

Interreg



Spolufinancovaný
Európskou úniou

Slovensko – Česko

Metodika pro návrh adaptačních opatření pro jednotlivé kategorie zranitelnosti krajiny

Výstup projektu JIZKES

2026

Autorský kolektiv

Ing. Marcela Prokopová, Ph.D. (ÚVGZ)

prof. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D. (UPOL)

&

doc. RNDr. Pavel Cudlín, Csc. (ÚVGZ)

RNDr. Jiří Jakubínský, Ph.D. (ÚVGZ)

Mgr. Karel Macků, Ph.D. (UPOL)

prof. RNDr. Peter Mederly, Ph.D. (UKF)

Mgr. Michal Ševčík, Ph.D. (UKF)

Mgr. Lenka Štěrbová (ÚVGZ)

Mgr. Pavel Vyvlečka (UPOL)

Bezplatná publikace

Realizováno v rámci projektu Jednotná identifikace zranitelnosti krajiny a metodologie návrhu adaptačních opatření se zvláštním zřetelem na ekosystémové funkce (JIZKES), 403201DPH4.

Výhradní zodpovědnost za obsah této publikace/video nesou autoři a nedá se ztotožnit s oficiálním stanoviskem Evropské unie.

Partneři projektu: Univerzita Palackého v Olomouci, Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre



Univerzita Palackého
v Olomouci



Obsah

1. Úvod.....	4
2. Metodická východiska.....	5
2.1 Zranitelnost území.....	5
2.2 Ekosystémové funkce a služby.....	7
2.3 Vztah ekosystémových služeb k degradaci a zranitelnosti krajiny.....	7
3. Metodický přístup JIZKES.....	9
Stanovení matic zranitelnosti (S1).....	9
Identifikace a příprava odpovídajících prostorových dat (S2).....	11
Prostorové analýzy a tvorba indikátorů (S3).....	12
Vlastní stanovení zranitelnosti (S4).....	13
Zjištění stavu a výběr typového opatření (S5).....	15
4. Závěr.....	22
Použitá literatura.....	23

1. Úvod

Projevy klimatické změny jsou dnes jednou z nejvýraznějších globálních změn na planetě Zemi. Působí jak na přírodní, tak i socioekonomické procesy. Jejich projevy ovlivňují chod společnosti v lokálním, regionálním a celosvětovém měřítku. Jedním z negativních projevů je i ztráta funkčnosti a produktivity krajiny (snížená regulace klimatu, zvyšování erozních událostí, ztráta produktivity), již je potřeba čelit realizací vhodných a cílených adaptačních opatření. Co lze udělat, aby byly ztráty minimální?

Možným proaktivním přístupem je celoplošné a detailní stanovení zranitelnosti krajiny, jež bude zahrnovat lokalizaci predispozice zranitelnosti a stanovení jejích příčin. Identifikace nejnáchylnější/nejvíce ovlivněné části krajiny umožní zacílit právě do těchto míst mitigační a adaptační opatření, která budou lokalizovaná, typově vhodná a podle závažnosti zranitelnosti bude stanovena jejich priorita.

2. Metodická východiska

2.1 Zranitelnost území

Koncept **zranitelnosti** (*vulnerability*) lze aplikovat na různé sféry – na krajinu, ekosystémy, na lidskou společnost. Při aplikaci na krajinu či ekosystémy určuje pravděpodobnost zničení nebo nežádoucí přeměny habitatů (Pressey, 2001). Do hodnocení se často zahrnuje nejen potenciální vliv stresoru (např. tlaku globální změny) na ekosystém, ale také adaptační kapacita, tedy schopnost vyrovnat se s tímto tlakem (Metzger et al. 2006). Cílem hodnocení zranitelnosti je často výběr území, kde je nejvíce zapotřebí ochrany či nějakého mitigačního nebo adaptačního zásahu (Rodrigues et al., 2004). Doporučuje se propojení hodnocení zranitelnosti s hodnocením ekosystémových služeb, aby se snáze určilo, které zásahy je třeba použít pro prevenci či zmírnění negativních dopadů (Metzger et al. 2008).

Zranitelnost krajiny je obecně definována jako kombinace tří hlavních komponent: expozice, která odpovídá pravděpodobnosti a velikosti stresu, kterým systém prochází; citlivost který odkazuje na stupeň stresu, kterým systém prochází (daný vesměs jeho vnitřními charakteristikami) a adaptační/regulační kapacita, která popisuje schopnost systému odolat stresu a vyrovnat se s ním (Thiault et al., 2018). Posouzení zranitelnosti lze hodnotit podle vztahu, kterou používá ve svých strategických dokumentech Mezivládní panel pro změnu klimatu – IPCC.

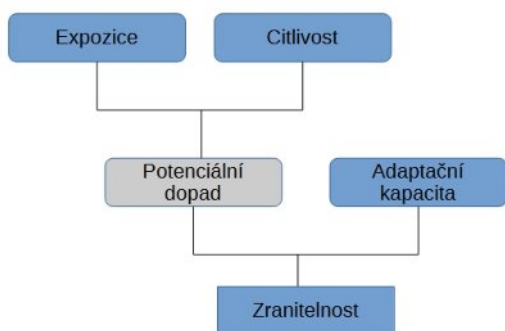
$$\text{zranitelnost} = \text{expozice} + \text{citlivost} - \text{adaptační/regulační kapacita (1)}$$

Zranitelnost (vulnerability) je obecně definovaná jako náchylnost systému k negativním dopadům během nějaké nebezpečné události (působení rizika, driverů reprezentujících negativní událost), nebo jako nedostatek schopností na tuto situaci reagovat (Leal et al., 2019). Zranitelnost krajiny kombinuje fyzikální, sociální, ekonomické, environmentální a kulturní struktury a procesy, které definují její schopnost reagovat na klimatickou změnu (Birkmann et al., 2013).

