

Souhrnná výzkumná zpráva o řešení smluvního výzkumu

**Vypracování vrstvy poskytování vybraných ekosystémových služeb v
zájmovém území měst Liberec a Děčín**

**Objednatel: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta sociálně
ekonomická**

**Zpracovali: Renata Včeláková¹ a kol.
Ústav výzkumu globální změny AV ČR v.v.i.
Lipová 9
370 05 České Budějovice**

Spolupracovníci: Vilém Pechanec², Jan Purkyt^{1,3}, Lenka Štěrbová¹, Ondřej Cudlín¹

¹Ústav výzkumu globální změny AV ČR v.v.i.; ²Katedra geoinformatiky, PřF, Univerzita Palackého v Olomouci; ³Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

České Budějovice

Listopad 2019

Úvod

Většina nástrojů k hodnocení ekosystémových služeb se snaží kvantifikovat služby v krajině měřítku za použití zjednodušených biofyzikálních modelů nebo ekologických funkcí (Daily a kol. 2009). Tento přístup zapadá do konceptu tzv. kaskády ekosystémových služeb, kterou vyvinuli Potschin & Haines-Young (2011) a která propojuje biofyzikální realitu ekosystému s mírou kvality lidského života. Vyjadřuje souvislost mezi vlastnostmi ekosystému (biofyzikální strukturou nebo zásobou), která zajišťuje plnění ekosystémových funkcí (toky), jež poskytují ekosystémové služby a následně benefity, jimž lze již přiřadit i ekonomickou hodnotu (Potschin & Haines-Young 2011).

Nejčastěji používané klasifikace ekosystémů jsou land use/land cover nebo habitat, jež lze kombinovat s dalšími informacemi, jako je půdní typ nebo biomasa vegetace. Momentální stav biomasy se někdy používá pro hodnocení sekvestrace uhlíku, pro čištění vody se zase využívá celkový obsah dusíku a fosforu v tocích nebo turbidita (Boerema et al. 2017).

Při hodnocení ekosystémových funkcí se využívají kritéria, založená na „tocích“ nebo změnách. Regulace klimatu se měří nejčastěji pomocí tří základních skupin indikátorů: sekvestrace uhlíku, sekvestrace skleníkových plynů a čisté primární produkce (Boerema et al. 2017).

Přispění urbánních lesů k ekosystémové službě regulace klimatu hodnotili Baró a kol. (2014). Použili model i-Tree Eco, který pro každý strom vypočítá biomasu za použití alometrických rovnic z literatury v kombinaci s růstovými rychlostmi, založenými na délce vegetačního období, vitalitě stromu a konkurenci stromů. Z těchto dat odvodili roční biofyzikální souhrn ukládání uhlíku a jeho sekvestraci.

Pro kvantifikaci klimatických služeb na větším území lze použít hodnoty sekvestrace uhlíku pro každý typ land use/land cover a určit „carbon pools“ v půdách a v nadzemní a podzemní biomase. Tento přístup využili např. Johnson a kol. (2012); odhadli například, že obilné pole vygeneruje 1,25 kg N₂O/ha/rok a louky a pastviny 0,25 kg N₂O/ha/rok.

Také West a kol. (2016) kvantifikovali regulaci klimatu ekosystémy pomocí charakteristik land use; využili fyzikální vlastnosti jednotlivých kategorií, vhodných pro ohodnocení klimatických funkcí, jako je např. albedo nebo evapotranspirace. Zdůrazňují, že vliv změn land use na energii zemského povrchu a rovnováhu vody může v rámci regionálního klimatu převážit nad vlivy zvyšování obsahu CO₂. Vypracovali model odhadu povrchové energie a vodní rovnováhy v závislosti na změnách land use, díky němuž odhadují následné změny vzdušné teploty a vlhkosti v nižší atmosféře. Vyvinuli také index, který identifikuje místa, kde má land cover silný vliv na regionální klima; řadí vliv změn land cover podle jejich relativní míry vlivu na advekci a tím kvantifikují regulaci klimatu.

Larsen a kol. (2012) hodnotili přispění biodiverzity k ekosystémovým službám a rovněž se soustředili na regulaci klimatu (zejména ukládání uhlíku) a zásobování pitnou vodou. Zásoby uhlíku byly odhadnuty pomocí globální mapy uloženého uhlíku v biomase živé nadzemní a podzemní vegetace za využití vrstvy land cover.

Často byl pro hodnocení ekosystémových služeb, případně funkcí použit model InVEST (Tallis a kol. 2011), zejména pro zásobování vodou, čištění vody, ochranu před erozí či pro klimatické funkce (Boithias a kol. 2016, Johnson a kol. 2012). V rámci tohoto modelu lze zásobování vodou vyjádřit jako množství odtokové vody, což je rozdíl mezi množstvím srážkové vody a evapotranspirací v povodí (Boithias a kol. 2016). Pro zadržování živin a čištění vody lze využít modely InVEST Tier 1 zisku vody a modely retence živin (Tallis a kol. 2010), odhadující znečištění fosforem, jež se dostává z povodí do řek (Johnson et al. 2012), nebo je lze hodnotit jakožto množství celkového obsahu dusíku a fosforu, jež byl z vody odebrán ekosystémy v povodí (Boithias a kol. 2016), případně pomocí rychlosti dekompozice (Boerema et al. 2017). Larsen a kol. (2012) modelovali potenciál pro zásobování vodou na základě plošně explicitních map odtoku, směru hydrologické drenáže a

hustoty populace. Kvalita vody byla hodnocena indexem kvality, založeném na odhadu vlivu land cover.

Regulace kvality ovzduší se hodnotí na základě odhadu čistící kapacity vegetace buď pomocí „dry deposition rate/velocity“ nebo rychlostí odebrání znečištění rostlinami. Služby, spjaté s půdou se měří pomocí retence půdy a rychlostí dekompozice, biologické respirace, či cyklu živin (Boerema et al. 2017).

Metody

Hodnocení biodiverzity biotopů

Již v roce 2003 byl pro ČR připraven úplný seznam typů biotopů, který zahrnuje biotopy NATURA 2000 (podle Katalogu biotopů 2001 a 2010) a podrobnější členění nepřírodních biotopů. Původní seznam typů biotopů čítal 192 položek. Aktuální seznam typů biotopů obsahuje 165 typů (z toho 127 přírodních a 38 nepřírodních). Každý jednotlivý typ biotopu byl podle osmi charakteristik autorským týmem ohodnocen výslednou bodovou hodnotou.

1. *zralost typu biotopu* (body dle fylogenetického stáří formace a druhů)
2. *přirozenost typu biotopu* (6 bodů zcela přírodní, 1 bod zcela antropogenní typ biotopu)
3. *diverzita struktur typu biotopu* (6 bodů za všechna vegetační patra)
4. *diverzita druhů typu biotopu* (body dle počtu všech přirozeně se vyskytujících druhů)
5. *vzácnost typu biotopu* (dle geografické a klimatické ojedinělosti, četnosti a rozlohy)
6. *vzácnost druhů typu biotopu* (body dle počtu vzácných a ohrožených druhů)
7. *citlivost (zranitelnost) typu biotopu* (body dle zranitelnosti změnou stanovištních podmínek)
8. *ohrožení typu biotopu* (body dle závislosti na změně lidských aktivit)

Postup hodnocení území z hlediska typů biotopů spočívá v přiřazení jednoho typu biotopu každému biotopu hodnoceného území. Vynásobením bodových hodnot příslušných typů biotopů jejich konkrétní výměrou se získá souhrnná bodová hodnota území. Jejím vynásobením peněžní hodnotou jednoho bodu se zjistí celková peněžní hodnota hodnoceného území. Bodová hodnota typu biotopu, ukazuje jeho relativní ekologický význam ve vztahu k ostatním biotopům ČR; pokud je třeba ohodnotit konkrétní biotop v zájmovém území, použije se metoda individuálního hodnocení biotopů.

Výpočet peněžní hodnoty bodu je založen na výběru reprezentativního vzorku revitalizačních projektů, které mají předpokládaný dopad na zvýšení ekologické hodnoty daného území. Výsledná průměrná hodnota jednoho bodu je částka, které bylo v těchto revitalizačních akcích třeba na zlepšení hodnoty biotopu o 1 bod (Seják a kol. 2003).

Hodnocení ekosystémových funkcí a služeb

Pro 21 funkčních skupin typů biotopů byla odhadnuta jejich produkční funkce, včetně produkce kyslíku a schopnost minimalizovat výkyvy teploty (snižovat množství vyzařovaného tepla, Tab. 1) a poskytovat tak podpůrné a regulační služby ekosystémů. Všech 165 typů biotopů bylo přiřazeno k jednotlivým funkčním skupinám. To umožnilo zpracovat jak pro modelová území, tak i pro celou ČR, mapy míry poskytování vybraných funkcí/služeb ekosystémů. Na základě odhadu plnění výše zmíněných ekosystémových funkcí byly nastíněny pro všech 21 funkčních skupin typů biotopů rozsahy hodnot ročního plnění vybraných služeb ekosystémů. Hodnocení změn struktury krajiny a krajinných funkcí pro jednotlivé přírodní a nepřírodní biotopy, vymapované na základě renovované konsolidované vrstvy biotopů, se známou hodnotou biodiverzity podle metody BVM, umožňuje zjistit vliv hlavních krajinnotvorných procesů v posledních letech (intenzifikace a extenzifikace zemědělské výroby, zalesňování, suburbanizace) na stav biodiverzity, a tím i na degradaci přírodních a přírodě blízkých biotopů v období (Seják a kol. 2010).

V této studii byly hodnoceny čtyři ekosystémové funkce/služby: evapotranspirace, produkce uhlíku, produkce kyslíku a biodiverzita. Zvlášť bylo ještě provedeno hodnocení záchytu O₃ a částic PM₁₀ vegetací ve vybraných lokalitách města Liberec, které je uvedeno v poslední části dokumentu.

Údaje vychází z Tab.1 (Seják a kol. 2010), kde základní hodnotou pro výpočet a odvozování dalších funkcí byla čistá roční produkce nadzemní a podzemí biomasy, tedy množství sušiny v kg na m². Tyto hodnoty byly získány z dostupných zdrojů a opakovanými odběry biomasy v rámci projektu CzechCarbo (VaV/640/18/03; typy ekosystémů: 1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 17, 18, 19). Ve výsledcích pro jednotlivá území je počítáno s produkcí uhlíku, při výpočtu bylo využito prvkové zastoupení sušiny fytohmoty, s podílem uhlíku 45%.

Z hodnot roční produkce biomasy byla na základě rovnice fotosyntézy ($6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$) odvozena produkce kyslíku. Poměr hmotnosti uvolněného kyslíku ku hmotnosti vytvořené biomasy tvořené polysacharidy je c. 192/180. Změny poměru v případě tvorby tuků, bílkovin nebyly uvažována (Seják a kol. 2010).

Biotopy byly také klasifikovány podle celoročního výparu – evapotranspirace. Ta byla kvantifikována terénním měřením (2B6023 NPV, Tokenelek) a také z prací Botanického ústavu AVČR (autorů Příbáň, Ondok a další, Ryzskowski, 2002, Rejšková, 2009 atd.; Seják a kol. 2010).

Pro výpočet hodnoty biodiverzity byla použita metoda hodnocení a oceňování biotopů (viz výše, Seják a kol. 2003).

Mapové podklady a kategorie typů biotopů

Základním mapovým pokladem pro hodnocení ekosystémových služeb/funkcí byla Konsolidovaná vrstva ekosystémů (KVES), která byla sestavena ve spolupráci AOPK ČR a CzechGlobe, Centra výzkumu globální změny AV ČR, v období 11/2012 až 2/2013 jako podklad pro mapování ekosystémových služeb (projekt TA ČR TD010066 Integrované hodnocení ekosystémových služeb v České republice). Jedná se o podrobnou bežešvou vrstvu krajinného pokryvu, která zahrnuje celé území ČR. KVES dělí krajinný pokryv vrstva do 41 různých kategorií a mapovací zrna se blíží detailu rozlišitelnému člověkem při terénním mapování (Hönigová, 2013). Pro účely studie byly z této vrstvy převzaty některé kategorie nepřirodních a přírodě vzdálených biotopů (např. Dopravní síť, Nesouvislá městská zástavba, Souvislá městská zástavba, Průmyslové a obchodní jednotky, Vodní toky nepřirodní) a jedna kategorie pro biotopy přírodní a přírodě blízké – Vodní toky přírodní. Pro všechny ostatní přírodní a přírodě blízké biotopy byla mapovým podkladem vrstva Mapování biotopů (AOKP ČR 2014) v aktualizované verzi 05/2014.

V rámci studie bylo nezbytné všechny mapové podklady upřesnit tak, aby odpovídaly aktuální situaci, jak z hlediska časového, tak i prostorového. K tomu bylo využito dostupných ortofotografických snímků a v případě nutnosti, jejich ověření v terénu. V rámci upřesnění, doplnění a přemapování (převážná většina polygonů) byly použity typy biotopů vycházející z metody Hodnocení biodiverzity biotopů (Seják a kol. 2018). V této studii se tedy vzájemně doplňují dvě sady kategorií pro biotopy přírodě vzdálené a cizí, což se ukázalo být velmi účelné pro hodnocení ekosystémových služeb/funkcí především v urbanizované krajině.

Veškeré mapové podklady byly zpracovány a vytvořeny v prostředí GIS za pomoci softwaru ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Tab. 1. Odhad hodnot vybraných ekosystémových funkcí pro funkční skupiny typů biotopů na úrovni České republiky (Odhad míry plnění vybraných ekosystémových funkcí pro funkční skupiny biotopů na úrovni České republiky; Seják a kol. 2010)

Pořadové číslo	Funkční skupina	Rozloha [km ²]	Evapotranspirace ² [L.m ⁻² .rok ⁻¹]		Malý vodní cyklus ³ [L.m ⁻² .rok ⁻¹]		Produkce biomasy ⁴ [kg m ⁻² .rok ⁻¹]	Fotosyntéza ⁵ O ₂ [kg m ⁻² .rok ⁻¹]	Protipovodňová funkce ⁶ [L.m ⁻² .rok ⁻¹]	Biodiverzita ⁷ [BVM body.m ⁻²]
			minimum	maximum	minimum	maximum				
1	Vodní plochy	675	500	700	400	600	1,67	1,78		19
2	Ostatní mokřady	364	600	900	550	750	2,03	2,17	500	19-59
3	Extenzivně využívané mezofilní louky a pastviny	2601	400	700	250	350	1,05	1,12	60-90	33-63
4	Intenzivně využívané mezofilní louky a pastviny	5579	400	600	200	400	1,39	1,48	60-90	13
5	Degradované mezofilní louky, pastviny a lada	4609	300	500	100	250	0,8	0,85	60-90	13
6	Suché uzavřené trávníky (TTP)	40	200	400	50	150	0,7	0,75	60-90	13-84
7	Suché mezernaté trávníky (TTP)	172	200	400	50	100	0,4	0,43		13-85
8	Křoviny suchomilné (xerothermní)	426	200	400	50	250	0,8	0,85		10-56
9	Křoviny mezofilní	1959	300	500	200	400	1,06	1,13		33
10	Křoviny mokřadní	17	500	700	400	550	1,16	1,24	600	33-56
11	Suché bory	298	200	400	150	300	0,9	0,96		40-61
12	Ostatní jehličnaté lesy	6050	400	600	300	500	1,56	1,66	60-90	36-43
13	Jehličnaté lesy poškozené	8222	300	500	200	400	1,25	1,33	30	19-20
14	Listnaté lesy	6636	600	800	500	700	1,79	1,91	250	38-72
15	Listnaté lesy degradované, kulticenózy	1632	400	600	250	450	1,28	1,37	200	19-25
16	Lužní lesy	924	700	900	600	800	2,03	2,17	750	55-65
17	Solitérní stromy, aleje	1276	300	700	200	400	1,43	1,52	100	25
18	Orná půda: biotopy obilovin a okopanin	27605	200	400	50	100	0,9	0,96		10
19	Orná půda: biotopy pícein a trvalé polní vegetace	141	200	500	50	200	1,98	2,11	60-90	10
20	Plocha bez vegetace	2938	1	200	0	50	0	0	0	0
21	Biotopy skalních stanovišť	113	100	300	50	150	0,2	0,21		40-56
22	Rašeliniště	23	600	900	550	750	0,2	0,21	500	42-66
23 ¹	Ostatní přírodní a přírodě blízké biotopy	3780	456	682	350	536	1,51	1,60		
24 ¹	Ostatní více antropicky ovlivněné biotopy	2787	242	442	99	204	0,96	1,02		

¹ Typy biotopů, které v rozloze minimálně jedné třídy CLC měly míru zastoupení nižší než jedno procento, a proto nebyly zařazeny do funkčních skupin. Pro tyto biotopy byl vypočítán vážený průměr z hodnot jednotlivých funkčních skupin: pro ostatní přírodní a přírodě blízké biotopy z funkčních skupin 1-3, 6-12,14,16,17,21,22; pro ostatní více antropicky ovlivněné biotopy z funkčních skupin 4,5,13,15,18-20.

² Evapotranspirace je klasifikací porostů podle ročního výparu. Vysokou roční sumu výparu považujeme za pozitivní – velký podíl slunečního záření se uplatňuje ve výparu vody, ve vyrovnávání teplot. Hodnota evapotranspirace pro funkční skupiny 7-9 představuje zjednodušenou realitu, ale pro odhad hodnoty na národní úrovni je přiměřená.

³ Malý vodní cyklus vyznačuje množství vody, které se vrací zpět do krajiny formou mlhy, rosy a malých srážek.

⁴ Množství produkce biomasy (v sušině) bylo upřesněno podle výsledků z projektu CzechCarbo (především typy ekosystémů 1, 2, 4, 6, 8-10, 12, 14, 17-19).

⁵ Množství kyslíku vzniklého během procesu fotosyntézy bylo vypočítáno z produkce biomasy podle rovnice fotosyntézy a vychází ze stechiometrického poměru (produkce O₂=produkce biomasy x 1,0666).

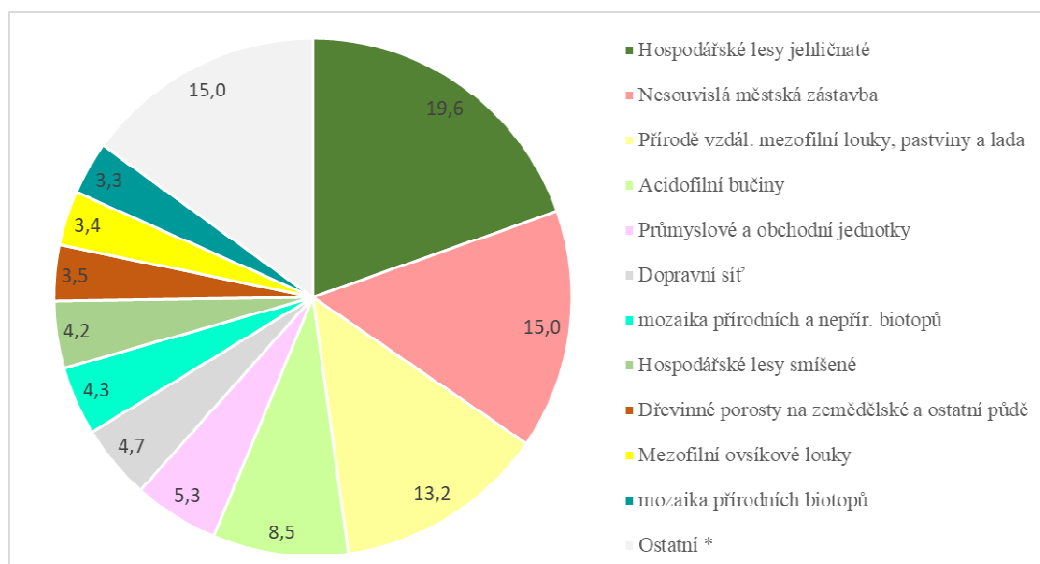
⁶ Protipovodňová funkce představuje schopnost jednotlivých ekosystémů absorbovat mimořádně vysoké srážky, udržet vodu ve svém prostředí a převést ji do podzemních vod.

⁷ Hodnota biodiverzity je vyjádřena pomocí bodů metody biotopového hodnocení (Seják, Dejmal a kol.,2003). Vyšší hodnota bodů představuje vyšší míru biodiverzity.

⁸ Kategorie disipace sluneční energie (Hesslerová, 2008) jsou popsány v kapitole 3.2. Zařazení funkčních skupin do disipačních kategorií je u skupiny 13 závislé na stupni poškození a u skupiny 18,19 na stádiu zralosti plodin, podle kterého spadá tato skupina do kategorií 4,5,7, sklizené pole pak do 8,9.

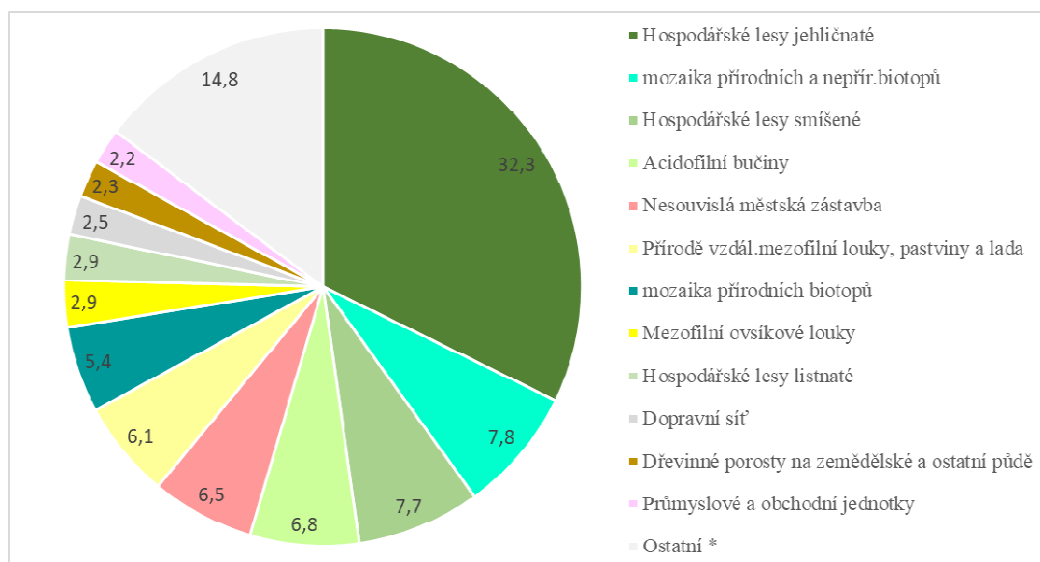
Výsledky

Podle zadání studie Vypracování vrstvy poskytování vybraných ekosystémových funkcí a služeb v zájmovém území měst Liberec a Děčín jsou v příloze tabulárně i mapově zpracovány hodnoty biodiverzity, roční produkce biomasy, kyslíku a evapotranspirace. Zastoupení typů biotopů v katastrálním území Liberce a Děčína, na jejichž základě byly funkce/služby kvantifikovány, jsou znázorněny na Obr. 1. a 2. Z důvodu přehlednosti jsou uvedeny jen biotopy s podílem více než 2%.



Obr. 1. Zastoupení typů biotopů v katastrálním území Liberce.

* pro přehlednost grafu jsou zobrazeny pouze typy biotopů s podílem vyšším než 2% v rámci katastrálního území Liberce, zbývající biotopy jsou souhrnně znázorněny jako „Ostatní“



Obr. 2. Zastoupení typů biotopů v katastrálním území Děčína.

* pro přehlednost grafu jsou zobrazeny pouze typy biotopů s podílem vyšším než 2% v rámci katastrálního území Děčína, zbývající biotopy jsou souhrnně znázorněny jako „Ostatní“

Celkové výsledky pro celá katastrální území Liberce včetně modelových území přehrada Harcov a Kunratická a pro celé katastrální území Děčína včetně modelového území Pastýřská stěna jsou uvedeny v Tab. 2. Mapy a podrobné tabulky s hodnotami studovaných funkcí/služeb jsou uvedeny v přílohách: celé katastrální území Liberce (Příloha 1 - 7), modelové území Kunratická a přehrada Harcov (Příloha 8 - 21), celé katastrální území Děčína (Příloha 22 - 28) a pro modelové území Pastýřská stěna (Příloha 29 - 35).

