

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra informačního inženýrství**



## **Bakalářská práce**

**Analýza lesních požárů pomocí GIS nástrojů**

**Vladislav Yurikov**

© 2024 ČZU v Praze



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vladislav Yurikov

Informatika

Název práce

**Analýza lesních požárů pomocí GIS nástrojů**

Název anglicky

**Forest fire analysis using GIS tools**

---

### Cíle práce

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku lesních požárů v Evropě. Hlavním cílem práce je analýza příčin požárů, jejich důsledků a možností jejich prevence pomocí informačních technologií. Dílčími cíli jsou návrhy na konkrétní postupy vedoucí k efektivnímu využívání GISu a jiných technologií.

### Metodika

Metodika teoretické části bude založena na studiu dostupných vědeckých informačních zdrojů. Následně bude provedena podrobná analýza procesu vzniku lesních požárů v prostředí GIS. V praktické části bude postup pro analýzu jednotlivých lesních požárů na území EU za použití vhodných automatizačních nástrojů a statistických modelů. Na základě výsledků praktické implementace budou stanoveny závěry práce.

## Doporučený rozsah práce

40

## Klíčová slova

Geoinformační technologie, pravděpodobnost lesních požárů, meteorologická data, Python, ArcGis

---

## Doporučené zdroje informací

- ABDI, O., KAMKAR, B., SHIRVANI, Z., DA SILVA, J. A. T., BUCHROITHNER, M. F. (2018): Spatial-statistical analysis of factors determining forest fires: A case study from Golestan, Northeast Iran. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 9, č. 1, s. 267–280. doi: 10.1080/19475705.2016.1206629
- LAWHEAD, Joel. *Learning Geospatial Analysis with Python*. Packt Publishing, Limited, 2015. ISBN 9781785281419
- TOMS, Silas and Dara O'BEIRNE. *ArcPy and ArcGIS. Second Edition*. Packt Publishing, Limited, 2017. ISBN 9781787280410
- XIAO, Ningchuan. *GIS Algorithms*. SAGE Publications, 2015. ISBN 9781446274323
- YANG, Chaowei. *Introduction to GIS Programming and Fundamentals with Python and ArcGIS®*. Taylor & Francis Group, 2017. ISBN 9781466510098

---

## Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Jakub Konopásek, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra informačního inženýrství

Elektronicky schváleno dne 31. 10. 2022

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2022

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2024

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Analýza lesních požárů pomocí GIS nástrojů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.3.2024

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jakubu Konopáskovi, Ph.D. za vedení mé práce, trpělivost, dobré rady a odpovědi na všechny mé otázky. Dále bych chtěl vyjádřit svou vděčnost systému European Forest Fire Information System za poskytnutí dat na základě mého individuálního požadavku, která byla klíčová pro realizaci této bakalářské práce.

# **Analýza lesních požárů pomocí GIS nástrojů**

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se věnuje komplexní analýze lesních požárů v Evropě, jejich příčinám, následkům a způsobům prevence se zaměřením na využití geografických informačních systémů (GIS) a dalších informačních technologií.

Teoretická část se zabývá hlavními koncepty a metodikami souvisejícími s GIS, analýzou dat a řízením přírodních rizik a poskytuje základní znalosti o mechanismech vzniku lesních požárů a možnostech moderních technologií při jejich prevenci. Zohledněny jsou nejen technické aspekty aplikací GIS, ale také ekologie, řízení rizik a plánování prevence katastrof.

V praktické části jsou analyzovány případové studie lesních požárů, k nimž došlo v Evropě, s využitím GIS a dalších analytických nástrojů. Zvláštní pozornost je věnována studiu vlivu meteorologických podmínek na šíření požárů, identifikaci nejohroženějších oblastí a vypracování doporučení pro zlepšení účinnosti systému prevence a reakce na lesní požáry. Praktická část ilustruje možnosti GIS při sběru, zpracování a analýze geoprostorových dat a nabízí inovativní přístupy k monitorování životního prostředí a řízení přírodních rizik.

Výsledek práce ukazuje, jak lze teoretické znalosti a praktické dovednosti získané studiem využít ke zlepšení strategií prevence lesních požárů v Evropě. Analýza potvrzuje význam GIS a informačních technologií při řešení složitých environmentálních problémů a usnadňuje vývoj účinných a cílených opatření ke snížení rizik a dopadů lesních požárů.

**Klíčová slova:** Geoinformační technologie, pravděpodobnost lesních požárů, meteorologická data, Python, ArcGis

# Forest fire analysis using GIS tools

## Abstract

This bachelor thesis is devoted to a comprehensive analysis of forest fires in Europe, their causes, consequences and prevention methods with a focus on the use of Geographical Information Systems (GIS) and other information technologies.

The theoretical part deals with the main concepts and methodologies related to GIS, data analysis and natural risk management and provides a basic understanding of the mechanisms of forest fires and the possibilities of modern technologies in their prevention. Not only technical aspects of GIS applications are considered, but also ecology, risk management and disaster prevention planning.

In the practical part, case studies of forest fires occurring in Europe are analysed using GIS and other analytical tools. Particular attention is paid to studying the influence of meteorological conditions on the spread of fires, identifying the most vulnerable areas and developing recommendations for improving the effectiveness of the forest fire prevention and response system. The practical part illustrates the potential of GIS in the collection, processing and analysis of geospatial data and offers innovative approaches to environmental monitoring and natural risk management.

The results of the work show how the theoretical knowledge and practical skills gained from the study can be used to improve forest fire prevention strategies in Europe. The analysis confirms the importance of GIS and information technology in addressing complex environmental problems and facilitates the development of effective and targeted measures to reduce the risks and impacts of forest fires.

**Keywords:** Geoinformation technology, forest fire probability, meteorological data, Python, ArcGis



## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a metodika .....</b>	<b>12</b>
2.1	Cíl práce .....	12
2.2	Metodika .....	12
<b>3</b>	<b>Teoretická východiska .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Geografický informační systém .....</b>	<b>13</b>
3.1.1	Co je GIS? .....	13
3.1.2	Součásti GIS .....	14
3.1.3	Nutnost programování pro GIS .....	15
3.1.4	Aplikace GIS ve výzkumu lesních požárů .....	16
3.1.5	Evropský systém pro informace o lesních požárech (EFFIS) .....	16
<b>3.2</b>	<b>Produkty Esri .....</b>	<b>17</b>
3.2.1	ArcGis Pro .....	18
3.2.2	Rozhraní ArcGis Pro .....	20
<b>3.3</b>	<b>Python .....</b>	<b>21</b>
3.3.1	Historie vzniku .....	22
3.3.2	Popularita ve vědeckém výzkumu .....	22
3.3.3	Základy programovacího jazyka Python .....	22
3.3.4	Knihovny Pythonu pro zpracování dat a geoprostorovou analýzu .....	24
3.3.5	Knihovna ArcPy .....	27
<b>3.4</b>	<b>Lesní požáry .....</b>	<b>28</b>
3.4.1	Příčiny lesních požárů .....	29
3.4.2	Charakter požáru .....	29
3.4.3	Klasifikace lesních požárů .....	30
3.4.4	Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) .....	31
<b>4</b>	<b>Praktická část .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Zpracování dat .....</b>	<b>32</b>
4.1.1	Přehled dat .....	32
4.1.2	Vyčištění dat pro další analýzu .....	34
<b>4.2</b>	<b>Komplexní analýza údajů o požárech v Portugalsku .....</b>	<b>36</b>
4.2.1	Analýza oblastí Portugalska náchylných k lesním požárům .....	36

4.2.2	Analýza vlivu typu půdního pokryvu na lesní požáry v Portugalsku .....	38
4.2.3	Sezónní trendy a roční dynamika lesních požárů v Portugalsku (2019-2023) .....	41
<b>4.3</b>	<b>Podrobná analýza výskytu lesních požárů v Portugalsku pro rok 2022 s využitím GIS</b>	<b>43</b>
4.3.1	Analýza centroidů spálených ploch: prostorové a časové rozložení .....	43
4.3.2	Automatizace vytváření mapových vrstev z dat o požárech pomocí v ArcGIS Pro .....	44
4.3.3	Vytváření nárazníkových zón v aplikaci ArcGIS Pro na základě analýz dat o požárech v přírodě 46	
4.3.4	Agregace a analýza průjezdů nárazníkovou zónou .....	48
4.3.5	Analýza křížení ochranných zón lesních požárů v ArcGIS Pro .....	51
<b>4.4</b>	<b>Analýza povětrnostních faktorů a jejich vlivu na požární aktivitu ve vybrané oblasti</b>	<b>53</b>
4.4.1	Přehled a zpracování dat .....	53
4.4.2	Komplexní syntéza vlivu povětrnostních faktorů na dynamiku požárů .....	55
<b>5</b>	<b><i>Výsledky a diskuse</i></b> .....	<b>67</b>
<b>6</b>	<b><i>Závěr</i></b> .....	<b>69</b>
<b>7</b>	<b><i>Seznam literatury</i></b> .....	<b>70</b>
<b>8</b>	<b><i>Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk</i></b> .....	<b>74</b>
8.1	Seznam obrázků .....	74
8.2	Seznam grafů .....	75

# 1 Úvod

V posledních letech se na celém světě zvýšil počet lesních požárů, jejichž následky mají obrovský dopad na ekosystémy, ekonomiky a lidská společenství. Tento varující trend zdůrazňuje zásadní potřebu vyvinout a uplatňovat účinné metody monitorování a prevence těchto katastrof. Zájem o problematiku ochrany životního prostředí a snaha o udržitelný rozvoj spolu s pozorností věnovanou moderním technologiím a jejich využití při monitorování životního prostředí přispěly k volbě tématu této studie. Studie si klade za úkol pomocí pokročilých analytických technik důkladně analyzovat souvislosti mezi meteorologickými faktory a aktivitou lesních požárů. To umožní nejen lépe pochopit dynamiku lesních požárů, ale také vypracovat účinné strategie a doporučení pro jejich prevenci a kontrolu. (EUROPEAN COMMISSION, 2023)

Zvláštní pozornost studie věnuje studiu možností geografických informačních systémů (GIS) při analýze příčin a následků lesních požárů a při identifikaci nejzranitelnějších oblastí. Zvážení praktických aspektů využívání technologií GIS umožní identifikovat nové přístupy a nástroje pro zlepšení systémů prevence a reakce na lesní požáry. Tato práce se tak snaží přispět ke zvýšení environmentální bezpečnosti a zlepšení účinnosti správy přírodních zdrojů prostřednictvím inovativních technologických řešení.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku lesních požárů v Evropě. Hlavním cílem práce je analýza příčin požárů, jejich důsledků a možností jejich prevence pomocí informačních technologií. Dílčími cíli jsou návrhy na konkrétní postupy vedoucí k efektivnímu využívání GISu a jiných technologií.

### **2.2 Metodika**

Metodika teoretické části bude založena na studiu dostupných vědeckých informačních zdrojů. Následně bude provedena podrobná analýza procesu vzniku lesních požárů v prostředí GIS. V praktické části bude postup pro analýzu jednotlivých lesních požárů na území EU za použití vhodných automatizačních nástrojů a statistických modelů. Na základě výsledků praktické implementace budou stanoveny závěry práce.

### **3 Teoretická východiska**

Teoretická část této bakalářské práce poskytuje základní rámec pro pochopení komplexní problematiky lesních požárů, jejich příčin, důsledků a možností prevence s využitím moderních informačních technologií. V úvodu jsou představeny klíčové koncepty, definice a teoretické přístupy, které tvoří základ pro hlubší analýzu v praktické části práce. Diskutuje se zde o významu geografických informačních systémů (GIS), pokročilých analytických metod a využití programování pro zpracování a interpretaci dat souvisejících s lesními požáry.

Dále je v teoretické části poskytnut přehled o současném stavu výzkumu v oblasti prevence lesních požárů, včetně přístupů k monitorování a analýze rizik. Zahrnuje představení nejnovějších technologických trendů a metod, které umožňují efektivnější sběr dat, jejich analýzu a interpretaci s cílem formulovat účinné strategie pro minimalizaci rizika a dopadu požárů na životní prostředí a společnost. Tato část práce klade důraz na multidisciplinární přístup, který kombinuje poznatky z oblasti environmentálních věd, informatiky a krizového managementu, aby poskytl ucelený pohled na výzvy a řešení spojené s lesními požáry.

#### **3.1 Geografický informační systém**

Geografické informační systémy (GIS) jsou v dnešní době nezastupitelným nástrojem v boji proti přírodním katastrofám, včetně lesních požárů. Úvodní blok se zaměřuje na základy GIS, odhaluje jeho schopnost vizualizovat, analyzovat a interpretovat geoprostorová data s cílem identifikovat rizika a monitorovat dynamiku požárů. Představuje, jak programování a pokročilé nástroje otevírají dveře k sofistikovaným geoprostorovým analýzám, čímž podporují efektivnější řízení a prevenci lesních požárů. Tato část podtrhuje význam GIS jako multidisciplinárního nástroje, který propojuje technologickou inovaci s environmentálním věděním, a klade základ pro další praktické aplikace v rámci práce. (Bolstad, 2016)

##### **3.1.1 Co je GIS?**

Geografický informační systém (GIS) je komplexní integrace výpočetních technologií, geografických dat a technik pro zpracování, správu, analýzu a vizualizaci prostorových informací. Systém poskytuje možnosti zkoumání geografických a prostorových vztahů a otevírá nové možnosti pro vědecký výzkum a analytickou práci. Charakteristickým rysem

GIS je jeho vlastnost nejen vytvářet mapy, ale také provádět hluboké analytické studie, které umožňují odhalit dynamiku a podstatu různých jevů. Systém kombinuje tradiční databázové operace, jako jsou dotazy a statistická analýza, s výhodami, které nabízí kartografická vizualizace a geografická analýza. To umožňuje uživatelům nejen sledovat polohu objektů nebo jevů, které je zajímají, ale také provádět vícerozměrné analýzy příčin a podmínek jejich vzniku a vývoje. (Lawhead, 2015)

Pomocí schopnosti přizpůsobovat se a integrovat rozmanitá data, od geografických map po satelitní snímky a dopravní informace, překračují moderní GIS tradiční mapy. GIS nalézá uplatnění v mnoha oblastech, včetně územního plánování, správy přírodních zdrojů, ekologie, marketingu a logistiky. Hraje klíčovou roli v plánování a rozhodování díky schopnosti poskytnout detailní analýzu a komplexní pohled na prostorová data. (Bolstad, 2016)

V současnosti představuje GIS mnohamilionový průmysl, s stovkami tisíc odborníků pracujících na řešení globálních i lokálních problémů – od změny klimatu a správy přírodních zdrojů po městské plánování a dopravní řízení. Tato technologie poskytuje hlubší porozumění a lepší správu světa, umožňující řešit složité výzvy pomocí inovativních přístupů. (Yang, 2017)

### 3.1.2 Součásti GIS

Komponenty geografického informačního systému (GIS) jsou fundamentální pro zajištění jeho efektivní funkčnosti. Zahrnují hardwarovou infrastrukturu, softwarové aplikace, geoprostorová data, personální složku a metodologické postupy. Každý z těchto prvků hraje v rámci systému nezastupitelnou roli. (LAWHEAD, 2015)

Hardware GIS je charakterizován univerzalitou, umožňuje použití na různých počítačových platformách. Tato přizpůsobivost sahá od výkonných serverů až po osobní počítače, což podtrhuje flexibilitu a škálovatelnost systému. Pokrok v hardwaru GIS byl nedílnou součástí jeho vývoje, protože umožnil uživatelům z různých oborů efektivní přístup k těmto systémům a jejich využívání. (Bolstad, 2016)

Stejně zásadní je i softwarová složka GIS. Zahrnuje řadu funkcí nezbytných pro správu, analýzu a vizualizaci geoprostorových dat. Mezi základní prvky softwaru GIS patří systémy pro správu databází a nástroje pro práci s geodaty, doplněné o uživatelsky přívětivá grafická rozhraní. Významným příkladem pokročilého softwaru GIS je ArcGIS společnosti

ESRI, který je známý svou komplexní sadou nástrojů usnadňujících zadávání dat, manipulaci s nimi a jejich analýzu. (GISGEOGRAPHY, 2024)

Data jsou základem každého GIS. Geoprostorová data spolu se souvisejícími informacemi tvoří základ, na němž se provádějí operace v GIS. (LAWHEAD, 2015)

Lidský prvek, označovaný jako vykonavatelé, zahrnuje řadu profesionálů, kteří s GIS pracují. Do této skupiny patří nejen vývojáři a techničtí odborníci, kteří GIS budují a udržují, ale také koncoví uživatelé, kteří systém používají při každodenním řešení problémů. Odborné znalosti a dovednosti těchto osob jsou pro efektivní používání technologie GIS zásadní. (Bolstad, 2016)

A konečně, metody používané v GIS jsou klíčem k jeho úspěšné implementaci. Zahrnují vývoj a implementaci specifických technik a pokynů přizpůsobených jedinečným požadavkům různých organizací a projektů. K těmto metodám patří různé techniky prostorové analýzy, modelování a vizualizační algoritmy. Jejich hlavním úkolem je transformovat nezpracovaná data do použitelných informací, které pomáhají při rozhodování. Klíčová je flexibilita a přizpůsobivost těchto metod, která umožňuje jejich přizpůsobení různým cílům a výzvám. (GISGEOGRAPHY, 2024)

Právě integrace těchto složek činí z GIS mimořádně cenný a všestranný nástroj. Jeho aplikace sahají od vědeckého výzkumu a správy zdrojů až po plánování městské infrastruktury, což podtrhuje jeho význam jako multifunkční technologie v řadě oborů. (LAWHEAD, 2015)

### 3.1.3 Nutnost programování pro GIS

Programování je základním prvkem v rámci geografických informačních systémů (GIS), hrající zásadní roli v širokém spektru environmentálních studií, včetně meteorologie, ekologie, a analýzy požárních rizik. Přesah jeho aplikací v této doméně je rozsáhlý, od vývoje aplikací pro real-time monitorování meteorologických podmínek, které zahrnují komplexní integraci dat získaných z různých zdrojů včetně satelitů a pozemních stanic, po automatizaci sběru a analýzy dat o životním prostředí. Tento automatizovaný proces, často realizovaný pomocí skriptů v Pythonu, umožňuje efektivní zpracování a vizualizaci dat v systémech jako ArcGIS. (Yang, 2017)

Klíčovou oblastí, kde programování v GIS nachází uplatnění, je monitorování a prevence požárů. Dopravní společnosti operující v oblastech s vysokým rizikem vzniku požárů mohou využívat GIS software k sledování polohy vozidel a identifikaci rizikových

oblastí, s výstrahami generovanými v reálném čase při přiblížení k potenciálně nebezpečným zónám. Taktéž v oblasti vzdělávání, kde studenti věnující se environmentálním vědám mohou participovat na projektech zaměřených na modelování distribuce znečišťujících látek v atmosféře či vodních tocích. Tyto iniciativy vyžadují sofistikované GIS programovací dovednosti pro sběr, analýzu a vizualizaci dat, umožňující hlubší pochopení a interpretaci environmentálních procesů a rizik. (Xiao, 2015)

#### 3.1.4 Aplikace GIS ve výzkumu lesních požárů

V analýze a předpovídání chování požárů se geoinformační systémy (GIS) a zejména analýza meteorologických a klimatických dat ukazují jako nezastupitelné nástroje. Využitím funkcionalit nástrojů jako ArcGIS pro detailní zpracování a modelování dat, jako jsou teplota, vlhkost, směr a rychlost větru, nebo množství a typ srážek, je možné s vysokou přesností identifikovat oblasti s vysokým rizikem vzniku a šíření požárů. (Mateus, 2014)

Pomocí technologií GIS lze vytvářet sofistikované modely, které zahrnují proměnlivé meteorologické podmínky a jejich vliv na potenciální rizika a dynamiku požárů. Modely umožňují simulovat různé scénáře a poskytují cenné informace pro vývoj preventivních opatření a strategií řízení požárů. V této souvislosti hrají klíčovou roli algoritmy umožňující interpolaci meteorologických údajů, jako je metoda IDW (Inverse Distance Weighting), která umožňuje předpovídat šíření požáru na základě aktuálních a historických meteorologických údajů. (Yang, 2017)

Automatizace procesů analýzy a modelování pomocí skriptování v jazyce Python a nástroje ArcPy přináší značné zvýšení efektivity při zpracování velkých objemů dat a umožňuje rychlé reagování na měnící se podmínky v reálném čase. Tento přístup umožňuje vytvářet detailní a aktualizované modely, které jsou klíčové pro efektivní preventivní opatření a rychlou reakci v případě vzniku požárů. (Abdi, 2018)

Využitím GIS a pokročilých analýz meteorologických dat tak lze dosáhnout významného pokroku v oblasti pochopení, předpovídání a řízení lesních požárů, což přispívá k lepší ochraně ekosystémů, majetku a lidských životů před ničivými účinky požárů. (Abdi, 2018)

