

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA PROSTOROVÝCH VĚD

VNITŘNÍ CHARAKTERISTIKA LESNÍCH POŽÁRŮ V AUSTRÁLII  
– OSTROVY NEZASAŽENÉ VEGETACE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vedoucí práce: D.Sc. Olga Špatenková

Bakalant: Vasyl Pop

© 2024 ČZU v Praze

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta životního prostředí

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Vasyl Pop

Geografické informační systémy a dálkový průzkum Země v životním prostředí

Název práce

**Vnitřní charakteristika lesních požárů v Austrálii – ostrovy nezasažené vegetace**

Název anglicky

**Internal characteristics of bushfires in Australia – islands of unaffected vegetation**

---

### **Cíle práce**

V oblastech postižených rozsáhlými požáry jsou často patrné ostrůvky, které na první pohled požárům odolaly. Přestože tyto ostrůvky zachovalé vegetace jsou významné pro obnovu okolní krajiny, je jim věnována malá pozornost. Bakalářská práce se zaměří na požáry v Austrálii v sezóně 2019-20 s cílem detailně popsat prostorové rozložení těchto ostrůvků a porovnat stav a strukturu vegetace v nich vzhledem k okolní spálené krajině. Věnovat se bude také rozdílům v následné obnově vegetace.

### **Metodika**

Geometrické vlastnosti ostrůvků budou vyjádřeny popisnými charakteristikami, které zohlední počet i velikost ostrůvků vzhledem k ploše daného požáru a také jejich vzájemné prostorové rozložení. Pro analýzu struktury a stavu vegetace budou využity dostupné družicové snímky a spektrální indexy.

**Doporučený rozsah práce**

30-40 stran

**Klíčová slova**

Vhodná klíčová slova budou zvolena autorem práce.

---

**Doporučené zdroje informací**

BADDELEY, Adrian; RUBAK, Ege; TURNER, Rolf. *Spatial point patterns : methodology and applications with R*. Boca Raton ; London ; New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016. ISBN 978-1-4822-1020-0.

DIGGLE, Peter. *Statistical analysis of spatial and spatio-temporal point patterns*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014. ISBN 978-1-4665-6023-9.

HAINING, Robert P. *Spatial data analysis : theory and practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. ISBN 0-521-77437-3.

O'SULLIVAN, David; UNWIN, D. *Geographic information analysis*. Hoboken: Wiley, 2010. ISBN 978-0-470-28857-3.

Stein a Tolpekin, 2018: Uncertainty in the modeling of spatial big data on a pattern of bushfires holes. *Natural Resource Modelling*, 31(3)

---

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

D.Sc. Olga Špatenková

**Garantující pracoviště**

Katedra prostorových věd

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2024

**prof. Ing. Petra Šímová, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2024

**prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2024

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vnitřní charakteristika lesních požárů v Austrálii – ostrovy nezasazené vegetace 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 ..... dne 27. 3. 2024 .....

.....  
Vasyl Pop

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat své vedoucí D. Sc. (Tech.) Olze Špatenkové za odborné vedení, cenné rady a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a lidem, kteří mi pomohli během studia.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou ostrůvků zachovalé vegetace v kontextu rozsáhlých lesních požárů v Austrálii v letech 2019 a 2020, jež představují jednu z nejvýraznějších přírodních katastrof v nedávné historii kontinentu. Cílem práce je poskytnout detailní pohled na výskyt, rozložení a význam těchto ostrůvků pro regeneraci postižených ekosystémů a ochranu biodiverzity. Práce využívá kombinaci metod dálkového průzkumu Země, prostorové analýzy v GIS a statistických metod pro analýzu dat o požárech a vegetaci.

Metodologicky je práce založena na analýze satelitních snímků pro výpočet NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a prostorových statistických metod.

Klíčová slova: ostrůvky zachovalé vegetace, lesní požáry, NDVI, prostorová analýza,

## Abstract

This bachelor's thesis explores the analysis of unaffected vegetation islands within the context of extensive wildfires in Australia during the years 2019 and 2020, which represent one of the most significant natural disasters in the continent's recent history. The aim of the study is to provide a detailed insight into the occurrence, distribution, and importance of these islands for the regeneration of affected ecosystems and the conservation of biodiversity. The work utilizes a combination of remote sensing methods, GIS spatial analysis, and statistical methods to analyze fire and vegetation data.

Methodologically, the thesis is grounded on the analysis of satellite imagery for calculating the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and the application of spatial statistical methods.

Keywords: vegetation islands, wildfires, NDVI, spatial analysis.

## Seznam zkratk

NDVI - Normalized Difference Vegetation Index

NSW – Nový Jižní Wales

U.S. Fire Administration - United States Fire Administration – Správa pro hasičství Spojených států amerických

GGE – Google Earth Engine

NPWS Fire History – National Parks and Wildlife Service Fire History - Historie požárů Národního parku a divoké přírody

EBMP – Enhance Bushfire Management Program – Program zlepšení managementu křovinných požárů



## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce.....	2
3. Literární rešerše .....	3
3.1. Požáry v Austrálii.....	3
3.2. Síla požárů v období 2019-2020.....	4
3.3. Závěr a směřování do budoucna.....	4
3.4. Ostrovy vegetace .....	5
3.5. Vegetační díry .....	7
3.6. NDVI Index .....	8
4. Metodika .....	9
4.1. Nový Jižní Wales, Austrálie: Oblast Výzkumu .....	9
4.1.1. Geomorfologie a Ekosystémy .....	9
4.1.2. Význam pro Výzkum Požárů.....	9
4.2. Vstupní data .....	11
4.3. Zpracování a výběr vstupních dat .....	12
4.4. Použité statistické funkce pro prostorovou analýzu.....	13
4.4.1. Global Moran's Index .....	13
4.4.2. Multi-Distance Spatial Cluster Analysis (Ripley's K Function) .....	13
4.5. NDVI .....	14
5. Výsledky .....	16
6. Diskuse .....	26
7. Závěr.....	28
8. Seznam použité literatury.....	29
Zdroje obrázků .....	30
Seznam obrázků.....	30
Seznam tabulek.....	31

## 1. Úvod

Lesní požáry představují jednu z nejpálčivějších ekologických výzev naší doby, přičemž každý rok devastují obrovské plochy lesa, ovlivňují biodiverzitu a ekosystémové služby a nezhřídky zasahují i do životů lidských společenství. Rok 2019 a následující sezóna 2020 se v historii Austrálie zapsaly jako období s mimořádně ničivými požáry, které přivedly problematiku požárů do středu veřejného zájmu. Přes obrovské škody, které požáry způsobily, přitahují výzkumníky i pozoruhodné ostrůvky zachovalé vegetace, které jako zázrakem unikly destrukci. Tyto ostrůvky života v moři spálenišť jsou důležité nejen pro regeneraci poškozených ekosystémů, ale také poskytují jedinečnou příležitost lépe porozumět dynamice požárů a procesům následné obnovy.

Tato bakalářská práce se soustředí na průzkum těchto ostrůvků zachovalé vegetace v Austrálii, zvláště ve světle devastující sezóny požárů v letech 2019 až 2020. Cílem je poskytnout ucelený pohled na jejich roli a význam pro obnovu a udržitelnost ekosystémů, které byly požáry zasaženy. Práce se zaměřuje na analýzu prostorových vzorců a struktury zachované vegetace ve srovnání s oblastmi, které byly ohněm zničeny. Využívá se přitom technik dálkového průzkumu k identifikaci a porozumění rozdílům v procesech regenerace, s cílem objasnit, jak tyto ostrůvky přispívají k celkové obnově ekosystému.

V teoretické části se práce opírá o aktuální poznatky týkající se lesních požárů, jejich vzniku a předchozích výzkumů souvisejících s problematikou přirozené regenerace. Praktická část je věnována analýze konkrétních případů z oblasti Nového Jižního Walesu v Austrálii, kde kombinace geografických informačních systémů (GIS), statistických metod (včetně Ripleyovy K funkce a Moranova indexu) a vegetačních indexů, zejména Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), odhalí klíčové charakteristiky a interakce těchto ostrůvků s jejich okolím.

V rámci této práce se vychází z předpokladu, že ostrůvky nepoškozené vegetace jsou klíčové pro regeneraci ekosystémů postižených požárem. Je možné, že jejich specifické umístění a struktura by mohly být předpovězeny pomocí dostupných satelitních snímků a analytických nástrojů. Díky charakteristickým rysům těchto ostrůvků, které naznačují, že se nevyskytují náhodně, ale jsou ovlivněny určitými environmentálními faktory, lze tyto faktory identifikovat.

Tato práce přibližuje existující poznatky představené v díle Stein&Tolpekin tím, že aplikuje jejich metody na nově shromážděná data. Přestože vychází z již zavedených přístupů, přináší aktualizovaný pohled na problematiku prostorové distribuce a regenerace vegetace po rozsáhlých lesních požárech. Tímto způsobem přispívá k dalšímu porozumění odolnosti lesních ekosystémů vůči požárům.

## 2. Cíle práce

V této bakalářské práci je předmětem zkoumání fenomén ostrůvků vegetace, které nebyly zasaženy během rozsáhlých lesních požárů v Austrálii v období sezóny 2019-20.

Tato unikátní oblast vědeckého zájmu nabízí klíčový prvek pro porozumění procesům regenerace postižených ekosystémů. Hlavním cílem práce je detailně analyzovat a srovnat prostorové uspořádání, strukturu a stav těchto ostrůvků s okolní spálenou krajinou, přičemž je kladen důraz na rozdíly v průběhu obnovy vegetace.

V teoretické části se práce opírá o aktuální poznatky týkající se lesních požárů, jejich vzniku, a předchozích výzkumů souvisejících s problematikou přirozené regenerace.

Praktická část je věnována analýze konkrétních případů z oblasti Nového Jižního Walesu v Austrálii, kde kombinace geografických informačních systémů (GIS), statistických metod (včetně Ripleyovy K funkce a Moranova indexu) a vegetačních indexů, zejména Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), odhalí klíčové charakteristiky a interakce těchto ostrůvků s jejich okolím.

Výsledky práce jsou interpretovány s ohledem na jejich význam pro regeneraci ekosystémů.

### 3.Literární rešerše

#### 3.1. Požáry v Austrálii

Lesní požáry, v Austrálii známé jako "bushfires", tvoří jednu z nejdůležitějších přírodních hrozeb na kontinentu. Tyto požáry nejenže představují bezprostřední riziko pro lidské životy a majetek, ale mají také dalekosáhlé dopady na australské ekosystémy a biodiverzitu (Boer et al., 2020). V posledním desetiletí se Austrálie potýkala s řadou ničivých požárů, jejichž intenzita a rozsah jsou zesíleny měnícími se klimatickými podmínkami, což vede ke zvýšenému riziku vzniku a šíření požárů (Haque et al., 2021).

Požáry v roce 2019 a 2020 reprezentují jedny z největších požárových krizí v historii Austrálie, kdy rozsáhlé lesní požáry na východním pobřeží způsobily obrovské škody na životním prostředí a infrastruktuře a vyžádaly si i lidské oběti (Lindenmayer et Taylor, 2020). Tyto požáry měly za následek výrazné znečištění ovzduší, přičemž koncentrace škodlivých částic v ovzduší dosahovaly hodnot srovnatelných s nejznečištěnějšími městy na světě, což vyvolává obavy o dlouhodobé zdravotní dopady na obyvatelstvo.

Analýza příčin, šíření a dopadů požárů, jakož i vývoj a implementace preventivních opatření a strategií pro řízení a obnovu poškozených oblastí, je nezbytná pro snížení rizika a zvládnutí budoucích požárů. Důraz na komplexní přístup k řešení této problematiky umožní lepší předvídání a reakci na požáry v kontextu australského prostředí, které je svou podstatou extrémně náchylné k těmto přírodním katastrofám.

Vznik požárů je ovlivněn řadou faktorů, od přírodních podmínek, přes lidskou činnost, až po globální klimatické jevy. Austrálie, s jejím charakteristickým suchým a teplým klimatem, představuje ideální prostředí pro vznik a rychlé šíření požárů. Přírodní zdroje, jako jsou blesky během suchých bouří, jsou přirozenými iniciátory, které mohou zapálit suchou vegetaci a rozpoutat požár. Lidské faktory, včetně nezabezpečených táborových ohňů nebo nedbalosti s ohněm, jsou dalšími významnými příčinami (Graham, Ailish M., et al, 2019; U.S. Fire Administration, 2020).

