

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



Klimatické příčiny a poměry malé doby ledové

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jana Soukupová, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Nikola Žáková

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Žáková Nikola

Vodní hospodářství

Název práce

Klimatické příčiny a poměry malé doby ledové

Anglický název

Climatic conditions and causes of the Little Ice Age

Cíle práce

Podrobně popsat období, zvané "Malá doba ledová" a pokusit se nastínit její příčiny. Vycházet z hypotéz předních světových autorů, vycházet např. ze záznamů o sluneční činnosti a vulkanismu. Literární rešerše.

Metodika

Literární rešerše dle osnovy:

1. Úvod, 2. Vymezení "Malé doby ledové" v historických souvislostech, 3. Sluneční činnost v "Malé době ledové", 4. Pluviály, sopečná činnost, 5. Dopady "Malé doby ledové"

Harmonogram zpracování

Do konce XI. konzultace hrubého nástinu práce, osnova

do I. 2014 hotová základní kostra práce

do III. 2014 hotovy úpravy a konečná verze práce

Rozsah textové části

30 stran

Klíčová slova

malá doba ledová, Maunderovo minimum, pluvial, sluneční činnost

Doporučené zdroje informací

Barros, V.: Globální změna klimatu. Mladá fronta, Praha 2006
Fagan, B.: Malá doba ledová. Edice Galileo, Academia Praha, 2007
Acot, P.: Historie a změny klimatu. Karolinum Praha, 2005
Bauer, E., Claussen, M., Brovkin, V., Huenerbein, A.: Assessing climate forcings of the Earth system for the past millenium. Geophysical Research Letters, vol. 30, No. 6, 1276, 2003
Beckman, J.E., Mahoney T. J.: The Maunder Minimum and Climate Change: Have Historical Records Aided Current Research. Library and Information Services in Astronomy III., ASP Conference Series vol. 153, 1998
Beer, J., Tobias, S., Weiss, N.: An active Sun throughout the Maunder minimum. Solar Physics 181, 237-239, 1998
a další vědecké články

Vedoucí práce

Soukupová Jana, Ing.

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 20.1.2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením paní doktorky Jany Soukupové, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 12. 4. 2014

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce, paní doktorce Janě Soukupové, za poskytnuté literární zdroje, ochotnou pomoc při zpracovávání daného tématu a za cenné rady. Děkuji také své rodině za umožnění studia a za podporu během všech let strávených na vysoké škole.

Abstrakt

Práce je zaměřena na popis období zvaného „Malá doba ledová“, která se odehrávala zhruba od 13. století do poloviny 19. století. Dále jsem se ve své práci snažila nastínit její možné příčiny. Proto se věnuji také historickým událostem tohoto období, sluneční aktivitě a jejím vlivům na zemské klima, velmi vlhkým epizodám, sopečným erupcím datovaným do těchto století a v poslední řadě také dopadům malé doby ledové. Při zpracování daného tématu jsem vycházela z hypotéz předních světových autorů a z celosvětových záznamů o sluneční činnosti a vulkanismu.

Klíčová slova: malá doba ledová, sluneční činnost, Maunderovo minimum, sopečná činnost, pluviál.

Abstract

This bachelor thesis is aimed at period called “Little Ice Age”. This period was since the 13th century till half of the 19th century. I tried to outline possible causes of Little Ice Age. Therefore I included historical events of this era, solar activity and its effect on earth’s climate, very humid episodes; volcano eruptions dated in these centuries and finally impact of Little Ice Age. While working on this topic I used hypothesis of top world authors and I used worldwide records about solar activity and volcanism.

Keywords: The Little Ice Age, Solar activity, The Maunder minimum, Volcanism, Pluvial.

Obsah

Úvod.....	9
1. Seznámení s tématem	10
1.1 Příčiny.....	10
1.1.1 Sluneční činnost.....	10
1.1.2 Sopečná činnost	11
1.1.3 Oceánské proudění	11
1.1.4 Pokles lidské populace	12
2. Vymezení „malé doby ledové“ v historických souvislostech	13
2.1 Zánik vikingského osídlení v Grónsku.....	13
2.2 Třicetiletá válka	13
2.3 Francouzská revoluce.....	15
3. Sluneční činnost v „Malé době ledové“	16
3.1 O Slunci.....	16
3.2 Sluneční skvrny	16
3.3 Aktivita Slunce	17
3.4 Vliv polohy Země.....	17
3.5 Zjišťování sluneční aktivity.....	18
3.6 Wolfovo minimum (1280 – 1350).....	19
3.7 Spörerovo minimum (1420 – 1540)	21
3.8 Maunderovo minimum (1645 – 1715)	24
3.9 Daltonovo minimum (1790 – 1830).....	26
4. Pluviály, sopečná činnost.....	28
4.1 Pluviály	28
4.1.1 Malý pluvial I	28
4.1.2 Malý pluvial II.....	28
4.1.3 Malý pluvial III	29
4.1.4 Malý pluvial IV	29

4.1.5	Situace po roce 1997 a velkomoravský pluviál	30
4.2	Sopečná činnost	31
4.2.1	Vznik sopky a erupce.....	31
4.2.2	Druhy sopek.....	32
4.2.3	Tefra.....	34
4.2.4	Sopečná mračna	35
4.2.5	Erupce sopek v průběhu malé doby ledové	36
4.2.5.1	Kelut.....	36
4.2.5.2	Huaynaputina	36
4.2.5.3	Etna	36
4.2.5.4	Laki	37
4.2.5.5	Unzen	37
4.2.5.6	Tambora	37
4.2.5.7	Krakatoa	38
5.	Dopady „Malé doby ledové“	39
5.1	Dopad na zemědělství.....	39
5.2	Dopad na produkci vína.....	41
5.3	Dopad na lesy.....	41
5.4	Dopad na zdraví lidí.....	42
5.5	Dopad na ekonomiku	43
5.6	Sociální nepokoje	44
5.7	Dopad na umění.....	44
5.8	Vliv přírodních živlů	46
6.	Diskuse	47
7.	Závěr	49
	Přehled literatury a použitých zdrojů	50
	Přílohy.....	55

Úvod

Téma malá doba ledová mne zaujalo nejen z hlediska jeho důsledků v minulosti, ale i pro možnost jeho pokračování v nadcházejících letech. Některé výzkumy poukazují na fakt, že by se tato událost mohla opakovat, díky cyklické činnosti na Slunci. Vedou se však spory, zda by bylo náhlé ochlazení vůbec pocítěno kvůli globálnímu oteplování. Avšak do této debaty zabíhat nebudu a ve své práci se zaměřím na ochlazování klimatu způsobené především sníženou aktivitou Slunce a sopečnou činností.

Za zmínku také stojí odlišnost od velkých dob ledových, které probíhaly před několika miliony let a byly způsobené jinými faktory. Předpokládá se, že velká zalednění byla podmíněna pohybem kontinentů, oscilacemi v orbitální dráze Země, kolísáním sluneční aktivity, změnami koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře, velkými sopečnými výbuchy, pády obrovských meteoritů a tak dále. Tyto procesy však probíhaly v minulosti v časovém úseku tisíců až milionů let. S ohledem na novodobou historii je také nutné vyloučit příčiny, jako jsou pohyby tektonických desek a meteoritické pády, jelikož v modernější době nebyly pozorovány. Malá doba ledová je spojená s všeobecným poklesem teploty vzduchu, který nastal po středověkém oteplení. Ochlazení se však pohybuje v desetinách stupně Celsia a pouze v časově omezené etapě. (Matejovič, 2011)

Je velmi obtížné určit rozdíl mezi variabilitou a vnitřními příčinami či jinými faktory ovlivňující globální klima. Jedním ze způsobů určení přirozených změn je použít globální klimatické modely zaměřující se na vztah mezi oceánem a atmosférou. Ty mají výhodu v tom, že nejsou ovlivňovány zvenčí, ale zároveň mají i nevýhodu, že nemusejí plně odpovídat realitě. Tyto modely mohou ve výsledku tvořit chaos v přirozených změnách mezi oceány a atmosférou. Jejich důvěryhodnost proto není příliš velká. A tudíž přirozenými změnami v globálním klimatu nelze s přesností vysvětlit vznik malé doby ledové. (Beckman a Mahoney, 1998)

1. Seznámení s tématem

Malá doba ledová je období mezi 13. stoletím a polovinou 19. století. Datování počátku se lišilo v závislosti na místních podmínkách. Jedná se o dobu ochlazení, která přišla po středověkém teplém období. Nejvíce byla zasažena Evropa a Severní Amerika, kde byly zaznamenány mnohem chladnější zimy, než v průběhu 20. století. (Oosthoek, 2005) Termín malá doba ledová byl zaveden do odborné literatury americkým geologem Francois Emile Matthesem (1874 - 1948) v roce 1939. Vrchol vypukl mezi lety 1600 a 1800. (Fagan, 2007)

1.1 Příčiny

Za příčiny byla považována cyklická minima slunečního záření, zvýšená sopečná činnost, změny v oceánském proudění, přirozené změny v globálním klimatu či pokles lidské populace.

1.1.1 Sluneční činnost

První snížení sluneční aktivity se objevilo v letech 1280 – 1350 a bylo označeno jako Wolfovo minimum. V letech 1420 - 1540 nastalo druhé, Spörerovo minimum. Projevovalo se výrazným ochlazením a postupem alpských ledovců. (Hathaway, 2010)

Mezi roky 1645 - 1715 nastala nízká solární radiace známá jako Maunderovo minimum. V tomto období se na slunečním tělese nevyskytovaly skoro žádné skvrny. Bylo doprovázeno nízkými průměrnými teplotami, vlhkými a krátkými léty. Zimy měly dlouhé trvání a jejich teploty byly extrémně mrazivé. Evropské řeky, jezera a mořská pobřeží byla pokryta silnou vrstvou ledu. Islandské, grónské, alpské a skandinávské ledovce sestupovaly z hor do nížin, zbytky grónských kolonií zanikaly, zmizelo několik alpských vesnic. Půda se vyznačovala neúrodností, vznikaly hladomory. (Oosthoek, 2005; Hathaway, 2010)

Posledním minimem v malé době ledové bylo Daltonovo (1790 – 1830), doprovázené nízkým počtem slunečních skvrn a chladnějším klimatem. (Pavlíček, 2011)

1.1.2 Sopečná činnost

Vulkanická činnost byla během malé doby ledové zvýšená a byla další možnou příčinou ochlazení Země. Při erupci sopek jejich popel dosáhl vysoko do atmosféry a mohl pokrýt značnou část země. Tento sopečný popel mohl blokovat sluneční záření, což vedlo ke snížení teploty, které mohlo trvat až dva roky po erupci sopky. Zvýšil se také obsah síry v atmosféře ve formě oxidu siřičitého. Tento plyn se ve stratosféře proměnil v částice kyseliny sírové, které odrážely sluneční paprsky, čímž došlo k dalšímu snižování množství záření dosahující na povrch Země. (veda-technika.blogspot.cz, 2009)

Rok po výbuchu sopky Tambora v Indonésii (1815) byl nazýván rokem bez léta. Popel pokryl atmosféru, byl zaznamenán sníh a mráz i v průběhu června a července. Mezi další sopky, které mohly přispět k ochlazení klimatu, patří Billy Mitchell (Papua Nová Guinea, 1580); Huaynaputina (Peru, 1600); Mount Parker (Filipíny, 1641); Long Island (Papua Nová Guinea, 1660); Laki (Island, 1783). (Oosthoek, 2005; veda-technika.blogspot.cz, 2009)

1.1.3 Oceánské proudění

Klimaticky nejnestabilnější oblastí na světě je Severní Atlantik. Je to způsobeno interakcí mezi oceánem a atmosférou. Hlavním rysem je Severoatlantická oscilace (NAO – North Atlantic Oscillation), která udává vztah mezi tlakovou výší nad Azory a tlakovou níží nad Islandem. NAO má dvě fáze, pozitivní a negativní. Ve své pozitivní fázi přináší západní větry, které s sebou nesou teplý vzduch z oceánu na kontinenty, bývají doprovázeny bouřemi. Naproti tomu stojí negativní fáze, která má opačný přínos. Nad Evropou vanou studené větry a způsobují chladnější zimy, které jsou méně bouřlivé. Tento systém tlakové níže a bouřlivého počasí přináší mírný vzduch z oceánu do středozezemské oblasti, kde způsobuje nestálé počasí oproti normálnímu stavu. Tlakový rozdíl umožňuje, že severní větry vanou do Severní Evropy a tím zde způsobují suché a slunečné zimy, avšak zároveň velmi chladné. Je prokázáno, že

během malé doby ledové byla Severoatlantická oscilace většinou ve své negativní fázi. (Oosthoek, 2005)

Další skutečností, která mohla ovlivňovat klima, jsou výkyvy proudění. Jde o Golfský proud, který se v oblasti jižního Grónska proměňuje v proud Severoatlantský. Ten přináší teplou vodu k Anglii, Norsku a Nové zemi. Povrchové vody se setkávají severně od Islandu a jihozápadně od Grónska. Díky výparu se zvětšuje salinita vody, ta získává větší hustotu a klesá ke dnu. Tento proces vede k trvalému hlubinnému koloběhu. Oceán je ve zdejší oblasti zahříván o 30% více oproti pouhému působení slunečních paprsků. Tento děj nazýváme termohalinním oceánským výměníkem. K možné spojitosti s malou dobou ledovou došlo při zkoumání oceánského dna, kdy vědci objevili, že v historii došlo i k zastavení tohoto systému. (Svoboda, 2009)

1.1.4 Pokles lidské populace

Někteří vědci se domnívají, že lidé začali ovlivňovat klima dřív, než se běžně předpokládalo (Mandia, 2009). Podle Ruddimana (2011) mělo v historii vliv na ochlazení klimatu snížení emisí CO₂, k čemuž docházelo úbytkem populace způsobeným válkami, hladem či morem. Pokles lidské populace důsledkem válek je špatně dokazatelný, protože lidstvo válčilo odjakživa a dalo by se říci, že téměř nepřetržitě. Ani poklesy emisí na časové ose nejsou shodné s válečnými událostmi. V celosvětovém měřítku bylo i úmrtí osmi miliónů Němců a Belgičanů během třicetileté války pouhou setinou. Další příčinou poklesu počtu lidí mohly být hladomory. Avšak sucha či mrazy vždy postihly pouze určitou část Země a s další hojnou úrodou se počty obyvatel opět rychle zvýšily. Při globálním pojetí věci je nemožné, aby sucho zasáhlo najednou např. celou Eurasii. Z těchto důvodů je jediným opravdu masovým zabijákem mor. Černá smrt zlikvidovala více jak 25% lidstva a to už se dá považovat za globální problém. Mor se šířil hlavně v oblastech s hustým osídlením, čemuž náramně napomáhal vznik měst. (Ruddiman, 2011)

2. Vymezení „malé doby ledové“ v historických souvislostech

2.1 Zánik vikingského osídlení v Grónsku

V období roku 700 se podmínky pro život ve Skandinávii obrátily k horšímu. Živobytí zdejších obyvatel záviselo hlavně na pěstování zemědělských plodin, a proto pro ně bylo náhlé ochlazení velkou překážkou. Právě kvůli klimatu podnikali Vikingové nájezdy do Evropy. Když nastaly teplejší doby, nájezdníci se vydali na moře a obsadili Island a Grónsko. V těchto místech se jim vedlo dobře. Chovali dobytek, lovem medvědů a mrožů si obchodem s Evropany získávali dřevo, které používali na stavbu domků a primitivních lodí, maso jim poskytovali sobi a tuleni. (Barros, 2006)

Problém nastal v roce 1350, kdy se klima v těchto oblastech zhoršilo. Teploty se snížily, mnohem častěji přicházely bouře a také srážky. Tento fakt a plovoucí kusy ledovců na moři komplikovaly ložím kontinentální spojení. Zvěř lovená pro obživu začala vymírat a pastviny mizely. Vikingové žijící na západním pobřeží se přesunuli na jih, avšak ani to nestačilo k přežití za tehdejších okolností. (Acot, 2005)

Původní obyvatelé, Inuité, snášeli tyto podmínky mnohem lépe, byli totiž schopni využívat produkty z moře. Ani dřevo pro ně nebylo tak důležité, používali hlavně kůži a materiály, které jim poskytovala příroda. Ironické je, že Inuité se od Vikingů některým věcem přiučili, avšak opačně to nefungovalo. S největší pravděpodobností jim to nedovoloval jejich hierarchický řád a jejich hodnoty. Velkou roli také hrálo náboženství, jeho spojitost s hospodářstvím lidem bránila v přizpůsobení se změně počasí. V přechodu na jiný způsob obživy je brzdily tradice a společenské zásady. V zoufalé situaci, když už nebylo co lovit, začali lidé pojídat svůj dobytek, všechna drobná zvířata a i své lovecké psy. Kolem roku 1500 Vikingové v Grónsku zcela vymřeli. (Svoboda a kol., 2003; Fagan, 2007)

2.2 Třicetiletá válka

Třicetiletá válka probíhala v letech 1618 – 1648. Šlo o spory mezi římskokatolickou církví a stoupenci reformace. Vyvrcholení těchto problémů

započalo v českých zemích stavovským povstáním. Nicméně to nebyl jediný důvod války, byl jím i boj o moc v Evropě. Tento úsek můžeme rozdělit do čtyř fází. První část, Česko – falcká válka, probíhala mezi roky 1618 až 1623. Za počátek je brána druhá pražská defenestrace (23. 5. 1618), poté byl zvolen panovníkem kalvinista Fridrich Falcký, který stál v čele bitvy na Bílé hoře (8. 11. 1620) na straně českých stavů proti církvi. Protestanti byli drtivě poraženi. Další fází je válka dánská (1625 – 1629), započala vpádem Dánů na území svaté říše římské, ti měli zpočátku úspěch, časem však byli zatlačeni opět za hranice. Pravděpodobným důvodem jejich vtrhnutí byla ekonomická vyčerpanost z dovozu obilí, a proto chtěli zvětšit své panství v Německu směrem na jih. Třetí etapou je švédská válka (1630 – 1635). Švédí vtrhli na české území a v roce 1631 svedli bitvu u Breitenfeldu s katolickou ligou, úspěšně. A poslední Švédsko – francouzská válka (1635 – 1648), byla spíše bojem mocenským. Francie se domnívala, že Habsburkové mají příliš velkou moc a tak zasáhla do války na straně Švédska. Francie však byla napadena katolickým Španělskem. V roce 1645 proběhla bitva u Jankova, kdy Švédí porazili císařskou armádu. Válka byla zakončena Vestfálským mírem. (Cowley a Parker, 1996)

Pro české země bylo období třicetileté války obzvlášť trýznivé. Teploty byly podnormální a zpočátku i velmi deštivé počasí. Nejkrutější zima nastala v roce 1620 a trvala od listopadu až do poloviny dubna. Další období s podprůměrně nízkými teplotami bylo mezi roky 1632 – 1648, vyskytlo se v něm přes osmdesát procent chladných dnů. Během zimy v roce 1634 umrzlo mnoho lidí z řad vojáků. Mrazy byly tak silné, že pukaly i kostelní zvony. Plodiny byly poškozovány jarními mrazíky, sklizně byly rok od roka menší a zvýšil se počet neúrodných let. To zákonitě znovu vedlo k vyšším cenám potravin, bídě a hladomorům. Spolu s boji měly tyto roky na české země ničivý vliv, přitom před válečným sporem spadaly mezi zámožnější státy. Zdevastováno bylo také Německo, Švýcarsko, Francie, Holandsko, celé Pobaltí a Dánsko. Nejlépe z války vyšlo Švédsko. Jednou z příčin byla jejich připravenost na špatné klimatické podmínky, vojáci byli vybaveni punčochami z ovčí vlny, těsnými svetry a snadněji postupovali do teplejších jižních oblastí. (Svoboda a kol., 2003; Svoboda, 2009)

2.3 Francouzská revoluce

Právě dlouhodobě špatné počasí bylo jedním z důvodů velké francouzské revoluce nebo by se spíše dalo označit za jakýsi „spouštěč“. Velký podíl na zhoršení klimatu měl také výbuch sopky Laki v roce 1783. Sopečné mračno nejvíce zasáhlo Francii a západoevropské státy, způsobilo ochlazení a kyselá deště ničily zemědělské rostliny. Kvůli nízkým teplotám zrál obilí velmi pomalu a deště způsobovaly na sklizních hniloby. Ceny chleba a obilí stoupaly. Léto v roce 1788 bylo na druhou stranu velmi suché a rozžhavené slunce páliло všechny plodiny, až nakonec uschly už před jejich sklizením. Přes některé části Francie se přehnaly bouře s kroupami a následovala velice mrazivá zima. Lidé se začali pomalu bouřit. Ve městech nebyl dostatek práce. Docházelo k přepadání zásilek obilí, zapalování zámek, neplacení feudálních dávek. Mimo jiné se zvedla i cena dřeva a v obydlích nebylo čím topit. Největší dopad měla tato situace na venkov, kde bylo daňové zatížení největší. V květnu 1788 svolal král Ludvík XVI. generální stavy, po dlouhotrvajících spekulacích se třetí stav prohlásil za Národní shromáždění. Král sice souhlasil, ale vyslal ke sněmu ve Versailles vojsko. Na to zareagovali pařížští obyvatelé a vtrhli do královské zbrojnice. V roce 1789 dobyli vězení Bastillu a počala revoluce. Národní shromáždění zrušilo feudalismus, daňová privilegia, deklarovalo rovnost občanů před zákonem, odvolalo desátky a vrchnostenská práva. V září 1791 byla přijata ústava a Francie se stala konstituční monarchií. V srpnu 1792 byl z trůnu sesazen král při povstání pod vedením Georgese Dantona. Vedení se ujal Národní konvent a v září prohlásil Francii republikou. V čele stáli Girondisté, Lemarais a Jakobíni. Po neúspěšném vedení armády a neschopnosti řešit domácí nesnáze se k vedení dostávají Jakobíni. Jejich krutá vláda se však setkala s odporem a byli svrženi, k moci se dostala buržoazie. Vláda se snažila zaměřit na zahraniční problémy, vojska zvítězila nad Itálií a Rakouskem a jako poslední nepřítel zbyla Anglie. Tu Francie neporazila a anglický vůdce Napoleon uskutečnil v roce 1799 převrat, dosáhl úplné moci a ukončil Velkou Francouzskou revoluci. (Acot, 2005)