#### 3.1.5 Evropský systém pro informace o lesních požárech (EFFIS)

Evropský systém pro informace o lesních požárech (EFFIS) slouží jako zásadní nástroj Evropské unie pro monitorování, hodnocení rizik a koordinaci reakcí na lesní požáry na



kontinentální úrovni. Zavedený v roce 1998 iniciativou Generálního ředitelství pro životní prostředí Evropské komise a Evropské agentury pro životní prostředí, EFFIS shromažďuje data z různých zdrojů, včetně satelitních snímků a meteorologických stanic, aby poskytoval průběžné monitorování a identifikaci nově vzniklých požárů. (EUROPEAN COMMISSION, 2016)

Systém využívá pokročilé modely k předpovídání rizika vzniku požárů na základě aktuálních povětrnostních podmínek a stavu vegetace a pomáhá vyhodnotit rozsah a závažnost škod na lesních ekosystémech po uhašení požáru. Tato funkce je klíčová pro plánování obnovy a prevenci budoucích požárů. Vzhledem ke schopnosti systému EFFIS integrovat velké množství dat a poskytovat přesné informace zvyšuje systém účinnost prevence a zmírňování následků požárů, čímž přispívá k ochraně lesů, biologické rozmanitosti a zajištění bezpečnosti veřejnosti. Pro účely této práce byla specifická data o požárech na území Evropy čerpána přímo z portálu Evropského systému pro informace o lesních požárech (EFFIS), což poskytuje důkaz o aplikaci geoinformačních systémů a informačních technologií v rámci strategií prevence, monitorování a reakce na lesní požáry na kontinentální úrovni, zdůrazňujíc tak význam těchto technologií pro zlepšení ochranných opatření a reakční schopnosti v případě lesních požárů v Evropě. (SAN-MIGUEL-AYANZ, 2012)

### **3.2 Produkty Esri**

V oblasti geografických informačních systémů (GIS) sehrál zásadní roli Institut pro výzkum environmentálních systémů (Esri), který byl založen v roce 1969. Produktová řada ArcGIS společnosti Esri vyniká jako základní pilíř ve vývoji technologií GIS. Cesta společnosti začala vytvořením softwaru ARC/INFO v roce 1982, prvního softwaru GIS pro minipočítače, který byl později upraven pro osobní počítače jako PC ARC/INFO. To znamenalo významný milník ve zpřístupňování technologií GIS a jejich uživatelské přívětivosti, což je téma, které přetrvává po celou dobu existence společnosti Esri. (ESRI, 2016)

V devadesátých letech 20. století byl představen program ArcView, který byl součástí neustálé snahy společnosti Esri o demokratizaci technologie GIS. Koncem devadesátých let došlo k dalšímu pokroku uvedením ArcInfo 8 a ArcIMS, které integrovaly místní data GIS s internetem, což odráželo vyvíjející se technologické prostředí. Vydání ArcGIS 8.1 v roce 2001 bylo přelomovou událostí, která položila základy současné rodiny

produktů ArcGIS. Tato verze nabídla komplexní řešení pro vizualizaci dat, geoprocessing, zpracování rastrových dat a serverové technologie. Následující verze, ArcGIS 9 a ArcGIS 10, vydané v roce 2004, resp. 2010, přinesly inovace v oblasti geoprostorových analýz a mapování a dále upevnily pozici ArcGIS jako lídra na trhu softwaru pro GIS. (GISGEOGRAPHY, 2024)

ArcGIS se vyznačuje schopností integrace s různými zdroji dat, což uživatelům umožňuje provádět rozsáhlé a mnohostranné analýzy. Jeho integrovaná platforma nabízí robustní nástroje pro mapování, prostorovou analýzu a správu dat, což z něj činí všestranný nástroj v různých oblastech od územního plánování až po správu životního prostředí. Esri se také aktivně podílí na vývoji vzdělávacích programů a poskytuje zdroje pro školení a rozvoj dovedností v oblasti GIS. Tato iniciativa zahrnuje webové semináře, semináře a kurzy zaměřené na šíření znalostí o GIS a podporu komunity kvalifikovaných odborníků. (Yang, 2017)

Významným aspektem vývoje ArcGIS je integrace skriptování v jazyce Python prostřednictvím knihovny ArcPy. Tato novinka umožňuje uživatelům automatizovat funkce aplikace ArcMap a usnadňuje tak komplexní prostorové analýzy a modelování. Zavedení knihovny ArcPy odráží skutečnost, že společnost Esri si uvědomuje význam programování pro rozvoj schopností GIS. (GISGEOGRAPHY, 2024)

Společnost Esri a její produkty ArcGIS se významně podílely na rozvoji GIS. Cesta společnosti Esri od průkopnictví GIS na minipočítačích až po vedoucí postavení v oblasti inovací GIS odráží závazek k dokonalosti v oblasti prostorových analýz a vizualizace dat. Integrace různých zdrojů dat a neustálý pokrok v možnostech softwaru zajišťují, že Esri a ArcGIS budou i nadále hrát klíčovou roli v oblasti GIS. S vývojem technologií GIS zůstává vliv společnosti Esri na utváření jejich budoucnosti významný, přičemž ArcGIS stojí v čele tohoto technologického vývoje. (GISGEOGRAPHY, 2024)

### 3.2.1 ArcGis Pro

Prezentace aplikace ArcGIS Pro společností Esri v roce 2015 signalizovala vstup do nové éry desktopových geoinformačních systémů (GIS), přičemž došlo k nahrazení předešlé platformy ArcMap. Tato evoluce představuje signifikantní posun v technologickém vývoji GIS, poskytující uživatelům modernizované uživatelské rozhraní, rozšířené funkcionality a integraci s celkovou infrastrukturou ArcGIS. (BOLSTAD, 2016)

Základní předností ArcGIS Pro je jeho komplexní sada nástrojů určených pro správu, analýzu a vizualizaci geoprostorových dat. Aplikace efektivně zpracovává různé formáty dat – od vektorových přes rastrové až po bodová mračna – což umožňuje uživatelům manipulovat s rozmanitými prostorovými informacemi. Pokročilé geoprocessingové nástroje aplikace podporují realizaci komplexních prostorových analýz, včetně prostorové interpolace, analýzy sítí a geostatistiky. (Law, 2021)

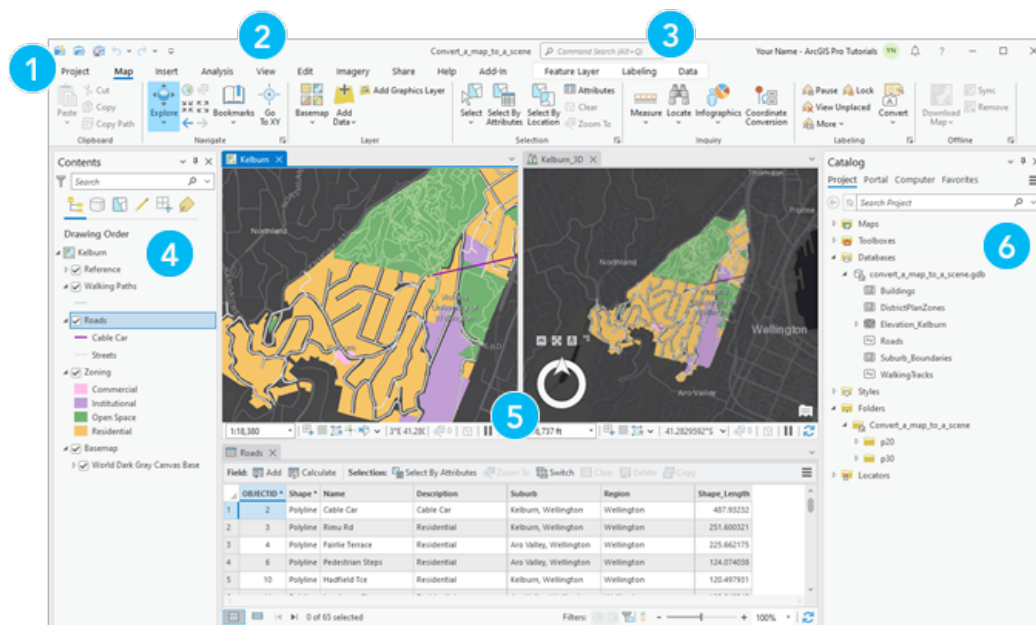
V oblasti vizualizace nabízí ArcGIS Pro rozsáhlé možnosti pro generování 2D a 3D map, grafů a dashboardů. Tato funkčnost umožňuje uživatelům přizpůsobit vizualizace specifickým požadavkům a cílům komunikace, přičemž podporuje integraci s technologiemi pro webové kartografické publikování, což facilituje sdílení map a dat online. Přepracované uživatelské rozhraní ArcGIS Pro, založené na páskové navigaci, umožňuje logickou organizaci nástrojů a zvyšuje intuitivnost a efektivitu pracovních procesů. Kontextové menu a nástrojové panely dále zlepšují ergonomii práce nabízením možností přizpůsobení založených na aktuálně vykonávané úloze. (Law, 2021)

Rozšíření funkcí ArcGIS Pro prostřednictvím modulů dostupných na platformě Esri AppSource umožňuje adresovat specifické aplikační potřeby v oblastech jako modelování životního prostředí, bezpečnostní analýzy nebo urbanistické plánování. Modularita ArcGIS Pro nabízí uživatelům možnost selektivně rozšiřovat funkční spektrum aplikace podle individuálních požadavků a pracovních postupů. (Law, 2021)

ArcGIS Pro se tak etabloval jako průmyslový standard mezi desktopovými GIS aplikacemi, přijatý širokou uživatelskou základnou zahrnující vládní instituce, soukromý sektor, akademickou sféru i neziskové organizace. Jeho pokročilé analytické možnosti, moderní uživatelské rozhraní a bezproblémová integrace s platformou ArcGIS představují nezbytný nástroj pro efektivní analýzu a vizualizaci prostorových dat. (BOLSTAD, 2016)

### 3.2.2 Rozhraní ArcGIS Pro

Rozhraní ArcGIS Pro (viz Obrázek 1) obsahuje několik klíčových prvků, které usnadňují interakci uživatele s daty, aplikací a dostupnými nástroji.



Obrázek 1 ArcGIS Pro interface

Zdroj: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/get-started/get-started.htm>

#### 1. Záložka Projekt

Karta Projekt je příkazové centrum ArcGIS Pro, kde může uživatel spravovat všechny aspekty projektu GIS. Jsou zde k dispozici funkce pro změnu nastavení systému, správu databázových připojení, import stávajících dokumentů GIS a konfiguraci obecných nastavení, jako jsou souřadnicové systémy a možnosti přístupu. (ESRI, 2022)

#### 2. Ribbon

Ribbon je inovativní ovládací prvek, který seskupuje nástroje a funkce do logických karet, díky čemuž je rozhraní přehlednější a méně nepřehledné. Každá karta shromažďuje související příkazy uspořádané do kontextových skupin, což usnadňuje navigaci a zrychluje přístup k potřebným nástrojům. (ESRI, 2022)

### **3. Panel vyhledávání příkazů**

Panel vyhledávání příkazů je výkonný nástroj pro rychlý přístup k potřebným funkcím. Stačí zadat klíčové slovo a systém nabídne příslušné příkazy a nástroje. To usnadňuje práci v ArcGIS Pro tím, že zkracuje dobu hledání a poskytuje okamžitý přístup k široké škále operací a nastavení. (ESRI, 2022)

### **4. Obsahová oblast**

Oblast obsahu je dynamická komponenta rozhraní, která zobrazuje vrstvy mapy nebo scény v logické hierarchii. Uživatel může vrstvy snadno spravovat změnou jejich pořadí, seskupení, nastavení viditelnosti a dalších vlastností, což zvyšuje efektivitu vizualizace a analýzy dat. (ESRI, 2022)

### **5. Tabulkové zobrazení**

Tabulkové zobrazení v ArcGIS Pro umožňuje zobrazit atributová data spojená s mapovými objekty. Funkce zahrnují třídění, filtrování, vyhledávání a editaci dat, což je základem pro důkladnou analýzu a správu geodat. (ESRI, 2022)

### **6. Panel katalogu**

Panel katalogu poskytuje organizovaný přístup ke zdrojům projektu včetně map, vrstev, analytických nástrojů a databází. V tomto panelu lze spravovat soubory a projekty, což usnadňuje organizaci a sdílení geoinformačních zdrojů. (ESRI, 2022)

## **3.3 Python**

Python je vysokoúrovňový interpretovaný programovací jazyk s dynamickým typováním, který si kvůli své jednoduchosti a flexibilitě získal širokou oblibu v akademickém prostředí, při vývoji webových aplikací a v automatizaci. Jazyk Python, který vytvořil Guido van Rossum a který byl poprvé vydán v roce 1991, byl navržen s důrazem na čitelnost kódu a efektivitu vývoje, což z něj činí ideální volbu pro začátečníky i zkušené programátory. (Beazley, 2013)

### 3.3.1 Historie vzniku

Programovací jazyk Python byl koncipován a vyvinut s cílem překonat určitá omezení, která byla identifikována v rámci existujících programovacích jazyků té doby, poskytující platformu podporující jak objektově orientované, tak aspektově orientované programování. Postupem času se Python rozvinul do formy zahrnující širokou škálu programovacích paradigmat, čímž se vyprofiloval do pozice jednoho z nejrozšířenějších a nejpoužívanějších programovacích jazyků globálně. (PYTHON INSTITUTE, 2023)

### 3.3.2 Popularita ve vědeckém výzkumu

Python je ve vědeckém výzkumu stále populárnější kvůli své jednoduchosti, flexibilitě a široké nabídce knihoven podporujících vědecké výpočty, analýzu dat, strojové učení a vizualizaci. Tento programovací jazyk nabízí klíčové výhody pro celou řadu vědeckých disciplín, včetně studií lesních požárů, klimatických změn a genetiky. Jeho rostoucí popularitu ve vědecké komunitě lze přičíst jeho schopnosti poskytovat efektivní řešení složitých vědeckých úloh vzhledem k jeho čisté syntaxi a bohatému ekosystému knihoven. Tyto faktory společně podporují dynamický vývoj aplikací a udržují Python v popředí jako preferovanou volbu pro akademické a výzkumné účely. (Rizel, 2023)

### 3.3.3 Základy programovacího jazyka Python

Python se vyznačuje efektivní a systematickou syntaxí, která poskytuje solidní základ pro vytváření sofistikovaných softwarových aplikací. V této kapitole se představí klíčové pojmy a struktury jazyka Python, včetně definice proměnných, implementace cyklů, formulace podmíněných výrazů, vytváření funkcí a používání modulů. Tyto prvky jsou zásadní pro realizaci náročného vědeckého výzkumu a aplikací, včetně konkrétních projektů zaměřených na studium a analýzu dynamiky lesních požárů. (Yang, 2017)

#### Proměnné a datové typy

- Proměnné v jazyce Python nevyžadují explicitní deklaraci, která by rezervovala místo v paměti. Přiřazením hodnoty proměnné se automaticky rezervuje místo v paměti.
- Mezi základní datové typy patří čísla (int, float), řetězce (str), seznamy (list), tuply (tuple), slovníky (dict) a logické hodnoty (bool). (Yang, 2017)

## **Operátory**

- Aritmetické operátory (+, -, \*, /, % atd.) se používají k provádění matematických výpočtů.
- Operátory porovnávání (==, !=, >, <, >=, <=) se používají k porovnávání hodnot.
- Logické operátory (a, nebo, ne) se používají k vytváření složitých podmínek. (Beazley, 2013)

## **Řídící konstrukce**

- Smyčky (for, while) umožňují opakovat provádění bloku kódu několikrát. for se často používá k výčtu prvků seznamu nebo hodnot v rozsahu. while se provádí, dokud je splněna zadaná podmínka.
- Podmíněné operátory (if, elif, else) se používají k provádění různých bloků kódu v závislosti na tom, zda je podmínka pravdivá, nebo ne. (Yang, 2017)

## **Funkce**

- Funkce v jazyce Python představují blok kódu, který se provede pouze tehdy, když je zavolán. Funkce mohou přijímat argumenty a vracet hodnoty. Používají se k organizaci kódu, jeho opakovánímu použití a zlepšení čitelnosti. (Ramalho, 2022)

## **Moduly a balíčky**

- Moduly v jazyce Python jsou soubory obsahující definice funkcí a proměnných. Moduly se používají k rozdělení programu na zvládnutelné části.
- Balíčky (nebo knihovny) jsou kolekce modulů. Python má rozsáhlou standardní knihovnu a komunitu, která poskytuje mnoho externích knihoven pro rozšíření funkcí Pythonu. (Beazley, 2013)

## **Manipulace se soubory**

- Python poskytuje vestavěné funkce pro čtení a zápis souborů. To umožňuje programům komunikovat se soubory na disku, například zpracovávat data z divokých ohňů. (Beazley, 2013)

## **Zpracování výjimek**

- Zpracování výjimek slouží ke kontrole chyb, které mohou nastat během provádění programu. Konstrukce try a except zabraňují pádu programů v důsledku chyb. (Beazley, 2013)

Znalost základních principů jazyka Python je nezbytná pro jeho aplikaci v širokém spektru disciplín, včetně oblasti analýzy lesních požárů. Osvojení těchto fundamentálních konceptů umožňuje efektivní využití Pythonu pro zpracování dat, geoprostorovou analýzu a konstrukci algoritmů, což je zásadní pro vědecký výzkum. (Yang, 2017)

### 3.3.4 Knihovny Pythonu pro zpracování dat a geoprostorovou analýzu

V této kapitole jsou představeny klíčové knihovny jazyka Python, které najdou široké použití v rámci vědeckého výzkumu, včetně konkrétních aplikací v oblasti analýzy lesních požárů. Tyto knihovny nabízejí sofistikované možnosti pro efektivní manipulaci s daty, provádění geoprostorových analýz a vizualizaci výsledných informací.

#### **Pandas**

Pandas je knihovna, která poskytuje vysokoúrovňové datové struktury a širokou škálu analytických nástrojů. Je užitečná zejména pro práci s tabulkovými daty, jako jsou soubory CSV nebo tabulky z databází. (PANDAS VIA NUMFOCUS, 2023)

Hlavní funkce:

- Čtení a zápis dat v různých formátech (CSV, Excel, SQL atd.);
- Manipulace s daty: čištění, transformace, filtrování, agregace;
- Slučování a kombinování souborů dat;
- Operace seskupování a agregace dat;

#### **CSV**

Modul CSV v jazyce Python poskytuje funkce pro čtení a zápis souborů ve formátu CSV, což z něj činí základní nástroj pro práci s tabulkovými daty z různých zdrojů. (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2022)

Hlavní funkce:



- Čtení ze souborů CSV a zápis do nich pomocí jednoduchého rozhraní;
- Podpora různých formátů a stylů CSV;
- Schopnost pracovat s velkým množstvím dat.

## **JSON**

Knihovna JSON slouží ke kódování a dekodování dat ve formátu JSON. Je to důležitý nástroj pro práci s daty získanými z webových rozhraní nebo uloženými v konfiguračních souborech. (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2022)

Hlavní funkce:

- Snadná konverze dat mezi formátem JSON a datovými strukturami jazyka Python;
- Čtení a zápis souborů JSON.

## **Matplotlib**

Matplotlib je špičková knihovna pro vizualizaci dat, která umožňuje vytvářet širokou škálu statických, animovaných a interaktivních vizualizací. Knihovna poskytuje flexibilní možnosti přizpůsobení grafů, takže je ideální pro srozumitelnou prezentaci složitých souborů dat. (THE MATPLOTLIB DEVELOPMENT TEAM, 2024)

Hlavní funkce:

- Vytvářejte čárové grafy, histogramy, grafy rozptylu a mnoho dalších typů vizualizací;
- Přizpůsobitelné osy, legendy a styly pro vytváření grafů v publikační kvalitě;
- Podpora různých výstupních formátů (PNG, PDF, SVG a další).

## **Glob**

Glob umožňuje vyhledat všechny cesty odpovídající zadanému vzoru. To usnadňuje zpracování dat uložených v souborech umístěných v různých adresářích. (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2022)

Hlavní funkce:

- Vyhledávání souborů odpovídajících vzoru v zadaných adresářích;
- Snadné použití ve skriptech pro automatické zpracování dat.

## OS

Modul OS umožňuje komunikovat s operačním systémem a provádět úlohy související se souborovým systémem, procesy a proměnnými prostředí. (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2022)

Hlavní funkce:

- Práce se souborovým systémem: vytváření, mazání a úprava souborů a adresářů.
- Získávání informací o proměnných prostředí a systémových parametrech.

## Sys

Modul Sys nabízí nástroje pro provádění systémových operací, včetně přístupu k argumentům příkazového řádku a správy cest pro vyhledávání modulů. To umožňuje řídit parametry provádění programu a přizpůsobit jej různým provozním podmínkám. (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2022)

Hlavní funkce:

- Přístup k argumentům příkazového řádku.
- Možnost ovládat cesty pro vyhledávání modulů.
- Rozhraní pro interakci s interpretem jazyka Python na nízké úrovni.