Tab. 2. Hodnocení ekosystémových funkcí – souhrnné hodnoty pro zájmová území. Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotranspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

Zájmové území	Rozloha	Body BVM		Evapotranspirace		Produkce C		Produkce O ₂	
		Σ	Ø	Σ	Ø	Σ	Ø	Σ	Ø
	[m ²]	[body]	[body.m ⁻²]	[l.rok ⁻¹]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]
Liberec	106091213	2005426853	19	49079772003	463	55958181	0,53	132484363	1,25
Děčín	117708245	2658714300	23	59034579638	502	68909899	0,59	163441654	1,39
Kunratická	79089	1477651	19	46554660	589	54525	0,69	128764	1,63
přehrada Harcov	418093	8212786	20	241571500	578	292236	0,70	693308	1,66
Pastýřská stěna	431705	15341105	36	230624663	534	262703	0,61	619916	1,44

Závěr

V rámci studie byla z hlediska poskytování vybraných funkcí a služeb hodnocena katastrální území dvou měst nacházející v severní části České Republiky – Liberec a Děčín. Tato dvě zájmová území jsou srovnatelná rozlohou (Liberec 106 km²; Děčín 117 km²), avšak nikoliv počtem obyvatel. Počet obyvatel Liberce (105 tis. obyvatel, ČSÚ 2020) je přibližně dvojnásobný oproti počtu obyvatel Děčína (49 tis. obyvatel, ČSÚ 2020). Větší množství obyvatel představuje větší tlak na způsob využívání krajiny, především na zastavenost území. Nesouvislá městská zástavba v Liberci se nachází na 15 % katastrálního území, zatím co v Děčíně jen na 6,5 % katastrálního území. Obdobný dvojnásobný rozdíl se vyskytuje i u typů biotopů, které neposkytují téměř žádné ekosystémové funkce/služby – Průmyslové a obchodní jednotky (Liberec 5,3 %; Děčín 2,2 %), Dopravní síť (Liberec 4,7 %; Děčín 2,5 %). Rozdíly v zastoupení typů biotopů samozřejmě ovlivňují i výši poskytovaných ekosystémových funkcí. Proto bylo v průměru dosaženo vyšších hodnot na katastrálním území Děčína, a to ve všech čtyřech sledovaných ekosystémových funkcích: biodiverzitě, evapotranspiraci, produkci uhlíku a produkci dusíku.

V rámci studie byla také hodnocena tři modelová území. Výrazná je vysoká bodová hodnota biodiverzity v modelovém území Pastýřská stěna (36 bodů BVM.m⁻²), která značně převyšuje průměrnou hodnotu biodiverzity celého katastrálního území Děčína (23 bodů BVM.m⁻²). To je dáno 79 % zastoupením hodnotných přírodních a přírodě blízkých biotopů, především Boreokontinentálních borů bez lišejníku. Zastoupení suchomilných typů biotopů však znamená nižší míru evapotranspirace a nižší produkci uhlíku a kyslíku. Všechny tyto tři funkce dosahují v průměru vyšších hodnot než obě modelových území v katastru Liberce.

Hodnocení záchytu O₃ a částic PM₁₀ vegetací ve vybraných lokalitách města Liberec, které je uvedeno v poslední části tohoto dokumentu.

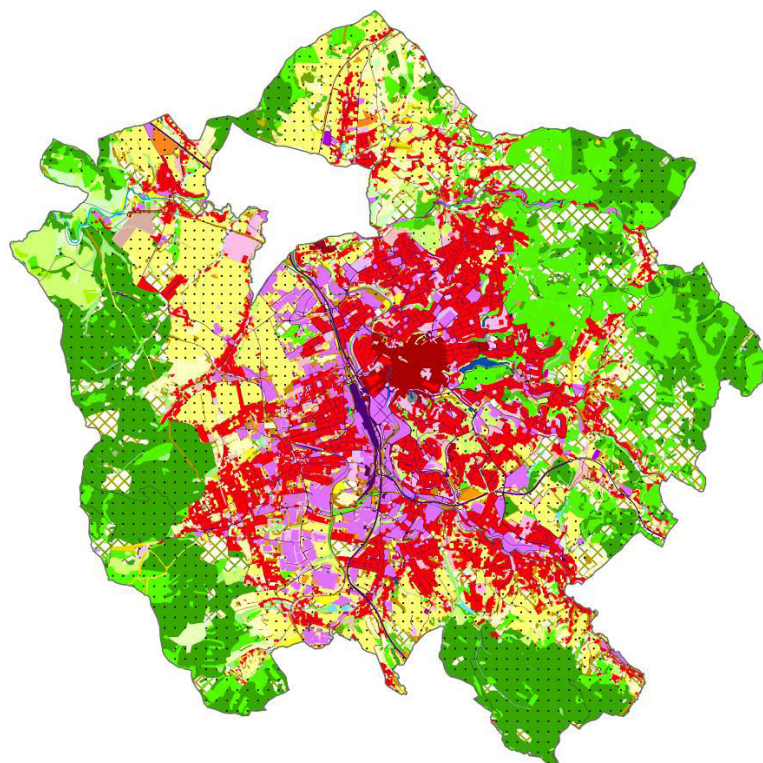
Použitá literatura

Baro F., Chaparro L., Gomez-Baggeth E. et al. (2014) Contribution of Ecosystem Services to Air Quality and Climate Change Mitigation Policies: The Case of Urban Forests in Barcelona, Spain. AMBIO 43/4: 466-479.

- Boerma A., Rebelo A. J., Bodi M. B., Esler K. J., Meire P. (2017) Are ecosystems adequately quantified? *Journal of Applied Ecology* 54: 358-370.
- Boithias L., Terrado M., Corominas L., Ziv G., Kumar V., Marques M., Schuhmacher M., Acuna V. (2016) Analysis of the uncertainty in the monetary valuation of ecosystem services-A case study at the river basin scale. *Science of the Total Environment* 543 (Pt A): 683-690.
- Daily G. C., Polasky S., Goldstein J., Kareiva P. M., Mooney H. A., Pejchar L., Ricketts T. H., Salzman J., Shallenberger R. (2009) Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7/1: 21-28.
- Johnson K. A., Polasky S., Nelson E., Pennington D. (2012) Uncertainty in ecosystem services valuation and implications for assessing land use tradeoffs: An agricultural case study in the Minnesota River Basin. *Ecological Economics* 79: 71-79.
- Hönigová, I. (2013) Konsolidovaná vrstva ekosystémů, AOPK. Praha, 13 s.
- Konsolidovaná vrstva ekosystémů [elektronická geografická data] (2013). Praha. CzechGlobe, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Detailní data krajinného pokryvu v 41 definovaných kategoriích na území ČR.
- Larsen F. W., Turner W. R., Brooks T. M. (2012) Conserving Critical Sites for Biodiversity Provides Disproportionate Benefits to People. *PLoS ONE* 7(5): e36971. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036971>
- Mapování biotopů Mapování biotopů AOPK ČR (2014), Praha.
- Potschin, M. B. & Haines-Young, R. (2011) Ecosystem services: exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography* 35: 575-594.
- Seják J., Dejmál I., Petříček V., Cudlín, P., Michal I., Černý K., Kučera T., Vyskot I., Strejček J., Cudlínová E., Cabrnach J., Šindlar M., Prokopová M., Kovář J., Kupka M., Ščasný M., Šafařík M., Roušarová Š., Stejskal V., Zapletal J. (2003) Hodnocení a oceňování biotopů České republiky, Český ekologický ústav, MŽP, Praha.
- Seják, J., Cudlín, P., Pokorný, J., Zapletal, M., Petříček, V., Guth, J., Chuman, T., Romportl, D., Skořepová, I., Vacek, V., Vyskot, I., Černý, K., Hesslerová, P., Burešová, R., Prokopová, M., Plch, R., Engstová, B., Stará, L. (2010) Hodnocení funkcí a služeb ekosystémů České republiky, FŽP UJEP, Ústí n. L., 197 s.
- Tillis H. T., Polasky S. (2011) Assessing multiple ecosystem services: an integrated tool for the real world. Chapter in the book: *Natural Capital: Theory and Practice of mapping Ecosystem Services*. OXFORD UNIV PRESS, 198 MADISON AVENUE, NEW YORK, NY 10016 USA pp 34-50.
- Tallis H. T., Ricketts T., Nelson E., Ennaanay D., Wolny S., Olwero N., Vigerstol K., Pennington D., Mendoza G., Aukema J., Foster J., Forrest J., Cameron D., Arkema K., Lonsdorf E., and Kennedy C. (2010). *INVEST 1.004 beta User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford University.
- West P. C., Narisma G. T., Barford C. C., Kucharik Ch. J., Foley J. (2010) An alternative approach for quantifying climate regulation by ecosystems. *FRONTIERS IN ECOLOGY AND THE ENVIRONMENT* 9/2: 126-133.

Zájmové území Liberec

Vrstva biotopů Liberec

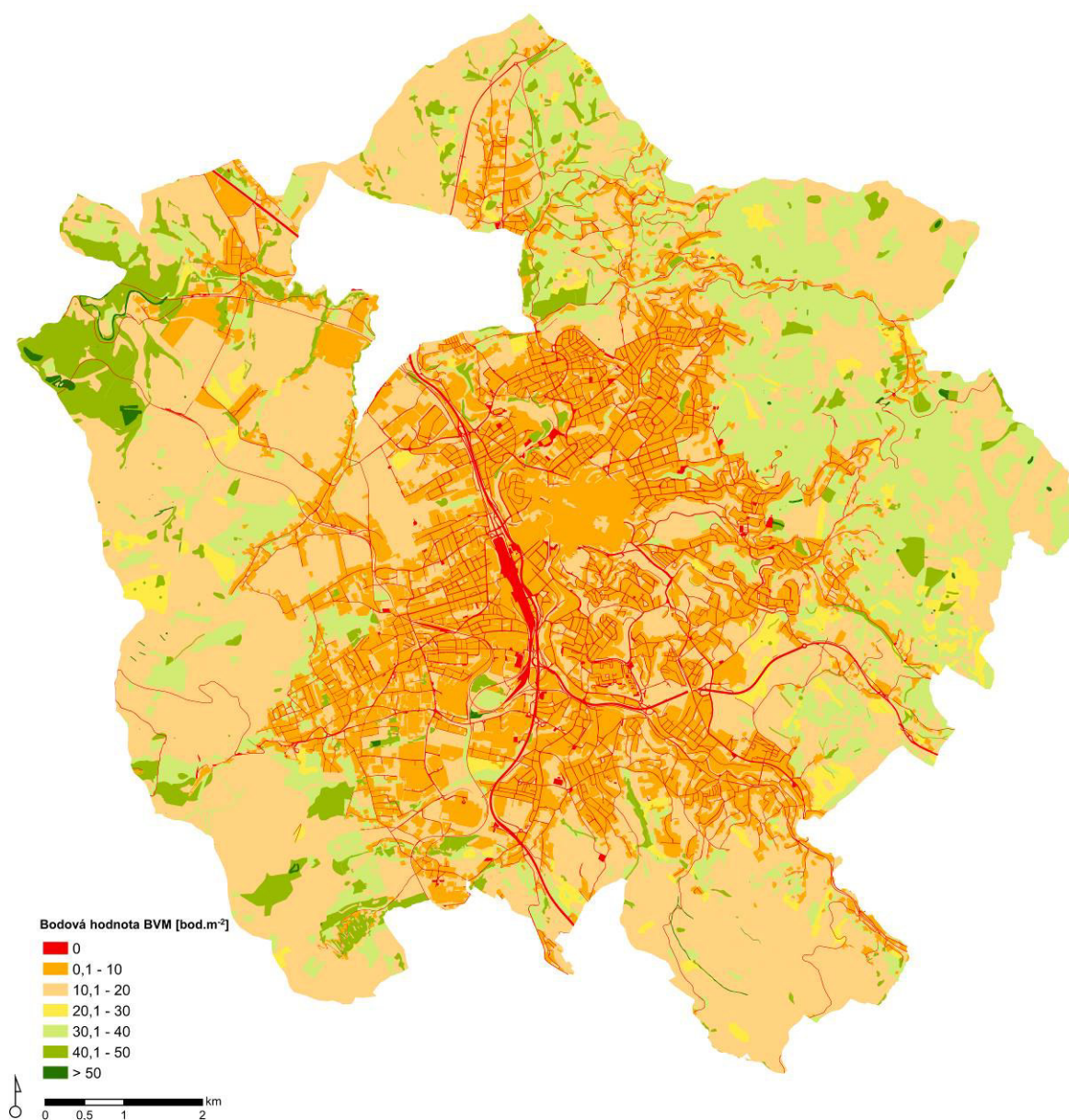


- Biotopy**
- Makrofytní veg. přirozeně eutrof. a mezotrof. stojatých vod
 - Makrofytní veg. přiroz. eutrof. a mezotrof. stoj. vod, potenc. st.
 - Makrofytní vegetace mělkých stojatých vod
 - Makrofytní vegetace vodních toků, aktuální výskyt
 - Makrofytní vegetace vodních toků, potenciální stanoviště
 - Vodní toky přírodní
 - Vodní toky nepřirodní
 - Nepřirodní kanalizované vodní toky
 - Přírodě vzdálené vodní nádrže
 - Nepřirodní technicky řešené vodní nádrže
 - Nádrže čistíček a odkaliště
 - Rákosiny eutrofních stojatých vod
 - Eutrofní vegetace bahňitých substrátů
 - Říční rákosiny
 - Pobřežní vegetace potoků
 - Vegetace vysokých ostřic
 - Štěrkové náplavy bez vegetace
 - Devěsílové lemy horských potoků
 - Lesní pěnovicová prameniště
 - Lesní prameniště bez tvorby pěnoviců
 - Přechodová rašeliniště
 - Bažina, močál
 - Štěrbinová vegetace vápňitých skal a drolin
 - Štěrbinová vegetace silikátových skal a drolin
 - Jeskyně nepřístupné veřejnosti
 - Nepřirodní vegetace polopropust. dlážd. a štěrk. ploch
 - Nezazemněné kamen. rovnaniny, opěrné zídky, zbořeníště
 - Opuštěné těžební prostory s nerostnými substráty
 - Krátkodobě opuštěné uměle obnaž. zemní substráty
 - Mezofilní ovsíkové louky
 - Horské trojštětové louky
 - Poháňkové pastviny
 - Aluviální psárkové louky
 - Vlhké pcháčové louky
 - Vlhká tužebníková lada
 - Vegetace vlhkých narušovaných půd
 - Podhorské a horské smilkové trávníky bez jalovce
 - Acidofilní trávníky mělkých půd
 - Sekundární podhorská a horská vřesoviště bez jalovce ob.
 - Brusnicová vegetace skal a drolin
 - Přírodě vzdálené vlhké louky, pastviny a lada
 - Přírodě vzdálené mezofilní louky, pastviny a lada
 - Přírodě vzdálené suché trávníky, lemy a vřesoviště
 - Ruderální vegetace na propustných substrátech
 - Ruderální vegetace na zhutněných substrátech
 - Orná půda
 - Mokřadní vrbiny
 - Vrbové křoviny hlinitých a písčitých náplavů
 - Vysoké mezofilní a xerofilní křoviny
 - Přírodě vzdálené křoviny mezof. až mokřých st.
 - Dřevinné porosty na zemědělské a ostatní půdě
 - Mokřadní olšiny
 - Horské olšiny s olší šedou
 - Potoční a degradované jasanovo-olšové luhy
 - Údolní jasanovo-olšové luhy
 - Hercynské dubohabřiny
 - Suťové lesy
 - Květnaté bučiny
 - Horské klenové bučiny
 - Vápnomilné bučiny
 - Acidofilní bučiny
 - Suché acidofilní doubravy
 - Vlhké acidofilní doubravy
 - Subkontinentální borové doubravy
 - Horské třtinové smrčiny
 - Rašelinné a podmáčené smrčiny, podm. smrč.
 - Rašelinné a podmáčené smrčiny, rašel. smrč.
 - Hospodářské lesy listnaté
 - Hospodářské lesy smíšené
 - Hospodářské lesy jehličnaté
 - Aleje a skupiny stromů
 - Přírodě vzdálené sady, chmelnice a vlnice
 - Intenzivní sady, chmelnice a vlnice
 - Lesní a ovocné školky, plant. rychle rost. dřevin
 - Užitkové zahrady a zahrádkářské kolonie
 - Intenziv. kult. trávníky okras. zahrad a sport.
 - Sportovní a rekreační plochy
 - Měst. zelené plochy, okras. zah., park, hřbit.
 - Souvislá městská zástavba
 - Nesouvislá městská zástavba
 - Plošně zastavěné území s minimální vegetací
 - Nepropustné plochy a plochy trvale bez veg.
 - Průmyslové a obchodní jednotky
 - Skládky a staveniště
 - Dopravní síť
 - mozaika přírodních biotopů
 - mozaika přírodních a nepřirodních biotopů
 - mozaika nepřirodních biotopů



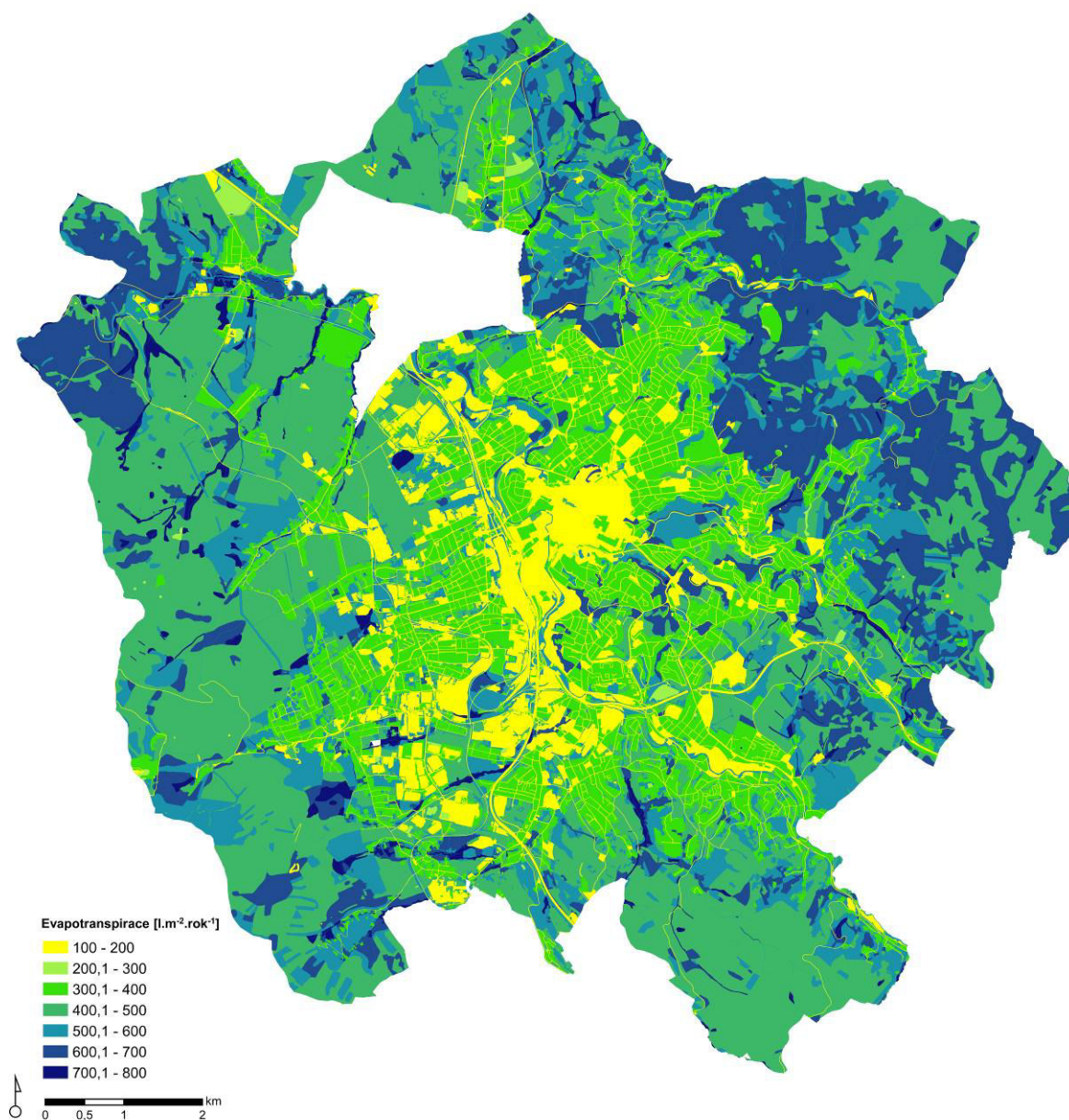
Příloha 1. Rozmístění habitatů DKV (Detailní kombinovaná vrstva habitatů, © CzechGlobe © AOPK ČR 2014) na území Liberce. Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Liberec - Bodová hodnota BVM



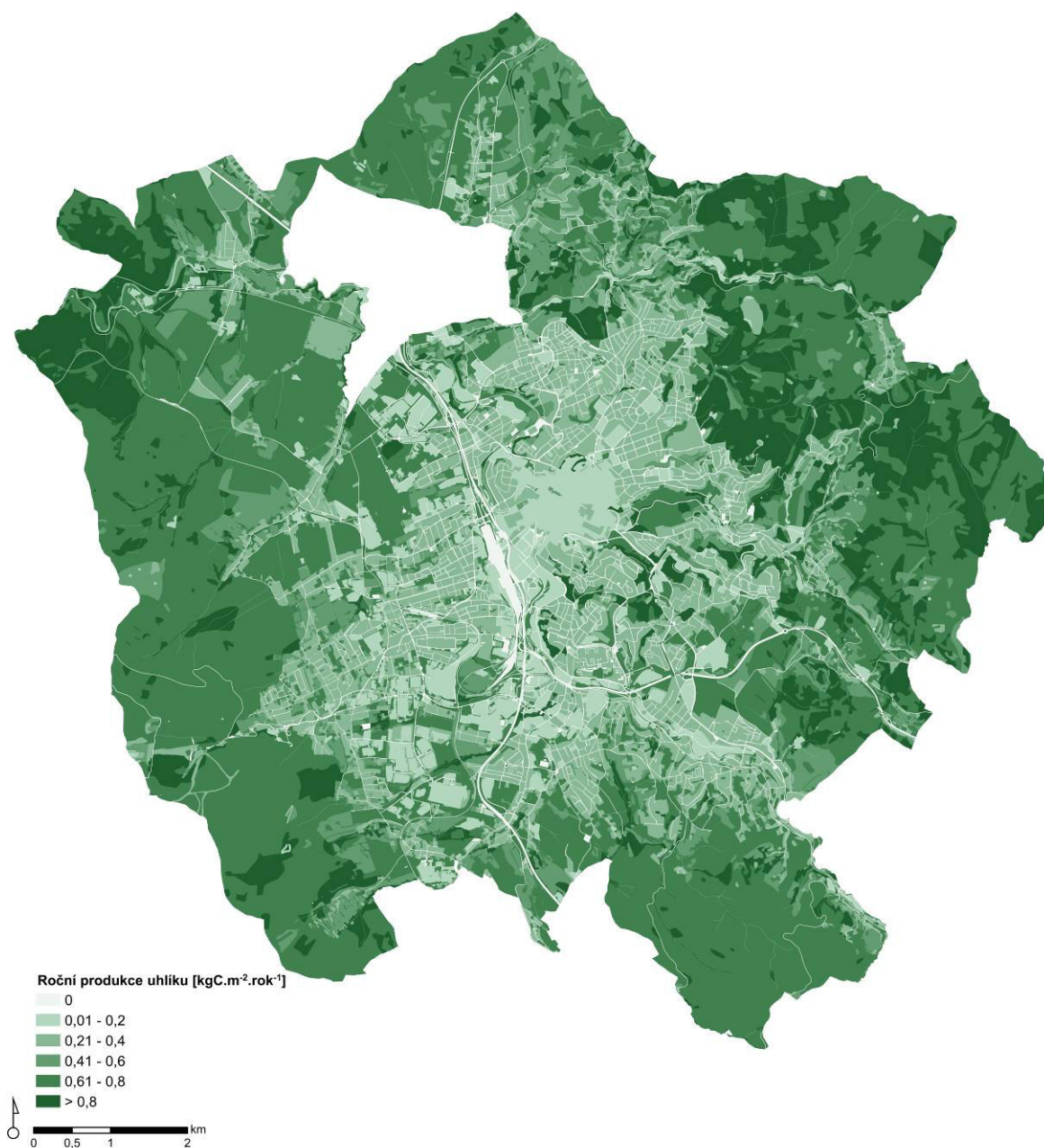
Příloha 2. Hodnocení ekosystémových funkcí na území Liberce; Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m²] (Seják a kol. 2018). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Liberec - Evapotranspirace



