

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

**Katedra vodního hospodářství a enviromentálního
modelování**



**Fakulta životního
prostředí**

**Jev El Niño – historie pozorování a dopady na klima
Bakalářská práce**

Jakub Hvězda

Vodní hospodářství

Ing. Jana Soukupová, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Hvězda

Vodní hospodářství

Název práce

Jev El Niño – historie pozorování a dopady na klima

Název anglicky

El Niño phenomenon – history of observations and effects on climate

Cíle práce

Cílem práce je v literární rešerši popsat jev El Niño, historii jeho pozorování. Součástí práce bude osvětlit jeho dopady na celosvětové klima a možnosti změn v důsledku globálního oteplování. Student se zamyslí nad budoucností a popíše zásadní problémy, které by mohly v budoucnu nastat.

Metodika

Práce bude zpracována způsobem rešerše z odborných publikací a součástí bude statistika z volně dostupných dat.

1. Seznámení se s jevem a jeho vlastnostmi.
2. Popis metod měření v historii a současné metody.
3. Představení klimatické otázky s datovými podklady.
4. Závěr práce.

Doporužený rozsah práce

50

Klíčová slova

El Nino, globální oteplování, změna klimatu, mořské proudy

Doporučené zdroje informací

- Cai, W., Santoso, A., Collins, M. et al. Changing El Niño–Southern Oscillation in a warming climate. *Nature* 559, 535–545 (2018).
- Timmermann, A., An, S.I., Kug, J.S. et al. El Niño–Southern Oscillation complexity. *Nature* 559, 535–545 (2018).
- Wang, B., Luo, X., Yang, Y.-M., Sun, W., Cane, M. A., Cai, W., Yeh, S.-W., & Liu, J. (2019). Historical change of El Niño properties sheds light on future changes of extreme El Niño. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(45), 22512–22517.
- Yeh, S.W., Kug, J.S., Dewitte, B. et al. El Niño in a changing climate. *Nature* 461, 511–514 (2009).
- Zheng, Y., Rugenstein, M., Pieper, P., Beobide-Arsuaga, G., and Baehr, J.: El Niño–Southern Oscillation (ENSO) predictability in equilibrated warmer climates, *Earth Syst. Dynam.*, 13, 1611–1623

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – F2P

Vedoucí práce

Ing. Jana Soukupová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 7. 12. 2022

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 12. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/závěrečnou práci na téma: Jev El Niño – historie pozorování a dopady na klima vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR

V Praze dne 28.3.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí práce Ing. Janě Soukupové Ph.D., za ochotné konzultace a trpělivost během psaní bakalářské práce.

Jev El Niño - historie pozorování a dopady na klima

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá seznámením s komplexním jevem El Niño, a se souvisejícími procesy tohoto jevu. Dále podává souhrn historického pozorování tohoto jevu, způsoby, jakými se jev El Niño dokádal historicky a jak se měří v současné době. Vkládá do kontextu globální dopady a dopady na klimatickou změnu.

El Niño, komplexní klimatický jev, který se vyznačuje abnormálním oteplováním povrchových vod ve středním a východním Tichém oceánu, je předmětem zájmu a studia již po staletí. Tato práce přináší průzkum jevu El Niño, jeho vztahu k El Niño-Southern Oscillation (ENSO) a historického vývoje pozorování jeho pozorování a chápání. Počínaje objevením jevu, jeho pozorování a následnou vědeckou cestu odhalování mechanismů El Niña, jeho dopady na klimatické změny.

Klíčová slova: El Niño, ENSO, historie pozorování, dopady

El Niño phenomenon - history of observations and effects on climate

Abstract

The bachelor thesis deals with the introduction of the complex phenomenon of El Niño, and the related processes of this phenomenon. It also provides a summary of historical observations of the phenomenon, the ways in which the El Niño phenomenon has been proven historically, and how it is measured in the present day. It puts into context the global impacts and implications for climate change.

El Niño, a complex climate phenomenon characterized by abnormal warming of surface waters in the central and eastern Pacific Ocean, has been a subject of interest and study for centuries. This paper presents an exploration of the El Niño phenomenon, its relationship to the El Niño-Southern Oscillation (ENSO), and the historical evolution of its observation and understanding. Beginning with the discovery of the phenomenon, its observation and the subsequent scientific journey to unravel the mechanisms of El Niño, its implications for climate change.

Keywords: El Niño, ENSO, observation history, impacts

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce.....	10
3 Co je jev El Nino?.....	11
3.1 Charakteristika El Nino	12
3.2 Definice.....	13
3.3 Související procesy	14
3.3.1 Jižní oscilace ENSO.....	14
3.3.2 Pasáty	14
3.3.3 Walkerova cirkulace	15
4 Historie.....	17
4.1 Pozorování	17
4.2 Chronologie.....	17
5 Fakory a mechanismy	20
5.1 Oceánské kelvinovy vlny.....	20
5.2 Atmosférické telekonekce.....	21
5.3 Walkerův oběh	23
5.4 Obsah tepla v oceánu	24
5.5 Dynamika	26
6 Dopady El Nino	28
6.1 Socioekonomické dopady.....	28
6.2 Hydrologický cyklus	31
7 Grafické zobrazení srážek a teplot El Nino a La Nina	33
7.1 Metodika	33
7.2 Austrálie.....	34
7.3 Česká republika.....	37
7.4 Filipíny	40
7.5 Jihoafrická republika.....	43
7.6 Španělsko	45
7.7 USA.....	48
7.7.1 Atlanta.....	48
7.7.2 San Francisco	51
7.8 Globální teplotní odchylky	54
8 Diskuze	56
9 Závěr.....	58
10 Literatura.....	59

1 Úvod

Úvod

Jev El Niño představuje jeden z nejvýraznějších a nejkompexnějších meteorologických jevů, které ovlivňují klima na planetě Zemi. Jeho význam spočívá nejen v jeho rozsahu a intenzitě, ale také v jeho schopnosti způsobit rozsáhlé změny v počasí a klimatu po celém světě.

Historická pozorování El Niña jsou klíčovým prvkem pro porozumění tohoto jevu a jeho dopadů na klimatické podmínky.

Tato práce se zaměřuje na analýzu jevu El Niño, jeho historických pozorování a dopadů na klima. Jev El Niño není pouze krátkodobým anomálním jevem, nýbrž komplexním systémem oceánských a atmosférických interakcí, který může mít dlouhodobé dopady na globální klima. První část této práce se věnuje detailnímu popisu fenoménu El Niño a jeho fyzikálním mechanismům. Budeme zkoumat, jak interakce mezi oceány a atmosférou v oblasti Tichého oceánu vytvářejí podmínky pro vznik tohoto jevu a jak se projevuje jeho vliv na globální klima.

Druhá část práce se zaměří na historická pozorování jevu El Niño. Prozkoumáme historické záznamy, které dokumentují výskyt El Niño v minulosti a způsoby, jakými byly tyto události sledovány a interpretovány.

V neposlední řadě se budeme zabývat dopady jevu El Niño na klima. Analyzujeme, jaké změny v počasí a klimatu může El Niño vyvolat po celém světě a jaké jsou důsledky těchto změn pro životní prostředí, lidské aktivity a ekonomiku.

Cílem této práce je poskytnout komplexní pohled na jev El Niño, jeho historické pozorování a dopady na klima. Doufáme, že tato práce přispěje k lepšímu porozumění tohoto významného meteorologického jevu a umožní lepší připravenost na jeho budoucí projevy.

2 Cíl práce

Cílem práce je v literární rešerši popsat jev El Niño, historii jeho pozorování. Součástí práce bude osvětlit jeho dopady na celosvětové klima a možnosti změn v důsledku globálního oteplování. Student se zamyslí nad budoucností a popíše zásadní problémy, které by mohly v budoucnu nastat.

3 Co je jev El Niño?

El Niño, termín španělského původu, který znamená "malý chlapec" označuje opakující se klimatický vzorec, který ovlivňuje proměnlivost počasí a klimatu po celém světě. (TRENBERTH 1997). Objevování a chápání El Niña se vyvíjelo po staletí na základě pozorování anomálních projevů počasí, oceánských změn a jejich dopadů na společnosti po celém světě.

El Niño představuje jeden z nevlivnějších klimatických jevů na Zemi, který má dalekosáhlé důsledky pro životní prostředí a společnost. (L'HEUREUX 2014).

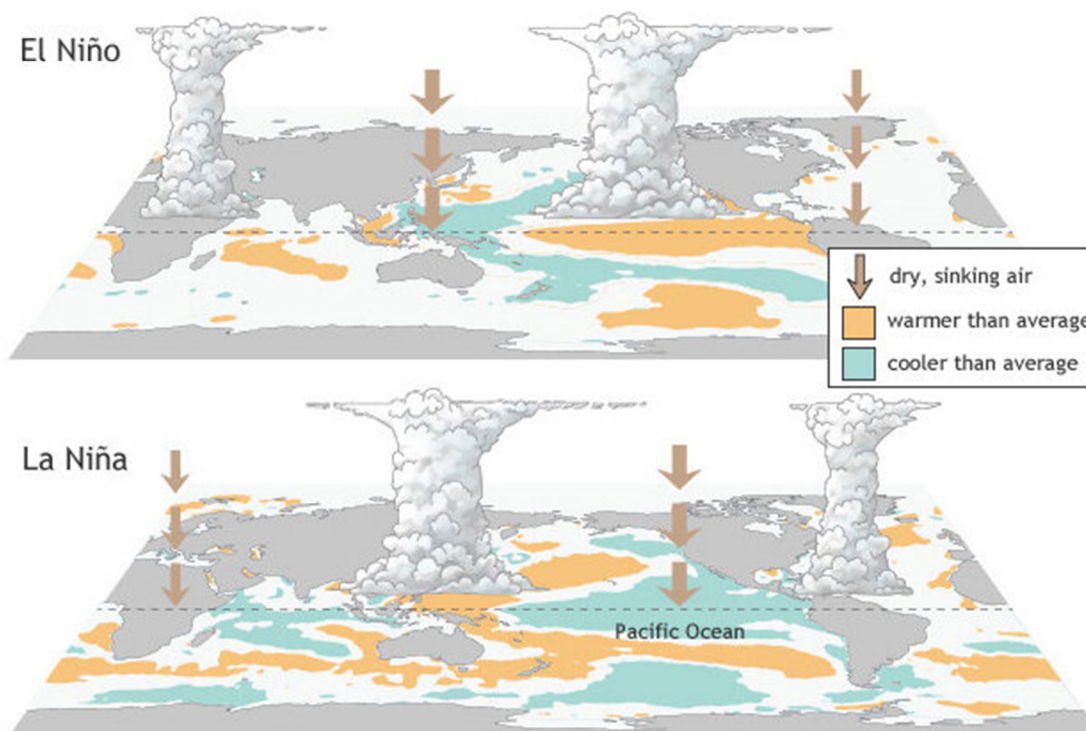
Termín "El Nino" se původně vztahoval na každoroční jev. Slabý teplý oceánský proud, který směřoval k jihu podél pobřeží Peru a Ekvádoru kolem Vánoc.

(El Nino, španělsky "chlapec – Ježíšek") a teprve později se začal spojovat s neobvykle silným oteplením, k němuž dochází jednou za 2 až 7 let a které mění regionální a globální klima. (ALLAN & kol. 1996)

Pobřežní oteplení je však často spojováno s mnohem rozsáhlejším anomálním oteplením oceánů až k mezinárodní Datové linii, a právě tento jev oteplení v celé tichomořské pánvi tvoří spojnici s anomálním globálním klimatickým vzorcem.

Atmosférická složka spojená s El Ninem se označuje jako "jižní oscilace". Vědci často nazývají jev, při němž atmosféra a oceán spolupracují, ENSO, což je zkratka z anglického výrazu El Nino-Southern Oscillation, česky oscilace El Nino a jižní oscilace.

El Nino pak odpovídá teplé fázi ENSO. (TRENBERTH & STEPANIAK 2000) Opačná fáze "La Nina" ("dívka" ve španělštině) spočívá v ochlazení tropického Tichého oceánu v celé pánvi, a tím i studená fáze ENSO.



Obr. 1: Základní fungování jevů a jejich vliv na klima (zdroj: <https://www.climate.gov>)

3.1 Charakteristika jevu El Niño

El Niño je charakterizováno abnormálním oteplením povrchových teplot moře (SST) ve středním a východním rovníkovém Tichém oceánu. Toto oteplení narušuje běžné vzorce atmosférické cirkulace a vede ke změnám počasí a klimatu. Případy El Niño jsou často spojeny se zvýšenými srážkami v některých regionech a suchem v jiných. (TRENBERTH & STEPANIAK 2000)

El Niño je pojem obsahující více významů a není dodnes zcela ucelený.

Hlavním důvodem je stále se zvětšující vědecký zájem o výzkum jevu a také zvětšující se dopady samotného jevu.

Definice se ne vždy shodují konkrétně na základu kvantitativního a kvalitativního rozsahu jevu někteří vědci do definice El Niño nezahrnují s jevem korelující Jižní oscilaci.

„Panuje znační zmatek a minulé pokusy definovat El Niño nevedly k obecnému přijetí. Preciznosti může být dosaženo pouze tím, když bude při každém použití uvedeno, s jakou definicí autor pracuje“. (TRENBERTH 1997)

3.2 Definice

Nejznámější definici sepsal GLANTZ (2001) ve své knize „Currents of Change a tato definice by měla být používána ve slovnících

1. termín španělského původu, který znamená „malý chlapec“ či „Ježíšek“
2. La corriente de El Niño
Tento termín pochází od Peruánských rybářů a námořníků, označující teplé jižní proudění podél Peruánského pobřeží
3. Název pro občasný návrat neobvykle teplé vody do normálně studené oblasti podél peruánského pobřeží, které narušuje místní populace ryb a ptáků.
4. Název pro zvýšení teploty mořské hladiny ve střední a/nebo východní části rovníkového Tichého oceánu a atmosférického tlaku v západní části Tichého oceánu (jižní oscilace)
5. Používá se zaměnitelně s ENSO (El Niño-South-ern Oscillation), které popisuje změny interakce mezi vzduchem a mořem v celé pánvi v rovníkové oblasti Tichého oceánu
6. ENSO teplá událost a antonym La Nina (španělsky holčička) neboli studená událost a El Viejo (španělsky starý muž) což je název pro anti-El Nino, anti-ENSO tedy dobu kdy se El Nino nevyskytuje.

3.3 Související procesy

3.3.1 Jižní oscilace ENSO

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) je významný klimatický jev, který se vyznačuje pravidelným kolísáním teploty povrchu moře (SST – „sea surface temperature“) a vzorců atmosférické cirkulace v tropickém Tichém oceánu.

ENSO ovlivňuje průběh počasí a proměnlivost klimatu v globálním měřítku. ENSO, které je charakterizováno nepravidelným kolísáním teploty povrchu moře (SST) a gradientů atmosférického tlaku v tropickém Tichém oceánu, má zásadní vliv na průběh srážek, teplotní extrémů a dynamiku ekosystémů na všech kontinentech. (CAI & kol. 2015)

Složky ENSO:

ENSO se skládá ze tří základních fází: El Niño, La Niña a neutrální podmínky.

Během jevů El Niño se ve středním a východním rovníkovém Pacifiku vyvíjí anomálně teplá teplota SST, což vede ke změnám vzorců atmosférické cirkulace a srážek.

Naproti tomu události La Niña se vyznačují chladnější než průměrnou teplotou SST ve stejné oblasti, což je doprovázeno zesílenými pasáty a srážkovými anomáliemi.

Neutrální stavy představují období, kdy se teploty SST a atmosférické podmínky vracejí k dlouhodobým průměrům. (GERGIS & FOWLER 2009)

Během událostí El Niño umožňují oslabené pasáty šíření teplých povrchových vod na východ Pacifiku, což vede k potlačení upwellingu a snížení dostupnosti živin podél jihoamerického pobřeží. To následně ovlivňuje vzorce atmosférické cirkulace, včetně síly a umístění Walkerovy cirkulace a rozvoje anomální konvekce ve středním Pacifiku.

Oceánské a atmosférické telekonexe:

ENSO ovlivňuje počasí a klima mimo tropický Pacifik prostřednictvím telekonektorů – atmosférických interakcí na velké vzdálenosti.

Například události El Niño jsou spojeny se změnami v tryskovém proudění, což vede ke změnám ve srážkovém režimu v Severní a Jižní Americe, Asii a Africe. Případy La Niña mohou naopak vyvolat sucha v Austrálii a Indonésii a zvýšené srážky v západním Pacifiku a v některých částech Jižní Ameriky. Tato telekonexe má významné důsledky pro zemědělství, vodní zdroje a přírodní ekosystémy po celém světě. (LENSSEN & kol. 2020)

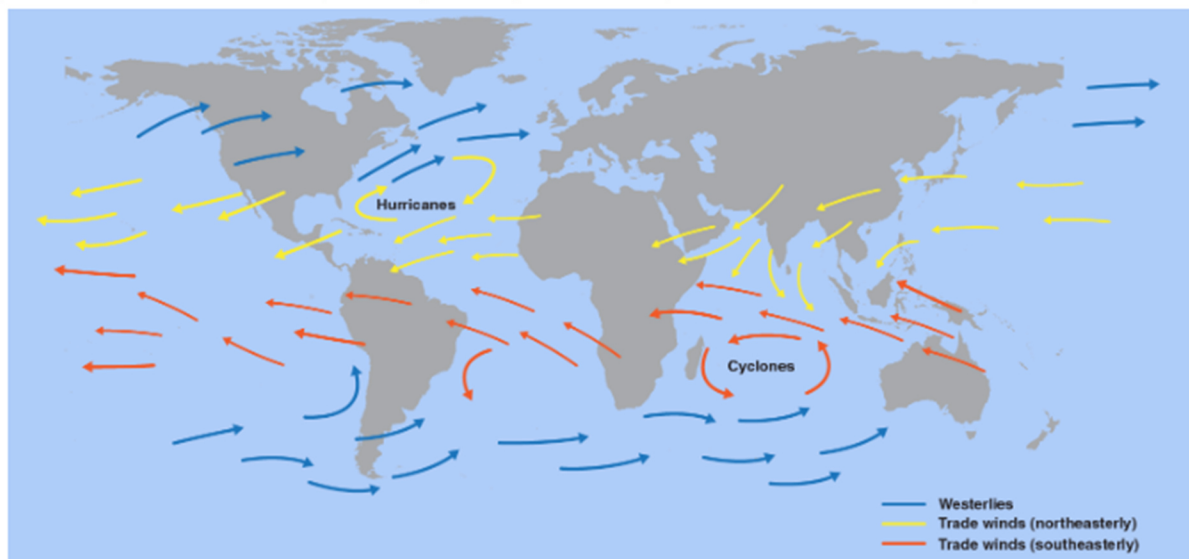
3.3.2 Pasáty

Pasáty jsou v meteorologii a atmosférických vědách dobře zavedeným vědeckým pojmem. Označují převládající větry v tropických a subtropických oblastech, které vanou převážně ze severovýchodu na severní polokouli a z jihovýchodu na jižní polokouli. Tyto větry se vyznačují stálostí a spolehlivostí a zasahují rozsáhlé oblasti oceánu.

Fenomén pasátů vzniká v důsledku rozdílného zahřívání zemského povrchu, zejména teplotního kontrastu mezi rovníkem a póly. V blízkosti rovníku je sluneční záření nejintenzivnější, což způsobuje zahřívání a stoupání vzduchu. Jak tento teplý a méně hustý vzduch stoupá, vytváří v blízkosti rovníku oblast nízkého tlaku. Mezitím k němu proudí chladnější a hustší vzduch z vyšších zeměpisných šířek, který nahrazuje stoupající vzduch, což vede ke vzniku pasátů.

Významnou roli při formování směru pasátů hraje také Coriolisův jev, který je způsoben rotací Země. Na severní polokouli Coriolisův jev vychyluje větry doprava, což vede k převážně severovýchodnímu proudění. Na jižní polokouli Coriolisův jev vychyluje větry doleva, což vede k převážně jihovýchodnímu proudění. Toto vychýlení pomáhá udržovat stálý směr a sílu pasátů na velké vzdálenosti.

Pasáty jsou široce studovány a chápány v atmosférických vědách a meteorologii vzhledem k jejich významu pro utváření globálních klimatických vzorců, povětrnostních systémů a oceánské cirkulace. Hrají klíčovou roli při řízení oceánských proudů, distribuci tepla a vlhkosti po celém světě a ovlivňují proměnlivost klimatu v tropických a subtropických oblastech. Jako takové jsou pasáty základní složkou systému cirkulace atmosféry na Zemi a jsou intenzivně zkoumány a analyzovány ve vědeckých studiích a klimatických modelech.



Obr. 2: Základní fungování pasátů (zdroj: <https://scijinks.gov/trade-winds/>)

3.3.3 Walkerova cirkulace

Walkerova cirkulace, pojmenovaná po siru Gilbertu Walkerovi, který ji poprvé popsal na počátku 20. století, hraje klíčovou roli při utváření globálních klimatických vzorců tím, že moduluje teplotu povrchu moře, gradienty atmosférického tlaku a rozložení srážek. Tato cirkulace je klíčovou složkou klimatického systému Země, která řídí vzorce atmosférické cirkulace v tropickém Tichém oceánu. (DI LIBERTO 2014)

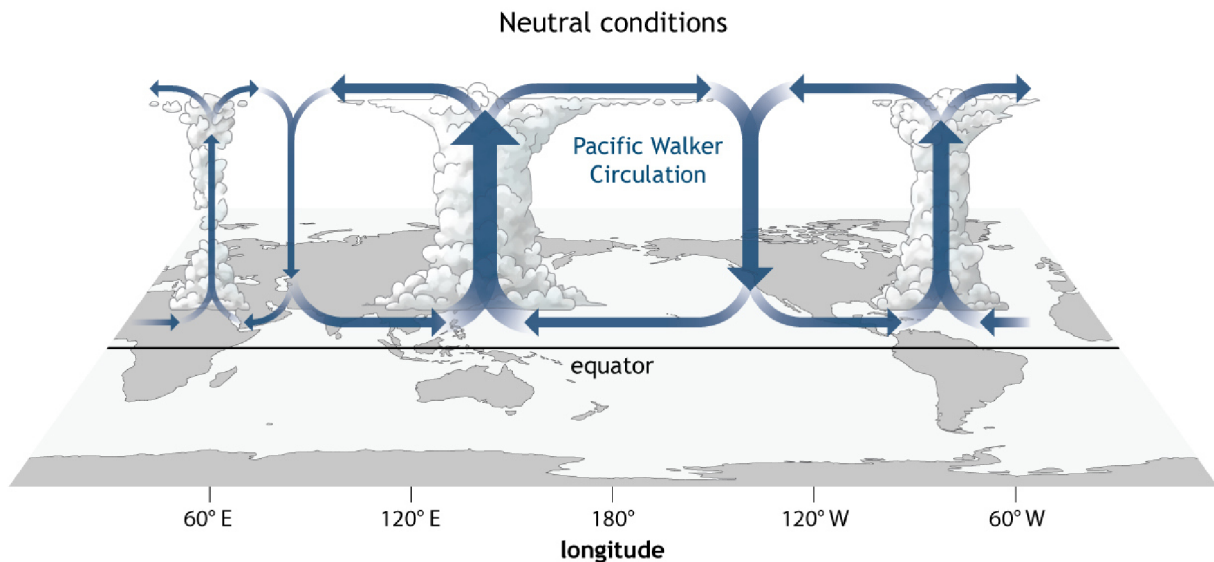
Walkerova cirkulace je velkoplošná atmosférická cirkulace charakterizovaná cirkulačními buňkami ve směru východ-západ napříč rovníkovou částí Tichého oceánu.

Dynamika Walkerovy cirkulace:

Walkerova cirkulace se skládá ze dvou hlavních složek: pasátů pohybujících se východním směrem při povrchu a větrů v horních hladinách, které se pohybují západním směrem.

Tyto cirkulační buňky jsou poháněny teplotním kontrastem mezi teplými vodami západního Pacifiku a chladnějšími vodami východního Pacifiku.

Pasáty vanoucí od východu k západu tlačí teplé povrchové vody na západ, což vede ke vzedmutí studených vod bohatých na živiny podél východního pobřeží Tichého oceánu. Mezitím se nad západním Pacifikem snášejí větry z vyšších hladin, které vytvářejí oblast vysokého atmosférického tlaku a potlačují konvektivní aktivitu.



NOAA Climate.gov

Obr. 3: Neutrální stav Walkerovy cirkulace (zdroj: NOAA Climate.gov. kresba od Fiony Martin)

Vliv Walkerovy cirkulace na konvekci:

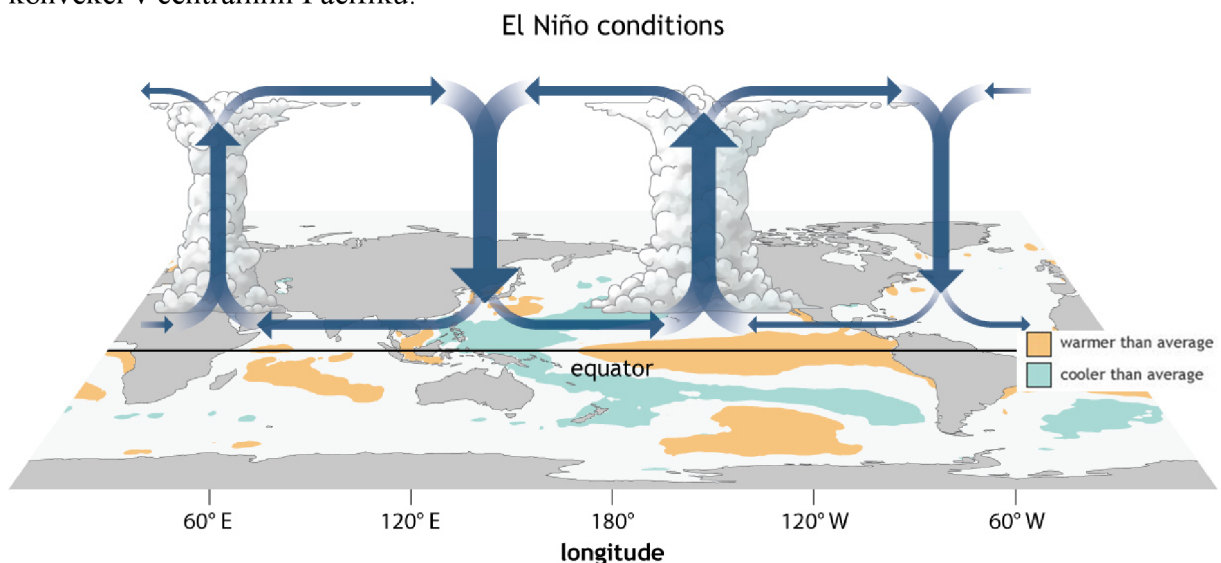
Walkerova cirkulace hraje rozhodující roli při modulaci konvekce v oblasti středního Pacifiku tím, že vytváří příznivé podmínky pro rozvoj anomální konvekce.