## Shapely

Shapely slouží k manipulaci a analýze rovinných geometrických objektů a poskytuje snadno použitelné rozhraní jazyka Python pro operace založené na systému geometrických objektů GEOS. (GILLIES, 2024)

Hlavní funkce:

- Vytváření základních geometrických tvarů: body, čáry, mnohoúhelníky;
- Provádění geometrických operací: průnik, sjednocení, rozdíl a symetrický rozdíl;
- Výpočet geometrických vlastností útvarů, jako je plocha, obvod a vzdálenost.

## Pyproj

Pyproj je knihovna pro kartografické transformace a geodetické výpočty, která umožňuje transformace souřadnic mezi různými kartografickými projekcemi a souřadnicovými systémy. (OPEN SOURCE CONTRIBUTORS, 2024)

Hlavní funkce:

- Podpora rozsáhlého seznamu mapových projekcí a souřadnicových systémů;
- Převod souřadnic mezi projekcemi v jednořádkovém formátu;
- Integrace s dalšími geoprostorovými knihovnami pro provádění komplexních analýz.

## Scikit-learn (sklearn)

Scikit-learn je rozsáhlá knihovna pro strojové učení v Pythonu, která poskytuje jednoduché a efektivní nástroje pro datovou analýzu a modelování. Je navržena na principu interoperability s knihovnami NumPy a SciPy a je široce využívána pro různé účely v oblasti datové vědy. (SCIKIT-LEARN DEVELOPERS, 2024)

Hlavní funkce:

- Široká škála algoritmů pro klasifikaci, regresi, shlukování a redukci dimenzionality;
- Nástroje pro modelovou selekci a vyhodnocování, jako jsou křížová validace a hledání hyperparametrů;
- Podpora pro předzpracování dat, včetně normalizace, škálování a kódování kategoriálních proměnných;
- Integrace s ostatními knihovnami pro datovou analýzu v Pythonu, což umožňuje snadné vytváření komplexních datových analýz a modelovacích pipeline.

### 3.3.5 Knihovna ArcPy

ArcPy je knihovna jazyka Python určená k automatizaci, rozšiřování a provádění geoprostorových analýz v prostředí ArcGIS. Uživatelům poskytuje přístup k široké škále funkcí ArcGIS prostřednictvím jazyka Python a zajišťuje flexibilitu a výkon při zpracování a analýze geodat. (Yang, 2017)

Z technického hlediska poskytuje ArcPy řadu tříd a funkcí pro práci s mapami, geoprostorovými daty a geoproceny. Obsahuje funkce pro vytváření, úpravu a správu

prostorových dat a pro provádění geoprocessingu a analýz. ArcPy obsahuje moduly pro různé aspekty GIS, například Data Access, Network Analyst, Spatial Analyst a Time. Tyto moduly obsahují specializované třídy a funkce pro provádění složitých operací s prostorovými daty. (Toms, 2017)

Jednou z klíčových vlastností ArcPy je možnost automatizovat opakované úlohy GIS, jako je zpracování velkého množství dat, vytváření a aktualizace mapových vrstev a provádění složitých geoprostorových analýz. Uživatelé mohou vytvářet skripty v jazyce Python, které tyto procesy automatizují, čímž zvyšují efektivitu a snižují chybovost. ArcPy také umožňuje integrovat funkce ArcGIS s dalšími knihovnami a moduly jazyka Python, což rozšiřuje možnosti analýzy a zpracování dat. Ve spojení s ArcPy lze například používat knihovny pro zpracování dat (Pandas), strojové učení (scikit-learn) nebo vizualizaci (Matplotlib) a vytvářet tak komplexní řešení pro geoprostorovou analýzu. (ARCGIS DEVELOPERS, 2023)

ArcPy je tak výkonným nástrojem pro profesionály GIS, který poskytuje bohaté možnosti automatizace, geoprocessingu a integrace různých geoprostorových analytických procesů v prostředí ArcGIS. (Yang, 2017)

### 3.4 Lesní požáry

Přibližně 35 % území Evropy pokrývají lesy, což z ní činí jednu z nejlesnatějších oblastí na světě. Podle Evropského statistického úřadu (Eurostat) činí celková rozloha lesů přibližně 190 milionů hektarů. Každý rok dojde v Evropě v průměru k přibližně 400 000 hektarů lesních požárů, většina z nich se odehrává v oblasti Středozemního moře. Podle Evropské agentury pro životní prostředí (EEA) hrají evropské lesy zásadní roli při pohlcování přibližně 10 % ročních emisí skleníkových plynů na kontinentu a zároveň poskytují mnoho ekosystémových služeb, včetně ochrany půdy a vody, prevence povodní a filtrace ovzduší. Navzdory své významné hospodářské roli je mnoho evropských lesních ekosystémů ve špatném stavu v důsledku špatného hospodaření, hrozby invazních druhů a změny klimatu, což ovlivňuje biologickou rozmanitost a odolnost lesů vůči škůdcům, chorobám a měnícím se klimatickým podmínkám. (Dupuy, 2020)

V roce 2022 čelila Evropská unie druhému nejškodlivějšímu roku v důsledku lesních požárů od počátku systematického pozorování. Téměř 900 000 ha půdy pohltily plameny, včetně přibližně 365 000 ha oblastí sítě Natura 2000, což poukazuje na závažnost ekologických a ekonomických dopadů lesních požárů v regionu. Požáry měly obzvláště

akutní dopad na biologickou rozmanitost a zasáhly rozsáhlé oblasti chráněných přírodních oblastí. Tyto události jasně připomínají, jak důležité je posílit opatření pro prevenci a kontrolu lesních požárů v souvislosti se změnou klimatu, která zvyšuje jejich četnost a intenzitu. Opatření přijatá na úrovni EU a členských států s cílem přizpůsobit se a zlepšit připravenost na lesní požáry, včetně posílení kapacit pro reakci a hašení požárů, jsou klíčová pro snížení rizik a minimalizaci škod způsobených podobnými katastrofami v budoucnosti. (Whelan, 1995)

#### 3.4.1 Příčiny lesních požárů

Lesní požáry představují nekontrolované šíření ohně v lesních porostech, které se může v určitých situacích rozvinout do rozsáhlých přírodních katastrof. Současná statistika uvádí, že pravděpodobnost vzniku a masivního rozšíření lesních požárů z přírodních příčin se pohybuje okolo 20 %. Přírozené zdroje, jako jsou blesky, samovznícení nebo tření stromů, představují pouze menší část příčin vzniku těchto požárů. Majoritní podíl, odhadovaný na 60-70 %, požárů vzniká v bezprostřední blízkosti lidských sídel, což poukazuje na antropogenní faktory jako hlavní příčinu. Mezi běžné antropogenní příčiny patří nedbalé zacházení s ohněm, jako je neuhášená cigareta nebo neopatrně založený táborák, vypalování vegetace či odpadů, neopatrné zacházení s hořlavými materiály nebo dokonce úmyslné žhářství. Dalším významným zdrojem požárů jsou nehody způsobené člověkem nebo přírodní katastrofy. V kontextu lesních požárů se vyskytují jak přírodní, tak antropogenní faktory, přičemž činnost člověka převažuje jako hlavní příčina jejich vzniku, ať už jde o nehody z nedbalosti nebo cílené činy s cílem připravit půdu pro zemědělské účely nebo novou výsadbu dřeva. (PRAT-GUITART, 2016)

#### 3.4.2 Charakter požáru

Lesní požáry, jakožto rozsáhlé přírodní katastrofy, lze rozdělit na typy podle místa a způsobu šíření. Mezi hlavní skupiny lesních požárů patří požáry v nížinách, na vrchovinách a v rašeliništích, přičemž každý z nich má jedinečné vlastnosti a vyžaduje specifické metody kontroly a prevence. (Vendrell, 2018)

Nejčastějším typem jsou požáry v nížinách, které představují přibližně 90 % všech požárů v přírodě. Vznikají na zemi a zasahují trávu, mrtvé dřevo, podrost a spodní strany stromů. Rychlost šíření požárů v nížinách je relativně pomalá, přibližně 2,5-3,0 metru za minutu, což usnadňuje jejich kontrolu a potlačování. (HEIKKILÄ, 2010)

Naproti tomu vrcholové požáry se šíří vrcholky stromů a mohou rychle pokrýt velké plochy, zejména při silném větru. Tyto požáry představují významnou hrozbu nejen kvůli vysoké rychlosti šíření, která může dosáhnout 400-500 metrů za minutu, ale také kvůli obtížnosti jejich hašení, které vyžaduje specializované vybavení a taktiku. (Dupuy, 2020)

Rašelinové požáry se vyskytují v oblastech, kde se vyskytuje rašelina, a mohou hořet hluboko pod zemí. Šíří se pomalu, někdy jen několik metrů za den, ale mohou trvat týdny nebo dokonce měsíce a vypouštět značné množství kouře. Rašelinové požáry jsou obzvláště nebezpečné, protože v počátečních fázích mohou zůstat neviditelné, ale následně se mohou rozšířit pod povrch země a znovu se rozhořet, když jsou k tomu příznivé podmínky. (Vendrell, 2018)

Pro účinnou reakci na požáry v přírodě je důležité nejen přesně určit typ požáru, ale také vypracovat cílené strategie prevence a hašení přizpůsobené jednotlivým typům. Začlenění moderních technologií, jako je dálkový průzkum a informační systémy, do procesů monitorování a řízení lesních požárů může výrazně zvýšit účinnost prevence katastrof a minimalizovat jejich následky. (PRAT-GUITART, 2016)

### 3.4.3 Klasifikace lesních požárů

Lesní požáry jsou systematicky klasifikovány do kategorií na základě několika parametrů, včetně typu požáru, rozsahu zasažené plochy, a rozsahu zapojení personálu a techniky do hašení. Tato klasifikace rozlišuje šest hlavních tříd požárů, jejichž zařazení je odvislé od velikosti postižené oblasti:

- Požár malého rozsahu: Zasahuje plochu menší než 0,2 hektaru, potenciálně uhasitelný jednou osobou;
- Menší požár: Rozloha do 2 hektarů, hašení vyžaduje skupinu 2 až 4 osob;
- Malý požár: Ovlivňuje oblast 2 až 20 hektarů, k jeho zastavení je zapotřebí 10 osob;
- Střední požár: Zahrnuje plochu 21 až 200 hektarů, hašení zajišťují specializované týmy o 30-40 osobách;
- Velký požár: Postihuje oblast až 2000 hektarů, hašení provádí skupina až 100 osob;
- Požár katastrofických rozměrů: Zasahuje plochu přesahující 2000 hektarů, k likvidaci je mobilizováno až 400 osob. (Whelan, 1995)

Dynamika šíření požárů v přírodním prostředí je ovlivněna řadou faktorů, zejména typem vegetace. V jehličnatých lesích, kde dominují mech a lišejník, má oheň tendenci šířit se

rychleji, zatímco vyšší vlhkost půdy může šíření ohně zpomalit. Lesní a rašelinné požáry se pod vlivem silných větrů mohou rozšiřovat do stepních oblastí, kde požáry v stepi, charakterizované nižším stupněm hoření než lesní požáry, postupují rychleji a mohou rychle pokrýt rozsáhlé plochy. Tyto požáry představují významné riziko nejen pro flóru a faunu, ale také ohrožují lidské životy a hospodářské aktivity. (HEIKKILÄ, 2010)

#### 3.4.4 Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER)

Služba POWER (Prediction Of Worldwide Energy Resources) poskytovaná NASA Langley Research Center představuje cenný zdroj pohodových dat pro širokou škálu vědeckých a aplikovaných účelů. Nabízí komplexní sady dat o solárním a meteorologickém záření, které jsou klíčové pro výzkum v oblastech jako klimatologie, obnovitelné zdroje energie a environmentální vědy. Data jsou získávána pomocí nejnovějších satelitních měření a modelovacích technik, což zajišťuje jejich vysokou přesnost a aktualitu. (ZHANG, 2009)

V kontextu této práce poskytla služba POWER důležitá data pro analýzu vztahů mezi povětrnostními faktory a lesními požáry. Díky programovacímu jazyku Python a jeho schopnosti efektivně zpracovávat velké objemy dat bylo možné tato data extrahovat, analyzovat a interpretovat. Použití dat z POWER umožnilo získat podrobné informace o meteorologických podmínkách předcházejících vzniku požárů, což bylo klíčové pro pochopení jejich příčin a šíření. (ZHANG, 2009)

Využití dat z této služby ilustruje, jak mohou otevřené datové zdroje a pokročilé analytické nástroje, jako je Python, přispět k řešení komplexních environmentálních problémů. Představení služby POWER tak zdůrazňuje význam přístupu k otevřeným datům a potenciálu programování pro rozvoj strategií prevence lesních požárů a snižování jejich dopadů. (ZHANG, 2009)

## 4 Praktická část

V praktické části práce jsou analyzovány případy lesních požárů v Evropě s využitím geografických informačních systémů (GIS) a dalších analytických nástrojů. Zvláštní pozornost je věnována analýze vlivu povětrnostních podmínek na šíření požárů, identifikaci oblastí s vysokým rizikem požárů a vypracování doporučení pro zlepšení účinnosti systémů prevence a kontroly požárů. Jsou demonstrovány možnosti GIS při sběru, zpracování a analýze prostorových dat a jsou navrženy inovativní metody pozorování životního prostředí a řízení rizik přírodních katastrof.

### 4.1 Zpracování dat

Tato podkapitola se zaměřuje na zpracování dat týkajících se požárů v přírodních ekosystémech s využitím dat ze senzorů Sentinel-2/MODIS z Evropského informačního systému o požárech v přírodních ekosystémech. Postup zahrnuje kroky přípravy a čištění dat, nastavení pracovního prostředí, import potřebných knihoven a následné načtení a zpracování datových sad. Klíčovým aspektem je práce s geoprostorovými datovými strukturami a transformace souřadnic, která umožňuje důkladnou analýzu a vizualizaci geografických informací o požárech.

#### 4.1.1 Přehled dat

Pro účely analýzy bude využita datová sada "Spálené oblasti mapované pomocí Sentinel-2/MODIS", získaná na základě individuálního požadavku od Evropského systému informací o lesních požárech (EFFIS). Tato sada obsahuje informace o rozsahu spálených oblastí v zemích, jako jsou Portugalsko, Španělsko a Česká republika, za období od 1. ledna 2019 do 1. ledna 2024. Zahrnuje detailní údaje o konkrétních spálených plochách a byla stažena ve formátu JSON, což umožňuje efektivní manipulaci a analýzu dat pro posouzení dopadů lesních požárů v těchto regionech.

- "id" - jedinečný identifikátor území

- "initialdate" a "finaldate" - data zahájení a ukončení požáru;



- "area\_ha" - plocha spáleného území v hektarech;
- "iso2", "iso3", "country" - kódy a název země, kde k požáru došlo;
- "admlv11" až "admlv15", administrativní úrovně označující umístění spálené oblasti;
- "map\_source", zdroj mapy označující satelitní data (např. Sentinel);
- "broadleaved\_forest\_percent": procento listnatých lesů v oblasti. Listnaté lesy se skládají převážně ze stromů s širokými listy;
- "coniferous\_forest\_percent": procento jehličnatých lesů. Jehličnaté lesy tvoří stromy s jehlicovitými listy, jako jsou borovice, smrky, modříny a jedle;
- "mixed\_forest\_percent": procento smíšených lesů, ve kterých se vyskytují jak listnaté, tak jehličnaté stromy;
- "sclerophillous\_vegetation\_percent": procento rostlin s tvrdými listy přizpůsobených suchým podmínkám, které se často vyskytují ve středomořském podnebí;
- "transitional\_vegetation\_percentage": procento přechodné vegetace, která může zahrnovat plochy keřů, mladé lesy nebo plochy v procesu obnovy po těžbě dřeva nebo požáru;
- "other\_natural\_percent": procento ostatních přírodních oblastí, které nejsou zahrnuty ve výše uvedených kategoriích, jako jsou mokřady, přírodní travnaté plochy nebo horské oblasti;
- "agriculture\_percent": procento půdy využívané pro zemědělství, včetně polí, vinic, olivových hájů atd;

- "artificial\_percent": procento umělého pokryvu, jako jsou zastavěné plochy, silnice nebo jiné struktury vytvořené člověkem;
- "other\_percent": procento jiných typů pokryvu, které nejsou uvedeny výše a které mohou zahrnovat různé způsoby využití půdy nebo pokryvy, které nespádají do ostatních kategorií;
- "natura2k\_percent" udává procento plochy pokryté soustavou Natura 2000 (soustava chráněných území v Evropské unii);
- "noneu", logická hodnota udávající, zda se oblast nachází mimo Evropskou unii;
- "updated", datum poslední aktualizace údajů;
- "area\_code" a "eu\_area"- další kódy pro kategorizaci území;
- "geometry": popisuje vícepolygonální geometrický tvar spálené oblasti, který umožňuje její vizualizaci na mapě. údaje jsou ve formátu EPSG 3035.

#### 4.1.2 Vyčištění dat pro další analýzu

Tato podkapitola popisuje proces automatizovaného zpracování geoprostorových dat o lesních požárech pomocí skriptu v jazyce Python. Skript je určen k načtení dat ze souboru JSON, jejich zpracování a uložení ve strukturované podobě do souborů CSV. Tento proces nejen zjednodušuje analýzu velkého množství dat, ale také přispívá k lepšímu pochopení dynamiky lesních požárů.

Nezpracovaná data jsou uložena v souboru JSON, který obsahuje informace o lesních požárech, včetně jejich umístění (ve formě polygonů), časového průběhu událostí a dalších charakteristik, jako je zasažená oblast a klasifikace půdy. Skript tato data nejprve extrahuje a poté je uspořádá podle zemí (pomocí kódů ISO2), aby usnadnil další práci.

Jednou z klíčových operací je vyhlazení souřadnic více polygonů. Tento proces převádí vnořené souřadnicové struktury na jednorozměrný seznam, což usnadňuje další zpracování a analýzu. Tento přístup umožňuje efektivně pracovat s geometrickými daty a připravit je pro vizualizaci nebo geoprostorovou analýzu.

Skript (viz Obrázek 2) automaticky vytvoří pro každou zemi dva typy souborů CSV: jeden se seznamem souřadnic oblastí zasažených požáry (složka `burnt_polygons`) a druhý s podrobnými informacemi o jednotlivých případech požárů (složka `wildfire_cases`). Tyto soubory obsahují všechny informace potřebné pro analýzu, včetně časového intervalu, zasažené plochy a procenta různých typů krajiny v oblasti požáru.

```

1 import json
2 import csv
3 import os
4
5 # Cesta k vašemu JSON souboru
6 json_file_path = 'dataset_burnt_areas_eu.json'
7
8 # Cesty k adresářům pro uložení
9 output_folders = {
10     'burnt_polygons': 'burnt_polygons',
11     'wildfire_cases': 'wildfire_cases'
12 }
13
14 # Vytvoření adresářů, pokud neexistují
15 for folder in output_folders.values():
16     if not os.path.exists(folder):
17         os.makedirs(folder)
18
19 # Funkce pro "zploštění" souřadnic MultiPolygon do jednoho seznamu
20 def flatten_coordinates(multipolygon):
21     flattened = []
22     for polygon in multipolygon:
23         for linear_ring in polygon:
24             for coordinates in linear_ring:
25                 flattened.append(coordinates)
26     return flattened
27
28 # Čtení JSON souboru
29 with open(json_file_path, 'r', encoding='utf-8') as file:
30     data = json.load(file)
31
32 # Seskupení dat podle 'iso2'
33 data_by_iso2 = {}
34 for feature in data['features']:
35     iso2_value = feature['properties'].get('iso2', 'Unknown')
36     if iso2_value not in data_by_iso2:
37         data_by_iso2[iso2_value] = []
38     data_by_iso2[iso2_value].append(feature)
39
40 # Zápis dat do CSV souborů
41 for iso2, features in data_by_iso2.items():
42     # Zápis souřadnic do adresáře 'burnt_polygons'
43     csv_file_path_burnt = os.path.join(output_folders['burnt_polygons'], f'output_flattened_{iso2}.csv')
44     with open(csv_file_path_burnt, 'w', newline='', encoding='utf-8') as csvfile:
45         fieldnames = ['id', 'iso2', 'coordinates']
46         writer = csv.DictWriter(csvfile, fieldnames=fieldnames)
47         writer.writeheader()
48
49         for feature in features:
50             id_value = feature['properties']['id']
51             multipolygon_coordinates = feature['geometry']['coordinates']
52             flattened_coordinates = flatten_coordinates(multipolygon_coordinates)
53             coordinates_str = json.dumps(flattened_coordinates)
54             writer.writerow({'id': id_value, 'iso2': iso2, 'coordinates': coordinates_str})
55
56 # Zápis dat o požárech do adresáře 'wildfire_cases'
57 csv_file_path_wildfire = os.path.join(output_folders['wildfire_cases'], f'wildfire_cases_{iso2}.csv')
58 with open(csv_file_path_wildfire, 'w', newline='', encoding='utf-8') as csvfile:
59     fieldnames = [
60         'id', 'initialdate', 'finaldate', 'area_ha', 'iso2', 'admlvl1', 'admlvl2', 'admlvl3', 'admlvl5',
61         'map_source', 'broadleaved_forest_percent', 'coniferous_forest_percent', 'mixed_forest_percent',
62         'sclerophyllous_vegetation_percent', 'transitional_vegetation_percent', 'other_natural_percent',
63         'agriculture_percent', 'artificial_percent', 'other_percent', 'natura2k_percent', 'updated'
64     ]
65     writer = csv.DictWriter(csvfile, fieldnames=fieldnames)
66     writer.writeheader()
67
68     for feature in features:
69         row_data = {key: feature['properties'].get(key, '') for key in fieldnames}
70         writer.writerow(row_data)
71
72     print(f"CSV soubory pro '{iso2}' úspěšně vytvořeny v adresářích 'burnt_polygons' a 'wildfire_cases'.")
73

```

Obrázek 2 Převod požárních dat z JSON do CSV, třídění podle kódů ISO

Uvedený skript hraje důležitou roli při zpracování a analýze údajů o požárech v přírodním prostředí a poskytuje výzkumným pracovníkům cenné údaje v praktickém formátu. Automatizace procesu výrazně snižuje možnost vzniku chyb při ručním zpracování dat a umožňuje výzkumníkům soustředit se na analýzu a interpretaci výsledků. Strukturování dat ve formátu CSV navíc usnadňuje jejich integraci s různými analytickými a vizualizačními nástroji, což je v moderním geoprostorovém výzkumu klíčový aspekt.