3. Sluneční činnost v „Malé době ledové“

3.1 O Slunci

Slunce je žhavá koule, která se skládá z plynů. Největší zastoupení má vodík (92%), následuje hélium (necelých 8%) a velmi nepatrnou část tvoří ostatní prvky, jako jsou kyslík, uhlík, dusík, neón, železo, křemík a další. Vyskytují se zde všechny prvky, o kterých se učíme v periodické tabulce, avšak oproti vodíku mají velmi malé zastoupení. V nitru Slunce uniká energie z vodíku a ten se mění v hélium. Tato energie poté směřuje od středu a na povrchu vyzařuje do vzduchoprázdna. Urazí přibližně 150 milionů kilometrů, než dospěje k naší planetě, kde se proměňuje v teplo. Je zřejmé, že život bez Slunce by zde nebyl možný. (Kleczek, 1984)

Podle vzdálenosti od středu Slunce rozlišujeme jeho stavbu na několik částí. Vnitřní díl nazýváme *jádro*, jeho hustota je velmi vysoká, stejně jako teplota, 13 milionů kelvinů. Odtud proniká záření přes vrstvu mocnou více než 600 tisíc kilometrů – *zářivá vrstva*. Dále se energie šíří konvekcí (prouděním), proto *konvektivní vrstva* s hloubkou asi 50 tisíc kilometrů. Na tu navazuje atmosféra skládající se z *fotosféry*, která tvoří viditelný povrch Slunce, *chromosféry* a *koróny*. Chromosféra zasahuje do deseti tisíc kilometrů nad povrch, je velmi řídká a má načervenalou barvu. Hustota koróny je ještě menší, tato vrstva dosahuje vzdálenosti milionů kilometrů od fotosféry. (Kleczek, 1984)

3.2 Sluneční skvrny

Na Slunci jsou tyto skvrny viditelné jako tmavá místa, případně méně jasná než okolní povrch. Je to proto, že mají menší teplotu. A to zhruba nižší jak 4 000 °C, normálně má sluneční fotosféra teplotu asi 6 000 °C. Mohou být i několikanásobně větší než povrch Země. (Gray a kol., 2010) Ty rozsáhlejší mají dvě části, uvnitř se nachází *umbra* a kolem ní *penumbra*. Skvrny kolem sebe vytváří magnetické pole v důsledku toku elektrických proudů. Horká plazma na povrchu Slunce se přes tato magnetická pole nemůže šířit a obchází je, tak vznikají chladné a tmavé části. Nejprve se vyskytne malý černý bod, který začne vzrůstat. Vzápětí se v jeho sousedství

vynoří další skvrny. Proto se nejvíce vyskytují ve skupinách. Skvrny se rozdělují na mnoho druhů označovaných písmeny A až I, avšak počet těchto skupin i počet typů v jednotlivých skupinách se velmi často mění, proto je zbytečné je vyjmenovávat. (Kleczek, 1984)

3.3 Aktivita Slunce

Bylo zavedeno tzv. relativní číslo (Wolfovo číslo), které vzniklo součtem desetinásobku počtu skupin spatřených na Slunci a jejich celkovým počtem. Z těchto čísel můžeme sestrojít křivku sluneční aktivity. Nejmenší hodnoty na křivce jsou označovány jako minima sluneční činnosti, naopak největší hodnoty jsou maxima. Doba, která uběhne od jednoho minima ke druhému, se nazývá sluneční cyklus. (Kleczek, 1984) Je známo, že na začátku periody se skvrny objevují daleko od rovníku, během cyklu se k němu přibližují a na konci se vyskytuje jen pár skvrn těsně u rovníku. V další etapě se skvrny vynoří opět na opačných pólech. (Beckman a Mahoney, 1998) Perioda trvá zpravidla 11 let, ale není vždy pravidelná. V dnešní době se uvažuje i o 22letém a 80letém cyklu. (Kleczek, 2011) S tím souvisí také výkon Slunce, jež se s cyklem mění. Při maximu, tedy kdy se objeví hodně skvrn, je výkon asi 1367 W/m^2 . U minima hodnota klesá na 1365 W/m^2 . Během uplynulých staletí se toto číslo změnilo o dvě až šest desetin procenta. (Černý, 2008)

Aktivita na Slunci se projevuje také erupcemi. Objevují se poblíž skvrn, kde je velké magnetické pole, nejčastěji v období maxima slunečního cyklu. Jde o prudký výbuch, při kterém se dostává plazma do atmosféry Slunce. Některé erupce vyvrhují i svá magnetická pole, jejich rychlost je natolik vysoká, že se dokáží dostat přes sluneční přitažlivost až do meziplanetární zóny. Za určitých okolností se mohou dostat až do zemské atmosféry a svým magnetismem způsobit radiokomunikační potíže. (Dvořák a Křivský, 1989)

3.4 Vliv polohy Země

Intenzita slunečního záření je také ovlivňována polohou a natočením Země vůči Slunci. Ty se s cyklickou pravidelností mění a tím se mění i

vzdálenost Země od Slunce a ovlivňují množství dopadajících paprsků na různé zeměpisné šířky. Jedná se o excentricitu zemské dráhy, sklon zemské osy a její precesi. Tyto jevy nejlépe popsal srbský inženýr Milutin Milankovič (1879 – 1958), proto jsou pojmenovány jako *Milankovičovy cykly*. (Ruddiman, 2011)

Země kolem Slunce obíhá po dráze ve tvaru elipsy. Každá elipsa má svou *excentricitu*, tzn. vzdálenost mezi středem a ohniskem elipsy. Pokud dráha téměř kopíruje kruh, pak její excentricita má nulovou hodnotu. Čím je elipsa více „zploštělá“, tím se více excentricita blíží k hodnotě 0,06. Tento jev se periodicky mění v průběhu 100 000 let. Při vysoké excentricitě může být rozdíl počtu dopadajících paprsků na každou polokouli až 30 procent. (Cílek, 1995)

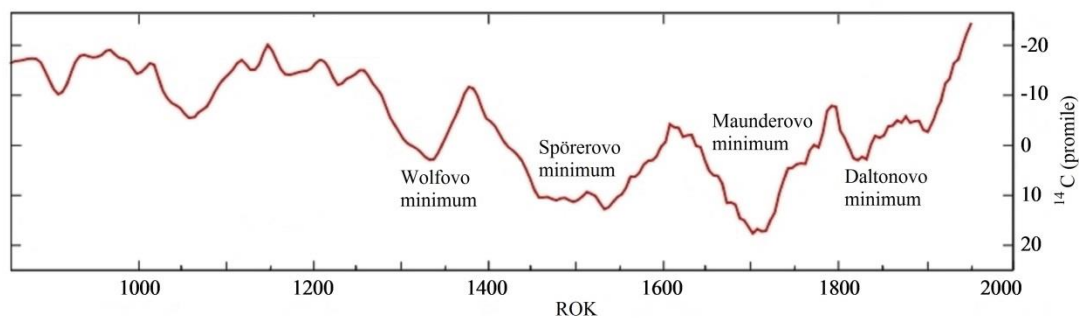
Dalším úkazem je *sklon zemské osy*. Mění se zhruba po jednačtyřiceti tisících letech. Rozmezí sklonu se pohybuje od $21,39^\circ$ do $24,36^\circ$. Při větším úhlu sklonu dolehne na rovník méně slunečního záření než na zemské póly. Je-li na jednom z pólů mírné léto, na opačném se očekává krutá zima. Čím menší úhel sklonu, tím menší sezónní rozdíly. (Acot, 2005)

Změna *precese zemské osy* má cyklus 19 – 21 tisíc let. Je tvořena houpáním Země kolem vlastní osy, ta opisuje tvar kužele. V nynější době nastává slunovrat v nejvzdálenějším postavení vůči Zemi, to má za následek chladnější léta a mírné zimy. Při slunovratu v nejbližším postavení vůči Zemi nastává opačný jev, jako tomu bylo před 11 000 lety. (Cílek, 1995; Acot, 2005)

3.5 Zjišťování sluneční aktivity

Mezi způsoby zjišťování sluneční aktivity se řadí metoda radiouhlíková. Izotopy ^{14}C vznikají ve svrchních částech atmosféry srážkami kosmických paprsků s molekulami vzduchu, konkrétně s atomy dusíku. Radioaktivní uhlíky se dají nejlépe detekovat v letokruzích stromů, kde je i dobře viditelný jedenáctiletý sluneční cyklus. Část izotopu se stává součástí biomasy stromu a je zachována dlouhou dobu po ukončení růstu. Poločas rozpadu ^{14}C činí 5730 let, takže jeho obsah ve vzorku poklesne za tuto dobu

na 50 procent. Díky tomu se dá určit kolik ^{14}C se dostalo na Zemi a přibližně před kolika lety. Množství izotopů je závislé na počtu slunečních paprsků, při větší aktivitě Slunce se vytváří malé kvantum uhlíku ^{14}C . V minimech se tedy objevuje více izotopů uhlíku. (Eddy, 1976; Bauera kol., 2003)



Obr. č. 1: Výskyt radioaktivních uhlíků. Z obrázku je patrné, že v minimech sluneční aktivity se vyskytuje větší množství ^{14}C . (URL 1)

Další metodou je zkoumání izotopů ^{10}Be . Tyto izotopy jsou produkovány vysokoenergetickými interakcemi částic kosmických paprsků s kyslíkem a dusíkem v atmosféře. Pokles magnetické aktivity na Slunci vede ke zvýšení proudění kosmických paprsků a tím i k větší produkci izotopů ^{10}Be . (Beer a kol., 1998) V minimech sluneční aktivity se vyskytuje více izotopů beryllia, stejně jako tomu bylo u uhlíku. (Bauer a kol., 2003) Údaje o ^{10}Be se získávají ledovcovými vrty, nejrozsáhlejší průzkumy probíhaly na grónských ledovcích. (Beer a kol., 1998)

3.6 Wolfovo minimum (1280 – 1350)

Wolfovo minimum začíná rokem 1280, tento rok nebyl příliš chladný, ale vyskytlo se v něm velké množství deštivých období s bouřkami, vichřicemi a záplavami.

Dále však následovalo *tříleté studené období (1281 – 1283)*, kde první rok spadal do srážkově vydatnějších let. Zima byla velmi krutá s bohatými sněhovými srážkami, které pokrývaly zem na některých místech až do dubna. Na sklizni se podepsalo jarní zamokření zemědělských pozemků a ranní mrazíky, proto pro lidi nastala bída a drahota. Další dva roky se vyznačovaly teplotně i srážkově podprůměrnými hodnotami. Zimní měsíce na přelomu let

1283/1284 se řadily mezi velmi mrazivé. Následující jaro bylo doprovázeno silnými květnovými mrazíky, jež poškodily vinnou révu, ovocné stromy i osivo. Oba roky byly považovány za neúrodné.

Po chladnější etapě přišlo *jedenáctileté teplé období (1284 - 1294)* charakteristické převahou nadnormálně teplých roků s mírnými zimami a rozpálenými léty. Nejteplejší zima se objevila v roce 1289, kdy v prosinci kvetly některé ovocné stromy a byliny. V druhé polovině ledna 1290 bylo už takové teplo, že se vraceli stěhovaví ptáci z teplých krajin. Za velmi úrodný je považován rok 1291, bohatá byla sklizeň obilí i ovoce. Díky tomuto teplotně nadnormálnímu úseku se evropské země dostaly ze tříletého hladomoru z let 1281 – 1283. Avšak netrvalo to dlouho, jelikož následovala *tříletá studená etapa (1295 – 1297)* a díky chladným létům úrody obilí opět ubylo.

Jako další přišlo *sedmileté teplé období (1298 – 1304)*. Při pojetí srážkové činnosti spadá tato doba do osmiletého vlhkého období (1295 – 1302) a do dvouletého suchého období (1303 – 1304). V letech 1298, 1299 a 1300 nebyly zaznamenány žádné extrémy, zimy byly mírné, jara a léta teplá a vlhká. Roky 1301 a 1302 měly nadprůměrné zastoupení vysokých teplot a srážkových úhrnů, vznikaly záplavy, které škodily zemědělské půdě. Extrémní léto se vyskytlo v roce 1303, sucha postihla západní, východní i střední Evropu. Výsledkem byly velice nízké stavy vod v evropských řekách.

Dále následovala *dvaceti dvouletá mimořádně chladná etapa (1305 – 1326)*, do jejíž velké části spadalo vlhké období (1310 – 1324). Zpočátku panovaly velmi tuhé a dlouhé zimy, i ty největší vodní toky zahalovala vrstva ledu. Zamrzalo také Baltské moře, které tak umožnilo přímé spojení mezi Dánskem a Švédskem. Na jaře se vyskytovaly mrazíky a léta byla suchá. Na jaře roku 1309 vznikaly povodně, díky tání napadlého zimního sněhu. V roce 1310 silné mrazy poškodily vinnou révu, ve spojení se zaplavenými zemědělskými pozemky byla úroda tohoto roku velmi chabá. Totéž platilo i pro obiloviny. Navazující tuhé zimy a suchá léta byly příčinou nedostatku potravin a následného hladomoru. Po roce 1310 se přidaly hojné deště, lijáky, bouře a záplavy, které devastovaly půdu i plodiny. V roce 1318 hladovění

vrcholilo v celé Evropě. Až o rok později se počasí změnilo na teplé a slunečné a úroda kypěla hojností. Pouze na rok 1321 se umírnila také zima, avšak v příštím roce již opět zamrzalo Baltské moře. Až do roku 1326 byly zimy tuhé, jara chladná a vlál severní vítr, který přinášel studený vzduch.

Teprve v roce 1327 přišlo *sedmileté teplé období (1327 – 1333)*. Zprvu přineslo podnebí dostatek srážek, pouze poslední dva roky byly srážkově chudší. To mělo příznivý vliv pro rolnictví, po neúrodných letech přišla opět hojnost zemědělských plodin.

Rokem 1334 započala *čtrnáctiletá velmi studená epizoda (1334 – 1347)*. Oproti předchozímu studenému období nebyla natolik extrémní, větší škody napáchaly časté deště, které způsobovaly povodně. Ty se vyskytovaly, až na pár výjimek, skoro každý rok a někdy i více jak čtyřikrát do roka. Za zmínku stojí rok 1342, kdy v Mohuči (Německo) vystoupala voda 9 metrů nad normální stav hladiny. V roce 1338 nadešla velmi dlouhá a tuhá zima, začala již 1. prosince a její konec nastal až 1. března roku 1339. Po velmi bohatých sněhových srážkách a pro neustálé následné deště roku 1343 voda zatopila spoustu měst a ničila mlýny i mosty. Toto poslední chladné období Wolfova minima končí rokem 1347.

Dále navazuje *dvouleté teplé období (1348 – 1349)* s velice teplými zimami. Pouze na jaře roku 1349 se objevily mrazíky. (Svoboda a kol., 2003)

3.7 Spörerovo minimum (1420 – 1540)

Další snížení sluneční aktivity mělo počátek v roce 1420 a trvalo 120 let, tedy do roku 1540. Svůj název získalo po německém astronomovi Gustavovi Spörerovi (1822 – 1895), který se zabýval slunečními skvrnami a slunečními cykly. (Eddy, 1976)

Počátek této epizody spadl do *devítiletého studeného období (1416 – 1424)*. Na začátku byl mírný, až v letech 1422 – 1424 přišly tuhé a mrazivé zimy, léta by se dala označit za teplá.

Následovalo *dvouleté teplé období (1425 – 1426)* s nadprůměrně vysokými teplotami, avšak kvůli špatným povětrnostním podmínkám nebyla úroda příliš hojná.

Po krátkém oteplení přišlo *dvacetileté studené období (1427 – 1446)*, které se vyznačovalo drsnými povětrnostními podmínkami. Hned v roce 1427 nastala velmi krutá zima a horké suché léto. Proto byla úroda opět nehojná a tento rok se stal rokem hladu. Jaro a léto roku 1428 se vyznačovaly častými dešťovými srážkami a následnými záplavami. V roce 1430 zamrzlo Baltské moře a všechny velké západoevropské a středoevropské řeky. Neobyčejně mrazivá a na sněhové srážky bohatá byla zima roku 1431/1432, trvala od 25. listopadu až do 24. února, po oblevě sněhové pokrývky vznikaly povodně a i jaro bylo velmi chladné. Po střídavých povětrnostních podmínkách došlo k neúrodě vinné révy a obilí, potraviny začaly v roce 1433 podražovat. Dalším extrémním zimním obdobím je rok 1434. Zima 1433/1434 byla mimořádně bohatá na srážky a velmi podprůměrné teploty zasahovaly celou Evropu. Anglická Temže byla zamrzlá od 25. listopadu do 10. února. Jaro bylo ochlazováno studeným severním větrem a úroda se snížila na minimum. Zima roku 1435 zasáhla střední a západní Evropu, ledem byla pokryta celá řeka Rýn. Jarní mrazíky poškozovaly vinné keře a úroda vína nebyla hojná. Pro tuhou zimu a deštěm provázené vegetační období byla úroda roku 1436 mizivá. Velké zimní mrazy a chladná jara přetrvávaly až do roku 1438, hladomor se stále více prohluboval. Až s příznivým jarem roku 1439 odezněl sedmiletý hladomor. Přesto i dále panovaly velmi kruté a dlouhé zimy, dalšími extrémními roky byly 1442 a 1443. Zima mezi těmito lety začala již koncem října a ustala v polovině dubna. Je označována za nejtužší zimu celého 15. století.

Až *teplé sedmileté období (1447 – 1453)* přerušilo dvacet let po sobě jdoucích tuhých zim. Díky mírným zimám a teplým jarům se hospodářská situace velmi zlepšila. Úroda byla opět bohatá a ceny potravin výrazně klesly.

Bohužel toto příznivé počasí netrvalo dlouho a přišlo *dvanáctileté studené období (1454 – 1465)*. Ale nebylo tak kruté, co se lét týká. Zimy byly opět tuhé, teploty klesaly hluboko pod nulu a většinou měly dlouhé trvání, avšak léta byla ve většině případů nadprůměrně teplá v některých letech až horká. Díky tomuto faktu nevznikaly téměř žádné hladomory. Za výrazněji

chladnější byly označeny zimy v letech 1456, 1457 a 1458, opět zamrzalo Baltské moře a mrazy poškozovaly úrodu, proto v roce 1456 a 1458 propukl hladomor. Tato klimatická etapa měla nejhorší dopad na severní Evropu, kde byla nejkrutější zima zaznamenána v roce 1464.

Následující úsek je nazýván *malé klimatické optimum (1466 – 1618)*, jedná se o období teplých zim a parných lét. Svě dobré časy zažilo také zemědělství, vinice se rozšířily dále na sever, bylo umožněno pěstování melounů a rozvinulo se i chmelařství.

Tato etapa začala *teplým dvouletým obdobím (1466 - 1467)*, první zima byla ještě velmi tuhá, následovalo chladné jaro, ale léto bylo již horké a suché. Zima roku 1468 se vyznačovala nenadálou mírností.

Pro *tříleté studené období (1468 – 1470)* byly typické dlouho trvající zimy bohaté na sněhové srážky. Ostatní roční období byla většinou teplotně nadprůměrná.

Významnou epizodou celého 15. století bylo *devatenáctileté teplé období (1471 – 1489)*. Až na čtyři zimy v letech 1477, 1481, 1485 a 1488 byly zimní měsíce mírné či velmi teplé. Třináct let z tohoto období byla léta velmi teplá nebo horká. Zemědělským plodinám se značně dařilo a úroda byla hojná. V roce 1479 byly klimatické podmínky natolik příznivé, že jabloně a hrušně rodily dokonce dvakrát. Neúroda se dostavila pouze v roce 1473, kdy kvůli extrémnímu suchu vysychaly i potoky a studně.

V roce 1490 nastalo *dvaceti devítileté chladné období (1490 – 1518)*, které bylo charakteristické větším počtem velmi tuhých zim a to v letech 1490, 1491, 1492, 1496, 1498, 1502, 1505, 1509, 1510, 1512, 1516. V letech 1490 a 1491 zamrzala moře a jezera, zimní měsíce na přelomu roků 1491/1492 patřily mezi nejtužší v tomto století. V roce 1494 se kvůli neustálým deštům opět objevil hladomor, bída a ceny potravin stouply. Zároveň se ale vyskytovaly teplotně nadprůměrné letní měsíce a to v letech 1493, 1503, 1504, 1505, 1506, 1509, 1510, 1512 a 1516. Za zmínku stojí rok 1512, v němž na podzim bylo tak teplo, že znovu dozrály jahody. V roce 1516 pro změnu započaly žně již v polovině června. Nicméně ani tuto

epizodu neminul hladomor, který nastal po neúrodách v letech 1513 až 1516 způsobených špatnými povětrnostními podmínkami.

Následovalo *šestnáctileté teplé období (1519 – 1534)* se zvláště vysokými teplotami a četnými srážkami. Teplotně podprůměrné byly roky 1523, 1524 a 1525. Zbylé roky byly v zimních obdobích mírné až teplé.

Spörerovo minimum uzavírá *dvouleté studené období (1535 – 1536)* s velmi tuhou a na srážky bohatou zimou roku 1535. A o rok později značně mrazivou a zdoluhavou zimou, kdy se silné mrazy objevily ještě v březnu. (Svoboda a kol., 2003)

3.8 Maunderovo minimum (1645 – 1715)

Jak už bylo řečeno na začátku, Maunderovo minimum zahrnuje období od roku 1645 do 1715. V této době bylo na Slunci pozorováno méně jak padesát slunečních skvrn. K maximální solární činnosti došlo v letech 1676, 1684, 1695, 1705 a 1716. Temnější místa byla viditelná na jižní polokouli Slunce, až na poslední cyklus, kdy se objevila i na severní polokouli. (Beckman a Mahoney, 1998)

První čtyři roky byly součástí *studeného období (1632 – 1648)*, hned úvodní rok byl teplotně i srážkově velmi podprůměrný. V podobném stylu probíhaly i roky následující.

Dále Maunderovo minimum pokračovalo *šestiletým teplým obdobím (1649 – 1654)*, které bylo výjimečné především pro český lid. Po třicetileté válce a období neúrod, přišlo konečně příznivé počasí a české země se mohly vzpamatovat z uplynulých událostí. Zima roku 1649 byla mírná a díky vláhově vyrovnanému jaru byla hojná úroda obilí. I ostatní zimní období byla většinou mírná s krátkým trváním. Častěji se objevovaly povodně způsobené táním napadlého sněhu.

