

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

**TESTOVÁNÍ INTEGRACE MODELŮ CZ-GLOBIO
A MARXAN V CHKO BESKYDY**

Bakalářská práce

Michal PLÁNKA

Vedoucí práce doc. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.

Olomouc 2021

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá aplikací a následným testováním možných forem integrace modelů Marxan a CZ-GLOBIO na území Chráněné krajinné oblasti Beskydy. Marxan slouží k návrhu dosud nechráněného území k ochraně. Primárním cílem modelu CZ-GLOBIO je zhodnotit stav degradace biodiverzity a indikovat místa, jež je třeba z tohoto důvodu chránit. Práce se věnuje naplnění modelů shodnými výchozími, dostatečně detailními, daty, aplikací obou modelů a také pilotním testováním tří úrovní integrace mezi oběma modely.

Výsledky z jednotlivých integračních úrovní jsou srovnávány s výsledky z originálního přístupu. Hlavním předmětem této práce je tedy nalezení způsobu integrace mezi uvedenými modely ověřené výpočty nad aktuálními daty pro zájmové území. Doplňujícím výstupem praktické části je automatizace výpočtů jednotlivých driverů modelu CZ-GLOBIO, vytvořená prostřednictvím nástroje ModelBuilder v programu ArcGIS Pro.

KLÍČOVÁ SLOVA

Marxan; CZ-GLOBIO; MSA; biodiverzita; integrace

Počet stran práce: 50

Počet příloh: 62

ANNOTATION

This bachelor's thesis deals with application and testing of the degrees of integration of models for biodiversity assessment – the Marxan and the CZ-GLOBIO – in Beskydy Protected Landscape Area. Marxan is used to design unprotected areas for protect. The primary goal of GLOBIO is to assess the state of biodiversity degradation and indicate places that need to be protected for this reason. Furthermore, the thesis deals with the filling of models with identical default sufficiently detailed input datasets, application of both models and pilot testing of three levels of integration between the models.

The results of individual integration levels are compared with results of original access. The main subject of this bachelor's thesis is find way of integration between models verified by calculations with the current datasets. A complementary product of the practical part is automation of calculations of individual drivers of the CZ-GLOBIO model, created by means of the ModelBuilder tool in the ArcGIS Pro software.

KEYWORDS

Marxan; CZ-GLOBIO; MSA; biodiversity; integration

Number of pages: 50

Number of appendixes: 62

Prohlašuji, že

- bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk bakalářské práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé bakalářské práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé bakalářské práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě odemne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne

Michal PLÁNKA

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce doc. RNDr. Vilému Pechancovi, Ph.D. za odborné vedení, podněty, připomínky, a především za cenné rady při tvorbě bakalářské práce.

Poděkování patří také mým rodičům, celé rodině, přítelkyni a přátelům za jejich neustálou důvěru a podporu po dobu celého studia.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michal PLÁNKA**
Osobní číslo: **R18250**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a geografie**
Téma práce: **TESTOVÁNÍ INTEGRACE MODELŮ CZ-GLOBIO A MARXAN V CHKO BESKYDY.**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je aplikace a následné testování míry integrace dvou modelů pro hodnocení stavu biodiverzity CZ-GLOBIO a Marxan. Testování bude provedeno na území CHKO Beskydy. V první fázi bude student aplikovat oba modely hodnotící stav biodiverzity samostatně. Následně provedete testování možné integraci. Možný stupeň integrace bude testována ve třech úrovních: 1.) bude testována souběžná aplikace modelů v jednotném GIS rozhraní, 2.) bude testována možná míra sesouladění vstupních dat (zdroj, způsob generování, ...) při zachování aplikační logiky modelů, 3.) budou navrženy a testovány min. 3 různé postupy práce, při kterém budou modely vzájemně využívat své dílčí výstupy ke kalibraci a rozšíření vstupních informací. Výsledky z jednotlivých integračních úrovní budou srovnávány s výsledky z originálního přístupu. Hlavním cílem práce bude nalezení míry možné integrace mezi uvedenými modely ověřený výpočtem nad aktuálními daty.

Celou práci, tj. text včetně všech příloh, posteru, výstupů, zdrojových i vytvořených dat, map, programových kódů a databází, student odevzdá v digitální podobě na paměťovém nosiči připevněném k deskám práce s popisem (jméno, název práce, Katedra geoinformatiky UP, rok). Text práce s přílohami odevzdá ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry ve stanoveném termínu. O práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle obecných zásad (Voženilek, 2002) a závazné šablony pro kvalifikační práce na KGI. Povinnou přílohou práce je poster formátu A2.

Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- Alkemade, R. et al. (2009): GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss. *Ecosystems*, 12, č. 3, s. 374-390.
- Ardron, J.A.; Possingham, H.P.; Klein, C.J. (Eds.) Marxan Good Practices Handbook; Pacific Marine Analysis and Research Association: Victoria, BC, Canada, 2010.
- Ball, R.I.; Possingham, H.P.; Watts, M.E. Marxan and Relatives: Software for spatial conservation prioritization. In *Spatial Conservation Prioritization. Quantitative Methods and Computational Tools*; Moilanen, A., Wilson, K.A., Possingham, H.P., Eds.; Oxford University Press: Oxford, UK, 2009; pp. 185-195.
- Cudlín, P., Pechanec, V., Štěrbová, L., Cudlín, O., Purkyt, J. Integrated approach to the mitigation of biodiversity lost in Central Europe. In *Westra, L., Bosselmann, K., Zabranó V. (eds). Ecological integrity and Land use. Sovereignty, Governance, Displacements and Land Grabs*. New York, Nova Science Publishers, 2019, pp. 75-86.

Cudlín O., Pechanec V., Purkyt J., Chobot K., Salvati L., Cudlín P. (2020) Are valuable and representative natural habitats sufficiently protected? Application of Marxan model in the Czech Republic. Sustainability 12: 1-15. <https://doi.org/10.3390/su12010402>

Pechanec, V. et al. Valuation the degree of biodiversity threat to maintain the ecological stability of the landscape: Application of GLOBIO3 model in the Czech Republic. Sustainability, msc.

Van Rooij, 2008: Manual for biodiversity modelling on a national scale. Using GLOBIO3 and CLUE methodology to calculate current and future status of biodiversity Case study area: Zambia. 25 p.

Verboom J., Alkemade R., Klijn J., Metzger M.J. and Reijnen R. (2006) Combining biodiversity modeling with political and economic development scenarios for 25 EU countries. Ecological Economics (in press).


Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.**
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: **6. května 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **6. května 2021**

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan



prof. RNDr. Vít Voženilek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 7. září 2020

OBSAH

CÍLE PRÁCE	10
1 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	11
1.1 Chráněná krajinná oblast Beskydy.....	11
1.2 Použité programy	13
1.3 Použitá data.....	14
1.4 Použité metody	16
1.5 Postup zpracování.....	18
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	20
2.1 Marxan	20
2.1.1 Historie	20
2.1.2 Princip modelu Marxan	21
2.1.3 Aplikace modelu Marxan v praxi.....	25
2.2 GLOBIO	27
2.2.1 Historie	27
2.2.2 Princip modelu GLOBIO	28
2.2.3 Aplikace modelu GLOBIO v praxi	33
3 VLASTNÍ ŘEŠENÍ	34
3.1 Marxan	34
3.1.1 Příprava vstupních dat	34
3.2 CZ-GLOBIO	42
3.2.1 Driver MSA_{lu}	42
3.2.2 Driver MSA_f	43
3.2.3 Driver MSA_i	44
3.2.4 Driver MSA_n	45
3.2.5 Driver MSA_{tot}	45
3.3 Testování míry integrace	46
3.3.1 Datová integrace	46
3.3.2 Technická integrace	46
3.3.3 Znalostní integrace.....	46
4 VÝSLEDKY.....	48
4.1 Výsledky aplikace modelu Marxan	48
4.2 Výsledky aplikace modelu CZ-GLOBIO.....	52
4.3 Nástroj výpočtu hodnot MSA	53
4.4 Výsledky integrace modelů.....	55
5 DISKUZE	56
6 ZÁVĚR.....	58

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
AOPK ČR	Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
BLM	Boundary Length Modifier
BVM	Biotope Valuation Method
CF(s)	Conservation feature(s)
CL	Critical load
CLUZ	Conservation Land-Use Zoning software
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DCW	Digital Chart of the World
DKV	Detailní kombinovaná vrstva
Esri	Environmental System Research Institute
GDB	Geodatabase
GIS	Geografický informační systém
GIT	Geografické informační technologie
GLOBIO	Global Biodiversity Model
GLC 2000	Global Land Cover 2000
CHKO	Chráněná krajinná oblast
ID	Identity Document
IMAGE	Integrated Model to Assess Global Environment
MSA	Mean Species Abundance
MZCHU	Maloplošná zvláště chráněná území
NCI	Natural Capital Index
OSM	Open Street Map
PU(s)	Planning unit(s)
RÚIÁN	Registr územní identifikace, adres a nemovitostí
SHP	Shapefile
S-JTSK	System jednotné trigonometrické sítě katastrální
SPF	Species Penalty Factor
VMB	Vrstva mapování biotopů
VMI	Vegetation Monitoring Instrument
WMS	Web Map Service
ZABAGED	Základní báze geografických dat
ZÚ	Zeměměřický úřad

ÚVOD

Biologickou rozmanitostí (dále jen biodiverzitou) se rozumí různorodost všech forem života na naší planetě. Zahrnuje rostlinné a živočišné druhy, mikroorganismy a jejich druhové informace. Biodiverzita má tedy výrazný vliv na fungování složitých ekosystémů, které vytvářejí životní prostředí, proto je třeba ji chránit a udržovat či obnovovat ekosystémy.

Důležitým dokumentem k ochraně biodiverzity se považuje tzv. Úmluva o biologické rozmanitosti (Convention on Biological Diversity), která v roce 1993 vstoupila v platnost. V téže roce vstoupila v platnost i v České republice a byla vyhlášena ve Sbírce zákonů (sdělení č. 134/1999 Sb.). Úmluva o biologické rozmanitosti se řadí k nejvýznamnějším mezinárodním úmluvám v oblasti životního prostředí. Jejimi cíli jsou zajistit ochranu biologické rozmanitosti, podpořit udržitelné využívání složek biologické rozmanitosti a spravedlivě a rovnocenně rozdělovat přínosy plynoucí z využívání genetických zdrojů organismů. Snahou úmluvy je v podstatě zlepšení národních strategií ochrany a trvale udržitelného využití biodiverzity (AOPK ČR, 2021).

Existuje mnoho různých organizací snažících se globálně omezit intenzitu a negativní dopady antropogenního vlivu na přírodu. Přesto v posledních několika desetiletích intenzita antropogenního vlivu roste, a tím způsobuje signifikantní a nežádoucí změny v biodiverzitě a ekosystémech po celém světě.

Přetrvávající změny lze do jisté míry registrovat, kvantifikovat a posuzovat, a to prostřednictvím geoinformačních technologií (GIT) a modelů určených pro simulaci a predikci procesů či jevů v rámci potenciální ztráty biodiverzity nebo výběru dosud nechráněného ekologicky cenného území k ochraně. Vyvíjené modely pro kvantitativní posuzování vlivu na životní prostředí si kladou za cíl přehledně informovat pověřené osoby, zejména státníky (Pechanec, 2016), a tak efektivně podporovat politická rozhodnutí v oblasti globálních dopadů člověka na biodiverzitu, aby byl zachován obecně udržitelný rozvoj na Zemi. S tím souvisí práce s prostorovými (geografickými) daty v prostředí geografických informačních systémů (GIS). V současné době význam GIS roste a s ním i počet uživatelů. GIS nabízí celou řadu rozsáhlých prostorových analytických nástrojů a možností, jež lze využít k orientaci a nalezení souvislostí mezi individuálními prostorovými jevy či objekty, a tak jim lépe porozumět. GIS nabízí efektivní, rychlé a kvalitní zpracování geografických dat z mnoha různých datových zdrojů a dokáže je analyticky vyhodnotit. Uplatnění nalézají jak ve veřejné správě, tak v soukromé sféře, např. při ochraně ekologicky cenných území, obnovení narušené krajiny či simulace počasí v meteorologii (ARCDATA PRAHA, 2021).

Pro fungování ekosystému je biodiverzita klíčovým aspektem. Její stav je explicitně reflektován ve schopnosti a kvalitě dosahování jednotlivých ekosystémových funkcí, stejně jako ve vnitřních mechanismech (ekologické) stability a autoregulace. Biodiverzita disponuje příliš velkou komplexností, tudíž nelze její roli vyjádřit jedním ukazatelem (metodou či hodnotou modelu). K tomu je tedy nutno použít integrovaný přístup.

Integrací modelů se rozumí sjednocení modelů a možnost je použít souběžně, v jednom prostředí GIS, ze stejných datových sad, se stejnou odpovídající znalostí či výpočtem několika hodnot pro hodnocení vlivu několika faktorů na biodiverzitu a míru plnění ekosystémových funkcí a služeb. Integrace v takovém případě napomáhá k nalezení přesnějších výsledků řešení problémů spjatých s ochranářským plánováním.

CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je aplikace a následné testování míry integrace dvou modelů pro hodnocení stavu biodiverzity CZ-GLOBIO a Marxan. Testování míry integrace je realizováno na území CHKO Beskydy a lze jej provádět ve třech fázích. V první fázi jsou aplikovány oba modely hodnotící stav biodiverzity samostatně. V následující fázi je provedeno testování možné integrace, a to ve třech úrovních:

- 1.) testování souběžné aplikace modelů v jednotném GIS rozhraní
- 2.) testování možné míry a souladu vstupních dat (zdroj, způsob generování aj.) při zachování aplikační logiky modelů
- 3.) navržení a testování minimálně třech různých pracovních postupů, při kterých modely vzájemně využívají své dílčí výstupy ke kalibraci a rozšíření vstupních informací.

Výsledky z jednotlivých integračních úrovní jsou srovnány s výsledky z originálního přístupu. Hlavním cílem práce je nalezení míry možné integrace mezi uvedenými modely ověřené výpočty nad aktuálními zdrojovými daty.

1 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

1.1 Chráněná krajinná oblast Beskydy

Chráněná krajinná oblast (CHKO) Beskydy se rozkládá v členité hornatině Vnějších Západních Karpat a zaujímá téměř celé území Moravskoslezských Beskyd, podstatnou část Vsetínských vrchů a moravskou část Javorníků, tvořící hranici se Slovenskem. Byla oficiálně vyhlášena 5. března v roce 1973. Má rozlohu 1 160 km², a proto se jedná o největší chráněnou krajinnou oblast v Česku. Důvodem vyhlášení CHKO Beskydy jsou její výjimečné přírodní hodnoty, zejména zbytky původních pralesovitých lesů s výskytem vzácných karpatských živočichů a rostlin. Pozoruhodné jsou také druhově pestré louky a pastviny, unikátní povrchové i podzemní pseudokrasové jevy. Beskydská krajina má dosud mimořádnou estetickou hodnotu, která vznikla historickým soužitím člověka s horami. Význam chráněné krajinné oblasti je podtržen vyhlášením 59 maloplošných zvláště chráněných území. V rámci budování evropské soustavy chráněných území Natura 2000 byla celá CHKO navržena jako Evropsky významná lokalita a v roce 2005 zde byly zřízeny hned 2 ptačí oblasti – Beskydy a Horní Vsacko (AOPK ČR, 2021).

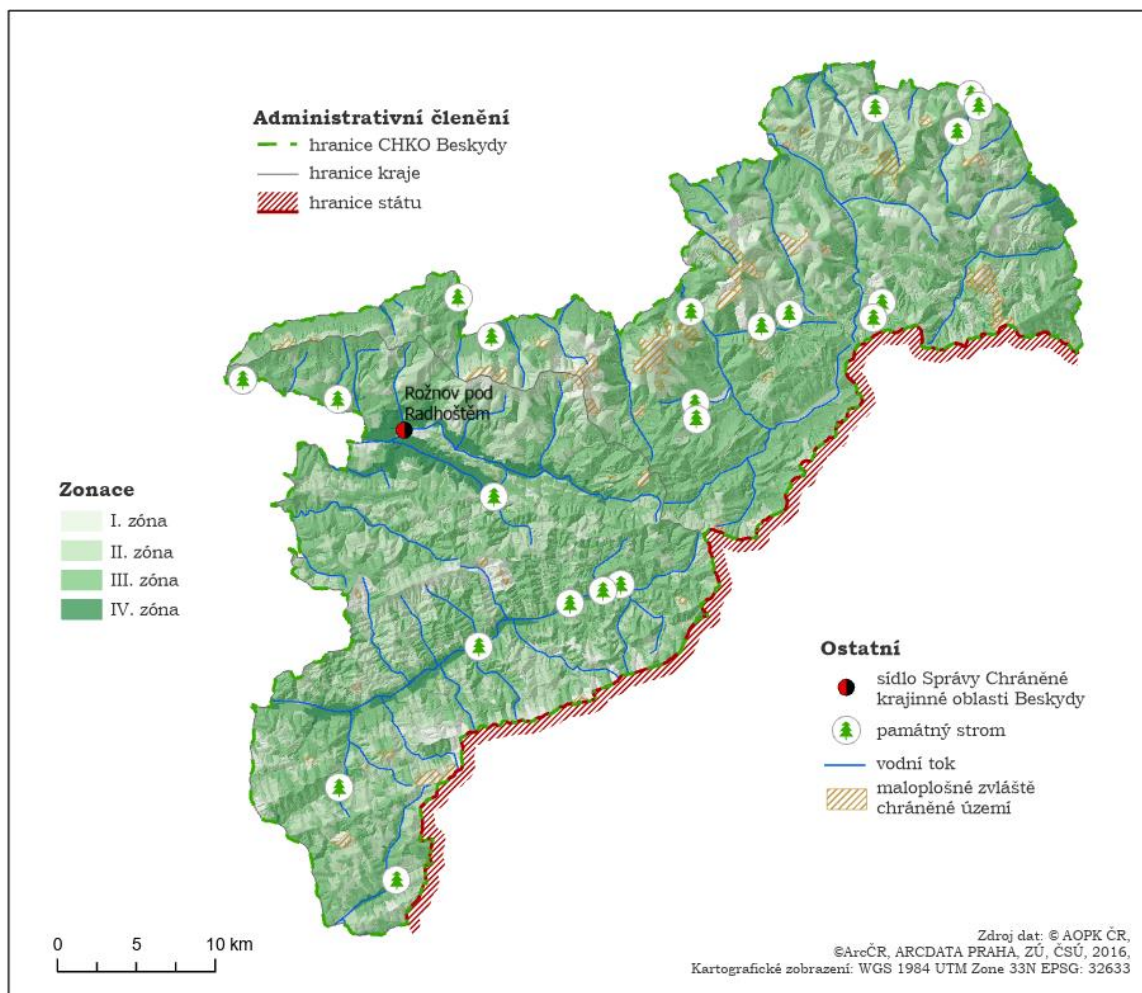
Území CHKO Beskydy je součástí Vnějších Západních Karpat, jež se na území ČR dělí na: Moravskoslezské Beskydy, Hostýnsko-Vsetínskou hornatinu, Javorníky, Rožnovskou brázdou, Jablunkovskou brázdou a Podbeskydskou pahorkatinu. Nejvýše je vrchol Lysé hory (1324 m n. m.), oproti tomu nejnižší bod odpovídá hladině Rožnovské Bečvy u Zubří (350 m n. m.). Maximální výškový rozdíl je tedy přes 978 m (AOPK ČR, 2021).

Přibližně středem území CHKO se táhne ve směru východ – západ hlavní evropské rozvodí. Toky severně od linie Veřovické vrchy - Radhošť - Čertův Mlýn - Martiňák - Bumbálka - Velký Polom - Jablůnkovský průsmyk náleží do povodí řeky Odry a tedy úmoří Baltského moře a toky jižně od uvedené linie patří do povodí Dunaje a úmoří Černého moře. V Beskydech se nachází několik vodních nádrží. Menší (Horní Bečva a Bystrička) byly primárně vybudovány jako retenční nádrže, dnes jsou využívány jako rekreační plochy. Větší nádrže (Morávka, Šance a Stanovnice) slouží jako zdroj pitné i užitkové vody (AOPK ČR, 2021).

Klimatické poměry Beskyd jsou ovlivněny svou polohou v centrální části Evropy. Dochází zde ke střetu vlivů oceánského a kontinentálního klimatu. Oblast Beskyd náleží dle klimatické klasifikace ČR do kategorie chladných oblastí. Pouze menší oblast v jižní části Valašska patří do kategorie mírně teplých oblastí (AOPK ČR, 2021).

Využití půdy je převážně přírodní a kulturní a je chráněno před činností snižující její estetické a přírodní hodnoty. Lesy (zejména jedlobočiny) pokrývají asi 71 % celého území. Dílčí část zabírají také nelesní stanoviště (louky, pastviny, mokřady). Antropogenní zásahy do krajiny, zejména lokalizace a schválení staveb mohou být implementovány pouze s ohledem na zachování signifikantních prvků krajiny, obzvláště chráněných území a kulturních dominant okolí, jež tvoří harmonii s přírodou (AOPK ČR, 2021).

Území CHKO je klasifikováno do čtyř zón, jež nesou význam odstupňování hodnot kvality krajiny z hlediska veškerých faktorů ochrany přírody. Zóně I. náleží nejstriktnější režim ochrany a nová výstavba zde není ze zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny povolena. Ve II. zóně je stavba povolena pouze výjimečně (místa mnohdy nejsou ani v územním plánu obcí určena k zástavbě). Ve III. a IV. zóně se stavby lokalizují ve shodě s územním plánem obcí za předpokladu, že bude zohledněn tradiční vzhled stavby. Zonace byla schválena Ministerstvem životního prostředí dne 7. 9. 1999. Přísnost kritérií vzhledu a souladu staveb s okolní krajinou závisí na tom, do které zóny dané místo zástavby spadá (AOPK ČR, 2021). Oblast CHKO Beskydy je znázorněna na obrázku 1.



Obr. 1 Oblast CHKO Beskydy v roce 2021 (zdroj: vlastní zpracování)

1.2 Použité programy

Adobe Illustrator CC 2015

Jedná se o proprietární vektorový grafický editor společnosti Adobe Systems. Byl aplikován k editaci a vyhotovení některých grafických výstupů (mapy, web-design, grafy, tabulky a poster).