Během normálních podmínek, které nejsou v období El Niño, potlačuje sestupná větev Walkerovy cirkulace nad centrálním Pacifikem konvektivní aktivitu, což vede k relativně suchým podmínkám v této oblasti.

Během jevů El Niño však oslabené pasáty a obrácení tlakového gradientu vedou k oslabení nebo obrácení Walkerovy cirkulace, což umožňuje rozvoj anomální konvekce a vznik teplých povrchových teplot moře ve středním a východním Pacifiku.

-Důsledky pro proměnlivost počasí a klimatu:

Walkerova cirkulace má významné důsledky pro proměnlivost počasí a klimatu v regionálním i globálním měřítku. Změny v síle a poloze Walkerovy cirkulace mohou ovlivnit srážkové úhrny, teplotní extrémy a vzorce atmosférické cirkulace v celé tichomořské pánvi i mimo ni. Změny Walkerovy cirkulace jsou také úzce spojeny s jevem El Niño-Jižní oscilace (ENSO), přičemž jevy El Niño jsou často spojeny s narušením Walkerovy cirkulace a anomální konvekci v centrálním Pacifiku.



NOAA Climate.gov

Obr. 4: Změna cirkulace s El Ninem (zdroj: NOAA Climate.gov. kresba od Fiony Martin.)

4 Historie měření El Niño

První pozorování jevu El Niño lze vysledovat až k domorodým kulturám žijícím podél pobřeží Jižní Ameriky, kde byly rozpoznány nepravidelné klimatické vzorce spojené s teplými oceánskými proudy a začleněny do kulturní víry a praktik.

Peruánští rybáři označovali teplé vody oceánu během jevů El Niño. Tato první pozorování položila základ pro pozdější vědecké zkoumání jevu El Niño. (GARCIA-HERRERA & kol. 2006)

Moderní výzkum El Niño se začalo objevovat koncem 19. a počátkem 20. století díky práci badatelů, jako byli sir Gilbert Walker a Jacob Bjerknes. Walkerovy studie vzorců atmosférického tlaku a Bjerknesova teorie interakcí mezi oceánem a atmosférou poskytly klíčové poznatky o mechanismech, které El Niño způsobují.

4.1 Historie pozorování

Důkazy naznačují že jev podobný ENSO se na planetě vyskytoval už během eocénu (třetihor) před 33 miliony let. Tyto důkazy mohou být pozorovány v jezerních sedimentech a korálech. (HUBER & CABALLERO 2003)

ENSO pozorovatelné a srovnatelné s dnešním se vyskytuje 130 000 let. (CANE 2005).

Před přímým pozorováním a měřením El Niño, které je díky rozsáhlému výzkumu a neúnavné vědecké práci možné přibližně od začátku 20. století, se historicky vzdálenější události El Niño dohledávají retrospektivně pomocí dochovaných archivních záznamů a proximačních dat kterých je v pro historické zjišťování ukazů El Niño hned několik typů, které se následně rozdělují dle síly relevance na primární a sekundární zdroje pozorování.

Mezi první průkopníky sledování a datování událostí El Niño patří Peruánský geograf Eguigúren (1894), který se ve své práci zaměřil na srážkové úhrny v severním Peru a vytvořil rozdělení srážkových úhrnů dle intenzit, a to pro období 1791-1890.

Za primární zdroje dat se považuje intenzita srážek v na kontinentech ležících kolem pacifiku a samotná povrchová teplota oceánu (SST).

V Eguigúrenově práci specificky srážky z oblasti severního Peru. Mezi sekundární zdroje zařadil Eguigúren historické záznamy a zповědi očitých svědků anomálních událostí, které zahrnují i již zmíněné peruánské námořníky. (GARCIA-HERRERA & kol. 2006).

4.2 Chronologie

Nejdále do historie chronologického pozorování na základě proximačních dat se podařilo dojít ve vědecké práci (QUINN & NEAL 1987) která datuje klimatické anomálie spojované s ENSO v jihoamerické oblasti od roku 1525 a řadí je dle síly a pravděpodobnosti. Dle této studie bylo od roku 1550 do roku 1900 napočítáno 93 klimatických anomálií. Ovšem ne všechny tyto události jsou dnes klasifikovány jako ENSO.

Studie je založena na pečlivém zkoumání historických záznamů, včetně lodních deníků, klimatických kronik a dokumentárních důkazů, které zahrnují období od 16. století do konce 20. století.

Systematickým shromažďováním a analýzou těchto různorodých zdrojů vědci rekonstruují četnost a charakteristiky jevů El Niño v průběhu staletí.

Jedním z klíčových zjištění výzkumu QUINNA A NEALA (1987) je identifikace odlišných období zvýšené aktivity El Niña a relativního klidného období.

Prostřednictvím statistické analýzy a chronologického mapování studie odhaluje kolísání četnosti a intenzity jevů El Niño v čase, což poukazuje na přirozenou proměnlivost tohoto klimatického jevu.

Výsledky výzkumu jsou příkladem interdisciplinárního přístupu, neboť kombinuje archivní výzkum, statistickou analýzu a klimatologické znalosti. Tato komplexní metodika jim umožnila syntetizovat různé zdroje dat.

V pozdějších studiích vědci přepočítávají ENSO události a snaží se eliminovat události jejíž datové podklady jsou vysvětlitelné jinými způsoby a neodpovídají dalším s El Ninem spojovaným datům.

ORTLIEB (2000) vyvrací některé události El Nino, které vznikly na základě nepřímých či nedostatečných podkladů jako například rozvodnění řek pouze ve specifických regionech či nadměrných srážkových úhrnů souvisejících více s jevem La Nina.

Celkem 42 jevů bylo studii (ORTLIEB 2000) zpochybněno. Z uvedených 42 navrhuje autor vyřadit z chronologie 25 událostí El Nino.

Vědecké práci také navrhuje přidat do chronologie 7 událostí, které v předchozí práci dosud nejsou uvedeny.

Ortliebův výzkum vychází z široké škály dokumentárních pramenů, včetně koloniálních archivů, kronik, lodních deníků a administrativních záznamů.

Tyto zdroje nabízejí pohled na klimatickou proměnlivost a společenské reakce na jevy El Niño v průběhu peruánské historie. (GARCIA-HERRERA & kol. 2006)

Kromě těchto závěrů nabízí výzkum dopady událostí El Niño na peruánskou společnost a ekosystémy.

Pokroky v historickém pozorování měření se projevují především v objevování nových výzkumných metod jako jsou letokruhy stromů a jádra korálů, a simulací klimatických modelů neboli multiproxy dat. Pomocí těchto metod lze rekonstruovat výskyt a charakteristiky událostí ENSO. (GERGIS & kol. 2006)

Proměnlivostí, četností a intenzitou událostí ENSO v průběhu času, zdůrazňuje vliv vnějších faktorů, jako jsou sopečné erupce a změny slunečního záření.

Tyto vnější faktory mohou modulovat sílu a četnost jevů ENSO, což klimatický systém obohacuje o další vrstvu složitosti.

Interpretace záznamu nemusí být jednoznačná, pokud jde o odvození míry dekádové variability ENSO v neměnném klimatu.

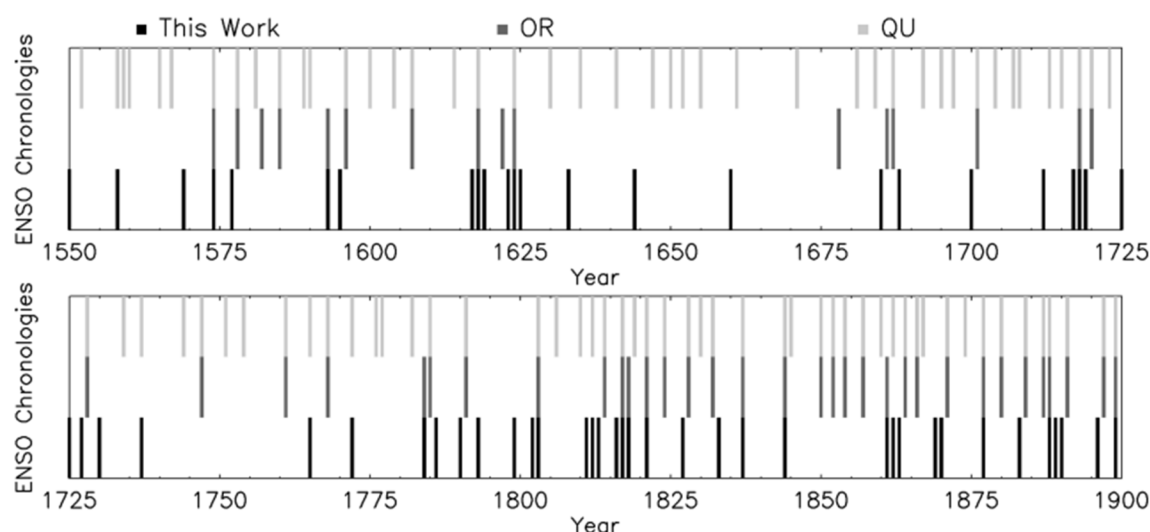
Nicméně, zdroje dat jako jsou korálové jádra mají velký potenciál pro objasnění přirozené změny klimatu ENSO v různých časových měřítcích.“ (Trenberth 1997)

Chronologické rámce událostí El Niño jsou poměrně rozmanité

Další výzkum navíc zdůrazňuje význam místních znalostí a perspektivy domorodých obyvatel pro pochopení jevů El Niño.

Díky integraci historických vyprávění a ústních tradic s vědeckými údaji nabízí studie ucelený pohled na sociokulturní rozměr jevu El Niño v severním Peru. (GARCIA-HERRERA & kol. 2006)

Výsledky chronologií se ne vždy shodují dochází k aktualizacím na základě nových dat pečlivých přezkoumáváních jednotlivých jevů.



Obr. 5: ENSO chronologie jednotlivých autorů (zdroj: A Chronology of El Niño Events from Primary Documentary Sources in Northern Peru. od R. Garcia-Herrera)

This Work odkazuje na chronologii Garcia-Herrera,

OR referuje na chronologii Ortlieb,

QU odkazuje na chronologii Quinn & Neal.

Period	EN events			
	This chronology	QU	OR	GF
1550–99	7	13	6	5
1600–99	11	21	7	5
1700–99	16	25	10	5
1800–99	25	34	26	9
Total	59	93	49	24

Obr.6:(tabulka 1) Počet jednotlivých El Niño událostí. (zdroj: A Chronology of El Niño Events from Primary Documentary Sources in Northern Peru. od R. Garcia-Herrera)

This chronology odkazuje na chronologii Garcia-Herrera,,

QU odkazuje na chronologii Quinn & Neal,

OR referuje chronologii dle Ortlieb,,

GF odkazuje na chronologii Gergis & Fowler pouze s velmi silnými událostmi El Nino.

5 Mechanismy a faktory ovlivňující El Niño

Interakce mezi oceánem a atmosférou hraje ústřední roli při vzniku a vývoji jevů El Niño, které se vyznačují anomálním oteplením povrchových teplot moře v rovníkovém Tichém oceánu. Interakce zahrnuje zpětné vazby mezi oceánem a nad ním ležící atmosférou, které ovlivňují průběh počasí, atmosférickou cirkulaci a proměnlivost klimatu v regionálním i globálním měřítku. (CAI & kol. 2014b).

Jednou z klíčových složek interakce mezi oceánem a atmosférou během jevů El Niño je propojení mezi oceánskými a atmosférickými cirkulačními vzorci. Obvykle v rovníkovém Tichém oceánu vanou silné pasáty z východu na západ, které tlačí teplé povrchové vody směrem k západnímu

Pacifiku. Během událostí El Niño však tyto pasáty slábnou nebo se obracejí, což vede k oslabení proudění studených vod bohatých na živiny podél východního pobřeží Tichého oceánu a umožňuje šíření teplých povrchových vod na východ.

Tento pohyb teplých povrchových vod směrem na východ vyvolává změny ve vzorcích atmosférické cirkulace, známé jako jižní oscilace, které dále posilují oceánské anomálie spojené s jevem El Niño.

Oslabení teplotního gradientu ve směru východ-západ v tropickém Pacifiku narušuje typické vzorce atmosférické cirkulace, což vede k posunům v umístění a intenzitě konvektivní činnosti, změnám ve srážkových poměrech a změnám v poloze tryskového proudění. (ROPELEWSKI & HALPERT 1987)

Interakce mezi oceánem a atmosférou během jevů El Niño navíc zahrnuje šíření oceánských Kelvinových vln, což jsou velkoplošné poruchy, které se šíří podél povrchu a podpovrchových vrstev oceánu. Tyto Kelvinovy vlny hrají klíčovou roli při přenosu anomálií v povrchových teplotách moře ze západního do východního Pacifiku, čímž zesilují a prodlužují dopady událostí El Niño.

5.1 Oceánské Kelvinovy vlny

Oceánské Kelvinovy vlny jsou velkoplošné poruchy, které se šíří podél povrchu a podpovrchových vrstev oceánu

Vlny se vyznačují pohybem podél rovníkové pánve Tichého oceánu směrem na východ a obvykle vycházejí z oblasti teplého „bazénu“ v západním Pacifiku. Tyto vlny jsou vyvolávány změnami ve větrném režimu, oceánských proudech a teplotních gradientech, které vytvářejí poruchy výšky a teploty mořské hladiny podél rovníku.

Během jevů El Niño jsou oceánské Kelvinovy vlny obzvláště aktivní, protože se šíří východním směrem podél rovníkového Pacifiku a přenášejí teplé povrchové vody ze západního do východního Pacifiku. Tento pohyb teplé vody směrem na východ zesiluje anomální oteplení povrchových teplot moře ve středním a východním Pacifiku a přispívají k rozvoji podmínek El Niño.

Jedním z charakteristických rysů oceánských Kelvinových vln je jejich podpovrchová struktura, přičemž nejsilnější signály se vyskytují pod hladinou oceánu. Jak se oceánské Kelvinovy vlny šíří na východ, vyvolávají vertikální posuny termokliny, hranice mezi teplými povrchovými a chladnějšími hlubokými vodami. Tyto posuny mohou vést ke vzdouvání

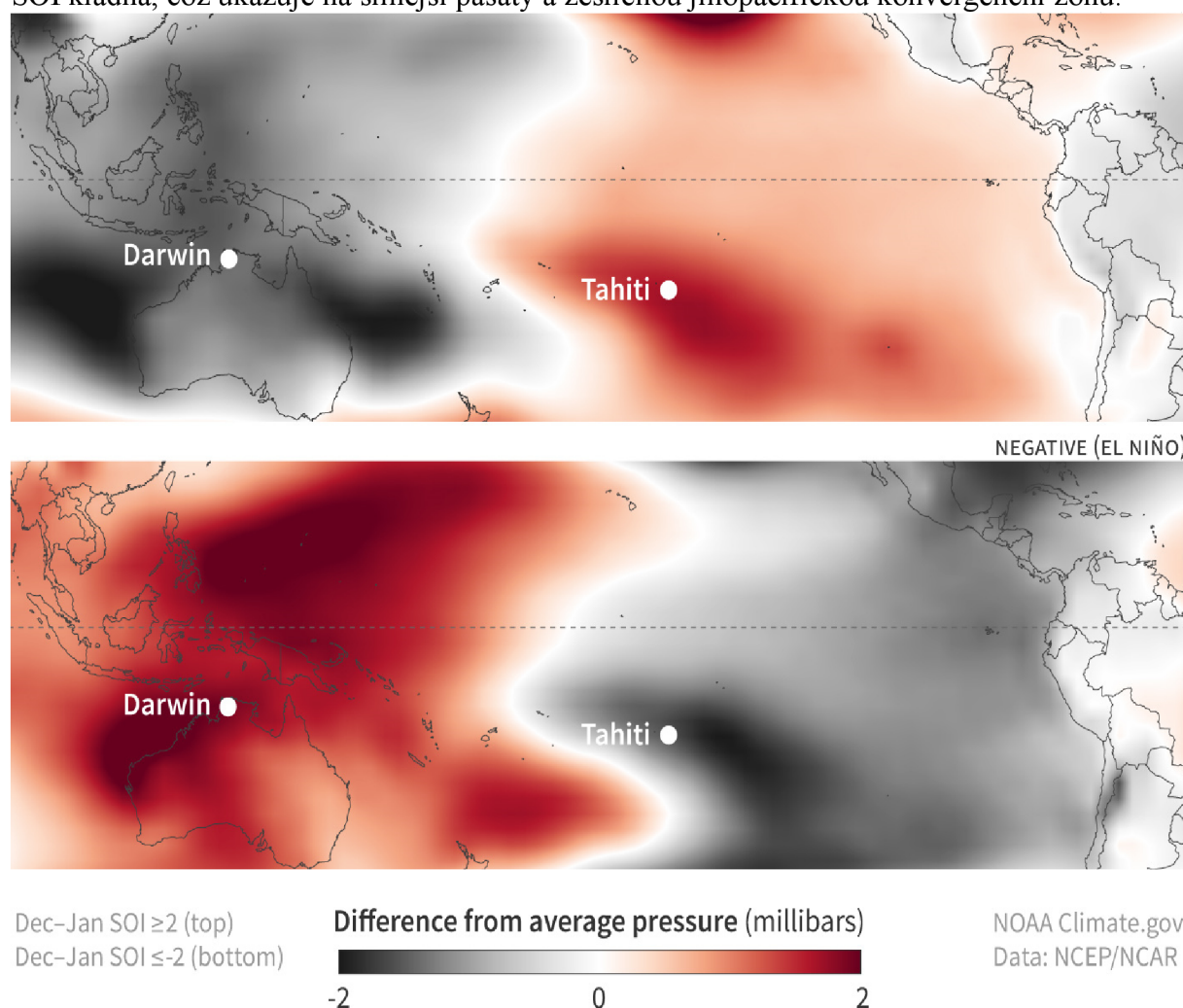
teplejších vod podél východního pobřeží Tichého oceánu, což dále posiluje oteplování teploty mořské hladiny a zesiluje jevy El Niño. (SCHRECK 2015)

Změny teploty povrchu moře a atmosférické cirkulace spojené s oceánskými kelvinovými vlnami mohou měnit polohu a intenzitu tryskového proudění, což ovlivňuje systémy počasí a proměnlivost klimatu ve vzdálených oblastech po světě.

5.2 Atmosférické telekonekce

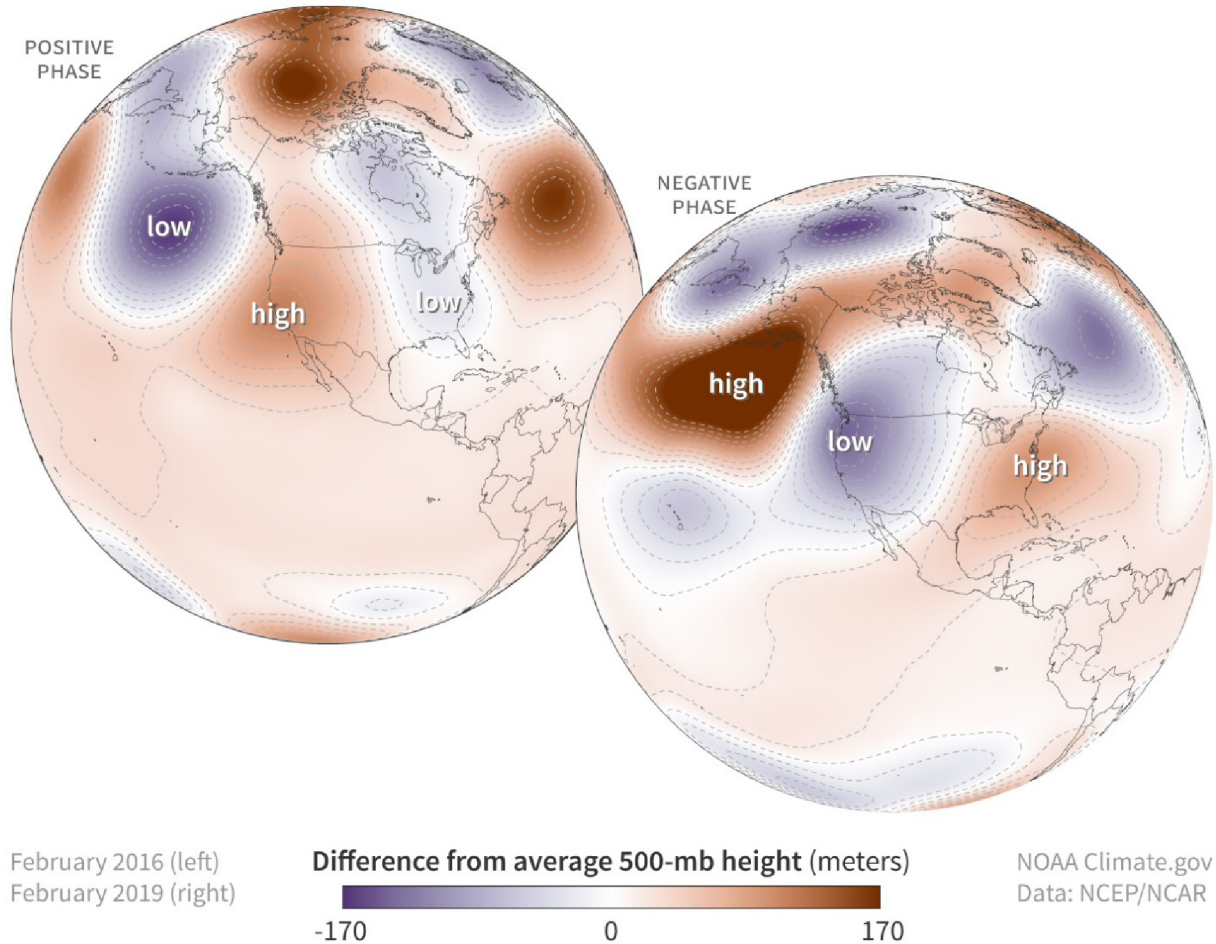
Telekonekce jsou atmosférické jevy, při nichž jsou klimatické anomálie v jedné oblasti spojeny s anomáliemi v jiné oblasti prostřednictvím velkoplošných vzorců atmosférické cirkulace. Několik telekonektorů ovlivňuje a je ovlivňováno událostmi El Niño. Zde jsou uvedeny některé klíčové telekonekce spojené s El Niño (KIRTMAN 2019).

Index jižní oscilace (SOI) měří rozdíl atmosférického tlaku mezi Tahiti a Darwinem v Austrálii. Během jevů El Niño bývá index SOI záporný, což ukazuje na slabší pasáty, než je obvyklé, a na oslabenou jihopacifickou konvergenční zónu. Naopak během jevů La Niña bývá SOI kladná, což ukazuje na silnější pasáty a zesílenou jihopacifickou konvergenční zónu.



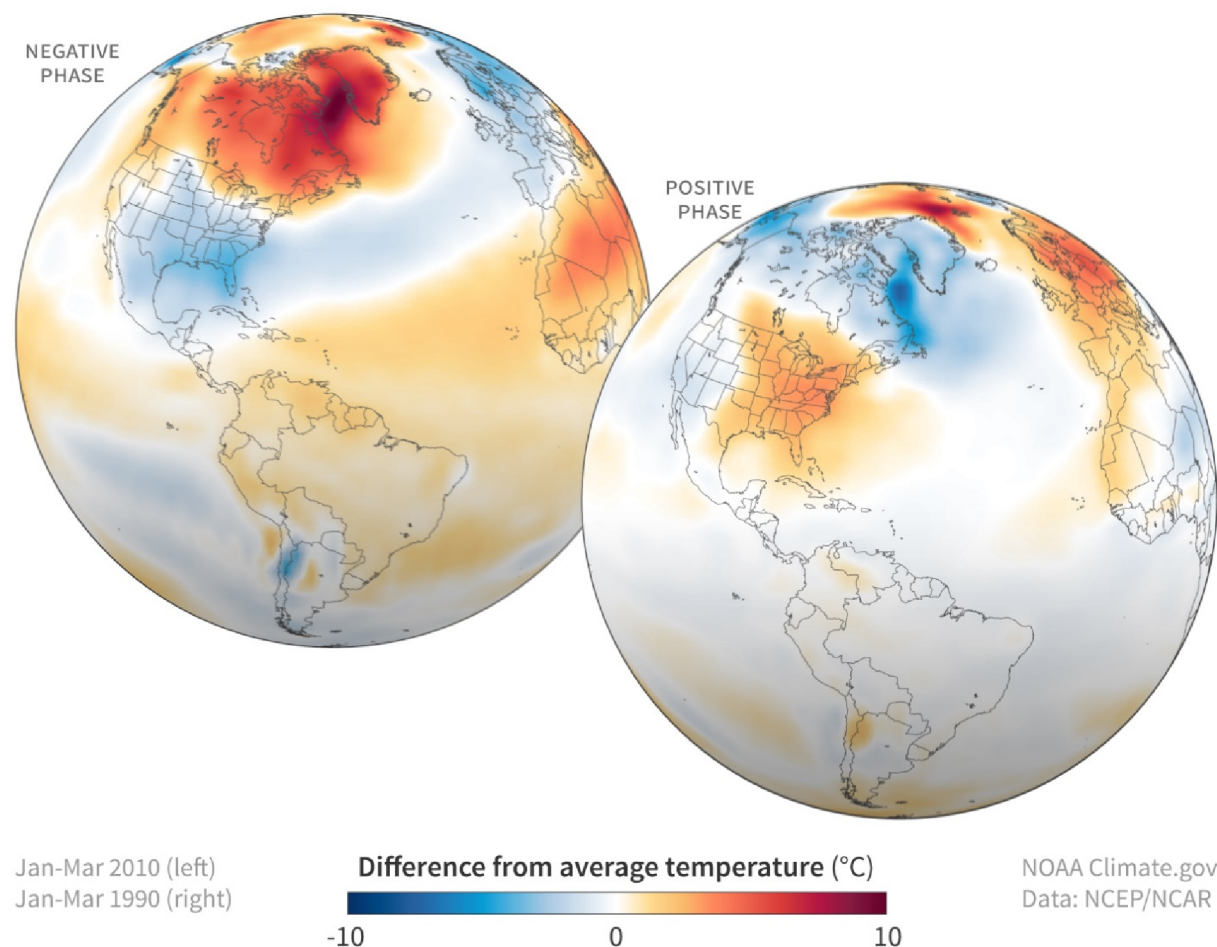
Obr. 7: SOI v pozitivní a negativní fázi (zdroj: <https://www.climate.gov/climatedashboard>)

Pacificko-severoamerický (PNA) je velkoplošný atmosférický cirkulační vzorec, který ovlivňuje průběh počasí v severní části Tichého oceánu a v Severní Americe. Během jevů El Niño bývá vzorec PNA pozitivní, což vede k zesílené bouřkové aktivitě a vlhčím podmínkám na západě Spojených států a sušším podmínkám na jihovýchodě Spojených států, než je obvyklé.