Eukalyptové lesy, charakteristické pro australskou krajinu, jsou zvláště náchylné k požárům a představují významný zdroj paliva pro rozsáhlé a intenzivní požáry. Katastrofa v roce 2019/2020 vedla k zničení obrovského množství eukalyptů, což znamenalo značný úbytek jednoho z hlavních vegetačních typů na kontinentu (Bradstock et al., 2012; Boer et al., 2020). Tato událost představovala zásadní zásah do ekologické rovnováhy a biodiverzity v regionu.

Invazivní druhy rostlin hrají specifickou roli v transformaci palivové struktury australské krajiny, což přispívá ke zvýšenému riziku požárů. Tyto rychle í teplot, změnám v srážkovém režimu a prodlužování požárové sezóny. Tyto faktory společně tvoří podmínky pro častější vznik požárů, jejich rychlé šíření a obtížnější kontrolovatelnost (IPCC, 2019).

Klimatické jevy, jako jsou El Niño a La Niña, mají klíčový vliv na klimatické cykly v Austrálii, přičemž El Niño přispívá k suchým obdobím, zatímco La Niña může způsobit nadměrné srážky. Toto střídání podmínek vytváří cykly, kdy rychlý růst vegetace následovaný obdobím sucha vede k akumulaci hořlavého materiálu, což zvyšuje riziko intenzivních požárů (Climate Council, 2017).

Využití Geografických informačních systémů (GIS) a dálkového průzkumu Země (DPZ) nabízí nové přístupy k monitorování, predikci a řízení požárů. Integrace těchto pokročilých technologií do systémů řízení rizik a prevence požárů může významně přispět k ochraně životního prostředí a lidských komunit před devastujícími dopady požárů (O'Sullivan et al., 2010).

### 3.2. Síla požárů v období 2019-2020

Období požárů, které zasáhlo Austrálii na přelomu let 2019 a 2020, představuje jednu z největších přírodních katastrof v nedávné historii kontinentu. Tato sezóna požárů, zvláště devastující pro státy Nový Jižní Wales a Victoria, přinesla nejen obrovské materiální škody, ale také nevýslovné ekologické a lidské tragédie.

Tato přírodní katastrofa v Austrálii mezi lety 2019 a 2020 byla výjimečně destruktivní, přičemž Nový Jižní Wales a Victoria zaznamenaly obrovské škody a ztráty na životech i v přírodě. Celkově bylo zasaženo přes 5,3 milionu hektarů, z toho 2,7 milionu v národních parcích. Požáry zničily více než 2439 budov a vyžádaly si 33 životů, s katastrofálními dopady na volně žijící zvířata, včetně ztráty odhadem jedné miliardy savců, ptáků a plazů.

Historie Austrálie je bohužel bohatá na ničivé požáry, které pravidelně ohrožují jak biodiverzitu, tak lidské komunity. Významné události, jako Černý pátek v roce 1939 a Popeleční středa v roce 1983, ukazují na devastující dopady těchto katastrof a zdůrazňují potřebu efektivního řízení a připravenosti na požáry. Například požáry v roce 2003 zasáhly oblasti Nového Jižního Walesu, Victorii a Australského hlavního teritoria, což vedlo k ztrátě obrovských ploch půdy a zničení stovek domovů (Dickman, 2020).

### 3.3. Závěr a směřování do budoucna

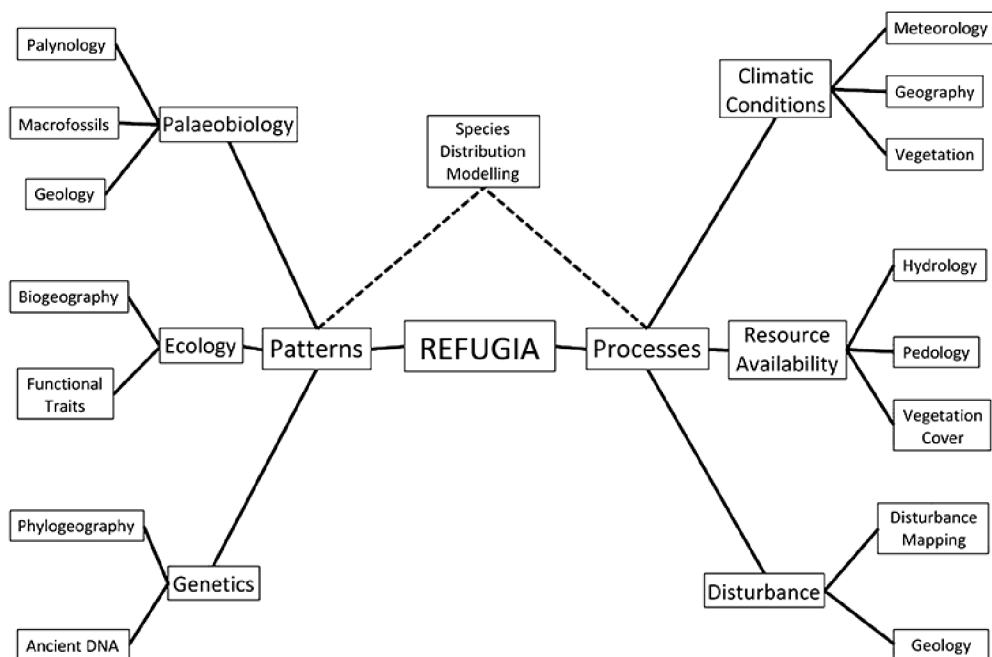
Požáry, které v letech 2019 a 2020 zasáhly Austrálii, nás přiměly zamyslet se nad důležitostí pochopení a předvídání dynamiky těchto přírodních katastrof. Před námi stojí výzvy, které jsou přímým důsledkem změny klimatu, jež zvyšuje frekvenci a intenzitu požárů. Jasně to ukazuje, že vědecký výzkum, efektivní preventivní strategie a adaptace řízení reakcí na požáry jsou nyní potřebnější než kdy předtím. V tomto kontextu představuje zkoumání ostrůvků nezasazené vegetace nejen způsob, jak lépe pochopit mechanismy přežití a regenerace v extrémních podmínkách, ale také klíč k ochraně a obnově australských ekosystémů.

Závažnost škod způsobených nedávnými požáry nás vede k zamyšlení nad tím, jak můžeme čelit těmto výzvám v budoucnosti. Nejde jen o řízení a prevenci požárů, ale také o hledání cest, jak minimalizovat jejich dopady a urychlit obnovu postižených oblastí. Pozitivní vliv nezasazených ostrůvků vegetace na regeneraci ekosystémů zdůrazňuje potřebu jejich dalšího výzkumu a využití získaných poznatků pro lepší ochranu biodiverzity a zlepšení řízení ekosystémů v kontextu častějších a intenzivnějších požárů.

Na těchto poznatků lze konstatovat, že efektivní management požárů, včetně prevence, připravenosti a reakce, musí být nadále prioritou. Současně je nezbytné rozvíjet naše poznatky o vlivu požárů na ekosystémy a využívat tyto informace pro tvorbu strategií, které nám umožní lépe reagovat na budoucí hrozby. Zkoumání a ochrana ostrůvků vegetace, které přežily požáry, nabízí cenné lekce pro obnovu a zvyšování odolnosti ekosystémů proti podobným katastrofám v budoucnosti.

### 3.4. Ostrovy vegetace

Koncept refugií, známých také jako útočiště v kontextu lesních požárů, byl podrobně zkoumán v průzkumech a analýzách, které zdůrazňují jejich kritickou roli jako minimálně zasažených oblastí sloužících jako životní prostor pro ohněm citlivé druhy a jako zdroj semen pro regeneraci lesa po požáru. Tato místa, identifikovaná v průběhu let, poskytují cenné informace o mechanismech přežití a obnovy v postižených ekosystémech (Keppel et al., 2012). Díky jejich existenci můžeme lépe pochopit procesy, které umožňují vegetaci odolávat a regenerovat se po požárech, což je obzvláště relevantní v současném kontextu častějších a intenzivnějších požárů způsobených klimatickými změnami.



Obrázek 1:Vznik refugia-útočiště

Vědecké studie, jako je analýza Keppela et al. (2017), která zkoumala oblasti postižené požárem v roce 1994 a jejich stav v roce 2012, přispěly k hlubšímu porozumění dynamice refugií. Bylo zjištěno, že i v oblastech, které byly dříve zasaženy požárem, existují útočiště, která pokračují ve své ekologické funkci a podporují regeneraci lesa. Tyto poznatky jsou nezbytné pro vývoj strategií ochrany a managementu lesních ekosystémů, umožňujících jejich adaptaci a odolnost vůči budoucím požárům.

Další výzkumy, jako jsou studie Koldena a spol., definovaly refugia jako oblasti poskytující útočiště pro druhy v dobách environmentálního stresu, jako jsou klimatické změny a jejich důsledky, včetně požárů. Historický vývoj pojmu refugia ukazuje na jeho význam v biologických vědách a ekologii jako na prostor, kde se organismy mohou hromadit a přežít během nepříznivých období, s možností následného šíření do okolního prostoru (Dahl, 1946; Bennett & Provan, 2008).

Výzkum refugií a nezasažených zbytků lesa po požárech nabízí důležité poznatky pro ekologické plánování a management. Například studie Delonga a Kesslera (2000) ukázala, že tyto zbytky lesa mohou sloužit jako "mostové habitaty", podporující obnovu po rozsáhlých škodách způsobených požáry. Toto zjištění poukazuje na potřebu chránit tyto klíčové oblasti a integrovat je do strategií pro obnovu a udržení biodiverzity a ekologické stability.

Koldenova analýza také zdůrazňuje, že požáry způsobené bleskem mohou mít na lesní ekosystémy jak destruktivní, tak regenerativní účinky. Pochopení tohoto dvojího působení je zásadní pro efektivní řízení požárů a pro zajištění, aby byly lesní ekosystémy schopny se po požárech obnovit a prosperovat. Jak Wang, Wang, a Cao (2023) zdůrazňují, úrodné půdní ostrovy pod křovinami mohou významně přispět k regeneraci vegetace v solných oblastech postižených požáry, což ukazuje na složitost a mnohostrannost procesů obnovy v různých ekosystémech.

Závěrem, výzkum refugií a jejich role v ekologii požárů poskytuje cenné poznatky, které mohou pomoci vytvářet odolnější a udržitelnější ekosystémy. Integrace těchto poznatků do praxe může zlepšit management požárů, ochranu biodiverzity a strategie pro obnovu ekosystémů, umožňující jim lépe čelit výzvám spojeným s klimatickými změnami a zvyšující se frekvencí požárů.

### 3.5. Vegetační díry

Lesní požáry mají hluboký vliv na ekosystémy, ovlivňují biodiverzitu a mění krajinu. Studie Steina a Tolpekina (2018) přináší nové pohledy na vegetační ostrůvky neboli "díry", které zůstávají nedotčené v oblastech postižených požárem. Tento jev je klíčový pro pochopení dynamiky požárů a mechanismů regenerace vegetace.

Výzkum poukázal na tendenci vegetačních ostrůvků ke shlukování na malých vzdálenostech, což může být důsledek lidských zásahů, jako je cílené hašení požárů, s cílem ochránit specifické oblasti. Analýza pomocí Ripleyho K-funkce umožnila kvantifikovat tuto prostorovou distribuci, poskytující důležité poznatky o interakcích mezi požárními činnostmi a přežívající vegetací. Na druhou stranu, rozptýlenější distribuce těchto ostrůvků na větších vzdálenostech naznačuje přirozenější variabilitu v rozložení požárů a odolnost některých oblastí vegetace.

Stein a Tolpekin (2018) rovněž využili Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) k posouzení vitality a regenerace vegetace v těchto ostrůvcích. NDVI, měřící rozdíl mezi blízkým infračerveným a viditelným červeným světlem, odhalil, že ačkoliv se NDVI v ostrůvcích postupně obnovuje, rozdíly mezi nezasaženými a spálenými oblastmi zůstávají výrazné. To podtrhuje odolnost těchto ostrůvků vůči požárnímu stresu a jejich význam pro ekologickou regeneraci.

Zajímavě, fraktální dimenze byla aplikována k analýze složitosti struktury vegetačních ostrůvků, což poskytuje hlubší vhled do jejich ekologické role a významu. Tyto ostrůvky představují nejen důkaz o variabilitě a složitosti chování požárů, ale také jsou klíčové pro pochopení regeneračních procesů lesní vegetace.

Studie tak otevírá dveře pro další zkoumání vlivu vegetačních ostrůvků na modelování šíření požárů a pro vývoj strategií ochrany a regenerace postižených ekosystémů.