Jedenáctileté studené období (1655 – 1665) je označováno jako jeden z vrcholů malé doby ledové a to díky vysoké četnosti extrémně tuhých zim a celkově velmi chladným rokům. V zimě roku 1655 spadlo ohromné množství sněhových srážek, v únoru přišla obleva a přidal se déšť, což mělo za následek nesmírně velké povodně. Nejhorší zimou tohoto úseku byla ta na

přelomu let 1657/1658. Napadlo enormní kvantum sněhu, zamrzlo Baltské moře a v severních zemích zima panovala až do června. V roce 1659/1660 byla další výrazná zima, kdy ze silných mrazů praskala kůra na stromech. V roce 1665 byly velké řeky pokryté ledem až do března.

Z mírnějších zim se skládalo *čtyřleté teplé období (1666 – 1669)*, ve kterém byla zaznamenána dobrá úroda, nejbohatší pak v roce 1668. Zemědělské plodiny byly poškozovány pouze občasnými dešti a bouřkami.

V *desetiletém studeném období (1670 – 1679)* se objevovaly tuhé zimy v letech 1670, 1672, 1674, 1675 a 1677. Zima 1670 patří k těm nejtvrdějším, postihla celou Evropu. V roce 1674 padal sníh ještě 24. března a v roce 1677 zamrzla na měsíc francouzská řeka Seina.

V lednu roku 1679 se oteplilo a už v tu dobu na polích rolníci orali a sázeli zemědělské plodiny, úroda obilí byla velmi bohatá. Započalo *sedmileté teplé období (1680 – 1686)*, které zaznamenalo pouze jednu tuhou zimu a to v roce 1684. Skončila až na začátku března a podle tehdejších záznamů rybníky vymrzaly až do dna. Na jaře se objevily opakovaně ranní mrazíky. Jedinou kladnou věcí byla ojediněle výborná kvalita vína. V dubnu roku 1686 přišly pozdní mrazíky ještě v květnu.

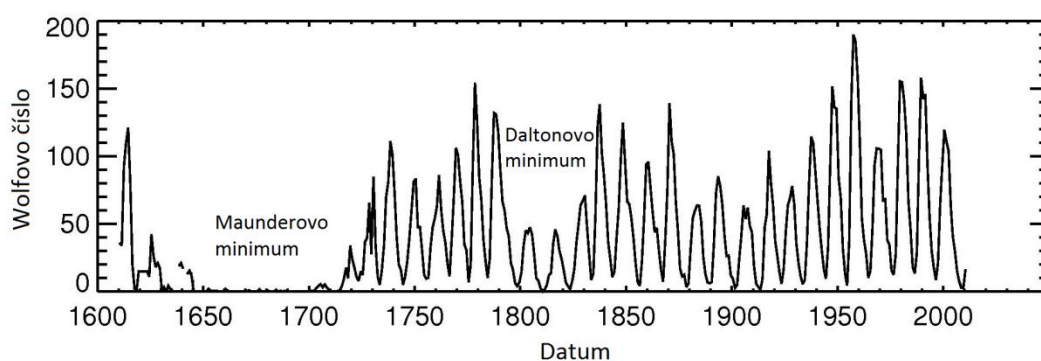
Naopak v *jedenáctiletém studeném období (1687 – 1697)* byly skoro všechny zimy velmi tuhé, až na roky 1687, 1690 a 1696. Zima roku 1692 se nejvíce projevila v severní Evropě, ve Švédsku na mráz umřela část populace. Vůbec nejhorší byla zima na přelomu let 1694/1695, která začala na konci října a skončila až v březnu. Ve Švýcarsku zamrzala i jezera. Jaro bylo chladné a ještě v dubnu sněžilo. Mrazíky se vyskytly už 25. srpna a ve druhé polovině měsíce září padal sníh. Kvůli chladným vegetačním obdobím a vlhkému klimatu byla sklizeň nehojná, po neúrodných letech 1691 – 1696 nastal hladomor a lidé pojídali i vařenou travu a žaludový chléb. V roce 1696 zemědělci zasévali již v lednu.

V *devítiletém teplém období (1698 – 1706)* měly všechny roky nadprůměrné teploty. Pouze zima roku 1700 byla podprůměrná. V této etapě

vyzrávalo víno skvělé kvality, jen rok 1701 zaznamenal neúrodu obilovin z důvodu nedostatečných dešťových srážek.

Hned první velmi chladná zima ve *čtyřletém studeném období (1707 – 1710)* byla v roce 1706/1707, mrazem umřelo mnoho lidí i dobytek. Avšak extrémně mrazivou zimou byla ta z roku 1708/1709, která zasáhla celou Evropu i severovýchodní Ameriku. Opět zamrzlo Baltské moře, na Jadranu se tvořil led, anglická řeka Temže i Italská řeka Pád byly pokryty ledem a v Portugalsku a Španělsku padal sníh.

Maunderovo minimum uzavírá *pětileté teplé období (1711 – 1715)*, které bylo bohaté na úrodu. V roce 1712 se urodilo tolik vína, že ho nebylo kam ukládat. Pouze rok 1713 měl chudou úrodu obilí z důvodu velkého vlhka. (Svoboda a kol., 2003)



Obr. č. 2: Sluneční aktivita. Počet slunečních skvrn vyjádřených Wolfovým číslem (relativním číslem) v závislosti na daném letopočtu. (URL 2)

3.9 Daltonovo minimum (1790 – 1830)

Údobí od roku 1790 do 1830 se nazývá Daltonovo minimum, pojmenované po anglickém meteorologovi Johnu Daltonovi (1766 – 1844). (Watts, 2010) Období Daltonova minima spadá svým počátkem do nadprůměrně *teplé klimatické epizody (1787 – 1798)*. V roce 1799 teploty klesly a nadešel mimořádně studený rok. Dále následovaly tyto epizody: *tříleté teplé období (1800 – 1802)*, *tříleté studené období (1803 – 1805)*, *šestileté nadprůměrně teplé období (1806 – 1811)*, *pětileté velmi studené období (1812 – 1816)*, *výrazně nadprůměrně teplé období (1817 – 1828)* a

extrémně studený rok 1829. Z hlediska srážkových úhrnů spadá toto období do suchého šestiletého období (1789 – 1794), dále je to velmi vlhké období (1795 – 1804), šestileté mírně podprůměrné období (1805 – 1810), devítileté mírně nadprůměrné období (1811 – 1819), sedmileté podprůměrné období (1820 – 1826), vysoce nadprůměrné období (1827 – 1833). (Svoboda a kol., 2003)

4. Pluviály, sopečná činnost

4.1 Pluviály

Pluviály jsou období s výskytem vyšší srážkové činnosti. Trvají několik desítek let a jsou spjatá také s větším výskytem povodní. Toto označení vzniklo z latinského slova *pluvia*, znamenající déšť. Od desátého století proběhly čtyři malé pluviály. (Vašků, 1997)

4.1.1 Malý pluviál I

První z pluviálů trval od roku 1078 až do 1118. Kvůli tuhým zimám a vlhkým vegetačním obdobím byly sklizně obilí velmi chudé. Tehdejší zemědělství nebylo dostatečně výkonné, a proto nastal hladomor, který postihl západní, střední a severní Evropu. V českých zemích bylo nejkritičtější období v letech 1092 – 1096. Na počátku 12. století se počasí zlepšilo a úroda zaznamenala obrat k lepšímu. V následujících letech se úrodné a neúrodné roky vcelku pravidelně střídaly, nedošlo k žádným extrémům. Až od roku 1116 se začaly srážkové úhrny během lét zvyšovat, zimy byly chladnější a větrnější. V roce 1118 přišly po vlhkém létě a po přívalových deštích povodně. Na našem území se vyskytla vůbec největší záplava, která byla v tomto tisíciletí zaznamenána. (Vašků, 1997; Svoboda a kol., 2003)

4.1.2 Malý pluviál II

Po dvou srážkově normálních stoletích přichází další mimořádná doba, označená jako malý pluviál II. Začala v roce 1310 a skončila zhruba 1350. Na počátku panovala jedna z nejkatastrofálnějších dob hladu, která trvala asi devět let. Obilí bylo v zimě ničeno tuhými mrazy a na jaře jej devastovalo zamokření zemědělské půdy. V roce 1319, před sklizní, byla situace natolik špatná, že hladomor vyústil zabíjením a kanibalismem. První polovina 14. století byla také označována jako „*období klimatického běsu*“. V letech 1327 – 1333 nastalo sedmileté teplé období, při kterém se úroda opět navýšila, a hladomory pominuly. Další klimatickou epizodu (1334 – 1350) již tolik nezatěžovaly chladné zimy, ale spíš velmi vysoký výskyt dešťů. Proto je toto

období označováno jako „*doba velkých povodní*“. Zápory se vyskytovaly někdy i více jak čtyřikrát za jeden rok a to po celé střední a západní Evropě. U nás došlo k největší povodni v roce 1342 na řece Rýn. Voda zde vystoupala do devíti metrů nad normální stav hladiny. Tato epizoda je z hlediska záplav řazena mezi největší v historii. (Vašků, 1997; Svoboda a kol., 2003)

4.1.3 Malý pluvíál III

Tato etapa (1560 – 1600) se vyznačuje extrémním výskytem srážkově nadnormálních roků. Avšak není tak chladná jako malý pluvíál II. Kvůli deštům zůstávala pole zamokřená, obilí hynulo, úroda byla mizerná, což opět vedlo k hladu, nouzi a zvyšování cen potravin. Mimo jiné docházelo k obrovským smyvům půdy ze zemědělských pozemků.

V Českých zemích byly všechny údaje o vodním režimu pečlivě zaznamenány a to díky rozvíjejícímu se rybníkářství. Každý problém byl zapsán do hlášení i s popisem příčin. České rybníky prošly v druhé polovině 16. století nejednoduchou zkouškou. Nejhorším rokem tohoto období byl rok 1582, kdy se povodně dostavily dokonce čtyřikrát. Kvůli zvýšeným hladinám se i rybníkářská soustava stala v podstatě řekou, právě pro svou propojenost. Opětovné porovnání míry zvýšení hladiny na řece Rýn, v roce 1565 se úroveň zvedla o 5,9 metru oproti normálnímu stavu, v roce 1573 o 6,3 metru a v roce 1784 6,6 metru nad normální úroveň. (Vašků, 1997; Svoboda a kol., 2003)

4.1.4 Malý pluvíál IV

V roce 1763 přišlo vlhké cyklonální proudění od Atlantiku a přineslo další vlhké roky. Toto období do roku 1804 je nazýváno malým pluvíálem IV. První devítiletý úsek byl doprovázen silnými dešti, velmi chladnými zimami a mrazíky. Nadešel nedostatek potravin, bída a hladomor. Kvůli deštům se velmi těžko sklízelo seno, žně byly zdlouhavé a pro velkou oblačnost ani nevysvítalo slunce. Ubylo zhruba 12 procent populace. V českých zemích to bylo jen mezi roky 1771 a 1772 250 tisíc úmrtí. A jako i

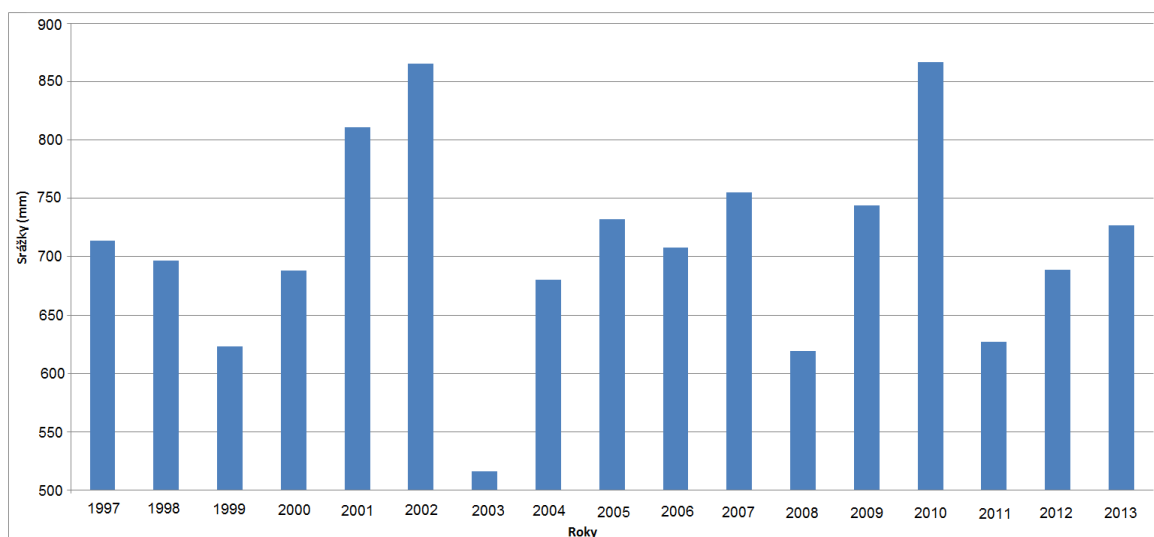
v předchozích pluvialech i v tomto nastaly povodně. Mezi největší záplavy patří velké vody z let 1771, 1784, 1786 a 1799.

Jednu výhodu tyto nepříznivé časy přece jen měly, a tou bylo zdokonalování zemědělství. Mnohem častěji se měnily úhorové systémy, aby mohlo být dosaženo vyšší úrody. Pěstovaly se odolnější odrůdy plodin, velmi se rozšířily brambory a ozimé obiloviny. Zamokřená pole během letních měsíců donutila zemědělce k dalšímu zdokonalení a tím bylo odvodňování pozemků pomocí svodnic, příkopů, struh, stok, úprav toků a nejrůznějších drénů. (Vašků, 1997; Svoboda a kol., 2003)

4.1.5 Situace po roce 1997 a velkomoravský pluvial

V dnešní době je díky nejrůznějším modelům, které předpokládají vývoj klimatu až do roku 2075, počítáno s oteplením a tím pádem i s poklesem odtokových množství z povodí. Avšak s přihlédnutím na oscilační krok období nemůžeme vyloučit možnost nástupu dalšího malého pluvialu, v pořadí pátého. (Vašků, 1997) Svým datováním již nespadá do malé doby ledové, nicméně podle mého názoru stojí za zmínku.

Pan docent Vašků (1997) předpokládal, že srážková činnost by měla být do první dekády nového století vyšší než dlouhodobý průměr. Hned v červenci roku 1997 přišla povodeň mimořádného rozsahu, která nejvíce zasáhla Moravu a Slezsko. O rok později záplavy postihly východní Čechy. Asi nejvíce vzpomínaný je rok 2002, kdy do říčních koryt vtrhla stoletá voda. Další povodně pak byly zaznamenány v roce 2006 na Moravě a v jižních Čechách, v roce 2009 místní povodně (Morava, Slezsko, severní a jižní Čechy), v roce 2010 jarní povodně na severní Moravě a ve Slezsku a letní povodně v severních Čechách a nakonec záplavy v roce 2013. Tato etapa od roku 1997 do současnosti by se dala označit jako období povodňového neklidu, ba dokonce i za další pluvial.



Obr. č. 3: Srážky naměřené v ČR. (URL: 3)

Pro pořádek bych ještě zařadila velkomoravský pluvial, který též svým časovým umístěním do období řešeného v této práci nespadá. Kvůli nedostatku historických dat není možno tuto etapu jednoznačně vymezit, avšak podle pana docenta Vašků (2014) by za její začátek mohl být považován počátek 10. století. Tento pluvial nejvíce zasáhl politická a vojenská centra Velké Moravy, od toho se také odvíjí jeho název. Předcházelo mu dlouhé období relativního povodňového klidu.

Do velkomoravského pluvialu by se mohlo řadit vlhké jedenáctileté období (1002 – 1012), vlhké šestileté období (1015 – 1020), další šestileté vlhké období (1029 – 1034) a vlhké devítileté období (1040 – 1048). Neobyčejně deštivé a s následnými záplavami byly roky 1002 a 1009. Rok 1017 se vyznačoval přívalovými dešti a silnými bouřkami. (Svoboda a kol., 2003)

4.2 Sopečná činnost

4.2.1 Vznik sopky a erupce

Sopka vzniká v místě, kde do sebe naráží litosférické desky, zasouvají se pod sebe a v zemské kůře se prolamují pukliny. Nemusí to nutně být jen hora, některé ze sopek ani nepřevyšují okolní terén. Aby se vyvýšenina dala označit jako vulkán neboli sopka, musí být tvořena sopečným materiálem a

zároveň je nutné, aby byla spojena s magmatickým krbem. To je místo hluboko pod povrchem, kde se nachází horniny ve žhavém stavu a tekutém skupenství. Byly roztaveny tektonickými tlaky, které zvyšují teplotu, nebo výskytem radioaktivních prvků, které vytvářejí teplo. Této žhavé hmotě říkáme magma, poté co se dostane na povrch je označována jako láva. Pokud se krb spojí s povrchem, díky nějakému tektonickému poškození, magma začne stoupat, tlak klesne a začnou unikat vodní páry a plyny. Když tyto plyny mají zahrazený průchod na povrch, uvolní si jej právě výbuchem, nastává erupce. (Kukal, 1982)

Sopečná činnost není spojena pouze se sopkami. Může probíhat i při vzniku pukliny v zemském povrchu, z kterého se začne valit láva. Až později může vzniknout vulkán nahromaděním magmatického materiálu. (Novák, 2011)

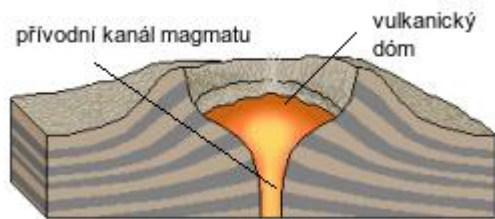
4.2.2 Druhy sopek

Prvním rozřazením sopek je podle jejich typu, buď jsou explozivní, výlevné či smíšené. U explozivních typů dochází k velkému výbuchu díky nahromaděným plynům a láva společně s tefrou (viz níže) jsou vymrštěvány do vzduchu. Oproti tomu u výlevného typu se láva pouze valí z trhliny a šíří se do okolí. Kombinací těchto dvou typů jsou sopky smíšené, kdy se střídá vylévání lávy s výbušnou aktivitou. (geolsoc.org.uk, 2012)

Dále se sopky mohou dělit podle druhu jejich erupcí. Prvním typem je pliniánská erupce, která je velmi prudká a explozivní. Příčinou je výbuch nahromaděných plynů. Prach, lapili (viz níže) a dokonce i sopečné pumy jsou vystřelovány vysoko do atmosféry. Druhým typem je peléiská erupce, pravděpodobně nejničivější druh. Za pomoci sopečných plynů je uvolňován průchod kráterem a poté je do vzduchu vyhozen sloup popela a žhavé lávy. Žhavé mračno většinou dosahuje až do stratosféry. Popel a plyny proudí i po stranách samotné sopky, a proto je zamořeno celé okolí v místě erupce. Třetí typ erupce se nazývá strombolská. Tento druh není tak katastrofický jako předchozí dva. Žhavá láva sice vylítne nad kráter, ale záhy do něj opět

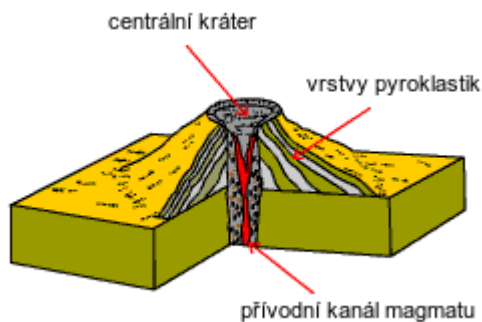
spadne. Čtvrtým typem je havajská erupce. Prokazuje se pomalým vytékáním lávy z nízkého a velmi širokého kráteru. (sites.google.com, 2008)

A nakonec vulkány můžeme rozdělit i podle jejich tvaru. Vulkanické dómy jsou tvořeny vytlačeným magmatem, které rychlým ochlazením ztuhne a tvoří velmi strmé svahy. Často tvoří vrcholové části jiných sopek.



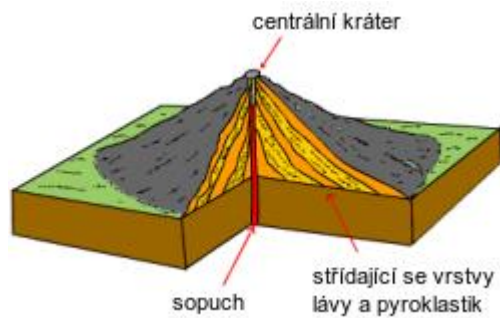
Obr. č. 4: Vulkanický dóm. (URL 4)

Sypaný kužel má kónický tvar a je tvořen nahromaděnou tefrou, která se rozkládá kolem jícnu sopky.



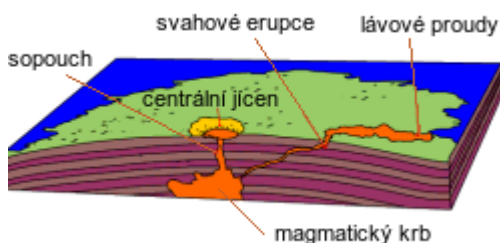
Obr. č. 5: Sypaný kužel. (URL 4)

Stratovulkán je kužel se zřetelnou strukturou, kterou mu dává střídání explozivních a výlevných období, tedy spadaná tefra a vylitá láva. Tyto sopky bývají vysoké a velmi příkré. Jejich výška může dosahovat až několika tisíců metrů.