Obr. 8: PNA v pozitivní a negativní fázi (zdroj: <https://www.climate.gov/climatedashboard>)

Severoatlantická oscilace (NAO) je klimatický jev charakterizovaný kolísáním atmosférického tlaku nad severním Atlantikem. Během jevů El Niño bývá NAO v negativní fázi, což vede k chladnějším teplotám v severní Evropě a vlhčím podmínkám v jižní Evropě, než je obvyklé.



Obr. 9: NAO v pozitivní a negativní fázi (zdroj: <https://www.climate.gov/climatedashboard>)

Pochopení atmosférických telekonektivity je nezbytné pro předpovídání a zmírňování dopadů proměnlivosti klimatu a extrémních projevů počasí na celém světě. Určením vazeb mezi různými regiony a klimatickými vzorci mohou vědci zlepšit předpovědi počasí, modelování klimatu a strategie řízení rizik a pomoci komunitám a politickým zástupcům lépe se připravit na měnící se klimatické podmínky a přizpůsobit se jim. (LENSSEN & kol. 2020.)

5.3 Walkerův oběh

Walkerova cirkulace je charakterizována cirkulací ve směru východ-západ, kdy nad západním Pacifikem stoupá vzduch a probíhá konvekce a nad východním Pacifikem klesá vzduch. To vytváří tlakový gradient, který pohání pasáty, jež vanou z východu na západ přes rovníkovou část Tichého oceánu, tlačí teplé povrchové vody směrem k západnímu Pacifiku a podporují vzednutí studených, na živiny bohatých vod podél východního pobřeží Tichého oceánu. Za normálních podmínek, kdy není El Niño, je Walkerova cirkulace silná a dobře definovaná, udržuje teplotní gradient mezi východem a západem v tropickém Pacifiku a přispívá ke stabilitě klimatického systému. Klesající vzduch ve východním Pacifiku potlačuje

konvekci a tvorbu oblačnosti, což má za následek suché podmínky a jasnou oblohu nad regionem.

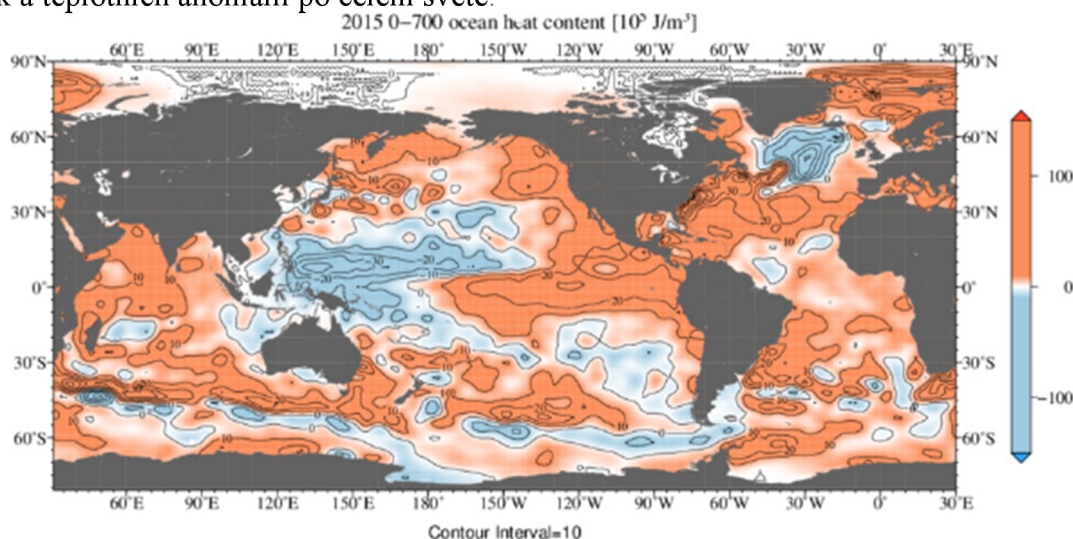
Během událostí El Niño však Walkerova cirkulace slábne nebo se obrací, což narušuje typické vzorce atmosférického tlaku a cirkulace v tropickém Pacifiku. Naopak během jevů La Niña Walkerova cirkulace zesiluje a nad východním Pacifikem dochází k zesílení klesajícího vzduchu a atmosférické konvekce. To vede k silnějším pasátům, vzednutí studených vod podél východního pobřeží Tichého oceánu a chladnějším než průměrným teplotám povrchu moře ve středním a východním Pacifiku. (COELHO & GODDARD 2009)

5.4 Obsah tepla v oceánu

Tepelný obsah oceánu (OHC) označuje celkové množství tepla uloženého ve světových oceánech, které zahrnuje jak povrchovou vrstvu, tak hlubší vrstvy oceánu. Slouží jako kritická součást klimatického systému Země a hraje ústřední roli při regulaci globální proměnlivosti klimatu, přenosu tepla a průběhu počasí.

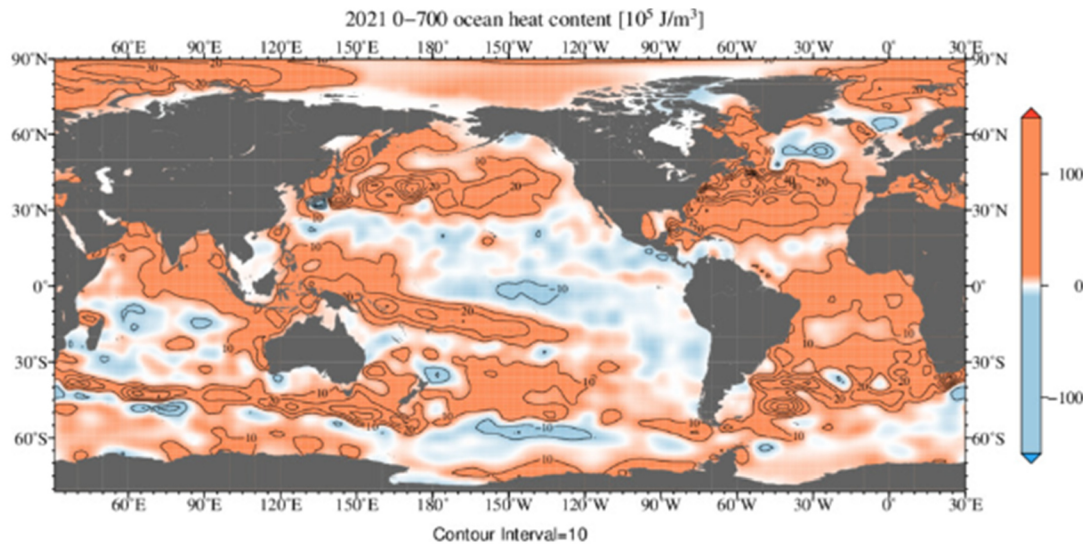
Jednou z klíčových funkcí obsahu tepla v oceánu je jeho úloha při modulaci proměnlivosti klimatu a klimatických změn. Oceány fungují jako rozsáhlá zásobárna tepla, která absorbuje a ukládá energii ze Slunce a atmosféry po dlouhá časová období. Změny obsahu tepla v oceánech mohou ovlivňovat teplotu povrchu moře (SST), vzorce atmosférické cirkulace a systémy počasí, což má dopad na regionální a globální proměnlivost klimatu.

Například během událostí El Niño jsou anomálně teplé povrchové vody ve středním a východním Tichém oceánu projevem zvýšeného obsahu tepla v oceánu v této oblasti. Uvolňování akumulovaného tepla z oceánu do atmosféry během událostí El Niño může vyvolat změny ve vzorcích atmosférické cirkulace, což vede ke změnám ve vývoji počasí, srážek a teplotních anomálií po celém světě.



Obr. 10: 2015 El Niño OHC (ocean heat content) v hloubkovém rozsahu 0–700 m (zdroj: <https://www.ncei.noaa.gov/access/global-ocean-heat-content/bin/heatfig1.pl?action=start>)

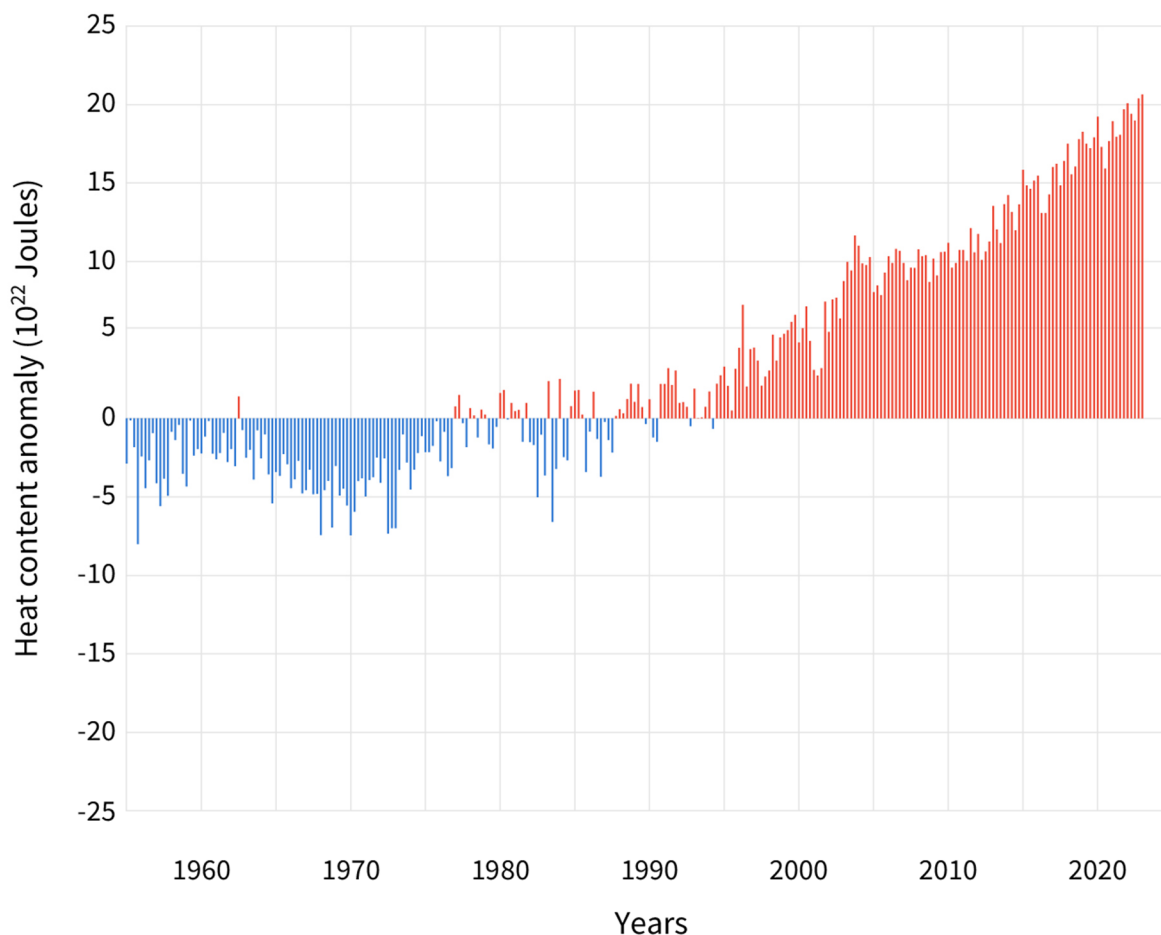
Změny v obsahu tepla v oceánu mohou naopak ovlivnit nástup a intenzitu jevů El Niño a La Niña. Změny v rozložení teplých a studených vod v tropickém Tichém oceánu mohou změnit sílu a trvání jevů El Niño a La Niña, což ovlivňuje jejich dopad na globální klimatické vzorce a extrémní projevy počasí.



Obr. 11: 2021 La Nina OHC (ocean heat content) v hloubkovém rozsahu 0–700 m (zdroj: <https://www.ncei.noaa.gov/access/global-ocean-heat-content/bin/heatfig1.pl?action=start>)

Tepelný obsah oceánu hraje také klíčovou roli při regulaci energetické rovnováhy Země a klimatických zpětných vazeb. S tím, jak se v atmosféře hromadí skleníkové plyny, které zadržují teplo a oteplují planetu, pohlcují oceány značnou část tohoto přebytečného tepla. Změny v obsahu tepla v oceánech proto mohou ovlivnit rychlost globálního oteplování a rozsah dopadů změny klimatu, včetně zvyšování hladiny moří, tání ledovců a změn ve vzorcích oceánské cirkulace.

Změny obsahu tepla v oceánech mohou mít navíc závažné důsledky pro mořské ekosystémy a biologickou rozmanitost.



Obr. 12: Postupné zvyšování zachycené energie v Oceánu (zdroj: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content>)

Více než 90 % přebytečného tepla zachyceného v zemském systému v důsledku globálního oteplování způsobeného člověkem bylo absorbováno oceány. (NOAA Climate.gov ©2023)

5.5 Dynamika

Podpovrchová dynamika oceánů označuje složité pohyby a procesy probíhající pod povrchem oceánu, které ovlivňují teplotu, slanost a rozložení živin a hrají klíčovou roli při ovlivňování proměnlivosti klimatu a oceánských jevů, jako jsou jevy El Niño a La Niña.

Jedním z klíčových aspektů podpovrchové dynamiky oceánu je termohalinní cirkulace, známá také jako oceánský dopravní pás, která zahrnuje pohyb hlubokomořských proudů poháněných rozdíly v teplotě (termo) a salinitě (halin). Tento vzorec cirkulace hraje zásadní roli při přerozdělování tepla a živin.

V souvislosti s jevy El Niño a La Niña má dynamika podpovrchového oceánu obzvláště velký vliv. Například během událostí El Niño anomálně teplým povrchovým vodám ve středním a východním Tichém oceánu často předchází vzednutí teplých podpovrchových vod podél rovníkové části Tichého oceánu, což zesiluje oteplení povrchových teplot moře a přispívá k nástupu podmínek El Niño.

Naopak během jevů La Niña vede příliv studených podpovrchových vod podél východního pobřeží Tichého oceánu k chladnějším než průměrným teplotám povrchu moře ve středním a východním Tichém oceánu.

Podpovrchová dynamika oceánu navíc ovlivňuje distribuci a pohyb živin, planktonu a

mořských živočichů, čímž formuje mořské ekosystémy a biologickou rozmanitost. (CHAVEZ & kol. 2003)

Změny v oceánských proudech, vzorcích proudění a koloběhu živin mohou mít zásadní vliv na rybolov. Zdá se tedy, že "sardelový režim" je zřetelný. Při chladnějších podmínkách a nižší četnosti teplých ENSO, zatímco "sardinkový režim" je spojen s častějšími a vyššími teplotami. Respektive s teplejšími podmínkami a vyšší četností teplé aktivity ENSO.

6 Dopady El Nino

Vzorci počasí a přírodní katastrofy:

El Niño vede k nárůstu extrémních povětrnostních jevů, jako jsou povodně, sucha, hurikány a vlny veder. Změny atmosférické cirkulace vyvolané jevem El Niño mohou ovlivnit průběh srážek, extrémní teploty a dráhy bouří, což zvyšuje riziko přírodních katastrof v postižených regionech. Tyto extrémní události představují významné výzvy pro připravenost na katastrofy, odolnost infrastruktury a úsilí o přizpůsobení se komunit.

Vzorci srážek: Případy El Niño mohou významně ovlivnit globální srážkové poměry tím, že mění vzorce atmosférické cirkulace a přenos vlhkosti. V některých regionech, jako je západní Pacifik a části Jižní Ameriky, může El Niño vést k nadprůměrným srážkám, což má za následek záplavy, sesuvy půdy a zvýšené riziko nemocí přenášených vodou. Naopak v jiných regionech, například v jihovýchodní Asii a Austrálii, se mohou vyskytnout podprůměrné srážky, které vedou k suchu, nedostatku vody. (CAI & kol. 2021)

Tropické cyklóny a hurikány: Případy El Niño mohou ovlivnit četnost, intenzitu a dráhu tropických cyklón a hurikánů. V Tichém oceánu má El Niño tendenci potlačovat aktivitu tropických cyklónů ve východním Pacifiku, zatímco ve středním a západním Pacifiku ji zvyšuje. (SCHRECK 2015) Naopak v Atlantickém oceánu je El Niño spojen se snížením aktivity hurikánů v důsledku změn v atmosférických větrných modelech a teplotách povrchu moře.

Vlny veder a sucha: Případy El Niño mohou v různých oblastech světa zhoršovat vlny veder a sucha. Teplejší, než průměrné teploty povrchu moře spojené s jevem El Niño mohou vést ke zvýšení atmosférických teplot a snížení půdní vlhkosti, což vytváří příznivé podmínky pro vznik a přetrvávání vln veder a sucha. Tyto extrémní projevy počasí mohou mít významný dopad na zemědělství, vodní zdroje a veřejné zdraví.

Lesní požáry: Případy jevu El Niño mohou v některých regionech zvýšit riziko vzniku požárů, protože vytvářejí horké a suché podmínky příznivé pro vzplanutí a šíření požárů. Suchem namáhaná vegetace může v kombinaci se silným větrem a nízkou vlhkostí vzduchu podpořit rychlé šíření požárů, což může vést k rozsáhlým škodám na lesích, ekosystémech a lidské infrastruktuře. V oblastech náchylných k požárům, jako jsou části Austrálie, Indonésie a západní části Spojených států, může během jevu El Niño docházet ke zvýšené požární aktivitě. (FERNANDES & kol. 2011)

6.1 Socioekonomické dopady

Jev může mít přímé i nepřímé dopady na lidské zdraví prostřednictvím změn podmínek životního prostředí, potravinové bezpečnosti a dynamiky přenosu nemocí.

Sucha a záplavy vyvolané jevem El Niño mohou ovlivnit výnosy plodin, dostupnost potravin a stav výživy, což vede k podvýživě a nedostatku potravin.

El Niño může vytvořit příznivé podmínky pro šíření nemocí, jako je malárie, horečka dengue a virus Zika. Zvýšené množství srážek a vyšší teploty spojené s jevem El Niño mohou vést k rozšíření prostředí pro rozmnožování komárů, což zvyšuje riziko přenosu onemocnění. Stojatá voda z vydatných dešťů může poskytnout komárům místa k rozmnožování, zatímco vyšší teploty mohou urychlit vývoj životního cyklu komárů, což vede k vyšší míře přenosu onemocnění.

Silné deště a záplavy během El Niño mohou přetížit kanalizační systémy, což vede ke kontaminaci zdrojů pitné vody a šíření patogenů přenášených vodou. Nedostatečný přístup k čisté vodě a hygienickým zařízením zvyšuje riziko onemocnění přenášených vodou během a po událostech El Niño, zejména ve zranitelných komunitách s omezenou infrastrukturou.

Případy El Niño mohou zhoršit respirační onemocnění a zdravotní stav dýchacích cest v důsledku změn kvality ovzduší a výskytu respiračních dráždivých látek. Lesní požáry, které jsou v některých regionech během jevů El Niño častější, mohou do ovzduší uvolňovat velké množství pevných částic a látek znečišťujících ovzduší, což vede ke zhoršené kvalitě ovzduší a dýchacím potížím. Kouř z lesních požárů může zhoršovat respirační onemocnění, jako je astma a bronchitida

Případy jevu El Niño mohou mít dopad na potravinovou bezpečnost a výživu, což může vést k podvýživě a nemocem přenášeným potravinami u postižených obyvatel. Sucha a změny ve srážkovém režimu spojené s jevem El Niño mohou snížit produktivitu zemědělství, což vede k neúrodě, ztrátám na hospodářských zvířatech a nedostatku potravin. To může zhoršit podvýživu a zvýšit riziko onemocnění z potravin v důsledku nedostatečného přístupu k výživným potravinám a nezávadné pitné vodě. Zranitelné skupiny obyvatel, jako jsou děti, těhotné ženy a starší lidé, jsou během jevů El Niño obzvláště ohroženy podvýživou a nedostatkem potravin.

Environmentální dopady jevu El Niño mají významné socioekonomické důsledky pro postižené komunity, zejména ty, které jsou závislé na zemědělství, rybolovu a přírodních zdrojích.

Ztráty ve výnosech plodin, produktivitě hospodářských zvířat a příjmech z rybolovu mohou ohrozit potravinovou bezpečnost, živobytí a ekonomickou stabilitu a prohloubit chudobu a sociální zranitelnost. Tyto důsledky mohou přejít až k masovým nepokojům a vládním převratům.

Případy El Niño mohou mít významný dopad na zemědělství a potravinovou bezpečnost a vést k neúrodě, ztrátám na hospodářských zvířatech a snížení zemědělské produktivity. Změny ve srážkovém režimu, včetně sucha a povodní, mohou poškodit úrodu, narušit harmonogram výsadby a sklizně a vést k nedostatku potravin a prudkému nárůstu cen. To může mít škodlivé účinky na živobytí na venkově, zejména u drobných zemědělců a komunit závislých na samozásobitelském zemědělství, a vést k nárůstu chudoby a potravinové nejistoty.

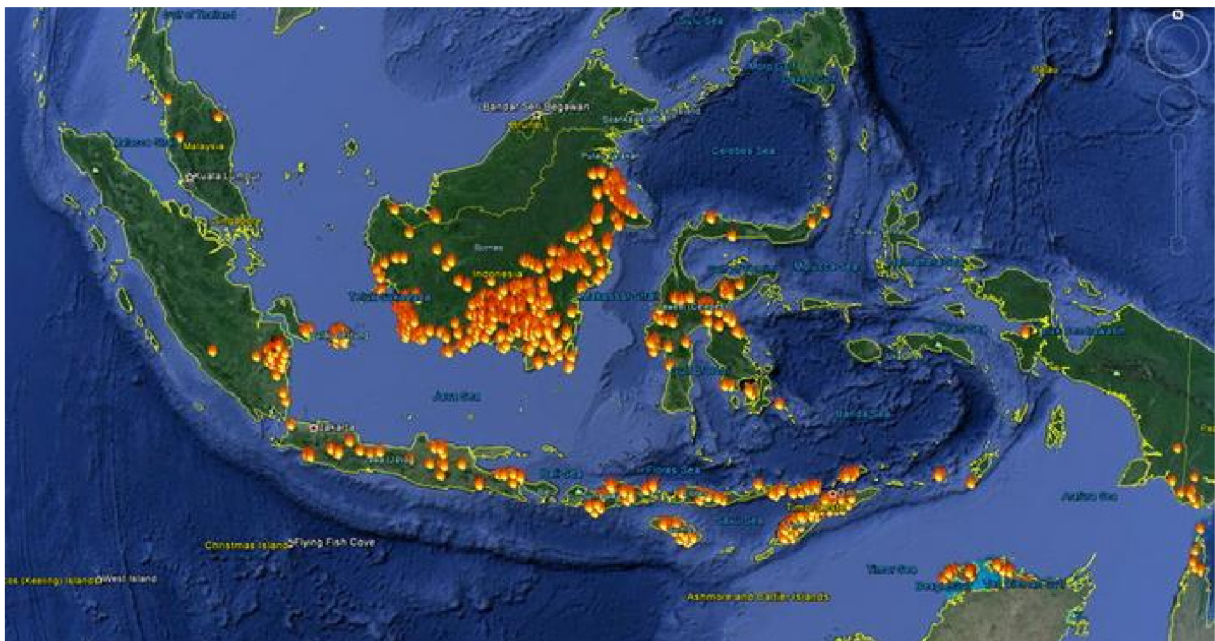
Jevy El Niño mohou narušit mořské ekosystémy a rybolov, což ovlivní stavy ryb, migraci ryb a výnosy rybolovu. Změny oceánských podmínek, jako je vyšší teplota mořské hladiny a změna mořských proudů, mohou ovlivnit rozšíření a početnost druhů ryb, což vede ke snížení úlovků a ekonomickým ztrátám rybářských komunit. Akvakulturní operace, včetně krevetových farem a rybníků, mohou být rovněž ovlivněny změnami kvality vody a propuknutím nemocí během událostí El Niño, což má další dopad na zdroje obživy a tvorbu příjmů.

Případy jevu El Niño mohou ovlivnit dostupnost vody a hospodaření s vodními zdroji, což může vést k nedostatku vody, snížení výroby vodní energie a zvýšené konkurenci o vodní zdroje. Změny ve struktuře srážek a akumulaci sněhové pokrývky mohou ovlivnit průtoky v

řekách, hladiny nádrží a míru doplňování podzemních vod, což má vliv na spolehlivost dodávek vody pro zavlažování, pitnou vodu a průmyslové využití. To může mít ekonomické důsledky pro odvětví závislá na vodních zdrojích, jako je zemědělství, výroba energie a zpracovatelský průmysl, a vést ke zvýšení nákladů a snížení produktivity.

El Niño může ovlivnit cestovní ruch a rekreační aktivity a ovlivnit pobřežní a horské destinace závislé na povětrnostních podmínkách a přírodních zajímavostech. Extrémní povětrnostní jevy spojené s jevem El Niño, jako jsou bouře, záplavy a sesuvy půdy, mohou narušit cestovní plány, poškodit infrastrukturu a ovlivnit počet návštěvníků a příjmy v regionech závislých na cestovním ruchu. Pobřežní turistické destinace mohou být během jevu El Niño také ovlivněny změnami v erozi pláží, bělením korálů a kvalitou vody, což může mít negativní dopad na místní ekonomiku a pracovní příležitosti v odvětví cestovního ruchu.