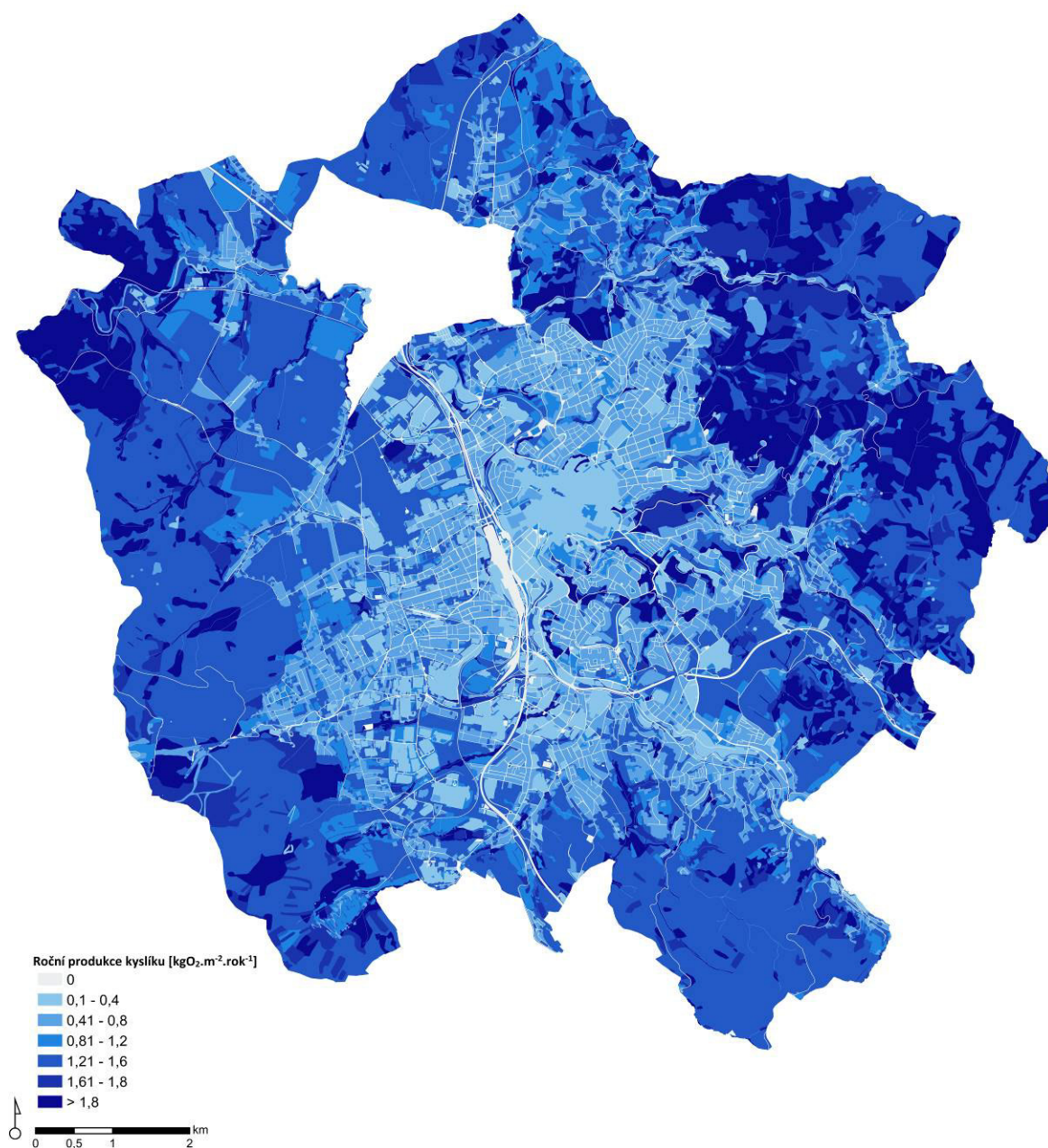
Příloha 3. Hodnocení ekosystémových funkcí na území Liberce; Evapotranspirace [$l \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Liberec - Roční produkce uhlíku



Příloha 4. Hodnocení ekosystémových funkcí na území Liberce; Roční produkce uhlíku [$\text{kgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Liberec - Roční produkce kyslíku



Příloha 5. Hodnocení ekosystémových funkcí na území Liberce; Roční produkce kyslíku [$\text{kgO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Příloha 6. Hodnocení ekosystémových funkcí na území Liberce – přírodní a přírodě blízké biotopy. Pro území studie byly použity dvě sady kategorií: i) Konsolidovaná vrstva ekosystémů © CzechGlobe © AOPK ČR 2013; ii) Metodika hodnocení ekosystémů – zahrnuje přírodní a přírodě blízké biotopy vrstvy Mapování biotopů AOPK ČR (© AOPK ČR 2014) doplněnou o biotopy přírodě vzdálené a cizí (Seják a kol.2018). Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotranspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

BIOTOPY Liberec přírodní a přírodě blízké biotopy	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Acidofilní bučiny	38	700	0,81	1,91	341177167	6284842552	7272461	17148642
Acidofilní trávníky mělkých půd	31	300	0,18	0,43	40485	391794	235	562
Aluviální psárkové louky	46	700	0,47	1,12	15782057	240161734	161251	384259
Brusnicová vegetace skal a drolin	49	400	0,36	0,85	117264	957259	862	2034
Devětsilové lemy horských potoků	41	800	0,91	2,17	578451	11286841	12839	30616
Eutrofní vegetace bahnitých substr.	36	800	0,46	1,09	21044	467649	269	637
Hercynské dubohabřiny	47	700	0,81	1,91	41129061	612560480	708820	1671415
Horské klenové bučiny	52	700	0,81	1,91	70557	949804	1099	2592
Horské olšiny s olší šedou	57	800	0,91	2,17	96765	1358111	1545	3684
Horské trojštětové louky	50	600	0,47	1,12	7626478	91517737	71689	170833
Horské třtinové smrčiny	36	500	0,70	1,66	132112	1834886	2569	6092
Jeskyně nepřístupné veřejnosti	40	100	0,00	0,00	793	1983	0	0
Květnaté bučiny	45	700	0,81	1,91	64318074	1000503380	1157725	2729945
Lesní pěnovcová prameniště	50	800	0,81	1,91	2493	39889	40	95
Lesní prameniště bez tvorby pěnovců	53	800	0,81	1,91	2777555	41925363	42449	100097
Makrofytní vegetace mělkých stojatých vod	53	600	0,75	1,78	69332	784886	981	2328
Makrofytní veg. přiroz. eutrof. a mezotrof. stojatých vod	44	600	0,75	1,78	552383	7532495	9416	22346
Makrofytní v. přiroz. eutrof. a mezotrof. stojatých vod, potenc.st.	30	600	0,75	1,78	3031588	60631763	75790	179874
Makrofytní vegetace vodních toků, aktuální výskyt	52	600	0,32	0,75	2543991	29353741	15655	36692

BIOTOPY Liberec přírodní a přírodě blízké biotopy	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Makrofytní vegetace vodních toků, potenciální stanoviště	32	600	0,06	0,15	855223	16035436	1604	4009
Mezofilní ovsíkové louky	33	600	0,47	1,12	119255824	2168287713	1698492	4047470
Mokřadní olšiny	55	800	0,91	2,17	1048760	15254695	17352	41378
Mokřadní vrbiny	36	600	0,52	1,24	96339	1605656	1392	3318
Pobřežní vegetace potoků	33	800	0,91	2,17	3298	79963	91	217
Podhorské a horské smilkové trávníky bez jalovce	39	600	0,32	0,75	7901123	121555742	64830	151945
Poháňkové pastviny	39	600	0,47	1,12	11744354	180682366	141535	337274
Potoční a degradované jasanovo- olšové luhy	33	800	0,91	2,17	12275422	297585986	338504	807202
Přechodová rašeliniště	56	800	0,09	0,21	284567	4065241	457	1067
Rákosiny eutrofních stojatých vod	28	800	0,91	2,17	64782	1850907	2105	5021
Rašelinné a podmáčené smrčiny, podmáčené smrčiny	43	650	0,70	1,66	8971407	135614287	146046	346338
Rašelinné a podmáčené smrčiny, rašelinné smrčiny	56	650	0,70	1,66	601420	6980769	7518	17828
Říční rákosiny	28	800	0,91	2,17	5440	155423	177	422
Subkontinentální borové doubravy	43	500	0,58	1,37	7591865	88277497	102402	241880
Suché acidofilní doubravy	38	500	0,58	1,37	20003487	263203778	305316	721178
Suťové lesy	42	700	0,81	1,91	18679788	311329802	360253	849486
Štěrbínová vegetace silikátových skal a drolin	46	200	0,09	0,21	580973	2525970	1137	2652
Štěrbínová vegetace vápnných skal a drolin	56	200	0,09	0,21	477496	1705342	767	1791
Štěrkové náplavy bez vegetace	31	200	0,09	0,21	74691	481876	217	506
Údolní jasanovo-olšové luhy	42	800	0,91	2,17	29905126	569621450	647944	1545098

BIOTOPY Liberec přírodní a přírodě blízké biotopy	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Vápnomilné bučiny	62	700	0,81	1,91	6088108	68736700	79538	187553
Vegetace vlhkých narušovaných půd	39	700	0,47	1,12	31571	566657	380	907
Vegetace vysokých ostřic	26	800	0,91	2,17	82167	2528206	2876	6858
Vlhká tužebníková lada	46	700	0,47	1,12	3029567	46102106	30954	73763
Vlhké acidofilní doubravy	41	700	0,81	1,91	458413	7826568	9056	21355
Vlhké pcháčové louky	49	700	0,47	1,12	7708253	110117906	73936	176189
Vodní toky přírodní ⁱ	32	600	0,06	0,15	12169001	228168762	22817	57042
Vrbové křoviny hlinitých a písčítých náplavů	36	600	0,52	1,24	47829	797156	691	1647
Vysoké mezofilní a xerofilní křoviny	33	500	0,48	1,13	1570	23787	23	54
mozaika přírodních biotopů*	41	656	0,60	1,42	142407035	2261813182	2349298	5540761
mozaika přírodních a nepřírodních biotopů*	28	560	0,59	1,40	122855704	2485534307	2728341	6461792

*hodnoty ekosystémových funkcí v tabulce jsou uvedeny jako průměr pro polygony s mozaikou, jejichž hodnota byla vypočítána na základě procentuálního zastoupení biotopů v jednotlivých polygonech

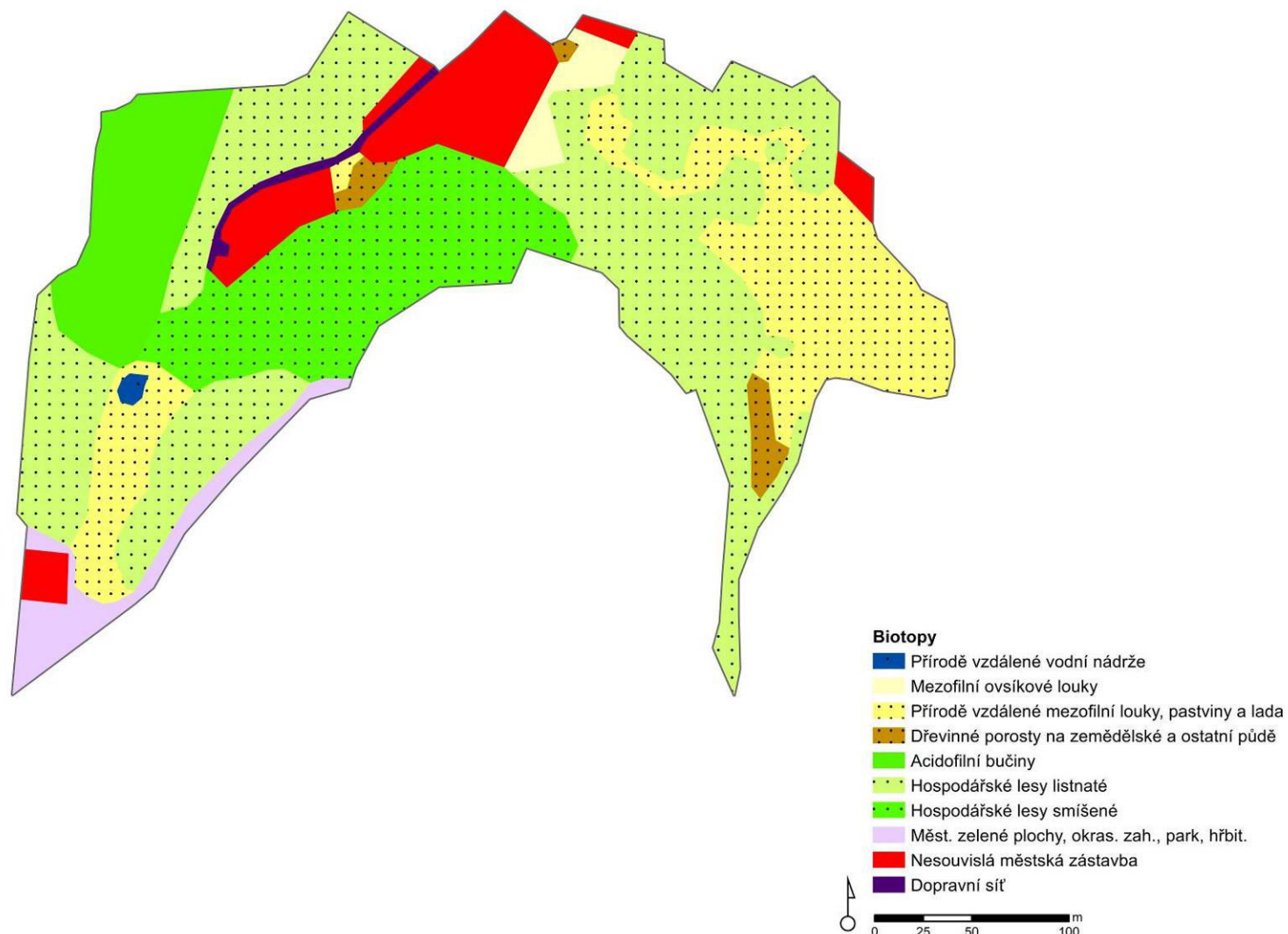
Příloha 7. Hodnocení ekosystémových funkcí na území Liberce – biotopy přírodě vzdálené a cizí. Pro území studie byly použity dvě sady kategorií: i) Konsolidovaná vrstva ekosystémů © CzechGlobe © AOPK ČR 2013; ii) Metodika hodnocení ekosystémů – zahrnuje přírodní a přírodě blízké biotopy vrstvy Mapování biotopů AOPK ČR (© AOPK ČR 2014) doplněnou o biotopy přírodě vzdálené a cizí (Seják a kol.2018). Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotranspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

BIOTOPY Liberec biotopy přírodě vzdálené a cizí	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Aleje a skupiny stromů ⁱⁱ	19	500	0,64	1,52	3572199	94005234	120327	285776
Bažina, močál ⁱ	19	800	0,91	2,17	644840	27151176	30884	73648
Dopravní síť ⁱ	0	100	0,00	0,00	0	496103478	0	0
Dřevinné porosty na zemědělské a ostatní půdě ⁱⁱ	20	550	0,67	1,58	73948765	2033591027	2477284	5841952
Hospodářské lesy jehličnaté ⁱ	20	450	0,63	1,50	412487919	9365265566	13111372	31217552
Hospodářské lesy listnaté ⁱ	20	700	0,81	1,91	32556874	1160377377	1342722	3166173
Hospodářské lesy smíšené ⁱ	20	600	0,75	1,78	87659966	2665787114	3332234	7930717
Intenzivně kultivované trávníky okrasných zahrad a sportovišť ⁱⁱ	9	400	0,36	0,85	6312728	280565698	252509	596202
Intenzivní sady, chmelnice a vinice ⁱⁱ	9	400	0,44	1,04	39851	1771161	1948	4605
Krátkodobě opuštěné uměle obnaž. zemní substráty ⁱⁱ	16	200	0,09	0,21	347414	4342676	1954	4560
Lesní a ovocné školky, plantáže rychle rost. dřevin ⁱⁱ	7	433	0,45	1,07	1701762	105266146	109399	260127
Městské zelené plochy, okrasná zahrada, park, hřbitov ⁱ	11	389	0,39	0,92	17191826	614670981	616251	1453721
Nádrže čističek a odkaliště ⁱⁱ	0	600	0,00	0,00	0	237607	0	0
Nepropustné plochy a plochy trvale bez vegetace ⁱⁱ	0	100	0,00	0,00	0	11231728	0	0
Nepřírodní kanalizované vodní toky ⁱⁱ	10	600	0,06	0,15	11065	663883	66	166
Nepřírodní tech. řešené vodní nádrže ⁱⁱ	11	600	0,06	0,15	173690	9474011	947	2369
Nepřírodní vegetace polopropust. dlážd. a šterk. ploch ⁱⁱ	9	150	0,05	0,11	7809	130144	43	95

BIOTOPY Liberec biotopy přírodě vzdálené a cizí	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Nesouvislá městská zástavba ⁱ	7	312	0,32	0,76	114808308	4954383420	5081419	12068370
Nezazemněné kamen. rovnaniny, opěrné zídky, zbořeniště ⁱⁱ	16	200	0,09	0,21	16553	206912	93	217
Opuštěné těžební prostory s nerostnými substráty ⁱⁱ	16	200	0,09	0,21	105116	1313951	591	1380
Orná půda ⁱ	9	300	0,41	0,96	1603774	53459122	73061	171069
Plošně zastavěné území s minimální vegetací ⁱⁱ	0	100	0,00	0,00	0	1825122	0	0
Přírodě vzdálené křoviny mezofilních až mokřých stanovišť ⁱⁱ	20	550	0,50	1,19	2241245	61634231	56031	133354
Přírodě vzdálené mezofilní louky, pastviny a lada ⁱⁱ	13	500	0,63	1,48	182382524	7014712447	8838538	20763549
Přírodě vzdálené sady, chmelnice a vinice ⁱⁱ	16	550	0,47	1,13	736960	25333009	21648	52048
Přírodě vzdálené suché trávníky, lemy a vřesoviště ⁱⁱ	23	300	0,18	0,43	84879	1107122	664	1587
Přírodě vzdálené vlhké louky, pastviny a lada ⁱⁱ	17	633	0,67	1,59	2993671	111470235	117986	279996
Přírodě vzdálené vodní nádrže ⁱⁱ	14	600	0,75	1,78	2272070	97374443	121718	288878
Průmyslové a obchodní jednotky ⁱ	3	153	0,07	0,17	15552243	865270227	395875	961411
Ruderální vegetace na propustných substrátech ⁱⁱ	11	250	0,18	0,43	1649183	37481440	26987	64468
Ruderální veget. na zhutněných substr. ⁱⁱ	9	200	0,09	0,22	1696863	37708065	16969	41479
Skládky a staveniště ⁱ	9	228	0,15	0,36	477462	11768796	7743	18582
Souvislá městská zástavba ⁱ	2	156	0,08	0,19	2241011	197512861	101289	240561
Sportovní a rekreační plochy ⁱ	8	342	0,32	0,75	2372325	101416909	94893	222406
Užitkové zahrady a zahrád. kolonie ⁱⁱ	11	430	0,52	1,22	18858247	737186005	891481	2091551
Vodní toky nepřirodní ⁱ	17	600	0,06	0,15	2260929	79797510	7980	19949
mozaika nepřirodních biotopů*	13	383	0,40	0,94	1048526	31957590	33530	79104

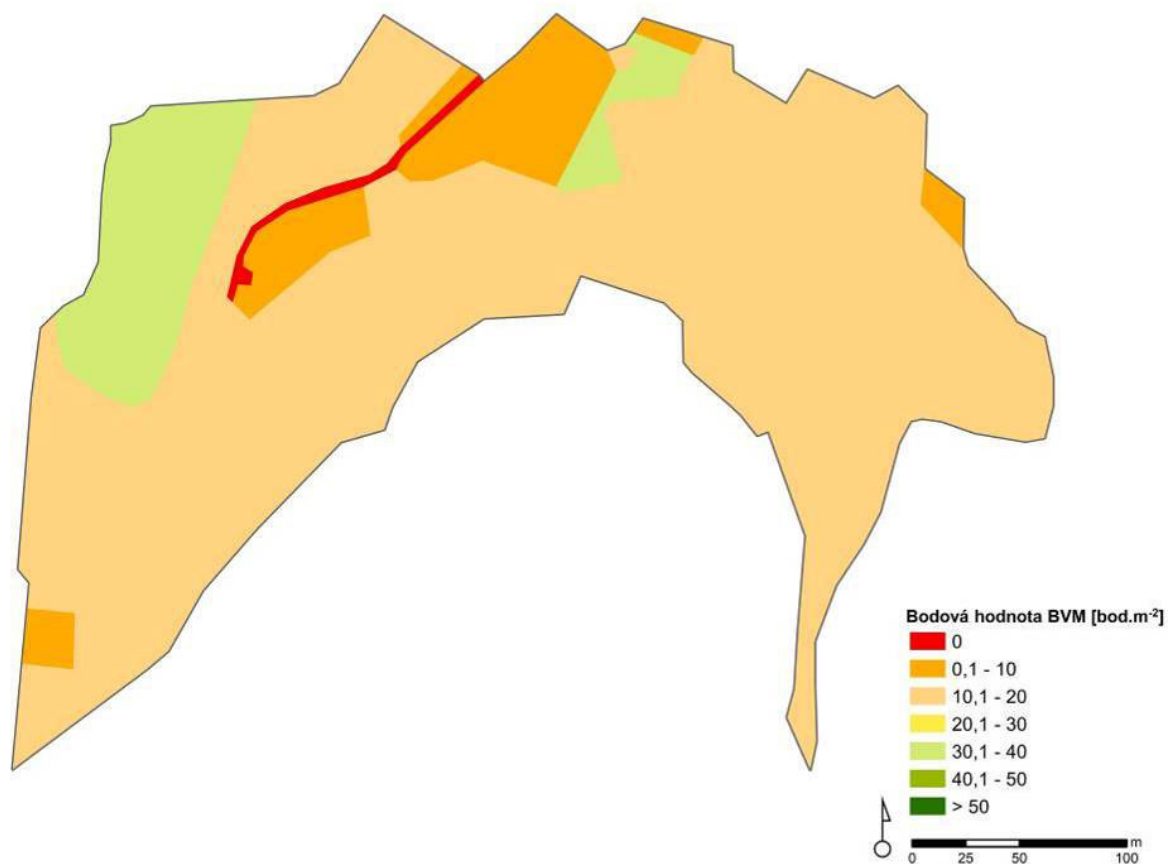
*hodnoty ekosystémových funkcí v tabulce jsou uvedeny jako průměr pro polygony s mozaikou, jejichž hodnota byla vypočítána na základě procentuálního zastoupení biotopů v jednotlivých polygonech

Zájmové území Kunratická - Biotopy



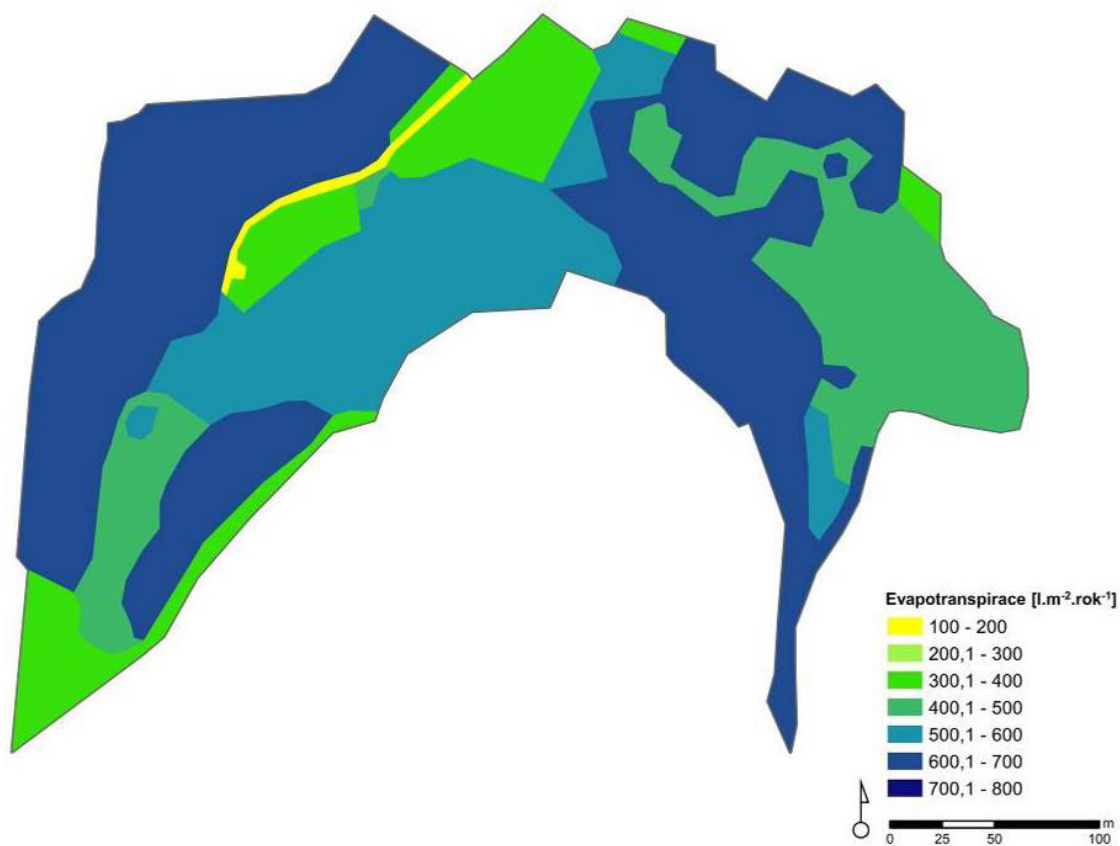
Příloha 8. Rozmístění habitatů DKV (Detailní kombinovaná vrstva habitatů, © CzechGlobe © AOPK ČR 2014) v zájmovém území Kunratická. Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Kunratická - Bodová hodnota BVM



