

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



**Jev El Niño - Jižní oscilace a jeho možné projevy na
srážkové a teplotní poměry v Evropě**

Bakalářská práce

Autor práce: Zuzana Benešová

Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině

Vedoucí práce: Dr. Vera Potopová

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Jev El Niño - Jižní oscilace a jeho možné projevy na srážkové a teplotní poměry v Evropě" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10.4.2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Dr. Vere Potopové za ochotu, odborné vedení mé bakalářské práce a za poskytování potřebných materiálů.

Jev El Niño - Jižní oscilace a jeho možné projevy na srážkové a teplotní poměry v Evropě

Souhrn:

Bakalářská práce se zabývá klimatickým jevem El Niño, Jižní Oscilací a jeho možnými projevy na srážkové a teplotní poměry v Evropě. Tato práce je rozdělena na tři hlavní části. První část se zabývá způsoby, kterými lze definovat El Niño, vysvětlením základních termínů týkajících se jevu El Niño a stručnými definicemi těchto termínů. V druhé části se nachází odpovědi na základní otázky týkající se vzniku El Niño, jeho následků, jeho minulosti a budoucnosti, i jeho předvídatelnosti. Třetí a poslední část se zabývá nejprve všeobecnými projevy El Niño, poté tím jak ENSO ovlivňuje počasí středních zeměpisných šířek a jaké jsou jádrové regiony ovlivnění. Dále je v této části popsáno jak se ENSO projevuje v tropickém Pacifiku. Poté jsou zde popsány dálkové projevy ENSO a nakonec možné projevy v Evropě.

ENSO ovlivňuje počasí téměř na celé naší planetě. Zkoumání dálkových projevů ENSO je velmi důležité, a to především pro možnost předpovědi jak teplé fáze ENSO (El Niño), tak i studené fáze (La Niña). Pomocí těchto jevů lze s velkou pravděpodobností určit prognózu výskytu vlhkého nebo naopak suchého počasí. Díky předpovědi výskytu těchto jevů lze poté zabránit jejich negativním dopadům na ekosystémy i na život společnosti.

Klíčová slova: Jev El Niño, La Niña, Index Jižní oscilace, ENSO

The phenomenon El Niño – Southern Oscillation and its possible manifestations on precipitation and temperature patterns in Europe

Summary:

This thesis deals with the climatic phenomenon El Niño, Southern Oscillation and its possible manifestations to rainfall and temperature conditions in Europe. This work is divided into three main parts. The first part deals with the ways in which you can define El Niño, explaining basic terms related to El Niño and brief definitions of these terms. The second part is to answer basic questions about the development of El Niño, its consequences, its past and future, as well as its predictability. The third and final section deals with the general manifestations of El Niño, how ENSO affects the weather of midlatitudes and what are the core regions of influence. Furthermore, it is described how ENSO is affecting tropical Pacific. There are also described ENSO manifestations on long distances and eventually possible manifestations in Europe.

ENSO affects weather on almost the entire planet. Exploring long-distance manifestations of ENSO is very important, especially to be able to forecast warm phase of ENSO (El Niño) and cold phase (La Niña). With the use of these phenomena we can determine the prognosis of the occurrence of wet or dry weather. Thanks to the predictions of these phenomena we can prevent their negative impacts on ecosystems and on people's lives.

Keywords: The phenomenon El Niño, La Niña, Southern Oscillation Index, ENSO

Obsah:

| | |
|--|----|
| 1. Úvod | 8 |
| 2. Cíl práce..... | 9 |
| 3. Definice | 10 |
| 3.1. El Niño | 10 |
| 3.1.1 Definice podle Michaela H. Glantze..... | 11 |
| 3.2 La Niña..... | 12 |
| 3.3 Jižní oscilace | 13 |
| 3.4 ENSO | 13 |
| 3.5 SOI | 16 |
| 4 El Niño..... | 17 |
| 4.1 Jak vzniká El Niño | 17 |
| 4.2 El Niño a La Niña (jako „normální jevy“)..... | 21 |
| 4.3 El Niño regiony | 21 |
| 4.3.1 Základní vlastnosti jednotlivých regionů (podle Glantze 2001)..... | 22 |
| 4.4 Možné kvantitativní definice událostí El Niño a La Niña..... | 23 |
| 4.5 Následky jevu El Niño | 25 |
| 4.6 Minulost a budoucnost El Niño..... | 27 |
| 4.7 Škody způsobené jevem El Niño | 28 |
| 4.8 Předvídatelnost El Niña..... | 28 |
| 5 Projevy El Niño na srážkové a teplotní poměry | 30 |
| 5.1 Ovlivnění počasí středních zeměpisných šířek vlivem ENSO..... | 30 |
| 5.2 Jádrové regiony ovlivnění | 31 |
| 5.3 Projevy ENSO v tropickém Pacifiku | 32 |
| 5.4 Dálkové projevy ENSO..... | 35 |
| 5.5 Možné projevy v Evropě..... | 38 |

| | | |
|---|---------------------------------|----|
| 6 | Závěr..... | 41 |
| 7 | Seznam použité literatury | 42 |

1. Úvod

El Niño - Jižní oscilace (ENSO) je dnes už známý fenomén, a to nejen odborné veřejnosti. Poprvé jev El Niño popsali jihoameričtí námořníci. Jedná se o mohutný a velmi teplý proud, který odklání Humboldtův proud (studený Peruánský proud) mimo rovníkovou oblast oceánu. Vzhledem k tomu, že Humboldtův proud je bohatý na plankton a ryby, byli tímto jevem nejvíce poznamenáni rybáři. Ti také tento teplý rovníkový proud pojmenovali. Byl pojmenován „El Niño Jesús“ (Jezulátko) a to proto, že se objevuje v období Vánoc. Od těchto dob uplynulo mnoho let, které nás v mnohém obohatily. Původně bylo El Niño chápáno jen jako ohřívání vod u západního pobřeží Jižní Ameriky a nyní z globálního pohledu chápeme El Niño jako celý komplex procesů. Tyto procesy probíhají takřka v celém Tichém oceánu a to i v přiléhající atmosféře.

ENSO lze chápat jako největší zdroj proměnlivosti klimatu přímo na Zemi a v její atmosféře. To, že El Niño a Jižní oscilace spolu souvisejí a jedná se o oceánskou (atmosférickou) složku téhož fenoménu bylo vyzkoumáno až v roce 1969. Odborníci jej poté pojmenovali jako oscilace ENSO. V posledních desetiletích však výzkum tohoto fenoménu dosáhl velkého pokroku. Již na konci 20. století bylo možné ENSO vymezit více způsoby. Zároveň dosáhla pokroků i vědecká poznání týkající se dopadů tohoto jevu nejen v oblastech Tichého oceánu, ale i na různá další místa naší planety. Dostali jsme se tak až k proměnlivosti klimatu na celé zeměkouli. Vědci přišli na to, že El Niño ovlivňuje jak výskyt sucha tak i záplav, a to skoro po celém světě. Dále má vliv i na chování lidí a zvířat, a ovlivňuje jejich zdraví. Zároveň má i ničivé následky. Ovlivnění klimatu určité oblasti může mít totiž velký vliv na tamní hospodářství a to především jde-li o méně rozvinutý region, který je závislý na vlastní zemědělské produkci. Je proto velmi významný výzkum dálkových vazeb přenášejících vliv ENSO z oblasti Tichého oceánu do dalších částí světa.

2. Cíl práce

Cílem bakalářské práce je studovat projevy El Niño-Jižní oscilace a důsledky příchodu El Niña na extrémní klimatické jevy jako jsou extrémní srážky vedoucí k povodním, sucha, horké vlny atd.

Bakalářská práce je rozdělena na tři hlavní části. V první části, což je kapitola číslo 3, jsou vysvětleny základní termíny týkající se El Niño a definice těchto termínů, které jsou potřeba k pochopení celého procesu. Jako například co je El Niño, La Niña, Jižní Oscilace atd.

Cílem kapitoly číslo 4, tedy druhé části jsou především odpovědi na základní otázky, jako Jak vzniká El Niño? Jaké jsou jeho projevy? Jaké jsou jeho následky a dopady na ekosystémy a život společnosti? Jaký byl jev El Niño v minulosti a jaká je jeho budoucnost? Jaké omyly jsou s tímto jevem spojovány a jaká je jeho předvídatelnost? V této kapitole se okrajově zabývám i „příbuzným“ jevem La Niña.

Poslední část, tedy kapitola číslo 5 se zabývá projevy El Niño na srážkové a teplotní poměry. Dále tím jak ENSO ovlivňuje počasí ve středních zeměpisných šířkách, jaké jsou jádrové regiony ovlivnění a jak se ENSO projevuje v tropickém Pacifiku. Nakonec jsou zde uvedeny možné projevy v Evropě.

3. Definice

Nežli dojde k problematice konkrétních dopadů, je třeba si ujasnit základní pojmy. Co je El Niño, La Niña, Jižní oscilace (Southern Oscillation), ENSO, SOI (Southern Oscillation Index), a jak spolu tyto jevy souvisejí. Dále je důležité si připomenout, v jaké části Tichého oceánu probíhají největší změny vázané na tento jev, a to jak se měří intenzita ENSO.

3.1. El Niño

Tento jev byl pojmenován rybáři v Jižní Americe. Jeho příchod byl spojován s Vánoce a tím také s narozením Ježíše Krista. Název El Niño v překladu znamená „Jezulátko“. Šlo o teplý proud mířící na jih kolem jihoamerického pobřeží (Wang a Fiedler, 2006).

Jedná se o výsledný jev vyvolaný vzájemným působením mezi atmosférou a Tichým oceánem, který se projevuje přechodným zánikem Humboldtova proudu, který je tedy nahrazen teplým proudem z rovníkových oblastí. I když bylo dosaženo obrovských úspěchů v souvislosti s výzkumem El Niño, stále není vše objasněno. Předpověď data nástupu a intenzity další události je ještě stále velmi nepřesná. I přesto, že jsou již vysledované určité zákonitosti, každé nové El Niño vědce vždy překvapí. A to proto, že žádná událost není stejná a neznamena to, že nové El Niño se bude řídit právě těmito vysledovanými zákonitostmi. Může se například vyvinout rychleji anebo v jiné části roku. Ani dopady na klima v jednotlivých částech světa nejsou jednotné, mohou se lišit u jednotlivých událostí. Vliv El Niña na klima v některých oblastech je takřka nezpochybnitelný. Jsou však také oblasti, kde doposud není zcela jasné, zda proměnlivost lokálního klimatu je či není ovlivněna jevem El Niño (Glantz, 2001).

V současné době neexistuje výstižná a jednoznačná definice pro tento jev, která by zahrnovala jak kvalitativní tak kvantitativní stránky jevu a byla obecně platná.

A to i přesto, že je již El Niño známé téměř po celém světě a dokonce i laická veřejnost má o tomto jevu určité povědomí. Poznatků o jevu El Niño totiž neustále přibývá a vědci mají stále více informací. Ty však občas vyvrátí i zákonitosti, které byly dodnes objeveny. „*Ač každá událost El Niño poskytne vědcům více informací o jevu, než měli předtím, jsou nuceni si uvědomit, že El Niño skládačka je větší než se domnívali*“ (Glantz, 2001). Existuje celá řada definic, ale žádná se nedá používat dogmaticky. A to, protože každá událost El Niño je jiná a má tím pádem i jiné dopady. Různé definice se více či méně hodí pro různé oblasti a účely.

„Preciznosti může být dosaženo pouze tím, když bude při každém použití uvedeno, s jakou definicí autor pracuje. A to je jediné, co se dá v každém případě doporučit ke snížení možnosti nedorozumění“ (Trenberth, 1997).

Kevin E. Trenberth (1997) dále uvádí: ... „definice se stále vyvíjí a v každém případě je nezbytné brát v potaz pestrost tohoto jevu. Pokud je potřeba definice, pak ta navržená Glantzem by měla být uvedena v platnost, přestože není kvantitativní“.

3.1.1 Definice podle Michaela H. Glantze

Ve své knize „Currents of Change“ uvádí Michael H. Glantz 6 významů definice El Niño.

El Niño:

1. Ježíšek

2. Jméno dané peruánskými námořníky sezonnímu, teplému, jižně se pohybujícímu proudu podél Peruánského pobřeží „ la corriente de El Niño“

3. Jméno dané příležitostnému přísunu neobvykle teplých vod do oblasti s normálně chladnější vodou (oblast výstupných proudů) podél Peruánského pobřeží narušující místní ryby a ptací populace.

4. Jméno dané celo-pacifickému vzestupu, jednak povrchových teplot mořské vody ve středním a/nebo východním rovníkovém Pacifiku, a atmosférického tlaku přepočítaného na hladinu moře (Jižní Oscilace).

5. Používáno zaměnitelně s pojmem ENSO (El Nino Southern Oscillation), který popisuje celo-pacifické změny vzájemného působení vzduch-moře v oblasti rovníkového Pacifiku.