Případy jevu mohou zvýšit náklady na zdravotní péči a zatížit systémy zdravotní péče v důsledku převažujících dopadů na zdraví, včetně nemocí přenášených vektory, nemocí přenášených vodou, respiračních nemocí a nemocí souvisejících s horkem. Zdravotnická zařízení mohou během událostí El Niño a po nich zaznamenat zvýšenou poptávku po lékařských službách, hospitalizacích a pohotovostní péči, což povede k vyšším výdajům na zdravotní péči a omezení zdrojů.



Obr. 13: Hotspoty v některých částech Indonésie v období El Nina 2015. (zdroj: <https://kaltim.tribunnews.com/2015/08/21/kemarau-dibarengi-el-nino-muncul-hotspot-di-sejumlah-daerah>)

Záplavy a sesuvy půdy: Případy El Niño mohou zvýšit pravděpodobnost záplav a sesuvů půdy v oblastech náchylných k silným dešťům a ve strmém terénu. Nadprůměrné srážky spojené s jevem El Niño mohou nasycit půdu, zvýšit odtok vody z řek a vyvolat sesuvy půdy v horských oblastech. Přivalové povodně a suťové proudy mohou mít za následek ztráty na životech, škody na infrastruktuře a narušení života obcí nacházejících se v oblastech ohrožených povodněmi.

6.2 Hydrologický cyklus a vodní zdroje

El Niño může narušit hydrologický cyklus, což vede k výkyvům ve vzorcích srážek, odtoku vody z řek a dostupnosti vody v postižených regionech. V regionech, které zažívají sucha způsobená El Niño, může nedostatek vody ohrozit produktivitu zemědělství, sladkovodní ekosystémy a blahobyt lidí. (ROBERTSON & MECHOSO 1998)

Naopak povodně vyvolané jevem El Niño mohou zahltit vodní infrastrukturu, způsobit erozi půdy a kontaminovat vodní zdroje, což představuje riziko pro veřejné zdraví a hygienu.

Období mohou narušit normální rozložení srážek, což vede ke změnám v množství, intenzitě a prostorovém rozložení srážek. V některých oblastech, jako je západní pobřeží Jižní Ameriky a některé části jižních Spojených států, El Niño přináší nadprůměrné srážky, což vede k záplavám a podmáčení půdy. Naopak v jiných regionech, například v jihovýchodní Asii a Austrálii, může docházet k podprůměrným srážkám a suchu, což snižuje dostupnost vody a zvyšuje poptávku po zavlažování a domácím využití.

Sněhová pokrývka a tání ledovců v horských oblastech mohou události El Niño ovlivnit akumulaci sněhové pokrývky, což má vliv na dostupnost vody po proudu. Vyšší teploty spojené s jevem El Niño mohou urychlit tání sněhu a ústup ledovců, což vede ke zvýšenému odtoku a průtoku řek v jarních a letních měsících. To může ovlivnit zásobování vodou pro zemědělství, výrobu vodní energie a komunální účely a také přispět k riziku bleskových povodní a suťových toků v horských oblastech.

Případy jevu El Niño mohou změnit průběh průtoku a odtoku řek a ovlivnit načasování a velikost maximálních průtoků v říčních systémech. Nadprůměrné srážky během El Niño mohou zvýšit průtok řek a způsobit záplavy v některých regionech, zatímco podprůměrné srážky mohou snížit průtok řek a zhoršit podmínky sucha. Změny v průtoku řek mohou ovlivnit kvalitu vody, vodní ekosystémy a dostupnost vody pro zavlažování, plavbu a průmyslové využití.

V oblastech s nadprůměrnými srážkami během El Niño může zvýšený odtok a nasycení půdy zvýšit doplňování podzemních vod, doplnit vodonosné vrstvy a zlepšit dostupnost vody pro zavlažování a zásobování pitnou vodou. Naopak v regionech, kde panuje sucho, mohou snížené srážky a půdní vlhkost omezit doplňování podzemních vod, což vede k poklesu hladiny podzemních vod a zvýšené konkurenci o vodní zdroje.

El Niño má významný vliv na počasí a klima po celém světě, ovlivňuje srážky, extrémní teploty a atmosférickou cirkulaci. Případy El Niño jsou spojeny s řadou extrémních povětrnostních jevů, včetně povodní, sucha, hurikánů a lesních požárů, které mají pro postižené regiony závažné socioekonomické důsledky.

V posledních několika desetiletích Trenberth významně přispěl k pochopení toho, jak jsou jevy El Niño ovlivňovány a následně ovlivňují probíhající procesy změny klimatu.

Jednou z klíčových oblastí Trenberthova výzkumu je zkoumání toho, jak může změna klimatu ovlivnit vlastnosti a dopady jevů El Niño. Jeho práce poukázala na potenciál změny klimatu měnit četnost, intenzitu a prostorové rozložení jevů El Niño, což má dopad na globální vzorce počasí, extrémní jevy a regionální proměnlivost klimatu.

El Niño může narušit mořské ekosystémy změnou teploty povrchu moře a oceánských podmínek. To může vést ke změnám v rozšíření a početnosti mořských druhů, včetně ryb, planktonu a korálových útesů. Teplejší vody spojené s jevem El Niño mohou způsobit bělení korálů, což vede k rozsáhlému poškození korálových útesů a související mořské biologické rozmanitosti. (HUGHES & kol. 2018)

Případy El Niño mohou mít významný dopad na rybolov, protože ovlivňují rozšíření a dostupnost rybích populací. Změny oceánských podmínek, jako jsou posuny v teplotách mořské hladiny a dostupnosti živin, mohou vést ke změnám migračních vzorců a reprodukčních cyklů ryb. To může narušit komerční rybolov a rybolov pro vlastní potřebu, což má dopad na živobytí a potravinovou bezpečnost pobřežních komunit závislých na rybolovu.

Pobřežní ekosystémy jsou obzvláště zranitelné vůči dopadům jevu El Niño, protože změny oceánských podmínek mohou ovlivnit pobřežní biotopy, jako jsou mangrovy, ústí řek a mokřady. Zvýšená bouřková aktivita spojená s jevem El Niño může vést k pobřežní erozi, ztrátě stanovišť a poškození pobřežní infrastruktury. Tyto změny mohou mít kaskádové účinky na pobřežní biologickou rozmanitost a ekosystémové služby.

Jevy El Niño mohou mít dopad i na suchozemské ekosystémy, včetně lesů, pastvin a mokřadů. Změny ve srážkovém režimu spojené s jevem El Niño mohou vést k suchu, požárům a změnám vegetačního krytu. Tyto dopady mohou změnit vhodnost stanovišť pro rostlinné a živočišné druhy, což vede ke změnám v rozšíření druhů a ke změnám ve struktuře a funkci ekosystémů.

V závislosti na konkrétním ekosystému a závažnosti události mohou mít jevy El Niño pozitivní i negativní dopad na biologickou rozmanitost. Zatímco některým druhům mohou změny podmínek prostředí prospět, u jiných může dojít k poklesu populace nebo k lokálnímu vymírání. Tyto změny mohou mít dlouhodobé důsledky pro odolnost ekosystémů a poskytování ekosystémových služeb.

Trenberth zdůraznil význam energetického rozpočtu Země při modulaci vztahu mezi jevem El Niño a změnou klimatu. Jeho výzkum mimo jiné na základě dat z ostrovů Austrálie (TRENBERTH & HOAR 1997), Galapágy a Tarawa (DUNBAR & kol. 1994)

ukázal, že změny v atmosférické cirkulaci, přenosu vlhkosti a obsahu tepla v oceánu související se změnou klimatu mohou ovlivnit vývoj a evoluci jevů El Niño, což vede k posunům v jejich načasování, trvání a rozsahu.

Trenberthovy studie navíc zkoumaly širší dopady událostí El Niño na globální klimatický systém v kontextu měnícího se klimatu. Zkoumal, jak mohou změny ve srážkových vzorcích, atmosférické cirkulaci a teplotních anomáliích souvisejících s jevem El Niño působit na další faktory změny klimatu a zhoršovat nebo zmírňovat účinky změny klimatu na extrémní počasí a regionální klima.

7 Graficky zobrazení srážek a teplot El Nino a La Nina



Obr.14: Mapa s vyznačenými body stanic dle polohových souřadnic
(zdroj: <https://mapy.cz/zakladni?vlastni-body&uc=&x=-12.4053086&y=28.0958548&z=4>)

Zeměpisné lokace meteorologických stanic, jejichž data jsou použita v této práci.

Jedná se konkrétně o země:

Austrálie – Darwin

Česká republika – Ostrava

Filipíny – Laoag

Jihoafrická republika – De Aar

Spojené státy americké – Atlanta (východ USA)

Spojené státy americké – San Francisco (západ USA)

Španělsko – Malaga

7.1 Metodika

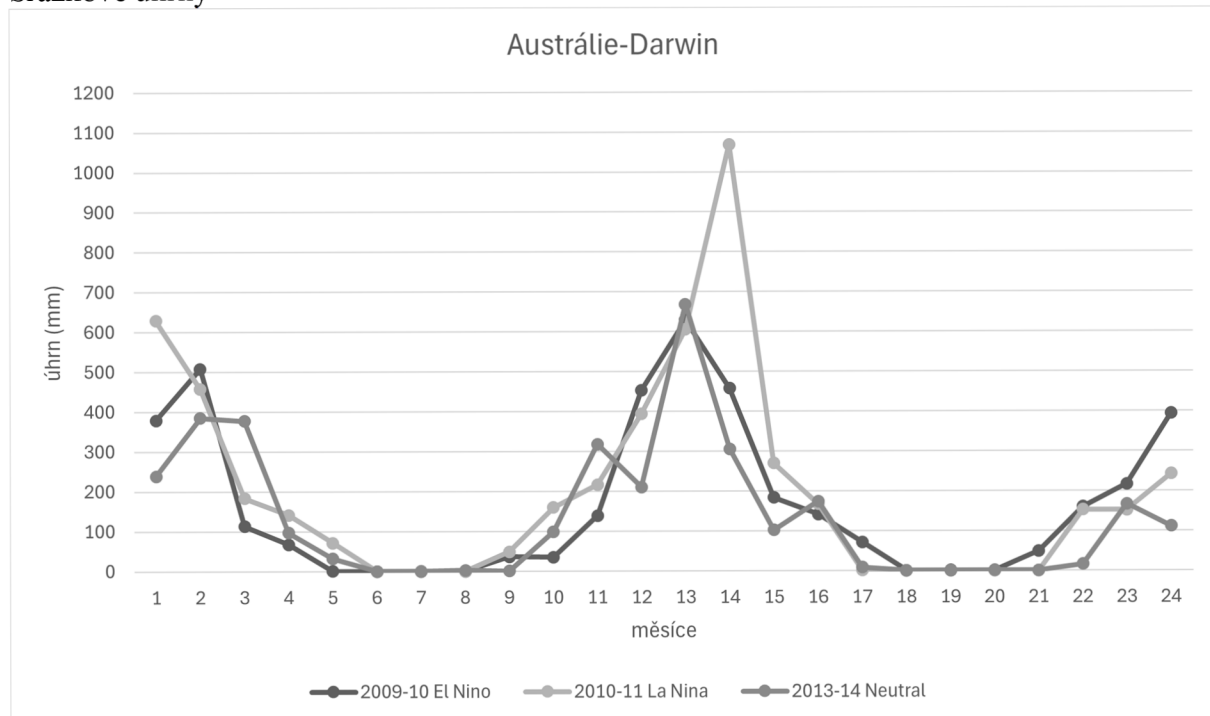
Teplotní data a data srážkových úhrnů byla zpracována z meteorologického webu en.tutiempo.net, který disponuje volně dostupnými klimatickými daty z meteorologických stanic. Následně byla data vložena do programu Microsoft Excel, rozdělena dle časového období jednotlivých jevů (El Nino, La Nina, Neutral) a vhodně pojmenována. Data pak byla přenesena do grafického formátu s časovou osou o délce 24 po sobě jdoucích měsíců, respektive od měsíce ledna prvního roku sledování do měsíce prosince druhého roku sledování. Grafy byly záměrně rozděleny do dvou událostí, aby nedocházelo k nepřehlednostem v pozorování. Grafy ročních maximálních a průměrných teplot byly protnuty spojnicí trendů červenou či modrou tečkovanou linií dle stoupajícího či klesajícího vývoje teplot. Úhrn srážek byl vyznačen v milimetrech (mm) a teploty ve stupních celsia (°C)

Data teplotních anomálií a data mořské hladiny byla zpracována z datového webu ourworldindata.org. Následně byla data vložena do programu Microsoft Excel a zkrácena na časové období posledních 20 let. Dále byla přenesena do grafické podoby a výstižně

pojmenována a barevně zvýrazněna. Odchylka byla vyznačena ve stupních celsia (°C) a časová osa u Teploty mořské hladiny v půlročních rozestupech a u Průměrné teplotní anomálie v celých rocích.

7.2 Austrálie – Darwin

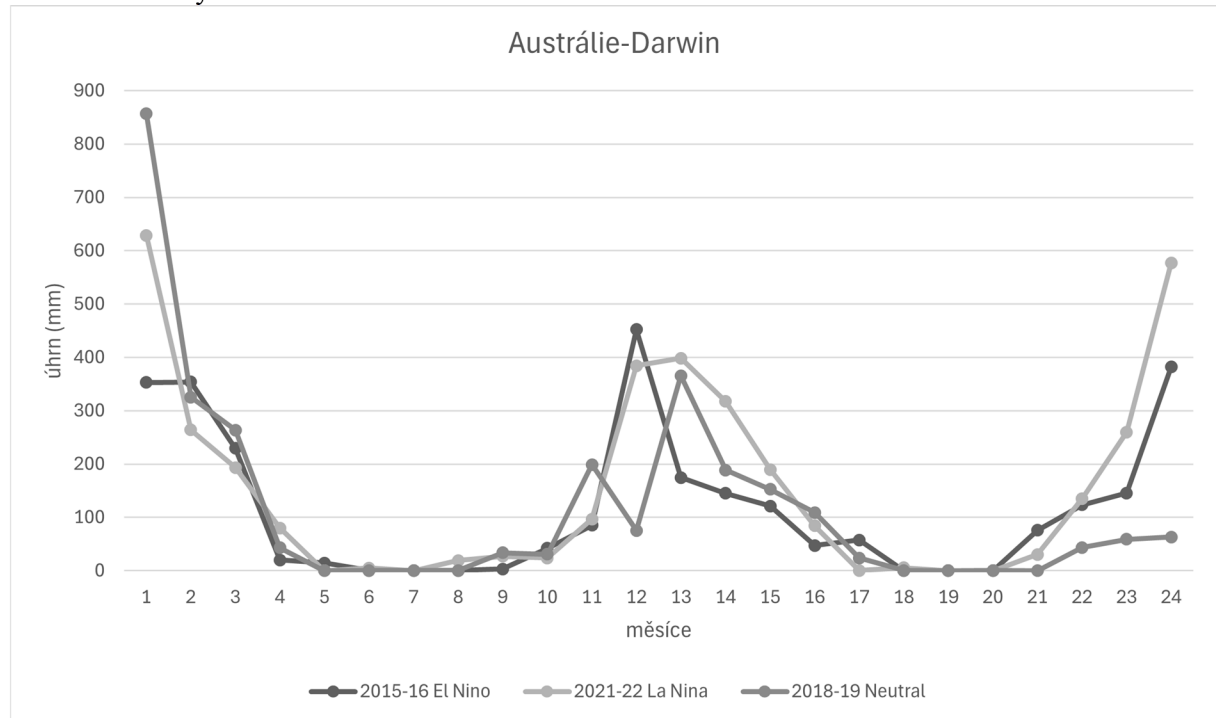
Srážkové úhrny



Obr. 15: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice Darwin Airport-941200 (YPDN) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Největší srážkovou anomálii můžeme vidět při události La Nina ,14 měsíc (únor 2011), kdy srážky překročili 1000 mm.

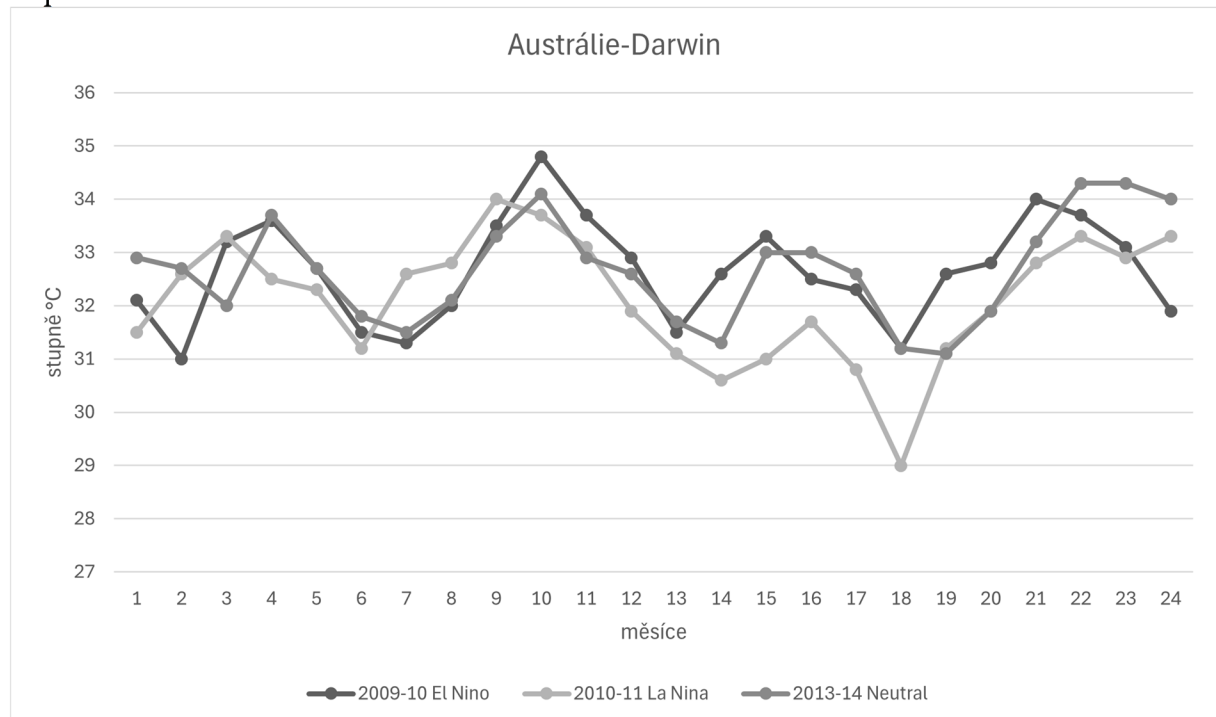
Srážkové úhrny druhá událost



Obr. 16: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice Darwin Airport-941200 (YPDN) (vlastní zpracování na dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Druhá událost v Austrálii ve městě Darwin nemá zásadní srážkové anomálie od neutrálního období. Tedy až na poslední měsíce období, kdy srážkové úhrny markantně přesahují neutrální období.

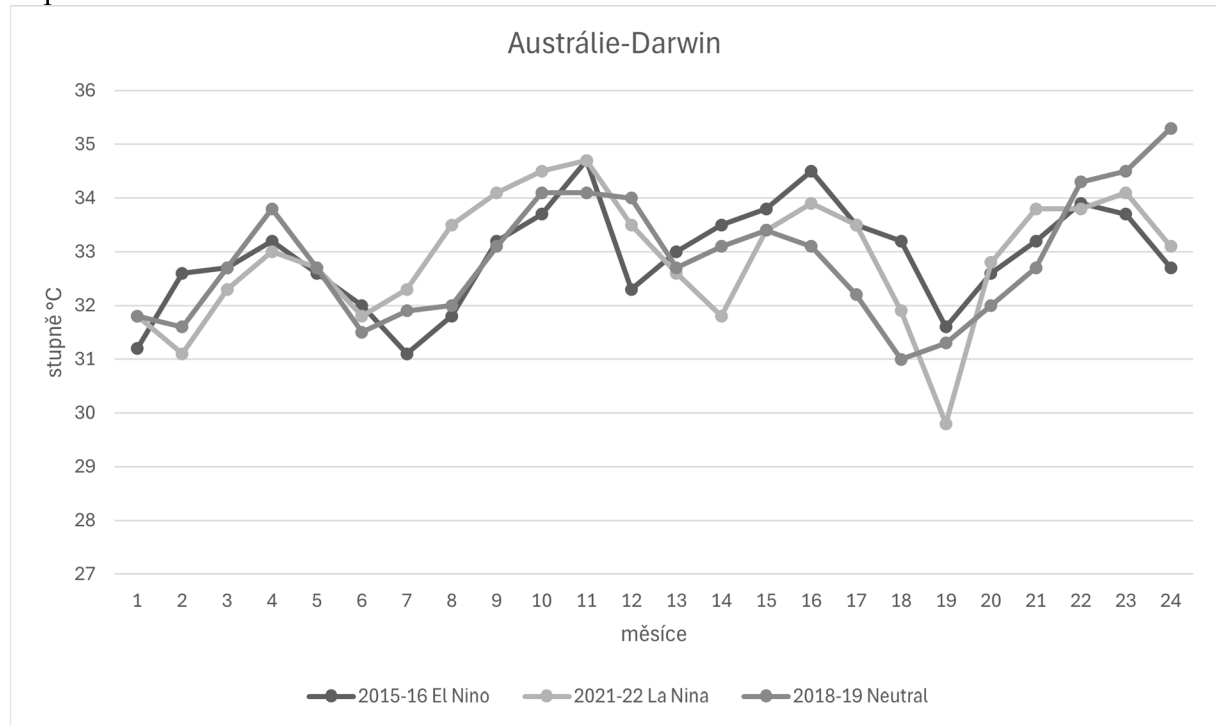
Teplotní maxima



Obr. 17: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice Darwin Airport-941200 (YPDN) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Teplotní anomálie jsou nejvíce zřetelné v období La Nina kdy maximální teplota klesla oproti normálnímu (neutrálnímu období) o více jak 2 °C.

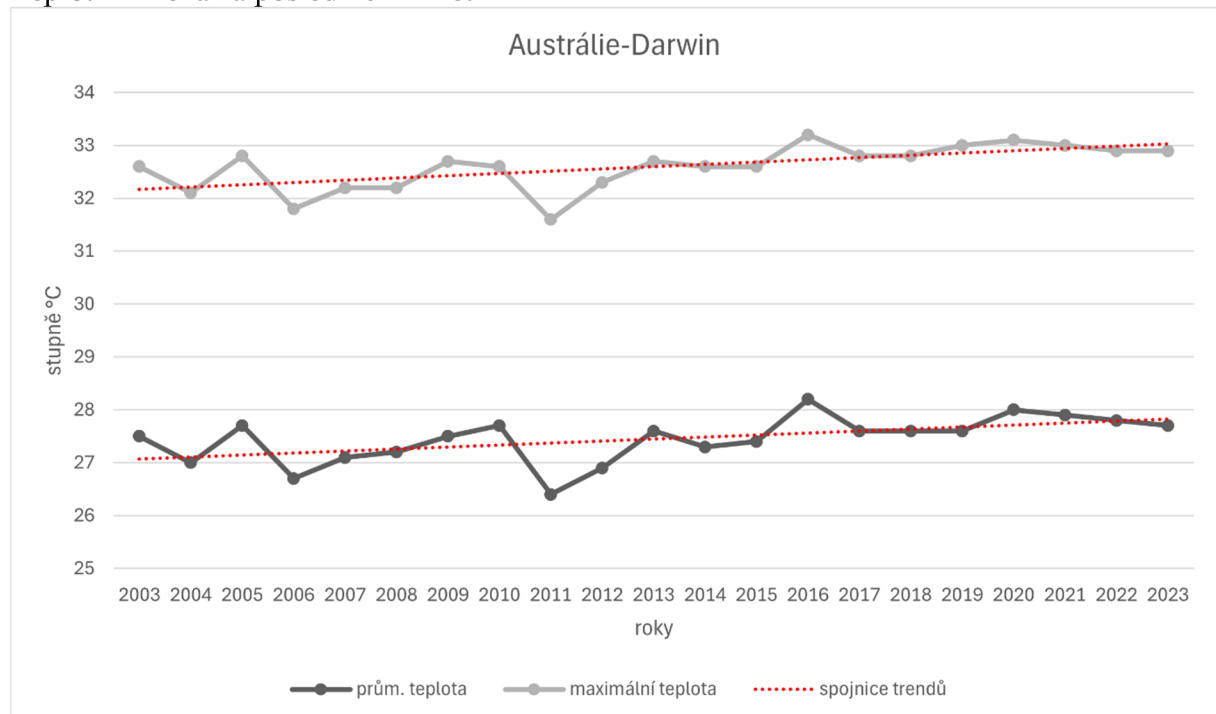
Teplotní maxima druhá událost



Obr. 18: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice Darwin Airport-941200 (YPDN) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

La Nina v druhé události kopíruje trend z události první (Obr. 17) tedy nárazový pokles teploty až o 1,5 °C.

Teplotní změna za posledních 20 let



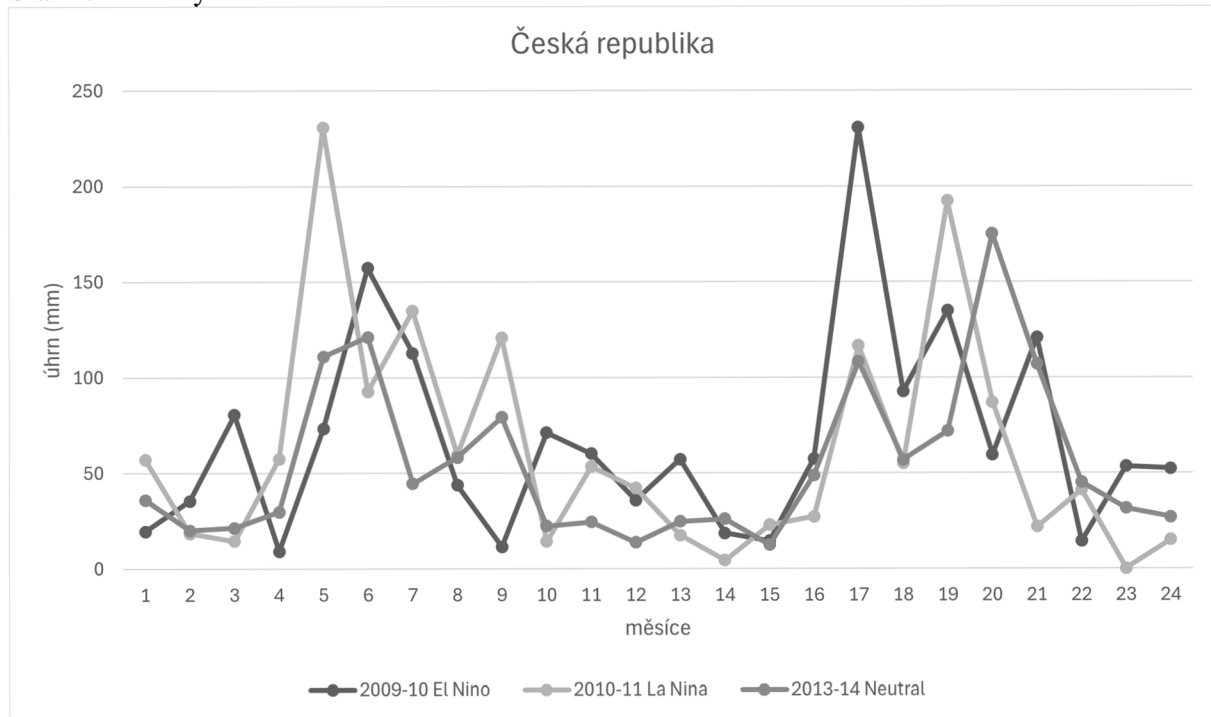
Obr. 19: Vývoj průměrných ročních teplot ze stanice Darwin Airport-941200 (YPDN) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Spojnice trendů (červená tečkovaná linie) poukazuje na pozvolné zvyšování průměrné teploty a maximální průměrné teploty až o 1 °C za časové období 20 let.