ArcGIS Pro 2.7.1

Pro tvorbu a práci s daty, tvorbu nástroje ModelBuilder a mapových výstupů posloužil proprietární GIS firmy Esri. V prostředí ArcGIS Pro proběhlo testování souběžného použití obou modelů, dále byl využit ke generování vstupních dat, celého výpočtu CZ-GLOBIO (nástroje: *Buffer*, *Clip*, *Identity*, *Spatial Join*, *Join* či *Calculate Field*) a exportu tabulek. Ve výsledku zde byly uskutečněny tři úrovně integrace.

Marxan v 2.43

Marxan je volně dostupný program pro plánování ochrany. V této práci byl použit k základním výpočtům pro tři scénáře, dále k výpočtu třech modifikací pro jednotlivé scénáře a na závěr k naplnění třetí úrovně integrace.

Microsoft Office 365 – Excel, PowerPoint, Word

Ke zpracování dat, výsledků a sepsání bakalářské práce posloužil kancelářský balík společnosti Microsoft Office, a to zejména produkty Excel, Word a PowerPoint.

QGIS Desktop 3.10.10

Jde o open source GIS, jehož funkčnost rozšiřují zásuvné modely. Byl použit ke generování a přípravě vstupních dat do programu Marxan ve spolupráci se zásuvným modelem **CLUZ v 2020.3.18**. V rozhraní QGIS bylo rovněž provedeno testování souběžného použití modelů.

1.3 Použitá data

Tab. 1 Všechna použitá data (zdroj: vlastní zpracování)

Název	Producent	Objekt	Formát	Aktuálnost	Měřítko	Marxan /GLOBIO	Přístup k datům
OpenStreetMap	Geofabrik	Silnice	SHP	2020	1 : 10 000	G	[1]
OpenStreetMap	Geofabrik	Železnice	SHP	2020	1 : 10 000	G	[1]
Struktura a počet obyvatel pro obce	ČSÚ	Počet obyvatel v obcích	CSV	01.01.2020	–	G	[2]
Detailní kombinovaná vrstva	Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.	Využití půdy na biotopové úrovni	SHP	2019	1 : 10 000	G+M	[3]
Expertní měření dusík. látek	Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.	Spad dusík. látek	GeoTIFF	2018	500 × 500 km	G	[3]
ArcČR 500 v 3.3	ARCDATA PRAHA, s.r.o. ZÚ	Obce	GDB	2016	1 : 500 000 ¹	G	[4]
Prohlížecká služba WMS	ČÚZK	Ortofoto	–	2021	(2 x 2,5 km)	G	[5]
Plánovací jednotky	–	Hexagon. síť o velikosti 1 ha	SHP	2020	1 : 10 000	M	[3]
Velkoplošná zvláště chráněná území	AOPK ČR	Hranice CHKO Beskydy	SHP	2020	1 : 10 000	G+M	[6]
Znalostní databáze pro odvození reakce jednotlivých biotopů na stresové záležitosti	Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.	Hodnoty citlivosti biotopů	CSV	2020	–	G	[3]

[1] <https://download.geofabrik.de/europe/czech-republic.html>

[2] <https://www.czso.cz/csu/czso/databaze-registry>

[3] Od vedoucího práce

[4] <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>

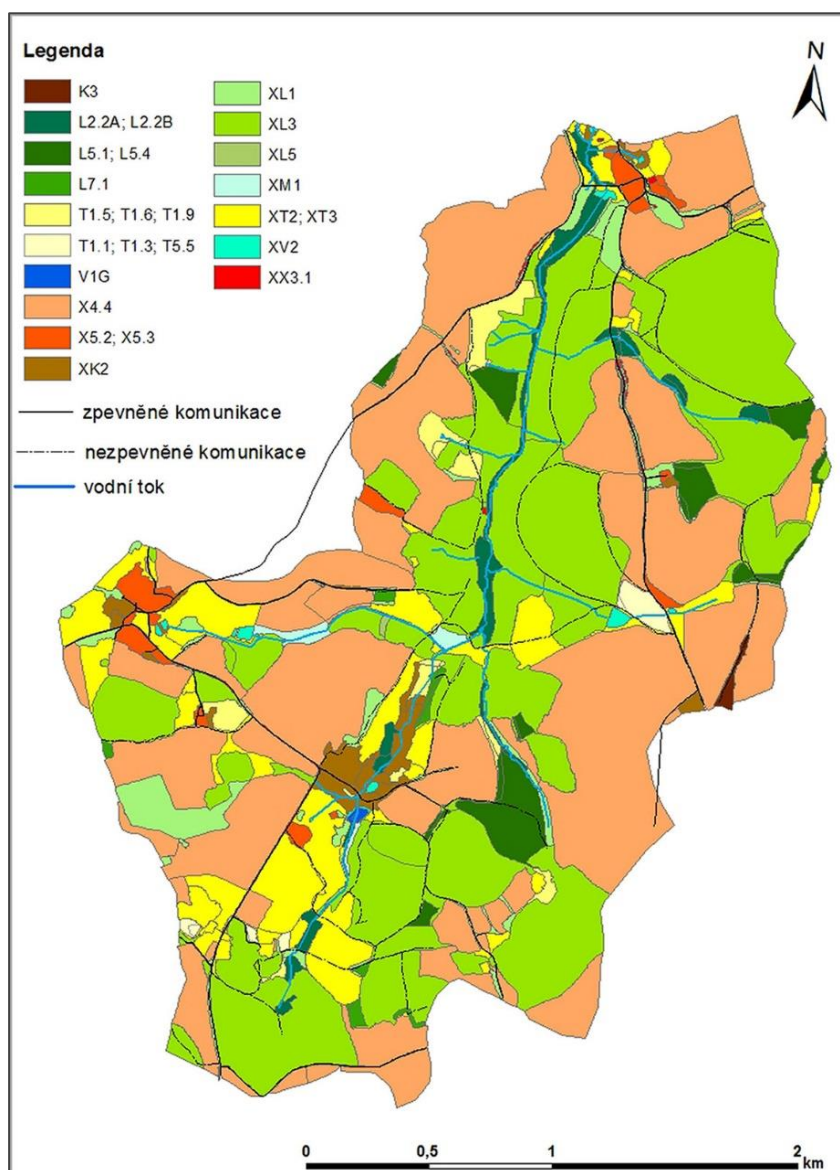
[5] https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx

[6] <https://gis-aopkcr.opendata.arcgis.com/>

¹ Vstupní data z Data200 mají deklarovanou absolutní přesnost do 100 m. Analýzou ArcČR 500 bylo zjištěno, že relativní polohová přesnost vůči poloze v ZABAGED je s 99% pravděpodobností do 150 m. Vzhledem k střední polohové odchylce ZABAGED 5 – 30 m je absolutní polohová odchylka ArcČR 500 v 3.3 odhadována do 200 m.

Vrstva mapování biotopů – VMB

Vrstva mapování biotopů (dále jen VMB) je výsledkem projektu mapování biotopů (v měřítku 1 : 10 000) v České republice, který započal roku 2000, a to za účelem vytvoření expertních datových zdrojů sloužících ke konceptu evropsky významných lokalit (EVL) pro stanoviště v soustavě Natura 2000. V roce 2005 byla dokončena, z čehož vyplývá, že dříve zmíněný cíl je dnes už prakticky naplněn. VMB disponuje s informacemi o stavu a výskytu přírodních biotopů v ČR. Aktualizace dat stále probíhá s dvanáctiletým cyklem (Härtel a kol., 2009). Vrstva je součástí druhé úrovně testování možné míry a soulad vstupních dat (zdroj, způsob generování aj.) při zachování aplikační logiky modelů.



Obr. 2 Typy biotopů v povodí Kopaninského potoka zmapované podle katalogu biotopů ČR a metodiky BVM (zdroj: Ondřej Cudlín, dostupné z: <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/res/archive/054/006684.jpg?seek=1488575205>)

Integrace VMB s konsolidovanou vrstvou ekosystémů Kombinované vrstvy dala vzniku (polygonové) tzv. Detailní kombinované vrstvy (DKV). Vrstva obsahuje data o 152 typech biotopů v celé České republice. Ukázka vrstvy DKV je součástí obrázku 2.

1.4 Použité metody

V této práci je použito několik následujících metod a přístupů. Program Marxan k výpočtům řešení využívá metodu *simulated annealing*. Hodnocení stavu degradace biodiverzity probíhá na základě výpočtů hnacích sil průměrného zastoupení druhů. Byl také použit integrovaný přístup obou modelů a testování míry integrace.

Metoda BVM

Metodu BVM uvedl Josef Seják spolu s řešitelským kolektivem v roce 2003. Metodu lze primárně využít ke kvantifikaci ekologické ztráty způsobené vlivem přeměn přírodní krajiny, revitalizačních akcí i pro makroekonomické odhady vývoje přírodního kapitálu (Seják a kol., 2003). Metoda nevyjadřuje, ale charakterizuje ekosystémové souvislosti fungování krajiny.

Princip metody spočívá v mezidisciplinárních odborných hodnoceních všech různých druhů biotopů, jež se vyskytují na určitém území. První aplikování metody proběhlo v Hesensku, avšak později byla použita i na území ČR.

Vychází z tzv. hesenské metody a reflektuje zvláště aspekty biodiverzity biotopů jako určitých prostředí pro určité druhy rostlinné a živočišné složky. Patří zde aspekty jako jsou např. přirozenost, ohrožení, citlivost či vzácnost typu biotopu. Bodové hodnoty biotopů jsou převedeny na peněžní hodnoty pomocí průměrných národních nákladů potřebných k dosažení přírůstku jednoho bodu, tj. nákladů na udržování a zlepšování biotopů jako specifických prostředí pro zdravé ekosystémy (Seják a kol., 2003). Metoda BVM byla v práci použita k výpočtům hodnot bodové ceny krajiny *Cost* v rámci použití modelu Marxan.

Metoda modelu Marxan

Marxan analýza je primárně založena na metodě zvané *simulated annealing* (Cudlín et al., 2020). Jedná se o stochastický optimalizační algoritmus, jež prohledává definovaný prostor. Je charakteristický svou rychlostí a přesností. Využívá princip objektivní funkce, jež pracuje s dalšími optimalizačními metodami, např. *greedy algorithm*. Výpočty modelem Marxan byly realizovány pro tři základní scénáře s rozdílnými hodnotami vstupních parametrů, dále pak bylo provedeno pokročilé zpracování výpočtů. Pro generování vstupních souborů v QGIS byl použit zásuvný modul CLUZ.

Metoda modelu CZ-GLOBIO

Metoda aplikace modelu CZ-GLOBIO spočívá ve výpočtu dílčích hnacích sil (dále driverů) průměrného zastoupení druhů MSA (Mean Species Abundance). Matematickým vynásobením hodnot dílčích driverů lze získat hodnoty pro výsledný index MSA_{tot} – indikátor stavu narušenosti přírodnosti (Pechanec a kol., 2016).

$$MSA_{tot} = MSA_{lu} \times MSA_f \times MSA_i \times MSA_n \times MSA_{cc} \quad (1)$$

MSA_{tot} – indikátor průměrného zastoupení druhů

MSA_{lu} – driver využití země

MSA_F – driver fragmentace území

MSA_i – driver vývoje infrastruktury

MSA_n – driver ukládání atmosférického dusíku

MSA_{cc} – driver klimatické změny.

Proto bylo nutno zpracovat vstupní data využití země, množství ukládání atmosférického dusíku, míry infrastruktury, míry fragmentace území pro lokalitu CHKO Beskydy v prostředí GIS.

Metody integrace

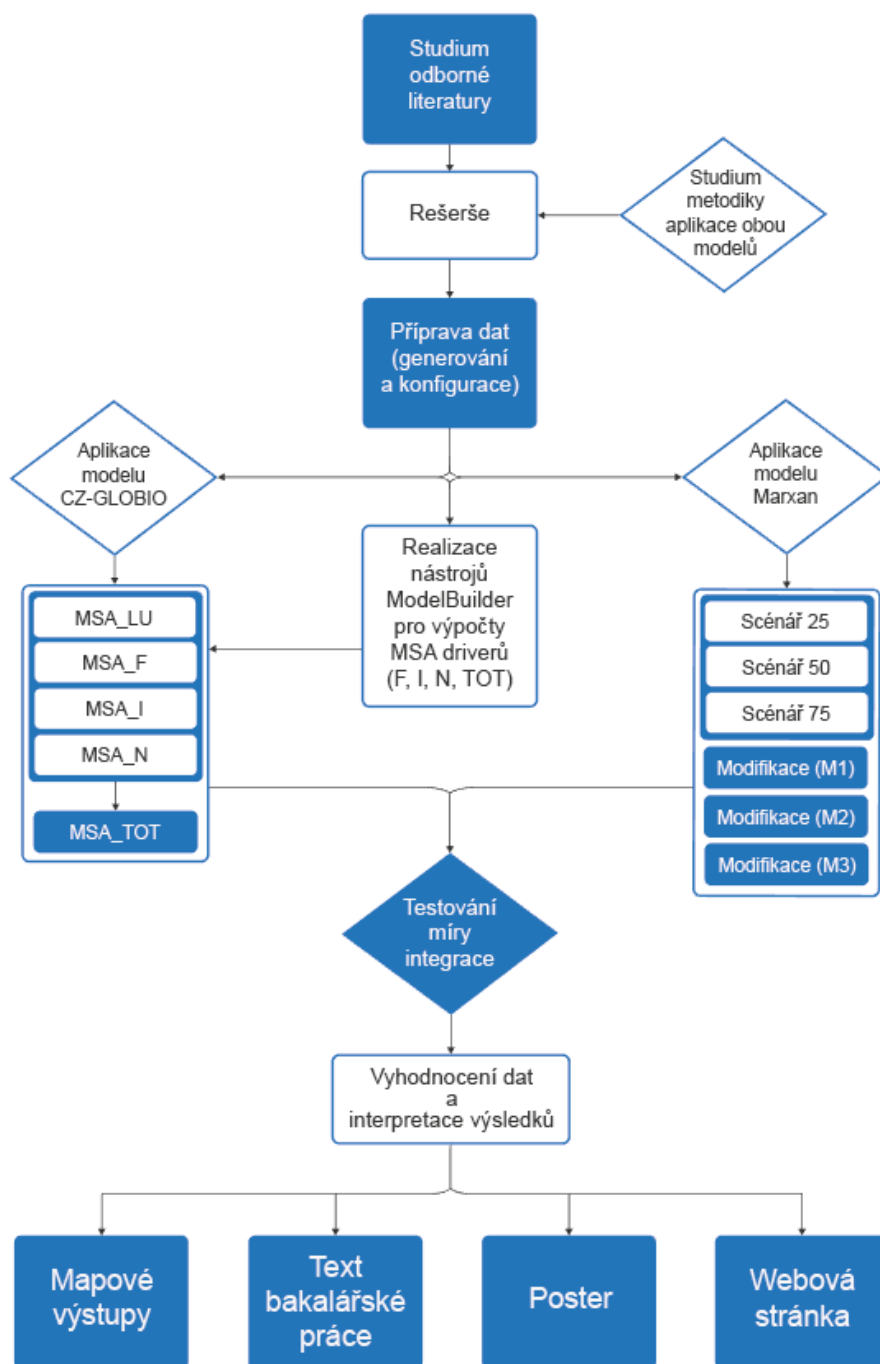
Testování integrace modelů vychází z několika dílčích přístupů. Prvním z nich je testování aplikace obou modelů v jednotném GIS rozhraní (ArcGIS a QGIS). Dále testování možné míry a souladu vstupních dat (výchozí datový zdroj, způsob generování) v obou zmíněných GIS. Závěrečný přístup spočívá v navržení a testování minimálně třech různých pracovních postupů, při kterých modely vzájemně využívají své jednotlivé výstupy ke kalibraci a rozšíření vstupních informací. První postup se týká výpočtů pomocí Marxan analýzy jednotlivých modifikací, vypočtených individuálně pro dané scénáře. Druhý postup spočívá ve výpočtu modifikovaných hodnot v modelu Marxan, kde figurovaly hodnoty MSA_f a MSA_{tot} jako modifikátory hodnot vstupních parametrů. Posledním pracovním postupem je integrace na úrovni interpretace.

1.5 Postup zpracování

Nejprve proběhly práce v modelu Marxan. V prostředí programu QGIS byl použit zásuvný modul CLUZ, do nějž vstoupily vrstvy prostorové distribuce prvků zasluhujících si ochranu tzv. *conservation features* CFs, a vrstva generované sítě pravidelných šestiúhelníkových tvarů tzv. *planning units* (PUs), za účelem vygenerování vstupních dat pro Marxan. Následně došlo k aplikaci modelu Marxan, a to ve třech základních scénářích s rozdílnými definovanými hodnotami parametrů. Výsledkem jsou informace o splnění cílů jednotlivých scénářů.

Poté byla v programu ArcGIS Pro realizována příprava vstupních dat pro výpočet modelu CZ-GLOBIO. Následovaly výpočty hodnot pouze čtyř dílčích driverů v následujícím pořadí – MSA_{lu} , MSA_f , MSA_i , MSA_n vedoucí k finálnímu výpočtu indexu MSA_{tot} . Dále byly použity dostupné funkce nástrojů prostorové analýzy prostřednictvím GIS a s nimi spjaté dílčí postupy vedoucí k finálnímu výpočtu indexu. Byly použity interní prostorové nástroje: *Buffer*, *Clip*, *Identity*, *Spatial Join*, *Join*, *Calculate Field* aj. V průběhu práce byly rovněž v prostředí ArcGIS Pro automatizovány výpočty hodnot vrstev driverů MSA_f , MSA_i , MSA_n a MSA_{tot} pomocí nástroje ModelBuilder, který umožňuje efektivnější a snadnější realizaci výpočtů těchto čtyř vrstev.

Dále bylo cílem testovat míru a způsob integrace mezi oběma modely ve třech úrovních. V rámci první úrovně integrace bylo testováno použití obou modelů v softwarech ArcGIS Pro a QGIS za pomoci extenzí. Druhá úroveň je založena na zpracování výchozí vrstvy Detailní kombinované vrstvy (DKV) v obou zmíněných GIS. Třetí úroveň integrace zahrnuje nalezení třech pracovních postupů, při kterých modely vzájemně využívají své dílčí výstupy ke kalibraci a rozšíření vstupních informací. První postup se týká Marxan analýzy jednotlivých modifikací pro každý scénář. Ve druhém postupu došlo k modifikovaným Marxan výpočtům, kde figurovaly hodnoty MSA_f a MSA_{tot} jako modifikátory hodnot atributu *Cost* v PUs. Posledním pracovním postupem je integrace na úrovni interpretace. Celý postup práce je zjednodušeně uveden na obrázku 3.



Obr. 3 Postup práce (zdroj: vlastní zpracování)

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Marxan

Marxan (Marine Reserve Design using Spatially Explicit Annealing) je program napsaný v programovacím jazyce C. Základní ovládání je pomocí příkazového řádku. Jedná se o jeden z nejrozšířenějších ochrannářských plánovacích nástrojů generující reprezentativní a vědecky obhajitelné návrhy mořských a suchozemských chráněných oblastí (Ball et al., 2009, s. 185, 189). Jeho správné použití vyžaduje technické a ekologické znalosti, kvalitní aktuální data a čas. Základní myšlenkou návrhů je rozdělit studované území do velkého množství potenciálních lokalit (rozdělených do sítě pravidelných tvarů o stejné rozloze, tj. *planning units* – PUs), z nichž lze vybrat nové chráněné oblasti (Watts, 2017). Program se při plánování chráněných lokalit snaží vybrat takovou kombinaci PUs, aby byly ve výsledném řešení zahrnuty uživatelem zadané *conservation features* (CFs) a celkové náklady na vybranou síť PUs byly co nejnižší (Game, Grantham, 2008).

Marxan je v praxi používán ve spolupráci s GIS (např. QGIS) a s nimi spjatými zásuvnými moduly (např. CLUZ či QMarxan), které slouží jako grafické rozhraní pro uživatele, čímž je zprostředkována interakce mezi programem a uživatelem, díky tomu probíhá snadnější manipulace s daty. Aktuální verze je volně dostupná na oficiálním webu projektu Marxan – <https://marxansolutions.org/software>.

2.1.1 Historie

Program je primárně produktem disertační práce Iana Balla, jež byla vedena v roce 2000 profesorem Hughem Possinghamem na Universitě Adelaide v Austrálii. Profesor Possingham vytvořil myšlenku a formuloval Marxan tak, aby plnil cíl řešit aktuální problémy při plánování ochrany lesů v Austrálii (Ball et al., 2009, s. 185).

V prvotní fázi vývoje se nástroj nazýval Spexan (Spatially Explicit Annealing) a byl součástí vědeckého projektu, který finančně podpořila vládní agentura Environment Australia. Spexan byl určen výhradně pro aplikování na suchozemské oblasti (Davis, 2011).

Později byl Spexan modifikován tak, aby jej bylo možné aplikovat i na příbřežní oblasti, což vedlo k vývoji modelu Marxan. Tento vývoj byl zčásti financován agenturou Great Barrier Reef Marine Planning Authority (GBRMPA), která jej na počátku 21. století využila v návrhu rezervací v oblasti Velkého bariérového útesu (Ball et al., 2009, s. 185).

2.1.2 Princip modelu Marxan

2.1.2.1 Základní pojmy

Cílem programu je návrh sady chráněných lokalit, který se děje prostřednictvím výběru *planning units* PUs – ploch, do kterých je rozčleněno zájmové území – tak, aby v nich byly zahrnuty uživatelem definované *conservation features* CFs a zároveň aby byla splněna podmínka minimalizace celkových nákladů definovaných uživatelem (Ramalho et al., 2013, s. 21). Schéma alokace rezervací je uvedeno v obrázku 4.



Obr. 4 Schéma alokace rezervací (zdroj: vlastní zpracování)

Planning units

Studovaná lokalita musí být rozdělena do sítě tzv. *planning units* PUs (plánovacích jednotek), které mohou nabývat různých pravidelných (např. čtverce či šestiúhelníky) či nepravidelných tvarů (např. hydrologické jednotky, katastry). Ardrón (2010) uvádí, že tvar PUs má zásadní vliv na strukturální konektivitu. Doporučuje se používat pravidelné šestiúhelníky (o stejné rozloze), které jsou z hlediska nízkých poměrů hrany k ploše efektivnější než čtvercová mřížka (Ardrón et al., 2010). Celkový počet PUs je omezen, avšak prahová hodnota je závislá na počtu vstupujících CFs a na výkonu výpočetní techniky. PUs jsou ve finále buď zahrnuty či vyloučeny do výsledného konceptu řešení.