Výsledky Steina a Tolpekina (2018) ukazují, že porozumění rozložení vegetačních ostrůvků může poskytnout důležité poznatky o chování požárů a jejich vlivu na



vegetaci. Analýza NDVI a prostorová distribuce těchto ostrůvků nabízí cenné informace pro lepší pochopení a modelování šíření požárů a strategií jejich managementu. To přináší nové perspektivy pro lepší pochopení ekologických dynamik lesních požárů a pro vytváření efektivních strategií jejich managementu a obnovy postižených ekosystémů.

### 3.6. NDVI Index

Index normalizované rozdílové vegetace (NDVI) představuje klíčový nástroj pro monitorování a analýzu vegetace na celém světě. Jeho schopnost odhalovat zdraví a hustotu vegetace se ukázala být neocenitelná ve výzkumu souvisejícím s lesními požáry, změnou klimatu a zemědělstvím. Původně představený Rouse et al. v roce 1974, NDVI využívá rozdíl mezi reflektancí v blízkém infračerveném a červeném spektru, což umožňuje detekci a kvantifikaci vegetace s vysokou přesností.

V kontextu lesních požárů se NDVI jeví jako zásadní pro pochopení regeneračních procesů. Požáry, ač často vnímány jako destruktivní, mohou také představovat příležitost pro nový růst a regeneraci ekosystémů. NDVI nabízí možnost sledovat, jak se vegetace po požáru obnovuje, což vědcům poskytuje cenné informace o odolnosti a adaptabilitě ekosystémů vůči takovým perturbacím.

S využitím NDVI mohou vědci a ekologové lépe rozumět dynamice vegetace v různých prostředích. Studie jako ty od Aguilar et al. (2012) a Robinson et al. (2017) ukázaly, jak NDVI efektivně monitoruje sezónní změny, detekuje stresové faktory vegetace, jako je nedostatek vody, a hodnotí produktivitu vegetace. Tyto aplikace jsou zásadní pro informované rozhodování v zemědělství, ochraně přírody a plánování využití půdy.

Jedním z významných příkladů využití NDVI ve výzkumu lesních požárů je studie Meddens et al. (2016), která se zaměřila na identifikaci ostrůvků nedotčené vegetace v prostředí postiženém požáry. Tato studie zdůrazňuje důležitost ostrůvků jako refugií pro biodiverzitu a jejich roli v regeneraci a obnově lesních ekosystémů. Tím, že NDVI poskytuje objektivní měření pokryvu a zdraví vegetace, může pomoci identifikovat oblasti, které jsou klíčové pro ochranu a management po požárech.

NDVI se tedy stalo nezbytným nástrojem pro moderní ekologii a environmentální vědy, umožňující hlubší porozumění vztahům mezi vegetací a jejím prostředím. Jeho aplikace přesahují pouhé monitorování lesních požárů a zahrnují širokou škálu výzkumných a praktických oblastí, od sledování změn klimatu až po optimalizaci zemědělských praktik. V době, kdy se svět potýká s rostoucími ekologickými a klimatickými výzvami, nabízí NDVI cenný vhled do dynamiky a odolnosti ekosystémů.

## 4. Metodika

Praktická část bakalářské práce byla zpracovaná v softwarové aplikaci ArcGIS Pro a také v Google Earth Engine (GEE) pro analýzu dat NDVI. Níže je popsána zájmová oblast výzkumu a také vstupní data, ke kterým je vysvětleno, jak byly zpracované a jaké metody a funkce byly použity.

### 4.1 Nový Jižní Wales, Austrálie: Oblast Výzkumu

#### 4.1.1 Geomorfologie a Ekosystémy

V Novém Jižním Walesu (NSW), Austrálie, se nachází mimořádně rozmanité geomorfologické a ekosystémové uspořádání, což činí tento region ideálním pro studium vlivu lesních požárů na biodiverzitu a ekosystémovou stabilitu. Tato oblast se vyznačuje širokou škálou geografických a klimatických podmínek, od pobřežních nížin až po horské oblasti a vnitrozemské pláně, nabízející unikátní příležitosti pro zkoumání dopadů požárů na přírodní prostředí.

Pobřežní nížiny jsou charakterizovány rozsáhlými plážemi a bažinami, které jsou důležité pro udržení biodiverzity. Tyto oblasti hostí mangrovové lesy a slané mokřady, které jsou citlivé na změny v salinitě a vlivy cyklonů (Ross, P. M., & Adam, P. (2013). Velké rozvodí sestávající z horských řetězců hraje zásadní roli v regionálním klimatu a hydrologii, a je domovem pro eukalyptové lesy a endemické druhy rostlin a živočichů (NSW National Parks and Wildlife Service. (2023). Vnitrozemské pláně představují suché oblasti s adaptovanou vegetací, které jsou klíčové pro zemědělství a pastvinářství, a obsahují travní porosty a akáciové lesy (Australian Government Department of Agriculture, Water and the Environment. (2023).

NSW se také vyznačuje rozmanitostí klimatických zón, od vlhkých subtropických podmínek na pobřeží až po suchá středomořská a polopouštní klimata ve vnitrozemí, což má významný vliv na rozmanitost vegetace a biodiverzity v regionu (Bureau of Meteorology. (2023).

Vegetace v NSW zahrnuje deštné pralesy s vysokou biodiverzitou, eukalyptové lesy adaptované na sucho a požáry, trávníky a pastviny důležité pro zemědělství, a pouštní vegetaci adaptovanou na nejsušší podmínky (Keith, D. A. (2004).

Tato oblast je tudíž cenným příspěvkem k porozumění dynamice lesních požárů a jejich vlivu na různé ekosystémy. Díky své rozmanitosti poskytuje NSW výjimečnou příležitost pro ekologický výzkum a rozvoj udržitelných managementových strategií pro ochranu a regeneraci postižených ekosystémů.

#### 4.1.2. Význam pro Výzkum Požárů

V NSW, oblasti charakterizované významnou rozmanitostí geomorfologie, klimatických podmínek a vegetace, se otevírá prostor pro detailní výzkum lesních požárů a jejich vlivu na rozličné ekosystémy. Tato geografická a klimatická diverzita umožňuje hloubkovou analýzu dopadů požárů na životní prostředí, a to od pobřežních

nížin až po horské vrcholky a rozlehlé vnitrozemské planiny. Výzkum v této oblasti je multidisciplinární a zahrnuje několik klíčových oblastí zaměření Boer et al. (2020).

První oblastí je analýza historických a současných dat o požárech, jejichž frekvence, intenzita a rozsah poskytují cenné informace o vlivu požárů na vegetaci a biodiverzitu v NSW. Zpracování těchto dat, včetně použití statistických metod, jako jsou časové řady a regresní analýzy, umožňuje odhalit trendy v požární aktivitě a jejich souvislosti s klimatickými změnami.

Další významnou oblastí je modelování šíření a dynamiky požárů, které využívá pokročilé matematické modely a simulace k předpovědi chování požárů v rozličných geomorfologických a klimatických podmínkách. Jedním z často používaných modelů je Rothermelův model šíření požárů, jehož výsledky pomáhají v plánování protipožárních strategií a zásahů Andrews, P. L. (2018).

V oblasti adaptace rostlin a živočichů k požárům se zkoumají jejich různé přizpůsobovací strategie, od rostlin s odolnou borkou proti ohni po živočichy, které se požáru vyhnou útekem nebo hledáním úkrytu. Toto studium pomáhá pochopit, jak se ekosystémy přizpůsobují a regenerují po požárech.

Důležitým aspektem je i výzkum vlivu požárů na hydrologický cyklus a kvalitu půdy, kde požáry mohou zásadně ovlivnit erozi půdy, odtok vody a obsah živin, což má dalekosáhlé důsledky pro ekosystém. Analytické metody v této oblasti zahrnují hodnocení změn ve složení půdy a vodní bilanci postižených oblastí.

Posledním, ale neméně důležitým segmentem výzkumu, je vývoj a implementace strategií pro prevenci a management lesních požárů, kde hlavním cílem je minimalizovat riziko vzniku požárů a omezit jejich dopady na ekosystémy. Tento výzkum vede k formulaci politik a praktických opatření v oblasti řízení a obnovy lesních ekosystémů po požárech.

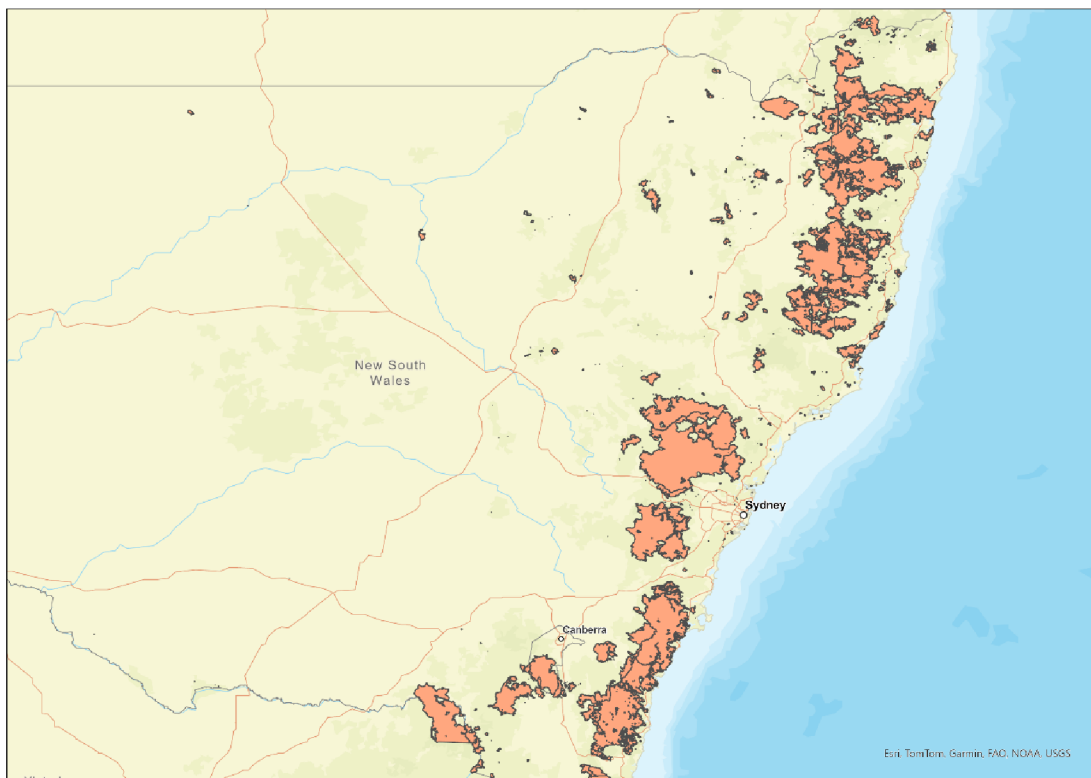
Dopady požárů se liší podle typu ekosystému a specifických lokálních podmínek. V deštných pralesích vysoká vlhkost obvykle snižuje riziko vzniku rozsáhlých požárů, ale v obdobích extrémního sucha mohou i zde vznikat požáry s potenciálně zničujícími dopady. Eukalyptové lesy, na druhé straně, jsou přizpůsobené pravidelným požárům, které stimulují regeneraci některých druhů. Trávníky a pastviny mohou prospívat z kontrolovaného vypalování, zatímco pouštní vegetace je vystavena riziku častějších a intenzivnějších požárů v důsledku klimatických změn, což vyžaduje zvýšenou pozornost v oblasti managementu a ochrany Collins, Price & Penman (2018).

## 4.2. Vstupní data

Pro účely této práce bylo zvolené zájmové území vybráno s ohledem na oblasti v Austrálii, které byly zasaženy rozsáhlými požáry v sezóně 2019-2020 viz Obrázek 2. Výběr specifických lokalit byl motivován především existujícími studii a zprávami, které zdůrazňovaly významnou míru poškození vegetace, a zároveň identifikovaly přítomnost ostrůvků nezasažené vegetace, které představují klíčový prvek pro pochopení dynamiky obnovy po požárech.

Data o historii požárů byla získána z veřejně dostupné databáze NPWS Fire History, která obsahuje záznamy o všech známých požárech, včetně přirozených požárů (Wildfire, FireType 1) a předepsaných pálení (Prescribed Burn, FireType 2). Tato data, pokrývající celou historii zaznamenaných požárů a často přesahující hranice chráněných území, poskytují komplexní přehled o rozsahu a vývoji požárů v rámci zájmové oblasti. Kvalita a integrita dat byla zajištěna prostřednictvím pravidelných aktualizací a úprav prováděných technickými pracovníky programu Enhance Bushfire Management Program (EBMP), kteří využívají centralizovaně uložená data v ArcSDE pro sestavování a úpravu palivových map a dalších analýz.