6. ENSO teplá událost. Španělsky: „el fenomeno de El Niño“, synonymum: teplá událost, antonymum: La Niña (španělsky holčička), chladná událost, ENSO chladná událost, non-El Niño rok, anti-El Niño, anti-ENSO (pejorativní), El Viejo (španělsky stařec).

V těchto definicích se jedná pouze o kvalitativní popis pozorovaných jevů. Tento fakt byl pro účely další vědecké práce nedostatečný, a proto jsou zde posléze uvedeny i možné kvantitativní definice.

3.2 La Niña

La Niña znamená v překladu „holčička“. Jedná se o periodické snížení teploty vody u západního pobřeží Jižní Ameriky. I tento jev má dalekosáhlý vliv na počasí.

Tento cyklus představuje systém proudění vzduchu, při kterém dochází k zintenzivnění výstupu studené oceánské vody z větších hloubek na povrch (tzv. „upwelling“), čímž dochází k zesílení studených mořských proudů tekoucích na západ. To umožňuje zesílení pasátových větrů. Tyto proudy takto přenášejí větší množství studené vody z východní části Tichého oceánu směrem na západ. Zvýšení povrchové teploty západní části Tichého oceánu je na druhé straně výraznější než normálně.

Tyto změny doprovázející La Niňu jsou zodpovědné za extrémy v projevech počasí v různých částech světa a svým charakterem představují opak vlivů El Niño. Teplota na povrchu oceánu, který je nižší, než je obvyklé, způsobuje extrémní projevy počasí. To brání vzniku dešťových oblaků ve východní části Tichého oceánu. V západní rovníkové části Tichého oceánu se ve stejný čas srážková činnost zesiluje. Toto dění ovlivňuje polohu a slábnutí tryskového proudění a chování mimotropických bouří na severní i jižní polokouli. ENSO v mimotropických zeměpisných šířkách velmi silně ovlivňuje aktivitu tropických cyklon na celém světě. Slábnoucí tryskové proudění v průběhu La Niña přispívá k navyšování počtu tropických bouří a hurikánů v Atlantiku a naopak zesilující tryskové proudění v průběhu El Niña přispívá ke snížení aktivity tropických cyklon v Atlantickém a Australském bazénu.

Západně od centrální části Tichého oceánu až po severní Austrálii a Indonésii v období zimy na severní polokouli a nad Filipínami v období léta na severní polokouli La Niňu celkově charakterizuje vlhčí počasí, než je obvyklé. Dále je pozorováno deštivější počasí nad jihovýchodní Afrikou a severní Brazílií v průběhu zimy na severní polokouli. Letní monzuny nad Indií mají v letním období na severní polokouli tendenci projevovat se intenzivněji. Podél západního pobřeží Jižní Ameriky a v subtropických šířkách Severní a Jižní Ameriky v období jejich zimy bývá pozorováno sušší počasí, než je zvykem (Glantz, 2001).

3.3 Jižní oscilace

S jevem El Niño souvisí jev jižní oscilace (Southern Oscillation). Ta má za následek změny cirkulace v atmosféře, včetně změny intenzity rovníkových pasátů.

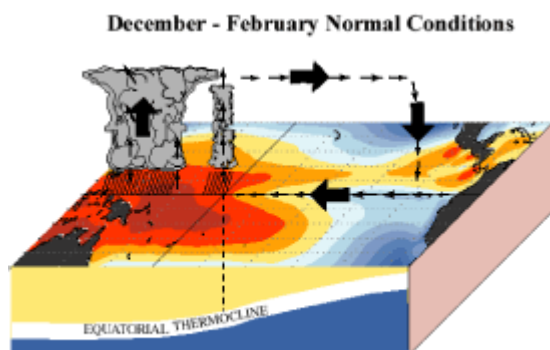
3.4 ENSO

Ani metody jak definovat ENSO nejsou doposud trvale ustáleny a stále se mění. Zde tedy prozatím také neexistuje univerzální definice (Trenberth, 1997b).

ENSO, neboli El Niño Southern Oscillation je komplexnější cirkulační systém. Jednou jeho částí je samotné El Niño a další jeho částí je jižní oscilace (Southern Oscillation). Oba tyto cirkulační systémy jsou vzájemně úzce propojeny a silně se ovlivňují. Za normálních, tedy „non El Niño“ podmínek se v oblasti Indonésie a severní Austrálie vyskytuje tlaková níže, zatímco v oblasti středního a východního Pacifiku se vyskytuje tlaková výše. Za podmínek El Niño dojde k výměně polohy těchto útvarů. Díky zkoumání hodnot atmosférického tlaku v Darwinu (Austrálie), na ostrově Kanton (Kiribati) a také v Santiagu de Chile přišel Sir Gilbert Walker na tuto zákonitost, a to již ve 20. letech 20. století. Později bylo zjištěno, že nejlépe spolu vzájemně korelují hodnoty tlaku v Darwinu (Austrálie) a hodnoty tlaku na Tahiti (Francouzská Polynésie). Pokud tedy v oblasti Darwinu vzroste atmosférický tlak, je vysoká pravděpodobnost, že v oblasti Tahiti klesne a naopak. Díky této korelaci byl vytvořen index Jižní oscilace.

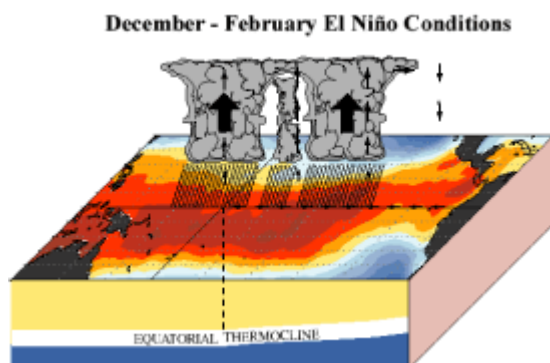
Jedná se o jev, který v sobě spojuje kolísání atmosférického tlaku a změny v teplotě povrchové vrstvy vody. Často se však tento pojem zaměňuje s pojmem El Niño. Tato neshodnost je zapříčiněna především historickým vývojem míry poznání jevu. Další vliv má také poznání pestrosti jak projevů, tak i dopadů ENSO na ekosystémy i lidskou společnost

Jev El Niño je teplou fází ENSO a příbuzný jev La Niña je naopak studenou fází ENSO (Trenberth, 2001).



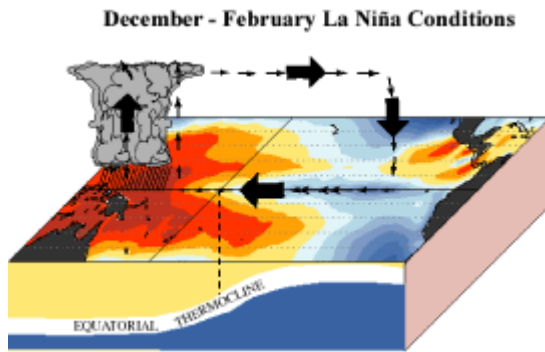
- a) Během neutrálních podmínek ENSO povrchové pasáty foukají na západ přes rovníkovou část Tichého oceánu. Foukáním proti povrchu oceánu, tyto větry vyústí v západní proudění.;

zdroj: https://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/ENSO/New/phase_neutral.html



- b) Během jevu El Niño, většinou přítomné větry od východu na západ slábnou a vyvine se anomální proudění ze západu na východ. Proudění ze západu na východ pohání teplé rovníkové vody ze západního Pacifiku k východnímu Pacifiku a severu Jižní Ameriky.;

zdroj: https://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/ENSO/New/phase_elnino.html



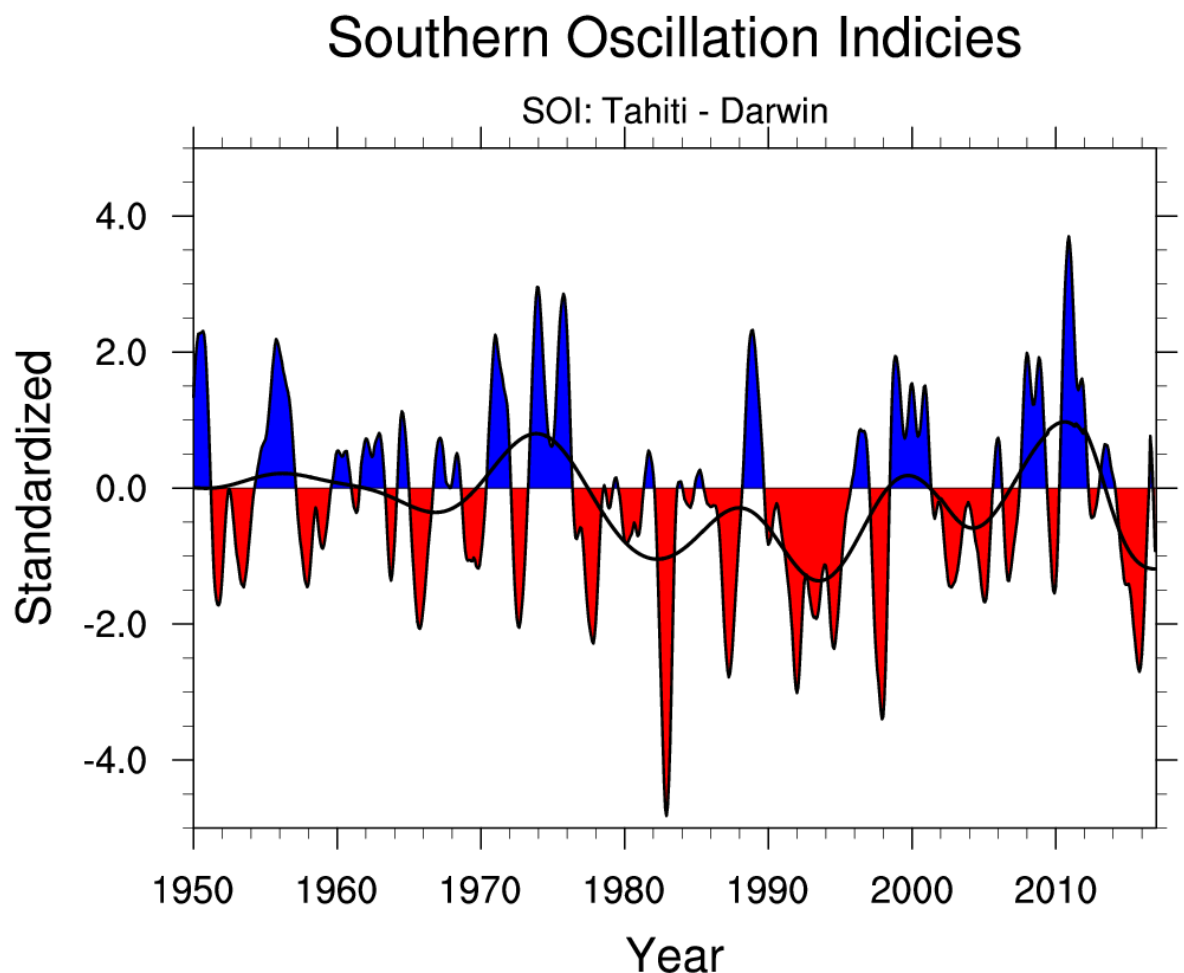
- c) Během jevu La Niña je proudění z východu na západ přítomné během neutrálních podmínek intenzivnější;

zdroj: https://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/ENSO/New/phase_lanina.html

Obr. 1: Fáze ENSO od prosince do února: a – „normální“ (non El Niño) podmínky; b – El Niño; c – La Niña

3.5 SOI

SOI neboli Southern Oscillation Index, tedy Index Jižní Oscilace. Tento index je počítán jako rozdíl atmosférického tlaku na Tahiti a atmosférického tlaku v Darwinu. Tedy atmosférický tlak na Tahiti mínus atmosférický tlak v Darwinu. Z čehož vyplývá, že je-li v oblasti Darwinu nízký tlak a na Tahiti vysoký tlak, je tedy index Jižní oscilace (SOI) kladný. Záporný SOI nastává, pokud je naopak v oblasti Darwinu tlak výrazně vyšší než na Tahiti. Pokud je SOI kladný, jedná se o La Niña podmínky, tedy „normální“ podmínky. Je-li SOI záporný, jde o El Niño podmínky. Avšak nelze tvrdit, že v případě, že je SOI kladný jde o La Niña a naopak, je-li záporný, jde o El Niño (Trenbert, 2001).



Obr. 2: Index Jižní Oscilace (od roku 1950 do roku 2010) – modrá barva značí studenou fázi (La Niña) a červená barva značí teplou fázi (El Niño); zdroj: <http://www.cgd.ucar.edu/cas/catalog/climind/soi.html>

4 El Niño

Stručné definice a vysvětlení základních pojmů nejvíce spojovaných s El Niño jsou již známy. Nyní bude podrobně probráno samotné El Niño. Jak vzniká, jaké jsou jeho následky a dopady, jeho možné kvantitativní definice. Dále vymezené regiony, které jsou podstatné pro určování nástupu a vývoje El Niño. Jaké škody má na svědomí, jaké jsou s ním spojovány omyly a také jeho předvídatelnost.