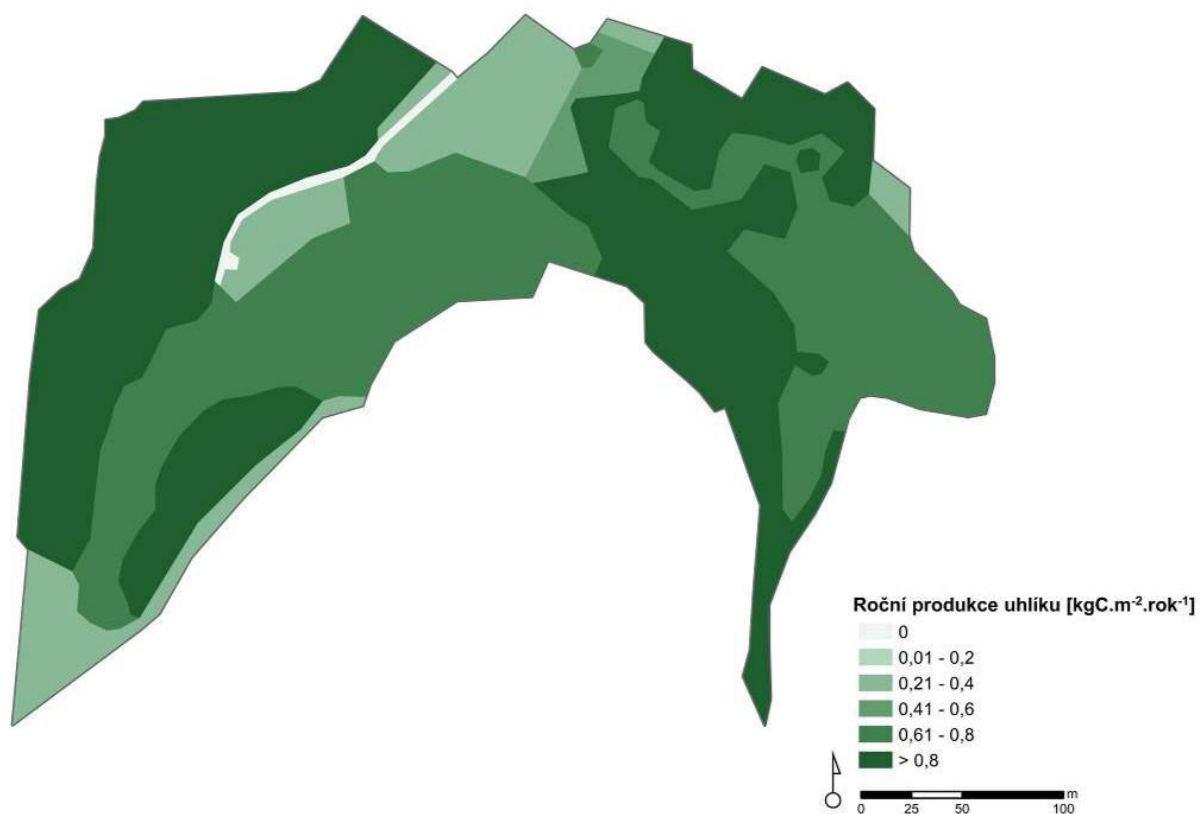
Příloha 9. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Kunratická; Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Kunratická - Evapotranspirace



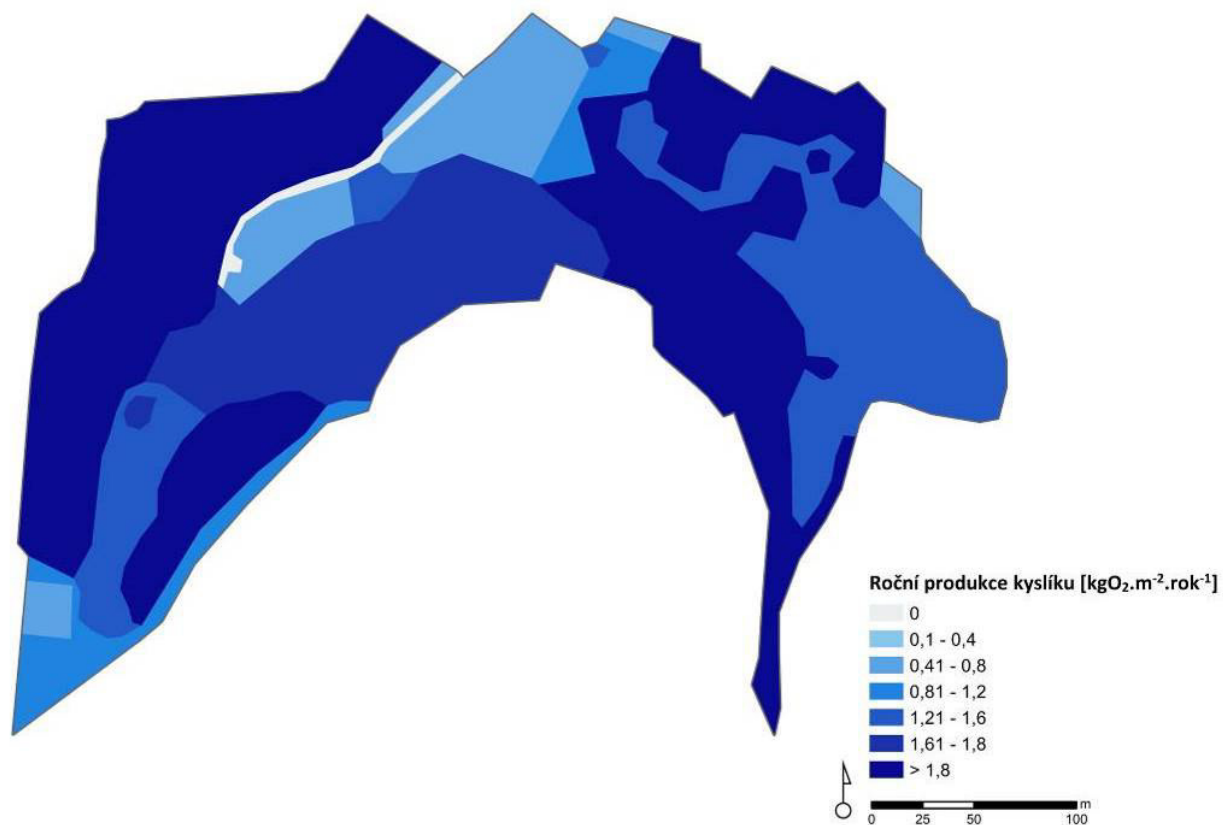
Příloha 10. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Kunratická; Evapotraspirace [$\text{l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Kunratická - Roční produkce uhlíku



Příloha 11. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Kunratická; Roční produkce uhlíku [$\text{kgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Kunratická - Roční produkce kyslíku



Příloha 12. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Kunratická; Roční produkce kyslíku [$\text{kgO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

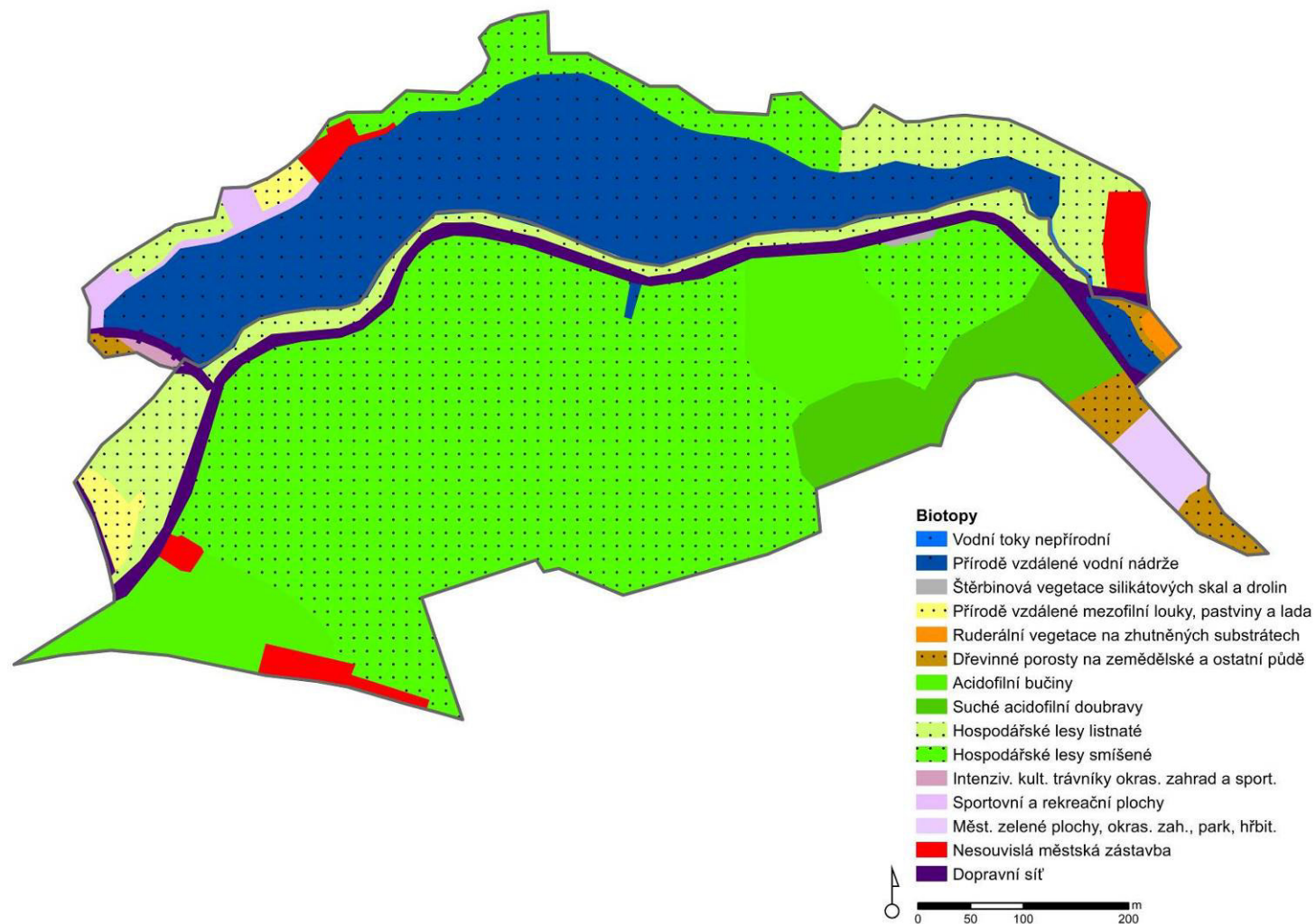
Příloha 13. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Kunratická – přírodní a přírodě blízké biotopy. Pro území studie byly použity dvě sady kategorií: i) Konsolidovaná vrstva ekosystémů © CzechGlobe © AOPK ČR 2013; ii) Metodika hodnocení ekosystémů – zahrnuje přírodní a přírodě blízké biotopy vrstvy Mapování biotopů AOPK ČR (© AOPK ČR 2014) doplněnou o biotopy přírodě vzdálené a cizí (Seják a kol. 2018). Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotranspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

BIOTOPY Kunratická přírodní a přírodě blízké biotopy	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	∑ body BVM	∑ Evapotranspirace	∑ produkce C	∑ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Acidofilní bučiny	38	700	0,81	1,91	275888	5082154	5881	13867
Mezofilní ovčíkové louky	33	600	0,47	1,12	48266	877556	687	1638

Příloha 14. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Kunratická – biotopy přírodě vzdálené a cizí. Pro území studie byly použity dvě sady kategorií: i) Konsolidovaná vrstva ekosystémů © CzechGlobe © AOPK ČR 2013; ii) Metodika hodnocení ekosystémů – zahrnuje přírodní a přírodě blízké biotopy vrstvy Mapování biotopů AOPK ČR (© AOPK ČR 2014) doplněnou o biotopy přírodě vzdálené a cizí (Seják a kol. 2018). Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotranspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

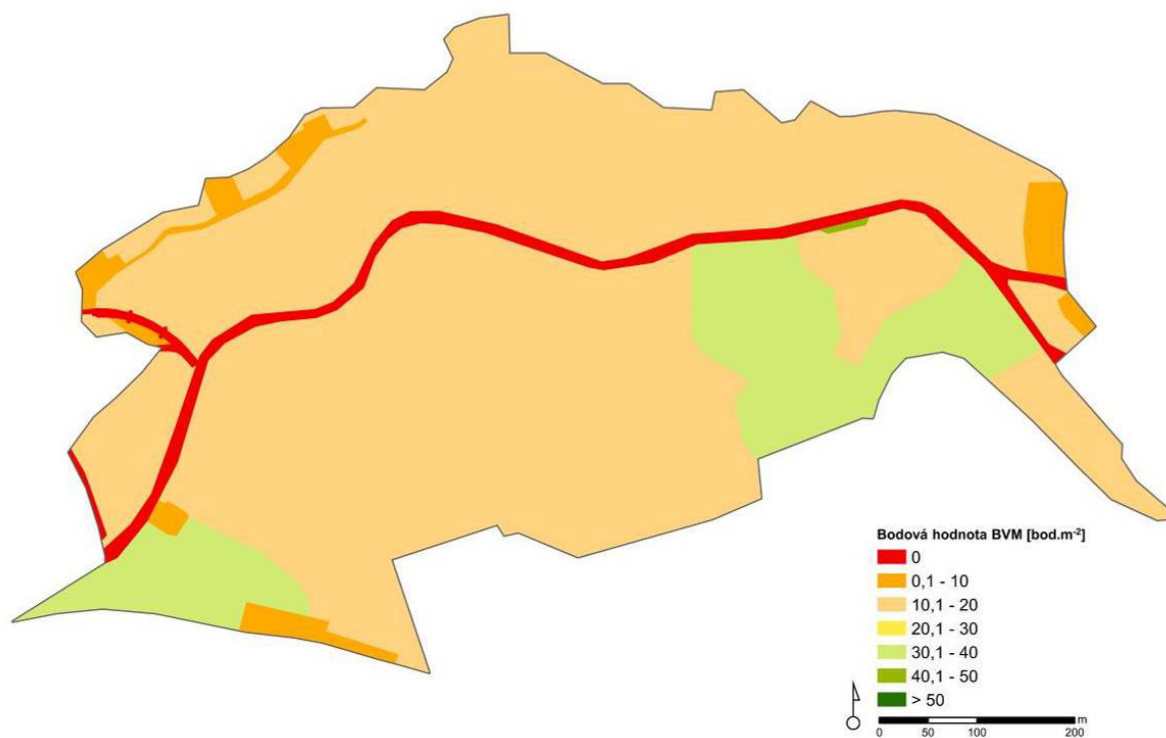
BIOTOPY Kunratická biotopy přírodě vzdálené a cizí	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Dopravní síť ⁱ	0	100	0	0	0	70533	0	0
Dřevinné porosty na zemědělské a ostatní půdě ⁱⁱ	20	550	0,67	1,58	27166	747074	910	2146
Hospodářské lesy listnaté ⁱ	20	700	0,81	1,91	591627	21086498	24400	57536
Hospodářské lesy smíšené ⁱ	20	600	0,75	1,79	255489	7769567	9712	23114
Městské zelené plochy, okrasná zahrada, park, hřbitov ⁱ	11	389	0,39	0,92	30365	1085666	1088	2568
Nesouvislá městská zástavba ⁱ	7	312	0,32	0,76	53932	2327348	2387	5669
Přírodě vzdálené mezofilní louky, pastviny a lada ⁱⁱ	13	500	0,63	1,48	192320	7396914	9320	21895
Přírodě vzdálené vodní nádrže ⁱⁱ	14	600	0,75	1,78	2598	111349	139	330

Zájmové území přehrada Harcov – Biotopy



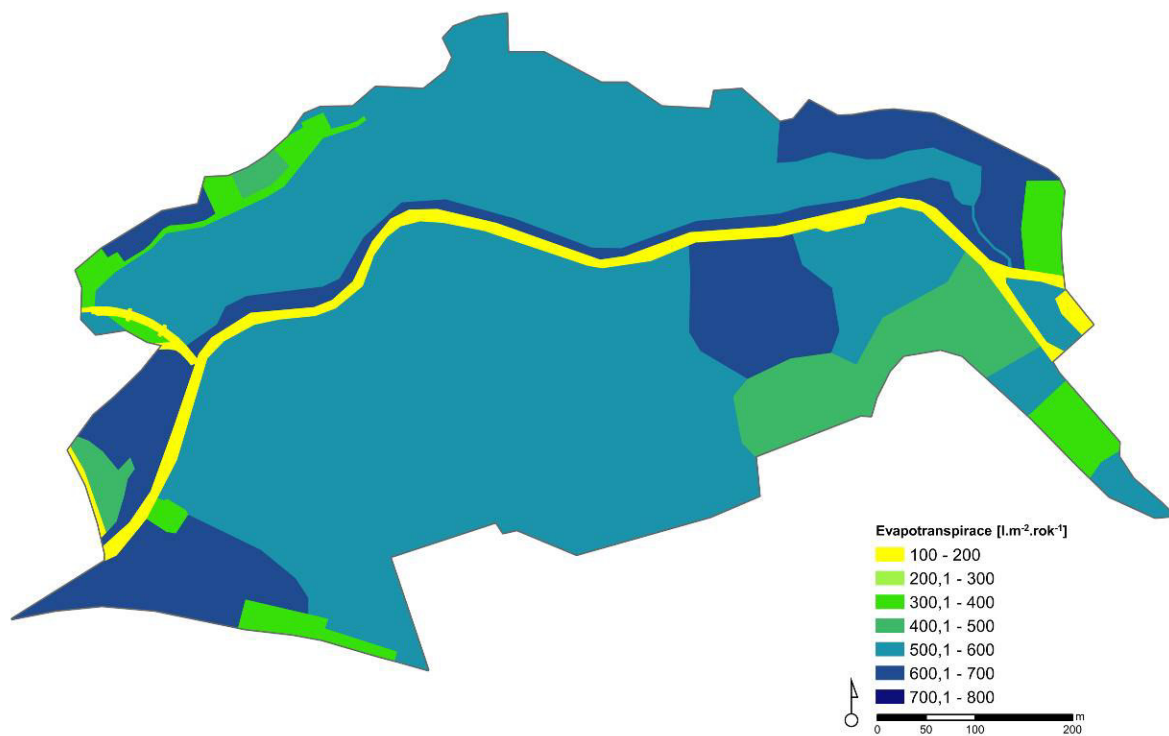
Příloha 15. Rozmístění habitatů DKV (Detailní kombinovaná vrstva habitatů, © CzechGlobe © AOPK ČR 2014) v zájmovém území přehrada Harcov. Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území přehrada Harcov - Bodová hodnota BVM



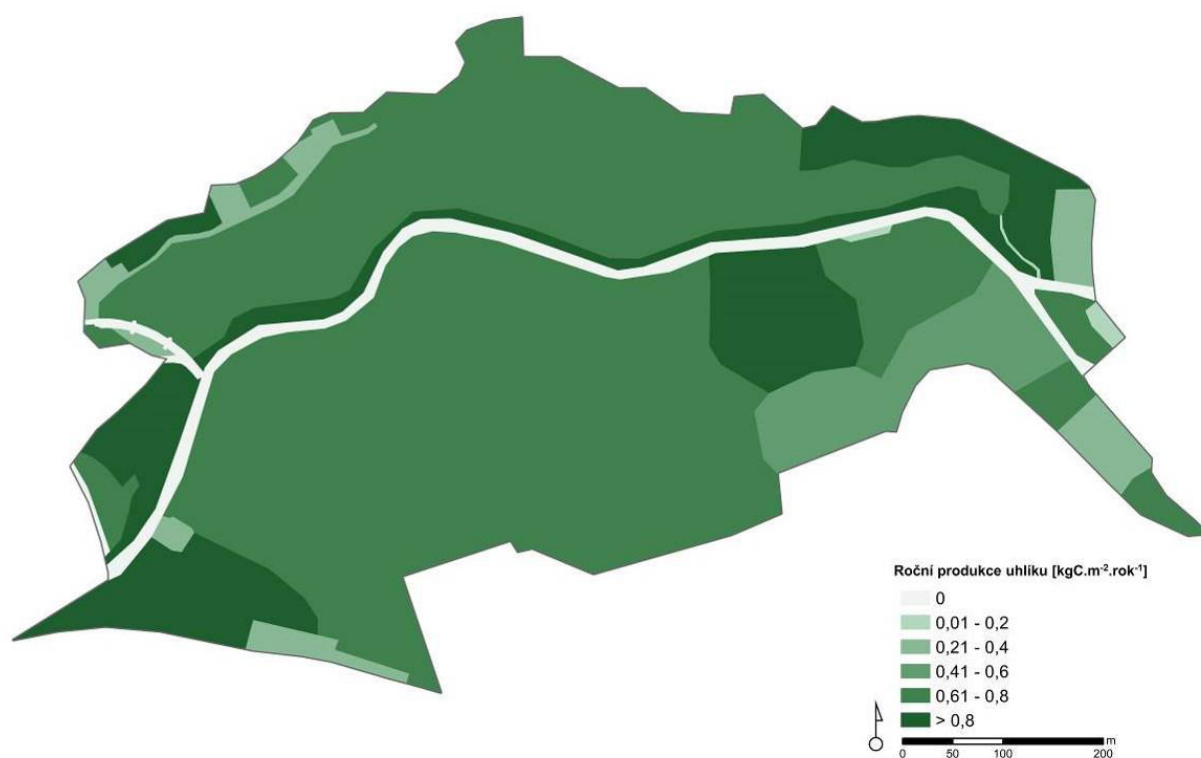
Příloha 16. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území přehrada Harcov; Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území přehrada Harcov - Evapotranspirace



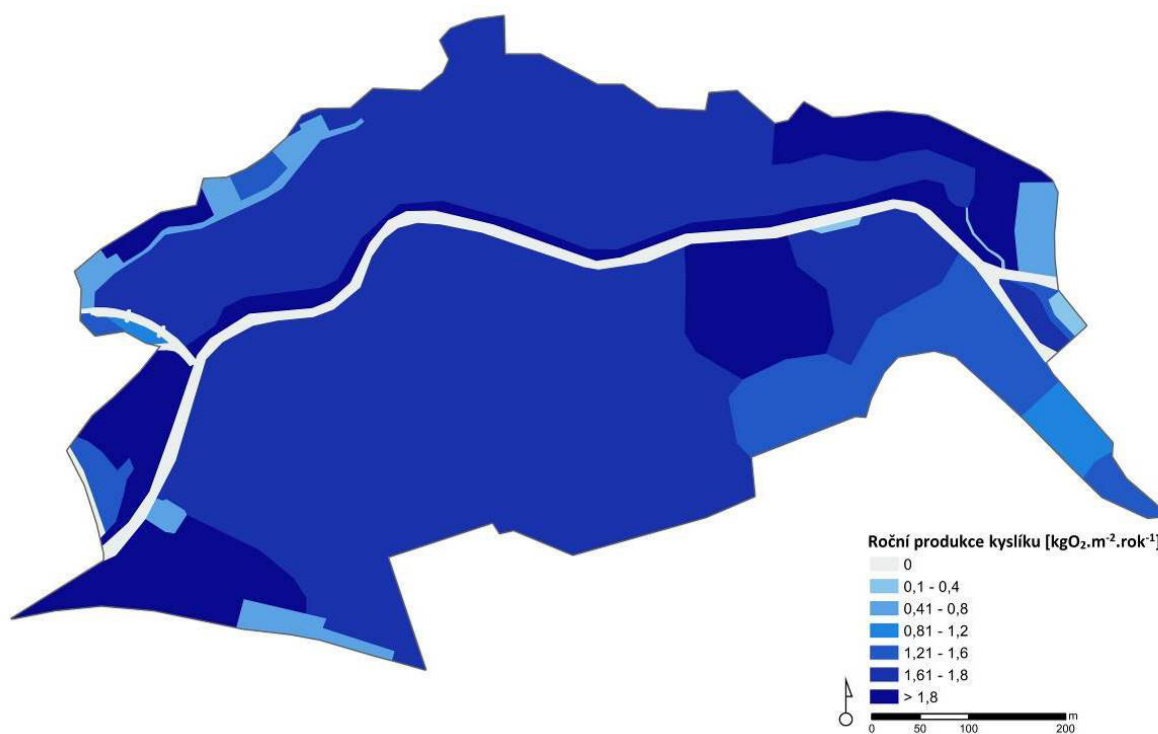
Příloha 17. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území přehrada Harcov; Evapotraspirace [$l \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území přehrada Harcov - Roční produkce uhlíku



Příloha 18. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území přehrada Harcov; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území přehrada Harcov - Roční produkce kyslíku



Příloha 19. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území přehrada Harcov; Roční produkce kyslíku [$\text{kgO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Příloha 20. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území přehrada Harcov – přírodní a přírodě blízké biotopy. Pro území studie byly použity dvě sady kategorií: i) Konsolidovaná vrstva ekosystémů © CzechGlobe © AOPK ČR 2013; ii) Metodika hodnocení ekosystémů – zahrnuje přírodní a přírodě blízké biotopy vrstvy Mapování biotopů AOPK ČR (© AOPK ČR 2014) doplněnou o biotopy přírodě vzdálené a cizí (Seják a kol.2018). Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotranspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