## 4.2 Komplexní analýza údajů o požárech v Portugalsku

V této podkapitole jsou podrobně analyzovány údaje týkající se lesních požárů v Portugalsku, které bylo vybráno jako případová studie kvůli vysokému počtu těchto událostí. Portugalsko představuje klíčovou případovou studii vzhledem k častým lesním požárům, které mají významný dopad na životní prostředí a socioekonomickou strukturu. (MATEUS, 2014)

K uspořádání, analýze a vizualizaci geoprostorových dat byl použit kód v jazyce Python, který umožnil podrobné studium rozložení, četnosti a vlivu různých faktorů na výskyt lesních požárů v regionech Portugalska.

### 4.2.1 Analýza oblastí Portugalska náchylných k lesním požárům

Lesní požáry představují kritickou environmentální a sociální hrozbu, zejména pro země se středomořským klimatem. Další analýza v této a následujících podkapitolách bude provedena na příkladu Portugalska. Analýza údajů o lesních požárech v této zemi umožňuje lépe porozumět rozložení a četnosti těchto událostí v jednotlivých regionech. Tato kapitola se zaměřuje na využití údajů na úrovni *adm1vl3* k identifikaci nejzranitelnějších oblastí v Portugalsku. Studie vychází z požárů, které se vyskytly v Beiras Serra da Estrela, a ukazuje, jak může analýza dat přispět k rozvoji strategií řízení a prevence lesních požárů.

K analýze byl použit následující programový kód v jazyce Python:

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

file_path = 'wildfire_cases/wildfire_cases_PT.csv'

# Čtení dat z CSV souboru
data = pd.read_csv(file_path)

# Seskupení dat podle regionu (admlvl3) a výpočet součtu spálených hektarů pro každý region
summed_area_by_region = data.groupby('admlvl3')['area_ha'].sum().reset_index()

# Přejmenování sloupců pro lepší pochopení
summed_area_by_region.columns = ['Region', 'Celková spálená plocha (ha)']

# Řazení dat sestupně pro lepší vizualizaci
summed_area_by_region = summed_area_by_region.sort_values(by='Celková spálená plocha (ha)', ascending=False)

# Vytvoření histogramu
plt.figure(figsize=(10, 8)) # Nastavení velikosti grafu
plt.bar(summed_area_by_region['Region'], summed_area_by_region['Celková spálená plocha (ha)'])
plt.xlabel('Region') # Popisek osy X
plt.ylabel('Celková spálená plocha (ha)') # Popisek osy Y
plt.title('Celková spálená plocha podle regionu') # Název grafu
plt.xticks(rotation=45, ha="right") # Rotace názvů regionů pro lepší čitelnost
plt.tight_layout() # Automatické upravení podgrafů, aby se vešly do oblasti grafu
plt.show()
```

Obrázek 3 Vytvoření histogramu celkových spálených ploch podle regionů

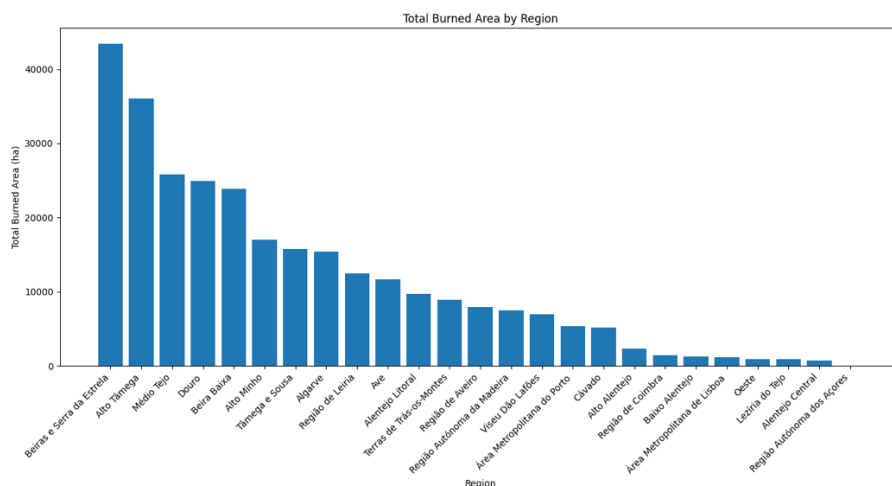
Programový kód použitý v této analýze zahrnuje několik důležitých kroků, z nichž každý přispívá k hlubšímu pochopení dat:

1. Čtení dat: Kód začíná importem dat o lesních požárech ze souboru CSV. Načtení dat je základním krokem, který ovlivňuje všechny následující kroky analýzy. Je třeba zajistit přesnost a úplnost dat, aby byla zajištěna platnost výsledků.
2. Seskupování a počítání: Data se seskupí podle admlvl3 správních jednotek, aby se zjistila celková vypálená plocha pro každý region. Tento krok je důležitý pro identifikaci nejvíce postižených regionů a je klíčový pro pochopení geografického rozložení požárů.

3. **Přejmenování a třídění sloupců:** Sloupce se přejmenují, aby se údaje daly lépe číst a interpretovat. Seřazení údajů v sestupném pořadí podle součtu spálených hektarů usnadňuje identifikaci regionů s největšími ztrátami, což je důležité pro stanovení priorit v oblasti prevence požárů.
4. **Vizualizace:** Vytvoření sloupcového grafu je důležitým krokem, protože vizuální prezentace údajů pomáhá lépe pochopit informace a zpřístupňuje analýzu širokému publiku, včetně neodborníků.

Graf vygenerovaný výše uvedeným skriptem ukazuje nerovnoměrné rozložení rizika požárů v různých oblastech Portugalska se zaměřením na Beiras Serra da Estrela. Tento region se ve srovnání s ostatními regiony vyznačuje výrazně vyšším počtem vypálených oblastí, což naznačuje potřebu zavést cílené strategie prevence a reakce na požáry. Údaje použité pro tuto vizualizaci poskytují základ pro rozšířený výzkum, který umožní prozkoumat faktory přispívající k variabilitě četnosti a intenzity požárů v konkrétních regionech.

Graf 1 Histogram celkové spálené plochy podle regionů



#### 4.2.2 Analýza vlivu typu půdního pokryvu na lesní požáry v Portugalsku

Pochopení vztahu mezi typy půdního pokryvu a lesními požáry je důležité pro posouzení zranitelnosti oblastí a plánování protipožárních opatření. V této kapitole bude zkoumáno, jak různé typy půdního pokryvu, jako jsou listnaté a jehličnaté lesy, smíšené lesy, houštiny makie a další, ovlivňují celkovou plochu lesních požárů v Portugalsku. Analýza těchto údajů umožní výzkumným a regulačním orgánům lépe pochopit, které typy území jsou nejvíce

ohroženy požáry a jak lze zlepšit strategie hospodaření s půdou, aby se toto riziko minimalizovalo.

Uvedený kód využívá údaje o požárech k analýze vlivu typu půdního pokryvu na vypálené plochy.

```
1 import pandas as pd
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 # Nahraďte 'your_file.csv' cestou k vašemu CSV souboru
5 file_path = 'wildfire_cases/wildfire_cases_PT.csv'
6
7 # Čtení dat z CSV souboru
8 data = pd.read_csv(file_path)
9
10 # Seznam sloupců s typy zemního krytu
11 cover_types = ['broadleaved_forest_percent', 'coniferous_forest_percent', 'mixed_forest_percent',
12 |             'sclerophyllous_vegetation_percent', 'transitional_vegetation_percent',
13 |             'other_natural_percent', 'agriculture_percent', 'artificial_percent']
14
15 # Výpočet celkové plochy pro každý typ zemního krytu
16 total_area_by_cover_type = {}
17 for cover_type in cover_types:
18     # Převod procent na zlomky
19     data[cover_type] = data[cover_type] / 100.0
20     # Násobení podílu každého typu krytu plochou požáru a sumarizace pro všechny požáry
21     total_area_by_cover_type[cover_type] = (data[cover_type] * data['area_ha']).sum()
22
23 # Příprava dat pro koláčový graf
24 labels = total_area_by_cover_type.keys()
25 sizes = total_area_by_cover_type.values()
26
27 # Vytvoření koláčového grafu
28 plt.figure(figsize=(10, 8))
29 plt.pie(sizes, labels=labels, autopct='%1.1f%%', startangle=140)
30 plt.axis('equal') # Tohle udělá graf kulatý, ne oválný
31 plt.title('Celková spálená plocha podle typu zemního krytu')
32 plt.show()
```

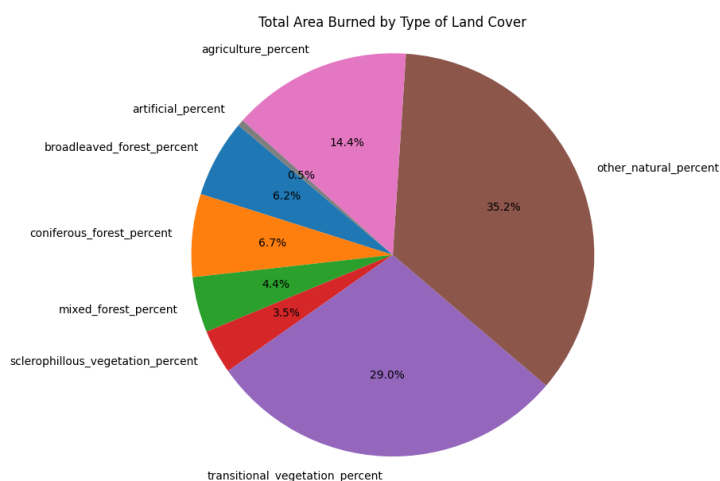
Obrázek 4 Vytvoření koláčového grafu plochy požáru podle typu půdního pokryvu

Program provádí následující kroky:

1. Čtení dat: Důležitost tohoto kroku spočívá v načtení a počátečním zpracování dat, která jsou základem pro všechny následné analytické postupy.
2. Identifikace typů půdního pokryvu: Výčet typů půdního pokryvu poskytuje informaci o rozmanitosti oblastí zasažených požáry. Identifikace těchto typů umožňuje stanovit korelace mezi typem pokryvu a šířením požáru.

3. Výpočet plochy: Převod procent na zlomky a vynásobení plochou požáru pro každý typ pokryvu umožňuje přesně určit podíl každého typu terénu na celkové ploše požáru.
4. Vizualizace dat: Koláčový graf slouží k prezentaci údajů o rozložení vypálené plochy podle typu terénního pokryvu. Vizualizace pomocí koláčového grafu usnadňuje porovnání příspěvku jednotlivých typů pokryvu, což je klíčové pro vnímání informací.

Graf 2 Koláčový graf ploch požárů podle typu vegetačního krytu



Vizualizace geoprostorových údajů o lesních požárech v Portugalsku, segmentovaná podle typů vegetace, odhaluje významné vzorce a poskytuje klíčové insighity. Analýza ukazuje, že dominantní část spálených oblastí připadá na kategorii "ostatní přírodní" plochy, které zahrnují nekultivovanou, zanedbanou nebo slabě spravovanou zemi. Tento nálezn podporuje hypotézu, že tato území jsou obzvláště náchylná k požárům. Značný podíl spálených ploch tvoří také "zemědělská půda", což poukazuje na potenciální riziko požárů v regionech s intenzivní agrární aktivitou, možně v důsledku antropogenních faktorů nebo nevhodného zpracování zbytkové biomasy.

Segmenty "stálezelená vegetace" a "listnaté lesy" jsou také významně zastoupeny, což může být spojeno s jejich specifickými biologickými a ekologickými charakteristikami, jako jsou hustota krytu a množství hořlavých materiálů. Tyto poznatky lze využít pro



formulaci strategií řízení půdy, například implementací preventivního odlesňování a vytvářením protipožárních zón k omezení rozsahu požárů.

Pozoruhodné je, že typy půdního pokryvu jako "smíšené lesy" a "jehličnaté lesy" představují menší část spálených oblastí, což by mohlo signalizovat jejich lepší odolnost vůči požárům nebo efektivitu současných postupů hospodaření v těchto ekosystémech.

#### 4.2.3 Sezónní trendy a roční dynamika lesních požárů v Portugalsku (2019-2023)

Primárním úkolem této sekce je provést komplexní analýzu časové distribuce lesních požárů na území Portugalska během období 2019 až 2023. Tento přístup umožňuje rozpoznání sezónních vzorců a identifikaci případných trendů v četnosti výskytu těchto požárů. Detailní zkoumání datových sad z tohoto pětiletého období poskytuje důležité informace o periodicitě požárů, což napomáhá v určení časových úseků s vysokým rizikem jejich vzniku. Analýza zahrnuje statistické zpracování údajů za účelem identifikace významných změn v počtu požárů, jejich rozsahu a závažnosti v závislosti na roční době. (viz Obrázek 5)

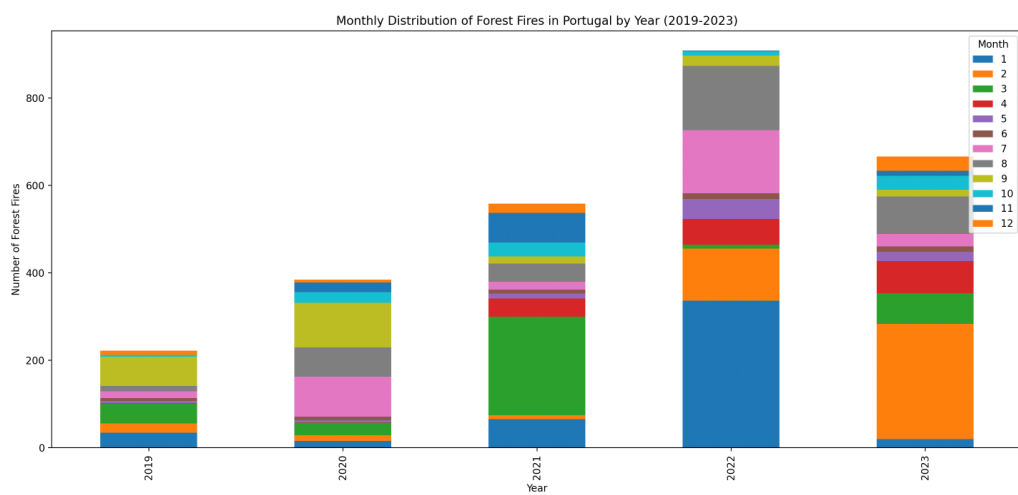
```
1 import pandas as pd
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 # je cesta k CSV souboru
5 file_path = 'wildfire_cases/wildfire_cases_PT.csv'
6
7 # Čtení dat z CSV souboru
8 data = pd.read_csv(file_path)
9
10 # Převod 'initialdate' na formát datetime, beroucí v úvahu možné chyby
11 data['initialdate'] = pd.to_datetime(data['initialdate'], errors='coerce')
12
13 # Odbourání řádků, kde se nepodařilo převést na datetime
14 data = data.dropna(subset=['initialdate'])
15
16 # Extrahování roku a měsíce z 'initialdate'
17 data['year'] = data['initialdate'].dt.year
18 data['month'] = data['initialdate'].dt.month
19
20 # Filtrace dat pro zahrnutí pouze záznamů od roku 2019 do 2023
21 filtered_data = data[(data['year'] >= 2019) & (data['year'] <= 2023)]
22
23 # Seskupení filtrovaných dat podle 'year' a 'month' a počítání výskytů
24 fires_by_month_year = filtered_data.groupby(['year', 'month']).size().reset_index(name='count')
25
26 # Vytvoření kontingenční tabulky s 'year' jako index, 'month' jako sloupce a 'count' jako hodnoty
27 pivot_table = pd.pivot_table(fires_by_month_year, values='count', index='year', columns=['month'], fill_value=0)
28
29 # Vizualizace dat
30 fig, ax = plt.subplots(figsize=(15, 7))
31 pivot_table.plot(kind='bar', stacked=True, ax=ax)
32 ax.set_title('Měsíční distribuce lesních požárů v Portugalsku podle roku (2019-2023)')
33 ax.set_xlabel('Rok')
34 ax.set_ylabel('Počet lesních požárů')
35 ax.legend(title='Měsíc', loc='upper right')
36 plt.tight_layout()
37 plt.show()
```

Obrázek 5 Vytvoření sloupcového grafu požárů v Portugalsku podle měsíců a let

Pro zpracování dat je použit převod do formátu datetime, který poskytuje možnost pracovat s časovými řadami. V případě chyb v převodu jsou příslušné řádky z dalších analýz

vyloučeny. Pro agregaci dat jsou přidány nové sloupce, které odrážejí rok a měsíc vzniku požáru. Záznamy jsou filtrovány tak, aby byly ponechány údaje za zájmové období. Požáry jsou započítány do skupin vytvořených podle roku a měsíce. Výsledky seskupení jsou prezentovány ve formě souhrnné tabulky, která je vizualizována ve sloupcovém grafu s kumulací.

Graf 3 Sloupcový graf měsíčního rozložení lesních požárů v Portugalsku v letech 2019 až 2023



Vizualizace, generovaná na základě analýzy, odhaluje signifikantní variabilitu ve frekvenci požárů v průběhu jednotlivých měsíců, s maximální incidencí v letních měsících, což koreluje s vyššími teplotami a redukovanou vlhkostí. Rok 2022 se vyznačuje největším počtem případů, což koresponduje s údaji Evropské komise, podle níž byl tento rok identifikován jako jeden z nejaktivnějších z hlediska výskytu požárů. (EUROPEAN COMMISSION, 2023)

Tento trend poukazuje na potenciální vliv extrémních meteorologických podmínek a změn v land managementu. Data podtrhují důležitost monitorování klimatických a antropogenních faktorů, jež mají vliv na riziko požárů, a zdůrazňují potřebu zintenzivnění preventivních opatření v specifických periodách. Navíc, zaznamenaný nárůst počtu požárů v určitých letech signalizuje nutnost dalšího výzkumu k pochopení dlouhodobých tendencí a k adaptaci strategií pro reakci na požáry a management rizik.

### 4.3 Podrobná analýza výskytu lesních požárů v Portugalsku pro rok 2022 s využitím GIS

Požáry v Portugalsku v roce 2022 měly významný dopad na ekosystémy, hospodářství a sociální strukturu země. Podrobné šetření těchto událostí bylo provedeno s využitím geoprostorových dat a pokročilých analytických technik.

Šíření požárů bylo analyzováno s cílem určit zeměpisné oblasti s vysokou zranitelností a identifikovat klíčové faktory, které přispívají k riziku požárů. Pozornost byla věnována zejména identifikaci vzorců a trendů, které charakterizují výskyt těchto katastrof. Softwarové skripty byly použity k analýze geolokačních údajů souvisejících s lesními požáry s cílem kvantifikovat spálenou plochu a vytvořit vizualizace.

#### 4.3.1 Analýza centroidů spálených ploch: prostorové a časové rozložení

Analýza údajů umožňuje nejen prohloubit pochopení mechanismů vzniku a šíření požárů, ale také obohatit vědecké a praktické přístupy k jejich prevenci a kontrole.

Programový kód (viz Obrázek 6) implementuje funkci pro výpočet centroidů pro spálené oblasti na základě údajů o požárech v Portugalsku v roce 2023. Kód nejprve načte a vyfiltruje podrobné údaje o výskytu požárů a jejich souřadnice, dále identifikuje události, které se vyskytly v roce 2022, a rozdělí je podle měsíců. To umožňuje podrobnější analýzu rozložení požárů v průběhu roku. Pomocí funkce `calculate_centroid` kód převede řetězce souřadnic na polygony, pro každý z nich vypočítá centroid.

Tyto centroidy, které představují geometrické středy spálených oblastí, se pak používají k analýze prostorového rozložení požárů. V posledním kroku se údaje o požárech seskupené podle měsíců spojí s informacemi o centroidech a exportují se do samostatných souborů CSV pro každý měsíc, aby se usnadnila další analýza a vizualizace dat.