Každá plánovací jednotka musí před vstupem do Marxan analýzy obsahovat určité povinné atributy (tabulka 2):

Tab. 2 Přehled atributů v atributové tabulce PUs (zdroj: vlastní zpracování)

Název atributu	Význam
ID PU	Identifikátor PUs
Area	Rozloha jednotlivých PUs
Cost	Cena nákladů PUs
Status	Status PUs.

Status udává rozdělení PUs do čtyř kategorií:

- **Available** (hodnota 0) – PU může a nemusí být zahrnuta do výsledného řešení výběru Marxan.
- **Earmarked** (hodnota 1) – PU je předvybrána do návrhu rezervace
- **Conserved** (hodnota 2) – PU nebude zvažována do výsledného řešení výběru (protože ochrana je zde již dostatečná)
- **Excluded** (hodnota 3) – PU nebude vůbec zvažována do analýzy (Cudlín et al., 2020).

Conservation features

V zájmovém území existuje tzv. *conservation features* CFs (konzervační prvky), tedy prvky, jež mají být chráněny. Požadavky na ochranu lze definovat na základě různých úrovní ekologického měřítka, např. je možné chránit druhy, komunity, typy stanovišť, populace a genetické podtypy (Ardrón et al., 2010). Všem CFs vstupujících do Marxan analýzy, je třeba, aby uživatel nastavil hodnotu pro *Target*, čímž se rozumí minimální kvantitativní hodnoty (množství) daného CF, který má být obsažen ve výsledném řešení. Jestliže *Target* není splněn, pak je objektová funkce konečného řešení penalizována.

Objektová funkce

Tato funkce si klade za cíl srovnání vybraných kombinací PUs, přičemž každé z těchto kombinací sečte celkové náklady na vytvoření. Dochází ke kontinuálnímu testování vybraných kombinací PUs ve snaze dosáhnout minimální hodnoty objektové funkce. Selektace kombinací PUs probíhá za běhu algoritmu tzv. *simulated annealing* (Cudlín et al., 2020). K výpočtu objektové funkce celkových nákladů řešení lze dojít užitím následujícího matematického vzorce:

$$C = \sum C_{PU} + \sum SPF + (\sum C_{BL}) \times BLM \quad (2)$$

C – celkové náklady finálního řešení

$\sum C_{PU}$ – náklady plánovacích jednotek zahrnutých do řešení

$\sum SPF$ (*Species Penalty Factor*) – koeficient *SPF* rozhoduje o míře penalizace, která bude přičtena celkové hodnotě objektové funkce při nedodržení minimálního požadovaného množství CF v řešení.

$\sum C_{BL}$ – délka hranice obklopující výsledné chráněné území

BLM (*Boundary Length Modifier*) – modifikátor délky hranice zohledňující komplexnost výsledné chráněné oblasti (Cudlín et al., 2020).

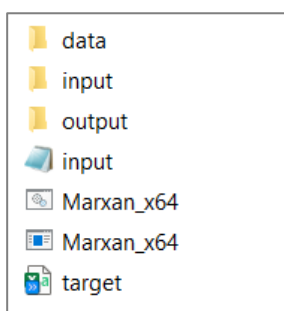
Simulated annealing

K návrhu výběru plánovacích jednotek využívá Marxan algoritmus tzv. *simulated annealing*. Jedná se o non-exaktní (nenalézá nejvhodnější řešení, ale jemu nejbližší) a stochastický (vstupuje zde prvek náhodnosti) algoritmus, k jehož finálnímu rozhodnutí předchází řada iterací (opakujících se kroků), jejichž počet je stanoven uživatelem v rámci výpočtu. Algoritmus je charakteristický svou flexibilitou a rychlostí (Ferrier et al., 2000). *Simulated annealing* slouží k nalezení optimálního řešení daného problému za krátkého času výpočtu a s minimálními náklady. Vysoká rychlost Marxan výpočtu umožňuje realizaci vyššího počtu spuštěných výpočtů, což vede k přesnějším determinacím konceptů sítě rezervací, respektive možnosti vytvoření více scénářů sítě rezervací.

2.1.2.2 Požadovaná data

Vstupní data pro Marxan zahrnují PUs, CFs a ostatní textové soubory, jejichž výčet je uveden v tabulce 3. Tyto soubory lze vytvořit v rozhraní GIS užitím zásuvných modulů či v textovém editoru. Sloupce ve vstupních textových souborech lze oddělit buď tabulátorem, nebo desetinnou čárkou. Ke správnému fungování a spuštění výpočtu Marxan je nutno dodržet požadovanou strukturu adresářů a obsažených souborů (obrázek 5):

- Adresář *data* – vstupní vrstvy PUs a CFs
- Adresář *input* – vstupní textové soubory (tab. 3)
- Adresář *output* – výstupní textové soubory (tab. 4)
- Soubor *input.dat* – konfigurační soubor pro spuštění výpočtu Marxan
- Program *Marxan.exe*
- Tabulka *target.csv* – vstupní soubor definující množství CF v požadovaném řešení.



Obr. 5 Ukázka struktury adresářů a souborů (zdroj: vlastní zpracování)

Vstupní soubor	Název proměnné	Stav proměnné	Obsah informací o	Atributy
bound.dat	Boundary Length File	Nepovinný	Délce sdílených hranic mezi jednotlivými PUs	ID PUs, jež sdílí společnou hranici (tj. ID 1 a ID 2)
pu.dat	Planning Unit File	Povinný	PUs	ID PU hodnoty nákladů (Cost) X,Y středové souřadnice PU status PU
puvspr2.dat	Planning Unit versus Conservation Feature File	Povinný	Prostorovém rozložení CFs v PUs	ID CF ID PU množství CF nacházející se v dané PU
spec.dat	Conservation Feature File	Povinný	CFs	ID CF název CF množství CF v řešení (target) míra penalizace (SPF) typ CF
blockdef.dat	Block Definition File	Nepovinný	Definování hodnot proměnných pro skupiny CFs	-

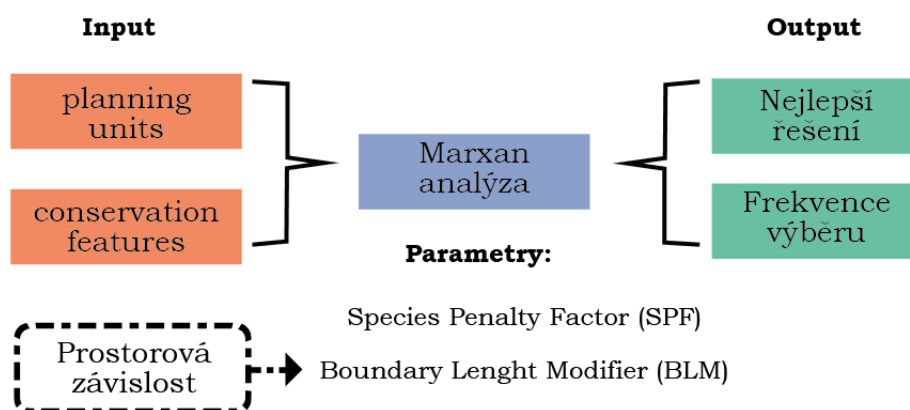
Obr. 6 Vstupní textové soubory pro Marxan – obsah adresáře input (zdroj: vlastní zpracování)

Po ukončení výpočtu poskytuje Marxan výsledky analýzy prostřednictvím informací zapsaných ve výstupních textových souborech, jejichž výčet je uveden v tabulce (obr 6). Obrázek 7 schematicky vyjadřuje vstupy a výstupy programu Marxan.

Tab. 3 Výstupní textové soubory pro Marxan – obsah adresáře output (zdroj: vlastní zpracování)

Výstupní soubor	Význam
scenario_r001	Řešení pro každý výpočet.
scenario_best.dat	Řešení s nejnižší hodnotou objektové funkce ze všech provedených
scenario_mvbest.dat	Automaticky generováno pro každý výpočet. Informace o CFs s nastavenou hodnotou <i>Target</i> .
scenario_ssoln.dat	Výběrová frekvence – počet, kolikrát byla PU vybrána do řešení.
scenario_sum.dat	Informace o každém výpočtu v daném scénáři.
scenario_log.dat	Screen log file
scenario_sen.dat	Scenario details
scenario_snap.dat	Snapshot files

Existuje několik způsobů, jak vygenerovat vstupní textové soubory: zásuvné moduly do GIS sw (QGIS: CLUZ, QMarxan; ArcGIS: ArcMarxan), program Inedit (součástí balíčku Marxan) nebo přímo v textovém editoru.



Obr. 7 Schéma vstupů a výstupů programu Marxan (zdroj: vlastní zpracování)

2.1.3 Aplikace modelu Marxan v praxi

Marxan byl primárně koncipován pro oblast Velkého bariérového útesu na pobřeží Queenslandu, kde došlo 1. července roku 2004 k jeho aplikaci. Jedná se o největší korálovou síť útesů světa, rozkládající se při severovýchodním pobřeží Austrálie v Korálovém moři. Oblast mezi útesy byla rozdělena do sítě 17 000 šestiúhelníkových PUs o rozloze 12 km², přičemž každý útes byl dokola obklopen buffer zónou, která představovala PU. Cost PUs byla odvozena z lineární kombinace zájmů komerčního rybolovu. Na základě hodnocení expertů bylo vybráno 70 bioregionů, které prezentovaly *conservations features*. Zastoupení CFs bylo v rámci finálního řešení limitováno na 20 % z jejich výchozí rozlohy. Výsledně tak vzniklo přes 400 km² rezervace. Výsledky modelu podpořily zvýšení podílu rozlohy území se zákazem rybolovu z pouhých 5 % až na 33 % (Ball et al., 2009, s. 190). Za zmínku stojí, že Austrálie, zejména její jižní pobřežní oblasti, byla předmětem i dalších výpočtů ochrannářského plánování.

V roce 2005 byla Marxan analýza použita na pobřeží Floridy ve Spojených státech amerických, o čemž pojednává vědecký článek – *Marine/Estuarine Site Assessment for Florida: A Framework for Site Prioritization* (Geselbracht et al. 2005). Ke spuštění výpočtu Marxan bylo území ekoregionů rozděleno do 18 943 pravidelných šestiúhelníkových PUs s rozlohou 1 500 ha. Oblast byla rozdělena (na základě odborných znalostí o pobřežní geomorfologii) do osmi regionů. CFs zde odpovídaly biotopům, v nichž žijí druhy typické pro jednotlivé regiony. Mezi biotopy se řadí korálové či ústřicové útesy, mangrovové porosty, pláže či surfovací zóny, mokřady, aj. Při návrhu rezervací byly do CFs zahrnuty místní chráněné druhy, což vedlo k výraznějšímu zpřesnění.

Publikace – *Protected Areas System Assessment and Analysis* – reflektuje provedení Marxan analýzy na zájmovém území o rozloze 59 570 km² v Belize, které bylo rozděleno do 5 957 pravidelných šestiúhelníkových PUs o rozloze 10 km². Z původního počtu 96 ekosystémů došlo k seskupení do 16 širokých tříd ekosystémů, které následně spolu s dalšími zástupci biodiverzity (mořské ptactvo, bezobratlí, ryby, plazi, obojživelníci a flora) vstupovali jako CFs, jejichž celkový počet odpovídá 167 (Meerman, 2005).

Krista Grace Munro (2006) v rámci disertační práce – *Evaluating Marxan as a terrestrial conservation planning tool* – použila model Marxan v oblastech Jižní Okanagan a Similkameen s rozlohou 2 475 km², ležící severně od hranice Kanady s USA. Zájmové území bylo rozčleněno do 23 826 pravidelných šestiúhelníkových PUs, přičemž každá PU disponovala rozlohou 10,39 ha. Celkový počet CFs odpovídá počtu 88, mezi které patří kategorie např. biogeoklimatické zóny, skalní fenomény, dále hydrologické prvky (jezera, řeky, mokřady, rybníky) nebo kategorie ohrožených živočišných druhů (mlok, ropucha, jezevec aj.). Nutno podotknout, že do CFs byly začleněny informace o výškové členitosti reliéfu (kategorie fyzická reprezentace reliéfu).

Anna-Sara Liman (2008) se ve studii – *Towards a Representative Network of Marine Protected Areas in the Baltic Sea* – zabývá aplikací modelu na území Skagerraku a Kattegatu. Přibližně 45 500 pravidelných šestiúhelníků s rozlohou 1 039 hektarů tvořilo PUs, jejichž Cost byla stanovena podle jejich odpovídající rozlohy. Nicméně v důsledku oříznutí pobřežní linií, některé PUs ve výsledku disponovaly menší rozlohou. Primárními CFs byly tzv. bentické mořské krajiny, jejichž definice parametrů spočívala v salinitě vody, hloubce a podloží dané lokality. V úvahu připadly také lokality výskytu tuleňů, ústí řek, pobřežní laguny, útesy, ostrovy a ostrůvky, významné ptáčích oblasti, aj. V hodnotách Cost v PUs byly zohledněny také výskyt těžeb ropy, provoz tankerů, vodní koridory či hustotu zalidnění při pobřeží.

Ardron spolu s dalšími spoluautory (2010) ve studii – *BC Coast Information Team Marine Ecosystem Spatial Analysis, v. 1.2* – využil Marxan ke konceptuálnímu řešení přírodních rezervací na území v Britské Kolumbii (114 000 km²), jež je provincií jihozápadní Kanady. Západní břehy jsou omývány Tichým oceánem. 32 000 PUs tvořily pravidelnou síť 500 ha šestiúhelníků, která pokryla celou pobřežní studovanou oblast a západní pobřeží ostrova Vancouver. Prostorová analýza mořského ekosystému se skládala z 93 CFs, tvořících jak biologickou složku (flóra, mořské ptactvo, savci, ryby aj.), tak složkou fyzickou (ekosystémové regiony, sklon a výška reliéfu či expozice pobřeží aj.). V procesu řešení byla zohledněna i reprezentativnost, diferenciacce, vzácnost a ohroženost druhů. Výsledkem různých analýz, kombinací a experimentování bylo celkem 24 scénářů, tzn. 2 400 návrhů modelem Marxan, přičemž výpočty byly spuštěny na 100 iterací.

Model byl také aplikován v České republice. Marek Joska (2014) se v rámci bakalářské práce – *Modelování využití země pomocí nástrojů Marxan a Clue* – zabývá modelováním území povodí řek Stropnice a Dřevnice (s rozlohou větší než 150 km²) mimo jiné i s využitím nástroje Marxan. Autor uvádí, že povodí Stropnice bylo rozčleněno do sítě 4 035 pravidelných hexagonů. Strana hexagonu byla zvolena 100 m. Jako CFs byla zvolena tři území spadající do Maloplošných zvláště chráněných území (MZCHU): NPP (národní přírodní památka) Terčino údolí, NPP Hojná voda a PP (přírodní památka) Přesličkový rybník. Zájmové území povodí Dřevnice bylo rozděleno do 7 382 pravidelných hexagonů s délkou hrany 100 m. Jako CFs bylo použito devět území MZCHU a dále lokality z vrstvy mapování biotopů (Joska, 2014). Autor následně provedl analýzu i pro povodí Fryštáckého potoka a povodí Všeminky.

Studie – *Are Valuable and Representative Natural Habitats Sufficiently Protected? Application of Marxan model in the Czech Republic* – pojednává o aplikaci modelu Marxan na území celé České republiky. Studovaná oblast byla rozčleněna do 318 006 PUs o rozloze 25 ha. Kategorie přírodních a přírodě blízkých biotopů zde byly definovány jako CFs. Ke generování vstupních souborů byl použit zásuvný modul CLUZ v prostředí QGIS. Marxan analýzy bylo dosaženo za použití 20 výpočtů s 1 000 000 iteracemi (Cudlín et al., 2020).

2.2 GLOBIO

GLOBIO (Global Biodiversity model) je konceptuální model, pomocí něhož lze hodnotit stav biodiverzity pro minulost, současnost i budoucnost. Posuzuje vlivy antropogenních činností na biodiverzitu a ekosystémy, a to jak na souši, tak ve vodě. Tvůrce modelu je orgán nizozemské vládní organizace PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Vlastíkem modelu je GLOBIO konsorcium – PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, UNEP GRID-Arendal a UNEP – World Conservation Monitoring Centre. Na adrese www.pbl.nl/en se nachází oficiální web autora. Oficiální web konsorcia je <http://www.globio.info>. Z hlediska dostupnosti se jedná o neveřejný a neprodejný model.

Model funguje na principu vzájemné kauzality (dopad-odezva) mezi působením driveru a aktuálním stavem, resp. zachovalosti prostředí. Výsledky simulací lze využít k posuzování dopadů antropogenní činnosti na biodiverzitu a ekosystémy, k predikci předpokládaného trendu v průměrném množství druhů prostřednictvím stanovovaných indikátorů Mean Species Abundance (MSA). Vytváří se tak lepší podklady pro posuzování plánovaných scénářů rozvoje využívání krajiny (Pechanec a kol., 2016).

2.2.1 Historie

Nizozemská agentura PBL Netherlands Environmental Assessment Agency v roce 1996 vyvinula index přírodního kapitálu – Natural Capital Index-IMAGE (NCI-IMAGE), který zprvu sloužil jako ukazatel relativní četnosti druhů se zaměřením na kvalitativní a kvantitativní přírodní aspekty ekosystémů (Brink, 2000). Později byl zmíněný index integrován s modelovým rámcem IMAGE 2.4, který sleduje míru spotřeby energie, změny využití půdy a klimatické změny. V průběhu integrace bylo připojeno více driverů, hodnotících degradaci biodiverzity. Metodika indexu byla doplněna o metodiku GLOBIO v 2.0, přičemž došlo ke změně názvu indexu na MSA – Mean Species Abundance. GLOBIO v 2.0 je v podstatě založeno na vztahu mezi biodiverzitou a vzdáleností od dopravních komunikací či infrastruktury (GLOBIO, 2021).

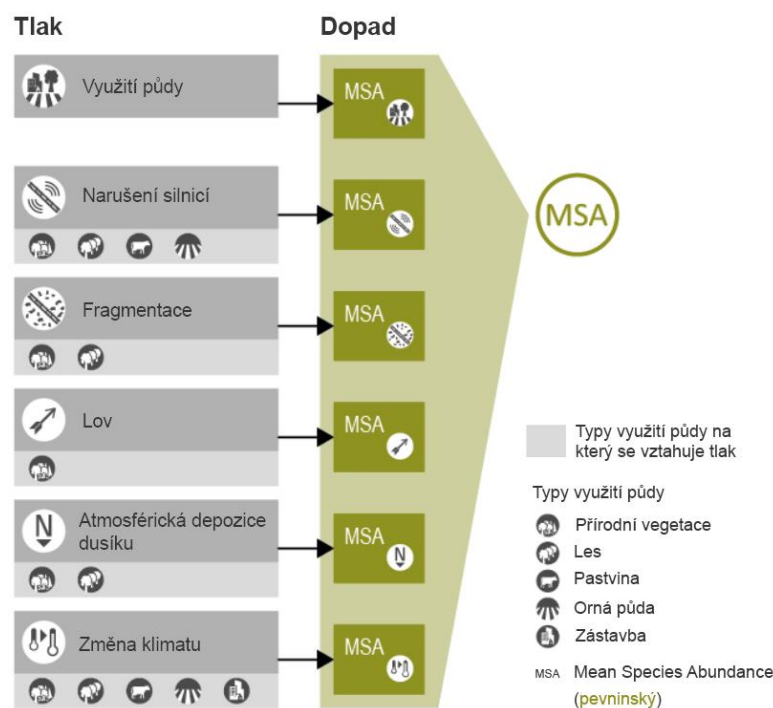
V roce 2003 mezinárodní konsorcium GLOBIO dalo vzniknout verzi 3.0, která dva roky poté popularizovala na evropské úrovni nástroj hodnotící aktuální či budoucí stav biologické rozmanitosti jak v regionálním, tak v globálním měřítku.

Adaptací modelu GLOBIO v 3.0 do lokálních podmínek ČR a dále jeho použitím v oblasti povodí řeky Dřevnice se zabývá Vilém Pechanec v případové studii (Pechanec a kol., 2016).

GLOBIO verze 4.0 je od roku 2020 považována za aktuální. Nově disponuje dalšími relevantními aspekty přírody. V současné době se tým vývojářů podílí na dalším vývoji této verze.

2.2.2 Princip modelu GLOBIO

Model je založen na vztazích příčin a důsledků, angl. *cause-effect relationships*. To znamená, že zde platí princip vzájemné kauzality mezi driversy a stavem biologické rozmanitosti (Alkemade et al., 2009). Jádrem systému spočívá v selekci jednotlivých driverů a postupu výpočtu. Statistický prvek náhodnosti zde nevstupuje, proto lze model označit za deterministický. Základní schéma podstaty modelu ilustruje obrázek 8.



Obr. 8 Schéma principu modelu GLOBIO (adaptace – GLOBIO, 2021)

Model pracuje s environmentálními driversy, které představují hnací síly, resp. tlaky či dříve zmíněný dopad na biologickou diverzitu. Pechanec (2016) uvádí, že vztahy dopad-odezva jsou derivovány z databáze pozorování reakcí druhů na změnu. Databáze obsahuje samostatné míry indikátoru MSA ve vztahu k různé míře tlaků nebo driverů. Položky v databázi jsou odvozeny ze studií v recenzované literatuře, uváděné jako průběh změny v čase v jediném ději nebo jako odezva v paralelních dějích pod vlivem různých tlaků.

Pechanec (2016) dále zmiňuje, že aktuální verze databáze disponuje informacemi ze zhruba 500 zpráv, přičemž asi 140 zpráv se týká vztahů mezi množstvím druhů a krajinným pokryvem či využitím půdy, 50 zpráv je orientováno na atmosférické depozice dusíku, přes 300 zpráv registruje dopady infrastruktury a několik zpráv popisuje minimální požadavky na velikost rozlohy území pro množství druhů.