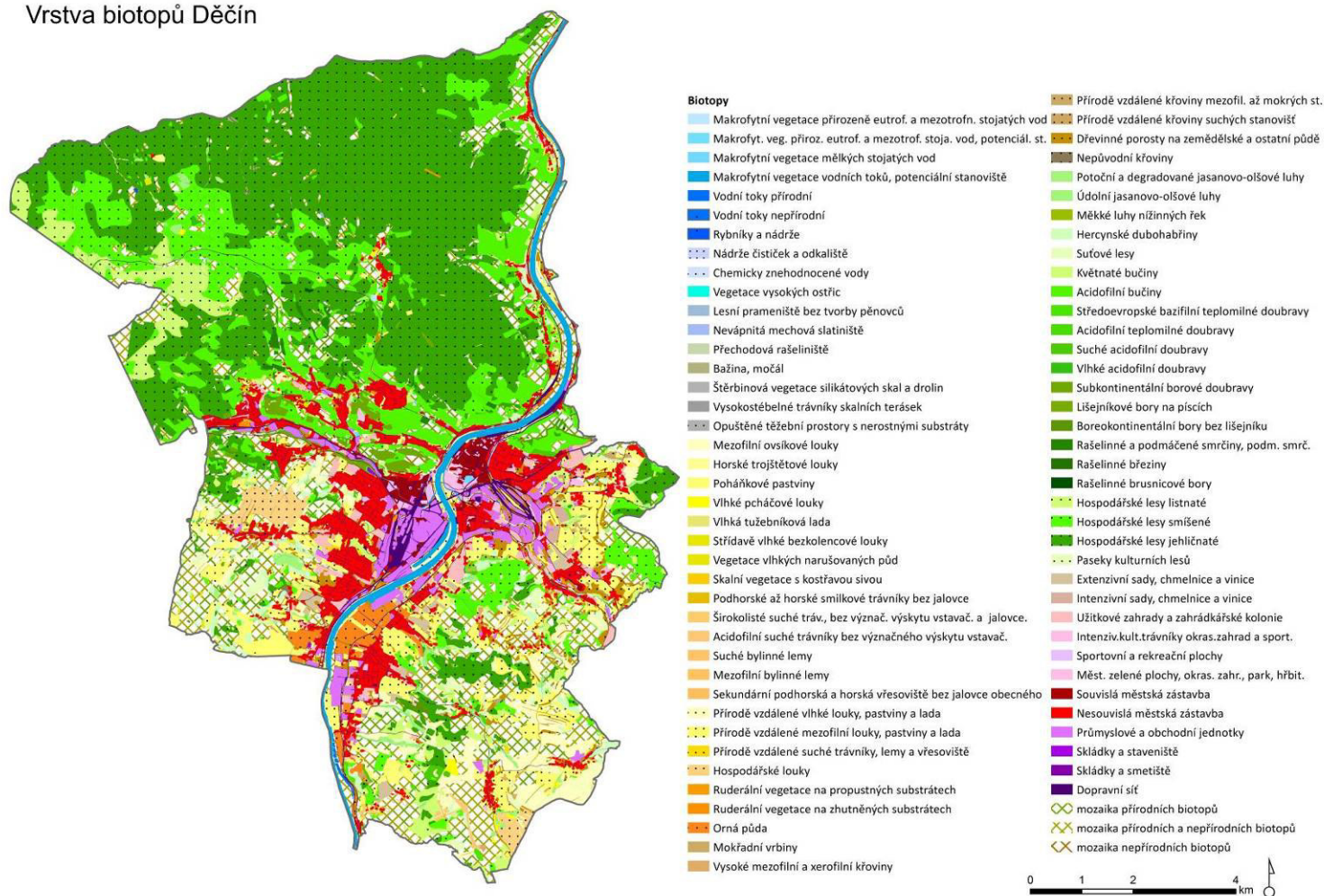
BIOTOPY přehrada Harcov přírodní a přírodě blízké biotopy	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Acidofilní bučiny	38	700	0,81	1,91	1303294	24008045	27781	65508
Suché acidofilní doubravy	38	500	0,58	1,37	840945	11065069	12835	30318
Štěrbínová vegetace silikátových skal a dročin	46	200	0,09	0,21	14787	64293	29	68

Příloha 21. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území přehrada Harcov – biotopy přírodě vzdálené a cizí. Pro území studie byly použity dvě sady kategorií: i) Konsolidovaná vrstva ekosystémů © CzechGlobe © AOPK ČR 2013; ii) Metodika hodnocení ekosystémů – zahrnuje přírodní a přírodě blízké biotopy vrstvy Mapování biotopů AOPK ČR (© AOPK ČR 2014) doplněnou o biotopy přírodě vzdálené a cizí (Seják a kol.2018). Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotranspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

BIOTOPY přehrada Harcov biotopy přírodě vzdálené a cizí	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Dopravní síť ⁱ	0	100	0,00	0,00	0	1655126	0	0
Dřevinné porosty na zemědělské a ostatní půdě ⁱⁱ	20	550	0,67	1,58	128336	3529240	4299	10139
Hospodářské lesy listnaté ⁱ	20	700	0,81	1,91	735067	26198943	30316	71486
Hospodářské lesy smíšené ⁱ	20	600	0,75	1,79	3749948	114037947	142547	339263
Intenzivně kultivované trávníky okrasných zahrad a sportovišť ⁱⁱ	9	400	0,36	0,85	5587	248311	223	528
Městské zelené plochy, okrasná zahrada, park, hřbitov ⁱ	11	389	0,39	0,92	47285	1690612	1695	3998
Nesouvislá městská zástavba ⁱ	7	312	0,32	0,76	69371	2993614	3070	7292
Přírodě vzdálené mezofilní louky, pastviny a lada ⁱⁱ	13	500	0,63	1,48	54792	2107401	2655	6238
Přírodě vzdálené vodní nádrže ⁱⁱ	14	600	0,75	1,78	1222219	52380826	65476	155396
Ruderální vegetace na zhutněných substrátech ⁱⁱ	9	200	0,09	0,22	6820	151555	68	167
Sportovní a rekreační plochy ⁱ	8	342	0,32	0,75	30681	1311620	1227	2876
Vodní toky nepřirodní ⁱ	17	600	0,06	0,15	3652	128898	13	32

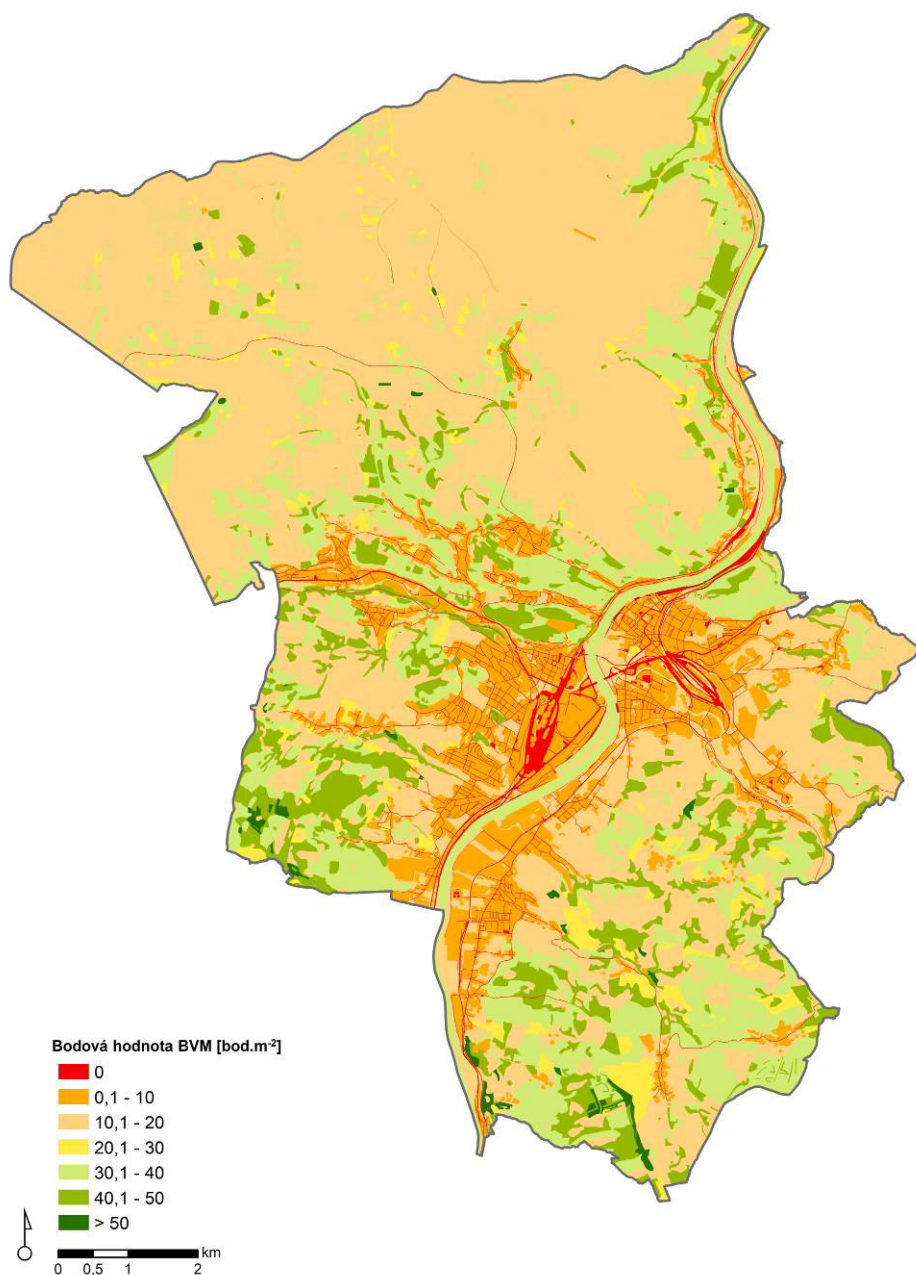
Zájmové území Děčín

Vrstva biotopů Děčín



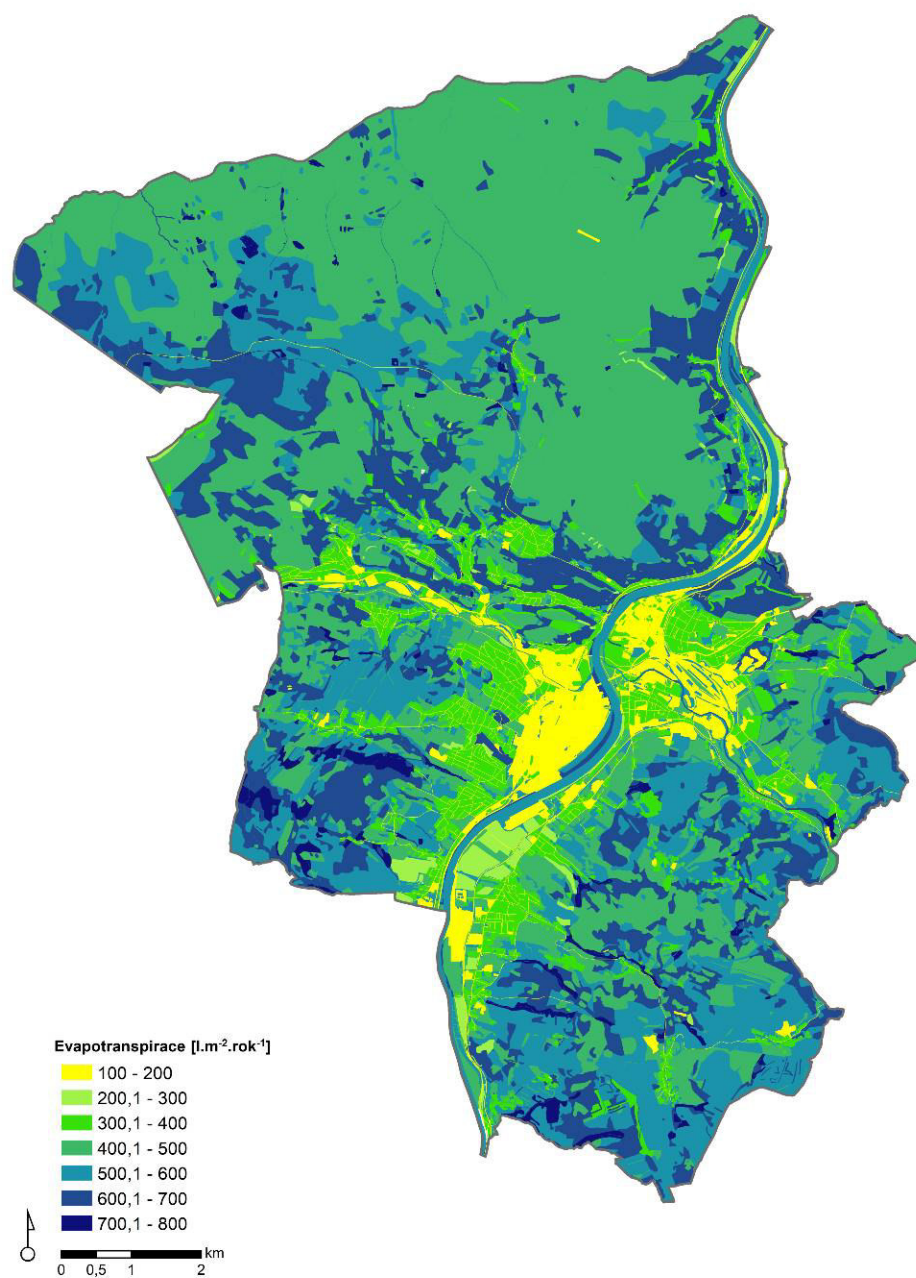
Příloha 22. Rozmístění habitatů DKV (Detailní kombinovaná vrstva habitatů, © CzechGlobe © AOPK ČR 2014) na území Děčína. Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Děčín - Bodová hodnota BVM



Příloha 23. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Děčín; Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Děčín – Evapotranspirace



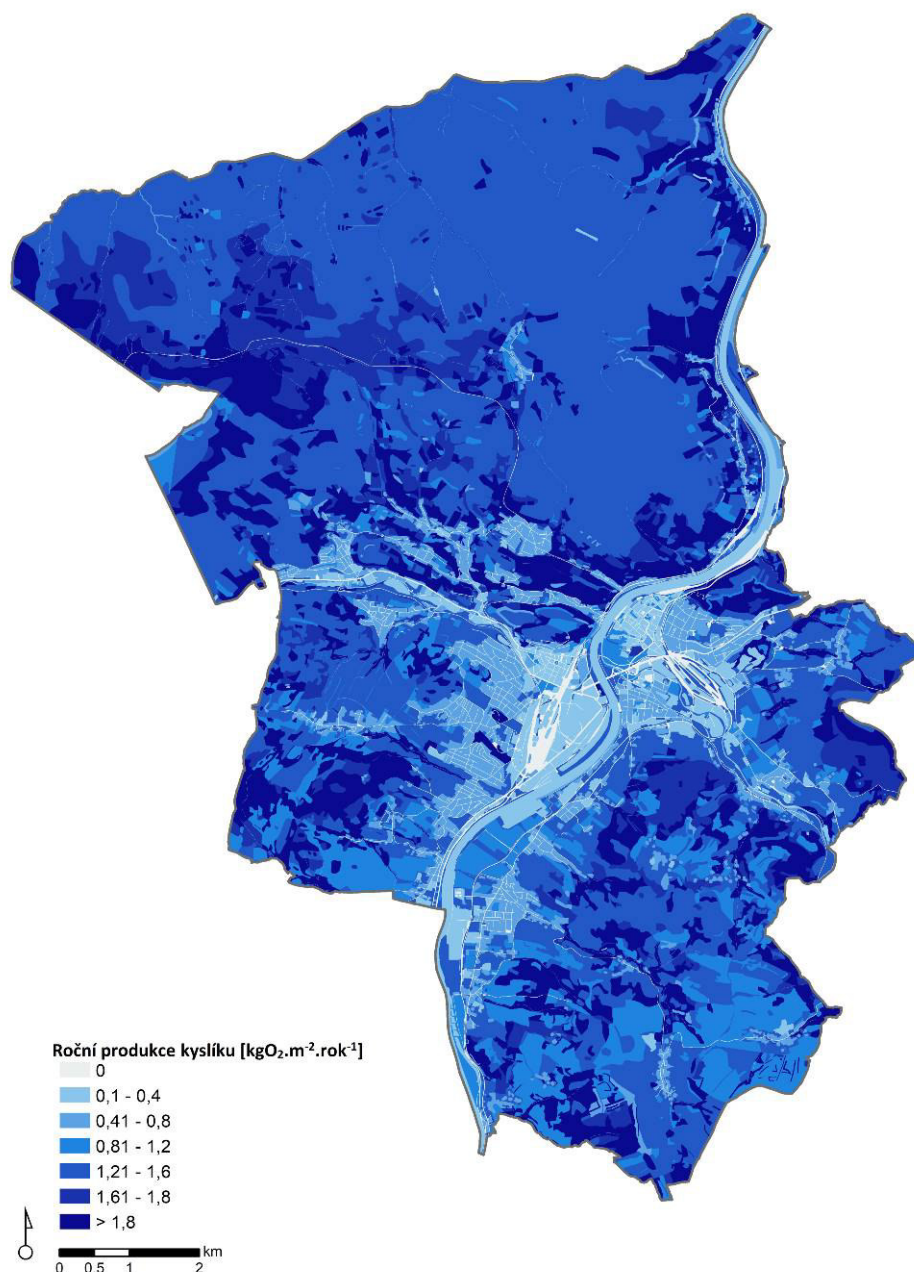
Příloha 24. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Děčín; Evapotraspirace [$\text{l.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Děčín - Roční produkce uhlíku



Příloha 25. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Děčín; Roční produkce uhlíku [$\text{kgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Děčín - Roční produkce kyslíku



Příloha 26. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Děčín; Roční produkce kyslíku [$\text{kgO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Příloha 27. Hodnocení ekosystémových funkcí na území Děčína – přírodní a přírodě blízké biotopy. Pro území studie byly použity dvě sady kategorií: i) Konsolidovaná vrstva ekosystémů © CzechGlobe © AOPK ČR 2013; ii) Metodika hodnocení ekosystémů – zahrnuje přírodní a přírodě blízké biotopy vrstvy Mapování biotopů AOPK ČR (© AOPK ČR 2014) doplněnou o biotopy přírodě vzdálené a cizí (Seják a kol.2018). Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotraspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

BIOTOPY Děčín přírodní a přírodě blízké biotopy	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Acidofilní bučiny	38	700	0,81	1,91	303534603	5591426900	6470080	15256608
Acidofilní suché trávníky bez význač. výskytu vstavačovitých	53	400	0,32	0,75	4566616	34465029	27572	64622
Acidofilní teplomilné doubravy	51	700	0,81	1,91	3534856	48517633	56142	132384
Boreokontinentální bory bez lišejníku	40	400	0,41	0,96	4883447	48834468	50055	117203
Hercynské dubohabřiny	47	700	0,81	1,91	66730684	993861256	1150039	2711821
Horské trojštětové louky	50	600	0,47	1,12	1230907	14770886	11571	27572
Květnaté bučiny	45	700	0,81	1,91	61627295	958646806	1109291	2615736
Lesní prameniště bez tvorby pěnoveců	53	800	0,81	1,91	205823	3106768	3146	7417
Lišejníkové bory na písčích	43	400	0,41	0,96	225204	2094924	2147	5028
Makrofytní vegetace mělkých stojatých vod	53	600	0,75	1,78	4786	54186	68	161
Makrofytní veg.přirozeně eutrof.a mezotrofních stojatých vod	44	600	0,75	1,78	1356039	18491446	23114	54858
Makrofytní vegetace přirozeně eutrofních a mezotrofních stojatých vod, potenc. stanovišť.	30	600	0,75	1,78	1027158	20543165	25679	60945
Makrofytní vegetace vodních toků, potenciální stanoviště	32	600	0,06	0,15	60938821	1142602903	114260	285651
Měkké luhy nížinných řek	65	800	0,91	2,17	40970	504243	574	1368
Mezofilní bylinné lemy	41	600	0,47	1,12	187973	2750825	2155	5135
Mezofilní ovsíkové louky	33	600	0,47	1,12	112725024	2049545892	1605478	3825819
Mokřadní vrbiny	36	600	0,52	1,24	350436	5840598	5062	12071

BIOTOPY Děčín přírodní a přírodě blízké biotopy	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Nevápnitá mechová slatiniště	53	800	0,09	0,21	399417	6028942	678	1583
Podhorské až horské smilkové trávníky bez jalovce	39	600	0,32	0,75	586100	9016924	4809	11271
Poháňkové pastviny	39	600	0,47	1,12	31354727	482380409	377865	900443
Potoční a degradované jasanovo- olšové luhy	33	800	0,91	2,17	14210531	344497713	391866	934450
Přechodová rašeliniště	56	800	0,09	0,21	2985	42637	5	11
Rašelinné a podmáčené smrčiny, podmáčené smrčiny	43	650	0,70	1,66	16466371	248910265	268057	635679
Rašelinné brusnicové bory	56	800	0,40	0,94	870500	12435718	6218	14612
Rašelinné březiny	56	800	0,45	1,06	475373	6791040	3820	8998
Sekundární podhorská a horská vřesoviště bez jalovce obecného	41	400	0,36	0,85	31595	308239	277	655
Skalní vegetace s kostřavou sivou	66	300	0,18	0,43	296542	1347917	809	1932
Středoevropské bazifilní teplomilné doubravy	60	700	0,81	1,91	3951817	46104536	53350	125800
Střídavě vlhké bezkolencové louky	63	700	0,47	1,12	3614200	40157774	26963	64252
Subkontinentální borové doubravy	43	500	0,58	1,37	37539157	436501831	506342	1196015
Suché acidofilní doubravy	38	500	0,58	1,37	7978815	104984413	121782	287657
Suché bylinné lemy	59	400	0,32	0,75	108716	737058	590	1382
Suťové lesy	42	700	0,81	1,91	46512322	775205364	897023	2115203
Širokolisté suché trávníky, bez význačného výskytu vstavačovitých a bez jalovce obecného	53	400	0,32	0,75	4952861	37380080	29904	70088
Štěrbínová vegetace silikátových skal a drolin	46	200	0,09	0,21	543316	2362244	1063	2480
Údolní jasanovo-olšové luhy	42	800	0,91	2,17	23294244	443699884	504709	1203536
Vegetace vlhkých narušovaných půd	39	700	0,47	1,12	358068	6426867	4315	10283

BIOTOPY Děčín přírodní a přírodě blízké biotopy	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Vegetace vysokých ostřic	26	800	0,91	2,17	53144	1635191	1860	4435
Vlhká tužebníková lada	46	700	0,47	1,12	229460	3491786	2344	5587
Vlhké acidofilní doubravy	41	700	0,81	1,91	1287512	21981905	25436	59979
Vlhké pcháčové louky	49	700	0,47	1,12	7051976	100742515	67641	161188
Vodní toky přírodní ⁱ	32	600	0,06	0,15	8924797	167339940	16734	41835
Vysoké mezofilní a xerofilní křoviny	33	500	0,48	1,13	7552126	114426155	109849	258603
Vysokostébelné trávníky skalních terásek	47	600	0,47	1,12	248392	3170960	2484	5919
mozaika přírodních biotopů*	42	581	0,59	1,40	262006399	3850068690	4004979	9465892
mozaika přírodních a nepřírodních biotopů*	28	528	0,58	1,36	267955963	4957350423	5404103	12800656

*hodnoty ekosystémových funkcí v tabulce jsou uvedeny jako průměr pro polygony s mozaikou, jejichž hodnota byla vypočítána na základě procentuálního zastoupení biotopů v jednotlivých polygonech

Příloha 28. Hodnocení ekosystémových funkcí na území Děčína – biotopy přírodě vzdálené a cizí. Pro území studie byly použity dvě sady kategorií: i) Konsolidovaná vrstva ekosystémů © CzechGlobe © AOPK ČR 2013; ii) Metodika hodnocení ekosystémů – zahrnuje přírodní a přírodě blízké biotopy vrstvy Mapování biotopů AOPK ČR (© AOPK ČR 2014) doplněnou o biotopy přírodě vzdálené a cizí (Seják a kol.2018). Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotraspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

BIOTOPY Děčín biotopy přírodě vzdálené a cizí	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Bažina, močál ⁱ	19	800	0,91	2,17	940232	39588733	45032	107384
Dopravní síť ⁱ	0	100	0,00	0,00	0	289898953	0	0
Dřevinné porosty na zemědělské a ostatní půdě ⁱⁱ	20	550	0,67	1,58	54411539	1496317313	1822787	4298512
Hospodářské lesy jehličnaté ⁱ	20	450	0,63	1,50	752516265	17085366191	23919513	56951221
Hospodářské lesy listnaté ⁱ	20	700	0,81	1,91	66017112	2352837424	2722569	6419885
Hospodářské lesy smíšené ⁱ	20	600	0,75	1,79	179082920	5445938694	6807423	16247050
Hospodářské louky ⁱ	15	513	0,60	1,42	15962043	557801630	652400	1544012
Chemicky znehodnocené vody ⁱⁱ	0	600	0,00	0,00	0	1690220	0	0
Intenzivně kultivované trávníky okrasných zahrad a sportovišť ⁱⁱ	9	400	0,36	0,85	703346	31259827	28134	66427
Intenzivní sady, chmelnice a vinice ⁱⁱ	9	400	0,44	1,04	1516415	67396243	74136	175230
Městské zelené plochy, okrasná zahrada, park, hřbitov ⁱ	11	389	0,39	0,92	5346573	191159633	191651	452100
Nádrže čističek a odkaliště ⁱⁱ	0	600	0,00	0,00	0	2955811	0	0
Nepůvodní křoviny ⁱ	21	520	0,47	1,12	565423	14272803	12900	30741
Nesouvislá městská zástavba ⁱ	7	312	0,32	0,76	54906065	2369390342	2430144	5771592
Opuštěné těžební prostory s nerostnými substráty ⁱⁱ	16	200	0,09	0,21	66176	827195	372	869
Orná půda ⁱ	9	300	0,41	0,96	8494619	283153975	386977	906093
Paseky kulturních lesů ⁱⁱ	11	333	0,28	0,66	1911	57842	49	115
Průmyslové a obchodní jednotky ⁱ	3	153	0,07	0,17	7208234	401039939	183482	445600