4.1 Jak vzniká El Niño

Mechanismus vzniku je totožný, ať už se bude na El Niño pohlížet jako na celopacifický jev, nebo jako na teplý proud podél peruánského pobřeží. Nejprve bude uvedeno, které fyzicko-geografické podmínky v oblasti Pacifiku převládají za „normálních“ podmínek. Tedy za „non El Niño“ podmínek, neboli podmínek kdy neprobíhá žádná z ENSO událostí. Oceán s atmosférou tvoří bezchybnou cirkulaci a to především díky tomu, že spolu zde vzájemně interagují. Tato cirkulace byla Jacobem Bjerknesem pojmenována Walkerova cirkulace. A to podle Sira Gilberta Thomase Walkera, který tuto cirkulaci studoval už v první polovině 20. století.

V důsledku velkého množství slunečního záření a také díky poloze mořských proudů se v západní části Pacifiku v oblasti Indonésie nalézá oblast teplé oceánské vody. Jde o nejteplejší oceánskou vodu na světě. Vlivem teplé povrchové vrstvy vody, která ohřívá přiléhající vrstvu vzduchu je způsobován pokles jeho hustoty a poté výstupné pohyby. Tím vzniká oblast, kde je nízký tlak vzduchu. V oblasti Indonésie se vyskytuje relativně stálá poloha tlakové níže a velmi hojné srážky. Je to způsobeno tím, že teplý, vlhký vzduch stoupající k horní hranici troposféry dává vzniknout mohutné srážkové konvektivní oblačnosti. Díky tlakovým rozdílům se proud vzduchu nezastaví u horní hranice troposféry, je však přemístován směrem na východ, přesněji nad oblast západního pobřeží Jižní Ameriky. Tento tlakový gradient je určen faktem, že nad tlakovou níží (oblast Indonésie) bývá ve vyšších hladinách vyšší atmosférický tlak a naopak nad tlakovými výšemi (západní pobřeží Jižní Ameriky) tlak nižší. V oblasti východního Pacifiku a západního pobřeží Jižní Ameriky vzniká oblast vysokého tlaku vzduchu vlivem původně teplého vlhkého vzduchu, který většinu své vlhkosti ztrácí v důsledku srážek v oblasti západního Pacifiku. Během svého posunu na východ se stále ochlazuje a postupně klesá k zemi.

Nesmí být však opomenuta interakce atmosféry s oceánem v přízemních vrstvách atmosféry a taktéž i interakci s dalšími sférami. Tlaková výše v oblasti východního Pacifiku je

velmi ovlivňována Humboldtovým (studeným Peruánsko-Chilským) proudem. Díky tomu, že chladné vody tohoto proudu neohřívají přiléhající vzduch natolik, jako v oblastech teplých vod, má vzduch nad Humboldtovým proudem větší hustotu než okolní vzduch a je chladnější. Tím dochází ke vzniku oblasti vysokého tlaku vzduchu a dále pak k blokaci vytváření konvektivní oblačnosti. Podle základních fyzikálních zákonů vzduch proudí dále, protože se nemůže nikde hromadit. V rovníkovém Pacifiku vanou díky zemské rotaci silné východní větry. Tedy na severní polokouli vanou směrem k rovníku převládající větry ze severovýchodu a na jižní polokouli z jihovýchodu. Tyto větry se nazývají pasáty. Pasáty uzavírají celý koloběh Walkerovy cirkulace. Pasáty mají ještě další řadu dopadů a to především na oceán. Silné východní větry mají na svědomí rozšíření jazyka studené vody Humboldtova proudu, počínaje západním pobřežím Jižní Ameriky, přes Galapágy až do středního rovníkového Pacifiku. Tam se prolínají chladné vody z Humboldtova proudu a teplé vody z Jižního rovníkového proudu. Poté se společně přesouvají dále na západ a při tom se stále více a více ohřívají.

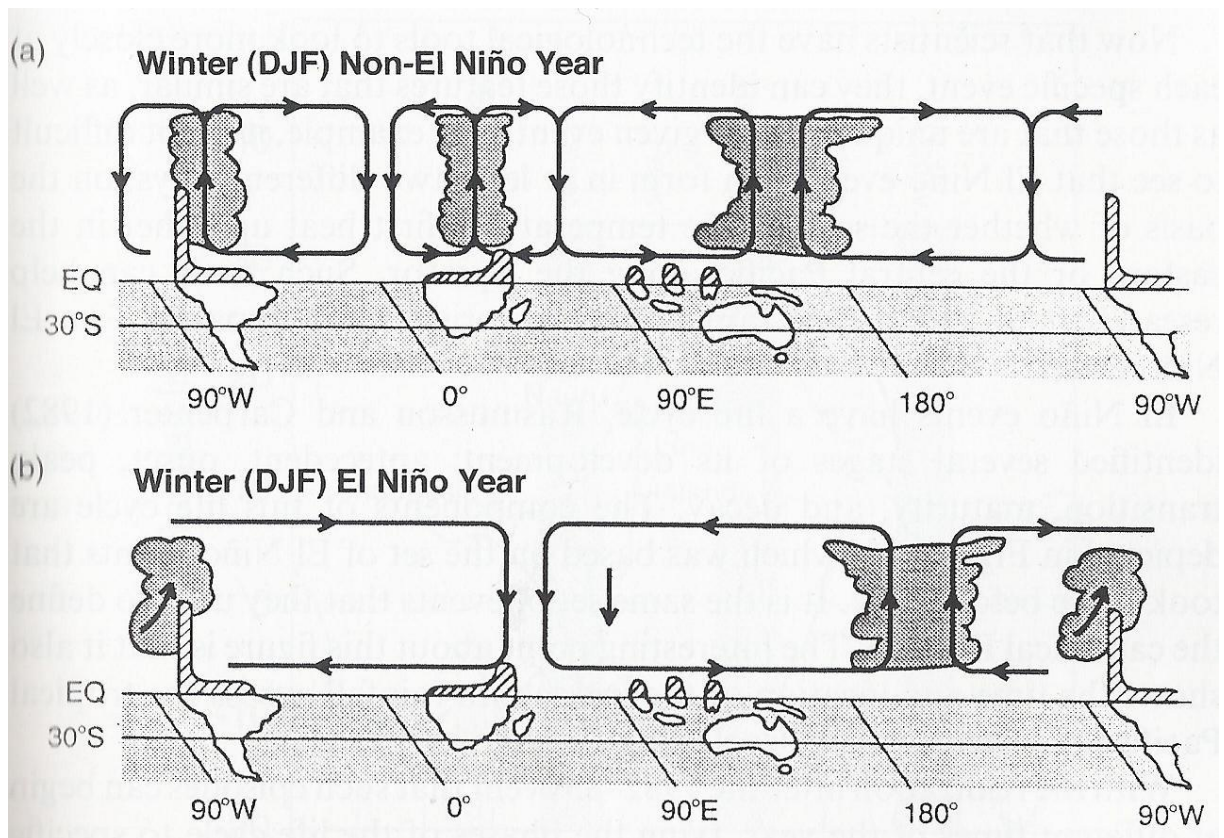
Teplota oceánské vody má jak klimatické dopady, tak biologické dopady. Studená voda Humboldtova proudu není jen povrchová voda putující od Antarktidy. Vlivem pasátů, které odfoukávají povrchovou vodu na západ a vytvářejí podtlak, který nasává studenou vodu z hloubky, obsahuje také hlubinnou vodu, která se dostává na povrch po celé délce cesty Humboldtova proudu. Tento jev má velký význam pro ekosystémy. Když se dostává chladná voda z hloubek na povrch oceánu, tak se díky výstupným proudům dostává do povrchové vody spousta chemických látek. Tyto látky jsou posléze přeměněny fotosyntézou na živiny pro fytoplankton. Fytoplankton je základem mořského potravního řetězce a spolu se zooplanktonem dále slouží jako potrava pro mnoho ryb a dalších mořských živočichů. Ryby jsou pak nejdůležitější stravou mořských ptáků a také cílem mnoha rybářských lodí.

Dále se v těchto oblastech díky výstupným proudům nachází termoklina velmi blízko pod hladinou. (Termoklina je vrstva vody, ve které dochází k rychlé změně teploty s hloubkou.) A to proto, že zde dochází k intenzivnímu míšení hlubinné vody s povrchovou vodou. Oproti tomu do západního Pacifiku je teplá voda tlačena převládajícími východními větry. Tento fakt způsobuje jak hromadění teplé vody, tak vyšší mořskou hladinu a to až o několik desítek cm oproti východu. Dále pak způsobuje pokles termokliny a to až do hloubky přibližně 200 m.

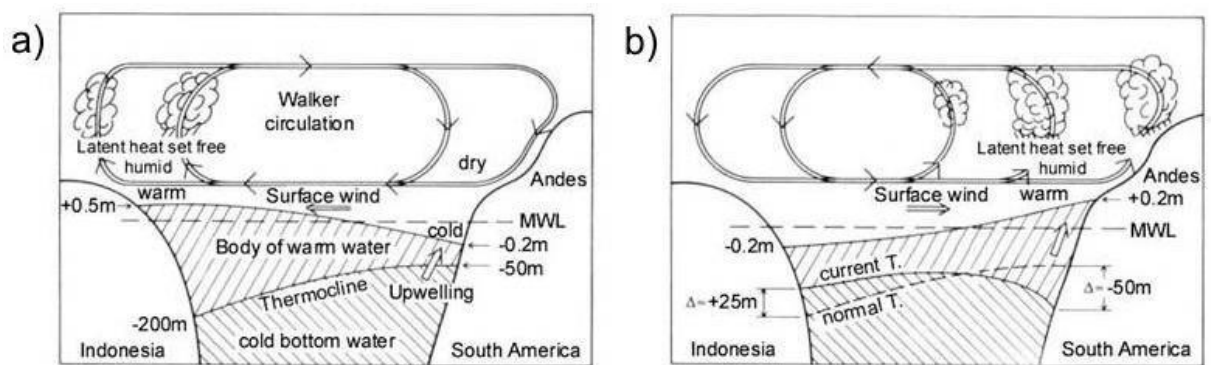
Takto vypadá cirkulace v atmosféře a oceánu za „normálních“ (non El Niño) podmínek. Když však nastoupí El Niño nastane celá řada změn, které významně mění celou cirkulaci. Tyto změny mění také počasí jak okolních, tak i vzdálených oblastí. Příčina nástupu

El Niño zatím není zřejmá. S popisem je tedy třeba začít od skutečností, které lze pozorovat, ale jejich příčina se stále nedá konkrétně objasnit. První takovou skutečností je především ohřátí povrchové vrstvy vody ve středním Pacifiku a přesun dlouhodobé tlakové níže z oblasti Indonésie do středního Pacifiku (oblast Tahiti). Touto skutečností se současně posune Walkerova cirkulační buňka. Sestupné proudy, které zabraňují tvorbě konvekce a podporují sucho, se tedy přesunou do oblasti Indonésie. Naopak výstupné proudy, které jsou doprovázené konvekcí a srážkami, se přemístí z oblasti Indonésie do středního až východního Pacifiku.

Za „normálních“ podmínek pasáty přesouvají studenou oceánskou vodu od Peruánského pobřeží na západ. Tento pohyb dlouhodobých tlakových útvarů však vyvolává slábnutí těchto pasátů. Oslabení a otočení pasátů však ještě mnohem více podpoří ohřev povrchové vody ve středním a východním Pacifiku. Výstupné proudy u západního pobřeží Jižní Ameriky slábnou a studená hlubinná voda přestává stoupat na povrch. Při jevu El Niño se vlastně teplá povrchová voda přesouvá ze západu na východ. Tím pádem mořská hladina na západě klesne a na východě naopak stoupne. Podobně se pak termoklina na východě oddálí od mořské hladiny a termoklina v západním Pacifiku se k mořské hladině přiblíží (Glantz, 2001).



