

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování**

**Adaptace měst na projevy klimatické změny**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí práce: Mgr. Marta Martínková, Ph.D.**

**Bakalant: Ondřej Koudela**

**2024**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Adaptace měst na projevy klimatické změny* vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 10.3.2024

---

Ondřej Koudela

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Martě Martínkové, Ph.D. za její cenné rady, vstřícnou komunikaci a poskytnutí důležitých materiálů při zpracování bakalářské práce.

## ABSTRAKT

Tento abstrakt sumarizuje klíčové aspekty bakalářské práce, která se zaměřuje na problematiku změny klimatu, její příčiny, projevy a specificky zkoumá dopady na životní prostředí, zdraví lidí a urbánní prostředí. Úvod práce se zaměřuje na specifikaci cílů, mezi které patří podrobné zkoumání změn klimatu, s důrazem na zvyšování teplot, změny srážkového režimu, sucho, povodně a jejich dopady na lidské zdraví a ekosystémy. V metodické části je představena literární rešerše týkající se klimatu, změn klimatu, hlavních lidských příčin, jako je spalování fosilních paliv a odlesňování. Dále jsou v práci zmíněny projevy změny klimatu v přírodním prostředí, včetně extrémních výkyvů počasí a hromadného vymírání. Další části se zabývají specifickými dopady změn klimatu ve městech, efektem městského tepelného ostrova, smogem a adaptací evropských měst na změnu klimatu. V rámci adaptace jsou diskutovány mezinárodní legislativní nástroje, mezi které patří Kjótský protokol, Pařížská dohoda, adaptační strategie EU a Úmluva starostů. Práce také zmiňuje zelené střechy jako příklad adaptace na změnu klimatu a ochranu klimatu v České republice, včetně národního akčního plánu pro adaptaci na změnu klimatu. Zvláštní pozornost je věnována městu Benátky nad Jizerou, kde je analyzována povodeň v roce 2000 a následná protipovodňová opatření. Tato práce přináší komplexní pohled na výzvy spojené se změnou klimatu a nabízí přehled možných řešení a adaptací na tyto změny.

Klíčová slova: klima, adaptace městského prostředí, meteorologické hrozby, mezinárodní legislativa, klimatická změna, ČR

## **ABSTRACT**

This thesis is centered on exploring the multifaceted issue of climate change, encompassing its origins, manifestations, and the specific investigations into its impacts on the environment, human health, and urban areas. The introductory section lays out the objectives, which entail an exhaustive examination of climatic changes, particularly the rise in temperatures, alterations in precipitation patterns, droughts, floods, and their repercussions on human well-being and ecological systems. In the methodology segment, a comprehensive review of literature on climate, climate change, and its primary anthropogenic drivers, such as the combustion of fossil fuels and deforestation, is provided. The document further delineates the manifestations of climate change in the natural world, including extreme weather variability and widespread species extinctions. Additional discussions focus on the distinct effects of climate change on urban settings, including the urban heat island phenomenon, smog, and how European cities are adapting to climate alterations. Within the scope of adaptation strategies, the thesis evaluates international legal frameworks like the Kyoto Protocol, the Paris Agreement, the EU's adaptation strategy, and the Covenant of Mayors. It also highlights the implementation of green roofs as a mitigation and adaptation measure against climate change in the Czech Republic, alongside the country's national action plan for adapting to climate change. Special emphasis is given to the town of Venátky nad Jizerou, analyzing the flood event in 2000 and the ensuing flood defense measures. This work offers a holistic perspective on the challenges posed by climate change and surveys the array of potential responses and adaptations to these ongoing changes.

**Keywords:** climate, adaptation of the urban environment, meteorological threats, international legislation, climate change, the Czech Republic

# OBSAH

ABSTRAKT.....	4
ÚVOD .....	8
CÍLE PRÁCE.....	10
METODIKA .....	11
1 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	12
1.1 Klima.....	12
1.2 Změna klimatu .....	13
1.3 Zvyšování teplot.....	14
1.4 Srážky.....	15
1.5 Sucho.....	18
1.5.1 Dopady na lidské zdraví.....	19
1.6 Povodně.....	19
1.6.1 Dopady povodní.....	20
2 Hlavní lidské příčiny změny klimatu.....	22
2.1 Spalování fosilních paliv.....	22
2.2 Odlesňování .....	23
3 PROJEVY ZMĚNY KLIMATU V PŘÍRODNÍM PROSTŘEDÍ.....	24
3.1 Přirozené změny klimatu.....	24
3.2 Dopady změny klimatu .....	26
3.2.1 Extrémní výkyvy počasí.....	26
3.2.2 Hromadné vymírání .....	27
3.2.3 Tání ledu .....	27
3.2.4 Změny v biotopech volně žijících živočichů.....	27
4 ZMĚNY KLIMATU VE MĚSTECH .....	28
4.1 Efekt městského tepelného ostrova.....	28
4.2 Smog .....	30
4.3 Evropská města a jejich plán a reakce na změnu klimatu .....	31
4.4 Přehled regionálních klimatických plánů.....	32
5 ZELENÉ STŘECHY .....	34

6	ADAPTACE .....	38
6.1	Mezinárodní legislativa.....	39
6.1.1	Kjótský protokol.....	39
6.1.2	Pařížská dohoda .....	42
6.1.3	Adaptační strategie EU .....	44
6.1.4	Úmluva starostů .....	45
7	OCHRANA KLIMATU V ČESKÉ REPUBLICE .....	46
7.1	Národní akční plán pro adaptaci na změnu klimatu .....	48
8	BENÁTKY NAD JIZEROU .....	49
8.1	Povodeň v roce 2000 v Benátkách nad Jizerou.....	50
8.2	Protipovodňová opatření .....	50
9	VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ .....	51
10	DISKUSE.....	53
11	ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE .....	55
13	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	65
14	SEZNAM TABULEK.....	66

# ÚVOD

Globální změna klimatu představuje celosvětový problém dotýkající se lidské populace, živočichů, rostlin a mimo jiné ekosystémových stanovišť. Svět dosáhl vysoké industrializace na úkor planety a degradace životního prostředí. Ovzduší je konstantně vystaveno emisím znečišťujících látek, které spolu s dalšími lidskými činnostmi významně ovlivňují klimatické změny.

Vlády se aktivně zapojují na mezinárodním i domácím poli a snaží se změnu klimatu zmírnit svými činnostmi. Do těch se řadí mezinárodní úmluvy, emisní povolenky, dobrovolné nástroje životního prostředí, nástroje negativní a pozitivní stimulace a mnoho dalších aktivit. Činnost vlád ovšem není dostatečná a je potřeba zapojení podniků, obyvatel a měst.

Města mají společenskou odpovědnost a měla by se snažit změnu klimatu zmírnit svými kroky k udržitelnějšímu životnímu prostředí, které zachovává své hodnoty pro budoucí generace. Jejich cílem by mělo být splňovat kvóty a vytvářet prostředí, ve kterém budou jeho obyvatelé motivováni k šetrnému chování vůči životnímu prostředí.

Činnostmi, které dnes lze podnikat jsou dostupné i pro města, které jich mohou využívat. Mezi ty se řadí dodržování emisních limitů, zákonů o ochraně ovzduší, instalace nejlepších dostupných technologií. Benátky nad Jizerou, díky své geografické poloze a přítomnosti řeky Jizery, se jeví jako klíčová případová studie poskytující cenné informace o výzvách a strategiích spojených s adaptací měst na klimatické změny. Klimatické změny se svými mnohostrannými projevy včetně rostoucích teplot, změn srážkových vzorců a extrémních povětrnostních jevů představují významnou hrozbu pro environmentální, sociální a ekonomickou strukturu měst. Benátky nad Jizerou, obec ležící v srdci České republiky, je příkladem naléhavé potřeby lokalizovaných reakcí na výzvy vyvolané klimatem.

V této bakalářské práci jsou zkoumány konkrétní klimatické problémy, jimž čelí Benátky nad Jizerou a je analyzována zranitelnost a odolnost města v kontextu se vyvíjejících podmínek životního prostředí. Při pohybu v komplexním prostředí městské adaptace, nabývají na významu úvahy o infrastruktuře, zapojení komunity a udržitelném rozvoji. Prostřednictvím zkoumání zkušeností a iniciativ v Benátkách nad Jizerou je cíleno na příspěvek k širší diskusi o odolném urbanistickém plánování vůči klimatu a poskytnutí cenných poznatků pro další obce, jež čelí podobným výzvám.

Případ Benátek nad Jizerou je prezentován jako mikrokosmos, umožňující identifikaci vzorců, úspěchů a ponaučení ve snaze vytvořit města, která nejenže reagují na měnící se klima, ale jsou také schopna podporovat prosperující komunity v nepříznivých situacích. Cílem tohoto



zkoumání je odhalit praktická řešení, inovativní přístupy a politické implikace, které mohou informovat a řídit strategie adaptace měst.

## CÍLE PRÁCE

Vzhledem k rostoucím výzvám spojeným se změnou klimatu, které představují stále větší riziko pro městská prostředí, je adaptace měst na tyto změny klíčová nejen z pohledu ochrany životního prostředí, ale také z hlediska zajištění udržitelného rozvoje a kvality života ve městech. Městské oblasti jsou obzvláště zranitelné vůči dopadům změny klimatu, jako jsou extrémní teploty, zvýšené srážky, povodně nebo naopak období sucha, které mohou vážně ohrozit infrastrukturu, ekonomiku, zdraví a bezpečnost obyvatel.

Cílem této práce je poskytnout přehled o strategiích a opatřeních, které města mohou uplatnit pro účinnou adaptaci na změnu klimatu. Tato práce, koncipovaná jako rešerše, se zaměří na zhodnocení různých přístupů a technických řešení, které mají za cíl zvyšovat odolnost městského prostředí vůči negativním dopadům změny klimatu. Mezi klíčové oblasti, které budou zkoumány, patří zlepšení městské zeleně, rozvoj udržitelné dopravní infrastruktury, modernizace stavebních systémů.

Práce si klade za cíl nejen shrnout existující poznatky a příklady dobré praxe z různých měst, ale také identifikovat možnosti a bariéry pro implementaci adaptivních strategií. Součástí bude i posouzení, jak mohou města čelit výzvám spojeným s financováním a integrací adaptivních opatření do městského plánování a governance.

Výsledkem práce by měl být ucelený pohled na možnosti, jak města mohou aktivně čelit změně klimatu, zlepšovat svou odolnost a současně podporovat udržitelný rozvoj a zvyšování kvality života ve městském prostředí.

## METODIKA

Práce byla zpracována formou rešerše s cílem poskytnout ucelený přehled o adaptaci klimatu ve městech, zvláště s ohledem na stavebně-technická a urbanistická opatření, zelenou infrastrukturu a sociální aspekty adaptace. Většina informací byla shromažďována online, s důrazem na odborné publikace, vědecké články, články v odborných časopisech a další důvěryhodné zdroje dostupné přes internet.

K porozumění komplexní problematice adaptace měst na změnu klimatu bylo nezbytné zahrnout širokou škálu publikací zaměřených jak na technické aspekty, tak na urbanismus, ekologii a sociální vědy.

Vědecké články, vyhledávané především prostřednictvím odborných databází a Google Scholar a Web of Science se zaměřují na specifické studie případů, aplikaci nových technologií a hodnocení efektivity jednotlivých opatření. Tyto zdroje, kombinované s informacemi získanými z anglicky psaných publikací, byly doplněny o informace z českých zdrojů pro lepší porozumění místním specifikům a kontextu.

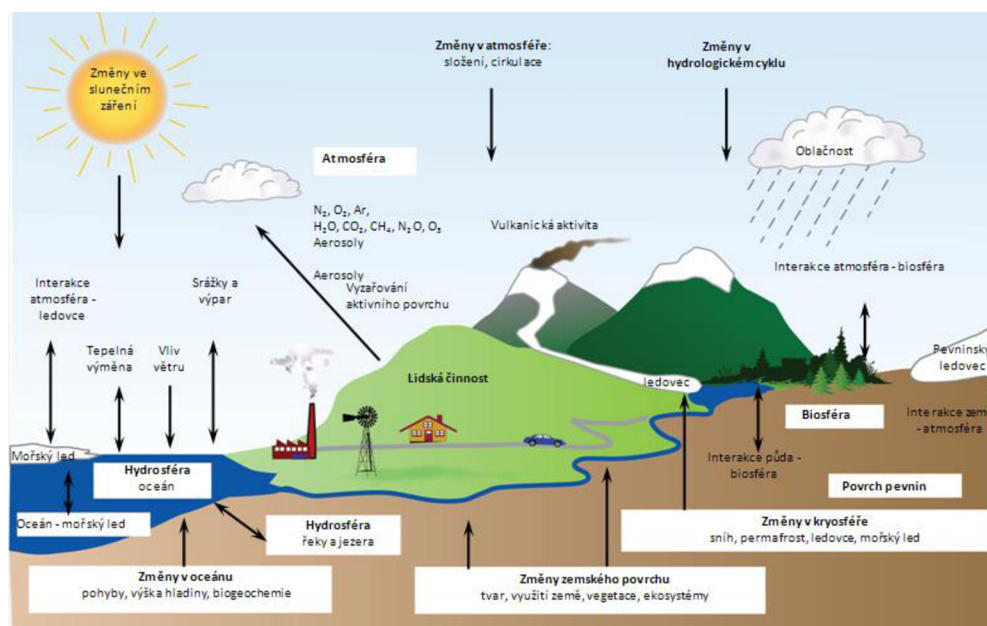
Po identifikaci a shromáždění základních informačních zdrojů byla témata postupně zpracována do strukturovaných kapitol. Ty obsahují popis, účel a způsob využití různých opatření pro adaptaci měst na změnu klimatu. Práce také přináší pohled na budoucí vývoj a potřebu neustálého výzkumu v oblasti adaptace na změnu klimatu ve městech. Zdůrazňuje se nutnost sledování a evaluace implementovaných opatření, aby bylo možné průběžně zlepšovat strategie a přístupy adaptace.

# 1 LITERÁRNÍ REŠERŠE

## 1.1 Klima

Klima neboli podnebí je určeno energetickou bilancí, atmosférickou cirkulací, charakteristikami zemského povrchu a činnostmi lidí (climateEurope, 2020). Při popisu klimatu se berou v úvahu meteorologické proměnné, jako jsou teplota, vlhkost, atmosférický tlak, vítr a srážky, které se běžně měří. V širším kontextu zahrnuje klima stav složek klimatického systému, včetně atmosféry, hydrosféry, kryosféry, litosféry, biosféry a jejich vzájemných interakcí. Místní klimatické podmínky ovlivňují specifické geografické faktory jako zeměpisná šířka a délka, terén, nadmořská výška, využití půdy a přítomnost proudů vodních ploch (Matthews et al. 2021).

Klasifikace klimatu se obvykle opírá o průměrné a typické hodnoty proměnných, především teploty a srážek. Nejrozšířenější je Köppenova klasifikace klimatu, zatímco systém Thornthwaite, který se využívá od roku 1948, zahrnuje evapotranspiraci společně s teplotou a srážkami a aplikuje se při zkoumání biologické rozmanitosti a vlivu klimatické změny na ni (Thornthwaite, 1948).



Obrázek 1 Schéma klimatického systému (Pondělíček, 2016)

Obrázek 1 ilustruje schéma klimatického systému, kde jsou vidět složité vzájemné interakce mezi různými složkami Země, které ovlivňují klima a prostředí.

V horní části obrázku je zobrazena atmosféra s popisem různých plynů, jako jsou dusík ( $N_2$ ), kyslík ( $O_2$ ), argon (Ar), vodní pára ( $H_2O$ ), oxid uhličitý ( $CO_2$ ), metan ( $CH_4$ ), oxidy dusíku ( $NO_x$ ), ozon ( $O_3$ ) a aerosoly. Vedle toho jsou zmiňovány změny ve slunečním záření a cirkulace atmosféry, stejně jako vulkanická aktivita.

Uprostřed je zobrazena hydrosféra s oceánem, mořským ledem a interakcemi, jako je tepelná výměna a vliv větru, které jsou spojeny s oceánem, pohybem, změnami výšky hladiny a biogeochemií. Také jsou zmíněny vodní plochy, jako jsou řeky a jezera, a jejich role v hydrosféře.

Lidská činnost je znázorněna malou ikonou domu a továrny, naznačující její dopad na atmosféru a další systémy, jako je vypařování z aktivních povrchů.

Podél pravého okraje je ilustrace biosféry, která zahrnuje rostliny a interakce atmosféry s biosférou, jako jsou srážky a hydrologický cyklus. Ty jsou spojeny se změnami na povrchu Země, včetně vegetace a ekosystémů.

V dolní části obrázku je povrch pevniny a změny v kryosféře, které zahrnují sníh, permafrost, ledovce a mořský led.

Celkově obrázek zobrazuje dynamický a vzájemně propojený systém, který tvoří klima Země a zdůrazňuje, jak jsou jednotlivé komponenty—atmosféra, hydrosféra, kryosféra, biosféra, povrch pevnin a lidská činnost navzájem propojeny a ovlivňují se.

## **1.2 Změna klimatu**

Změna klimatu znamená významné a trvalé změny ve statistickém rozložení vzorců počasí, které mohou pokrývat období od desítek let po miliony let. Mohou zahrnovat změny v průměrných hodnotách meteorologických veličin v jejich rozložení kolem těchto průměrů, což zahrnuje častější nebo intenzivnější extrémy (United Nations, 2023).

Změna klimatu je komplexní globální problém, který má své kořeny především v lidských činnostech od průmyslové revoluce. Spalování fosilních paliv, jako je uhlí, ropa a zemní plyn. Pro energii a dopravu, vyvolává nárůst skleníkových plynů v atmosféře. Tyto plyny včetně oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusného a fluorovaných plynů mají schopnost zachycovat teplo a přispívají k globálnímu oteplování, zaznamenanému zvýšení průměrné teploty povrchu Země přibližně o  $1^\circ C$  během posledního století (Nasa Global climate change, 2023).

Toto oteplování zase vede k výrazným změnám v klimatických vzorcích, což se projevuje intenzivnějšími a častějšími vlnami tepla, bouřemi, suchem a prudkými srážkami.

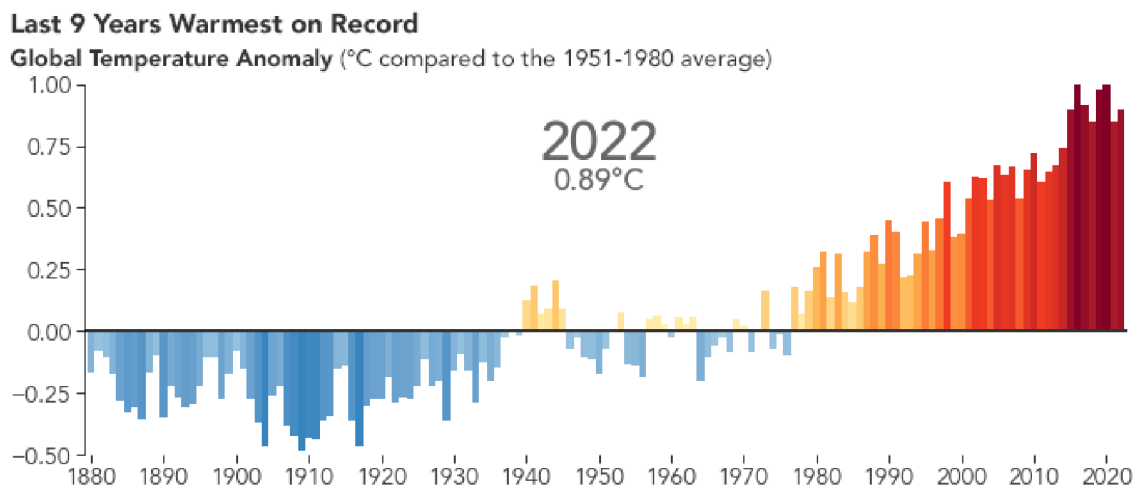
Tyto změny mají dalekosáhlé dopady na přírodní systémy, jako je zvýšení hladiny moří způsobené táním ledovců, změny v rozšíření a chování rostlin, živočichů a acidifikaci oceánů.