BIOTOPY Děčín biotopy přírodě vzdálené a cizí	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Přírodě vzdálené křoviny mezofilních až mokrých stanovišť ⁱⁱ	20	550	0,50	1,19	6546229	180021295	163656	389501
Přírodě vzdálené křoviny suchých stanovišť ⁱⁱ	23	400	0,36	0,85	3426	59579	54	127
Přírodě vzdálené mezofilní louky, pastviny a lada ⁱⁱ	13	500	0,63	1,48	92996917	3576804516	4506774	10587341
Přírodě vzdálené sady, chmelnice a vinice ⁱⁱ	16	550	0,47	1,13	9497294	326469480	278983	670746
Přírodě vzdálené suché trávníky, lemy a vřesoviště ⁱⁱ	23	300	0,18	0,43	1808609	23590547	14154	33813
Přírodě vzdálené vlhké louky, pastviny a lada ⁱⁱ	17	633	0,67	1,59	4150881	154559264	163594	388229
Ruderální vegetace na propustných substrátech ⁱⁱ	11	250	0,18	0,43	7119	161794	116	278
Ruderální vegetace na zhutněných substrátech ⁱⁱ	9	200	0,09	0,22	1058575	23523889	10586	25876
Rybníky a nádrže ⁱ	14	600	0,75	1,78	282473	12105970	15132	35914
Skládky a smetiště ⁱⁱ	0	100	0,00	0,00	0	44150	0	0
Skládky a staveniště ⁱ	9	228	0,15	0,36	191988	4732251	3113	7472
Souvislá městská zástavba ⁱ	2	156	0,08	0,19	1359661	119834564	61454	145952
Sportovní a rekreační plochy ⁱ	8	342	0,32	0,75	665301	28441627	26612	62372
Užitkové zahrady a zahrádkářské kolonie ⁱⁱ	11	430	0,52	1,22	18386507	718745291	869180	2039231
Vodní toky nepřirodní ⁱ	17	600	0,06	0,15	1435565	50666983	5067	12667
mozaika nepřirodních biotopů*	10	325	0,30	0,71	556813	22280317	21547	50480

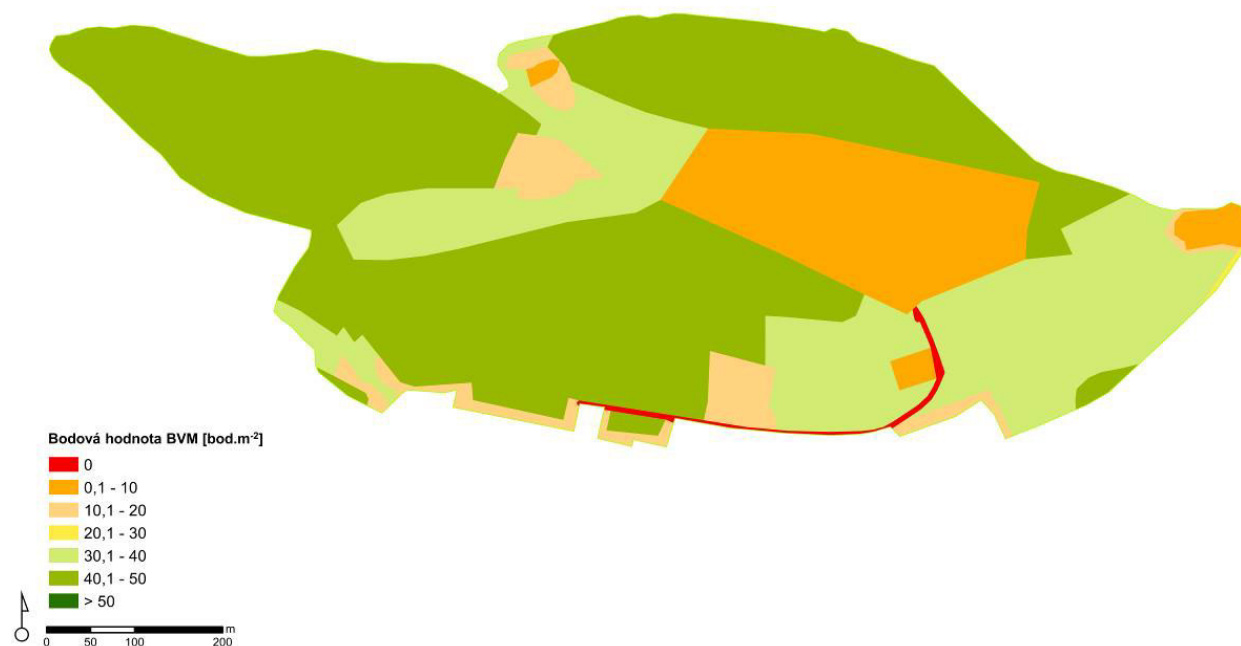
*hodnoty ekosystémových funkcí v tabulce jsou uvedeny jako průměr pro polygony s mozaikou, jejichž hodnota byla vypočítána na základě procentuálního zastoupení biotopů v jednotlivých polygonech

Zájmové území Pastýřská stěna - Biotopy



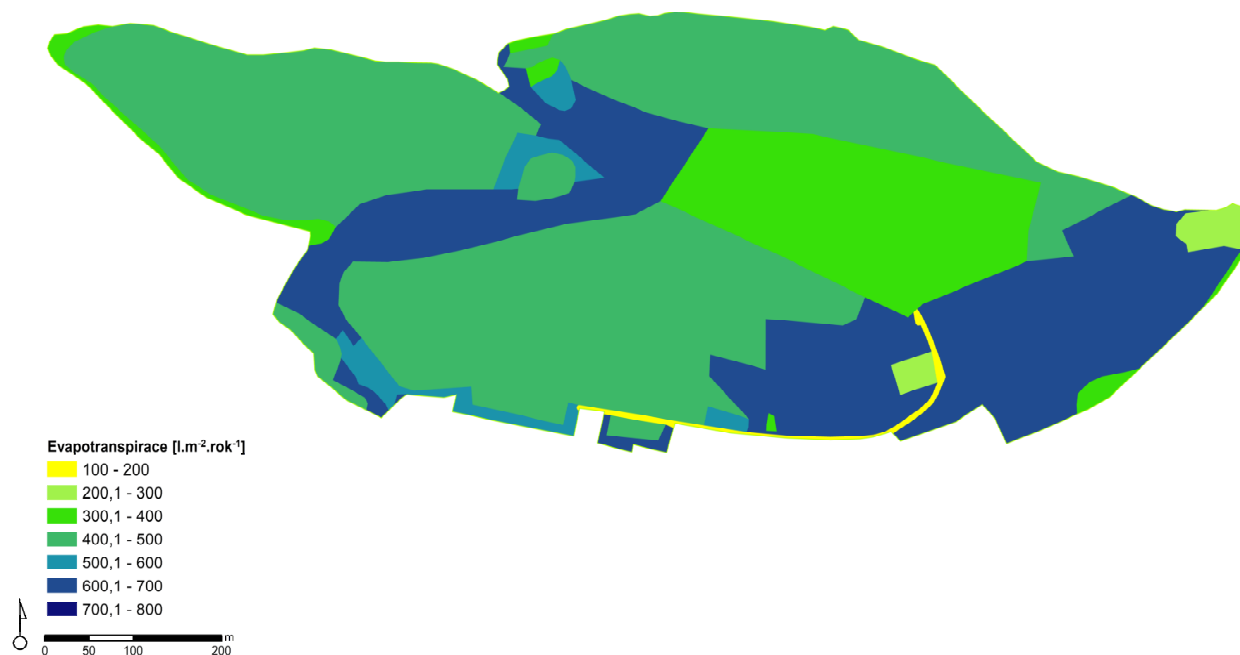
Příloha 29. Rozmístění habitatů DKV (Detailní kombinovaná vrstva habitatů, © CzechGlobe © AOPK ČR 2014) v zájmovém území Pastýřská stěna. Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Pastýřská stěna - Bodová hodnota BVM



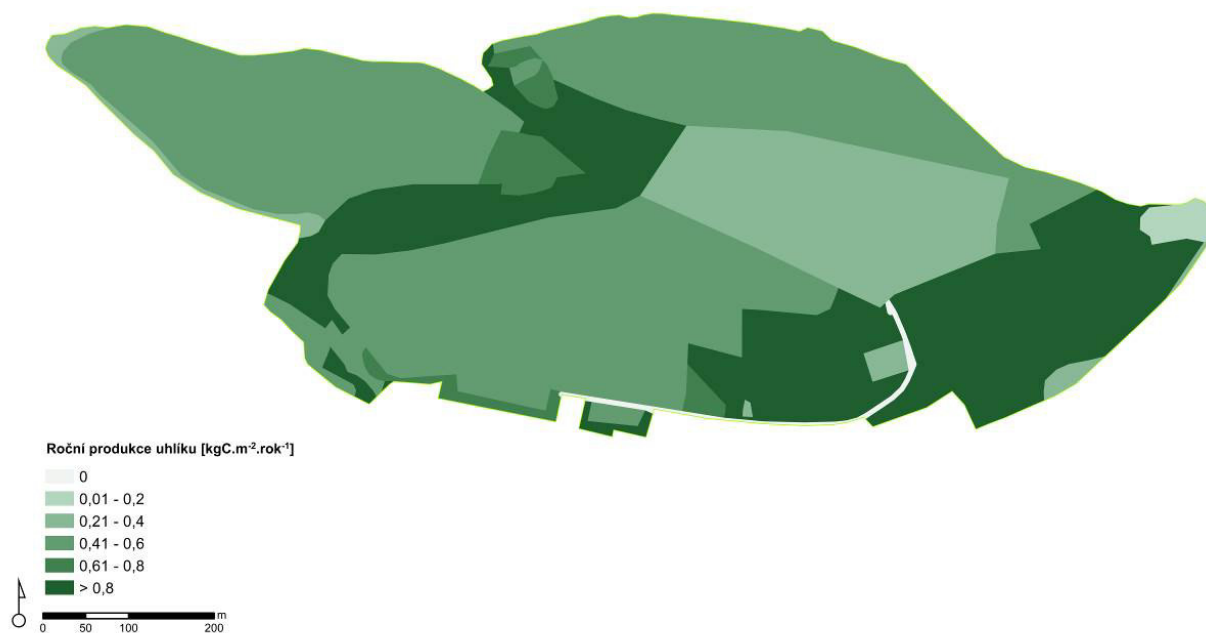
Příloha 30. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Pastýřská stěna; Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Pastýřská stěna – Evapotranspirace



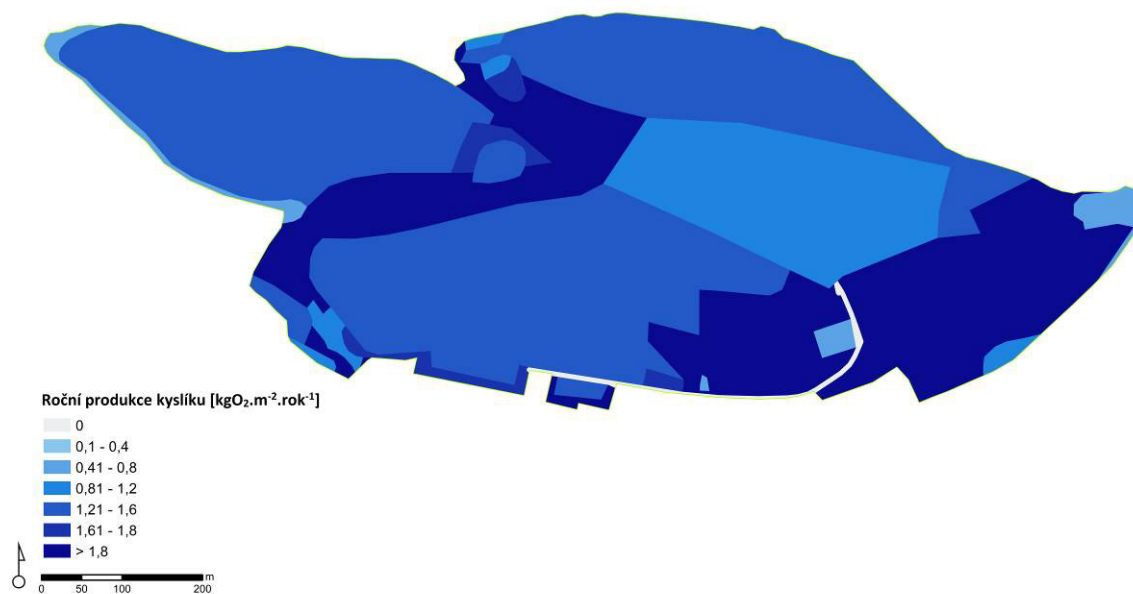
Příloha 31. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Pastýřská stěna; Evapotraspirace [$l \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Pastýřská stěna - Roční produkce uhlíku



Příloha 32. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Pastýřská stěna; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Zájmové území Pastýřská stěna - Roční produkce kyslíku



Příloha 33. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Pastýřská stěna; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010). Zpracováno v ArcMap 10.2.1 (Esri, 2020).

Příloha 34. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Pastýřská stěna – přírodní a přírodě blízké biotopy. Pro území studie byly použity dvě sady kategorií: i) Konsolidovaná vrstva ekosystémů © CzechGlobe © AOPK ČR 2013; ii) Metodika hodnocení ekosystémů – zahrnuje přírodní a přírodě blízké biotopy vrstvy Mapování biotopů AOPK ČR (© AOPK ČR 2014) doplněnou o biotopy přírodě vzdálené a cizí (Seják a kol.2018). Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotranspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

BIOTOPY Pastýřská stěna přírodní a přírodě blízké biotopy	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Acidofilní bučiny	38	700	0,81	1,91	3986841	73441799	84983	200391
Boreokontinentální bory bez lišejníku	40	400	0,41	0,96	23049	230486	236	553
Květnaté bučiny	45	700	0,81	1,91	263218	4094498	4738	11172
Mezofilní ovsíkové louky	33	600	0,47	1,12	65866	1197568	938	2235
Subkontinentální borové doubravy	43	500	0,58	1,37	9678869	112544988	130552	308373
Suché acidofilní doubravy	38	500	0,58	1,37	93407	1229045	1426	3368
mozaika přírodních biotopů*	42	368	0,35	0,82	232664	1930155	1791	4207

*hodnoty ekosystémových funkcí v tabulce jsou uvedeny jako průměr pro polygony s mozaikou, jejichž hodnota byla vypočítána na základě procentuálního zastoupení biotopů v jednotlivých polygonech

Příloha 35. Hodnocení ekosystémových funkcí v zájmovém území Pastýřská stěna – přírodě vzdálené a cizí biotopy. Pro území studie byly použity dvě sady kategorií: i) Konsolidovaná vrstva ekosystémů © CzechGlobe © AOPK ČR 2013; ii) Metodika hodnocení ekosystémů – zahrnuje přírodní a přírodě blízké biotopy vrstvy Mapování biotopů AOPK ČR (© AOPK ČR 2014) doplněnou o biotopy přírodě vzdálené a cizí (Seják a kol.2018). Biodiverzita vyjádřená bodovými hodnotami BVM [bodová hodnota BVM.m⁻²] (Seják a kol. 2018); Evapotraspirace [l.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce uhlíku [kgC.m⁻².rok⁻¹]; Roční produkce kyslíku [kgO₂.m⁻².rok⁻¹] (Seják a kol. 2010).

BIOTOPY Pastýřská stěna přírodě vzdálené a cizí biotopy	Body BVM	Evapotranspirace	Produkce C	Produkce O₂	Σ body BVM	Σ Evapotranspirace	Σ produkce C	Σ produkce O₂
	[body.m ⁻²]	[l.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgC.m ⁻² .rok ⁻¹]	[kgO ₂ .m ⁻² .rok ⁻¹]	[body]	[l.rok ⁻¹]	[kgC. rok ⁻¹]	[kgO ₂ .rok ⁻¹]
Dopravní síť ⁱ	0	100	0,00	0,00	0	239694	0	0
Hospodářské lesy jehličnaté ⁱ	20	450	0,63	1,50	89240	2007911	2811	6693
Hospodářské lesy listnaté ⁱ	20	700	0,81	1,91	178702	6254569	7237	17066
Hospodářské lesy smíšené ⁱ	20	600	0,75	1,79	170526	5115790	6395	15262
Paseky kulturních lesů ⁱⁱ	11	333	0,28	0,66	1911	57842	49	115
mozaika nepřirodních biotopů*	10	325	0,30	0,71	556813	22280317	21547	50480

*hodnoty ekosystémových funkcí v tabulce jsou uvedeny jako průměr pro polygony s mozaikou, jejichž hodnota byla vypočítána na základě procentuálního zastoupení biotopů v jednotlivých polygonech

Hodnocení záhytu O₃ a částic PM₁₀ vegetací ve vybraných lokalitách města Liberec

Zpracoval: Doc. Ing. Miloš Zapletal, Dr.

1. Úvod a cíle práce

Jedním z mnoha přínosů městské zeleně je její schopnost odebírat z ovzduší škodlivé látky a tím zmírňovat zdravotní problémy, které tyto látky při vyšších koncentracích způsobují. Jedná se zejména o ozón a prachové částice (PM_x), jež mají negativní vliv na lidské zdraví a zatěžují životní prostředí.

Maximální koncentrace ozonu, která může být ve znečištěném ovzduší dosažena, pravděpodobně závisí nejen na absolutních koncentracích těkavých organických sloučenin a oxidů dusíku, ale rovněž na jejich poměru. Při středních hodnotách poměru těchto koncentrací (4:1 až 10:1) jsou podmínky pro tvorbu ozonu příznivé. Protože poměry koncentrací VOC a NO_x v ovzduší hustě osídleného a silně industrializovaného evropského regionu se obvykle příliš nemění, jsou hlavním faktorem ovlivňujícím rychlost fotochemických procesů meteorologické podmínky. Koncentrace ozonu jsou nejvyšší v době, kdy děti pobývají nejčastěji venku (letní odpoledne).

Imisní limit pro ochranu zdraví lidí je stanoven jako maximální denní osmihodinový klouzavý průměr, jeho hodnota je 120 μg m⁻³, maximální povolený počet překročení je 25 krát, hodnotí se na základě průměru za tři roky. Imisní limit je v ČR opakovaně překračován.

Za prachové částice v ovzduší jsou považovány pevné nebo kapalné částice, které mohou být emitovány přímo ze zdrojů nebo vznikají v atmosféře reakcemi z plynných prekurzorů. Prachové částice se člení do jednotlivých skupin podle fyzikálních a chemických vlastností, nejčastěji užívané členění je podle velikosti. Jemné částice (menší než 2,5 μm) vznikají během vysokoteplotních procesů (hoření, tavení rud, kovů, svařování) a fotochemických reakcí v atmosféře. Jedná se o částice emitované z dopravy (z výfuků vozidel), z uvedených průmyslových činností a o sekundární aerosol, který vzniká chemickými reakcemi z plynných prekurzorů (částice vznikající oxidací a kondenzací těkavých organických látek, sulfáty, nitráty). Hrubé částice (větší než 2,5 μm) vznikají primárně působením mechanických sil. Hovoříme-li o prašnosti z dopravy, pak se v této velikostní frakci jedná zejména o prach vzniklý erozí vozovek, otěrem pneumatik, brzd a reemitovaný prach z povrchu vozovek po průjezdu vozidel. Z průmyslových činností, při kterých vzniká hrubá frakce, lze zmínit stavební a těžební činnosti, výrobu cementu a cihel a fugitivní emise vznikající v důsledku nakládání s prašným materiálem.

Imisní limit pro PM₁₀ pro ochranu zdraví lidí je stanoven jako roční průměr a jeho hodnota je 40 μg m⁻³, a jako 24 hodinový průměr 50 μg m⁻³, který může být překročen 35 krát v roce. Existuje celá řada průkazných studií, které uvádějí souvislost mezi expozicí PM a vlivy na lidské zdraví. Jedná se zejména o kardiovaskulární a respirační onemocnění. Podle US EPA tyto částice způsobují zhoršení respiračních potíží (podráždění dýchacích cest, kašel), snížení funkce plic, astma, chronickou bronchitidu, infarkty, nepravidelnou srdeční akci i předčasné úmrtí lidí s chorobami srdce nebo plic (US EPA, 2008). V aerosolových částicích se též vyskytují perzistentní organické látky, zejména polycyklické aromatické uhlovodíky, které bývají často karcinogenní a tím se řadí mezi nejnebezpečnější škodliviny.

Městská zeď má velký vliv na zlepšení kvality ovzduší, což potvrzují mimo jinými např. Nowak (1994) či Beckett et al. (2000). Vliv vegetace na záchyt suspendovaných částic závisí na jejích vlastnostech. Důležitým aspektem jsou přitom tvar a rozložení listů a jehlic, tak jako drsnost na povrchu (Florentina a Io, 2012). Rozhodující nejsou pouze vlastnosti rostlinných orgánů, ale i celková struktura porostu, například výška, zápoj a prostorové uspořádání větvení (Litschke a Kuttler, 2008). Obecně platí, že čím větší povrch zelené hmoty, tím větší záchyt částic PM₁₀. V důsledku toho jsou vzrostlé stromy oproti nízké vegetaci, tvořené jen bylinným patrem, účinnější (Lovett 1994; Powe a Willis, 2004). Kiss et al. (2015) zjistil, že se průměrná hodnota zachycení souboru znečišťujících látek jedním stromem pohybuje mezi 200–400 g/rok. Celkově mohou oblasti s větším zastoupením stromů v městském prostředí, jako například v parcích a zahradách, dosahovat až čtyřikrát příznivější kvality ovzduší oproti

okolí (Nowak a Heisler, 2010). Tak jak se mění vlastnosti vegetace během roku, vykazuje i záchyt částic vegetací značnou sezónní variabilitu. Experimentální pokusy ukázaly významně vyšší záchyt částic jehličnatými stromy v průběhu roku, oproti stromům listnatým, u nichž po opadání listů mimo vegetační sezonu výrazně klesá schopnost záchytu částic (Freer-Smith et al., 2005).

Tato práce má za cíl zjistit, jaká je schopnost záchytu škodlivých částic (na příkladu ozónu a PM₁₀) u různých typů a různého umístění urbánní zeleně za využití modelových ploch na území města Liberce. Odlišné typy vegetace mají podle provedeného dendrometrického šetření (výška, průměr kmene) a zjištěného druhového zastoupení a zdravotního stavu rozdílný LAI, zatímco umístění ploch je odlišuje z hlediska koncentrací škodlivin v dané lokalitě.

2. Metodika

2.1 Popis zájmového území

Celkově bylo posuzováno šest modelových území, reprezentujících několik základních typů městské zeleně. Zastoupeny jsou dvě aleje, lišící se věkem stromů, zbytek ploch tvoří městské parky a lesoparky, které se liší zastoupením jednotlivých vegetačních prvků, stářím a výškou porostu, druhovým složením, zápojem a hustotou dopravy v dané lokalitě.

Aleje

Zastoupeny jsou dvě aleje, alej v ulici Masarykova (31594 m²), jež je lokalizovaná v centru města, a kde převažují vysoké, staré stromy, alej v ulici Krejčího (15538 m²) je tvořená mladšími, přibližně 20 až 25 let starými stromy a je dále od centra, v klidnější části města.

Parky

Sukovo náměstí (8270 m²) je intenzivně udržovaný park v blízkosti centra města s větším podílem travnatých ploch a s kombinací vzrostlých i menších stromů, zeleň v ulici Jablonecká (11974 m²) je městský park, přiléhající k poliklinice, tvořený převážně staršími vzrostlými stromy v zapojeném porostu. Nachází se v relativně rušné části města, v blízkosti frekventované silnice.

Lesoparky/městské lesy

Další dvě plochy mají charakter lesoparků, zeleň v ulici Dr. Milady Horákové (62218 m²) je listnatý porost s nižší intenzitou managementu a ponecháním přirozeného podrostu; je směsí vzrostlých stromů, náletu a nových výsadeb v okrajových částech. Zeleň u ulice Svobody (52800 m²) má v centrální části charakter smíšeného lesního porostu, tvořeného vzrostlými stromy, v okrajových částech do plochy zasahují zahrady či parkově udržované plochy, přiléhající k zástavbě, s pravidelně sečenými trávníky a výsadbami keřů. Oba lesoparky leží dále od centra a navazují na vilové čtvrti města.

Polohu modelových území ilustruje Obr. 1.

$$V_{dmod}(z) = \frac{1}{R_a(z) + R_b + R_c} \quad (2.2)$$

kde R_a je aerodynamická rezistence pro turbulentní vrstvu, R_b je laminární rezistence pro laminární mezní vrstvu a R_c je rezistence povrchu nebo pokryvu receptoru. R_a byla vypočtena z mikrometeorologických vztahů podle Hickse et al. (1987) a Voldnera et al. (1986). R_b byla vypočtena z mikrometeorologických vztahů podle Hickse et al. (1987).