Pro hodnocení vegetace a jejího stavu před a po požárech byly použity satelitní snímky získané ze satelitů Sentinel 2 a Landsat. Tyto snímky poskytují vysoké rozlišení a jsou klíčové pro výpočet NDVI), který slouží jako kvantitativní ukazatel zdraví a hustoty vegetace.



Obrázek 2:Zájmová oblast pro požáry v roce 2019 a 2020 (vlastní zdroj)

### 4.3. Zpracování a výběr vstupních dat

V rámci prvního kroku v pracovním postupu bylo potřeba provést přípravu a analýzu dat zaměřenou na studium vnitřních charakteristik lesních požárů v Austrálii, se zaměřením na ostrůvky nezasazené vegetace. Důležitým prvkem toho postupu je využití geoprostorových dat a analytických nástrojů.

V první fázi bylo nutné provést selekci dat o požárech, přičemž základem byla rozsáhlá databáze požárů pokrývající toto území, ze které byly extrahovány informace pro období 2019 až 2020. Data byla pečlivě vybrána a analyzována s cílem identifikovat specifické incidenty a určit oblasti s přítomností nezasazené vegetace.

Dalším krokem bylo zpracování a přizpůsobení dat pro potřeby analýzy. Vzhledem k rozdílným formátům a souřadnicovým systémům dat bylo nezbytné převést je do jednotného formátu GDA2020 MGA Zone 56, což zajistilo srovnatelnost a přesnost prostorových analýz. Toho bylo možné dosáhnout díky funkci Project, která umožňuje transformaci dat z jednoho souřadnicového systému do jiného. Pro přesnost práce byl zvolen GDA2020 MGA Zone 56 tento souřadnicový systém byl zvolen z toho důvodu, že je přímo definován pro oblast NSW.

Poté, co byla zpracovaná polygonová vrstva pro požáry za období 2019 a 2020 bylo přistoupeno k výpočtu děr v požárech pomocí funkce a identifikaci potřebných požárů.

Následnou podrobnou analýzou bylo přistoupeno k výběru čtyř požárů s největším počtem ostrůvků nezasazené vegetace pro detailnější studium.

Pro analýzu prostorového rozložení a vzájemných vztahů mezi nezasazenými vegetačními ostrůvky a oblastmi postiženými požáry bylo využito softwaru ArcGIS Pro. Za účelem provedení těchto analýz byly vegetační ostrůvky reprezentovány pomocí centroidů, tedy středových bodů, což představuje výstižnější přístup pro analýzu bodových polí. Díky tomuto přístupu bylo možné vytvořit nové datové vrstvy a aplikovat statistické metody, jako jsou Ripleyho K-funkce a Moranův index, které umožnily podrobnější pochopení distribuce a vzájemných vztahů mezi ostrůvky a postiženými oblastmi.

Statistické analýzy byly prováděny pro jednotlivé požáry, což umožnilo specifické hodnocení vztahů a dynamiky v rámci každé postižené oblasti. Tento přístup poskytl detailnější pohled na vliv lesních požárů na vegetační ostrůvky a pomohl identifikovat klíčové faktory ovlivňující jejich regeneraci a přežití.

Pro další hodnocení vývoje vegetace byl využit Google Earth Engine, což umožnilo rozšířenou analýzu stavu a regenerace vegetace v zájmových oblastech. Jeden z klíčových nástrojů použitých v této fázi byl Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), který poskytl kvantitativní hodnocení vitality vegetace. Výpočet NDVI byl proveden pro vybrané požáry a ostrůvky vegetace, čímž bylo možné získat cenné informace o změnách ve vegetaci a její schopnosti regenerace po požárech.

## 4.4. Použité statistické funkce pro prostorovou analýzu

### 4.4.1. Global Moran's Index

Jednou z klíčových analytických metod použitých v této práci je analýza prostorové autokorelace pomocí statistiky Global Moran's Index, implementované v prostředí ArcGIS Pro 3.2.

Prostorová autokorelace je koncept, který indikuje míru, jakou jsou hodnoty geoprostorových dat vzájemně korelované v závislosti na prostorovém uspořádání. Jinými slovy, zkoumá, zda jsou podobné hodnoty geoprostorových dat (např. intenzita vegetace) více pravděpodobně přítomné v blízkosti sebe, než by se dalo očekávat náhodně. Tento koncept je zásadní pro identifikaci prostorových vzorců, jako jsou shluky (clustering) nebo disperze (dispersion), které mohou poskytnout cenné informace pro ekologické studie, urbanistické plánování a mnoho dalších aplikací (Haining, 2003).

Statistika Global Moran's Index je specifickým nástrojem používaným k měření celkové prostorové autokorelace pro soubor geoprostorových dat. Vrací pět klíčových hodnot: index Moran's I, očekávaný index, varianci, z-skóre a p-hodnotu. Tyto hodnoty poskytují kvantitativní základ pro posouzení, zda je prostorové uspořádání dat náhodné, shlukované, nebo rozptýlené (GIS Geography, 2024).

### 4.4.2 Multi-Distance Spatial Cluster Analysis (Ripley's K Function)

V této práci je pozornost zaměřena na analýzu prostorových vzorců, konkrétně na zkoumání, zda objekty, nebo hodnoty spojené s objekty, vykazují statisticky významné shlukování nebo disperzi v různých vzdálenostech. Pro tento účel byla využita metoda Multi-Distance Spatial Cluster Analysis (Analýza prostorových shluků na více vzdálenostech) pomocí Ripleyho K funkce Maria.A.Kiskowski (2009).

Ripleyho K funkce je pokročilý statistický nástroj, který umožňuje kvantitativně hodnotit, zda jsou geoprostorová data více shlukovaná nebo rozptýlená, než bychom očekávali v případě náhodného rozložení. Tato funkce analyzuje data ve více vzdálenostních páslech a umožňuje zjistit, na jaké vzdálenosti jsou procesy vedoucí ke shlukování nejvýraznější (Baddley, 2016).

Při analýze prostorových dat, zejména při měření vzdáleností, je klíčové použít projekční souřadnicový systém, který zajišťuje přesnost a relevanci výpočtů. Toto upozornění je důležité pro správnost a integritu analýzy, protože různé projekční systémy mohou ovlivnit výsledky měření na Zemi, což je sférický objekt, reprezentovaný ve dvourozměrné rovině Diggle (2014).

V kontextu prostorových statistik, jako je Ripleyho K-funkce, je výstupem analýzy často tabulka, která zahrnuje očekávané a pozorované hodnoty K. Tyto hodnoty nám umožňují hodnotit, zda jsou bodová data (např. poloha vegetačních ostrůvků)

distribučována náhodně, shlukově, nebo pravidelně ve vztahu k daným vzdálenostem. K tomuto účelu se využívá transformace  $L(d)$ , což je matematická úprava hodnot  $K$ , která umožňuje intuitivnější interpretaci výsledků.

Pro hlubší pochopení a správnou interpretaci těchto analýz je rovněž důležité vzít v úvahu konfidenční intervaly. Konfidenční intervaly poskytují rozsah hodnot, v rámci kterých s určitou pravděpodobností (např. 95 %) můžeme očekávat, že se skutečná hodnota parametru (např. průměrná vzdálenost mezi ostrůvky) nachází. Tato metoda je základem pro posouzení spolehlivosti a přesnosti výsledků, umožňuje nám lepší interpretaci prostorových vzorců a podporuje závěry vědecké analýzy dle Bailey a Gatrell (1995).

Rozdíl mezi pozorovanými a očekávanými hodnotami  $K$  poskytuje přehled o tom, zda je rozložení objektů v dané vzdálenosti více shlukované nebo rozptýlené, než předpokládá náhodný model. Když je pozorovaná hodnota  $K$  větší než očekávaná hodnota pro určitou vzdálenost, znamená to, že rozložení je na této vzdálenosti více shlukované. Naopak, menší hodnota indikuje větší disperzi.

V případě, že je pozorovaná hodnota  $K$  větší než horní hranice konfidenčního intervalu ( $HiConfEnv$ ), je prostorové shlukování na dané vzdálenosti statisticky významné. Pokud je pozorovaná hodnota menší než dolní hranice konfidenčního intervalu ( $LwConfEnv$ ), pak je prostorová disperze na dané vzdálenosti statisticky významná.

K analýze lze přistupovat s různými metodami korekce okrajů, aby se minimalizovalo zkreslení způsobené položením objektů blízko hranic studijní oblasti.

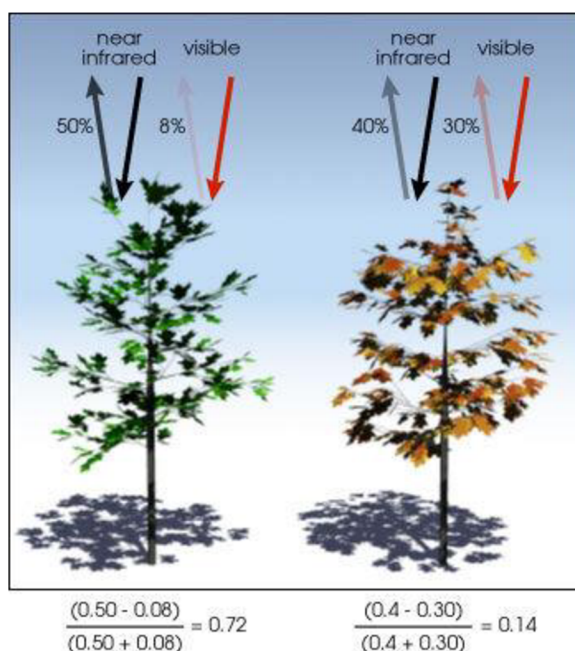
#### 4.5. NDVI

Index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) je standardizovaným ukazatelem, který se využívá ke kvantifikaci vegetace měřením rozdílu mezi blízkým infračerveným světlem (NIR) a červeným světlem (RED). Zdravá vegetace (chlorofyl) odráží více blízkého infračerveného a zeleného světla ve srovnání s ostatními vlnovými délkami, ale absorbuje více červeného a modrého světla. To je důvod, proč naše oči vnímají vegetaci zelenou. Kdybychom mohli vidět blízké infračervené světlo, bylo by toto také silné u vegetace. Satelitní senzory, jako jsou Landsat a Sentinel-2, mají potřebné pásmo s NIR a červeným světlem, které jsou klíčové pro výpočet NDVI.

Výpočet NDVI se provádí pomocí vzorce:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

kde NIR značí intenzitu odraženého blízkého infračerveného světla a RED intenzitu odraženého červeného světla. Výsledkem této rovnice je hodnota mezi -1 a +1. Pokud máme nízkou odrazivost v červeném pásmu a vysokou odrazivost v NIR pásmu, získáme vysokou hodnotu NDVI a naopak.



Obrázek 3: Výpočet NDVI

Při interpretaci těchto hodnot, hodnoty blízké +1 obvykle signalizují přítomnost husté zelené vegetace, charakteristické vysokou schopností absorbovat viditelné světlo pro fotosyntézu, zatímco současně odrážejí většinu blízkého infračerveného světla.

Naopak, hodnoty blízko 0 můžeme spojovat s nevegetativními povrchy, které neodrážejí ani neabsorbují světlo významným způsobem typickým pro vegetaci. Tento rozsah zahrnuje skalnaté oblasti, oblasti pokryté pískem, sněhem, nebo poškozenou vegetací, kde je fotosyntetická aktivita minimální nebo zcela chybí.

Tyto povrchy nejenže odrážejí větší množství viditelného světla, ale také nemají charakteristickou infračervenou signaturu zelené vegetace.

Záporné hodnoty NDVI jsou typické pro vodní plochy, které absorbují většinu světla v obou spektrálních pásech, což vede k jejich výraznému odlišení od vegetačních a nevegetačních povrchů. Tato vlastnost NDVI umožňuje efektivní identifikaci a monitorování vodních těles v rámci krajiny.

Využití NDVI tedy představuje klíčový nástroj pro analýzu a monitorování stavu vegetace, poskytující důležité informace pro řadu aplikací, od zemědělství a lesnictví přes ochranu přírody až po plánování využití půdy a sledování environmentálních změn.



## 5. Výsledky

Výzkum požárů v Austrálii během let 2019 a 2020 odhalil, že celkově bylo zaznamenáno 899 požárů s průměrnou velikostí 5 739,69 ha, což představuje celkovou plochu 5 159 980,56 ha neboli přibližně 5160 km<sup>2</sup>. Tato data ukazují na významný dopad požárů na australskou krajinu a ekosystémy, zejména v období letních měsíců, kdy je jižní polokoule nejvíce vystavena slunečnímu záření.