Obr. č. 6: Stratovulkán. (URL 4)

Štítový vulkán má mírné svahy, plochý vrchol a je velmi široký u základny. Magma se při jeho erupci dostává do větších vzdáleností, tím pádem tolik nedochází k navršování hmoty do výšky. (sopky.eu, 2011)



Obr. č. 7: Štítový vulkán. (URL 4)

4.2.3 Tefra

Tefrou jsou nazývány částičky, které vzniknou při výbuchu sopky. Jsou to roztržité kusy lávy a hornin. Tyto části se dělí do čtyř skupin. Největší díly jsou sopečné *pumy* (částičky větší jak 50 mm), vzdálí se od kráteru jen několik kilometrů. Avšak při větších velikostech je jejich dopad srovnatelný s výbušnou bombou. Další jsou sopečné *lapili* (50 – 2 mm), mohou se ocitnout až ve vzdálenosti několika desítek kilometrů od sopky. Stejně tak *písek* (2 – 0,05 mm), třetí skupina sopečných částiček. A poslední kategorií, nejspíše tou nejhorší, je vulkanický *popel* (méně než 0,05 mm), který se dostává do atmosféry a je unášen i tisíce kilometrů. Může vznikat i při vlévání horké lávy do vody, ta se po rychlém zchlazení rozpráší. (Kukal, 1982)

Právě sopečný popel při erupci ovlivňuje klima nejvíce. Jakmile se dostane do atmosféry je schopen zahalit obrovskou část oblohy, sluneční záření přes něj nemůže procházet a na povrchu Země teplota klesá. To však není jediný problém. Prach se dostává do pitné vody, ničí pastviny, listnaté stromy, dobytek hyne kvůli nedostatku potravy i kvůli otravě fluorem, který je v popelu obsažen. Zemědělské plodiny jsou také napadány parazity, jelikož kvůli padajícímu popelu vymizí hmyz, který parazity požírá. Mračna prachu zhoršují viditelnost pro rybářské lodě, a proto je redukován i rybolov. Čas od času bývá popel toxický, byla zaznamenána natolik nízká hodnota pH, že nejjemnější částičky tefry spálily vegetaci a navíc pod ním také korodovaly kovy. Při některých výbuších byla mocnost popelu padlého na povrch Země až 3 metry. Jindy nebyla přes mračno vidět ani natažená ruka. Lidé umírali pod prolomenými stopy svých obydlí nebo se udusili či otrávil. (Kukal, 1982; Svoboda a kol., 2003; Fagan, 2007),

4.2.4 Sopečná mračna

Nejnebezpečnější část celé sopečné činnosti jsou právě sopečná mračna, směsice horkých plynů a tefry. Plyny v tomto mraku mají teplotu až 1000° C a mohou se pohybovat rychlostí až 700 km/hod. Nejlépe byla jeho ničivá síla vidět při výbuchu sopky Mount Pelée na Martiniku v Malých Antilách. Na vině zde byl vítr, který bohužel zanesl popel směrem na přilehlé město St. Pierre. Lidé začali utíkat příliš pozdě a do ulic se už snášel prach a lapili. Žhavé mračno se šířilo rychlostí 160 km/hod a během dvou minut pohřbilo celé město. Stromy byly vyvráceny, domy rozbity, lodě spáleny a potopeny. 30 000 lidí zemřelo upálením a udušením. Mračno bylo tak horké, že roztavilo sklo a zapalovalo dřevo, co nestihl zničit popel, zničily plameny. Další erupcí, kde měl sopečný mrak katastrofální následky, byla sopka Vesuv. Popel zapříčinil zkázu antických městeček Pompeje a Herculaneum, lidé byli upáleni za živa, jelikož před tak rychle se šířící masou nebylo úniku. (Kukal, 1982; sopky.eu, 2011)

4.2.5 Erupce sopek v průběhu malé doby ledové

4.2.5.1 Kelut

Indonéská sopka ležící na ostrově Jáva, s výškou 1731 metrů. Její erupce z roku 1586 vyprodukovala pravděpodobně nejvíce laharu v historii. Lahar je směs sopečného popela, úlomků hornin, ztuhlé lávy a vody, jiné pojmenování pro tuto směs je bahnotok. Tento stratovulkán měl 10 tisíc lidských obětí. (volcano.si.edu, 2013)

4.2.5.2 Huaynaputina

Tento stratovulkán se nachází v Peru, je vysoký 4850 metrů. Největší erupce přišla v roce 1600, sopka vychrlila popel, který dopadl na plochu měřící minimálně 300 tisíc kilometrů čtverečních. Za 24 hodin pokryl město Arequipa vrstvou mocnou 20 centimetrů. Na celých deset dní zastínil sluneční záření. Sopečné bahnotoky zdevastovaly několik vesnic, prach ničil střechy domů. Velké kusy tefry, které dopadly do řeky, způsobily zaplavení okolní půdy, což později vedlo k její neúrodnosti. Zdejší zemědělství se z této katastrofy vzpamatovalo 150 let. V roce 1601 se následkem výbuchu utužila zima v Evropě a v Rusku. (Fagan, 2007)

4.2.5.3 Etna

Etna leží v Itálii, přesněji na Sicílii, je vysoká 3323 metrů, typem se řadí mezi stratovulkány. Nejsilnější erupce nastala v roce 1669. V březnu začala sopka chrlit škodlivé výpary ve velkém množství, na udušení zemřely tři tisíce lidí žijících na svahu vulkánu. Největší množství popela a lávy dopadalo na jižní stranu hory, pod kterou se rozléhalo město Catania. Lidé do poslední chvíle doufali, že se láva přestane valit na jejich město, nebo že je uchrání městské hradby, mýlili se. Hradby byly zničeny horkou lávou a stejně tak většina města. Zemřelo zhruba 17 tisíc lidí a 27 tisíc zůstalo bez domova. (history.com, 1996; sopky.eu, 2011)

4.2.5.4 Laki

Sopka Laki se nachází na Islandu v jeho jižní části, je vysoká 828 metrů. Její první erupce v červnu roku 1783 způsobila otevření trhlíny, která spojovala několik vulkánů. Došlo k vytvoření více než stovky kráterů, které zformovaly řadu dlouhou 25 km. Ze soustavy se během osmi měsíců vylilo 15 krychlových kilometrů lávy a do atmosféry uniklo 500 miliónů tun prachu a plynů. Na Islandu vymřela téměř pětina obyvatel. Rozsáhlý díl severní polokoule zaznamenal snížení teploty vzduchu. Tím se zhoršily podmínky pro pěstování plodin a sklizně byly velmi chudé, vznikala hladomor. Erupce se také dotkla hospodářských zvířat, ta se otrávilá požitím trávy, která byla pokryta popelem, nejvíce byly postiženy ovce. Do Evropy se mrak popela rozšířil dva dny po výbuchu, prvně se ukázal v Norsku, Skotsku a na Faerských ostrovech. Za dalších čtrnáct dní již oblak pokrýval celou Evropu a v dalším měsíci zahltil Rusko, Sibiř a poté i Čínu. V Británii poničily kyselá deště velkou část lesů. Erupce zasáhla i africkou řeku Nil, nedostatek srážek snížil její průtok. Zemědělská pole nemohla být zaplavována, a proto nebyla ani oseta, následkem byly opět hladomory. V Severní Americe byly následky takové, že zamrzaly řeky, padal sníh, ačkoliv to v této oblasti bylo za normálních podmínek nezvyklé. (volcano.si.edu, 2013)

4.2.5.5 Unzen

Japonský vulkán se přesněji nachází na ostrově Kjúšú. Tvoří jej komplex lávových dóků, které spolu sousedí a vzájemně se překrývají. V roce 1792 se jeden z těchto dóků díky erupci zhroutil do moře a vyvolal vlnu tsunami vysokou sto metrů. Pod její ničivou silou našlo smrt více jak 10 tisíc lidí, dalších 5 tisíc zemřelo na následky erupce. (de Silva, 1995; volcano.si.edu, 2013)

4.2.5.6 Tambora

Tambora, ležící v Indonésii na malém ostrůvku Sumbawa, má 2851 metrů. V době před erupcí roku 1815 byla vysoká dokonce 4200 metrů. Ztratila se celá horní část stratovulkánu a kráter se propadl. Do vzduchu bylo katapultováno skoro 100 čtverečných kilometrů tefry. Do vzdálenosti 40 km

od místa činu se dostaly i třináctimetrové pumy. Na 150 km vzdálený ostrov spadlo půlmetru popela. Tato katastrofa si vyžádala více jak 100 tisíc obětí, ať už samotným výbuchem či následujícím hladomorem. Prachem byla ovlivněna i atmosféra. Rok 1815 byl nazýván rokem bez léta. V Londýně byly letní měsíce studenější o dva až tři stupně Celsia oproti normálnímu stavu, v Maďarsku padal hnědý sníh a v Severní Americe vůbec nevyzrála úroda. (volcano.si.edu, 2013)

4.2.5.7 Krakatoa

Sopka ležící v Indonésii, vysoká 813 metrů. Vše začalo 20. července 1883, kdy se na Jávě vytvořil nový kráter, z kterého téměř neustále stoupal dým. Sopečný prach zahalil krajinu, erupce se však zmírnily. To ale bylo pouze „ticho před bouří“. 27. srpna téhož roku přišly hned čtyři po sobě jdoucí erupce s několikahodinovým odstupem. Žhavé magma a horké páry vystoupaly do výšky 80 kilometrů, zchladily se a klesly opět k povrchu. Zvuk těchto explozí byl natolik hlasitý, že byl evidován i na místech, která byla vzdálená několik tisíc kilometrů. Erupce vyvolala obrovskou vlnu vysokou 40 metrů, kterou ale předběhlo sopečné rozžhavené mračno plné popela a větších částecek. K břehům okolních ostrovů se valila vše ničící černá vlna. Údajně zde bylo vyvrženo zhruba 20 kilometrů krychlových sopečné hmoty, zabito nad 36 tisíc lidí, zničeno 165 měst a vesnic a teplota poklesla o 1,2 stupně Celsia. Stav se vrátil do původních poměrů až v roce 1888. (Novák, 2011)

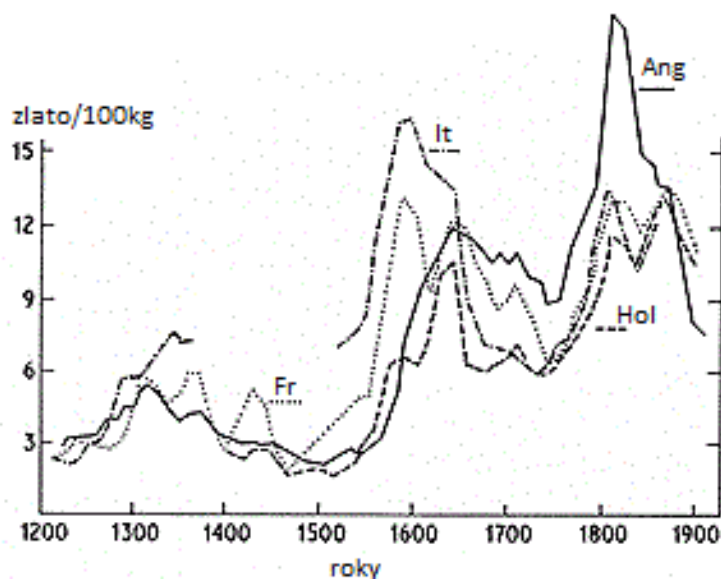
5. Dopady „Malé doby ledové“

5.1 Dopad na zemědělství

Negativní dopady

Vegetační období se v průběhu posledního tisíciletí změnilo o 15 až 20 procent v rozdílu mezi nejteplejším a nejchladnějším obdobím. To ovlivnilo produkci téměř všech typů plodin. Zemědělství se dostává do hluboké krize. (Mandia, 2009)

Nejvíce se zemědělský úpadek projevil v Anglii. V průběhu nejchladnějších dob se zde vegetační období zkrátilo o jeden až dva měsíce. Díky nedostatečným technologiím a neexistenci odrůd osiva, které je schopno odolávat zhoršeným podmínkám, společnost nebyla schopna ustát náhlé klimatické změny. Ani zvětšení rozlohy obdělávané půdy nebylo příliš nápomocné a poptávka po potravinách začala převyšovat výrobu. To zapříčinilo zvýšení cen až k extrémním hodnotám (viz obr. č. 1). Docházelo k hladomorům, které byly ukončeny až v roce 1450 kvůli černému moru, kdy se počet obyvatelstva snížil na polovinu. Až do konce 17. století se teplota stále snižovala a anglické zemědělství začalo pomalu upadat. Rozšířil se chov dobytka, nejvíce pak chov ovcí. (Barros, 2006; Mandia, 2009)



Obr. č. 8: Ceny pšenice a žita ve Francii, Itálii, Holandsku a Anglii. Svislá osa grafu znázorňuje počet zlatých za 100 kg pšenice či žita. (Lamb, 1995)

Pro Francii se stalo nejméně hostinnou dobou 17. století. Po neúspěšné sklizni v roce 1693 nastal hladomor. Jak ve Francii, tak i v okolních zemích umřely miliony lidí. (Mandia, 2009)

Vliv malé doby ledové padl i na švýcarské farmy. V důsledku chladnějšího klimatu zůstal povrch země pokrytý sněhem dlouho do jara. Ten poskytl příznivé podmínky pro výskyt parazita přežívajícího ve sněhové pokrývce, známého jako *Fusarium nivale*. Plodiny byly tímto živočichem devastovány. Díky vyššímu počtu dní se sněhem zakrytou půdou se snížila i zásoba sena. Dobytek musel být krmen slámou a borovicovými větvemi, mnoho krav muselo být poraženo. (Mandia, 2009)

Norské farmy byly situovány ve vyšších nadmořských výškách, a proto byly opuštěny pro lepší půdy v údolích. V roce 1387 se výrobní výnosy pohybovaly mezi 12 a 70 procenty výnosu kolem roku 1300. (Mandia, 2009)

Špatný dopad mělo počasí na úrodu brambor v Irsku v první polovině 19. století. Irové byli závislí na této snadno pěstované plodině, proto neúroda v letech 1845 – 1849 měla katastrofální následky. Na vině bylo příliš vlhké klima, při kterém se na bramborách tvořila plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*). Vypukl velký hladomor, lidé začali panikařit a přes milion obyvatel emigrovalo do Británie, USA, Kanady či Austrálie. A další milion až půl druhého milionu lidí zemřelo hladem nebo na následky různých nemocí spojených s nákazou brambor. (historylearningsite.co.uk, 2000)

Pozitivní dopady

Kolem roku 1800 nastalo oteplení, vzrostla evropská populace a tím i poptávka po potravinách. Díky technickému pokroku byl umožněn import surovin z Ameriky. Ve Spojených státech a Argentině došlo ke kolonizaci dalšího území a rozšíření chovu dobytka a pěstování plodin směrem na západ. (Barros, 2006)

V zemích Koruny české se kvůli zhoršeným klimatickým podmínkám zdálo jako nejlepší řešení změna z přílohového zemědělství na úhorové systémy hospodaření. Přílohové zemědělství spočívalo ve střídání orné půdy a přílohu. Orná půda byla pravidelně orána, osévána a sklížena. Příloh

bychom mohli nazvat úhorem, kdy země ležela ladem bez jakéhokoliv agrotechnického zásahu. V těchto zeměpisných oblastech se již po dvou až třech letech nevyplatilo pěstovat plodiny ve stejném místě, protože úroda, která byla sklizena, skoro nepřevyšovala množství osevu. Díky úhoru se dosáhlo obnovy úrodnosti půdy. Avšak tato regenerace nastávala až po deseti letech. Úhorové hospodaření se vyznačovalo také střídáním orné půdy a úhoru, ale v kratších intervalech. Po tom co půda vydala dvě úrody, byla ve třetím roce obdělávána jako úhor, ten byl používán jako pastvina pro zvěř a tím se přirozeně zvyšoval podíl organických látek v půdě. Mimo jiné ke zlepšení obhospodařování půdy přispělo i využití lepších pracovních nástrojů, rozvoj měst a rozšiřování obdělávané plochy. (Svoboda a kol., 2003)

5.2 Dopad na produkci vína

Kvůli pozdní sklizni a vlhkým létům nastalo ve Francii a blízkém okolí během malé doby ledové mnoho špatných let pro vinařství. V období mezi roky 1100 – 1300 bylo pěstování hroznů rozšířené i v Anglii. Průzkum z jedenáctého století ukazuje na 46 vinařských oblastí. Za vlády Jindřicha VIII. (1509 – 1547) se nacházelo na území Anglie a Walesu 139 vinic. Jedenáct z nich spadalo pod korunu, 67 vlastnily šlechtické rody a 52 vinic bylo pod kompetencí církve. Produkce vína v Anglii byla dokonce srovnatelná s produkcí Francie. S ochlazením kolem roku 1400 začalo vinařství pomalu upadat. Stejně tak se snižovala i německá produkce vína. V období mezi roky 1400 – 1700 nebyl výnos nikdy vyšší, než 53% produkce před rokem 1300, občas dosahovaly jen 20%. (Ladurie, 1971; Lamb, 1995; Svoboda a kol., 2003; Mandia, 2009)

5.3 Dopad na lesy

Studie lesní populace (Campbell a McAndrews, 1993) poukazuje na vliv malé doby ledové na stromy. Podle analýzy pylu bylo dokázáno, že po roce 1400 byly buky, teplomilné druhy, nahrazeny nejprve dubem a následně borovicí. Vzpamatování se z tak velké klimatické změny zabralo stovky let. (Mandia, 2009)

5.4 Dopad na zdraví lidí

Chladnější klima během malé doby ledové mělo obrovský dopad na zdraví Evropanů. Drahé suroviny a hladomor zabil miliony lidí a špatná výživa snížila postavení Vikingů v Grónsku a na Islandu. (Mandia, 2009)

Studená a mokrá léta vedla k vypuknutí nemoci zvané „St. Anthony’s Fire“. U nás známé jako ergotismus. Je způsobena paličkovicí nachovou (*Claviceps purpurea*). Tato houba je schopna přežít velmi tuhé zimy ve stádiu nazývané „námel“. Na jaře se dostává do kvetoucích klásků obilovin a díky chladným a vlhkým podmínkám vytváří podhoubí. Na sklizených zrnech se paličkovice dostává až do skladovaných zásob, kde se plíseň rozšiřuje. Zrna pak obsahují toxické látky, hlavně alkaloidy. Nemoc se projevuje křečemi, halucinacemi, sepsí až ztrátou končetin a po třech dnech od nakažení může být ukončena smrtí. Tento problém se vyskytoval zejména v jihozápadní a severovýchodní Evropě. (Gibson, 1999; Krmenčík a Kysilka, 2003)

Podvýživa vedla k oslabení imunity lidí a tím pádem k větší náchylnosti k různým nemocem. V Anglii tato skutečnost vedla ke zhoršení chřipkové epidemie v letech 1557 – 1558, umíraly celé rodiny. V průběhu období kolem roku 1550 počet úmrtí převyšoval počet narozených jedinců. (Lamb, 1995)

Další na vině rozsáhlých úbytků obyvatelstva byl černý mor. Ten byl způsoben bakterií (*Yersinia pestis*), která je přenášena z drobných živočichů na člověka pomocí blechy morové, ale i blechy lidské. Proto se tato nemoc šířila velmi rychle. K pronikání do lidského organismu docházelo dýchacími cestami, kůží, požitím infikovaných potravin, málokdy ústy. Největším problémem však bylo to, že nikdo nevěděl, čím je mor způsobován a jak se šíří. Lidé nebyli schopni této nákaze nijak čelit, ani ji omezit. Mor vznikl nejpravděpodobněji v Číně v roce 1330. Tam skonalo až šest milionů lidí v důsledku záplav. Takové množství nebylo možné pochovat ze dne na den. A proto se epidemie začala šířit i do Asie. Díky oteplení narůstaly počty obyvatel a mor získal dobré prostředí ke svému rozšiřování. Přes italské kupce se nákaza dostala do Evropy. Zasažena byla i severní Afrika. Do roku

1355 mor zlikvidoval zhruba třetinu veškeré populace. Znovu se objevil ke konci 14. století. (Peterová, 2004; Svoboda, 2009)

Neočekávaně se v průběhu malé doby ledové objevila i typicky tropická choroba malárie. Vyskytla se v některých částech Anglie, kde se stala příčinou mnoha smrtelných onemocnění. Angličané tuto nemoc nazvali zimnicí a výraz se používal až do 19. století. Malárie je způsobená parazitickým prvokem zimničkou (*Plasmodium*) a roznáší jej samičky komára a moskyti. Hlavním projevem je horečka, dále pak bolesti hlavy, zvracení, pocit chladu, třesavka. Bez léčení se stává malárie smrtelnou. V 16. století se nejvíce rozšířila v bažinatých územích, kde komáři dali přednost brakickým vodám před ústím řek. Anaerobní bakterie v solných bahnech produkovaly sirný odér, a proto lidé začali věřit, že právě tato skutečnost je příčinou malárie. Termín pochází z italského výrazu „*mala aria*“, což znamená „špatný vzduch“. (Hrabák, 2004)

5.5 Dopad na ekonomiku

Negativní dopady

Zásadní zlom nastal v rybaření. Zpočátku se snížil odchyt tresky, hlavně ve Skotsku, tento druh se kvůli chladnějším teplotám přesunul více na jih. U Faerských ostrovů (dnes součástí Dánska) rybolov tresky ustupoval a kolem roku 1615 vymizel zcela na dalších 30 let. (Mandia, 2009)

V rakouských Alpách postupující ledovce uzavřely zlaté doly salzburského arcibiskupa, jednoho z nejbohatších lidí v zemi. Následnost dvou či třech nepříznivých lét způsobila, že si dělníci začali hledat zaměstnání jinde a těžební činnost musela být ukončena. (Bryson a Murray, 1977)

Pozitivní dopady

Díky přechodu na trojpolní systém hospodaření a zdokonalení zemědělských nástrojů se později rozšířil obchod, byly zavedeny poplatky a tím se zvyšovala ekonomika. (Svoboda a kol., 2003)

Ve vodách v okolí dnešního ostrova Newfoundland byl ekonomický dopad pozitivní. Díky přesunu rybích kolonií z chladnějších vod do těch teplejších zde rybáři na konci 14. století neměli o úlovky nouzi. Také v Anglii lidé profitovali z přesunu sledů směrem na jih, ti se za normálních podmínek nacházeli ve vodách Norska. Tento vzrůst rybaření napomohl vzniku námořnictví a postavení země bylo posíleno. Hlavním důvodem rozšíření obchodních lodí byl neúspěch pěstování plodin v Norsku mezi roky 1680 a 1720. Farmáři, držící se při pobřeží, začali místo pěstování obilí prodávat své dřevo a konstruovat lodě k převozu dřeva do jiných zemí. (Lamb, 1995)

5.6 Sociální nepokoje

Chladné klima mělo velký vliv na společenskou situaci. Neúrodné a hladové období spolu s mory, úpadkem zemědělství a politickou nestabilitou způsobovalo horší sociální myšlení. Lidé pocítovali závislost na přírodních podmínkách a zároveň ztráceli víru. Zakládaly se nejrůznější sekty a zvyšoval se počet společenských konfliktů. (Svoboda a kol., 2003)