Expozice vyjadřuje, do jaké míry se lidé, příroda nebo materiální statky nachází v místech ohrožených klimatickými změnami a jejich důsledky. Např. místa která se přehřívají, kde hrozí přívalové povodně nebo kde působí sucho. Vystavení krajiny vícenásobným stresorům může představovat riziko pro lidské zdraví a pohodu, biologickou rozmanitost a ekosystémové služby a může komplikovat schopnost lidí reagovat na globální změny (Kerns et al., 2016).

Citlivost určuje do jaké míry lidé, příroda nebo materiální statky reagují na klimatické změny a jejich účinky. Jedná se tedy např. o citlivost ekosystémů na zmiňované změny, ale také např. o rozmístění skupin obyvatel, na které má změna klimatu nejhorší dopad, případně rozmístění staveb, infrastruktury a majetku, jež jsou v ohrožení.

Adaptační/regulační kapacita je schopnost se s nebezpečnou událostí vypořádat nebo se po poškození rychle vrátit do normálu. Je dána stabilitou, regulační a adaptační schopností krajiny. Jedná se např. o schopnost krajiny ochlazovat mikroklima, vsakovat či zadržovat vodu, nebo účinně regenerovat a přizpůsobit své druhové složení. Opatřeními ve společnosti pak mohou být technologické plány či technická opatření (hráze, zastínění, centrální vodovod, atd.). Tato komponenta tedy popisuje schopnost zvládnout negativní dopady klimatických změn.



Obr. 1: Diagram stanovení zranitelnosti podle IPCC.

V městském prostředí se míra zranitelnosti mění v čase a prostoru a dynamika této změny je často vyšší, než dynamika vlastní klimatické změny. Významná změna expozice vyžaduje zpravidla změnu fyzického prostoru města. Toho je možné docílit s pomocí územního plánování, regulačních plánů, popř. úpravy stavebních předpisů. Ke změně ale bude docházet jen velmi pomalu v průběhu let a desetiletí. V poslední době se dostává nejvíce do popředí problematika zvyšování adaptační a regulační kapacity, zejména prostřednictvím realizace projektů modrozelené infrastruktury. Její zvyšování je totiž klíčové vzhledem k předpokládanému nárůstu expozice (změnou klimatu) i citlivosti (stárnutí populace).

Cílem adaptace na změnu klimatu je snižování zranitelnosti jednotlivých městských a přírodních systémů a zvýšení jejich odolnosti vůči očekávaným hrozbám. Je třeba však zvážit i lidský tlak,

který může zvýšit negativní dopad přírodních procesů (eroze, snížení retence, zastavení půdy, ztráta produkční schopnosti).

2.2 Ekosystémové funkce a služby

Koncept ekosystémových služeb byl vyvinut pro usnadnění začlenění ekosystémů do uvažování, zaměřeného na ekonomiku a lidský blahobyt (MEA, 2005). Možnost peněžního vyjádření přínosů plynoucích z ekosystémů (Costanza et al. 1997) měla významný dopad na vědu i politiku, zejména po vydání Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), které se zaměřilo na benefity, jež lidé získávají přímo a nepřímo z ekosystémů. Od té doby se řada autorů a projektů zabývala klasifikací, kvantifikací, mapováním a oceňováním ekosystémových služeb s cílem integrovat tento koncept do rozhodovacích procesů (de Groot et al., 2010; Rounsevell et al., 2010).

Ekosystémové funkce popisují procesy (operace, reakce) ekosystému a jsou definovány jako komplexní interakce mezi biotickými a abiotickými prvky ekosystému, jež vedou ke konečnému výsledku (Tirri et al. 1998), případně, v širším smyslu, jako přenosy energie a materiálu (Lyons et al. 2005), jež mají specifickou funkci v ekosystémech a jsou předpokladem pro poskytování ekosystémových služeb (Costanza et al., 1997; de Groot, 1992).

Ekosystémové služby lze definovat jako část ekosystémových funkcí, které jsou užitečné pro lidi (Kremen, 2005). Definice v MEA (2005), která byla široce přijata v mezinárodní vědecké a politické literatuře, zdůrazňuje silnou vazbu mezi ekosystémovými službami a benefity, které lidé získávají přímo nebo nepřímo z ekosystémů.

2.3 Vztah ekosystémových služeb k degradaci a zranitelnosti krajiny

Koncept ekosystémových služeb je velmi dobře využitelný pro hodnocení zranitelnosti krajiny vůči degradaci, zejména při vyjádření citlivosti a adaptační kapacity (produkční a regulační služby).

Regulační ekosystémové služby a relevantní ekosystémové funkce (tedy ty funkce, které je podmiňují) úzce souvisí se stabilitou krajiny a její odolností vůči degradaci; vysoká míra plnění regulačních funkcí a služeb chrání krajinu před degradací a snižuje tedy její zranitelnost. Některé

regulační funkce a služby mohou být tedy považovány za předpoklad, snižující zranitelnost krajiny.

Typickým příkladem je např. „regulace eroze“, která brání vodní a větrné erozi, čímž chrání půdu, udržuje její stabilitu a podmiňuje tím i stabilitu celé krajiny. Současně chrání vodní toky před znečištěním sedimenty (Bazzoffi 2009). Služba „regulace odtoku“ jednak zmírňuje povodně a současně přispívá k vyrovnanějšímu zásobování půdy vodou. Snižuje tedy zranitelnost vůči povodním a vůči suchu (Bazzoffi 2009).

Neméně důležité pro snižování zranitelnosti krajiny je regulace klimatu, resp. regulace atmosféry, která přispívá ke stabilizaci klimatu (Scholes et al. 2016), na lokální úrovni snižuje tepelné ostrovy měst a udržuje příznivé klima, čímž chrání před riziky, způsobenými vlnami veder (zdravotní riziko pro obyvatele, ohrožení biotopů a druhů), nebo suchem (riziko ztráty úrody, usychání lesů (Lindner et al. 2010), množení škůdců (Mattson and Haack 1987), poškození biotopů a biodiverzity (Parmesan et al. 2000), nebo zvýšení incidence požárů (Moritz et al. 2012)).