GLOBIO ve výpočtech pracuje s pěti driversy, jenž mají vliv na biodiverzitu:

1. Intenzita využití země – *Land use* (MSA_{lu})
2. Vývoj infrastruktury – *Infrastructure* (MSA_i)
3. Fragmentace území – *Fragmentation* (MSA_f)
4. Změny klimatu – *Climate change* (MSA_{cc})
5. Ukládání atmosférické dusíku – *Atmospheric nitrogen deposition* (MSA_n)

MSA vyjadřuje průměrnou četnost původních druhů v narušených podmínkách v poměru k jejich četnosti v nenarušeném prostředí. Hodnoty MSA jsou kvantifikovány na základě syntézy empirických údajů o monitorování druhů v narušeném prostředí ve srovnání s nenarušenou referenční situací, které jsou uvedeny v komparativních studiích odvozených z literatury (Alkemade et al., 2009). Nabývá hodnot v rozpětí nula až jedna, kde platí, že lokality s hodnotou jedna odráží vysoký stupeň diverzity vyjádřený plným počtem autentických druhů a naopak.

Odvozená metodika z prostředí IMAGE zde vstupuje jako prostředek pro výpočty využití půdy, fragmentace území, množství uloženého atmosférického dusíku a klimatické změny (srážky a teploty). Z GLOBIO v 2.0 byl přejet driver infrastruktury (IMAGE 3.0, 2020). Výsledným ukazatelem výpočtu degradace biologické rozmanitosti prostřednictvím modelu GLOBIO v 3.0 je index MSA_{tot} .

Environmentální drivery

a) Intenzity využití země – Land use (MSA_{lu})

Základní vstup v globálním měřítku je vytvořen ze zhruba 140 nalezených klasifikací landuse z různých publikací. Klasifikace byly odborníky agregovány do 10 kategorií:

- Primary vegetation
- Lightly used forests
- Secondary forests
- Forest plantations
- Livestock grazing
- Man-made pastures
- Agroforestry
- Low-input agriculture
- Intensive agriculture
- Built-up area

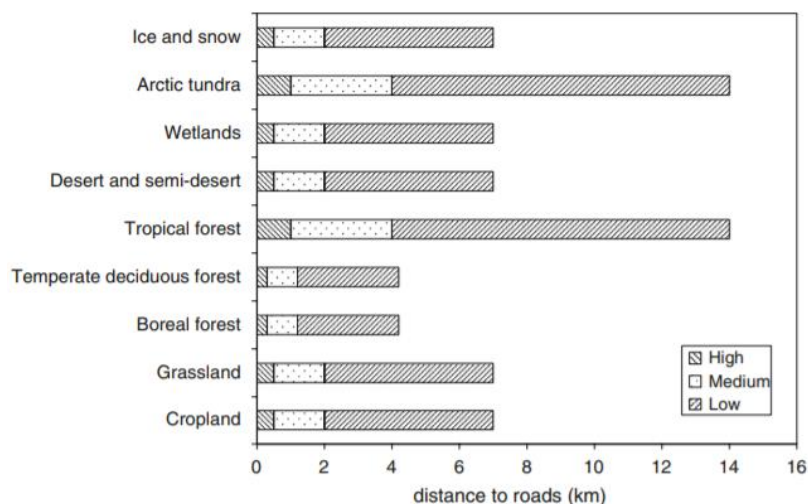
Data vycházejí z rámcového modelu IMAGE. Po editaci zmíněného vstupu bylo dosaženo prostorového rozlišení $0,5 \times 0,5$ stupně, tj. zhruba 55×55 km v oblasti rovníku. V kombinaci s ní v rámci precizace prostorového detailu byla využita dále vrstva Global Land Cover 2000, která je odvozena ze senzoru Vegetation – VMI (Vegetation Monitoring Instrument) pro rok 2000 (družice SPOT 4). Rozlišení je přibližně $0,5 \times 0,5$ minuty. K možné kombinaci těchto dvou vrstev musela být jednotně integrována klasifikace využití půdy (Bartholome et al., 2004). Na obrázku 9 je uveden vztah mezi jednotlivými kategoriemi.

Main GLC class ^a	Sub-category	Description	MSA_{LU}	SE
Snow and ice (20)	Primary vegetation	Areas permanently covered with snow or ice considered as undisturbed areas	1.0	<0.01
Bare areas (19)	Primary vegetation	Areas permanently without vegetation (for example, deserts, high alpine areas)	1.0	<0.01
Forests (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)	Primary vegetation (forest)	Minimal disturbance, where flora and fauna species abundance are near pristine	1.0	<0.01
	Lightly used natural forest	Forests with extractive use and associated disturbance like hunting and selective logging, where timber extraction is followed by a long period of re-growth with naturally occurring tree species	0.7	0.07
	Secondary forests	Areas originally covered with forest or woodlands, where vegetation has been removed, forest is re-growing or has a different cover and is no longer in use	0.5	0.03
Scrublands and grasslands (11, 12, 13, 14, 15)	Forest plantation	Planted forest often with exotic species	0.2	0.04
	Primary vegetation (grass- or scrublands)	Grassland or scrubland-dominated vegetation (for example, steppe, tundra, or savannah)	1.0	<0.01
	Livestock grazing	Grasslands where wildlife is replaced by grazing livestock	0.7	0.05

Obr. 9 Ukázka tabulky vztahu mezi třídami Global Land Cover 2000 a kategoriemi využití země (Alkemade et al., 2009)

b) Infrastruktura – Infrastructure – (MSA_i)

Za prvky infrastruktury jsou považovány segmenty charakteristicky nepřírodní. Náleží zde zástavba, betonové plochy, silnice, parkoviště atp. Vzdálenost k nejbližším silnicím, typy využití půdy a hustota zalidnění sídel coby faktory infrastruktury negativně ovlivňují MSA. V blízkosti prvků silnic nabývá MSA nízkých hodnot. Nicméně s rostoucí vzdáleností pak roste i hodnota MSA až do míst, kde nemají silnice žádný dopad (MSA = 1). Proto došlo k sestavení tabulkových hodnot (obrázek 10) vyjadřujících vztahy mezi obalovými zónami silnic a stanovenými zónami dopadu pro žádoucí typy půd.



Obr. 10 Silné, střední a nízké obalové zóny (v km) podél silnice (Alkemade et al., 2009)

a) Fragmentace území – Fragmentation – (MSA_f)

Fragmentací krajiny se rozumí rozpad komplexní krajiny na jednotlivé segmenty. Je třeba vzít v úvahu vliv komunikačních sítí silnic a železnic či zastavěných ploch na zachování přírodnosti krajiny. Je všeobecně známo, že dopravní komunikace mají řadu negativních účinků na biologickou rozmanitost. Nejen, že vytvářejí bariéru mezi přírodou po obou stranách, tj. fragmentaci, ale také přispívají ke znečištění ovzduší, narušení přírodnosti a dopravním nehodám. Avšak nutno zmínit, že v současnosti je podporována výstavba tzv. ekoduktů, tj. speciálních mostů umožňující plynulou migraci živočichů skrz antropogenní liniovou překážku.

Na základě expertních znalostí a metodických postupů byly sestaveny tabulkové hodnoty (obrázek 11) pro přiřazení MSA v závislosti na rozloze ploch. Princip klasifikace spočíval ve zjištění minimálního požadavku na plochu pro reprezentativní počet druhů zvířat. Nicméně oproti tomu byl u druhů rostlin předpoklad požadavků na plochu mnohem menší (Allen et al., 2001).

Area (km ²)	MSA _f	SE
< 1	0.3	0.15
< 10	0.6	0.19
< 100	0.7	0.19
< 1,000	0.9	0.20
< 10,000	0.95	0.20
> 10,000	1.0	0.20

Obr. 11 Hodnoty MSA_f v závislosti na rozloze plochy (Alkemade et al., 2009)

Mapa infrastruktury (silnice, železnice, elektrické vedení) vychází z dat Digital Chart of the World (DCW). Tato vrstva komunikací překryla vrstvu klasifikovaného území na přírodní a nepřírodní oblasti – GLC 2000 (Alkemade et al., 2009).

b) Změny klimatu – Climate change – (MSA_{cc})

Podnebí a počasí přímo řídí distribuci, produktivitu a mnoho dalších charakteristik druhů, ekosystémů a krajiny. Každé klimatické pásmo se vyznačuje svými typickými ekosystémy. (Leemans a Eickhout, 2004). Environmentální driver klimatické změny charakterizuje narušení přírodnosti z hlediska vlivu změn klimatu. Klimatická změna ovlivňuje biotopy např. extrémními srážkami a povodněmi, suchem a požáry či extrémním větrem.

Regresivní koeficienty hodnot kategorizovaného parametru citlivosti dopadu na ekosystém jsou odhadem odvozeny pomocí simulovaných posunů distribuce druhů z modelu EUROMOVE nebo biomů z modelu IMAGE (Alkemade et al., 2009). Při stanovení hodnot byla zohledněna situace úbytku druhů v biomech v závislosti na změně teploty vzduchu. Výsledkem kombinace zmíněných dvou modelů jsou stanovené hodnoty koeficientů pro individuální biomy – obrázek 12.

BIOME	IMAGE			EUROMOVE		
	<i>b</i>	SE	<i>P</i>	<i>b</i>	SE	<i>P</i>
Ice	0.02*	0.024	n.s.	0.07	0.011	<0.01
Tundra	0.17	0.028	<0.01	0.05*	0.019	<0.05
Wooded tundra	0.24	0.030	<0.01	0.07*	0.018	<0.01
Boreal forest	0.04*	0.074	n.s.	0.07	0.018	<0.01
Cool conifer forest	0.17	0.029	<0.01	0.08*	0.016	<0.01
Temp. mixed forest	0.04*	0.037	n.s.	0.12	0.016	<0.01
Temp. deciduous forest	0.09*	0.032	<0.05	0.14	0.015	<0.01
Warm mixed forest	0.05*	0.065	n.s.	0.17	0.015	<0.01
Grassland and steppe	0.09*	0.037	0.07	0.17	0.015	<0.01
Hot dessert	0.04*	0.040	n.s.	–		
Scrubland	0.12*	0.030	<0.01	0.17	0.014	<0.01
Savanna	0.09*	0.049	n.s.	–		
Tropical woodland	0.03*	0.057	n.s.	–		
Tropical forest	0.03*	0.031	n.s.	–		

Obr. 12 Sklony v regresivních rovnicích mezi MSA a globálním průměrem počítaným pomocí IMAGE a EUROMOVE (Alkemade et al., 2009)

c) Ukládání atmosférické dusíku – Atmospheric nitrogen deposition – (MSAn)

Výsledkem studie asi 50 experimentů přidání dusíku do ekosystémů v přírodních oblastech a jeho účinků na druhovou rozmanitost je stanovení vztahu mezi příčinou a účinkem mezi ročním množstvím přidaného dusíku, které přesahuje empirickou limitní hladinu kritického zatížení, angl. *critical-load*, a relativním lokálním druhovým bohatstvím – MSA. To vše za předpokladu, že experimentální přidání dusíku má účinky podobné atmosférické depozici. Emisní hodnoty pro plyny dusíku v příslušných letech vstoupily do výpočtu depozice atmosférickou dusíku pro globální oblasti. Účinky depozice dusíku jsou odvozeny z hodnot kritického zatížení hlavních ekosystémů pomocí půdní mapy světa a citlivosti ekosystémů na vstupy dusíku k vytvoření mapy kritického zatížení (obrázek 12). Metodika také zahrnuje aspekt rychlosti ukládání dusíku pro uplynulé i následující roky (Alkemade et al., 2009).

Z hodnot globální depozice dusíku a kritického zatížení lze vypočítat hodnoty jeho depozice převyšující kritickou zátěž, která se podílí na výpočtu MSA. Vliv depozice platí pouze pro přírodní půdu, nikoliv pro ornou, protože se předpokládá, že množství dusíku v zemědělských systémech je mnohem vyšší než dodatečná atmosférická depozice.

Ecosystem	Equation	R^2	P	n	Applied to GLC2000 classes (see Table 4)
Arctic alpine ecosystem	$MSA_N = 1 - 0.15 \ln (NE + 1)$	0.81	<0.01	9	Snow and Ice (20)
Boreal and temperate forests	$MSA_N = 1 - 0.22 \ln (NE + 1)$	0.96	<0.01	12	Forests (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)
Grasslands	$MSA_N = 1 - 0.19 \ln (NE + 1)$	0.85	<0.01	21	Grassland and scrubland (11, 12, 13, 14, 15)

NE is calculated as the amount of N added in excess to critical N-load.

Obr. 13 Regresivní rovnice pro zahrnuté biomy (Alkemade et al., 2009)

MSA – Mean Species Abundance – (MSA_{tot})

Indikátorem reprezentujícím průměrnou druhovou četnost a degradaci biodiverzity v daných oblastech je index MSA (značeno MSA_{tot} – total). Výpočet je založen na základě odhadu četnosti jednotlivých druhů pod vlivem daného tlaku ve srovnání s jejich četností v primárních vegetačních podmínkách.

Za předpokladu nulové interakce mezi drivery, lze výslednou hodnotu indexu MSA (odvozen z indexu NCI – index přírodního kapitálu) vypočítat jako rovnocennou kombinaci vzájemného vynásobení jednotlivých driverů pomocí vzorce:

$$MSA_{tot} = MSA_{lu} \times MSA_f \times MSA_i \times MSA_n \times MSA_{cc} \quad (3)$$

MSA_{tot} – indikátor průměrného zastoupení druhů

MSA_{lu} – driver intenzity využití země

MSA_f – driver fragmentace území

MSA_i – driver vývoje infrastruktury

MSA_n – driver ukládání atmosférického dusíku

MSA_{cc} – driver klimatické změny.

Po přiřazení kvantitativních hodnot MSA náležitě jednotlivým segmentům za každý driver je možno pomocí váženého průměru spočítat jednočíselnou hodnotu a její základní statistické ukazatele.

2.2.3 Aplikace modelu GLOBIO v praxi

Rob Alkemade a výzkumný tým v roce 2009 aplikovali GLOBIO v 3.0 pro celý svět. Zohlednili intenzitu využití půdy, sklizeň, depozici dusíku a klimatické změny. Vznikl predikovaný scénář na globální úrovni, který pokrývá devět světových regionů a platí pro období 2010 až 2050. Předpokladem zůstává mírný růst lidské populace, ekonomiky a zvýšená produktivita v zemědělství. Změny využívání půdy a změny podnebí byly vypočítány pomocí modelu IMAGE 2.4.

Modifikace modelu pod názvem GLOBIO-Aquatic byla aplikována pro celý svět J. H. Jansem a jeho týmem (2015). GLOBIO-Aquatic kvantifikuje neporušenost sladkovodní biodiverzity, vyjádřenou indikátorem MSA, jako funkci různých klíčových tlaků člověka na sladkovodní systémy. Zahrnuje drivery: změny využití povodí a zatížení živinami ovlivňující kvalitu vody, hydrologické poruchy, využití půdy v povodí proti proudu, změna toku (kvůli přehradám a změně klimatu), eutrofizace ze zemědělských a městských zdrojů a teplota vody (ovlivněná změnou klimatu). Pokrytí platí pro tekoucí vodu, jezera a mokřady.

Ve článku *Combining biodiversity modeling with political and economic development scenarios for 25 EU countries* popisuje Jana Verboom (2006) spolu s výzkumným týmem analýzu biodiverzity projektu, která pro 25 zemí EU zohledňuje dopady změn ve využívání půdy, změn podnebí, fragmentace podle hlavních silnic, depozici dusíku, lesnictví a disturbanci. Scénář predikce platí až do roku 2030.

Aafke M. Schipper se společně s kolektivem v případové studii věnují posouzení stavu biodiverzity v Mexiku (2017). Mexiko je obecně známo vysokou biodiverzitou a dobrou kvalitou geografických dat. Tým vědců vyhodnotil ztrátu přírodnosti ve studované oblasti na základě plošně váženého průměru četnosti druhů (MSA_{lu} a MSA_i).

Adaptaci a použití modelu v lokálním měřítku věnovali v roce 2016 pozornost Vilém Pechanec a kol. v případové studii s názvem *Adaptace modelu GLOBIO do lokálních podmínek ČR*. Jako studovaná oblast posloužilo povodí Dřevnice. Model byl vhodně přizpůsoben pro podmínky v lokálním i regionálním měřítku. Práce se mimo jiné týkala testování vhodných datových sad a expertního hodnocení vlivu driverů prostřednictvím metody BVM (Biotope Valuation Method). Výsledkem práce je česká adaptace modelu GLOBIO v. 3.6.

Filip Stržínek (2018) se v diplomové práci s názvem *Viceměřítková aplikace modelu CZ-GLOBIO* zabýval aplikací modelu CZ-GLOBIO na území ČR, a to jak v regionálním, tak v lokálním měřítku. K dosažení výsledného indexu MSA_{tot} použil všech pět driverů.

Helena Kaňková (2013) se v rámci diplomové práce *Hodnocení vlivu využití území na stupeň přírodnosti krajiny* zabývá modifikací indikátorů MSA pro použití v podmínkách ČR, dále analýzou přírodnosti, resp. antropogenní transformace krajiny na základě indikátorů MSA a v neposlední řadě porovnáním jednotlivých přístupů hodnocení vlivu člověka na krajinu z hlediska uchování biodiverzity. K hodnocení degradace biodiverzity zde byly použity drivery využití země, infrastruktury a míry fragmentace území pro celé území ČR v prostředí GIS.

3 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

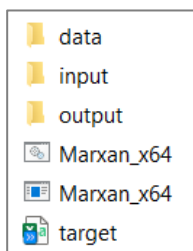
3.1 Marxan

3.1.1 Příprava vstupních dat

K aplikaci modelu Marxan předcházelo vygenerování vstupních dat pomocí zásuvného modulu CLUZ (vyvinut Bobem Smithem) v programu QGIS. Modul umožňuje přípravu vstupní dat takovým způsobem, že je dodržena požadovaná struktura adresáře vstupních souborů.

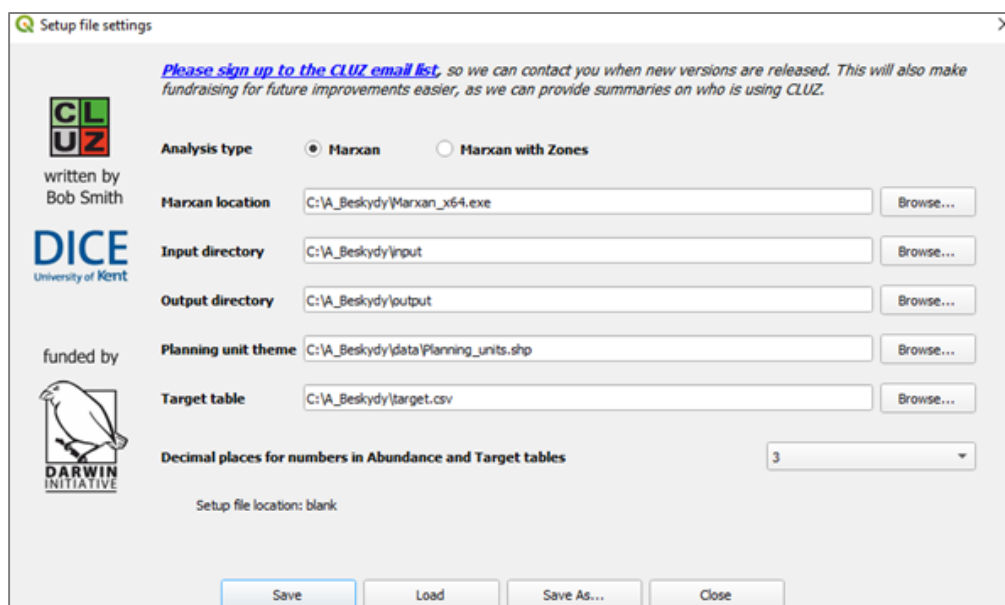
Planning units

Nejdříve bylo nutno vytvořit polygonovou vrstvu *planning units* (PUs), která byla vygenerována, vedoucím práce v GIS užitím nástroje *Repeating Shapes* pro celou zájmovou oblast CHKO Beskydy. Toto území bylo rozděleno do sítě 122 023 pravidelných šestiúhelníků o hraně 62,04 m, tzn. ploše 1 ha. Obdržená vrstva PUs obsahovala atributy: ID_PU, Cost, Status a Area. Dále bylo nutno vytvořit adresáře tak, aby byla zachována požadovaná struktura (obrázek 14):



Obr. 14 Ukázka požadované struktury adresáře (zdroj: vlastní zpracování)

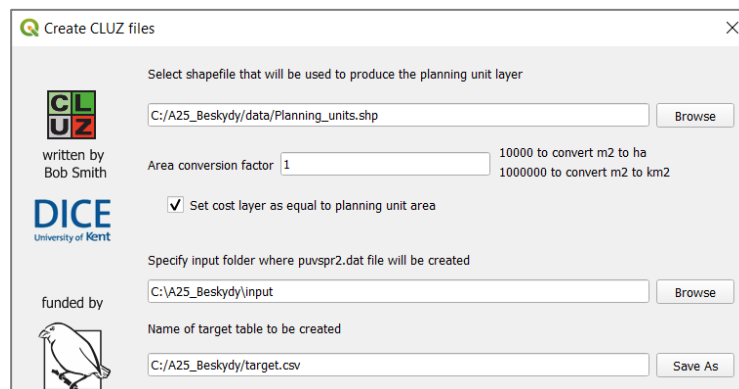
Prostřednictvím funkce *View and edit CLUZ setup file* (obrázek 15) došlo k definování požadovaných adresářových cest k programu Marxan.exe, adresáři vstupních souborů (input), adresáři výstupních (output), k tabulce target.csv a v neposlední řadě k vrstvě PUs.



Obr. 15 Nastavení adresářových cest ke vstupním souborům v CLUZ (zdroj: vlastní zpracování)

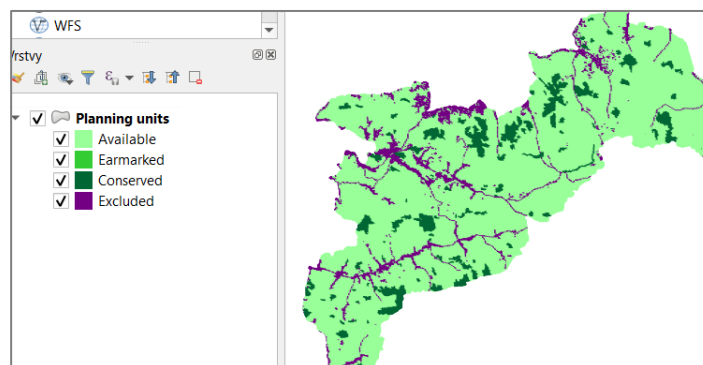
Dále musely být prostřednictvím funkce *Create initial CLUZ files* (obrázek 16) v CLUZ vytvořeny atributy: ID_PU, Cost, Status a Area. Výpočet byl definován na zaokrouhlení tří desetinných míst. Funkce upravila pole a strukturu tabulky target.csv dle požadovaného formátu. V poslední řadě zajistila vytvoření dvou souborů do adresáře input:

1. puvspr2.dat do adresáře input s korektními názvy atributů CFs, ID PUs a množstvím CFs.
2. sporder.dat, který je identický s předchozím souborem, ale seřazení je podle hodnot ID CFs místo IF PUs.