V období La Nina (2010-11) je viditelný pokles průměrných i maximálních teplot až o 1 °C, naopak v průběhu El Nina (2015-2016) můžeme pozorovat teploty vyšší a to až 0,5 °C.

7.3 Česká republika

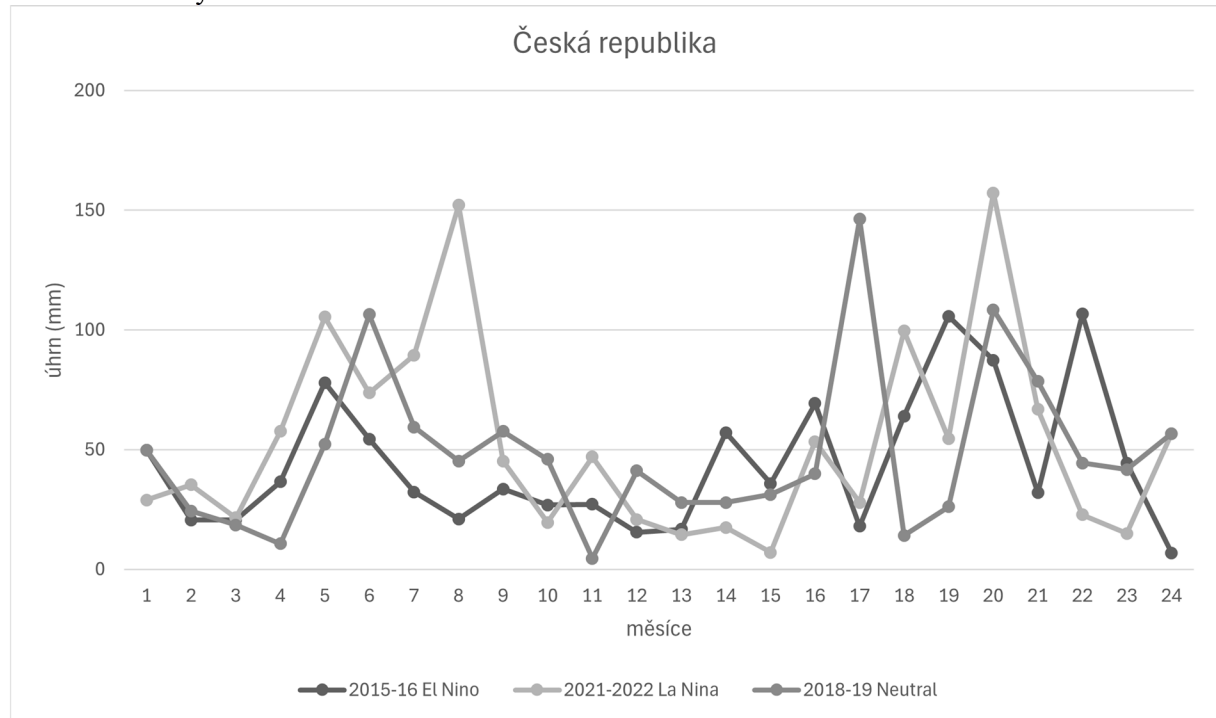
Srážkové úhrny



Obr. 20: Vývoj průměrných měsíčních srážek Ostrava/Mosnov-117820 (LKMT) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Data naznačují nárazové anomální úhrny v období La Nina i El Nino. Nejvíce v 5 a 17 měsíci tedy v květnu a květnu následujícího roku.

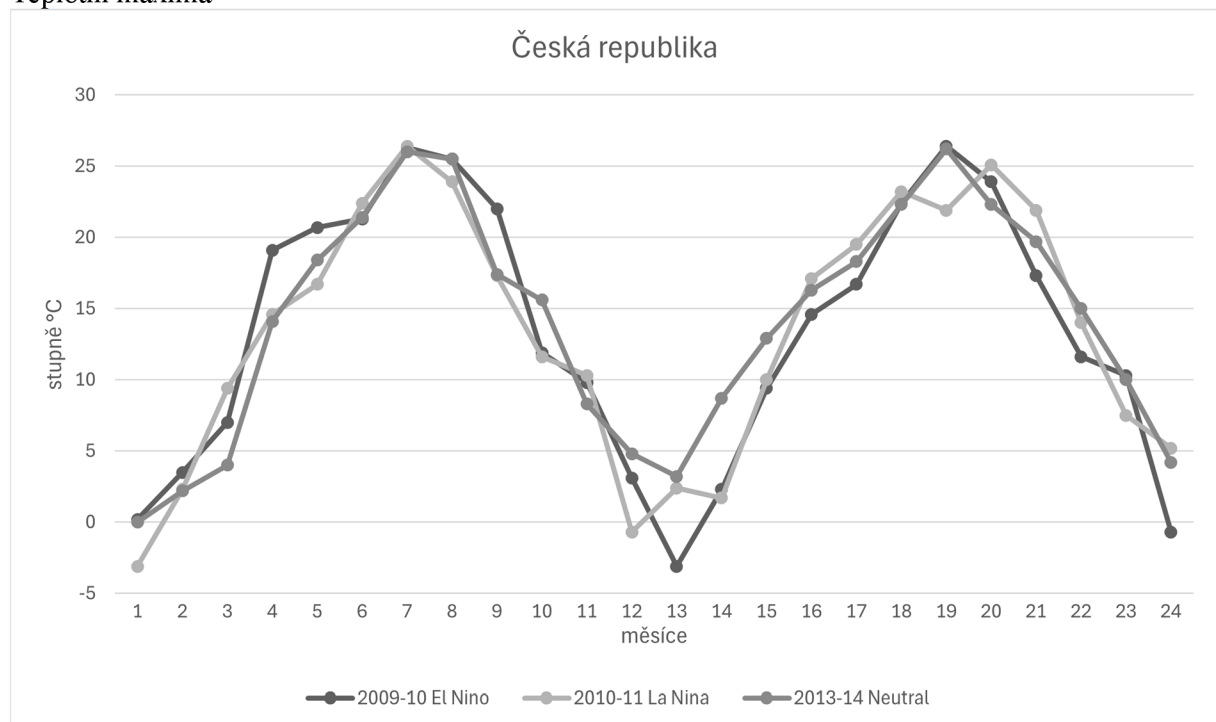
Srážkové úhrny druhá událost



Obr. 21: Vývoj průměrných měsíčních srážek Ostrava/Mosnov-117820 (LKMT) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutitempo.net/>)

V druhém pozorování jsou srážkové anomálie výrazně viditelné u jevu La Niña.

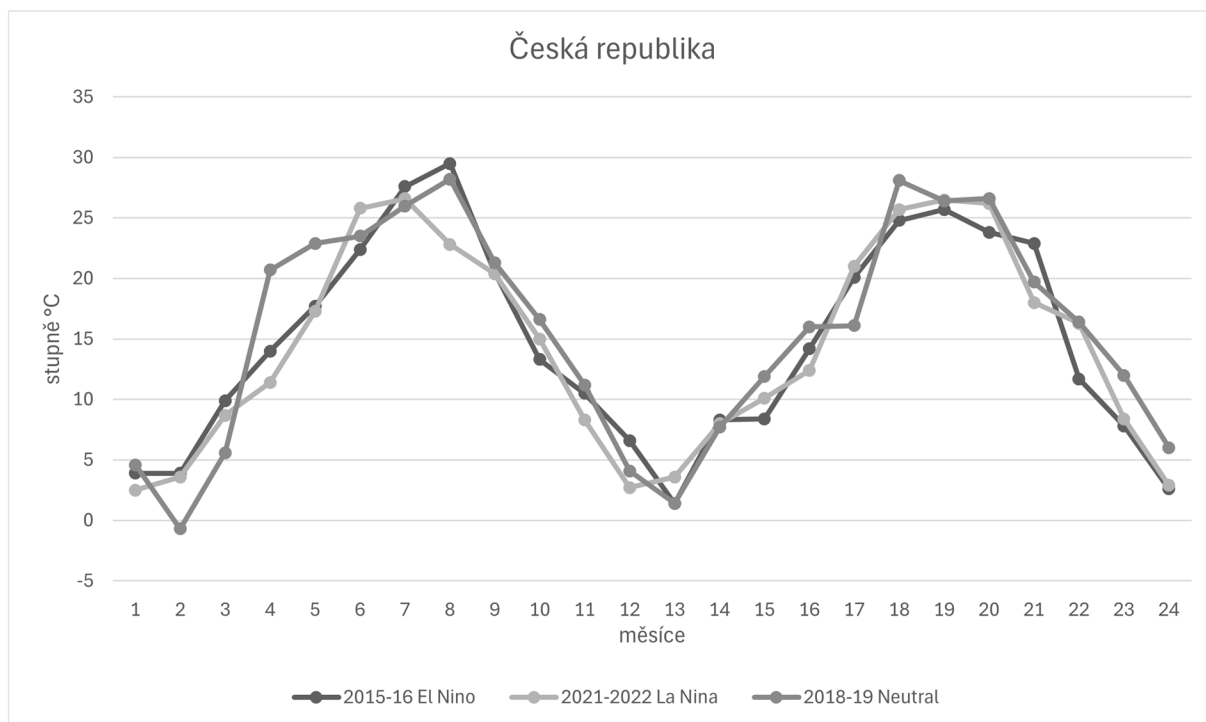
Teplotní maxima



Obr. 22: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot Ostrava/Mosnov-117820 (LKMT) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutitempo.net/>)

Při událostech El Niña klesá maximální naměřená teplota v zimních měsících o více než 5 °C oproti neutrálnímu období.

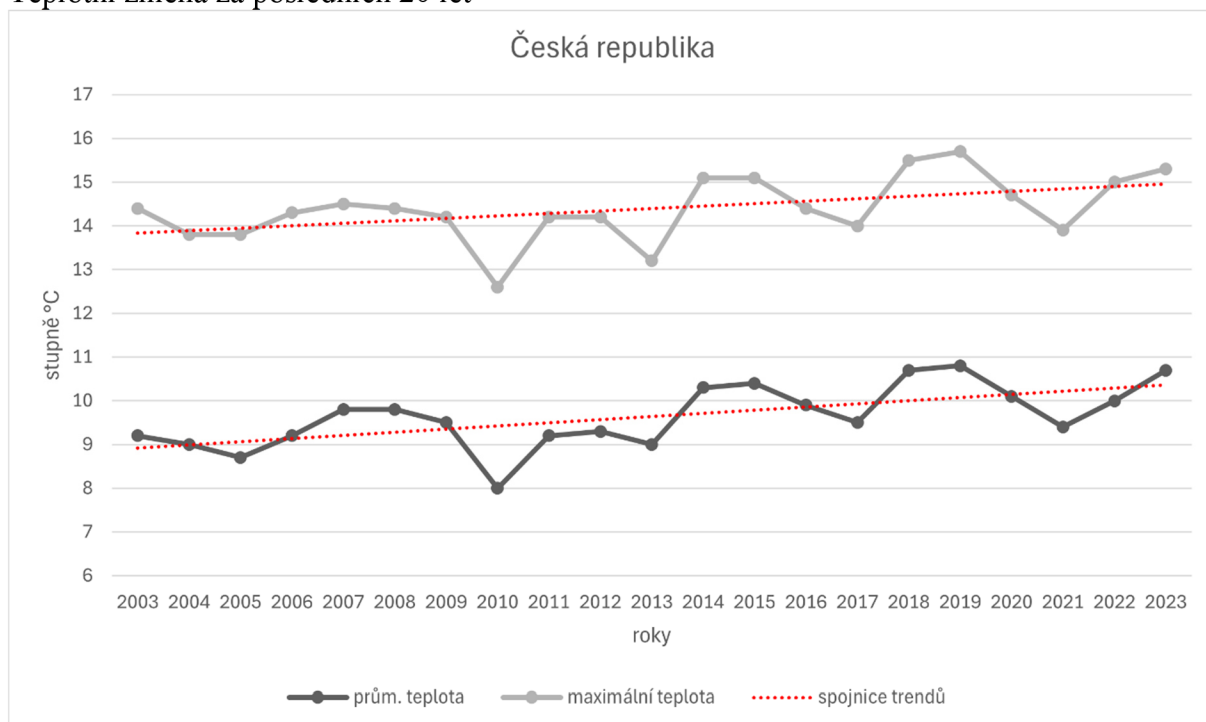
Teplotní maxima druhá událost



Obr. 23: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot Ostrava/Mosnov-117820 (LKMT) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Druhé pozorování nenabízí výraznější teplotní anomálie.

Teplotní změna za posledních 20 let

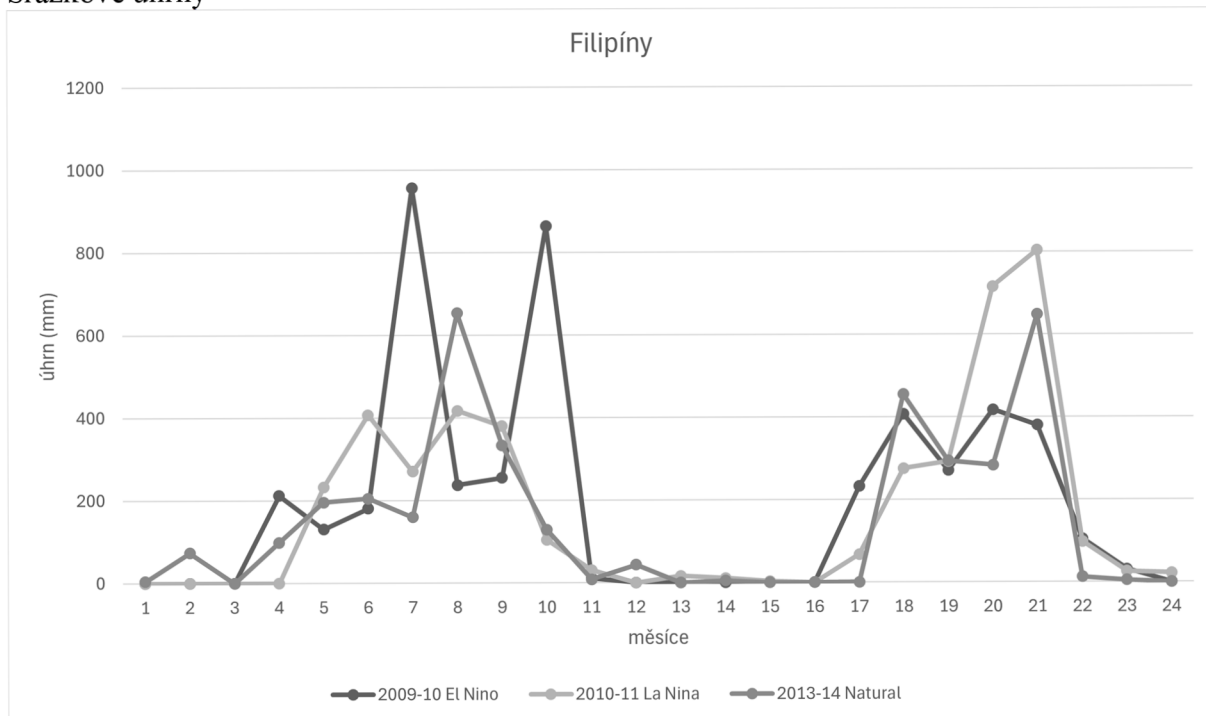


Obr. 24: Vývoj průměrných ročních maximálních teplot Ostrava/Mosnov-117820 (LKMT) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Spojnice trendů naznačuje postupné zvyšování maximální teploty o 1 °C a u průměrné teploty o 1,5 °C za 20 let měření. V období El Niño (2009-2010) můžeme vidět viditelný pokles u průměrné i maximální teploty o více než 1 °C. Můžeme také pozorovat pokles teplot u La Niña (2021-2022) o 0,5 °C.

7.4 Filipíny

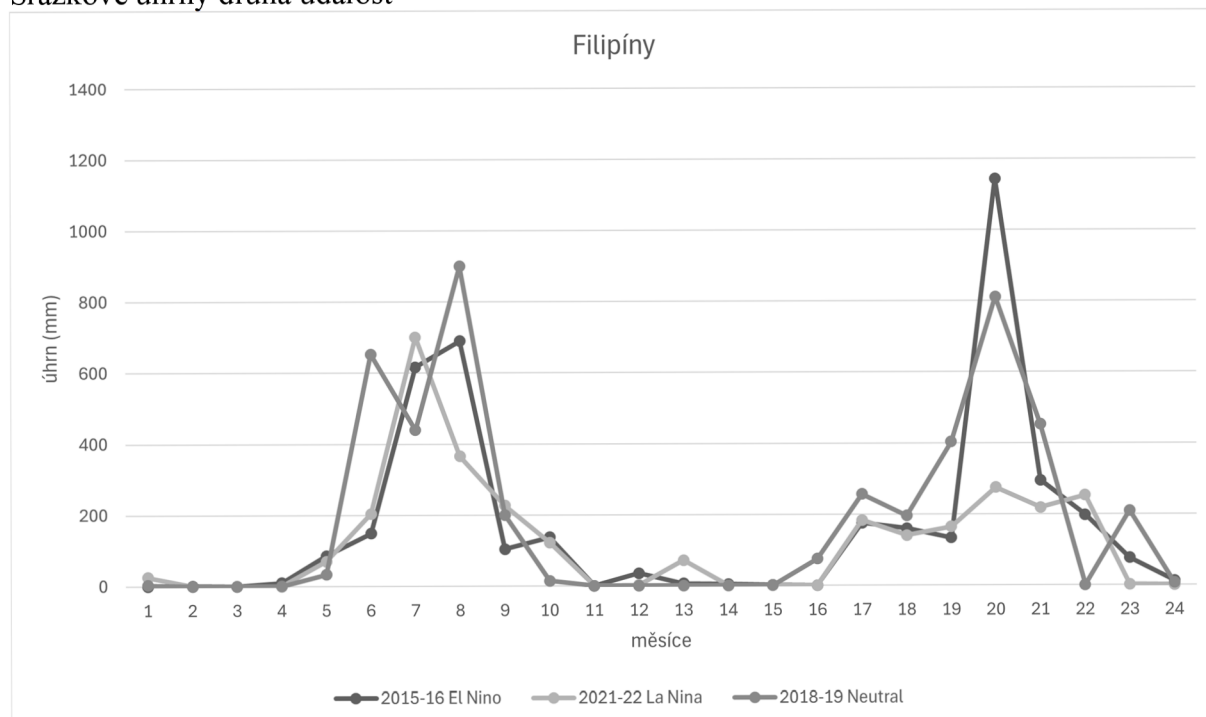
Srážkové úhrny



Obr. 25: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice Laoag-982230 (RPLI) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Anomální srážky jsou nejvíce zřetelné u jevu El Nino, kdy úhrny dvakrát překonaly hranici 800 mm srážek v jednom kalendářním roce.

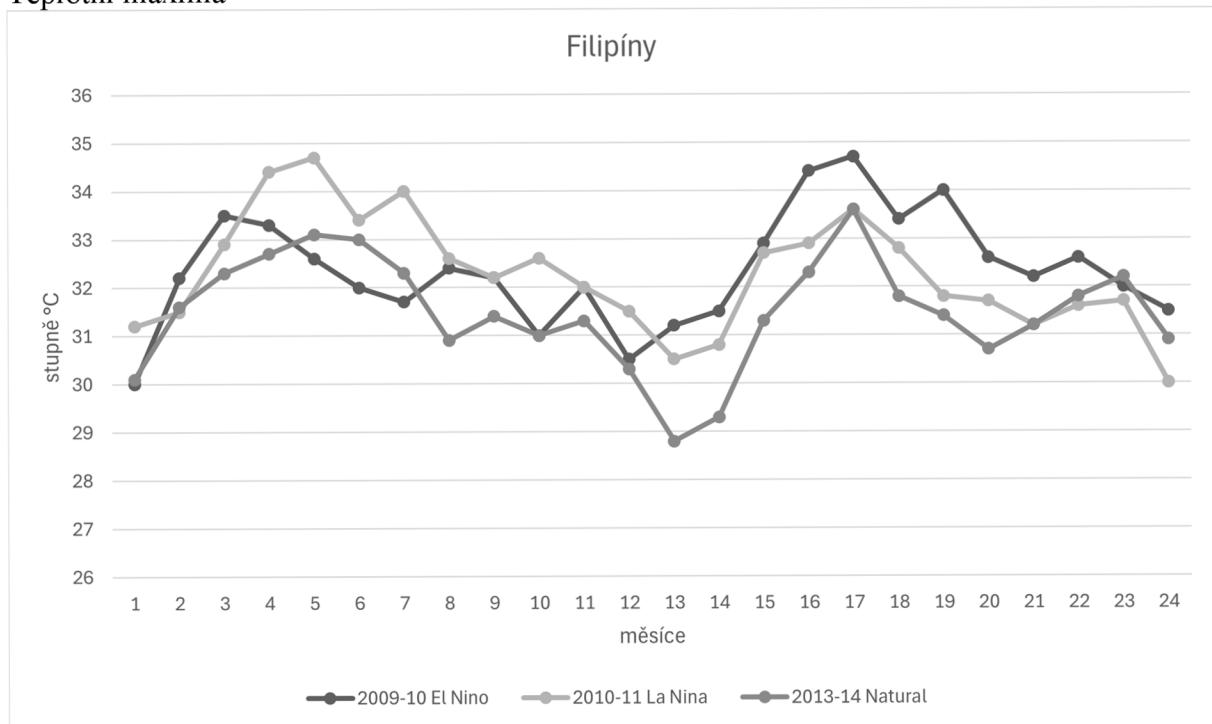
Srážkové úhrny druhá událost



Obr. 26: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice Laoag-982230 (RPLI) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Druhé pozorování nabízí nejvyšší rozdíly srážkových měření 20 měsíc (srpen druhého roku) měření, kdy událost El Nino přesahuje 1 100 mm srážek, naopak událost La Nina má velmi nízký úhrn oproti neutrálnímu období.

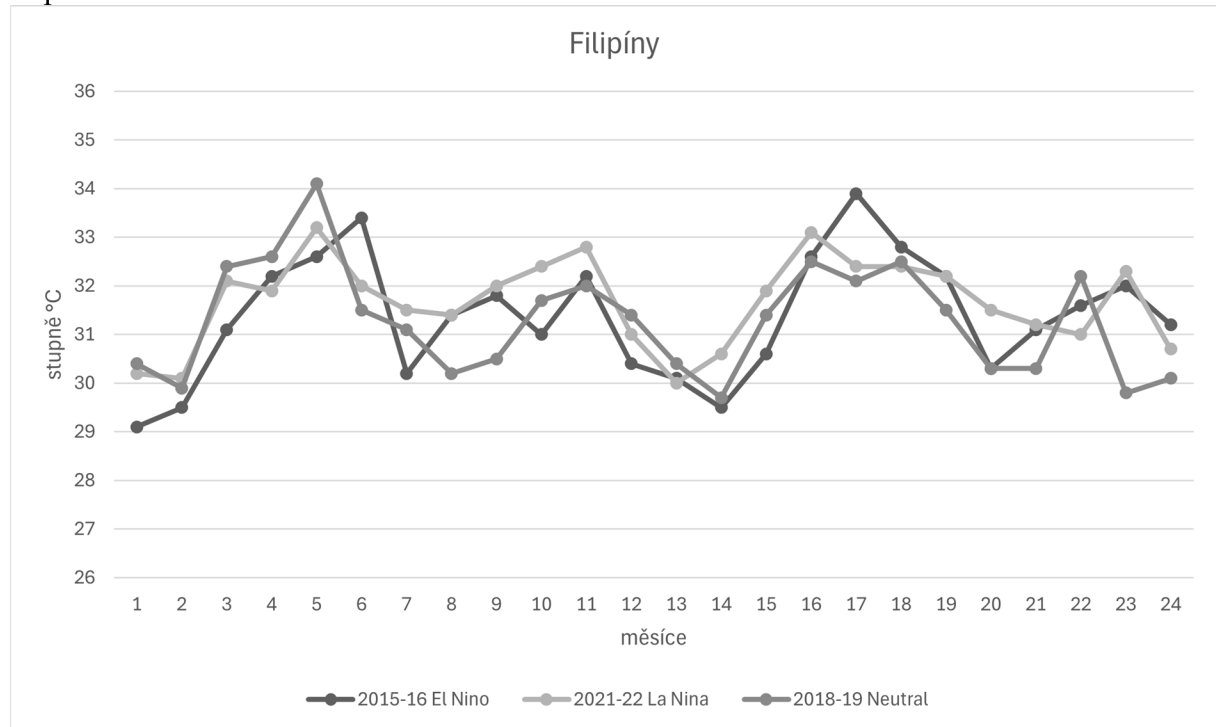
Teplotní maxima



Obr. 27: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice Laoag-982230 (RPLI) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Teplotní maxima událostí El Nino a La Nina se většinu období pohybují nad normálním (neutrálním) maximem.