Protože degradace krajiny se týká také degradace ekosystémů, snižování biodiverzity (na genetické, druhové i krajinné úrovni) většinou vede ke snížené rezistenci a resilienci krajiny vůči nepříznivým vlivům klimatické změny, případně vůči jiným disturbancím a činí ji zranitelnější.

3. Metodický přístup JIZKES

Nově odvozený a aplikovaný metodický přístup JIZKES vychází z konceptu stanovení zranitelnosti podle *Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC)* a byl rozpracován v závislosti na podmínkách české a slovenské krajiny a dostupných datech a informačních zdrojích.

Stanovení matic zranitelnosti (S1)

V krajině souběžně působí více vlivů – potenciálních příčin zranitelnosti, - které mohou mít vzájemně synergický či antagonistický účinek. Proto byly v tomto řešení zohledněny nejen „přímé“ projevy klimatické změny, ale i další „významné“ příčiny zranitelnosti.

Současně je třeba zohlednit skutečnost, že jedna příčina může mít rozdílný projev v různých tematických doménách (volná krajina, lidská zastavěná krajina, lidská populace) a proto je třeba vyjádřit zranitelnosti rozdílnými indikátory v jednotlivých doménách. Na základě tohoto aspektu byl zvolen vícenásobný analytický přístup a je tudíž definováno vícero matic zranitelnosti pro dosažení výsledné hodnoty.

Matice zranitelnosti je tabelární konceptuální model, který pomáhá identifikovat a vizualizovat zastoupení a naplněnost ukazatelů, které se podílí na hodnocení zranitelnosti systému (krajiny) konkrétním rizikem.

Na základě literární analýzy bylo nadefinováno celkem 5 matic zranitelnosti (Tab. 1) obsahující více jak 56 indikátorů. Některé indikátory se v maticích opakovaly, nejedná se proto o počet jedinečných indikátorů.

Tab. 1: Přehled definovaných matic zranitelnosti

Matice zranitelnosti	Příčina zranitelnosti
Vlny veder	Klimatická změna, zvyšování teplot, vysoké teploty, reakce s dalšími drivery (změna land use)
Sucho	Klimatická změna, zvýšení teplot, výparu, nepravidelnost srážek
Nízká regulace extr. průtoků	Riziko povodní, nízká regulace extrémních průtoků - Klimatická změna (nepravidelnost srážek, silné/extrémní srážky) a změna land use
Ztráta přírodnosti biotopů	Klimatická změna, antropický tlak, změny land use
Ztráta úrodnosti půdy	Eroze – vodní i větrná

Všechny matice mají jednotnou vnitřní strukturu dělenou do tří komponent zranitelnosti: Expozice – Citlivost – Adaptační/regulační kapacita. Každá komponenta je dělena do 3 sloupců: Co hodnotíme – Indikátor - Potenciální data, v konečné fázi označen pojmem Klasifikovaný dataset (Tab. 2).

Tab. 2: Matice zranitelnosti pro riziko Poškození vegetace v krajině suchem

Rizi ko	komponenta														
	Expozice			Citlivost			Adaptační/regulační kapacita								
	Co hodnotí- me	Indikátor	Klasifikovaný dataset	Co hodnotí- me	Indikátor	Kla- sifi- kovan ý da- taset	Co hodnotíme	Indikátor	Klasifikovaný data- set						
Poškození vegetace v krajině suchem	Paramet- ry klima- tu ovlivňují- cí sucho	Index SPEI	qclima_ARI	Schopnos t porostu udržovat mikroklima	Souhrnná hodnota - počítaná jako geo- mean z formace, diverzity struktur a LAI	mik- rokli- ma	Předpoklad vyšší resilience a adaptability při vyšší diverzitě druhů	Diverzita druhů bio- topů (Seják 2018)	dd						
		Roční úhrn srážek	SRA_1991_2020					Konektivita pří- rodních bio- topů	Metoda D2N (Rü- disser a kol. 2012)	d2n_class7K					
		Počet po sobě jdou- cích dnů bez srážek	DRYD_1991_2020						Předpoklad vyšší adaptabi- lity a schopnosti obnovy díky živ otním stra- tegiím	Životní strategie CSR	csr				
		Průměrná roční tep- lota	TAVG_1991_2020							Schopnost po- rostu regulovat lokální teplotu	Evapo- transpira- ce (Seják, Pokorný a Seeley 2018)	evapoTR			
		Počet tropických dnů	TROPD_1991_2020					Citlivost vegetace na sucho	Souhrnná hodnota počítaná jako geo- mean Cit- livosti bio- topů (Chytrý a kol. 2020) a vlhkosti stanoviště indikované rostlinami dle Ellenberga				ci- tsucho	Vliv vodních ploch, vodních toků, za- mokřených ob- lastí v okolí	Procento vodních a mokřadní ch bio- topů ve čtverci 500x500
	Paramet- ry klima- tické změny, ovlivňují- cí sucho	Rostoucí průměrná teplota vzduchu	TAVG_change_2005_45	Schopnos t půdy částečně kompenz ovat sucho (obsah or- ganických látek v půdě - COX)	Z analýzy dat Soil GRID, + ESDB	cox	Heterogenita			Krajinné metriky (Shannon index) ve	shanon_dkv				
		Rostoucí index su- cha (po- měr SPEI za starý a nový kli- matický normál)	qclima_CC												
		Nárůst tropických dnů	TROPD_- change_2005_45									Nárůst tropických nocí			
	Nárůst tropických nocí	TROPN_- change_2005_45													

	cí přehřívání (půdní, topografické, vlastnosti povrchů)	Procento propustnosti - soil sealing	soil_sealing	Infiltrační schopnost půd (ISP) dle VÚMOP	Z analýzy BPEJ, SLT a doplňující data	isp		čtverci 500x500	
		Teplota povrchu – 5 letý průměr LST	T_SURF_2020_2024						

Identifikace a příprava odpovídajících prostorových dat (S2)

Pro identifikované indikátory byla zjišťována dostupnost, kvalita a použitelnost potenciálně vhodných datových sad pro jejich vyjádření. Bylo potřeba zjistit, zda jsou data, plánovaná v matici, jednotně dostupná pro zájmové území (ČR SR současně), a pakliže ano, zda v odpovídající „technické“ kvalitě.