Zvláště výrazný byl den 25.11.2019, kdy vzniklo rekordních 68 požárů jak vidno na obrázku 4. Tato skutečnost zdůrazňuje sezónní vzorce výskytu požárů, s největším počtem incidentů během letních měsíců ledna, února a března, což souvisí s extrémními teplotami a suchem charakteristickým pro toto období.

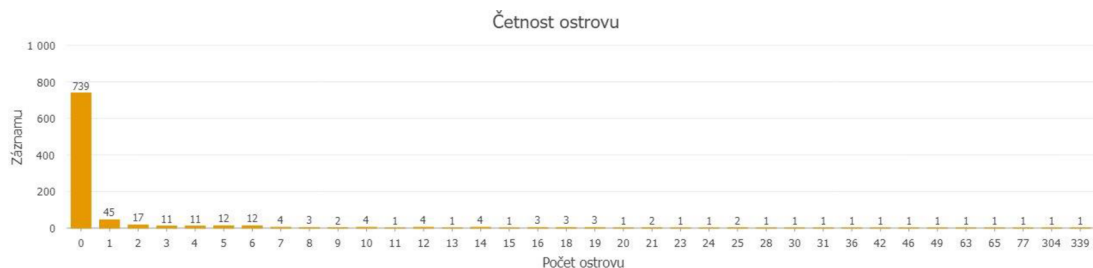


Obrázek 4: Graf s daty vzniku požárů (vlastní zdroj)

Zajímavé, jsou ostrůvky vegetace, které zůstaly nedotčené ohněm. Bylo identifikováno 3245 takových ostrůvků s průměrnou plochou 31,86 ha, celkem tvořící 103 397,70 ha. Tyto ostrůvky tedy představují přibližně 2 % z celkové plochy postižené požáry a hrají klíčovou roli v procesu regenerace ekosystémů, poskytují útočiště pro přežívající živočichy a jsou zásadní pro zachování biodiverzity.

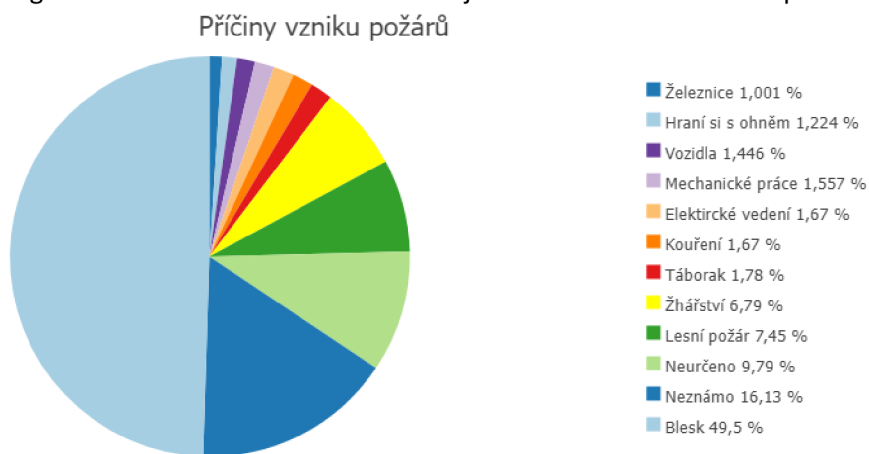
Analýza rovněž rozlišila mezi nekontrolovatelnými, kterých bylo 811 a kontrolovanými požáry, kde bylo 88 požárů, kde druhý zmíněný typ byl prováděn úmyslně jako preventivní opatření proti nekontrolovanému šíření požárů. Tato strategie je důležitá pro minimalizaci rizik a ztrát, které mohou požáry způsobit, a zdůrazňuje význam správného managementu a plánování v oblasti ochrany přírody a lesního hospodářství.

Pro podrobnější představu o výskytu ostrovu s vegetací je k dispozici obrázek 5. ze kterého je patrná četnosti ostrovu v jednotlivých požárech, kdy nejdominantnější je počet 0 tedy žádná díra se zachovalou vegetací v celém požáru.



Obrázek 5: Četnost ostrovu v požárech (vlastní zdroj)

Níže z Obrázku 6. jsou pozorovatelné příčiny vzniku lesních požárů. Ve většině případů se jednalo o přírodní úkaz či důsledek lidské neopatrné činnosti. Většina požárů vzniká po zásahu suché vegetace bleskem či šířením již řadícího lesního požáru.



Obrázek 6: Graf s příčiny vzniku požáru (vlastní zdroj)

Vysvětlení hodnot Moranova indexu a statistických hodnot:

Moranův I index: Hodnota blízká +1 naznačuje shlukování, hodnota blízká -1 ukazuje na rovnoměrné rozptýlení a hodnota blízká 0 ukazuje na náhodné rozmístění bodů.

Očekávaný Index: Hodnota, kterou bychom očekávali, kdyby data byla rozmístěna zcela náhodně.

Rozptyl: Míra variability indexu I; nízké hodnoty naznačují stabilní odhady indexu I.

Z-skóre: Standardizovaná testovací statistika pro Moranův I index; velká absolutní hodnota (kladná nebo záporná) naznačuje nepravděpodobnost náhodného výskytu pozorovaného vzoru.

P-hodnota: Pravděpodobnost, že by pozorovaný vzor mohl být výsledkem náhodné šance; čím nižší hodnota, tím menší je pravděpodobnost náhodnosti a tím významnější je výsledek.

Analýza čtyř hlavních požárů v tabulce 2. se ukazuje jasný vzorec shlukování ostrůvků nezasazené vegetace. Při detailnější zkoumání Moranova I indexu, který se pohybuje ve vysokých hodnotách mezi 0.974579 a 0.989179, je zřejmé, že rozložení ostrůvků není náhodné. Hodnoty z-score, jež dosahují 27.418788 až 44.286791, společně s extrémně nízkými p-hodnotami, důrazně poukazují na statisticky významné shlukování. Tento vzor naznačuje, že ostrůvky vegetace se vyskytují ve výraznějších skupinách, nikoliv izolovaně či rozptýleně.

Požár	Moranův Index	Očekávaný Index	Rozptyl	Z-skóre	P-Hodnota	Prostorové rozložení
1	0.989179	-0.002179	0.000501	48.286791	<0.000001	Clustered
2	0.985215	-0.002519	0.000582	40.931926	<0.000001	Clustered
3	0.974579	-0.004237	0.001274	27.418788	<0.000001	Clustered
4	0.978496	-0.004378	0.004532	50.76208	<0.000001	Clustered

Tabulka 1: Hodnoty Moranova Indexu (vlastní zdroj)

Všechny požáry prezentované v analýze vykazují silnou statistickou významnost shlukování, což vyvrací představu o náhodném rozložení a místo toho podporuje teorii, že přítomnost nezasazené vegetace ve velkých požárech je výsledkem specifických faktorů, které umožnily její přežití a ochranu před požáry. Tento nálezný je zásadní pro plánování požární ochrany a strategií obnovy ekosystémů, poskytující ostrůvky jako klíčové vodítko pro regenerační procesy.

Na Obrázku 7. je prezentován graf Ripleyovy K-funkce, kde červená křivka reprezentuje pozorované hodnoty K, zatímco oranžové linie značí očekávaný rozsah hodnot K, kdyby byla data náhodně rozptýlená.

Shlukování lze pozorovat, pokud pozorované hodnoty K (červená křivka) jsou výrazně vyšší než horní hranice konfidenčního intervalu očekávaných hodnot K (horní oranžová linie). To naznačuje, že ostrůvky vegetace nejsou rozmístěny náhodně, ale mají sklony ke shlukování větší, než bychom očekávali při náhodném rozložení.

Moranův index, na druhou stranu, je dalším měřítkem prostorové autokorelace. Stejně jako Ripleyova K-funkce, i Moranův index měří, zda jsou vzory bodů (nebo hodnot v prostoru) náhodné, shlukované, nebo rovnoměrně rozložené. Vysoké hodnoty Moranova indexu, které přesahují kritické hodnoty a jsou spojeny s velmi nízkými p-hodnotami, naznačují výrazné shlukování. Zatímco Ripleyova K-funkce poskytuje informaci o tom, jak se shlukování mění s vzdáleností, Moranův index poskytuje celkový souhrnný údaj o prostorové autokorelaci.

V tomto případě, výsledky Moranova indexu potvrzují tendenci ke shlukování ostrůvků vegetace, což je v souladu s grafem Ripleyovy K-funkce na obrázku, který dále rozvádí, jak se shlukování mění v závislosti na vzdálenosti mezi ostrůvky.

Pozorované  $K$  je skutečná hodnota Ripleyho  $K$  funkce vypočtená z dat a ukazuje míru prostorového uspořádání objektů na každé vzdálenosti.

Očekávané  $K$  je hodnota  $K$ , která by byla očekávána, pokud by objekty byly rozmístěny náhodně.

Spodní a horní mez konfidenčního intervalu jsou hranice, které ukazují rozsah hodnot, které by byly očekávány, kdyby data byla distribuována náhodně (s konfidenčním intervalem daným počtem permutací, v tomto případě 99). Konfidenční intervaly poskytují statistický základ pro rozhodování, zda pozorované vzorce jsou významně odlišné od náhodného rozložení.

Když je pozorované  $K$  nad horní mezi konfidenčního intervalu, naznačuje to, že objekty jsou významně shlukované více, než bychom očekávali náhodně. To by mohlo znamenat, že existuje nějaká přitažlivost nebo proces, který způsobuje, že se ostrůvky vegetace seskupují blíže k sobě.

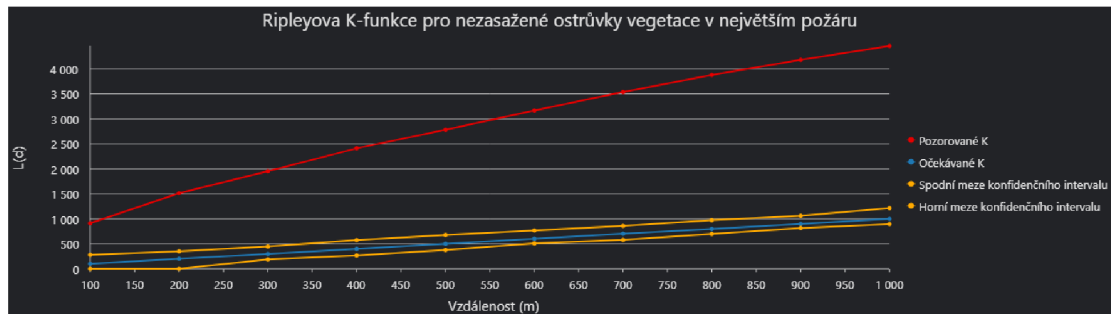
V tomto případě, pokud je pozorované  $K$  systematicky vyšší než očekávané  $K$  a leží nad horní mezi konfidenčního intervalu ve většině vzdálenostních pruhů (jak je patrné z grafů na obrázcích 7. a 8.), indikuje to, že ostrůvky vegetace jsou pravděpodobně shlukované a tento shluk je statisticky významný, tj. nepravděpodobný, že by byl výsledek náhodného rozložení.

Nastavení analytických parametrů v prostorové statistice je klíčové pro interpretaci vzorců rozložení vegetačních ostrůvků v rámci požárních oblastí. V případě největšího požáru byla Ripleyova  $K$ -funkce použita k prozkoumání distribuce ostrůvků vegetace s použitím kroků po 100 metrech v rozmezí od 100 do 1000 metrů. Permutace nastavená na 99 ukazuje, že modelování zahrnovalo 99 náhodných simulací k získání referenčního očekávaného vzorce rozložení, proti kterému se srovnávaly pozorované hodnoty. Toto nastavení umožňuje hloubkovou analýzu, aby se určilo, zda se shluky ostrůvků vyskytují více, než bychom očekávali z náhody

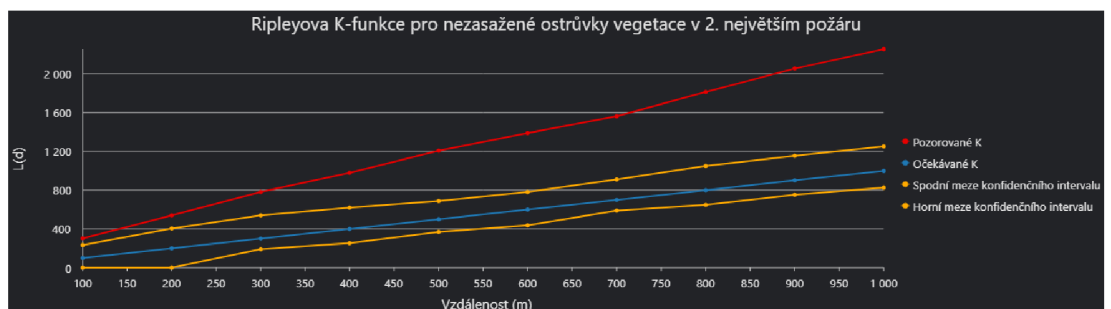
Na základě výsledků analýzy, zobrazených na Obrázku 7, je patrné, že pozorované hodnoty  $K$  významně přesahují očekávané hodnoty a spadají mimo konfidenční intervaly, což naznačuje významné shlukování ostrůvků vegetace v daném rozsahu. To odlišuje výsledky od dříve získaných pomocí Moranova indexu, který také ukazoval na shlukování, ale nedokázal přesně určit, na jakých vzdálenostech se shlukování nejvíce projevuje. Díky tomu můžeme důkladněji porozumět prostorové struktuře nezasažených oblastí a lépe předvídat potenciál pro regeneraci vegetace v postižených oblastech.