Obr. 3: Schématické znázornění Walkerovy cirkulace od prosince do února: a – za „normálních“ (non El Niño) podmínek; b – za El Niño podmínek; zdroj: Glantz (2001)



Obr. 4: Poloha mořské hladiny, termokliny a atmosférické cirkulační buňky nad rovníkovým Pacifikem: a – za „normálních“ (non El Niño) podmínek; b – za El Niño podmínek; zdroj: Madl (2000)

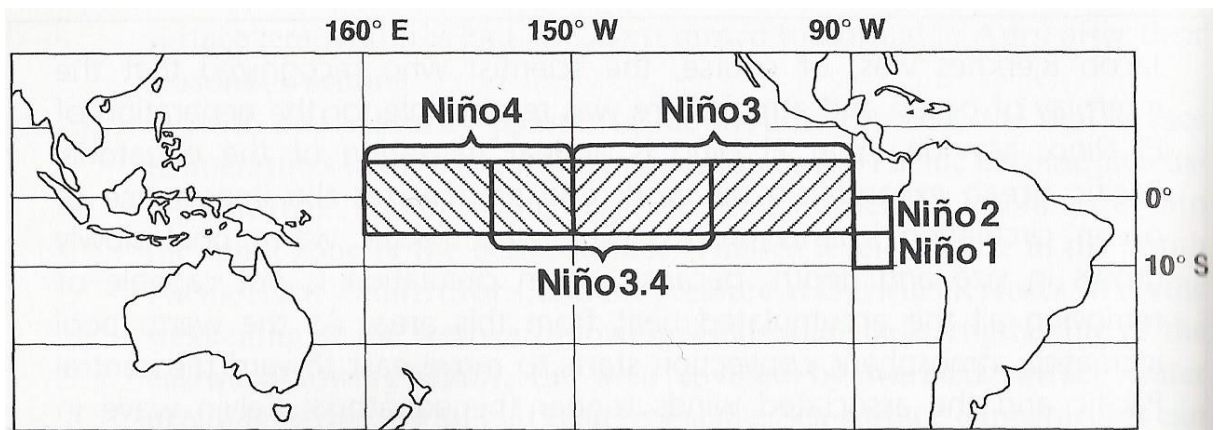
4.2 El Niño a La Niña (jako „normální jevy“)

Pohyb tlakových útvarů i změny v hodnotách atmosférického tlaku jsou přirozeným procesem na zeměkouli. Extrémy tohoto přirozeného kolísání s sebou přináší příznačné změny počasí. Tyto změny počasí jsou nazývány právě El Niño a La Niña. Počet i délka událostí El Niño a La Niña vyskytujících se v historii se liší, protože hranice onoho extrému zatím není definitivně stanovena. Doba mezi jednotlivými extrémy je označována jako období s „normálními“ podmínkami. Normální je celá oscilace a ne pouze její střed. Jevy El Niño a La Niña též nelze brát jako abnormální situace, jelikož jsou také „normální“ a přirozenou součástí. Tento fakt je často opomíjen a příchod El Niño i La Niña je brán jako narušení přirozených podmínek globálního klimatu. Přitom El Niño s La Niňou se střídají tak jako léto se zimou. Podobně jako léto přechází přes podzim, který je různě dlouhý, teplý nebo deštivý do zimy, tak El Niño přechází přes „normální“ podmínky do La Niňi. Klimatické dopady jednotlivých fází mají taktéž hodně společného. Bylo již vyzorováno, jaké počasí lze očekávat v létě a jaké počasí v zimě. Nyní je ovšem objevováno jaké počasí se dá očekávat při El Niño nebo při La Niña, i při přechodu mezi nimi. Jedním z rozdílů je fakt, že co se El Niño týče, počasí se nestřídá pravidelně po roce, nýbrž s periodou přibližně 3-7 let (Trenberth, 2001).

4.3 El Niño regiony

V 19. a 20. století se jevem El Niño začali zabývat peruánští vědci, kteří se zaměřovali na nezvykle teplou vodu u peruánských břehů. Časem se ukázalo, že teplota povrchové vrstvy vody roste nejen u peruánských břehů, ale takřka v celém středním a východním tropickém Pacifiku. Po tomto zjištění se začala teplota vody monitorovat. Monitorování začalo probíhat nejprve pomocí bójí a výzkumných lodí a později i pomocí družic. Postupem času bylo takto vymezeno pět regionů. Tyto regiony jsou z nějakého hlediska podstatné pro určování nástupu a vývoje El Niño.

Dále je těchto pět regionů důležitých při kvantitativním definování individuálních událostí. Nárůst teploty povrchové vrstvy vody (SST- sea surface temperature) v jednom regionu nemusí souhlasit s nárůstem v jiném regionu. Určování individuálních událostí je poté ovlivněno regionem, ve kterém je nárůst či pokles SST zkoumán. Každý tento region má svůj význam a poskytuje nám specifické informace. (Glantz, 2001)



Obr. 5: Regiony El Niño v tropickém Pacifiku; zdroj: Glantz (2001)

4.3.1 Základní vlastnosti jednotlivých regionů (podle Glantze 2001)

„W“ - západní zeměpisné délky; „S“ - jižní zeměpisné šířky; „E“ - východní zeměpisné délky a „N“ - severní zeměpisné šířky

Region Niño 1 (80°-90° W, 5°-10° S) – Jde o oblast studených výstupných proudů a význačnou oblast rybářského průmyslu. Nachází se v místech, kde byl jev poprvé pozorován, tedy u Peruánského pobřeží.

Region Niño 2 (80°-90° W, 0°-5° S) – Tento region se nachází severněji v oblasti kolem Galapág. Jde rovněž o oblast chladných výstupných proudů. Region 1 i region 2 poskytují dobré informace i o menších odchylkách v SST. A to proto, že jsou velice citlivé na atmosférické a oceánické změny. Jde o změny sezónní i změny během událostí El Niño.

Region Niño 3 (90°-150° W, 5° N - 5° S) – Jde o region, který byl v 90. letech používán jako zásadní region pro hlavní předpovědní model, jelikož ohřátí povrchové vrstvy vody v tomto regionu má velký vliv na globální klima. Nachází se ve středním rovníkovém Pacifiku. Oproti předchozím regionům je méně citlivý na sezónní změny. Na projevy El Niño je však poměrně velmi citlivý.

Region Niño 4 (150° W - 160° E, 5° N - 5° S) – Tento region už z části zasahuje do oblasti teplé vody kolem Indonésie. Při událostech El Niño tu dochází ke změně povrchové teploty vody, a to k ochlazení. Tato malá, ale významná změna má velké důsledky jak na rozmístění tlakových útvarů, tak na tvorbu srážek.

Region Niño 3.4 (120°-170° W, 5° N - 5° S) – Toto je poslední používaný region. Zahrnuje v sobě jak část regionu Niño 3, tak část regionu Niño 4. Jedná se o relativně nově

vymezený region. Hodnoty pro tento region jsou velmi rozšířené, a proto jsou tyto hodnoty a hodnoty z regionu Niño 3 používány k hodnocení událostí až po roce 1950. (Trenberth, 1997).

Toto je pět hlavních regionů, které jsou využívány. Avšak existují ještě další regiony. Například region Niño 3.5 (120°-180°W, 5°N – 10°S). Tento region byl navržen autory Trenberth a Hoar (1996), a to z toho důvodu, že se zde odehrávají významné odchylky teplot na mnohem větší ploše, než pojímají ostatní regiony. Většina autorů však v dnešní době používá především region Niño 3.4 i přesto, že autoři regionu Niño 3.5 pojmenovali jako klíčový region pro ENSO procesy právě region Niño 3.5.

4.4 Možné kvantitativní definice událostí El Niño a La Niña

Kvalitativní definice jsou již uvedeny na počátku, nyní je třeba se podívat i na možné kvantitativní definice. Všechny kvantitativní výpočty by však měli být brány pouze jako pomocný prostředek k lepšímu porozumění ENSO procesů, jelikož tyto výsledky nejsou jedinečné. Když se totiž například orientujeme na západní pobřeží J. Ameriky, dostaneme odlišná čísla (Trenberth, 1997).

Regiony El Niño jsou velmi významné při určování intensity, délky a počtu jednotlivých událostí. K určování těchto událostí je nejvíce využíváno SOI (Index Jižní Oscilace) nebo hodnoty odchylek SST (teploty povrchové vrstvy vody).

Když se tedy SST v určité oblasti zvýší o několik stupňů a setrvá takto ohřátá několik měsíců, lze hovořit o El Niño. Avšak otázkou zůstává o kolik stupňů, v jaké oblasti a po jak dlouhou dobu. Za celou dobu výzkumu tohoto jevu vzniklo tedy mnoho kritérií, jak stanovit jestli se jedná o jev El Niño, jev La Niña, nebo o „normální podmínky“. Při vybírání těch nejvhodnějších podmínek k definování události by se mělo brát v potaz to, co je vědci nebo veřejností pokládáno za ENSO událost a co ne. Dále by mělo být nahlíženo na obě strany ENSO cyklu, jak na El Niño tak i na La Niña. Trenberth (1997) využil k definování události hodnoty SST a stanovil tak, že ENSO událost nastane, když nejméně na 6 měsíců dojde k přesažení prahu pětiměsíčních klouzavých průměrů. Během testování příhodné prahové hodnoty zvolil přesažení o 0,3°C, 0,4°C a 0,5°C. U prahové hodnoty 0,5°C spadl index pod prahovou hodnotu na 1-2 měsíce. Došlo tak k tomu, že několik historických událostí bylo rozbito na události dílčí. Naopak pro hodnotu 0,3°C se zdá být trvání událostí hodně veliké. Celkově nejlepších shod s historickými výroky bylo dosaženo pro prahovou hodnotu 0,4°C a region Niño 3.4 (Trenberth, 1997).

Tato čísla však nelze brát dogmaticky. Některé historicky popsané události jsou například kratší než šest měsíců a tak do seznamu nemusí být vůbec zařazeny. U jiných událostí se například nedá přímo určit, jestli se jednalo o jedno dlouhé El Niño a nebo o několik kratších. Je nutné si vždy všimnout kritérií, která byla použita k definování událostí, protože existuje mnoho seznamů ENSO událostí, které se mohou vzájemně lišit.

Při důkladném zaměření se na odchylky SST v regionu Niño 3.4 pro každý měsíc od roku 1950 do roku 1997 a využití minimálně šestiměsíční překročení prahu $0,4^{\circ}\text{C}$, je vidět, že El Niño přišlo z 567 měsíců ve 177 měsících (31 %) a La Niña přišla ve 133 měsících (23 %). Díky této skutečnosti se tedy zjistilo, že 55 % (nerovnost se součtem je dána zaokrouhlením) času v tropickém Pacifiku probíhala některá z ENSO událostí. Pouze ve 45 % času lze hovořit o „normálních“ (non El Niño) podmínkách. Tyto výsledky však nelze brát jako jedinečné. A to proto, že při zaměření se například na západní pobřeží Jižní Ameriky, se získají částečně odlišná čísla. Z těchto důvodů by se všechny kvantitativní výpočty měli brát pouze jako pomocný nástroj k lepšímu pochopení ENSO pocesů (Trenberth, 1997)

Dále je tu index jižní oscilace neboli SOI (Southern Oscillation Index). Tento index je pravděpodobně nejtradičnější metodou jak lze definovat jak El Niño tak i ENSO. Z obecného hlediska se jedná o odchylku od normalizovaného rozdílu hodnot tlaku vzduchu redukovaného na hladinu moře mezi východním a západním Pacifikem. K tomu jsou používána data ze stanic pro východní Pacifik, která jsou na Tahiti a ze stanic pro západní Pacifik, které se nachází v Darwinu. Podle eMS 2016 však existuje více variant pro výpočet tohoto indexu. Oproti značné obvyklosti tohoto způsobu se však v novějších pracích autorů často nachází kritika. A to především na nepřesnost tohoto indexu. Podle Trenbertha (1997b) je to zejména problematickou spolehlivostí dat ze stanice na Tahiti a to hlavně od roku 1935. Podle Woltera a Timlina (2011) je nedostatečně relevantní vypovídající hodnota tohoto indexu ve vztahu k ENSO. To především proto, že obě stanice leží na jižní polokouli a nezachycují tedy situaci v celé zóně, která je zasahována ENSO.

Jako další definice je uvedeno CTI, neboli Cold Tongue Index. Tento index porovnává odchylky teploty povrchu moře kolem rovníku od datové hranice až po jihoamerické pobřeží (Wolter a Timlin 2011). Podle Fiedlera (2006) je Cold Tongue označení pro rovníkovou oblast západně od 120° západní délky s relativně nízkou teplotou povrchu moře. Ta je dána studeným Peruánským (Humboldtovým) proudem a výstupy studených vod z hlubších vrstev oceánu. K těmto výstupům přispívá Walkerova cirkulace.

Za další je tu index BEST neboli Bivariate ENSO Timeseries. Tento index sestavili Smith a Sardeshmukh (2000). BEST je pouhou kombinací indexu jižní oscilace a definice na základě odchylek teploty povrchu moře v regionu Niño 3.4. Z již zmiňovaných indexů je BEST prvním indexem zahrnujícím více než jeden meteorologický prvek.