```

5
6 def calculate_centroid(row):
7     # Ověřujeme, zda jsou data ve formě řetězce
8     if isinstance(row['coordinates'], str):
9         # Převod řetězce souřadnic na seznam dvojic
10        coordinates = ast.literal_eval(row['coordinates'])
11    else:
12        # Pokud jsou data již ve formátu seznamu, použijeme je přímo
13        coordinates = row['coordinates']
14
15    # Vytvoření polygonu ze souřadnic
16    polygon = Polygon(coordinates)
17    # Vrácení souřadnic centroidu polygonu
18    return polygon.centroid.x, polygon.centroid.y
19
20 def main():
21     # Aktuální cesty k souborům
22     details_file = 'wildfire_cases/wildfire_cases_PT.csv'
23     coordinates_file = 'burnt_polygons_transformed/output_flattened_PT_EPSG4326.csv'
24
25     # Čtení a filtrování dat podle roku
26     df_details = pd.read_csv(details_file)
27     df_details['initialdate'] = pd.to_datetime(df_details['initialdate'], errors='coerce')
28     df_details['finaldate'] = pd.to_datetime(df_details['finaldate'], errors='coerce')
29
30     df_2022 = df_details[df_details['initialdate'].dt.year == 2022] # Změna zde
31
32     # Čtení souboru se souřadnicemi
33     df_coordinates = pd.read_csv(coordinates_file)
34
35     # Filtrování souřadnic pro ID odpovídající roku 2022
36     df_2022_coordinates = df_coordinates[df_coordinates['id'].isin(df_2022['id'])] # Změna zde
37
38     # Vytvoření nové složky pro soubory podle měsíců
39     output_folder = 'polygons_by_month'
40     if not os.path.exists(output_folder):
41         os.makedirs(output_folder)
42
43     # Generování souborů pro každý měsíc
44     for month in range(1, 13):
45         # Filtrování dat podle měsíce
46         month_df = df_2022[df_2022['initialdate'].dt.month == month] # Změna zde
47
48         # Sloučení dat o rozloze požáru se souřadnicemi
49         month_coordinates_df = pd.merge(month_df[['id', 'area_ha']], df_2022_coordinates, on='id', how='inner') # Změna zde
50
51         # Výpočet centroidů pro každý polygon a rozdělení do sloupců
52         month_coordinates_df['cntr_x'], month_coordinates_df['cntr_y'] = zip(*month_coordinates_df.apply(calculate_centroid, axis=1))
53
54         # Uložení výsledků do souboru odpovídajícího měsíci
55         month_file_name = f'{output_folder}/polygons2022_{month}.csv' # Změna zde
56         month_coordinates_df[['id', 'area_ha', 'cntr_x', 'cntr_y']].to_csv(month_file_name, index=False)
57         print(f'Soubor uložen: {month_file_name}')
58
59 if __name__ == "__main__":
60     main()

```

Obrázek 6 Výpočet centroidů spálenišť a jejich zachování v jednotlivých měsících pro rok 2022.

Studie z roku 2022 identifikovala důležité trendy ovlivňující výskyt a šíření požárů v Portugalsku. Zjištění poskytla základ pro vypracování strategií řízení rizik a přijetí cílených opatření k minimalizaci dopadu požárů na životní prostředí a hospodářství země a zdůraznila význam integrovaného přístupu k analýze a řízení požárů.

#### 4.3.2 Automatizace vytváření mapových vrstev z dat o požárech pomocí v ArcGIS Pro

V předchozích kapitolách této práce bylo podrobně popsáno prostorové a časové rozložení lesních požárů v Portugalsku. Tato kapitola pokračuje analýzou a zabývá se technologickými aspekty zpracování a vizualizace dat pomocí softwaru ArcGIS Pro. Zejména bude ukázáno, jak může skriptování v jazyce Python v prostředí ArcGIS Pro urychlit proces vytváření bodových vrstev z datové sady.

## Pokyny pro otevření okna Pythonu v ArcGIS Pro

Před zahájením práce s jazykem Python v aplikaci ArcGIS Pro je nutné otevřít okno Pythonu. To lze provést následujícím způsobem:

1. Spustíte ArcGIS Pro a otevřete svůj projekt.
2. Klepněte na kartu View (Zobrazení) na panelu nástrojů.
3. Najděte skupinu " Windows" a vyberte možnost "Python".
4. V rozevírací nabídce vyberte " Python Window"(Okno Pythonu), čímž jej aktivujete.

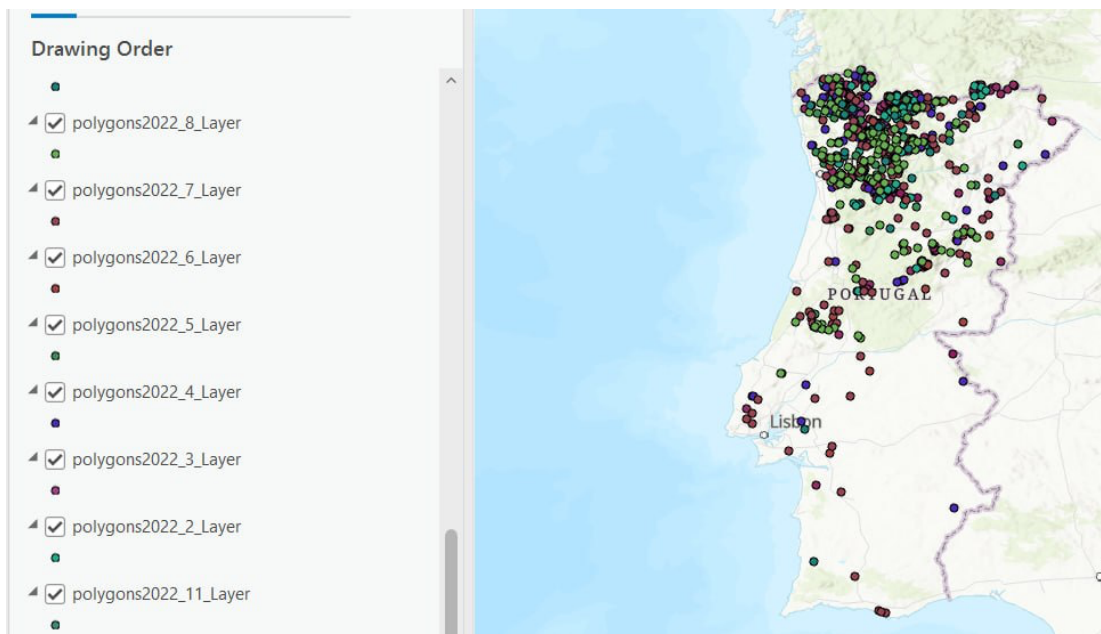
## Zpracování dat o požáru

Proces načítání dat a vytváření vrstev v aplikaci ArcGIS Pro lze automatizovat pomocí skriptu Python (viz Obrázek 7). Níže uvedený skript převezme data o požárech za určitý měsíc, poskytnutá ve formátu CSV, a převede je na bodové objekty na mapě pomocí souřadnic centroidů spálených oblastí.

```
1 import arcpy
2 import os
3
4 # Cesta k vstupní složce s CSV soubory
5 input_folder = r"C:\Users\yurik\Desktop\polygons_by_month"
6 # Cesta k výstupní geodatabázi
7 output_gdb = r"C:\Users\yurik\Desktop\polygons_by_month\output.gdb"
8
9 # Vytvoření seznamu CSV souborů ve vstupní složce
10 csv_files = [f for f in os.listdir(input_folder) if f.endswith('.csv')]
11 # Nastavení prostorové reference - WGS 84
12 spatial_ref = arcpy.SpatialReference(4326)
13
14 # Procházení všech CSV souborů a jejich převod na bodové vrstvy
15 for csv_file in csv_files:
16     try:
17         # Spojení cesty složky a názvu souboru
18         file_path = os.path.join(input_folder, csv_file)
19         # Vytvoření názvu vrstvy z názvu souboru
20         layer_name = os.path.splitext(csv_file)[0] + "_Layer"
21         # Cesta k výstupní vrstvě v geodatabázi
22         output_layer = os.path.join(output_gdb, layer_name)
23
24         # Převod tabulky s XY koordináty na bodovou vrstvu
25         arcpy.management.XYTableToPoint(file_path, output_layer, "cntr_x", "cntr_y", coordinate_system=spatial_ref)
26         print(f"Vrstva {layer_name} byla úspěšně vytvořena.")
27     except Exception as e:
28         print(f"Při vytváření vrstvy z {csv_file} došlo k chybě: {e}")
29
```

Obrázek 7 Převod CSV s požárními daty na bodové vrstvy pro geodatabázi

Představena metoda načítání a zpracování dat o požárech pomocí jazyka Python v aplikaci ArcGIS Pro. Popsaný přístup zvyšuje efektivitu rychlým vytvořením potřebných vrstev pro další analýzu. Tato automatizace umožňuje výzkumníkům soustředit se na interpretaci a analýzu dat namísto jejich rutinního zpracování.



Obrázek 8 Mapa s bodovými vrstvami znázorňujícími údaje o požárech v Portugalsku podle měsíců za rok 2022

Prezentovaný obrázek ukazuje výsledek spuštění skriptu v softwaru ArcGIS, který vygeneroval dvanáct vrstev odpovídajících jednotlivým měsícům v průběhu roku. Každá požární epizoda je znázorněna jako bod, jedinečná značka, která vizualizuje události na geografické mapě Portugalska.

#### 4.3.3 Vytváření nárazníkových zón v aplikaci ArcGIS Pro na základě analýz dat o požárech v přírodě

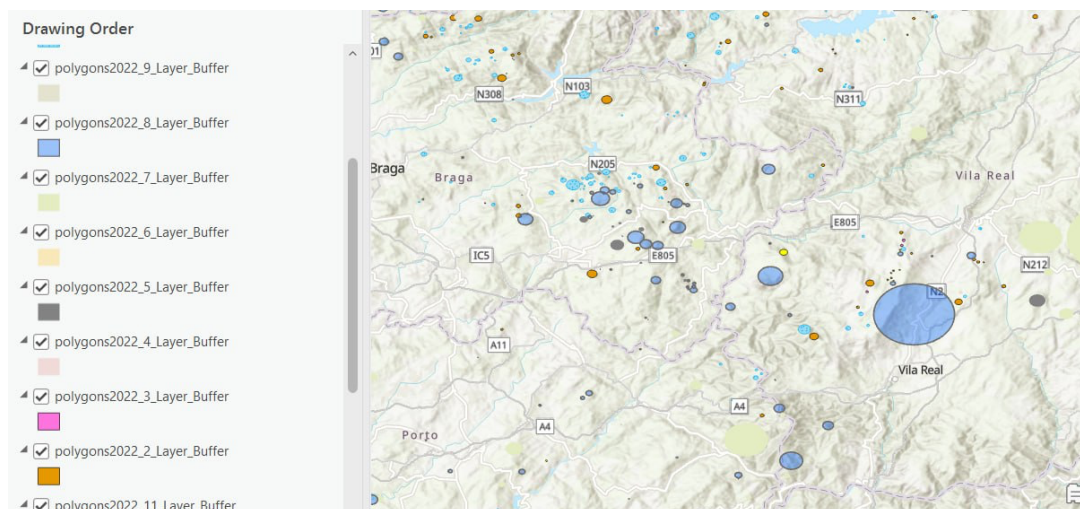
Následně po určení centroidů spálených ploch se analýza zaměřuje na vytvoření nárazníkových zón kolem každého centroidu, což představuje další klíčovou fází studie. Tvorba nárazníkových zón umožňuje hodnocení vlivu jednotlivých požárů na přilehlé oblasti a zkoumání prostorových charakteristik spálených území. V této části je popsána metodika vytváření nárazníkových zón, využívající nástroje ArcGIS Pro společně se skripty v Pythonu.

Následující skript automatizuje proces vytváření nárazníkových zón pro každou třídu fichí, které představují centroidy požárů zaznamenaných v roce 2022.

```
1  import arcpy
2  from math import sqrt
3
4  # Nastavení cesty k geodatabázi
5  gdb_path = r'C:\Users\yurik\Documents\ArcGIS\Projects\Polygones\Polygones.gdb'
6  arcpy.env.workspace = gdb_path
7
8  # Získání seznamu všech prvkových tříd, které odpovídají vzoru
9  feature_classes = arcpy.ListFeatureClasses('polygons2022_*_Layer')
10
11  for fire_layer in feature_classes:
12      try:
13          # Přidání pole 'BufferRadius', pokud ještě neexistuje
14          if "BufferRadius" not in [f.name for f in arcpy.ListFields(fire_layer)]:
15              arcpy.AddField_management(fire_layer, "BufferRadius", "DOUBLE")
16
17          # Výpočet poloměru bufferu na základě plochy a aktualizace pole 'BufferRadius'
18          with arcpy.da.UpdateCursor(fire_layer, ["area_ha", "BufferRadius"]) as cursor:
19              for row in cursor:
20                  area_ha = row[0] # Předpokládaná plocha v hektarech
21                  area_m2 = area_ha * 10000 # Převod na metry čtvereční
22                  radius_m = sqrt(area_m2 / 3.141592653589793) # Výpočet poloměru
23                  row[1] = radius_m
24                  cursor.updateRow(row)
25
26          # Cesta k výstupnímu bufferu pro aktuální vrstvu
27          output_buffer = f"{gdb_path}\\{fire_layer}_Buffer"
28
29          # Vytvoření bufferu s dynamickým poloměrem
30          arcpy.Buffer_analysis(fire_layer, output_buffer, "BufferRadius")
31
32          print(f"Buffer byl vytvořen pro {fire_layer}")
33
34      except Exception as e:
35          print(f"Zpracování vrstvy {fire_layer} selhalo kvůli: {e}")
--
```

Obrázek 9 Výpočet poloměru nárazníku pro plošné požární vrstvy

Uvedený skript provádí výpočet poloměru nárazníkové zóny na základě plochy každého požáru zadané v hektarech a vytváří odpovídající nárazníkové zóny v pracovním prostoru geodatabáze.



Obrázek 10 Mapa s nárazníkovými zónami kolem ohnisek požárů zobrazující jejich dopad v jednotlivých měsících

Uvedený skript v ArcGIS Pro provádí kalkulaci poloměru nárazníkových zón založenou na rozloze každého požáru vyjádřené v hektarech. Na vizualizaci (viz Obrázek 10) jsou tyto nárazníkové zóny reprezentovány kruhy různých velikostí, které jsou proporcionalní k zasažené oblasti. Je patrné, že větší požáry mají širší nárazníkové zóny, což umožňuje hlubší analýzu jejich potenciálního dopadu na přilehlé prostředí. Vytvořené vrstvy nárazníkových zón odhalují prostorové rozložení požárů a umožňují identifikaci oblastí s vyšší koncentrací požárů, což naznačuje regiony s možným zvýšeným rizikem.

#### 4.3.4 Agregace a analýza průjezdů nárazníkovou zónou

Po konstrukci nárazníkových zón okolo identifikovaných centroidů spálených oblastí následuje analýza jejich kumulace za účelem detekce lokalit s maximálním množstvím překryvů. Tento postup umožňuje identifikaci zón s vysokou koncentrací požárů, což může signalizovat oblasti s povišeným rizikem vzniku požárů. V další části je popsán proces kumulace nárazníkových zón a hodnocení jejich vzájemných průniků za využití analytických nástrojů ArcGIS Pro a skriptovacího jazyka Python.



## Sloučení nárazníkových zón

Souvisejícím krokem je sloučení všech stávajících nárazníkových zón do jedné vrstvy, což usnadňuje další analytické postupy. Pomocí funkce Merge\_management se jednotlivé nárazníkové zóny vytvořené v předchozím kroku sloučí do jedné souhrnné vrstvy:

```
1 import arcpy
2
3 # Nastavení pracovní oblasti
4 arcpy.env.workspace = r"C:\path\to\your\geodatabase.gdb"
5
6 # Získání seznamu všech bufferovaných vrstev
7 buffers = arcpy.ListFeatureClasses("*_Buffer")
8
9 # Cesta k výstupní kombinované vrstvě bufferů
10 combined_buffers = "Combined_Buffers"
11
12 # Sloučení všech bufferů do jedné vrstvy
13 arcpy.Merge_management(buffers, combined_buffers)
14 print("Všechny buffery byly sloučeny do vrstvy:", combined_buffers)
--
```

Obrázek 11 - Spojení vyrovnávacích vrstev do jedné vrstvy v geodatabázi.

Kód v jazyce Python ukazuje použití modulu ArcPy pro automatizaci procesu sloučení nárazníkových zón do jedné kompilované vrstvy v prostředí ArcGIS.

## Analýza překrývání vyrovnávací paměti

Po sloučení bufferů se provede analýza průsečíků, aby se identifikovaly oblasti s největším množstvím překryvů. K tomuto účelu se používá nástroj SpatialJoin zaměřený na identifikaci překryvů mezi sloučenými buffery:

```
1 # Cesta k výstupní vrstvě Spatial Join
2 spatial_join_output = "Buffers_Spatial_Join"
3
4 # Provedení Spatial Join pro počítání průsečíků
5 arcpy.analysis.SpatialJoin(target_features=combined_buffers,
6                             join_features=combined_buffers,
7                             out_feature_class=spatial_join_output,
8                             join_operation="JOIN_ONE_TO_MANY",
9                             join_type="KEEP_ALL",
10                            match_option="INTERSECT")
```

Obrázek 12 Provedení prostorové konektivity za účelem spočítání průsečíků mezi buffery

Implementována funkce Spatial Join v modulu ArcPy, která slouží k analýze průniků mezi sloučenými nárazníkovými zónami, což umožňuje identifikaci a kvantifikaci místa překrývání zón.

### Agregace výsledků a identifikace horkých míst

Výsledky Spatial Join se poté agregují a spočítají se počty křížovatek v jednotlivých čtvrtích. To umožňuje identifikovat nejzranitelnější oblasti:

```

1 # Cesta k výstupní agregované vrstvě
2 aggregated_output = "Aggregated_Buffers"
3
4 # Agregace výsledků Spatial Join s počítáním počtu průsečíků
5 arcpy.Dissolve_management(in_features=spatial_join_output,
6                           out_feature_class=aggregated_output,
7                           dissolve_field="TARGET_FID",
8                           statistics_fields=["Join_Count", "SUM"],
9                           multi_part="SINGLE_PART",
10                          unsplit_lines="DISSOLVE_LINES")
11
12 print("Analýza dokončena. Zkontrolujte pole 'SUM_Join_Count' v 'Aggregated_Buffers' pro počet průsečíků.")
13

```

Obrázek 13 Agregace údajů o prostorové konektivitě pro celkový počet křížovatek

Pomocí této metodiky se podařilo identifikovat oblasti s nejvyšším počtem průsečíků nárazníkových zón, které indikují potenciální ohniska požárního nebezpečí.

	OBJECTID *	Shape *	TARGET_FID	SUM_Join_Count ▼	Shape_Length	Shape_Area
1	790	Polygon	790	6	0,45535	0,016059
2	844	Polygon	844	4	0,032648	0,000082
3	856	Polygon	856	4	0,031278	0,000076
4	155	Polygon	155	3	0,028013	0,000061
5	310	Polygon	310	3	0,028313	0,000062
6	311	Polygon	311	3	0,054865	0,000232
7	312	Polygon	312	3	0,089526	0,000618
8	545	Polygon	545	3	0,008357	0,000005
9	597	Polygon	597	3	0,2096	0,003387
10	617	Polygon	617	3	0,079741	0,000493
11	712	Polygon	712	3	0,194489	0,002927
12	757	Polygon	757	3	0,053344	0,000219
13	764	Polygon	764	3	0,063438	0,000311
14	847	Polygon	847	3	0,052587	0,000213

Obrázek 14 Atributová tabulka s výsledky prostorového spojení včetně součtu průsečíků a geometrických parametrů.

Výsledná tabulka, zobrazená na obrázku, obsahuje agregovaná data všech průsečíků nárazníkových zón požárů v průběhu roku 2022. Každý řádek reprezentuje jednotlivé průsečíky, s počtem křížení uvedeným ve sloupci "SUM\_Join\_Count". Tyto údaje slouží k identifikaci oblastí s největšími průsečíky, které mohou být považovány za potenciální ohniska zvýšeného požárního rizika.

#### 4.3.5 Analýza křížení ochranných zón lesních požárů v ArcGIS Pro

V předchozích kapitolách byla popsána metodika vytvoření a integrace nárazníkových zón okolo centroidů spálených ploch. Analýza ukázala, že největší koncentrace průsečíků požárních zón v roce 2022 byla zaznamenána v oblasti s identifikátorem 790. Následující fáze výzkumu spočívá v lokalizaci specifických požárů v této zóně. Detailní analýza zaměřená na objekt s TARGET\_FID 790 nyní umožní identifikovat jednotlivé požáry, které se v této oblasti překrývají a mohou představovat zvýšené riziko.

Skript provádí následující kroky pro každou vyrovnávací vrstvu:

1. Vytvoření vrstvy prvků: Pro agregovanou vrstvu a každý jednotlivý buffer jsou vytvořeny dočasné vrstvy prvků.
2. Výběr podle atributu: Ze souhrnné vrstvy se vybere objekt s TARGET\_FID 790.
3. Výběr podle umístění: Pro každou vyrovnávací vrstvu se provede výběr na základě její prostorové polohy vzhledem k agregované oblasti s TARGET\_FID 790.
4. Výběr identifikátorů: Z každé vybrané vyrovnávací vrstvy se vyberou identifikátory požárů, aby bylo možné přesně určit, které požáry se podílejí na agregované zóně překrytí.