Socioekonomické dopady změny klimatu jsou také významné a dotýkají se zemědělství, veřejného zdraví, zásobování vodou, což může vést k migraci obyvatelstva a konfliktům o zdroje. V reakci na tyto problémy se světové společenství snaží o snižování emisí skleníkových plynů a adaptaci na již probíhající změny. Tyto kroky mají za cíl stabilizovat úroveň skleníkových plynů v atmosféře a přizpůsobit se novým klimatickým realitám. (IPCC, 2021).

### 1.3 Zvyšování teplot

Od průmyslové revoluce neustále rostou globální teploty. Ačkoli přirozená proměnlivost hraje svou roli, většina důkazů ukazuje, že za hlavní příčinu globálního oteplování můžeme považovat lidskou činnost, zejména emise skleníkových plynů, které pohlcují a vyzařují infračervené záření v rozsahu vlnových délek vyzařovaných Zemí.

Podle nejnovějších teplotních analýz, které provádějí vědci z Goddardova institutu, průměrná globální teplota od roku 1880 stoupla o nejméně 1,1 °C. Většina tohoto oteplení nastala mezi lety 1880 a 1975, s růstem o přibližně 0,15-0,20 °C za desetiletí.



**Obrázek 2** Zvyšování teploty mezi lety 1880-2020 (NASA earth observatory, 2023)

Graf na obrázku 2 znázorňuje globální teplotní anomálii (°C ve srovnání s průměrem z let 1951-1980) od roku 1880 do roku 2022. Modré sloupce reprezentují teplotní anomálie nižší než průměr, zatímco žluté a červené sloupce značí teploty vyšší než průměr. Z grafu je patrné, že teploty se postupně zvyšovaly, přičemž posledních 9 let bylo zaznamenáno jako nejteplejší v historických záznamech. V roce 2022 byla anomálie teploty 0,89 °C, což je vyjádřeno nejvyšším červeným sloupcem na grafu, ukazující pokračující trend globálního oteplování.

Pokles teploty v polovině 20. století lze vysvětlit přirozenou proměnlivostí a ochlazujícím účinkem aerosolů, produkovaných továrnami, elektrárnami a automobily během rychlého hospodářského růstu po druhé světové válce.

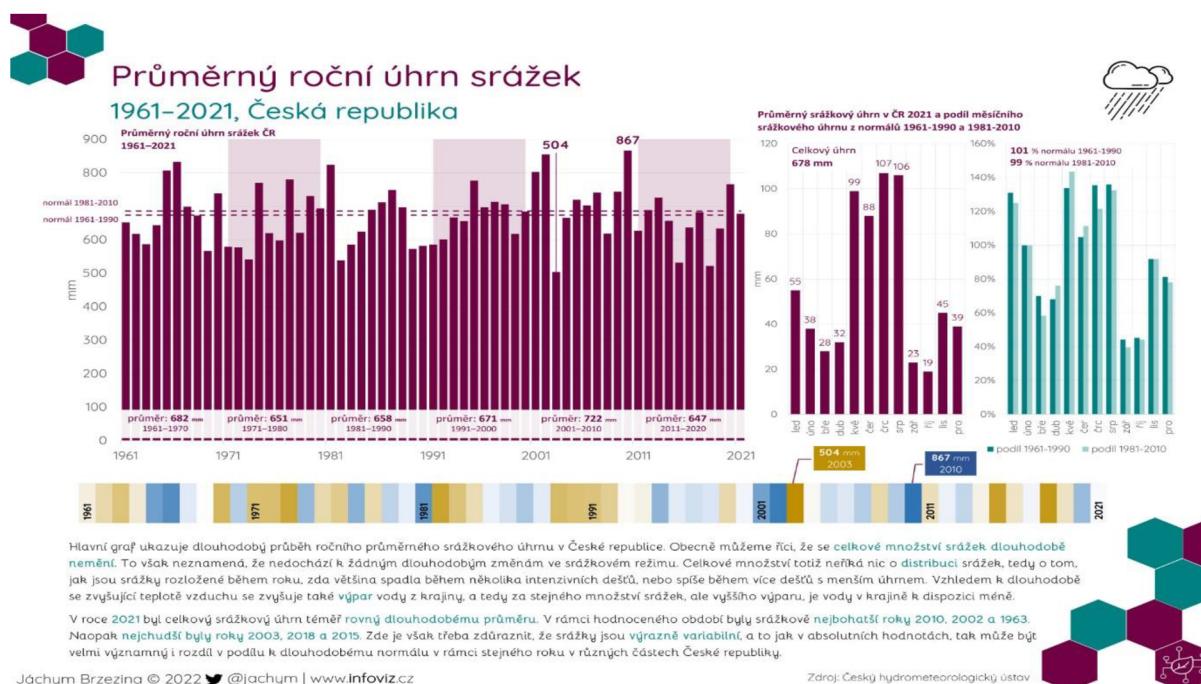
Po válce se rovněž zvýšila spotřeba fosilních paliv o 5 % ročně a také emise skleníkových plynů (Hondula et al. 2015). Ochlazování způsobené aerosolovým znečištěním nastalo rychle, zatímco skleníkové plyny se v atmosféře hromadí pomalu a zůstávají tam déle. Podle Jamese Hansena, bývalého ředitele GISS, posledních 40 let silný trend oteplování způsobuje rovnováha mezi účinky aerosolů a skleníkových plynů, kdy regulace omezila vliv aerosolů. Očekává se, že trend oteplování odráží převahu skleníkových plynů po omezení aerosolů regulačními opatřeními. Lokální a krátkodobé teploty se mohou lišit kvůli cyklickým jevům a nepředvídatelným vzorcům větru a srážek, ale globální teplota primárně určuje, kolik energie Země přijímá ze Slunce a kolik vyzařuje do vesmíru. Množství vyzařované energie souvisí s chemickým složením atmosféry, především s množstvím skleníkových plynů, které zadržují teplo. Změna teploty Země o jeden stupeň je významná, jelikož ohřátí celého oceánu, atmosféry a pevniny vyžaduje obrovské množství tepla. V minulosti změny teploty o jeden nebo dva stupně způsobily malou dobu ledovou, zatímco změna o pět stupňů pohřbila severoamerický kontinent pod obrovskou vrstvou ledu před 20 000 lety (NASA earth observatory, 2015).

## 1.4 Srážky

Voda se v normálních atmosférických podmínkách vyskytuje ve třech skupenstvích – pevném, kapalném a plynném - a účastní se hydrologického cyklu. Ve vodním cyklu se voda z oceánů vypařuje, stává se vodní párou a vrací se zpět na pevninu a do oceánů ve formě srážek (HowStuffWorks, 2023). Současné klimatické modely naznačují, že vzestup teplot zintenzivní globální hydrologický cyklus, což povede k nárůstu výparu. Tento nárůst výparu nejenže zvyšuje četnost a intenzitu bouří, ale také vede k vysušování některých oblastí pevniny (Tabari, 2020). V důsledku toho se v oblastech zasažených bouřkami zvýší množství srážek a riziko povodní, zatímco v oblastech daleko od dráhy bouřek může dojít ke snížení srážek a zvýšení rizika sucha (NASA Global Precipitation measurement, 2023). Městské oblasti se stávají čím dál tím více náchylné k záplavám způsobeným přivalovými dešti. Tento problém je zesílen rychlým rozvojem měst, složitostí jejich infrastruktury a zvyšujícími se srážkami, které jsou přímým důsledkem antropogenních změn klimatu (Willems et al. 2012).

Riziko povodní je největší při přivalových deštích, zejména v městských oblastech, kde nepropustné povrchy umožňují rychlý odtok vody do kanalizačních systémů.

Nadměrné srážky mohou zhoršit kvalitu vody a ohrozit lidské zdraví, vodní ekosystémy a rybolov. Odtok, který obsahuje znečišťující látky, jako jsou těžké kovy, pesticidy, dusík a fosfor, často končí v jezerech a řekách. Zejména ve Spojených státech se tento problém týká mnoha měst s kombinovanými kanalizačními systémy, kde se směs dešťové a odpadní vody čistí a odvádí. Přívalové deště mohou tyto systémy přetížit a způsobit, že přebytečná voda, splašky a neupravená odpadní voda proudí přímo do vodních toků. Kromě záplav zvyšují přívalové deště také riziko sesuvů půdy. To znamená, že se svahy stávají nestabilními, protože se zvyšuje hladina vody a půda je v důsledku vysokých srážek nasycená. Očekává se, že k sesuvům půdy bude docházet častěji (C2ES, 2023).



**Obrázek 3** Průměrný roční úhrn srážek (Český hydrometeorologický ústav, 2021)

Graf na obrázku 3 zobrazuje průměrný roční úhrn srážek v České republice v letech 1961–2021. Fialové sloupce reprezentují roční množství srážek pro každý rok, přičemž vodorovné pruhy označují dlouhodobý průměr za období 1961–1990 a 1981–2010. Vpravo od hlavního grafu je sloupcový diagram, který ukazuje průměrný srážkový úhrn pro rok 2021 podle měsíčního srážkového úhrnu a normálu 1961–1990 a 1981–2010. Barevné schéma zde slouží k vizualizaci toho, které měsíce byly suché a které měsíce byly nadprůměrně vlhké. Pod grafem je text vysvětlující, že největší celkové množství srážek bylo v letech 2010, 2002 a 1963. V roce 2021 byl celkový srážkový úhrn pod normálem, což je znázorněno nižšími hodnotami sloupců. Graf poskytuje užitečné informace o variabilitě srážek v průběhu času a umožňuje sledovat trendy a možné změny klimatu v České republice. Celkové množství srážek v České

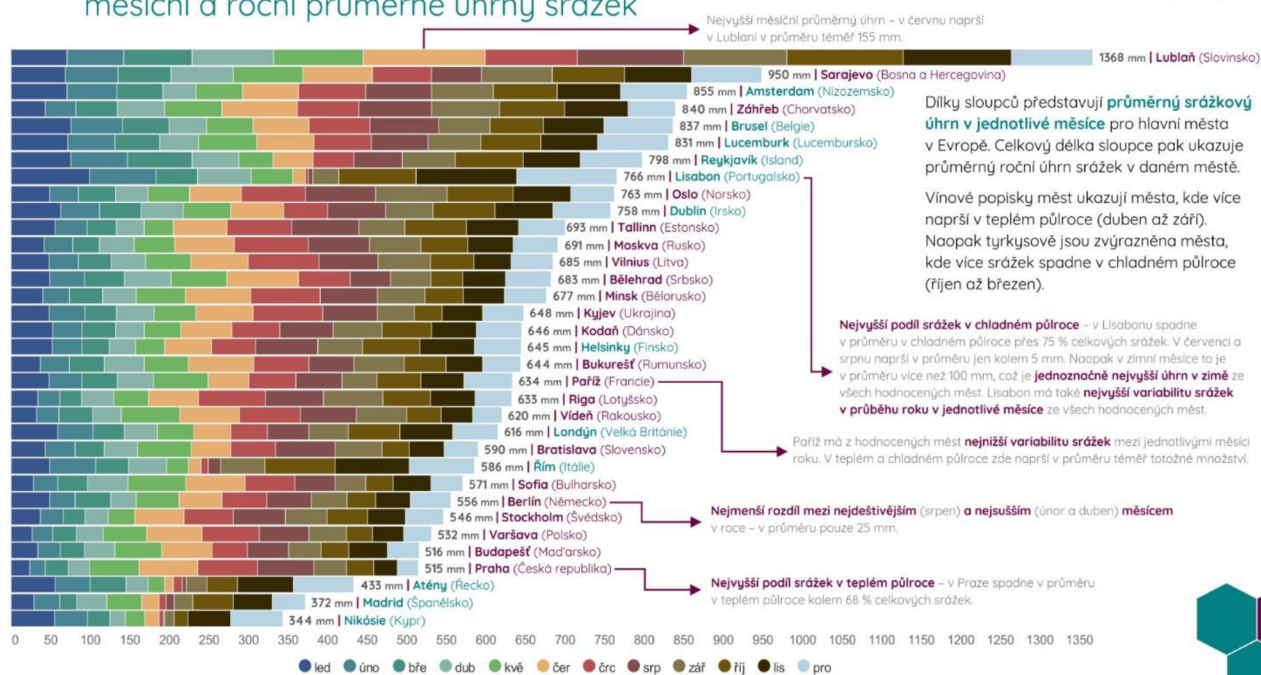


republiky se dlouhodobě nemění. Toto zjištění však nevypovídá o změnách ve srážkovém režimu, například o tom, jak jsou srážky rozloženy během roku. Vzhledem k dlouhodobě se zvyšující teplotě vzduchu se zvyšuje i výpar vody z krajiny, což má za následek, že i při stejném množství srážek je vody v krajině k dispozici méně. Nejvíce srážek bylo v letech 2010, 2002 a 1963, zatímco nejméně v letech 2003, 2018 a 2015.



## Úhrn srážek v evropských hlavních městech

měsíční a roční průměrné úhrny srážek



Srážkově nejbohatším hlavním městem je Lublaň, a to s velmi výrazným nárůstem. Naopak nejméně prší v Nikósii na Kypru. Ve většině evropských hlavních měst prší více v teplou část roku, nejvýraznější rozdíl je v Praze. V chladném půlroce má nejvyšší podíl srážek portugalský Lisabon. Nejrovnoměrnější podíl srážek má Paříž, kde je variabilita mezi měsíčními průměrnými srážkami nejnižší. Pro hodnocení byl použit normál 1991-2020, tam kde nebyla dostupná data pro tento nejnovější normál byla použita nejnovější dostupná data.

Jáchym Brzezina © 2022 @jachym | www.infoviz.cz | verze 2.0

Zdroj: WMO, národní meteorologické služby



**Obrázek 4** Úhrn srážek v evropských hlavních městech (Národní meteorologické služby, 2021)

Graf na obrázku 4 zobrazuje měsíční a roční průměrné úhrny srážek ve vybraných evropských hlavních městech. Barevný pruhový diagram ukazuje rozložení srážek po celý rok, od ledna do prosince, s barvami od modré přes zelenou až po červenou, přičemž každá barva představuje množství srážek v daném měsíci pro jednotlivá města. Nejvyšší měsíční průměrné úhrny srážek jsou vyznačeny pro Lublaň a Sarajevo, zatímco nejnižší pro Nikósii a Madrid. V textu jsou vysvětleny některé klíčové body, jako například nejvyšší podíl srážek v chladném půlroce, což je případ Lisabonu, nejmenší rozdíly mezi nejdeštivějším a nejsušším měsícem, což je případ Prahy, a nejvyšší podíl srážek v teplém půlroce, který zaznamenává Kypr. Graf

poskytuje užitečný přehled o proměnlivosti srážek v různých částech Evropy a o tom, jak se srážkové režimy liší v závislosti na geografické poloze a klimatu.

### Sucho

Sucho představuje meteorologický a hydrologický jev, který se vyznačuje dlouhodobým nedostatkem srážek v určité oblasti. Tento nedostatek vede k poklesu hladin povrchových a podzemních vod, což má negativní dopady na životní prostředí, zemědělství, zásobování vodou a ekonomiku daného regionu. Srážky, teplota, průtok v řekách, hladiny podzemních vod a vodních nádrží, vlhkost půdy a sněhová pokrývka slouží jako ukazatele sucha (Mukherjee et al. 2018).

Změna klimatu a její vliv na sucho:

Zvyšující se teploty podněcují výpar, což snižuje dostupnost povrchové vody, vysušuje půdu a vegetaci. V důsledku toho bývají období s menším množstvím srážek sušší ve srovnání s obdobími nižších teplot.

Také dochází ke změně ročních období, kdy je voda dostupná.

Zvýšení teplot v zimě způsobuje, že v některých klíčových oblastech, jako je pohoří Sierra Nevada v Kalifornii, spadne méně srážek ve formě sněhu.

Pokles sněhové pokrývky může představovat problém, i když celkové roční srážky zůstávají stejné, protože mnohé vodohospodářské systémy závisí na jarním tání sněhu. Tání sněhu je důležité i pro některé ekosystémy, které vyžadují studenou vodu pro organismy, jako je losos. Snížení sněhové pokrývky navíc zvyšuje povrchové teploty, což dále prohlubuje sucho.

Některé klimatické modely naznačují, že rostoucí teploty vedou k větší variabilitě srážek, což znamená častější období extrémních srážek i sucha. Tato situace vyžaduje lepší zásobování vodou v suchých letech a zvyšuje riziko povodní a selhání přehrad během období intenzivních dešťů.

Na jihozápadě Spojených států dochází k poklesu ročního úhrnu srážek od 20. století, a očekává se, že tento trend bude pokračovat.

Přestože odhady budoucích změn v množství srážek v konkrétních regionech jsou méně jisté než odhady nárůstu teploty, vědci předpokládají, že vlhčí místa, jako jsou tropy a vysoké zeměpisné šířky, se stanou vlhčími, zatímco sušší oblasti, jako jsou subtropické regiony, budou sušší.

V některých oblastech může sucho spustit koloběh, kdy se půda stává extrémně suchou a horkou kvůli sníženému vegetačnímu krytu, který absorbuje sluneční záření. To vytváří

anticyklony, které dále potlačují srážky, čímž činí oblasti, které jsou již suché ještě více suššími (C2ES, 2023).

#### **1.4.1 Dopady na lidské zdraví**

Nedostatek vody a potravin způsobený suchem může v postižených komunitách vyvolat řadu zdravotních problémů a potenciálně zvyšuje riziko nemocí a úmrtí. Sucho může způsobovat jak okamžité, tak dlouhodobé zdravotní komplikace, včetně podvýživy v důsledku omezeného přístupu k potravinám. To zahrnuje také nedostatek důležitých mikroživin, například nedostatek železa, které může vést k anémii.

Akutní podvýživa, nedostatek vody, nedostatečná hygiena a zvýšené riziko infekčních onemocnění, jako jsou cholera, průjem a zápal plic, se mohou objevit v důsledku vysídlení.

Psychosociální stres a problémy s duševním zdravím mohou být dalšími důsledky rozsáhlého sucha.

Také dochází k narušení místních zdravotních služeb kvůli nedostatku vody, ztrátě kupní síly, migraci a odchodu zdravotníků z postižených oblastí.

