

ZPRÁVA AD HOC VÝBORU O REKONSTRUKCI GLOBÁLNÍHO KLIMATU POMOCÍ "HOKEJKY"²

SHRnutí

Předseda Výboru pro energetiku a obchod a předseda Podvýboru pro dohled a vyšetřování se zajímali o nezávislé ověření kritiky Manna a kol. (1998, 1999) [MBH98, MBH99] McIntyrem a McKitrickem (2003, 2005a, 2005b) [MM03, MM05a, MM05b], jakož i o související důsledky v hodnocení. Závěry z MBH98, MBH99 byly uvedeny ve zprávě Mezivládního panelu pro změnu klimatu s názvem *Climate Change 2001³ : The Scientific Basis*. Tato zpráva se týká růstu globálních teplot, konkrétně v 90. letech 20. století. Dokumenty MBH98 a MBH99 jsou zaměřeny na rekonstrukci paleoklimatických teplot a závěry v nich se soustřeďují na to, co se zdá být rychlým nárůstem globální teploty v 90. letech 20. století ve srovnání s teplotami v předchozím tisíciletí. Tyto závěry vyvolaly velmi polarizovanou debatu o politických důsledcích MBH98, MBH99 pro povahu globální změny klimatu a o tom, zda je jejím zdrojem antropogenní činnost. Tato komise ve složení Edward J. Wegman (George Mason University), David W. Scott (Rice University) a Yasmin H. Said (The Johns Hopkins University) přezkoumala práci obou článků a také sít' časopiseckých článků, které spolu souvisejí buď autory, nebo tématem, a dospěla k několika závěrům a doporučením. Tento ad hoc výbor pracoval pro bono, neobdržel žádnou odměnu a nemá žádný finanční zájem na výsledku zprávy.

Metodika rekonstrukce globálního klimatu

MBH98, MBH99 používají k měření globální změny klimatu několik ukazatelů. Především se jedná o historické záznamy, letokruhy stromů, ledová jádra a korálové útesy. Šířka a hustota letokruhů stromů se mění v závislosti na klimatických podmínkách (sluneční záření, srážky, teplota, vlhkost a dostupnost oxidu uhličitého a oxidů dusíku), půdních podmínkách, druhu stromu, jeho stáří a uložených sacharidech ve stromech. Hustota letokruhů stromů je však užitečná při paleoklimatických teplotních rekonstrukcích, protože u dospělých stromů se letokruhy mění přibližně lineárně s věkem. Šířka a hustota letokruhů stromů závisí na mnoha matoucích faktorech, což ztěžuje izolaci klimatického teplotního signálu. Obvykle platí, že šířka a hustota letokruhů stromů se sledují společně, aby bylo možné je přesněji použít jako klimatické proxy.

² Autory této zprávy jsou Edward J. Wegman, George Mason University, David W. Scott, Rice University, a Yasmin H. Said, The Johns Hopkins University. Rádi bychom také ocenili příspěvky Johna T. Rigsbyho, III, Naval Surface Warfare Center, a Denise M. Reevesové, MITRE Corporation.

³ Zpráva IPCC *Změna klimatu 2001: Třetí hodnotící zpráva* se skládá ze čtyř dílčích zpráv: *Změna klimatu 2001: Vědecké základy*, 2) *Změna klimatu 2001: Dopady, adaptace a zranitelnost*, 3) *Změna klimatu 2001: Zmírňování* a 4) *Změna klimatu 2001: Souhrnná zpráva*.

Ledová jádra jsou nahromaděním sněhu a ledu za mnoho let, které rekrystalizovaly a zachytily vzduchové bubliny z předchozích časových období. Složení těchto ledových jader, zejména přítomnost izotopů vodíku a kyslíku, poskytuje obraz o tehdejšímu klimatu. Protože izotopy vodní páry vykazují nižší tlak vodní páry, při poklesu teploty těžší molekuly vody kondenzují rychleji než běžné molekuly vody. Relativní koncentrace těžších izotopů v kondenzátu udává teplotu kondenzace v dané době, což umožňuje využití ledových jader při rekonstrukci globální teploty. Kromě koncentrace izotopů umožňují bublinky vzduchu zachycené v ledových jádrech měřit koncentrace stopových plynů v atmosféře, včetně skleníkových plynů oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusného. Vzduchové bubliny mohou obsahovat také stopy aerosolů, které vznikají ve velkých koncentracích při sopečných erupcích.

Koráli jsou podobní stromům, protože jejich růst a hustota závisí na teplotě. Rentgenové snímky příčných řezů korálů ukazují relativní hustotu a růst v čase. Vrstvy korálů s vysokou hustotou vznikají v letech s vysokou teplotou povrchu oceánu. Proto lze korály kalibrovat pro odhad povrchových teplot moře.

Analýza hlavních komponent a metodika CFR a CPS

Analýza hlavních komponent je metoda, která se často používá k redukci vícerozměrných souborů dat na nižší dimenze pro analýzu. V tomto kontextu se dimenze vztahují k počtu různých proměnných. Příslušné zástupné údaje časových řad se transformují na jejich hlavní komponenty, přičemž první hlavní komponenta má vysvětlit většinu variability přítomné v proměnných. Každá další hlavní komponenta vysvětluje méně a méně variability. V metodice MBH98/99 je při rekonstrukci teploty použita první hlavní komponenta, která má také nejvyšší vysvětlený rozptyl. Tato metoda je určena pro redukci dimenze. Ve většině souborů dat by první hlavní komponenta měla být nejméně hladká (kvůli vyššímu rozptylu). V MBH98, MBH99 jsou však proxy data nesprávně vycentrována, což nafoukne rozptyl některých proxy a selektivně vybere tyto decentralizované proxy jako teplotní rekonstrukci.

Pro účely modelování řad se závislostí existuje několik modelů časových řad, včetně autoregresních, klouzavých průměrů, autoregresních modelů klouzavých průměrů a procesů s dlouhou pamětí. MBH98 a MBH99 se zaměřují na jednoduché modely signálu plus superponovaného šumu pro rekonstrukci teploty paleoklimatu. Vzhledem ke složitým mechanismům zpětné vazby, které se podílejí na dynamice klimatu, je nepravděpodobné, že by teplotní záznamy a údaje odvozené z proxy-signálů bylo možné adekvátně modelovat pomocí jednoduchého teplotního signálu se superponovaným šumem. Domníváme se, že dosud neproběhlo seriózní šetření zaměřené na modelování základních procesních struktur ani na modelování současných instrumentovaných teplotních záznamů pomocí sofistikovaných procesních modelů.

Pro rekonstrukci teploty se používají dvě základní metody: CFR⁴ (Climate Field Construction) a CPS (Climate Plus Scale). CFR je v podstatě analýza hlavních komponent a CPS je prosté zprůměrování klimatických proxies, které jsou následně škálovány na skutečné teplotní záznamy. Kontroverze Mannových metod spočívá v tom, že proxy jsou soustředěny na průměr období 1902-1995, nikoli na celé časové období. Tento průměr je tedy ve skutečnosti decentrován nízko, což způsobí, že vykazuje větší rozptyl, čímž je upřednostněn pro výběr jako první hlavní komponenta. Čistý účinek tohoto decentrování při použití proxy dat v MBH98 a MBH99 je vytvoření tvaru "hokejky". Vycentrování střední hodnoty je rozhodujícím faktorem pro správné použití metodiky hlavních komponent. Není jasné, zda si Mann a jeho spolupracovníci v době zveřejnění uvědomili chybu ve své metodice. Vzhledem k absenci úplné dokumentace jejich dat a počítačového kódu jsme nebyli schopni jejich výzkum reprodukovat. Podařilo se nám však znovu získat podobné výsledky jako MM. Tato rekonstrukce podporuje kritiku metod MBH98, protože posunutí střední hodnoty vytváří uměle velkou odchylku od požadované nulové střední hodnoty.

Zjištění

Obecně jsme shledali, že MBH98 a MBH99 jsou poněkud nejasné a neúplné a kritika MM03/05a/05b je oprávněná a přesvědčivá. Zároveň podotýkáme, že se snažili upozornit na nesrovnalosti v MBH98 a MBH99, a nikoliv provést paleoklimatickou rekonstrukci teploty. Za normálních okolností by se člověk snažil vybrat kalibrační soubor dat, který je reprezentativní pro celý soubor dat. Data z let 1902-1995 nejsou pro kalibraci zcela vhodná a vedou k nesprávnému použití při analýze hlavních komponent. Důvody pro stanovení let 1902-1995 jako kalibračního bodu uvedené ve vyprávění MBH98 však znějí rozumně a chybu může snadno přehlédnout někdo, kdo není vyškolen ve statistické metodologii. Podotýkáme, že neexistují žádné důkazy o tom, že by Dr. Mann nebo kterýkoli z dalších autorů paleoklimatologických studií měl významné kontakty s hlavními statistiky.

Při dalším zkoumání sociální sítě autorů v oblasti rekonstrukce teploty jsme zjistili, že nejméně 43 autorů má přímé vazby na Dr. Manna, protože jsou spoluautory jeho článků. Naše zjištění z této analýzy naznačují, že autoři v oblasti paleoklimatických studií jsou úzce propojeni, a proto "nezávislé studie" nemusí být tak nezávislé, jak by se mohlo na první pohled zdát. Tento výbor se nedomnívá, že webové deníky jsou vhodným fórem pro vědeckou diskusi o této otázce.

Je důležité si všimnout izolace paleoklimatické komunity; přestože se ve velké míře spoléhají na statistické metody, nezdá se, že by komunikovali se statistickou komunitou. Navíc soudíme, že sdílení výzkumných materiálů, dat a výsledků probíhalo nahodile a neochotně. V tomto případě soudíme, že se příliš spoléhalo na vzájemné hodnocení, které nebylo nutně nezávislé. Práce byla navíc dostatečně zpolitizována, takže tato komunita může jen stěží přehodnotit své veřejné postoje, aniž by ztratila důvěryhodnost. Celkově se náš výbor domnívá, že Mannova

⁴ Metodika CFR je v podstatě metodikou použitou v dokumentech MBH98/99, ale terminologie byla použita až později.

hodnocení, že desetiletí 90. let bylo nejteplejším desetiletím tisíciletí a že rok 1998 byl nejteplejším rokem tisíciletí, nelze na základě jeho analýzy potvrdit.

Doporučení

Doporučení 1. Zejména v případech, kdy jsou v sázce obrovské částky veřejných prostředků a lidské životy, by měla být akademická práce podrobena intenzivnější kontrole a přezkoumání. Zejména platí, že autory dokumentů souvisejících s politikou, jako je zpráva IPCC *Klimatické změny 2001: Vědecké základy*, by neměli být stejní lidé jako ti, kteří konstruovali akademické práce.

Doporučení 2. Domníváme se, že výzkumné agentury financované z federálních zdrojů by měly vypracovat komplexnější a stručnější politiku zveřejňování informací. Všichni, kdo jsme tuto zprávu psali, jsme byli financováni z federálních zdrojů. Naše zkušenost s financujícími agenturami je taková, že obecně nevyjadřují jasné pokyny pro řešitele, co je třeba zveřejnit. Federálně financovaná práce včetně kódu by měla být na základě přiměřené žádosti zpřístupněna ostatním výzkumným pracovníkům, zejména pokud duševní vlastnictví nemá komerční hodnotu. Mělo by se zvážit, zda by sběratelé dat neměli mít možnost výlučného využívání svých dat po dobu jednoho nebo dvou let před jejich zveřejněním. Údaje shromážděné s federální podporou by však měly být veřejně dostupné. (Jak to běžně dělají federální agentury, například NASA.)

Doporučení 3. U klinických zkoušek léků a přístrojů, které mají být schváleny pro použití u lidí úřadem FDA, se očekává přezkum a konzultace se statistiky. Ve skutečnosti je standardní praxí zapojit statistiky do procesu žádosti o schválení. Soudíme, že je to dobrá politika, pokud jde o veřejné zdraví a také pokud jde o značné částky peněz, například když se mají na základě statistických hodnocení přijímat závažná politická rozhodnutí. V takových případech by hodnocení statistiky mělo být standardní praxí. Tato fáze hodnocení by měla být povinnou součástí všech žádostí o grant a měla by být odpovídajícím způsobem financována.

Doporučení 4. Důraz by měl být kladen na federální financování výzkumu souvisejícího se základním pochopením mechanismů změny klimatu. Financování by se mělo zaměřit na mezioborové týmy a vyhnout se úzce oborově zaměřenému výzkumu.

1. ÚVOD

Globální oteplování je téma, kterému se věnuje velká pozornost veřejnosti, legislativy, národních i mezinárodních orgánů. Nejistota ohledně rozsahu a důsledků globálního oteplování vyvolala značné třenice mezi vládami a jejich občany. Zpráva Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC) (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001) s názvem *Climate Change 2001: Third Assessment Report (Změna klimatu 2001: Třetí hodnotící zpráva)* obsahovala alarmující statistiky týkající se rychlého nárůstu globálních teplot v průběhu desetiletí 90. let a naznačovala, že tento rychlý nárůst je způsoben především antropogenně generovanými emisemi skleníkových plynů, konkrétně oxidu uhličitého. Tento dokument byl považován za pádné odůvodnění Kjótské dohody. Významné místo ve zprávě IPCC zaujímá práce Dr. Michaela Manna, Dr. Raymonda Bradleyho a Dr. Malcolma Hughese (Mann et al., 1998, 1999) [MBH98, MBH99]. Tyto práce obsahovaly rekonstrukce teplot až 1000 let nazpět. Metodika zjištěná v práci Manna et al. využívala statistickou techniku známou jako analýza hlavních komponent (PCA). Zpochybnění způsobu použití PCA přinesli McIntyre a McKitrick (2003, 2005a, 2005b) [MM03, MM05a, MM05b]. Tyto výzvy jsou založeny na poměrně jemných matematických nuancích. Diskuse a hodnocení použití PCA se do jisté míry zvrhly v souboj konkurenčních webových blogů: <http://www.climateaudit.org>, <http://www.climate2003.org> a <http://www.realclimate.org>.

Předseda sněmovního výboru pro energetiku a obchod spolu s předsedou podvýboru pro dohled a vyšetřování se zajímali o to, zda je kritika Manna a spol. oprávněná, a pokud ano, jaké to má důsledky. Za tímto účelem požádali pracovníci výboru o radu ohledně oprávněnosti výtek McIntyry a McKitricka [MM] a souvisejících důsledků. Dr. Wegman vytvořil ad hoc výbor (Dr. Edward J. Wegman - George Mason University, David W. Scott - Rice University a Yasmin H. Said - The Johns Hopkins University). Výbor byl organizován z vlastní iniciativy jako výbor pro bono.

Pokusili jsme se řešit několik obecných otázek. Snažili jsme se reprodukovat výsledky MM, abychom zjistili, zda je jejich kritika oprávněná a opodstatněná. Vyjádříme se také k tomu, zda problémy, které vyvolaly tyto kritiky diskutované v McIntyre a McKitrick (2005a, 2005b), vyvolávají širší otázky týkající se hodnocení Manna a kol. (1998, 1999) v rámci peer review a IPCC a zda takováto vědecká hodnocení zahrnující práce statistické povahy vyžadují určitý typ posílení, aby poskytovala spolehlivé vodítko pro tvůrce politik.

Před prací našeho výboru a nezávisle na něm napsali předseda Barton a předseda Whitfield dopisy doktorům Michaelu Mannovi, Raymondů Bradleymu a Malcolmů Hughesovi a také Mezivládnímu panelu pro změnu klimatu a Národní vědecké nadaci. Všichni tři autoři odpověděli, ale odpovědi Dr. Manna jako hlavního autora byly nejobsáhlejší. Odpovědi Dr. Manna měly poněkud konfrontační tón. Žádný člen našeho výboru se nepodílel na tvorbě nebo struktuře otázek pro Dr. Manna. Nicméně na základě jeho odpovědí a rozsáhlých otázek

literatury, kterou jsme prošli, se pokusíme také výslovně vyjádřit k některým našim zjištěním, která se týkají otázek položených Dr. Mannovi a jeho odpovědí. Konkrétní otázky předsedy Bartona a předsedy Whitfielda jsou uvedeny níže.

Žádosti pro doktory Manna, Bradleyho a Hughese.

Poskytnout:

1. Váš *životopis*, mimo jiné včetně seznamu všech studií týkajících se výzkumu změny klimatu, u nichž jste byli autorem nebo spoluautorem, a zdroje financování těchto studií.
2. Seznam veškeré finanční podpory, kterou jste obdrželi v souvislosti s výzkumem, včetně, ale nejen, veškeré soukromé, státní a federální podpory, grantů, smluv (včetně subgrantů nebo subdodávek) nebo jiných finančních odměn či honorářů.
3. Pokud jde o všechny takové práce zahrnující federální granty nebo finanční podporu, v jejichž rámci jste byli příjemcem finančních prostředků nebo hlavním řešitelem, uveďte všechny dohody týkající se podkladových grantů nebo financování, mimo jiné včetně všech ustanovení, úprav nebo výjimek učiněných v dohodách týkajících se šíření a sdílení výsledků výzkumu.
4. Uveďte umístění všech datových archivů týkajících se každé publikované studie, u níž jste byli autorem nebo spoluautorem, a uveďte: (a) zda tyto informace obsahují všechny konkrétní údaje, které jste použili, a výpočty, které jste provedli, včetně podpůrné dokumentace, jako je zdrojový kód počítače, informace o ověření a další pomocné informace, které jsou nezbytné pro úplné vyhodnocení a použití údajů, zejména pro to, aby jiná strana mohla zopakovat výsledky vašeho výzkumu; b) kdy byly tyto informace výzkumným pracovníkům k dispozici; (c) kde a kdy jste poprvé zjistili, kde se tyto informace nacházejí; d) jaké případné změny jste v těchto informacích provedli od zveřejnění příslušné studie; a e) pokud nejsou potřebné informace plně k dispozici, uveďte podrobný popis kroků, které musí někdo podniknout, aby získal potřebné informace k replikaci výsledků vaší studie nebo k posouzení kvality zástupných údajů, které jste použili.
5. Podle *deníku Wall Street Journal* jste odmítli zveřejnit přesný počítačový kód, který jste použili ke generování výsledků. (a) Je to tak správně? (b) Jakou politiku sdílení výzkumu a metod dodržujete? (c) Jaký je zdroj této politiky? (d) Poskytněte tento přesný počítačový kód použitý k vygenerování vašich výsledků.
6. Pokud jde o údaje ze studií a související informace, které nejsou veřejně archivovány, jaké žádosti jste vy nebo vaši spoluautoři obdrželi o údaje týkající se studií o změně klimatu, jaká byla vaše odpověď a proč?
7. Autoři McIntyre a McKittrick (*Energy & Environment*, Vol. 16, No. 1, 2005) uvádějí řadu chyb a opomenutí v práci Mann *et al.*, 1998. Uvádějí

podrobné popisné vysvětlení těchto údajných chyb a toho, jak mohou ovlivnit základní závěry práce, mimo jiné včetně odpovědí na následující otázky:

- a. Provedli jste výpočty bez série borovice bristlecone, na kterou se v článku odkazuje, a pokud ano, jaký byl výsledek?
 - b. Vypočítal jste vy nebo vaši spoluautoři teplotní rekonstrukce pomocí odkazovaných "archivních dat z Gaspských letokruhů" a jaké byly výsledky?
 - c. Vypočítali jste statistiku R2 pro rekonstrukci teploty, zejména pro výpočty proxy záznamů z 15th století, a jaké byly výsledky?
 - d. Jaké validační statistiky jste vypočítali pro rekonstrukci před rokem 1820 a jaké byly výsledky?
 - e. Jak jste vybírali konkrétní proxy a série proxy?
8. Podrobně vysvětlete svou práci pro Mezvládní panel pro změnu klimatu a jeho jménem, mimo jiné: (a) Vaši úlohu ve třetí hodnotící zprávě [TAR]; b) proces přezkoumání studií a dalších informací, včetně dat klíčových schůzek, na kterých jste pracoval během procesu psaní a přezkoumání zprávy TAR; c) kroky, které jste podnikl Vy, recenzenti a hlavní autoři, abyste zajistil, že údaje, na nichž jsou založeny studie tvořící základ pro klíčová zjištění zprávy, jsou spolehlivé a přesné; d) žádosti, které jste obdržel o revizi Vašich písemných příspěvků; a e) totožnost osob, které napsaly a přezkoumaly části zprávy týkající se historických teplotních záznamů, zejména oddíl 2.3, "Je nedávné oteplení neobvyklé?".

2. ZÁZEMÍ

2.1 Základní informace o rekonstrukci teploty paleoklimatu

Paleoklimatologie se zaměřuje na klima, především na teplotu, před obdobím, kdy byly k dispozici přístroje pro měření klimatických artefaktů. Mnoho přírodních jevů je závislých na klimatu a tam, kde jsou záznamy stále k dispozici, mohou být tyto jevy použity jako proxy k získání teplotního signálu. Proxy signály jsou samozřejmě extrémně zašuměné, a proto se rekonstrukce teploty stává problematičtější, jakmile se pokusíme o rekonstrukci dále do minulosti. Klima není pouze záležitostí (globální) teploty, ačkoli obavy z účinků globálního oteplování se soustřeďují především na rekonstrukce teploty. Jak jsme právě naznačili, rekonstrukce teploty je založena na proxy signálech obsažených v historických záznamech přírodních jevů závislých na klimatu. Tabulka 1 podle Bradleyho (1999) ilustruje širokou škálu těchto přírodních jevů, které lze použít jako proxy. Některé proxy měří klimatické proměnné s velmi nízkou frekvencí (pomalu se měnící), a proto nejsou užitečné pro měření průměrných ročních změn teploty. Tabulka 2 nalezená v Bradley (1999), která byla převzata z Bradley a Eddy (1991), shrnuje celou řadu zástupných ukazatelů a uvádí také jejich minimální interval vzorkování a rozsah let, pro které by mohly být rozumně použity pro rekonstrukci teploty. Mezi vysokofrekvenční proxy, které by mohly být použity na roční bázi, patří letokruhy stromů, ledová jádra a korály. Kromě toho, že tato měření slouží jako teplotní proxy, jsou zástupnými ukazateli dalších klimatických proměnných, včetně například srážek, chemického složení vzduchu a vody a sluneční aktivity.

1. Glaciologické (ledová jádra)

- a. Geochemie (ionty a izotopy kyslíku a vodíku)
- b. Obsah plynu ve vzduchových bublinkách
- c. Koncentrace stopových prvků a mikročástic
- d. Fyzikální vlastnosti (např. ledová tkanina)

2. Geologický

- a. Mořské (jádra oceánských sedimentů)
 - i. Biogenní sedimenty
 - 1. izotopové složení kyslíku
 - 2. početnost fauny a flóry
 - 3. morfologické odchylky
 - 4. alkenony (z diatomů)
 - ii. Anorganické sedimenty
 - 1. pozemský (eolický) prach a ledové úlomky.
 - 2. mineralogie jílu
- b. Pozemní
 - i. Ledovcové usazeniny a rysy ledovcové eroze
 - ii. Předledovcové prvky
 - iii. Břehové linie (eustatické a glacioeustatické prvky)
 - iv. Eolické usazeniny (spraše a písečné duny)
 - v. Jezerní sedimenty a erozní prvky (břehy)
 - vi. Pedologické vlastnosti
 - vii. Speleotremy (stáří a složení stabilních izotopů)

3. Biologické

- a. letokruhy stromů (šířka, hustota, složení stabilních izotopů)
- b. Pyl (typ, relativní početnost a/nebo absolutní koncentrace)
- c. Rostlinné makrozbytky (stáří a rozšíření)
- d. Hmyz (charakteristika souboru)
- e. Korály (geochemie)
- f. Diatomy, ostrakodi a další biota v jezerních sedimentech (společenstva, početnost a/nebo geochemie)
- g. Rozšíření moderních populací (refugia a reliktní populace rostlin a živočichů)

4. Historické stránky

- a. Písemné záznamy environmentálních indikátorů (parameteorologické jevy)
- b. Fonologické záznamy

Tabulka 1: Hlavní zdroje proxy dat pro paleoklimatické rekonstrukce

Podle Bradleyho (1999)

Archiv	Minimum Odběr vzorků Interval	Časové Rozsah (objednávka:yr)	Potenciál Informace Odvozené
Historické záznamy	den/hod.	$\sim 10^3$	T, P, B, V, M, L, S
Letokruhy stromů	rok/sezóna	$\sim 10^4$	T, P, B, V, M, S, C _A
Jezerní sedimenty	rok až 20 let	$\sim 10^4 - 10^6$	T, B, M, P, V, C _W
Korály	yr	$\sim 10^4$	C _W , L, T, P
Ledová jádra	yr	$\sim 5 \times 10^4$	T, P, C _A , B, V, M, S
Pyl	20 let	$\sim 10^5$	T, P, B
Speleotémy	100 let	$\sim 5 \times 10^5$	C _W , T, P
Paleosoly	100 let	$\sim 10^6$	T, P, B
Loess	100 let	$\sim 10^6$	P, B, M
Geomorfni prvky	100 let	$\sim 10^6$	T, P, V, L, P
Mořské sedimenty	500 let	$\sim 10^7$	T, C _W , B, M, L, P

Tabulka 2: Charakteristika přírodních archivů

T = teplota

P = srážky, vlhkost, vodní bilance

C = chemické složení vzduchu (C_A) nebo vody

(C_W) B = informace o struktuře biomasy a vegetace

V = sopečné erupce

M = změny geomagnetického

pole L = hladina moře

S = sluneční aktivita

Podle Bradleyho a Eddyho (1991)

Letokruhy stromu - na příčném řezu stromu z mírného lesa se objevují světlejší a tmavší pruhy, které jsou obvykle souvislé po celém obvodu stromu. Tyto pruhy jsou tzv. letokruhy stromu a jsou způsobeny sezónními vlivy. Každý letokruh stromu se skládá z velkých tenkostěnných buněk, kterým se říká rané dřevo, a menších hustěji uspořádaných tlustostěnných buněk, kterým se říká pozdní dřevo. Průměrná šířka letokruhu stromu je funkcí mnoha proměnných včetně druhu stromu, jeho stáří, uložených sacharidů ve stromu, živin v půdě a klimatických faktorů včetně slunečního záření, srážek, teploty, rychlosti větru, vlhkosti a dokonce i dostupnosti oxidu uhličitého v atmosféře. Je zřejmé, že existuje mnoho matoucích faktorů, takže problémem je extrahovat teplotní signál a odlišit teplotní signál od šumu způsobeného mnoha matoucími faktory. Informace o teplotě se obvykle získávají z meziročních změn šířky prstence a z meziročních a vnitroročních změn hustoty. Změny hustoty jsou cenné pro paleoklimatické rekonstrukce teploty, protože mají relativně jednoduchou růstovou funkci, která je u dospělých stromů přibližně lineární s věkem. Empiricky bylo prokázáno, že změny hustoty obsahují silný klimatický teplotní signál. V každém růstovém kruhu se měří dvě hodnoty hustoty: minimální hustota představuje rané dřevo a maximální hustota představuje pozdní dřevo. Maximální hodnoty hustoty jsou silně korelovány s průměrnými teplotami od dubna do srpna u stromů v boreálním lese od Aljašky po Labrador, Schweingruber et al., (1993). Údaje o šířce letokruhů stromů i hustotě se používají v kombinaci k získání maximálního klimatického teplotního signálu.

Klimatický signál je nejsilnější u stromů, které jsou ve stresu. Stromy rostoucí na stanovištích, kde klima neomezuje růst, mají tendenci vytvářet letokruhy rovnoměrné. Stromy, které rostou v blízkosti svého extrémního ekologického areálu, jsou výrazně ovlivněny klimatem. Výkyvy klimatu silně ovlivňují roční přírůstky. Běžně se rozeznávají dva typy stresu, a to stres vlhkostní a teplotní. Stromy rostoucí v semiaridních oblastech jsou omezeny dostupností vody, a tak změny v šířce letokruhů odrážejí tento klimatický signál o vlhkosti. Stromy rostoucí v blízkosti svých ekologických limitů, ať už z hlediska zeměpisné šířky nebo nadmořské výšky, vykazují růstová omezení způsobená teplotou, a proto změny šířky letokruhů u těchto stromů obsahují poměrně silný teplotní signál. Biologické procesy jsou však velmi složité, takže velmi rozdílné kombinace klimatických podmínek mohou způsobit podobné přírůstky šířky letokruhů. Růst stromu a produkce sacharidů stromem v jednom roce předurčí strom k silnému růstu v následujícím roce, takže v časové řadě šířky letokruhů existuje silná autokorelace. Fotosyntetické procesy se urychlují se zvýšenou dostupností oxidu uhličitého v atmosféře, a proto se předpokládá, že růst letokruhů bude také korelovat s atmosférickým oxidem uhličitým; viz Graybill a Idso (1993). Kromě toho se ve spalovacích motorech tvoří oxidy dusíku, které se mohou ukládat jako dusičnany a rovněž přispívají k hnojení rostlinných materiálů. Je zřejmé, že ačkoli v letokruzích stromů existují teplotní signály, jsou tyto signály zmateny mnoha dalšími faktory, včetně vlivu hnojení v důsledku používání fosilních paliv.

Širší letokruhy se často vytvářejí na počátku života stromu. Stromové letokruhy tak často obsahují nízkofrekvenční signál, který nesouvisí s klimatem nebo je přinejmenším zmaten klimatickými vlivy, jako je teplota. Aby bylo možné použít letokruhy stromů jako

teplotního signálu, musí být tato nízkofrekvenční složka odstraněna. To se obvykle provádí nelineárním parametrickým přizpůsobením trendu pomocí polynomu nebo modifikované exponenciální křivky. Protože raná historie letokruhů stromů zaměňuje klimatický signál s nízkofrekvenčním signálem specifickým pro daný exemplář, nejsou letokruhy stromů obvykle účinné pro přesné určení nízkofrekvenčních, dlouhodobých vlivů. Jakmile existuje přiměřená jistota, že signál z letokruhů stromů odráží teplotní signál, a poté se provede kalibrace pomocí odvozených údajů z letokruhů stromů a přístrojových údajů o teplotě. Při tomto odvozování se vychází z předpokladu, že pokud je struktura letokruhů stromů pozorovaná během instrumentovaného období, která je podobná struktuře letokruhů stromů pozorované v minulosti, budou mít obě odpovídajícím způsobem podobné teplotní profily. Jak již bylo uvedeno dříve, mnoho různých souborů klimatických podmínek může vést a vede k podobným profilům letokruhů stromů. Samotná proxy data z letokruhů stromů tedy nejsou dostatečná pro určení klimatických proměnných v minulosti. Viz Bradley (1999), kde je popsán proces přizpůsobení a kalibrace pro rekonstrukci teploty na základě dendrologických dat.

Ledová jádra - nahromaděné sněhové srážky z minulosti v polárních čepičkách a ledových příkrovech poskytují velmi užitečné záznamy pro rekonstrukci paleoklimatu. V této části budeme hovořit o ledových jádrech, i když přísně vzato jde o kombinaci sněhu a ledu. Poněkud stlačený starý sníh se nazývá firn. K přechodu od sněhu přes firn k ledu dochází tak, že váha nadložního materiálu způsobí stlačení sněhových krystalů, jejich deformaci a rekrytalizaci do kompaktnější podoby. Jak se firn pohřbívá pod dalšími sněhovými srážkami, zvyšuje se jeho hustota, protože se stlačují vzduchové prostory v důsledku mechanického nabalování i plastické deformace. Vzájemně propojené vzduchové prostory se pak mohou uzavřít a jevit se jako jednotlivé vzduchové bubliny. V tomto okamžiku se z firnu stává led. Paleoklimatické informace získané z ledových jader se získávají čtyřmi hlavními mechanismy: 1) analýzou stabilních izotopů vody a atmosférického kyslíku; 2) analýzou dalších plynů ve vzduchových bublinách v ledu; 3) analýzou rozpuštěných a pevných látek ve firnu a ledu; a 4) analýzou dalších fyzikálních vlastností, jako je tloušťka firnu a ledu.