A jako poslední je Multivariate ENSO Index neboli MEI, který v 90. letech zavedl Wolter a Timlin. K jeho zavedení je přivedla potřeba přesně určit ENSO na základě více meteorologických prvků. MEI je tedy vypočítáván z hodnot 6 proměnných a to jsou: atmosférický tlak redukovaný na hladinu moře, teplota povrchu moře, zonální vítr, meridionální vítr, teplota vzduchu při hladině oceánu a pokrytí oblačností. Později ve své další práci ovšem konstatují zbytečnost některých proměnných a přicházejí s indexem MEI.ext. Tento index je již počítán pouze z hodnot teploty povrchu moře a tlaku vzduchu redukovaného na hladinu moře. Tyto veličiny totiž nejčastěji vystupují i v již zmiňovaných indexech. Velmi zdůrazňují vhodnost tohoto indexu a to především díky jeho prostorové variabilitě. Tento index je totiž možno vypočítávat pro variabilně volitelné území. Toto je jedna z jeho největších výhod oproti tradičnímu SOI. Ten je totiž vázán na 2 pevně umístěné stanice a ještě ne zcela vhodně. Dále MEI.ext považují za odolnější vzhledem k ročnímu chodu a také vůči nepředvídaným oscilacím zahrnutých veličin vzhledem k sofistikovanějšímu výpočtu, který zahrnuje například hodnoty šikmosti směrodatných odchylek atd., do kterého vstupují dvouměsíční klouzavé průměry teploty povrchu moře a tlaku vzduchu redukovaného na hladinu moře (Wolter a Timlin, 2011).

4.5 Následky jevu El Niño

Jelikož se v důsledku působení El Niño abnormálně oteplují rovníkové vody Tichého oceánu, což bývá spojováno se změnou atmosférického tlaku, díky čemuž se mění i směr větrů, vznikají častější bouře nad celým Tichým oceánem. El Niño vyvolává množství klimatických změn a ty mají poté samozřejmě i ekonomické následky. Nejvíce se následky El Niña projevují v Jižní Americe. V ostatních částech zeměkoule nejsou následky tak výrazné. V letním období je díky jeho působení horko a vlhko. Na pobřeží Peru a Ekvádoru vyvolává prudké lijáky. V zimě, od prosince roku 1997 do února 1998 způsobil tento jev obzvláště rozsáhlé záplavy, které byly vyvolány prudkými dešti. O tři měsíce později nastalo totéž na severu Argentiny a na jihu Brazílie. Tam byly způsobeny tak velké škody, že se z nich oblast Ria de Janeiro dodnes nevzpamatovala. Oproti tomu v Chile a na bolivijském Altiplanu probíhala krutá zima se zde neobvyklými extrémně nízkými teplotami a sněhovými bouřemi.

A naopak na severu Amazonie, v Kolumbii a ve střední Americe bylo velmi suché léto. Co se týče druhé strany Tichého oceánu, tam obyvatelé zažívali podobnou situaci avšak v poněkud menším měřítku. V Indonésii, na Filipínách i v Austrálii bylo klima sušší než v posledních 10 letech. V Kanadě a v USA střídavě stoupaly a klesaly teploty. Na jihu Kalifornie, v severozápadním Mexiku i v dalších státech na jihu USA panovaly vytrvalé deště, které zde byly velmi neobvyklé. Oproti tomu středozápad Kanady postihla teplá zima. Působení El Niña pocítili i lidé v Africe. Díky jeho působení i zde probíhaly klimatické změny. Nad rovníkovou Afrikou a na jihu Sahary převládalo od prosince do února na jejich poměry neobvyklé, velmi vlhké počasí. Oproti tomu v Zimbabwe, Zambii a Mosambiku zavládlo nečekané horko a sucho.

Prudké lijáky v zemích USA způsobily záplavy a časté sesuvy půdy. To zavinilo smrt přibližně 800 lidí a velké materiální škody. Na jihu Jižní Ameriky přispěly tyto klimatické změny k šíření nemocí jako například cholera, malárie, encefalitida a další. Tyto nemoci jsou bez nedostatečné zdravotnické péče a hygienických prostředků velmi častou příčinou mnoha obětí, což v zemích třetího světa není neobvyklé.

Dále El Niño způsobuje také velké ekonomické ztráty. Změny klimatu nejvíce postihují rybářský průmysl. Snižuje se výstup studených mořských proudů podél západního pobřeží Jižní Ameriky. Tyto proudy jsou bohaté na potravu ryb a mořských ptáků. Tím se tedy počet ptactva na pobřeží zmenšuje, což negativně ovlivňuje produkci hnojiv, jelikož ptací trus je důležitou složkou jejich výroby. Paradoxem je, že rybářům sice El Niño způsobil velké problémy, ale život na venkově se zlepšil, jelikož teplé počasí přispívalo k dobré úrodě a tím pádem zlepšilo životní podmínky zemědělců.

Co se týče následků La Niña, který někdy bývá označován jako studená fáze El Niña, jsou s ní spojené stejně závažné přírodní jevy jako právě s jevem El Niño. Obyvatelé jihoamerického pobřeží La Niña očekávají s radostí, jelikož snižuje teplotu proudů a tím přispívá k tahu ryb. Díky tomu se jich podaří ulovit mnohem více. Avšak zemědělci ji s radostí neočekávají, jelikož pokles teploty ničí a zhoršuje úrodu.

Problémem je, že El Niño nejvíce postihuje nejchudší země. Zde je velmi těžké přijmout preventivní opatření, která by zmírnila přírodní jevy, jež El Niño způsobuje. A to především proto, že je zde nedostatek infrastruktury, nepříznivé podmínky života a v některých případech i nedbalost vlád.

El Niño má dále vliv třeba i na život ptáků. Dramaticky ovlivňuje například život tučňáků, ale i kormoránů, jejichž celkovou populaci tvoří pouze 700 až 800 ptáků a ta může během jevu El Niño poklesnout až na polovinu. Vlivem El Niña je také velmi ovlivňován

život lachtanů na Galapágách. Oceán se kvůli jevu stává méně úživný a lachtani mají nedostatek potravy. Jejich populace se tak může zredukovat až na 50 % (Vigué, ed. A Vaccaro, 2007).

4.6 Minulost a budoucnost El Niño

Nejstarší historická zpráva o tomto jevu pochází z roku 1525 z Peru.

El Niño i La Niña jsou stále častější a neustále nabírají na síle. Někdy je to přikládáno pozvolné změně klimatu. Odborníci však nejsou schopni tuto domněnku prokázat. Klimatologové již také zaznamenali v malé míře El Niño i nad Atlantikem. Mnozí meteorologové jsou přesvědčeni, že v budoucnu tento jev ještě zesílí. A také, že bouře, které zuří nad Atlantikem, zasáhnou i jihozápadní Evropu.

S jevem El Niño bývají podle některých vědců spojovány i různé omyly. Jeden z těchto omylů, který bývá nejčastější, je, že El Niño je důsledkem zesilujícího skleníkového efektu a globálního oteplování. Může na tom být něco pravdy, pokud se to týká jeho intenzity a častější frekvence výskytu. Jinak je však toto tvrzení nepravdivé. El Niño je známé již od konce 16. století, kdy ho zaznamenali rybáři v oblasti Peru. Rybářská loviště v blízkosti Peru jsou jedna z nejbohatších na světě díky tomu, že za normální situace při peruánském pobřeží stoupá k hladině chladnější voda z větších hloubek rovníkového Pacifiku a ta je velmi bohatá na živiny. V průběhu teplé epizody El Niño tento výstupný proud zaniká a právě to má mimo jiné za následek i výrazný úbytek ryb při peruánském pobřeží. Na konci 16. století však problém zesilujícího skleníkového efektu a globálního oteplování ještě neexistoval.

Je však třeba také zdůraznit, že vzrůstající skleníkový efekt a globální oteplování mohou dle některých modelových simulací ovlivňovat chování celého systému ENSO. Vypadá to, že při vzrůstajícím globálním oteplování by mohlo docházet k zesilování teplých epizod El Niña a kolem roku 2100 také ke zkrácení průměrné délky periody celého jevu. A to z aktuálních 3 až 7 let na 2 až 5 let.

Dalším omylem je tvrzení, že El Niño je způsobeno vulkanismem u dna Pacifiku. Z energetického hlediska podmořský vulkanismus procesy, které jsou spojené s jevem El Niño nijak výrazně neovlivňuje. Tato teorie navíc nevysvětluje kvaziperiodické chování systému ENSO ani to, že jeho největší projevy jsou soustředěny do rovníkových oblastí Pacifiku. Vlivem vulkanismu se sice do vody uvolňuje velké množství tepla, ale toto teplo je především ve velkých hloubkách celkem rychle rozptýlováno do okolního oceánu. Kdežto El

Niño je jev, který se odehrává hlavně v horních přibližně 200-250 metrech oceánu. Vliv vulkanismu na chování oceánských a atmosférických procesů sice nelze vyloučit, ale příčinou právě El Niña jsou především existující vazby mezi oceánem a atmosférou. El Niño by tedy existovalo i bez vulkanických procesů na dně Pacifiku (Diaz a Markgraf, 2000).

4.7 Škody způsobené jevem El Niño

V letech 1789 až 1793 měl tento jev za následek více než 600 000 mrtvých v Indii. Dále způsobil krutý hlad v jižní Africe. Od roku 1982 do roku 1983 měl za následek přes 2000 mrtvých a škody na majetku za více než 13 miliard dolarů, a to převážně v tropických oblastech. V letech 1997 až 1998 zahynulo přibližně 2 100 lidí a škoda na celém světě dosáhla 33 miliard dolarů. A to i přes první převážně úspěšné místní předpovědi sucha a záplav způsobených jevem El Niño. V letech 1990 až 1995 nastaly tři po sobě jdoucí klimatické jevy, které se spojily v nejdelší zaznamenaný výskyt jevu El Niño. Během El Niña v roce 1991 propukla cholera a ta měla na svědomí přes 12 000 mrtvých (Vigué, ed. A Vaccaro, 2007).

4.8 Předvídatelnost El Niña

Předpověď jevu El Niño se týká abnormálních klimatických podmínek po dobu měsíců, a to v rozsáhlých oblastech. Klimatologové jsou tedy s předpovídáním tohoto jevu celkem úspěšní. Včasné varování před tímto jevem může lidem velmi pomoci, aby byli připraveni na očekávané změny a pomůže snížit lidské i hospodářské ztráty, které El Niño působí na minimum.

Například v roce 1997 byla předpověď, že dojde k jevu El Niño oznámena asi šest měsíců před tím, než k tomu došlo. A to díky vědcům z výzkumného meteorologického ústavu European Centre for Medium-Range Weather Forecasts v Anglii a vědcům z institutu Maxe Plancka v Hamburku. Podařilo se jim rozpoznat první příznaky příchodu El Niña za použití modelu oceánu a atmosféry. Teplota povrchu vody ve východním Pacifiku, která se mění již rok před příchodem El Niña je jedním z nejvýznamnějších parametrů.

V tropickém Pacifiku je teď přibližně 70 bójí. Bóje měří teplotu vody do 500-ti metrů a větrné podmínky na povrchu oceánu. Předpověď počasí vzniká tak, že se tato data vloží do počítačových modelů klimatu.

Díky varování, které přichází o tolik dříve, mohou určité země, kterých se hrozba El Niño týká přijmout potřebná bezpečnostní opatření. Jedním z takovýchto opatření může být například to, aby přizpůsobily svou zemědělskou výrobu této klimatické anomálii (Diaz a Markgraf, 2000).

5 Projevy El Niño na srážkové a teplotní poměry

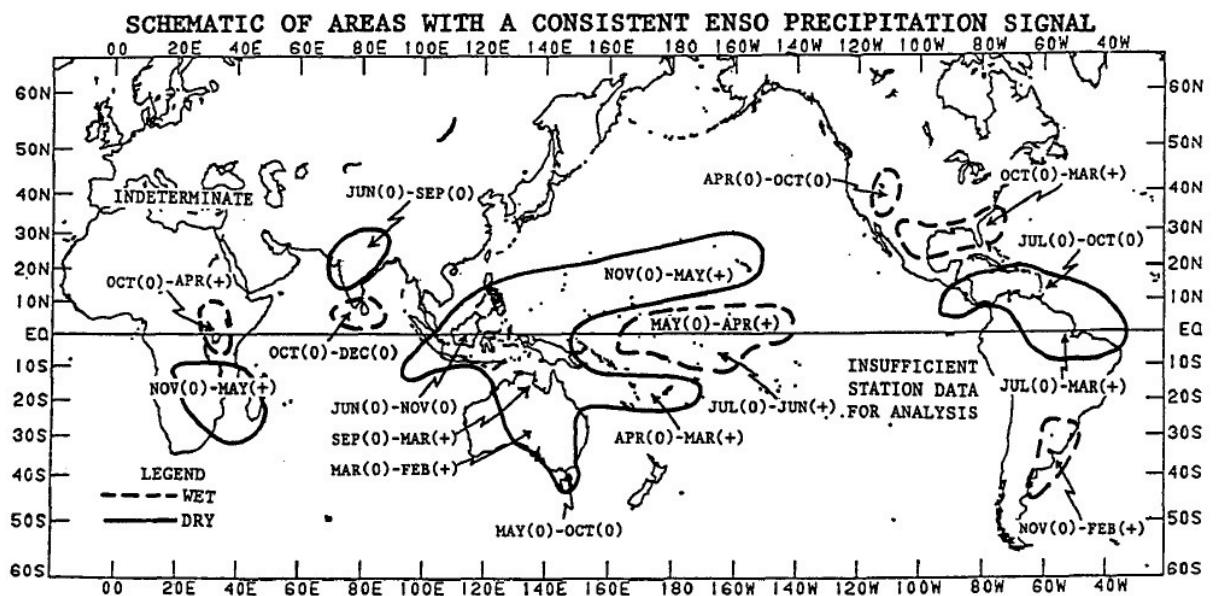
5.1 Ovlivnění počasí středních zeměpisných šířek vlivem ENSO

Vzhledem k tomu, že se ENSO procesy vyskytují především v rovníkovém Pacifiku, mohli bychom si myslet, že nebudou mít žádný vliv na počasí ve středních zeměpisných šířkách, tedy ani v Evropě. Musíme si však uvědomit, že atmosféra spolu s oceánem jsou jeden velký klimatický systém, ve kterém se veškeré procesy navzájem ovlivňují. Představme si, jak se navzájem ovlivňují tlakové útvary a mořské proudy v oceánu. S přesunem tlakových útvarů poté dochází i k přesunu klimatických atmosférických front a zón konvergence. Tím tedy mohou nastat změny počasí i ve středních zeměpisných šířkách (Rasmusson a Carpenter, 1982 v Ropelewski a Halpert, 1987).