Povrchová rezistence R_c byla vypočtena podle následující rovnice (Emberson et al., 2000a):

$$R_c = \left(\frac{LAI}{R_{sto}} + \frac{SAI}{R_{ext}} + \frac{1}{R_{inc} + R_{soil}} \right)^{-1} \quad (2.3)$$

kde (R_{sto}) je rezistence stomat, která je odporem kladeným složkám při jeho příjmu stomaty;

(R_{ext}) je rezistence kutikul nebo rezistence vnějšího povrchu rostliny, tj. povrchu listů, větví, kmene;

(R_{inc}) je aerodynamické rezistence v rostlinném zápoji, která je odporem kladeným složkám při jeho přenosu skrz vegetaci směrem k půdě a spodním částem rostlinného zápoje;

(R_{soil}) je rezistence půdy, která je odporem půdy při absorpci složek půdním povrchem.

LAI je index listové plochy, SAI je index plochy povrchu, který je ve vegetačním období roven LAI .

2.2.2 Model pro výpočet depozičního toku částic PM10

Depoziční tok částic byl vypočten z naměřených koncentrací částic a z odpovídajících depozičních rychlostí:

$$F = V_d(z)C(z) \quad (2.4)$$

kde F je depoziční tok částic na jednotku plochy (m^2), V_d je depoziční rychlost částic a $C(z)$ je koncentrace částic ve výšce z nad zemí. Depoziční rychlost částic byla vypočtena na základě rezistenční analogie podle Seinfeld, Pandis (1997):

$$V_d = \frac{1}{R_a + R_b + R_a R_b V_g} + V_g \quad (2.5)$$

Aerodynamická rezistence R_a byla vypočtena standardně podle mikrometeorologických vztahů podle Hicks (1987). Laminární rezistence R_b byla vypočtena podle vztahu:

$$R_b = \frac{k u_z}{u_*^2} (E_b + E_{im})^{-1} \quad (2.6)$$

$$E_b = Sc^{-2/3} \quad (2.7)$$

$$E_{im} = \frac{St^2}{(400 + St^2)} \quad (2.8)$$

kde u_* je třecí rychlost, u_z je horizontální rychlost větru ve výšce z nad nulovou rovinou posunutí, k je von Karmanova konstanta (0.4), E_b a E_{im} charakterizují celkovou účinnost sběru aerosolových částic, která závisí na vlastnostech aerosolových částic a meteorologických parametrech (Ruijgrok et al., 1995), Sc je Schmidtovo číslo, St je Stokesovo číslo. Třecí rychlost byla vypočtena podle Voldner et al. (1986):

$$u_* = ku_z / [\ln(z/z_0) - \psi_m] \quad (2.9)$$

k je von Karmanova konstanta (0.4), u_z je horizontální rychlost větru ve výšce z nad nulovou rovinou posunutí, z_0 je drsnost povrchu, ψ_m je korekční stabilitní funkce pro hybnost (momentum). Pro stabilní podmínky vertikálního zvrstvení atmosféry ($0 < z/L < 1$) může být ψ_m vypočtena podle rovnice:

$$\psi_m = -5z/L \quad (2.10)$$

kde L je Moninova a Obuchovova délka. Pro modelování třecí rychlosti v obou lokalitách byl zvolen poměr $z/L = 0.03$ charakterizující stabilní podmínky vertikálního zvrstvení atmosféry blízko neutrálním podmínkám podle Erisman (1992).

Rychlost gravitační sedimentace V_g byla vypočtena podle vztahu Zhang et al. (2001):

$$V_g = \frac{\rho d^2 g C_c}{18 \eta} \quad (2.11)$$

kde ρ je hustota částic ($\rho = 1.8 \text{ g cm}^{-3}$) podle Yang et al. (2008), d je průměr částic (cm), g je gravitační zrychlení ($g = 980 \text{ cm s}^{-2}$), C_c je korekční faktor pro malé částice ($C_c = 1.0$ pro PM_{10}) a η je koeficient viskozity ($\eta = 0.000182 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$).

2.3 Meteorologické parametry a koncentrace O₃ a PM₁₀

Meteorologické parametry pro rok 2018 vycházely z denních měření na stanici ČHMÚ Letiště Liberec. Data o znečištění ovzduší v denním intervalu byla naměřena na stanici ČHMÚ Liberec - Rochlice (Obr. 1).

Vegetační období	Průměrná teplota vzduchu (°C)	Průměrná relativní vlhkost vzduchu (%)	Průměrné globální záření (Wm ⁻²)	Průměrná rychlost větru (m s ⁻¹)	Průměrná koncentrace O ₃ (μg m ⁻³)	Průměrná koncentrace PM ₁₀ (μg m ⁻³)
	18.0	65.7	313.9	0.9	70.1	29.6

Tab. 1. Průměrná hodnota teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, globálního záření, rychlosti větru a koncentrace O₃ a PM₁₀ ve vegetačním období (duben – září) v roce 2018 na stanici ČHMÚ Liberec - Rochlice.

Vegetační sezona	Průměrná depoziční rychlost (cm s ⁻¹)	Průměrný depoziční tok (μg/m ² s)
O ₃ - stromy	0.61	-0.50
O ₃ - tráva	0.31	-0.35
PM ₁₀ - stromy	0.33	-1.86
PM ₁₀ - tráva	0.07	-0.40

Tab. 2. Průměrné hodnoty depozičních rychlostí a depozičních toků O₃ a PM₁₀ ve vegetačním období (duben – září) v roce 2018.

2.4 Záchyt vegetací

Kvantifikace záchytu (Q) znečišťující látky v daném místě během určitého časového období byla provedena podle Nowak (1994):

$$Q = F * Lp * T ,$$

kde Q je množství znečišťující látky zachycené vegetací v určité oblasti a určitém časovém období (g), F je depoziční tok částic (g m⁻² s⁻¹), Lp je celková plocha vegetace (m²) a T je časové období (s).

Pro stanovení záchytu vegetací byla provedena kvantifikace zastoupení travního porostu a dřevin na vybraných lokalitách. Zastoupení typu vegetace v širším zázemí zájmových území vycházelo z klasifikace obrazu ortofoto snímku v rozlišení 0,2 metrů pořízeného v roce 2018 Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním. Rozdělení do tříd skupin krajinného pokryvu - tráva, strom a ostatní - vycházelo z řízené klasifikace obrazu. Třída ostatní zahrnovala všechny umělé pokryvy jako silnice a střechy domů, stejně jako holou půdu. V prvním kroku byly vybrány pixely charakterizující jednu ze skupin, tzv. trénovací vzorek. V další fázi byly zjištěny spektrální informace jednotlivých tříd a automaticky provedena klasifikace ostatních pixelů s podobnými spektrálními vlastnostmi. V případě špatně klasifikovaných objektů (např. stínů v zakrytu vysoké vegetace) byly závěrečně úpravy provedeny pomocí manuální vektorizace.

Pro plochy dřevin na jednotlivých lokalitách byly stanoveny údaje o povrchové rezistenci (s využitím hodnot LAI) a koncentraci škodlivin, jež byly využity v modelu pro výpočet depozičního toku částic.

Index LAI byl pro dřevinné porosty na jednotlivých plochách stanoven na základě údajů z terénních dendrometrických šetření (výšková hladina korun stromů a průměr kmene v prsní výšce, tzv. DBH) a posouzení zdravotního stavu a druhového zastoupení. Aproximace hodnot

byla provedena se zřetelem k údajům uváděných při analogických podmínkách v odborné literatuře (Asner et al. 2003). Hodnoty se pro stromový zápoj pohybovaly v rozmezí 3 - 6, o průměrné hodnotě 4. V případech, kde nebyla terénní inventarizace provedena, byly hodnoty zjištěny vizuálním posouzením při virtuální prohlídce v prostředí Google Street View (<https://www.google.com/streetview/>). Tento způsob posouzení stavu městské zeleně využili již například Li et al. (2015).

Pro jednotlivé travní porosty byla použita konstantní hodnota LAI 1.

3. Výsledky

Na obr. 2 vidíme ortofotomapy, charakterizující stav vegetace v roce 2018, a z ní klasifikovaný krajinný pokryv rozdělený do tříd travní porost, stromy a ostatní povrchy pro lokality Sukovo náměstí, zeleň v ulici Jablonecká a zeleň v ulici Svobody. Plocha a záchyt O₃ a PM₁₀ stromy a travním porostem (kg) na těchto lokalitách ve vegetačním období (duben – září) roku 2018 jsou znázorněny v tab. 3 a 4 a ve čvercové síti o velikosti 20 x 20 m na obr. 3 a 4.

Vegetační období	Sukovo náměstí			zeleň v ulici Jablonecká			zeleň v ulici Svobody		
	Plocha (m)	Záchyt (kg)	kg/m ²	Plocha (m ²)	Záchyt (kg)	kg/m ²	Plocha (m ²)	Záchyt (kg)	kg/m ²
Strom	1917	12,9	0,006729	9069	65,1	0,007178	34556	255,1	0,007382
Tráva	3509	13,8	0,003933	605	2,4	0,003967	9441	37,3	0,003951

Tab. 3. Plocha a záchyt O₃ stromy a trávou (kg) na zájmových lokalitách Sukovo náměstí, zeleň v ulici Jablonecká a zeleň v ulici Svobody ve vegetačním období (duben – září) roku 2018.

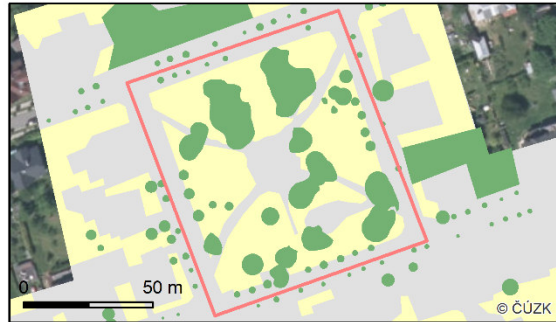
Vegetační období	Sukovo náměstí			zeleň v ulici Jablonecká			zeleň v ulici Svobody		
	Plocha (m ²)	Záchyt (kg)	kg/m ²	Plocha (m ²)	Záchyt (kg)	kg/m ²	Plocha (m ²)	Záchyt (kg)	kg/m ²
Strom	1917	47,1	0,02457	9069	245,9	0,027114	34556	956,9	0,027691
Tráva	3509	22,5	0,006412	605	3,9	0,006446	9441	60,5	0,006408

Tab. 4. Plocha a záchyt PM₁₀ stromy a trávou (kg) na zájmových lokalitách Sukovo náměstí, zeleň v ulici Jablonecká a zeleň v ulici Svobody ve vegetačním období (duben – září) roku 2018.

Původní ortofoto

Klasifikovaný krajinný pokryv

Sukovo náměstí







zeleň v ulici Jablonecká



zeleň v ulici Svobody



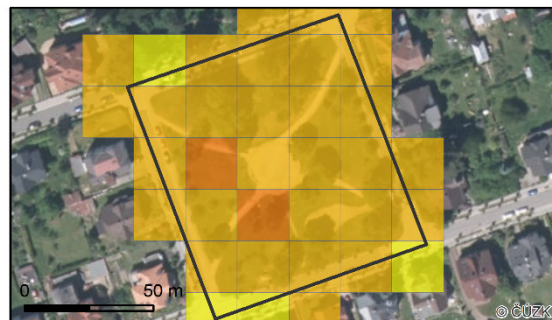
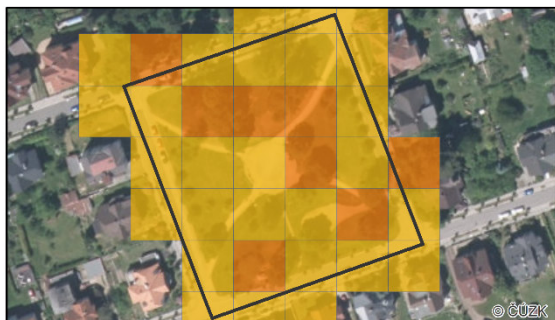
 modelové území  ostatní povrch  stromový porost  travní porost

Obr. 2. Původní ortofotomapa charakterizující stav vegetace v roce 2018 a z ní klasifikovaný krajinný pokryv rozdělený do tříd travní porost, stromy a ostatní povrchy pro lokality Sukovo náměstí, zeleň v ulici Jablonecká a zeleň v ulici Svobody.

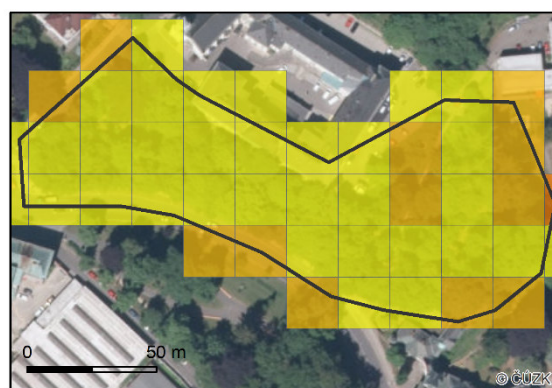
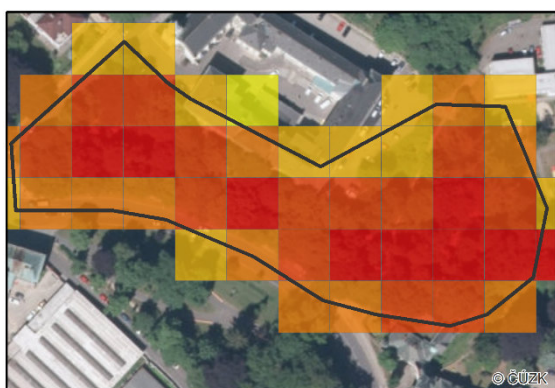
Záchyt stromy

Záchyt travním porostem

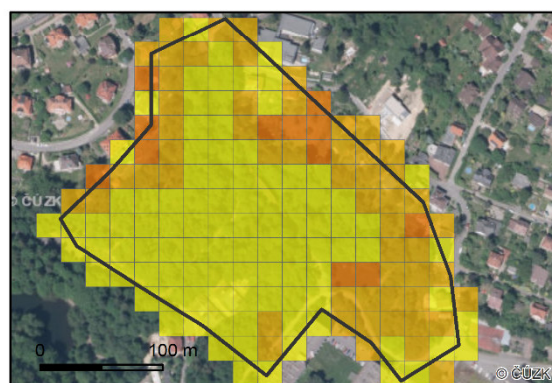
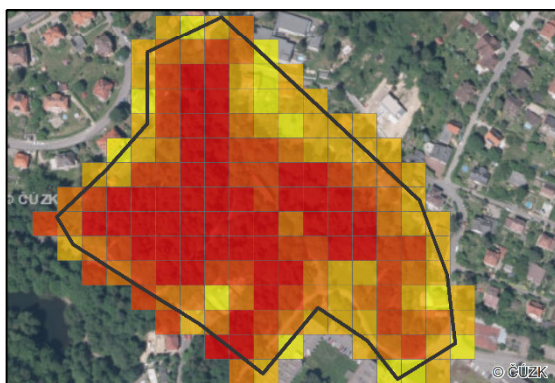
Sukovo náměstí



zeleň v ulici Jablonecká




zeleň v ulici Svobody



Záchyt O₃ vegetací během vegetační sezóny (kg)

 < 0,1  0,1 - 1,0  1,1 - 2,0  2,1 - 3,0  > 3,0

 modelové území

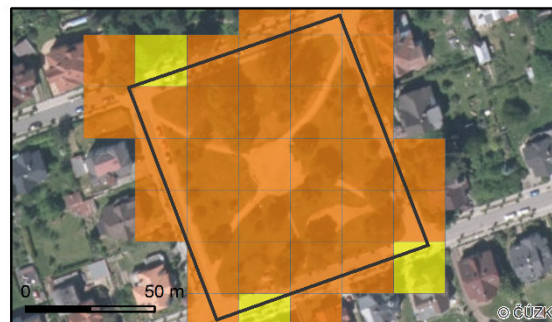
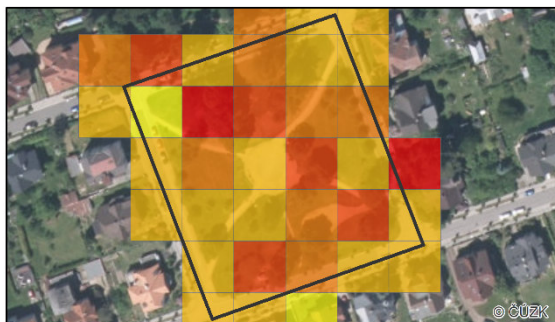


Obr. 3. Záchyt O₃ stromy a travním porostem (kg) v lokalitách Sukovo náměstí, ulice Jablonecká a ulice Svobody během vegetační sezóny (duben - září) 2018 ve čvercové síti o velikosti 20 x 20 m.

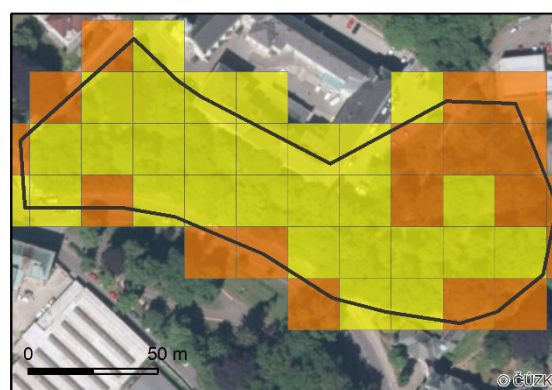
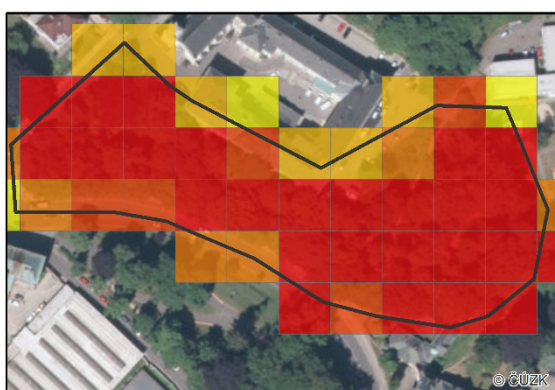
Záchyt stromy

Záchyt travním porostem

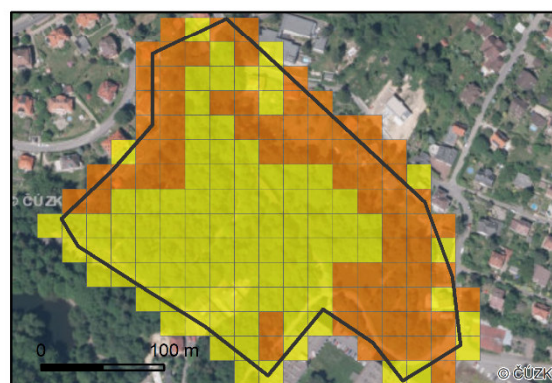
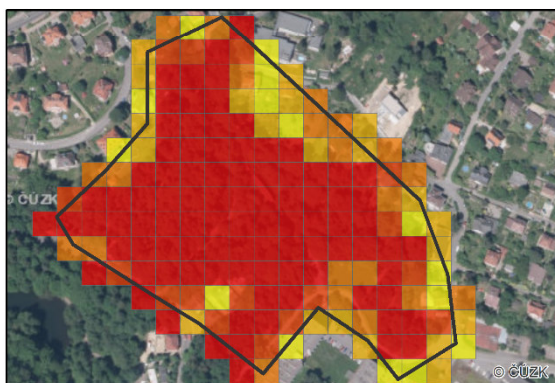
Sukovo náměstí



zeleň v ulici Jablonecká




zeleň v ulici Svobody



Záchyt PM₁₀ vegetací během vegetační sezóny (kg)

 <math>< 0,1</math>  0,1 - 2,0  2,1 - 4,0  4,1 - 6,0  > 6,1

 modelové území



Obr. 4. Záchyt PM₁₀ stromy a travním porostem (kg) v lokalitách Sukovo náměstí, ulice Jablonecká a ulice Svobody během vegetační sezóny (duben - září) 2018 ve čvercové síti o velikosti 20 x 20 m.

Na obr. 5 vidíme ortofotomapy, charakterizující stav vegetace v roce 2018, a z ní klasifikovaný krajinný pokryv rozdělený do tříd travní porost, stromy a ostatní povrchy pro lokality alej v ulici Masarykova, zeleň v ulici Dr. Milady Horákové a alej v ulici Krejčího. Plocha a záchyt O₃ a PM₁₀ stromy a travním porostem (kg) na těchto lokalitách ve

vegetačním období (duben – září) roku 2018 jsou znázorněny v tab. 5 a 6 a ve čvercové síti o velikosti 20 x 20 m na obr. 6 a 7.

Vegetační období	alej v ulici Masarykova			zeleň v ulici Dr. Milady Horákové			alej v ulici Krejčího		
	Plocha (m)	Záchyt (kg)	kg/m ²	Plocha (m ²)	Záchyt (kg)	kg/m ²	Plocha (m ²)	Záchyt (kg)	kg/m ²
Strom	9416	73,9	0,007848	47198	333,6	0,007068	2119	13,3	0,006277
Tráva	2759	10,9	0,003951	4160	16,4	0,003942	5378	21,2	0,003942

Tab. 5. Plocha a záchyt O₃ stromy a trávou (kg) na zájmových lokalitách alej v ulici Masarykova, zeleň v ulici Dr. Milady Horákové a alej v ulici Krejčího ve vegetačním období (duben – září) roku 2018.

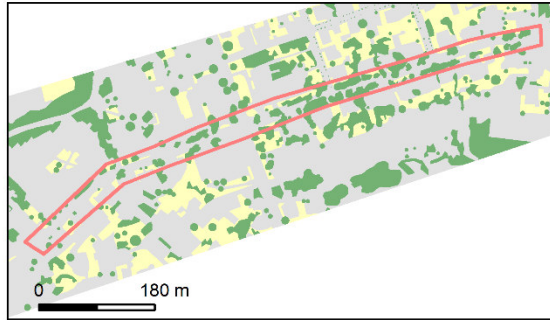
Vegetační období	alej v ulici Masarykova			zeleň v ulici Dr. Milady Horákové			alej v ulici Krejčího		
	Plocha (m)	Záchyt (kg)	kg/m ²	Plocha (m ²)	Záchyt (kg)	kg/m ²	Plocha (m ²)	Záchyt (kg)	kg/m ²
Strom	9416	277,5	0,029471	47198	1251,9	0,0265244	2119	49,9	0,023549
Tráva	2759	17,6	0,006379	4160	26,6	0,0063942	5378	34,4	0,006396

Tab. 6. Plocha a záchyt PM₁₀ stromy a trávou (kg) na zájmových lokalitách alej v ulici Masarykova, zeleň v ulici Dr. Milady Horákové a alej v ulici Krejčího ve vegetačním období (duben – září) roku 2018.

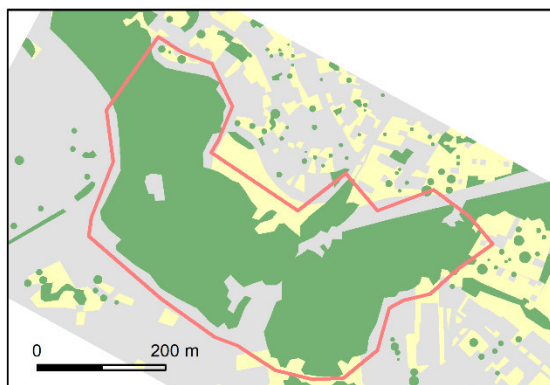
Původní ortofoto

Klasifikovaný krajinný pokryv

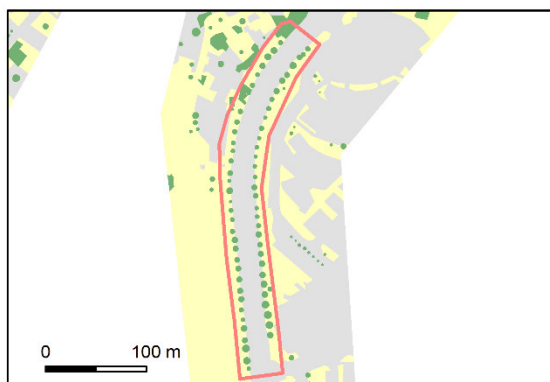
alej v ulici Masarykova






zeleň v ulici Dr. Milady Horákové



alej v ulici Krejčího



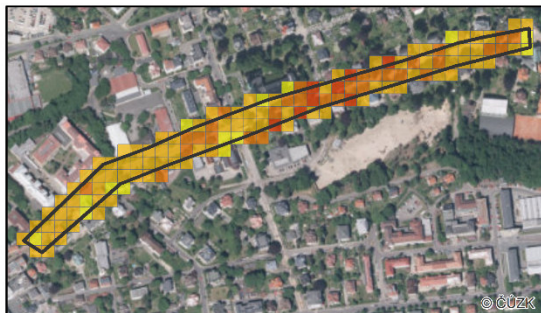
 modelová území  ostatní plocha  stromový porost  travní porost

Obr. 5. Původní ortofotomapa charakterizující stav vegetace v roce 2018 a z ní klasifikovaný krajinný pokryv rozdělený do tříd travní porost, stromy a ostatní povrchy pro lokality alej v ulici Masarykova, zeleň v ulici Dr. Milady Horákové a alej v ulici Krejčího.