```

1 import arcpy
2
3 # Nastavení pracovní oblasti
4 arcpy.env.workspace = r"C:\Users\yurik\Documents\ArcGIS\Projects\Polygons\Polygons.gdb"
5
6 # Vytvoření feature vrstvy z agregované třídy objektů
7 aggregated_layer = "Aggregated_Buffers"
8 arcpy.MakeFeatureLayer_management(aggregated_layer, "aggregated_layer_lyr")
9
10 # Získání seznamu všech vrstev bufferů odpovídajících přesnému vzoru 'polygons2022_(číslo)_Layer_Buffer'
11 buffers_layers = arcpy.ListFeatureClasses("polygons2022_*_Layer_Buffer")
12
13 # Cyklus přes všechny vrstvy bufferů
14 for buffers_layer in buffers_layers:
15     # Vytvoření feature vrstvy pro aktuální buffer
16     buffers_layer_lyr = buffers_layer + "_lyr"
17     arcpy.MakeFeatureLayer_management(buffers_layer, buffers_layer_lyr)
18
19     # Výběr objektu s TARGET_FID 790 z agregované vrstvy
20     query = "TARGET_FID = 790"
21     arcpy.SelectLayerByAttribute_management("aggregated_layer_lyr", "NEW_SELECTION", query)
22
23     # Provedení Select Layer By Location
24     arcpy.SelectLayerByLocation_management(
25         buffers_layer_lyr,
26         "WITHIN",
27         "aggregated_layer_lyr",
28         search_distance="",
29         selection_type="NEW_SELECTION"
30     )
31
32     # Získání vybraných identifikátorů bufferů
33     selected_buffer_ids = [row[0] for row in arcpy.da.SearchCursor(buffers_layer_lyr, ["id"])]
34
35     print(f"ID bufferů uvnitř prvku 790 pro vrstvu {buffers_layer}:", selected_buffer_ids)
36
37     # Vyčištění výběru pro další cyklus
38     arcpy.Delete_management(buffers_layer_lyr)

```

Obrázek 15 Výběr bufferů v rámci zadané prostorové vrstvy a extrakce jejich identifikátorů

Automatizace procesu analýzy křížovatek nárazníkových zón v aplikaci ArcGIS Pro nejen výrazně urychlila zpracování dat, ale také zajistila vysokou přesnost výsledků. Na základě analýzy bylo určeno, že plochy požárů s ID 59144, 59312, 59313, 179898 a 209050 se v této oblasti překrývají.

```

ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_1_Layer_Buffer: [59144, 59312, 59313, 179898]
ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_10_Layer_Buffer: []
ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_11_Layer_Buffer: []
ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_2_Layer_Buffer: []
ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_3_Layer_Buffer: []
ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_4_Layer_Buffer: []
ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_5_Layer_Buffer: []
ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_6_Layer_Buffer: []
ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_7_Layer_Buffer: []
ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_8_Layer_Buffer: [209050]
ID bufferu uvnitř prvku 790 pro vrstvu polygons2022_9_Layer_Buffer: []

```

Obrázek 16 Seznam identifikátorů vyrovnávací paměti vybraných v každé měsíční vrstvě

Podrobné analýzy těchto případů budou rozebrány v následujících kapitolách. Zkoumání každého z těchto požárů nám umožní lépe pochopit podmínky, které přispěly k jejich vzniku.

#### **4.4 Analýza povětrnostních faktorů a jejich vlivu na požární aktivitu ve vybrané oblasti**

Tato kapitola navazuje na výsledky a zjištění předchozích analýz a zaměřuje se na specifický výzkum vlivu povětrnostních faktorů na požární aktivitu v určité geografické oblasti Portugalska, která byla identifikována jako zvláště náchylná k požárům. Zde bude aplikován komplexní analytický přístup, využívající metody zpracování a analýzy dat prostřednictvím Pythonu a GIS technologií, pro integraci a vyhodnocení rozsáhlých datasetů o požárech a odpovídajících meteorologických podmínkách.

Důraz je kladen na využití poznatků a metodologických postupů získaných z předchozích kapitol, což umožní důkladněji prozkoumat specifické povětrnostní faktory, jako jsou teplota, tlak, vlhkost, rychlost větru, srážky a sluneční záření, a jejich přímý vliv na vznik a rozsah požárů. Tento cílený výzkum přispěje k hlubšímu porozumění dynamiky požárů a poskytne podklady pro vývoj efektivních opatření pro jejich prevenci a řízení.

##### **4.4.1 Přehled a zpracování dat**

V rámci výzkumu byla provedena podrobná analýza vztahu mezi meteorologickými faktory a výskytem lesních požárů v specifické geografické lokalitě Portugalska. Výběr dat byl motivován schopností poskytnout komplexní pohled na různé atmosférické a klimatické podmínky, které mají přímý dopad na potenciál vzniku a šíření lesních požárů.

Data byla získána ze služby "<https://power.larc.nasa.gov/>" pro specifické geografické koordináty  $-7,4806219^{\circ}\text{ZD}$  a  $40,4343473^{\circ}\text{S}$ , což odpovídá místu s největším počtem lesních požárů v Portugalsku za období od 1. prosince 2021 do 31. prosince 2022., což umožňuje rozšířenou analýzu vlivu meteorologických faktorů na požární aktivitu, včetně požárů v lednu roku 2022

##### **Vybrané meteorologické parametry:**

- Teplota ve 2 metrech (T2M): Ukazuje vysoušecí efekt teplého vzduchu na vegetaci;

- Teplota zemského povrchu (TS): Odráží tepelný stav země, což ovlivňuje sušení vegetace;
- Tlak na povrchu (PS): Variace atmosférického tlaku signalizují změny povětrnostních podmínek;
- Rychlost větru ve 10 metrech (WS10M): Rychlost větru ovlivňuje šíření požárů;
- Korigovaný celkový úhrn srážek (PRECTOTCORR): Srážky přímo snižují riziko požárů;
- Relativní vlhkost ve 2 metrech (RH2M): Vlhkost vzduchu ovlivňuje rychlost sušení a vzniku požárů;
- Celkové povrchové krátkovlnné záření pod oblohou (ALLSKY\_SFC\_SW\_DWN): Intenzita slunečního záření má vliv na ohřívání a vysychání vegetace;
- Celkový čistotní index insolace pod oblohou (ALLSKY\_KT): Měří čistotu a intenzitu slunečního světla, což ovlivňuje riziko požárů.

Tento výzkum poskytuje základ pro hlubší porozumění vlivu meteorologických faktorů na riziko vzniku a dynamiku šíření požárů. S ohledem na komplexní charakter interakcí mezi různými klimatickými a atmosférickými podmínkami je zřejmé, že efektivní strategie pro prevenci požárů a minimalizaci jejich dopadů vyžadují multidisciplinární přístup a integraci širokého spektra meteorologických dat.

Další analýza a interpretace shromážděných dat umožní identifikaci klíčových faktorů, které nejvíce přispívají k požárnímu riziku, a podpoří vývoj cílených opatření pro řízení a prevenci lesních požárů v závislosti na specifických meteorologických podmínkách.

### **Kombinace požárních a meteorologických dat**

V rámci tohoto výzkumného úsilí byla provedena integrace a analýza dat (viz Obrázek 17), zaměřená na pochopení vztahu mezi specifickými lesními požáry a přidruženými meteorologickými podmínkami v Portugalsku. Důraz byl kladen na precizní párování datových záznamů, což umožnilo detailní zkoumání vlivu povětrnostních faktorů na požární aktivitu.

Zásadním aspektem analýzy bylo stanovení 30denního intervalu před každým zaznamenaným požárem, který byl zvolen pro podrobné zkoumání povětrnostních faktorů vedoucích k vzniku požáru. Tento přístup umožnil hlubší pohled na dynamiku a interakce

mezi atmosférickými podmínkami a požární aktivitou, poskytujíc přesnější obraz o potenciálních příčinách a podmínkách favorizujících vznik požárů.

```
for index, fire in fires_data.iterrows():
    start_date = fire['initialdate']
    mask = (weather_data['date'] >= start_date - timedelta(days=30)) & (weather_data['date'] <= start_date)
    relevant_weather = weather_data.loc[mask]
    if not relevant_weather.empty:
        for i, weather_row in relevant_weather.iterrows():
            combined_row = {**fire.to_dict(), **weather_row.to_dict()}
            combined_rows.append(combined_row)
```

Obrázek 17 Kombinace údajů o požárech s meteorologickými údaji podle data

Data o požárech, získaná z datasetu wildfire\_cases\_PT.csv, byla filtrována pro vybrané případy s konkrétními ID.

```
# Filtrace dat pro zachování pouze požárů s konkrétními ID
specific_ids = ['59144', '59312', '59313', '179898', '209050']
fires_data = fires_data[fires_data['id'].astype(str).isin(specific_ids)]
```

Obrázek 18 Filtrování dat o požárech podle zadaných identifikátorů.

Meteorologická data poskytla důležité informace o klimatických podmínkách v daném období. Proces párování požárů s meteorologickými daty na základě datumu a lokality umožnil identifikaci relevantních povětrnostních faktorů, které mohou předcházet požárům.

Výsledkem je kombinovaný dataset, který obsahuje komplexní informace o vybraných požárech a souvisejících povětrnostních podmínkách do 30 dnů před jejich vznikem. Tento soubor dat umožňuje podrobné zkoumání vztahů mezi požární aktivitou a širokým spektrem meteorologických parametrů, jako jsou teplota, tlak, vlhkost, rychlost větru a srážky.

#### 4.4.2 Komplexní syntéza vlivu povětrnostních faktorů na dynamiku požárů

Tato podkapitola představuje analýzu konkrétních případů požárů popsanych v předchozích kapitolách, se zvláštním zaměřením na Beiras a Serra da Estrela v Manteigas. Rok 2022 byl v Portugalsku označen za období s vysokou četností požárů a posloužil k identifikaci rizikových oblastí na základě geoprostorových dat zpracovaných v softwaru ArcGIS Pro.

Pomocí prostorových analýz byly identifikovány klíčové požáry relevantní pro studii. Poté byly zkoumány korelace mezi meteorologickými podmínkami a dynamikou požárů.

Systematické posouzení těchto korelací umožňuje identifikovat mechanismy vzniku požárů a poskytuje základ pro vývoj strategií prevence a řízení požárů.

V této studii byl použit analytický přístup založený na moderních metodách zpracování a analýzy dat. Použití programovacího jazyka Python v kombinaci s jeho knihovnami umožnilo zpracovat velké množství dat a identifikovat klíčové vzorce a korelace.