Po prvotní identifikaci potřebných dat započala jejich systematická analýza a hodnocení jejich použitelnosti. Mezi posuzovaná kritéria patřily způsob reprezentace geometrické složky, tematická vhodnost, měřítko/detail zobrazované informace (geometrická i atributová), interpretovatelnost atributů, cyklus opakování, cena, legislativní ukotvení životního cyklu dat. Analýza proběhla dvou-krokově. Nejprve na úrovni studia metadatových informací, v druhé fázi, pokud vyhověl dataset základními kritérii, byla data fyzicky sesbírána (někdy jen vzorek dat) a testoval se jejich skutečný stav.

Prověřována byla existující prostorová data o klimatu, krajině a přírodních zdrojích dostupných na celonárodní úrovni a produkována na domácí evropské i globální úrovni. Analogicky byla prověřena (geo)data administrativní a socioekonomická z různých relevantních zdrojů. Kromě prověření již existujících dat bylo v této etapě řešeno, jakým způsobem specifická data zcela nově vytvořit. Při tvorbě nových dat jsou dále navrženy nové metodické přístupy vytěžující existující datasety.

S ohledem na potřebu analýzy v budoucnu periodicky opakovat, je při volbě vhodných dat kladen důraz na využití družicových dat, která poskytují aktuální, nezávislý a měřitelný způsob hodnocení některých (i proměnlivých) charakteristik krajiny. Vzhledem k rozsahu území (ČR+SR) a také k ceně snímků jsou primárně využívána multispektrální a radarová data programu Copernicus a přidružených misí.

Použití distančních obrazových dat je také vhodným řešením pro překonání problémů s omezeným vstupem na soukromé pozemky a případnými dalšími vlastnickými překážkami. V našem projektu je dáván velký důraz na obrazová, zejména satelitní multispektrální a termální data, která nabízí několik nesporných výhod při svém použití. Jedná se o data primárně prostorového charakteru, která při pořízení jednoho datasetu mohou pokrýt rozsáhlé území (extent), a zároveň poskytují detailní informace na úrovni jednotlivých prostorových jednotek (pixel v rozsahu 10-100 metrů). Tato data jsou opakovatelná, zcela nedestruktivní a lze je použít jak pro běžnou krajinu, tak i pro území s nejvyšším stupněm ochrany. Jejich pořízení a vyhodnocení je objektivní, snadno automatizovatelné a vhodné pro metody hlubokého učení a GeoAI. Optické senzory pořizují záznamy (snímky) v několika spektrech elektromagnetického záření. Zejména informace získané na rozhraní viditelného a infračerveného spektra, stejně jako v oblasti termálního záření, poskytují unikátní poznatky o stavu krajiny.

Prostorové analýzy a tvorba indikátorů (S3)

Časově náročnou etapou byla realizace velkého množství prostorových analýz v prostředí GIS a DPZ za účelem tvorby jednotlivých datových zdrojů, které reprezentují dílčí ukazatele a výsledné indikátory zranitelnosti podle připravených matic zranitelnosti.

Byly zpracovány kolekce satelitních dat zejména z projektu Copernicus (družice Sentinel-2 a Sentinel-1) do podoby ročních mozaiek a kompozitů a družice Landsat 8/9 do víceletého kompozitu. Z těchto pracovních dat bylo následně analyticky odvozeno několik derivátů (např. povrchová teplota, míra nepropustnosti povrchu, ukazatel patrovitosti vegetace LAI, průměrná hodnota množství biomasy NDVI a EVI2, a další) s přesností 10m/px. Dále byly již interpretovaná data programu Copernicus - služby Land a Climate Service (CLCBackbone, ERA5-Land), Českého a Slovenského statistického úřadu, mezinárodních otevřených dat (OSM), i dat z produkce českého a slovenského Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí (LPIS, lesnická typologie, Digitální model reliéfu), i vlastní produkce (detailní mapa biotopů DHL) a řada další. Jejich pokročilou analýzou, vzájemnou kombinací a obohacením expertními znalostmi vznikala zcela nová a unikátní geodata. Každá analýza proběhla v lokálním měřítku podle charakteru vstupních dat (biotop, pixel, produkční blok).

Všechna data byla zpracována v podobě bezešvých prostorových dat (formát Esri geodatabase) s rozsahem pokrývajícím celé zájmové území, v národní souřadnicovém systému S-JTSK (epsg: 5514).

Pro vzájemnou kompatibilitu výsledku z jednotlivých analýz byl definován **propojující rámec** pro jednotlivé analýzy:

- stejný koncept hodnocení (dodržení rovnice zranitelnosti, formou nadefinované a odsouhlasené matice zranitelnosti pro každou příčinu/doménu),
- shodná logika výsledné stupnice (stejný počet kategorií a směr odstupňování),
- stejné zájmové území – jednotný extant, stejný detail pro výslednou kategorii
- shodná vstupní prostorová data pro vyjádření „téhož“ jevu v jednotlivých analýzách.

Každý výsledný indikátor, připravený v podobě prostorové datové vrstvy, byl klasifikován pomocí kontinuální klasifikační škály v rozsahu 1- 2 závazné pro všechny 3 komponenty, přičemž hodnota 2 odpovídá maximálnímu působení rizika (je nejméně příznivá), hodnota 1 odpovídá minimálnímu působení rizika (je nejpříznivější).

Vlastní stanovení zranitelnost (S4)

Stanovení zranitelnosti je založeno na matematickém vztahu tří základních komponent ve tvaru: *Zranitelnost = Expozice + Citlivost – Adaptační kapacita*. Adaptační kapacitu je alternativně možno i přičítat, pokud je v indikátorech otočená stupnice působení (míry plnění).