Avšak určení míry ovlivnění klimatu středních a vyšších zeměpisných šířek vlivem procesů, které se odehrávají v tropech, není tak jednoznačné. Vlivy ENSO procesů mohou být mnohem proměnlivější, protože například ve vyšších zeměpisných šířkách mohou být srážky ovlivněny i dalšími jinými faktory (Ropelewski a Halpert, 1987). Dále je podstatné si uvědomit, že není El Niño jako El Niño. Každá tato událost je vždy částečně jiná než ta předchozí. Může se lišit intenzitou, délkou trvání, prostorovým rozsahem, periodicitou atd. I kdyby byly parametry stejné, není vůbec jisté, že dopady na vzdálenějších místech budou naprosto totožné. Někdy totiž dochází nejdříve k zahřátí středního Pacifiku, někdy naopak nejdříve k zahřátí východního Pacifiku. Dále je tu skutečnost, že ne každý nárůst SST v tropickém Pacifiku musí vyvrcholit v El Niño. Podobné je to i s intenzitou jednotlivých událostí. Můžeme tvrdit, že čím silnější je událost, tím větší je možnost dopadů i ve vzdálenějších oblastech. Všechno se však stává složitější ve chvíli, kdy začneme brát v potaz i další oceány a atmosférické cirkulace nad těmito oceány. Momentálně zatím nedokážeme dobře rozlišit, jestli nemohl být ohřev vody v jednom oceánu zapříčiněn nějakými procesy v oceánu jiném. Také dopady ENSO procesů mohou být v jednom roce zásadním hybatelem klimatických procesů na vzdálenějších místech a o pár let později se například vlivem odlišných fyzikálních vlastností jiného oceánu nemusí projevit vůbec (Glantz, 2001).

5.2 Jádrové regiony ovlivnění

Určení míst, která reagují na ENSO s vysokou mírou spolehlivosti je hlavním cílem vědců zkoumajících ENSO procesy. Znamená to, že při nástupu El Niña nebo La Niña se oproti dlouhodobému průměru na daném místě nápadně zvýší nebo sníží srážky nebo teploty (nebo oboje). Tyto podmínky přetrvávají po dobu několika měsíců. Ropelewski a Halpert (1987) provedli podrobnou teplotně-srážkovou analýzu z více jak 1700 stanic po celém světě. Poté přezkoumali případné souvislosti dat s událostmi ENSO. Podle řady kritérií poté určili oblasti, kde srážky reagují na ENSO procesy s poměrně vysokou mírou spolehlivosti.



Obr. 6: Schéma hlavních zón s pozměněnými srážkami, které souvisejí s ENSO procesy, v tomto případě s El Niño. Schéma je založené především na detailní analýze jádrových regionů. Úplná linka označuje sucha a přerušovaná linka značí vlhka.; zdroj: Ropelewski a Halpert (1987)

Avšak nedá se na tuto mapu pohlížet jako na bezchybný nástroj k určování dopadů ve světě. Má totiž některé nedostatky. Například pobřeží Peru a Ekvádoru je význačné velkým ovlivněním ENSO procesy a také právě v této oblasti bylo El Niño poprvé popsáno, přesto toto místo není zařazeno mezi jádrové regiony ovlivnění. Je to způsobeno nedostatkem staničních dat a krátkou pozorovací řadou. Jako další nedostatek je fakt, že kvůli zvoleným metodám nemohly být do jádrových regionů zařazena místa, která jsou sice velmi ovlivňována ENSO procesy, ale jejich dopady v různých událostech se velmi liší. Tím je

například oblast západního pobřeží USA. Při El Niño v roce 1976 tam panovala sucha a oproti tomu v roce 1982/1983 naopak abnormální vlhko (Ropelewski a Halpert, 1987).

Významný je taky fakt, že hranice těchto regionů může být také nestálá. Podle Ropelewkiho a Halperta (1987) patří mezi jádrové regiony západní a střední rovníkový Pacifik, většina subtropické Austrálie, severní část Jižní Ameriky, východní rovníková Afrika a jižní Indie, Srí Lanka a přilehlé ostrovy.

5.3 Projevy ENSO v tropickém Pacifiku

Z pohledu klimatologie nejsou kladné (El Niño) a záporné (La Niña) fáze extrémní jevy. Trenberth (1997b) při využití definice dle odchylek teploty povrchu moře v regionu Niño 3.4 spočítal ve své práci, že v časovém úseku od ledna 1950 do března 1997 odpovídalo 31% měsíců podmínkám El Niño a 23% podmínkám La Niña. Shrnuje, že na „extrémní“ fáze připadá 55% měsíců (nerovnost se součtem je dána zaokrouhlením). Bylo by tedy spíše extrémní, kdyby v obvyklé periodě ENSO tyto „extrémní“ fáze nenastaly.

Grimm a Tedeschi (2009) stručně nastiňují způsob kterým ENSO ovlivňuje klima. Hlavní důvodem změn stavu atmosféry vyvolaných ENSO jsou anomální toky tepla a vlhkosti nad tropickým Tichým oceánem (oblastí odchylek teploty povrchu moře (SST) vyvolaných ENSO). V oblastech, kde to při neutrálních podmínkách ENSO není obvyklé tak vznikají zóny konvekce a divergence. Jako přímý důsledek těchto zón jsou anomálie v geografickém rozložení tlakových níží a výší. Ty pak narušují jak Walkerovu cirkulaci v oblasti Tichého oceánu, tak i cirkulaci v rámci Hadleyho buňky v tropickém pásu. Tím je narušena i zóna divergence v horní troposféře na rozhraní Hadleyho a Ferrellovy buňky. Dopady ENSO se tak šíří atmosférou až do mírných šířek. Steinhoff et al. (2015) shrnují projevy ENSO do jednoduchého tvrzení. El Niño brání konvekci, protože stabilizuje tropickou pacifickou troposféru, oproti tomu La Niña ji destabilizuje a tím konvekci zesiluje. Zesílení či zeslabení konvekce poté způsobuje záporné, resp. kladné srážkové anomálie.

Podle Andreolli a Kayano (2005) je oblast záporných odchylek tlaku vzduchu a na ni vázaná anomální konvekce při El Niño umístována do středního a východního rovníkového Pacifiku. Oproti tomu kladné odchylky tlaku vzduchu a s nimi spojená anomální subsidence se vyskytují na západním okraji Tichého oceánu a to až v oblasti Indonésie. Tím se Walkerova cirkulace posune východním směrem a zeslabí tak východní proudění nad tropickým Pacifikem. Důsledkem je výskyt anticyklón v nízkých zeměpisných šířkách, kde je jejich výskyt při neutrálních podmínkách ENSO velmi nezvyklý. Oproti tomu La Niña se projevuje

symetricky opačnými anomáliemi. Vliv ENSO je znatelný jak v atmosféře tak, i v oceánu. Východní tropický Pacifik je nejzasáženější oblastí. Teplota povrchu moře (SST) této oblasti je používána i v mnoha definicích ENSO. Podle Fiedlera a Talleyho (2006) jsou nejvýznamnější dopady ENSO pozorovatelné v oblasti tzv. rovníkového studeného jazyka. Tento tzv. rovníkový studený pás lze považovat za pokračování studeného Peruánského proudu. V oblasti na jih od rovníku se točí od jihoamerického pobřeží směrem k západu. Kladná anomálie teploty povrchu moře v této oblasti při teplé fázi ENSO, tedy při El Niño přesahuje 2°C. Podle Wanga a Fiedlera se díky oteplení vrstvy vzduchu při nezvykle teplé hladině moře vyvíjejí také záporné odchylky SLP, neboli tlaku vzduchu redukováného na hladinu moře. Tento fakt zde vede k nastartování konvekce. Ta totiž při hodnotách tlaku, které jsou normálně vyšší, nemůže probíhat.

V západním Pacifiku se za téže situace vytvářejí 2 anticyklonální jádra, která jsou vázaná výhradně na podmínky ENSO. Jedná se o záporné anomálie teploty povrchu moře (SST) v obratníkových oblastech obou polokoulí a také s tím kladné odchylky SLP, neboli tlaku vzduchu redukováného na hladinu moře. Kvůli tomuto anomálnímu tlakovému poli je kolem rovníku v centrální části Tichého oceánu anomální západní proudění a naopak v západní okrajové zóně Pacifiku pak anomální východní proudění. Při vrcholných fázích ENSO jsou v důsledku odlišného prostorového rozložení tlakových poměrů měněny zóny konvekce a subsidence. Tím se také podstatným způsobem mění plošné rozložení srážek.

V průběhu všech detekovaných událostí El Niño od roku 1950 bylo vyvinuto západní proudění nad centrálním rovníkovým Pacifikem. Posléze přibližně na 4 měsíce mělo toto proudění vliv na kladné anomálie teploty hladiny moře v regionu Niño 3. Vzhledem k tomu, že teploty hladiny moře ve východním Pacifiku při některých událostech El Niño vzrostly až poté, kdy anomálie tlaku vzduchu už odpovídaly podmínkám El Niño a tím pádem neumožnily detekci El Niño včas, je toto proudění zásadním prvkem pro včasné rozpoznání vzniku El Niño jako začínající teplé fáze ENSO. Jak udávají autoři, nejvyšších hodnot odchylek je dosahováno v období zimy na severní polokouli, neboli v době od prosince do února. Opakem je tzv. teplý sektor východního Pacifiku. Ten je ohraničen izotermou průměrné teploty hladiny moře 27,5 °C a nalézá se na západ směrem od pobřeží jihozápadního Mexika a Guatemaly. V této oblasti vliv ENSO na teplotu hladiny moře není dostatečně prokazatelný.

Dále ENSO ovlivňuje také slanost mořské vody. Dle Fiedlera a Talleyho (2006) jsou nejvýznamnější proměny salinity ve spojitosti s ENSO pozorovatelné v rovnoběžkovém pásu přibližně okolo 5° s. š. směrem na východ od datové hranice. I přesto, že v této oblasti nad

oceánem způsobuje ENSO vyšší srážkové úhrny, jsou při středoamerickém pobřeží dosahovány kladné anomálie odpovídající 0,2 ‰. Toto zvýšení salinity je v této oblasti způsobeno především díky nižším srážkovým úhrnům nad pevninou a tím i následným sníženým přítokem sladkých vod do oceánu.

Fiedler a Talley (2006) udávají, že termoklina ve východním Pacifiku se při El Niño a zejména v rovníkové oblasti nachází o 5 až 10 metrů hlouběji. Co se týče západní části Tichého oceánu, tam se naopak v porovnání s neutrálními podmínkami termoklina při El Niño nachází blíže hladině, a to až v subtropických šířkách. Když tedy pokládáme ENSO za tropický fenomén, můžeme mělčí termoklinu v subtropickém západním Pacifiku pokládat za vzdálený projev ENSO na úrovni oceánu. Kvůli nedostatečným datům není možné prokázat vliv ENSO na kvalitativní parametry mořské vody jako je obsah živin, kyslíku, nebo jiných látek.

V době kdy nastanou neutrální podmínky ENSO, což znamená, že podmínky neodpovídají ani jevu El Niño ani jevu La Niña, se teplota povrchu moře (SST) v oblasti Tichého oceánu zvyšuje a to od východu k západu. U amerického pobřeží je toto způsobeno především Peruánským proudem a výstupem studenějších vod z hlubin směrem k povrchu. Ten je zesilován díky východnímu proudění u hladiny Pacifiku v rámci běžné Walkerovy cirkulace. Tyto vody jsou poté hnány východními rovníkovými větry do západního Pacifiku. Dále mají na svědomí vzrůst výšky hladiny vůči východnímu Pacifiku.