Z výsledků tedy vyplývá, že při pohledu na větší vzdálenostní rozmezí se ukazuje významné shlukování ostrůvků vegetace, což by mohlo být klíčové pro pochopení přežívání a regenerace ekosystémů po rozsáhlých požárech. Tyto poznatky jsou nesmírně důležité pro vytváření ochranných a regeneračních strategií v oblastech,

kteře jsou ohroženy požáry, a mohou sloužit jako podklad pro zlepšení managementu požárů a ochranu biodiverzity.

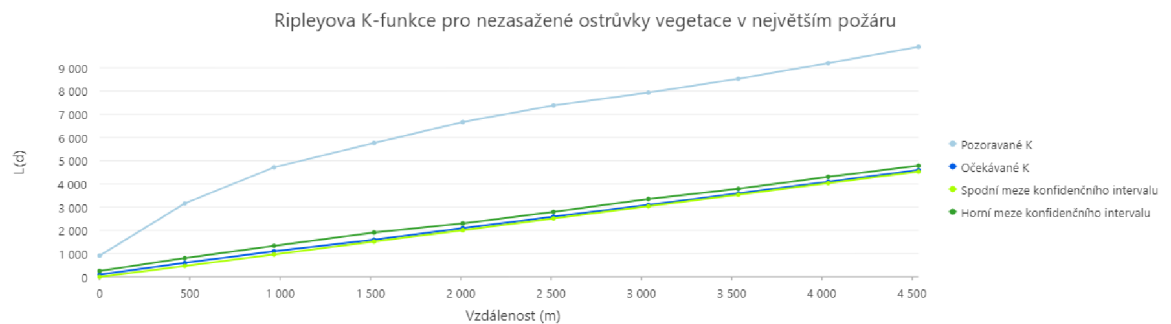


Obrázek 7: K funkce pro nejméně ostrovů (vlastní zdroj)



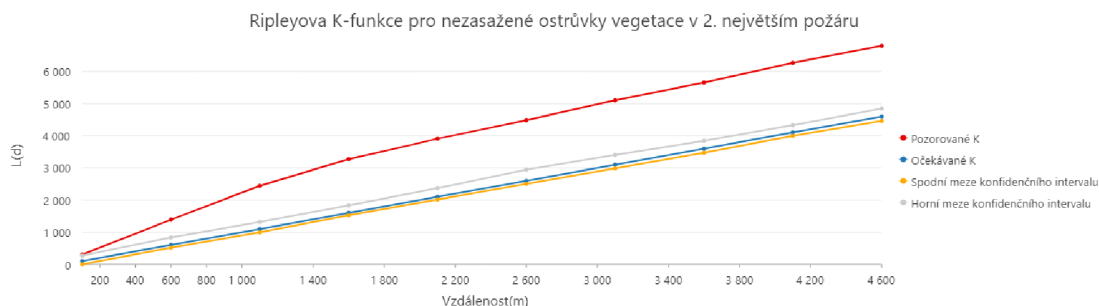
Obrázek 8: K funkce pro 2. požár s nejméně ostrovů (vlastní zdroj)

Pro výpočet hodnot na obrázcích 9. a 10. byly použity tyto parametry v nastavení K funkce. Nastavení počtu bandů na 10 a vzdálenostního pruhu na 500 metrů znamená, že byl zkoumán prostorový vzorec ostrůvků vegetace na vzdálenostech od 500 metrů do 5000 metrů (10 bandů po 500 metrech).



Obrázek 9: K funkce pro nejméně ostrovů (vlastní zdroj)

Z obrázku 10. lze vyčíst, že stejně jako u ostrovů, které jsou v největším požáru platí silné shlukování.



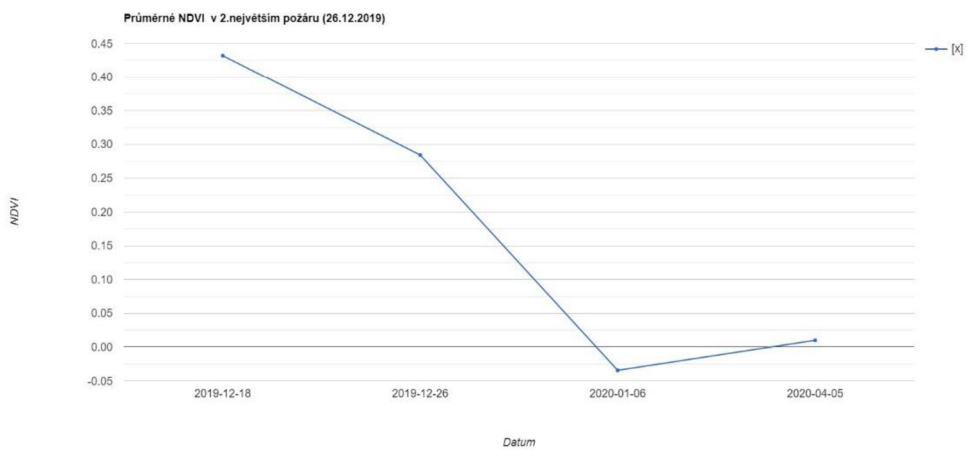
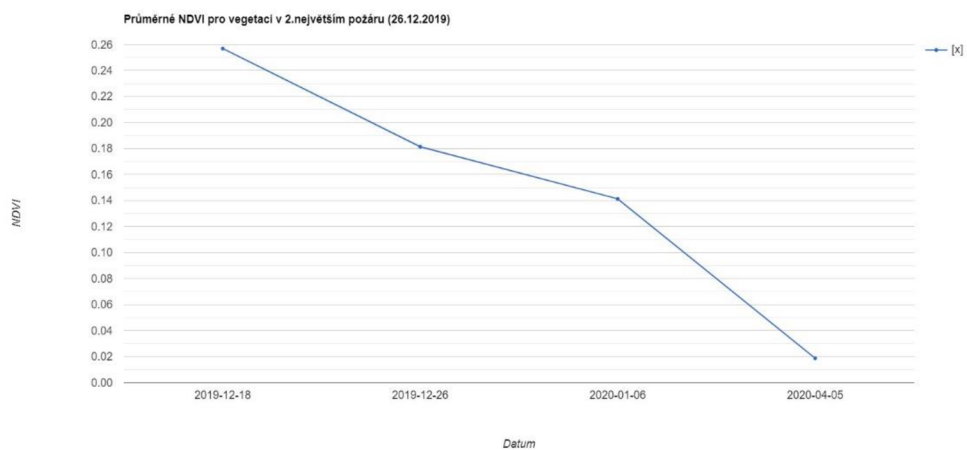
Obrázek 10K funkce pro 2.požár s nejvíce ostrovy(vlastní zdroj)

Závěrem lze pro oba typy analýz říct, že Moranův index  $I$  i Ripleyova K-funkce naznačují, že ostrůvky vegetace, které nebyly zasaženy požáry, nejsou rozmístěny náhodně, ale vykazují statisticky významné shlukování.

V rámci další analýzy byla zkoumána dynamika indexu NDVI. Předběžné výsledky potvrzují pozitivní trend v oblastech nezasažených požárem, kde NDVI zaznamenával vyšší hodnoty ve srovnání s oblastmi přímo postiženými plameny.

Pro podrobnější zhodnocení změn ve vegetaci byl NDVI monitorován v několika klíčových časových bodech: týden před požárem, na jeho vrcholu, deset dní po události a následně v období čtyř až šesti měsíců po požáru, konkrétně v dubnu 2020.

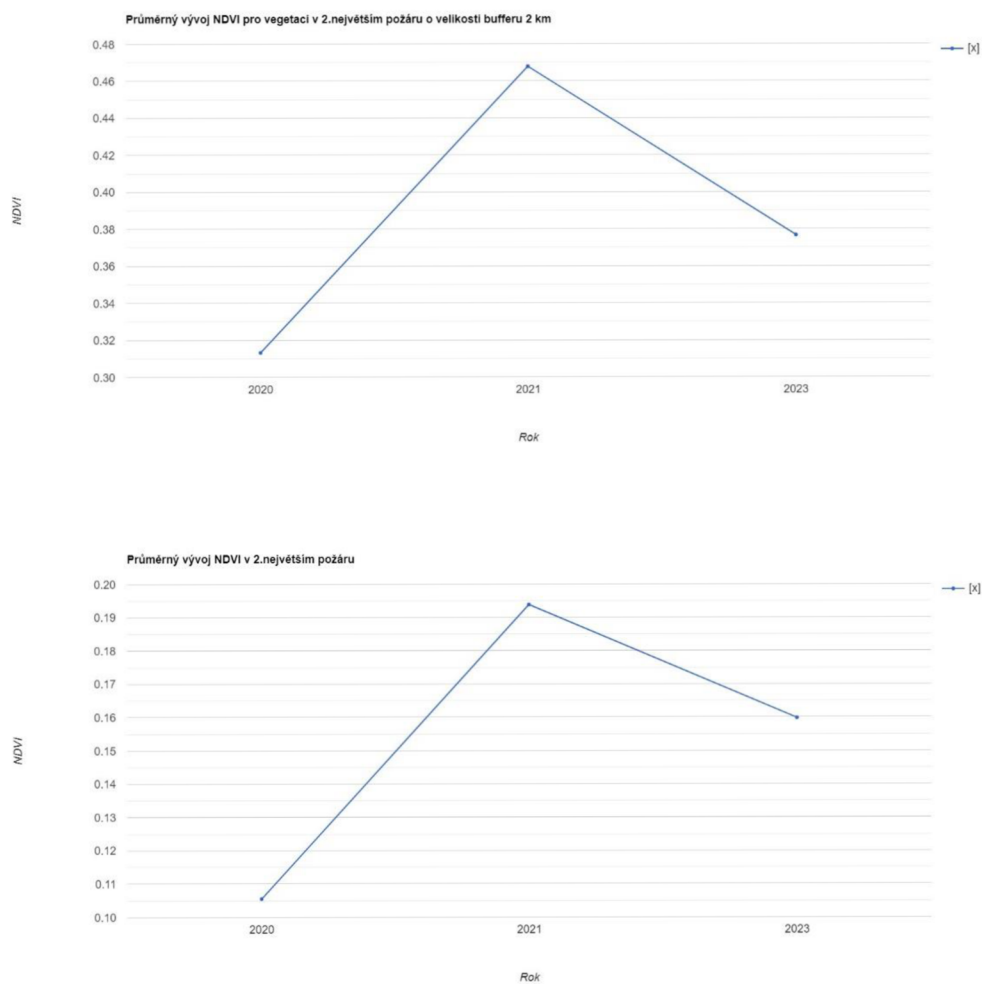
Z vizualizace vývoje NDVI, jak je znázorněno na Obrázku 11, vyplývá, že vegetace v okolí požárních ostrůvků vykazovala větší odolnost vůči ohni, což se projevilo vyššími hodnotami NDVI již deset dní po požáru v porovnání s hodnotami zasaženými ohněm. V dubnu, tedy v období několik měsíců po požáru, bylo zaznamenáno snížení NDVI na obou místech, což lze částečně přisuzovat sezónním vlivům charakteristickým pro australské klima. Tato časová rozmezí byla zvolena s cílem zachytit krátkodobé i střednědobé efekty požáru na vegetaci.



Obrázek 11: Vývoj NDVI indexu v 2. největším požáru (vlastní zdroj)

Obrázek 12. nám sděluje informaci o vývoji NDVI indexu po požáru. Horní obrázek reprezentuje průměrné NDVI, které bylo vypočteno z bufferu o průměru 2 km, který byl vytvořen v GEE pro jednodušší výpočet a univerzálnost. Buffer byl vytvořen kolem bodu, které reprezentují vegetaci v požáru jako bod. Spodní obrázek indikuje vývoj NDVI v polygonu požáru. NDVI v bufferu okolo vegetačních bodu je mnohem vyšší nežli NDVI v požáru.