Všechna zajištěná **data** sérií prostorových analýz zpracována do podoby příslušných **indikátorů** (dle matic zranitelnosti) a pro jednotnou geometrii v podobě hexagonu mezinárodní sítě H3 úrovně (levelu) 10. Převod geometrie vstupních dat (segmenty, pixely) byl proveden pomocí prostorově váženého průměru podle plochy výskytu v daném hexagonu. Jeden hexagon o výměře 1,5 ha tak reprezentuje uniformní hodnotu indikátoru pro celou plochu příslušného hexagonu.

Všechny relevantní indikátory, reprezentující ucelenou komponentu pro každé riziko (1 matici), byly prostorovými operacemi vzájemně integrovány a pomocí **geometrického průměru** byla stanovena výsledná hodnota každé **komponenty**. Tímto způsobem, pro každé analyzované riziko (reprezentované 1 finální maticí zranitelnosti), vznikly unikátní detailní datové vrstvy. S

takto připravenými komponentami lze stanovit míru zranitelnosti pro jakékoliv plochu v zájmovém území.

Následně byla podle vzorce 1 spočtena míra *zranitelnosti pro každé riziko* samostatně a vyjádřena v podobě bezešvé prostorové datové sady. To se zopakovalo pro každé analyzované riziko (5x).

Finálním krokem byl výpočet *celkové zranitelnosti krajiny* podle vzorce 2.

$$Z_i = \sqrt{\sum_{r=1}^R (ex_{ir}^2 + ci_{ir}^2 + ao_{ir}^2)} \quad (2)$$

Takto připravená data jsou vypublikována v prostředí veřejně přístupném mapové serveru.

Zjištění stavu a výběr typového opatření (S5)

Pro zjištění stavu zranitelnosti krajiny česko-slovenského pohraničí je třeba spustit připravený mapový portál ze stránek projektu <https://jizkes.upol.cz> odkaz **Mapový portál** (Obr. 2).

Interreg



Spolufinancovaný
Európskou uniou

Slovensko – Česko

[Domů](#) [O projektu](#) [Řešitelský tým](#) [Výsledky](#)



Jednotná identifikace zranitelnosti krajiny a metodologie návrhu adaptačních opatření se zvláštním zřetelem na ekosystémové funkce

projekt číslo: **NFP403201DPH4**
doba realizace: **1. 6. 2024 – 31. 5. 2026**

Přijďte si naživo prohlédnout naši putovní výstavu panelů.

O projektu

Cílem projektu je vytvořit společný mapový portál, určený k hodnocení zranitelnosti krajiny vůči dopadům klimatické změny a obsahující metodický postup pro návrh různých adaptačních opatření.

[Zjistí více ...](#)

Řešitelský tým

Na projektu se v roli řešitelů specialisté v oboru ekologie, krajinářství, geoinformatiky, statistiky či analytické chemie. Dohromady utváříme multioborový pracovní kolektiv, který dokáže problematiku ekosystémů analyzovat z různých pohledů.

[ŘEŠITELSKÝ TÝM](#)

VÝSLEDKY A VÝSTUPY PROJEKTU

Mapový portál

Prohlédněte si datové vrstvy na našem postupně se rozrůstajícím mapovém portálu.

[MAPOVÝ PORTÁL](#)

Statické mapy

Prohlédněte statické mapy znázorňující jednotlivé ukazatele v zájmovém území.

[STATICÉ MAPY](#)

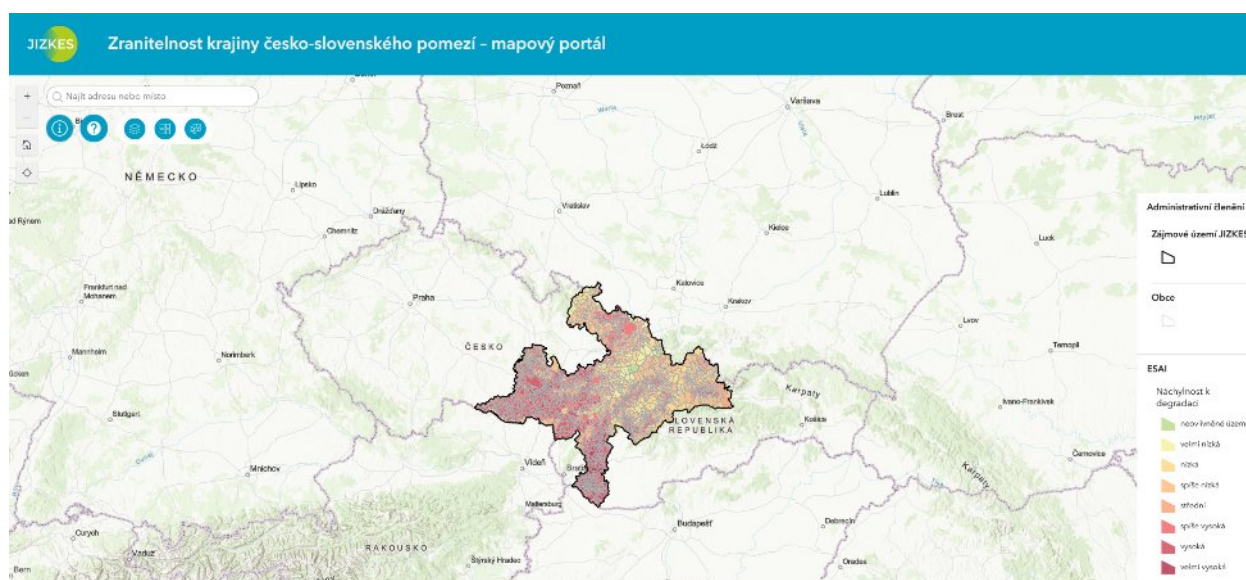
Statistika

Prohlédněte si výsledky rozsáhlého dotazníkového šetření v zájmovém území.