Tato oscilace má také zásadní vliv na pacifické ekosystémy. Podle Fiedlera (2002) jsou však následky teplé (resp. chladné) fáze ENSO nevratné a ekosystémy jsou po obnovení neutrálních podmínek ENSO schopné se vrátit do původního stavu. Živiny, fytoplankton a zooplankton jsou vázány spíše na chladnější vody a zvýšení teploty povrchu moře (SST) při El Niño ve východním Pacifiku způsobuje snížení jejich množství. Toto zvýšení teploty povrchu moře (SST) je totiž následkem šíření teplých vod západního Pacifiku k východu a to především díky zeslabení proudění z východu. Dle Fiedlera (2002) tento fakt vede k úhynu a změně reprodukčního chování především ryb a to, protože nemají dostatek potravy. ENSO má podstatný vliv i na další skupiny živočichů, i když nepřímo. A to například na vodní ptáky nebo galapážské tučňáky. Má vliv jak na jejich úmrtnost nebo ztráty hmotnosti, tak i na omezení reprodukční schopnosti. Snížení množství planktonu a ryb je totiž velmi silným zásahem do potravního řetězce. Některé vyšší organismy, jako například některé velryby, jsou prý však schopné na důsledky aktuální fáze ENSO, které jsou pro ně nežádoucí, reagovat migrací a prozatímním osídlením jiných stanovišť. Dále například galapážští leguáni mořští se prý již dokáží přizpůsobit ENSO tak, že mají schopnost pozměňovat velikost těla a tím také

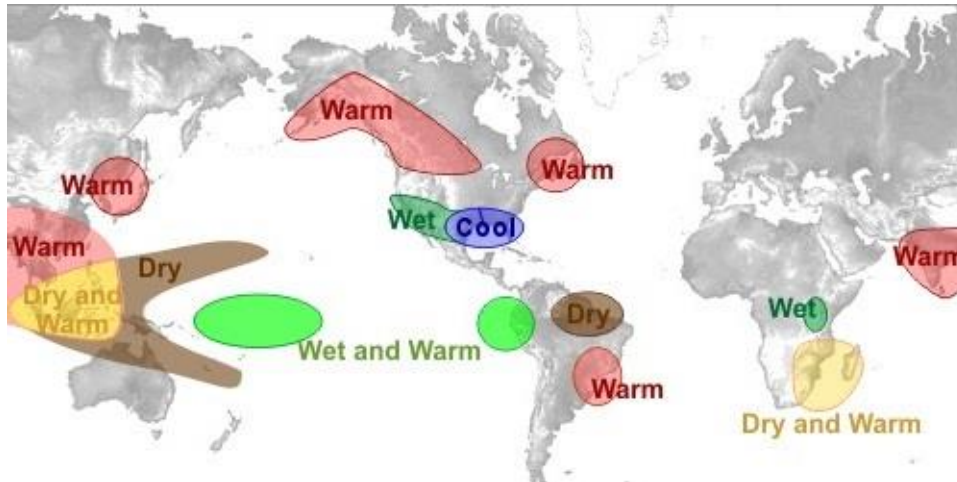
jeho energetické nároky a to v souvislosti s fází ENSO. Tato fakta se dají považovat za další důkaz toho, že výskyt „krajních“ fází ENSO je naprosto přirozený a také již skutečně dlouho nastávající jev.

5.4 Dálkové projevy ENSO

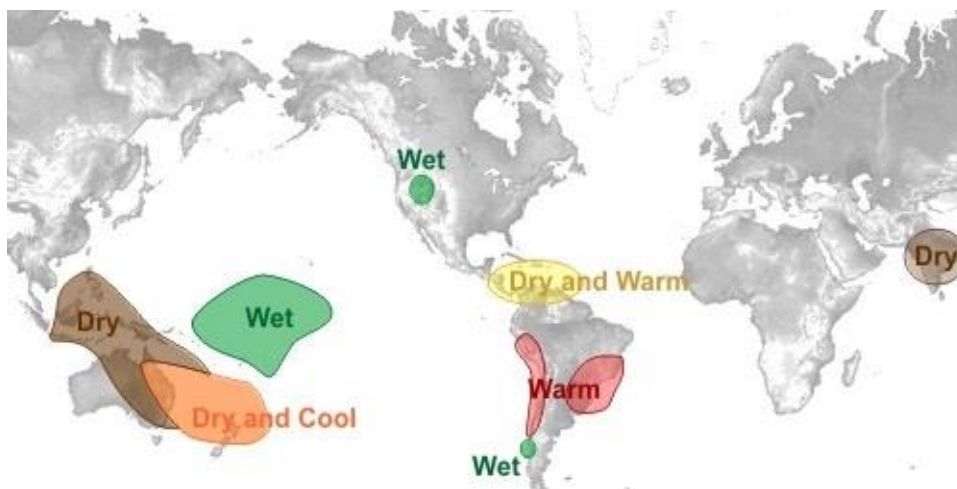
Například Mishra a Singn (2010) kladou důraz na významnost výzkumu dálkových vazeb ENSO a to jak na přírodní ekosystémy, tak i na lidskou společnost. To vše hlavně s ohledem na anomálie srážkových úhrnů, které souvisejí s ENSO. Tyto anomálie mohou způsobovat sucha, nebo naopak povodně či sesuvy. Dále také udávají příklady, ve kterých byla předpověď ENSO součástí strategie plánování jednotlivých hospodářství a to především v Peru. Již Trenberth (1997a) zmiňoval fakt, že ENSO lze do jisté míry předpovědět přibližně s ročním předstihem. Dle Pozo-Vázquez et al. (2005) je výzkum dálkových dopadů ENSO zásadní především pro sezónní předpověď anomálních hodnot meteorologických prvků. Díky této předpovědi by bylo možné minimalizovat společensko-ekonomické dopady ENSO.

Identifikace typických charakteristik odchylek klimatu způsobených ENSO podle Nichollse (2000):

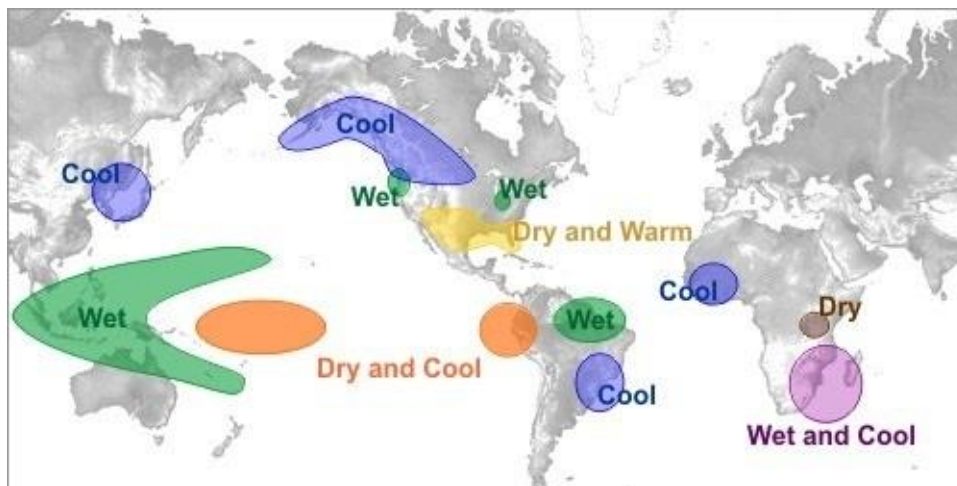
1. Vyskytují se přibližně současně ve všech zasažených regionech.
2. Kvůli fázím ENSO se zvyšuje roční proměnlivost klimatu a to především srážek. Za normálních podmínek se při vyšších průměrných srážkách meziroční změny srážkových úhrnů snižují. Když porovnáme oblasti zasažené ENSO s oblastmi ležícími sice ve stejném klimatickém pásmu, ale nezasaženými ENSO, tak v regionech zasažených ENSO může být variabilita srážek až dvakrát vyšší.
3. Deště či sucho, které jsou způsobené ENSO trvají typicky 1 rok.
4. Předpovědi na období boreálního jara na územích zasažených ENSO jsou náročnější, než na zbytek roku. A to z důvodu, že většina těchto období začíná a posléze končí v dubnu. Je totiž velmi pravděpodobné, že když anomálie, která byla způsobena ENSO přetrvá až do června, zůstane již po zbytek roku.
5. V oblastech zasažených ENSO může nastat obrovská meziroční variabilita, a to především proto, že přeměna mezi El Niño a La Niña se se může udát tak rychle, že hned příští rok převládá opačná fáze.



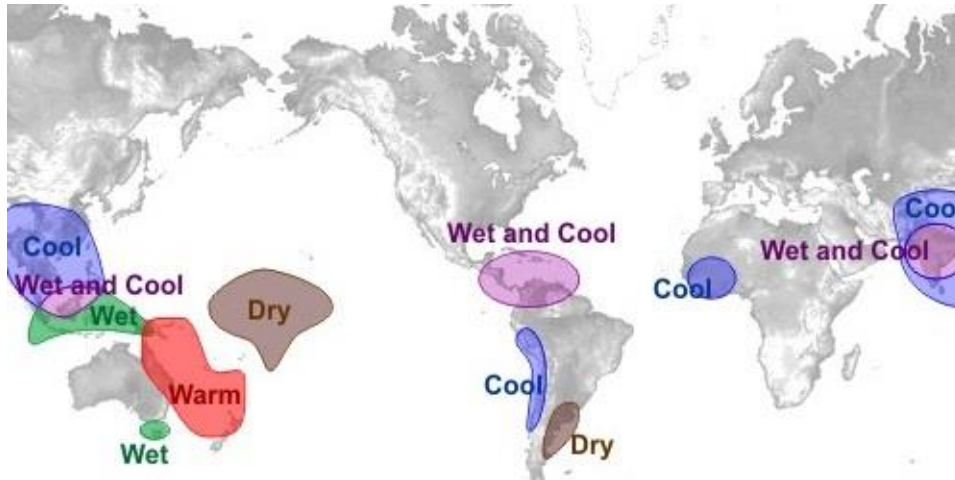
a) El Niño, prosinec - únor



b) El Niño, červen - srpen



c) La Niña, prosinec - únor



d) La Niña, červen - srpen

Obr. 6: Vliv ENSO procesů na počasí nad různými oblastmi; zdroj: <http://climate.ncsu.edu/climate/patterns/ENSO.html>

Podle Sun et al. (2015) má ENSO statisticky největší vliv na klima Země od prosince do února, tedy v období zimy severní polokoule. Specializovali se především na statistickou analýzu důsledků ENSO na srážkové úhrny v individuálních regionech světa a v odlišných ročních obdobích. Z jejich práce dále plyne důležitý závěr a to, že důsledky ENSO na srážkové úhrny v odlišných částech světa se nedají určit za symetrické. To znamená, že se obecně nedá tvrdit, že v regionu ve kterém El Niño zvyšuje srážkové úhrny, je La Niña snižuje. Dle autorů jsou jen 2 takové regiony, a to severní část jihovýchodní Asie a východní Čína a dále jižní část Severní Ameriky. V ostatních regionech světa je tedy reakce na fázi ENSO asymetrická. V dané oblasti se tedy srážkové úhrny střídají pouze při jedné z fází ENSO a při druhé fázi již anomálie srážkových úhrnů nenastávají, nebo je anomálie srážkových úhrnů při obou vyvinutých fázích ENSO shodná. To znamená, že k zvýšení nebo i k snížení srážkových úhrnů dochází jak při El Niño, tak i při La Niña. Je však třeba zmínit fakt, že autoři se věnovali především extrémním srážkovým událostem a jejich výskytu vzhledem k probíhající fázi ENSO. Oproti ostatním studiím, které se zaměřují spíše na hodnocení odchylek průměrů srážkových úhrnů, tedy použili jiný metodický postup.

5.5 Možné projevy v Evropě

Podle prací mnoha různých autorů má ENSO v souvislosti se Severoatlantskou oscilací vliv i na klima v Evropě. Podle zjištění Brönnimann et al. (2006) vede El Niño v období pozdní zimy a jara k záporným teplotním anomáliím v Severovýchodní Evropě a Turecku. Dále vede k záporným srážkovým anomáliím v Norsku a naopak kladným srážkovým anomáliím v oblasti evropského Středomoří.