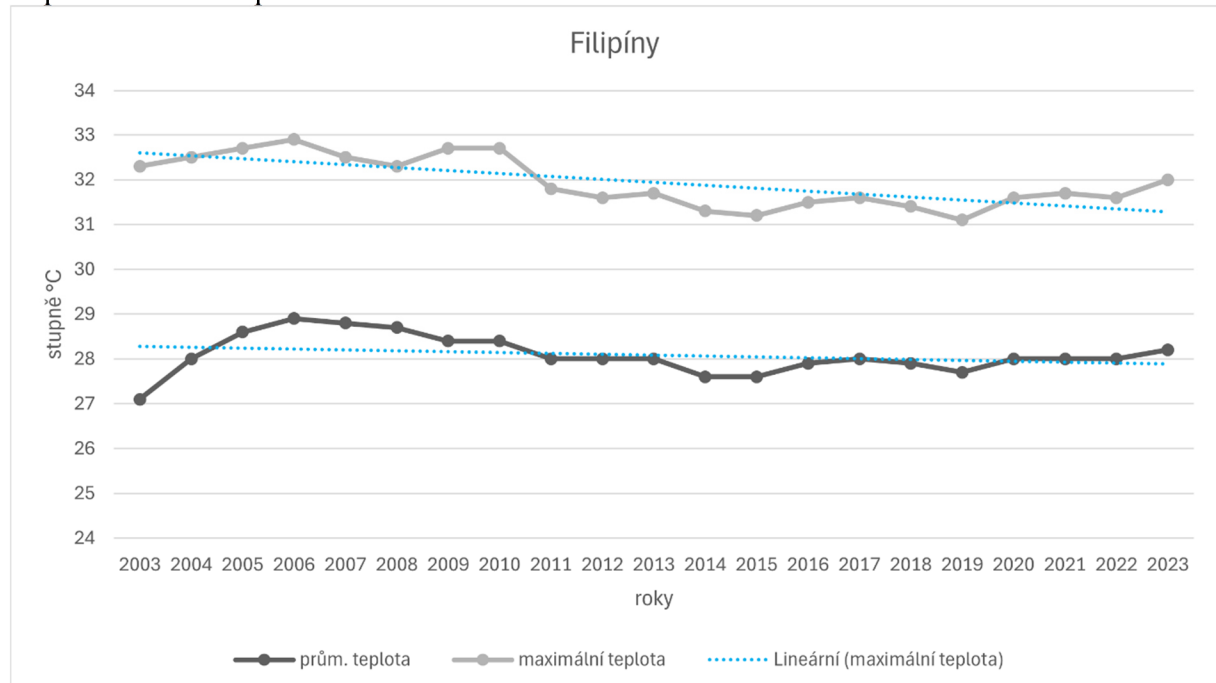
Teplotní maxima druhá událost



Obr. 28: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice Laoag-982230 (RPLI) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Druhé pozorování maximálních teplot je výrazně vyrovnanější. Nejvyššího teplotního rozdílu dosahovali události El Nino v 17 a 23 měsíci téměř 2 °C a La Nina ve 23 měsíci přes 2 °C.

Teplotní změna za posledních 20 let

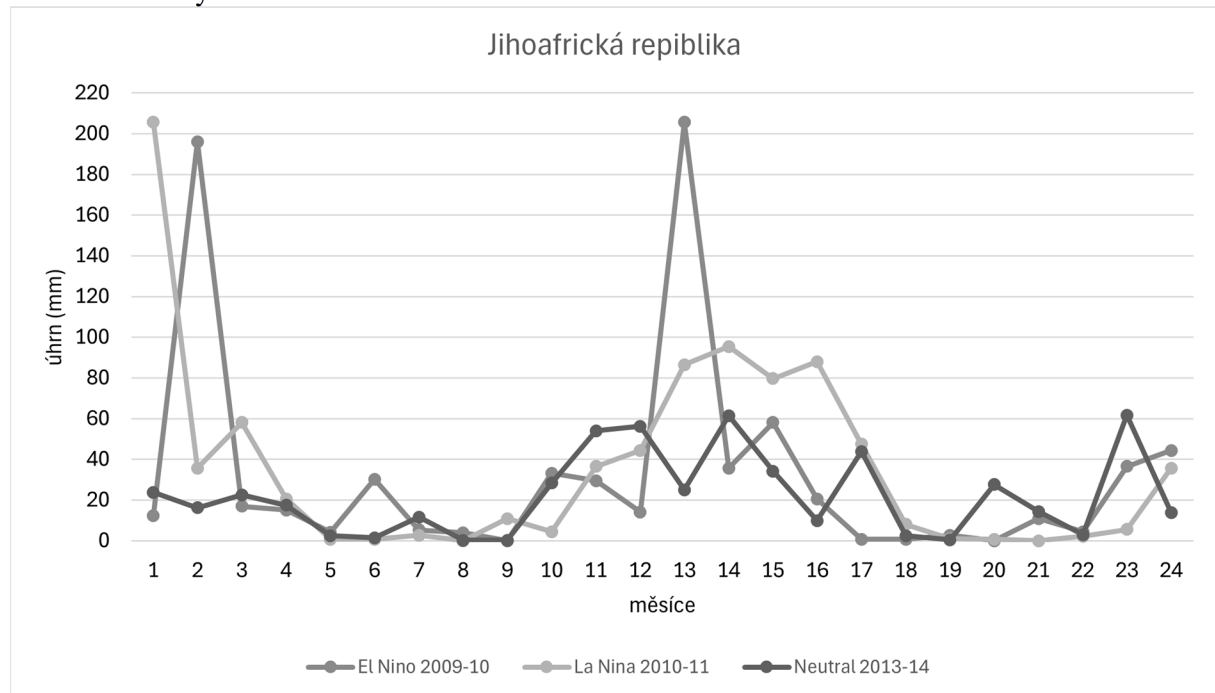


Obr. 29: Vývoj průměrných ročních teplot ze stanice Laoag-982230 (RPLI) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Spojnice trendů (modrá tečkovaná linie) poukazuje na pozvolné klesání průměrných ročních teplot. U průměrné teploty o 0,2 °C a maximální teploty o více než 1 °C. Jedná se v tomto měření o ojedinělý úkaz. V období El Nino (2009-2010) je maximální teplota o 0,5 °C.

7.5 Jihoafrická republika

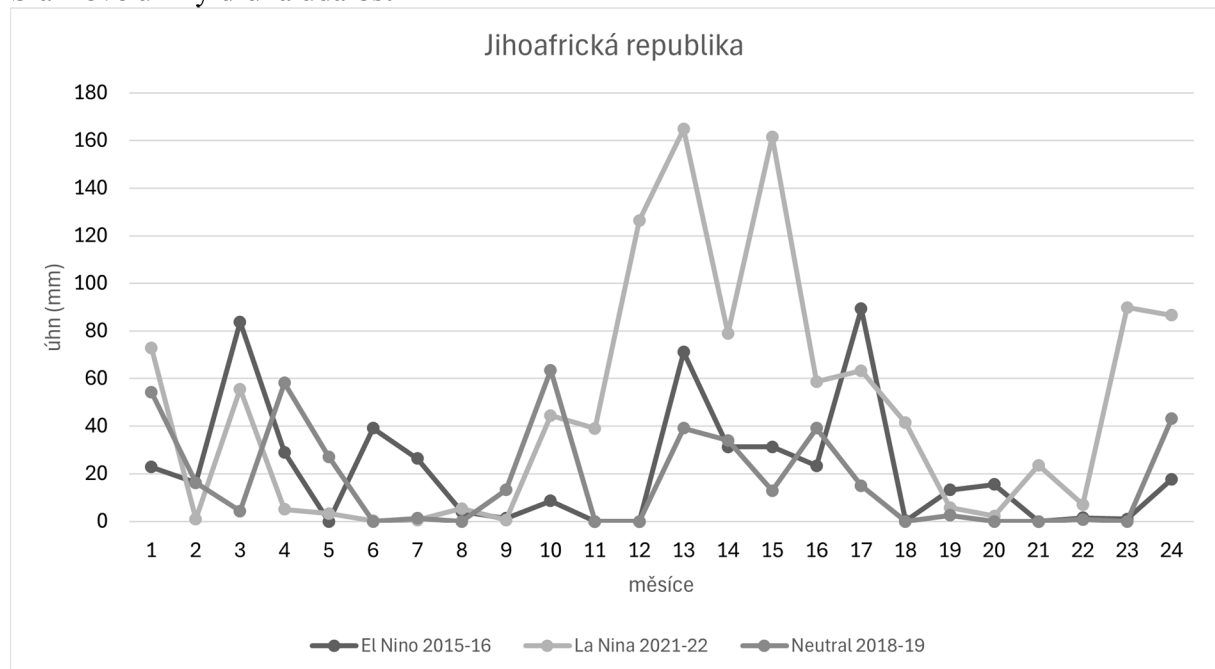
Srážkové úhrny



Obr. 30: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice DE AAR-685380 (FADY) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Anomální úhrny jsou viditelné u El Niña i La Niña.

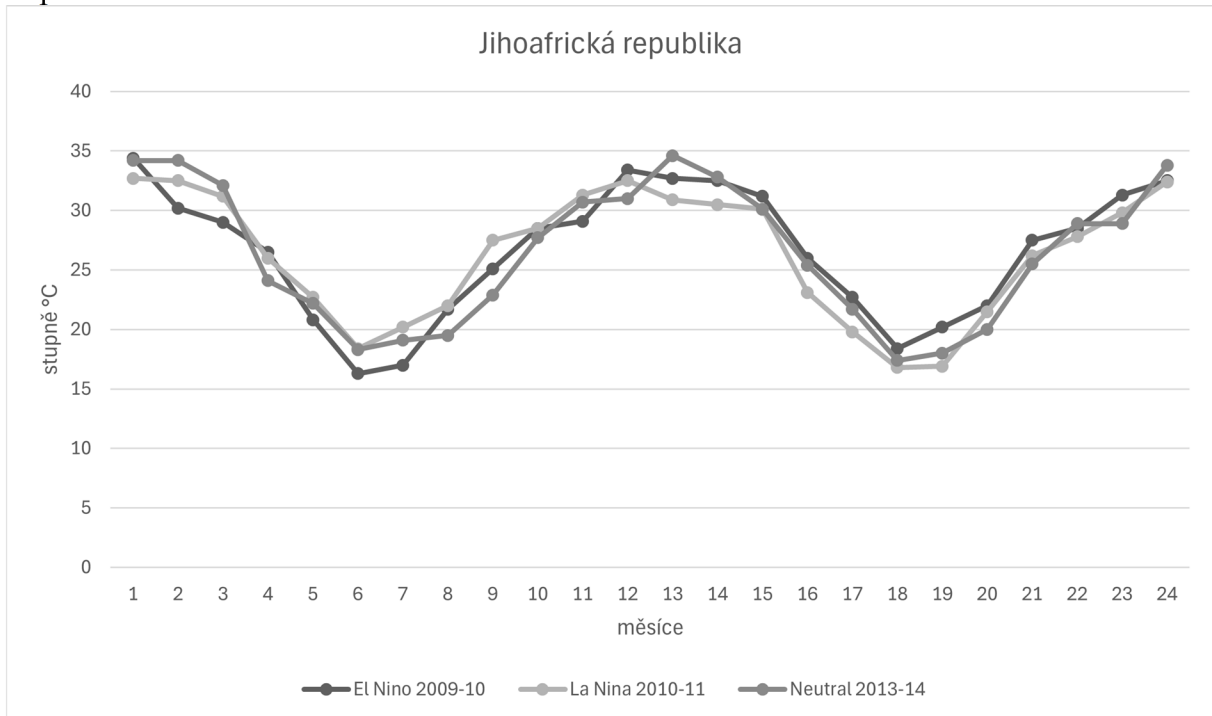
Srážkové úhrny druhá událost



Obr. 31: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice DE AAR-685380 (FADY) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Druhé pozorování má viditelné anomálie při události La Niña.

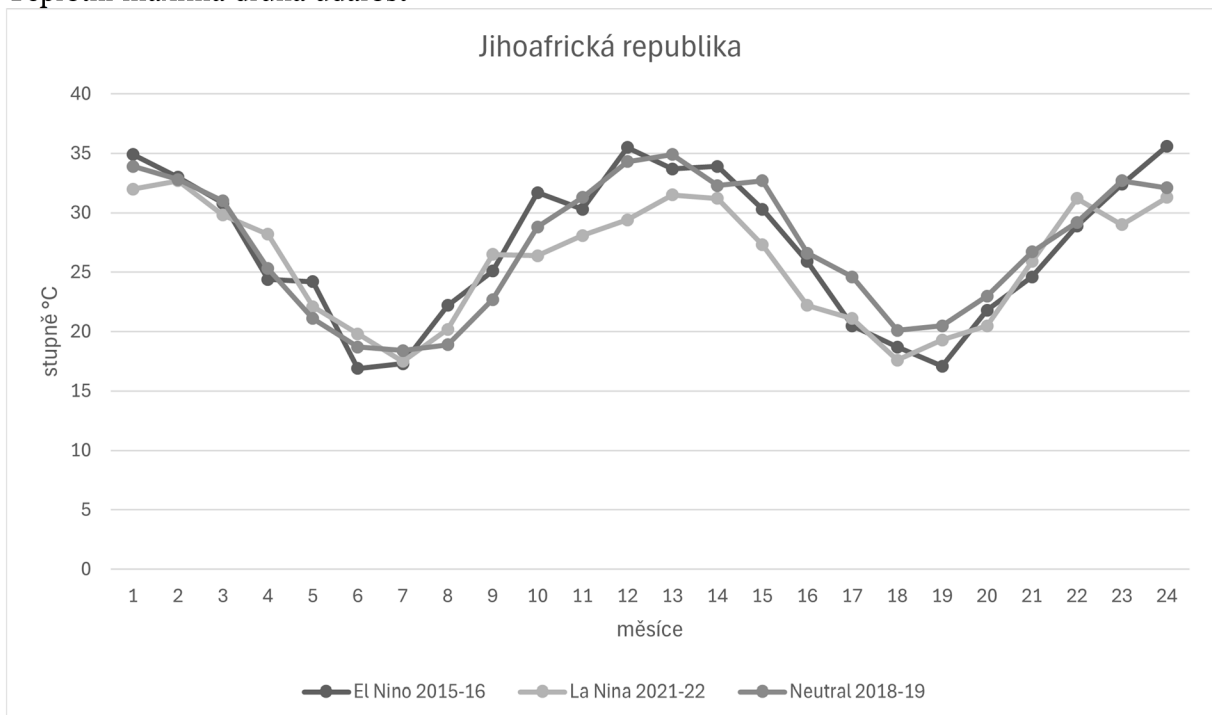
Teplotní maxima



Obr. 32: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice DE AAR-685380 (FADY) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Teploty se v tomto pozorování kopírují až na malé odchylky období El Nina.

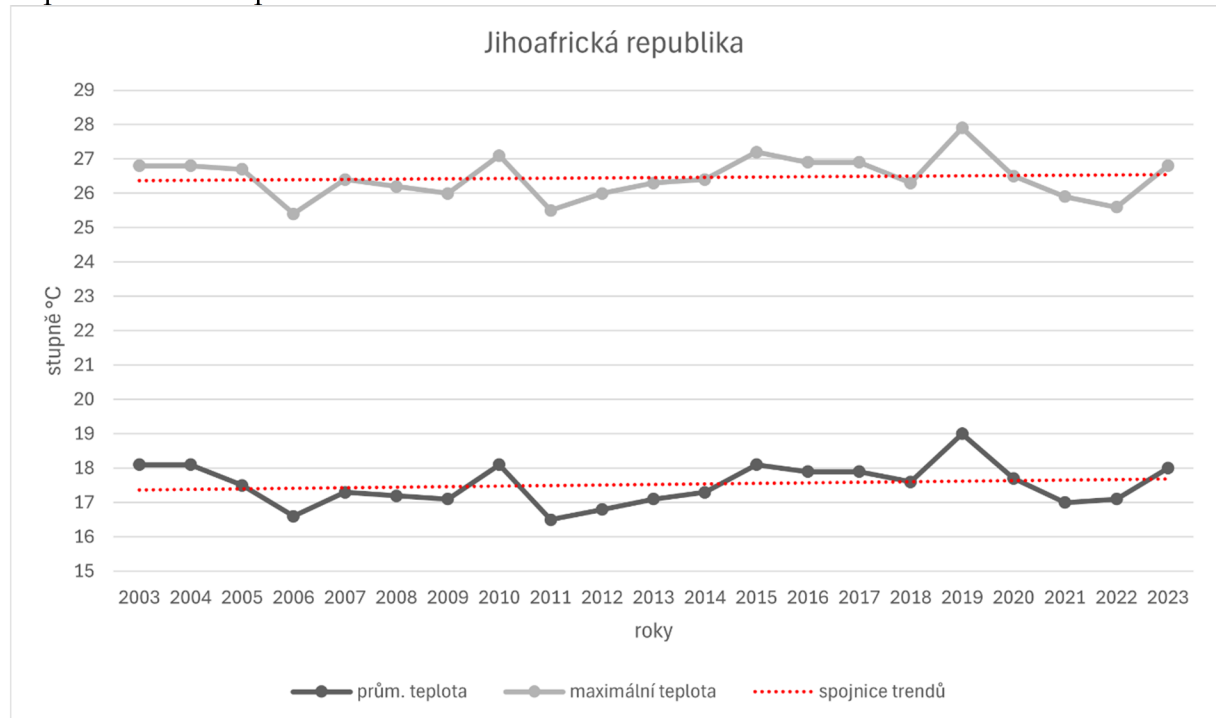
Teplotní maxima druhá událost



Obr. 33: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice DE AAR-685380 (FADY) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Druhé pozorování poukazuje na nižší teploty během období La Nina.

Teplotní změna za posledních 20 let

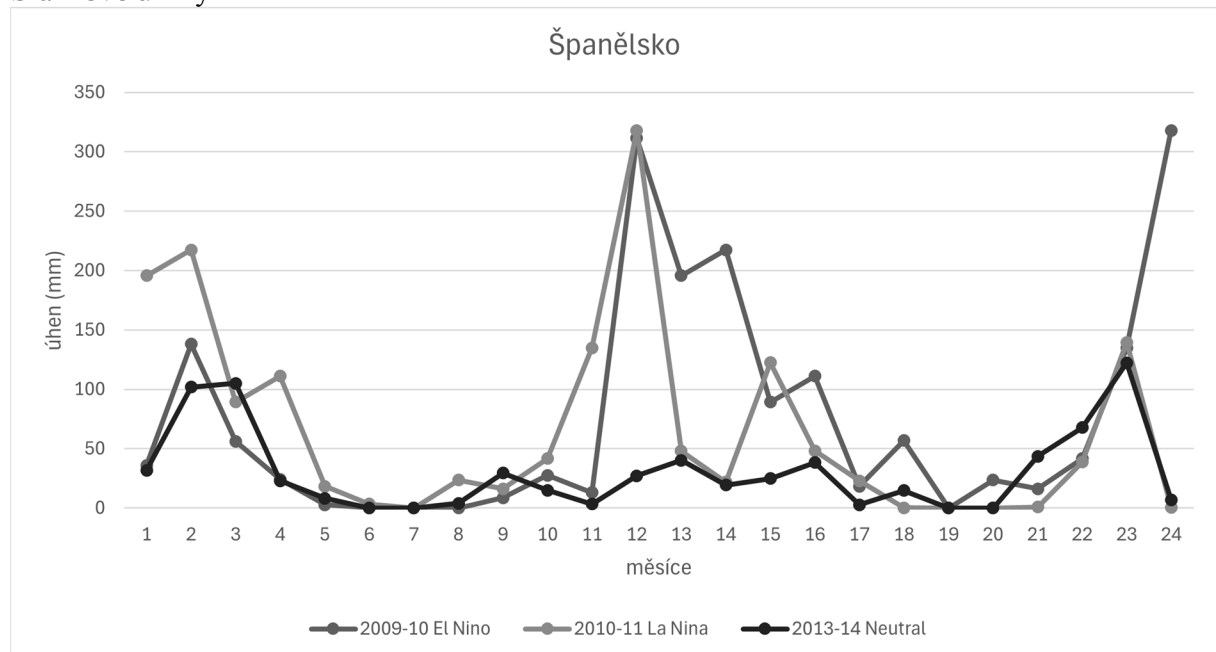


Obr. 34: Vývoj průměrných ročních teplot ze stanice DE AAR-685380 (FADY) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Spojnice trendů naznačuje postupné zvyšování průměrné a maximální teploty o 0,5 °C a za období 20 let. V období El Nina (2009-2010) je teplota o 0,5 °C vyšší a následně klesá s nastupující La Nina (2010-2011) o celý 1 °C. Teploty v období La Nina (2021-2022) o 0,5 °C.

7.6 Španělsko

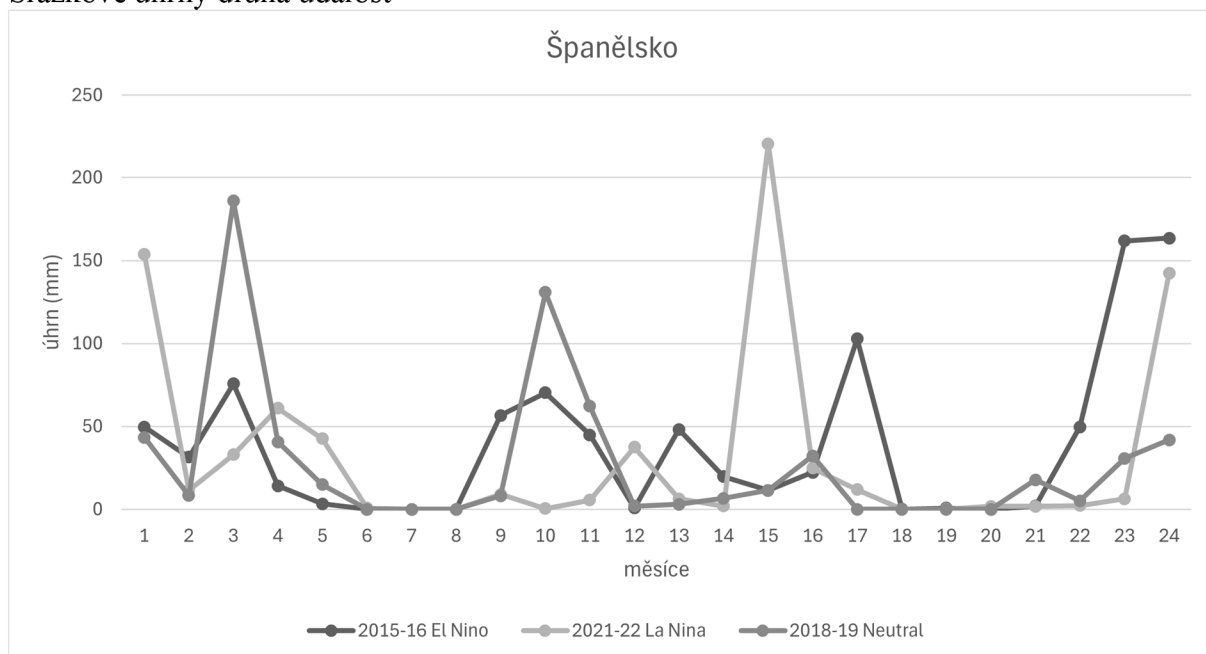
Srážkové úhrny



Obr. 35: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice Malaga Aeropuerto-84820 (LEMG) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Úhrny v obdobích El Nino i La Nina vyznačují velké nárůsty srážek oproti normálnímu (neutrálnímu) období.

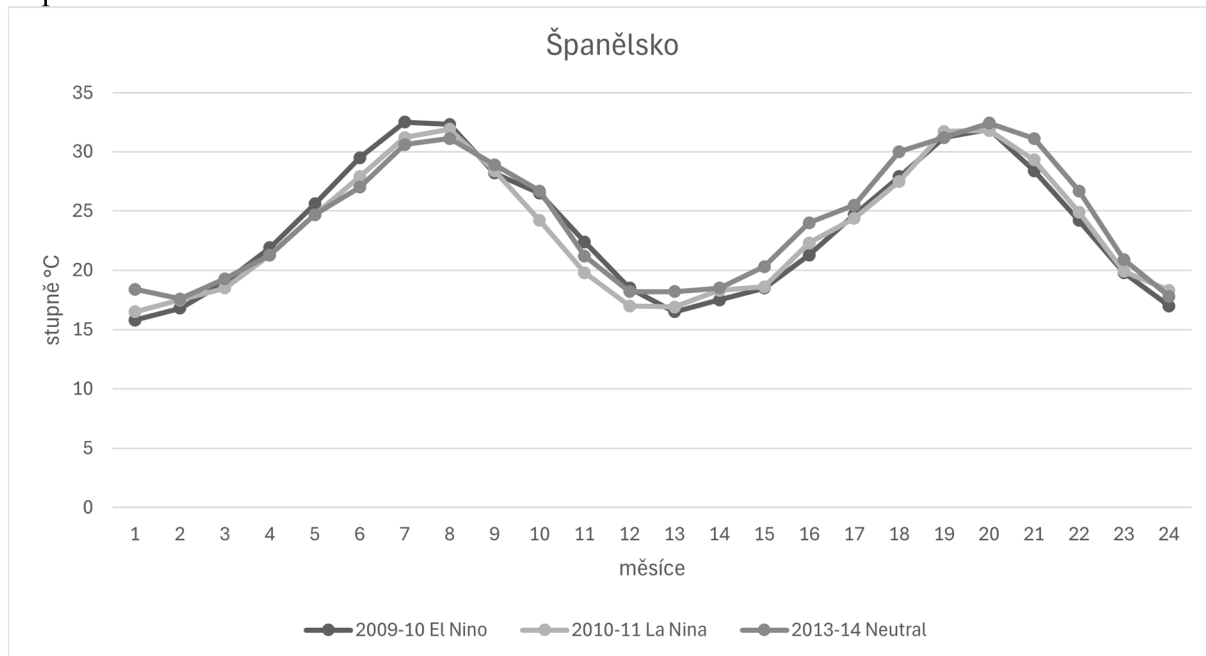
Srážkové úhrny druhá událost



Obr. 36: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice Malaga Aeropuerto-84820 (LEMG) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Druhé pozorování poukazuje na ojedinělé vysoké úhrny La Niña a El Niño.