[STATISTIKA](#)

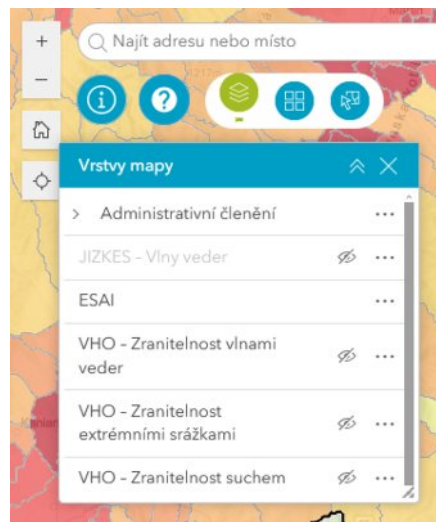
Obr. 2: Rozhraní webové prezentace projektu s veřejně dostupným odkazem pro spuštění mapového portálu.

Tento mapový portál obsahuje v intuitivním grafickém uživatelském rozhraní výsledné analýzy zranitelnosti celého zájmového území podle JIZKES metodiky (Obr. 3) stejně jako analyzovaných „národních“ metodik ESAI pro ČR a VHKO pro Slovensko. V rámci této aplikace je možno si interaktivně najít vlastní zájmové území - prostým pohybem v mapě (posun + zoom) či zadáním názvu libovolné administrativní jednotky (včetně adresy) do vyhledávacího pole umístěného v levém horním rohu. Ve výchozím nastavení aplikace je viditelná jedna vrstva zranitelnosti s definovaným stupněm průhlednosti nad topografickým podkladem.



Obr. 3: Úvodní stránka mapového portálu.

Aplikace má měřítkové omezení, tzn. data jsou viditelná až od určitého měřítka přiblížení. To indikuje barva názvu vrstvy v *Seznamu vrstev* – dokud je název šedý, je mapa příliš oddálená (Obr. 4). Až se změní v černou barvu je zobrazitelná.



Obr. 4: Panel nástrojů s aktivním nástrojem *Vrstvy mapy* (pro výběr právě zobrazované mapy) a indikací dosaženého měřítkového omezení.

Informace se získávají kliknutím do mapy pro vrstvy, které jsou právě vizualizované, tzn. čtvereček před názvem vrstvy je zaškrtnutý. Kliknutím do mapy se vybere konkrétní hexagon/obec (může jich být i více). Právě vybraný segment indikuje modrý okraj segmentu (Obr. 5) a pro něj jsou platné zobrazené tematické informace ve vyskakovacích oknech.



Obr. 5: Indikace vybraného segmentu modrým okrajem.

Aplikace umožňuje také vybírat prvky z viditelných vrstev pomocí nástroje **Výběr (Select)**. Po otevření okna je nejprve potřeba zvolit vrstvu nebo vrstvy, ze kterých má výběr probíhat, a to zaškrtnutím v seznamu **Vrstvy mapy (Layers)**. Poté lze pomocí nástroje pro výběr označovat prvky přímo v mapě. Vybrané prvky se zobrazí v seznamu a jejich počet je uveden u příslušné vrstvy. Tlačítko **Vymazat vše (Clear all)** odstraní celý aktuální výběr. Výběr slouží k dalším operacím nad prvky, například k přiblížení, zobrazení v mapě, otevření vyskakovacího okna nebo exportu.

U každé vrstvy s vybranými prvky je možné otevřít nabídku dalších možností a použít nástroj **Export (Export)**. Exportovat lze pouze prvky, které byly předtím vybrány, a to do formátů **Shapefile, GeoJSON, File Geodatabase (FGDB) a KLM**. Funkce **Export (Export)** slouží k uložení vybraných prvků pro další zpracování mimo aplikaci. Před exportem je proto potřeba nejprve správně nastavit vrstvu, provést výběr požadovaných objektů a následně spustit export z nabídky u dané vrstvy.

* * * * *

V této studii je hodnoceno 5 rizik. Získaná sada pěti zranitelností je *rankována*, tj. systematicky seřazena a ohodnocena od nejvyšších k nejnižším hodnotám zranitelnosti. Tyto výsledné ranky stanovují komplexní míru zranitelnosti každého hexagonu.

Výsledný rank slouží k **určení priority** zavedení opatření a jednotlivé **hodnoty zranitelnosti**, případně hodnoty jednotlivých **komponent** k **identifikaci příčiny** a její závažnosti. Čím vyšší hodnota ranku - tím vyšší priorita k zavedení adaptačního opatření.

Nejvíce zranitelná jsou území, kde se projevuje souběh více negativních faktorů (např. suché klima ve spojení se silným antropickým tlakem, intenzivním využitím půdy a výsušnou půdou).

Uživatel může pracovat se 2 základními scénáři použití.

Klikem do vrstvy **Celková zranitelnost** získá uživatel celkovou informaci o zranitelnosti krajiny v daném místě (hexagonu).