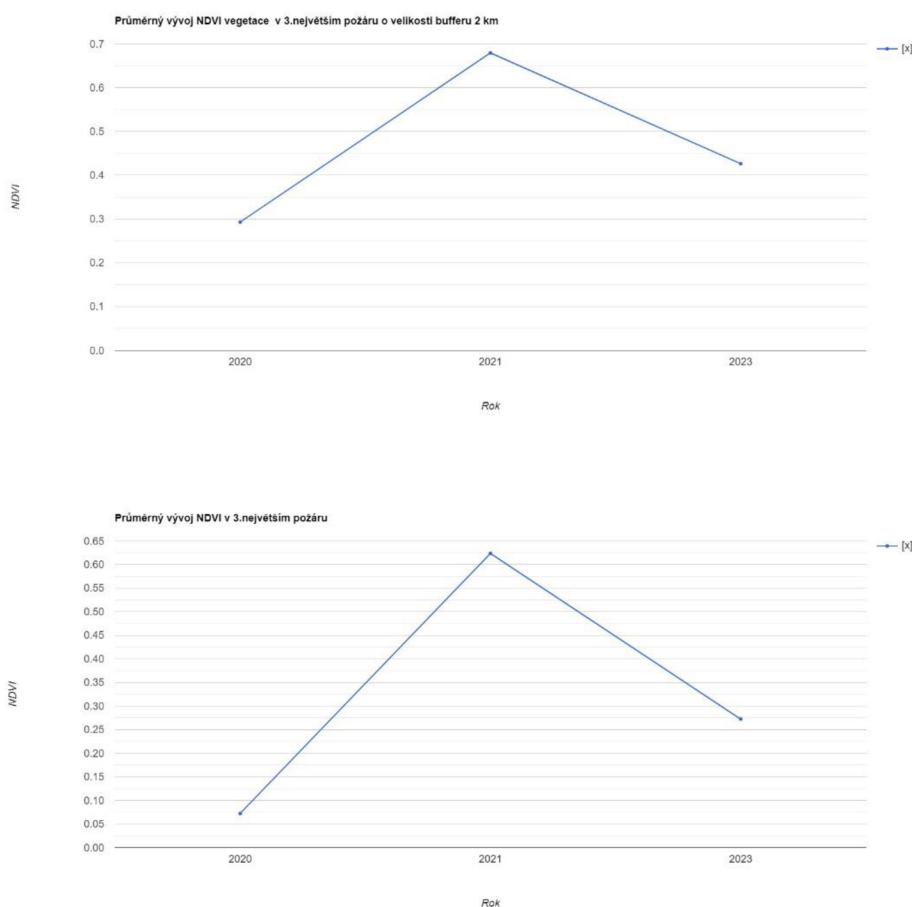
Na základě těchto údajů lze potvrdit teorii, že díky těmto ostrůvkům dochází k rychlejší regeneraci vegetace bezprostředně v požáru a mají pozitivní vliv na poškozenou vegetaci a své blízké okolí.



Obrázek 12: Vývoj NDVI po požáru (vlastní zdroj)



Pozitivní vývoj NDVI se podařilo potvrdit ve všech 4 požárech, které byly zkoumány dle výše zmíněných parametrů.



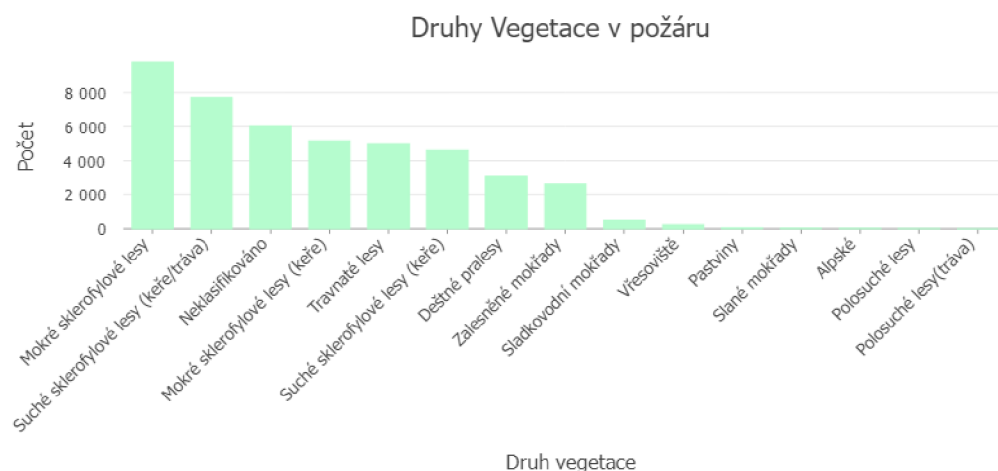
Obrázek 13:Vývoj NDVI v 3. požáru s nejvíce ostrovy(vlastní zdroj)

K dispozici jsou ještě výsledky z rastru o počtech výskytu jednotlivých druhů vegetace na území požáru a na území požáru ve vegetačních ostrovech, které nebyly zasažené požárem. Zde bylo provedeno porovnání druhů.

Výsledky analýzy vegetace, jak v oblastech zasažených požáry, tak v ostrůvcích nezasazené vegetace, představují další možnost porozumění dynamiky lesních požárů a podpoření teorie. Ve srovnání dvou grafů, prezentujících rozložení vegetace v postižených oblastech a v ostrůvcích nezasazené vegetace, je patrné, že rozdíly v zastoupení jednotlivých druhů vegetace jsou významné.

V ostrůvcích nezasazené vegetace převládají mokré schlerofylové lesy, což indikuje jejich větší přirozenou odolnost proti požárům. Tyto lesy jsou typicky tvořeny rostlinami s vysokou schopností zadržet vlhkost v listech i ve stromové kůře, což snižuje jejich náchylnost ke vzplanutí. Suché schlerofylové lesy, které byly požárem zasaženy ve větší míře, naopak často obsahují eukalyptusy, které

jsou za normálních okolností adaptovány na přirozené požáry a mají vysoký obsah hořlavých olejů, jež mohou přispívat k rychlému šíření ohně.

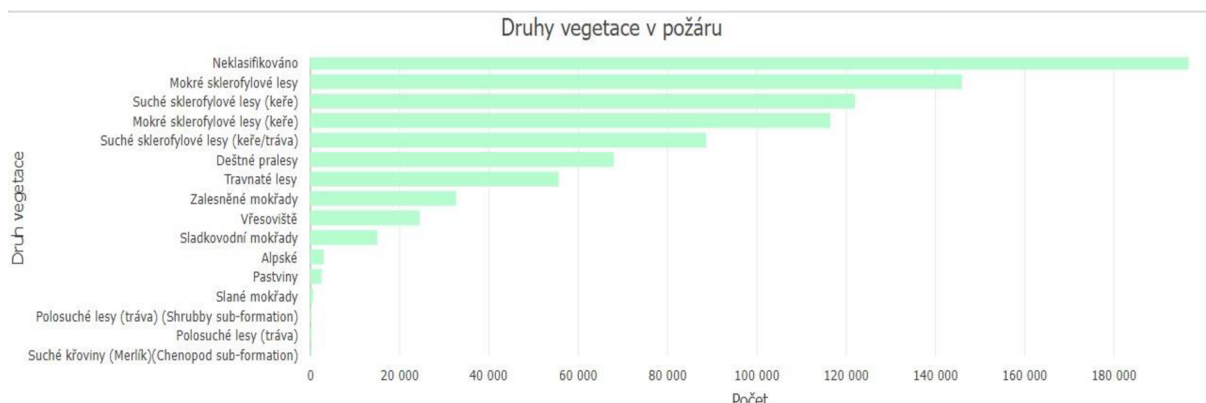


Obrázek 14: Druhy vegetace v oblasti nezasažené požárem (vlastní zdroj)

Eukalyptus, známý svým přizpůsobením na ohnivé podmínky Austrálie, představuje klíčový prvek v ekologickém cyklu své domoviny. Jeho odolnost vůči ohni se projevuje schopností regenerace, kdy pod ochrannou vrstvou kůry zůstávají životaschopné pupeny, a dokonce i semena eukalyptů jsou adaptovaná na klíčení po ohňovém stresu. Vytvářejí tak nový růst v očištěném prostředí, kde jsou odstraněny konkurenční druhy a je uvolněn prostor a živiny v půdě.

Nicméně, eukalyptové lesy mohou paradoxně přispívat k zvýšenému riziku a intenzitě požárů. Oleje obsažené v listech eukalyptů jsou vysoce hořlavé, což může zesilovat plameny a tím i rychlost šíření požárů. Pokud je eukalyptový les jednou zasažen požárem, hořlavé charakteristiky těchto stromů mohou vést k rychlému a intenzivnímu šíření ohně. K tomu, hojný výskyt eukalyptů v australských lesích přispívá k vytváření homogenních krajinných struktur, které mohou požáry snadno zasáhnout a šířit se v nich.

Tento cyklus regenerace a rizika požáru tedy tvoří součást složité rovnováhy, ve které se eukalypty nejen přizpůsobily přežívání ohně, ale také aktivně formují podmínky pro jeho vznik a šíření.



Obrázek 15::Druhy vegetace v oblasti zasažené požárem(vlastní zdroj)

Závěrem lze konstatovat, že ostrůvky nezasažené požárem představují zásadní ekosystémový prvek v postižených krajinných celcích a jejich role a význam by měly být podrobně zkoumány v dalším výzkumu s důrazem na jejich vliv na obnovu vegetace a ochranu biodiverzity.

## 6. Diskuse

V kontextu lesních požárů v Austrálii v období 2019 a 2020 lze diskusi k bakalářské práci vést s důrazem na významný přínos nezasažených ostrůvků vegetace pro regeneraci ekosystémů a porozumění hořlavosti různých vegetačních typů. Shlukování těchto ostrůvků, jak ukázaly analýzy pomocí Moranova indexu a Ripleyovy K-funkce, není náhodné, ale zdá se, že je řízeno určitými environmentálními faktory, což může být výsledkem přirozené variace v krajině nebo důsledkem lidských zásahů, jako je úmyslné hašení požárů.

Překvapujícím zjištěním byla míra zmapování požárů v Austrálii, kde existující služba monitoruje požáry nepřetržitě a poskytuje data vysoké kvality. Tato skutečnost umožnila podrobnější analýzu a poskytla větší jistotu výsledků.

Porovnání s prací Stein a Tolpekin přineslo potvrzení základních předpokladů, že ostrůvky vegetace mají klíčovou roli v regeneraci a udržitelnosti ekosystémů. Jejich schopnost fungovat jako záchranné mosty pro biodiverzitu po požáru je zásadní, a to nejen pro samotnou vegetaci, ale i pro další životní procesy v krajině. Podařilo se zde potvrdit hlavní myšlenku jejich práce a replikovat to na nová data. Díky převzetí jejich metodologie a přeměně podstup dle současných možností a dat bylo dosaženo podobných výsledků a ve výsledcích Indexu NDVI. Pro lepší pochopení vývoje a dynamiky vegetačních ostrovů by bylo vhodné použít další statistické funkce, aby se podařilo pochopit chování a umístění těchto děr v rámci rozsáhlých lesních požárů.

Co se týče statistických metod, zatímco analýza poskytla přesvědčivé důkazy o

shlukování vegetačních ostrůvků, existuje prostor pro jejich další zdokonalení. Lepší porozumění aplikovaných statistických metod by mohlo poskytnout ještě detailnější vhled do prostorových vzorců a vztahů mezi ostrůvky a spálenými oblastmi.

Další výzkumy, jako jsou studie Koldena et al. (2017) a Keppel et al. (2012), které rovněž potvrzují klíčovou roli nezasazených ostrůvků jako refugií pro biodiverzitu a obnovu ekosystémů, byly příznivě srovnávány s výsledky této práce. Tyto ostrůvky nejen podporují regeneraci vegetace, ale také poskytují útočiště pro ohněm citlivé druhy a napomáhají rychlejšímu uzdravení okolního prostředí po požárech. Určitě se může potvrdit toto pozorování, jelikož se jedná o poměrně rozsáhlé plochy vegetace v rámci vegetace, kdy např. pro požáry v letech 2019 a 2020 byla průměrná velikost této díry 31,62 ha, což je masivní plocha, která dokáže poskytnout útočiště pro živočichy a rostliny.

V rámci širšího výzkumu je zřejmé, že by bylo přínosné zkoumání dále rozšířit o terénní průzkum. Přímé pozorování a sběr dat by přineslo hlubší porozumění aktuálního stavu vegetace a mikroklimatu v nezasazených ostrůvcích, což by bylo výhodné pro vytváření efektivnějších strategií prevence a řízení požárů. Přímá data z terénu a odebrání půdních vzorků pro pochopení vývoje a výskytů půd po požáru může taky posloužit k lepšímu pochopení vývoje vegetace v těchto oblastech.