Mechanismus, kterým stabilní izotopy kyslíku a vodíku přenášejí teplotní signál, je následující. Atom kyslíku může existovat ve třech stabilních formách s atomovou hmotností 16, 17 nebo 18. Kyslík s atomovou hmotností 16 tvoří 99,76 % všech atomů kyslíku. Podobně vodík může existovat ve dvou stabilních formách s atomovou hmotností 1 nebo 2, přičemž druhá z nich se nazývá deuterium. Vodík s atomovou hmotností 2 tvoří 99,984 % všech vodíků. Molekuly vody tedy mohou existovat v několika těžkých formách ve srovnání s normální vodou, která se skládá ze dvou atomů vodíku s atomovou hmotností 1 a jednoho atomu kyslíku s atomovou hmotností 16. Tlak par normální vody je vyšší než u těžších forem vody, přičemž výsledkem vypařování je pára, která je relativně chudá na těžší formy vody. Naopak zbývající voda bude obohacena o vodu obsahující těžší izotopy. Když dojde ke kondenzaci, nižší tlak par vody obsahující těžší izotopy způsobí, že tato voda kondenzuje rychleji než normální voda. Čím větší je pokles teploty, tím více dochází ke kondenzaci; vodní pára tedy bude vykazovat menší koncentraci těžkých izotopů ve srovnání s původní (mořskou) vodou. Relativní koncentrace izotopů v kondenzátu tak bude přímým ukazatelem teploty, při které došlo ke kondenzaci.

Kromě relativních poměrů těžkých a lehkých izotopů poskytují zachycené bubliny v ledových jádrech záznam o koncentracích stopových plynů v atmosféře, včetně skleníkových plynů, jako je oxid uhličitý, metan a oxid dusný. Kromě toho ledová jádra obsahují záznamy o obsahu aerosolů a prachu, které jsou výsledkem sopečných erupcí a dalších změn obsahu částic v atmosféře. Relativní koncentrace skleníkových plynů v atmosféře a obsah aerosolů a pevných částic ve spojení s dalšími informacemi o klimatu umožňují nahlédnout do významu těchto faktorů jako činitelů ovlivňujících teplotu a také do toho, jak se tyto faktory mohou propojit ve smyslu pozitivní nebo negativní zpětné vazby.

Koráli - Termín "korál" označuje biologický řád *Scleractinia*, který má tvrdou kostru na bázi vápníku, jež podpírá měkčí tkáň. Důležitou podskupinou pro paleoklimatické studie jsou koráli budující útesy, u nichž korálový polyp žije v symbióze s jednobuněčnými řasami. Tyto řasy produkují sacharidy pomocí fotosyntézy a jsou ovlivňovány hloubkou vody, jejím zákalem a oblačností. Velká část sacharidů se rozptýlí od řas a poskytuje potravu korálovému polypu, který zase poskytuje ochranné prostředí řasám. Koráli budující útesy jsou silně ovlivněni teplotou a s poklesem teploty klesá rychlost kalcifikace, přičemž nižší teplota může předznamenat zánik kolonie. Rychlost růstu korálů se v průběhu roku mění a lze ji rozřezat a rentgenovat, aby se odhalily pásy s vysokou a nízkou hustotou. Vrstvy s vysokou hustotou se vytvářejí v době vyšších teplot na povrchu moře. Na rozdíl od letokruhů stromů lze tedy údaje o korálech kalibrovat k odhadu teploty (mořské) hladiny.

2.2 Základní informace o hlavních

komponentách Hlavní komponenty

Analýza hlavních komponent (PCA) je metoda, která umožňuje zmenšit rozměr velkorozměrného souboru dat při zachování většiny informací v těchto datech. Dimenzí se zde rozumí počet různých proměnných (zástupných veličin). V kontextu paleoklimatologie jsou proxy proměnné vysokorozměrným souborem dat sestávajícím z několika časových řad, které mají nést teplotní signál. Soubor proxy dat bude obecně obsahovat velký počet vzájemně souvisejících nebo korelovaných proměnných. Analýza hlavních komponent se snaží snížit dimenzionalitu tohoto souboru dat a zároveň se snaží co nejvíce vysvětlit přítomnou variabilitu. Za tímto účelem se původní soubor proměnných transformuje na nový soubor proměnných, nazývaný hlavní komponenty (PC), které jsou nekorelované a uspořádané v pořadí klesajícího "vysvětleného rozptylu". Doufá se, že prvních několik PC vysvětlí většinu variability, která byla přítomna v mnoha původních proměnných. Myšlenka spočívá v tom, že pokud je většina variability vysvětlena prvními několika hlavními komponentami, pak mohou být zbývající hlavní komponenty pro všechny praktické účely ignorovány a dimenze souboru dat je efektivně redukována.

Šum, bílá a červená

Ve smyslu statistického zpracování signálů je šum definován jako neznámé vnější faktory nebo fluktuace v signálech. Šum se obvykle modeluje jako tzv. náhodné inovace,

náhodný, což znamená nepředvídatelný. Signály, které nás zajímají, mohou být skutečné zvukové signály, signály v elektromagnetickém spektru nebo známá funkce, ke které byl přidán jednoduchý statistický šum. V kontextu paleoklimatologie je šum nepředvídatelná část klimatického signálu způsobená náhodnými změnami faktorů souvisejících s růstem letokruhů stromů, vývojem ledových jader nebo růstem korálů. O šumu se často uvažuje ve smyslu periodických změn. Existuje mnoho typů šumu s různou frekvencí, z nichž každý je klasifikován barvou. Názvy barev pro tyto různé typy šumů jsou odvozeny z analogie mezi spektrem frekvencí a ekvivalentním spektrem frekvencí světelných vln. To znamená, že kdyby se vzor "modrého šumu" převedl na světelné vlny, výsledné světlo by bylo modré.

Bílý šum má stejnou hustotu výkonu v celém frekvenčním spektru, to znamená, že má konstantní energii na všech frekvencích. Při grafickém znázornění má bílý šum plochou výkonovou spektrální hustotu. V praktickém příkladu se bílý šum používá pro označení toho stálého, až uklidňujícího zvuku, který vzniká při naladění nepoužívané frekvence rádia nebo televize. Bílý šum má stejné množství energie *na frekvenční pásmo* na rozdíl od růžového šumu, který má stejné množství energie na oktávu. Růžový šum má frekvenční spektrum, které je v logaritmickém prostoru ploché. Hustota výkonu růžového šumu ve srovnání s bílým šumem klesá o 3 dB (decibely) na oktávu. Říká se, že růžový šum je pro lidské ucho nejkřidnější zvukem. Růžový šum má stejné frekvenční rozložení jako padající déšť.

Červený šum je podobný růžovému šumu, ale má relativně více energie na nižších frekvencích než růžový šum. Červený šum má hustotu výkonu, která s rostoucí frekvencí klesá o 6 dB na oktávu. Červený šum byl samozřejmě pojmenován podle souvislosti s červeným světlem, které se nachází na dolním konci spektra viditelného světla. Matematicky řečeno, integrací bílého šumu vzniká červený šum. Červený šum v kontextu paleoklimatologie vychází ze skutečnosti, že letokruhy stromů mají meziroční korelaci, to znamená, že pokud strom v daném roce dobře roste, ukládá si sacharidy a má tendenci mít dobrý růst i v následujícím roce. Červený šum v paleoklimatologickém kontextu je modelován autoregresním modelem prvního řádu.

Autoregresní modely, modely klouzavých průměrů a modely ARMA

Autoregresní modely, modely klouzavých průměrů a modely ARMA jsou statistické modely časových řad. Autoregresní model řádu p znamená, že současná hodnota časové řady závisí pouze na p posledních minulých hodnotách časové řady. Tato závislost se považuje za lineární. Je-li $p = 1$, pak říkáme, že proces je autoregresním procesem prvního řádu, jak je uvedeno u modelu červeného šumu výše. Proces klouzavého průměru řádu q je vytvořen váženým průměrem q nekorelovaných členů bílého šumu, tj. členů s nulovou střední hodnotou a konstantním rozptylem. Klouzavý průměr znamená, že příští hodnota procesu klouzavého průměru vyřadí nejstarší člen z průměru a přidá nový člen. K modelování časových řad dat se používají také autoregresní modely klouzavých průměrů (ARMA), někdy nazývané Boxovy-Jenkinsovy modely. Tyto modely slouží k pochopení a předpovědi budoucích hodnot v řadě. Model ARMA má dvě části, autoregresní (AR) část a část klouzavého průměru (MA).

Gaussovský šum a procesy s dlouhou pamětí

Ačkoli jsme nespécifikovali pravděpodobnostní rozdělení náhodných inovací, často se stává, že pro modelování šumu nebo toho, co jsme nazvali náhodnými inovacemi, je vhodné normální nebo Gaussovo rozdělení pravděpodobnosti. Za základní model paleoklimatologie se považuje trend s překrytým bílým nebo červeným šumem obvykle s Gaussovým rozdělením. Předpoklad Gaussova rozdělení je z matematického hlediska vhodný. Náhodné (nebo stochastické) procesy, jejichž autokorelační funkce, rozkládající se jako mocninný zákon, se sčítá do nekonečna, jsou známy jako dlouhé korelace nebo dlouhé závislé procesy. Protože rozpad je pomalý, na rozdíl od exponenciálního rozpadu, říká se, že tyto procesy mají dlouhou paměť. Mezi aplikace, které vykazují závislost na dlouhém dosahu, patří provoz v síti Ethernet, finanční časové řady, geofyzikální časové řady, jako je změna teploty, a změny amplitudy a frekvence v signálech EEG. Frakční Brownův pohyb je soběpodobný Gaussov proces s dlouhou pamětí. Modely Box-Jenkins ARMA popsané v předchozí části jsou všechny procesy s krátkodobou pamětí.

Ve skutečnosti nejsou teplotní záznamy, a tedy ani údaje odvozené z proxy, přesně modelovány trendem s překryvným šumem, který je buď červený, nebo bílý. Existují složité mechanismy zpětné vazby a nelineární efekty, které téměř jistě nelze podrobně modelovat jednoduchým trendem plus šumem. Zdá se, že tyto základní struktury procesů nebyly v literatuře věnované rekonstrukci teploty paleoklimatu vážně zkoumány. Cohn a Lin (2005) uvádějí, že většinu přírodních časových řad, v jejich případě hydrologických časových řad, by bylo možné přesněji modelovat pomocí procesu s dlouhou pamětí. Procesy s dlouhou pamětí jsou stacionární procesy, ale odpovídající časové řady se často vzdalují od stacionární střední hodnoty, a proto napodobují trendy, jako je například vnímaný jev hokejky.

Jedním z typů takových procesů s dlouhou pamětí je proces řízený zlomkovým Gaussovým šumem (zlomkový Brownův pohyb). Objekt se soběpodobností je přesně nebo přibližně podobný části sebe sama. Například mnoho pobřežních linií v reálném světě je soběpodobných, protože jejich části vykazují stejné vlastnosti v mnoha měřítkách. Samopodobnost je společnou vlastností mnoha fraktálů, stejně jako je tomu v případě frakčního Brownova pohybu. Nezdá se, že by byla vyvinuta seriózní snaha modelovat i současný instrumentální teplotní záznam pomocí sofistikovaných procesních modelů.

2.3 Základní informace o sociálních

sítích Sítě, vztahy a struktura

Sociální síť je matematická struktura tvořená uzly, které obvykle představují jednotlivce nebo organizace. Graf sítě znázorňuje, jak jsou uzly propojeny. Analýza sociálních sítí (nazývaná také *teorie sítí*) se stala klíčovou technikou a předmětem studia v moderní sociologii, antropologii, sociální psychologii a teorii organizace. Výzkum ukázal, že sociální sítě, které fungují na mnoha úrovních, od rodin až po úroveň národů, hrají rozhodující roli při určování

způsob, jakým se řeší problémy, jak se řídí organizace a do jaké míry se jednotlivcům daří dosahovat svých cílů. Tvar sociální sítě pomáhá určovat užitečnost sítě pro její jednotlivce. Menší, těsnější sítě mohou být pro své členy méně užitečné než sítě s mnoha volnými vazbami (slabými vazbami) na jednotlivce mimo hlavní síť. "Otevřenější" sítě s mnoha slabými vazbami a sociálními vazbami mají větší šanci přinést svým členům nové nápady a příležitosti než uzavřené sítě s mnoha nadbytečnými vazbami. Jinými slovy, skupina přátel, kteří dělají věci jen mezi sebou, již sdílí stejné znalosti a příležitosti. Přesto je pravděpodobné, že skupina osob s vazbami na jiné sociální světy bude mít přístup k širšímu spektru informací. Pro úspěch jednotlivce je lepší mít vazby na různé sítě než mnoho vazeb v rámci jedné sítě. Stejně tak mohou jednotlivci uplatňovat vliv nebo působit jako zprostředkovatelé v rámci svých sociálních sítí tím, že propojí dvě sítě, které nejsou přímo propojeny (tzv. vyplnění sociálních děr).

Sítě fungují všude, kde dochází k výměně energie a informací: mezi neurony a buňkami, počítači a lidmi, geny a proteiny, atomy a lidmi a lidmi. Sociální teorie jsou postaveny na více než jen na metaforách. Analýza sociálních sítí předpokládá, že mezilidské vazby mají význam, ať už existují mezi jednotlivci, organizacemi nebo zeměmi. Na mezilidských vazbách záleží, protože jsou kanálem pro přenos informací, zboží, chování a postojů. Vazby a spojení tvoří sítě, které lze analyzovat. Hlavním cílem analýzy sociálních sítí je odhalení a interpretace vzorců sociálních vazeb mezi lidmi, národy nebo organizacemi zapojenými do sociálních vztahů.

Základem síťové analýzy je několik klíčových pojmů. Tyto pojmy si nastíníme dále a poté definujeme sociální síť.

Herec: Analýza sociálních sítí se zabývá pochopením vazeb mezi sociálními subjekty a důsledky těchto vazeb. Sociální subjekty se označují jako aktéři. Aktéři nemusí mít nutně touhu nebo schopnost jednat. Většina aplikací sociálních sítí uvažuje soubor aktérů, kteří jsou všichni stejného typu. Tyto sítě se označují jako sítě s jedním režimem.

Vztahová vazba: Sociální vazby spojují aktéry navzájem. Rozsah a typ sociálních vazeb může být poměrně rozsáhlý. Vazba vytváří spojení mezi dvojicí aktérů. Mezi příklady vazeb patří hodnocení jedné osoby druhou (např. vyjádřené přátelství, sympatie, respekt), předávání materiálních zdrojů (např. obchodní transakce, půjčování nebo vypůjčování věcí), asociace nebo příslušnost (např. společná účast na stejné společenské akci nebo členství ve stejném společenském klubu), interakce v rámci chování (společné rozhovory, posílání zpráv), pohyb mezi místy nebo statky (migrace, sociální nebo fyzická mobilita), fyzické spojení (cesta, řeka, most spojující dva body), formální vztahy, např. autorita, a biologické vztahy, např. příbuzenství nebo původ.

Dyáda: Vazba nebo vztah vytváří vazbu na nejzákladnější úrovni mezi dvojicí aktérů. Vazba je inherentní vlastností dvojice. Mnoho druhů síťové analýzy je

se zabývají pochopením vazeb mezi dvojicemi a vycházejí z dyády jako jednotky analýzy.

Triáda: Analýza podskupiny tří aktérů (triády) a možných vazeb mezi nimi je motivována a podložena teorií rovnováhy. Teorie rovnováhy se ptá, zda je triáda tranzitivní nebo vyvážená. Tranzitivní triáda je charakterizována tranzitivními vztahy, jako např. pokud *má* aktér *i* *rád* aktéra *j* a aktér *j* *má rád* aktéra *k*, pak *má i rád* aktéra *k*. Vyvážená triáda znamená, že pokud se aktéři *i* a *j* mají rádi, pak by *i* a *j* měli mít podobná hodnocení třetího aktéra, zatímco pokud se nemají rádi, pak se očekává, že se budou ve svých hodnoceních lišit.

Podskupina: Dyády jsou dvojice aktérů a přidružených vazeb, triády jsou trojice aktérů a přidružených vazeb. Podskupinu aktérů můžeme definovat jako libovolnou podmnožinu mezi aktéry s přidruženými vazbami. Lokalizace a studium těchto podskupin pomocí specifických kritérií je jedním z hlavních cílů analýzy sociálních sítí.

Skupina: Síťová analýza se nezabývá pouze soubory dyád, triád nebo podskupin. Analýza sociálních sítí má schopnost modelovat vztahy mezi systémy aktérů. Skupina je soubor aktérů, na němž se měří vazby.

Vztah: Soubor vazeb určitého druhu mezi členy skupiny se nazývá vztah, například soubor přátelství mezi dvojicemi dětí ve třídě nebo soubor formálních diplomatických vazeb udržovaných dvojicemi národů ve světě. Relace označuje soubor vazeb určitého druhu měřených na dvojicích aktérů ze specifikované množiny aktérů.

Sociální síť: Nyní jsme schopni definovat sociální síť. Sociální síť se skládá z konečné množiny nebo množin aktérů a vztahu nebo vztahů definovaných na nich. Přítomnost vztahových informací je významným rysem sociální sítě.

Výpočetní aspekty analýzy sociálních sítí

Hlavním cílem analýzy sociálních sítí je odhalení a interpretace vzorců sociálních vazeb mezi aktéry. Analýzu sociálních sítí lze považovat za rozšíření nebo zobecnění standardních technik analýzy dat a aplikované statistiky, které se zaměřují na pozorované jednotky a jejich charakteristiky. Komplexní soubory síťových dat mohou obsahovat informace o charakteristikách aktérů (např. pohlaví lidí ve skupině nebo HNP národů světa) i strukturální proměnné. Síťové problémy přirozeně vedou ke vzniku grafů. Strukturální a kompoziční proměnné nezbytné pro analýzu sociálních sítí často vedou ke komplikovaným datovým souborům, které je třeba modelovat pomocí sofistikovaných teoretických, algebraických a statistických metod teorie grafů. Základní matematické rámce používané k vytváření modelů sociálních sítí se nazývají grafy. Graf je diskrétní struktura sestávající z vrcholů (uzlů) a hran (vazeb), kde vrcholy odpovídají objektům a hrany vztahům modelované struktury.

Sít' se skládá z grafu a dalších informací o vrcholech nebo liniích grafů. Jména lidí nebo firem či zemí představují další informace na vrcholech. Hodnoty linií jsou čísla pro oblouky a hrany, která udávají sílu vztahů mezi aktéry. Tato flexibilní definice umožňuje modelovat širokou škálu empirických jevů jako sítě.

Vlastnosti vrcholů se používají k nalezení a interpretaci vzorců vazeb v síti. Sociální sítě jsou často komplikované a mohou být rozsáhlé. Rozdělení se používají ke zmenšení sítě tak, aby bylo možné studovat různé aspekty.

- Rozdělení - Rozdělení sítě je klasifikace nebo seskupení vrcholů v síti tak, že každý vrchol je přiřazen přesně k jedné třídě nebo shluku. Rozdělení mohou specifikovat nějakou vlastnost, která závisí na attributech vrcholů. Rozdělení rozdělují vrcholy sítě na několik vzájemně se vylučujících podmnožin. To znamená, že rozdělení rozděluje síť na části. Můžeme vytvořit lokální zobrazení definované vybranou třídou vrcholů, které se skládá ze všech strukturálních vazeb mezi uzly ve vybrané třídě vrcholů. Rozdělení se někdy také nazývají bloky nebo blokové modely. Ty jsou v podstatě způsobem, jak seskupit aktéry do skupin, které se chovají podobně.
- Věrnost - Věrnost měří podporu, kterou aktér poskytuje struktuře svého bloku. Aktér podporuje svůj blok tím, že má vnitřní hrany bloku. Měřítkem je celkový počet hran, které má aktér uvnitř svého bloku. Aktér podporuje svůj blok tím, že nemá vnější hrany z bloku do jiných aktérů nebo bloků. Měřítkem je celkový počet možných vnějších hran minus celkový počet existujících vnějších hran. Věrnost bloku je váženým součtem míry vnitřní věrnosti a míry vnější věrnosti. Celková loajalita sociální sítě je součtem loajalit jednotlivých bloků. Pokud je celková loajalita kladná, bylo provedeno dobré rozdělení. Rozdělování pokračuje rekurzivně, dokud nové rozdělení již nepřispívá ke kladné věrnosti.
- Globální pohled - můžeme chtít globální pohled na síť, který nám umožní studovat vztahy mezi třídami.
- Soudržnost - solidarita, sdílené normy, identita, kolektivní chování a sociální soudržnost se považují za důsledek sociálních vztahů. Prvním zájmem sociální analýzy je zkoumat, kdo je příbuzný a kdo ne. Obecná hypotéza předpokládá, že lidé, kteří se shodují v sociálních charakteristikách, budou častěji komunikovat a lidé, kteří pravidelně komunikují, budou podporovat společný postoj nebo identitu. Sociální sítě obvykle obsahují husté skupiny lidí, kteří drží pohromadě. Říká se jim soudržné podskupiny a zúčastněné osoby obvykle spojuje více než interakce. Lidé, kteří spolu intenzivně interagují, se pravděpodobně budou považovat za sociální skupinu. Tento jev je znám jako homofilie: "Ptáci jednoho druhu se slétají". Existuje několik technik, které odhalují soudržné podskupiny v sociálních sítích. Všechny tyto techniky jsou založeny na způsobech, jakými se

jejichž vrcholy jsou vzájemně propojeny. Tyto techniky se používají ke zkoumání toho, zda soudržná skupina představuje nově vznikající, nebo zavedenou sociální skupinu. Sociální soudržnost se používá k popisu strukturálních konceptů hustoty a propojenosti. Hustota se týká počtu vazeb mezi vrcholy. Síť je silně propojená, pokud obsahuje cesty mezi všemi svými vrcholy, a slabě propojená, pokud všechny její vrcholy spojují polopřímky. Propojené sítě a sítě s vysokým průměrným stupněm jsou považovány za soudržnější. Existuje několik technik pro detekci soudržných podskupin na základě hustoty a propojenosti.

- Členství v organizaci nebo účast na akci je zdrojem sociálních vazeb. Afiliace je vztah mezi lidmi a organizací. Afiliace jsou často institucionální nebo strukturální a mají tendenci být méně osobní, protože jsou výsledkem soukromých rozhodnutí v menší míře než city a přátelství.
- Zprostředkování - společenské vztahy lze považovat za kanály, které přenášejí informace, služby nebo zboží mezi lidmi nebo organizacemi. Z ptáčí perspektivy pomáhá sociální struktura vysvětlit, jak se v rámci sociálního systému šíří informace, zboží nebo dokonce postoje a chování. Analýza sítí odhaluje sociální strukturu a pomáhá sledovat cesty, kterými se zboží a informace mohou ubírat. Některé sociální struktury umožňují rychlé šíření informací, zatímco jiné obsahují úseky, které jsou obtížně dosažitelné. Můžeme se také zaměřit na postavení konkrétních osob nebo organizací v rámci sítě. Obecně platí, že být dobře propojen je výhodné. Kontakty jsou nezbytné pro přístup k informacím a pomoci. Počet a intenzita vazeb člověka se nazývá jeho sociabilita nebo sociální kapitál. Je známo, že v západních společnostech sociální kapitál pozitivně koreluje s věkem a vzděláním. Někteří lidé zaujímají v systému kanálů ústřední nebo strategické pozice a jsou pro proces přenosu rozhodující. Některé pozice mohou na své obyvatele vyvíjet tlak, ale také přináší moc a zisk. Směr vazeb není ve strukturách sociálních sítí, které zachycují výměnu informací, příliš důležitý.
- Centralita - Jedná se o jeden z nejstarších konceptů síťové analýzy. Většina sociálních sítí obsahuje osoby nebo organizace, které mají centrální postavení. Díky svému postavení mají lepší přístup k informacím a lepší možnost informace šířit. Tento přístup je známý jako egocentrický přístup k centralitě. Ze sociocentrického hlediska je síť centralizovaná. Pojem centralita se vztahuje k postavení jednotlivých vrcholů v síti, zatímco centralizace se používá k charakteristice celé sítě. Síť je vysoce centralizovaná, pokud existuje jasná hranice mezi centrem a periferií. Ve vysoce centralizované síti se informace snadno šíří, ale centrum je pro přenos informací nepostradatelné.

Existuje několik způsobů měření centrality vrcholů a centralizace sítí. Koncepty centrality vrcholů a centralizace sítí jsou nejlépe

chápeme na základě neorientovaných komunikačních sítí. Pokud jsou sociální vztahy kanály, které přenášejí informace mezi lidmi, jsou ústředními osobami ti lidé, kteří mají přístup k informacím cirkulujícím v síti nebo kteří mohou cirkulaci informací kontrolovat.

Dostupnost informací souvisí s pojmem vzdálenost. Pokud jste blíže ostatním lidem v síti, cesty, které musí informace urazit, aby se k vám dostaly, jsou kratší, takže je pro vás snazší informace získat. Pokud bereme v úvahu pouze přímé sousedy, je počet sousedů (stupeň vrcholu v jednoduché neorientované síti) jednoduchou mírou centrality. Pokud chceme zohlednit i další nepřímé kontakty, použijeme centralitu blízkosti, která měří naši vzdálenost ke všem ostatním vrcholům v síti. Centralita blízkosti vrcholu je vyšší, pokud je celková vzdálenost ke všem ostatním vrcholům kratší.

Důležitost vrcholu pro oběh informací zachycuje koncept betweenness centrality. Z tohoto pohledu je osoba centrální, pokud je článkem ve více informačních řetězcích mezi ostatními osobami v síti. Vysoká betweenness centralita naznačuje, že osoba je důležitým prostředníkem v komunikační síti. Informační řetězce jsou reprezentovány geodetikami a betweenness centralita vrcholu je jednoduše podíl geodetik mezi ostatními dvojicemi vrcholů, které tento vrchol zahrnují. Centralizace sítě je vyšší, pokud obsahuje velmi centrální vrcholy i velmi okrajové vrcholy.

3. PŘEHLED LITERATURY O VÝZKUMU GLOBÁLNÍ ZMĚNY KLIMATU

Disertační práce Michaela Manna a související práce

Michael Mann ve své disertační práci z roku 1998 použil instrumentální data a soubory multiproxy dat k pozorování proměnlivosti klimatu v posledních několika staletích. Použil také zjednodušený spojený model oceánu a atmosféry k popisu mechanismů, které mohou přispívat k proměnlivosti klimatu. Dr. Mann ve své disertační práci popsal 70 až 100letou oscilaci v klimatickém signálu tvořeném proxy a instrumentálními daty. Poznamenal, že na tomto kolísání klimatu v měřítku jednoho století se podílí kombinace meridionálního převrácení (cirkulace studené vody v oceánu) a gyrové cirkulace.

Po udělení doktorátu pokračoval Dr. Mann spolu se svými kolegy Dr. Bradleyem a Dr. Hughesem ve výzkumu rekonstrukce na základě multiproxy dat v článku *Global-Scale Temperature Patterns and Climate Forcing over the Past Six Centuries* z roku 1998 [MBH98]. V tomto článku se pokouší pomocí PCA najít vlastní základnu (nový souřadnicový systém, kde osy jsou vlastní vektory neboli hlavní komponenty, které představují významné vztahy v datech) pro řadu multiproxy dat za období 1610- 1995. Používá také metodu vícerozměrné regrese k pozorování možných faktorů ovlivňujících oteplování. Dr. Mann používá jako základ pro regresní analýzu lineární vztahy mezi možnými činiteli ovlivňujícími klima (skleníkové plyny, sluneční záření a vulkanické aerosoly) a klimatem v předchozích studiích R. S. Bradleyho a T. J. Crowleyho. Uvádí, že výsledkem je velký nárůst působení skleníkových plynů ve 20.th století. Dále uvádí, že roky 1995 a 1997 byly pravděpodobně nejteplejšími roky od roku 1400 n. l. s 99,7% mírou jistoty.

V roce 1999 Dr. Mann a jeho kolegové doplnili MBH98 o nový článek *Northern Hemisphere Temperatures during the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations* MBH99. V této práci použili podobné metody k rekonstrukci teplot dále do minulosti až do počátku tisíciletí. Ačkoli se nejistoty s každým předchozím rokem rekonstrukce zvětšují, jejich výsledky naznačují, že oteplování ve 20th století působí proti trendu ochlazování v tisíciletém měřítku a že 90. léta 20. století byla s mírnou jistotou pravděpodobně nejteplejším desetiletím v tomto tisíciletí.

McIntyre a McKittrick

Po MBH99 publikovali Stephen McIntyre a Ross McKittrick [MM03] kritiku článku z roku 1998, v níž uvádějí chyby ve výpočtech, neodůvodněné zkrácení nebo extrapolaci zdrojových dat, zastaralá data, chyby v zeměpisné poloze a nesprávný výpočet hlavních komponent. Tvrdili také, že použití metodiky MBH98 a indexu průměrné teploty severní polokoule pro období 1400-1980 ukazuje, že teploty v 15th století převyšovaly teploty z konce 20th století. Zejména tvrdí, že nesprávné použití samotné PCA v MBH98 vedlo ke známému tvaru "hokejky".

V opravě z roku 2004 Mann a kol. na tuto kritiku odpověděli a tvrdili, že zjištění McIntyry a McKittricka je výsledkem vyloučení více než 70 % z 15th století.

proxy data použitá v MBH98. Tvrdí také, že výsledky MM03 neprošly nezávislými křížovými validačními testy. V následných odpovědích MM05a a MM05b poznamenali, že data vyřazená v jejich dřívější kritice MBH98 byla omezena na dvě proxy řady, řadu šířky letokruhů cedrů Gaspe a první hlavní komponentu ze sítě letokruhů severoamerických stromů v MBH98. V případě první hlavní komponenty McIntyre a McKitrick uvedli, že průměr nebyl v analyzovaném období 1400-1980 správně vycentrován. Místo aby odečetli průměr jednotlivých datových řad mezi lety 1400 a 1980, odečetli průměr z let 1902-1980. McIntyre a McKitrick uvádějí, že toto decentrování průměru způsobuje nafouknutí vysvětleného rozptylu některých zástupných údajů, konkrétně zástupných řad, které způsobují tvar hokejky. Následně je tato konkrétní proxy řada vybrána jako hlavní komponenta, což naznačuje, že se jedná o nejvýznamnější korelaci v datech. Pokud jde o řadu letokruhů cedrů Gaspe, McIntyre a McKitrick uvádějí, že Mann 1998 nepoužil archivní data, ale provedl extrapolaci, v níž zkreslil datum počátku řady. Uvádějí také, že tato extrapolace snižuje výsledky z počátku 15.th století. Nakonec poznamenávají, že základní soubor dat do roku 1421 je založen pouze na jednom stromu a do roku 1447 pouze na dvou stromech.

Mannův a Rutherfordův článek z roku 2005 zase reagoval na tuto novou kritiku a uvedl, že McIntyre a McKitrick nepochopili svou metodiku a použili nesprávnou verzi souboru zástupných dat, což je zdrojem rozporu v jejich výsledcích. Tvrdí, že implementace Manna a kol. z roku 1998 počítá PC řady proxy sítě v postupně se prodlužujících intervalech, což umožňuje využít maximální množství dat. Například pokud by existovalo 50 řad proxy a pouze 10 z nich by se datovalo do roku 1400 n. l., pak by výpočet jedné sady PC vyřadil 40 z 50 dostupných řad až do roku 1600 n. l. To by znamenalo, že by bylo nutné počítat s řadami proxy. Použitím dvou různých intervalů, v tomto příkladu 1400-1980 a 1600-1980, lze využít všechny proxy řady. Mann a kol. tvrdí, že právě toto nedorozumění vedlo k eliminaci dat před rokem 1500 n. l. a je také příčinou oteplení v 15th století ve verzi MBH98 McIntyry a McKitricka.

Aby se Mann et al. vypořádali s kritikou extrapolace, ukončili v roce 1971 kalibrační období, v němž doplnili chybějící hodnoty proxy v síti multiproxy PC mezi lety 1971 a 1980. K rekonstrukci přistoupili také pomocí jiné metody, regularizované maximalizace očekávání (REGEM), a dosáhli stejných výsledků. Na základě použití nezávislé metody rekonstrukce klimatického pole (metoda REGEM) a použití jednotlivých proxy místo multiproxy PC reprezentace použité v práci Manna et al. 1998 pak dospěli k závěru, že jejich rekonstrukce je robustní a reprodukovatelná.