V roce 1709 se chudí ve Francii vzbouřili a bojovali za udržení obchodu s pšenicí. Stejně tak v letech 1739 – 1740 po nepříznivých zimách a studených, vlhkých létech. Panovníci proto nařizovali vypalování chudinských oblastí. (Ladurie, 1971)

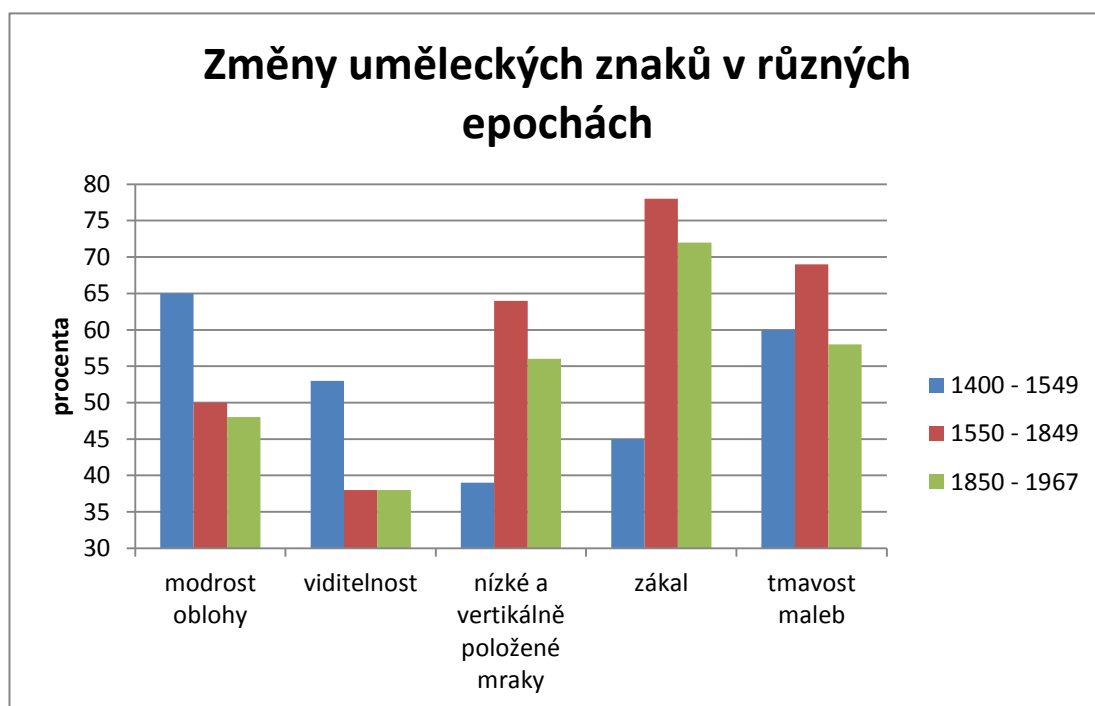
5.7 Dopad na umění

Spisovatelé a umělci byli také ovlivněni velkými změnami klimatu. Všechny události, nepokoje, bída, špatná sociální atmosféra byli inspirací pro psaní a malování. Rok 1816, nazývaný rokem bez léta, lidé v Evropě strávili kolem ohně. V této době byla podnícena Mary Shelleyová (1797 – 1851) k tvorbě hororového románu *Frankenstein*, který byl vydán v roce 1818. A také John Polidori (1795 – 1821), který napsal povídku *Upír (1819)*. Tato dvě díla mají velký vliv na hororové žánry až do dnešní doby. (Mandia, 2009)

Geoffrey Chaucer (1342 – 1400) se zmínil o malárii ve své povídce *Kněz jeptišek*, která je součástí díla *Canterburské povídky (1387 – 1400)*.

Taktéž i William Shakespeare (1564 – 1616) tuto nemoc zmínil v osmi svých hrách. (Mandia, 2009)

Neuberger studoval více než 12 tisíc maleb ve 41 muzeích umění ve Spojených státech a osmi zemích Evropy. Chtěl dokázat, že umění by mohlo být přesným záznamem tehdejších změn klimatu. Obrazy se vztahovaly k období mezi roky 1400 a 1967. Německý profesor rozdělil toto období do tří epoch (viz obr. č. 2). Dále určil tři kategorie modrosti oblohy, a to: bledě modrá, středně modrá a tmavě modrá. Oblačnost odhadoval podle amerických aerolinií na čtyři skupiny. Jasno (méně než 10 procent zakrytí mraky), polojasno (10 – 50 procent krytí), oblačno (60 – 90 procent krytí) a zataženo (více jak 90 procent krytí). Také pozoroval typy mraků a rozčlenil je na čtyři druhy: vysoké, středně položené, nízké a vertikálně položené. Během druhé epochy, kdy byla malá doba ledová na svém vrcholu, na uměleckých dílech převládala oblačnost a tmavost. (Neuberger, 1970)



Obr. č. 9: Změny uměleckých znaků v různých epochách. (Neuberger, 1970)

5.8 Vliv přírodních živlů

Během malé doby ledové se zvýšil také počet bouří, což mělo za následek větší výskyt povodní. V Holandsku a Německu ve 13. století způsobily tyto živelné pohromy sto tisícové ztráty na lidských životech. Další bouře se vyskytly v letech 1421, 1446 a 1570. Jedním z problémů též bylo krupobití, které zničilo zemědělskou půdu a vyhladilo velkou část dobytka. Silné větry, písečné bouře a následná eroze zničily a přetvořily pobřežní krajinu. (Mandia, 2009)

Hladina moří byla rovněž zvyšována pomalým táním ledovců v teplejších obdobích. Větším problémem však byl jejich postup. Obrovské posouvající se kusy ledu ničily půdu určenou pro pěstování plodin i pro pastvu dobytka, v horších případech demolovaly i celé vesnice, které stály v jejich cestě. (Ladurie, 1971; Bryson a Murray, 1977)

6. Diskuse

Termín malá doba ledová je velmi problematický, nejednoznačný a jeho časové zařazení je značně obtížné. Autoři různých publikací datují toto období s poměrně velkými rozdíly. Svoboda a kol. (2003) rozdělují chladné klima v průběhu posledního tisíciletí na dvě etapy. První z nich měla probíhat už v letech 1195 - 1465, další etapa již byla označována za druhou malou dobu ledovou v období mezi roky 1619 – 1897. V druhé fázi autoři ještě vyzdvihují dvě extrémně chladná období označovaná jako „vrcholy“ a to v letech 1655 – 1665 a 1687 – 1697. Celkem podobný náhled udává Mandia (2006), který dvě části této periody řadí do let 1150 – 1460 a 1560 – 1850. Podle Barrose (2006) měla tato epocha velmi krátké trvání, pouze jedno století od roku 1600 do 1700. Ruddiman (2011) ani přesné datování neuvádí, pouze zmiňuje, že různé prameny uvádí délku trvání od největšího rozmezí let 1250 – 1900 až po nejmenší v letech 1550 – 1850. Fagan (2007) udává jednu celistvou éru v letech 1300 – 1850. Období s vyšší frekvencí studených zim a vlhkých lét zařazuje Lamb (1995) do období roků 1550 – 1850.

Rozdílné je i datování jednotlivých minim. Dle Bauer a kol. (2003) je Wolfovo minimum datováno mezi roky 1280 – 1350, Spörerovo minimum 1450 – 1550 a Daltonovo minimum 1800 – 1820. Eddy (1976) pokládá za počátek Spörerova minima až rok 1460 a Matejovič (2011) jeho konec příkládá už roku 1534. Zajímavé však je, že časové zařazení nejvýznamnější části malé doby ledové, kterým je bez pochyb Maunderovo minimum, udávají všichni autoři naprosto stejně a to do let 1645 – 1715.

Dalším nejednoznačným problémem je oblast, ve které se malá doba ledová projevovala více. Kotarba (2004) říká, že toto ochlazení se více týkalo severní polokoule, hlavně Evropy a severního Atlantiku, ale na jižní polokouli bylo toto období lidmi téměř nepocítěné. Podobného názoru se drží i Lamb (1995). Barros (2006) ve své publikaci píše: „V nedávné době se objevily studie, které dokládají, že tento jev nebyl globální nebo že se ve zbytku světa neprojevil natolik výrazně.“ Ruddiman (2011) zmiňuje, že pro obyvatele horských vesnic byla malá doba ledová opravdu veliká věc. To hlavně proto, že postupující ledovce ničily jejich obydlí doslova na prach.

Méně často nastávají i neshody v pojmenování této klimatické epizody. Zatímco drtivá většina tvůrců publikací se drží názvu malá doba ledová, Acot (2005) uvádí, že někteří autoři tento termín používají s neochotou. Je prý zaměňován s označením chladnějšího klimatu, které se objevilo asi 500 let př. n. l. Jiní ho pokládají za nadsazený a používají radši označení „fernauské stadium“, Fernau byl ledovec, který vytvářel morény charakteristické pro tuto etapu.

Co se budoucnosti týče, vznikly úvahy, že se vymění roční období mezi jižní a severní polokouli. Podle Matejoviče (2011) někteří autoři uvádějí, že posun ročních období na základě precese zemské osy se dá pozorovat už v dnešní době, kdy v minulosti bývala zima nejchladnější v prosinci, dnes už je to v lednu. Pokud vezmeme v potaz astronomické faktory, tak za 13 tisíc let by na severní polokouli měla být léta o něco teplejší, protože v prosinci a lednu se Země nachází nejbliže ke Slunci a zimy chladnější, protože v letních měsících je Země od Slunce nejdále.

7. Závěr

Není pochyb o tom, že mezi 13. stoletím a polovinou 19. století došlo k ochlazení klimatu, avšak přímé věrohodné důkazy a příčiny už tak jasné nejsou. Před počátkem přístrojového měření teplot se o klimatických změnách dozvídáme pouze z nepřímých či zprostředkovaných zdrojů, jako jsou např. kroniky, kalendáře, osobní či úřední záznamy. Tyto prameny však mohou být založeny pouze na základě subjektivního pozorování jedné osoby a mohou pocházet z velmi omezené oblasti.

Klima naší planety vždy bylo velice proměnlivé. Pokud se zaměříme na teplotní změny, objevíme spoustu cyklických jevů, ale také velké množství jevů zcela nahodilých. Vědci a klimatologové se snaží odhalit a předpovědět klimatický vývoj v budoucnu, zaměřují se na jednotlivé vlivy, které by mohly být právě tou nejvýznamnější příčinou velkých změn. Nicméně mnohem menší pozornost je věnována vzájemné propojenosti jednotlivých faktorů. Ta má značně větší vliv na kolísání klimatu, které je působením více faktorů naráz mnohem výraznější. Proto i malá doba ledová mohla být výsledkem různých naakumulovaných přirozených fluktuací.

V této práci byly popsány příčiny malé doby ledové, o kterých jsem se dočetla v publikacích zaměřených na toto období. Zároveň byla popsána největší teplotní minima vyskytující se v malé době ledové. Studováním nejrůznějších materiálů jsem narazila i na problém globálního oteplování, který vzniká ze stejných příčin, avšak opačného charakteru. Překvapilo mne velké množství dohadů o zmanipulovaných a klamných informacích, které jsou světem vnímané jako pravdivé. Důležitější ale je, nahlížet na tyto problémy z několika různých zdrojů a snažit se pochopit přírodní pochody, ať už přinášejí globální oteplování či další malou dobu ledovou. Přínosem této práce by mělo být především ucelené shrnutí dané problematiky a vznik možného učebního materiálu.

Přehled literatury a použitých zdrojů

Literární zdroje

ACOT P., 2005: Historie a změny klimatu. Nakladatelství Karolinum, Praha, 237 s.

BARROS V., 2006: Globální změna klimatu. Mladá fronta, Praha, 165 s.

BATOVEC F. B., 1899: Batovcův almanach: politický kalendář a adresář, schematismus a statistika zemí koruny české na rok 1895. F. B. Batovec, Praha, 384 s.

BAUER E., CLAUSSEN M., BROVKIN V., 2003: Assessing climate forcings of the Earth system for the past millenium. Geophysical research letters 30: 91–94.

BECKMAN J. E., MAHONEY T. J., 1998: The Maunder Minimum and Climate Change: Have Historical Records Aided Current Research. ASP Conference Series 153: 212-217.

BEER J., TOBIAS S., WEISS N., 1998: An active Sun throughout the Maunderminimum. Solar Physics 181: 237-249.

BRYSON R. A., MURRAY T. J., 1977: Climates of Hunger: Mankind and the World's Changing Weather. University of Wisconsin Press, Madison, 171 s.

CÍLEK V., 1995: Milankovičovy cykly. Vesmír 74: 488.

DVOŘÁK J., KŘIVSKÝ L., 1989: Slunce, náš život. Panorama, Praha, 335 s.

EDDY J. A., 1976: The Maunder Minimum. Science 192: 1189-1202.

FAGAN B., 2007: Malá doba ledová. Academia, Praha, 289 s.

KLECZEK J., 1984: Naše slunce. Albatros, Praha, 299 s.

KLECZEK J., 2011: Život se Sluncem a ve vesmíru. Paseka, Praha, 289 s.

KOTARBA A., 2004: Zdarzenia geomorfologiczne w Tatrach Wysokich podczas malej epoki lodowej. Prace Geograficzne, 197 s.

- KUKAL Z., 1982: Přírodní katastrofy. Horizont, Praha, 252 s.
- LADURIE E. L., 1971: Times of Feast, Times of Famine: A History of Climate Since the Year 1000. Doubleday, New York, 438 s.
- LAMB H. H., 1995: Climate, History and the Modern World. Routledge, New York, 433 s.
- LEAN J., BEER J., BRADLEY R., 1995: Reconstruction of Solar Irradiance Since 1610. Geophysical Research Letters 22: 3195-3198.
- MATEJOVIČ P., 2011: Zima A. D. 1500 - 2010 História a podoby zím v Európe a na Slovensku. VEDA, Bratislava, 283 s.
- NEUBERGER H., 1970: Climate in Art. Weather 25: 46-56.
- NOVÁK J. A., 2011: Smrtící sopky. Nakladatelství XYZ s.r.o., Praha, 333 s.
- RUDDIMAN W. F., 2011: Pluhy, nemoci ropa. Academia, Praha, 294 s.
- SVOBODA J., 2009: Utajené dějiny podnebí. Levné knihy, Praha, 263 s.
- SVOBODA J., VAŠKŮ Z., CÍLEK V., 2003: Velká kniha o klimatu zemí Koruny české. Regia, Praha, 655 s.
- VAŠKŮ Z., 1997: Naše malé pluviály. Vesmír 76: 512.
- VAŠKŮ Z., 2014: Ústní sdělení, 12. 4. 2014.
- ZIELINSKI G. A., MERSHON G. R., 1997: Paleoenvironmental Implications of the Insoluble Microparticle Record in the GISP2 (Greenland) Ice Core During the Rapidly Changing Climate of the Pleistocene-Holocene Transition. Geological Society of America Bulletin 109: 547-559.

Internetové zdroje

- COWLEY R., PARKER G., 1996: History.com.Online:
<http://www.history.com/topics/thirty-years-war>, získáno 16. 3. 2014.
- ČERNÝ M., 2008: Obrazy fyzikálních jevů v problematice klimatu pro školní vzdělání. Is.muni.cz, online: http://is.muni.cz/th/35406/pedf_b/BP.txt, získáno 17. 3. 2014.

- DE SILVA S., 1995: Unzen, Japan. Volcano World, online:
http://volcano.oregonstate.edu/vwdocs/volc_images/img_unzen2.html,
získáno 5. 3. 2014.
- GEOLSOC.ORG.UK, 2012: Effusive and Explosive Eruptions. The Geological Society, online:
<http://www.geolsoc.org.uk/ks3/gsl/education/resources/rockcycle/page3599.html>, získáno 11. 3. 2014.
- GIBSON C. A., 1999: Ignis Sacer, Holy Fire. Botgard, online:
<http://www.botgard.ucla.edu/html/botanytextbooks/economicbotany/Claviceps/>, získáno 18. 2. 2014.
- GRAY L. J., BEER J., HAIGH J. D., LOCKWOOD M., 2010: Solar Influences on Climate. Wiley Online Library, online:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009RG000282/abstract>, získáno 15. 1. 2014.
- HATHAWAY D. H., 2010: Sluneční skvrny. Astronomia, online:
<http://astronomia.zcu.cz/hvezdy/slunce/744-slunecni-skvrny>, získáno 10. 12. 2013.
- HISTORY.COM, 1996: This Day in History. History.com, online:
<http://www.history.com/this-day-in-history/mount-etna-erupts>, získáno 4. 3. 2014.
- HISTORYLEARNINGSITE.CO.UK, 2000: The Great Famine of 1845. Historylearningsite.co.uk, online:
http://www.historylearningsite.co.uk/ireland_great_famine_of_1845.html,
získáno 29. 3. 2014.
- HRABÁK V., 2004: Homeopatický institut. Prevence a léčba malárie, online:
<http://www.homeoinstitut.com/malarie.php>, získáno 18. 2. 2014.
- KRMENČÍK P., KYSILKA J., 2003: Historie ergotismu. Biotox, online:
<http://www.biotox.cz/toxikon/autori.php>, získáno 18. 2. 2014.

MANDIA S. A., 2009: The Little Ice Age in Europe. Influence of Dramatic Climate Shifts on European Civilizations: The Rise and Fall of the Vikings and the Little Ice Age, online:
http://www2.sunysuffolk.edu/mandias/lia/little_ice_age.html, získáno 12. 12. 2013.

OOSTHOEK J., 2005: Enviromental History Resources. Eh-resources, online: http://www.eh-resources.org/timeline/timeline_lia.html, získáno 15. 1. 2014.

PAVLÍČEK M., 2011: Zmizení slunečních skvrn - Nadchází hluboké ochlazení? New World Order Opposition, online:
<http://nwoo.org/rservice.php?akce=tisk&cislocclanku=2011060075>, získáno 2. 2. 2014.

PETEROVÁ L., 2004: Mor a jeho důsledky v Evropě. Čelem vzad, online:
<http://www.celemvzad.cz/clanek/mor-a-jeho-dusledky-v-evrope/?cislo=12>, získáno 18. 2. 2014.

SITES.GOOGLE.CZ, 2008: Environmentální hrozby a rizika. Sopečná činnost, online: https://sites.google.com/site/vulkanizmus/sopecne_tvary, získáno 11. 3. 2014.

SOPKY.EU, 2011: Sopky. Sopky.eu, online: <http://sopky.eu/>, získáno 11. 3. 2014.

VEDA-TECHNIKA.BLOGSPOT.CZ, 2009: Klimatické změny v novověku 1. Věda a technika, online: <http://veda-technika.blogspot.cz/2009/10/klimaticke-zmeny-v-novoveku-1.html>, získáno 12. 12. 2011.

VOLCANO.SI.EDU, 2013: Global Volcanism Program. Smithsonian Institution, National Museum of Natural History, Global Volcanism Program, online: <http://volcano.si.edu/>, získáno 4. 3. 2014.

WATTS A., 2010: Rýsuje se opakování Daltonova minima. Kosmo.cz, online:
<http://www.kosmo.cz/modules.php?op=modload&name=XForum&file=viewthread&tid=1322&page=198> Získáno 26. 3. 2014.

Seznam a zdroje obrázků

Obr. č. 1: Výskyt radioaktivních uhlíků., URL 1: http://file.scirp.org/Html/8-4500177_36513.htm

Obr. č. 2: Sluneční aktivita., URL 2: <http://www.carbonbrief.org/blog/2012/01/met-office-criticises-misleading-mail-article-predicting-mini-ice-age>

Obr. č. 3: Srážky naměřené v ČR., URL 3: http://www.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_5_Uzemni_srazky

Obr. č. 4: Vulkanický dóm., URL 4: <http://geol.jex.cz/menu/sopecna-cinnost>

Obr. č. 5: Sypaný kužel., URL 4: viz výše

Obr. č. 6: Stratovulkán., URL 4: viz výše

Obr. č. 7: Štítový vulkán. URL 4: viz výše

Obr. č. 8: Ceny pšenice a žita ve Francii, Itálii, Holandsku a Anglii. Zdoj: NEUBERGER H., 1970: Climate in Art. Weather 25: 46 – 56.

Obr. č. 9: Změny uměleckých znaků v různých epochách. Zdroj: LAMB H. H., 1995: Climate, History and the Modern World. Routledge, New York.

Přílohy

Příloha č. 1: Naměřené teploty v Basileji (Švýcarsko).

Příloha č. 2: Naměřené teploty v Berlíně (Německo).

Příloha č. 3: Naměřené teploty v Boloni (Itálie).

Příloha č. 4: Naměřené teploty v Budapešti (Maďarsko).

Příloha č. 5: Naměřené teploty v De Bilt (Nizozemsko).

Příloha č. 6: Naměřené teploty v Greenwichi (Anglie).

Příloha č. 7: Naměřené teploty v Helsinkách (Finsko).

Příloha č. 8: Naměřené teploty v Klementinu (Česká republika).

Příloha č. 9: Naměřené teploty v Kobenhavenu (Dánsko).

Příloha č. 10: Naměřené teploty v New Yorku (USA).

Příloha č. 11: Naměřené teploty v Paříži (Francie).

Příloha č. 12: Naměřené teploty ve Stykkishólmuru (Island).

Příloha č. 13: Naměřené teploty v Torontu (Kanada).

Příloha č. 14: Naměřené teploty v Trondheimu (Norsko).

Příloha č. 15: Naměřené teploty ve Vilniju (Litva).

Příloha č. 16: Sluneční záření od roku 1610.