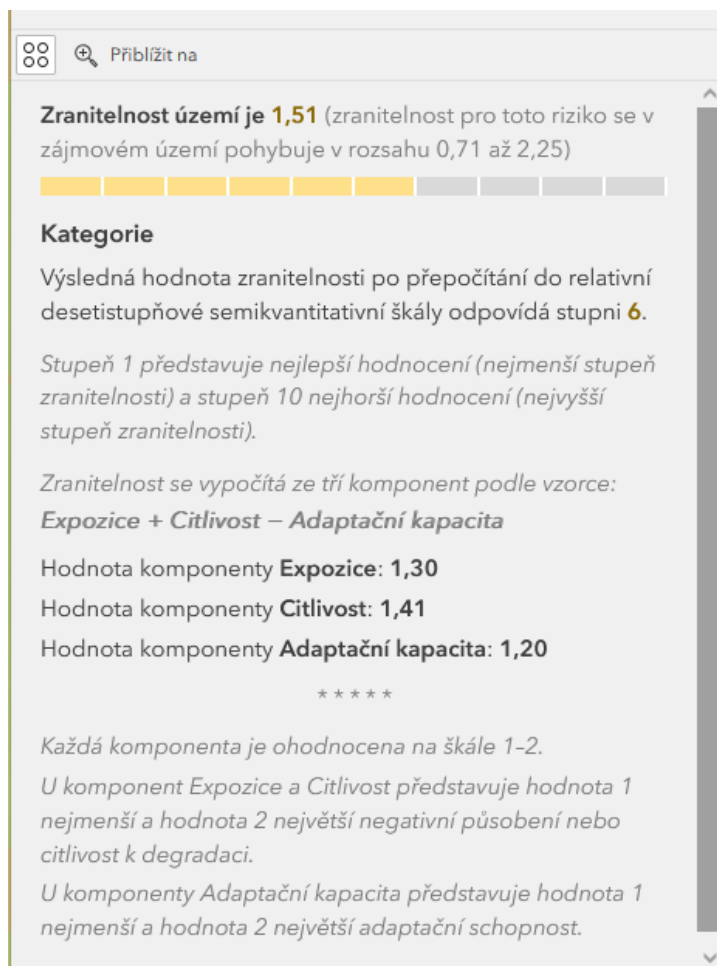
Tento přístup umožňuje provést **prioritizaci území**. Pohledem do mapy (stejně jako aplikací nástroje *Filtr*), na základě aplikované barevné stupnice, je možno získat informaci jak je na tom dotčený hexagon v porovnání se zbytkem území, kde je situace nejlepší / nejhorší. Do kterých míst je vhodné primárně zacílit svou pozornost. Použitá barevná stupnice vychází z tzv.

semaforového přístupu, kdy zelené odstíny reprezentují pozitivní stav, červené odstíny špatný stav.

Kliknutím do mapy (hexagonu) pak uživatel zjistí míru příspěvku každého rizika a jeho komponent na celkový stav zranitelnosti. Pro přehlednost je tato informace vyjádřena formou grafu.

Klikem do vrstvy **dílčí zranitelnosti** uživatel získá informace o typu a kvantifikaci příslušné zranitelnosti (Obr. 6).

V informačním okně získává kvantifikované hodnoty zranitelnosti a jejich komponent s poměrně přímo interpretací - čím vyšší hodnota zranitelnosti, tím vyšší priorita k zavedení adaptačního opatření.



Obr. 6: Informační okno s hodnotami pro 1 riziko zranitelnosti

Pomocí těchto informací uživatel zjistí:

- „jak moc“ je daný hexagon zranitelný, jak je na to v porovnání se svým okolím (zájmovým územím),
- která analyzovaná rizika mají významný podíl na celkové hodnotě - zda je třeba řešit 1 typové nebo integrované opatření,
- které komponenty zranitelnosti jsou „zodpovědné“ za aktuální míru zranitelnosti a jaké typové opatření je třeba navrhnout, aby byla jejich aplikace účinná a efektivní.
 - a) *snížení expozice* (tam, kde je to možné) – např. formou ochrany, regulací rozvoje...
 - b) *snížení citlivosti* krajiny/biotopů - pokud je to možné vzhledem ke krajinnému pokryvu – např. změna druhového složení porostů...
 - c) na *zvýšení adaptační/regulační kapacity* - podpora druhové diversity, konektivity – např. prvky ÚSES...

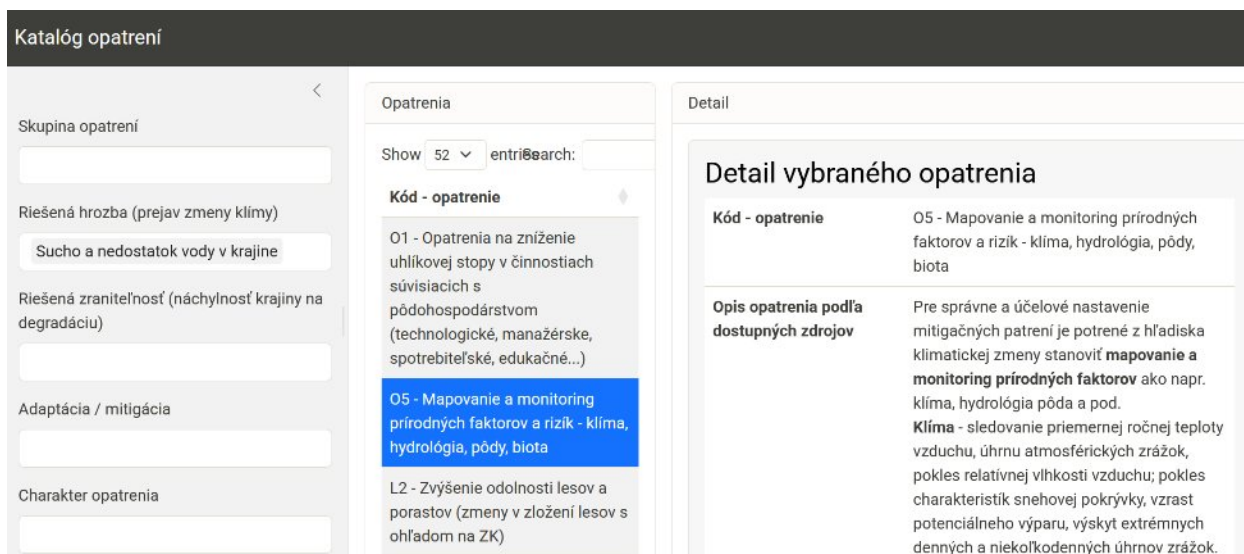
Analýzou území per hexagon lze navrhnout prostorově cílená opatření, které reflektují lokální podmínky v krajině.

Tato úroveň sdílení informace dovoluje uživateli, aby se (v případně opodstatněné situaci) soustředil pouze na několik vybraných rizik, případně aby využil všechny hodnoty zranitelnosti a obohatil je při svém rozhodování o uživatelské váhy.

* * * * *

Pro inspiraci a výběr vhodného typového opatření dle uvedených kritérií lze využít doprovodnou webovou aplikaci *Katalog opatření*. Ten lze (souběžně) spustit rovněž ze stránek projektu <https://jizkes.upol.cz> odkaz **Katalog opatření**.