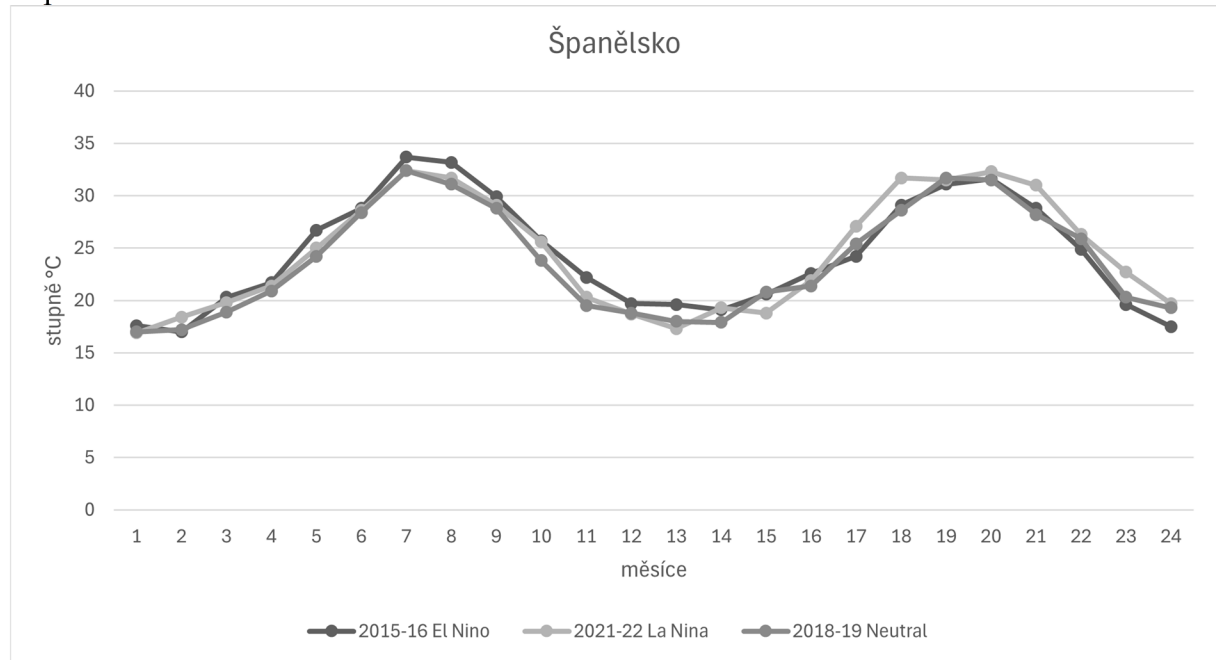
Teplotní maxima



Obr. 37: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice Malaga Aeropuerto-84820 (LEMG) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Teplotní maxima se nevyznačují vyšší teplotní anomálií.

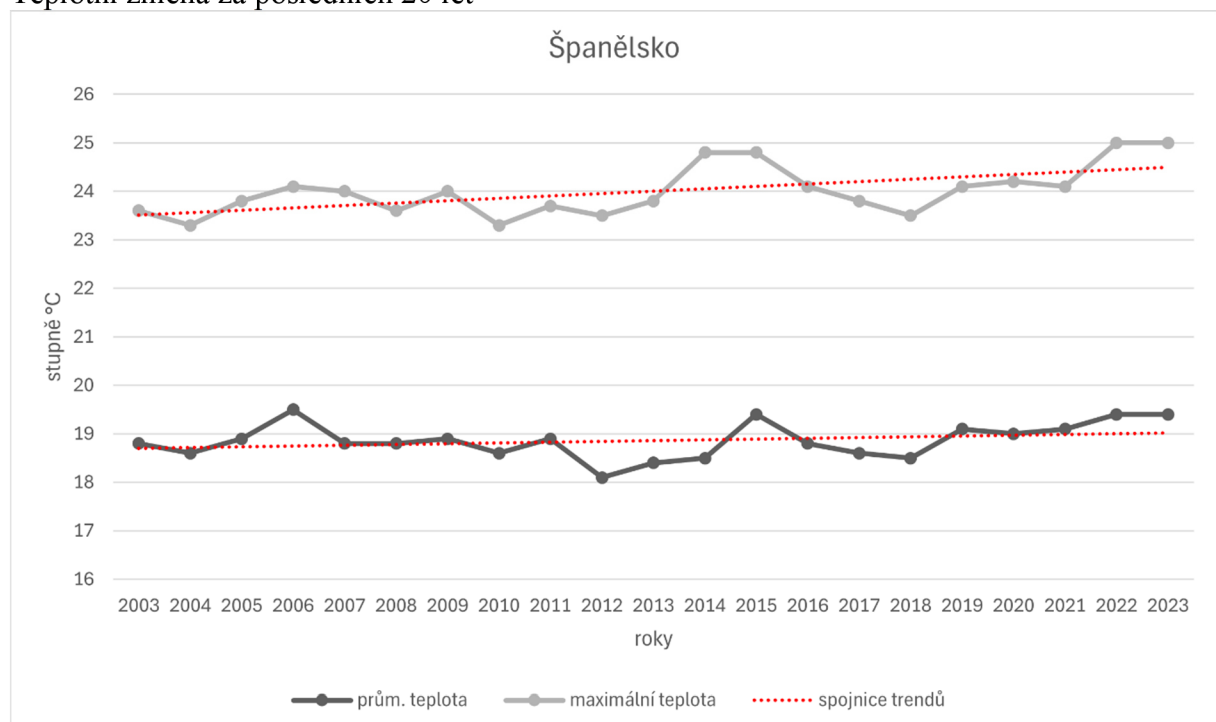
Teplotní maxima druhá událost



Obr. 38: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice Malaga Aeropuerto-84820 (LEMG) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

V druhém pozorování se teploty El Niño vyskytují v prvním roce pozorování lehce nad neutrálním průměrem.

Teplotní změna za posledních 20 let



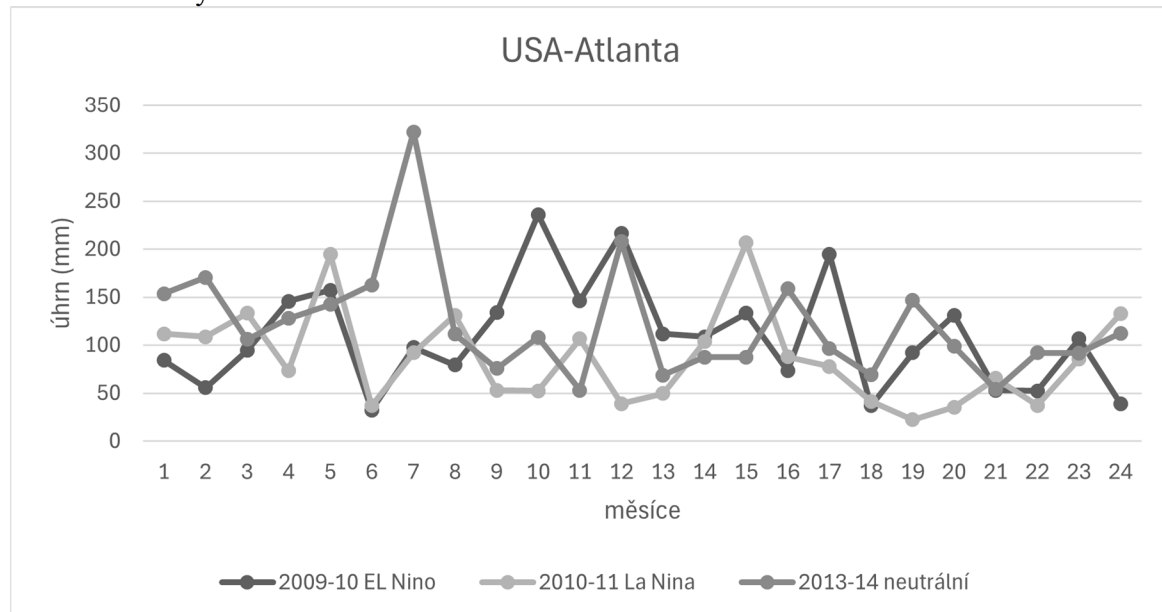
Obr. 39: Vývoj průměrných ročních maximálních teplot ze stanice Malaga Aeropuerto-84820 (LEMG) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Spojnice trendů poukazuje na lehké zvýšení průměrné teploty o 0,5 °C a u maximální teploty až 1 °C. V období El Niño (2015-2016) můžeme pozorovat zvýšení průměrné a maximální teploty o 0,5 až 1 °C.

7.7 USA

7.7.1 Atlanta (východní pobřeží)

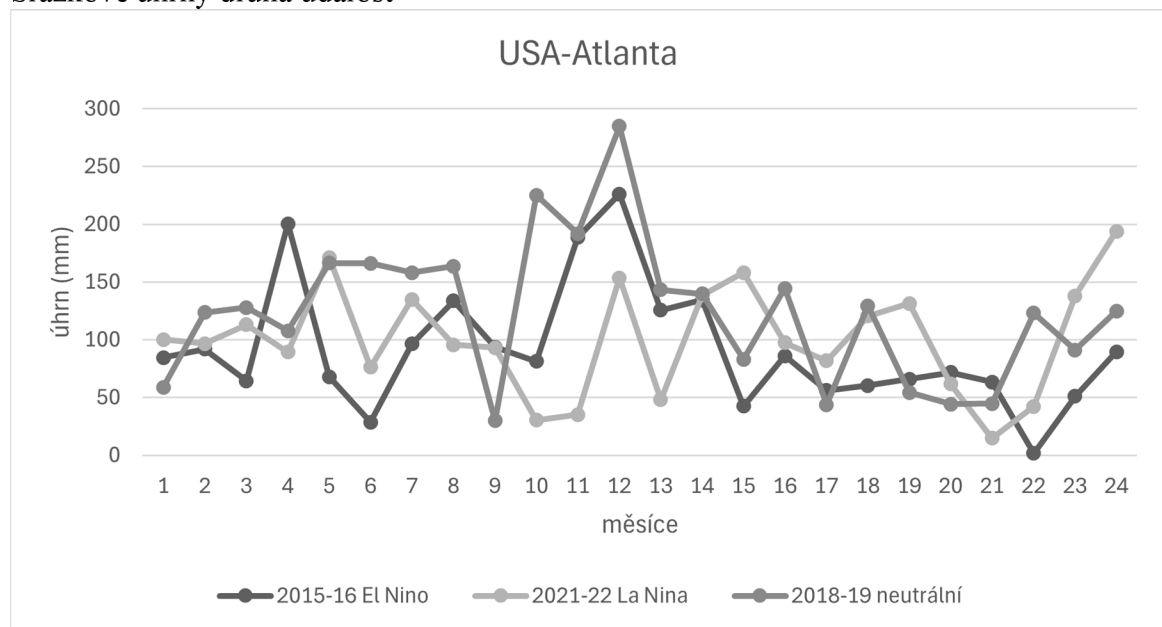
Srážkové úhrny



Obr. 40: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice Fulton County Airport-722195 (KFTY) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Události úhrnů El Nino a La Nina se vymykají neutrálnímu stavu v průběhu celého pozorování.

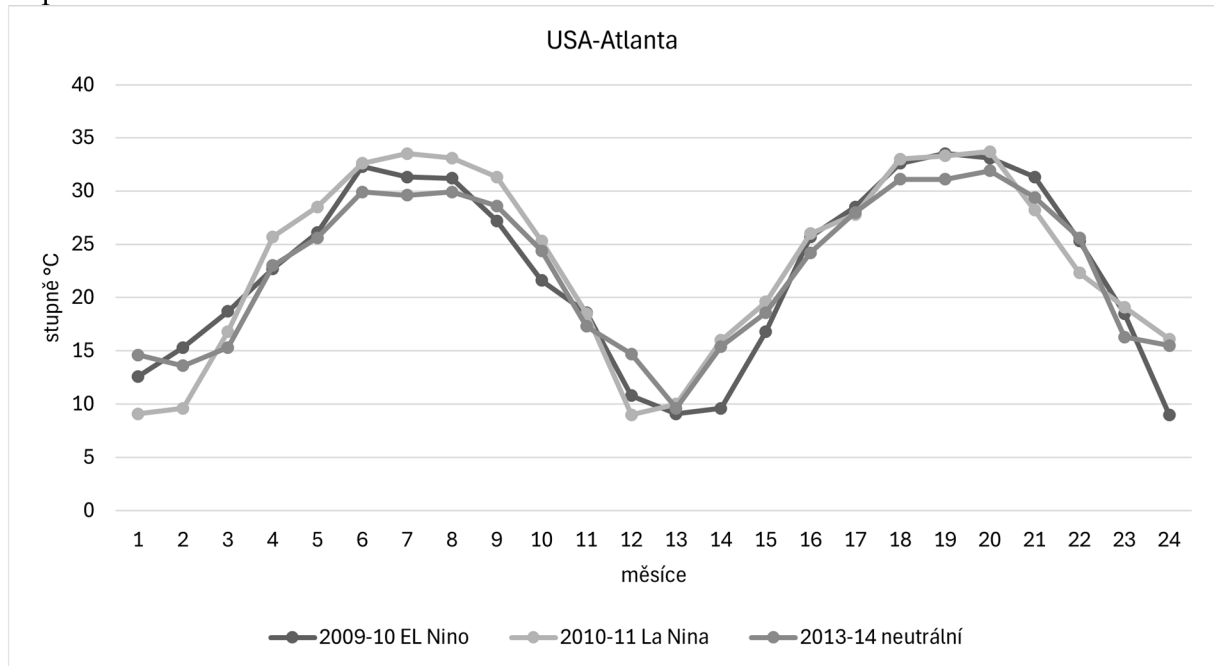
Srážkové úhrny druhá událost



Obr. 41: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice Fulton County Airport-722195 (KFTY) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

V druhém pozorování je v období El Nino i La Nina nižší srážkový úhrn než v neutrálním období.

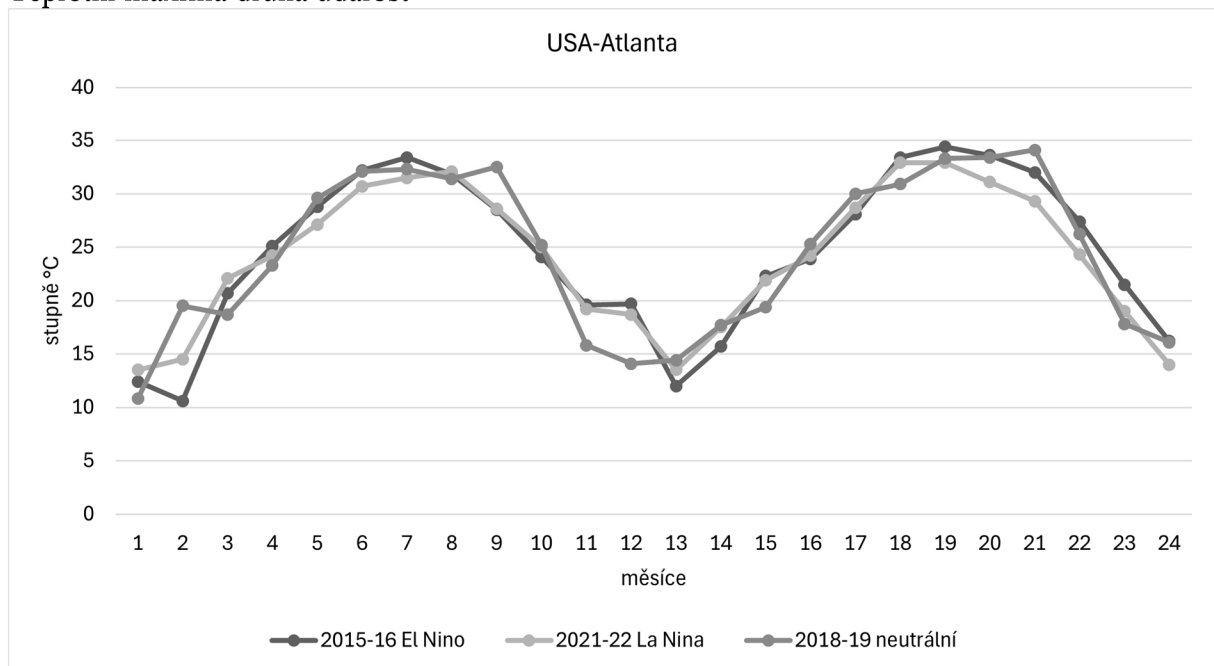
Teplotní maxima



Obr. 42: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice Fulton County Airport-722195 (KFTY) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Teplotně se období La Nina pohybuje nad neutrálním obdobím.

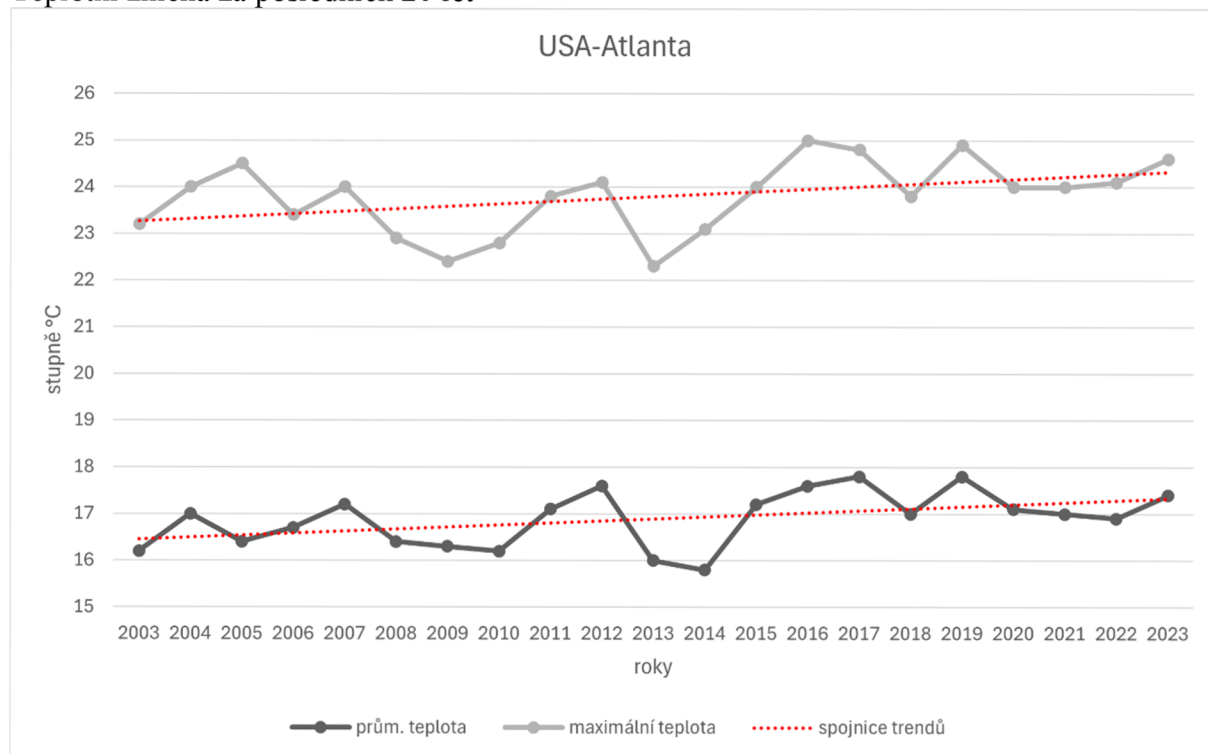
Teplotní maxima druhá událost



Obr. 43: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice Fulton County Airport-722195 (KFTY) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Ve 12 měsíci (prosinec) je teplota La Nina a El Nino o 5 °C vyšší. Jinak se pozorování teploty výrazněji neodchylují.

Teplotní změna za posledních 20 let

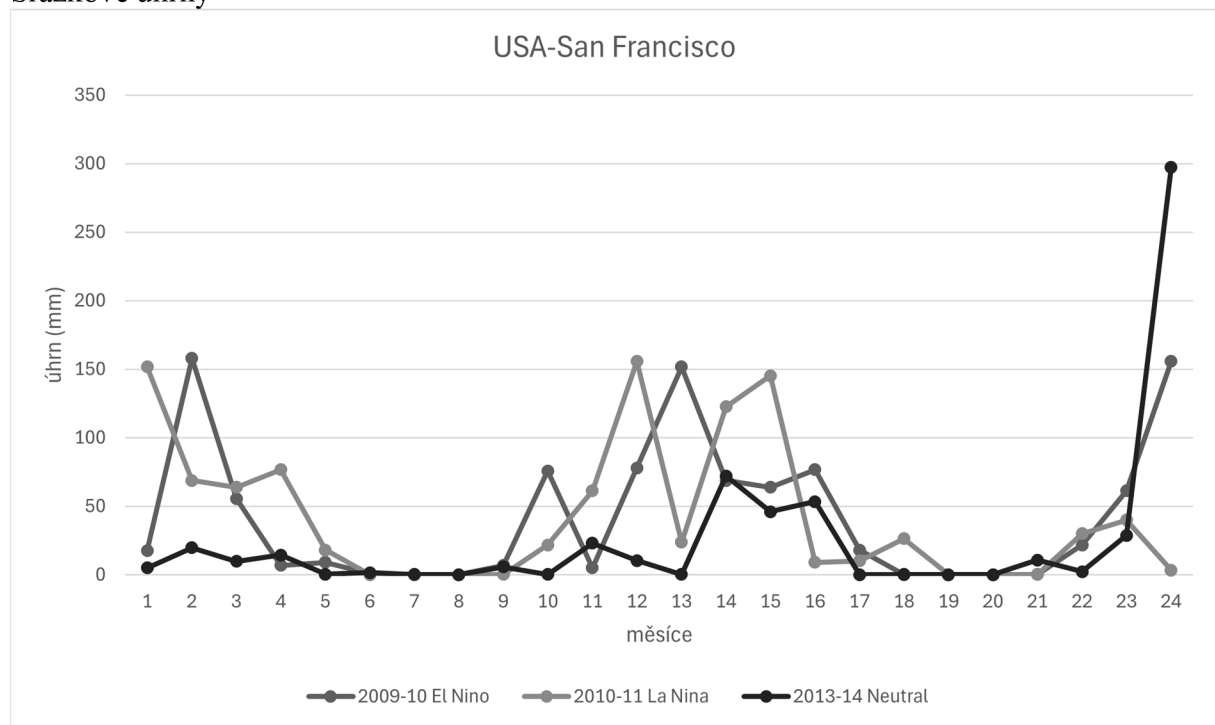


Obr. 44: Vývoj průměrných ročních teplot ze stanice Fulton County Airport-722195 (KFTY) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Spojnice trendů naznačuje zvýšení průměrných a průměrných maximálních teplot o 1 °C za časové období 20 let. V období El Niña (2009-2010) klesají maximální teploty o 1 °C. Další výrazné anomálie se nachází v neutrálních obdobích.

7.7.2 San Francisco (západní pobřeží)

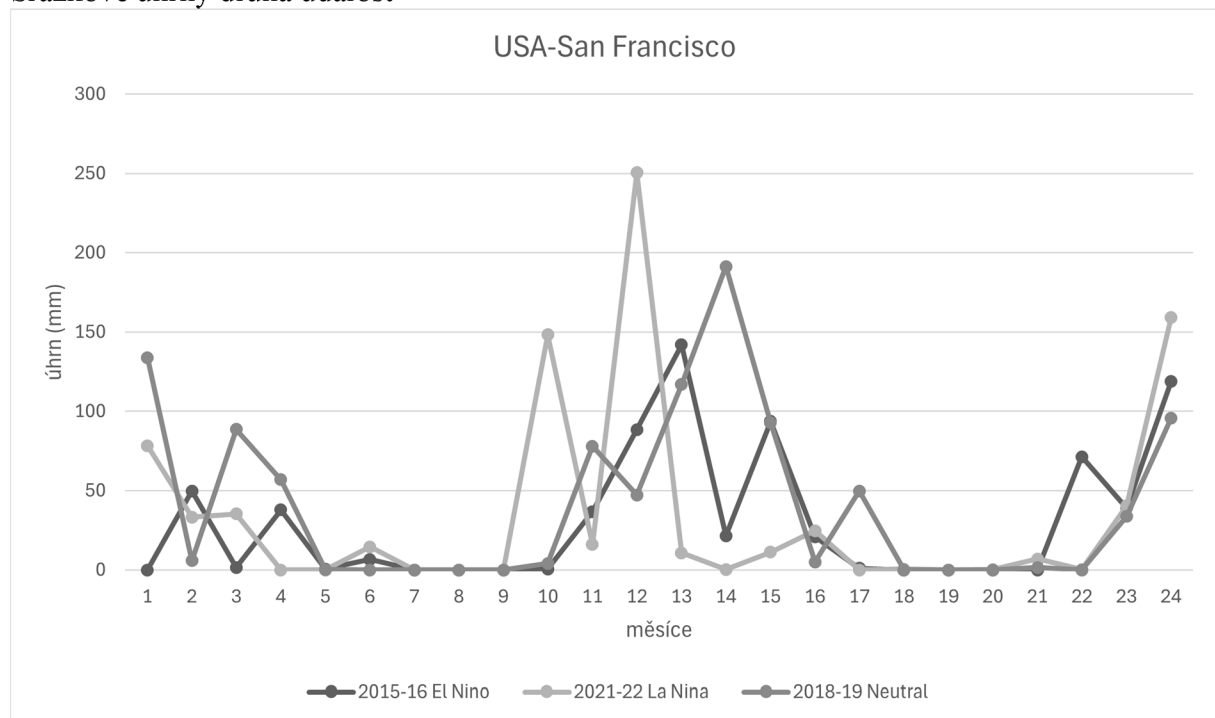
Srážkové úhrny



Obr. 45: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice International Airport-724940 (KSFO) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

La Niña i El Niño má v průběhu měření vyšší srážkové úhrny než za neutrálního období.