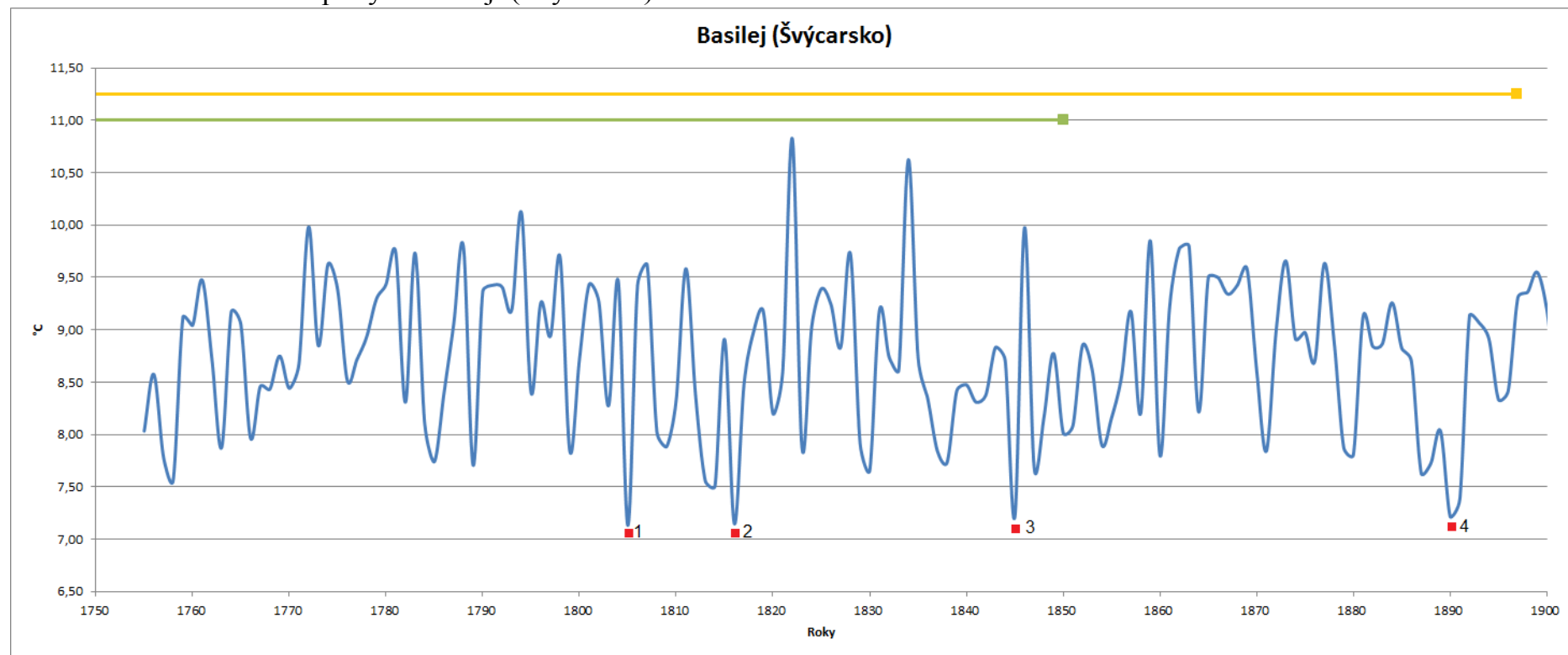
Příloha č. 17: Index vulkanické explozivity.

Příloha č. 18: Tabulka sopečných erupcí v malé době ledové s hodnotou VEI 4 a více.

Příloha č. 19: Vulkanický sulfát.

Příloha č. 20: Ceny obilí.

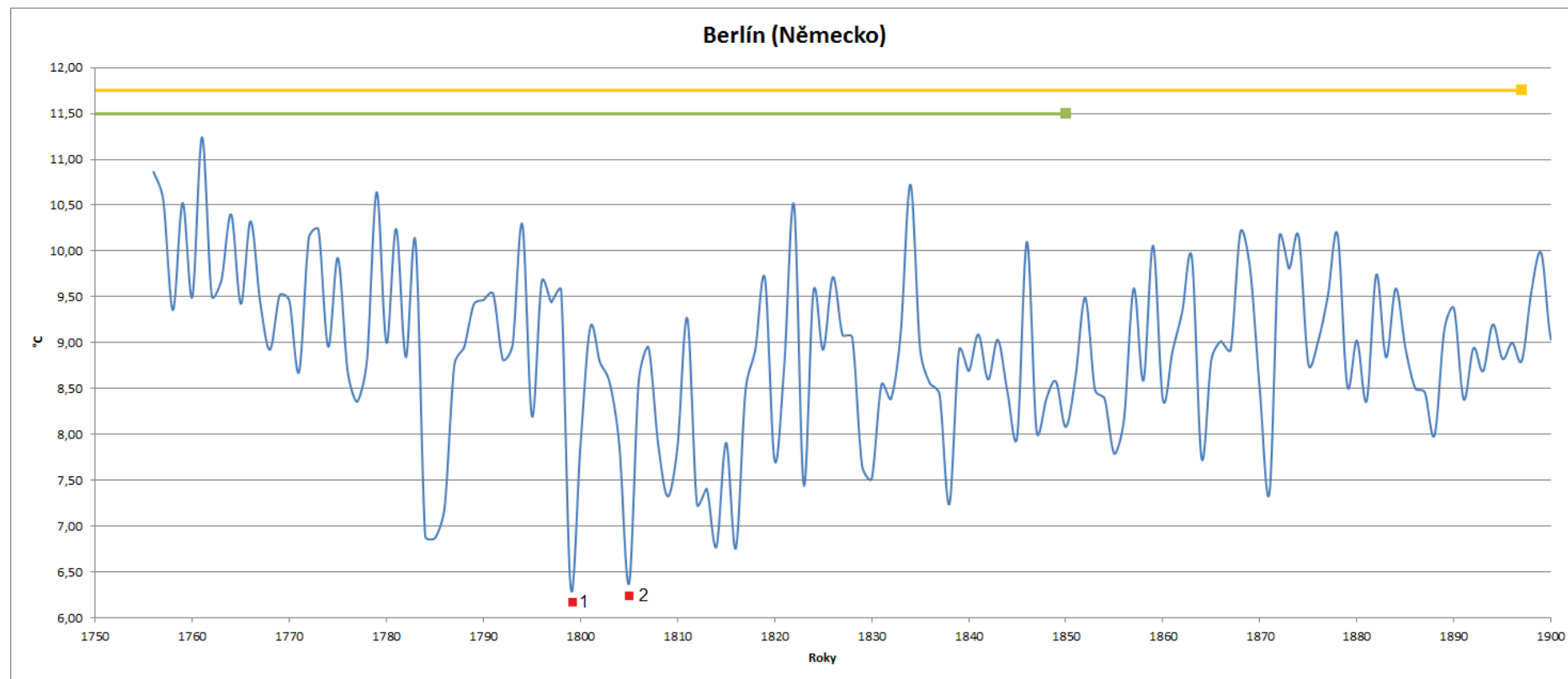
Příloha č. 1: Naměřené teploty v Basileji (Švýcarsko).



- 1 Rok 1805, součást tříletého studeného období (1803 – 1805).
- 2 Rok 1815, výbuch sopky Tambora.
- 3 Rok 1845, výbuch sopky Hekla.
- 4 Rok 1890, součást velmi studené epizody (1887 – 1897).

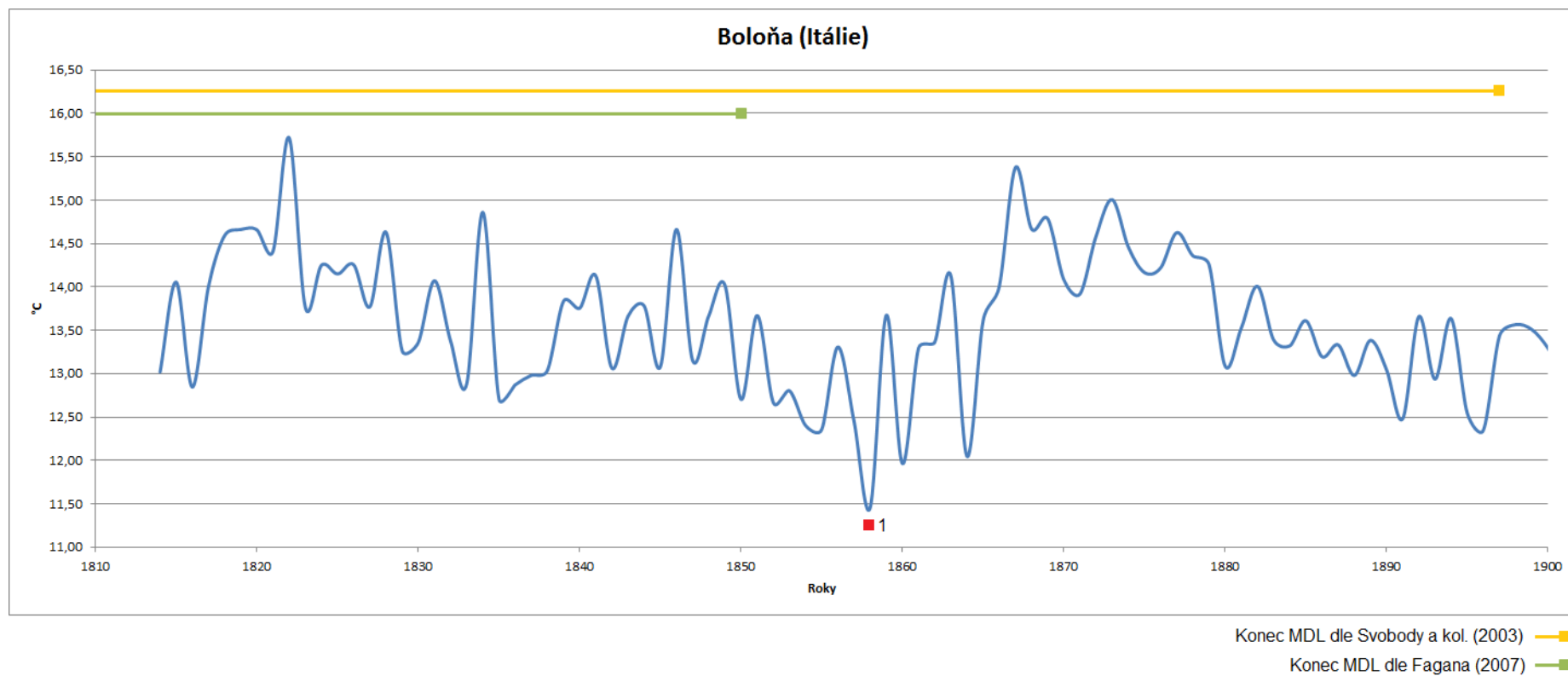
Konec MDL dle Svobody a kol. (2003) —■—
Konec MDL dle Fagana (2007) —■—

Příloha č. 2: Naměřené teploty v Berlíně (Německo).



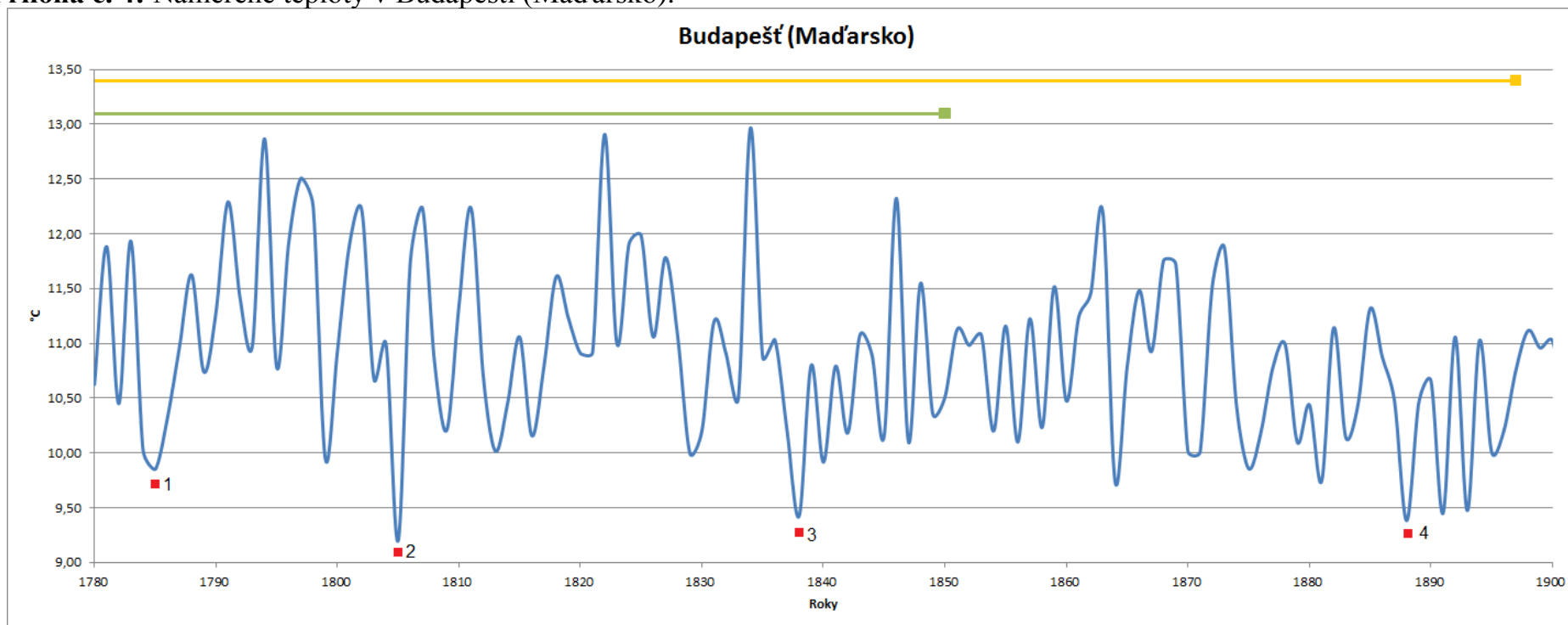
- 1 Rok 1799, mimořádně studený rok.
- 2 Rok 1805, součást tříletého studeného období (1803 – 1805).

Příloha č. 3: Naměřené teploty v Boloni (Itálie).



- 1 Rok 1858, součást velmi studené klimatické epizody (1837 – 1858).

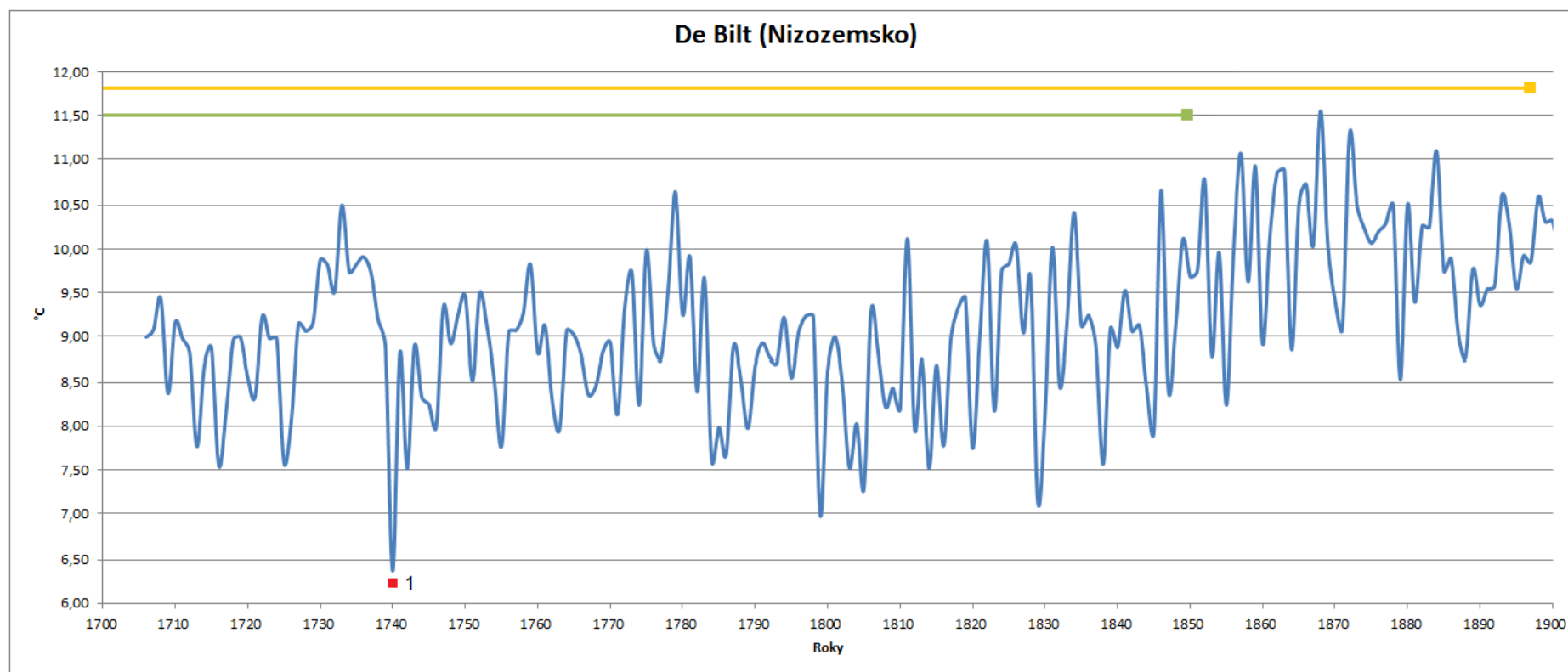
Příloha č. 4: Naměřené teploty v Budapešti (Maďarsko).



- 1 Rok 1783, výbuch sopky Laki.
- 2 Rok 1805, součást tříletého studeného období (1803 – 1805).
- 3 Rok 1838, součást mimořádně studeného dvouletého období (1837 – 1838).
- 4 Rok 1888, součást extrémně chladného dvouletého období (1887 – 1888).

Konec MDL dle Svobody a kol. (2003) — yellow line
Konec MDL dle Fagana (2007) — green line

Příloha č. 5: Naměřené teploty v De Bilt (Nizozemsko).

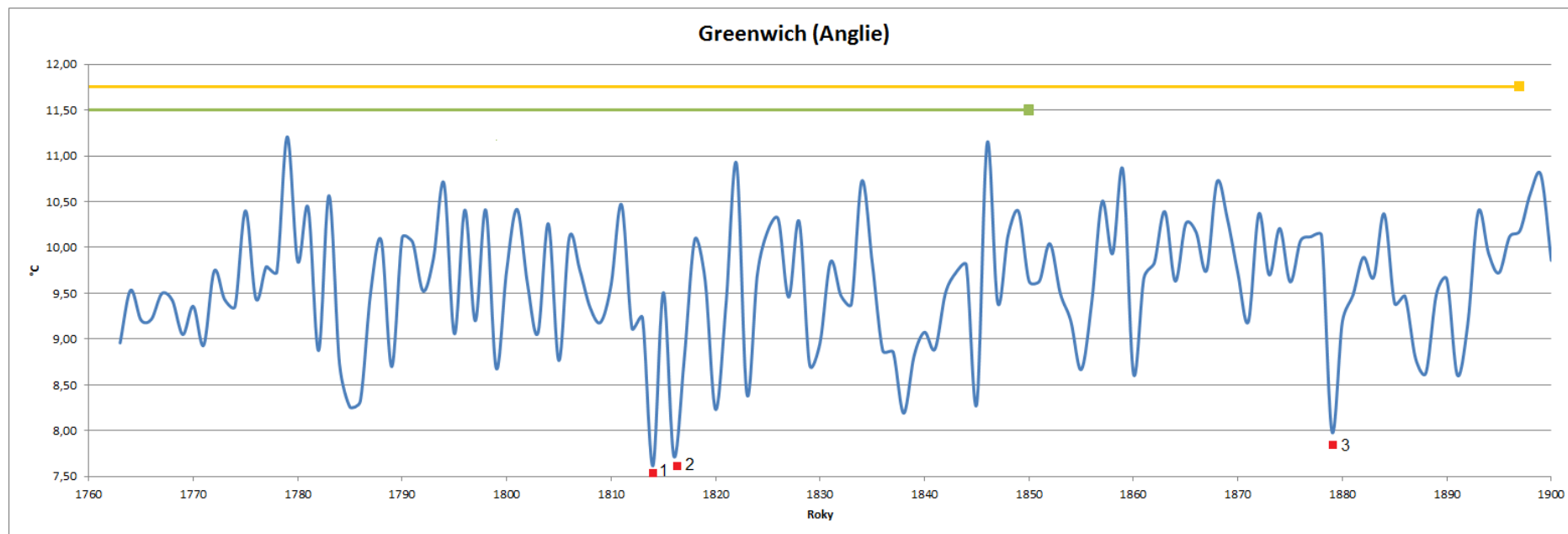


Konec MDL dle Svobody a kol. (2003) —■

Konec MDL dle Fagana (2007) —■

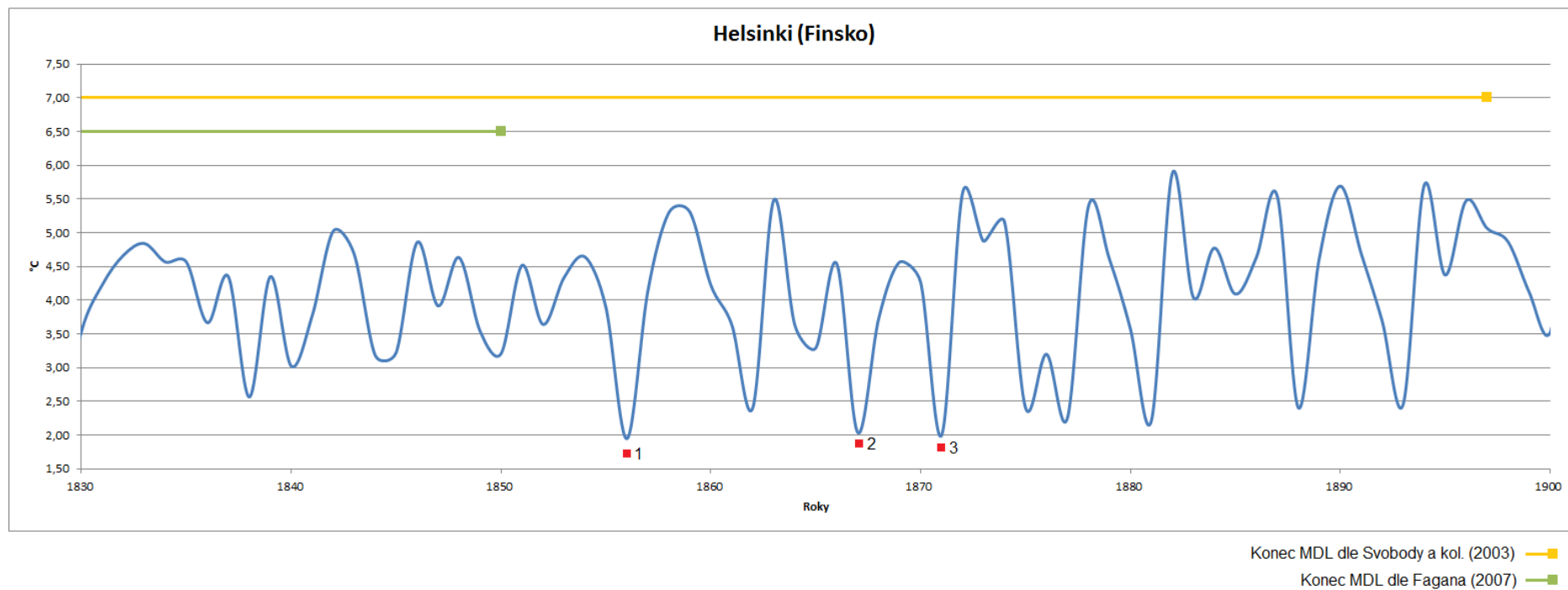
- Rok 1740, teplotně velmi podprůměrná zima.