Další pozoruhodné práce

Zatímco Mann a spol. se ve své práci zaměřili především na vysokofrekvenční proxy, tedy na proxy, které poskytují údaje o proměnlivosti klimatu v desetiletém nebo dokonce ročním měřítku, Jan Esper a jeho kolegové v článku *Low-Frequency Signals in Long Tree-Ring Chronologies for Reconstructing Past Temperature Variability* zkoumali vliv použití nízkofrekvenčních proxy, které uchovávají údaje o proměnlivosti klimatu ve stoletém měřítku. Esper a kol. tvrdí, že zachování víceleté variability v záznamech z letokruhů stromů je rozhodující pro porovnání teplot ve středověkém období oteplování.

(MWP) a 20th století. Pečlivým výběrem chronologií stromových letokruhů ze čtrnácti lokalit v extratropích severní polokoule (NH) vytvořili Esper et al. rekonstrukci, která zachovala víceleté variace a podpořila velkoplošný výskyt MWP v extratropích NH. Při použití metody standardizace regionální křivky (RCS) pro své chronologie Esper et al. zjistili, že mezi rekonstrukcí Manna et al. 1998 a jejich rekonstrukcí existují významné víceleté rozdíly. Tyto rozdíly lze vysvětlit tím, že analýza Manna et al. zahrnuje data z tropické a subtropické severní polokoule, zatímco Esperova analýza zahrnuje pouze extratropickou oblast.

V článku *Highly Variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data* z roku 2005 se Moberg et al. dále zabývali použitím proxy dat s nízkým rozlišením za účelem zachování víceleté variability v rekonstrukcích klimatu. Konkrétně se zaměřili na jezerní a oceánská sedimentární jádra, která mají zpravidla nižší časové rozlišení, ale poskytují informace o klimatu ve víceletém časovém měřítku, které nemusí být zachyceny údaji z letokruhů stromů. Moberg a kol. rekonstruovali teploty na severní polokouli za posledních 2 000 let kombinací proxy dat s nízkým rozlišením a dat z letokruhů stromů. Jejich rekonstrukce vykazuje větší víceletou variabilitu než většina předchozích multiproxy rekonstrukcí. Jejich rekonstrukce navíc znázornila vysoké teploty, které jsou srovnatelné s teplotami 20th století v období 1000-1100 n. l.. Jejich výsledky také naznačují přirozený trend ve víceleté variabilitě, který bude pravděpodobně pokračovat.

Ve stejném duchu pokračovali i Hans von Storch a kol., kteří ve svém článku *Reconstructing Past Climate from Noisy Data* z roku 2004 použili simulaci spojeného modelu atmosféry a oceánu za posledních 1000 let k testování dovedností empirických rekonstrukcí z minulosti, konkrétně rekonstrukcí Manna a kol. 1998, 1999. Zjistili, že zatímco u předchozích tisíciletých záznamů založených na multiproxy zjistili malé amplitudy výkyvů následované jasným trendem oteplování v posledních dvou stoletích, stoletá variabilita teploty severní polokoule je těmito metodami založenými na regresi podhodnocena. Jejich výsledky také naznačují, že skutečná variabilita mohla být nejméně dvakrát větší než variabilita předpovídaná v těchto minulých studiích. Autoři předpokládají, že tento závěr pravděpodobně platí pro většinu metod analýzy založených na regresi a že jiné metody, které odhadují minulé teploty pomocí fyzikálních (namísto statistických) metod nebo regresních metod, které se zabývají zachováním nízkofrekvenční variability v proxy datech, mohou být této kritiky ušetřeny.

V jiném článku z roku 2005 se Gerd Burger a Ulrich Cubasch zabývají otázkou, zda jsou tyto metody dostatečně statisticky významné, aby z nich bylo možné vyvodit spolehlivé závěry. Burger a Ulrich popisují šedesát čtyři rekonstrukcí klimatu založených na regresi teplotních polí na multiproxy sítích, z nichž každá se vyznačuje alespoň jedním ze šesti standardních kritérií této metody. Kombinací těchto kritérií Burger a Ulrich definují četné varianty tisíciletých historií. Žádné kritérium nedokáže vysvětlit množství variant a žádná konkrétní varianta není platnější než jiná. Dokonce i varianta s nejlepším statistickým snížením chyb je nejbližší variantou od historie klimatu podle Manna et al. 1998. Burger a

Cubasch dospěl k závěru, že regresní model není platný, pokud je aplikován extrapolativním způsobem, jako je tomu při rekonstrukci klimatu.

V článku z roku 2006 *The Spatial Extent of 20th Century Warmth in the Context of the Past 1200 Years* Timothy Osborn a Keith Briffa zkoumají nejvýraznější anomálie v proxy záznamech od roku 1200 našeho letopočtu. Uvádějí, že nejvýznamnější anomálií je geografický rozsah oteplení v polovině až na konci 20.th století. Podrobně popisují také anomálie v letech 890 až 1170 n. l. a 1580 až 1850 n. l., které odpovídají konceptu středověkého období oteplování (MWP), respektive malé doby ledové (LIA). Zjistili však, že při porovnání těchto anomálií s instrumentálními teplotami 20.th století je prostorový nebo geografický rozsah této teplé anomálie mnohem větší než v případě MWP nebo LIA. Jejich studie se skládala ze čtrnácti regionálních proxy záznamů souvisejících s teplotou. Protože není možné provést přímé srovnání proxy záznamů s instrumentálními teplotami, byla analýza proxy dat provedena s každou řadou normalizovanou na období 1856 až 1995, resp. na období, kdy se proxy a instrumentální data překrývají. Ve vztahu k dekádovému časovému měřítku Osborn a Briffa našli podpůrné důkazy pro MWP a LIA, ale jejich geografický dosah se zdál být omezený, protože tyto anomálie byly citlivé na konkrétní proxy záznamy.

Analýza

Přestože práce Michaela Manna a jeho kolegů představuje zřejmě přesvědčivé důkazy o globálních změnách teploty, kritika McIntyra a McKitricka, stejně jako kritika dalších zmíněných autorů, je skutečně oprávněná. Vzhledem k tomu, že chyby a nejistoty spojené s rekonstrukcí klimatu se s každým předchozím rokem zvětšují, není možnost činit určité závěry o klimatu na počátku tisíciletí příliš robustní. Ještě méně robustní je to vzhledem k nemožnosti skutečně vypočítat přesnou nejistotu těchto rekonstrukcí. Práce Espera, Von Storcha a Moberga navíc uvádějí platné argumenty pro zahrnutí nízkofrekvenčních zástupných ukazatelů, jakož i neschopnost PCA účinně měřit odchylky ve víceletém měřítku. Toto úskalí PCA dále komplikuje její tendence ke zneužití během kalibračního procesu, konkrétně decentrace průměru, kterou zmiňují McIntyre a McKitrick.

Samotné články Manna a spol. jsou napsány zmatečně, takže čtenář jen obtížně rozezná skutečnou metodiku a nejistotu, která je s těmito rekonstrukcemi spojena. Nejasné termíny jako "mírná jistota" (Mann et al. 1999) neposkytují čtenáři žádné vodítko, jak takové závěry vážit. Práce sice mají doplňující webové stránky, ale do značné míry se spoléhají na to, že čtenář si z nezpracovaných dat dokáže poskládat práci a metodiku. To je obzvláště znepokojující, když se tvrdí, že závěry těchto prací mají celosvětový dopad, ale jen malá populace by jim mohla skutečně porozumět. Není tedy překvapením, že Mann a spol. tvrdí, že McIntyre a McKitrick jejich práci nepochopili.

Mann a kol. ve svých pracích popisují možné příčiny globální změny klimatu z hlediska atmosférických vlivů, jako jsou antropogenní, vulkanické nebo sluneční vlivy. Dalším sporným aspektem těchto prací je, že u všech forcingů předpokládají lineární vztahy.

klimatické vztahy. Jedná se o značně zjednodušený model pro něco tak složitého, jako je zemské klima, které má pravděpodobně komplikované nelineární cyklické procesy v měřítku několika století, kterým zatím nerozumíme. Mann et al. také vyvozují, že vzhledem k tomu, že existuje částečná pozitivní korelace mezi globálními průměrnými teplotami ve 20.th století a koncentrací CO₂, jsou skleníkové plyny dominantním vnějším faktorem ovlivňujícím klimatický systém. Podobně se vyjadřují i Osborn a Briffa, kteří jen tak mimochodem poznamenávají, že důkazy o oteplování se objevují i v období, kdy jsou koncentrace CO₂ vysoké. Mezi statistiky je běžná fráze, že *korelace neznamena příčinnou souvislost*. Proměnných ovlivňujících zemské klima a atmosféru je s největší pravděpodobností mnoho a vzájemně se ovlivňují. Vyslovování přesvědčivých tvrzení bez konkrétních zjištění týkajících se atmosférických vlivů naznačuje nedostatek vědecké přísnosti a možná i záměr.

Je také zajímavé, že Mannova disertační práce byla zaměřena na 70 až 100letou variabilitu klimatických signálů, avšak jeho budoucí práce podobnou složku neobsahuje. Jeho následné práce se ve velké míře zaměřují na měření letokruhů stromů, která poskytují údaje v desetiletém nebo ročním měřítku. V pozdějších pracích se také nezmiňuje o proměnných oceánské cirkulace, které ve své disertační práci popisuje jako nedílnou součást proměnlivosti klimatu. Pokud je tento typ vlivu přirozenou proměnnou, jeví se závěry o atmosférických vlivech jako neúplné.

Práce iniciovaná Mannem a jeho kolegy je zatím v počátcích, a proto budou další studie, využití širších sítí proxy a vývoj sofistikovanějších klimatických modelů nezbytnými budoucími kroky k rozšíření tohoto výzkumu. Neočekává se ani není pravděpodobné, že by po předběžném výzkumu bylo možné učinit definitivní závěry o zemském klimatu v uplynulém tisíciletí.

4. REKONSTRUKCE A ZKOUMÁNÍ METODIK HLAVNÍCH KOMPONENT.

Mann et al. (2005) identifikují dvě hlavní metody rekonstrukce klimatu, které označují jako metody rekonstrukce klimatu v terénu (CFR)⁵ a metody, které označují jako *jednoduché* metody klimatu plus měřítko (CPS). Metody CFR údajně "asimilují proxy záznamy do rekonstrukce základních vzorců minulých klimatických změn" a mezi práce označené jako používající tyto metody patří MBH 98, Evans et al. (2002), Luterbacher et al. (2002), Rutherford et al. (2005) a Zhang et al. Naproti tomu o metodách CPS se říká, že "skládají řadu proxy řad a výslednou kompozici škálují vůči cílové (např. teplotní) instrumentální řadě na severní polokouli". Příklady prací využívajících metody CPS jsou Jones et al (1998), Crowley a Lowery (2000), Briffa et al (2001), Esper et al (2002), Mann a Jones (2003) a Crowley et al (2003). Ačkoli se jazyk popisující obě tyto metody zdá být poněkud nejasný, zdá se, že metody CFR jsou pouze metodami hlavních komponent, jak je popsáno dříve a v dodatku, a že metody CPS jsou pouze prostým průměrováním klimatických proxy a jejich následným škálováním na skutečné teplotní záznamy.

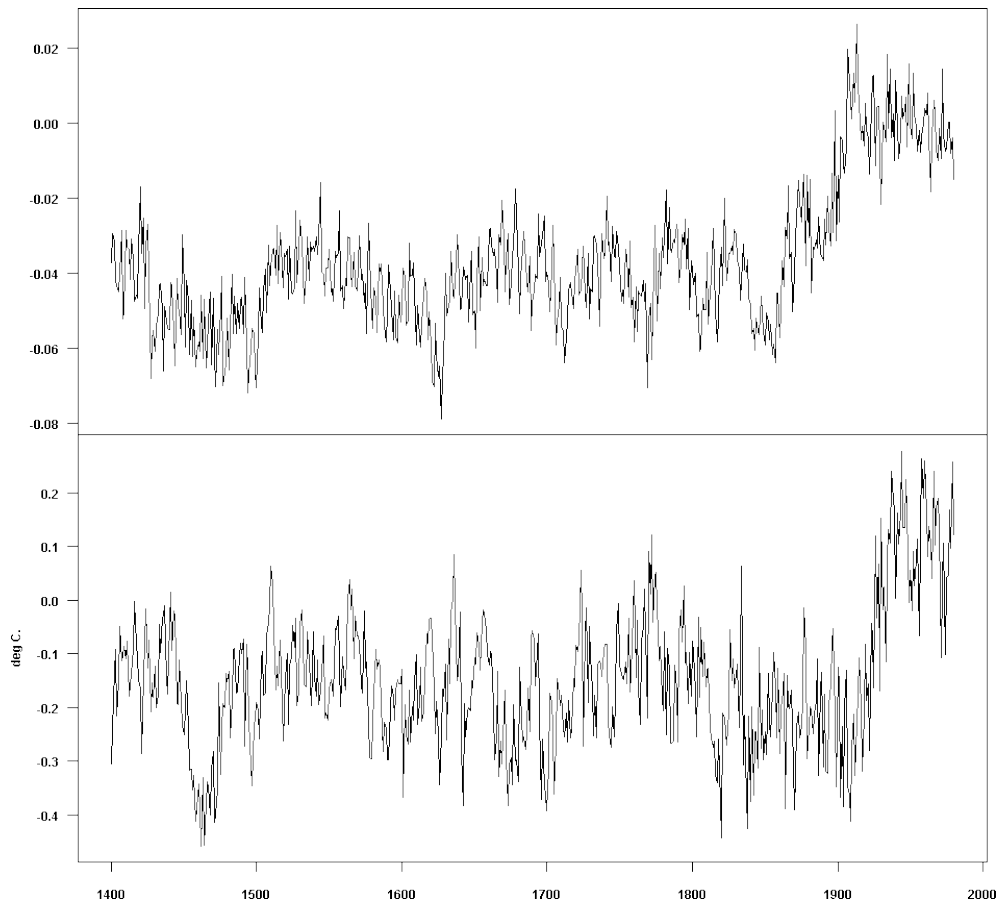
Klíčovou spornou otázkou je metodika CFR použitá v MBH98 a MBH99. Popis práce v MBH98 je jednak poněkud nejasný, jednak, jak poznamenali jiní, neúplný. Podstata diskuse je následující. Metody hlavních komponent jsou obvykle strukturovány tak, že každá z časových řad dat (proxy datové řady) je soustředěna na své příslušné střední hodnoty a vhodně škálována. První hlavní komponenta se snaží objevit složenou řadu, která vysvětluje maximální množství rozptylu. Druhou hlavní komponentou je další složená řada, která není korelovaná s první a která se snaží vysvětlit co největší část zbývajících rozptylu. Třetí, čtvrtá atd. následují podobným způsobem. V MBH98/99 autoři uvádějí jednoduchý, zdánlivě neškodný a poněkud nejasný kalibrační předpoklad. Protože instrumentální teplotní záznamy jsou k dispozici pouze pro omezený časový úsek, používají ke kalibraci soubor proxy dat instrumentální teplotní údaje z let 1902-1995. To by se zdálo rozumné, nebýt skutečnosti, že v tomto období teploty rostly. Takže centrování na toto období má za následek, že průměrná hodnota pro jakoukoli proxy řadu vykazující stejný rostoucí trend je decentrována nízko. Protože zástupné řady vykazující rostoucí trend jsou decentralizované, jejich vypočtená variance bude větší než jejich normální variance při výpočtu na základě centrovaných dat, a proto budou mít tendenci být přednostně vybrány jako první hlavní komponenta. (Ve skutečnosti je tento efekt jasně patrný RPC č. 1 na obrázku 5 v MBH98). Ve skutečnosti tedy bude do první hlavní komponenty přednostně přidána jakákoli zástupná řada, která v kalibračním období vykazuje rostoucí trend.

Pro správné použití metodiky hlavních komponent je rozhodujícím faktorem centrování zástupných řad. Není jasné, zda si Dr. Mann a jeho spolupracovníci vůbec uvědomili, že

⁵Metody CFR jsou v podstatě metodikou, která byla použita v MBH98 a MBH99. Metody v MBH98 a MBH99 však nebyly formálně nazývány metodami CFR, výraz rekonstrukce klimatického pole se objevil až později.

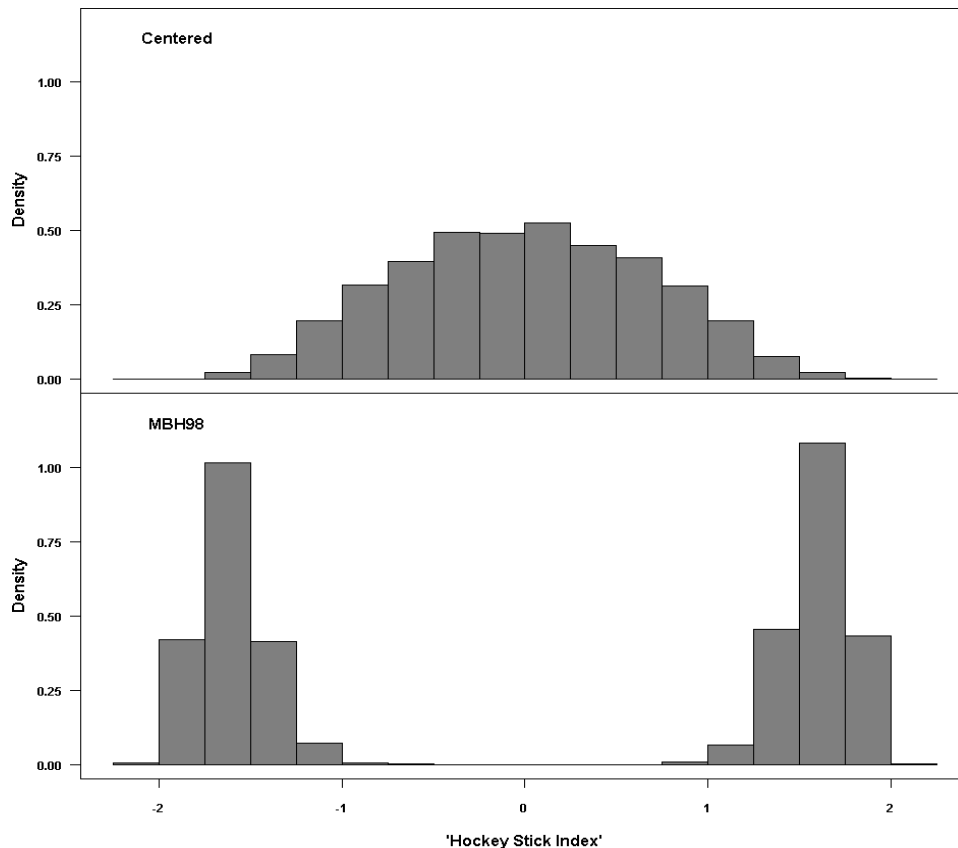
jejich metodika byla v době psaní článku MBH chybná. Čistým efektem decentrace je přednostní výběr tvarů tzv. hokejky. Tato chyba by sice nebyla tak kritická, kdyby byl článek přehlédnut, jako je tomu u mnoha akademických prací, ale skutečnost, že jejich článek vyhovoval některým politickým programům, značně zvýšila jeho viditelnost. Konkrétně globální oteplování a jeho potenciálně negativní důsledky byly hlavním zájmem vlád i jednotlivců. Grafická rekonstrukce teploty "hokejka" dramaticky ilustrovala problematiku globálního oteplování a byla přijata IPCC a mnoha vládami jako grafický plakát. Významnost této grafiky spolu se skutečností, že je založena na nesprávném použití PCA, staví Dr. Manna a jeho spoluautory do obtížné situace, kdy si zachraňují tvář. Navštívili jsme webové stránky Virginské univerzity Michaela Manna a stáhli si tam materiály. Bohužel jsme nenašli odpovídající materiály, které by umožnily reprodukci materiálů MBH98.

Podářilo se nám reprodukovat výsledky McIntyra a McKitricka (2005b). Zatímco zpočátku byl McIntyrův kód specifický pro souborovou strukturu jeho počítače, s jeho pomocí jsme byli schopni spustit kód na našich vlastních počítačích a reprodukovat a rozšířit některé jeho výsledky. Na obrázku 4.1 je v horním panelu zobrazen PC1 simulovaný pomocí metodiky MBH98 ze stacionárního beztrendového červeného šumu. Spodní panel zobrazuje rekonstrukci teplotního indexu severní polokoule podle metodiky MBH98.



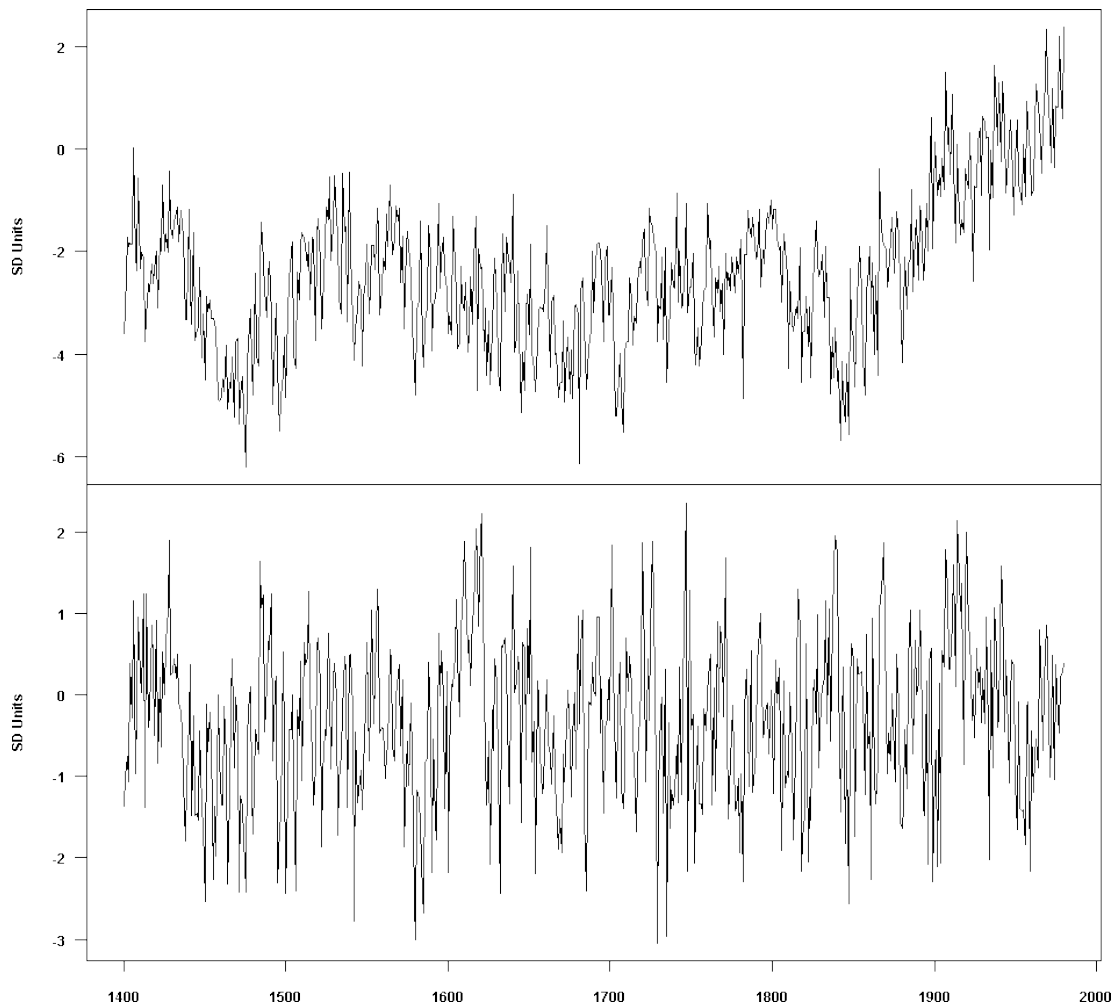
Obrázek 4.1: Obrázek 4.1: Reprodukovaná verze obrázku 1 v McIntyre a McKittrick (2005b). Na horním panelu je PC1 simulovaný pomocí metodiky MBH 98 ze stacionárního červeného šumu bez trendu. Spodní panel je rekonstrukce teplotního indexu severní polokoule podle MBH98.

Diskuse: Podobnost tvarů je zřejmá. Jak již bylo zmíněno, červený šum vykazuje korelační strukturu, která, ačkoli se jedná o stacionární proces, se při menších pobytech odchyluje od nulové střední hodnoty. Horní panel však jasně vykazuje chování hokejky vyvolané metodikou MBH98.



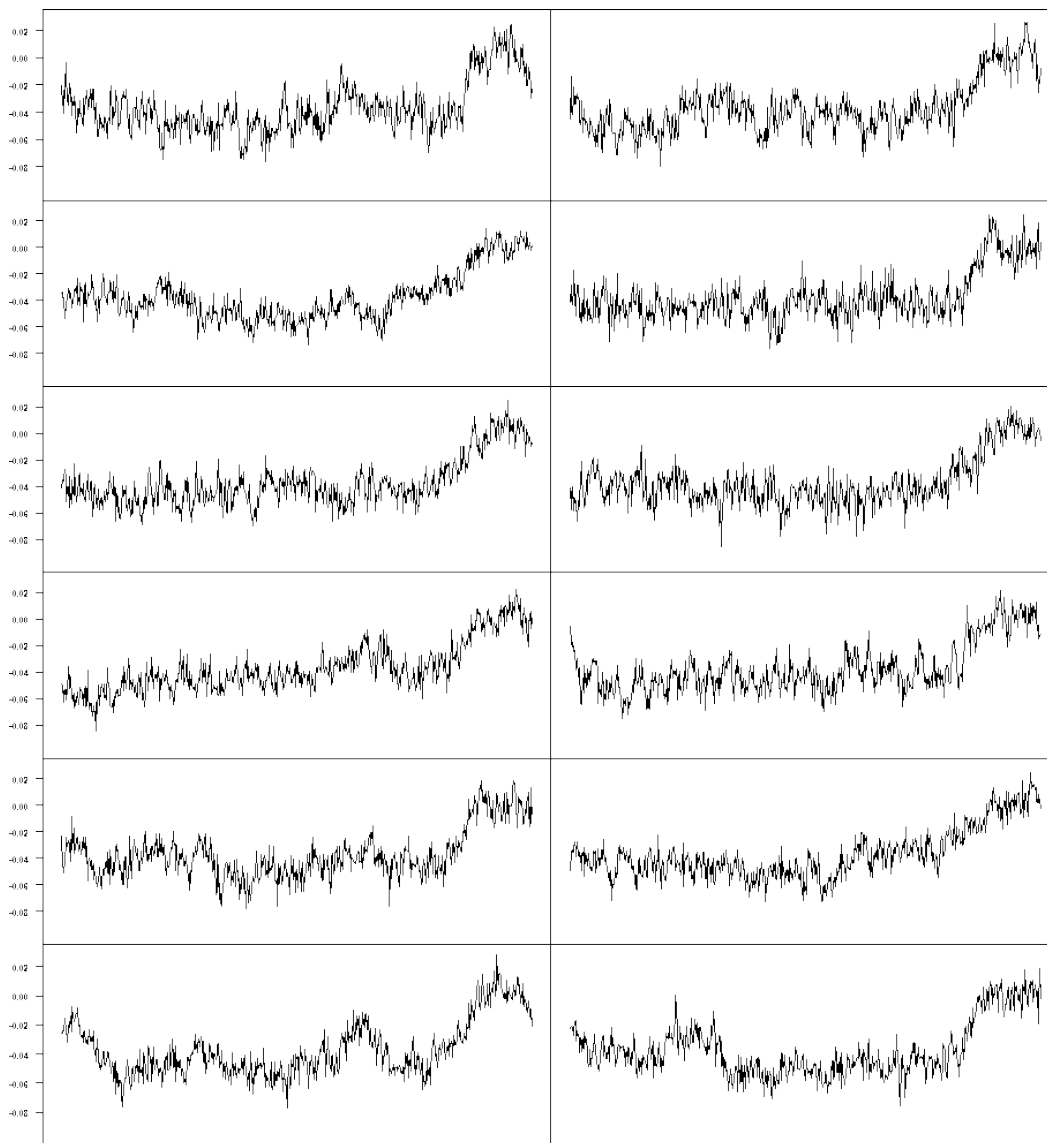
Obrázek 4.2: Jedná se o náš přepočítání obrázku 2 v McIntyre a McKittrick (2005b). Na spodním panelu je to, co MM05b nazývá "index hokejky" pro PC1s. Histogram ukazuje pro 10 000 simulovaných PC1 rozdílů mezi průměrem 1902-1980 a průměrem 1400-1980 vyděleného směrodatnou odchylkou 1400-1980 při použití transformace dat MBH98. Horní histogram vychází z výpočtu centrované PCA.

Diskuse: Obrázek 4.2 je naším přepočítáním obrázku 2 v McIntyre a McKittrick (2005b). Spodní panel je to, co MM05b nazývá "index hokejky" pro PC1s. Histogram ukazuje pro 10 000 simulovaných PC1 rozdílů mezi průměrem 1902-1980 a průměrem 1400-1980 vyděleného směrodatnou odchylkou 1400-1980 při použití transformace dat MBH98. Horní histogram vychází z výpočtu centrované PCA. Ačkoli náš výsledek není totožný s obrázkem 2 v MM05b, reprodukuje základní rysy MM05b. Zejména metodika MBH98 (a navazující studie, které metodiku MBH98 používají) vykazují výraznou preferenci tvarů "hokejky". Záporné hodnoty mezi -2 a -1 naznačují, že průměr 1902-1980 je nižší, a proto je čepel hokejky obrácena dolů, zatímco kladné hodnoty mezi 1 a 2 ve spodním panelu naznačují, že čepel hokejky je obrácena nahoru.



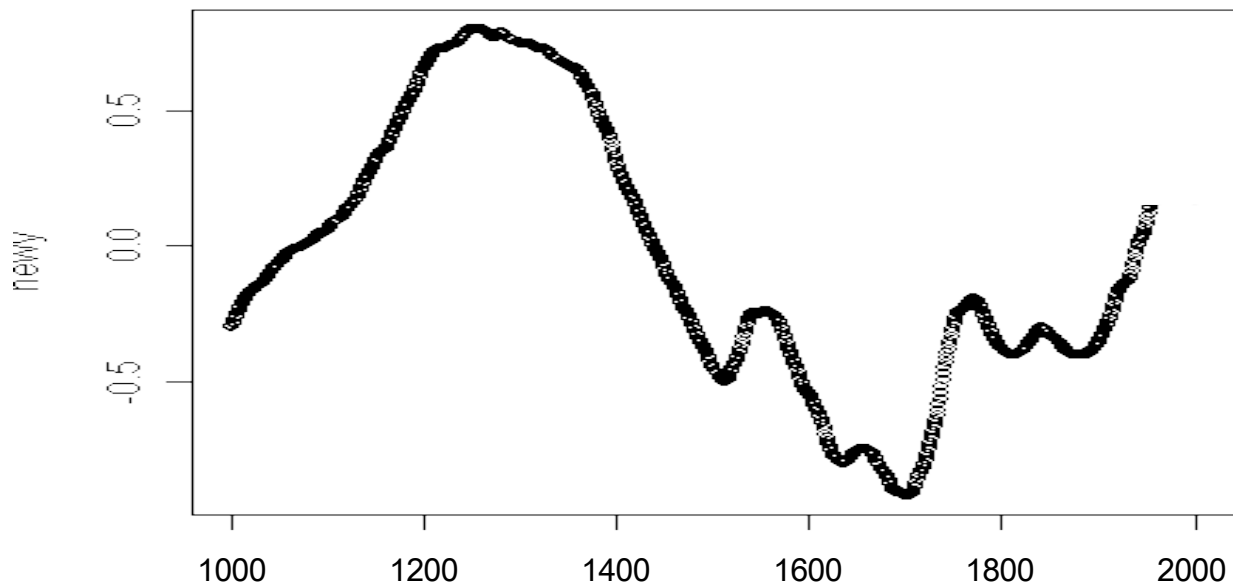
Obrázek 4.3: Jedná se o přepočtení obrázku 3 z MM05b. Severoamerická stromová síť PC1 je proxy, která se výrazně objevuje v MBH98. Jedná se o rekonstrukci PCA řady proxy stromových letokruhů podle metodiky MBH98. Na horním panelu je rekonstrukce PCA s použitím transformace dat MBH98. Spodní panel je rekonstrukce pomocí metodiky PCA se středem.

