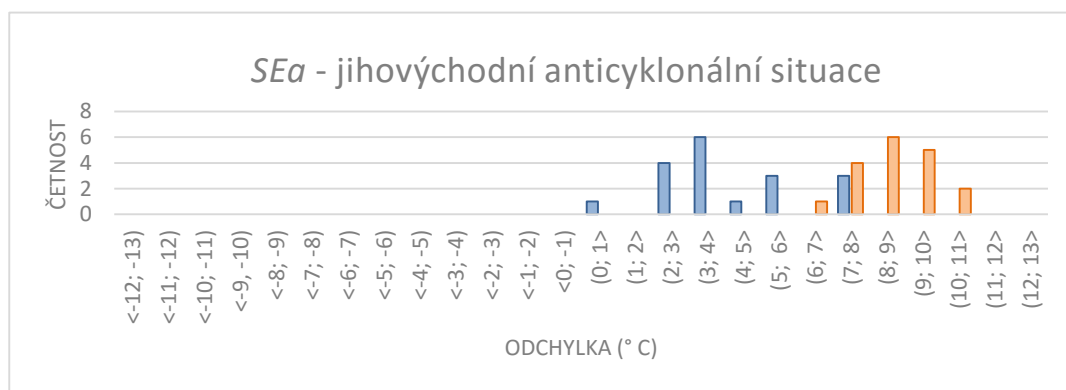
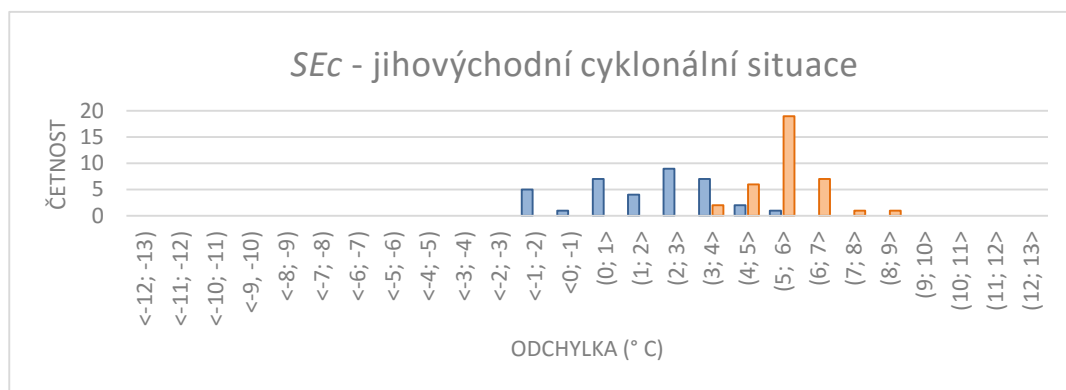
Poznámka k histogramům: odchylky *t min* vyjádřeny modře, odchylky *t max* oranžově

Příloha 4 Histogramy synoptických situací objevující se během 12.–14. května 1991–2010



Poznámka k histogramům: odchyly t_{min} vyjádřeny modře, odchyly t_{max} oranžově

Příloha 4 Histogramy synoptických situací objevující se během 12.–14. května 1991–2010



Poznámka k histogramům: odchyly t_{min} vyjádřeny modře, odchyly t_{max} oranžově

Příloha 5 Tabulka trendů *sumy t min průměrná* u jednotlivých skupin za období 1991–2010