Obr. 16 Nastavení adresářových cest požadovaným souborům (zdroj: vlastní zpracování)

Následovala aktualizace záznamů atributů Cost a Status, dle totožných atributů vrstvy, jež byla poskytnuta vedoucím práce, což vedlo k přiřazení hodnot nákladů PUs a k rozdělení území do kategorií: Available, Earmarked, Conserved a Excluded. Číselná hodnota Cost udává bodovou cenu krajiny. Tyto hodnoty pro jednotlivé PUs byly vypočteny jako vážený průměr bodové hodnoty biotopů stanovené metodou BVM pro všechna přírodní i nepřírodní stanoviště. U ceny platí přímá úměra, a sice s rostoucí hodnotou roste i pravděpodobnost, že bude daná PU zahrnuta do výsledného řešení. Klasifikace proběhla podle metodiky Marxan. Kategorie Excluded obsahuje zástavby a komunikace včetně ochranného pásma kolem komunikací, identifikovány z datových sad *Základní báze geografických dat (ZABAGED)*, *Registru územní identifikace, adres a nemovitostí (RÚIAN)* a *OpenStreetMap (OSM)*. Veškerá data byla v měřítku 1 : 10 000 s projekcí EPSG 5514. Kategorie Conserved a Available byla určena podle dat aktuálního stavu ochrany přírody (MZCHU, zonace, NATURA 2000). Celkově tak bylo v jednotlivých kategoriích zahrnuto PUs – Conserved (10 203) a Excluded (10 048). Zbytek PUs byl ponechán jako Available.



Obr. 17 Datový náhled rozdělení území do kategorií stavu po aktualizaci atributu Status (zdroj: vlastní zpracování)

Conservation features

Vrstva *Conservation features* (CFs) (obrázek 18) vychází z Detailní kombinované vrstvy (DKV). Klasifikace prvků byla definována na základě Katalogu biotopů České republiky². Výběr chráněných prvků byl proveden podle následujících kritérií:

1. přírodní biotopy (zdrojem je Mapování biotopů)
2. „čisté“ biotopy (100% čistota, tzn. absence mozaik)
3. biotopy s rozlohou větší než minimální velikost areálu³
4. biotopy zachovalé a reprezentativní, tj. nejeví známky degradace (atributy s hodnotami kombinací: podle starého značení – A_A, A_B, B_A, B_B; podle nového značení – V_0, V_1, P_0, P_1).

zdroj	BIOTOP	BIOT_nazev	body_2017	Biotop2	Min_area_H	Shape_Length	Shape_Area
Mapování biotopů 2014	K1_100_V_2	Mokřadní vrbiny	36	K1	0,1	255,240805	3173,084503
Mapování biotopů 2014	K2.1_100_B_B	Vrbové křoviny hlinitýc...	36	K2.1	0,1	557,7616	2024,840538
Mapování biotopů 2014	K2.1_100_B_B	Vrbové křoviny hlinitýc...	36	K2.1	0,1	318,514539	1038,98688
Mapování biotopů 2014	K2.1_100_B_B	Vrbové křoviny hlinitýc...	36	K2.1	0,1	392,566208	1830,82653
Mapování biotopů 2014	K2.1_100_D_C	Vrbové křoviny hlinitýc...	36	K2.1	0,1	338,396036	1048,251412
Mapování biotopů 2014	K2.1_100_D_C	Vrbové křoviny hlinitýc...	36	K2.1	0,1	337,59042	1804,090191
Mapování biotopů 2014	K2.2_100	Vrbové křoviny šterkov...	52	K2.2	0,01	284,221789	631,826757
Mapování biotopů 2014	K2.2_100	Vrbové křoviny šterkov...	52	K2.2	0,01	555,023621	1067,369344
Mapování biotopů 2014	K2.2_100	Vrbové křoviny šterkov...	52	K2.2	0,01	180,336311	346,008197
Mapování biotopů 2014	K2.2_100	Vrbové křoviny šterkov...	52	K2.2	0,01	646,793461	1279,819005
Mapování biotopů 2014	K2.2_100	Vrbové křoviny šterkov...	52	K2.2	0,01	262,133288	382,462193
Mapování biotopů 2014	K2.2_100	Vrbové křoviny šterkov...	52	K2.2	0,01	200,123366	288,757341
Mapování biotopů 2014	K3_100_A_A	Vysoké mezofilní a xer...	33	K3	0,1	405,997697	1374,309234

Obr. 18 Datový náhled atributové tabulky vrstvy CFs (zdroj: vlastní zpracování)

Distribuci *planning units* a *conservations features* znázorňuje mapa, jež je součástí přílohy č. 1.

² Dostupný z: <https://www.ochranaprirody.cz/res/archive/299/036740.pdf?seek=1465205752>.

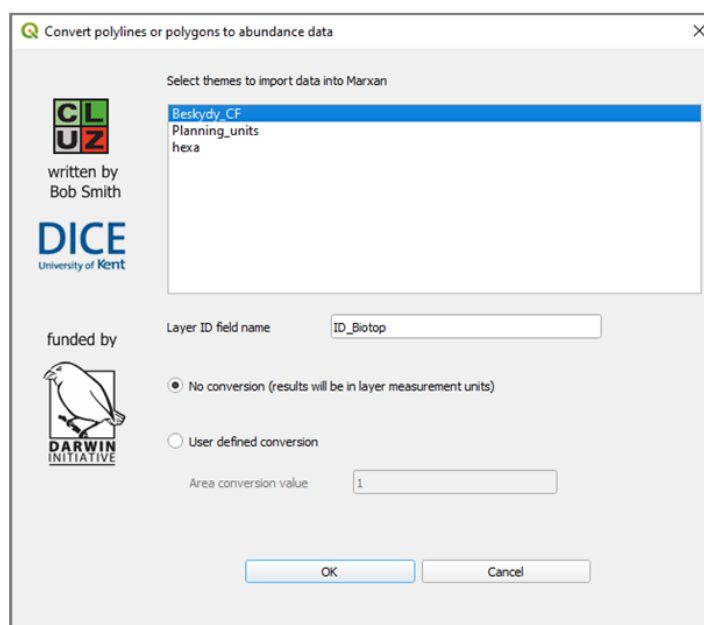
³ Hodnoty minimální velikosti areálu byly dodány vedoucím práce.

Uvedená kritéria splnilo celkem 42 typů biotopů, jejichž výčet je uveden v tabulce 4:

Tab. 4 Přehled typů biotopů (vlastní zpracování)

Kód biotopu	Název biotopu
A4.2	Subalpínské vysokobylinné nivy
A4.3	Subalpínské kapradinové nivy
K1	Mokřadní vrbiny
K2.1	Vrbové křoviny hlinitých a písčitých náplavů
K2.2	Vrbové křoviny štěrkových náplavů
K3	Vysoké mezofilní a xerofilní křoviny
L1	Mokřadní olšiny
L2.1	Horské olšiny s olší šedou
L2.2	Údolní jasanovo-olšové luhy
L3.2	Polonské dubohabřiny
L4	Suťové lesy
L5.1	Květnaté bučiny
L5.2	Horské klenové bučiny
L5.4	Acidofilní bučiny
L7.1	Suché acidofilní doubravy
L9.1	Horské třtinové smrčiny
L9.3	Horské papratkové smrčiny
M1.1	Rákosiny eutrofních stojatých vod
M1.5	Pobřežní vegetace potoků
M1.6	Mezotrofní vegetace bahnitých substrátů
M1.7	Vegetace vysokých ostríc
M2.1	Vegetace letněných rybníků
M4.1	Štěrkové náplavy bez vegetace
M5	Devětsilové lemy horských potoků
R1.1	Luční pěnovcová prameniště
R1.2	Luční prameniště bez tvorby pěnovců
R1.3	Lesní pěnovcová prameniště
R1.4	Lesní prameniště bez tvorby pěnovců
R2.2	Nevápnitá mechová slatiniště
R2.3	Přechodová rašeliniště
S1.2	Štěrbínová vegetace vápnatých skal a drolin
S1.3	Vysokostébelné trávníky skalních terás
S1.4	Vysokobylinná vegetace zazemněných drolin
S1.5	Křoviny skal a drolin s rybízem alpským
T1.1	Mezofilní ovsíkové louky
T1.10	Vegetace vlhkých narušovaných půd
T1.2	Horské trojštětové louky
T1.3	Poháňkové pastviny
T1.4	Aluviální psárkové louky
T1.5	Vlhké pcháčové louky
T1.6	Vlhká tužebníková lada
T5.5	Acidofilní trávníky mělkých půd

Filtrace dat proběhla v ArcGIS Pro. Po přidání tabulky (*Add Join*) byly vyhledány a následně odstraněny záznamy KVES a mozPN/mozPS. Rozloha plochy byla spočtena pomocí nástroje *Calculate Geometry Attributes* a zapsána do nového atributu [ha] a došlo k odstranění záznamů s rozlohou menší než rozloha Min_area_Ha [ha]. Každý biotop musel mít identifikační číslo, z toho důvodu byl vytvořen atribut ID_Biotop obsahující ID prvků (číselná posloupnost navýšení hodnotou 1 – *SequentialNumber*). Vrstva CFs byla před vstupem do zásuvného modulu zpracována pomocí nástrojů *Multipart to Singlepart* a *Repair Geometry*. Následovala konverze dat do tabulky abundance druhů (obrázek 19). V důsledku toho byly v tabulce target.csv automaticky vyplněny atributy Ear+Cons (množství jednotl. CFs nacházející se ve statusu PU jako Earmarked a Conserved), Total (celkové množství každého CF zaznamenaného v tabulce abundance druhů) a PC_target (procento dosažení target na základě hodnot atributů Target a Ear+Cons). V souboru puvspr2.dat byly automaticky přidána data o prostorovém rozložení CFs v PUs.



Obr. 19 Definování CFs (zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka target.csv byla automaticky doplněna o příslušná data, poté následovalo doplnění zbývajících dat uživatelem s ohledem na zachování výchozí datové struktury (obrázek 20).

Id	Name	Type	Target	Spf	Ear+Cons	Total	PC_target
1					3665.0229	6392.0149	-1
2					468.163	4053.528	-1
3					10475.113	19879.733	-1
4					0	91140.79	-1
5					119.945	31757.579	-1
6					2375.861	299089.62	-1
7					11255.44	25627.134	-1
8					30763.810	79507.371	-1

Obr. 20 Datový náhled automaticky vygenerovaných hodnot tabulky target.csv (zdroj: vlastní zpracování)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Id,Name,Type,Target,Spf,Ear+Cons,Total,PC_target							
2	1,A4_2,1,0,47,3665.022999999999,6392.014999999999,-1							
3	2,A4_3,1,1558.601,44,468.163,4053.528,-1							
4	3,K1,1,0,12,10475.113,19879.733000000004,-1							
5	4,K2_1,1,45570.395,12,0,91140.79,-1							
6	5,K2_2,1,15758.845,52,119.945,31757.579999999998,-1							
7	6,K3,1,147168.952,9,2375.861,299089.62600000045,-1							
8	7,L1,1,1558.127,35.500,11255.44,25627.134999999995,-1							
9	8,L2_1,1,8989.875,38,30763.810999999998,79507.371,-1							
10	9,L2_2,1,582445.067,22.500,103285.448000000002,1371461.03,-1							
11	10,L3_2,1,1395.597,35.500,52500.618999999999,107792.43100000001,-1							
12	11,L4_1,0,23,582174.7160000001,1150758.6620000007,-1							
13	12,L5_1,1,5228558.782,22.000,9239241.127000032,28935599.81700024,-1							
14	13,L5_2,1,0,32.500,392349.1209999999,443048.70699999994,-1							
15	14,L5_4,1,18883165.208,18.500,13782385.392000025,65331101.20099824,-1							
16	15,L7_1,1,12413.052,18.500,0,24826.104,-1							
17	16,L9_1,1,0,16.500,1655527.625000002,2187275.699000003,-1							
18	17,L9_3,1,0,23,813104.3000000003,1045069.5429999998,-1							
19	18,M1_1,1,5714.811,9,0,11429.622,-1							
20	21,M1_5,1,962.332,16,409.386,2743.436,-1							
21	22,M1_6,1,0,17,1044.434,1044.434,-1							
22	23,M1_7,1,587.356,7,0,1174.711,-1							
23	24,M2_1,1,66870.461,42,0,133740.922,-1							
24	26,M4_1,1,14649.019,31,3215.814999999996,35729.668,-1							
25	27,M5_1,62297.197,22,7368.161999999999,139330.71899999998,-1							
26	28,R1_1,1,152.877,44,0,305.75300000000004,-1							
27	29,R1_2,1,405.572,38,0,811.1439999999999,-1							
28	30,R1_3,1,2367.452,31,49.862,4834.628999999999,-1							
29	31,R1_4,1,73183.383,34,32806.430000000002,211979.626999999995,-1							

Obr. 21 Datový náhled naplnění tabulky target.csv
(zdroj: vlastní zpracování)

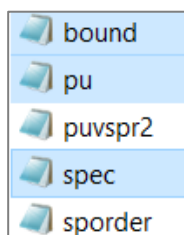
Do tabulky byly přidány kódy biotopů. Záznamy atributu Type – nastaveny na hodnotu 1 (z důvodu jednoho datového zdroje). Definované hodnoty atributu Target byly obdrženy od vedoucího práce a přepočítány z procentuálního vyjádření na absolutní jednotky [m²]. Byly stanoveny 3 základní scénáře⁴ pro výpočty s různými hodnotami Target:

1. scénář – 25 % (Target)
2. scénář – 50 % (Target)
3. scénář – 75 % (Target)

Stanovená hodnota 25(50,75) % je hodnota zapsaná v atributu Target. Byla vypočtena tak, že z celkové výměry daného biotopu (CF – atribut Total) bylo vypočteno 25(50,75) %. Od vypočtené hodnoty byla dále odečtena výměra daného CF, která je již dostatečně chráněna (tzn. výměra CF v existujících Conserved PU). Záporné hodnoty rozdílu byly nahrazeny za hodnotu nula. Záznamy SPF vychází z hodnot BVM degradační řady a byly poskytnuty vedoucím práce.

Marxan analýza

Užitím funkce *Create Marxan files* (obrázek 22) byly do adresáře input vygenerovány soubory bound.dat bound.dat, pu.dat a spec.dat.



Obr. 22 Ukázka vygenerovaných souborů v adresáři input (zdroj: vlastní zpracování)

⁴ Scénářem se rozumí různá pravidla použité v objektivní funkci. Počítáno z výchozích hodnot Target.

Pro spuštění Marxan analýzy bylo nutno nastavit následující parametry prostřednictvím funkce *Launch Marxan*:

- Number of iterations: 1 000 000
- Number of runs: 10
- Zahrnutí Boundary Length Modifier BLM: 1,3⁵
- Starting proportion: výchozí hodnota 0,2
- Species missing if *Target* proportion is lower than: 0,97¹⁸

Výsledky analýzy

Po ukončení výpočtu byla ve vrstvě PUs automaticky vygenerovány dva atributy:

- Best (obsahující PUs, které Marxan zahrnul do výsledného výběru)
- SF_Score (obsahující frekvenci výběru PUs Marxan analýzou).

Dále byl vytvořen do adresáře, kde je umístěn Marxan.exe, konfigurační soubor input.dat (obsahující nastavení Marxan výpočtu) a několik výstupních souborů, jejichž výčet je uveden v tabulce 3.

```
General Parameters
VERSION 0.1
BLM 1.3
PROP 0.2
RANDSEED -1
BESTSCORE 10
NUMREPS 10

Annealing Parameters
NUMITNS 1000000
STARTTEMP -1.0000000000000E+0000
COOLFAC 6.0000000000000E+0000
NUMTEMP 10000

Cost Threshold
COSTTHRESH 0.0000000000000E+0000
THRESHPEN1 1.4000000000000E+0001
THRESHPEN2 1.0000000000000E+0000

Input Files
INPUTDIR C:\A25_Beskydy\input
SPECNAME spec.dat
PUNAME pu.dat
PUVSPRNAME puvspr2.dat
MATRIXSPORDERNAME sporder.dat
BOUNDNAME bound.dat

Save Files
SCENNAME output1
SAVERUN 0
SAVEBEST 2
SAVESUMMARY 2
SAVESCEN 0
SAVETARGET 2
SAVESUMSOLN 2
SAVELOG 0
OUTPUTDIR C:\A25_Beskydy\output

Program control.
RUNMODE 1
MISSLEVEL 0.97
ITIMPTYPE 0
HEURTYPE -1
CLUMPTYPE 0
VERBOSITY 3
```

Obr. 23 Ukázka konfiguračního souboru input.dat (zdroj: vlastní zpracování)

⁵ Hodnoty doporučeny vedoucím práce.

Následně došlo k realizaci tří modifikovaných výpočtů pro každý scénář. Modifikovány byly hodnoty atributů SPF a Cost. První modifikovaný výpočet byl zaměřen na vyjádření hodnot SPF jako cena za navrhovanou plochu. Toho bylo docíleno součinem výchozích hodnot SPF a výměry *Target*.

$$SPF_n = SPF_p \times T \quad (4)$$

SPF_n – nová hodnota SPF

SPF_p – původní hodnota SPF

T – výměra *Target*

Druhá modifikace spočívala ve vyjádření hodnot SPF jako cena průměrné plochy (součin výchozích hodnot SPF a průměrné velikosti biotopu). Průměrná velikost biotopu byla zjištěna výběrem všech segmentů daného biotopu, následným sečtením jejich výměr a vynásobením počtem segmentů).

$$SPF_n = SPF_p \times \bar{X}_b \quad (5)$$

SPF_n – nová hodnota SPF

SPF_p – původní hodnota SPF

\bar{X}_b – průměrná velikost segmentu biotopu

Třetí modifikace registruje změnu hodnot Cost v PUs. Stávající bodové hodnoty Cost (plochou vážený průměr) byly změněny na plošnou hodnotu, což bylo realizováno vynásobením hodnot Cost a výměr ploch.

$$Cost_n = Cost_p \times P \quad (6)$$

$Cost_n$ – nová hodnota Cost

$Cost_p$ – původní hodnota Cost

P – výměra plochy

Třetí modifikovaný výpočet byl dále zopakován pro výpočty předchozích modifikací, tj. první a druhé modifikace. Přehled realizovaných Marxan analýz je uveden v tabulce 5.

Tab. 5 Přehled Marxan výpočtů (vlastní zpracování)

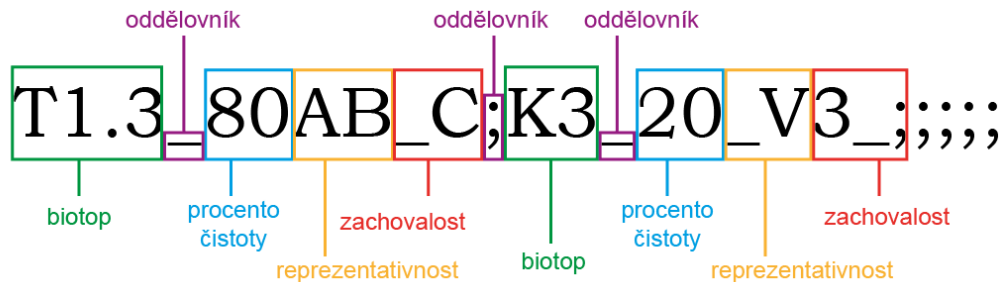
Označení výpočtu	Modifikace	Charakteristika modifikace	Scénář
Z0	–	–	1. (25 %) 2. (50 %) 3. (75 %)
M1	–	Hodnota SPF vyjádřena jako cena za navrhovanou plochu	1. (25 %) 2. (50 %) 3. (75 %)
M2	–	Hodnota SPF vyjádřena jako cena za průměrnou plochu	1. (25 %) 2. (50 %) 3. (75 %)
M3a	Z0	Změna hodnot Cost v PU (plošná hodnota)	1. (25 %) 2. (50 %) 3. (75 %)
M3b	M1	Změna hodnot Cost v PU (plošná hodnota)	1. (25 %) 2. (50 %) 3. (75 %)
M3c	M2	Změna hodnot Cost v PU (plošná hodnota)	1. (25 %) 2. (50 %) 3. (75 %)

3.2 CZ-GLOBIO

Tato kapitola dokumentuje výpočty dílčích driverů pro potřeby modelu CZ-GLOBIO (Pechanec, 2016). Vzhledem k zájmovému území došlo k aplikování modelu v lokálním měřítku, což se odráží ve výpočetních tabulkách driverů MSA_f , MSA_i a MSA_n . Veškeré dílčí kroky vedoucí k výpočtům hodnot vrstev driverů MSA_f , MSA_i , MSA_n a MSA_{tot} byly zautomatizovány v prostředí ModelBuilder v ArcGIS Pro.

3.2.1 Driver MSA_{lu}

Driver využití země (land use) – MSA_{lu} – vychází z vektorové polygonové vrstvy DKV, který obsahuje informace o zachovalosti a reprezentace biotopů v roce 2019. Seznam všech biotopů z vrstvy DKV na území CHKO Beskydy je obsažen v příloze č. 38. Nejdříve byla přiřazena jednotlivým segmentům biotopů náležitá hodnota MSA_{lu} dle expertních tabulek poskytnutými vedoucím práce. Z prostředí ArcGIS Pro byla vyexportována atributová tabulka vrstvy DKV do Excelu. Zde byly biotopy rozděleny do kategoriích podle přirozenosti na přírodní, přírodě blízké, přírodě cizí a nepřírodní. Od zařazení v kategoriích se odvíjí přiřazení daných hodnot. Pro nepřírodní a přírodně cizí biotopy byly přímo přiřazeny hodnoty dle převodních tabulek, jež jsou obsaženy v příloze č. 40. Oproti tomu biotopům přírodním a přírodně blízkým byly uděleny hodnoty na základě kombinace hodnot koeficientů reprezentativnosti a zachovalosti (příloha č. 39), které jsou zakódovány v atributu BIOTOP (DKV). Hodnoty mozaik biotopů byly přiřazeny na základě prostorově váženého průměru (procentuálního zastoupení) biotopů v daném segmentu. Struktura kódu mozaik je uvedena na obrázku 24.