Diskuse: Kromě tvaru hokejky v horním panelu stojí za povšimnutí, že spodní panel vykazuje podstatně větší variabilitu. Jak bylo uvedeno v předchozích diskusích, PCA se snaží identifikovat největšího přispěvatele k rozptylu. Ve své podstatě se nejedná o vyhlazovací mechanismus. Posunutí střední hodnoty MBH98 vytváří "uměle velkou odchylku" od požadované nulové střední hodnoty.



Obrázek 4.4: Jedna z nejpřesvědčivějších ilustrací, kterou McIntyre a McKittrick vytvořili, vznikla vložením červeného šumu [AR(1) s parametrem = 0,2] do algoritmu MBH. Proces AR(1) je stacionární proces, což znamená, že by neměl vykazovat žádný dlouhodobý trend. Algoritmus MBH98 zjistil trend "hokejky" v každé z nezávislých replikací.

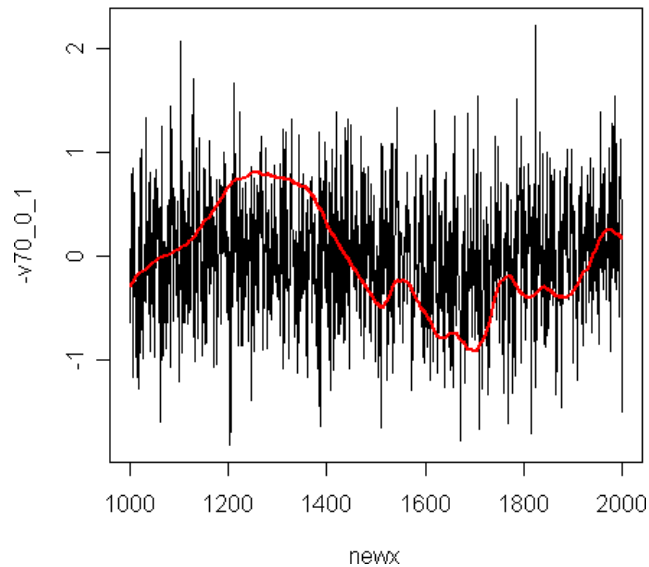
Diskuse: Protože časové řady červeného šumu mají korelaci 0,2, některé z těchto časových řad se během "kalibračního" období otočí směrem nahoru [nebo dolů]⁶ a metodika MBH98 selektivně zdůrazní tyto stoupající [nebo klesající] časové řady.



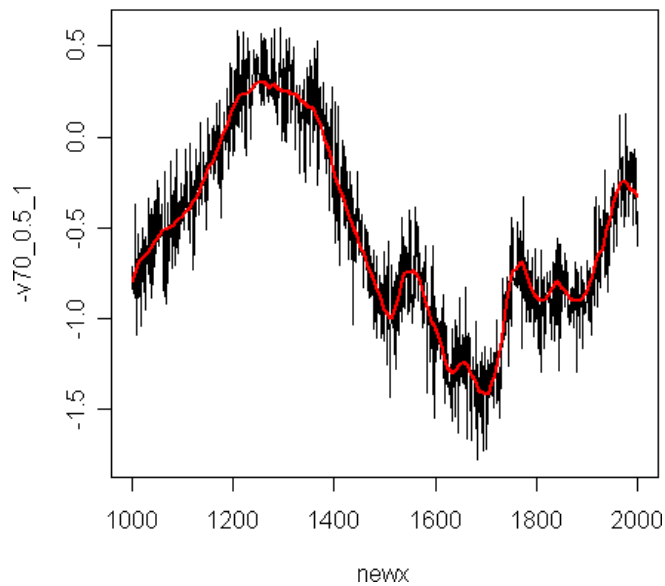
Obrázek 4.5: Zde jsme digitalizovali teplotní profil, jak je uveden v hodnotící zprávě IPCC z roku 1990. Rané období mezi lety 1100 až přibližně 1400 s nadprůměrnými teplotami je známé jako středověké teplé období a období od roku 1500 do roku 1900 je známé jako malá doba ledová.

Diskuse: Na obrázku 4.5 jsme digitalizovali teplotní profil, jak je uveden v hodnotící zprávě IPCC z roku 1990. Počáteční období mezi lety 1100 a přibližně 1400 s nadprůměrnými teplotami je známé jako středověké teplé období a období od přibližně 1500 do 1900 je známé jako malá doba ledová. Zpráva z roku 1990 nebyla založena na scénáři globálního oteplování. Je zřejmé, že přinejmenším v roce 1990 se předpokládalo, že středověké teplé období mělo teploty podstatně vyšší než současná doba.

PC1 with data - 0.0

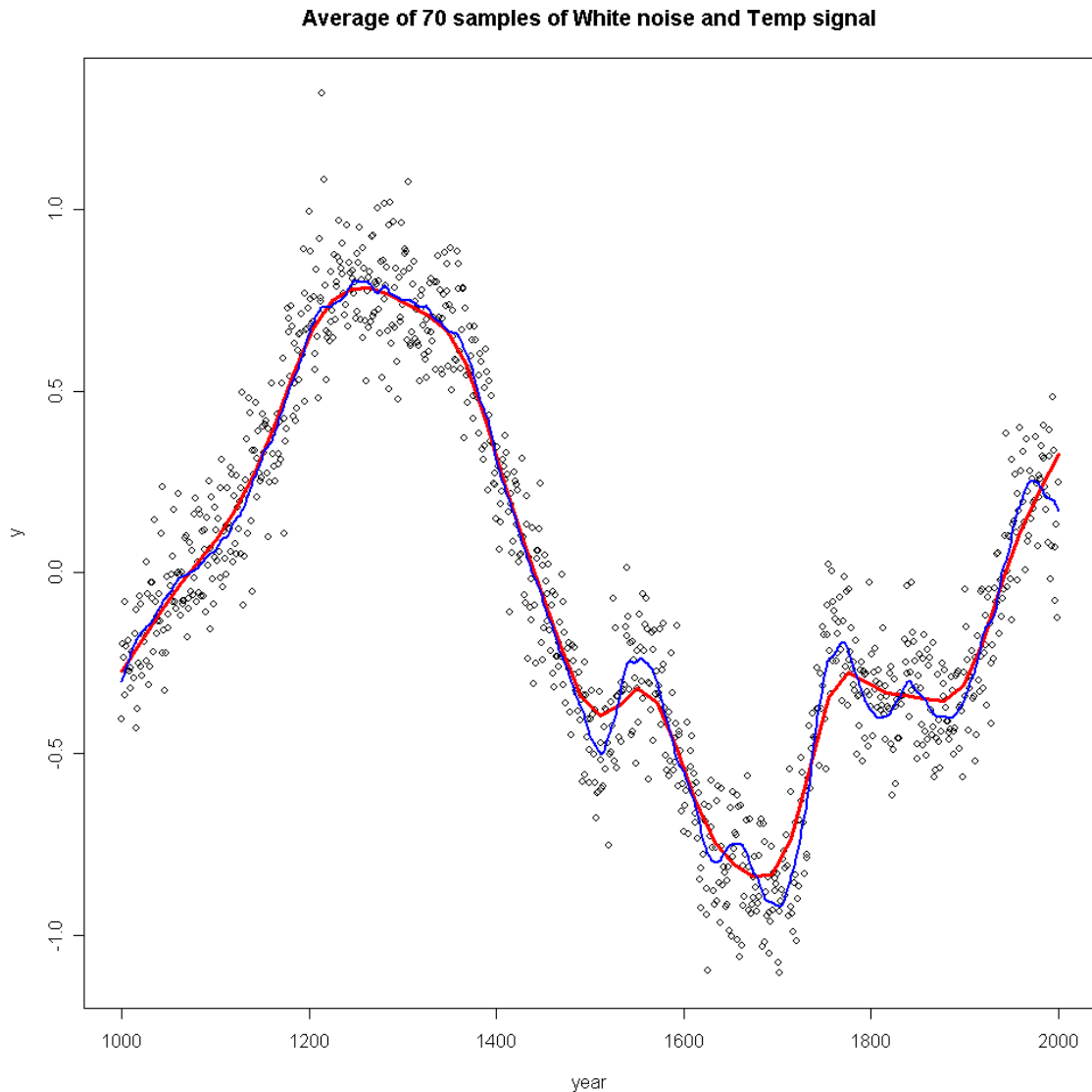


PC1 with data - 0.5



Obrázek 4.6: Vytvořili jsme pseudoproxy scénář vytvořením 69 simulací procesů s bílým šumem, tj. 69 proxy bílého šumu, a přidáním profilu na obrázku 4.5 jako 70th proxy. Všech 70 pseudoproxies bylo standardizováno tak, aby jejich rozptyl byl roven jedné. V horním panelu jsme použili správně vycentrovanou verzi PCA. Černá křivka je PC1. Po odsazení profilu IPCC 1990 od nulového průměru o 0,5 a jeho použití jako 70th proxy jsme na proxy použili algoritmus MBH98 (CFR), abychom získali "rekonstrukci" profilu na obr. 4.5 ve spodním panelu.

Diskuse: Přestože se o tvaru "hokejky" hodně diskutovalo, smyslem obrázku 4.6 je, že postup posunu použitý v algoritmu MBH98 (CFR) reprodukuje jakýkoli požadovaný tvar v závislosti na tom, jaký tvar existuje v zástupných datech. Připomeňme, že na obrázku 4.6 má tvar pouze jedna proxy ze 70, ale offsetová verze PCA tento tvar jasně vybírá.



Obrázek 4.7: Na tomto obrázku jsme vytvořili jiný pseudoproxy scénář tak, že jsme vzali 70 kopií profilu z obrázku 4.5 a přidali k nim nezávislé procesy bílého šumu. Na tyto pseudoproxy jsme poté aplikovali metodiku CPS, abychom získali další "rekonstrukci" profilu z obrázku 4.5.

Diskuse: Na obrázku 4.7 je modrá křivka původní profil, černé body jsou výsledkem použití metodiky CPS, tj. prostého průměru, a červená křivka je výsledkem použití vyhlazovacího postupu známého ve statistické literatuře jako LOESS.

Obrázky 4.6 a 4.7 ukazují, že pokud se v podkladových datech vyskytují hokejky a pokud jsou decentralizované, pak je metodika CFR selektivně zvýrazní. Podobně pokud se v datových řadách vyskytují "hokejky" a zbytek dat je nekorelovaný šum, pak metoda CPS rovněž zdůrazní tvar "hokejky". Pokud však data obsahují i jiné tvary a tyto metody se použijí na data obsahující tyto jiné tvary, pak tyto metody selektivně vyberou tyto tvary. Na obrázku 4.6 decentrováním profilu 1990 nafoukneme jeho efektivní rozptyl, takže PCA jej přednostně vybere jako první hlavní komponentu. Na obrázku 4.7 bude nezávislý bílý šum nesouvislý⁷, a bude mít tedy tendenci se vyrušit, zatímco "signál" je u každého zástupce stejný, a bude mít tedy tendenci být aditivní. Jde o to, že pokud je každá (nebo dokonce velké procento) z proxy zvolena s tvarem hokejky, pak se inkoharentní šum zruší a vznikne koherentní tvar "hokejky". Proto ani diskuse o "nezávislých replikacích" výsledků hokejky různými metodami nemusí být tím, čím se na první pohled zdají být.

Poznámka: Z technického hlediska není algoritmus MBH98 algoritmem hlavních komponent. Hlavní komponenty se získávají teoreticky pomocí vlastní analýzy kovarianční matice (která využívá centrovaná data). Nyní existuje ekvivalentní a numericky preferovaná metoda získání hlavních komponent nalezením tzv. rozkladu singulárních hodnot (SVD) původní matice dat. PC1 je první z pravých singulárních vektorů v SVD. To však platí pouze v případě, že sloupce datové matice byly vycentrovány. Protože algoritmus MBH98 datovou matici necentruje, SVD ve skutečnosti vrací jiný vektor než PC1. Tento vektor lze zkoumat, ale není správné jej identifikovat jako hlavní komponentu. V dodatku A jsou uvedeny matematické podrobnosti této poznámky.

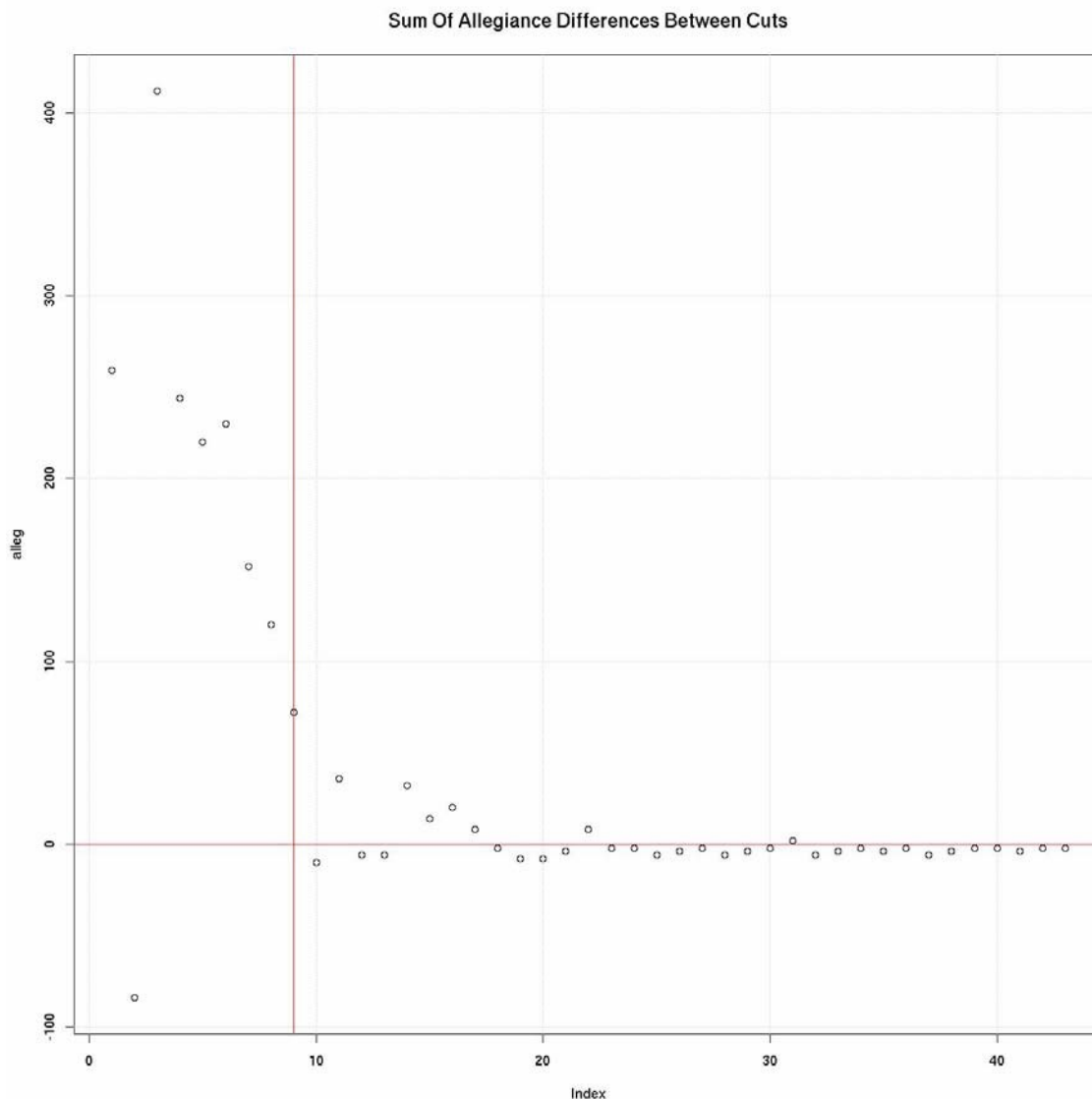
⁷ Inkoharentní je technický termín, který znamená, že časové řady nemají společnou formu a že jsou statisticky nezávislé. Pokud každá časová řada obsahuje stejnou nebo podobnou formu (tvar), pak se tato část časové řady označuje jako koherentní.

5. ANALÝZA SOCIÁLNÍCH SÍTÍ AUTORSTVÍ V TEPLOTNÍCH REKONSTRUKCÍCH

Jednou ze zajímavých otázek spojených s "kontroverzí hokejky" jsou vztahy mezi autory a následně to, nakolik si můžeme být jisti recenzním řízením. Zejména v případě, že mezi autory panují úzké vztahy a v dané tematické oblasti nepůsobí velký počet osob, lze mít podezření, že recenzní řízení neprovádí úplnou kontrolu prací před jejich zveřejněním. Běžnou praxí spolupracujících redaktorů vědeckých časopisů je totiž nahlédnout do seznamu referencí k předloženému článku, aby zjistili, kdo další v dané oblasti píše, a kdo by tedy mohl být oprávněně vyzván k poskytnutí kvalifikovaného recenzního posudku. Samozřejmě, pokud je daná oborová oblast malá a autoři v ní jsou úzce propojeni, pak tento postup pravděpodobně odhalí velmi sympatické recenzenty. Tito recenzenti mohou být spoluautory jiných prací s daným autorem. Mohou se domnívat, že znají ostatní práce tohoto autora natolik dobře, že se chyby mohou dále šířit a skutečně posilovat.

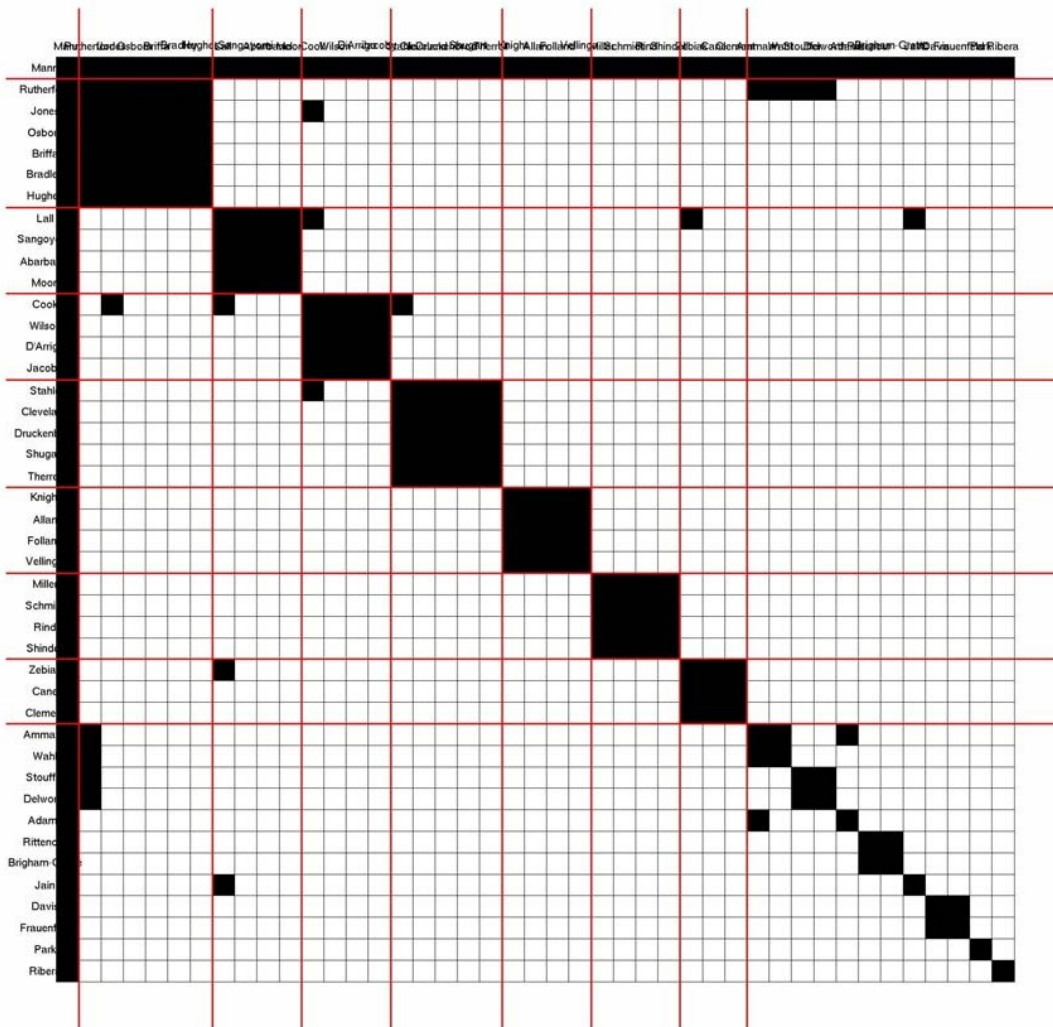
Abychom mohli odpovědět na tyto otázky týkající se vztahů mezi autory v oblasti teplotních rekonstrukcí, vytvořili jsme dva soubory dat. První, zaměřený konkrétně na Dr. Manna, byl vytvořen tak, že jsme nejprve vzali v úvahu všechny jeho spoluautory a poté prozkoumali abstrakty vytvořené spoluautory. Zaměřili jsme se na Dr. Manna, protože je hlavním autorem MBH98/99 a protože má v této oblasti mimořádný vliv, jak je patrné z jeho vysokého stupně centrality. Doktoři Bradley a Hughes se v sociální síti také objevují, ale nevykazují takovou centralitu jako Dr. Mann. K vytvoření databáze abstraktů jeho spoluautorů jsme použili databázi Engineering Compendex, která je dostupná na webu. Na základě rozšířené databáze jsme zkoumali spoluautory jeho spoluautorů. Tato první databáze je zaměřena na Dr. Manna s myšlenkou pochopit vztahy mezi jeho přiměřeně blízkými spolupracovníky. Tato první databáze se skládala ze 43 osob, z nichž všechny mají úzké vazby na Dr. Manna. Druhá databáze vznikla vyhledáním abstraktů v Engineering Compendex, které se zabývaly aspekty rekonstrukce teploty. Tato druhá rozšířenější databáze obsahovala více autorů. V naší analýze jsme brali v úvahu pouze 50 a 75 nejlepších autorů z hlediska počtu publikovaných prací. Autorů, kteří v dané oblasti napsali pouze jednu práci, a nejsou tedy soustavnými výzkumníky v dané oblasti, bylo více. Zde uvádíme analýzu s top 75 autory, tj. 75 nejčastěji publikujícími autory.

Obrázky 5.1 až 5.4 se zabývají prvním souborem dat nejbližších spolupracovníků Dr. Manna. Obrázky 5.5 až 5.7 se zabývají 75 nejčastěji publikujícími autory.



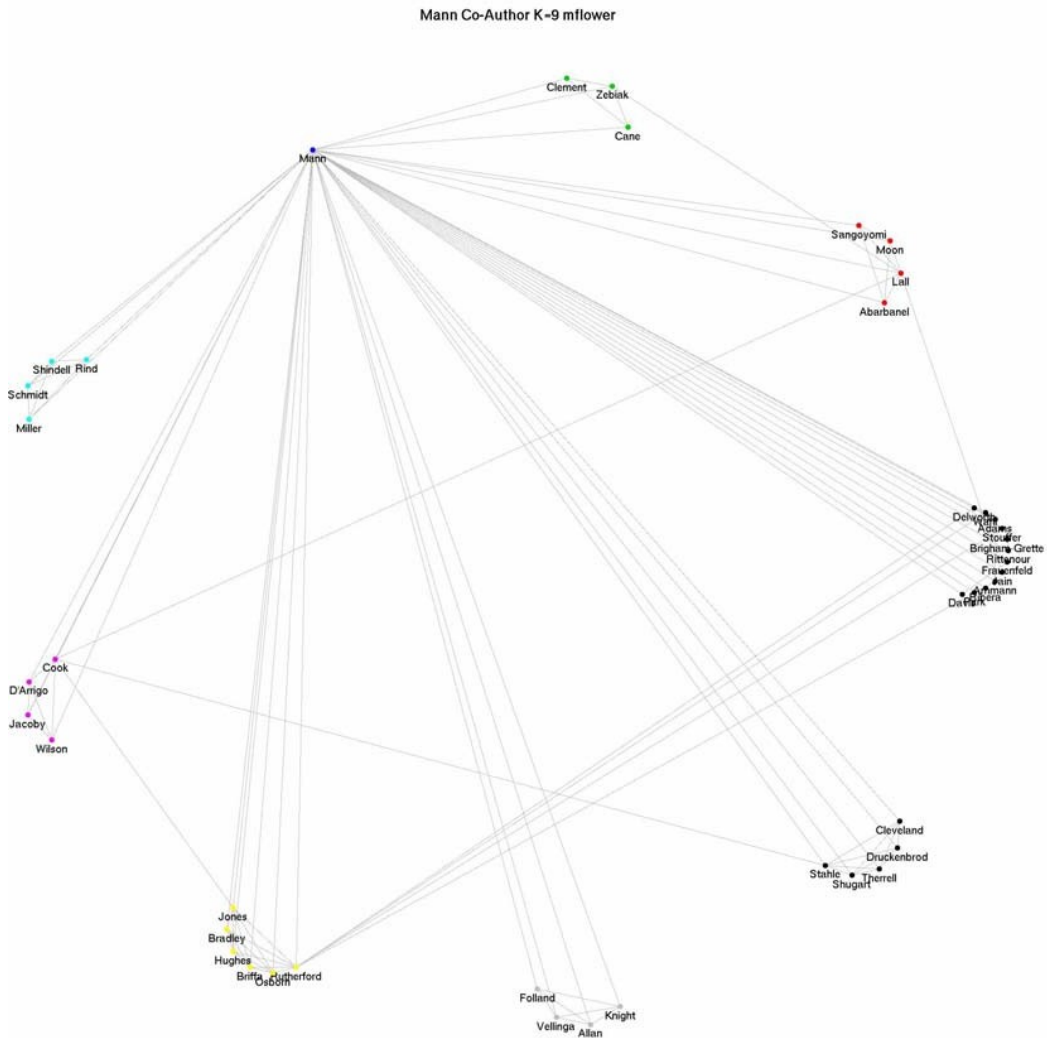
Obrázek 5.1: Graf věrnosti pro spoluautory Mannovy studie

Diskuse: Jak bylo uvedeno v části 2.3, věrnost je koncept/metoda užitečná pro určení shluků a jejich velikosti v sociální síti. V určitém smyslu určuje substrukturu druhého řádu v rámci sociální sítě. Připomeňme si, že věrnost bloku nebo shluku závisí na tom, zda má velký počet vnitřních spojení v rámci bloku a relativně málo spojení vně bloku. Kritéria věrnosti se uplatňují rekurzivně, dokud kritéria věrnosti neklesnou v podstatě na nulu. K tomu dojde po devíti blocích nebo shlucích. Michael Mann je považován za samostatný blok, protože má spojení s každým z ostatních 42 výzkumníků. Druhý oddíl má tedy věrnost, která dočasně klesne pod nulu.



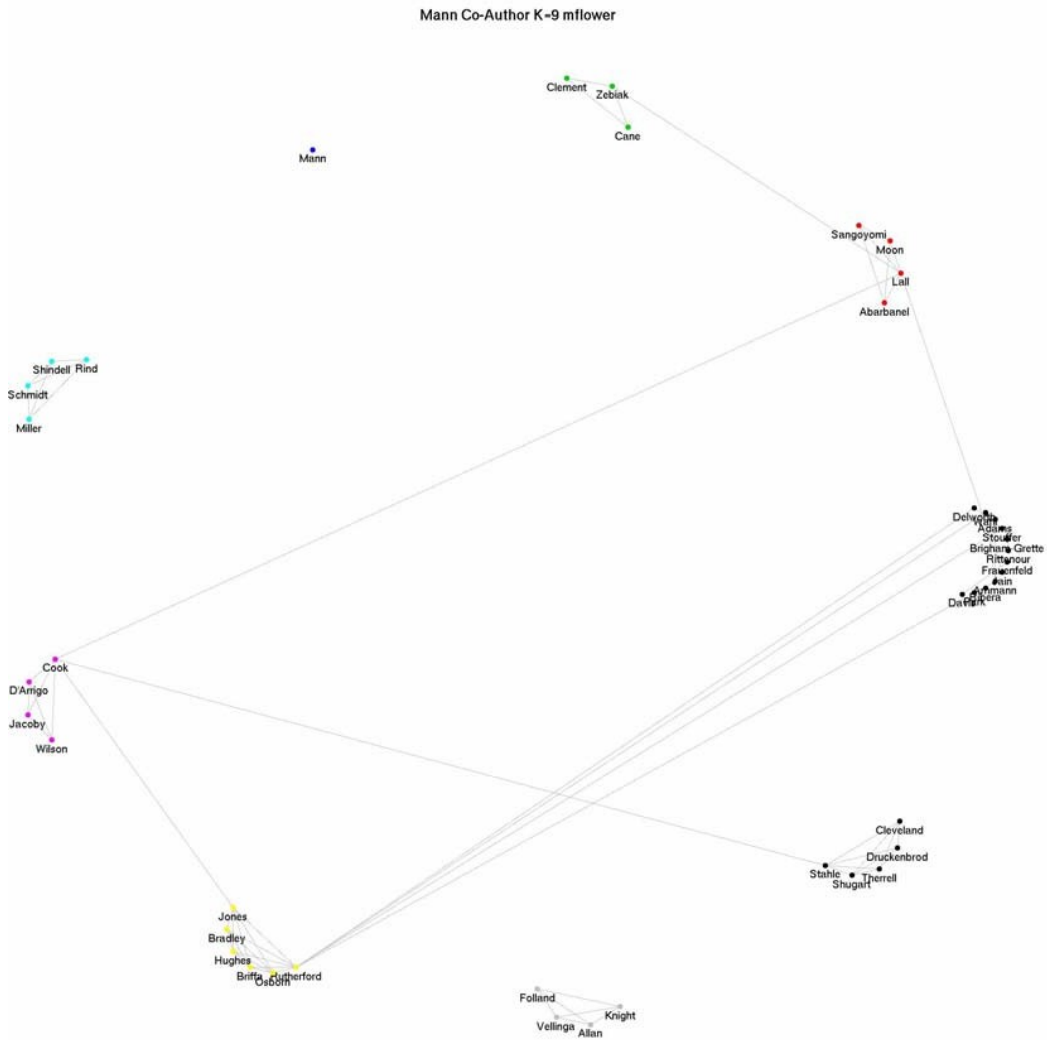
Obrázek 5.2: Jedná se o matici označující devět bloků 43 řešitelů. Černé čtverce označují, že existuje vztah spoluautorů.

Diskuse: Struktura bloku (klastru) je velmi jasná. Michael Mann je spoluautorem všech 42 dalších. Černé čtverce na diagonále naznačují, že řešitelé úzce spolupracují v rámci své skupiny, ale ne tak rozsáhle mimo ni. Občasné čtverečky mimo diagonálu naznačují, že někteří řešitelé mají společné práce s řešiteli mimo svou bezprostřední skupinu. Pořadí autorů na svislé a vodorovné ose je stejné. Na horizontální ose je bohužel přetisk, takže jednotliví autoři nejsou čitelní. Je však okamžitě zřejmé, že Mann, Rutherford, Jones, Osborn, Briffa, Bradley a Hughes tvoří kliku, přičemž každý z nich se vzájemně ovlivňuje se všemi ostatními. Kliku je plně propojený podgraf, což znamená, že každý člen kliky interaguje s každým dalším členem kliky.