Rozsáhlá sucha mají dopad i na kvalitu ovzduší, protože zvyšují pravděpodobnost lesních požárů a prachových bouří, což zvyšuje zdravotní rizika pro lidi trpící plicními chorobami, jako je astma a chronická obstrukční plicní nemoc, a pro osoby se srdečními problémy (WHO, 2023).

### **1.5 Povodně**

Povodně představují nejčastější přírodní katastrofu a jsou způsobeny rozvodněnou vodou, která zaplavuje suchou půdu. K jejich vzniku často dochází v důsledku přívalových dešťů, rychlého tání sněhu, přílivových vln z tropických bouří a pobřežních tsunami (WHO, 2023).

Zvýšená frekvence povodní může souviset s častějšími zásahy člověka do přírody v rámci rozvoje lidské civilizace. Například odlesňování, zejména v horských oblastech, se považuje za jednu z příčin povodní, jelikož lesy mají vysokou schopnost zadržovat vodu. V 19. a 20. století došlo k zkracování vodních toků a odvodňování zemědělské půdy, což způsobuje, že po přívalových deštích půda není schopna absorbovat určité množství vody, která poté odtéká do řek, což vyvolává povodňové vlny (Rázgová, 2002).

Jedny z nejhorších jsou takzvané “debris flood”, povodně, které mají v sobě spoustu sedimentů a minerálů. Tento druh povodní je často zaměňován s tsunami, jelikož oba fenomény mohou přinést masivní vlny materiálu, včetně automobilů, stromů a částí budov do městských oblastí. Tento omyl vzniká z vizuální podobnosti mezi devastací způsobenou oběma událostmi.

Avšak z hlediska hydrologie a geofyziky je důležité rozlišovat "debris flood" (povodní s naplaveninami) a tsunami. Zatímco tsunami je vlna vyvolaná tektonickými pohyby na dně oceánu, povodeň s naplaveninami vzniká při extrémních srážkách nebo rychlém tání sněhu, což vede k sesuvům a valení materiálu vodními toky (Church, Jakob, 2020).

Existují tři běžné typy záplav:

Přivalové povodně nastávají, když silné a nadměrné srážky způsobí rychlé zvýšení hladiny vody, která se vylévá do řek, potoků, kanálů a silnic.

Říční záplavy vznikají, když nepřetržité deště nebo tání sněhu způsobí, že řeky překročí svou kapacitu.

Pobřežní záplavy jsou důsledkem tropických cyklón a přílivových vln spojených s tsunami.

Přírodní katastrofy zaznamenané v posledním desetiletí byly z 80-90 % způsobeny povodněmi, suchem, tropickými cyklony, vlnami veder a velkými bouřemi. S rostoucí četností a intenzitou povodní se očekává, že i četnost a intenzita extrémních srážek bude v důsledku změny klimatu nadále stoupat (WHO, 2023).

Povodeň, která postihla Benátky nad Jizerou v 2000, je považována za největší povodeň v historii města. Tato katastrofa, která se odehrála 10. března 2000, způsobila rozsáhlé škody a je v paměti mnoha obyvatel. Přestože podrobnosti o škodách a konkrétních dopadech povodně na město nejsou v dostupné dokumentaci podrobně popsány, je zřejmé, že povodeň měla na město a jeho obyvatele značný dopad.

### **1.5.1 Dopady povodní**

Až 75 % úmrtí při povodních je způsobeno utonutím. Povodně jsou stále častější a očekává se, že tento trend bude pokračovat. Riziko utonutí se s povodněmi zvyšuje zejména v zemích s nízkými a středními příjmy, kde lidé žijí v oblastech ohrožených povodněmi a kde jsou varovné, evakuační a ochranné kapacity obcí slabé nebo nedostatečně rozvinuté.

V souvislosti se záplavami dochází také k úmrtím v důsledku fyzických zranění, infarktů, úrazů elektrickým proudem, otrav oxidem uhelnatým a požárů. V mnoha případech jsou zaznamenána pouze úmrtí v důsledku přímého úrazu způsobeného povodní.

Povodně mohou mít mimo jiné také střednědobé a dlouhodobé zdravotní dopady.

Nemoci přenášené vodou, jako je cholera, břišní tyfus a malárie (WHO, 2023).

Narušena je základní infrastruktura, jako je zásobování potravinami a vodou a bezpečné přístřeší, dále jsou také narušeny zdravotnické systémy a služby.

V rozvojových zemích se na dopady spojené s povodní trpí nejvíce, lidé jsou chudí a nemají dobré a pevné základy v obytných prostorech, stát nemá prostředky udělat protipovodňová opatření a zároveň nedá včas obyvatelům daného území vědět, že se povodeň blíží. Špatná je i zdravotnická stránka, není dostatečný počet léků a zařízení, které by se o pacienty mohly postarat (Plate, 2002).

## 2 Hlavní lidské příčiny změny klimatu

Mezi hlavní antropogenní příčiny změn klimatu patří několik důležitých faktorů, které jsou zodpovědné za globální oteplování a změnu klimatických vzorců. Mezi tyto příčiny patří: Spalování fosilních paliv, deforestace (kácení lesů), intenzivní chov hospodářských zvířat, používání hnojiv s obsahem dusíku a vypouštění fluorovaných plynů (EC, 2021). Odborníci z Bergenské univerzity zkoumali a popsali vlastnosti ledovců z Antarktidy a Grónska. Uvedli, že za posledních 150 let koncentrace oxidu uhličitého a metanu v atmosféře překročily všechny přirozené výkyvy za poslední milion let. Koncentrace oxidu uhličitého se navíc od předprůmyslové doby zvýšila téměř o 40 % (Colgan et al. 2021).

### 2.1 Spalování fosilních paliv

Tři hlavní druhy fosilních paliv jsou uhlí, ropa a zemní plyn. Fosilní paliva se získávají různými způsoby, například: těžba a acidifikací. Všechny tyto metody jsou škodlivé pro životní prostředí, včetně ničení ekosystémů a krajiny, smrtelných úniků ropy, zvýšeného znečištění ovzduší a vody a produkce skleníkových plynů.

Spotřeba fosilních paliv se za poslední půlstoletí dramaticky zvýšila, od roku 1950 zhruba osminásobně a od roku 1980 se zdvojnásobila. Tato spotřeba na fosilních palivech může být příčinou zvýšených emisí CO<sub>2</sub> a globálního oteplování (FutureLearn, 2021).

Emise a zdravotní dopady: Znečištění ovzduší způsobené spalováním fosilních paliv, jako je uhlí a ropa, bylo v roce 2018 celosvětově příčinou okolo 8.7 milionů úmrtí. Toto znečištění je spojeno se zvýšeným rizikem onemocnění srdce a dýchacích cest. Zatímco nejvíce úmrtí se vyskytuje v Indii a Číně, špatná kvalita ovzduší představuje problém i v České republice, kde každoročně předčasně zemře 10 000 lidí (Vohra et al. 2021).

Ekonomický a energetický průzkum: Podle studie Oxfordské univerzity zveřejněné v časopise Joule by přechod na nefosilní zdroje energie mohl globální ekonomice ušetřit až 12 bilionů USD. Studie rovněž naznačuje, že rychlý přechod na čistou energii, včetně solární a větrné energie, by mohl zvýšit celosvětovou produkci energie o 55 % a zároveň snížit náklady. Rupert Way, hlavní autor studie, upozorňuje, že náklady na čistou energii v posledním desetiletí rychle klesly, což by mělo usnadnit odklon od fosilních paliv (Joule, 2020).

Dopad na životní prostředí: Rozsáhlé a vysoké využívání fosilních paliv vede k významným emisím skleníkových plynů, jako je oxid uhličitý, metan a oxid dusný, které souvisejí s globálním oteplováním a změnou klimatu. Spalování fosilních paliv navíc produkuje toxické plyny, které jsou škodlivé pro lidské zdraví a znečišťují vodu a půdu. Mezi další

negativní dopady patří degradace krajiny a ztráta stanovišť, což může mít negativní dopad na biologickou různorodost a ekologickou rovnováhu. Závislost na fosilních palivech má navíc závažné ekonomické a politické důsledky, včetně možného napětí mezi státy a dopadů na globální ekonomiku (Joule, 2020).

## 2.2 Odlesňování

V roce 2022 došlo k nárůstu globálního odlesňování o 4 %. Do roku 2030 se považuje, že ukončení tohoto procesu bude s 20 % zpožděním než podle původního plánu. Nejvíce jsou postiženy tropické a subtropické oblasti. V těchto pásmech dochází k intenzivnímu odlesňování, které poškozuje důležité ekosystémy poskytované lesy (Grattan, 2023). Veškerý život, který je v těchto oblastech se díky kácení zužuje a organismy se musí v lepším případě přizpůsobit nebo vyhnou. Problém nastává v tom, že lesní ekosystémy produkují obrovskou masu kyslíku a zároveň pohlcují CO<sub>2</sub>, což je pro planetu ideální vzorec.

V brazilské Amazonii došlo k významnému poklesu míry odlesňování po znovuzavedení různých programů ochrany deštných pralesů pod prezidentem Lulou. Jeho environmentální politiky však čelí opozici ze strany Kongresu a státních vlád (WWF Staff, 2023).

V Demokratické republice Kongo díky znovuzvolení prezidenta Felixe Tshisekediho vyvolává obavy, protože jeho mandát byl spojen s trvale vysokými mírami odlesňování, poháněnými poptávkou po minerálech země.

Mezinárodní úsilí a dohody:

Potvrzení globálních závazků: Více než 140 zemí na konferenci COP28 v Dubaji znovu potvrdilo svůj závazek zastavit a obrátit trend odlesňování do roku 2030. Avšak značný pokrok v zajištění potřebného financování pro tento cíl zůstává nedosažen.

V technologickém pokroku se očekává, že vylepšení sběru dat o lesích bude pokračovat i v roce 2024, což umožní satelity a postupy v umělé inteligenci a dalších technologiích. Společnost Planet například plánuje zavést nástroj pro mapování uhlíku v lesích a spustit svou další generaci satelitů.

Předpovídá se, že klimatické faktory jako je současný jev El Niño skončí za pár let, což by mohlo přinést úlevu deštným pralesům v Indonésii a Amazonii, které v roce 2023 trpěly suchem (Butler, 2024).

Odlesňování není způsobeno pouze kácením dřeva za účelem čistého zisku, ale jde také o prostory, které tím získáme. Dalšími důvody jsou uvolnění půdy pro zemědělství, dobytek, sklady a těžení nerostných surovin (FutureLearn, 2021).

### **3 PROJEVY ZMĚNY KLIMATU V PŘÍRODNÍM PROSTŘEDÍ**

Přestože hlavní příčinou změny klimatu je lidská činnost a emise skleníkových plynů, existuje také mnoho příčin změny klimatu v přírodě.

Přírodní cykly mohou způsobovat střídání oteplování a ochlazování klimatu. Existují také přírodní faktory, které nutí klima ke změnám. Přestože tyto přírodní jevy přispívají k variabilitě klimatu, vědecké důkazy naznačují, že nejsou hlavní příčinou (Met Office 2023).

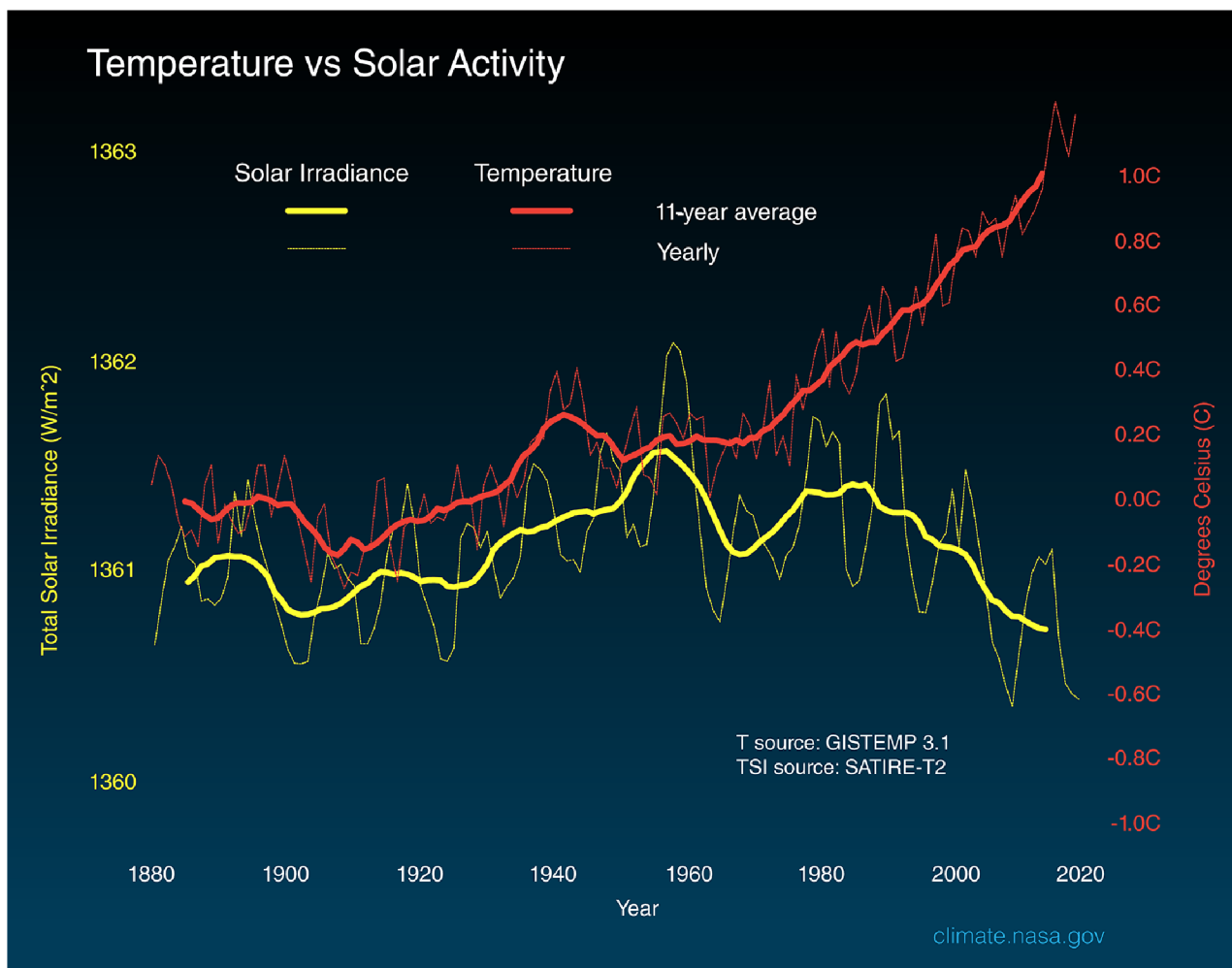
#### **3.1 Přirozené změny klimatu**

Milankovičovy cykly – Země rotuje kolem Slunce, může se mírně měnit oběžná dráha a sklon zemské osy. Tyto změny, známé jako Milankovičovy cykly, ovlivňují množství slunečního světla, které dopadá na Zemi. V důsledku toho se může měnit teplota Země. Tyto cykly však probíhají v časovém měřítku desítek až milion let a je nepravděpodobné, že by způsobily změnu klimatu v dnešní podobě.

El Niño je změnu teploty vody v Tichém oceánu. V letech El Niñose globální teploty zvyšují, zatímco v letech La Niña se teploty snižují. Tyto jevy ovlivňují globální teploty na krátkou dobu (několik měsíců až několik let), ale nemohou vysvětlit trvalé oteplování, které pozorujeme dnes.

Mezi přírodní síly, které pravděpodobně přispívají ke změně klimatu, patří sluneční záření. Žádná z pozorovaných změn však nebyla natolik silná, aby změnila klima. Zvýšená sluneční energie by měla ohřívat celou zemskou atmosféru, ale oteplování pozorujeme pouze ve spodních vrstvách.





**Obrázek 5** Teplota oproti sluneční aktivitě (science.nasa.gov, 2019)

Graf na obrázku 5 s názvem "Temperature vs Solar Activity", který porovnává změny teploty a sluneční aktivity od roku 1880 do roku 2020. Na vertikální ose na levé straně je celková sluneční radianci (TSI) v jednotkách wattů na metr čtvereční ( $W/m^2$ ) a na pravé straně je teplota ve stupních Celsia ( $^{\circ}C$ ). Horizontální osa ukazuje čas v letech.

Jsou zde dvě hlavní datové řady: jedna zobrazující teplotu (červená) a druhá zobrazující celkovou sluneční radianci (žlutá). Červená řada má dvě varianty, první varianta pro průměrné roční teploty a druhá varianta pro jedenácti letý průměr teploty.

Z grafu je patrné, že i když sluneční radianci ukazuje mírné změny, průměrná teplota zaznamenává zřetelný vzestupný trend, což naznačuje zvýšení globálních teplot navzdory relativní stabilitě sluneční radianci.

Sopečné erupce – Sopky ovlivňují klima několika způsoby. Erupce produkují aerosolové (směs malých pevných nebo kapalných částic v plynu) částice, které ochlazují atmosféru, ale také uvolňují oxid uhličitý, který Zemi ohřívá. Sopky nejsou hlavní příčinou

globálního oteplování, protože sopky vypouštějí 50krát méně oxidu uhličitého než člověk. Hlavním účinkem sopečných erupcí je také ochlazování, nikoli oteplování (Met Office, 2023)

Planeta zažívá nárůst extrémních povětrnostních jevů, včetně vln tepla, sucha, požárů, záplav a bouří. Tyto jevy měly významný dopad na přírodu a lidské životy. Pouze ve Spojených státech bylo v roce 2023 zaznamenáno 25 miliardových povětrnostních katastrof, což je rekordní počet pro jediný rok (Grist, 2024).

Dopad na mořský život: Teplomilné korály, které jsou velmi citlivé na oteplování, jsou ohroženy významnou ztrátou. S nárůstem teploty nad 2 °C by mohly prakticky všechny teplomilné korály zmizet.

Vlivy na suchozemské druhy: Listnaté stromy zažívají zvýšené výzvy kvůli klimatickým změnám, včetně zvýšeného rizika požárů, výskytu škůdců a zintenzivnění sucha (WWL, 2023).

Příroda i když jsou dopady klimatických změn veliké, tak hraje klíčovou roli v jejich zmírnění. Během posledního desetiletí příroda absorbovala 54 % emisí CO<sub>2</sub> související s lidskou činností. Snahy o snížení odlesňování, obnovu ekosystému, správu lesů a zlepšení zemědělských technik by mohly zvýšit schopnost přírody absorbovat ještě více oxidu uhličitého (WWL, 2023).

## **3.2 Dopady změny klimatu**

Dopady změny klimatu jsou obrovské a ovlivňují naše životní prostředí, živé organismy i společnost. Níže jsou uvedeny některé z nejdůležitějších dopadů změny klimatu.

### **3.2.1 Extrémní výkyvy počasí**

Změna klimatu způsobuje více extrémních povětrnostních jevů, jak je vidět na nedávných událostech, jako jsou záplavy a požáry v Austrálii, silnější vlny veder, silnější hurikány a požáry v Kalifornii, ale také i v Evropě hurikán Otto ve Velké Británii, který se rozšířil až do Německa. Mnohé, z těchto extrémních povětrnostních jevů jsou způsobeny rostoucími teplotami a zvýšenými výpary a srážkami.