Obr. 24 Struktura kódovaných informací v mozaice – mozPS; mozPS (zdroj: vlastní zpracování)

Po přiřazení hodnot MSA_{lu} k jednotlivým identifikačním číslům (ID) segmentů biotopů došlo k připojení přiřazených hodnot k patřičným segmentům vrstvy DKV podle atributu ID nástroj *Join*, čímž došlo k prostorové distribuci hodnot. Následovalo použití nástroje *Dissolve* – agregace na základě atributu přirodnosti. Vrstva dále vstoupila do nástroje *Multipart To Singlepart*.

3.2.2 Driver MSA_f

Výpočet driveru fragmentace území (fragmentation) – MSA_f – vychází z vrstvy DKV. Bylo potřeba připravit vrstvu přírodnosti biotopů, což bylo provedeno tak, že biotopy byly v Excelu nejdříve klasifikovány do kategorií (tabulka 6):

- přírodní a přirozené (natural) – zde byla prováděna fragmentace území
- nepřirodní (non natural) – hodnoty MSA_f = 0,01
- vodoteče – prázdné hodnoty *Null*

Tab. 6 Dělení na přírodní a nepřirodní kategorie pro potřeby indexů MSA_f a MSA_i
(zdroj: vlastní zpracování)

Přírodnost biotopů	Výčet biotopů	ID Přirozenosti
Přírodní – přirozené	ne X;Y-ové biotopy	1
Přírodní – přírodě vzdálené	X5, X8, X9, X9A, X9B, X10, X11, X12A, X12B, X13, X14	2
Nepřírodní – přírodě cizí	X2, X3, X4, X7A, X7, X7b	3
Nepřírodní – umělé	Y1, Y10, Y11, Y12, Y13, Y14, Y15, Y16, Y17, Y18, Y19, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y8	4
Vodní plochy /otevřená vodní hladina/ (nikoliv pobřežní vegetace, která už je ve vodě) – jsou vyčleněny zvlášť a neřadí se zde.	Y21, Y 22	5

Nástrojem *Add Join* proběhlo podle atributu ID biotopu přiřazení kategorií biotopů k daným biotopům. Vrstva přírodnosti byla finálně upravena pomocí nástroje *Dissolve* dle atributu ID přírodnosti a dále upravena nástrojem *Multipart To Singlepart*.

Další krok spočíval v přípravě základní fragmentační vrstvy. Zde vstoupily prvky liniové sítě silnic a elektrifikovaných železnic z datové sady OpenStreetMap. Bylo nutno transformovat geometrii linií na polygony, a to prostřednictvím vytvoření vnějších obalových zón podél linií pomocí nástroje *Buffer*, jejichž velikosti závisely na jednotlivých kategoriích dopravních komunikací v tabulce 8 (poskytnuta vedoucím práce). Hodnoty šířek komunikací byly ověřeny měřením nad ortofoto vrstvou služby WMS od ČÚZK.

Tab. 7 Velikost bufferů v závislosti na šířce komunikace v kategoriích komunikace
(zdroj: vlastní zpracování)

Kategorie dopravní komunikace	Šířka komunikace (m)	Velikost bufferu (m)
Dálnice	34	17
Rychlostní silnice	28	14
Silnice I. třídy	12	6
Silnice II. třídy	8	4
Silnice III. třídy	6,6	3,3
Neevidované / obslužné komunikace	4	2
Elektrifikované železnice (dvoukolejná)	15	2,5

Geometrie vrstev obalových zón silnic a elektrifikovaných železnic byly sloučeny nástrojem *Identity* a sloučená vrstva byla výsledně ořezána územím CHKO Beskydy – *Clip*. Tato vrstva byla finálně sloučena (*Identity*) s vrstvou přírodnosti. Jednotlivým segmentům byly přiděleny hodnoty MSA_f na základě polohy daného segmentu komunikací pomocí převodní tabulky 8 pro lokální měřítko aplikace modelu.

Tab. 8 Hodnoty MSA_f pro lokální měřítko (zdroj: vlastní zpracování)

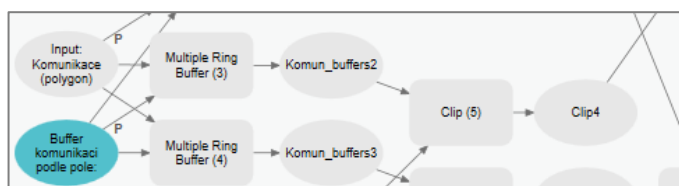
Pro lokální měřítko	
Area [km ²]	MSA_f
< 0,5	0,3
1,06	0,6
2,24	0,7
4,73	0,9
10	0,95
> 10	1

3.2.3 Driver MSA_i

Driver infrastruktury (infrastructure) – MSA_i – je ovlivněn několika faktory, zejména vzdáleností k dopravním komunikacím, typy využití půdy a hustotou zalidnění. Zmíněné faktory byly zohledněny ve výběru vstupních dat. Vrstva DKV sloužila k rozdělení území na kategorie přírodní a nepřírodní. Rozdělení přírodnosti bylo provedeno již v předchozím výpočtu driveru MSA_i . Nepřírodní kategorii (přírodě cizím, umělým biotopům a komunikacím) byla přidělena hodnota $MSA_i = 0,01$. Vodním plochám náležely prázdné hodnoty *Null*. Hodnoceny byly pouze přírodní a přírodě blízké biotopy, kterým bylo nutno přiřadit náležité úrovně citlivosti (zranitelnosti). Přehled rozdělení citlivosti biotopů je uveden v příloze č. 41. Tři úrovně citlivosti jsou následující: velmi citlivé, citlivé a méně citlivé.

Aspekt vzdálenosti od výskytu či působení lidí byl zohledněn tak, že dopravním komunikacím⁶ byly vytvořeny obalové zóny užitím nástroje *Multiple Ring Buffer* pro vzdálenosti: 0,15 – 0,25 – 0,3 – 0,45 – 0,5 – 0,75 – 0,9 – 1 – 1,35 – 1,5 – 2,25 – 3 – 4,5 – 5 – 6 – 7,5 – 10 – 15 km. Hustota zalidnění v obcích byla vypočítaná podílem počtem obyvatel⁷ a rozlohou území [km²].

Nástroj *Identity* sloučil vrstvy biotopů s přiřazením citlivosti, obalových zón a hustoty osídlení v obcích. Hodnoty MSA_i byly přiřazeny na základě převodních tabulek, jež jsou součástí přílohy č. 41. Na obrázku 25 se nachází ukázka nástroje pro výpočet hodnot MSA_i v prostředí ModelBuilder.



Obr. 25 Ukázka nástroje ModelBuilder pro výpočet hodnot MSA_i (zdroj: vlastní zpracování)

⁶ Totožná vrstva, použitá v předchozím driveru MSA_f .

⁷ Počet obyvatel je datován k 1. 1. 2020 (ČSÚ).

3.2.4 Driver MSA_n

Vrstva driveru ukládání atmosférického dusíku (Atmospheric nitrogen deposition) – MSA_n – vychází z vrstvy DKV a vrstvy obsahující data z expertního měření hodnoty dusíkatých spadů. Data z expertního měření, jež byla poskytnuta doc. Zapletalem v gridu 500×500 km, zahrnují hodnoty spadu dusíkatých látek.

Nejdříve byla vrstva DKV proložena (Identity) gridem spadu a spočteno překročení hodnot dusíku, tzv. critical load CL [$g \times m^2 / rok$]. Hodnoty CL (pufrace) vtažené na vrstvu DKV za rok 2020 byly vypočítány Ing. Ondřejem Cudlínem, Ph.D., doc. RNDr. Pavlem Cudlínem, CSc. a doc. RNDr. Vilémem Pechancem, Ph.D. Poté byl proveden výpočet impaktu dusíkatých depositů rozdílem hodnot dusíkatých depositů (spadu) a critical load užitím vzorce:

$$NE = ND - CL \quad (7)$$

NE – impakt dusíkatých depositů

ND – dusíkaté deposity

CL – critical load

Následovalo přiřazení hodnot MSA_n . Záporným hodnotám impaktu dusíkatých depositů NE náležela hodnota $MSA_n = 1$. Oproti tomu kladným hodnotám NE byly hodnoty vypočítány pomocí vzorce:

$$MSA_n = 1 - \ln(NE + 1) \quad (8)$$

MSA_n – driver atmosférického ukládání dusíku.

NE – impakt dusíkatých depositů

3.2.5 Driver MSA_{tot}

Jednotlivé vrstvy driverů bylo nutno před vstupem do finálního výpočtu indexu MSA_{tot} očistit (odstranit nadbytečné atributy, které by případně brzdily rychlost výpočtu). Dále verifikovat, zda mají všechny vrstvy totožné datové pole hodnot MSA , souřadnicový systém (S-JTSK) a společnou geometrickou hranici (*Clip vrstvou území CHKO Beskydy*). Došlo ke sloučení všech vrstev nástrojem *Identity* a následně aplikaci výpočtu hodnot MSA_{tot} prostřednictvím matematického vztahu:

$$MSA_{tot} = \sqrt{\frac{MSA_{lu}^2 + MSA_f^2 + MSA_i^2 + MSA_n^2}{\sqrt{4}}} \quad (9)$$

MSA_{tot} – indikátor průměrného zastoupení druhů

MSA_{lu} – driver využití země

MSA_f – driver fragmentace

MSA_i – driver infrastruktury

MSA_n – driver atmosférického ukládání dusíku.

Statistická tabulka (příloha č. 37) zahrnuje hodnoty dílčích vrstev driverů MSA . Přílohy 32 až 36 obsahují výsledné mapy driverů.

3.3 Testování míry integrace

3.3.1 Datová integrace

Předmětem testování v této úrovni je ověření vhodnosti (tj. rozsah dat, výskyt všech potřebných atributů, jejich použití pro naplnění obou modelů) přípravy všech vstupních dat obou modelů z jednotného datového zdroje. Testování se dále zabývá ověřením nezávislosti zpracování vstupní vrstvy v libovolném GIS produktu.

Zpracováním vstupní vrstvy Detailní kombinované vrstvy (DKV) prostřednictvím filtrace (na základě splněných kritérií) byla získána vrstva CFs. Vrstva plánovacích jednotek byla vygenerována nástrojem Repeating Shapes v GIS rozhraní ArcMap 10.7 (poskytnuta vedoucím práce). Nicméně nástroje pro generování pravidelných tvarů lze použít jak v ArcGIS Pro (*Generate Tessellation*), tak v QGIS (zásuvný modul *MMQGIS*).

Výpočet hodnot MSA jednotlivých driverů vychází rovněž z Detailní kombinované vrstvy (DKV). Jednotlivým segmentům biotopů byly přiřazeny náležité hodnoty MSA. Do výpočtu dále vstoupili vrstvy dopravních komunikací, obcích s hustotou zalidnění, hodnot spadu dusíkatých látek aj.

3.3.2 Technická integrace

Použití GIS rozhraní pro aplikaci modelu Marxan

Generování vstupních dat do modelu Marxan proběhlo v prostředí QGIS pomocí zásuvného modulu CLUZ. Program QGIS poskytl možnosti pro práci s atributovými tabulkami, tj. vytváření nových atributů, aktualizace záznamů, kalkulace výměry a dále možnost prostorového průniku vrstev PUs a CFs. K úpravě tabulky *Target* byl použit tabulkový editor Excel, avšak i ten je možno upravit v prostředí QGIS.

Dále bylo testováno generování vstupních dat do modelu Marxan v rozhraní ArcGIS Pro. Program umožňuje editaci atributových tabulek i analýzy prostorového průniku, avšak hodnoty vstupních povinných souborů k analýze Marxan by musely být zadány uživatelem v textovém editoru. V současné době není k dispozici podporovaný nástroj, který by umožnil generování vstupních souborů pro Marxan v prostředí ArcGIS Pro.

Použití GIS rozhraní pro aplikaci modelu CZ-GLOBIO

Přípravu dat pro aplikaci modelu CZ-GLOBIO lze realizovat v obou programech ArcGIS Pro i QGIS. Zmíněné GIS obsahují prostorové analytické nástroje (ořez, obalové zóny, sloučení, překryv aj.) a nástroje sloužící k editaci tabulek (přidání/odstranění atributu, připojení tabulky, vypočítání hodnot atributů, vypočítání výměry geometrie), jimiž lze vypočítat shodné hodnoty MSA pro jednotlivé environmentální drivery.

3.3.3 Znalostní integrace

Integrace prostřednictvím modifikace

Integrace spočívala v ovlivnění modelu Marxan modelem CZ-GLOBIO. Do výpočtů tří základních scénářů Marxan analýzy vstoupili hodnoty driverů MSA_f a MSA_{tot} coby modifikátory hodnot Cost v PUs. Nejdříve bylo nutno vyčíslit hodnoty MSA_f jako prostorově vážený průměr. Ve vrstvě PUs byl dále vytvořen nový atribut s názvem $Cost_x_MSA_F$, jenž posloužil pro výpočet modifikovaných hodnot, získané součinem hodnot atributu Cost a MSA_f (vzorec 10).

$$Cost_n = MSA_f \times Cost_p \quad (10)$$

$Cost_n$ – nová hodnota Cost

$Cost_p$ – původní hodnota Cost

MSA_f – prostorově vážený průměr hodnot MSA driveru fragmentace

Hodnoty atributu Cost_x_MSA_F tak vstoupili do programu Marxan jako hodnoty Cost. Stejný postup byl aplikován pro hodnoty driveru MSA_{tot} .

Dále byl realizován inverzní přístup předchozí modifikace. Od čísla jedna byly odečteny prostorově vážené průměry hodnot MSA_f a vynásobeny původními hodnotami Cost základních scénářů (vzorec 11). Výpočet byl opakován s hodnotami MSA_{tot} .

$$Cost_n = (1 - MSA_f) \times Cost_p \quad (11)$$

$Cost_n$ – nová hodnota Cost

$Cost_p$ – původní hodnota Cost

MSA_f – prostorově vážený průměr hodnot MSA driveru fragmentace

Ke komplexnímu srovnání výsledků obou modelů byly sestaveny dvě přehledné tabulky výpočtů, integrující dílčí koeficienty z obou modelů. První tabulka (Vyber_Marxan_XXX-XX) zahrnuje informace ze druhého integračního přístupu a základního výpočtu pro každý scénář. Druhá tabulka (Static_tab_XXX-XX) byla zkonstruována pro jednotlivé výpočty Marxan analýzy všech scénářů.

4 VÝSLEDKY

Výsledkem práce je několikanásobná aplikace modelů s různou mírou integrace obou modelů. Následující tabulka (obr. 26) shrnuje realizované výpočty v programu Marxan, a to jak základního, tak pokročilého zpracování.

	Označení výpočtu	Modifikace	Charakteristika modifikace	Scénář	Chybějící rozloha do splnění Target (m ²)	Počet biotopů nesplňujících Target
Zákl. výp.	Z0	-	-	1. (25 %)	8 359 860,69	24
				2. (50 %)	10 074 021,32	10
				3. (75 %)	74 362 591,02	36
Modifikace	M1	-	Hodnota SPF vyjádřena jako cena za navrhovanou plochu	1. (25 %)	5 549 296,43	3
				2. (50 %)	5 988 563,31	8
				3. (75 %)	7 962 144,81	11
	M2	-	Hodnota SPF vyjádřena jako cena za průměrnou plochu	1. (25 %)	6 426 995,69	9
				2. (50 %)	6 380 980,91	8
				3. (75 %)	8 846 380,38	14
	M3a	Z0	Změna hodnot Cost v PU (plošná hodnota)	1. (25 %)	2 173,39	2
				2. (50 %)	17 581 416,44	16
				3. (75 %)	19 963 494,02	15
	M3b	M1	Změna hodnot Cost v PU (plošná hodnota)	1. (25 %)	2 102,03	2
				2. (50 %)	16 599 372,00	12
				3. (75 %)	18 721 674,56	17
	M3c	M2	Změna hodnot Cost v PU (plošná hodnota)	1. (25 %)	16 648 018,84	15
				2. (50 %)	16 703 220,94	15
				3. (75 %)	19 080 479,99	15
Integrace	I1a	-	MSA_F modifikuje hodnotu Cost v PU	1. (25 %)	8 435 988,143	25
				2. (50 %)	39 259 106,318	31
				3. (75 %)	73 548 317,163	36
	I1b	-	MSA_TOT modifikuje hodnotu Cost v PU	1. (25 %)	8 442 496,493	26
				2. (50 %)	40 304 287,589	31
				3. (75 %)	74 185 716,727	35
	I2a	-	MSA_F modifikuje hodnotu Cost v PU	1. (25 %)	8 805 071,464	25
				2. (50 %)	6 852 083,463	10
				3. (75 %)	73 364 853,789	36
	I2b	-	MSA_TOT modifikuje hodnotu Cost v PU	1. (25 %)	7 408 594,882	25
				2. (50 %)	41 788 403,253	31
				3. (75 %)	71 535 877,053	35
	I3a	Z0	- Integrace na základě interpretace -	25	-	-
				50	-	-
				75	-	-
I3b	I2a	- Integrace na základě interpretace -	25	-	-	
			50	-	-	
			75	-	-	
I3c	I2b	- Integrace na základě interpretace -	25	-	-	
			50	-	-	
			75	-	-	

Obr. 26 Přehled realizovaných výpočtů (zdroj: vlastní zpracování)

4.1 Výsledky aplikace modelu Marxan

Prvním výstupem práce jsou návrhy oblastí, jež mají být dodatečně chráněny. Jedná se o základní výpočet a pokročilé zpracování (tři modifikované výpočty) pro tři scénáře. Výsledky analýz byly zpracovány do mapových výstupů (přílohy č. 2–19) a referenčních statistických tabulek (přílohy č. 42–47). Statistické tabulky (ukázka v tabulce obr. 27) zahrnují informace o názvech, celkové výměře biotopů, výměře biotopů v chráněných PUs, Target, výměře (Marxan analýzou) vybraných PUs, splnění Target a jeho dosažení.

V každém výpočtu bylo počítáno celkem se 42 biotopy. Ze všech výpočtů byly nejuspěšnější scénáře č. 1 M3a a M3b, kde nesplnily Target pouze 2 biotopy (M1.7 a T5.5). Těmito modifikovanými výpočty byl prokázán přínos integrovaného výpočtů. Druhým úspěšným výsledkem je výpočet M1 scénáře č. 1, ve kterém 3 biotopy nebyly vybrány do naplnění Target. V rámci základních výpočtů Z0 byl dosažen nejlepší výsledek ve scénáři č. 2, kde nesplnilo Target pouze 10 biotopů. Oproti tomu se scénář č. 3, s počtem 36 biotopů nesplňujících Target, jeví jako zcela nevyhovující. Počet biotopů

nesplňujících Target ostatních výpočtů a scénářů se pohybuje převážně v rozmezí od 8 do 17, přičemž výpočtu M3c náleží každému ze scénářů 15 těchto biotopů.

Z celkového počtu 42 biotopů je 5 biotopů, které se nachází ve výsledném výběru všech scénářů dílčích výpočtů – L5.2, L9.1, L9.3, M1.6, S1.4 a S1.5. Všechny scénáře základních a pokročilých výpočtů Marxan analýzy mají společně 2 biotopy, které nebyly zahrnuty do výsledného řešení – M1.7 a T5.5 (1. scénář M3a a 1. scénář M3b). Dále u všech kromě 1. scénářů M1, M3a a M3b nebyl zahrnut biotop T1.4. Ve 14 výpočtech nebyly zahrnuty biotopy L5.4, ve 12 výpočtech biotopy L1, L2.1, M4.1, R1.4 a T1.2. Přehled nevybraných biotopů v jednotlivých výpočtech poskytuje tabulka obrázku 28.