Příloha č. 6: Naměřené teploty v Greenwichi (Anglie).



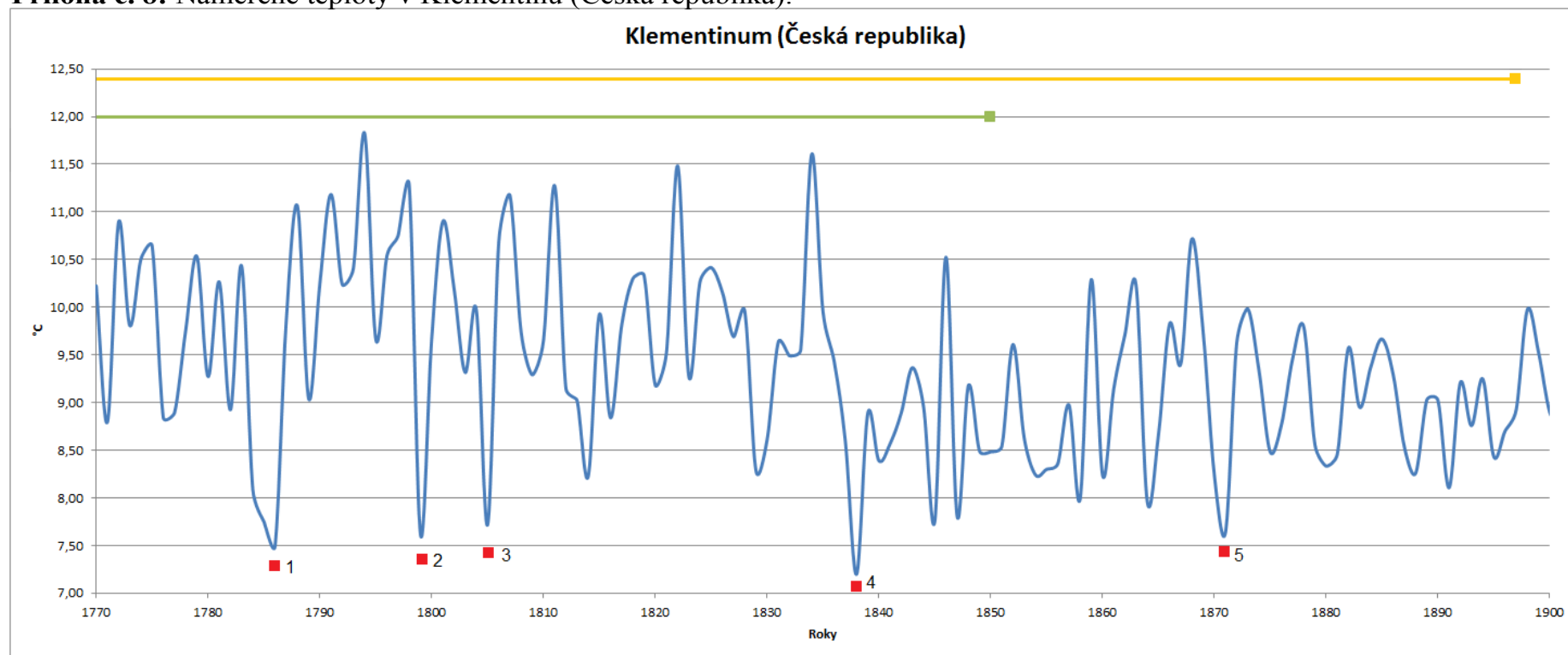
- 1 Rok 1814, součást výrazně studeného pětiletého období (1812 – 1816).
- 2 Rok 1816, součást výrazně studeného pětiletého období (1812 – 1816).
- 3 Rok 1880, součást mírně studeného osmiletého období (1879 – 1886).

Příloha č. 7: Naměřené teploty v Helsinkách (Finsko).



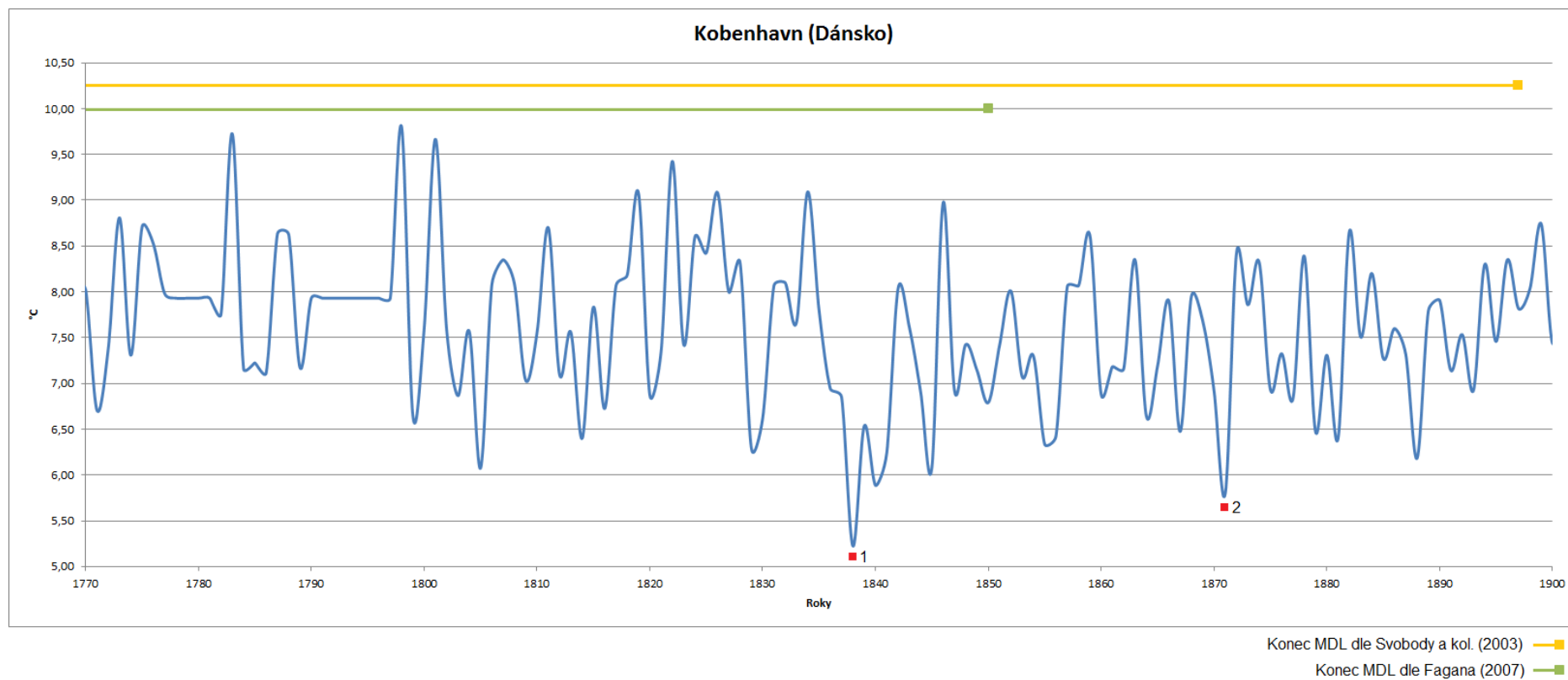
- 1 Rok 1855, součást velmi studené klimatické epizody (1837 – 1858).
- 2 Rok 1867, velice tuhá zima, jezera byla zamrzlá až do června, v květnu pouhých 1,8°C.
- 3 Rok 1871, součást mimořádně studeného dvouletého období (1870 – 1871).

Příloha č. 8: Naměřené teploty v Klementinu (Česká republika).



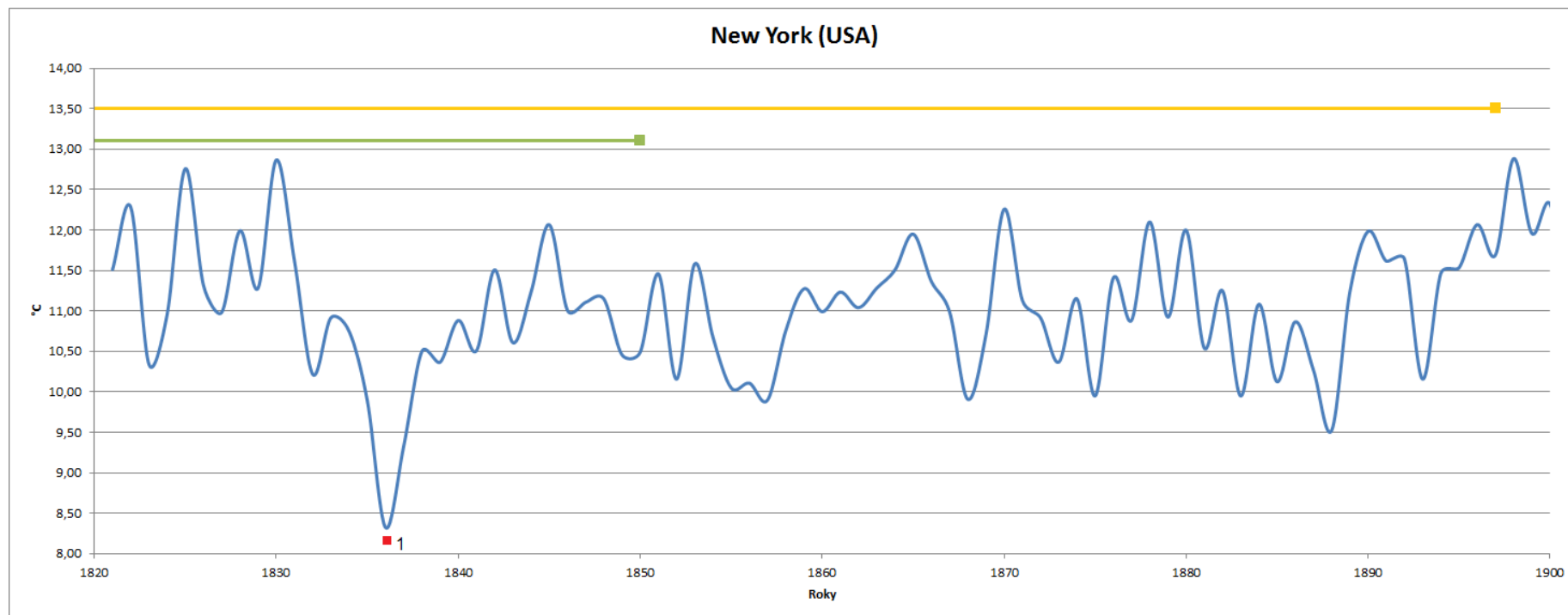
- 1 Rok 1786, výbuch sopky Etna.
- 2 Rok 1799, mimořádně studený rok.
- 3 Rok 1805, součást tříletého studeného období (1803 – 1805).
- 4 Rok 1838, součást mimořádně studeného dvouletého období (1837 – 1838).
- 5 Rok 1871, součást mimořádně studeného dvouletého období (1870 – 1871).

Příloha č. 9: Naměřené teploty v Kopenhavenu (Dánsko).



- 1 Rok 1838, součást mimořádně studeného dvouletého období (1837 – 1838).
- 2 Rok 1870, součást mimořádně studeného dvouletého období (1870 – 1871).

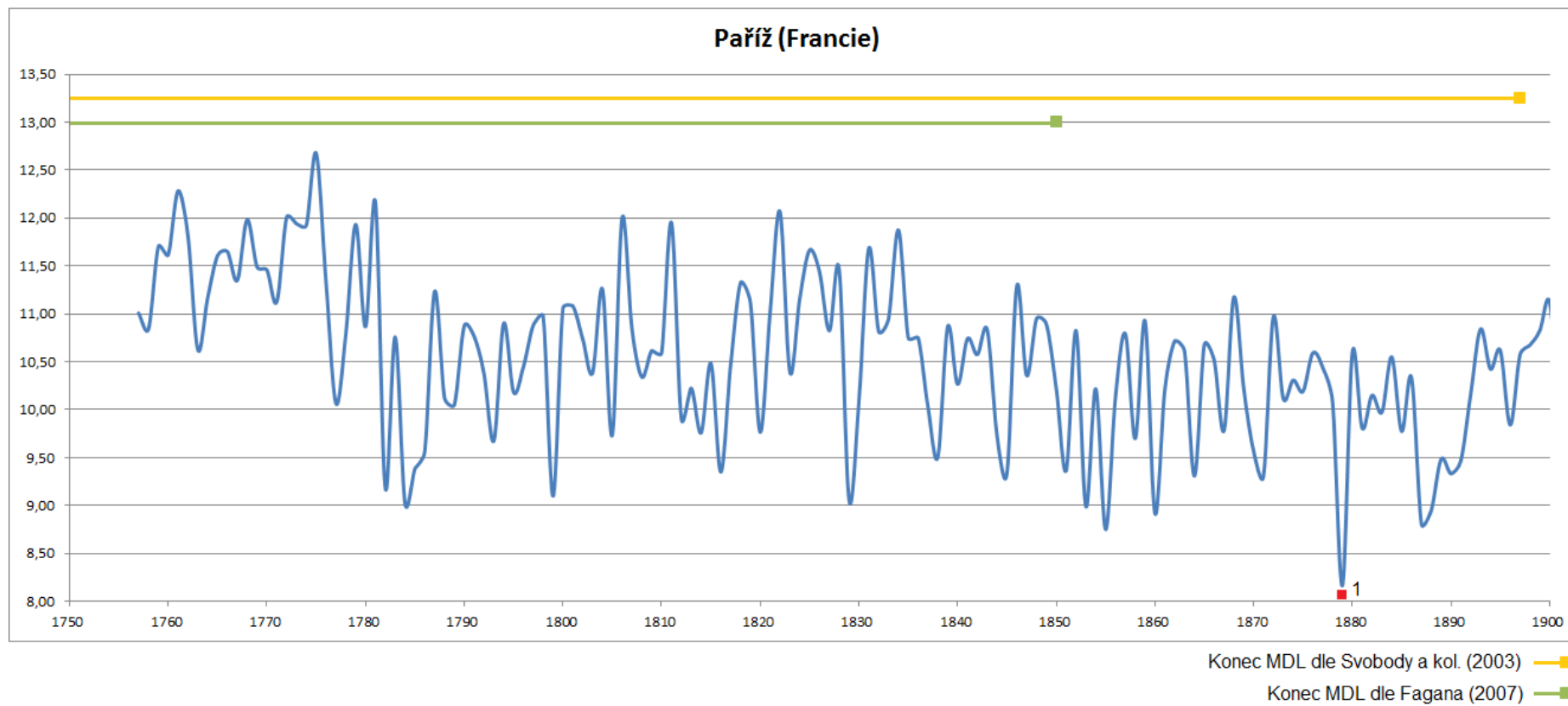
Příloha č. 10: Naměřené teploty v New Yorku (USA).



Konec MDL dle Svobody a kol. (2003) —■—
Konec MDL dle Fagana (2007) —■—

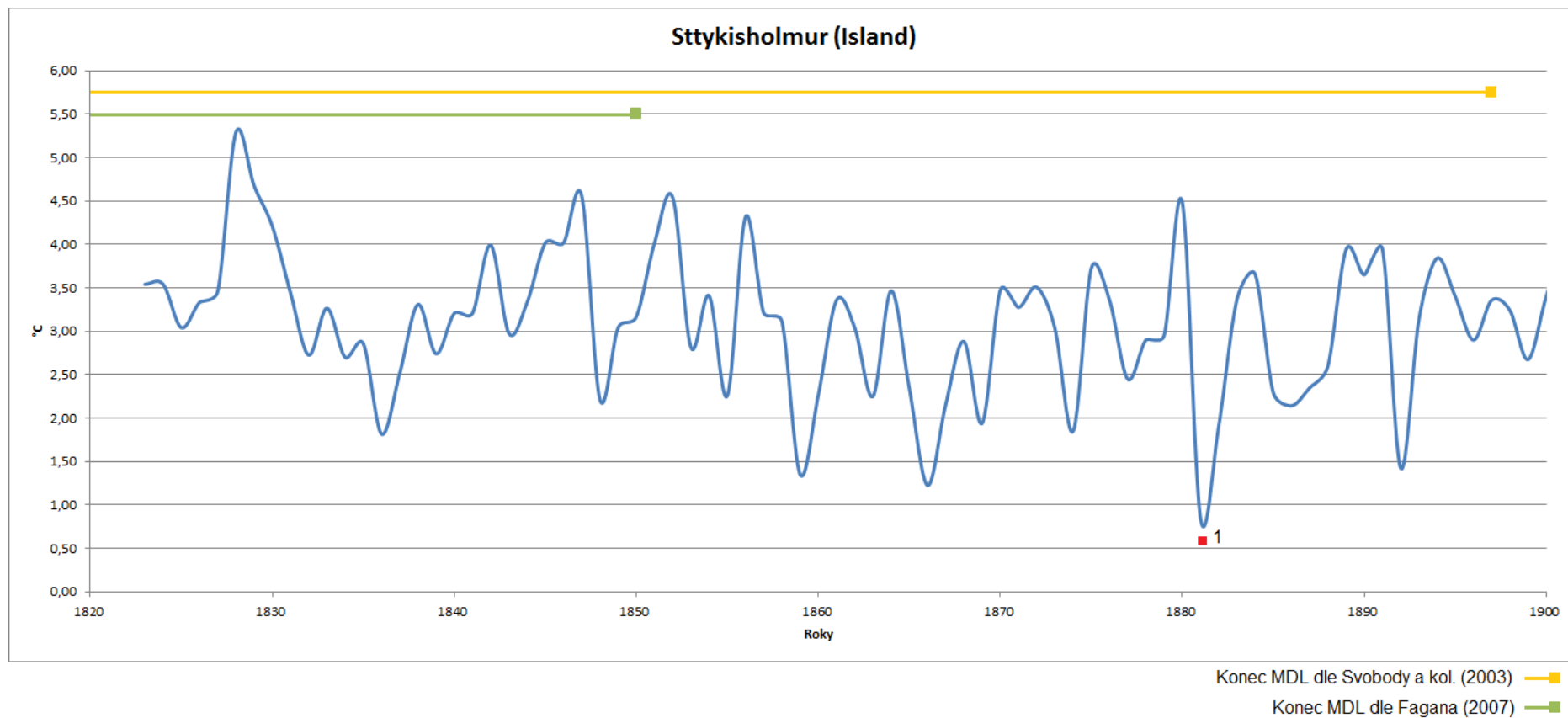
- 1 Rok 1836, možný vliv výbuchu sopky Cosiguiny v roce 1835.

Příloha č. 11: Naměřené teploty v Paříži (Francie).



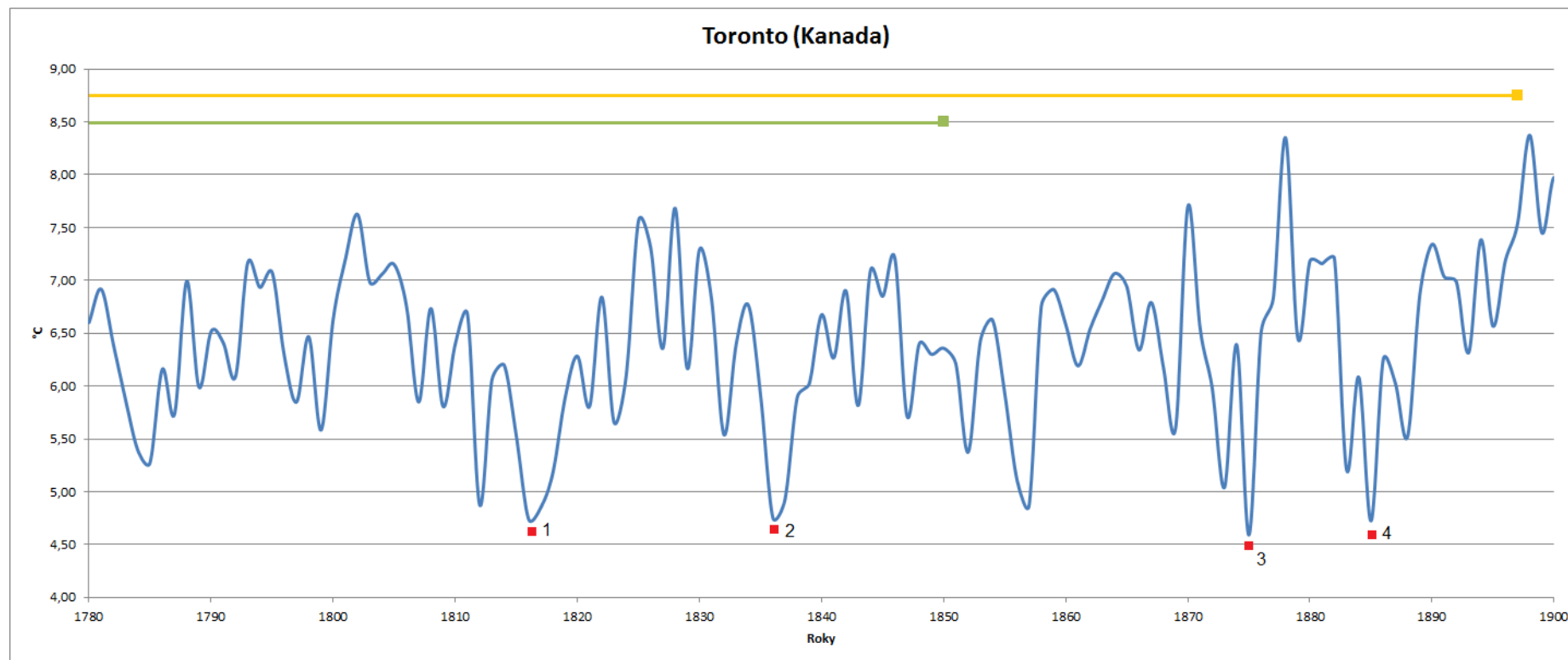
- 1 Rok 1879, součást mírně studeného osmiletého období (1879 – 1886).