Dle práce Pozo-Vázquez et al. (2005) La Niña způsobuje kladné srážkové anomálie severně od Britských ostrovů a ve Skandinávii. Oproti tomu v jižní Evropě vede k záporným anomáliím. Tyto srážkové anomálie způsobené ENSO nastávají v zimě, protože to jsou většinou extrémní fáze ENSO (El Niño/La Niña) ve své vrcholné fázi. Brönnimanna et al. (2006) pro tyto regiony zaregistrovali opačnou reakci na El Niño s doplněním, že reakce na opačné fáze ENSO je symetrická. Zima je v jižní Evropě období nejbohatší na srážky. Na zimu připadá 30% celoročních srážek. Dle Pozo-Vázquez et al. (2005) je třeba zdůraznit především smysl srážkových anomálií, které jsou způsobovány ENSO v jihozápadní části Pyrenejského poloostrova. Zde tyto anomálie odpovídají až 20% průměrných zimních srážkových úhrnů. Tyto anomálie jsou nejvýraznější v prosinci. K podobným anomáliím směřuje i kladná fáze Severoatlantské oscilace (NAO). Snížené srážkové úhrny v této oblasti mají ohromný následek na zemědělské produkci i výrobě elektřiny z vodních elektráren a dále také na zásobování měst pitnou vodou. Někteří jiní autoři ovšem například uvádějí jaro jako dobu s největším vlivem ENSO na srážky v Evropě.

Podle práce Rodó et al. (1997) Pyrenejský poloostrov má a výhledově zřejmě bude mít největší problémy s nedostatkem vody. Počátkem 20. století bylo prý regionem zasaženým vlivem ENSO pouze východní Španělsko, ale ke konci 20. století tento vliv zvětšoval svůj prostorový rozsah. Na přelomu tisíciletí byl už zřejmý na celém Pyrenejském poloostrově. Vliv NAO byl v průběhu 20. století konstantní a zasahoval jen západní část Pyrenejského poloostrova. A v tom nacházejí autoři rozdíl mezi vlivem ENSO a NAO. Pokorná a Huth (2005) to ovšem popírají a poukazují na vliv NAO rovněž na celém Pyrenejském poloostrově. ENSO vysvětluje v některých oblastech až 50% variability jarních srážek, avšak kromě jara je zde rovněž i na podzim velmi patrný vliv ENSO na srážky.

Pozo-Vázquez et al. (2005) však vyvracejí symetrickou reakci mezi SOI, tedy fází ENSO a srážkovými anomáliemi ve východním středomoří. A to protože zde zaznamenávají záporné srážkové anomálie při El Niño i při La Niña. Jejich kvantitativní veličiny jsou při obou fázích ENSO přibližně stejné. Dále také stanovují zajímavý závěr. Podle nich intenzita

extrémních fází ENSO neovlivňuje velikost odchylek srážkových úhrnů ve zkoumaných regionech Evropy. Tyto odchylky se však poté projevují na větším území téměř ve stejné intenzitě. Tím tedy dojde ke zvětšení oblastí, které byly zasaženy srážkovými anomáliemi způsobenými ENSO.

Podle Pozo-Vázquez et al. (2005) má El Niño vliv pouze ve Středomoří, v jiných oblastech Evropy se autorům nepodařilo vliv prokázat. Oproti tomu La Niña vyvolává anomálie především srážkových úhrnů ve Středomoří a v severní Evropě. Z toho tedy vyplývá, že La Niña ovlivňuje klimatické anomálie v Evropě více než El Niño.

Výsledky Lloyd-Hughes a Saunders (2002) se ovšem příliš neshodují s předchozími autory. Za období s největším vlivem ENSO na srážky v Evropě uvádějí jaro, ovšem za region kde je největší dopad ENSO na srážky udávají střední Evropu. Zde však předchozí autoři nenašli žádnou významnou souvislost mezi srážkami a ENSO. Podle Lloyd-Hughes a Saunders (2002) by měla být reakce a fáze ENSO ve střední Evropě souměrná. Jako jeden z důkazů vlivu ENSO na evropské srážkové poměry považují to, že podle nich přesnost sezónní předpovědi srážkových úhrnů vzrůstá především v letech, kdy je silně vyvinutá fáze ENSO. Podle nich je jaro z hlediska srážek v Evropě nejpredvídatelnějším ročním obdobím.

Lloyd-Hughes a Saunders (2002) uvádějí i práce ostatních autorů, kteří stanovili, že ENSO objasňuje přibližně čtvrtinu proměnlivosti jarních srážek pro úzeji vymezenou střední Evropu. Dále však také zmiňují poznatek, že další vlivy jako například teplota povrchu moře v severním Atlantském oceánu mohou překrýt samotný vliv ENSO. Na základě odchylek teploty povrchu moře v severním Atlantském oceánu lze například v zimě předvídat anomálie teploty, tlaku a srážek, které nastanou v létě. Lloyd-Hughes a Saunders (2002) podle své studie tvrdí, že když se zohlední vliv ENSO a teploty povrchu moře severního Atlantského oceánu tak lze předvídat až 30% proměnlivosti srážek v pásu střední Evropy. Na závěr však sami uznávají, že jejich výsledky nemají tak důležitý praktický význam. A to zejména proto, že jsou počítány pro přespříliš velkou oblast a významný dopad ENSO nejen na srážky samotné, ale zejména na jevy na ně vázané je nutno zkoumat v menších prostorových měřítcích.

Brönnimann et al. (2006) s využitím dat posledních 3 století prohlašují vliv ENSO na klima Evropy koncem zimy za evidentní. V zaznamenaných událostech El Niño buď došlo k anomáliím výše popsaným anebo k žádným výraznějším odchylkám nedošlo. Podle nich nikdy nedošlo k opačným odchylkám. Nepovažují za náhodné to, jestli k daným dopadům ENSO v Evropě dojde. V zimních obdobích, která nastala vždy po letech, ve kterých došlo

k současnému působení ENSO a PDO v severním Tichém oceánu se projevil silný efekt ENSO na evropské podnebí. A proto tvrdí, že klima Atlantského oceánu má vliv na podmínky Tichého oceánu v tropických šířkách i v severním sektoru obou oceánů. Dle Brönnimanna et al. (2006) je třeba při analýzách dat zohlednit to, že signál ENSO na podnebí Evropy se vyruší sopečnými erupcemi s vlivem na klima. Pozo-Vázquez et al. (2005) však udávají do velké míry protikladné výsledky různých autorů, kteří se zabývají vlivem ENSO na klima v Evropě. Ty ukazují na to, že tento vliv může být oslabován jinými vlivy jako například vlivem NAO. Lloyd-Hughes a Saunders (2002) uvádějí, že přesnost sezónní předpovědi v Evropě v souvislosti s ENSO je sice nižší nežli v tropech, ale není nemožná.

6 Závěr

Jev El Niño probíhá na naší planetě již stovky let, během kterých také měnilo svou intenzitu. V různých dobách se jistě lišily i klimatické dopady v různých zeměpisných šířkách. Lidé tento jev odhalili zhruba před 150 lety. Poté započali studovat jeho zákonitosti a dopady. Vědcům se sice zadařilo nalézt odpověď na mnoho otázek, ale spousta dalších otázek je stále nezodpovězena. Je třeba si uvědomit, že El Niño je přirozeným jevem a řadí se mezi základní klimatické procesy. Ve snaze tento jev ovlivnit by mohla nastat destabilizace přirozených procesů. Ve spojení s ENSO procesy se lze pouze snažit více pochopit komplexní vztah člověk-atmosféra-oceán-pevnina. Je důležité studovat jak lineární vliv ENSO na odchylky meteorologických prvků, tak i vliv na četnost výskytu extrémních jevů. Takovéto výzkumy by měly velké přínosy pro společnost, jelikož extrémní jevy mívají na společnost obrovské dopady. Je tedy snaha o stále větší zpřesňování ENSO předpovědí. A to především pro vytvoření včasných a efektivních opatření zejména k zabezpečení a zajištění zdraví lidí. Proto je potřeba dostatečně pochopit vztahy mezi jednotlivými oceány, atmosférickými cirkulacemi a pevninou. Výzkum projevů ENSO tedy rozhodně ještě není ukončen. Momentálně další z hlavních otázek je to, jaký vliv na sebe má ENSO a globální oteplování.

7 Seznam použité literatury

Literární zdroje:

Asenbaum, K.H., Meidenbauer, J., ed. 2009. Historie lidského poznání: Velké okamžiky vědy. Čestlice: Rebo. 400 s. ISBN: 978-80-255-0206-8.

Brönnimann, S., Xoplaki, E., Casty, C., Pauling, A., Luterbacher, J. 2006. ENSO influence on Europe during the last centuries. *Climate Dynamics*. 28(2-3), 181-197. ISSN: 0930-7575.

Diaz, H.F., Markgraf V., Eds. 2000. El Nino and the Southern Oscillation. Multiscale variability and global and regional impacts. Cambridge Univ. Press, 496 pp. ISBN: 0-521-62138-0.

Fiedler, P.C. 2002. Environmental change in the eastern tropical Pacific Ocean: review of ENSO and decadal variability. *Marine Ecology Progress Series*. 244, 265-283. ISSN: 0171-8630.

Fiedler, P.C., Talley, L.D. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*. 69(2-4), 143-180. ISSN: 00796611.

Giannini, A., Chiang J.C.H., Cane M.A., Kuchnir, Y., Seager, R. 2001. The ENSO Teleconnection to the Tropical Atlantic Ocean: Contributions of the Remote and Local SSTs to Rainfall Variability in the Tropical Americas. *Journal of Climate*. American Meteorological Society. (14), 4530 - 4544.

Glantz, M.H. 2001. *Currents of Change: Impacts of El Nino and La Nina on Climate and Society*. Cambridge Univ. Press. 252 pp.

Grimm, A.M., Tedeschi, R.G. 2009. ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. *Journal of Climate*. 22(7), 1589-1609. ISSN: 0894-8755.

Horský, O. 2010. Záhadné jezero Titicaca a Altiplano. 1. vyd. Ostrava: Repronis. 124 s. ISBN: 978-80-7329-246-1

Landsea, Ch.W. 2000. El Niño/Southern Oscillation and the Seasonal Predictability of Tropical Cyclones. In: Diaz H.F., Markgraf, V. El Niño and the southern oscillation: multiscale variability and global and regional impacts. Cambridge University Press. New York. ISBN: 0521621380.

Lloyd-hughes, B., Saunders, M.A. 2002. Seasonal prediction of European spring precipitation from El Niño-Southern Oscillation and Local sea-surface temperatures. *International Journal of Climatology*. 22(1), 1-14. ISSN: 08998418.

Madl, P. 2000. The El Nino ENSO phenomenon. *Environmental Physics /Lettner*, 437-503.

Murphy, B.F., Timbal, B. 2008. A review of recent climate variability and climate change in southeastern Australia. *International Journal of Climatology*. (28), 859–879.

Navarra, A. 1999. Beyond El Nino: Decadal and interdecadal climate variability. Springer. 374 pp. ISBN: 3-540-63662-5.

Nicholls, N. 2000. What The Instrumental And Recent Historical Records Tells Us About The El Niño-Southern Oscillation. In: Grove, R., Chappell, J. El Niño, history and crisis: studies from the Asia-Pacific region. Cambridge, U.K.: White Horse Press. ISBN: 1874267421.

Nicholson, S.E., Kim, J. 1997. The Relationship of the El Niño-Southern Oscillation to African Rainfall. *International Journal of Climatology*. Royal Meteorological Society. (17), 117 - 135.

Pozo-Vázquez, D., Gámiz-fortis, S.R., Tovar-pescador, J., Esteban-parra, M.J., Castro-diez, Y. 2005. El Niño-Southern Oscillation Events and Associated European Winter Precipitation Anomalies. *International Journal of Climatology*. Royal Meteorological Society. 25, 17 - 31.

Ropelewski, C.F., Halpert, M.S. 1987. Global and Regional Scale Precipitation Patterns associated with the El Nino/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*. 115, 1606-1626.

Trenberth, K.E. 1997. The definition of El Nino. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 78, 2771-2777.

Trenberth, K.E. 1997a. Short-Term Climate Variations: Recent Accomplishments and Issues for Future Progress. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 78(6), 1081 - 1096.

Trenberth, K.E. 1997b. The Definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*. American Meteorological Society. 78(12), 2771 - 2777.

Trenberth, K.E. 2001. El Nino Southern Oscillation (ENSO). *Encyclopedia of Ocean Sciences*. 2, 815-827.

Turner, J. 2004. The El Niño–southern oscillation and Antarctica. *International Journal of Climatology*. 24(1), 1-31. ISSN: 0899-8418.

Vigué, J., ed., Vaccaro, J. 2007. 100 největších přírodních katastrof: ničivá síla přírody na pěti kontinentech. Překlad Anna Tkáčová a Sylva Alderliesten. Čestlice: Rebo. 207 s. ISBN 978-80-7234-843-5.

Elektronické zdroje:

Autor neznámý. International Research Institute for Climate and Society. [online]. IRI. 29. března 2017 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z<https://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/ENSO/ENSO_Info.html>

Autor neznámý. National Center for Atmospheric Research – Climate & Global Dynamics. [online]. CAS. 30. března 2017 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z<<http://www.cgd.ucar.edu/cas/catalog/climind/soi.html>>

Autor neznámý. State Climate Office of North Carolina. [online]. N.C. State University. 25. března 2017 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z<<http://climate.ncsu.edu/climate/patterns/ENSO.html>>