Například přirozené srážkové poměry v Austrálii se již dramaticky mění, ale když se k tomu přidá oteplování planety a oteplování oceánů, pravděpodobnost extrémních srážek se zvyšuje. S každým zvýšením teploty Země o 1 °C se množství vody, které mohou spodní vrstvy atmosféry zadržet, zvýší přibližně o 7 %, což zvyšuje pravděpodobnost silných dešťů. Teplejší hladiny moří také zvyšují odpařování, takže vzduch je vlhčí a pravděpodobnost vzniku srážek je vyšší (FutureLearn, 2021).

### **3.2.2 Hromadné vymírání**

Podle zprávy OSN hrozí vyhynutí přibližně milionu druhů rostlin a živočichů. K mnoha z těchto masových vymírání navíc pravděpodobně dojde během několika desetiletí.

Podle zprávy se počet původních druhů v suchozemských biotopech od roku 1900 snížil o 20 %, zatímco 40 % obojživelníků, 33 % korálů tvořících útesy a více než třetina mořských savců je ohrožena vyhynutím. Tato čísla jsou extrémně vysoká a ohrožují biologickou rozmanitost a krásu planety (Sustainable Development Goals, 2019).

Výzkum v přehledu Royal Society ukazuje, že většina druhů, které lokálně vyhynuly nebo jejichž populace se zmenšily v nepřímém důsledku globálního oteplování. Ukázalo se, že změna klimatu ovlivňuje interakce mezi druhy, například tím, že snižuje populace organismů, které se stávají kořistí predátorů, a nekompensuje tak oteplování (Cahill et al. 2012).

### **3.2.3 Tání ledu**

Odhaduje se, že v současné době pokrývají ledovce přibližně 10 % povrchu Země, včetně 90 % Antarktidy a 10 % Grónska. Od počátku 20. století ledovce v důsledku zvyšování globální teploty rychle tají. Teploty v polárních oblastech jsou citlivější než průměrné globální teploty, což zvyšuje pravděpodobnost tání ledovců.

Tání ledovců je zničující, protože má schopnost měnit mořské proudy a zvyšovat hladinu moří. Když tají ledovce a velmi studená voda proudí do teplejších vod, zpomalují se oceánské proudy, což může mít vliv na plankton v základně mořského potravního řetězce. Stoupající hladina moře zvyšuje pravděpodobnost záplav, ztráty stanovišť a eroze půdy.

I kdyby se emise v budoucnu výrazně snížily, způsobené škody stačí k tomu, aby do roku 2100 roztála třetina zbývajících ledovců. Pokud se však emise budou i nadále zvyšovat současným tempem, mohl by arktický led zmizet do léta 2040 (Hancock, 2022).

### **3.2.4 Změny v biotopech volně žijících živočichů**

To souvisí i s příčinami o kterých jsem už psal, včetně oteplování oceánů a odlesňování. Dobrým příkladem změny a ničení biotopů je okyselování oceánů, protože s rostoucím množstvím oxidu uhličitého v atmosféře se zvyšuje i množství oxidu uhličitého v oceánech, který se ve vodě rozpouští, tím nám vzniká kyselina uhličitá.

Oceán totiž absorbuje 30 % atmosférického oxidu uhličitého, takže je přímo ovlivněno zvýšeným využíváním fosilních paliv a zemědělskými postupy. S nárůstem obsahu uhlíku v oceánu se zvyšuje množství vodíkových iontů a celkové pH oceánu klesá. To vede k okyselování oceánů a má mnoho negativních dopadů na mořské živočichy, jakou jsou měkkýši a koráli, kterým je třeba udržovat a budovat jejich struktury a schránky (Scanes, 2018).

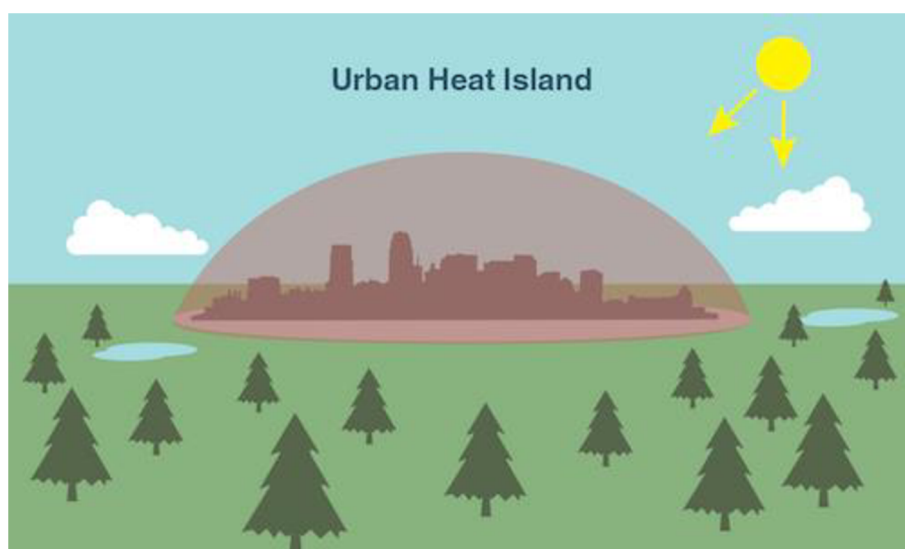
## 4 ZMĚNY KLIMATU VE MĚSTECH

Města jsou zodpovědná za velký podíl celosvětových emisí skleníkových plynů, především kvůli dopravě a budovám. Zlepšení plánování výstavby a provozu měst může tyto emise výrazně snížit. Klíčem ke snížení emisí uhlíku ve městech je například zvýšení využívání obnovitelných zdrojů energie, používání energeticky účinných budov, technologií a podpora udržitelných dopravních systémů. Města by měla investovat do opatření ke zmírnění dopadů změny klimatu, jako jsou protipovodňové bariéry, zlepšení odvodňovacích systémů, výsadba stromů a zahájení programů na ochranu vodních zdrojů. Tato opatření sníží rizika spojená se změnou klimatu a zároveň přinesou další výhody, jako je hospodářský růst a zlepšení veřejného zdraví (Argument, 2021).

### 4.1 Efekt městského tepelného ostrova

Městské tepelné ostrovy (urban heat island, UHI) jsou metropolitní oblasti, které jsou mnohem teplejší než okolní venkovské oblasti. Teplo a sluneční záření dopadá stejně na městské i venkovské území. Teplotní rozdíl mezi městskými a méně rozvinutými venkovskými oblastmi souvisí s tím, kolik tepla je absorbováno a zadržováno na povrchu každého prostředí.

Pokud se vydáte do venkovské oblasti, všimnete si, že její velkou část pokrývá vegetace. Rostliny svými kořeny absorbují vodu z půdy. Vodu pak ukládají do svých stonků a listů. Nakonec je voda transportována do malých otvorů na spodní straně listů. Zde se kapalná voda mění na vodní páru a uvolňuje se do vzduchu. Tento proces se nazývá transpirace. Je to v podstatě jako přirozená klimatizace (Dodgen et al. 2018).



**Obrázek 6** Efekt městského tepelného ostrova (NASA/JPL-Caltech, 2022)

Obrázek 6 ilustruje efekt městského tepelného ostrova. Ve středu obrázku je znázorněno město s typickými vysokými budovami, nad kterým se vytváří polokruhový hnědý oblouk reprezentující akumulaci tepla. Město je obklopeno zelenou krajinou s mnoha stromy a modrým jezerem. Nad jezerem je kreslený bílý oblak, zatímco na opačné straně je žluté slunce s paprsky mířícími k městu, což naznačuje intenzivní sluneční svit přispívající k vyšší teplotě v městské oblasti ve srovnání s okolní přírodou. Toto je zjednodušený vizuál, který má pomoci pochopit, jak městské prostředí může absorbovat a zadržet teplo, což vede k vytvoření „ostrova“ s vyššími teplotami v porovnání s chladnějším okolním venkovským nebo přírodním prostředím. Ve velkých městech, jako je Madrid, Paříž nebo Londýn, vzniká teplo z energie všech lidí, aut, autobusů a vlaků. Na těchto aktivních a přetížených místech vznikají městské tepelné ostrovy.

UHI mohou vznikat z různých důvodů; mohou se vyskytovat tam, kde jsou domy, obchody a továrny postaveny blízko sebe. Stavební materiály mají obecně dobré izolační a tepelně zadržovací vlastnosti. Tyto izolační materiály izolují obvod budovy.

UHI může také způsobovat "odpadní teplo". Lidé a jejich dopravní prostředky, jako jsou automobily, neustále spotřebovávají energii při jízdě, práci a každodenním životě. Energie, kterou lidé spálí, obvykle odchází ven jako teplo a pokud je v jednom místě mnoho lidí, znamená to velké množství tepla.

Městské oblasti jsou hustě osídlené a mnoho lidí žije na malém prostoru. Města jsou navíc hustě zastavěna a budovy jsou postaveny velmi blízko u sebe. Když není prostor pro rozšiřování městských oblastí, inženýři staví vysoké budovy. Teplo unikající izolací nemá kam unikat a zůstává uvnitř budova mezi nimi (Santamouris, 2013).

Noční teploty zůstávají v oblastech s UHI vysoké. Je to proto, že budovy, chodníky a parkoviště brání teplu stoupat od země k chladné noční obloze. Protože je teplo zadržováno v nižších polohách, jsou teploty vyšší.

Městské tepelné ostrovy mohou vést k horší kvalitě ovzduší a vody než sousední venkovské oblasti: V UHI je kvalita ovzduší často zhoršená kvůli množství znečišťujících látek (automobilový, průmyslový a lidský odpad) vypouštěných do ovzduší.

Zhoršuje se také kvalita vody, protože teplá voda z UHI proudí do místních řek, což zatěžuje původní druhy přizpůsobené chladnější teplotě vody.

Lidé se v horkých letních dnech ochlazují pomocí klimatizací a různých chladicích zařízení, což je jev, který vědci studující globální oteplování a efekt městských tepelných ostrovů (UHI) pozorně sledují jako důkaz vlivu člověka na klimatické změny. Zejména v městských oblastech dochází k jevu známému jako městský tepelný ostrov: UHI vede v létě ke spotřebě energie, což zvyšuje tlak na energetické zdroje. V oblastech s UHI navíc často dochází

k "výpadekům". K výpadekům dochází, když energetické společnosti nejsou schopny zajistit dostatek elektřiny k uspokojení poptávky zákazníků. V důsledku spotřeby energie pro ventilátory a klimatizační systémy se UHI ještě více zahřívá.

Vědci tvrdí, že kvůli těmto negativním dopadům by se obyvatelé, architekti a projektanti měli snažit snížit vliv člověka na městské oblasti. Ke snížení teplot mohou přispět "zelené střechy", kdy jsou střechy budov pokryty rostlinami. Rostliny pohlcují oxid uhličitý, který je důležitou znečišťující látkou. Jak již bylo zmíněno, pomáhají také snižovat zahřívání okolí. Pomoci může také používání lehkých materiálů v budovách. Světlé barvy lépe odrážejí sluneční světlo a snižují akumulaci tepla (Deilami et al. 2018).

## 4.2 Smog

Smog je znečištění ovzduší, které snižuje viditelnost. Termín "smog" byl poprvé použit na počátku 20. století pro označení směsi kouře a mlhy, obvykle ze spalování uhlí. Smog je běžný v průmyslových oblastech a některých městech a představuje problémy v dnešní době.

Většina smogu, který dnes pozorujeme, je fotochemický. Fotochemický smog vzniká reakcí slunečního světla s oxidy dusíku a alespoň jedním typem těkavých organických látek (VOC) v atmosféře. Oxidy dusíku se uvolňují z výfukových plynů vozidel, uhelných elektráren a továrních emisí; těkavé organické látky se uvolňují z benzínu, barev a mnoha čisticích rozpouštědel. Při dopadu slunečního světla na tyto chemické látky vznikají v ovzduší částice a přízemní ozón nebo smog.

Ozon může být jak prospěšný, tak škodlivý. Ozonová vrstva vysoko ve stratosféře nás chrání před nebezpečným ultrafialovým slunečním zářením. Pokud se však ozon nachází v blízkosti zemského povrchu, je pro lidský organismus škodlivý. Ozon poškozují plicní tkáň a je nebezpečný zejména pro lidi s onemocněním dýchacích cest, jako je astma. Ozon může také způsobovat svědění očí a návaly horka (National Geographic, 2023).

Smog je škodlivý pro lidi i zvířata a může ničit rostliny. Může mít vážné dopady na lidské zdraví, včetně dýchacích problémů, zvýšeného rizika srdečních onemocnění, podráždění očí a nosu, bolestí hlavy a únavy (WHO, 2022). Může mít také negativní dopady na životní prostředí, například kyselé deště a degradaci půdy. Smog je také nevzhledný a způsobuje hnědou nebo šedou oblohu. Především se vyskytuje ve velkých městech s hustým průmyslem a dopravou. Města ležící v údolích obklopených horami mohou smogem trpět, protože je zachycen v údolí a není roznášen větrem. Los Angeles v Kalifornii, USA, a Mexická města v Mexiku, mají vysokou úroveň smogu částečně kvůli své topografii.

Mnoho zemí včetně USA přijalo zákony omezující množství smogu. Tyto zákony zahrnují omezení chemických látek, které mohou být vypouštěny do atmosféry, a omezení denní doby, kdy mohou být chemické látky vypouštěny. Tato opatření pomohla snížit množství smogu.

Smog však na mnoha místech zůstává vážným problémem. Každý z nás může přispět ke snížení jeho množství drobnými změnami svého chování, např.:

Jezděte méně autem a chodte co nejvíce pěšky, jezděte na kole nebo používejte veřejnou dopravu.

Pravidelně provádějte údržbu svého vozidla, měňte olej a udržujte pneumatiky v optimálním stavu, abyste snížili spotřebu paliva a emise

Tankujte v chladnějších částech dne, například v noci nebo brzy ráno. Tím zabráníte zahřívání výparů z benzínu a vzniku ozonu.

Vyhýbejte se výrobkům, které uvolňují vysoké množství těkavých organických látek. Místo nich používejte barvy s nízkým obsahem těkavých organických látek.

Používejte motorové zahradní nářadí namísto nářadí poháněného benzinem, jako jsou sekačky na trávu (National Geographic, 2023).

Existuje několik typů smogu, z nichž nejběžnější je fotochemický a konvenční smog. Fotochemický smog se vyskytuje v oblastech s vysokým slunečním zářením a vysokými teplotami, například v Los Angeles. Konvenční smog se vyskytuje v oblastech s nižšími teplotami a hromaděním znečišťujících látek v atmosféře, například v Ulánbátaru (Britannica, 2023).

### **4.3 Evropská města a jejich plán a reakce na změnu klimatu**

Evropská města budou v nadcházejících desetiletích čelit řadě výzev, které ovlivní jejich růst a rozvoj. Klíčovou výzvou je změna klimatu, která přímo ovlivní procesy ve městech prostřednictvím změn teploty a srážek. Vzhledem k tomu, že evropská města přispívají ke globální síti úzce propojených socioekonomických a biofyzikálních statků a služeb z nichž mnohé jsou ovlivňovány počasím a klimatem a jsou jí podporována, bude mít změna klimatu složité a nejisté nepřímé dopady, kterým budou města čelit. Adaptace na změnu klimatu spočívá v řešení rizik a potenciálních příležitostí spojených se změnou klimatu. Ačkoli se zdá, že adaptace na změnu klimatu je v současné době pro urbanisty a správce měst v Evropě stále poměrně nízkou prioritou, existuje několik příkladů z politiky a praxe, které dokládají aktivní práci v této oblasti. I když tyto iniciativy nejsou nutně zaměřeny na adaptaci, upozorňují na

vývoj v této oblasti a poskytují poučení, které lze předat dalším městům, jež chtějí řešit dopady změny klimatu (Carter, 2011).

Evropa je kontinent s vysokou mírou urbanizace. Přibližně 75 % evropské populace žije v městských oblastech a očekává se, že do roku 2030 se tento podíl zvýší na 85 % (v některých zemích na 90 %) (EEA, 2006). Rozšiřování městských oblastí zvyšuje spotřebu energie, půdy a vody, což má za následek úbytek ekosystémových služeb souvisejících s krajinou, jako jsou mokřady, lesy a pobřežní oblasti (např. ochrana před povodněmi a ochlazování měst). Navzdory těmto problémům zůstávají města ekonomickým motorem vyspělých zemí (Conway, Konvitz, 2000). Města jsou zdrojem bohatství a kulturní výměny a jejich další růst a rozvoj je životně důležitý pro blaho evropských občanů a životního prostředí.

Očekává se, že budoucí vývoj klimatu a počasí se bude výrazně lišit od současného vývoje na celém kontinentu (McGregor et al. 2005). V posledních letech vědecká komunita vydává stále důraznější varování před hrozbou vrcholné změny klimatu (potenciální zvýšení průměrné globální teploty povrchu o 48 °C po průmyslové době z 60. nebo 70. let 20. století), která rozšiřuje adaptační kapacitu (Anderson, Bows, 2008).

Ačkoli jsou k dispozici stále sofistikovanější předpovědi klimatických veličin, jako jsou teplota a srážky, z nichž některé mají náhodný rozměr, změny extrémních projevů počasí (např. povodně, sucha, vlny veder) se modelují obtížněji (McBean, 2004). Města jsou při těchto událostech častěji vystavena zkouškám. V celé Evropě byla většina ekonomických ztrát spojených s přírodními pohromami a katastrofami od roku 1980 způsobena povětrnostními a klimatickými jevy (EEA, 2008).

#### **4.4 Přehled regionálních klimatických plánů**

V nedávné době se pozornost výrazně zaměřuje na vývoj a diskusi o klimatických plánech na regionální úrovni, jak v celé Evropské unii, tak i v rámci České republiky. Evropská agentura pro životní prostředí (EEA) přinesla zprávu, která se zaměřuje na neustálý růst průměrných teplot v Evropě a s tím spojené extrémní teplotní a srážkové jevy. Tato zpráva zvláště upozorňuje na teplejší léta a zvýšený výskyt požárů v jižní Evropě, zatímco severní Evropa by měla čelit zvyšujícím se srážkám a silnějším dešťovým srážkám (EEA, 2023).

Různé ekologické skupiny po celé Evropě, včetně sítě CAN Europe publikovaly hodnocení nedávno aktualizovaných Národních energeticko-klimatických plánů. Tyto plány měly být odeslány Evropské komisi do konce června roku 2023, ale mnohé z nich byly odeslány pozdě a bez nezbytných změn. Podle této analýzy většina plánů nesplňuje cíle Pařížské dohody,



která si klade za cíl udržet globální oteplování pod 1,5 °C do konce století, a nepostačují pro dosažení klimatických cílů EU (Greenpeace ČR, 2023).

Analýza CAN Europe se zaměřila také na Českou republiku, kde byly identifikovány tři klíčové oblasti, které vyžadují zlepšení: revidování omezení rozvoje obnovitelných zdrojů, jasnější definování opatření pro dosažení cílů a zvýšení veřejné účasti na tvorbě plánu. Český plán také podle CAN Europe nedostatečně odhaduje náklady a čas potřebný na výstavbu nových jaderných reaktorů, chybí v něm detailní rozbor potřebných investic a neobsahuje plán na ukončení dotací pro fosilní paliva.