Pomocí formulářového okna (Obr. 7) v levé části aplikace je třeba zadat podmínky výběru (včetně typu rizika, problémové komponenty, ...) a potvrdit dotaz. Aplikace prohledá interní databázi opatření a vypíše typově vhodné opatření (prostřední část okna) včetně detailní charakteristiky (pravá část okna).



Obr. 7: Uživatelské rozhraní aplikácie *Katalog opatření*.

4. Závěr

Hlavním výstupem představeného řešení je aktuální analýza česko-slovenského pohraničí (v rozsahu celých příhraničních krajů) z pohledu zranitelnosti krajiny a naléhavosti provedení adaptačních opatření v krajině. Hlavním přínosem je realizace uvedeného přístupu k jednomu konzistentnímu časovému období, ze stejných dat, jednotnou metodikou, na stejném detailu a pro kompletní území celého státu.

Skutečnost, že komponenty zranitelnosti byly připraveny v podobě prostorového datasetu, umožňuje provést velmi snadno a rychle hodnocení zranitelnosti a následné rankování pro jakoukoliv prostorovou jednotku.

Identifikací území a stupně naléhavosti však využití těchto dat nekončí. Na základě rozboru veřejně dostupných hodnot jednotlivých komponent pro jednotlivá rizika, lze relativně snadno identifikovat riziko mající největší vliv na celkovou zranitelnost, stejně jako informaci, která komponenta je kritickou a podle ní vybrat vhodné typové adaptační opatření. Výstupy jsou dostupné na adrese <https://jizkes.upol.cz/> a je podporováno jejich široké využívání v plánování a tvorbě česko-slovenské krajiny.

Použitá literatura

- Bazzoffi, P., 2009. Soil erosion tolerance and water runoff control: minimum environmental standards. *Regional Environmental Change*, 9(3), pp.169–179.
- Birkmann, J., Cardona, O.D., Carreño, M.L., Barbat, A.H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P. and Welle, T., 2013. Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural Hazards*, 67(2), pp.193–211. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>
- Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J. *et al.*, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, pp.253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. and Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7(3), pp.260–272.
- De Groot, R.S., 1992. *Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Chytrý, M., Hájek, M., Kočí, M., Pešout, P., Roleček, J., Sádlo, J. *et al.*, 2020. Červený seznam biotopů České republiky: Red list of habitats of the Czech Republic. *Příroda*, pp.1–172.
- Kerns, B.K., Kim, J.B., Kline, J.D., Morzillo, A.T., Spies, T.A. and White, E.M., 2016. US exposure to multiple landscape stressors and climate change. *Regional Environmental Change*, 16, pp.2129–2140. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-0934-2>
- Kremen, C., 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, 8(5), pp.468–479.
- Leal Filho, W., Barbir, J. and Preziosi, R., 2019. *Handbook of climate change and biodiversity*. Cham: Springer.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J. *et al.*, 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4), pp.698–709.
- Lyons, K.G., Brigham, C.A., Traut, B.H. and Schwartz, M.W., 2005. Rare species and ecosystem functioning. *Conservation Biology*, 19(4), pp.1019–1024.

- Mattson, W.J. and Haack, R.A., 1987. The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *BioScience*, 37(2), pp.110–118.
- Metzger, M.J., Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R. and Schröter, D., 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(1), pp.69–85.
- Metzger, M.J., Schröter, D., Leemans, R. and Cramer, W., 2008. A spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of ecosystem service change in Europe. *Regional Environmental Change*, 8(3), pp.91–107.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. *Ecosystems and human well-being: general synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Moritz, M.A., Parisien, M.A., Batllori, E., Krawchuk, M.A., Van Dorn, J., Ganz, D.J. and Hayhoe, K., 2012. Climate change and disruptions to global fire activity. *Ecosphere*, 3(6), pp.1–22.
- Parmesan, C., Root, T.L. and Willig, M.R., 2000. Impacts of extreme weather and climate on terrestrial biota. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(3), pp.443–450.
- Pressey, R.L. and Taffs, K.H., 2001. Scheduling conservation action in production landscapes: priority areas in western New South Wales defined by irreplaceability and vulnerability to vegetation loss. *Biological Conservation*, 100(3), pp.355–376.
- Rodrigues, A.S.L., Akçakaya, H.R., Andelman, S.J., Bakarr, M.I., Boitani, L., Brooks, T.M. *et al.*, 2004. Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. *BioScience*, 54(12), pp.1092–1100.
- Rounsevell, M.D.A., Dawson, T.P. and Harrison, P.A., 2010. A conceptual framework to assess the effects of environmental change on ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 19(10), pp.2823–2842.
- Rüdisser, J., Tasser, E. and Tappeiner, U., 2012. Distance to nature—A new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. *Ecological Indicators*, 15(1), pp.208–216. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.027>
- Scholes, R.J., 2016. Climate change and ecosystem services. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7(4), pp.537–550.
- Seják, J., Pokorný, J. and Seeley, J., 2018. Achieving sustainable valuations of biotopes and ecosystem services. *Sustainability*, 10(11), p.4251. <https://doi.org/10.3390/su10114251>

Sejál, J., Cudlín, P., Petříček, V., Prokopová, M., Cudlín, O., Holcová, D., Kaprová, K., Melichar, J., Škarková, P., Žáková, K. and Birklen, P., 2018. *Metodika hodnocení biotopů AOPK ČR (6. verze)* [Habitat valuation methodology NCA CR, 6th version]. Prague: AOPK ČR.

Thiault, L., Marshall, P., Gelcich, S., Collin, A., Chlous, F. and Claudet, J., 2018. Mapping social–ecological vulnerability to inform local decision making. *Conservation Biology*, 32(2), pp.447–456. <https://doi.org/10.1111/cobi.12989>

Tirri, R., Lehtonen, J., Lemmetyinen, R., Pihakaski, S. and Portin, P., 1998. *Elsevier's dictionary of biology*. Amsterdam: Elsevier.