```
14 # Předběžná analýza
15 print(data.describe())
16 print(data.info())
17
18 # Vizualizace dat
19 # Histogramy klíčových meteorologických parametrů
20 weather_columns = ['T2M', 'TS', 'PS', 'WS10M', 'PRECTOTCORR', 'RH2M', 'ALLSKY_SFC_SW_DWN', 'ALLSKY_KT']
21 for col in weather_columns:
22     plt.figure(figsize=(10, 6))
23     sns.histplot(data[col], kde=True)
24     plt.title(f'Distribuce {col}')
25     plt.xlabel(f'{col}')
26     plt.ylabel('Frekvence')
27     plt.show()
28
29 # Korelační analýza
30 corr_matrix = data[weather_columns + ['area_ha']].corr()
31 plt.figure(figsize=(12, 8))
32 sns.heatmap(corr_matrix, annot=True, cmap='coolwarm')
33 plt.title('Korelační matice pro meteorologické parametry a rozlohu požáru')
34 plt.show()
35
36 # Příprava dat pro modelování
37 # Převod rozlohy požáru na kategoričtý atribut (1 - pokud je rozloha vyšší než medián, jinak 0)
38 data['fire_size_large'] = (data['area_ha'] > data['area_ha'].median()).astype(int)
39
40 features = data[weather_columns]
41 target = data['fire_size_large']
42
43 # Rozdělení dat na tréninkovou a testovací sadu
44 X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(features, target, test_size=0.3, random_state=42)
45
46 # Škálování příznaků
47 scaler = StandardScaler()
48 X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
49 X_test_scaled = scaler.transform(X_test)
50
51 # Modelování s využitím náhodného lesa
52 model = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=42)
53 model.fit(X_train_scaled, y_train)
54
55 # Hodnocení modelu
56 predictions = model.predict(X_test_scaled)
57 print(f'Přesnost modelu: {accuracy_score(y_test, predictions)}')
58 print(confusion_matrix(y_test, predictions))
59 print(classification_report(y_test, predictions))
```

Obrázek 19 Analýza dat o požárech včetně vizualizace, korelační analýzy, přípravy dat a modelování pomocí náhodného lesa.

Hlavním účelem studie bylo zjistit vztah mezi povětrnostními podmínkami a velikostí požáru. Za tímto účelem byly získány a vyhodnoceny parametry jako teplota, tlak, vlhkost, rychlost větru a sluneční záření. Statistické analýzy zahrnovaly výpočet korelačních koeficientů pro určení míry vlivu každého z těchto faktorů na plochu požáru.

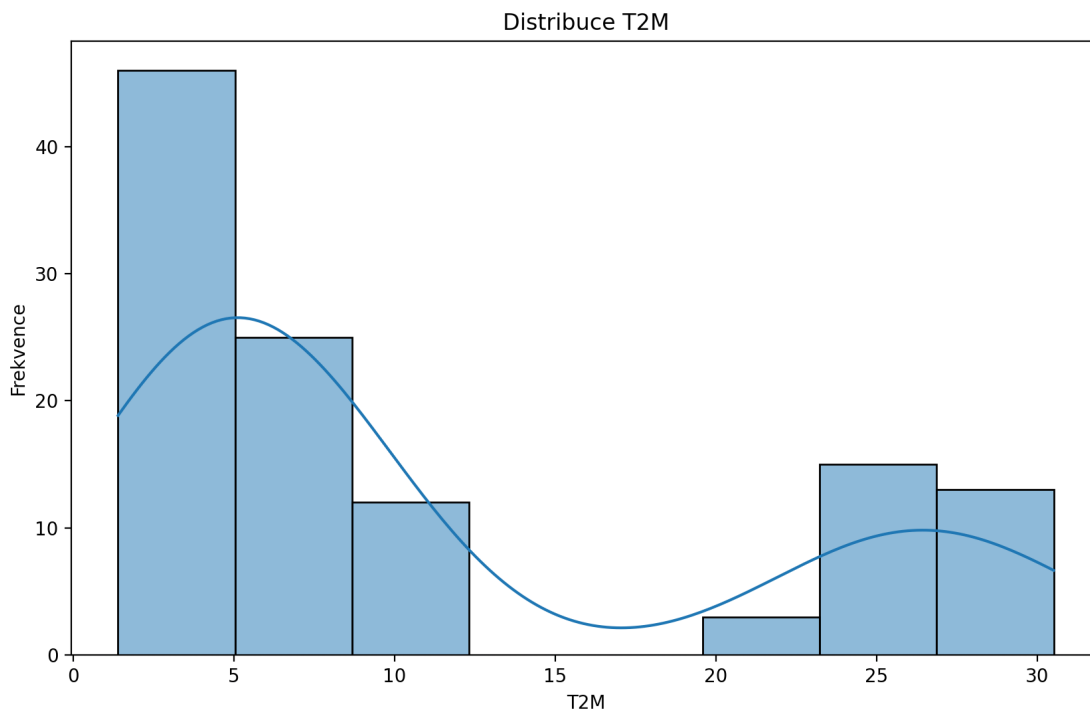
Interpretace histogramů a korelačních matic umožnila určit nejvýznamnější parametry počasí, které mohou přispívat k výskytu požárů. Tyto údaje tvořily základ pro



pochopení vztahů příčin a následků a budou klíčové pro vypracování doporučení pro snížení rizika požárů.

### Analýza rozložení teploty ve výšce 2 m (T2M)

Graf 4 Histogram s překrývajícím se grafem hustoty rozdělení pro proměnnou T2M



Histogram teploty ve výšce 2 m (T2M) vykazuje výrazný vrchol v počátečním rozsahu, což ukazuje na vysokou četnost relativně nízkých teplot v kontextu studovaných požárů. Pozorované rozložení naznačuje, že většina požárů vzniká za chladnějšího počasí, což se může zdát protichůdné vzhledem k obecně přijímané souvislosti mezi vyššími teplotami a rizikem požáru.

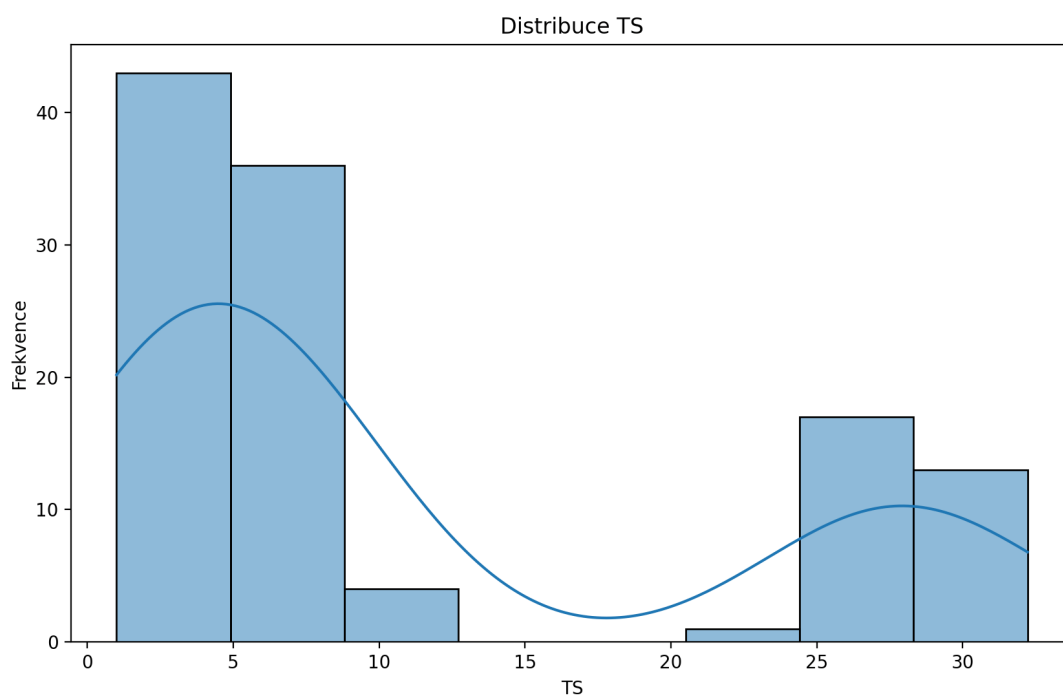
Je třeba zvážit, že vrchol v rozmezí nízkých teplot může odrážet periodickou povahu požárů vznikajících během vlhkých období, kdy mohou vzniku požáru napomáhat jiné podmínky, jako je lidská činnost nebo nahromadění hořlavých materiálů. Současně přítomnost případů s vyššími hodnotami T2M, i když v menším počtu, podporuje klasickou hypotézu, že zvyšující se teplota vzduchu může přispívat ke zvýšenému nebezpečí požáru.

Údaje rovněž ukazují pokles četnosti ve středním teplotním pásmu a následný nárůst četnosti ve vyšším pásmu, což může naznačovat, že existuje určitý teplotní práh, nad nímž

se pravděpodobnost vzniku větších požárů zvyšuje. Toto pozorování může být základem pro hypotézu, že existují určité teplotní podmínky, při nichž začínají dominovat jiné faktory, jako je síla a směr větru nebo vlhkost vzduchu, které ovlivňují rozvoj požáru.

### Interpretace rozložení teploty zemského povrchu (TS)

Graf 5 Histogram četností proměnné TS s překrývající se křivkou rozdělení hustoty



Histogram teploty zemského povrchu (TS) vykazuje nápadný vrchol v sektoru nízkých teplot, což naznačuje značný počet požárů, které vznikly za relativně chladných povrchových podmínek. Toto rozložení zdůrazňuje tendenci vzniku požárů nejen při vysokých teplotách, ale i při nižších teplotách, což může odrážet vliv dalších faktorů, jako je lidská činnost nebo hromadění hořlavých materiálů.

Střední teplotní rozmezí, v němž je pozorován snížený výskyt požárů, může naznačovat možnost, že mohou existovat prahové hodnoty potřebné k zahájení nebo udržení hoření. Je možné, že při těchto středních teplotách jsou podmínky pro vznícení méně příznivé, což vyžaduje další analýzu a potvrzení.

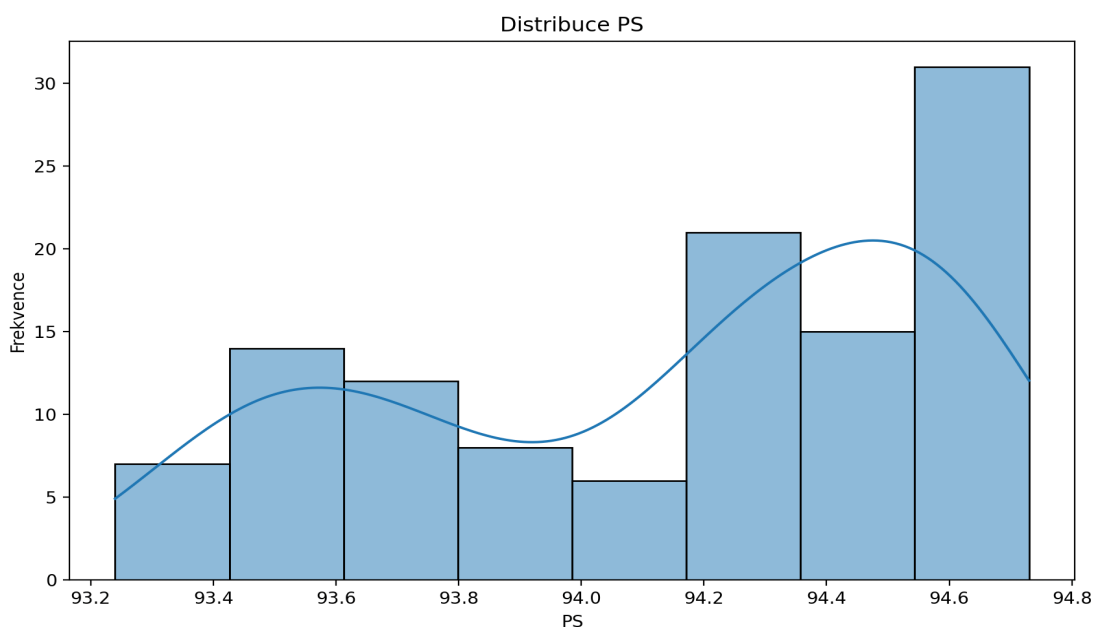
Pozorovaný nárůst četnosti v segmentu vyšších teplot podporuje domněnku, že extrémně vysoké povrchové teploty mohou podporovat intenzivnější a rozsáhlejší požáry.

Takové podmínky mohou vést ke zvýšené suchosti vegetace, což ji činí náchylnější ke vznícení a udržení požáru.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat celkovému tvaru rozložení, které není symetrické. Sklon histogramu směrem k nižším hodnotám TS může naznačovat nelinearitu vlivu povrchové teploty na vznik požárů, což obohacuje naše chápání dynamiky požárů a umožňuje přesněji předvídat jejich možný rozvoj.

### Odhad rozložení povrchového tlaku (PS)

Graf 6 Histogram rozdělení proměnné PS s grafem hustoty



Předložený histogram povrchového tlaku (PS) ukazuje výraznou variabilitu hodnot tlaku v souvislosti s požáry. Výrazná četnost výskytu nižších hodnot tlaku, která pak směrem ke středním hodnotám klesá a u vyšších hodnot stoupá, může svědčit o dvou odlišných režimech požáru.

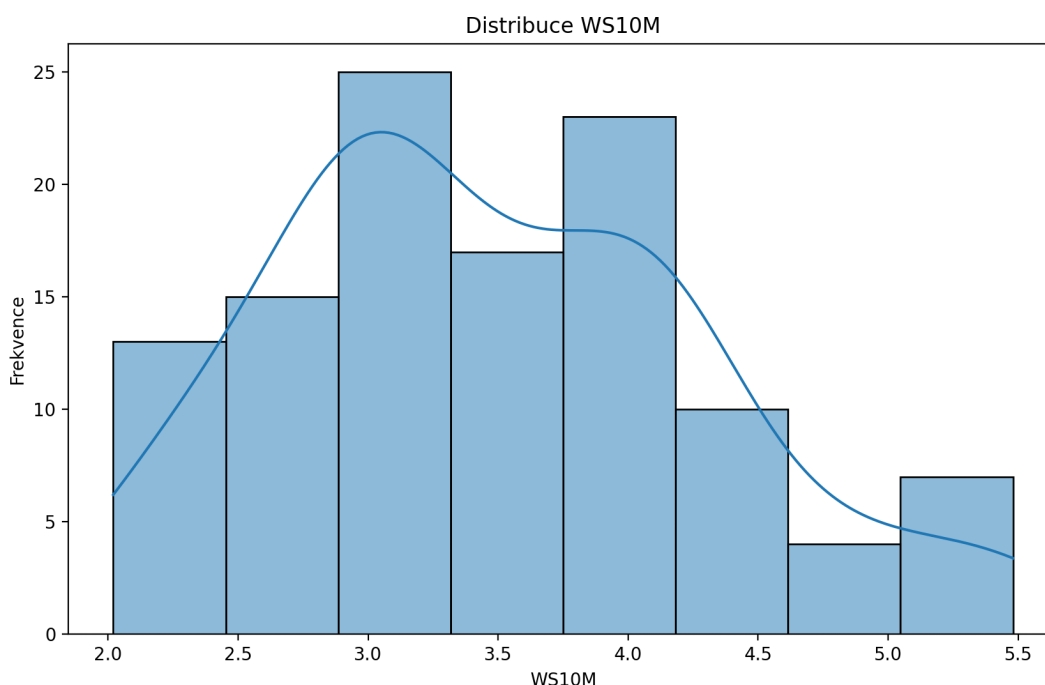
Počáteční vrchol v nižším rozsahu PS může odrážet situace, kdy nižší atmosférický tlak, často doprovázený nestabilním počasím a větrem, podporuje šíření požáru. Další pokles četnosti odpovídá obdobím průměrného tlaku, která mohou být charakterizována méně extrémními povětrnostními podmínkami.

Druhý vrchol ve vyšším rozmezí PS naznačuje, že vysoký atmosférický tlak, který je obvykle spojen s jasným a suchým počasím, může rovněž vytvářet příznivé podmínky pro vznik a udržení požáru, případně zesílením sucha a snížením vlhkosti vzduchu.

Tato zjištění zdůrazňují komplexní vztah mezi atmosférickými podmínkami a požární aktivitou a naznačují, že mechanismy iniciace požárů se mohou lišit v závislosti na celkovém stavu počasí.

### **Analýza rozložení rychlosti větru ve výšce 10 metrů (WS10M)**

Graf 7 Histogram rychlosti větru ve výšce 10 metrů (WS10M) s křivkou rozložení hustoty.



Histogram rychlosti větru ve výšce 10 metrů (WS10M) představuje rozložení, v němž převažují střední rychlosti s nejčastějšími hodnotami kolem 3 m/s. Toto rozložení může naznačovat, že mírné rychlosti větru jsou charakteristickým stavem pro uvažované požáry v této oblasti.

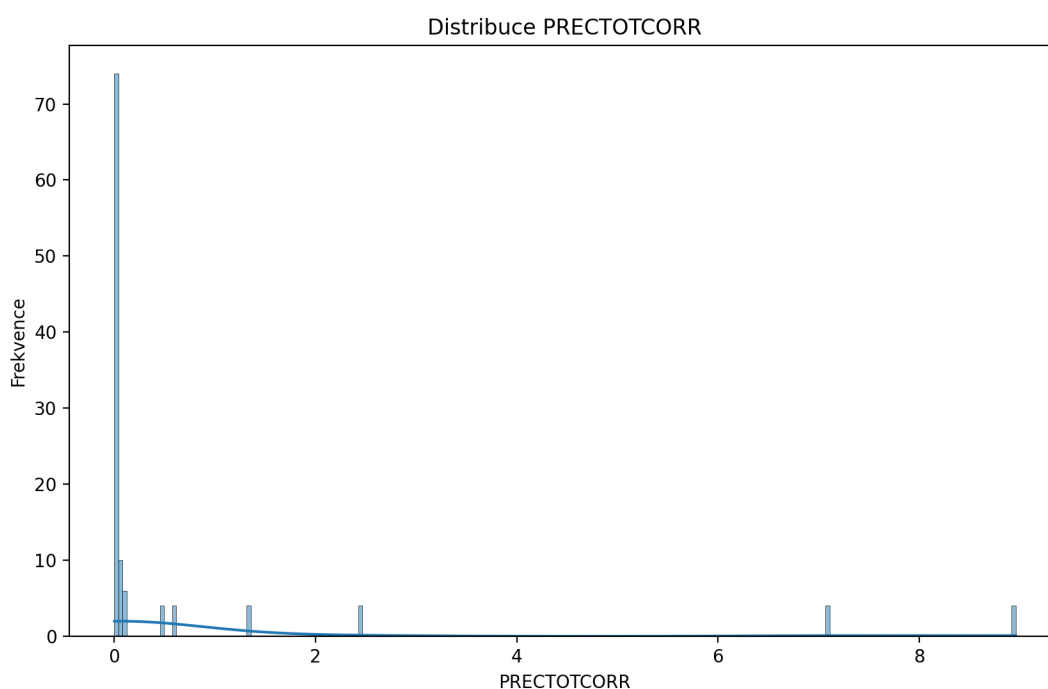
Relativně plochý charakter histogramu mezi 2 a 4 m/s s následným poklesem četnosti při vyšších rychlostech lze interpretovat jako ukazatel toho, že extrémně vysoké rychlosti větru nebyly v těchto případech predisponujícím faktorem pro vznik požáru. To je v rozporu s obecným názorem, že silnější vítr podporuje větší šíření požáru. Je však třeba poznamenat,

že i mírné rychlosti mohou přispívat k šíření požáru, zejména v kombinaci s dalšími příznivými faktory, jako je suchost vzduchu a dostupnost paliva.

Snížení četnosti při nižších a vyšších hodnotách WS10M poukazuje na důležitost zohlednění místních povětrnostních podmínek při modelování rizik požárů.

### Rozdělení korigovaných srážek (PRECTOTCORR)

Graf 8 Histogram s rozložením hodnoty celkového úhrnu srážek (PRECTOTCORR)



Histogram korigovaných srážek (PRECTOTCORR) ukazuje jasnou koncentraci požárů při velmi nízkých srážkových úhrnech, což zdůrazňuje výraznou převahu suchých podmínek. Vysoká četnost požárních událostí je pozorována, když se srážky blíží nule, což podporuje obecný předpoklad, že sucho a suchý vegetační kryt výrazně zvyšují riziko požárů.

Zkreslené rozložení s několika výraznými sloupci představujícími požáry při mírně vyšších hodnotách srážek může odrážet vzácné situace, kdy k požárům dochází i přes přítomnost určitých srážek. To může naznačovat vliv dalších faktorů, jako jsou poryvy větru nebo lidská činnost, které mohou překonat tlumící účinek srážek.

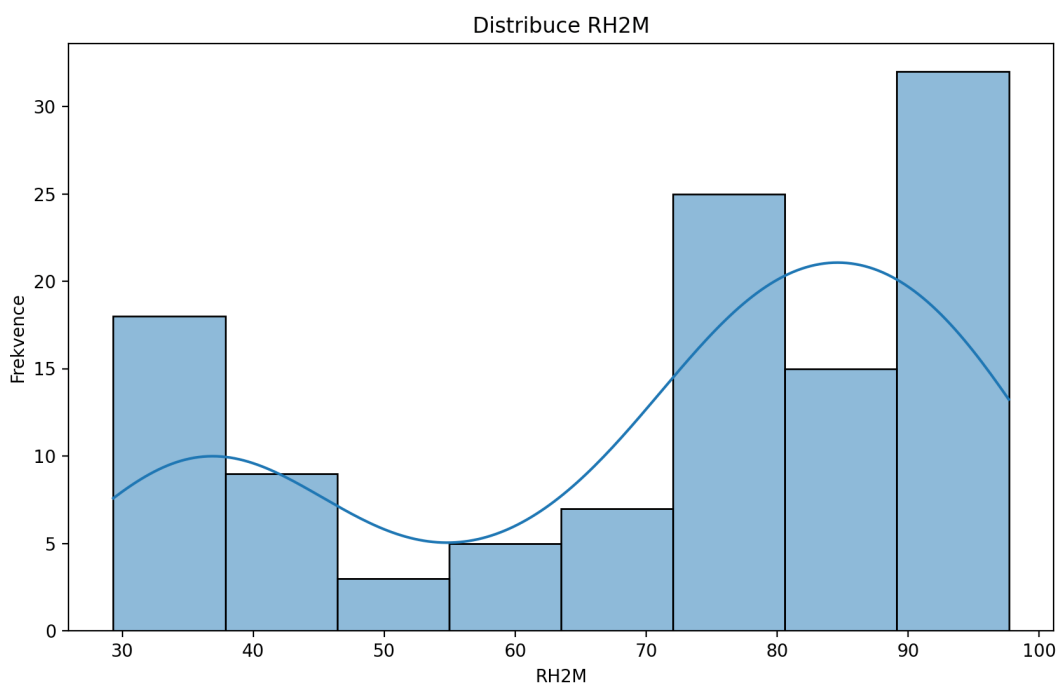
Nedostatek údajů pro vyšší úhrny srážek zdůrazňuje nedostatek požárů ve vlhčích podmínkách, což může být důvodem k dalšímu zkoumání vlivu srážek na snížení nebezpečí

požárů. Je důležité poznamenat, že i při mírných srážkách může v závislosti na dalších podmínkách, jako je teplota a vlhkost, zůstat nebezpečí požáru vysoké.

Tato pozorování posilují poznání, že opatření pro řízení a prevenci požárů by měla brát v úvahu nejen celkové množství atmosférických srážek, ale také jejich časové rozložení a kombinaci s dalšími povětrnostními i nepovětrnostními faktory.

### Zkoumání rozložení relativní vlhkosti ve výšce 2 m (RH2M)

Graf 9 Histogram relativní vlhkosti ve výšce 2 metrů (RH2M) s křivkou hustoty



Analýzou rozložení relativní vlhkosti ve výšce 2 metry (RH2M) lze zaznamenat nerovnoměrný výskyt různých vlhkostních podmínek v době vzniku požáru. Histogram ukazuje značný počet událostí při nízkých hodnotách vlhkosti, což koreluje s očekávaným vlivem suchého vzduchu na vznik požáru. Je zde však také výrazný vrchol v oblasti vyšších hodnot RH2M, což může naznačovat, že požáry mohou vznikat a rozvíjet se i při vysokých hodnotách vlhkosti.

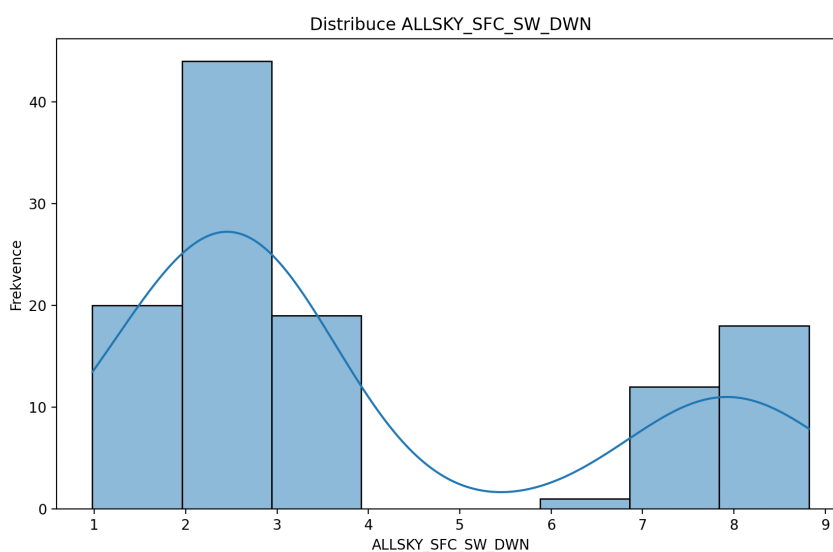
Pozorování nízkých hodnot RH2M v mnoha případech podporuje obecný názor, že sucho zvyšuje pravděpodobnost vzniku požárů v důsledku snížené vlhkosti paliva a zvýšené hořlavosti paliva. Přítomnost požárů při vysokých hodnotách vlhkosti však vyžaduje další

analýzu možných příčin, jako je silný vítr nebo nahromadění suchých hořlavých materiálů, které mohou přispět k šíření požáru.

Nápadný vrchol kolem 90 % RH2M je významný, protože není typický pro běžně přijímané modely požárního nebezpečí. Může být odrazem jedinečných mikroklimatických podmínek nebo specifických událostí, kdy požáry mohly být způsobeny lidskou činností nebo přirozenými příčinami nezávislými na vlhkosti, jako jsou údery blesku ve vlhké, ale hořlavé krajině.

### **Analýza rozložení všesměrového slunečního záření na zemském povrchu (ALLSKY\_SFC\_SW\_DWN)**

Graf 10 Histogram slunečního záření v blízkosti zemského povrchu (ALLSKY\_SFC\_SW\_DWN) s překrývajícím se grafem rozložení hustoty.



Histogram všesměrového slunečního záření na zemském povrchu (ALLSKY\_SFC\_SW\_DWN) ukazuje nejběžnější hodnotu záření přibližně 2-3 kW-h/m<sup>2</sup>/den, což může odrážet běžné sluneční podmínky ve dnech požárů. Výrazný vrchol v tomto rozmezí naznačuje, že mírná úroveň slunečního záření je pro zkoumané požární události normou.

Je třeba poznamenat, že histogram vykazuje pokles četnosti s rostoucí intenzitou záření, po němž následuje mírný nárůst ve vyšších pásmech. To může naznačovat, že jak

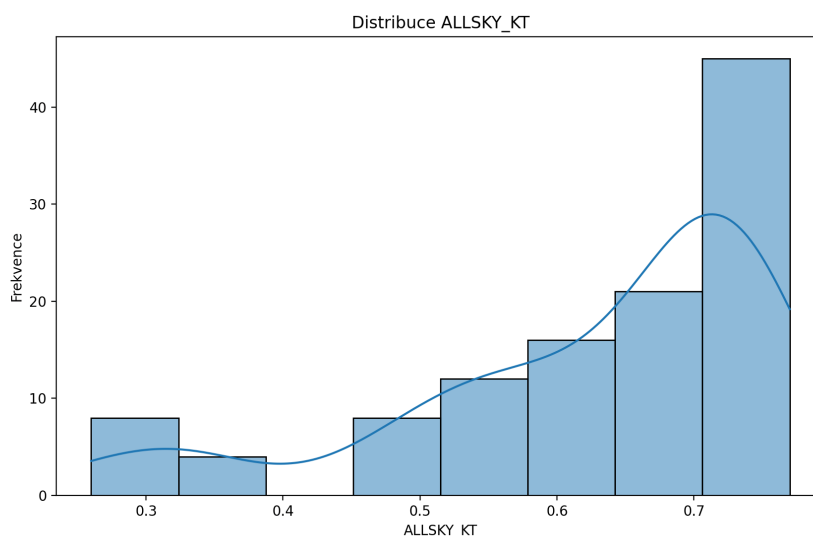
nedostatečné, tak nadměrné sluneční záření nejsou hlavními příčinami požárů, ale že určité úrovně nadprůměrného záření mohou přesto zvýšit riziko požárů.

Rozložení také ukazuje, že požáry mohou vznikat při různých úrovních slunečního záření, což zdůrazňuje nejednoznačný vliv tohoto faktoru. Pro plné zhodnocení úlohy slunečního záření v dynamice požární aktivity je důležité brát v úvahu sluneční záření v kombinaci s dalšími povětrnostními podmínkami, jako je teplota a vlhkost.

Zvláště zajímavý je nárůst četnosti v kategorii s nejvyššími hodnotami záření. To může naznačovat určité scénáře, v nichž intenzivní sluneční záření podporuje rychlé vysychání vegetace a zvyšuje její náchylnost k požárům, i když ostatní podmínky, jako je teplota a vlhkost, nemusí být tak kritické.

### Rozložení indexu průhlednosti atmosféry (ALLSKY\_KT)

Graf 11 Histogram průhlednosti atmosféry (ALLSKY\_KT) s křivkou rozložení hustoty



Histogram indexu průhlednosti atmosféry (ALLSKY\_KT), který odráží průzračnost atmosféry a její schopnost propouštět sluneční světlo, vykazuje jasný trend zvyšující se četnosti s rostoucí hodnotou indexu. Pozorovaný nárůst výskytu požárů s rostoucí hodnotou ALLSKY\_KT zdůrazňuje vztah mezi jasnějšími a slunečnějšími dny a pravděpodobností výskytu požárů.

Výrazný vrchol v závěrečné části histogramu naznačuje, že většina požárů vznikla v obdobích s vysokým indexem ALLSKY\_KT, což odpovídá podmínkám jasné oblohy, kdy

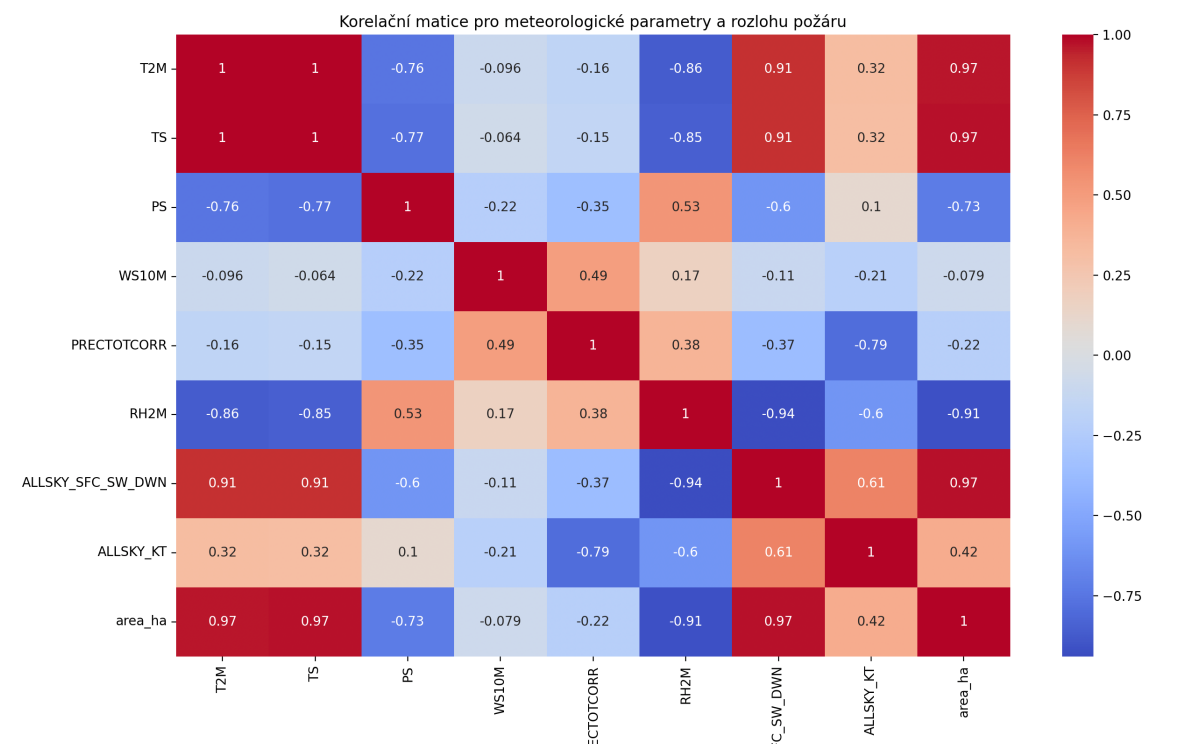


sluneční záření dopadá na zem bez výrazných překážek. To může napomáhat rychlému vysychání vegetace a zvyšovat její náchylnost ke vznícení, čímž se v těchto obdobích zvyšuje nebezpečí vzniku požáru.

Absence vysokého výskytu požárů při nižších hodnotách ALLSKY\_KT může naznačovat, že zatažená obloha, která vede ke snížení intenzity slunečního záření, snižuje riziko požárů. Výskyt požárů při středních hodnotách ALLSKY\_KT však naznačuje, že i za podmínek mírného slunečního záření mohou vznikat požáry, což naznačuje, že vliv povětrnostních podmínek na požární aktivitu je vícerozměrný.

### Syntéza korelační analýzy parametrů počasí a plochy požáru

Graf 12- Korelační matice pro meteorologické parametry a plochu požáru.



Korelační matice znázorňující vztahy mezi parametry počasí a plochou požáru slouží jako základní nástroj pro pochopení faktorů ovlivňujících požární aktivitu. Předložená vizualizace korelací nabízí podrobné zkoumání přímých i inverzních vztahů mezi měřenými proměnnými.

Vysoké pozitivní korelace teploty ve výšce 2 m (T2M) a povrchové teploty (TS) s plochou požáru (area\_ha) s hodnotami koeficientu kolem 0,97 silně podporují tradiční představu, že zvyšující se teplota vzduchu a povrchu země zvyšuje pravděpodobnost vzniku a šíření požáru. Takto silné korelace naznačují význam sledování teploty při předpovídání rizik požárů.

Záporné korelace přízemního tlaku (PS) a relativní vlhkosti ve výšce 2 m (RH2M) s plochou požáru s hodnotami kolem -0,73, resp. -0,91 ukazují, že vyšší tlak a nižší vlhkost mohou být spojeny se snížením rizika požáru. Tato zjištění mohou naznačovat, že požáry mají tendenci vznikat a rozvíjet se v sušších a méně tlakových podmínkách.

Sluneční záření (ALLSKY\_SFC\_SW\_DWN) a index průhlednosti atmosféry (ALLSKY\_KT) rovněž vykazují silnou pozitivní korelaci s plochou požárů s koeficienty kolem 0,97, resp. 0,42, což odráží vliv jasného a slunečného počasí na zvyšování nebezpečí požárů.