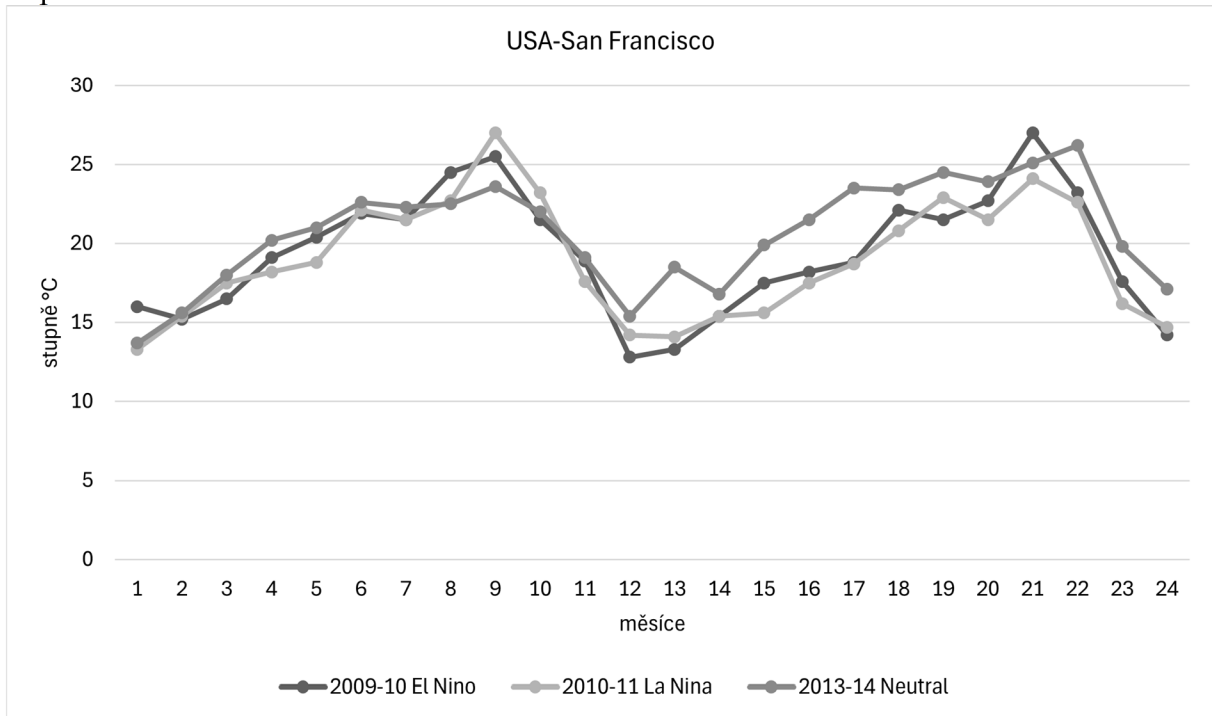
Srážkové úhrny druhá událost



Obr. 46: Vývoj průměrných měsíčních srážek ze stanice International Airport-724940 (KSFO) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Nejvíce anomální srážkové úhrny jsou viditelné v období La Niña.

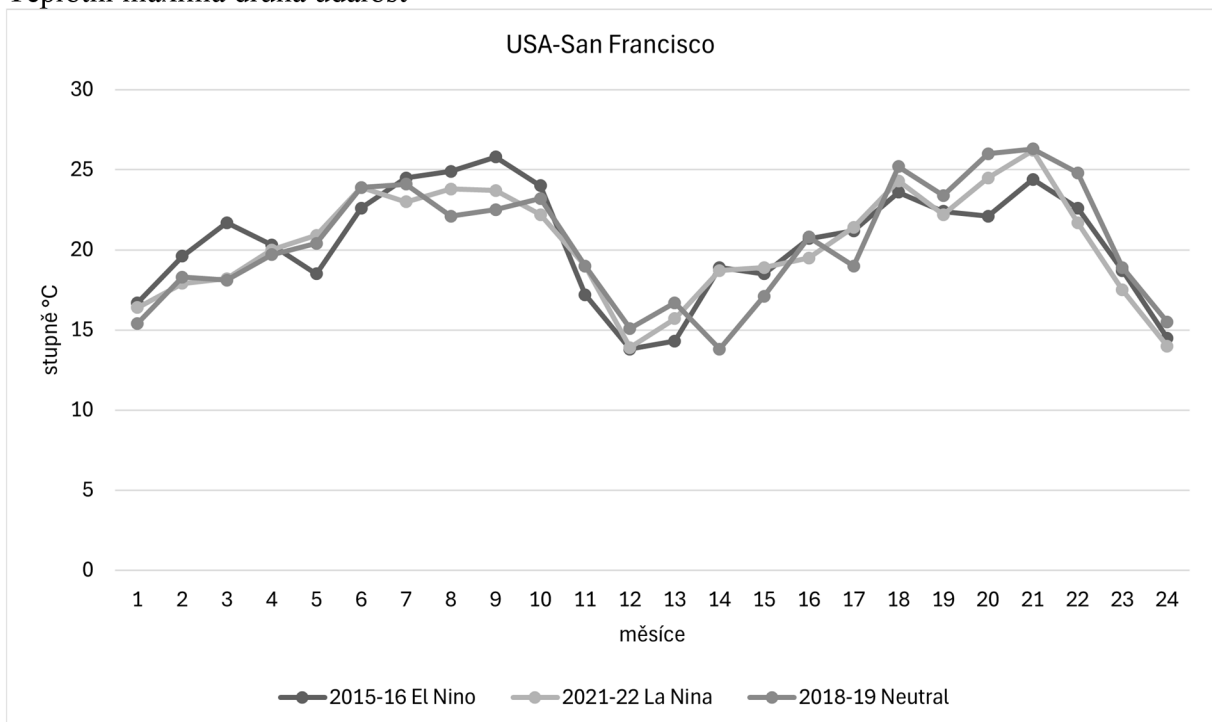
Teplotní maxima



Obr. 47: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice International Airport-724940 (KSFO) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Teplota v období La Nina i El Nino je nižší než neutrální období.

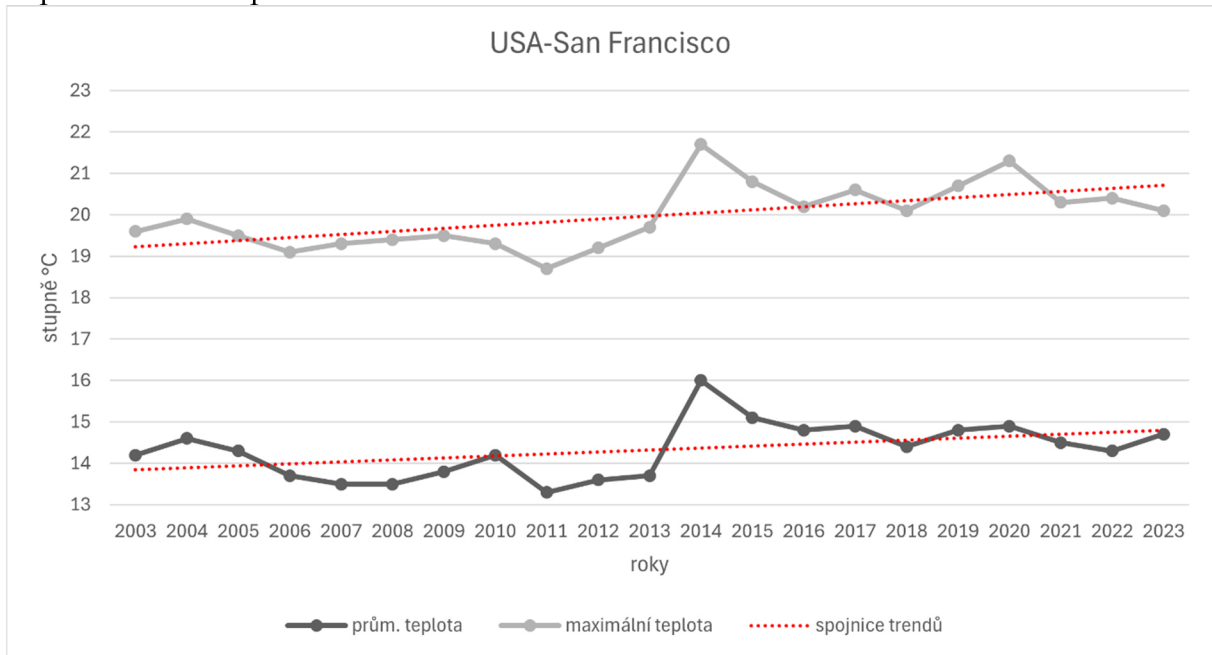
Teplotní maxima druhá událost



Obr. 48: Vývoj průměrných měsíčních maximálních teplot ze stanice International Airport-724940 (KSFO) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Teplotní trendy jsou ve všech obdobích stejné, nejvíce se liší lokálně v jednotlivých měsících.

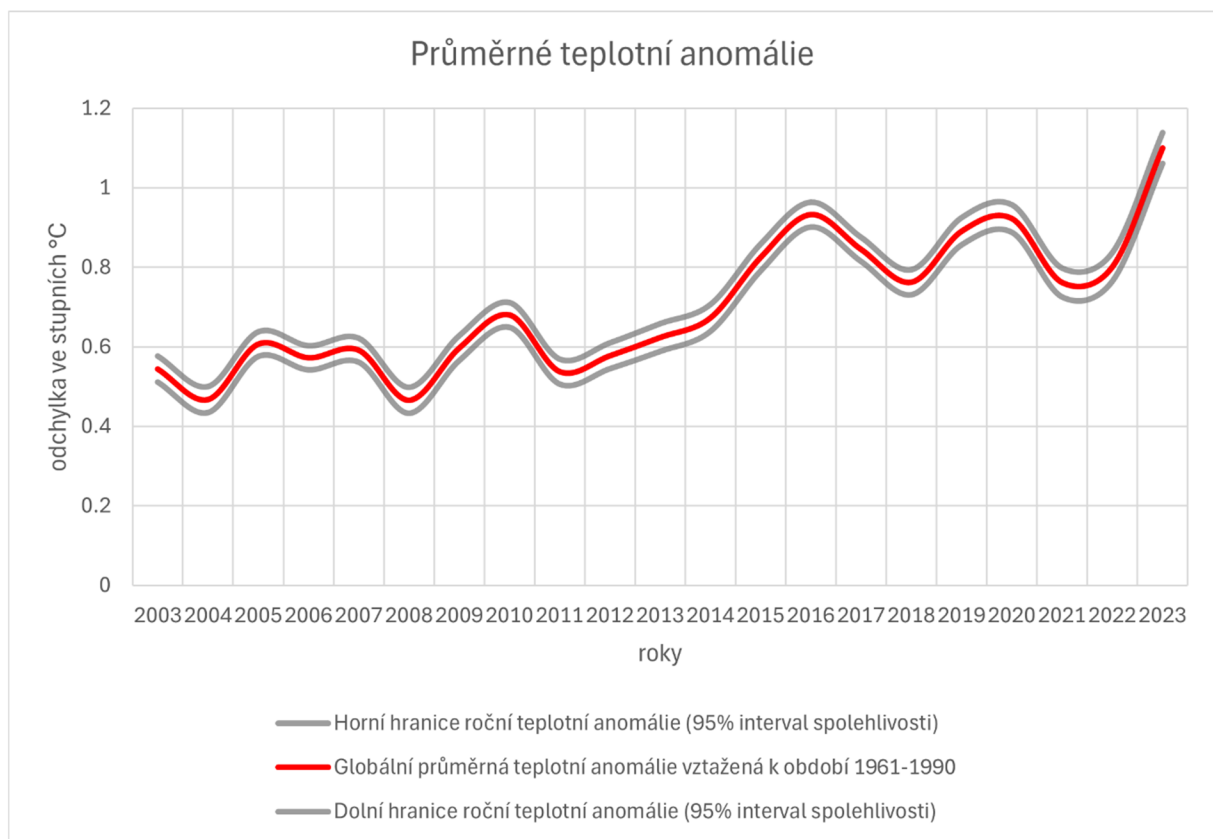
Teplotní změna za posledních 20 let



Obr. 49: Vývoj průměrných ročních teplot ze stanice International Airport-724940 (KSFO) (vlastní zpracování dle dat: <https://en.tutiempo.net/>)

Spojnice trendů v průměrných teplotách stoupá o 1 °C. A v maximálních teplotách až o 1,5 °C za časové období 20 let. V období La Nina (2010-2011) průměrná i maximální teplota klesá o 0,5 až 1 °C. Následně stoupá při El Niño (2015-2016) o 1°C.

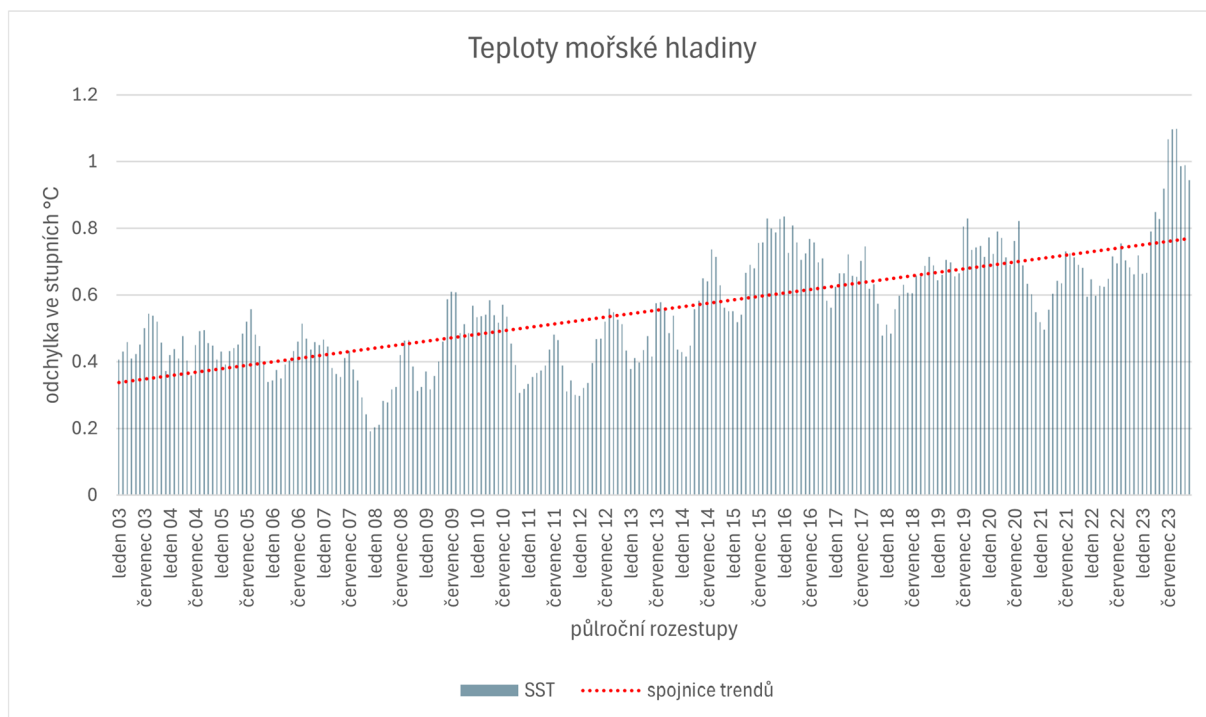
7.8 Globální teplotní odchylky



Obr. 50: Globální průměrná teplotní anomálie souše a moře vzhledem k průměrné teplotě v letech 1961-1990. (vlastní zpracování dle dat: <https://ourworldindata.org/grapher/temperature-anomaly>)

V období El Nino (2009-2010), El Nino (2015-2016) a El Nino (2023-2024) je zřetelně vidět nárůst teplotní odchylky o 0,2 až 0,4 °C. Naopak v období La Nina (2010-2011) a La Nina (2021-2022) můžeme pozorovat pokles teplotní odchylky o 0,1 až 0,15 °C.

Trend teplotní odchylky je stoupající, a to přibližně o 0,6 °C za 20 let



Obr. 51: Světová průměrná teplota mořské hladiny (SST) (vlastní zpracování dle dat:

<https://ourworldindata.org/grapher/temperature-anomaly>)

V období El Nino (2009-2010), El Nino (2015-2016) a El Nino (2023-2024) jsou markantně viditelné nárůsty teplotní odchylky o 0,2 až 0,4 °C. V období jevu La Nina (2007-2008), La Nina (2011-2012) a La Nina (2021-2022) jsou viditelné poklesy teplotní odchylky, ne však o víc než 0,2 °C.

Spojnice trendů (červená tečkovaná linie) poukazuje na rostoucí teplotní odchylku a to o 0,6 °C.

8 Diskuze a výsledky

El Niño je velmi populární jev stejně jako celý cyklus ENSO. Patrně je tomu tak zejména kvůli rozmanitým a silným důsledkům, které postihují primárně nebo sekundárně celou planetu Zemi.

Dále je také cyklus ENSO poměrně předvídatelný a pomocí neustálého výzkumu jsme schopni negativním událostem spojeným s El Ninem či La Ninou lépe předcházet.

El Niño se vyznačuje anomálním oteplením povrchových teplot moře ve střední a východní části rovníkového Tichého oceánu, které je doprovázeno změnami ve vzorcích atmosférické cirkulace (CAI & kol. 2014b).

Toto oteplení narušuje normální oceánské a atmosférické podmínky, což vede k rozsáhlým dopadům na počasí a ovlivňuje teploty a srážky po celém světě. Viz zpracovaná data Fenomén je předmětem rozsáhlého výzkumu a historického pozorování.

Historické záznamy o událostech El Niño sahají několik staletí do minulosti, kdy domorodí obyvatelé pobřežních oblastí Jižní Ameriky popisovali nepravidelnosti ve vývoji počasí a stavu oceánu (QUINN & kol. 1987, GERGIS & FOWLER, 2005). K pochopení těchto událostí dále přispěla první vědecká pozorování jevu El Niño, kterou prováděli objevitelé a výzkumníci v 19. a na počátku 20. století, zejména vědecký průkopník Sir Gilbert Walker, jehož vývoj indexu jižní oscilace (SOI) ve 30 letech 20. století umožnil kvantitativní měření jevu (TRENBERTH, 1997, GERGIS & FOWLER, 2005).

Výzkum a mezinárodní spolupráce vedla k poznání faktorů a mechanismů ovlivňujících El Niño, jako jsou oceánské kelvinovy vlny či telekonexe.

Události El Niño mají významný dopad na globální klimatické vzorce, což vede ke změnám teplot, srážek a vzorců atmosférické cirkulace po celém světě (ROPELEWSKI & HALPERT, 1987). Tyto dopady se liší podle regionů a ročních období, přičemž události El Niño jsou spojeny se suchem, povodněmi, vlnami veder a změnami extrémů počasí.

Jev má hluboký vliv na suchozemské a mořské ekosystémy, narušuje biologickou rozmanitost, a dostupnost přírodních zdrojů.

V mořských ekosystémech dochází k bělení korálů (HUGHES & kol. 2018), kolapsu rybolovu a změně distribuce druhů (CHAVEZ 2003). Na souši může El Niño zhoršit požáry, zejména v oblastech, které jsou již náchylné k suchu a zvýšeným teplotám. Zvýšená četnost a intenzita lesních požárů v letech El Niño představuje značné riziko pro suchozemské ekosystémy, včetně degradace lesů a eroze půdy.

Případy El Niño také narušují globální hydrologický cyklus, což vede ke změnám ve srážkových vzorcích, průtocích řek a dostupnosti vody. V regionech postižených jevem El Niño se mohou vyskytnout sucha, snížené zásoby vody a zvýšené riziko nebezpečí souvisejících s vodou, což představuje výzvu pro řízení vodních zdrojů a přizpůsobení se jim. S tím souvisí agrární a socioekonomické dopady se kterými je třeba počítat.

Vědecké názory a práce si fundamentálně nerozporují, názorově se liší převážně dle použitých metod a modelů, a to jak pro historické pozorování, tak pro současné dopady na klima a globální oteplování.

Výsledky práce s daty se soustředí na klimatický vývoj teplot a srážek v posledních 2 desetiletích.

Klimatická data naznačují trend srážkových anomálií v obdobích El Nina či La Nina, která se v jednotlivých regionech odlišují od normálního, respektive neutrálního srážkového úhrnu. Dále se zaměřuje na teplotní rozdíly v jednotlivých událostech El Nino či La Nina, které mohou mít za následek zvyšování průměrných i maximálních teplot v jednotlivých regionech a napomáhat tak ke změně klimatu.

Data však mohou být zkreslena několika faktory například korelací s jinými oscilacemi, odlišnou zeměpisnou polohou nebo také lokálními atmosférickými událostmi. Datové výstupy mohou být nadále ovlivněny nedostatečně obsáhlou časovou řadou. Zejména z důvodu setrvačnosti atmosférických procesů.

Z ročních dat vyplívá postupné zvyšování teplot v průměru o 1 až 2 °C. Tato teplotní gradace poukazuje vliv globálního oteplování, ovšem nedokazuje přímo vliv jevu El Nino či La Nina na dlouhodobé oteplování planety.

Pro lepší pochopení anomálních úhrnů, teplot a jejich korelace s jevy El Nino a La Nina je zapotřebí komplexnějších metod a širšího pole pozorování.

Ačkoliv je velká část otázek ohledně jevu El Nino a cyklu ENSO již zodpovězena klimatická změna a budoucí vývoj přináší neustále otázky nové.

9 Závěr

Tato práce podrobně zkoumala jev El Niño a jeho vliv na klima a životní prostředí. Začali jsme s detailním popisem tohoto fenoménu, který zahrnoval jeho fyzikální mechanismy a faktory ovlivňující jeho vznik a vývoj.

Díky této analýze jsme lépe porozuměli složitosti El Niño a jeho interakcím s atmosférou a oceány.

Následně jsme se zaměřili na historická pozorování jevu El Niño, která jsou klíčovým prvkem pro pochopení jeho cyklických vzorců a intenzity.

Tyto historické záznamy nám umožnily lépe předpovídat a interpretovat výskyty El Niño v minulosti a mohou být cenným nástrojem pro budoucí prognózy.

Dalším důležitým bodem naší práce bylo zkoumání dopadů jevu El Niño na klima a životní prostředí. Zjistili jsme, že tyto události mohou mít široké a často nevyzpytatelné důsledky, které sahají od extrémních povodní a sucha až po změny v biodiverzitě a rybolovných zdrojích.

Celkově lze konstatovat, že jev El Niño představuje významnou meteorologickou anomálii, která má globální dopady. Porozumění jeho mechanismům a vlivům je klíčové pro naši schopnost předpovídat a přizpůsobit se těmto událostem v budoucnosti. Doufejme, že tato práce přispěje k dalšímu rozvoji našeho poznání o jevu El Niño a pomůže nám lépe se připravit na jeho projevy v nadcházejících letech.

10 Literatura

- Allan, R., Lindesay, J., & Parker, D. (1996). El Niño Southern Oscillation and Climate Variability.
- Cai, W., Borlace, S., Lengaigne, M., Van Rensch, P., Collins, M., Vecchi, G., ... & Jin, F. F. (2014). Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature climate change*, 4(2), 111-116
- Cai, W., Santoso, A., Wang, G., Yeh, S. W., An, S. I., Cobb, K. M., ... & Wu, L. (2015). ENSO and greenhouse warming. *Nature Climate Change*, 5(9), 849-859.
- Cai, W., Santoso, A., Collins, M., Dewitte, B., Karamperidou, C., Kug, J. S., ... & Zhong, W. (2021). Changing El Niño–Southern oscillation in a warming climate. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(9), 628-644.
- Cane, M. A. (2005). The evolution of El Niño, past and future. *Earth and Planetary Science Letters*, 230(3-4), 227-240.
- Coelho, C. A., & Goddard, L. (2009). El Niño–induced tropical droughts in climate change projections. *Journal of Climate*, 22(23), 6456-6476.
- Dunbar, R. B., Wellington, G. M., Colgan, M. W., & Glynn, P. W. (1994). Eastern Pacific sea surface temperature since 1600 AD: The $\delta^{18}\text{O}$ record of climate variability in Galápagos corals. *Paleoceanography*, 9(2), 291-315.
- Fernandes, K., Baethgen, W., Bernardes, S., DeFries, R., DeWitt, D. G., Goddard, L., ... & Uriarte, M. (2011). North Tropical Atlantic influence on western Amazon fire season variability. *Geophysical Research Letters*, 38(12).
- Garcia-Herrera, R., Barriopedro, D., Hernández, E., Diaz, H. F., Garcia, R. R., Prieto, M. R., & Moyano, R. (2008). A chronology of El Niño events from primary documentary sources in northern Peru. *Journal of climate*, 21(9), 1948-1962.
- Gergis, J. L., & Fowler, A. M. (2009). A history of ENSO events since AD 1525: implications for future climate change. *Climatic Change*, 92(3), 343-387.
- Huber, M., & Caballero, R. (2003). Eocene El Niño: Evidence for robust tropical dynamics in the "hothouse". *Science*, 299(5608), 877-881.
- Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., ... & Torda, G. (2018). Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, 556(7702), 492-496.
- Chavez, F. P., Ryan, J., Lluch-Cota, S. E., & Niquen, C. M. (2003). From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *science*, 299(5604), 217-221.

- Lenssen, N. J., Goddard, L., & Mason, S. (2020). Seasonal forecast skill of ENSO teleconnection maps. *Weather and Forecasting*, 35(6), 2387-2406.
- Ortlieb, L. (2000). The documented historical record of El Niño events in Peru: an update of the Quinn record (sixteenth through nineteenth centuries). *El Niño and the Southern Oscillation: Multiscale variability and global and regional impacts*, 207-295
- Quinn, W. H., Neal, V. T., & Antunez de Mayolo, S. E. (1987). El Niño occurrences over the past four and a half centuries. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 92(C13), 14449-14461.
- Robertson, A. W., & Mechoso, C. R. (1998). Interannual and decadal cycles in river flows of southeastern South America. *Journal of Climate*, 11(10), 2570-2581.
- Ropelewski, C. F., & Halpert, M. S. (1987). Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly weather review*, 115(8), 1606-1626.
- Schreck, C. J. (2015). Kelvin waves and tropical cyclogenesis: A global survey. *Monthly Weather Review*, 143(10), 3996-4011.
- Trenberth, K. E. (1997). The definition of el nino. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(12), 2771-2778.
- Trenberth, K. E., & Hoar, T. J. (1997). El Niño and climate change. *Geophysical Research Letters*, 24(23), 3057-3060.
- Trenberth, K. E., & Stepaniak, D. P. (2001). Indices of el Niño evolution. *Journal of climate*, 14(8), 1697-1701.
- DI liberto, T., 2014: The Walker Circulation: ENSO's atmospheric buddy (online) [cit. 2024. 03.27.] dostupné z <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/walker-circulation-ensos-atmospheric-buddy>
- L'heureux, M., 2014: What is the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) in a nutshell? (online) [cit. 2024. 03.27.] dostupné z <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/what-el-ni%C3%B1o%E2%80%93southern-oscillation-enso-nutshell>
- NOAA Climate.gov, ©2023: Climate Change: Ocean Heat Content (online) [cit.2024.03.27.], dostupné z <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content#>