Evropská komise nyní plánuje provést vlastní hodnocení těchto aktualizovaných plánů a vyjádřit se k nim do konce roku 2023. Definitivní verze plánů by měly být členskými státy EU předloženy do června 2024. V analýze České republiky se podílely takové organizace jako Centrum pro dopravu a energetiku a Greenpeace Česká republika.

Nový energetický a klimatický plán České republiky obsahuje konkrétní opatření, která jsou nezbytná pro splnění požadavků Evropské komise v oblasti sociálního začleňování a která souvisí s financováním EU projektů v sociální sféře.

Aktualizovaný český energetický a klimatický plán stanovuje nezbytné kroky v českém energetickém sektoru k dosažení klimatických a energetických cílů Evropské unie. Zohledňuje nedávné zkušenosti s krizí v oblasti energetické bezpečnosti a cen, která byla způsobena ruskou invazí na Ukrajinu. Plán zahrnuje snížení emisí skleníkových plynů o 55 % do roku 2030 ve srovnání s rokem 1990, přechod od výroby elektrické energie z uhlí do roku 2033 a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na výrobě elektrické energie z 13 % na 37 % do roku 2030. Klíčovým aspektem implementace plánu je zajistit, aby Česká republika měla dostatek energie, a to jak z domácích zdrojů, tak z dovozu, pro potřeby své ekonomiky a domácností.

Z těchto informací vyplývá, že jak v Evropské unii, tak v České republice je kladen důraz na rozvoj a implementaci klimatických opatření, přičemž je zřejmé, že výzvy spojené s klimatickými změnami vyžadují komplexní a multidisciplinární přístup (Vláda České republiky, 2023).

## 5 ZELENÉ STŘECHY

Zelené střechy jsou příkladem robustního adaptačního opatření, proto je zde věnována samostatná kapitola, další příklady adaptačních opatření budou probrány v následující kapitole.

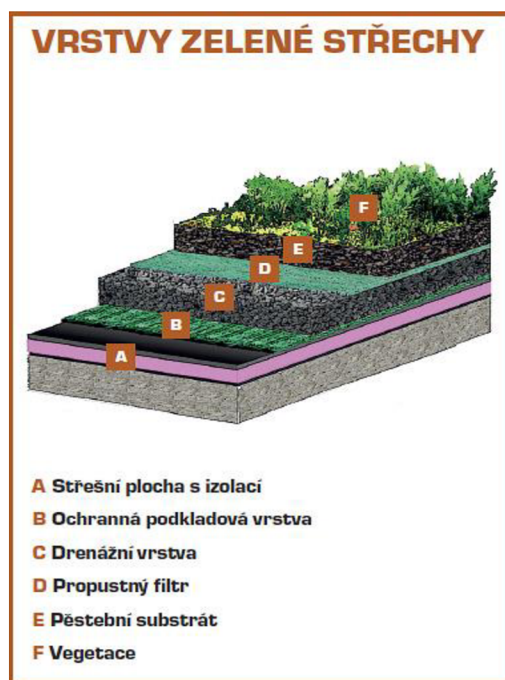
Bylo prokázáno, že zelené střechy snižují efekt městského tepelného ostrova (Yang et al. 2018).

Zelené střechy jsou vrstvy rostlin pěstovaných na střeše, poskytují stín, odvádějí teplo ze vzduchu a snižují teplotu povrchu střechy a okolního vzduchu. Ve městech a jiných zastavěných oblastech, kde je vegetace omezená, mohou zelené střechy pomoci snížit efekt městského tepelného ostrova, zejména během dne. Teploty zelených střech mohou být o 4,4 °C nižší než u konvenčních střech a mohou snížit okolní teplotu v celém městě o 2,7 °C. Zelené střechy mohou také snížit spotřebu energie v budovách o 0,7 % ve srovnání s běžnými střechami, což snižuje špičkovou spotřebu elektřiny a přináší úsporu 0,23 USD na čtvereční stopu (0,093 m<sup>2</sup>) plochy střechy za rok (Sailor et al. 2011). Toto snížení teploty a zlepšení energetické účinnosti jsou důležitými faktory rostoucí popularity zelených střech ve Spojených státech. Důležitým faktorem rostoucí oblíbenosti zelených střech ve Spojených státech je skutečnost, že zelené střechy jsou energeticky účinnější než střechy konvenční. Odhaduje se, že odvětví zelených střech v Severní Americe vzrostlo v roce 2016 ve srovnání s rokem 2015 o více než 10 %, čímž pokračuje rostoucí trend tohoto odvětví po celém světě hlavně ve vyspělých zemích v posledním desetiletí. V témže roce bylo na vzorku zúčastněných stran v odvětví zaznamenáno téměř 900 projektů zelených střech o celkové rozloze více než 372 000 m<sup>2</sup> ve 40 státech USA a šesti kanadských provinciích (EPA, 2022).

Zelené střechy lze instalovat na nejrůznější budovy, od průmyslových objektů až po soukromé domy. Existují dva typy zelených střech: Rozsáhlé a intenzivní. Oba typy zelených střech se skládají ze stejných základních vrstev, včetně řady bariér, které zabraňují poškození konstrukce vodou a kořeny, drenážní, pěstební a vegetační vrstvy, která pomáhají odvádět vodu (EPA, 2022). Tabulka 1 představuje rozdíly zelených střech, které se dělí na rozsáhlé a intenzivní.

**Tabulka 1** Dělení zelených střech (EPA, 2022), úprava autor.

Rozsáhlé zelené střechy	Intenzivní zelené střechy
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bývají jednodušší, s odolnými rostlinami a střední hloubkou růstu dva až čtyři palce</li> <li>• Vyžadují co nejmenší množství přidané konstrukční podpory, protože jsou lehké</li> <li>• Po založení vyžaduje malou údržbu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bývají složitější, jako je plně přístupný park se stromy</li> <li>• Připomínají konvenční zahrady nebo parky</li> <li>• Vyžadují větší konstrukční podporu, protože jsou těžší</li> <li>• Vyžaduje vyšší počáteční investici</li> <li>• Vyžadují intenzivnější údržbu</li> </ul>



**Obrázek 7** Vrstvy zelené střechy (Chatař-chalupář, 2023)

Obrázek 7 popisuje schéma prezentující vrstvy zelené střechy, což je konstrukční prvek využívající živé rostliny pro pokrytí střešní plochy budovy. Každá vrstva na obrázku je označena písmenem od A do F a jejich funkce je podrobně popsána: A značí střešní plochu s izolací, B je ochranná podkladová vrstva, C představuje drenážní vrstvu, D je propustný filtr, E představuje pěstební substrát a F je vegetační vrstva tvořená různými typy rostlin. Tyto vrstvy společně fungují tak, aby na střeše vytvořily životaschopné prostředí pro růst rostlin a současně

ochraňovaly budovu před průnikem vody a poskytovaly lepší tepelnou a zvukovou izolaci. Zelené střechy mohou také přispět k snížení efektu městských tepelných ostrovů a zlepšení městské biodiverzity.

#### Rozdíly zelených střech a chladných střech

Další možností, jak snížit efekt tepelného ostrova, jsou chladné střechy. Chladné střechy jsou vyrobeny z vysoce reflexních a světlo odrážejících materiálů, které v teplejších obdobích udržují nižší teploty než tradiční materiály. Zelené střechy mají často vyšší počáteční náklady než střechy chladné, ale zelené střechy mají obecně delší životnost. Chladné střechy a zelené střechy mohou snížit teplotu povrchu a vzduchu a snížit spotřebu energie. Ozelenění střechy však přináší i další výhody, jako je kontrola a filtrace odtoku dešťové vody, pohlcování znečišťujících látek a oxidu uhličitého, poskytování přírodního prostředí a v případě intenzivních střech i funkce rekreační zeleně. Chladné střechy jsou ideální pro projekty s omezeným rozpočtem a důrazem na úsporu energie. Zelené střechy se naopak upřednostňují tam, kde existují obavy o náklady životního cyklu, veřejné přínosy a širší dopady na životní prostředí. Obě metody jsou důležitými strategiemi pro snížení dopadů městského tepelného ostrova (EPA, 2022).

Zelené střechy přinášejí mnoho ekonomických, environmentálních a sociálních výhod. Zelené střechy zadržují dešťovou vodu, čistí vzduch, snižují okolní teplotu, regulují vnitřní teplotu, šetří energii a zvyšují biologickou rozmanitost ve městech. Zelené střechy jsou součástí konstrukce a jsou odolné vůči klimatickým změnám. Kromě toho jsou lidé v zeleném prostředí spokojenější než v šedém. Tyto výhody budou níže popsány.

Poskytuje nárazníkovou vrstvu pro dešťovou vodu:

Zelené střechy absorbují dešťovou vodu tím, že ji tlumí pomocí rostlin, substrátu a drenážních vrstev. Tím se zpomaluje odtok dešťové vody do okapů, dešťová voda se čistí a voda se odpařuje z rostlin. To vše pomáhá stabilizovat hladinu podzemní vody, snižuje špičkové zatížení kanalizace a snižuje riziko povodní.

Zelené střešní rostliny filtrují částice ve vzduchu a přeměňují CO<sub>2</sub> na kyslík. Zelené střechy pomáhají čistit vzduch.

Rostliny pohlcují 50 % slunečního světla a 30 % odrážejí, čímž přispívají k vytváření chladnějšího a příjemnějšího klimatu. Co se týče vnitřního prostředí, dochází k úspoře energie, protože je zapotřebí méně klimatizace. Kromě tohoto má také pozitivní vliv na klima v okolí budovy a teplotu ve městě. Celkově se teplota ve městě sníží o 2,7°C.

Zelené střechy snižují teplotu střechy a chladnější střecha zvyšuje účinnost solárních panelů a snižuje celkové náklady na energii.

Zelené střechy působí jako zvukové bariéry vaší budovy. Pohlcojí zvuk a poskytují tak tišší prostředí uvnitř i vně vaší budovy.

Zelené střechy chrání střechu před vnějšími vlivy, jako je slunce, déšť, vítr a změny teplot, a tím zdvojnásobují nebo ztrojnásobují životnost střechy na více než 60 let. Investice do zelené střechy se může vrátit za 8 až 21 let.

Byliny, trávy, hostitelské rostliny a různé druhy rozchodníků, které jsou součástí zelené střechy, podporují biotopy pro ptáky, motýly a hmyz, zejména v městském prostředí s vysokým podílem betonu a asfaltu (Berardi et al. 2014).

Rostliny přirozeně obsahují velké množství vody. Zelené střechy vytvářejí v domech a kancelářských budovách přirozenou nehořlavou vrstvu.

Zelené rostliny urychlují zotavení pacientů a zkracují dobu jejich pobytu v nemocnici. Zelené prostředí zvyšuje toleranci bolesti. Je také známé jako "léčivé prostředí".

Pomocí vegetačních příkryvek lze vytvořit zelené střechy s okamžitým zeleným výsledkem. Vrstvy jsou pečlivě pěstovány a v době dodání mají 90% pokrytí. To znamená, že nehrozí riziko růstu plevele a není nutná žádná údržba.

Na střechách vystavených silnému větru lze použít vegetační pokrývky, které zabrání odfouknutí podkladu silným větrem. Rostlinné pokrývky lze také použít k vytvoření silné střešní vrstvy odolné proti erozi (sempergreen, 2023). Zelené střechy jsou pouze jedním příkladem adaptačních opatření, proto v další kapitole budou popsány adaptace obecněji.

## 6 ADAPTACE

Adaptace na změnu klimatu je proces, při kterém jednotlivci, komunity, organizace a státy implementují strategie a opatření k minimalizaci negativních dopadů změny klimatu na lidskou společnost a přírodní systémy. Tento proces zahrnuje rozpoznávání a reakci na aktuální a očekávané dopady změn klimatu s cílem snížit zranitelnost a zvýšit odolnost proti těmto dopadům. Adaptace může zahrnovat širokou škálu činností, od technických řešení a změn v politice až po modifikace v chování a životním stylu.

Hlavní oblasti, ve kterých je adaptace na změnu klimatu nejvíce aplikována, zahrnují:

    Přizpůsobení se změnám teploty a srážek prostřednictvím výběru odolnějších odrůd plodin, změn v období zasívání a sklizně, a vylepšení systémů zavlažování.

    Zabezpečení dostupnosti a kvality vody skrze lepší správu, účinné využití vodních zdrojů a rozvoj infrastruktury pro zadržení a uchování vody.

    Vývoj a implementace stavebních norem a urbanistických řešení, které zohledňují klimatické riziko, jako jsou povodně, eroze a zvyšující se teploty, příkladem takovýchto opatření jsou zelené střechy, které byly podrobně probrány v kapitole 5.

    Ochrana a obnova ekosystémů, které pomáhají regulovat klimatické podmínky a poskytují životně důležité služby, jako je sekvestrace uhlíku a ochrana proti erozi.

    Zlepšení veřejného zdravotnictví a zvýšení odolnosti proti klimatickým rizikům, jako jsou vln veder, chorob přenášených vodou a znečištění ovzduší.

    Diverzifikace a zabezpečení energetických zdrojů a sítí s ohledem na klimatické změny, včetně rozvoje obnovitelných zdrojů energie a zlepšení energetické efektivity (MŽP, 2023).

Adaptace vyžaduje koordinované úsilí na všech úrovních správy, od lokálních komunit až po mezinárodní organizace, a musí být integrována do širších strategií rozvoje a plánování. Adaptivní opatření jsou často navržena tak, aby byla flexibilní a schopná vyvíjet se v reakci na nové informace a měnící se podmínky.

Efektivní adaptace na změnu klimatu jako jsou zmiňované zelené střechy nejenže snižuje riziko a zranitelnost, ale také může přinést nové příležitosti pro udržitelný rozvoj, inovace a zlepšení kvality života (Fakta o klimatu, 2024).

Adaptace na změnu klimatu se setkává s řadou překážek, které mohou zpomalovat nebo komplikovat implementaci efektivních adaptačních strategií a opatření.

Mezi hlavní překážky patří:

    Ekonomické a finanční výzvy: Přestože představují adaptační opatření počáteční finanční výdaje, dlouhodobě mohou být mnohem nákladnější, pokud se neuskuteční. Zdroje

financování takových strategií často pochází z evropských a národních dotačních programů, přičemž je třeba zvážit, jak nejlépe využít existující ekonomické nástroje a zabezpečit motivaci pro jejich uplatňování.

**Strukturální a legislativní výzvy:** Efektivní realizace adaptačních strategií vyžaduje spolupráci na různých úrovních vlády, což se může setkat s řadou strukturálních překážek. Tyto problémy mohou zahrnovat komplikované administrativní procesy, nedostatečnou meziúrovňovou koordinaci nebo absenci legislativní opory.

**Výzvy v oblasti informací a technologií:** Pro účinnou adaptaci je klíčové mít k dispozici přesné a aktuální informace o klimatických změnách a jejich možných důsledcích. Důležité je také sdílení úspěšných přístupů a zkušeností mezi jednotlivými zeměmi, regiony a odvětvími. V Evropě pomáhají s tímto úkolem systémy sledování, hodnocení a zpravodajství, které umožňují identifikovat efektivní adaptační kroky a porozumět jejich kontextu a důvodům úspěchu.

Tyto výzvy zdůrazňují, že úspěšná adaptace na klimatické změny vyžaduje víceúrovňový a multidisciplinární přístup, zahrnující nejen finanční a technologická řešení, ale také reformy ve správě, vzdělávání a posílení mezinárodního dialogu a spolupráce (EEA, 2017).

## **6.1 Mezinárodní legislativa**

Kvůli přibývajícím změnám klimatu se státy rozhodly vytvořit řadu dohod, protokolů a iniciativ, které se snaží řešit a mitigovat dopady změny klimatu na globální úrovni.

### **6.1.1 Kjótský protokol**

Byl přijat 11. prosince 1997. Kvůli složitým ratifikačním procedurám vstoupil v platnost 16. února 2005. V současné době má Kjótský protokol 192 smluvních stran.

Kjótský protokol provádí Rámcovou úmluvu Organizace spojených národů o změně klimatu a zavazuje rozvinuté země a země v procesu transformace k omezení a snížení emisí skleníkových plynů (GHG) v souladu s příslušnými dohodnutými cíli. Samotná úmluva po těchto zemích požaduje pouze přijetí politiky a opatření ke zmírnění emisí a pravidelné podávání zpráv o těchto opatřeních.

Kjótský protokol vychází ze zásad a ustanovení úmluvy a jejích příloh. Zavazuje pouze rozvinuté země a ukládá jim větší zátěž na základě stejné, ale diferencované odpovědnosti a příslušných schopností, která uznává, že rozvinuté země berou větší odpovědnost za současnou vysokou úroveň emisí skleníkových plynů v atmosféře.

Příloha Kjótského protokolu stanoví závazné cíle pro snížení emisí pro 37 průmyslových zemí a zemí s přechodnou ekonomikou a pro Evropskou unii. Tyto cíle se zaměřují na snížení emisí v průměru o 5 % oproti úrovni z roku 1990 v pětiletém období 2008-2012 (UNFCCC, 1997).

#### Hlavní obsah Kjótského protokolu:

Kjótský protokol je mezinárodní smlouva, která zavazuje rozvinuté země k výraznému snížení emisí skleníkových plynů.

Další dohody, jako například dodatek z Dauhá a Pařížská dohoda o klimatu, se snaží omezit krizi globálního oteplování.

Jednání, která začala Kjótským protokolem, pokračují až do roku 2021 a jsou nesmírně složitá, zahrnují politiku, finance a nedostatek konsensu (earthorg, 2021)

#### Dodatek z Dauhá

Změna Kjótského protokolu z Dauhá, která byla přijata v katarském Dauhá 8. prosince 2012, byla přijata pro druhé závazné období, které začíná v roce 2013 a pokračuje do roku 2020. Do 28. října 2020 svůj souhlas uložilo 147 smluvních stran, čímž byla dosažena hranice 144 souhlasů potřebných k tomu, aby změna z Dauhá vstoupila v platnost. Navrhované změny vstoupily v platnost dne 31. prosince 2020.

Navrhované změny zahrnují:

Nové závazky stran přílohy I. Kjótského protokolu, které souhlasily s přijetím závazků během druhého závazkového období od 1. ledna 2013 do 31. prosince 2020.

Revidovaný seznam skleníkových plynů, které musí smluvní strany vykazovat ve druhém závazkovém období a změny několika článků Kjótského protokolu, které se konkrétně týkají otázek relevantních pro první závazkové období a které je třeba aktualizovat pro druhé závazkové období.

Dne 21. prosince 2012 generální tajemník OSN jako deponitář oznámil tyto změny všem smluvním stranám Kjótského protokolu v souladu s články 20 a 21 protokolu.

V prvním závazkovém období se 37 průmyslových a rozvojových zemí v procesu transformace a Evropské společenství zavázaly snížit emise skleníkových plynů v průměru o 5 %, oproti úrovni z roku 1990. Ve druhém závazkovém období se smluvní strany zavázaly snížit své emise skleníkových plynů nejméně o 18 % pod úroveň roku 1990 během osmiletého období 2013-2020, ale složení smluvních stran ve druhém závazkovém období se od prvního závazkového období liší (UNFCCC, 1997).