Tato pozorování jsou v souladu s předchozími studiemi (Meddens et al., 2016; Wang Wang Cao, 2023), které také potvrdily klíčovou roli nezasazených ostrůvků jako refugií pro biodiverzitu a obnovu ekosystémů. Studie ukázaly, že ostrůvky jsou významné pro obnovu vegetace, a to jak díky fyzikálním vlastnostem vegetace, tak díky specifickým ekosystémovým podmínkám, které zajišťují jejich odolnost vůči ohni.

Dle zjištěných dat o výskytu jednotlivých druhů vegetace v oblastech požáru a děr v požáru byla zjištěna důležitá informace o rozdílných druzích lesů. Potvrdilo se, že zatímco mokré schlerofylové lesy mohou fungovat jako bariéry pro požáry díky své vlhkosti a odolnosti, suché schlerofylové lesy s eukalyptovými porosty mohou jednou zasaženy požárem způsobit jeho intenzivnější šíření.

V konečném důsledku práce odráží komplexní přístup k tématu, který se opírá o kombinaci GIS analýz, satelitních dat a statistických metod. Přispívá tak k rozšířenému porozumění lesních požárů v Austrálii a jejich dopadů na ekosystémy.

## 7. Závěr

V rámci rozsáhlých požárů v Austrálii v letech 2019 až 2020 bylo provedeno zkoumání fenoménu ostrůvků nezasažené vegetace, které byly identifikovány a prostorově analyzovány pomocí statistických metod a dálkového průzkumu Země. Hlavní výsledky naznačují, že ostrůvky vegetace, které unikly ničivým účinkům požárů, nebyly rozloženy náhodně, nýbrž prokázaly výrazné shlukování, což bylo potvrzeno vysokými hodnotami Moranova indexu  $I$  a statisticky významnými  $z$ -skóre. Při detailnější studování Moranova  $I$  indexu, který se pohybuje v hodnotách mezi 0.974579 a 0.989179, je zřejmé, že rozložení ostrůvků není náhodné. Hodnoty  $z$ -score, které se pohybují v intervalu 27.418788 až 44.286791, společně s extrémně nízkými  $p$ -hodnotami, jasně potvrzují statisticky významné shlukování.

Analýza NDVI odhalila, že ačkoliv se zdraví vegetace v ostrůvcích po požáru obnovovalo, rozdíly mezi nezasaženými a spálenými oblastmi zůstaly výrazné, což podtrhuje jejich odolnost a význam pro ekologickou regeneraci. Např. v požáru s 2. největším množstvím ostrovů bylo pro tyto ostrovy a buffer ve velikosti 2 km zjištěno NDVI rok po požáru ve výši 0,45, zatímco v samotném požáru a většině území tato hodnota byla 0,18. Bylo zjištěno, že tato místa hrají klíčovou roli jako refugia pro biodiverzitu, což je v souladu s předchozími výzkumy a přispívá k rozvoji strategií pro obnovu a řízení ekosystémů v kontextu častějších a intenzivnějších požárů.

Významný přínos této práce spočíval v přiblížení metodiky Stein a Tolpekin k lokálním podmínkám NSW a aktualizovaným datům, což přineslo nové poznatky o prostorové distribuci a regeneraci vegetace po rozsáhlých lesních požárech. Bylo objasněno, jak nezasažené ostrůvky přispívají k celkové obnově ekosystému a zdůrazněna potřeba dalšího výzkumu těchto důležitých ekosystémových komponent.

To vše bylo umožněno velmi dobrému mapování požárů v Austrálii, kde vlastní služba monitoruje a hlásí požáry nepřetržitě, a kvalita dat týkajících se požárů i vegetace byla na vysoké úrovni. Bylo potvrzeno, že ostrůvky napomáhají regeneraci vegetace a urychlují uzdravování okolního prostředí, což odpovídá zjištěním práce Stein a Tolpekin, jež sloužila jako vzor pro tuto bakalářskou práci.

I přes dosažené výsledky bylo konstatováno, že statistické zpracování mohlo být provedeno detailněji pro hlubší pochopení. Navrhuje se, že budoucí výzkumy by mohly zahrnovat terénní průzkumy prováděné ekology, které by umožnily získat detailnější informace o stavu vegetace a prostředí, s důrazem na jejich aplikaci v prevenci vzniku požárů a přispění k lepší ochraně biodiverzity a zlepšení managementu ekosystémů.

## 8. Seznam použité literatury

1. Andrews, P. L. (2018). The Rothermel surface fire spread model and associated developments: A comprehensive explanation.
2. BADDELEY, Adrian; RUBAK, Ege; TURNER, Rolf. *Spatial point patterns : methodology and applications with R*. Boca Raton ; London ; New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016. ISBN 978-1-4822-1020-0.
3. Bailey, T. C., & Gatrell, A. C. (1995). *Interactive spatial data analysis* (Vol. 413, No. 8). Essex: Longman Scientific & Technical.
4. Boer, M.M., Resco de Dios, V. & Bradstock, R.A. Unprecedented burn area of Australian mega forest fires. *Nat. Clim. Chang.* **10**, 171–172 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0716-1>
5. Bradstock, Ross Andrew, Richard James Williams, and Arthur Malcolm Gill, eds. *Flammable Australia: fire regimes, biodiversity and ecosystems in a changing world*. CSIRO publishing, 2012.
6. Casallas, A., Jiménez-Saenz, C., Torres, V., Quirama-Aguilar, M., Lizcano, A., Lopez-Barrera, E. A., ... & Arenas, R. (2022). Design of a forest fire early alert system through a deep 3D-CNN structure and a WRF-CNN bias correction. *Sensors*, *22*(22), 8790.
7. Council, C. (2017). Cities Power Partnership.
8. Dahl, E. (1946). On different types of unglaciated areas during the ice ages and their significance to phytogeography. *The New Phytologist*, *45*(2), 225-242.
9. DeLong, S. C., & Kessler, W. B. (2000). Ecological characteristics of mature forest remnants left by wildfire. *Forest Ecology and Management*, *131*(1-3), 93-106.
10. Dickman, C. R., Hutchings, P., Law, B., & Lunney, D. (2022). Raking over the ashes: assessing the impact of fire on native fauna in the aftermath of Australia's 2019–2020 fires. *Australian Zoologist*, *42*(2), 643-653.
11. Diggle, P. J. (2015). Statistics: a data science for the 21st century. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, *178*(4), 793-813.
12. DIGGLE, Peter. *Statistical analysis of spatial and spatio-temporal point patterns*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014. ISBN 978-1-4665-6023-9.
13. Elton, P., & Fitzsimons, J. A. (2023). Framework features enabling faster establishment and better management of privately protected areas in New South Wales, Australia. *Frontiers in Conservation Science*, *4*, 1277254.
14. Framework, A. Q. (2023). Australian Government. *Department of*.
15. Graham, A. M., Pringle, K. J., Pope, R. J., Arnold, S. R., Conibear, L. A., Burns, H., ... & McQuaid, J. B. (2021). Impact of the 2019/2020 Australian megafires on air quality and health. *GeoHealth*, *5*(10), e2021GH000454. <https://doi.org/10.1029/2021GH000454>
16. HAINING, Robert P. *Spatial data analysis : theory and practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. ISBN 0-521-77437-3.
17. HAINING, Robert P. *Spatial data analysis : theory and practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. ISBN 0-521-77437-3.
18. Haque, Md Kamrul, et al. "Wildfire in Australia during 2019-2020, its impact on health, biodiversity and environment with some proposals for risk management: a review." *Journal of Environmental Protection* *12.6* (2021): 391-414.
19. Keith, D. A. (2004). *Ocean shores to desert dunes: the native vegetation of New South Wales and the ACT*. Department of Environment and Conservation (NSW).
20. Kelly, L. T., Haslem, A., Holland, G. J., Leonard, S. W., MacHunter, J., Bassett, M., ... & York, A. (2017). Fire regimes and environmental gradients shape vertebrate and plant distributions in temperate eucalypt forests. *Ecosphere*, *8*(4), e01781.
21. Keppel, G., Van Niel, K. P., Wardell-Johnson, G. W., Yates, C. J., Byrne, M., Mucina, L., ... & Franklin, S. E. (2012). Refugia: identifying and understanding safe havens for biodiversity under climate change. *Global ecology and biogeography*, *21*(4), 393-404.

22. Kiskowski, M. A., Hancock, J. F., & Kenworthy, A. K. (2009). On the use of Ripley's K-function and its derivatives to analyze domain size. *Biophysical journal*, 97(4), 1095-1103.
23. Kolden, C. A., & Henson, C. (2019). A socio-ecological approach to mitigating wildfire vulnerability in the wildland urban interface: A case study from the 2017 Thomas fire. *Fire*, 2(1), 9.
24. Lee, Wonjoo, Jae Hoon Lim, and Kwang Min Moon. "Effect of Preventive and Prepared Fire Administration on Response Fire Administration." *Fire Science and Engineering* 34.2 (2020): 120-130.
25. Lindenmayer, David B., and Chris Taylor. "New spatial analyses of Australian wildfires highlight the need for new fire, resource, and conservation policies." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117.22 (2020): 12481-12485.
26. Meddens, A. J., Kolden, C. A., Lutz, J. A., Smith, A. M., Cansler, C. A., Abatzoglou, J. T., ... & Krawchuk, M. A. (2018). Fire refugia: what are they, and why do they matter for global change?. *BioScience*, 68(12), 944-954.
27. O'SULLIVAN, David; UNWIN, D. *Geographic information analysis*. Hoboken: Wiley, 2010. ISBN 978-0-470-28857-3.
28. Peace, M., Charney, J., & Bally, J. (2020). Lessons learned from coupled fire-atmosphere research and implications for operational fire prediction and meteorological products provided by the Bureau of Meteorology to Australian Fire Agencies. *Atmosphere*, 11(12), 1380.
29. Provan, J., & Bennett, K. D. (2008). Phylogeographic insights into cryptic glacial refugia. *Trends in ecology & evolution*, 23(10), 564-571.
30. Ross, P. M., & Adam, P. (2013). Climate change and intertidal wetlands. *Biology*, 2(1), 445-480.
31. Shukla, P. R., Skeg, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H. O., Roberts, D. C., ... & Malley, J. (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
32. Stein, S. & Tolpekin, V. (2018). Uncertainty in the modeling of spatial big data on a pattern of bushfires holes. *Natural Resource Modelling*, 31(3)
33. Wang, S., Wang, X., & Cao, W. (2023). Fertile Island Soils Promote the Restoration of Shrub Patches in Burned Areas in Arid Saline Land. *Fire*, 6(9), 341.

### Zdroje obrázků

Obázek1-Identificación de refugios climáticos utilizando modelos de distribución potencial para el Noreste de México - Scientific Figure on ResearchGate.Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Posibles-metodos-para-la-identificacion-de-refugios-climaticos-Keppel-et-al-2012\\_fig5\\_328891064](https://www.researchgate.net/figure/Posibles-metodos-para-la-identificacion-de-refugios-climaticos-Keppel-et-al-2012_fig5_328891064) [accessed 28 Mar, 2024]

Obrázek 3.Dostupné z: <https://gradientimaging.ca/what-is-ndvi/>

### Seznam obrázků.

Obrázek 1:Vznik refugia-útočiště.....	6
Obrázek 2:Zájmová oblast pro požáry v roce 2019 a 2020.....	11
Obrázek 3:Výpočet NDVI.....	15
Obrázek 4:Graf s daty vzniku požárů .....	16
Obrázek 5:Četnost ostrovu v požárech .....	17
Obrázek 6:Graf s příčiny vzniku požáru .....	17
Obrázek 7:K funkce pro nejvíce ostrovů .....	20
Obrázek 8:K funkce pro 2.požár s nejvíce ostrovy .....	20
Obrázek 9:K funkce pro nejvíce ostrovů .....	20
Obrázek 10K funkce pro 2.požár s nejvíce ostrovy .....	21
Obrázek 11:Vývoj NDVI indexu v 2. největším požáru.....	22
Obrázek 12:Vývoj NDVI po požáru.....	23

Obrázek 13:Vývoj NDVI v 3. požáru s nejvíce ostrovy .....	24
Obrázek 14:Druhy vegetace v oblasti nezasažené požárem.....	25
Obrázek 15::Druhy vegetace v oblasti zasažené požárem.....	26

### Seznam tabulek

Tabulka 1:Hodnoty Moranova Indexu (vlastní zdroj) .....	18
---	----