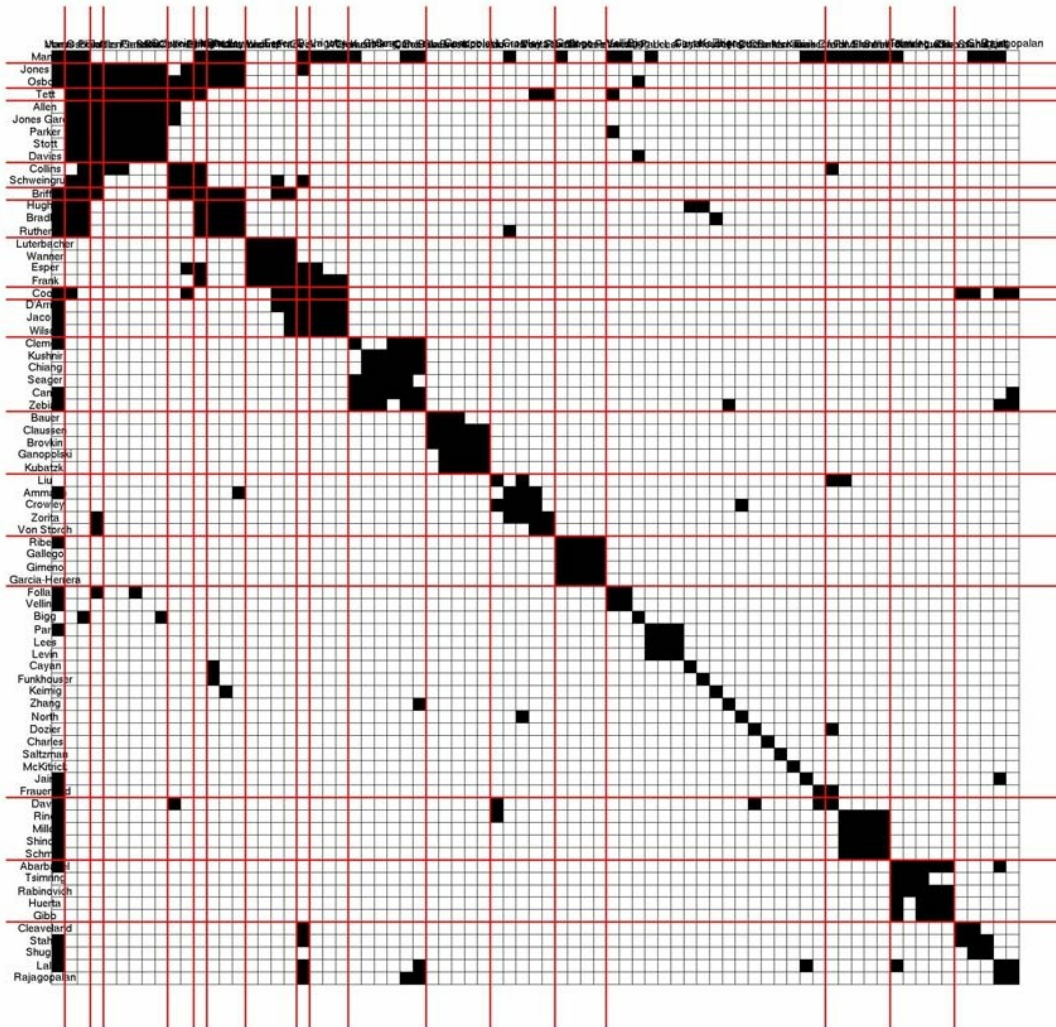
Obrázek 5.3: Klasický pohled na sociální síť Mannových spoluautorů. Každý blok nebo podklastr je znázorněn podél oblouku.

Diskuse: Jak již bylo zmíněno, Michael Mann je samostatnou skupinou, protože je spoluautorem všech ostatních 42. Kliky jsou v tomto uspořádání velmi zřetelné. Kromě kliky Mann-Rutherford-Jones-Osborn-Briffa-Bradley-Hughes je zde několik dalších, které jsou snadno patrné. Jsou to Rind-Shindell-Schmidt-Miller, Cook-D'Arrigo- Jacoby-Wilson, Folland-Vellinga-Allan-Knight, Stahle-Shugart-Therrell-Druckenbrod- Cleveland, Sangoyomi-Moon-Lall-Abarbanel a Clement-Zebiak-Cane. Poslední shluk je poněkud nesourodý shluk lidí, kteří publikovali s Michaelem Mannem, ale ne příliš, pokud vůbec, navzájem.



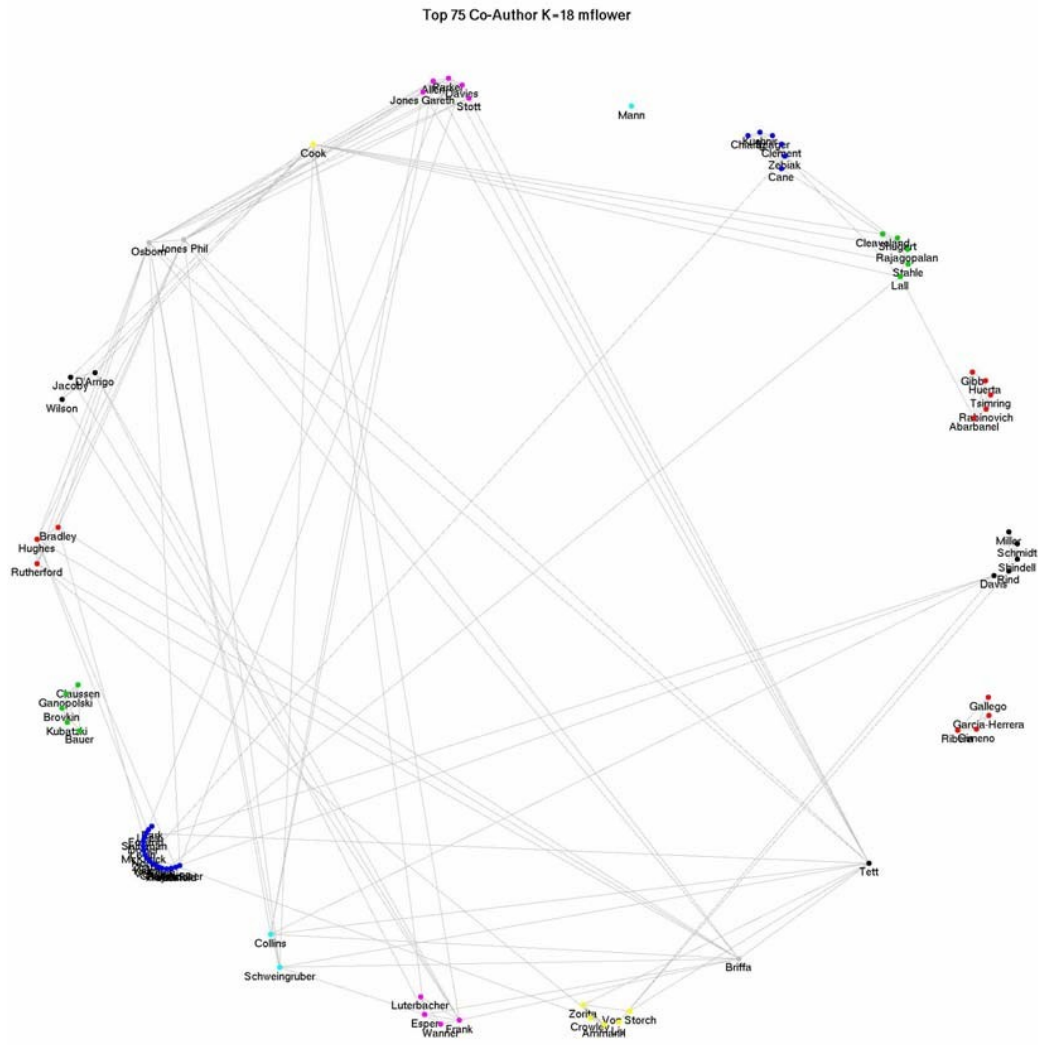
Obrázek 5.4: Obrázek 5.3 s odstraněnými odkazy na Dr. Michaela Manna.

Diskuse: Manna z hlediska centrality je velmi zřetelná při porovnání obrázku 5.3 s obrázkem 5.4. Dalšími autory ze zbývajících 42, kteří mají určitý stupeň centrality, jsou Cook, Rutherford a Lall.



Obrázek 5.5: Zde je uvedeno 75 nejčastěji publikujících autorů v oblasti rekonstrukce klimatu. Zde je uvedeno 18 bloků.

Diskuse: Struktura mezi těmito nejčastěji publikujícími autory je poněkud menší než u dřívější skupiny 43. Bloková diagonální struktura však stále zůstává silná, takže nacházíme shluky, které na sebe vzájemně působí. Klíka Mann-Briffa-Hughes-Bradley-Rutherford je stále snadno patrná pouze z pohledu výpočtu věrnosti bez jakéhokoli vynuceného spojování.



Obrázek 5.7: Obrázek 5.6 s odstraněnými odkazy na Michaela Manna.

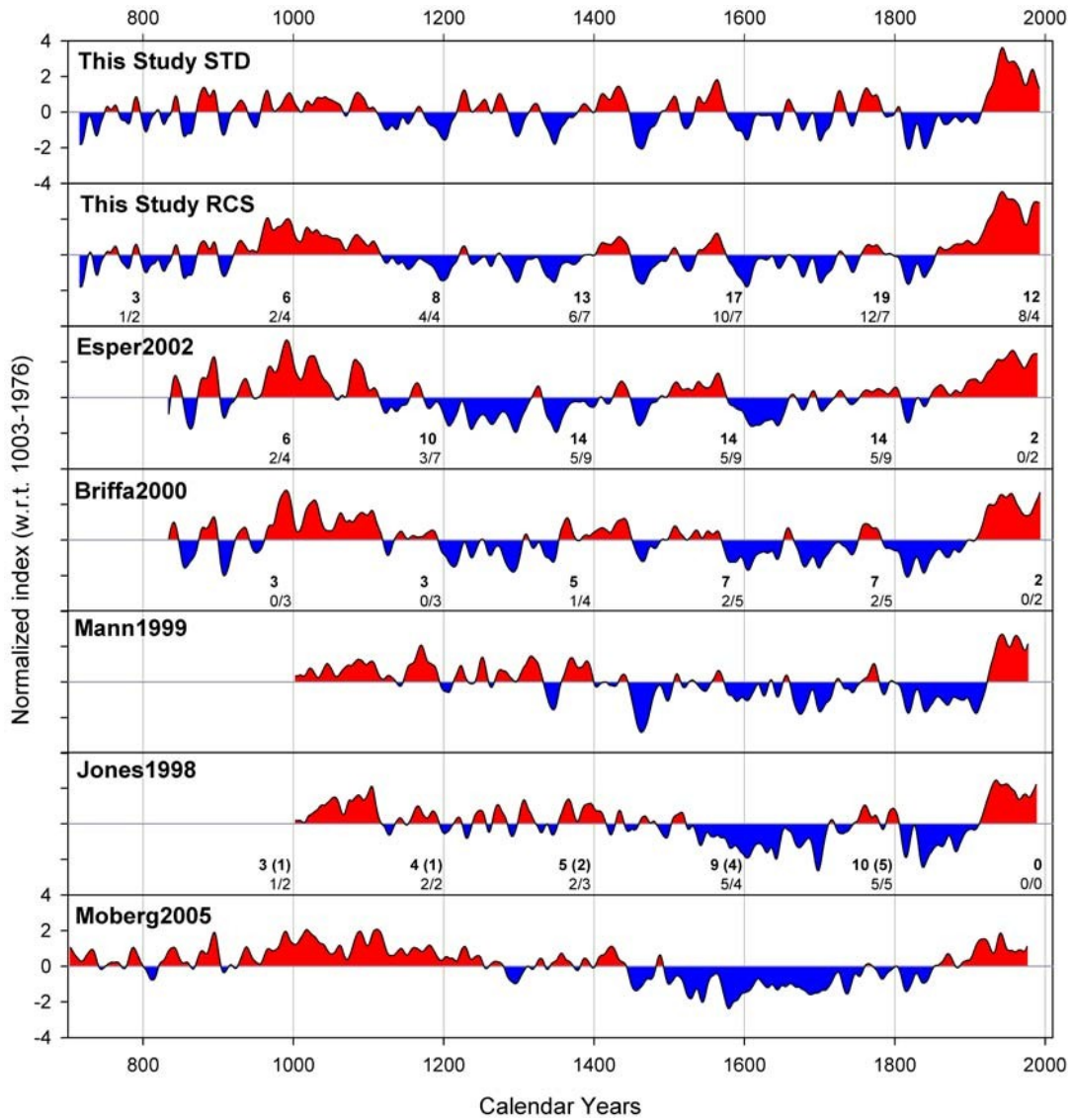
Diskuse: Objevuje se několik dalších zajímavých informací. Klika Claussen-Ganopolski- Brovkin-Kubatzki-Bauer je zcela izolovaná od ostatních badatelů v této oblasti. Podobně klika Ribe-Gimeno-Garcia-Herrera-Gallego a klika Arbarbanel-Rabinovich-Tsimning-Huerta-Gibb jsou téměř izolované, pouze s vazbami na Manna v prvním případě a vazbami na Manna a Lalla v druhém případě.



Obrázek 5.8: Vztahy hlavních prací o rekonstrukci teploty a zástupných ukazatelů, které použily.

Diskuse: Analýza sociálních sítí vztahů autorů naznačuje, že "nezávislé rekonstrukce" nejsou tak nezávislé, jak by se dalo předpokládat. Matice načrtnutá na obrázku 5.8 skutečně znázorňuje zástupné údaje, které jsou ve dvanácti hlavních pracích o rekonstrukci teploty použity více než jednou. Černé rámečky označují, že daná proxy byla použita v dané práci. Je zřejmé, že mnoho zástupných ukazatelů je ve většině prací použito opakovaně. Není překvapivé, že by tyto práce dosahovaly podobných výsledků, a proto nelze

skutečně tvrdí, že se jedná o nezávislá ověření. Grafické srovnání řady rekonstrukcí viz obrázek 5.9 níže převzatý z práce D'Arrigo et al. (2006).



Obrázek 5.9. Srovnání několika různých rekonstrukcí. Z D'Arrigo et al. (2006).

Diskuse: V rekonstrukci teploty existují rozdíly, které ukazují na zásadní nejistotu v procesu rekonstrukce. V podstatě všichni se shodují na tom, že existovalo středověké teplé období se středem v roce 1000 n. l. a malá doba ledová nejméně od roku 1600 do roku 1850. Tyto rekonstrukce se shodují v tom, že průměrná globální teplota za posledních 400 let vzrostla. Je však třeba dodat, že v roce 1600 n. l. byly teploty podprůměrné. Jak Esper et al. (2002), tak Moberg et al. (2005) uvádějí, že současné globální teploty nejsou vyšší než ve středověkém teplém období.

6. ZJIŠTĚNÍ

Některé z těchto otázek byly řešeny v textu popisu metodik v předchozí části naší diskuse. Pro úplnost a přehlednost je zde znovu shrneme.

1. Obecně se nám zdálo, že text MBH98 je poněkud nepřehledný a neúplný. Skutečnost, že MBH98 vydal další vysvětlení v podobě opravy publikované v *Nature* (Mann et al. 2004), naznačuje, že tito autoři se v původní verzi článku dopustili chyb a neúplných odhalení. To také naznačuje, že recenzní řízení nebylo tak důkladné, jak mohlo být.
2. Obecně považujeme kritiku MM03, MM05a a MM05b za oprávněnou a jejich argumenty za přesvědčivé. Byli jsme schopni reprodukovat jejich výsledky a nabídnout jak teoretické vysvětlení (příloha A), tak simulace, abychom ověřili, že jejich pozorování jsou správná. Komentujeme, že se snažili upozornit na nedostatky metodik typu MBH98 a nesnažili se o paleoklimatické teplotní rekonstrukce⁸.
3. Jak jsme se již zmínili, je běžné, že odborníci na analýzu dat a rozpoznávání vzorů používají ke kalibraci tréninkový vzorek. Obvykle se snažíme, aby trénovací data byla reprezentativní pro to, co lze očekávat od celého souboru dat. Vzhledem k tomu, že teplotní profil v letech 1902-1995 není kvůli rostoucímu trendu podobný teplotnímu profilu v tisíciletí, není pro kalibraci zcela vhodný a ve skutečnosti vede k nesprávnému použití analýzy hlavních komponent. Nicméně vyprávění v MBH98 na povrchu zní v tomto bodě kalibrace zcela rozumně a mohl by ho snadno přehlédnout někdo, kdo není rozsáhle vyškolen ve statistické metodologii. Dr. Mann má úzké vazby jak na Yaleovu univerzitu, tak na Pensylvánskou státní univerzitu. Jen na okraj poznamenáváme, že jak Yaleova univerzita, tak Pensylvánská státní univerzita mají katedry statistiky s vynikající pověstí⁹. Přestože jejich práce obsahuje velmi významnou statistickou složku, na základě citací jejich literatury neexistují žádné důkazy o tom, že by Dr. Mann nebo kterýkoli z dalších autorů paleoklimatologických studií významně spolupracoval s hlavními statistiky.
4. V reakci na dopis předsedy Bartona a předsedy Whitfielda zveřejnil Dr. Mann několik internetových stránek s rozsáhlými materiály, včetně údajů a kódů. Tyto materiály nejsou uspořádány ani zdokumentovány takovým způsobem, který by umožnil cizímu subjektu prakticky zopakovat výsledky MBH98/99. Například adresářová a souborová struktura, kterou Dr. Mann použil, je obsažena v kódu. To by

⁸ MM05a byl kritizován Wahlem a Ammannem (2006) a Wahlem et al. (2006) na základě nedostatečné statistické dovednosti jejich rekonstrukce paleoklimatu. Tyto kritiky prací MM05a a MM05b tedy nejsou na místě.

⁹ V publikaci National Research Council, *Research-Doctorate Programs in the United States*, NRC (1995) se katedry Penn State a Yale umístily na 19., resp. 20. místě.

vyžadují rozsáhlou restrukturalizaci kódu, aby byl kompatibilní s místním počítačem. Navíc kryptická povaha některých příběhů z MBH98/99 znamená, že by si nezasvěcení museli domýšlet přesnou povahu použitých postupů.

5. Jak jsme zmínili v úvodu, většina diskusí o "hokejce" se odehrává na konkurenčních internetových blozích. Náš výbor se domnívá, že webové blogy nejsou vhodným způsobem, jak vést vědu, a blogy tak dávají za pravdu skutečnosti, že se tyto otázky globálního oteplování přesunuly z oblasti racionální vědecké diskuse. Bohužel se zúčastněné frakce silně a vášnivě polarizovaly.
6. Obecně řečeno, paleoklimatologická komunita neuznala platnost dokumentů MM05 a měla tendenci odmítat jejich výsledky jako výsledky vypracované zaujatými amatéry. Zdá se, že paleoklimatologická komunita je úzce propojena, jak naznačuje naše analýza sociálních sítí, shromáždila se kolem stanoviska MBH98/99 a vydala rozsáhlou řadu alternativních hodnocení, z nichž většina se zdá podporovat závěry MBH98/99.
7. Náš výbor se domnívá, že hodnocení, že desetiletí 90. let bylo nejteplejším desetiletím za celé tisíciletí a že rok 1998 byl nejteplejším rokem za celé tisíciletí, nelze na základě analýzy MBH98/99 potvrdit. Jak již bylo zmíněno dříve v naší základní části, proxy stromových letokruhů jsou obvykle kalibrovány tak, aby byly odstraněny nízkofrekvenční odchylky. Cyklus středověkého teplého období a malé doby ledové, který byl v roce 1990 všeobecně uznáván, z analýz MBH98/99 zmizel, což umožňuje tvrzení o nejteplejším desetiletí/nejteplejším roce. Metodika MBH98/99 však tyto nízkofrekvenční informace potlačuje. Nedostatek údajů ze vzdálenější minulosti činí tvrzení o nejteplejším tisíciletí v podstatě neověřitelným.
8. Ačkoli jsme se v této zprávě otázkou borovice Bristlecone Pines nezabývali ve větší míře, než jako jedním z prvků zástupných údajů, je zde jeden bod, který stojí za zmínku. Graybill a Idso (1993) se výslovně snažili prokázat, že borovice Bristlecone byly oplodněny CO_2 . Bondi et al (1999) naznačují, že [Bristlecones] "nejsou spolehlivou teplotní proxy pro posledních 150 let, protože kolem roku 1850 vykazují rostoucí trend, který byl přisuzován atmosférickému hnojení CO_2 ". Není proto překvapivé, že tato důležitá proxy v MBH98/99 poskytuje teplotní křivku, která je vysoce korelovaná s atmosférickým CO_2 . Poznáváme také, že IPCC 1996 uvedl, že "při kalibraci údajů z letokruhů stromů podle klimatických změn je třeba vzít v úvahu možné matoucí účinky hnojení oxidem uhličitým". Kromě toho se s rostoucím využíváním fosilních paliv do atmosféry uvolňují oxidy dusíku, z nichž některé se ukládají ve formě dusičnanů, které jsou hnojivem pro biotu. Růst letokruhů stromů by tedy koreloval s ukládáním dusičnanů, které by zase korelovalo s uvolňováním oxidu uhličitého. Při používání letokruhů stromů jako teplotních signálů zjevně existují matoucí faktory.

9. Na základě diskuse v článku Mann et al. (2005) a odpovědi Dr. Manna na dopisy předsedy Bartona a předsedy Whitfielda se zdá, že existuje přinejmenším určitý zmatek ohledně významu R^2 . R^2 se obvykle nazývá *koeficient determinace* a ve standardní analýze rozptylu se počítá jako $1 - (SSE/SST)$. SSE je součet čtvercových chyb způsobených nedostatečným přizpůsobením (regrese nebo rekonstrukce paleoklimatu), zatímco SST je celkový součet čtverců kolem průměru. Pokud je shoda dokonalá, SSE by byla nulová a R^2 by bylo rovno jedné. Naopak, pokud by shoda rekonstrukce nebyla lepší než převzetí střední hodnoty, pak by SSE/SST byla rovna jedné a R^2 by bylo 0. Na druhé straně Pearsonova momentová korelace součinu, r , měří spíše asociaci než nedostatečnou shodu. V případě jednoduché lineární regrese je $R^2 = r^2$. Ve scénáři rekonstrukce klimatu však nejde o totéž. Ve skutečnosti je to, co se v MBH98 nazývá β , velmi blízké tomu, co jsme nazvali R^2 .
10. Podotýkáme, že jsme statistici/matematici, kteří byli požádáni, aby se vyjádřili ke správnosti metodiky uvedené v MBH98/99. V této zprávě jsme se zaměřili na zodpovězení této otázky, nikoli na to, zda se globální klima mění, či nikoli. Paleoklimatologii jsme se věnovali pouze v rozsahu, který byl nezbytný pro objasnění naší diskuse o statistických otázkách. Z přístrojového záznamu teplot je zřejmé, že globální teploty od roku 1850 n. l. stoupají. Jak se toto současné období srovnává s předchozími epochami, není jasné kvůli nejistotám v zástupných ukazatelích. Je však zřejmé, že průměrný nárůst globální teploty není skutečným středem pozornosti. Důležité je zvýšení teploty na pólech a průměrné globální zvýšení nebo zvýšení teploty na severní polokouli tuto otázku neřeší. Podotýkáme, že podle odborníků z JPL NASA se průměrná výška oceánu zvyšuje přibližně o 1 milimetr ročně, z čehož polovina je způsobena táním polárního ledu a druhá polovina tepelnou roztažností. Druhá zmíněná skutečnost znamená, že oceány pohlcují obrovské množství tepla, což je vzhledem k propojení oceánské cirkulace s atmosférou mnohem více alarmující. (Viz Wunsch 2002, 2006).

7. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Závěr 1. Politizace akademické vědecké práce vede k matoucím veřejným debatám. Vědecké práce publikované v recenzovaných časopisech jsou považovány za archivní záznam výzkumu. Obvykle se nevyžaduje archivace doplňkových materiálů, jako jsou kódy a data. V důsledku toho jsou doplňkové materiály k akademickým pracím často špatně dokumentovány a archivovány a nejsou dostatečně robustní, aby obstály v intenzivní veřejné debatě. V tomto příkladu se příliš spoléhalo na vzájemné hodnocení, které se nezdálo být dostatečně nezávislé.

Doporučení 1. Zejména pokud jsou v sázce obrovské částky veřejných prostředků a lidské životy, měla by být akademická práce podrobena intenzivnější kontrole a přezkumu. Zejména platí, že autory dokumentů souvisejících s politikou, jako je zpráva IPCC *Klimatické změny 2001: Vědecké základy*, by neměli být stejní lidé jako ti, kteří konstruovali akademické práce.

Závěr 2. Sdílení výzkumných materiálů, dat a výsledků probíhá nahodile a často neochotně. Zvláště nás zarazilo naléhání Dr. Manna, že kód, který vyvinul, je jeho duševním vlastnictvím a že jej může legálně držet osobně, aniž by jej sdělil kolegům. Když se kód a data nesdílejí a metodika není plně zveřejněna, kolegové nemají možnost práci replikovat, a tak je nezávislé ověření nemožné.

Doporučení 2. Domníváme se, že výzkumné agentury financované z federálních zdrojů by měly vypracovat komplexnější a stručnější politiku zveřejňování informací. Všichni, kdo jsme tuto zprávu psali, jsme byli financováni z federálních zdrojů. Naše zkušenost s financujícími agenturami je taková, že obecně nevyjadřují jasné pokyny pro řešitele, co je třeba zveřejnit. Federálně financovaná práce včetně kódu by měla být na základě přiměřené žádosti zpřístupněna ostatním výzkumným pracovníkům, zejména pokud duševní vlastnictví nemá komerční hodnotu. Mělo by se zvážit, zda by sběratelé dat neměli mít možnost výlučného využívání svých dat po dobu jednoho nebo dvou let před jejich zveřejněním. Údaje shromážděné s federální podporou by však měly být veřejně dostupné. (Jak to běžně dělají federální agentury, například NASA.)

Závěr 3. Jako statistiky nás zarazila izolovanost komunit, jako je komunita paleoklimatiků, které se ve velké míře spoléhají na statistické metody, ale nezdá se, že by komunikovaly s hlavním proudem statistické komunity. Důsledky této debaty pro veřejnou politiku jsou finančně ohromující, a přesto zjevně nebyla vyhledána ani využita žádná nezávislá statistická expertíza.

Doporučení 3. U klinických zkoušek léků a přístrojů, které mají být schváleny pro použití u lidí úřadem FDA, se očekává přezkum a konzultace se statistiky. Ve skutečnosti je standardní praxí zapojit statistiky do procesu žádosti o schválení. Soudíme, že je to dobrá politika, pokud jde o veřejné zdraví a také pokud jde o značné částky peněz, například když se mají na základě statistických hodnocení přijímat závažná politická rozhodnutí. V takových případech by hodnocení statistiky mělo být

standardní postup. Tato fáze hodnocení by měla být povinnou součástí všech žádostí o grant a měla by být odpovídajícím způsobem financována.

Závěr 4. Rekonstrukce paleoklimatu sice získala velkou publicitu, protože posiluje politickou agendu, ale neposkytuje vhled a pochopení fyzikálních mechanismů klimatických změn, s výjimkou rozsahu, v jakém stromové letokruhy, ledová jádra a podobně poskytují fyzikální důkazy, jako je převaha skleníkových plynů. Je zapotřebí hlubšího pochopení fyzikálních mechanismů změny klimatu.

Doporučení 4. Důraz by měl být kladen na federální financování výzkumu souvisejícího se základním pochopením mechanismů změny klimatu. Financování by se mělo zaměřit na mezioborové týmy a vyhnout se úzce oborově zaměřenému výzkumu.

BIBLIOGRAFIE

Akademické práce a knihy

Anderson, Richard G. (2006) "Replicability, real-time data, and the science of economic research: Louis," *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 81-93.

Anderson, Richard G., Greene, William H., McCullough, Bruce D. a Vinod, H. D. (2005) "The role of data and program code archives in the future of economic research", Federal Reserve Bank of St. Louis, Working Paper 2005-014B.

Anderson, Theodore L., Charlson, Robert J., Schwartz, Stephen E., Knutti, Reto, Boucher, Olivier, Rodhe, Henning a Heintzenberg, Jost (2003) "Climate forcing by aerosols -- a hazy picture," *Science*, 300(5622), 1103 - 1104.

Biondi, F., Perkins, D. L., Cayan, D. R. a Hughes, M. K. (1999) "July temperature during the second millennium reconstructed from Idaho tree rings," *Geophysical Research Letters*, 26(10), 1445-1448.

Bradley, R. S. (1999) *Paleoklimatologie: 2nd Edition*, San Diego: *Reconstructing Climates of the Quaternary*: Academic Press.

Bradley, R. S. a Eddy, J. A. (1991) "Records of past global changes," in *Global Changes of the Past* (R. S. Bradley, ed.) Boulder: University Corporation for Atmospheric Research, 5-9.

Bradley, R. S. a Jones, P. D. (1993) "'Little Ice Age' summer temperature variations: Jejich povaha a význam pro nedávné trendy globálního oteplování," *Holocene*, 3, 367-376

Bradley, Raymond S., Hughes, M. K., a Diaz, H. F. (2003) "Změna klimatu: Climate in medieval time," *Science*, DOI: 10.1126/science.1090372, 404-405.

Bradley, R. S., Briffa, K. R., Cole, J. E., Hughes, M. K. a Osborn, T. J. (2003) "The climate of the last millennium," in *Paleoclimate, Global Change and the Future* (Eds. K. D. Alverson, R. S. Bradley and Thomas F. Pedersen), 105-141, New York: Springer-Verlag

Briffa, K. R., Osborn, T. J., Schweingruber, F. H. (2004) "Large-scale temperature inferences from tree rings: A review," *The Global and Planetary Change*, 40, 11-26.

Briffa, K. R., Osborn, T. J., Schweingruber, F. H., Harris, I. C., Jones, P. D., Shiyatov, S. G., and Vaganov, E. A. (2001) "Low-frequency temperature variations from a northern tree-ring density network," *Journal of Geophysical Research*, 106, 2929-2941.

Bürger, Gerd a Cubasch, Ulrich (2005) "Jsou multiproxy rekonstrukce klimatu robustní?" *Geophysical Research Letters*, 32, L23711, doi:10.1029/2005GL024155.

Bürger, G., Fast, I. a Cubasch, U. (2006) "Rekonstrukce klimatu pomocí regrese - 32 variací na téma", *Tellus*, 58A 227-235.

Centrum pro vědu a veřejnou politiku (2005) "Změna klimatu a pojišťovnictví: Dostupnost a cenová dostupnost pojištění v podmínkách změny klimatu, rostoucí problém pro USA". Centrum pro vědu a veřejnou politiku, 28. října 2005.

Cohn, Timothy A. a Lins, Harry F. (2005) "Nature's style: naturally trendy". *Geophysical Research Letters*, 32, L23402, doi: 10.1029/2005GL024476, 2005

Cronin, T. M. (1999) *Principles of Paleoclimatology*, New York: Columbia University Press

Crowley, Thomas J., (2000) "Causes of climate change over the past 1000 years", *Science*, 289, 270-277.

Crowley, Thomas J. (2002) "Cykly, cykly všude," *Science*, 295, 1473-1474.

Crowley, T. J. a North, G. R. (1991) *Paleoklimatologie*, New York: Oxford University Press.

Crowley, T. J. a Lowery, T. S. (2000) ""Jak teplé bylo středověké teplé období? A comment on 'Man-made versus natural climate change'," *Ambio*, 29, 51-54.

Crowley, T. J., Baum, S. K., Kim, K.-Y., Hegerl, G. C. a Hyde, W. T. (2003) "Modelování změn obsahu tepla v oceánech během posledního tisíciletí", *Geophysical Research Letters*, 30, 1932.

D'Arrigo, R., Wilson, R. a Jacoby, G. (2006) "On the long-term context for late twentieth century warming", *J. Geophys. Res.* 111, D03103, doi:10.1029/2005JD006352.

Esper, J., Cook, E. R., Schweingruber, F. H. (2002) "Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability," *Science*, 295, 2250-2253.