#### Tři Kjótské mechanismy

Protokol zavádí tržní mechanismus založený na obchodování s emisemi. Prostřednictvím tří tržních mechanismů. Mezinárodního obchodování s emisemi, mechanismu



čistého rozvoje (CDM) a společné implementace (JI)-protokol umožňuje zemím poskytnout nové prostředky k dosažení jejich cílů.

Tyto mechanismy usnadňují nákladově nejefektivnější způsob snižování emisí skleníkových plynů v rozvojových zemích. Myšlenka, že nezáleží na tom, kde ke snížení emisí dojde, pokud je znečištění z ovzduší odstraněno, podporuje ekologické investice v rozvojových zemích a podněcuje soukromý sektor k rozvoji čistší infrastruktury a systémů na úkor starších, špinavějších technologií.

Adaptační fond byl založen za účelem financování adaptačních projektů a programů v rozvojových zemích. Fond byl v prvním závazkovém období financován především prostřednictvím rozdělování výnosů z projektových činností v rámci mechanismu čistého rozvoje. Ve druhém závazkovém období bude do fondu plynout 2 % podíl na příjmech také z mezinárodního obchodování s emisemi a společného provádění.

Mezinárodní mechanismus obchodování s emisemi umožňuje zemím, které mají k dispozici emisní kredity (povolené, ale "nevyužité" emise), prodat tuto nadbytečnou kapacitu zemím, které překračují své cíle (earthorg, 2021).

Mechanismus čistého rozvoje (CDM) je definován v článku 12 Kjótského protokolu, který umožňuje zemím, které se zavázaly snížit nebo omezit emise v rámci Kjótského protokolu, realizovat projekty snižování emisí v rozvojových zemích. Tyto projekty získávají obchodovatelné certifikované jednotky snížení emisí (CER), přičemž každá jednotka odpovídá jedné tuně CO<sub>2</sub>, kterou lze započítat plnění cílů Kjótského protokolu.

Tento mechanismus je považován za průkopnický. Jedná se o první systém ekologických investic a kreditů svého druhu na světě, který nabízí jednotky CER, standardizovaný způsob kompenzace emisí.

Projektové aktivity v rámci CDM zahrnují například projekty rozšiřování elektrické rozvodné sítě venkova pomocí solárních panelů nebo instalace energeticky účinnějších kotlů.

Mechanismus podporuje udržitelný rozvoj a snižování emisí a zároveň poskytuje rozvinutým zemím flexibilitu při plnění jejich cílů v oblasti snižování nebo omezování emisí (UNFCCC, 1997).

Poslední je mechanismus společné implementace, země, které se zavázaly snížit nebo omezit emise podle Kjótského protokolu (strany přílohy B), získat jednotky snížení emisí (ERU) z projektů snižování nebo odstraňování emisí jiných stran, z nichž každá odpovídá jedné tuně CO<sub>2</sub> a může být započítána do jejich kjótských cílů (earthorg, 2021).

## Cíl Kjótského protokolu

Všechny tyto mechanismy a požadavky Kjótského protokolu jsou důvodem, proč byl tak úspěšný a účinný při snižování emisí skleníkových plynů. Kjótský protokol vyžaduje, aby všechny signatářské země v prvním závazkovém období snížily emise skleníkových plynů alespoň o 5,2 % oproti současným úrovním.

Po prodloužení platnosti Kjótského protokolu v roce 2012 byla pravidla aktualizována tak, aby byla přísnější.

Kjótský protokol uznává ekonomickou nevýhodu rozvojových zemí v boji proti změně klimatu, a proto pro rozvojové země nejsou stanoveny žádné emisní cíle.

## Důvod skončení Kjótského protokolu

Kjótský protokol byl pro mnoho zemí velkým přínosem a jejich úsilí o prevenci změny klimatu se stalo ambicióznějším. Nejlepším příkladem jsou mnohé země Evropské unie, které plánovaly splnit své environmentální cíle podle Kjótského protokolu do roku 2011 a skutečně se jim to podařilo. Například Spojené státy a Čína, které Kjótský protokol nepřijali, patří mezi největší světové producenty skleníkových plynů, ale vypouštějí tolik oxidu uhličitého, že pokrok dosažený ostatními zeměmi, které se ke Kjótskému protokolu úspěšně připojily, byl značně zbrzděn.

Proto tato nová smlouva o klimatu, navržená na 17. konferenci smluvních stran v jihoafrickém Durbanu, vyzývá největší emitenty skleníkových plynů (včetně zemí, které se ke Kjótskému protokolu nepřipojily, jako jsou Čína, Indie a Spojené státy), aby omezily a snížily své emise skleníkových plynů.

Tato nová dohoda, nazývaná Pařížská dohoda, vstoupí v platnost v roce 2020 a musí být dokončena před vypršením platnosti Kjótského protokolu (greenly, 2022).

### **6.1.2 Pařížská dohoda**

Pařížská dohoda je právně závazná mezinárodní smlouva o změně klimatu. Byla přijata 196 stranami na konferenci OSN o změně klimatu (COP21) v Paříži 12. prosince 2015. V platnost vstoupila 4. listopadu 2016. Jejím hlavním cílem je udržet příznivý nárůst průměrné globální teploty (UNFCCC, 2015).

Evropská města se v současné době snaží přijmout opatření ke zmírnění dopadů změny klimatu a přizpůsobit se novým klimatickým podmínkám. Tyto opatření se týkají například zlepšení energetické efektivity budov, zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie, snižování emisí skleníkových plynů, vytváření zelených a vodních ploch a zlepšování městské mobility.

Mnoho evropských měst má již vypracovány plány na zmírnění dopadů změny klimatu a přizpůsobení se novým podmínkám. Tyto plány zahrnují konkrétní opatření a cíle, například snížení emisí skleníkových plynů o určitý procentní podíl, vytvoření určitého množství zelených ploch, zlepšení městské dopravy nebo zvýšení energetické efektivity budov.

Boj proti změně klimatu je pro Evropskou unii (EU) prioritou. Ambiciózní krátkodobé a dlouhodobé cíle snížení emisí, tj. snížit emise skleníkových plynů o 20 % do roku 2020, 40 % do roku 2030 a 80 % do roku 2080 ve srovnání s úrovněmi z roku 1990 (EC, 2011). Splnění těchto cílů zvýší pravděpodobnost, že bude možné splnit cíle Pařížské dohody podle Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu (UNFCCC, 2015).

Níže jsou popsány cíle Pařížské dohody.

Dlouhodobý teplotní cíl, kde se Pařížská dohoda snaží posílit globální reakci na změnu klimatu, a to konkrétně nárůst globální teploty pod 2 °C a zároveň usiluje o omezení nárůstu na 1,5°C. Globální vrchol a klimatická neutralita – cíle globálního vrcholu emisí skleníkových plynů (GHG) se smluvní strany snaží dosáhnout co nejdříve, ale zároveň vědí, že stranám z rozvojových zemí to může trvat o něco déle, odhad je druhá polovina 21. století (Kousky, Schneider, 2003)

Adaptace – Pařížská dohoda stanoví globální adaptační cíle pro zvýšení adaptační kapacity, budování odolnosti a snížení zranitelnosti vůči změně klimatu v kontextu teplotních cílů dohody. Cílem dohody je výrazně posílit úsilí jednotlivých států v oblasti přizpůsobování se změně klimatu, a to i prostřednictvím mezinárodní podpory a spolupráce. Dohoda uznává, že adaptace je globální výzvou, kterou musí řešit všechny strany. Všechny strany by se měly adaptací zabývat, mimo jiné prostřednictvím vypracování a provádění národních adaptačních plánů, a měly by předkládat a pravidelně aktualizovat zprávy o adaptaci popisující jejich priority, potřeby, plány a opatření. Mělo by být uznáno adaptační úsilí rozvojových zemí.

Ztráty a škody – Pařížská dohoda uznává význam předcházení, minimalizace řešení ztrát a škod spojených s nepříznivými účinky změny klimatu, včetně extrémních a zpožděných událostí a úlohu udržitelného rozvoje při snižování rizika ztrát a škod. Strany posílí spolupráci a vzájemnou podporu v oblasti porozumění, opatření a pomoci, a to i prostřednictvím Varšavského mezinárodního mechanismu, v oblasti ztrát a škod souvisejících s nepříznivými účinky změny klimatu (UNFCCC, 2015).

### 6.1.3 Adaptační strategie EU

Evropská města přijímají různé adaptační strategie na změnu klimatu, které jsou součástí širších snah EU o zvýšení odolnosti proti klimatickým změnám. Tyto strategie zahrnují široké spektrum opatření, od technologických řešení po zelenou infrastrukturu a společenské inovace.

EU Adaptation Strategy, přijatá Evropskou komisí v roce 2013 a aktualizovaná v roce 2021, klade důraz na tři klíčové cíle: podpora akcí členských států, zajištění odolnosti infrastruktury a ekosystémů v EU a zlepšení informovanosti rozhodování. Strategie podporuje adaptační opatření ve městech prostřednictvím iniciativy Smlouva starostů a primátorů pro klima a energii, zahrnuje také financování a pomoc při budování adaptačních kapacit a přijímání opatření (EC, 2023).

V rámci nové, ambicióznější strategie EU pro adaptaci na změnu klimatu, oznámené v Evropské zelené dohodě v prosinci 2019, byla provedena veřejná konzultace a hodnocení dopadů. Tato strategie staví na hodnocení strategie z roku 2018 a má za cíl uzavřít mezery v ochraně klimatu a zlepšit politické a datové podklady pro další akce.

Evropská environmentální agentura (EEA) zveřejňuje interaktivní mapy a analýzy, které ukazují, jak se evropská města přizpůsobují změnám klimatu. Města po celé Evropě musí zvýšit své adaptační úsilí, aby čelila stále složitějším výzvám způsobeným změnou klimatu, jako jsou extrémní záplavy nebo prodloužené vlny veder. Investice do dlouhodobých preventivních opatření, která zlepšují odolnost měst, jsou klíčové pro zvládnání těchto výzev.

Města se stávají čím dál tím více proaktivními ve svých investicích do různých aspektů, které přispívají k lepší adaptaci na změnu klimatu a zlepšují životní prostředí pro své obyvatele. Jedním z klíčových směrů je rozvoj zeleně a vodních ploch. To zahrnuje výsadbu stromů a zakládání zelených ploch a podporu zelených střech, včetně zavádění zelených střech na budovách, které vlastní město, jak je podrobněji popsáno v kapitole 5. Tyto iniciativy nejenže pomáhají snižovat městské teploty, ale také absorbovat CO<sub>2</sub> a zlepšovat kvalitu vzduchu. Další důležitou iniciativou jsou zelené střechy a zahrady, které zvyšují izolaci budov, pomáhají zadržovat dešťovou vodu a snižují tak riziko záplav.

V oblasti vodního hospodářství se města zaměřují na zachytávání a ukládání dešťové vody prostřednictvím systémů pro její shromažďování, čímž se snižuje zátěž na městské kanalizační systémy a zvyšuje dostupnost vody pro zavlažování a jiné využití. Přirozená řešení pro zvládnání povodní, jako je obnova mokřadů a vytváření záplavových zón, jsou klíčová pro absorpci nadbytečné vody a ochranu městských oblastí.

V oblasti energetiky je důraz kladen na zlepšení energetické účinnosti budov a podporu obnovitelných zdrojů energie, jako jsou solární panely a větrné turbíny, což snižuje závislost na fosilních palivech a emise CO<sub>2</sub>.

Co se týče urbanistického plánování a mobility, města se snaží vytvářet zelené koridory, pěší zóny a cyklostezky, které podporují udržitelnou mobilitu. Rovněž přizpůsobují své urbanistické plány s ohledem na předpovědi změn klimatu, aby minimalizovaly rizika spojená s extrémními povětrnostními jevy, což ukazuje jejich závazek k budování odolnějších a udržitelnějších městských prostředí. (EEA, 2022).

#### **6.1.4 Úmluva starostů**

Úmluva starostů je klíčovým globálním hnutím, které spojuje místní a regionální orgány ve snaze bojovat proti změně klimatu, zlepšovat energetickou efektivitu a podporovat přechod na obnovitelné zdroje energie. Založená v Evropě v roce 2008 jako reakce na výzvu Evropské unie, se Úmluva starostů rychle rozrostla a nyní zahrnuje tisíce měst a obcí z celého světa.

Hlavní cíle Úmluvy starostů jsou ambiciózní a zahrnují snižování emisí CO<sub>2</sub> a dalších skleníkových plynů, adaptaci na změnu klimatu a zajištění přístupu k udržitelné energii pro všechny. Tyto cíle jsou aktualizovány a zpřísnovány, aby odrážely rostoucí naléhavost klimatické krize.

Principy, na kterých Úmluva starostů stojí, zdůrazňují dobrovolnou účast, vývoj a předložení akčních plánů pro udržitelnou energii a klima (SECAP), sdílení osvědčených postupů a podporu síťování a spolupráce mezi městy a regiony. Tyto principy umožňují signatářům efektivně plánovat a provádět opatření, která zlepšují kvalitu života jejich obyvatel v souladu s globálními klimatickými cíli.

Úmluva starostů také podporuje výměnu zkušeností a osvědčených postupů prostřednictvím různých platforem a setkání, což umožňuje městům a regionům učit se jeden od druhého a spolupracovat na mezinárodní úrovni. Investice do inovací a technologií, které pomáhají městům přizpůsobit se změnám klimatu, jsou dalším klíčovým aspektem jejich úsilí.

Adaptace na změnu klimatu vyžaduje dynamický proces neustálého monitorování, hodnocení a úpravy strategií, aby se reagovalo na nové vědecké poznatky a měnící se klimatické podmínky. Úmluva starostů poskytuje městům a regionům flexibilní, ale strukturovaný rámec, který jim umožňuje stát se lídry v boji proti změně klimatu a udržitelném rozvoji (EEA, 2010).

## 7 OCHRANA KLIMATU V ČESKÉ REPUBLICE

Vláda schválila aktualizaci Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR a Národní akční plán adaptace na změnu klimatu. Jednalo se o první aktualizaci dokumentů schválených vládou v roce 2015 (Strategie) a 2017 (Akční plán), na které se podílelo více než 170 odborníků z řad veřejné správy, vědeckých a neziskových organizací. Materiál vychází především z odborných podkladů zpracovaných resortními organizacemi MŽP (ČHMÚ a CENIA) a podpořených Akademií věd ČR (zejména Ústavem globální změny CZECHGLOBE-AV ČR) a řadou dalších výzkumných institucí. Oba dokumenty jsou v souladu s Adaptační strategií EU a jejich cílem je posílit připravenost ČR na změnu klimatu prostřednictvím navržených opatření a úkolů. Jinými slovy, jejich cílem je snížit zranitelnost a zvýšit odolnost společnosti a ekosystémů vůči změně klimatu, a tím snížit její negativní dopady. Adaptační strategie se zaměřuje na všechny hlavní projevy změny klimatu v České republice, tedy na dlouhodobé sucho, povodně a přívalové povodně, přívalové deště, zvýšené teploty, extrémní teploty, extrémní větry a požáry vegetace. Očekává se, že v České republice budou na změnu klimatu nejvíce citlivé horské ekosystémy a zbytky původních travnatých oblastí, zejména v oblastech nad hranicí lesa, jako jsou Krkonoše a Hrubý Jeseník (Šebešová, 2012).

Česká republika přistupuje ke změně klimatu zodpovědně. Na jedné straně se společně s celou Evropou snaží zmírňovat změny klimatu snižováním emisí skleníkových plynů ve všech odvětvích. Zároveň všude tam, kde je to možné, rozvíjíme adaptační opatření, abychom jako společnost čelili nevyhnutelným důsledkům změny klimatu. Změna klimatu se dotýká nás všech, včetně lidského zdraví a kvality života, stejně jako hospodářství, které utrpí obrovské ztráty. Aktualizace adaptační strategie a akčního plánu nám umožňuje pochopit dopady změny klimatu v České republice.

Aktualizovaná adaptační strategie odráží pokrok ve znalostní základně a rozvíjí vizi do roku 2050 a cíle do roku 2030; oproti původnímu dokumentu z roku 2015 jsou aktualizovány zejména trendy a dopady změny klimatu a podrobnější analýza finančních nákladů a ekonomických nástrojů. Akční plán pokrývá období do roku 2025 a rozpracovává konkrétní cíle strategie a rámec 108 adaptačních opatření podle více než 320 konkrétních úkolů zadaných příslušným ministerstvům, přiřazuje termíny jejich realizace, relevanci jednotlivých symptomů změny klimatu a opatření, zdroje financování a odhadované náklady do roku 2025. Oproti předchozí verzi akčního plánu se celkový počet opatření a úkolů snížil, ačkoli bylo navrženo nebo nově definováno podle potřeb více než 60 úkolů.

Podle nedávno schválené evropské strategie přizpůsobení se změně klimatu již na úrovni EU hospodářské ztráty způsobené změnou klimatu přesahují 12 miliard EUR ročně. Avšak i při konzervativním odhadu, pokud by současná ekonomika EU byla vystavena globálnímu oteplování, které by se mělo zvýšit o 3 °C nad předindustriální úroveň, by to znamenalo roční ztráty ve výši 170 miliard EUR.

Odhadované celkové finanční prostředky na realizaci opatření v národním akčním plánu adaptace na změnu klimatu na období 2021-2025 činí 139 miliard EUR, z čehož přibližně 40 % (52 miliard EUR) tvoří finanční prostředky EU. Celkové národní finanční zdroje pro tento pětiletý plán činí 86,5 miliardy Kč, z čehož 46 % již bylo přiděleno na opatření, zatímco nové potřebné národní finanční zdroje činí 46 miliard Kč, zejména ze zemědělského sektoru (Šebešová, 2012).

Mezi nové úkoly v akčním plánu, které jsou nezbytné pro přizpůsobení se změně klimatu v příštích letech, patří například novela zákona o ochraně zemědělské půdy. Tento zákon stanoví podmínky pro výběr krajinných prvků, které mohou přispět k ochraně zemědělské půdy, a jejich zachování nebo vytvoření bez zpětného využití v zemědělském půdním fondu, pro podporu zvýšení podílu rozmanitých krajinných prvků v zemědělských oblastech a pro uplatnění agrolesnictví jako způsobu využití zemědělské půdy ke zlepšení přírodních funkcí zemědělské krajiny. Je třeba vytvořit podmínky pro vytvoření nových podmínek pro využití agrolesnictví. V oblasti lesnictví akční plán předpokládá změny lesního zákona, které by vytvořily spravedlivé podmínky pro zavádění jiných způsobů hospodaření než pastevectví, což je předpokladem pro zvýšení druhové a prostorové rozmanitosti lesů. Plán rovněž počítá s přeměnou lesů ve vlastnictví státu. Stát by měl vyjasnit úkoly pro hospodáře, reagovat na přijatá adaptační opatření a stanovit přísnější podmínky pro hospodaření v lesích s větším důrazem na realizaci veřejných užitků a celospolečenské požadavky na kvalitu životního prostředí ve srovnání s ostatními vlastníky lesů. Dalším požadavkem na budoucí lesnické postupy je zachování produkčních funkcí tím, že se umožní zrání zbytků po těžbě (ne dřevní lesy) v rámci lesní plochy a zároveň se zvýší biologická rozmanitost a ekologická stabilita lesních ekosystémů.