t min		rovnice	trend	R	síla závislosti	R ²	% dat popisující rovnice	p hodnota	statistická významnost
12. 5.	sk1	$y = 9,729 - 0,069 t$	klesající	0,1748	slabá	0,0306	3,06	0,461	nevýznamný
	sk2	$y = 8,062 - 0,087 t$	klesající	0,2377	slabá	0,0565	5,65	0,313	nevýznamný
	sk3	$y = 7,980 - 0,050 t$	klesající	0,1213	slabá	0,0147	1,47	0,615	nevýznamný
	sk4	$y = 7,387 + 0,005 t$	rostoucí	0,0101	slabá	0,0001	0,01	0,966	nevýznamný
	sk5	$y = 5,573 + 0,006 t$	rostoucí	0,0138	slabá	0,0002	0,02	0,954	nevýznamný
13. 5.	sk1	$y = 9,692 - 0,095 t$	klesající	0,2178	slabá	0,0474	4,74	0,356	nevýznamný
	sk2	$y = 8,176 - 0,126 t$	klesající	0,2503	slabá	0,0626	6,26	0,287	nevýznamný
	sk3	$y = 7,808 - 0,075 t$	klesající	0,1823	slabá	0,0332	3,32	0,442	nevýznamný
	sk4	$y = 7,396 - 0,039 t$	klesající	0,0851	slabá	0,0072	0,72	0,721	nevýznamný
	sk5	$y = 5,599 - 0,049 t$	klesající	0,1087	slabá	0,0118	1,18	0,648	nevýznamný
14. 5.	sk1	$y = 8,474 + 0,015 t$	rostoucí	0,0317	slabá	0,001	0,10	0,895	nevýznamný
	sk2	$y = 6,914 - 0,008 t$	klesající	0,0167	slabá	0,0002	0,02	0,944	nevýznamný
	sk3	$y = 7,829 - 0,044 t$	klesající	0,0917	slabá	0,0084	0,84	0,701	nevýznamný
	sk4	$y = 8,153 - 0,087 t$	klesající	0,1606	slabá	0,0258	2,58	0,499	nevýznamný
	sk5	$y = 6,005 - 0,110 t$	klesající	0,2138	slabá	0,0457	4,57	0,365	nevýznamný

Příloha 6 Tabulka trendů *sumy t max průměrná* u jednotlivých skupin za období 1991–2010

t max		rovnice	trend	R	síla závislosti	R ²	% dat popisující rovnice	p hodnota	statistická významnost
12. 5.	sk1	$y = 19,500 + 0,067 t$	rostoucí	0,0995	slabá	0,0099	0,99	0,676	nevýznamný
	sk2	$y = 17,504 + 0,101 t$	rostoucí	0,1359	slabá	0,0185	1,85	0,568	nevýznamný
	sk3	$y = 17,977 + 0,028 t$	rostoucí	0,0406	slabá	0,0016	0,16	0,865	nevýznamný
	sk4	$y = 16,271 + 0,028 t$	rostoucí	0,0382	slabá	0,0015	0,15	0,873	nevýznamný
	sk5	$y = 14,808 + 0,126 t$	rostoucí	0,1663	slabá	0,0277	2,77	0,483	nevýznamný
13. 5.	sk1	$y = 20,322 - 0,025 t$	klesající	0,0400	slabá	0,0016	0,16	0,867	nevýznamný
	sk2	$y = 18,917 - 0,010 t$	klesající	0,0161	slabá	0,0003	0,03	0,946	nevýznamný
	sk3	$y = 18,949 - 0,059 t$	klesající	0,0891	slabá	0,0079	0,79	0,709	nevýznamný
	sk4	$y = 16,763 - 0,036 t$	klesající	0,0551	slabá	0,0030	0,30	0,818	nevýznamný
	sk5	$y = 16,147 + 0,016 t$	rostoucí	0,0244	slabá	0,0006	0,06	0,919	nevýznamný
14. 5.	sk1	$y = 21,649 - 0,168 t$	klesající	0,1930	slabá	0,0372	3,72	0,415	nevýznamný
	sk2	$y = 20,385 - 0,137 t$	klesající	0,1536	slabá	0,0236	2,36	0,518	nevýznamný
	sk3	$y = 20,087 - 0,192 t$	klesající	0,2179	slabá	0,0475	4,75	0,356	nevýznamný
	sk4	$y = 18,337 - 0,202 t$	klesající	0,2337	slabá	0,0546	5,46	0,321	nevýznamný
	sk5	$y = 17,817 - 0,107 t$	klesající	0,1177	slabá	0,0138	1,38	0,621	nevýznamný