Při interpretaci korelační matice jako celku lze tvrdit, že požární aktivita má komplexní povahu a závisí na více vzájemně souvisejících povětrnostních faktorech. Silné vztahy mezi teplotou a plochou požáru posilují význam teplotních parametrů, zatímco vztahy s vlhkostí a tlakem zdůrazňují nutnost jejich zohlednění při navrhování protipožárních opatření. Kombinace těchto poznatků poskytuje příležitost k vývoji komplexních a vícefaktorových modelů, které mohou přesněji posoudit a předpovědět rizika požárů.

## 5 Výsledky a diskuse

Analýzy údajů o evropských požárech provedené v této práci s využitím technologií geografických informačních systémů poskytly cenné informace o klíčových aspektech tohoto problému. Použití nástrojů, jako jsou ArcGIS Pro a Python, umožnilo provést hloubkovou a vícerozměrnou analýzu, jejíž výsledky poukázaly na složitost a mnohostrannost problematiky lesních požárů.

Jedním z hlavních úspěchů studie byla identifikace hlavních zón ohrožení požáry. Zmapování těchto zón pomocí technologií GIS poskytlo vizualizaci oblastí nejvíce náchylných k požárům. Tento přístup nejen zlepšuje pochopení prostorových aspektů problému, ale také usnadňuje efektivnější plánování prevence a reakce na požáry.

Studie navíc umožnila určit časové intervaly největšího ohrožení požárem. Sezónnost lesních požárů vymezená v práci naznačuje období, kdy je třeba posílit preventivní a monitorovací opatření. Tento aspekt je pro řídicí orgány a první zásahové jednotky mimořádně důležitý, neboť umožňuje optimalizovat přidělování zdrojů a sil v kritických obdobích.

Zvláštní pozornost byla věnována vlivu povětrnostních podmínek na vznik a šíření požárů. Analýza povětrnostních podmínek a jejich korelace s šířením požárů potvrdila, že některé meteorologické faktory, jako je sucho, vysoké teploty a silný vítr, mohou výrazně zvýšit riziko vzniku požárů. Tato zjištění zdůrazňují potřebu začlenit meteorologické údaje do systémů včasného varování a monitorování požárů.

Z této analýzy je zřejmé, že v metodách předpovídání lesních požárů existuje značný prostor pro zlepšení. Jednou z oblastí pro zlepšení je rozšíření používané databáze o informace ze satelitních pozorování a sociálních médií. Tento přístup zlepší přesnost předpovědí. Zavedení technologií strojového a hlubokého učení se jeví jako slibný směr pro zlepšení identifikace potenciálně nebezpečných oblastí a optimalizaci využívání zdrojů pro prevenci a řízení požárů.

Vývoj a implementace interaktivních map a aplikací pro monitorování požárů v reálném čase představují klíčovou oblast, na kterou je třeba se zaměřit při zlepšování prevence a kontroly požárů. Tyto nástroje mají potenciál významně zlepšit proces reakce na mimořádné události, zrychlit je a zkoncentrovat.

Interaktivní mapy mohou uživatelům poskytnout aktuální informace o poloze požárů, jejich rozsahu a směru šíření. Pomocí integraci se systémy dálkového průzkumu Země a

využití dat ze satelitních pozorování lze tyto mapy aktualizovat v reálném čase a poskytovat tak informace o nových požárech a změnách v dynamice stávajících požárů v reálném čase.

Aplikace pro monitorování lesních požárů mohou zahrnovat možnost upozornit uživatele na výskyt nových požárů v jejich oblasti a také poskytovat rady ohledně evakuace a bezpečného chování při požáru. Důležitým aspektem je také schopnost shromažďovat a analyzovat údaje od uživatelů, což může přispět k přesnějšímu obrazu o šíření požárů a účinnosti protipožárních opatření.

V souvislosti s přizpůsobováním se klimatickým změnám, které zvyšují četnost a intenzitu požárů, nabývá vývoj adaptivních předpovědních modelů zvláštního významu. Tyto modely by měly zohledňovat měnící se klimatické podmínky a jejich vliv na pravděpodobnost výskytu požárů v různých regionech. Začlenění těchto modelů do monitorovacích systémů umožní nejen sledovat aktuální situaci, ale také předpovídat vývoj požární situace, což výrazně zvýší účinnost plánování opatření k prevenci a kontrole lesních požárů.

Závěrem je třeba zdůraznit význam této analýzy pro pochopení dynamiky požárů v přírodním prostředí a vypracování účinných preventivních strategií. Navrhované směry dalšího výzkumu a možnosti zlepšení stávajících metod mohou přispět ke snížení rizik lesních požárů a minimalizaci jejich negativních dopadů na přírodu, hospodářství a společnost.

## 6 Závěr

V této práci byla komplexně analyzována problematika lesních požárů v Evropě se zaměřením na zjišťování příčin požárů, hodnocení jejich následků a zkoumání možností prevence s využitím informačních technologií. S pomocí geografických informačních systémů (GIS) a dalších moderních technologických řešení tato studie úspěšně dosáhla svých cílů tím, že navrhla účinné metody pro zlepšení využívání GIS a dalších technologií při řízení lesních požárů. Analýza příčin požárů založená na GIS identifikovala klíčové rizikové faktory, včetně meteorologických podmínek a lidských činností, které významně přispívají k pravděpodobnosti vzniku požáru. Posouzení následků požárů odhalilo jejich rozsáhlé ekologické, ekonomické a sociální škody, což zdůraznilo význam přesné vizualizace a analýzy ohrožených oblastí pomocí GIS.

Na základě shromážděných údajů a analýz studie navrhla konkrétní strategie a opatření pro prevenci požárů, včetně monitorování rizikových zón, včasného odhalení požárů a optimalizace prostředků na jejich likvidaci. Výsledky práce tak nejen potvrdily významnou roli informačních technologií a GIS v řízení lesních požárů, ale také obohatily praktickou oblast o cenná doporučení a návrhy na zlepšení systémů prevence a reakce na lesní požáry v Evropě. Tyto poznatky mohou být základem pro budoucí výzkum a vývoj inovativních nástrojů a metod zaměřených na minimalizaci rizik a následků lesních požárů, a přispět tak ke zvýšení environmentální bezpečnosti a udržitelnosti hospodaření v přírodě.

## 7 Seznam literatury

BOLSTAD, Paul. GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems. 5th Edition. 2016. ISBN 978-1-50669-587-7.

ABDI, O., KAMKAR, B., SHIRVANI, Z., DA SILVA, J. A. T., BUCHROITHNER, M. F. (2018): Spatial-statistical analysis of factors determining forest fires: A case study from Golestan, Northeast Iran. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 9, č. 1, s. 267–280. doi: 10.1080/19475705.2016.1206629

LAWHEAD, Joel. Learning Geospatial Analysis with Python. Packt Publishing, Limited, 2015. ISBN 9781785281419

TOMS, Silas and Dara O'BEIRNE. ArcPy and ArcGIS. Second Edition. Packt Publishing, Limited, 2017. ISBN 9781787280410

XIAO, Ningchuan. GIS Algorithms. SAGE Publications, 2015. ISBN 9781446274323

YANG, Chaowei. Introduction to GIS Programming and Fundamentals with Python and ArcGIS®. Taylor & Francis Group, 2017. ISBN 9781466510098

BEAZLEY, David a Brian K. JONES. *Python Cookbook*. 3rd Edition. O'Reilly Media, Inc., 2013.

WHELAN, Robert J. *The ecology of fire*. 3rd Edition. Cambridge University Press, 1995. ISBN 9780521338141.

RAMALHO, Luciano. *Fluent Python*. 2nd Edition. O'Reilly Media, 2022. ISBN 978-1-492-05635-5.

VENDRELL, Jordi, MUHIC, Sefik, FARQUHARSON, Bruce, NEBOT, Edgar, QUERALTO, Daniel, STEFANO, Lorenzo, CAAMAÑO, Juan, PRAT, Núria и FRIEDEMANN, Monika. *An Operational Overview of Wildfires in Europe: State of the Art*

and HEIMDALL as Technological Solution, 2018. Dostupné z: <http://ceur-ws.org/Vol-2146/short31.pdf>

DUPUY, Jean-luc et al. Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: a review. *Annals of Forest Science*, [online]. 2020, [cit. 2024-03-13], doi:10.1007/s13595-020-00933-5

RIZEL, Scarlett. GITHUB. *Why Python keeps growing, explained* [online]. 2023 [cit. 2024-02-09]. Dostupné z: <https://github.blog/2023-03-02-why-python-keeps-growing-explained/>  
PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. *Python Documentation* [online]. 2022 [cit. 2024-03-13]. Dostupné z: <https://www.python.org/doc/>

PYTHON INSTITUTE. *Python® – the language of today and tomorrow* [online]. 2023 [cit. 2024-01-13]. Dostupné z: <https://pythoninstitute.org/about-python>

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI), INC. *Introduction to ArcGIS Pro* [online]. 2022 [cit. 2024-03-13]. Dostupné z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app>

LAW, Michael a Amy COLLINS. *Getting to Know ArcGIS Pro 2.8*. 4th Edition. Esri Press, 2021. ISBN 158948701X.

PANDAS VIA NUMFOCUS, INC. *Pandas User Guide* [online]. 2021 [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: [https://pandas.pydata.org/docs/user\\_guide/](https://pandas.pydata.org/docs/user_guide/)

PRAT-GUITART, Nuria, REIN, Guillermo, HADDEN, Rory M., BELCHER, Claire M., and YEARSLEY, Jon M. Propagation probability and spread rates of self-sustained smouldering fires under controlled moisture content and bulk density conditions. *International Journal of Wildland Fire*. January 2016, vol. 25, no. 5, p. 519-530. DOI: 10.1071/WF15103.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI), INC. *A History of the ESRI* [online]. 2016 [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: <https://www.esri.ie/about-us/a-history-of-the-esri>

SEAN GILLIES AND SHAPELY CONTRIBUTORS. *The Shapely User Manual* [online]. 2024 [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://shapely.readthedocs.io/en/stable/manual.html>

THE MATPLOTLIB DEVELOPMENT TEAM. *Quick start guide* [online]. 2024 [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: [https://matplotlib.org/stable/users/explain/quick\\_start.html](https://matplotlib.org/stable/users/explain/quick_start.html)

GISGEOGRAPHY. *What is GIS? Geographic Information Systems* [online]. 2024 [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://gisgeography.com/what-is-gis/>

ARCGIS DEVELOPERS. *ArcPy Documentation* [online]. 2024 [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://developers.arcgis.com/documentation/>

OPEN SOURCE CONTRIBUTORS. *Pyproj Documentation* [online]. 2024 [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://pyproj4.github.io/pyproj/stable/index.html>

EUROPEAN COMMISSION. *Brief History EFFIS* [online]. 2016 [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/about-effis/brief-history>

GISGEOGRAPHY. *The Remarkable History of GIS* [online]. 2024 [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://gisgeography.com/history-of-gis/>

ZHANG, Taiping, STACKHOUSE, Paul W., CHANDLER, William S., HOELL, James M., WESTBERG, David, WHITLOCK, Charles H. A Global Perspective on Renewable Energy Resources: NASA's Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER) Project. In *Proceedings of the IEEE*, 2009. DOI: 10.1007/978-3-540-75997-3\_532

MATEUS, Paulo and FERNANDES, Paulo M. Forest Fires in Portugal: Dynamics, Causes, and Policies, 2014. DOI: 10.1007/978-3-319-08455-8\_4

EUROPEAN COMMISSION. *Wildfires in the EU: 2022 was the second-worst year, a warning from a changing climate* [online]. 2023 [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://joint->



[research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/wildfires-eu-2022-was-second-worst-year-warning-changing-climate-2023-11-22\\_en](https://research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/wildfires-eu-2022-was-second-worst-year-warning-changing-climate-2023-11-22_en)

SAN-MIGUEL-AYANZ, Jesús et al. Comprehensive Monitoring of Wildfires in Europe: The European Forest Fire Information System (EFFIS). In *Approaches to Managing Disaster – Assessing Hazards, Emergencies and Disaster Impacts*, 2012. DOI: 10.5772/28441. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/221928304>

HEIKKILÄ, Timo V., GRÖNQVIST, Roy, and JURVÉLIUS, Mike. *Wildland Fire Management Handbook for Trainers*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010

SCIKIT-LEARN DEVELOPERS. *Documentation of scikit-learn* [online]. 2024 [cit. 2024-03-14]. Dostupné z: <https://scikit-learn.org/0.21/documentation.html>

## 8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

### 8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 ArcGis Pro interface.....	20
Obrázek 2 Převod požárních dat z JSON do CSV, třídění podle kódů ISO.....	35
Obrázek 3 Vytvoření histogramu celkových spálených ploch podle regionů .....	37
Obrázek 4 Vytvoření koláčového grafu plochy požáru podle typu půdního pokryvu.....	39
Obrázek 5 Vytvoření sloupcového grafu požárů v Portugalsku podle měsíců a let.....	41
Obrázek 6 Výpočet centroidů spálenišť a jejich zachování v jednotlivých měsících pro rok 2022. ....	44
Obrázek 7 Převod CSV s požárními daty na bodové vrstvy pro geodatabázi .....	45
Obrázek 8 Mapa s bodovými vrstvami znázorňujícími údaje o požárech v Portugalsku podle měsíců za rok 2022 .....	46
Obrázek 9 Výpočet poloměru nárazníku pro plošné požární vrstvy .....	47
Obrázek 10 Mapa s nárazníkovými zónami kolem ohnisek požárů zobrazující jejich dopad v jednotlivých měsících .....	48
Obrázek 11 - Spojení vyrovnávacích vrstev do jedné vrstvy v geodatabázi. ....	49
Obrázek 12 Provedení prostorové konektivity za účelem spočítání průsečíků mezi buffery .....	49
Obrázek 13 Agregace údajů o prostorové konektivitě pro celkový počet křížovatek.....	50
Obrázek 14 Atributová tabulka s výsledky prostorového spojení včetně součtu průsečíků a geometrických parametrů. ....	50
Obrázek 15 Výběr bufferů v rámci zadané prostorové vrstvy a extrakce jejich identifikátorů .....	52
Obrázek 16 Seznam identifikátorů vyrovnávací paměti vybraných v každé měsíční vrstvě .....	52
Obrázek 17 Kombinace údajů o požárech s meteorologickými údaji podle data.....	55
Obrázek 18 Filtrování dat o požárech podle zadaných identifikátorů .....	55
Obrázek 19 Analýza dat o požárech včetně vizualizace, korelační analýzy, přípravy dat a modelování pomocí náhodného lesa.....	56

## 8.2 Seznam grafů

Graf 1 Histogram celkové spálené plochy podle regionů.....	38
Graf 2 Koláčový graf ploch požárů podle typu vegetačního krytu.....	40
Graf 3 Sloupcový graf měsíčního rozložení lesních požárů v Portugalsku v letech 2019 až 2023 .....	42
Graf 4 Histogram s překrývajícím se grafem hustoty rozdělení pro proměnnou T2M .....	57
Graf 5 Histogram četností proměnné TS s překrývajícím se křivkou rozdělení hustoty.....	58
Graf 6 Histogram rozdělení proměnné PS s grafem hustoty .....	59
Graf 7 Histogram rychlosti větru ve výšce 10 metrů (WS10M) s křivkou rozložení hustoty. ....	60
Graf 8 Histogram s rozložením hodnoty celkového úhrnu srážek (PRECTOTCORR) .....	61
Graf 9 Histogram relativní vlhkosti ve výšce 2 metrů (RH2M) s křivkou hustoty .....	62
Graf 10 Histogram slunečního záření v blízkosti zemského povrchu (ALLSKY_SFC_SW_DWN) s překrývajícím se grafem rozložení hustoty.....	63
Graf 11 Histogram průhlednosti atmosféry (ALLSKY_KT) s křivkou rozložení hustoty.	64
Graf 12- Korelační matice pro meteorologické parametry a plochu požáru. ....	65