Kromě lesnictví a zemědělství jsou v České republice změnami klimatu ovlivněny především krajina, vodní hospodářství, biodiverzita, ekosystémové služby, zdraví a hygiena, urbanizovaná krajina, cestovní ruch, průmysl a energetika, doprava, kulturní dědictví a bezpečné životní prostředí (Časopis Ochrana přírody, 2021).

## **7.1 Národní akční plán pro adaptaci na změnu klimatu**

Národní akční plán na změnu klimatu je strategický dokument, který definuje, jak bude daná země reagovat na výzvy související se změnou klimatu. Jeho cílem je identifikovat a implementovat opatření, která zmírní negativní dopady změny klimatu a zároveň využijí případné pozitivní dopady. Plán se typicky zaměřuje na různé oblasti, včetně snižování emisí skleníkových plynů (mitigace), přizpůsobení se změnám klimatu (adaptace), výzkum a monitorování změny klimatu, vzdělávání a zvyšování povědomí o změně klimatu a mezinárodní spolupráci (MŽP ČR, 2015).

Národní akční plán na změnu klimatu se skládá z několika klíčových komponentů, které mají za cíl řešit a mitigovat dopady změny klimatu na různé úrovni. V oblasti mitigace je důraz kladen na redukci emisí skleníkových plynů napříč všemi sektory ekonomiky, včetně energetiky, průmyslu, dopravy, zemědělství a odpadového hospodářství. Podporuje se rovněž využívání obnovitelných zdrojů energie a zlepšení energetické efektivity, spolu s rozvojem a implementací technologií pro zachycování a ukládání uhlíku.

V rámci adaptace na změnu klimatu se klade důraz na posílení odolnosti a adaptabilní kapacity komunit a ekosystémů, což zahrnuje aktualizaci stavebních norem a urbanistické plánování s ohledem na změnu klimatu. Důležitá je také ochrana a lepší řízení vodních zdrojů, aby se předešlo povodním a suchu (Křištofová et al. 2022).

Dalším pilířem je výzkum a monitorování, kde se podporuje výzkum změny klimatu a související technologie, sledování a hodnocení emisí skleníkových plynů, sběr a analýza dat pro lepší pochopení lokálních dopadů změny klimatu.

Vzdělávání a zvyšování povědomí jsou rovněž nezbytné pro úspěšnou implementaci akčního plánu. Rozvoj vzdělávacích programů a kampaní pro veřejnost a specifické cílové skupiny má za cíl zvýšit povědomí o změně klimatu a podpořit udržitelné chování, zatímco podpora výměny znalostí a osvědčených postupů v oblasti mitigace a adaptace přispívá k efektivnímu šíření informací.

Mezinárodní spolupráce hraje klíčovou roli ve sdílení znalostí, výzkumných projektů, financování a technologickém přenosu v oblasti klimatických řešení, stejně jako v účasti na mezinárodních dohodách a iniciativách týkajících se změny klimatu.

Celkově národní akční plán na změnu klimatu ukazuje komplexní přístup, který zahrnuje širokou škálu opatření od mitigace přes adaptaci, výzkum, vzdělávání, až po mezinárodní spolupráci, což všechno společně tvoří ucelený rámec pro boj proti změně klimatu (Křištofová et al. 2022).



## 8 BENÁTKY NAD JIZEROU

Benátky nad Jizerou jsou městem situovaným ve Středočeském kraji České republiky, proslulé svým rozsáhlým historickým a kulturním dědictvím, které sahá až do období středověku. Město, rozkládající se v idylické krajině středních Čech při řece Jizeře, je významným regionálním centrem s populací přibližně 6 000 obyvatel.

Historický vývoj Benátek nad Jizerou je charakterizován jeho založením v 11. století jako obchodního a řemeslnického osídlení. Město během věků prošlo řadou historických epoch, což se promítlo do jeho architektonického a kulturního vývoje. Díky své poloze na řece Jizeře hrála vodní doprava a rybolov důležitou roli v ekonomickém rozvoji města.

Benátky nad Jizerou jsou domovem mnoha historických památek, mezi něž patří zámek, kostely a kaple, které jsou svědectvím bohaté historie města. Město je rovněž dějištěm řady kulturních akcí a festivalů, jež přilákají návštěvníky z širokého okolí a podporují jeho kulturní význam (Mařík, 2021).

Ekonomická struktura Benátek nad Jizerou se tradičně opírala o zemědělství, rybolov a řemesla. V současné době dochází k diverzifikaci ekonomiky s cílem rozvíjet turistický ruch a podporovat malé a střední podniky. Vzdělávací infrastruktura města zahrnuje základní a střední školy, odborná učiliště a hudební školu, což odráží důraz kladený na vzdělávání a kulturní aktivity pro všechny věkové skupiny (Památkový katalog, 2020).

Historicky nejvýznamnější povodňové události v Benátkách nad Jizerou zahrnují několik kritických období, kdy byl průtok vody dosažen mimořádně vysokých hodnot. Mezi ně zejména patří povodeň z roku 2000, při které byl průtok 600 m<sup>3</sup>/s, což představuje vůbec nejvyšší zaznamenanou úroveň. Průtoky v rozmezí od 405 m<sup>3</sup>/s do 462 m<sup>3</sup>/s byly dosaženy během významných povodní, které se odehrály v květnu 1941, březnu 1946, červnu 1926 a srpnu 1978. Na základě těchto událostí byla zdůrazněna nutnost zavedení efektivních protipovodňových opatření (Město Benátky nad Jizerou, 2016). V Benátkách nad Jizerou byly praktické poznatky ohledně adaptace na klimatické změny vypsány. Mezi praktické poznatky bylo zahrnuto zvýšené povědomí a vzdělávání, kde byl kladen důraz na to, aby byli obyvatelé s touto problematikou informováni. Integrace do místní politiky byla realizována, přičemž aktuálním starostou v Benátkách nad Jizerou je Karel Bendl, který lesnickou školu v Trutnově absolvoval a k adaptačním strategiím na změnu klimatu má blízko. Starostu města Benátek nad Jizerou Karel Bendl, který vybudoval několik zelených střech na budovách, jež městu patří, mezi tyto budovy patří Loděnice u řeky Jizery a také restaurace Bílý páv. O zelených střechách podrobněji viz. kapitola 5. V Benátkách nad Jizerou by mělo dojít ke zlepšení zachytávání

dešťové vody, což je problém, který je řešen již několik let. Jedná se především o dolní náměstí ve městě, kde se voda do kaluží shlukuje a dokud není velké sucho, tak zde kaluže jsou. Zapojení komunity ve městě Benátky nad Jizerou probíhá, i když není tak rozsáhlé, ale například rodiče autora, díky vědomostem od něj a od města, mají na rodinném domě krásnou zelenou střechu a snaží se pomáhat naší planetě. Věří se, že za několik let bude s touto vědomostí obeznámena drtivá většina nejen v Benátkách nad Jizerou, ale celkově celá Evropa.

## **8.1 Povodeň v roce 2000 v Benátkách nad Jizerou**

Jak již bylo řečeno, tak dopady klimatické změny ovlivňují i hydrologické extrémny jako jsou povodně. V březnu 2000 prožily Benátky nad Jizerou mimořádně silnou povodeň, označovanou za událost s frekvencí 50 až 100 let, kdy kvůli zaplavenému vodoměru nebylo možné určit úroveň vody. V důsledku toho muselo být evakuováno přes sto lidí, přičemž nejvíce zasažena byla oblast levého břehu Jizery a zejména Dražice s průmyslovým areálem DZ Dražice, kde byla nutná i evakuace vrtulníkem. Střed města utrpělo značné škody, včetně zaplavení domů, obchodů a školních zařízení. Celkové škody dosáhly 200 milionů Kč. (Vodohospodářská společnost, 2000).

## **8.2 Protipovodňová opatření**

V Benátkách nad Jizerou byla implementována řada efektivních protipovodňových strategií k minimalizaci dopadů povodní. Tyto zahrnují konstrukci protipovodňových valů a bariér, což představuje klíčovou linii ochrany proti vzestupům vodních hladin. Další významnou součástí je revitalizace niv řeky Jizery, zaměřená na obnovu přirozeného říčního prostředí, které pomáhá v regulaci průtoku vody a zlepšuje biodiverzitu. Kromě toho, vysazení nové vegetace podporuje půdní stabilitu a zvyšuje schopnost krajiny absorbovat přebytečnou vodu, což společně tvoří komplexní a udržitelný přístup k řízení povodňového rizika (AQUASYS, 2023).

## 9 VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ

Cílem této práce bylo poskytnout ucelený přehled adaptací na změnu klimatu v městském prostředí s důrazem na stavebně-technická a urbanistická opatření. Adaptace, které byly zkoumány, představují širokou škálu řešení, od těch, která se snaží přímo zmírnit dopady změny klimatu. Po opatření, která mají za cíl zvýšit odolnost městské infrastruktury a komunit. Některá z těchto opatření jsou nákladná a vyžadují rozsáhlou přípravu a realizaci, jako například rozsáhlé projekty zelené infrastruktury nebo modernizace městských odvodňovacích systémů. Na druhou stranu, existují i relativně snadno realizovatelná opatření, jako jsou iniciativy pro zvýšení povědomí obyvatel nebo malé projekty na podporu městské biodiverzity a vsakování dešťové vody (Sarzynski, 2015).

Z analýzy dostupných studií a zpráv o adaptaci na změnu klimatu ve městech vyplývá, že investice do adaptací jsou značné a pokrývají širokou paletu aktivit. Navzdory těmto investicím je však stále mnoho výzev, které je třeba řešit, zejména v souvislosti s rychlým tempem urbanizace a stárnutím infrastruktury. Kromě toho, jak zmiňuje řada studií, adaptace ve městech vyžaduje integraci různých sektorů a disciplín, aby bylo možné řešit problematiku komplexně a uceleně.

Zejména v oblasti financování adaptací se ukazuje jako klíčové nalézt efektivní mechanismy, které by podpořily nejen veřejné, ale i soukromé investice do adaptací. V současné době jsou mnohé projekty financovány ze státního rozpočtu či fondů Evropské unie, avšak zdůrazňuje se potřeba většího zapojení soukromého sektoru, který by mohl nabídnout nové zdroje financí a inovativní řešení.

Z hlediska urbanistických opatření je důležité zdůraznit roli městského plánování a regulace v adaptaci na změnu klimatu. Integrace adaptací do městského plánování a výstavby nových objektů může významně přispět k zvýšení odolnosti měst. Tento přístup vyžaduje však dostatečné kapacity a znalosti u městských plánovačů a rozhodovacích orgánů, aby bylo možné efektivně integrovat adaptace do dlouhodobých strategií rozvoje města.

Jedním z klíčových zjištění je, že úspěch adaptací na změnu klimatu ve městech závisí na aktivním zapojení komunit a veřejnosti do rozhodovacích procesů. Participativní plánování a rozhodování, stejně jako zvyšování povědomí a vzdělávání obyvatel, jsou nezbytné pro vytvoření odolných a inkluzivních městských prostředí (Stafford et al. 2017).

V závěru výsledného zhodnocení lze říci, že adaptace na změnu klimatu ve městech je složitý proces, který vyžaduje koordinované úsilí na všech úrovních správy a společnosti. Integrace různorodých opatření a strategií, od technických přes ekologické až po sociální, je

nezbytná pro účinnou adaptaci. V této práci jsme zdůraznili význam komplexního přístupu, který zahrnuje, jak prevenci a zmírnění rizik, tak i zvyšování odolnosti a připravenosti na nevyhnutelné dopady změny klimatu. Výzkum a vývoj v oblasti adaptací na změnu klimatu ve městech budou pokračovat a jsou klíčové pro identifikaci nových a inovativních řešení, které mohou pomoci městům lépe čelit budoucím výzvám. Simulační modely a analýzy nákladů a přínosů různých adaptací nabízí cenné nástroje pro rozhodování a prioritizaci investic.

Zásadní je také zapojení veřejnosti a zainteresovaných stran do procesu plánování a implementace opatření. Aktivní komunikace, vzdělávání a osvěta mohou významně přispět k zvýšení povědomí o změně klimatu a k podpoře akceptace a podpory adaptivních opatření v městských komunitách (Carter, 2011).

Nakonec, adaptace na změnu klimatu ve městech není jednorázovým úkolem, ale neustálým procesem. Dynamika změny klimatu a urbanizace vyžaduje pružné a adaptabilní plánovací procesy, které umožní městům rychle reagovat na nové informace a výzvy. Významnou roli zde hrají i politické a legislativní rámce, které by měly podporovat a motivovat k provádění adaptací.

Výsledky této práce ukazují, že přestože jsou před námi výzvy, existují také příležitosti pro inovace a zlepšení životního prostředí ve městech. Adaptace na změnu klimatu představuje nejen nutnost, ale i příležitost pro rozvoj udržitelnějších, odolnějších a inkluzivnějších městských společenství (Georgeson et al. 2016).

## 10 DISKUSE

Adaptace měst na změnu klimatu je multidisciplinární výzvou, která vyžaduje komplexní přístup zahrnující širokou škálu strategií a opatření. Spoléhání se pouze na jedno řešení, například na zvýšení počtu zelených ploch, by bylo podobně nedostatečné, jako se spoléhat pouze na výstavbu přehrad pro zadržování vody v krajině. Města se musí připravit na změny klimatu pomocí celé řady opatření, které společně vytvářejí odolný a adaptabilní systém.

Zelená a modrá infrastruktura vytváření a rozšiřuje zelené plochy parků, zelených střech a stěn, stejně jako obnovování a ochrana mokřadů a vytváření dešťových zahrad. Tyto přístupy nejen že pomáhají regulovat teplotu ve městech a zvyšují absorpci CO<sub>2</sub>, ale také přispívají k lepšímu zadržování dešťové vody a snižují riziko povodní (Aylett, 2015).

Energetická efektivita a udržitelná mobilita implementuje energeticky efektivní technologie v budovách a podpora udržitelné mobility (veřejná doprava, cyklostezky, chodníky) jsou klíčové pro snižování emisí skleníkových plynů ve městech.

Participativní plánování a governance zapojuje veřejnost místních komunit a různých zájmových skupin do procesu plánování a rozhodování zvyšuje povědomí o změně klimatu a zajišťuje, že opatření jsou relevantní a akceptovatelná pro místní obyvatele.

Integrace s plánováním a regulací užívání půdy musí integrovat adaptaci na změnu klimatu do svých regulací užívání půdy, aby se zajistilo, že nové výstavby a rozvojové projekty jsou odolné vůči klimatickým rizikům.

Stejně jako vodohospodářské projekty čelí diskusi mezi odborníky a veřejností ohledně jejich přínosů a negativ i městské adaptace na změnu klimatu. Například otázky spravedlnosti a rovnosti přístupu k adaptivním zdrojům, jako jsou zelené plochy, jsou často diskutovány. Dále, vysoké náklady spojené s některými adaptačními projekty a potřeba vyvážit ekonomický rozvoj s ochranou životního prostředí představují významné výzvy.

Změna klimatu představuje pro města značnou výzvu, ale také příležitost pro inovace a zlepšení kvality života. Komplexní a multidisciplinární přístupy k adaptaci, které kombinují technická řešení s ekologickými a sociálními strategiemi, jsou nezbytné (Landauer et.al., 2019). Důležitá je transparentnost, participace veřejnosti. Rád bych pronesl pár slov o městu Benátky nad Jizerou. Přestože existuje mnoho teoretických a praktických poznatků o adaptaci na změnu klimatu, aplikace těchto zjištění v Benátkách nad Jizerou může narazit na omezení, jako jsou finanční zdroje, politická vůle, a dostupnost lokálních dat o klimatu.

Zdůraznění potřeby dalšího výzkumu zaměřeného na specifické podmínky a potřeby Benátek nad Jizerou je klíčové. Může zahrnovat detailnější studie o efektivitě různých

adaptivních opatření v lokálním kontextu, jakož i vývoj integrovaných strategií, které by lépe odrážely komplexní povahu změny klimatu a jejích dopadů (Sarzynski, 2015).

## 11 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Autor se zaměřil na poskytnutí široké škály informací, které čtenářům umožní porozumět různorodosti přístupů k adaptaci na změnu klimatu v městech a významu této problematiky v kontextu urbanizovaných oblastí.

Byly představeny různé adaptace, zahrnující, jak tradiční infrastrukturní řešení, tak i opatření blízká přírodě, jejichž využití je v městském kontextu stále častější. Přínosy těchto opatření se liší v závislosti na specifickém urbanistickém a sociálně-ekonomickém kontextu, což zdůrazňuje potřebu jejich uvážlivého výběru a kombinace pro maximalizaci efektu zadržování vody, zlepšení mikroklimatu a zvýšení biodiverzity v městských oblastech.

Významnou roli ve zlepšování městského prostředí a adaptaci na změnu klimatu hrají také pozemkové úpravy a plánování veřejných prostor, které by měly reflektovat potřeby současných i budoucích generací s ohledem na změny klimatu. Tyto úpravy jsou však často organizačně i finančně náročné, což může bránit jejich plné realizaci.

Adaptace ve městech si vyžádá zásadní změnu přístupu nejen ze strany městských autorit, ale i vlastníků nemovitostí a obyvatel města. Je potřeba posílit povědomí o důležitosti adaptace na změnu klimatu a podporovat udržitelné hospodaření s městskými zdroji. Vzdělávání a zvyšování informovanosti veřejnosti jsou klíčové pro budování odolných a adaptabilních městských společenství.

Tato práce ukázala, že existuje mnoho opatření, která lze v městském prostředí aplikovat pro adaptaci na změnu klimatu. Některá z těchto opatření mohou být realizována s relativně nízkými náklady a snadno, zatímco jiná vyžadují rozsáhlejší plánování a investice. Přesto se zdá, že mnohé z dostupných možností nejsou využívány v plném rozsahu, což vyžaduje posílení úsilí ve všech oblastech od plánování po realizaci.

Je nezbytné posílit spojení mezi výzkumem, politikou a praktickou implementací opatření. Adaptace by měla probíhat rychleji, aby města mohla účinně čelit stávajícím a budoucím výzvám změny klimatu. Integrace a koordinace mezi různými sektory a úrovněmi správy je nezbytná pro dosažení synergií a maximalizaci pozitivních dopadů opatření na adaptaci. V konečném důsledku bude úspěch adaptace ve městech záviset na schopnosti společnosti přizpůsobit se, inovovat a efektivně implementovat řešení, která jsou udržitelná nejen z hlediska ekologického, ale i ekonomického. V konečném důsledku tato práce zdůrazňuje, že adaptace na změnu klimatu ve městech je neustálý proces učení, inovací a angažovanosti. Přínosem této práce je poskytnutí širšího pohledu na rozmanité možnosti adaptace a zdůraznění významu komplexního a koordinovaného přístupu k řešení této globální

výzvy na místní úrovni. Tím se otevírá cesta k budování odolnějších, zelenějších a udržitelnějších městských společenství.