Esper, Jan, Wilson, Robert J. S., Frank, David C., Moberg, Anders, Wanner, Heinz a Luterbacher, Jürg (2005) "Climate: past ranges and future changes," *Quaternary Science Reviews*, 24, 2164-2166.

Evans, D. L., Freeland, H. J., Hays, J. D., Imbrie, J. a Shackleton, N. J. (1976) "Variations in the Earth's Orbit: Vliv na oběžné dráhy: kardiostimulátor dob ledových?" *Science*, 198, 528-530.

- Evans, M. N., Kaplan, A., Cane, M. A. (2002) "Pacific sea surface temperature field reconstruction from coral $\delta^{18}\text{O}$ data using reduced space objective analysis," *Paleoceanography*, 17, 1007.
- Graybill, D.A. a Idso, S.B. (1993) "Detecting the aerial fertilization effect of atmospheric CO₂ enrichment in tree-ring chronologies", *Global Biogeochemical Cycles*, 7, 81-95.
- Huang, Shaopeng (2005) "Klimatický blog by mohl zabodovat s novější hokejkou," *Nature* 800 (24. února 2005); doi: 10.1038/433800b.
- Huang, Shaopeng a Pollack, Henry N. (1997) "Late Quaternary temperature changes seen in world-wide continental heat flow measurements," *Geophysical Research Letters*, 24(15), 1947-1950,
- Huang, Shaopeng, Pollack, Henry N., and Shen, Po-Yu (2000) "Temperature trends over the past five centuries reconstructed from borehole temperatures," *Nature*, 403 (17 February 2000), 403, 756-758.
- Huybers, H. (2005) "Comment on 'Hockey sticks, principal components, and spurious significance' by McIntyre and McKittrick," *Geophysical Research Letters*.
- Jones, P. D., Briffa, K. R., Barnett, T. P. a Tett, S. F. B. (1998) "High resolution paleoclimatic records for the last millennium: Integration, interpretation, and comparison with General Circulation Model control run temperatures," *Holocene*, 8, 455-471.
- Jones, P. D. a Mann, M. E. (2004) "Climate over the past millennia," *Reviews of Geophysics*, 42, RG2002.
- Lindzen, Richard (2005) "Understanding common climate claims" (Porozumění běžným klimatickým tvrzením), *sborník ze zasedání Světové federace vědců o globálních mimořádných událostech v Erice v roce 2005*.
- Luterbacher, J. a spoluautoři (2002) "Reconstruction of sea level pressure fields over the Eastern North Atlantic and Europe back to 1500", *Climate Dynamics*, 18, 545-561.
- Mann, Michael E. (1998) *A Study of Ocean-Atmosphere Interaction and Low-Frequency Variability of the Climate System (Studie interakce oceánu a atmosféry a nízkofrekvenční proměnlivosti klimatického systému)*, disertační práce předložená profesorskému sboru postgraduální školy Yaleovy univerzity.
- Mann, Michael E., Bradley, Raymond E. a Hughes, Malcolm K. (1998) "Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries", *Nature*, 392, 779-787.

Mann, Michael E., Bradley, Raymond S. a Hughes, Malcolm K. (1999) "Northern hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations," *Geophysical Research Letters*, 26(6), 759-762.

Mann, Michael E., Bradley, Raymond E. a Hughes, Malcolm K. (2004) "Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries - corrigendum", *Nature*, 430, 105.

Mann, M. E. a Emanuel, K. A. (2006) "Atlantic hurricane trend linked to climate change," *EOS*, 87(24), 233-244.

Mann, Michael E., Gille, Ed, Bradley, Raymond S., Hughes, Malcolm K., Overpeck, Jonathon, Keimig, Frank T. a Gross, Wendy (2000) "Global temperature patterns in past centuries: Interaktivní prezentace," *Earth Interactions*, 7, Paper No. 4, 1-29.

Mann, M. E. a Jones, P. D. (2003) "Global surface temperature over the past two millennia", *Geophysical Research Letters*, 30, 1820.

Mann, Michael E., Rutherford, Scott, Wahl, Eugene a Ammann, Caspar (2005) "Testing the fidelity of methods used in proxy-based reconstructions of past climate", *Journal of Climate*, 18, 4097-4107.

McIntyre, Stephen a McKittrick, Ross (2003) "Corrections to the Mann et al. (1998) proxy data base and Northern hemispheric average temperature series", *Energy and Environment*, 14, 751-771.

McIntyre, Stephen a McKittrick, Ross (2005a) "The M&M critique of MBH98 Northern hemisphere climate index: *Energy and Environment*, 16(1), 69-100.

McIntyre, Stephen a McKittrick, Ross (2005b) "Hockey sticks, principal components, and spurious significance," *Geophysical Research Letters*, 32, L03710, doi: 10.1029/2004GL021750

Moberg, A., Sonechkin, D.M., Holmgren, K., Datsenko, N.M., Karlen, W., Lauritzen, S.E. (2005) "Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data," *Nature*, 433(7026):613-617.

Osborn, Timothy J. a Briffa, Keith R. (2006) "The spatial extent of the 20th -century warmth in the context of the past 1200 years," *Science*, 311, 841-844.

Rutherford, S., Mann, M. E., Osborn, T. J., Bradley, R. S., Briffa, K. R., Hughes, M. K., and Jones, P. D. (2005) "Proxy-based Northern Hemisphere surface reconstructions: *Journal of Climate*, 18, 2308-2329.

Schweingruber, F. H., Briffa, K. R., a Nogler, (1993) "A tree-ring densiometric transect from Alaska to Labrador," *International Journal of Biometeorology*, 37, 151-169.

Tennekes, H. (1991) "Karl Popper and the accountability of numerical weather forecasting," in *New Developments in Predictability*, ECMWF Workshop Proceedings, ECMWF, Shinfield Park, Reading, Velká Británie.

Valentine, Tom (1987) "Magnetics may hold key to ozone layer problems", *Magnets*, 2(1) 18-26.

von Storch, Hans a Zorita, Eduardo (2005) "Comment on 'Hockey sticks, principal components, and spurious significance, by S. McIntyre and R. McKittrick,'" *Geophysics Research Letters*, 32, L20701, doi:10.1029/2005GL022753, 2005.

von Storch, H. E., Zorita, E., Jones, J., Dimitriev, Y., González-Rouco, F., and Tett, S. (2004), "Reconstructing past climate from noisy data," *Science*, 306, 679-682.

von Storch, H. E., Zorita, E., Jones, J. M., Gonzalez-Rouco, F. a Tett, S. F. B. (2006) "Response to Comment on 'Reconstructing past climate from noisy data'", *Science*, 312, 529c.

Wahl, E. R. a Ammann, C. M. (2006) "Robustnost rekonstrukce povrchových teplot severní polokoule podle Manna, Bradleyho a Hughese: *Climatic Change*, v tisku.

Wahl, E. R., Ritson, D. M., a Ammann, C. M. (2006) "Comment on 'Reconstructing past climate from noisy data'," *Science*, 312, 529b.

Wunsch, C. (2002) "Ocean observations and the climate forecast problem," in *Meteorology at the Millennium*, (R. P. Pearce, ed.) London: Academic Press, 233

Wunsch, C. (2006) "Náhlá změna klimatu: An alternative view," *Quaternary Research*, 65, 191-203.

Zhang, Z., Mann, M.E. a Cook, E. R. (2004) "Alternativní metody rekonstrukce klimatických polí na základě proxy: Application to summer drought over conterminous United States back to AD 1700 from tree-ring data," *Holocene*, 14, 502-516.

Další literatura včetně článků v populárním tisku

Colligan, Douglas (1973) "Připravte se na další dobu ledovou," *Science Digest*, 73(2), 57- 61.

Crok, Marcel (2005) "Důkaz, že změny klimatu způsobuje lidstvo, je vyvrácen: Kjótský protokol je založen na chybných statistikách," *Natuurwetenschap & Techniek*, únor 2005.

Gwynne, Peter (1975) "The cooling world", *Newsweek*, 28. dubna 1975.

Mezivládní panel pro změnu klimatu (2001) *Climate Change 2001: Third Assessment Report*, IPCC (zejména kapitola 2: "Pozorovaná proměnlivost a změna klimatu", Folland C. K. a Karl, T. R., koordinující vedoucí autoři).

Kerr, Richard A. (2006) "Yes, it's been getting warmer in here since the CO₂ began to rise," *Science*, 312, 1854.

Legates, David (2005) "Kde jsou data?: dodržování vědeckých standardů by zabránilo výzkumníkům v oblasti klimatu uvádět nepravdivé údaje, jako je "hokejka",
Financial Post, 20. září 2005.

Lindzen, Richard (2001) "Zpráva vědců nepodporuje Kjótskou smlouvu," *Wall Street Journal*, 11. června 2001.

Michaels, Patrick J. a Douglass, David H. (2004) "Global-warming sciences meltdown", *Washington Times*, 16. srpna 2004, strana A17.

Muller, Richard (2004) "Bomba o globálním oteplování", *MIT Technology Review*, http://www.technologyreview.com/BizTech/wtr_13830,296,p1.htm.

NRC (1995) *Research-Doctorate Programs in the United States*, Národní akademie věd, Washington, DC.

NOAA (2005) *SAP-1.1 Prospectus for Temperature Trends in the Lower Atmosphere: V rámci programu Climate Change and Assessment Program Synthesis and Assessment Product 1.1.: Understanding and Reconciling the Differences (Pochopení a vyrovnání rozdílů)*.

Sullivan, Walter (1975a) "Vědci se ptají, proč se světové klima mění: *The New York Times*, str. 92, 21. května 1975.

Sullivan, Walter (1975b) "Klimatické změny způsobené aerosoly v atmosféře se obávají," *The New York Times*, str. 1, 14. září 1975.

Zidek, James V. (2006) "Editorial: (post-normální) statistická věda," *Journal of the Royal Statistical Society (A)*, 169, pt. 1, 1-4.

Prezentace

Mann, Michael E. (2006) "Climate Over the Past 1-2 Millennia", prezentace v Národní akademii věd, 3. března 2006.

McIntyre, Stephen (2005) "Low-Frequency Ranges in Multiproxy Climate Reconstructions", zasedání AGU v prosinci 2005.

McIntyre, Stephen a McKitrick, Ross (2006) "Rekonstrukce povrchové teploty za posledních 1000-2000 let", prezentace v Národní akademii věd, 3. března 2006.

McIntyre, Stephen a McKitrick, Ross (2005) "The Hockey Stick Debate: "Lekce z odhalování informací a náležitě péče", 7. září 2005.

McKitrick, Ross (2005) "O čem je debata o "hokejce"?" Studijní skupina APEC, Austrálie, 4. dubna 2005.

von Storch, Hans a Zorita, Eduardo (2006) "Rekonstrukce historických teplot v posledním tisíciletí - analýza metod - význam antropogenních změn klimatu", prezentace v Národní akademii věd, 3. března 2006.

Webové stránky

<http://www.climateaudit.org> (webové stránky McIntyry a McKitricka)

<http://www.climate2003.org> (webové stránky McIntyry)

<http://www.realclimate.org> (webové stránky Manna)

<http://www.meteo.psu.edu/~mann/Mann/index.html>

http://unfccc.int/meetings/cop_11/items/3394.php

DODATEK

Příloha A. Matematické základy PCA

A.1 Vlastní vektory a vlastní hodnoty

Uvažujme obecnou čtvercovou matici $d \times d$ M a vektor z . O vektoru z se říká, že je to vlastní vektor matice M , jestliže $Mz = sz$, kde s je skalár. Způsob, jak o tom přemýšlet Geometricky lze říci, že matice jako M může mít tři účinky. Mohla by otáčet vektor, zrcadlově zobrazovat vektor a měnit jeho měřítko. Obecně však nemůže vektor přeložit. Pokud otočí vektor nebo zrcadlově zobrazí vektor do zmenšené verze sebe sama, pak je vektor vlastním vektorem matice.

Jako jednoduchý příklad $M = \begin{pmatrix} 8 & 10 \\ 3 & -1 \end{pmatrix}$ a $z = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ Pak $Mz =$
 uvedme
 $\begin{pmatrix} 8 & 10 \\ 3 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18 \\ 2 \end{pmatrix} = 10 \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ nechat $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ je tedy vlastním vektorem M
 $= 10z.$

se říká, že stupnice s je vlastní číslo odpovídající vlastnímu vektoru.

Vlastní vektory lze nalézt pouze pro čtvercové matice a ne všechny matice mohou mít vlastní vektory.

vlastní vektory. Pokud má symetrická matice $d \times d$ vlastní vektor, bude mít d z d je. Vlastní vektory d budou navzájem kolmé. Je také jasné, že že pokud s škálovat a matici pomocí řek s , pak a skalárem množství, ně me

$(sM)z = s(Mz) = s(sz) = (ss)z$. Pokud tedy matici škálujeme o hodnotu s , dostaneme.

o stejnou hodnotu škálovat odpovídající vlastní číslo. Je vhodné měnit měřítko největšího vlastního vektoru na délku 1. V tomto případě se přeškálované vlastní vektory stávají ortonormální báze pro d -rozměrný vektorový prostor. Ve výše uvedeném příkladu je délka

délka vlastního $\sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}$. Tedy $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ je jednotkový vlastní vektor, jehož vektoru je $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

A.2 Hlavní komponenty

Ortogonalita vlastních vektorů je atraktivní vlastností, kterou bychom rádi využili pro vícerozměrnou analýzu dat. Můžeme začít s řadou datových vektorů, řekněme $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_d$, které mohou být ve skutečnosti vysoce korelované. Chtěli bychom

vytvořit další množinu datových vektorů, které jsou ortogonální. As_sume_že_vektory, $\mathbf{1}_1, \mathbf{1}_2, \dots, \mathbf{1}_d$, jsou.

sloupcové vektory délky n . Můžeme tvořit x_1, x_2, \dots, x_d , výběrové průměry každého z nich.

sloupcový vektor. Pak $\mathbf{1}_1 - x_1, \mathbf{1}_2 - x_2, \dots, \mathbf{1}_d - x_d$ jsou sloupcové vektory centrované.

data, která lze uspořádat do $n \times d$ datová matice X . Pak $\frac{1}{n} X X^T$ je

$d \times d$ kovarianční matice odpovídající datové matici X . Zde X^T označuje X transponovat. Protože $\frac{1}{n} X X^T$ je čtvercová matice, vlastní vektory spojené s $\frac{1}{n} X X^T$ jsou

$z_{x1}, z_{x2}, \dots, z_{xd}$. Necht' odpovídající vlastní čísla $\lambda_{x1}, \lambda_{x2}, \dots, \lambda_{xd}$ aby jsou

vlastní čísla jsou seřazena v klesajícím pořadí podle velikosti. Geometrická interpretace prvního vlastního vektoru je taková, že ukazuje směrem, který má největší rozptyl. Druhý vlastní vektor ukazuje ve směru ortogonálním k prvnímu vlastnímu vektoru a ve směru, který má druhý největší rozptyl, a tak dále pro zbývající vlastní vektory. Vlastní vektory jsou vždy $d \times 1$ sloupcových vektorů. Skutečnost, že tyto vektory jsou jednotkové vektory (tj. mají velikost 1), vystihuje $z^T z_i = 1, i = 1, 2, \dots, d$ a že jsou ortogonální je zachyceno

$$z_i^T z_j = 0, i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, d.$$

Jestliže

$z_{xj} = (c_{xj1}, c_{xj2}, \dots, c_{xjd})^T$ je sloupcový vektor pro j -tý vlastní vektor, pak

$$y_{kj} = \sum_{i=1}^d (x_{ki} - \bar{x}_k) c_{xji}$$

je k -tá položka j -tá hlavní komponenta. V maticovém tvaru $y_j = X z_j$ je j -tý

hlavní komponenta. V notaci Manna et al. (1998) se y_1 je PC_1 a toto odpovídá první rekonstrukci. Protože X je matice $n \times d$ a z_j je $d \times 1$ sloupcový vektor, y_j je $n \times 1$ sloupcový vektor a v případě Manna et al. (1998) bude představovat j -tou hlavní složku časové řady. Pokud sestavíme vlastní vektory do a $d \times d$ matice $U = (z_{x1}, z_{x2}, \dots, z_{xd})$, pak $XU = XV$ by byla matice hlavních komponenty.

Metodika hlavních komponent se obvykle používá pro redukcí dimenze. počítá s tím, že pro některé $j_0, j_1 \approx 0$ pro $j \neq j_0$. Pro $j \neq j_0$ je tedy hlavní princip lze považovat za zanedbatelné, a proto se k nim nepřihlíží. V modelu rekonstrukce teploty se k rekonstrukci časové řady, která zachycuje největší variabilitu dat, používá PC_1 (první hlavní komponenta).

A.3 Numerické metody a ilustrace zkreslení

U velkých souborů dat je preferovanou numerickou metodou pro nalezení vlastních čísel použití rozkladu matice X na singulární hodnoty. Rozklad singulárních hodnot (SVD) je dán vztahem

$$X = U D V^T,$$

kde D je diagonální matice o d singulárních hodnotách a matice U ($n \times d$) a V ($d \times d$) splňují $U^T U = 1_d$ a $V V^T = V^T V = 1_d$. V tomto případě U^T

$$\Sigma^{\wedge} = \frac{1}{n} (U D V)^T (U D V) = \frac{1}{n} V D U^T U D V^T = \frac{1}{n} V D V^T.$$

Vlastní vektory Σ^{\wedge} jsou právě singulární vektory X dané V .

V práci Manna a kol. (1998) je studované období rozděleno na rekonstrukční období 1400-1995 a tréninkové období 1902-1980, ve kterém jsou k dispozici všechny proxy

proměnné. Datová matice je centrována pomocí tréninkových dat, nikoliv pomocí celkových průměrů. Protože tréninkové období má vyšší teploty, zkresluje to celková data pro období 1400-1995 níže, čímž se nafoukne rozptyl. V tomto případě již pravé singulární vektory, V , nejsou vlastními vektory.

Obecně,

$$\begin{aligned} \Sigma^{\wedge} &= \frac{1}{n} X^T X - \mathbf{1}\mathbf{1}^T \\ &= X^T X \end{aligned}$$

kde je $\mathbf{1}$ vektor průměrů proměnných v X po částečném centrování. Pro toto X platí necht' sloupcové vektory pravé singulární matice V jsou z_1, z_2, \dots, z_d . Protože tyto tvoří ortonormální bázi, můžeme najít konstanty β_i , které splňují následující podmínky

$$\mathbf{1} = \sum_{i=1}^d \beta_i z_i \quad \text{aby} \quad \mathbf{1}\mathbf{1}^T = \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^d \beta_i \beta_j z_i z_j^T$$

Abychom zjistili, jak blízko jsou singulární hodnoty z_k , vlastním Σ^{\wedge} nahradíme vektorům z

$$\begin{aligned} \Sigma^{\wedge} z &= \left(\frac{1}{n} X^T X - \mathbf{1}\mathbf{1}^T \right) z_k \\ &= \frac{1}{n} X^T X z_k - \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^d \beta_i \beta_j z_i z_j^T z_k \\ &= \frac{1}{n} X^T X z_k - \sum_{i=1}^d \beta_i \beta z_{ki} \\ &= \frac{1}{n} X^T X z_k - \beta_k \mathbf{1} \end{aligned}$$

Pokud $\mathbf{1}$ není náhodou vlastní vektor, takže $z_k = \mathbf{1}$ pro nějaké k , nejsou singulární vektory směry vlastních vektorů. Jsou vychýleny směrem k neodečtenému střednímu vektoru.

– $\mathbf{1}$. Všimněte si, že pokud jeden datový vektor (proxy proměnná) $\mathbf{1}_k$ má náhodou mnohem větší

rozptylu než ostatní, pak se metoda hlavních komponent pokusí přizpůsobit této proměnné, což způsobí, že se vlastní vektor vyrovná s proměnnou. Podobně největší složkou středního vektoru bude příspěvek od proměnné $\mathbf{1}_k$, takže vlastní vektor a střední vektor bude takový, že směry z_k a budou mít tendenci se vyrovnávat. Pokud pak je přidružená vlastní hodnota pro $\frac{1}{n} X^T X$ vychýlena směrem nahoru o hodnotu $-\mathbf{1}^T \mathbf{1}$ – $\mathbf{1}$. Toho může být značná. První vlastní vektor $X^T X$ tak bude vychýlen směrem k $\mathbf{1}$ a jeho význam bude nadhodnocen o $-\mathbf{1}^T \mathbf{1}$.

DODATEK B. Žádost Výboru pro vědu Sněmovny reprezentantů / předseda Boehlert

Kromě úsilí, které vyvinul Výbor pro energetiku a obchod Sněmovny reprezentantů, se o vyjasnění těchto otázek snažil také Výbor pro vědu Sněmovny reprezentantů. Za tímto účelem se Výbor pro vědu Sněmovny reprezentantů zavázal pověřit Národní radu pro výzkum (NRC) Národní akademie věd (NAS).

Obvinění Výboru pro vědu Sněmovny reprezentantů pro NAS

Skupina by měla v jasné a stručné zprávě vydané v relativně krátké době odpovědět na následující otázky:

1. Jaký je současný vědecký konsenzus ohledně teplotních záznamů za posledních 1 000 až 2 000 let? Jaké jsou hlavní oblasti nejistoty a jak jsou významné?
2. Jaký je současný vědecký konsenzus ohledně závěrů doktorů Manna, Bradleyho a Hughese? Jaké jsou hlavní vědecké výtky vůči jejich práci a jak významné jsou? Byly k dispozici informace potřebné k replikaci jejich práce? Byli jiní vědci schopni jejich práci zopakovat?
3. Jak zásadní význam má debata o paleoklimatických teplotních záznamech pro celkový vědecký konsenzus o globální změně klimatu (jak se odráží v předchozích zprávách Akademie)? Jak zásadní význam má práce doktorů Manna, Bradleyho a Hughese pro konsensus o teplotních záznamech?

Interní překlád pověření NAS/NRC pro Radu pro vědu o atmosféře (NAS/Atmospheric Science Board)

Výbor popíše a zhodnotí stav vědeckého úsilí o rekonstrukci záznamů povrchových teplot na Zemi za posledních přibližně 2 000 let. Výbor shrne současné vědecké informace o teplotních záznamech za poslední dvě tisíciletí, popíše hlavní oblasti nejistoty a jejich význam, popíše hlavní používané metodiky a případné problémy s těmito přístupy a vysvětlí, jak zásadní význam má debata o paleoklimatických teplotních záznamech pro stav vědeckých poznatků o globální změně klimatu. V rámci tohoto úsilí se výbor bude zabývat úkoly, jako např.:

1. Popište proxy záznamy, které byly použity k odhadu povrchových teplot pro období před příchodem přístrojů (např. letokruhy stromů, jádra sedimentů, izotopy ve vodě a ledu, biologické indikátory, indikátory z korálových útvarů, geologické vrty a historické záznamy), a zhodnoťte jejich omezení.
2. Diskutujte o tom, jak lze proxy data použít k rekonstrukci povrchové teploty v různých zeměpisných oblastech a časových obdobích.

3. Posoudit různé metody používané ke kombinaci více proxy dat pro vytvoření velkoplošných rekonstrukcí povrchové teploty, hlavní předpoklady spojené s každým přístupem a nejistoty spojené s těmito metodikami.
4. Vyjádřete se k celkové přesnosti a preciznosti těchto rekonstrukcí, k příslušným otázkám kvality dat a přístupu k nim a k budoucím výzvám výzkumu.

Poznámka: prohlášení o úkolu revidováno 30. 3. 2006. Tuto studii sponzoruje Národní akademie. Přibližné datum zahájení projektu je 19. 1. 2006. Výbor vydá závěrečnou zprávu přibližně za čtyři měsíce.

Poznámka: Přestože studii Akademie inicioval Výbor pro vědu Sněmovny reprezentantů, Akademie se rozhodla nezabývat se konkrétními otázkami Výboru pro vědu Sněmovny reprezentantů a rozhodla se zaměřit studii Akademie mimo konkrétní otázky a zabývat se širšími otázkami.

Pokoušíme se zde odpovědět na otázky Výboru pro vědu Sněmovny reprezentantů.

- Jaký je současný vědecký konsenzus ohledně teplotních záznamů za posledních 1 000 až 2 000 let?

Odpověď: Přístrojové záznamy o teplotách jasně dokazují, že teploty od roku 1850 rostou a že globální oteplování je skutečností. Jak přesné jsou rekonstrukce za poslední tisíciletí, je předmětem diskuse a domníváme se, že v této otázce nepanuje shoda.

- Jaké jsou hlavní oblasti nejistoty a jak jsou významné?

Odpověď: V proxy datech je zakódováno mnoho faktorů, jedním z nich je teplota. Teplotní proxy je však zmatena mnoha dalšími faktory, které nebyly odděleny, včetně vlivu hnojení oxidem uhličitým. Vysoká míra variability v proxy datech a také absence nízkofrekvenčních efektů činí rekonstrukce problematictějšími, než by si zastánci těchto metod mysleli. Kalibraci navíc ztěžuje absence skutečně významného stacionárního, instrumentálního teplotního záznamu.

- Jaký je současný vědecký konsenzus ohledně závěrů doktorů Manna, Bradleyho a Hughese?

Odpověď: Na základě prostudované literatury lze konstatovat, že ohledně MBH98/99 nepanuje všeobecná shoda. Jak jsme analyzovali v naší sociální síti, existuje úzce propojená skupina jednotlivců, kteří ve své teze vášnivě věří. Podle našeho názoru má však tato skupina samoposilující zpětnovazební mechanismus a navíc je práce dostatečně zpolitizovaná, takže jen stěží může přehodnotit své veřejné postoje, aniž by ztratila důvěryhodnost.

- Jaké jsou hlavní vědecké kritiky jejich práce a jak jsou významné?

Odpověď: Domníváme se, že byla nesprávně použita (statistická) analýza hlavních komponent a na jejím základě byly vyvozeny nepodložené závěry o současném rozsahu globálního oteplování ve srovnání s historickou minulostí. Spěcháme zopakovat, že Země se otepluje. Nezdá se však, že by mechanismus tohoto procesu byl tak dobře pochopen, jak by nás někteří vědci chtěli přesvědčit. Kromě toho se zdá, že používání některých zástupných ukazatelů není tak pečlivě řízeno, jak bychom si přáli.

- Byly k dispozici informace potřebné k replikaci jejich práce?

Odpověď: Podle našeho názoru je odpověď záporná. Jak již bylo zmíněno, v MBH98 byly mezery.

- Podařilo se ostatním vědcům zopakovat jejich práci?

Odpověď: von Storch, Zorita a González-Rouco ve své prezentaci výboru NAS uvádějí, že Bürger et al. (2006) reprodukovali výsledky MBH98. Tuto skutečnost jsme nezávisle neověřili.

- Jak zásadní význam má debata o paleoklimatických teplotních záznamech pro celkový vědecký konsenzus o globální změně klimatu (jak se odráží v předchozích zprávách Akademie)?

Odpověď: V reálném smyslu jsou výsledky paleoklimatu MBH98/99 pro konsenzus o změně klimatu v podstatě irelevantní. Přístrojové záznamy teplot od roku 1850 jasně ukazují na nárůst teploty. Zdá se, že je méně jasné, zda se jedná o bezprecedentní nárůst v posledním tisíciletí, a není známo, do jaké míry mohou přirozené planetární procesy zmírnit nadměrné uvolňování skleníkových plynů. Důležitější je podle našeho názoru skutečné poznání a pochopení procesů globálního oteplování.

- Jak zásadní význam má práce doktorů Manna, Bradleyho a Hughese pro konsenzus o teplotním záznamu?

Odpověď: MBH98/99 byl zpolitizován IPCC a dalšími veřejnými fóry a vyvolal nešťastný konsenzus ve veřejném a politickém sektoru a byl do značné míry přijat jako pravda. Ve vědecké komunitě a v některých konzervativních sektorech populárního tisku existuje alespoň určitá míra skepse.

DODATEK C. Shrnutí důležitých dokumentů, o nichž se ve zprávě hovoří

Shrnutí doktorské disertační práce Michaela E. Manna, *Studie interakce oceánu a atmosféry a nízkofrekvenční proměnlivosti klimatického systému (1998)*

Dr. Mann se snaží objasnit nízkofrekvenční změny klimatu, aby bylo možné definovat vliv dalších faktorů (antropogenní vlivy atd.) na klima. Metoda Dr. Manna zahrnuje zjednodušený teoretický model, který poskytuje popis vlivu oceánské cirkulace na klima, a také použití vícerozměrné statistické metodologie při rekonstrukci oscilačních signálů nízkých frekvencí s využitím proxy a instrumentálních dat. Dr. Mann sice uvádí, že existuje jen málo spolehlivých důkazů o periodických klimatických signálech kromě ročních sezónních výkyvů, ale poznamenává, že mnohé klimatické procesy mají zřejmě oscilační charakter. Dr. Mann přisuzuje tento "kvazioscilační" klimatický signál lineárním a nelineárním mechanismům zpětné vazby. Navíc se tyto signály vyznačují definovanými, konečnými, desetiletými až stoletými výkyvy. Dr. Mann na základě zkoumání proxy dat dospěl k závěru, že nejpravděpodobnějším zdrojem klimatických výkyvů jsou spřažené procesy mezi oceánem a atmosférou.

Dr. Mann ve své analýze zjistil, že tradiční přístup k detekci klimatických signálů, tedy jednorozměrná spektrální analýza, podhodnocuje vícedekádové výkyvy. Pro detekci klimatického signálu volí vícerozměrnou metodu, analýzu hlavních komponent v kombinaci se spektrální analýzou. Tato metoda však také přináší problémy, protože jednotlivé hlavní komponenty představují různé klimatické signály a různý rozklad souvisejícího šumu. Dr. Mann to přičítá dvěma po sobě jdoucím statistickým operacím se zaměnitelnými optimalizačními vlastnostmi. Dr. Mann dále zkoumá několik různých metod analýzy hlavních komponent, které tyto negativní účinky zmírňují, ale nakonec se ustálí na multitaповém rozkladu singulárních hodnot ve frekvenční oblasti neboli "MTM-SVD".

MTM-SVD izoluje statisticky významné oscilace, které jsou korelovány s nezávislými časovými řadami. Tato metoda je užitečná při popisu prostorově korelovaných oscilačních signálů, které mají libovolné prostorové vztahy v amplitudě a fázi. Následně může tento přístup odhalit stojaté a putující vzory v časoprostorovém souboru dat a také zohlednit periodické nebo aperiodické oscilační vzory. Dr. Mann tvrdí, že tato metoda umožňuje přesnou rekonstrukci klimatických prostorově-časových vzorců ponořených do šumu.

Pomocí těchto metod Dr. Mann zjistil dlouhodobý trend globálního oteplování a anomální vzorce atmosférické cirkulace. Tyto vzorce vykazují podobnost s modelovanou reakcí klimatu na zvýšený obsah skleníkových plynů. Kromě toho Dr. Mann zjistil významné vnitřní 50-100leté oscilace s podobnými rysy, které se vyskytují po několika století. Podobné oscilační signály byly v jiných modelových simulacích přisuzovány variabilitě termohalinní cirkulace a spřaženým procesům mezi oceánem a atmosférou. Dr. Mann rovněž zjistil výrazné 10-15leté oscilace v instrumentálních datech. Tento důkaz několika meziročních klimatických signálů komplikuje interpretaci dat z hlediska jednoduchého lineárního dynamického mechanismu.