Příloha č. 12: Naměřené teploty ve Stykkishólmu (Island).



- 1 Rok 1881, součást mírně studeného osmiletého období (1879 – 1886).

Příloha č. 13: Naměřené teploty v Torontu (Kanada).



■ 1 Rok 1836, možný vliv výbuchu sopky Cosiguiny v roce 1835.

■ 2 Rok 1857, součást velmi studené klimatické epizody (1837 – 1858), možný vliv výbuchu sopky Fuego.

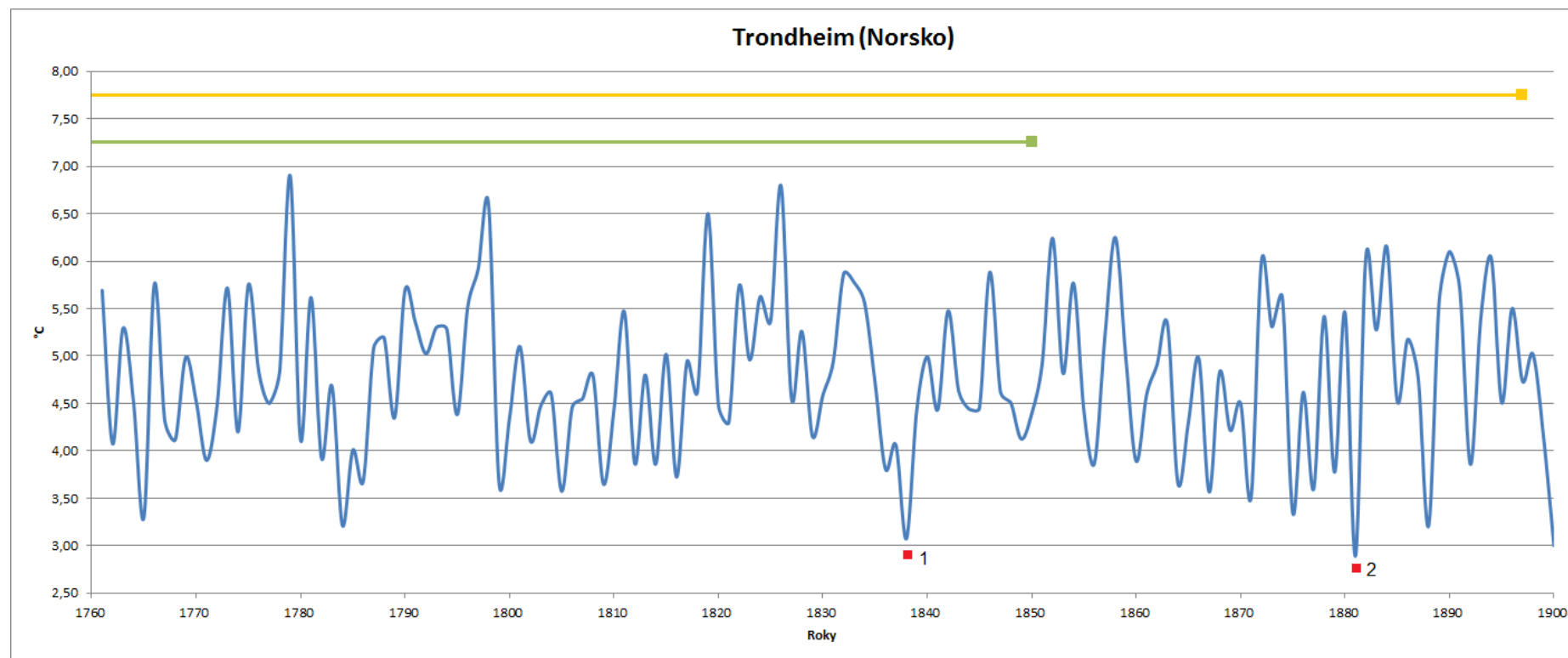
■ 3 Rok 1875, možný vliv výbuchu sopky Askja.

■ 4 Rok 1883, výbuch sopky Augustine.

Konec MDL dle Svobody a kol. (2003) —■

Konec MDL dle Fagana (2007) —■

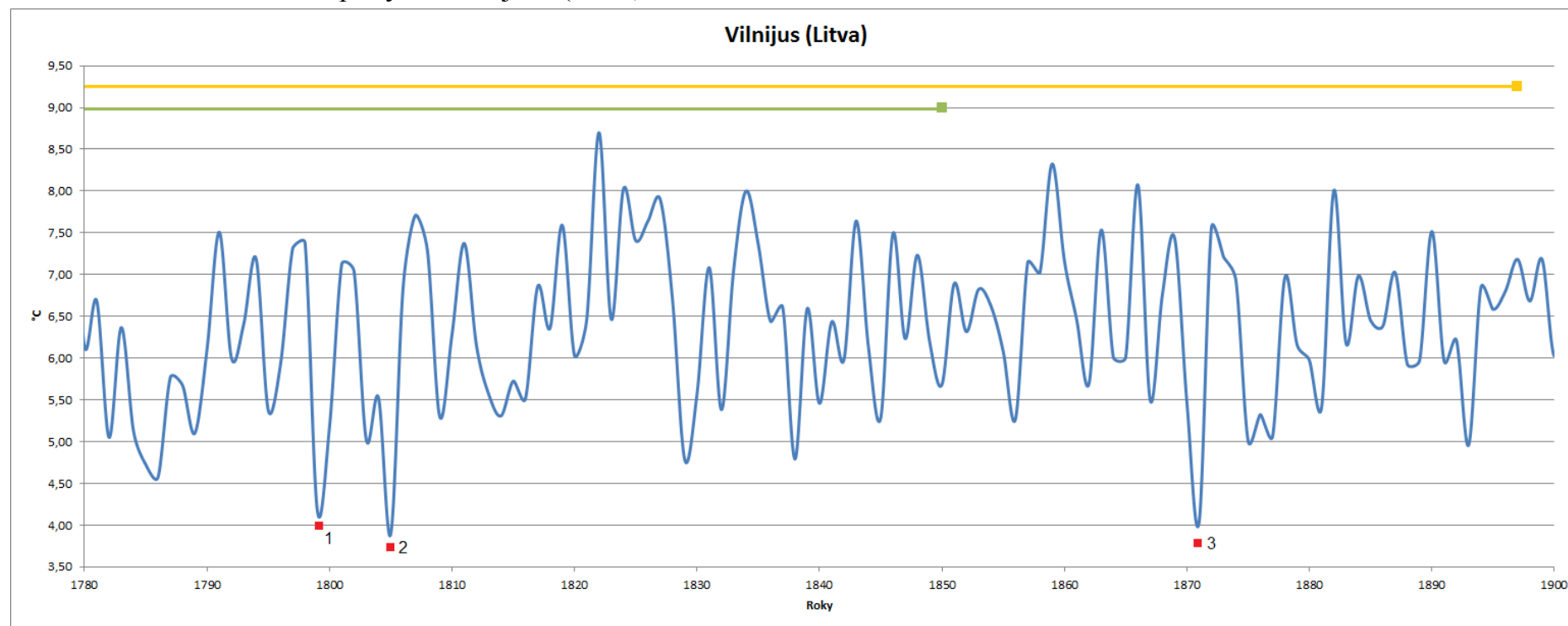
Příloha č. 14: Naměřené teploty v Trondheimu (Norsko).



Konec MDL dle Svobody a kol. (2003) —■—
Konec MDL dle Fagana (2007) —■—

- 1 Rok 1838, součást mimořádně studeného dvouletého období (1837 – 1838).
- 2 Rok 1881, součást mírně studeného osmiletého období (1879 – 1886).

Příloha č. 15: Naměřené teploty ve Vilniju (Litva).

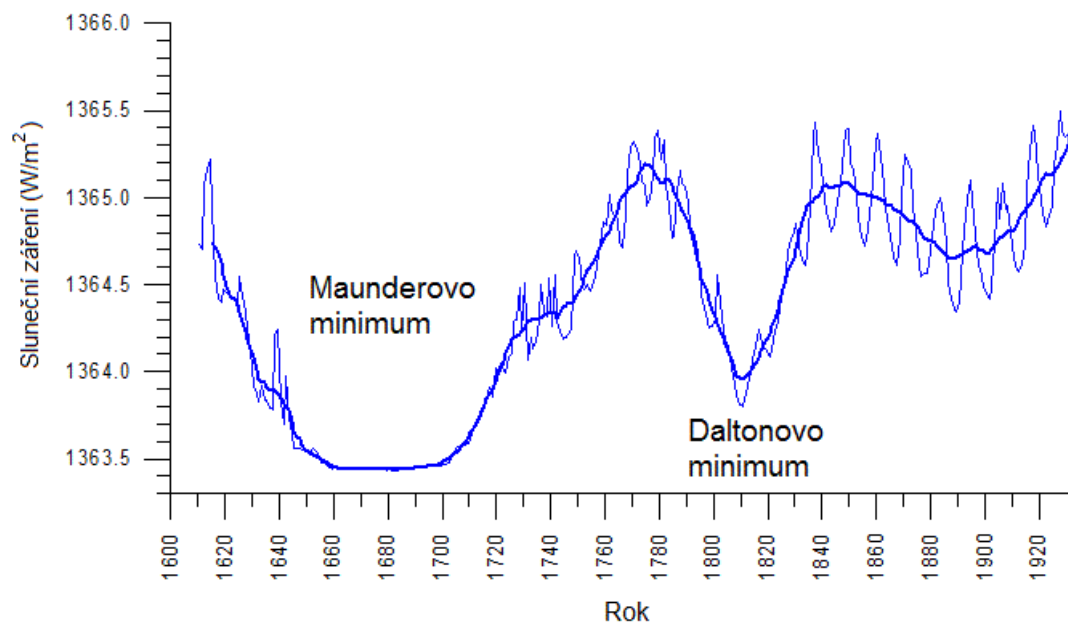


Konec MDL dle Svobody a kol. (2003) —■
Konec MDL dle Fagana (2007) —■

- 1 Rok 1799, mimořádně studený rok.
- 2 Rok 1805, součást tříletého studeného období (1803 – 1805).
- 3 Rok 1871, součást mimořádně studeného dvouletého období (1870 – 1871).

Příloha č. 16: Sluneční záření od roku 1610. Zdroj: (Lean a kol., 1995).

Tenká čára označuje roční rekonstrukci slunečního záření, silnější čára udává 11letý průměr.



Příloha č. 17: Index vulkanické explozivity. Zdroj: (sopky.eu, 2011)

Index vulkanické explozivity (Volcanic Explosivity Index = VEI) je stupnice, pomocí které se měří intenzita sopečných výbuchů.

VEI	Objem materiálu	Výskyt (každých)	Typ erupce
0	< 10 000 m ³	den	havajská
1	> 10 000 m ³	týden	havajská / strombolská
2	> 1 000 000 m ³	několik měsíců	strombolská / vulkánská
3	> 10 000 000 m ³	5 let	vulkánská
4	> 0,1 km ³	10 let	vulkánská / pliniánská
5	> 1 km ³	100 let	pliniánská
6	> 10 km ³	1 000 let	pliniánská / ultrapliniánská
7	> 100 km ³	10 000 let	ultrapliniánská
8	> 1 000 km ³	100 000 let	ultrapliniánská

Příloha č. 18: Tabulka sopečných erupcí v malé době ledové s hodnotou VEI 4 a více. Zdroj: (volcano.si.edu, 2013)

Rok	Název sopky	VEI	Země
1300	Hekla	4	Island
1300	Krafla	4	Island
1311	Katla	4	Island
1325	Bravo, Cerro	4	Kolumbie
1345	Mono Craters	4	USA Kalifornie
1350	Inyo Craters	4	USA Kalifornie
1350	Kikhpinych	4	Kamčatka
1350	Ruiz, Nevado del	4	Kolumbie
1357	Katla	4	Island
1362	Oraefajokull	5	Island
1416	Katla	4	Island
1442	Oshima	4	Japonsko
1444	Sete Cidades	4	Azory
1450	Aniakchak	5	Aljaška
1452	Kuwae	6	Vanuatská republika
1471	Sakura-Jima	5	Japonsko
1477	Bardarbunga	5	Island
1480	St. Helens	5	USA Washington
1482	St. Helens	5	USA Washington
1490	Katla	4	Island
1510	Hekla	4	Island
1525	Arenal	4	Kostarika
1534	Cotopaxi	4	Ekvádor
1540	Augustine	4	Aljaška
1550	Maly Semiachik	4	Kamčatka
1563	Agua de Pau	4	Azory
1580	Billy Mitchel	6	Papua Nová Guinea
1581	Fuego	4	Guatemala
1582	Fuego	4	Guatemala
1585	Colima	4	Mexiko
1586	Kelut	5	Indonésie Jáva
1593	Raung	5	Indonésie Jáva
1595	Ruiz, Nevado del	4	Kolumbie
1597	Hekla	4	Island
1600	Suwanose-Jima	4	Japonsko
1600	Huaynaputina	6	Peru

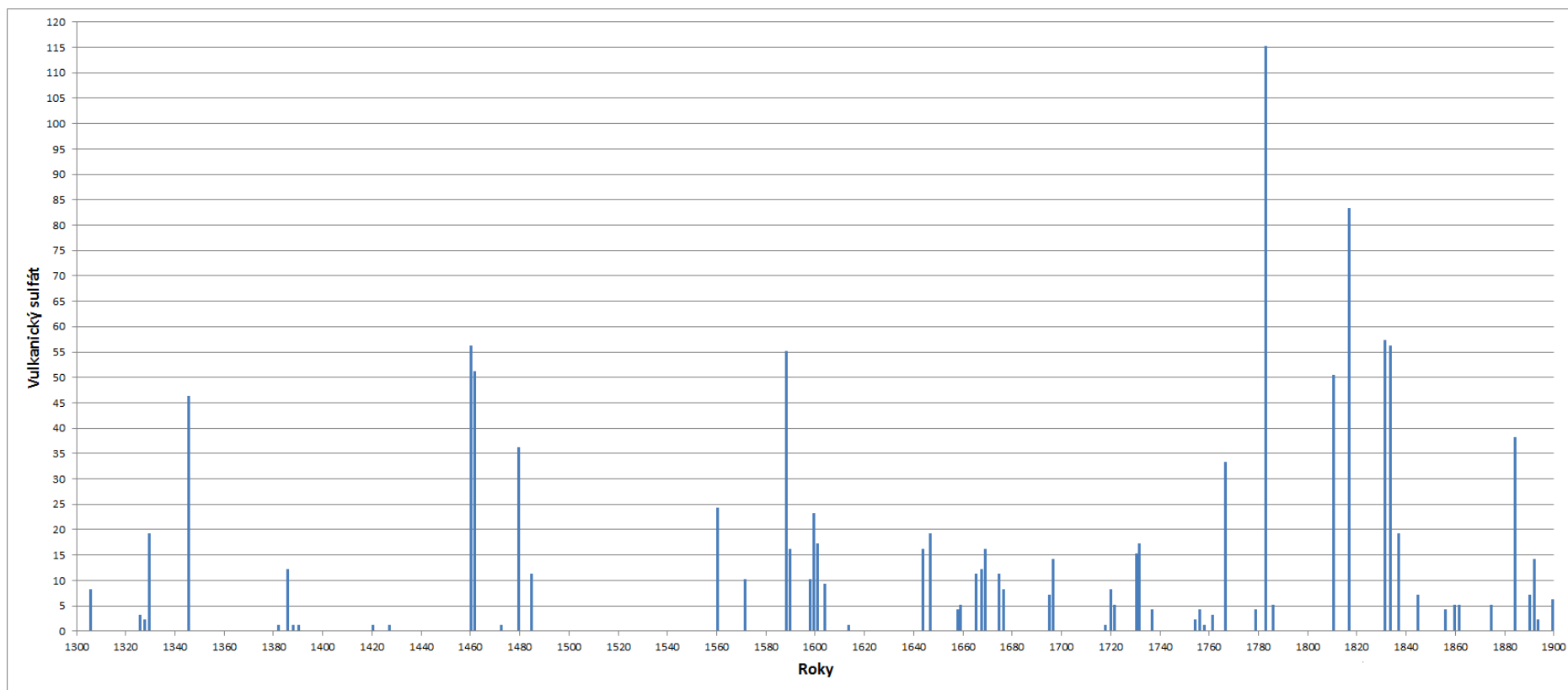
Rok	Název sopky	VEI	Země
1605	Momotombo	4	Nikaragua
1606	Colima	4	Mexiko
1622	Colima	4	Mexiko
1625	Katla	4	Island
1630	Furnas	4	Azory
1630	Raoul Island	4	Nový Zéland
1631	Vesuv	4	Itálie
1638	Raung	4	Indonésie Jáva
1640	Llaima	4	Chile
1640	Komaga-Take	5	Japonsko
1641	Kelut	4	Indonésie Jáva
1641	Awu	5	Indonésie
1646	Makian	4	Indonésie
1650	Santorin	4	Řecko
1655	Ksyudauch	4	Kamčatka
1660	Katla	4	Island
1660	Guagua Pichincha	4	Ekvádor
1660	Long Island	6	Nová Guinea
1663	Usu	5	Japonsko
1667	Tarumai	5	Japonsko
1673	Gamkonora	5	Indonésie
1680	Tongkoko	5	Indonésie
1690	Chikurachki	4	Kurily
1693	Hekla	4	Island
1693	Serua	4	Indonésie
1694	Komaga-Take	4	Japonsko
1707	Fuji	5	Japonsko
1712	Chirpoi	4	Kurily
1716	Taal	4	Indonésie
1717	Fuego	4	Guatemala
1720	Bravo, Cerro	4	Kolumbie
1720	Raoul Island	4	Nový Zéland
1721	Katla	4	Island
1737	FUego	4	Guatemala
1739	Tarumai	5	Japonsko
1741	Oshima	4	Japonsko

Rok	Název sopky	VEI	Země
1744	Cotopaxi	4	Ekvádor
1754	Taal	4	Indonésie
1755	Katla	4	Island
1759	Jorullo	4	Mexiko
1760	Makian	4	Indonésie
1761	Makian	4	Indonésie
1762	Planchon-Peteroa	4	Chile
1764	Jorullo	4	Mexiko
1766	Hekla	4	Island
1768	Cotopaxi	4	Ekvádor
1769	Usu	4	Japonsko
1778	Raikoke	4	Kurily
1779	Sakura-Jima	4	Japonsko
1783	Asama	4	Japonsko
1783	Laki	4	Island
1786	Pavlof	4	Aljaška
1787	Etna	4	Itálie
1790	Kilauea	4	Havaj
1793	Alaid	4	Kurily
1793	San Martin	4	Mexiko
1795	Pogromni	4	USA
1800	St. Helens	5	USA Washington
1812	Awu	4	Indonésie
1812	Soufriere	4	Francie
1813	Suwanose-Jima	4	Japonsko
1814	Mayon	4	Filipíny
1815	Tambora	7	Indonésie
1817	Raung	4	Indonésie Jáva
1818	Colima	4	Mexiko
1822	Usu	4	Japonsko
1822	Galunggung	5	Indonésie Jáva
1825	Isanotski	4	USA
1826	Kelut	4	Indonésie Jáva
1829	Kliuchevskoi	4	Kamčatka
1831	Babuyan Claro	4	Indonésie Luzon
1835	Cosiguina	5	Nikaragua

Rok	Název sopky	VEI	Země
1845	Hekla	4	Island
1846	Fonualei	4	Království Tonga
1853	Chikurachki	5	Kurily
1853	Usu	4	Japonsko
1854	Sheveluch	5	Kamčatka
1856	Komaga-Také	4	Japonsko
1857	Fuego	4	Guatemala
1861	Makian	4	Indonésie
1862	Makian	4	Indonésie
1872	Merapi	4	Indonésie Jáva
1872	Sinarka	4	Kurily
1873	Grimsvotn	4	Island
1875	Askja	4	Island
1877	Cotopaxi	4	Ekvádor
1880	Fuego	4	Guatemala
1883	Krakatau	6	Indonésie
1883	Augustine	4	Aljaška
1886	Tarawera	5	Nový Zéland
1886	Niuafouu	4	Tonga
1886	Tungurahua	4	Ekvádor
1888	Bandai	4	Japonsko
1890	Colima	4	Mexiko
1897	Mayon	4	Filipíny
1902	Santa Maria	6	Guatemala

Příloha č. 19: Vulkanický sulfát. Zdroj: (Zielinski a Mershon, 1997).

Záznam sopečného sulfátu je odvozen z empirické ortogonální funkce. Vyšší hodnoty jsou zaznamenány v letech 1459 (sopka Kuwae), 1587 (Kelut), 1783 (Laki), 1815 (Tambora), 1883 (Krakatoa).



Příloha č. 20: Ceny obilí. Zdroj: (Batovec, 1899)

První velký vzrůst ceny obilí v roce 1805 bychom mohli přiřadit na vrub velmi vlhkému období (1795 – 1804), které je součástí malého pluvialu IV (1763 – 1804). Kvůli vlhku a zamokření zemědělských pozemků byla úroda velmi malá. Rok 1805 zároveň spadá do tříletého studeného období (1803 – 1805). Z těchto důvodů se křivka grafu postupně zvedá až k jejímu vrcholu právě v roce 1805. Další velký výstupek je viditelný v roce 1817, cena obilí mohla být ovlivněna výbuchem sopky Tambory v roce 1815, zároveň mohlo mít podíl výrazně srážkově nadnormální tříleté období (1815 – 1817). Poslední větší výkyv spadá do roku 1854, pravděpodobně největší vinu na tom má sucho. Rok 1854 totiž spadá do suché klimatické epizody s výrazným snížením srážkové činnosti (1852 – 1862). V některých částech také mohl mít vliv výbuch sopky Sheveluch na Kamčatce. Je nutné poznamenat, že zvýšenou cenu obilí nemusely způsobovat pouze meteorologické vlivy, ale také např. válka, mocenské rozpře.