## 12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Odborná literatura:

- 1) Anderson K., Bows A., 2008: Reframing the climate change challenge in light of post-2000 emission trends (online) [cit. 2024.01.14], dostupné z <[https://library.uniteddiversity.coop/Climate\\_Change/Reframing\\_the\\_climate\\_change\\_challenge.pdf](https://library.uniteddiversity.coop/Climate_Change/Reframing_the_climate_change_challenge.pdf)>.
- 2) Aylett A., 2015: Institutionalizing the urban governance of climate change adaptation: results of an international survey. *Urban Clim*, 14:4–16., dostupné z <<https://doi.org/10.1038/nclimate2944>>.
- 3) Berardi U., GhaffarianHoseini A., GhaffarianHoseini A., 2014: *Applied Energy*, P. 411-428.
- 4) Carter G. J., 2011: Climate change adaptation in European cities (online) [cit. 2024.01.06], dostupné z <[https://www.researchgate.net/publication/232415478\\_Climate\\_change\\_adaptation\\_in\\_European\\_cities](https://www.researchgate.net/publication/232415478_Climate_change_adaptation_in_European_cities)>.
- 5) Conway M., Konvitz J., 2000: Meeting the challenges of distressed urban areas (online) [cit. 2024.01.07], dostupné z <10.1080/00420980050004008>.
- 6) Deilami K., Kamruzzaman Md., Liu Y., 2018: *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, P. 30-42.
- 7) Dodgen K. L., Ueda A., Wu X., Parker., R. D., Gan J., 2015: Effect of transpiration on plant accumulation and translocation of PPCP/EDCs (online) [cit. 2024.03.15], dostupné z <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749115000032>.
- 8) Georgeson, L., Maslin, M., Poessinouw, M., 2016: Adaptation responses to climate change differ between global megacities. *Nature Climate Change* 6, 584–588.
- 9) Grattan S., 2023: World far off track on pledges to end deforestation by 2030 – report (online) [cit. 2023.12.8], dostupné z <<https://www.reuters.com/business/environment/world-far-off-track-pledges-end-deforestation-by-2030-report-2023-10-23/>>.
- 10) Hancock L., 2022: Why are glaciers and sea ice melting? (online) [cit. 2023.12.15], dostupné z <<https://www.worldwildlife.org/pages/why-are-glaciers-and-sea-ice-melting>>.

- 11) Hondula M. D., Balling C. R. Jr., Vanos K. J., Georgescu M., 2015: Rising Temperatures, Human Health, and the Role of Adaptation (online) [cit. 2023.11.14], dostupné z < <https://link.springer.com/article/10.1007/s40641-015-0016-4> >.
- 12) Church M., Jakob M., 2020: Water Resources Research - What is a Debris Flood? (online) [cit. 2023.12.2], dostupné z < <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2020WR027144> >.
- 13) Kousky C., Schneider H. S., 2003: Global climate policy, P. 359-372.
- 14) Joule, 2020: Tailor-Made Zeolitic Water Nanochannels for Liquid Fuel Production. P. 144-153.
- 15) Landauer M., Juhola S., Klein J., 2019: The role of scale in integrating climate change adaptation and mitigation in cities, *Journal of Environmental Planning and Management*, 62:5, 741-765, dostupné z < 10.1080/09640568.2018.1430022 >.
- 16) Mařík M., 2021: Návrh adaptace města Benátky na projevy klimatické změny (online) [cit.2024.03.08], dostupné z <[https://is.ambis.cz/th/g381w/Navrh\\_adaptace\\_mesta\\_Benatky\\_na\\_projevy\\_klimaticke\\_zmeny.pdf](https://is.ambis.cz/th/g381w/Navrh_adaptace_mesta_Benatky_na_projevy_klimaticke_zmeny.pdf)>.
- 17) Matthews, Robin J., Möller V., Diemen R., Fuglestvedt J., Masson-Delmotte V., Méndez C., Semenov S., Reisinger A., 2021: IPCC, Annex VII: Glossary (online) [cit. 2023.11.08], dostupné z < [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_AnnexVII.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_AnnexVII.pdf) >.
- 18) McBean G., 2004: Climate Change and Extreme Weather: A Basis for Action. Springer; International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, P. 177-190.
- 19) McGregor G., Ferro Ch., Stephenson D., 2005: Projected Changes in Extreme Weather and Climate Events in Europe (online) [cit. 2024.01.07], dostupné z < 10.1007/3-540-28862-7\_2.>.
- 20) Mukherjee S., Mishra A., Trenberth E. K., 2018: Climate Change and Drought: a Perspective on Drought Indices (online) [cit. 2023.11.18, dostupné z < <https://link.springer.com/article/10.1007/s40641-018-0098-x> >.
- 21) Plate J. E., 2002: Flood risk and flood management (online) [cit. 2023.12.4], dostupné z < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002216940200135X> >.
- 22) Sailor J. D., Elley B. T., Gibson M., 2011: Exploring the building energy impacts of green roof design decisions – a modeling study of buildings in four distinct climates

- (online) [cit. 2023.01.17], dostupné z <  
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1744259111420076> >.
- 23) Santamouris M., 2013: Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—A review of the actual developments (online) [cit. 2024.01.6], dostupné z <  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403211300350X> >.
- 24) Sarzynski A., 2015: Public participation, civic capacity, and climate change adaptation in cities (online) [cit.2024.03.08], dostupné z  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095515300158>>.
- 25) Scanes G. C., 2018: Chapter 19 - Human Activity and Habitat Loss: Destruction, Fragmentation, and Degradation (online) [cit. 2024.01.07], dostupné z <  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128052471000265>>.
- 26) Stafford-Smith M., Griggs D., Gaffney O., Ullah F., Meyers B., Kanie N., Stigson B., Shrivastava P., Leach M., O’Connell D., 2017: Integration: the key to implementing the Sustainable Development Goals (online) [cit.2024.03.08], dostupné z  
<<https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-016-0383-3>>.
- 27) Tabari H., 2020: Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability (online) [cit. 2023.11.15], dostupné z  
<<https://www.nature.com/articles/s41598-020-70816-2> >.
- 28) Thornthwaite C. W.,1948: An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, P. 55–94.
- 29) Vohra K., Vodonos A., Schwartz J., Marais A. E., Sulprizio P. M., Mickley J. L., 2021: Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem, (online) [cit. 2023.11.15], dostupné z <  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935121000487>>.
- 30) Willems P., Arnbjerg-Nielsen K., Olsson J., Nguyen V. T. V., 2012: Climate change impact assessment on urban rainfall extremes and urban drainage: Methods and shortcomings (online) [cit. 2023.11.15], dostupné z <  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809511000950> >.
- 31) Yang J., Kumar M. I. D., Pyrgou A., Chong A., Santamouris M., Kolokotsa D., Lee E. S., 2018: Green and cool roofs’ urban heat island mitigation potential in tropical climate (online) [cit. 2024.01.17], dostupné z <  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X18307667> >.

## Internetové zdroje:

- AQUASYS, @2023: Dokončili jsme protipovodňové ochrany v Benátkách nad Jizerou (online) [cit. 2024-03-07], dostupné z: <http://www.aquasys.cz/cs/dokoncili-jsme-protipovodnove-ochrany-v-benatkach-nad-jizerou>.
- Argument, @2021: Studie: 52 % světových městských emisí skleníkových plynů pochází z pouhých 25 měst (online) [cit.2023.12.16], dostupné z <<https://casopisargument.cz/?p=37210>>.
- Britannica, @2023: smog (online) [cit.2024.01.06], dostupné z <<https://www.britannica.com/science/smog>>
- Butler A. Rhett, @2024: Outlook for Rainforests 2024 (online) [cit.2023.12.12], dostupné z <<https://news.mongabay.com/2024/01/outlook-for-rainforests-2024>>.
- C2ES, @2023: Drought and Climate Change (online) [cit. 2023.11.18], dostupné z <<https://www.c2es.org/content/drought-and-climate-change/>>.
- Cahill E. A., Aiello-Lammens E. A., Fisher-Reid C. M., Hua X., Karanewsky J. C., Ryu Y. H., Sbeglia C. G., Spagnolo F., Waldron B. J., Warsi O., Wiens J. J., @2012: How does climate change cause extinction? (online) [cit. 2023.12.15], dostupné z <<https://royalsociety.org/news/2012/climate-change-extinction/>>.
- Carter G. J., @2011: Climate change adaptation in European cities (online)[cit.2023.11.08], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877343510001545>>.
- ClimateEurope, @2020: What is climate?, What is climate Change? (online) [cit.2023.11.08], dostupné z <<https://www.climateurope.eu/what-is-climate-and-climate-change/>>.
- Colgan W., MacGregor A. J., Mankoff D. K., Haagenson R., Rajaram H., Martos M. Y., Morlighem M., Fahnestock A. M., Kjeldsen K. K., @2021 (online) [cit.2024.01.08], dostupné z <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020JF005598>>.
- Časopis Ochrana přírody, @2021: Adaptace České republiky na změnu klimatu: MŽP již předložilo vládě první aktualizaci strategických dokumentů (online) [cit.2024.02.10], dostupné z <<https://www.casopis.ochranaprirody.cz/kuler-zpravy-aktuality-zajimavosti/adaptace-ceske-republiky-na-zmenu-klimatu-mzp-jiz-predlozilo-vlade-prvni-aktualizaci-strategickych/>>.
- earthorg, @2021, Kyoto Protocol: Definition, Facts & Signatories (online) [cit.2024.01.25], dostupné z <<https://earth.org/the-kyoto-protocol/>>.

EEA, @2008, Impacts of Europe's Changing Climate (online) [cit.2024.01.14], dostupné z < Impacts of Europe's changing climate — 2008 indicator-based assessment >.

EEA, @2010: Pakt starostů a primátorů (online) [cit.2024.02.10], dostupné z < <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/eu-adaptation-policy/covenant-of-mayors> >.

EEA, @2017: Jak pokračuje adaptace na změnu klimatu v EU? (online) [cit.2024.01.25], dostupné z < <https://www.eea.europa.eu/cs/highlights/jak-pokracuje-adaptace-na-zmenu> >.

EEA, @2022: Adaptace měst na změnu klimatu v Evropě (online) [cit.2024.02.06], dostupné z < <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-to-climate-change/> >.

EEA, @2023: Četnost a závažnost klimatických rizik (online) [cit.2024.01.15], dostupné z <<https://www.eea.europa.eu/cs/highlights/cetnost-a-zavaznost-klimatickych-rizik>>.

EPA, @2022: Using Green Roofs to Reduce Heat Island (online) [cit. 2024.01.20], dostupné z <<https://www.epa.gov/heatislands/using-green-roofs-reduce-heat-islands>>.

European Commission, @2011: A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 (online) [cit.2024.02.04], dostupné z < <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:EN:PD> >.

European Commission, @2023: Adaptace na změnu klimatu ve městech (online) [cit.2024.02.06], dostupné z < [https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/priority-themes-eu-cities/climate-adaptation-cities\\_en](https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/priority-themes-eu-cities/climate-adaptation-cities_en) >.

European Commission,, @2023: Strategie EU pro adaptaci na změnu klimatu (online) [cit.2024.02.06], dostupné z < [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en) >.

Evropská komise, @2021: Příčiny změny klimatu (online) [cit. 2023.12.6], dostupné z <[https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change\\_cs](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_cs)>.

Fakta o klimatu, @2024: Adaptací strategie ČR (online) [cit. 2024.01.24], dostupné z <<https://faktaoklimatu.cz/infografiky/adaptacni-strategie-cr>>.

Future Learn, @2021: A guide to climate change: How to save the planet (online) [cit.2023.03.05], dostupné z <<https://www.futurelearn.com/info/blog/guide-to-climate-change>>.

greenly, @2022, Kyoto Protocol: All You Need to Know (online) [cit.2024.02.04], dostupné z <<https://greenly.earth/en-us/blog/ecology-news/kyoto-protocol-all-you-need-to-know> >.

Greenpeace ČR, @2023: Analýza: Nové národní klimatické plány evropských zemí nevedou ke splnění klimatických cílů EU (online) [cit.2024.01.16], dostupné z <<https://www.greenpeace.org/czech/tiskova-zprava/19610/analyza-nove-narodni-klimaticke-plany-evropskych-zemi-nevedou-ke-splneni-klimatickych-cilu-eu/>>.

Grist Staff, @2024: 24 Predictions for 2024: Climate Trends (online) [cit.2023.12.12], dostupné z <<https://grist.org/culture/24-predictions-for-2024-climate-trends/>>.

HowStuffworks, 2023: How Weather Works, The Cycle of Rain (online) [cit. 2023.11.14], dostupné z <<https://science.howstuffworks.com/nature/climate-weather/atmospheric/weather6.htm>>.

IPCC, @2021: "AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis" (online) [cit. 2023-11-08], dostupné z <<https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>>.

Křištofová K., Lehnert M., Martinát S., Tokar V., Opravil Z., @2022: Adaptation to climate change in the eastern regions of the Czech Republic: An analysis of the measures proposed by local governments (online) [cit. 2024.03.08], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721006724>>.

MĚSTO BENÁTKY NAD JIZEROU, @2016: Strategické dokumenty města: Strategický plán rozvoje města 2016-2020 [online]. [cit. 2024.03.07]. Dostupné z: <file:///C:/Users/marik/Downloads/421-novy-strategicky-plan-verze-pro-zm-bnj-final.pdf>

Met Office, @2023: Causes of climate change (online) [cit.2023.12.12], dostupné z <<https://www.metoffice.gov.uk/weather/climate-change/causes-of-climate-change>>.

MŽP ČR, @2015: Národní akční plán adaptace na změnu klimatu (online) [cit. 2024-02-18]. Dostupné z: <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni\\_akcni\\_plan\\_zmena\\_klimatu/\\$FILE/OEOK-NAP\\_cely\\_20170127.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/$FILE/OEOK-NAP_cely_20170127.pdf)>.

MŽP, @2023: Mítigace a adaptační možnosti na změnu klimatu pro ČR (online) [cit. 2024.01.24], dostupné z <<https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/mitigace-a-adaptacni-moznosti-na-zmenu-klimatu-pro-cr/>>.

NASA earth observatory, 2015: World of Change: Global Temperatures (online) [cit. 2023.11.08], dostupné z <<https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures>>.

Nasa Global climate change, @2023: Global Warming vs. Climate Change (online) [cit.2023.11.08], dostupné z <<https://climate.nasa.gov/global-warming-vs-climate-change/>>.

NASA global precipitation measurement, 2023: How does climate change affect precipitation? (online) [cit. 2023.11.18], dostupné z <  
<https://gpm.nasa.gov/resources/faq/how-does-climate-change-affect-precipitation> >.

National Geographic, @2023: Smog (online) [cit.2024.01.05], dostupné z <  
<https://education.nationalgeographic.org/resource/smog/>>.

Památkový katalog, @2020: Benátky nad Jizerou (online) [cit.2024.03.08], dostupné z <  
<https://pamatkovykatalog.cz/benatky-nad-jizerou-7664434>>.

RÁZGOVÁ Eva, @2002: Krajina bez vody přitahuje záplavy. MF Dnes [online]. [cit. 2023-12-2], dostupné z <  
[https://jeseniky.ecn.cz/Herminovy/Tiskove\\_zpravy/krajina\\_bez\\_vody.htm](https://jeseniky.ecn.cz/Herminovy/Tiskove_zpravy/krajina_bez_vody.htm)>.

ŠEBEŠOVÁ P., @2012: Klimatické změny (online), Sdružení TEREZA [cit. 2024.02.10]. dostupné z < [https://ekoskola.cz/\\_files/userfiles/Materialy/9-Klimaticke-zmyny.pdf](https://ekoskola.cz/_files/userfiles/Materialy/9-Klimaticke-zmyny.pdf) >.

sempergreen, @2023: Benefits of a green roof (online) [cit. 2024.01.20], dostupné z <  
<https://www.sempergreen.com/en/solutions/green-roofs/green-roof-benefits> >.

Sustainable Development Goals, @2019: Further Information on Key Issues from the Report (online) [cit.2023.12.15], dostupné z  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/05/nature-decline-unprecedented-report/#:~:text=The%20Report%20finds%20that%20around,20%25%2C%20mostly%20since%201900>.

UNFCCC, @1997: What is the Kyoto Protocol ? (online) [cit.2024.01.25], dostupné z <  
[https://unfccc.int/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/kyoto_protocol) >.

UNFCCC, @2015: Key aspects of the Paris Agreement (online) [cit.2024.02.04], dostupné z < <https://unfccc.int/most-requested/key-aspects-of-the-paris-agreement> >.

United Nations, @2023: What is climate change ? (online) [cit.2023.11.08], dostupné z <  
<https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>>.

Vláda České republiky, @2023: Vláda schválila nový Energetický a klimatický plán, pokračovat bude také reforma sociálních služeb (online) [cit.2024.01.17], dostupné z <  
<https://vlada.gov.cz/cz/media-centrum/aktualne/vlada-schvalila-novy-energeticky-a-klimaticky-plan--pokracovat-bude-take-reforma-socialnich-sluzeb-209199/>>.

Vodohospodářská společnost, @2000: Zpráva o hydrologické situaci a provozu vodních děl v roce 2000 (online) [cit.2024.03.24], dostupné z  
[https://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy\\_vhd/zprava3\\_2000/text/zprava%2003-2000.pdf](https://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/zprava3_2000/text/zprava%2003-2000.pdf).

WHO, @2023: Drought (online) [cit. 2023.11.18], dostupné z <  
[https://www.who.int/health-topics/drought?gclid=Cj0KCQjwk7ugBhDIARIsAGuvgPY5IpdmN1i30qMAUbt8qUYhh9N1s2x1RtaHleJ\\_1mQEkmRELpKDYQaAhp7EALw\\_wcB#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/drought?gclid=Cj0KCQjwk7ugBhDIARIsAGuvgPY5IpdmN1i30qMAUbt8qUYhh9N1s2x1RtaHleJ_1mQEkmRELpKDYQaAhp7EALw_wcB#tab=tab_1) >.

WHO, @2023: Floods (online) [cit. 2023.03.11], dostupné z <  
[https://www.who.int/health-topics/floods#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/floods#tab=tab_1) >.

WWF Staff, @2023: We're off track to protect and restore forests by 2030. Here's how we can change course. (online) [cit.2023.12.12], dostupné z  
<https://www.worldwildlife.org/stories/we-re-off-track-to-protect-and-restore-forests-by-2030-here-s-how-we-can-change-course>.



## 13 SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1</b>	Schéma klimatického systému (Pondělíček, 2016).....	12
<b>Obrázek 2</b>	Zvyšování teploty mezi lety 1880-2020 (NASA earth observatory, 2023) .....	14
<b>Obrázek 3</b>	Průměrný roční úhrn srážek (Český hydrometeorologický ústav, 2021).....	16
<b>Obrázek 4</b>	Úhrn srážek v evropských hlavních městech (Národní meteorologické služby, 2021) .....	17
<b>Obrázek 5</b>	Teplota oproti sluneční aktivitě (science.nasa.gov, 2019).....	25
<b>Obrázek 6</b>	Efekt městského tepelného ostrova (NASA/JPL-Caltech, 2022) .....	28
<b>Obrázek 7</b>	Vrstvy zelené střechy (Chatař-chalupář, 2023).....	35

## **14 SEZNAM TABULEK**

<b>Tabulka 1</b>	Dělení zelených střech (EPA, 2022), úprava autor.....	35
------------------	---	----