Dále Dr. Mann navrhuje alternativní metodu modelování změn oceánské cirkulace ve vztahu ke klimatu. Vychází z rovnic, jimiž se řídí oceánská cirkulace, a rozděluje je na dvě části. Dr. Mann studuje tyto dva dominantní způsoby cirkulace, gyrovou a střední meridionální převratnou cirkulaci, odděleně i dynamicky propojené. Poznává, že tento typ modelování má význam pouze tehdy, když jsou náležitě zohledněny nejednotné vlivy pro každou sekci. Po odvození těchto dvou složek zavádí Dr. Mann některé aproximace a zjednodušení, aby umožnil jejich propojení. Na základě toho Dr. Mann vytváří to, co považuje za poměrně věrný popis velkorozměrové oceánské cirkulace, teplotních polí a polí salinity světových oceánů. Upozorňuje však na jednu výhradu, že tento model je velmi citlivý na dynamiku, která vzniká, když se nebere v úvahu gyrová cirkulace. Pokud tyto gyrové procesy v modelu chybí, je jasně definován 200-300letý režim proměnlivosti oceánů, který Dr. Mann považuje za lineární režim proměnlivosti meridionální převratné cirkulace. Dr. Mann odhaduje vliv oceánské cirkulace na atmosféru pomocí parametrizace modelované odezvy atmosféry na změny teploty povrchu moře. Pokud jsou zohledněny procesy v měřítku gyru, je přítomna nestabilita v rozmezí 70-100 let. Dr. Mann interpretuje tuto variaci jako mechanismus oceánského zpožděného oscilátoru způsobený změnami v meridionálním převracení, které následně způsobuje změny v přípovrchové salinitě a advekci tepla. Tyto vlivy následně tlumí meridionální převratnou cirkulaci dříve, než se může stát velkoplošnou. Dr. Mann tvrdí, že výsledky modelové studie zdůrazňují možné interakce mezi těmito dvěma hlavními cirkulačními procesy a povahu proměnlivosti v dekadovém až stoletém měřítku.

Dr. Mann tvrdí, že jeho práce přináší přesvědčivé důkazy o existenci 50-100letých oscilací s centrem v severním Atlantiku, které přetrvávají po několik století. To svědčí o tlumených oscilacích v klimatickém systému (ale není to průkazné). Dr. Mann rovněž tvrdí, že byla zjištěna atmosférická odezva na oba tyto hlavní cirkulační procesy, která úzce koresponduje s kolísáním tlaku mořské hladiny. Nakonec Dr. Mann obhájí robustnost tohoto zjednodušeného modelu a uvádí, že pozorovaná proměnlivost klimatu je v souladu s mnoha komplexními klimatickými mechanismy, které nejsou v této studii zahrnuty. Nicméně s větším množstvím dlouhodobých proxy dat a rozsáhlejšími rekonstrukcemi klimatu poskytne aplikace zde popsaných metod detekce signálů další vhled do povahy těchto klimatických signálů v měřítku desetiletí až století.

Shrnutí *globálních teplotních vzorců a klimatických vlivů za posledních šest století* od Michaela Manna, Raymonda Bradleyho a Malcolma Hughese (1998).

Ve snaze pochopit dlouhodobé globální změny klimatu Mann a kol. využívají široce rozšířený soubor proxy a instrumentálních klimatických indikátorů k rekonstrukci globálních teplotních vzorců za posledních 500 let. Na základě těchto údajů se pokoušejí odhadnout vztah mezi změnami globální teploty a změnami vulkanických aerosolů, slunečního záření a koncentrací skleníkových plynů.

Data se skládala z multiproxy sítě. V tomto případě je proxy časová řada sestavená z údajů z různých zdrojů, jako jsou měření letokruhů stromů, ledová jádra, tání ledu a historické záznamy. Celkově síť zahrnuje 112 proxy a každá řada byla zformátována do ročních průměrných anomálií vzhledem k referenčnímu období použitému pro tato data, tj. období 1902-1980. Určité soubory údajů o stromových letokruzích byly reprezentovány malým počtem hlavních komponent. Dendroklimatické údaje byly rovněž pečlivě přezkoumány, aby byla zajištěna standardizace a dostatečná délka segmentů. Přestože datová síť pokrývá velkou část zeměkoule, existuje pouze dostatek spolehlivých informací pro provedení prostorové analýzy severní polokoule.

Vzhledem k heterogenitě dostupných informací Mann et al. kalibrovali soubory dat tak, že nejprve rozložili instrumentální data z 20th století na dominantní vzorce variability pomocí analýzy hlavních komponent a následně kalibrovali jednotlivé klimatické proxy indikátory na základě časových průběhů těchto odlišných vzorců během jejich vzájemného intervalu překrývání. Tento kalibrační přístup zahrnuje tři předpoklady: 1) indikátory v naší síti jsou lineárně vztaženy k jednomu nebo více instrumentálním tréninkovým vzorcům, 2) relativně řídký, ale široce rozložený vzorek dlouhých proxy a instrumentálních záznamů může měřit malý počet stupňů volnosti v klimatických vzorcích na meziročních a delších časových škálách a 3) vzorce variability zachycené multiproxy sítí mají analogie ve vzorcích, které se nacházejí v kratších instrumentálních datech. Mann a kol. ve své analýze hlavních komponent (PCA) izolovali malý počet dominantních vzorců variability, jinak označovaných jako "empirické vlastní vektory". Každý z těchto vzorců nebo vlastních vektorů má charakteristický prostorový vzorec a vzorec vyvíjející se v čase (označovaný také jako "hlavní složka"). Tyto vlastní vektory jsou seřazeny podle procenta rozptylu, který popisují. Prvních pět vlastních vektorů popisuje 93 % celkového rozptylu. Každý z ukazatelů v této studii byl kalibrován pomocí těchto pěti vlastních vektorů.

Rekonstrukce teploty odvozené pomocí všech ukazatelů a neoptimálnějších podskupin vlastních vektorů ukazují dlouhodobé trendy včetně výrazných chladných období v polovině 17. a polovině 19. století a teplejších intervalů v polovině 16. a na konci 18. století. Na základě jejich metod vykazují téměř všechny roky před dvacátým stoletím teploty výrazně nižší než průměrná teplota dvacátého století. S přihlédnutím k nejistotám v jejich rekonstrukci zjistili, že roky 1990, 1995 a 1997 vykazují anomálie, které jsou větší než kterýkoli jiný rok zpětně až do roku 1400, a to s přibližně 99,7% mírou jistoty.

Další experimenty s modely všeobecné cirkulace a energetické bilance, včetně některých statistických srovnání globálních teplot dvacátého století s řadami vlivů, naznačují, že ačkoli jak sluneční záření, tak skleníkové plyny hrají určitou roli při vysvětlování klimatických trendů dvacátého století, zdá se, že skleníkové plyny hrají v tomto století stále dominantnější roli. Kromě toho se doufá, že až bude k dispozici větší počet kvalitních proxy rekonstrukcí, bude možné vytvořit globálně reprezentativnější síť multiproxy dat pro další studium.

Shrnutí teplot na severní polokouli v uplynulém tisíciletí: závěry, nejistoty a omezení Mann et al. (1999)

Odhady proměnlivosti klimatu v minulých staletích se opírají o nepřímé "proxy" indikátory - přírodní archivy, které zaznamenávají změny klimatu v minulosti: letokruhy stromů, sedimenty, ledová jádra a korály. MBH98 použil tyto zástupné ukazatele teploty k rekonstrukci ročního chodu globální povrchové teploty až do roku 1400 našeho letopočtu. V tomto článku se Mann a kol. pokoušejí rekonstruovat globální průběh povrchových teplot před rokem 1400, protože se předpokládá, že teploty byly vyšší i před obdobím rekonstruovaným v MBH98. Aby však bylo možné tyto teplotní vzorce rekonstruovat, byla stejná metodika použitá v MBH98 použita na ještě řidší síť proxy dat, která byla k dispozici před rokem 1400. Pro toto období je k dispozici pouze 12 použitelných ukazatelů. Protože je k dispozici pouze malý počet indikátorů v oblastech, kde má primární vzorec kolísání průměrné teploty na polokouli značnou amplitudu, hrají tyto indikátory obzvláště důležitou roli. Stejně jako v případě MBH98 se kalibrační postup pro těchto 12 indikátorů opírá o dva předpoklady: zaprvé, že existuje lineární vztah mezi proxy klimatickými indikátory a určitou kombinací velkoplošných teplotních vzorců a zadruhé, že vzorce povrchové teploty v minulosti lze vhodně popsat pomocí určitých lineárních kombinací dominantních současných vzorců povrchové teploty. Statistiky kalibrace/verifikace pro rekonstrukce založené na 12 indikátorech jsou poněkud zhoršené ve srovnání se statistikami pro období po roce 1400 CE. Vysvětlený rozptyl v datech MBH98 (po roce 1400 n. l.) se pohyboval mezi 42 % a 51 %, zatímco vysvětlený rozptyl mezi těmito 12 indikátory je mezi 34 % a 39 %. Navíc první hlavní komponenta dat ITRDB (International Tree Ring Data Bank) v této analýze je jedinou z těchto řad, která vykazuje významnou korelaci s časovým průběhem dominantního teplotního vzorce kalibračního období 1902-1980. Pokud je tento ukazatel vynechán, nelze pro řady ze severní polokoule (NH) získat kladné skóre kalibrace/variance. ITRDB PC1 je tedy nejvýznamnější složkou při řešení teplotních trendů na polokouli. Předpoklad, že tento vztah je konzistentní s časem, vyžaduje bližší studium, a proto bude pro jistější závěry zapotřebí rozsáhlejší síť proxy indikátorů.

Rekonstruovaná řada NH ukazuje na období ochlazení před industrializací, které bylo pravděpodobně způsobeno astronomickými vlivy¹, které pravděpodobně dlouhodobě snižovaly teploty od poloviny holocénu. Kromě toho může být významná dlouhodobá proměnlivost klimatu spojena s kolísáním slunečního záření. Naše rekonstrukce podporuje představu, že na počátku tisíciletí nastaly teplejší podmínky na polokouli, po nichž následovalo dlouhé období ochlazení začínající ve 14th století, které lze považovat za počáteční nástup malé doby ledové. Nicméně i teplejší intervaly v naší rekonstrukci blednou ve srovnání s moderními teplotami (polovina až konec 20.th století). Údaje stále potvrzují závěr, že 90. léta 20. století byla pravděpodobně nejteplejším desetiletím a že rok 1998 byl pravděpodobně nejteplejším rokem tisíciletí. Bez rozsáhlejších dat s vysokým rozlišením však nelze vyvozovat další závěry, pokud jde o prostorové a časové podrobnosti klimatických změn v minulém tisíciletí a později.

¹ Astronomické vlivy se týkají vlivu změn sklonu a tvaru oběžné dráhy Země na klima.

Shrnutí globálních teplotních trendů v minulých stoletích: (2000): Interaktivní prezentace Michaela Manna, Eda Gilleho, Raymonda Bradleyho a kol.

Tento článek rozšiřuje dřívější práci stejných autorů (*Global-scale temperature Patterns and Climate Forcing Over the Past Six Centuries* by Mann et al.), která k rekonstrukci proměnlivosti klimatu a teplot v uplynulých staletích použila multiproxy sítě nepřímých indikátorů proměnlivosti klimatu, jako jsou měření stromových letokruhů, ledová jádra, růst korálů atd.. V následujících pracích Mann et al. rozšířili rekonstrukci na kolísání teplot na severní polokouli (NH) v průběhu minulého tisíciletí, zkoumali vzorce kolísání klimatu v měřítku ENSO během minulých staletí, porovnávali pozorované vzorce kolísání klimatu v Atlantiku a posuzovali vztah mezi globálními vzorci kolísání klimatu a konkrétními regionálními vzorci. Nejnověji Mann a kol. poprvé zpřístupnili sezónně rozlišené verze globálních teplotních vzorců povrchu v interaktivním formátu, který uživatelům umožňuje vybrat si konkrétní prostorové oblasti nebo časová období, která je zajímají. Podrobnosti o datech a použitých metodách jsou popsány v publikacích Mann et al. (1998) a (1999).

Data se skládala z multiproxy sítě. V tomto případě je proxy časová řada sestavená z údajů z různých zdrojů, jako jsou měření letokruhů stromů, ledová jádra, tání ledu a historické záznamy. Celkově síť zahrnuje 112 proxy a každá řada byla zformátována do ročních průměrných anomálií vzhledem k referenčnímu období použitému pro tato data, tj. období 1902-1980. Určité soubory údajů o stromových letokruzích byly reprezentovány malým počtem hlavních komponent. Dendroklimatické údaje byly rovněž pečlivě přezkoumány, aby byla zajištěna standardizace a dostatečná délka segmentů. Přestože datová síť pokrývá velkou část zeměkoule, existuje pouze dostatek spolehlivých informací pro provedení prostorové analýzy severní polokoule.

Vzhledem k heterogenitě dostupných informací Mann et al. kalibrovali soubory dat tak, že nejprve rozložili instrumentální data z 20th století na dominantní vzorce variability pomocí analýzy hlavních komponent a následně kalibrovali jednotlivé klimatické proxy indikátory na základě časových průběhů těchto odlišných vzorců během jejich vzájemného intervalu překrývání. Tento kalibrační přístup zahrnuje tři předpoklady: 1) indikátory v naší síti jsou lineárně spojeny s jedním nebo více instrumentálními tréninkovými vzorci, 2) relativně řídký, ale široce rozložený vzorek dlouhých proxy a instrumentálních záznamů může měřit malý počet stupňů volnosti v klimatických vzorcích na meziroční a delší časové škále a 3) vzorce variability zachycené multiproxy sítě mají analogie ve vzorcích, které řešíme v kratších instrumentálních datech. Mann a kol. ve své analýze hlavních komponent (PCA) izolovali malý počet dominantních vzorců variability, jinak označovaných jako "empirické vlastní vektory". Každý z těchto vzorců nebo vlastních vektorů má charakteristický prostorový vzorec a vzorec vyvíjející se v čase (označovaný také jako "hlavní složka"). Tyto vlastní vektory jsou seřazeny podle procenta rozptylu, který popisují. Prvních pět vlastních vektorů popisuje 93 % celkového rozptylu. Každý z ukazatelů v této studii byl kalibrován pomocí těchto pěti vlastních vektorů.

Nejnovější teplotní rekonstrukce ukazují, že rok 1998 (na rozdíl od let 1990, 1995 a 1997, jak bylo dříve navrženo v publikacích Mann et al. 1998, 1999) byl s největší pravděpodobností nejteplejším rokem přinejmenším v minulém tisíciletí. Existují také odlišné teplotní trendy pro severní a jižní polokouli. Zatímco obě polokoule mají podobné trendy, chladné 19th století se zdá být poněkud výraznější na severní polokouli. Kromě toho důkazy naznačují, že oteplení po roce 1850 bylo dramatictější ve vyšších zeměpisných šířkách ve srovnání s nižšími zeměpisnými šířkami v důsledku větších pozitivních zpětných vazeb ve vysokých zeměpisných šířkách. Je patrné, že trendy průměrných ročních teplot ve vyšších zeměpisných šířkách jsou větší než samotné trendy na polokouli. Naproti tomu tropické pásmo vykazuje menší změny než celá řada na severní polokouli.

Mann a kol. také poskytují roční globální teplotní mapy pro roční průměr, boreální chladné období a teplé období pro rekonstruovaná teplotní pole z let 1730 až 1980, nezpracovaná teplotní data z let 1902-1993 (použitá pro kalibraci) a řídká nezpracovaná "ověřovací" data z let 1854 až 1901 (použitá pro křížovou validaci). Uživatelé mohou zkoumat prostorové vzorce a časové průběhy těchto globálních teplotních dat na adrese <http://www.ngdc.noaa.gov/cgi-bin/paleo/mannplot2.pl>.

Statistický vztah mezi změnami průměrné teploty v severní polokouli a odhady historie slunečního záření, skleníkových plynů a vulkanických vlivů naznačuje, že i když přirozené vlivy hrají určitou roli, neobvyklé oteplení v posledních několika desetiletích lze vysvětlit pouze vlivem skleníkových plynů. Mann et al. také zkoumali citlivost obklopující tyto vlivy a zjistili, že pokud se do atribuční analýzy zahrnou fyzikálně odůvodněná zpoždění, existují důkazy o ještě větších statistických vztazích s jednotlivými vlivy. Při fyzikálním zpoždění jednoho roku je vztah mezi výkyvy teplot a vulkanickými vlivy o něco konzistentnější. Při fyzikálním zpoždění 10 až 15 let je vztah mezi nárůstem skleníkových plynů a zvyšováním teplot podstatně významnější, zatímco vztah se slunečním zářením je méně významný. Existují tedy významné důkazy, že k oteplování v poslední době přispívají antropogenní aktivity.

Je zřejmé, že hlavní omezení rozsáhlých rekonstrukcí založených na proxy v minulých stoletích, a to jak časově, tak prostorově, spočívají ve stále řidší povaze dostupných sítí proxy, které poskytují spolehlivé informace o klimatu v minulosti. Je zapotřebí usilovného úsilí o rozšíření těchto sítí v prostoru a čase do té míry, aby bylo možné dosáhnout významného zlepšení a získat tak empiričtější poznatky o změnách klimatu v uplynulém tisíciletí.

Shrnutí pozorování oceánu a problému předpovědi klimatu od Carla Wunsch (2002)

Vzhledem k nedávnému významu studia klimatických změn se ukázalo, že pozorování oceánu a jeho klimatu je značně problematické. Velká část problémů je technického rázu, ale je zde také otázka kultury a nepochopení. Mnozí pracovníci v oblasti meteorologie mají stále zastaralé a zavádějící představy o oceánské cirkulaci. Wunsch ve svém článku nastiňuje příčiny mnoha problémů při pozorování oceánu.

Vzhledem k tomu, že až do nedávných technologických inovací bylo kvůli neprůhlednosti oceánu obtížné ho pozorovat a náklady na podporu oceánografických lodí byly neúnosné, časové řady oceánských proměnných téměř neexistovaly. Jediné proměnné, které bylo relativně snadné měřit a interpretovat, byly vlastnosti jako teplota, slanost a kyslík. Protože tyto vlastnosti jsou obzvláště stabilní, stal se převládajícím názorem statický obraz oceánské cirkulace. S příchodem moderní elektroniky se však získávání časových řad oceánografických dat stalo jednodušším. Po letech studia literatury a údajů na toto téma se ukázalo, že oceán je ve skutečnosti pod hladinou značně turbulentní a že jen málo prvků oceánské cirkulace, pokud vůbec nějaké, jsou skutečně stabilní.

Existuje rozsáhlá oceánská cirkulace, která se zdá být po desetiletí stabilní, ale předpokládá se, že se všude pomalu mění dosud neznámým způsobem. Současné znalosti o tom, jak oceánská cirkulace ovlivní klima, jsou však ve skutečnosti velmi úzké. Problém je navíc ještě umocněn tím, že modely se staly tak sofistikovanými a zajímavými, že je lákavé předpokládat, že musí být obratné. Většina článků napsaných na téma oceánografických modelů poskytuje čtenáři jen malé nebo žádné vodítko, pokud jde o skutečnou očekávanou dovednost modelu. Tento typ výzkumu vyvolává otázku, zda je skutečně věrohodné, že model oceánu se 4° nebo 1° může být integrován s dovedností na 1000 let? Velikost chyb v těchto modelech je při integraci na tak dlouhé časové období obrovská. Důkazů o dovednostech podobných modelů je málo.

Předpoklad, že oceánský systém je mnohem jednodušší, než ve skutečnosti je, vede ke zkreslení celé literatury. Čtenáři paleoklimatických článků si všimnou, že mimořádně složité a dalekosáhlé změny v klimatickém systému jsou často redukovány na jednoduchá tvrzení o tom, jak se změnil "globální transportér". Člověk by také mohl být podezřívavý ke "konkrétním" důkazům o modelování atmosféry, protože modelování atmosféry musí být stejně obtížné, ne-li obtížnější než modelování oceánu. K tomu, aby bylo možné začít vytvářet jakýkoli model, jsou zapotřebí roky pozorování pomocí oceánografických družic. Většina těchto družic není v současné době považována za funkční. Prvořadým zájmem je zajistit, aby všichni problému rozuměli, a uvědomit si velký vliv minulých předpokladů na budoucí nutnost.

Shrnutí oprav v databázi proxy dat Manna a kol. (1998) a v řadě průměrných teplot na severní polokouli od Stephena McIntyra a Rosse McKitricka (MM03) (2003)

Ve svém článku *Corrections to the Mann et al. (1998) Proxy Database and Northern Hemispheric Average Temperature Series* (dále jen MM03) McIntyre a McKitrick hodnotí metodiku a výsledky široce citovaného článku Manna, Bradleyho a Hughese *Global Scale Temperature Patterns and Climate Forcing Over the Past Six Centuries* (dále jen MBH98). V MBH98 se autoři pokusili rekonstruovat teplotní historii severní polokoule pro období 1400-1980. Jejich výsledkem byl graf ve tvaru "hokejky", z něhož vyvodili závěr, že teploty na konci 20.th století byly bezprecedentní a že roky 1990-2000 byly pravděpodobně nejteplejším desetiletím v tomto tisíciletí a rok 1998 byl pravděpodobně nejteplejším rokem v tomto tisíciletí. Tyto závěry zaujaly významné místo v diskusi o globální změně klimatu a v následných politických diskusích. MM03 se pokouší obnovit výzkum MBH98 s cílem prokázat nebo vyvrátit jejich závěry.

V průběhu reprodukce výzkumu McIntyre a McKitrick zjistili chyby ve statistické metodice MBH98. Především MM03 zjistil, že samotná tvorba databáze zástupných ukazatelů obsahovala závažné chyby. Proxy v tomto kontextu označuje jedno ze 112 používaných fyzikálních měření, které může sloužit jako indikátor klimatických podmínek, včetně teploty. Příkladem proxy jsou měření stromů, ledová jádra a míra kalcifikace korálů. Časové řady vytvořené z těchto měření tvoří základ studie MBH98.

MM03 tvrdí, že v databázi proxy MBH98 jsou následující chyby:

1. neodůvodněné zkrácení tří časových řad
2. kopírování hodnot 1980 z jedné řady do druhé
3. posunutí řady 18 o rok dříve, než bylo zřejmě zamýšleno.
4. Statisticky neodůvodněné extrapolace nebo interpolace k pokrytí chybějících údajů v řadě 19.
5. zeměpisné chyby a chybějící identifikátory polohy.
6. nedůsledné používání sezónních údajů o teplotě tam, kde jsou k dispozici roční údaje.
7. zastaralé údaje v nejméně 24 sériích, z nichž některé mohly být zastaralé již v době studie MBH98.
8. seznam nepoužitých plných mocí
9. nesprávný výpočet všech 28 hlavních komponent letokruhů stromů.

Po zohlednění hlavních chyb MM03 rekonstruoval průběh teplot. S využitím metodiky MBH98 se jim podařilo přesně reprodukovat graf ve tvaru "hokejky", který je uveden v závěrech MBH98. MM03, který stále používá stejnou základní metodiku, připravil data se zlepšenou kontrolou kvality, včetně použití nejnovějších dat a jejich správného srovnávání. Výsledkem byla rekonstrukce teploty na severní polokouli, která nabyla jiného tvaru, v němž teplotní index dosahuje vrcholu na

kolem roku 1450 n. l., tedy v blízkosti nejstaršího naměřeného bodu na grafu. MM03 dospěl k závěru, že chyby v MBH98 činí data nespolehlivými a zastaralými, takže nepodporují jejich konečné závěry.

Shrnutí *globální povrchové teploty za poslední dvě tisíciletí* od Michaela Manna a Philipa Jonese (2003)

Mann a Jones představují své rekonstrukce průměrné teploty povrchu severní a jižní polokoule za poslední dvě tisíciletí na základě proxy dat s vysokým rozlišením (v ročním nebo dekadovém měřítku). Pro severní polokouli používají předchozí rekonstrukce teploty z osmi různých oblastí na základě 23 jednotlivých proxy záznamů a pro jižní polokouli používají rekonstrukce teploty z pěti různých oblastí. Kompozice byly provedeny pro každou polokouli zvlášť na základě dostupných regionálních teplotních záznamů. Každý regionální teplotní záznam byl standardizován odstraněním dlouhodobého průměru a rozdělením směrodatnou odchylkou po dekadovém vyhlazení. Kompozity byly váženými kombinacemi standardizovaných proxy řad, váženými podle velikosti regionu a odhadované spolehlivosti klimatického signálu v proxy. Proxy záznamy vykazující záporné nebo přibližně nulové lokální korelace byly ze studie vyřazeny. Každý kompozit byl také standardizován tak, aby měl stejný průměr a dekadovou směrodatnou odchylku jako cílová instrumentální řada v období společného překryvu.

Bylo zjištěno, že rekonstrukce severní polokoule je do značné míry necitlivá na vyřazení kratších proxy záznamů nebo na vážení proxy řad, což naznačuje značnou robustnost. Rekonstrukce je v souladu s předchozími Mannovými rekonstrukcemi v tom smyslu, že oteplení na konci 20.th století je bezprecedentní. Větší nejistoty v rekonstrukci jižní polokoule vylučují podobný závěr pro tuto oblast. Pro snížení současných nejistot kolem rekonstrukce a definitivní závěry o proměnlivosti klimatu je třeba zvýšit kvalitu a množství proxy záznamů z jižní polokoule.

Shrnutí publikace *Rekonstrukce minulého klimatu na základě šumových dat* od Hanse von Storcha a kol. (2004)

Při pokusu o měření antropogenních vlivů na zemské klima je nutné vytvořit rekonstrukci minulých klimatických změn. Většina studií identifikovala různě teplé hodnoty v 11th a 12th století, po nichž následovala sekulární období ochlazení v polovině 16th, 17th a na počátku 19th století. Po těchto chladnějších intervalech následovalo oteplení, které se projevuje dodnes. O amplitudě těchto předindustriálních výkyvů se vedou diskuse, i když nejvýznamnější a nejcitovanější studie na toto téma, Mann et al. 1998 (MBH98), stejně jako Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC) uvádějí, že tyto výkyvy měly malou amplitudu. Nedávné studie však naznačují, že stoleté výkyvy mohly být větší, než se dříve předpokládalo. Tato studie využívá simulaci spojeného modelu atmosféry a oceánu v minulých tisíciletích jako náhradní klima pro testování metody rekonstrukce MBH98.

Při použití tohoto modelu jako virtuálního světa pro určení dovedností rekonstrukčních modelů založených na regresi, jako je MBH98, von Storch a kol. zjistili, že model je poměrně schopný při reprodukci krátkodobých změn, ale při dlouhodobých odhadech dochází k výraznému podhodnocení. V meziročním měřítku má rekonstrukce kalibrační statistiku redukce chyb 0,7 pro dokonalé pseudoproxy a 0,3 pro pseudoproxy s vyšším stupněm šumu. Při přibližně 50% míře šumu je však obnoveno pouze 20 % 100leté variability. Podobné výsledky byly získány při použití třetího spojeného modelu Hadleyho centra (HadCM3), což naznačuje, že výsledky nejsou závislé na použitém modelu.

Von Storch a spol. testovali také řadu dalších hypotéz. Zjistili, že zahrnutí většího množství instrumentálních dat do proxies výsledky nezlepšuje, rozšíření souboru proxy v řídkých oblastech výsledky zlepšuje jen okrajově a že rozšíření rozsahu teplotní variability přítomné v pseudoproxies výsledky výrazně zlepšuje. Kromě toho von Storch et al. zpochybnili platnost lineárních regresních modelů obecně při odhadu klimatu. Při použití pseudoproxies k odhadu lokálních teplot, které byly následně prostorově zprůměrovány k odvození teploty severní polokoule, zjistili podobné problémy, které se vyskytují v MBH98: podhodnocení nízkofrekvenční variability při daném množství šumu. Autoři došli k závěru, že simulace klimatu minulého tisíciletí jsou zatíženy omezeními modelu a nejistotami v oblasti vnějších vlivů, a proto je třeba výstupy posuzovat opatrně. Kromě toho lineární regresní metody použité v MBH98 trpí výraznými ztrátami stoletých a vícedekádových variací.

Shrnutí *M&M kritiky klimatického indexu severní polokoule MBH98: Stephen McIntyre a Ross McKittrick (MM05a) (2005a)*

V rozšíření svého článku z roku 2003 (*Corrections to the Mann et. Al. (1998) Proxy Database and Northern Hemispheric Average Temperature Series*) McIntyre a McKittrick podrobněji rozebírají svou kritiku práce Mann et. al. (1998) a reagují na její následnou aktualizaci Mann et. al. (1999). V reakci na McIntyru a McKittricka (2003) Mann et. al. zveřejnili nové informace týkající se jejich původního výzkumu, který se MM03 pokusil replikovat. Nové informace sice neobsahovaly zdrojový kód použitý k vytvoření původních výsledků, ale obsahovaly rozsáhlý archiv dat a doplňující informace o metodách na FTP stránkách University of Virginia.

Ve svém článku M&M uvádějí, že jednotlivé datové řady (proxy) použité k rekonstrukci teplotního indexu jsou důležité a že chyby v těchto řadách se ve studii s více proxy nevymytí. Konkrétně MM05a zjistili, že rozdíly v MBH98 a MM03 lze téměř plně sladit díky rozdílům v zacházení se dvěma odlišnými řadami, řadou Gaspe "severní stromové linie" a první hlavní komponentou (PC1) ze severoamerického seznamu proxy (NOAMER). V MBH98 byly extrapolovány první čtyři roky obou těchto řad. Extrapolace má za následek zhoršení výsledků z počátku 15th století a Mann et al. ji zveřejnili až v pozdějším článku Mann et al. (2004). Podkladový soubor dat, který byl předmětem extrapolace, rovněž nespĺňuje standardy kvality dat, které Mann et al. popisují na jiném místě svého článku.

V metodice MBH98 použili analýzu hlavních komponent, o které uváděli, že je konvenční nebo centrovaná. Při dalším zveřejňování informací na FTP stránkách UVA však bylo zjištěno, že analýza hlavních komponent ve skutečnosti nebyla centrovaná. Střední hodnota použitá v jejich výpočtech je ve skutečnosti střední hodnota z let 1902-1980, ale byla použita na období 1400-1980. Důsledkem odcentrování průměru je přetrvávající PC1 ve tvaru "hokejky", a to i při vrstvení s přetrvávajícím červeným šumem. Z tohoto tvaru vyplývá, že klima konce 20th století bylo bezprecedentní. Vzhledem k tomu, že původní kód je v jazyce FORTRAN, který vyžaduje mnohem více programování pro spuštění statistických procesů než moderní software, jako je R, je velmi pravděpodobné, že je to způsobeno programátorskou chybou, ačkoli Mann et al. žádnou takovou chybu nepřiznali.

Při výpočtu de-centrovaných hlavních komponent MBH98 je první hlavní komponentou skupina dvaceti lokalit převážně s borovicí klečí. Čtrnáct z těchto chronologií představuje více než 93 % rozptylu v PC1 a 38 % celkového rozptylu. Důsledkem je, že je opomenut vliv ostatních 56 proxies v síti. V centrované verzi dat klesá vliv borovice štětinaté na čtvrtou hlavní komponentu, kde se podílí 8 % na celkové variance. Výsledky MM03 se získají, pokud se použijí první dvě hlavní složky NOAMER. Výsledky MBH98 lze získat, pokud se síť NOAMER rozšíří na pět hlavních komponent. Následně je jejich závěr o klimatu konce 20th století podmíněn zahrnutím hlavních komponent nízkého řádu, které představují pouze 8 % rozptylu jednoho proxy seznamu. Kromě toho se výsledky MM03 vyskytují i v de-

bez ohledu na přítomnost PC4, pokud jsou vyloučeny lokality s borovicí štětinatou.

V sérii Gaspé "severní stromová linie" MM05a zjistil, že výsledky MBH98 se vyskytují za tří podmínek: 1) řada musí být použita jako individuální proxy; 2) řada musí obsahovat část řady, která se opírá o údaje pouze o jeden nebo dva stromy; a 3) musí obsahovat ad-hoc extrapolaci prvních čtyř let chronologie. Za všech ostatních podmínek, včetně použití archivní verze řady bez extrapolace, dochází k výsledkům typu MM03.

MM05a se také zabývá tvrzeními MBH98 o robustnosti jejich zjištění. Citlivost výsledků z 15th století na drobné odchylky v datech a metodě dvou jednotlivých řad ukazuje na zásadní nestabilitu výsledků, která je v příkrém rozporu s formulacemi použitými v MBH98 a v Mann et al. (2000), kde se uvádí: "...zda použijeme všechna data, vyloučíme letokruhy stromů nebo založíme rekonstrukci pouze na letokruzích stromů, nemá na podobu rekonstrukce pro dané období žádný významný vliv...". MM05a navíc uvádí, že velká část odborné literatury vznáší nad těmito ukazateli otázky a tyto otázky by měly být přinejmenším vyřešeny před použitím těchto dvou řad jako teplotních proxy, natož jako jedinečně přesných stenografů historie světových teplot.