Biotop	Celková výměra biotopu [m ²]	Výměra biotopu v conserved PU [m ²]	Target [m ²]	Skutečně vybráno [m ²]	Splnění Target	Target dosažen
A4.2	63 920 150,000	36 650 230,000	0,000	976,746	100%	ANO
A4.3	40 535 280,000	4 681 630,000	545,219	1 227,202	100%	ANO
K1	198 797 330,000	104 751 130,000	0,000	2 106,703	100%	ANO
K2.1	911 407 900,000	0,000	22 785,198	49 213,975	100%	ANO
K2.2	317 575 800,000	1 199 450,000	7 819,450	15 863,960	100%	ANO
K3	2 990 896 260,000	23 758 610,000	72 396,546	177 702,115	100%	ANO
L1	256 271 350,000	112 554 400,000	0,000	631,419	100%	ANO
L2.1	795 073 710,000	307 638 110,000	0,000	3 306,783	100%	ANO
L2.2	13 714 610 300,000	1 032 854 480,000	239 579,810	593 762,971	100%	ANO
L3.2	1 077 924 310,000	525 006 190,000	0,000	43 996,444	100%	ANO
L4	11 507 586 620,000	5 821 747 160,000	0,000	170 169,717	100%	ANO
L5.1	289 355 998 170,002	92 392 411 270,000	0,000	1 021 304,305	100%	ANO
L5.2	4 430 487 070,000	3 923 491 210,000	0,000	1 674,037	100%	ANO
L5.4	653 311 012 009,982	137 823 853 920,000	2 550 389,908	5 832 962,716	100%	ANO
L7.1	248 261 040,000	0,000	6 206,526	20 793,535	100%	ANO
L9.1	21 872 756 990,000	16 555 276 250,000	0,000	6 248,706	100%	ANO
L9.3	10 450 695 430,000	8 131 043 000,000	0,000	0,000	100%	ANO
M1.1	114 296 220,000	0,000	2 857,406	5 866,292	100%	ANO
M1.5	27 434 360,000	4 093 860,000	276,473	628,117	100%	ANO
M1.6	10 444 340,000	10 444 340,000	0,000	0,000	100%	ANO
M1.7	11 747 110,000	0,000	293,678	49,962	17,01%	NE
M2.1	1 337 409 220,000	0,000	33 435,231	67 455,002	100%	ANO
M4.1	357 296 680,000	32 158 150,000	5 716,602	11 645,376	100%	ANO
M5	1 393 307 190,000	73 681 620,000	27 464,518	56 814,323	100%	ANO
R1.1	3 057 530,000	0,000	76,438	271,421	100%	ANO
R1.2	8 111 440,000	0,000	202,786	559,240	100%	ANO
R1.3	48 346 290,000	498 620,000	1 158,800	2 382,316	100%	ANO
R1.4	2 119 796 270,000	328 064 300,000	20 188,477	45 077,711	100%	ANO
R2.2	125 718 940,000	53 966 570,000	0,000	492,477	100%	ANO
R2.3	124 622 920,000	0,000	3 115,573	6 742,777	100%	ANO
S1.2	325 971 650,000	174 881 820,000	0,000	279,109	100%	ANO
S1.3	1 497 790,000	0,000	37,448	148,444	100%	ANO
S1.4	5 550 140,000	0,000	138,753	352,592	100%	ANO
S1.5	7 999 130,000	7 999 130,000	0,000	0,000	100%	ANO
T1.1	284 931 043 369,998	15 459 506 810,000	5 577 325,403	12 524 012,167	100%	ANO
T1.10	561 850 170,000	36 413 860,000	10 404,868	24 771,194	100%	ANO
T1.2	3 491 609 290,000	126 943 980,000	74 595,834	153 206,226	100%	ANO
T1.3	93 462 787 170,000	5 109 310 100,000	1 825 638,670	4 078 073,698	100%	ANO
T1.4	259 532 060,000	0,000	6 488,301	7 302,310	100%	ANO
T1.5	4 485 977 170,000	115 730 880,000	100 576,341	255 933,991	100%	ANO
T1.6	1 194 763 800,000	69 889 280,000	22 880,167	61 259,236	100%	ANO
T5.5	85 995 550,000	2 202 170,000	1 929,672	0,000	0%	NE

Obr. 27 Náhled statistické tabulky M3a scénáře č. 1, součást přílohy č. 45 (zdroj: vlastní zpracování)

Biotop	Počet řešení, ve kterých se biotop nevyskytuje	Biotop	Počet řešení, ve kterých se biotop nevyskytuje
A4.2	2	M4.1	12
A4.3	9	M5	9
K1	4	R1.1	2
K2.1	2	R1.2	1
K2.2	3	R1.3	3
K3	2	R1.4	12
L1	12	R2.2	10
L2.1	12	R2.3	2
L2.2	1	S1.2	5
L3.2	1	S1.3	2
L4	1	T1.1	4
L5.1	10	T1.10	5
L5.4	14	T1.2	12
L7.1	2	T1.3	3
M1.1	2	T1.4	15
M1.5	9	T1.5	2
M1.7	18	T1.6	2
M2.1	1	T5.5	18

Obr. 28 Nevybrané biotopy ve výsledných dílčích řešení výpočtů (zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 9 registruje počet a výměru vybraných PUs prostřednictvím Marxan analýzy. S největší rozlohou (25 676,17 ha, tj. 21,31 % z rozlohy CHKO) vybraných PUs disponuje 3. scénář pokročilého zpracování M1. Nejmenší rozlohu (19 794,22 ha, tj. 16,42 % z rozlohy CHKO) ve 3. scénáři má výpočet M3a. Nejmenší rozloha (1 414,11 ha, tj. 1,17 % výměry CHKO) náleží základnímu výpočtu scénáři č. 1. Oproti tomu je v 1. scénáři výskyt největší rozlohy (18 466,37 ha, tj. 15,32 % rozlohy z CHKO) v pokročilém výpočtu M1. Atribut *Vybrané+Conserved PUs* charakterizuje součet rozloh vybraných a původně chráněných (Conserved) PUs. Celková výměra chráněných PUs odpovídá 10 098,06 ha, tj. 8,38 % z rozlohy CHKO. Poslední atribut tabulky *% podíl z CHKO* vyjadřuje procentuální podíl z rozlohy CHKO, jež by byla chráněna (počítáno z atributu *Vybrané+Conserved PUs*). Hodnoty posledního lze interpretovat: Výměra vybraných (Marxan analýzou) a chráněných (Conserved) PUs činí 26,68 % z celkové rozlohy CHKO. Vrstva CHKO disponuje s celkovou rozlohou zhruba 120 514 ha.

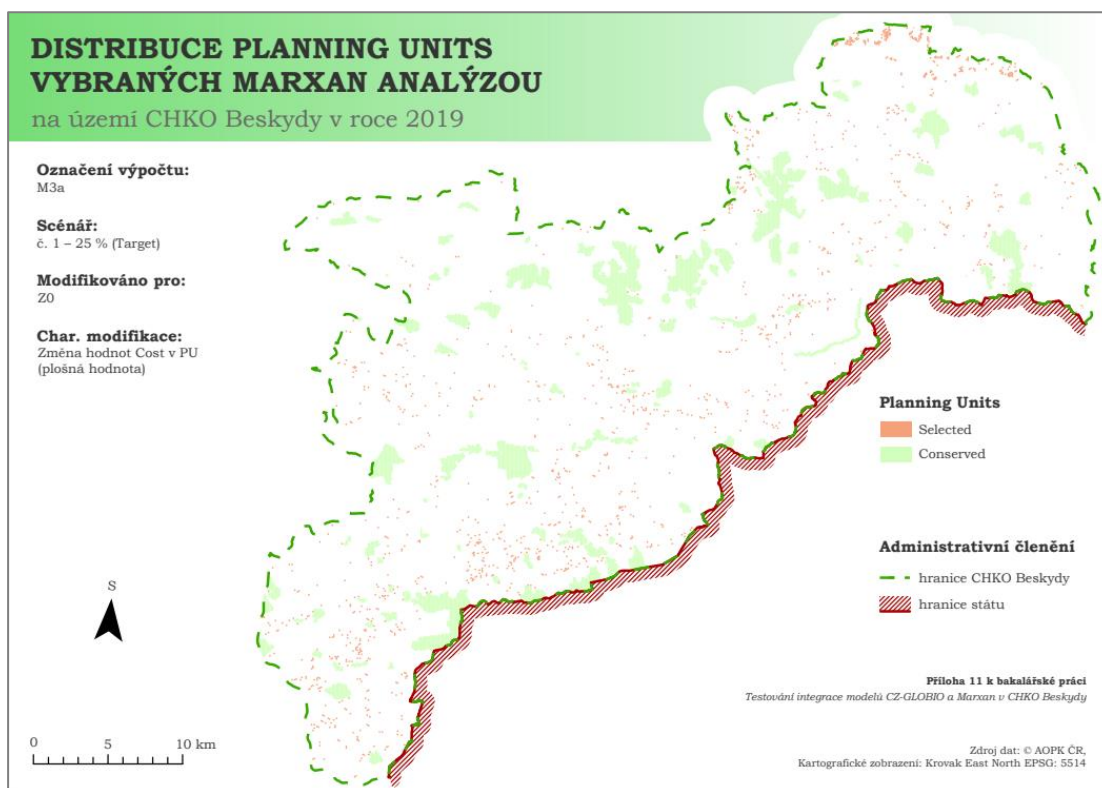
Tab. 9 Statistický přehled vybraných PUs pro jednotlivé výpočty (zdroj: vlastní zpracování)

Výpočet-scénář	PUs	Výměra PUs [ha]	Vybrané+Conserved PUs [ha]	% podíl z CHKO
Z0-25	1442	1414,11	11512,16	9,55
Z0-50	13716	13557,83	23655,89	19,63
Z0-75	21760	21542,80	31640,85	26,25
M1-25	18696	18466,37	28564,42	23,70
M1-50	16819	16589,67	26687,72	22,14
M1-75	25951	25676,17	35774,23	29,68
M2-25	17785	17569,14	27667,20	22,96
M2-50	18133	17913,54	28011,60	23,24
M2-75	25091	24852,07	34950,13	29,00
M3a-25	1471	1455,69	11553,75	9,59
M3a-50	4609	4577,04	14675,09	12,18
M3a-75	9747	9696,16	19794,22	16,42
M3b-25	1865	1850,90	11948,96	9,92
M3b-50	5465	5435,13	15533,19	12,89
M3b-75	10819	10766,09	20864,15	17,31
M3c-25	5377	5338,08	15436,14	12,81
M3c-50	5362	5332,80	15430,86	12,80
M3c-75	10628	10568,53	20666,59	17,15
Celkem	214736	212602,13	394367,17	-

Tabulka 10 obsahuje seznam map Marxan analýz, jež jsou součástí příloh 2–19. Mapy znázorňují prostorovou distribuci PUs vybraných Marxan analýzou a dále rozmístění původně chráněných PUs na území CHKO Beskydy. V každé mapě je obsaženo označení výpočtu, scénáře, dále některým mapám označení modifikace pro daný výpočet a charakteristika modifikace. Ukázka mapy je k dispozici na obrázku 29.

Tab. 10 Seznam vytvořených map aplikací modelu Marxan (zdroj: vlastní zpracování)

Výpočet-scénář	Příloha č.
Z0-25	2
Z0-50	3
Z0-75	4
M1-25	5
M1-50	6
M1-75	7
M2-25	8
M2-50	9
M2-75	10
M3a-25	11
M3a-50	12
M3a-75	13
M3b-25	14
M3b-50	15
M3b-75	16
M3c-25	17
M3c-50	18
M3c-75	19



Obr. 29 Výsledná mapa vybraných (Selected) a chráněných (Conserved) PUs (zdroj: vlastní zpracování)

4.2 Výsledky aplikace modelu CZ-GLOBIO

Dalším výstupem je hodnocení stavu biodiverzity užitím modelu CZ-GLOBIO. Výsledky hodnot MSA jednotlivých driverů hodnotících degradaci biotopů jsou vyjádřeny v mapových výstupech (přílohy č. 32–36) a shrnuty v referenčních statistických tabulkách (příloha č. 37). Mapové výstupy vyjadřují prostorovou distribuci biotopů s příslušnými hodnotami MSA. Hodnoty byly pro lepší čitelnost klasifikovány do pěti kategorií v rozpětí hodnot od nuly do jedné, přičemž jednotlivé kategorie se od sebe liší o hodnotu MSA 0,2. Obecně platí nepřímá úměra tzn. s klesající hodnotou MSA roste intenzita degradace biotopu. Tabulka (příloha č. 37) obsahuje informace o počtu segmentů, jejich rozloze a procentuálním zastoupení pro každou kategorii daného intervalu. Ukázka hodnot je obsahem tabulky (obr. 30). Je nutno podotknout, že rozloha segmentů indexu MSA_{tot} v kategorii *Nízká degradace biotopů* zaujímá více než polovinu celého území. Pouhé 4 % z celého území náleží kategorii *Vysoká degradace biotopů*. Největší počet segmentů biotopů je součástí kategorie *Vyšší degradace biotopů* a oproti tomu nejnížší počet segmentů náleží kategorii *Nízká*. Kategorii *Vysoká degradace biotopů* náleží procentuální podíl rozlohy driverů $MSA_{lu} - 4,78 \%$, $MSA_n - 0,6 \%$, $MSA_i - 3,97 \%$ a $MSA_f - 4,01 \%$. Největší projev degradace v CHKO Beskydy má driver fragmentaci území (MSA_f), který má průměrnou hodnotu rovnou 0,217. Oproti tomu nejmenší projev degradace (0,752) má driver ukládání dusíkatých látek (MSA_n). V tabulce 14 jsou zapsány hodnoty prostorově vážených průměrů MSA dílčích driverů.

Mapa distribuce biotopů s hodnotami MSA_{tot} je znázorněna na obrázku 31. Z obrázku je patrné, že vysoká degradace biotopů je situována v urbanizovaných místech (městská zástavba, podél komunikací). Oproti tomu biotopy s nízkou degradací jsou dostatečně vzdálené od dopravní infrastruktury.

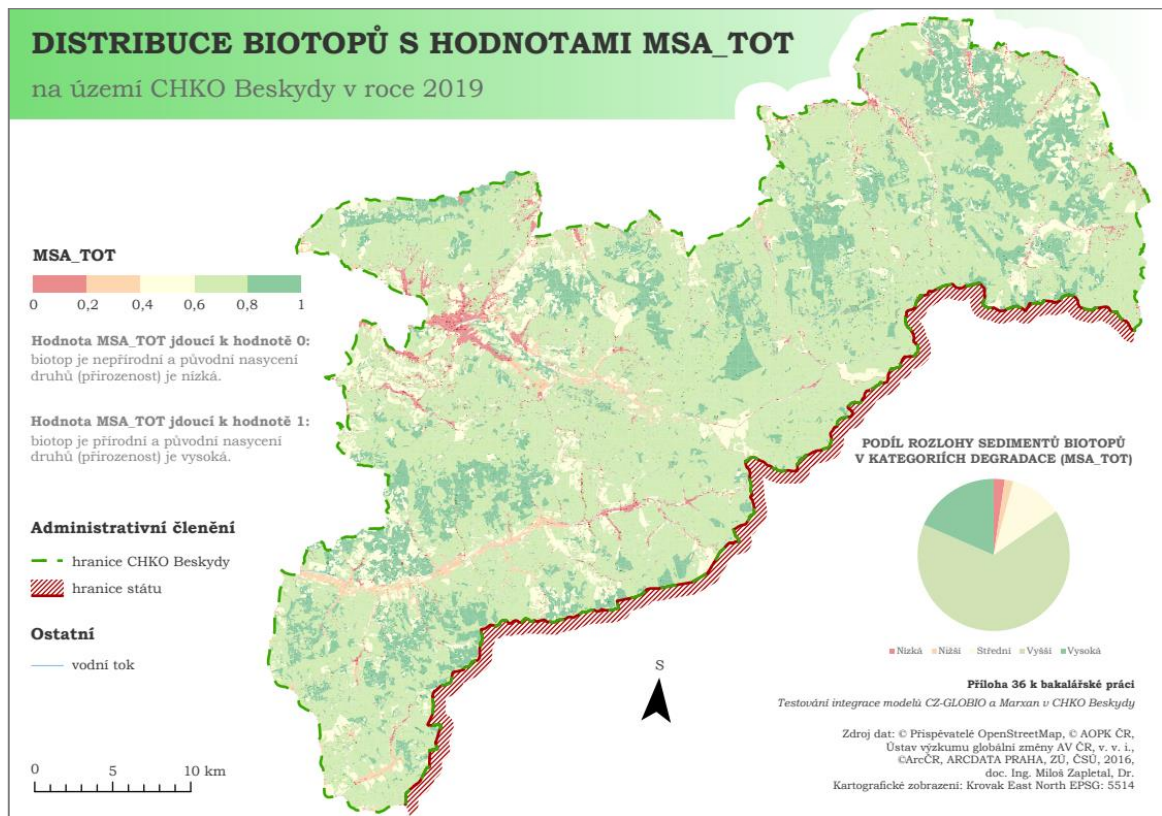
DEGRADACE BIOTOPŮ (MSA_F)				
Interval	Kategorie	Segmentů	Rozloha [m^2]	Zastoupení [%]
(0;0,2)	Vysoká	8 038	48 119 029,671	4,01
(0,2;0,4)	Vyšší	18 296	305 791 328,197	25,50
(0,4;0,6)	Střední	156	113 136 924,841	9,43
(0,6;0,8)	Nížší	75	113 145 430,929	9,43
(0,8;1)	Nízká	57	619 174 402,477	51,63
Celkem		26 622	1 199 367 116,115	100

*nejsou zde zahrnuty počty segmentů vodotečů

Obr. 30 Statistická tabulka degradace biotopů (MSA_{tot}), součást přílohy č. 37
(zdroj: vlastní zpracování)

Tab. 11 Hodnoty vážených průměrů vrstev MSA pro území CHKO Beskydy (zdroj: vlastní zpracování)

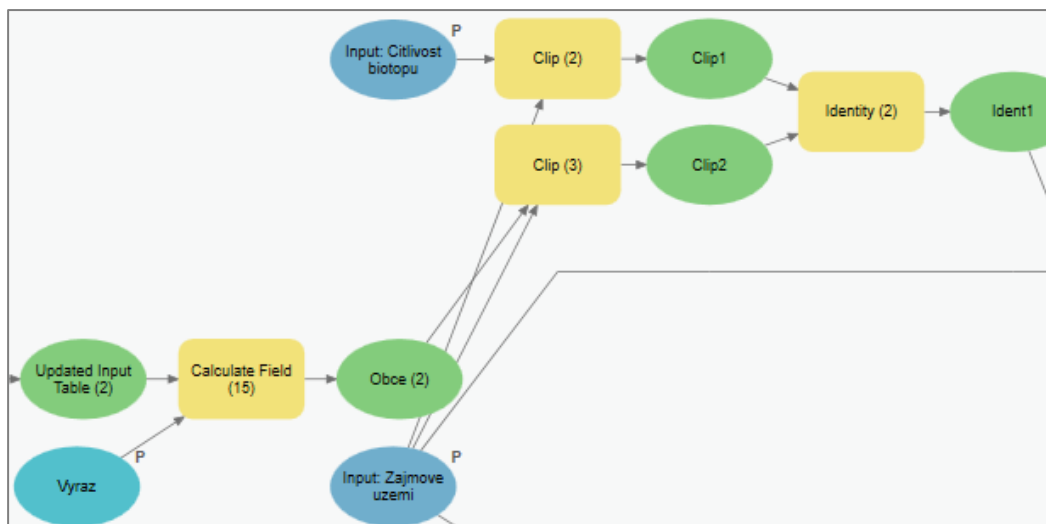
Vážený průměr MSA	
MSA_{lu}	0,54
MSA_f	0,70
MSA_i	0,69
MSA_n	0,74
MSA_{tot}	0,70



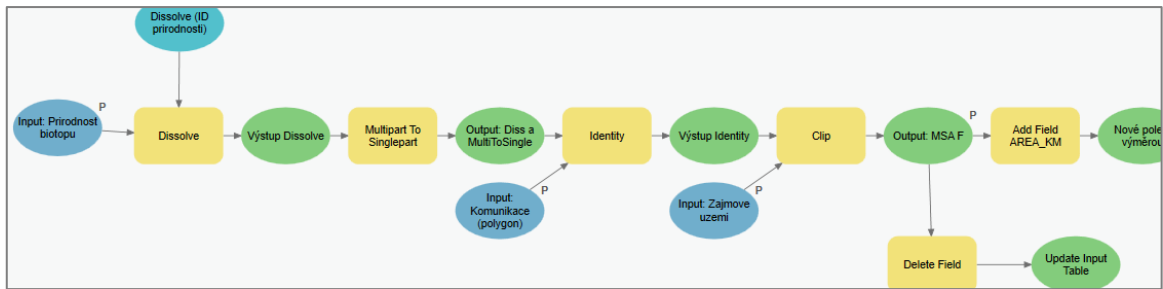
Obr. 31 Výsledná mapa s hodnotami MSA_{tot}
(zdroj: vlastní zpracování)

4.3 Nástroj výpočtu hodnot MSA

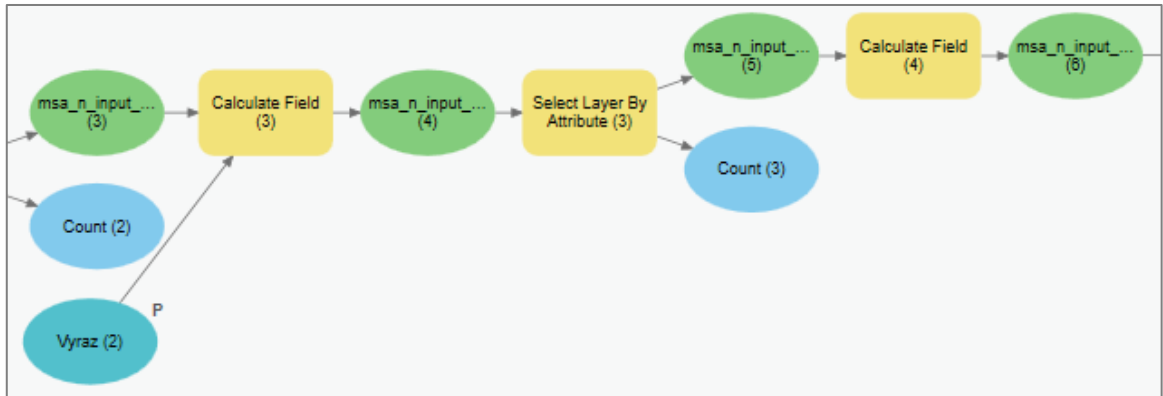
Dalším výstupem práce je vytvoření nástroje pro automatizovaný výpočet hodnot MSA_f , MSA_i , MSA_n a MSA_{tot} driverů v prostředí nástroje ModelBuilder. Jednotlivé vstupní a výstupní parametry obsahují nápovědy v dialogových oknech ke správnému použití modelu. Výsledné nástroje pro výpočet hodnot MSA jsou primárně určeny pro použití ArcGIS Pro (příloha 62).



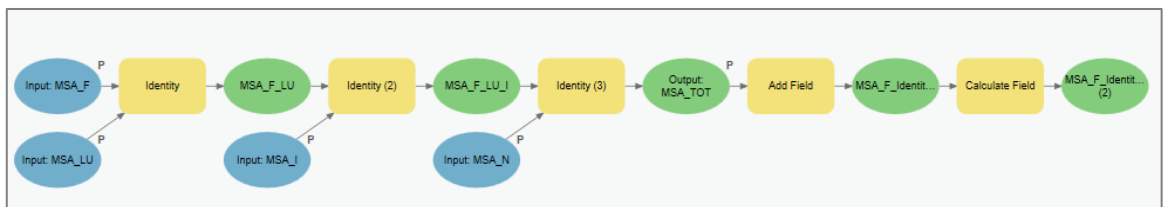
Obr. 32 Náhled části modelu výpočtu hodnot MSA_i
(zdroj: vlastní zpracování)



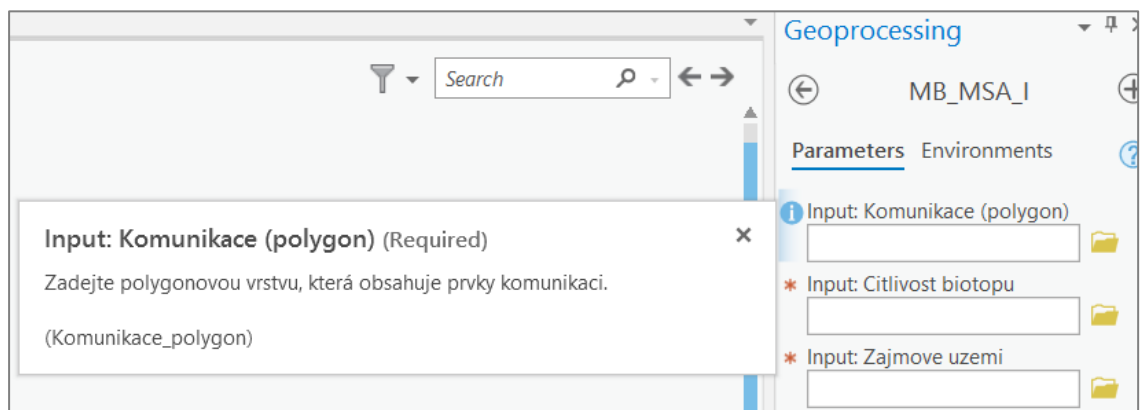
Obr. 33 Náhled části modelu výpočtu hodnot MSA_I
(zdroj: vlastní zpracování)



Obr. 34 Náhled části modelu výpočtu hodnot MSA_n
(zdroj: vlastní zpracování)



Obr. 35 Náhled části modelu výpočtu hodnot MSA_{tot}
(zdroj: vlastní zpracování)



Obr. 36 Náhled nápovědy při volbě parametrů
(zdroj: vlastní zpracování)

4.4 Výsledky integrace modelů

Stěžejním výstupem práce je identifikace způsobu integrace mezi uvedenými modely ověřené výpočty nad aktuálními daty pro zájmové území. Způsob integrace byl testován ve třech úrovních: datová, technická a znalostní úroveň. Datová úroveň integrace byla zaměřena na možnost aplikace obou modelů z jednotného datového zdroje. V technické úrovni integrace bylo testováno použití jednotného GIS rozhraní za účelem aplikace obou modelů. V rámci znalostní úrovně integrace byly navrženy a testovány tři dílčí pracovní postupy, při kterých modely vzájemně využijí své dílčí výstupy ke kalibraci a rozšíření vstupních informací. Vybrané výpočty modelu Marxan byly modifikovány výstupními hodnotami modelu CZ-GLOBIO. Pro dokumentaci vlivu modifikovaných hodnot byly realizovány dva protichůdné přístupy, přičemž druhý výpočet byl inverzní k prvnímu (mapy těchto výpočtů jsou součástí přílohy 20–31). Integrace na základě interpretace spočívá v statistickém přehledu hodnot, jež jsou součástí referenčních tabulek. Jednotlivé atributy jsou popsány včetně jejich vlastností (přílohy 48–60).

Výpočty všech tří scénářů první integrace (I1a a I1b) nepřispěly ke zlepšení výsledků (z pohledu naplnění *Target*) v průběhu Marxan analýz, druhá integrace (I2a a I2b) přispěla k výraznému zlepšení výsledků v prvním a druhém scénáři.

Tab. 12 Hodnoty vážených průměrů vrstev MSA (zdroj: vlastní zpracování)

Výpočet	Scénář	Zlepšení/zhoršení výsledků	Počet nenaplněných biotopů	Nenaplněná výměra [m ²]
I2a	1. (25 %)	Zlepšení	25	8 805 071
	2. (50 %)	Zlepšení	10	6 852 083
	3. (75 %)	Zhoršení	36	73 364 854
I2b	1. (25 %)	Zlepšení	25	7 408 595
	2. (50 %)	Zlepšení	31	41 788 403
	3. (75 %)	Zhoršení	35	71 535 877

Výpočet **I2a** – hodnoty MSA_f modifikují hodnoty Cost v PUs. Výpočet **I2b** – hodnoty MSA_{tot} modifikují hodnoty Cost v PUs.

5 DISKUZE

Ke generování vstupních dat do programu Marxan byl testován zásuvný modul (pro prostředí QGIS) QMARXAN v 2.0 a (pro ArcGIS Pro) ArcMarxan v 2.0. Realizace však nebyla úspěšná z důvodu absence podstatných informací (pracovního postupu, definice požadované struktury dat, názvy a definice atributů atp.). Proto následovalo kontaktování vývojářů zásuvných modulů prostřednictvím zprávy elektronické pošty, na kterou již nebyla obdržena zpětná odpověď.

Je nutno zmínit, že model Marxan má problémy spojené s konektivitou *planning units*. Konektivitou se rozumí spojitost jednotlivých *planning units*. V této práci byl vliv problému konektivity ovlivněn výběrem sítě pravidelných stejně velkých šestiúhelníků *planning unit*. Šestiúhelník má totiž od svého středu stejnou vzdálenost ke všem hranám, což se odráží v prostorových analýzách. Z toho důvodu byly ostatní dostupné tvary (čtverce, trojúhelníky aj.) vyřazeny. Výsledná velikost šestiúhelníku (plocha 1 ha) byla expertně zvolena jako kompromis mezi dostatečným detailem krajiny (většina použitých dat v měřítku 1 : 10 000) a běžnými legislativními požadavky na vyhlášení chráněných území. Při volbě velikosti tvaru je třeba zvažovat i charakter zájmového území (tvar, velikost aj). V případě výběru větší plochy šestiúhelníku, např. 25 ha, by došlo ke snížení podrobnosti, v důsledku čehož by mohlo výsledné řešení zahrnout i nežádoucí lokality. V opačném případě by volba menší plochy *planning unit* znamenala příliš detailní pokrytí studované oblasti, a to by vedlo ke ztrátě komplexnosti. Dále byl problém s konektivitou řešen z hlediska shlukování *planning units* tzn. nastavení parametru (přepsáním v textovém editoru) v konfiguračním souboru Input.dat programu Marxan tak, aby do výsledného výběru zahrnul minimální počet *planning units*, které se nachází vedle sebe. Jedná se o parametr Clumping Rule (značeno CLUMPTYPE). Kladná hodnota čísla u tohoto parametru udává míru penalizace za nesplněnou velikost shluku u konzervačního prvku. Prvky musí mít nastavenou minimální velikost shluku (atribut target2). Dále byl nastaven parametr *Minimum Clump Size* (target2), který je součástí vstupního souboru pro Marxan – *Conservation Feature File* (spec.dat). Jedná se o nepovinnou proměnnou. Textový manuál programu Marxan nedoporučuje s touto proměnnou pracovat ve většině standardních případech. Oba parametry lze nastavit prostřednictvím programu Inedit.exe, který slouží k přípravě vstupních dat do Marxan analýzy. Pakliže je nastaven parametr Clumping Rule, dojde ke změně počtu vybraných *planning units*. Marxan v analýze zvažuje, zda výskyty menší, než minimální velikosti shluku mají přispět k celkovému *Target*. Použitím parametru dochází ke zpomalení výpočtů analýzy.

V případě změn kritérií při volbě biotopů jako *conservation features* by mohlo výsledné řešení zahrnovat jiný počet *planning units*. Pro přísnější kritéria by byl vybraný počet biotopů menší, oproti tomu při minimálních požadavcích by bylo vybráno více vstupujících *conservation features*. Aspekt změn kritérií má značný vliv na změnu výsledků Marxan analýzy. Platí, že čím větší množství definovaných *conservation features*, tím více biotopů může být zahrnuto ve výsledném řešení. To však dále závisí na definované hodnotě *Target* (udává, jak velká rozloha má chránit *conservation features*) a SPF (hodnoty penalizace).

V případě modelu CZ-GLOBIO do výpočtu hodnot průměrného zastoupení druhů hnací síly, odrážející stav degradace biotopů z hlediska infrastruktury území, vstupovala data počtu obyvatel obcí z 1. 1. 2020. K přesnější analýze narušení přírodnosti by bylo vhodnější použít data počtu obyvatel pro podrobnější (rozlohou menší) územní celky (např. katastry, základní sídelní jednotky). Aktuální data o počtu obyvatel pro základní

sídelní jednotky jsou k dispozici zatím pouze za roky 1991 a 2001. K obnovení aktuálních dat počtu obyvatel pro dané územní jednotky dojde během roku 2021.

Přínosem práce z pohledu geoinformatiky jsou jistě nástroje pro automatizaci větší části výpočtů v prostředí ModelBuilder. Výsledné nástroje lze dále snadno rozvíjet dle potřeb dalších uživatelů. V editačním prostředí je možné provádět zásahy do konfigurace nástroje. Nástroje byly sestaveny bez hlubších přechozích zkušeností a s minimální znalostí použití všech možných dostupných funkcionalit. Původní záměr byl sestavit nástroj tak, aby jeho dílčí mezi-výpočty byly průběžně ukládány do dočasné databáze *scratch.gdb*, kterou disponuje prostředí ArcGIS. Tento záměr se nepodařilo naplnit z důvodů technických nedostatků, a tak byla navržena alternativní varianta, a sice ukládání mezi-vrstev do patřičné personální geodatabáze s přesně definovaným uložením v adresáři. V případě větší optimalizace by nástroje mohly přispět k rychlejšímu zpracování výpočtů patřičných hodnot MSA.

6 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo otestovat míru tří úrovní integrace a nalézt možné formy integrace dvou modelů Marxan a CZ-GLOBIO s aktuálními a dostatečně detailními daty. Tomu předcházela aplikace obou modelů na území CHKO Beskydy. Nejdříve bylo testováno, zda lze aplikovat oba modely současně v jednom GIS rozhraní a dále z jedné výchozí datové sady *Detailní kombinované vrstvy*, jež obsahuje klasifikované biotopy. Pro výpočet v prostředí Marxan bylo území rozděleno do tzv. *planning units*, tj. sítě 122 023 pravidelných šestiúhelníků o hraně 62,04 m (ploše 1 ha). Předmětem ochrany bylo 42 typů biotopů, které splnily přísné podmínky z pohledu zachovalosti a reprezentativnosti biotopů. V této fázi přípravy vstupních souborů byl využit zásuvný modul CLUZ (pro QGIS). Výpočet modelu Marxan byl realizován pro tři základní scénáře, jež se liší požadovaným procentem zastoupení jednotlivých biotopů ve výsledném řešení sítě chráněných území. V rámci pokročilého zpracování bylo několik dalších výpočtů pro každý scénář modifikováno změnami hodnot vstupních parametrů.

Dále byla provedena aplikace modelu CZ-GLOBIO v prostředí ArcGIS Pro. Aplikace modelu spočívala ve výpočtu hodnot MSA dílčích hnacích sil, v jejichž důsledku dochází ke snížení přírodnosti biotopů. Z dílčích hodnot MSA byl následně vypočítán výsledný index MSA, který je ukazatelem výsledného stavu degradace biotopů. Dalším výstupem práce je vytvořený nástroj v prostředí ModelBuilder za účelem (polo)automatizace procesu výpočtu hodnot jednotlivých MSA indexů. V průběhu testování bylo potvrzeno, že MSA hodnoty dílčích hnacích sil a výsledného indexu lze vypočítat v prostředí ArcGIS Pro i QGIS.

V rámci třetí úrovně integrace byly navrženy a testovány tři dílčí pracovní postupy, při kterých modely vzájemně využijí své dílčí výstupy ke kalibraci a rozšíření vstupních informací. Vypočtené hodnoty MSA pro výsledný index (MSA_{tot}) a dopady fragmentace území (MSA_f) vstoupily dále jako modifikátory hodnot atributu *Cost* ve vrstvě *planning units*. Integrace přinesla výrazné zlepšení výsledných návrhů prostřednictvím Marxan analýzy. Dále byly sestaveny referenční statistické tabulky, jež zahrnují výsledky dat z aplikací obou modelů.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ARCDATA PRAHA [online]. 2021. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <<https://www.arcdata.cz/>>.

ALKEMADE, R. et al. GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss. *Ecosystems*. 2009, 12, 3, s. 374–390. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s10021-009-9229-5>>.

ALLEN, C. R.; PEARLSTINE, L. G.; KITCHENS, W. M. Modeling viable mammal populations in gap analyses. *Biological Conservation*. 2001, 99, 2, s. 135–144. ISSN 0006-3207.

ARDRON, J. A.; POSSINGHAM, H. P.; KLEIN, C. J. *Marxan Good Practices Handbook* [online]. 2. vydání. Vancouver: Pacific Marine Analysis and Research Association, 2010 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <<https://pacmara.org/wp-content/uploads/2010/07/Marxan-Good-Practices-Handbook-v2-2010.pdf>>.

BAKKENES, M., M. EICKHOUT, R. ALKEMADE. Impacts of different climate stabilisation scenarios on plant species in Europe. *Global Environmental Change*. 2006, 16, 1, s. 19–28. ISSN 0959-3780.

BALL, I. R., POSSINGHAM, H.P; WATTS, E. M. *Spatial conservation prioritisation: Quantitative methods and computational tools*. Oxford: Oxford University Press, 2009. 320 s. ISBN 978-0199547777.

BRINK BJE ten. *Biodiversity Indicators for the OECD Environmental Outlook and Strategy – A Feasibility Study* [online]. 2000 [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/402001014.pdf>>.

CUDLÍN, O. et al. Are Valuable and Representative Natural Habitats Sufficiently Protected? Application of Marxan model in the Czech Republic. *Sustainability*. 2020, 12, 402 s. ISSN 2071-1050.

DAVIS, B. W. *The influence of marine benthic habitat data on systematic conservation planning: Rottneest island as a case study* [online]. Perth, 2011. Honors thesis. Marine Science at Murdoch University [cit 2021-04-05]. Dostupné z: <<https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/13229/2/02Whole.pdf>>.

FERRIER, S.; PRESSEY, R. L.; BARRETT, T. W. A new predictor of the irreplaceability of areas for achieving a conservation goal, its application to real-world planning, and research agenda for further refinement. *Biological Conservation*. 2000, 93, 3, s. 303–325. ISSN 0006-3207.

GAME, E. T.; GRANTHAM, S. H. *Marxan User Manual: For Marxan version 1.8.10* [online]. Vancouver: University of Queensland a Pacific Marine Analysis and Research

Association, 2008 [cit 2021-04-11]. Dostupné z:
<<http://courses.washington.edu/cfr590/projectreadings/marxan-manual-1.8.10.pdf>>

GESELBRACHT, L. et al. *Marine/Estuarine Site Assessment for Florida: A Framework for Site Prioritization* [online]. 2005 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z:
<<https://ocean.floridamarine.org/CHIMMP/Resources/Geselbracht%20et%20al.%202007%20MarineSitePrioritizationFramework.pdf>>.

GLOBIO | *Global biodiversity model for policy support* [online]. 2021 [cit. 2021-04-01]. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Dostupné z:
<<https://www.globio.info/why-use-globio>>.

HÄRTEL, H.; LONČÁKOVÁ, J.; HOŠEK, M. *Mapování biotopů v České republice: východiska, výsledky, perspektivy*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2009. ISBN: 978-80-87051-36-8.

CHKO Beskydy [online]. 2021 [cit. 2021-03-27]. AOPK ČR. Dostupné z:
<<https://beskydy.ochranaprirody.cz>>.

JANSE, J. H. et al. GLOBIO-Aquatic, a global model of human impact on the biodiversity of inland aquatic ecosystems. *Environmental Science & Policy*, 2015, 48, s. 99–114. ISSN 1462-9011.

JOSKA, M. *Modelování využití země nástroji Marxan a CLUE*. Olomouc, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce doc. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.

KAŇKOVÁ, H. *Hodnocení vlivu využití území na stupeň přírodnosti krajiny*. Praha, 2013. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

LEEMANS, R.; EICKHOUT, B. Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change. *Global Environmental Change*. 2004, 14, 3, s. 219–228. ISSN 0959-3780.

LIMAN, Anna-Sara, ANDERSSON, Å.; HUGGINS, A. *Towards a Representative Network of Marine Protected Areas in the Baltic Sea* [online]. 2008 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z:
<<http://balance-eu.org/xpdf/balance-interim-report-no-24.pdf>>.

MEERMAN, J. *National Protected Area Systems Analysis: Synthesis Report* [online]. 2006 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <<http://biological-diversity.info/Downloads/NPAPSP/MARXANanalysis.pdf>>

MUNRO, G. *Evaluating Marxan as a Terrestrial Conservation Planning Tool*. [online]. Vancouver, 2006. Disertační práce. University of British Columbia. Dostupné z:
<<https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/831/items/1.0092583>>.

PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. *IMAGE Integrated Model to Assess the Global Environment* [online]. 2020. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://models.pbl.nl/image/index.php/Welcome_to_IMAGE_3.0_Documentation>.

PECHANEC, V.; CUDLÍN, P.; CUDLÍN, O. Adaptace modelu GLOBIO3 do lokálních podmínek ČR. In INSPEKTOR, Tomáš; HORÁK, Jiří; RŮŽIČKA, Jan. *GIS Ostrava 2016 – Geoinformatika pro společnost*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2016, 5 s. ISBN 978-80-248-3902-8.

RAMALHO, C. E. *Spatial conservation prioritization in the Swan Region – a pilot study using Marxan* [online]. 2013 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/331035670_Spatial_conservation_prioritization_in_the_Swan_Region_-_a_pilot_study_using_Marxan_Department_of_Parks_and_Wildlife_Perth_Western_Australia>.

SEJÁK, Josef, DEJMAL, Ivan a kol. *Hodnocení a oceňování biotopů České republiky*. Praha: Český ekologický ústav, 2003, 422 s. ISBN 80-85087-54-5.

SCHIPPER, A. et al. *Compiling biodiversity accounts with the GLOBIO model: a case study of Mexico* [online]. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2017 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <<https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2017-compiling-biodiversity-accounts-with-the-GLOBIO-model-2607.pdf>>.

Úmluva o biologické rozmanitosti [online]. 2021 [cit. 2021-03-27]. AOPK ČR. Dostupné z: <<https://www.ochranaprirody.cz/mezinarodni-spoluprace/mezinarodni-umluvy/umluva-o-biologicke-rozmanitosti/>>.

VERBOOM, J. et al. Combining biodiversity modeling with political and economic development scenarios for 25 EU countries. *Ecological Economics*. 2007, 62, 2, s. 267–276. ISSN 0921-8009.

WATTS, M. E. et al. Systematic Conservation Planning with Marxan. In: GERGEL, S. E.; TURNER, M. G. *Learning Landscape Ecology*. New York: Springer, 2017. Elektronické publikování, 2, s. 211–227. ISBN 978-1-4939-6374-4.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Elektronické přílohy:

- Příloha 1 Mapa distribuce planning units a conservation features
- Příloha 2 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – Z0-25
- Příloha 3 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – Z0-50
- Příloha 4 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – Z0-75
- Příloha 5 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M1-25
- Příloha 6 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M1-50
- Příloha 7 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M1-75
- Příloha 8 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M2-25
- Příloha 9 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M2-50
- Příloha 10 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M2-75
- Příloha 11 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M3a-25
- Příloha 12 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M3a-50
- Příloha 13 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M3a-75
- Příloha 14 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M3b-25
- Příloha 15 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M3b-50
- Příloha 16 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M3b-75
- Příloha 17 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M3c-25
- Příloha 18 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M3c-50
- Příloha 19 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – M3c-75
- Příloha 20 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I1a-25
- Příloha 21 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I1a-50
- Příloha 22 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I1a-75
- Příloha 23 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I1b-25
- Příloha 24 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I1b-50
- Příloha 25 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I1b-75
- Příloha 26 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I2a-25
- Příloha 27 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I2a-50
- Příloha 28 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I2a-75
- Příloha 29 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I2b-25
- Příloha 30 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I2b-50
- Příloha 31 Mapa distribuce planning units vybraných Marxan analýzou – I2b-75
- Příloha 32 Mapa distribuce biotopů s hodnotami MSA_f
- Příloha 33 Mapa distribuce biotopů s hodnotami MSA_i
- Příloha 34 Mapa distribuce biotopů s hodnotami MSA_n
- Příloha 35 Mapa distribuce biotopů s hodnotami MSA_{lu}
- Příloha 36 Mapa distribuce biotopů s hodnotami MSA_{tot}
- Příloha 37 Statistický souhrn degradace biotopů (výsledky CZ-GLOBIO)
- Příloha 38 Seznam biotopů a jejich vlastností
- Příloha 39 Převodní tabulky biotopů dle zachovalosti a reprezentativnosti
- Příloha 40 Seznam nepřirodních biotopů a jejich MSA_{lu} hodnot

Příloha 41	Převodní tabulky hodnot MSA_i podle vlastnosti citlivosti, obalové zóny a hustoty zalidnění
Příloha 42	Statistický souhrn marxan anlyz (výpočet – Z0)
Příloha 43	Statistický souhrn marxan anlyz (výpočet – M1)
Příloha 44	Statistický souhrn marxan anlyz (výpočet – M2)
Příloha 45	Statistický souhrn marxan anlyz (výpočet – M3a)
Příloha 46	Statistický souhrn marxan anlyz (výpočet – M3b)
Příloha 47	Statistický souhrn marxan anlyz (výpočet – M3c)
Příloha 48	Statistický souhrn marxan anlyz (výpočet – I1a)
Příloha 49	Statistický souhrn marxan anlyz (výpočet – I1b)
Příloha 50	Statistický souhrn marxan anlyz (výpočet – I2a)
Příloha 51	Statistický souhrn marxan anlyz (výpočet – I2b)
Příloha 52	Statistický souhrn integrace (výpočet – I3a, scénář 25)
Příloha 53	Statistický souhrn integrace (výpočet – I3a, scénář 50)
Příloha 54	Statistický souhrn integrace (výpočet – I3a, scénář 75)
Příloha 55	Statistický souhrn integrace (výpočet – I3b, scénář 25)
Příloha 56	Statistický souhrn integrace (výpočet – I3b, scénář 50)
Příloha 57	Statistický souhrn integrace (výpočet – I3b, scénář 75)
Příloha 58	Statistický souhrn integrace (výpočet – I3c, scénář 25)
Příloha 59	Statistický souhrn integrace (výpočet – I3c, scénář 50)
Příloha 60	Statistický souhrn integrace (výpočet – I3c, scénář 75)

Volné přílohy

Příloha 61	Poster
Příloha 62	CD

Popis struktury CD

Adresáře:

- Text_BcP
- Data
- ModelBuilder
- Metadata
- Web
- Prilohy