V reakci na MM03 napsali Mann a spol. několik kritických článků, které vyšly v časopise *Nature* jako dopisy a samostatné články. V článku Mann et al. (2004) tvrdili, že použití výpočtu hlavních komponent se středem v MM03 znamenalo "faktické vynechání" 70 lokalit severoamerické sítě. Použitá metodika však vynechává pouze jednu z 22 řad. Takový výpočet by měl být dostatečně robustní, aby byl relativně necitlivý na odstranění jedné řady. Rovněž "efektivní vynechání" více vystihuje metodu de-centrace MBH98, která používá 14 štětinových lokalit, jež tvoří více než 99 % vysvětlené variance.

V další reakci Mann a spol. tvrdí, že řady PC jsou lineární kombinací zástupných ukazatelů a jako takové nemohou vytvářet trend, který již není přítomen v podkladových datech. Důsledkem de-centrace průměru v analýze PC je však to, že se přednostně vybírají řady s hokejkovitým tvarem a právě toto převážení dává vzorec, který nereprezentuje podkladová data. Mann et al. navíc reagovali na kritiku borovice štětinaté MM03, která poukazovala na to, že borovice štětinatá nemá stanovenou lineární odezvu na teplotu a jako taková není spolehlivým indikátorem teploty. Mann et al. reagovali tvrzením, že jejich indikátory byly lineárně vázány na jeden nebo více instrumentálních tréninkových vzorců, nikoliv na lokální teploty. Použití řady borovice štětinové jako teplotního indikátoru tedy nemusí být platné.

Autoři MM05 dospěli k závěru, že různé chyby a nepříznivé výpočty, které nebyly zveřejněny, ukazují na omezení procesu vzájemného hodnocení. Upozorňují také na omezenou pečlivost recenzního řízení paleoklimatických časopisů a na to, že by bylo rozumné ověřit údaje a metody MBH98 oproti původním údajům předtím, než se přijmou závěry jako hlavní potvrzení Mezivládního panelu pro změnu klimatu.

Shrnutí článku *Hockey sticks, principal components, and spurious significance* od Stephena McIntyre a Rosse McKittricka (2005b).

McIntyre a McKittrick (M&M) ve své kritice knihy *Global-scale temperature Patterns and Climate Forcing Over the Past Six Centuries* (MBH98) od Manna a kol. upozorňují na několik chyb v metodice a následných závěrech Manna a kol. Za prvé, M&M diskutují nesprávné použití analýzy hlavních komponent (PCA) v MBH98. Běžný algoritmus PC centruje data odečtením sloupcových průměrů základních řad. Pro datové řady 1400 až 1450 obsahuje kód FORTRAN neobvyklou transformaci dat před výpočtem PC, která nebyla v tisku nikdy uvedena. Každá řada letokruhů stromů byla transformována odečtením průměru z let 1902-1980 a následným vydělením směrodatnou odchylkou z let 1902-1980 a opětovným vydělením směrodatnou odchylkou reziduí z fitování lineárního trendu v období 1902-1980. Pokud je pro PCA průměr z let 1902-1980 blízký průměru z let 1400-1980, pak bude mít tato lineární transformace velmi malý dopad. Pokud se však průměry liší, pak se vysvětlený rozptyl řady nafoukne. Protože PCA dává větší váhu řadám, které mají větší vysvětlený rozptyl, je výsledkem přednost tvaru "hokejky", který vidíme u Manna et al.. Tento tvar "hokejky" podporuje závěry, že klimatické podmínky na konci dvacátého století jsou anomálie.

Společnost M&M rovněž provedla simulaci Monte Carlo na 70 stacionárních řadách zástupných dat. Při použití výše popsané lineární transformace, která byla zjištěna v MBH98, téměř každá simulace poskytla první hlavní komponenty (PC1) ve tvaru "hokejky". Bez této transformace se tvar "hokejky" objevil v PC1 pouze v 15,3 % případů. Metoda MBH98 navíc vytváří PC1, v níž dominují řady letokruhů borovice štětinaté a borovice lesní (oba blízcě příbuzné druhy). Ze 70 lokalit v síti připadá 93 % rozptylu v metodě MBH98 PC1 pouze na 15 lokalit se štětinatými a liščími borovicemi, přičemž všechny tyto lokality byly shromážděny jedním člověkem, Donaldem Graybillem. Bez transformace mají tyto lokality vysvětlený rozptyl méně než 8 %. Výrazně snížený podíl vysvětleného rozptylu spolu s vynecháním prakticky všech druhů kromě borovice štětinovité a borovice lesní silně svědčí proti tomu, aby byl interpretován jako dominantní složka rozptylu v severoamerické síti. V jiných člancích jsou rovněž uvedeny důkazy, které zpochybňují spolehlivost borovice štětinaté jako účinného teplotního proxy.

Společnost M&M také vyhodnotila použití statistiky redukce chyb MBH98 namísto spolehlivějšího a hojně používaného modelu Monte Carlo pro stanovení významných referenčních hodnot. Při použití Modelu Monte Carlo společnost M&M zjistila, že přesnější hladina významnosti pro postupy MBH98 je 0,59, na rozdíl od hladiny 0,0 uvedené v původní studii. Ochranou před falešnou významností RE je zkoumání dalších statistik, například statistiky R^2 a CE. MBH98 však žádné další statistiky pro sporné období 15th století neuvádí. Výpočty M&M ukazují, že tyto hodnoty pro část teplotní rekonstrukce 15th století nejsou významné, čímž vyvracejí závěry učiněné MBH98.

Shrnutí *vysoce proměnlivých teplot na severní polokouli rekonstruovaných na základě proxy dat s nízkým a vysokým rozlišením Anders Moberg et al. (2005)*

Moberg a kol. ve své studii rekonstruují historii klimatu za posledních 2 000 let pomocí zástupných ukazatelů s nízkým rozlišením (zástupné ukazatele, které poskytují informace o klimatu v časovém měřítku několika století, např. oceánská sedimentární jádra) a zástupných ukazatelů s vysokým rozlišením (zástupné ukazatele, které poskytují informace o klimatu v desetiletém měřítku, např. letokruhy stromů). Vzhledem k velkému významu proxies s vysokým rozlišením v rekonstrukcích, především od Manna et al. 1998, byly vyjádřeny názory, že pro kvantitativní rekonstrukce teplot ve velkém měřítku jsou užitečné pouze stromové prstence a další data s vysokým rozlišením. Data z letokruhů stromů však mají dobře zdokumentovanou nespolehlivost při reprodukci víceleté teplotní variability. Použitím údajů s nízkým rozlišením pro víceleté informace v kombinaci s údaji s vysokým rozlišením pro desetileté informace se lze vyhnout nejnespolehlivějším časovým škálám pro každou proxy.

Soubor dat použitý pro tuto studii byl omezený, protože byly požadovány zástupné údaje z doby před 2 000 lety. Bylo použito sedm řad stromových letokruhů a jedenáct řad proxy dat s nízkým rozlišením. Pro získání rekonstrukce pokrývající kompletní rozsah časových škál vytvořili Moberg et al. vlnkovou transformaci, aby zajistili, že záznamy z letokruhů stromů přispívají pouze k časovým škálám kratším než 80 let a všechny proxy série s nízkým rozlišením přispívají pouze k delším časovým škálám. Pro kalibraci rekonstrukce byla její střední hodnota a rozptyl upravena tak, aby souhlasila s instrumentálním záznamem průměrných ročních teplot severní polokoule v překrývajícím se období 1856-1979.

Rekonstrukce ukazuje na dva teplé vrcholy kolem let 1000 a 1100 n. l. a výrazná chladná období v 16th a 17th století. Vrcholy ve středověku jsou srovnatelné s vrcholy ve 20.th století, ačkoli teplo pozorované po roce 1990 se zdá být bezprecedentní. Rekonstrukce časového vývoje oteplovacích veličin (vulkanické aerosoly, sluneční záření a skleníkové plyny) byly použity k řízení jednoduchých klimatických modelů energetické bilance i plně propojených modelů všeobecné cirkulace atmosféry a oceánů. Moberg a kol. poznamenávají, že teplotní řada severní polokoule získaná z takového experimentu s vázaným modelem ECHO-G vykazuje silnou kvalitativní podobnost s jejich rekonstrukcí. To podporuje případ výrazné hemisférické nízkofrekvenční teplotní proměnlivosti, která je výsledkem reakce klimatu na přirozené změny radioaktivního působení.

V rekonstrukci Moberga a kol. a rekonstrukci Manna a kol. 1998 jsou pozoruhodné rozdíly. Zatímco obě rekonstrukce mají velké množství společných dat, Mann et al. kombinovali data z letokruhů stromů s proxy daty s dekadovým rozlišením bez samostatného zpracování v různých časových rovinách. Navíc soubor dat této studie obsahuje data z oceánů s rozlišením na století, zatímco Mann et al. použili pouze data s rozlišením na rok nebo dekádu z kontinentů nebo lokalit v blízkosti pobřeží. Mann et al. také použili jinou metodu kalibrace (regresní versus škálování rozptylu jako v této studii).

Měly by být provedeny další studie v procesu vážení různých časových škál a prostorového zastoupení dat, aby se zjistilo, která metoda nejpřesněji zobrazuje minulé klima.

variabilita. Tato studie nenalezla žádné důkazy o tom, že by v posledních dvou tisíciletích existovala dřívější období s teplejšími podmínkami, než je období po roce 1990. Přirozená víceletá proměnlivost klimatu, zejména jako reakce na sluneční záření, však může být větší, než se dosud předpokládalo. To neznámá, že globální oteplování bylo způsobeno pouze přírodními faktory, ale že je třeba zlepšit scénáře budoucích klimatických změn tím, že se do nich zahrne i vynucená přírodní proměnlivost.

Shrnutí Testování věrnosti metod používaných při rekonstrukci minulého klimatu na základě proxy dat Michaela Manna, Scotta Rutherforda, Eugena Wahla a Caspara Ammanna (2005)

V tomto článku Mann a kol. zkoumají dvě významné metody rekonstrukce historického klimatu, a to rekonstrukci klimatického pole (CFR) a stupnici Composite-Plus (CPS). První z nich kombinuje několik různých proxy² záznamů s cílem rekonstruovat základní vzorce minulých klimatických změn. Druhá metoda kombinuje mnoho různých proxy řad (např. řady stromových letokruhů, řady ledových jader atd.) a výsledný kompozit škáluje vůči cílové řadě (tj. severní polokouli), která je měřena instrumentálně. Pro posouzení obou metod Mann et al. použili simulaci klimatu k vytvoření známého klimatického záznamu. Poté model navrstvili typickým šumem spojeným s nejistotami reálného světa, které se vyskytují u skutečných proxy. Mann et al. tak vytvořili pseudoproxy, které mohli použít k testování obou metod rekonstrukce klimatu. Vytvořili tři různé sítě pseudoproxy, z nichž každá měla podobné atributy jako skutečné sítě proxy používané v minulých studiích CFR a CPS.

Podle standardního postupu CPS byl každý pseudoprogresivní ukazatel vyhlazen podle desetiletí a standardizován. Vážený kompozit těchto zástupných ukazatelů byl poté upraven tak, aby měl stejný průměr a směrodatnou odchylku jako skutečná řada pro severní polokouli. Mann et al. vyhodnotili účinnost jednotlivých metod pomocí různých úrovní poměru signálu k šumu (SNR) (relativní amplitudy rozptylu šumu). V experimentech s CPS se výsledky nejvíce podobaly výsledkům získaným ze skutečných zástupných hodnot pro SNR=1,0. Čím nižší byla úroveň SNR (měřeno bylo také 0,25 a 0,5), tím nižší byla dovednost rekonstrukce. Navíc bylo zjištěno, že při SNR=1,0 je metoda CPS relativně necitlivá na délku kalibračního intervalu. Mann et al. zjistili, že obecně metody založené na CPS nebo regresi využívající krátkou dobu kalibrace pravděpodobně podhodnocují dlouhodobou variabilitu.

Mann a kol. při implementaci přístupu CFR využívají regularizovanou maximalizaci očekávání (RegEM), která je podobná analýze hlavních komponent (PCA), ale v iteracích využívá odhady kovariancí dat. Mann et al. testovali tři typy této metody: přímou aplikaci RegEM, přístup "hybridní kalibrace ve frekvenční oblasti" a postupnou verzi RegEM. Všechny tři tyto metody přinesly ve studii podobné výsledky. Podobně jako v případě CPS Mann et al. zjistili, že při SNR=1,0 dává tato metoda podobný vyřešený rozptyl a je relativně necitlivá na dobu kalibrace. Při dlouhé kalibrační periodě však tato metoda poskytla mírně obratnější rekonstrukci. Navíc se zdá, že metoda CFR systematicky podhodnocuje amplitudu větších vulkanických ochlazení, nejspíše kvůli malému počtu vulkanických událostí přítomných v kalibračním intervalu.

Mann et al. obecně nezjistili žádné důkazy o tom, že by rekonstrukce teploty na základě proxy v reálném světě trpěly systematickým podhodnocováním nízkofrekvenční variability. Jejich zjištění rovněž naznačují, že obě tyto standardní metody, CPS a

² V tomto případě proxy označuje časovou řadu ukazatelů, jako jsou letokruhy stromů, ledová jádra a korály.

CFR, pravděpodobně poskytují věrný odhad skutečného dlouhodobého průběhu teplot na polokouli v rámci odhadovaných nejistot.

Shrnutí nízkofrekvenčních signálů v dlouhých chronologiích stromových letokruhů pro rekonstrukci teplotní variability v minulosti Jan Esper, Edward Cook a Fritz Schweingruber (2005)

V tomto článku se Esper a kol. zabývají debatou o spolehlivosti záznamů z letokruhů stromů jako podstatného základu pro rekonstrukci teploty před 17. stoletímth. Autoři předkládají analýzu staletých trendů šířky letokruhů ve 1205 radiálních řadách stromových letokruhů ze 14 lokalit ve vysokých nadmořských výškách a středních až vysokých zeměpisných šířkách rozmístěných ve velké části extratropů severní polokoule. Esper a kol. se zabývali růstovými trendy v proxy stromových letokruzích analýzou jednotlivých surových měření šířky letokruhů pomocí metod regionální standardizace křivek (RCS). Úspěšné použití metody RCS obvykle vyžaduje velký počet řad šířky letokruhů, protože metoda detrendování není založena na žádném explicitním přizpůsobení křivky jednotlivým řadám, ale spíše nad řadami podobného regionu. Řady se však dále rozdělují do dvou skupin, na ty, které stárnou lineárně, a na ty, u nichž jsou trendy stárnutí nelineární.

V každé z těchto skupin byly vyhlazené regionální křivky odhadnuty na základě zprůměrovaných biologických dat srovnaných podle věku. Výsledné indexy letokruhů stromů byly poté zprůměrovány do lineárních a nelineárních funkcí střední hodnoty, aby vznikly dvě téměř nezávislé chronologie letokruhů stromů pokrývající roky 800-1990. Každá z těchto chronologií prokázala nadprůměrné teploty během středověkého období oteplování (900-1300), podprůměrné teploty během malé doby ledové (1200-1850) a velkoplošné oteplení po roce 1850, které je v souladu s instrumentálními teplotními záznamy. Celkově tyto výsledky ukazují, že vhodně vybrané a zpracované záznamy z letokruhů stromů mohou zachovat tak dlouhou časovou škálu klimatické variability.

Kromě toho lze pomocí metod RCS rekonstruovat klimatickou variabilitu středověkého období oteplování (MWP), která se blíží velikosti oteplení na severní polokouli do roku 1990.th. V souladu s jinými analýzami MWP se zdá, že je časově proměnlivější než trend oteplování v minulém století. Analýza také potvrzuje, že nejteplejší období MWP mohlo začít na počátku roku 900, přičemž nejteplejší interval byl od roku 950 do roku 1045 n. l.. Toto zjištění naznačuje, že dřívější srovnání MWP s oteplováním ve 20th století nemuselo zahrnovat celé období MWP, zejména jeho nejteplejší období.

Shrnutí článku *Jsou multiproxy rekonstrukce klimatu spolehlivé?* Gerd Bürger a Ulrich Cubasch (2005)

Bürger a Cubasch přezkoumávají robustnost multiproxy rekonstrukcí klimatu, zejména s ohledem na Mann et al. 1998 (MBH98), významný a široce diskutovaný článek na toto téma. Rekonstrukce MBH98 používá inverzní regresi mezi souborem multiproxy na jedné straně a dominantními hlavními komponentami teploty (PC) na straně druhé. Řídká dostupnost zástupných ukazatelů před rokem 1450 je zohledněna odhadem regrese pro sedm po sobě jdoucích časových období. Bürger a Cubasch tento poslední krok ve své aproximaci nastavení MBH98 vynechávají. V této studii používají proxies dostupné pro období 1400-1450 (což zahrnuje 18 proxies stromových kruhů a ledových jader). Na základě období 1902-1980, které slouží jako kalibrační období, je vytvořen empirický model, který je aplikován na celý proxy záznam. Před odhadem regresního modelu projdou proxy údaje PC transformací, což je opatření proti kolinearitě, která může zvýšit chybu modelu.

Bürger a Cubasch zjistili 64 variant rekonstruovaných tisíciletých teplot na severní polokouli. Rozptyl o MBH98 je obrovský, zejména kolem let 1450, 1650 a 1850. Neexistuje žádný důkaz, že by jedna varianta měla být vybrána před ostatními, a dokonce varianta s nejlepší statistikou snížení chyb (79 %) je variantou, která se nejsilněji odchyľuje od MBH98. Když bylo nastavení přesunuto na rok 1600 n. l. namísto roku 1400, je rozptyl v rané části rekonstrukce stále poměrně velký, přestože je k dispozici více zástupných dat.

Základním předpokladem pro všechny závěry z proxy je předpoklad, že změny v proxy souvisejí s teplotou, a to do jisté míry rovnoměrně. Výsledky této studie však takový vztah neposkytují, přinejmenším ne takový, který by byl robustní. Bürger a Cubasch nedokázali najít jedno kritérium, které by bylo výhradně zodpovědné za rozptyl variant, ale je možné, že významným zdrojem nejistoty by mohl být nesoulad měřítka mezi celým tisíciletím a kalibrujícími variacemi proxy. V takovém případě regresní model opouští svou obecnou oblast platnosti a je aplikován extrapolačním způsobem. Čím dále jsou odhadnuté regresní zákony extrapolovány, tím méně je metoda robustní. Tento nárůst chyb je obzvláště kritický u rekonstrukcí klimatu v terénu s více proxy, které jsou necitlivé na parametry, jako je typ MBH98. Aby bylo možné takovou metodu zachránit, musí existovat matematické odvození chyby modelu a sofistikovanější regularizační schémata, která mohou chybu minimalizovat.

**Shrnutí rekonstrukcí povrchových teplot na severní polokouli na základě proxy:
(2005): citlivost na metodu, síť prediktorů, cílové období a cílovou oblast.**

Rutherford a kol. diskutují o nutnosti rekonstrukce klimatu pomocí multiproxy sítí jako empirického důkazu při dokumentování proměnlivosti klimatu v minulosti. V tomto případě upozorňují na výhodu použití proxies s vysokým rozlišením (proxies s ročním nebo sezónním rozlišením, jako jsou stromové letokruhy, korály a ledová jádra), protože se překrývají s instrumentálními daty minulého století, což umožňuje analyzovat jejich klimatický signál a spolehlivost. Tyto proxy byly použity k rekonstrukci prostorových klimatických polí, která nejenže poskytují záznam o proměnlivosti klimatu, ale také zachovávají informace o mechanismech nebo silách, které jsou základem této proměnlivosti. K přímé rekonstrukci indexů proměnlivosti klimatu byly použity také sítě proxy proměnných s ročním rozlišením, ale tyto metody jsou poněkud nedokonalé, protože předpokládají přímý vztah mezi zaznamenanými proxy proměnnými a teplotou a srážkami, ale vlivy na klima velkého rozsahu se mohou v průběhu času měnit. Rutherford et al. se zaměřují konkrétně na nedávné konstrukce tohoto typu teplot na severní polokouli a na důvody rozdílů mezi rekonstrukcemi.

K rozdílům v rekonstrukcích přispívají do značné míry čtyři identifikovatelné faktory. Jsou to: 1) použití proxy jako kalibrátorů pro vzorce povrchové teploty, 2) rozdíl v charakteru použitých sítí proxy, 3) cílové období rekonstrukce a 4) cílová oblast rekonstrukce. Záměrem této studie je poskytnout posouzení relativních dopadů těchto čtyř faktorů.

Pro měření citlivosti vybrané sítě proxy byly použity tři sítě: multiproxy datová sada použitá Mannem et al., data MXD použitá Briffou et al. a kombinace těchto datových sad pro třetí síť. K provedení rekonstrukce na těchto třech sítích byl použit přístup rekonstrukce klimatického pole RegEM. Metoda RegEM je iterační metoda pro odhad chybějících údajů pomocí odhadu středních hodnot a kovariancí z neúplného datového pole. Kalibrační interval pro tento přístup byl časový interval, který zahrnuje překrývání proxy a instrumentálních dat. Rutherford et al. provedli dvě modifikace přístupu RegEM. Zprvė použili metodu postupně, kdy prováděli rekonstrukci po jednotlivých krocích s využitím všech dostupných klimatických informací. Za druhé rozdělili soubory dat na soubory s nízkou a vysokou frekvencí, aby vytvořili dvě nezávislé rekonstrukce, které pak na závěr experimentu spojili a vytvořili kompletní rekonstrukci. Ve svých závěrech Rutherford et al. uvedli, že použití 20leté hranice pro frekvenční kalibraci poskytlo téměř ve všech případech lepší výsledky, zatímco postupná modifikace metody RegEM nepřinesla žádné odlišné výsledky. Navíc vzhledem k tomu, že kombinovaná síť vykazovala jen nepatrné zlepšení oproti ostatním dvěma, je pravděpodobné, že tyto rekonstrukce jsou relativně necitlivé na použitou síť proxy.

Aby bylo možné změřit citlivost cílového ročního období a regionu na rekonstrukci, Rutherford a kol. provedli řadu rekonstrukcí klimatického pole RegEM založených na různých ročních obdobích a regionech. Tyto rekonstrukce byly porovnány s několika předchozími rekonstrukcemi založenými na běžných souborech predikčních dat. Rutherford et al. zjistili, že optimální výsledky pro data MXD byly získány pro období, ve kterém *končí* chladné období, zatímco optimální výsledky pro rekonstrukci s využitím multiproxy hlavních komponent (rekonstrukce Manna a spolupracovníků) byly získány pro období, ve kterém *začíná* chladné období. Kromě toho bylo zjištěno, že síť MXD překonává kombinovanou síť v teplém období. Pokud jde o region, Rutherford a kol. zjistili, že rozdíly v cílovém regionu vedou ke značné variabilitě v odhadech průměrů na hemisféře. I když zjistili, že rekonstrukce jsou citlivé na změny v ročním období a regionu, Rutherford et al. tvrdili, že bezprecedentní teploty na konci 20.th století, které jsou patrné v mnoha rekonstrukcích, jsou podporovány s ohledem na všechny faktory uvažované v této studii.

Shrnutí *náhlé změny klimatu*: Carl Wunsch (2006): *Alternativní pohled na změnu klimatu*

Dansgaard-Oeschgerova událost (D-O) je rychlý výkyv klimatu, který se odehrál na konci doby ledové. V období od 110 000 do 23 000 let před současností bylo identifikováno 23 takových událostí. Obecně rozšířený názor na náhlou změnu klimatu během posledního glaciálu je, že tyto události D-O mají přinejmenším hemisférický, ne-li globální charakter a jsou způsobeny změnami v oceánské cirkulaci. Byla vyslovena hypotéza, že může dojít k náhlé změně klimatu podobné události D-O v důsledku probíhajícího globálního oteplování a jeho vlivu na oceán. V pozadí hlavních závěrů o událostech D-O a náhlých klimatických změnách stojí několik předpokladů, mezi něž patří: (1) změny¹⁸ kyslíku objevující se v ledových jádrech jsou životaschopné jako proxy, (2) klimatické výkyvy v Grónsku odrážejí výkyvy na hemisférické nebo globální bázi, (3) příčinu událostí D-O lze vysledovat k velkým změnám severoatlantické meridionální převratné cirkulace a možná i k selhání Gofského proudu a (4) zjevné zjištění události D-O na vzdáleném místě v proxy naznačuje lokální klimatický význam. V tomto článku Wunsch tyto předpoklady znovu zkoumá, aby posoudil jejich relevanci, přičemž se konkrétně zaměřuje na body (2) a (3).

Pokud jde o použití¹⁸ kyslíku v grónských ledových jádrech jako klimatické proxy, Wunsch zjistil, že ačkoli je poměrně přesné pro centrální Grónsko, při srovnání s jinými lokalitami se na spektrálním grafu objeví vizuální podobnost, ale že ve skutečnosti existuje jen malá statistická korelace; k tomu dochází při porovnávání časových období kratších než 900 let. To sice nevyvrací hypotézu o velkém vlivu událostí D-O, ale nelze ji použít na podporu tohoto předpokladu. Existují tři možná vysvětlení vymizení kovariance pro tato období kratší než 900 let. Za prvé, ačkoli oba záznamy vykazují širokou variabilitu, má především regionální charakter a neexistuje mezi nimi jednoduchý vztah. Za druhé, chyba věkového modelu (kalibrace stárí v závislosti na hloubce v jádře) má větší vliv na variace v krátkých obdobích než v dlouhých obdobích. Zatřetí, ve dvou oddělených lokalitách dominují ve vysokých frekvencích proxy odlišné fyzikální procesy, které však mají zhruba podobné nízké spektrální momenty. Kterýkoli z těchto faktorů může mít vliv na nedostatečnou kovarianci mezi zeměpisnými lokalitami. V důsledku toho není předpoklad, že existují velkoplošné hemisférické korelace s událostmi D-O, ani prokázán, ani vyvrácen.

Teplý tok spojený s meridionálním převrácením oceánů (potápění a šíření studené vody a rozptýlení tepla) má nejpřímější dopad na atmosféru, pokud jde o vzorce oceánské cirkulace. Příspěvek oceánské severní polokoule k této cirkulaci směrem k pólům velmi rychle klesá, protože teplo se přenáší do atmosféry. Na 40th severní šířce je příspěvek oceánu menší než 25 % příspěvku atmosféry. Hypoteticky, pokud by oteplování pokračovalo a do severního Atlantiku by se dostala sladká voda z tání ledovců, meridionální převratná cirkulace by se dramaticky snížila, což by vedlo k události podobné D-O. Modely, které se pokoušely tuto teoretickou změnu klimatu zkonstruovat, však nebyly úspěšné, především proto, že nebraly v úvahu reakci nadložního větrného pole na tuto událost. Vzhledem k tomu, že velká část teplotního toku v severním Atlantiku je přenášena Gofským proudem, jsou scénáře vyžadující takové změny větru, které by jej zastavily, pravděpodobně fyzikálně nemožné kvůli nutnosti zachovat v atmosféře úhlový moment hybnosti.

Propojené modely, o nichž se tvrdí, že ukazují reakci atmosféry na změny oceánských toků, jsou natolik zjednodušené a nemají dostatečné rozlišení, že je nelze obratně integrovat v časových obdobích potřebných k popisu skutečných klimatických časových měřítek. Tyto modely jsou opět pouze indikátory procesů, které *mohou* působit, ale bez důkazu, že jsou dominantní.

Přestože k náhlým klimatickým změnám v Grónsku nemuselo dojít v jiných částech světa, stále zůstává otázkou, proč k nim došlo právě v Grónsku. Jedním ze zjevných zjištění je, že události D-O ustaly v holocénu a od té doby jsou pozoruhodně klidné. V důsledku toho musel zmizet i účinný mechanismus způsobující D-O události. Odpovědí je zánik Laurentidského a Fenoskandinávského ledovce. Dvě obrovská pohoří s vysokým albedem (činitelem odrazu) byla odstraněna. Ve studii Jacksona (2000) si všiml, že malé regionální změny ve výškách ledovcových příkrovů měly velký vliv na průběh stacionárních vln v atmosféře. Jako stojatá vlna měl vítr, který se setkával s ledovými příkrovy, více než jeden rovnovážný stav. Významná lokální změna klimatu se mohla projevit nepatrným posunem ve vlnovém vzorci větrného systému. Ačkoli model této hypotézy je hrubý, jiné studie naznačily velký vliv ledových příkrovů i na atmosférická měřítká. Soubor těchto teorií naznačuje, že nejdůležitějším a nejcitlivějším faktorem určujícím oceánskou cirkulaci je vítr, a nikoliv teplotní tok. Podobně široce přijímaný názor, že události D-O měly globální dopad a mohly se vyskytnout v důsledku nedávného oteplení, je založen na čtyřech předpokladech, které zase vycházejí z nejednoznačných údajů a vysoké míry nejistoty. Vyvozovat závěry o takových událostech by proto bylo neopatrné, aniž bychom se nejprve zabývali nejistotami v modelu stáří a také opatrnou reinterpetací proxy signálů.

Shrnutí knihy *The Spatial Extent of 20th Century Warmth in the Context of the Past 1200 Years* od Timothyho Osborna a Keitha Briffy (2006).

V tomto článku Osborn a Briffa podávají přehled dosavadních prací na rekonstrukci klimatu na základě proxy a snaží se posoudit, zda lze potvrdit tvrzení, že konec 20. století byl nejteplejším obdobím v uplynulém tisíciletí.th . Zda je toto tvrzení podloženo, závisí na porovnání nedávných instrumentálních teplotních záznamů s dřívějšími rekonstrukcemi teploty na základě proxy. Toto srovnání je platné pouze tehdy, pokud zohledňuje nejistoty spojené s interpretací konkrétní rekonstrukce jako odhadu skutečné teploty. Některé z recenzovaných studií neposkytují rekonstrukci pro celé tisíciletí a některé neodhadují nejistotu vhodným způsobem hodnotícím význam oteplení na konci 20.th století. Osborn a Briffa se zaměřili na tři studie, které splňují kritéria formálního kvantitativního srovnání teplot konce 20th století s rekonstruovanými teplotami za poslední tisíciletí. Jedná se o studie Mann et al. 1999, Mann a Jones 2003 a Jones, Osborn a Briffa 2001. Zatímco všechny tyto studie podpořily tvrzení o bezprecedentních teplotách ve 20.th století a zveřejnily nejistoty spojené s proxy rekonstrukcemi nad 95% rozsahem nejistoty, Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC) dospěl k závěru, že toto tvrzení může být učiněno pouze s 66 až 90% spolehlivostí kvůli nekvantifikovatelným chybám, které mohou vznikat z proxy údajů v souboru dat. Osborn a Briffa provádějí vlastní analýzu proxy dat Manna et al. 1999 tak, že data vyhlazují a jednoduše počítají podíl záznamů s hodnotami, které přesahují jednu nebo dvě standardní odchylky od průměru. Analyzovány byly také rozdíly mezi dvojicemi těchto časových řad s frakčním překročením (neboli podíl záznamů s hodnotou alespoň o jednu směrodatnou odchylku vyšší než průměr minus podíl záznamů s hodnotou alespoň o jednu směrodatnou odchylku nižší než průměr). Největší kladné odchylky se vyskytují na konci 20.th století, dokonce daleko převyšují odchylky z poloviny 20.th století.

thVýsledky přístrojových měření teploty vykazují těsnou shodu s proxy záznamy, zejména pokud jde o nárůst na počátku 20. století a výkyvy v letech 1930-1975. Navíc vícedekádové intervaly podporují koncepty středověkého období oteplování a období malé doby ledové. Data nástupu jsou však nejasná a analýza geograficky omezená. Nejprůkaznějším zjištěním je, že 20.th století je nejvíce anomálním intervalem v celém analyzovaném období, včetně významných pozitivních extrémů v proxy záznamech.