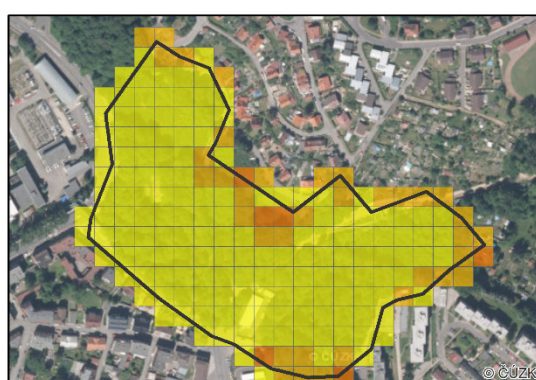
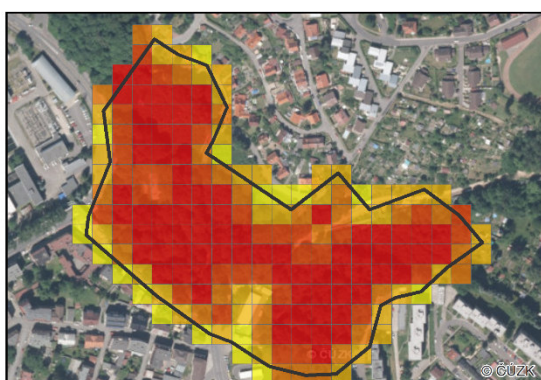
Záchyt stromy

Záchyt travním porostem

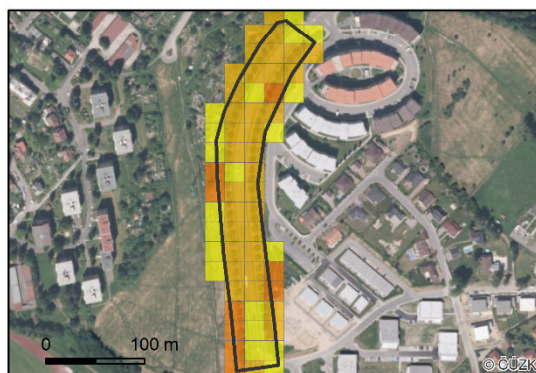
alej v ulici Masarykova



zeleň v ulici Dr. Milady Horákové



alej v ulici Krejčího



Záchyt O₃ vegetací během vegetační sezóny (kg)

■ < 0,1 ■ 0,1 - 1,0 ■ 1,1 - 2,0 ■ 2,1 - 3,0 ■ > 3,0

□ modelové území

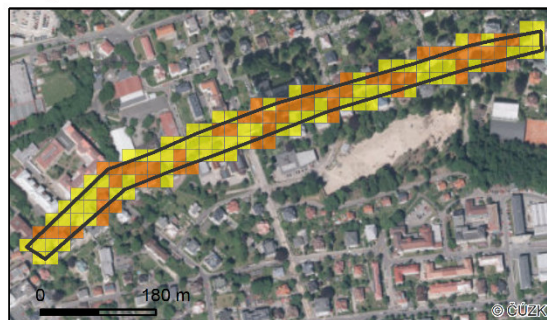
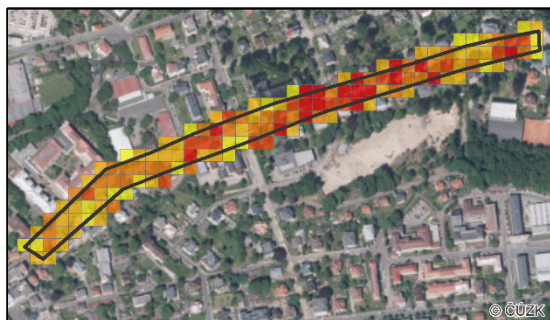


Obr. 6. Záchyt O₃ stromy a travním porostem (kg) v lokalitách ulice Masarykova, ulice Dr. Milady Horákové a ulice Krejčího během vegetační sezóny (duben - září) 2018 ve čvercové síti o velikosti 20 x 20 m.

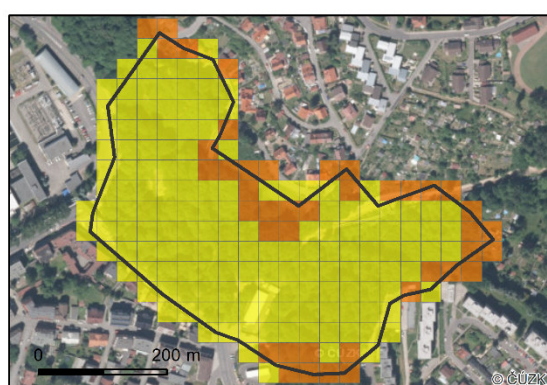
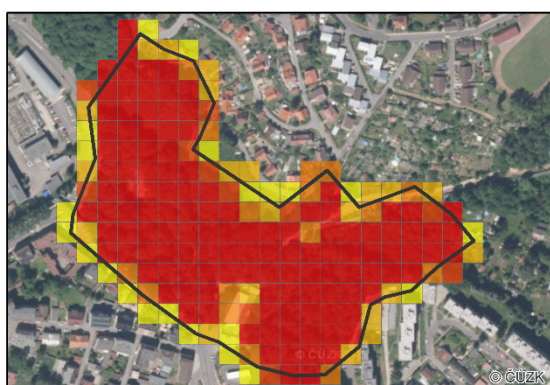
Záchyt stromy

Záchyt travním porostem

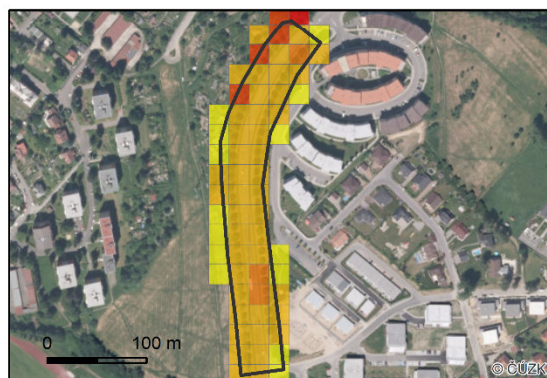
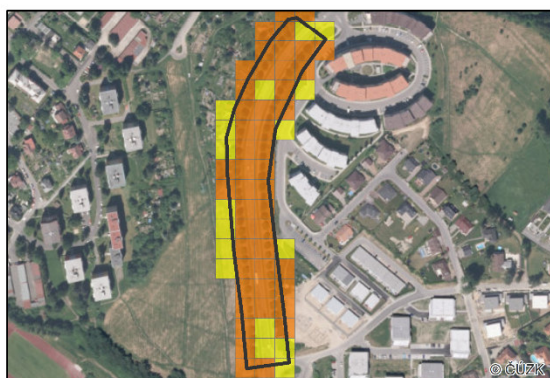
alej v ulici Masarykova



zeleň v ulici Dr. Milady Horákové



alej v ulici Krejčího



Záchyt PM₁₀ vegetací během vegetační sezóny (kg)



Obr. 11. Záchyt PM₁₀ stromy a travním porostem (kg) v lokalitách ulice Masarykova, ulice Dr. Milady Horákové a ulice Krejčího během vegetační sezóny (duben - září) 2018 ve čtvercové síti o velikosti 20 x 20 m.

3.1 Shrnutí výsledků

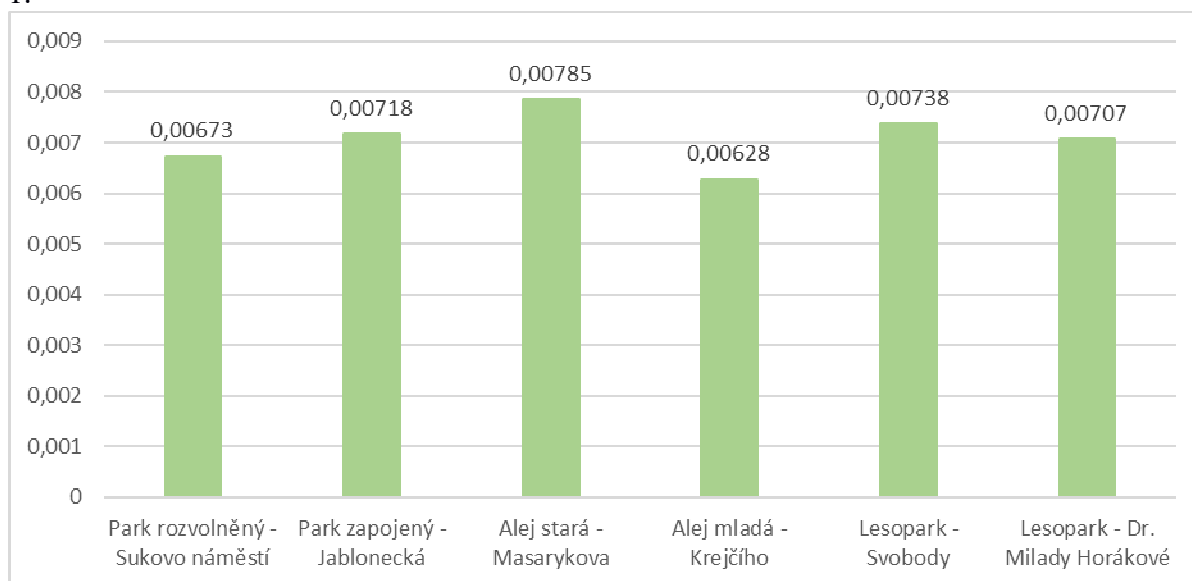
Ve zprávě byl hodnocen záchyt ozonu a částic PM₁₀ travním porostem a stromy v 6 lokalitách města Liberec. Jedná se o dvě aleje, a to alej v ulici Masarykova, kde převažují vysoké staré stromy a alej v ulici Krejčího s mladšími přibližně 20 až 25 let starými stromy. Dále byl

hodnocen záchyt polutantů travním porostem a stromy na čtyřech plochách (parky, lesoparky), a to Sukově náměstí, ulici Jablonecká, ulici Svobody a ulici Dr. Milady Horákové.

Záchyt ozónu

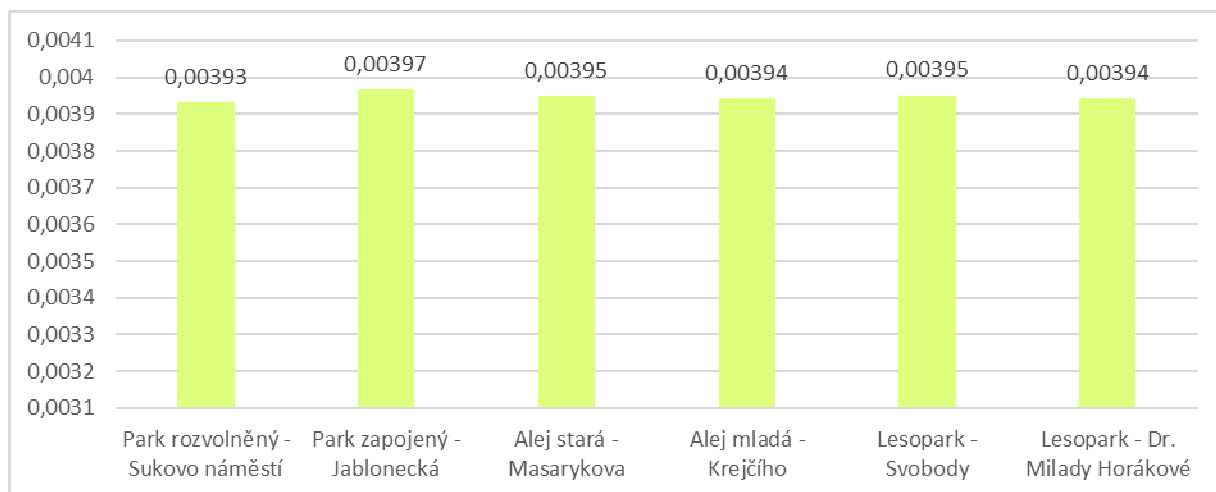
Záchyt ozónu byl u stromů více jak dvojnásobný, než u trávniku, průměrná hodnota záchytu ozónu trávnikem dosahuje 56% průměrné hodnoty záchytu ozónu stromy.

Záchyt ozónu stromy byl v přepočtu na m² největší u aleje v Masarykově ulici se starými vzrostlými stromy a v blízkosti centra města, naopak nejmenší byl u aleje v ulici Krejčího, která je umístěna dále od centra a je poměrně mladá. Stromy ještě nedosahují plné velikosti a záchyt ozónu tak dosahuje pouze 80% z nejvyšší hodnoty, zjištěné v ulici Masarykova. Poměrně velký byl odběr ozónu také u obou lesoparků (ulice Svobody a Dr. Milady Horákové) a parku se zapojenými stromy (Jablonecká), kde byly zjištěny velice podobné hodnoty, jež dosahovaly 90 - 94% z nejvyšší hodnoty, zjištěné v aleji v Masarykově ulici. Porovnání hodnot zachycení ozónu, přepočtených na jednotku plochy, je znázorněno v grafu 1.



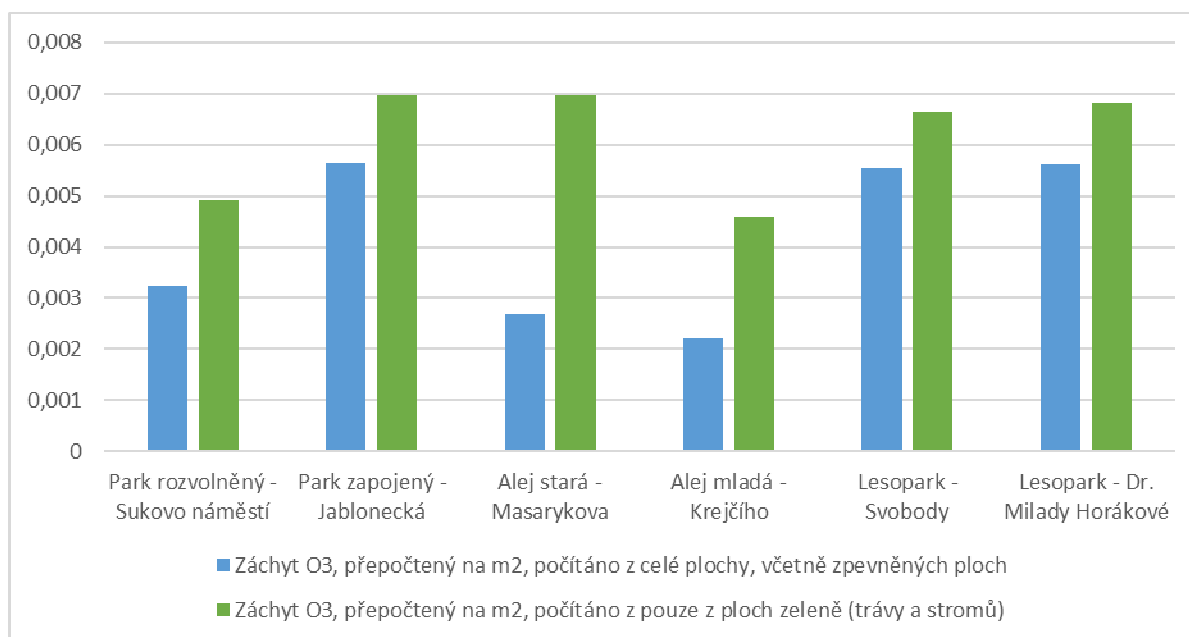
Graf 1 – Porovnání hodnot odběru ozónu stromy v jednotlivých typech ploch (kg/m²)

Zachycení ozónu travou bylo u všech ploch relativně vyrovnané – pohybovalo se mezi 0,003933 a 0,003967 kg/m². Nejvyšší hodnota byla zjištěna u zapojeného parku v Jablonecké ulici, v blízkosti hlavní silnice. Nejnižší hodnota byla nalezena u rozvolněného parku na Sukově náměstí. Porovnání travních porostů různých typů ploch z hlediska zachycování ozónu je znázorněno v grafu 2.



Graf 2 – Porovnání hodnot zachycení ozónu travou v jednotlivých typech ploch (kg/m²)

Poté, co bychom převedli záchyt ozónu na m² z celkové plochy lokality, (tak, jak má vyznačenou hranici na obr. 2 a 5, tedy včetně zpevněných ploch cest, silnic atd.), výsledky efektivity jednotlivých typů zeleně se výrazně změní. Nejvíce efektivní budou prvky městské zeleně s co největší rozlohou dřevinného porostu a nejmenším procentem zpevněných ploch a ploch bez zeleně – viz graf č. 3.



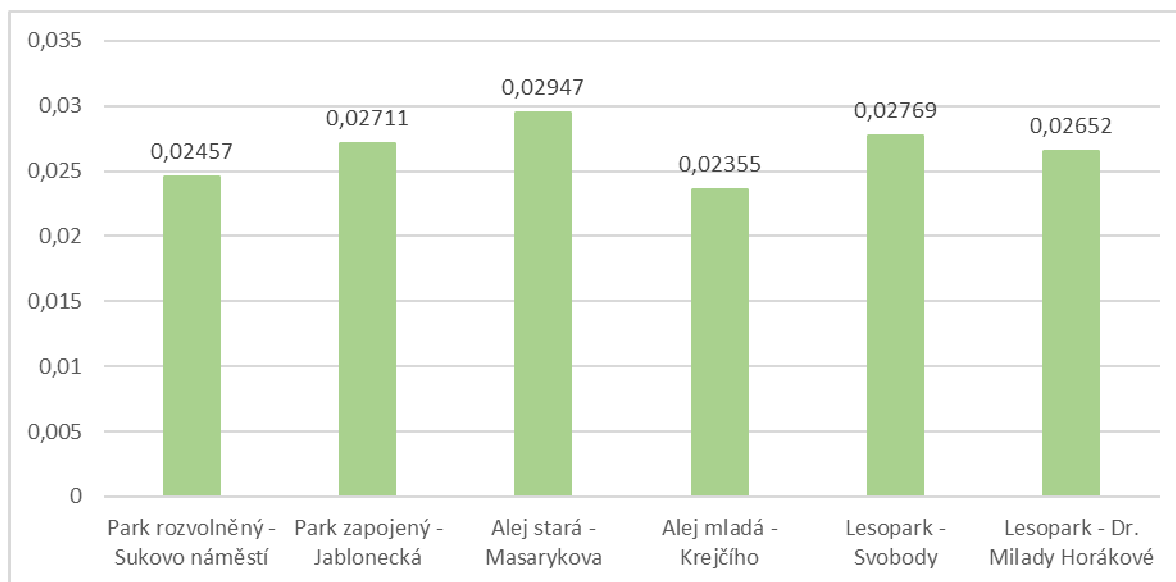
Graf 3: Záchyt ozónu přepočítaný na m², a) počítáno z celé plochy prvku městské zeleně, včetně ulic, cest, zpevněných ploch atd.; b) počítáno pouze z ploch zeleně (stromy a trávnik).

Záchyt částic PM₁₀

U záchytu prachových částic PM₁₀ byly rozdíl mezi stromy a travou ještě výraznější. Hodnoty záchytu u trávy nedosáhly v průměru ani čtvrtiny (24,2%) hodnot zjištěných pro stromy.

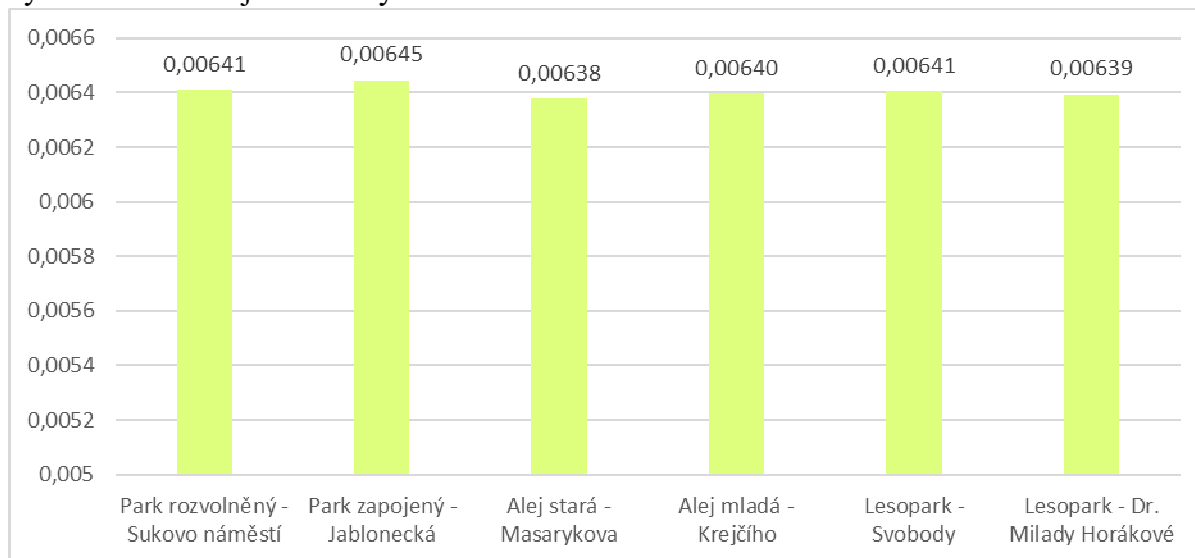
Jak je vidět na grafu 4, nejvyšší odběr částic PM₁₀ stromy na jednotku plochy byl rovněž zjištěn u aleje se starými vzrostlými stromy v Masarykově ulici, ležící v centrální části města. Naopak mladá alej s nedospělými stromy v ulici Krejčího, ležící v klidnější části města, má tuto hodnotu nejnižší. Poměrně vyrovnané hodnoty mají lesoparky a park se zapojenými stromy, o něco nižší hodnotu má rozvolněný park na Sukově náměstí. Poměry hodnot záchytu

prachových částic PM₁₀ u jednotlivých sledovaných ploch jsou velice podobné poměru hodnot zachycení ozónu. Také u prachových částic dosahuje nejnižší hodnota, zjištěná u mladé aleje v ulici Krejčího, přibližně 80% nejvyšší hodnoty zjištěné u staré aleje v Masarykově ulici. Zapojené porosty pak dosahují rovněž 90 – 94% nejvyšší hodnoty, jako u hodnot záchytu ozónu.



Graf č. 4: Zachycení částic PM₁₀ stromy (kg/m²)

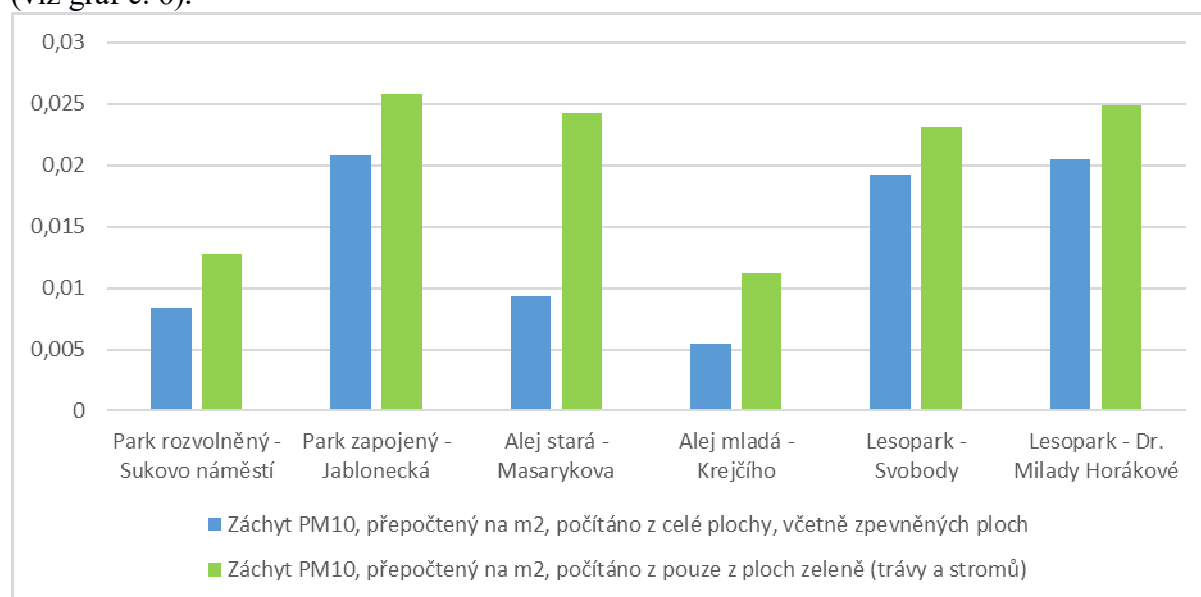
Co se týká zachycení částic PM₁₀ travou, byly hodnoty opět relativně vyrovnané, dosahující rozpětí mezi 0,0063791 a 0,0064462 kg/m² (viz graf 5). Nejvyšší hodnota byla zjištěna u parku v ulici Jablonecká, která sousedí s relativně frekventovanou silnicí a kde travní plocha zaujímá jen malou část plochy. U ostatních ploch byly hodnoty poměrně vyrovnané, nejnižší byla hodnota u aleje v Masarykově ulici.



Graf č. 5: Zachycení částic PM₁₀ travou (kg/m²)

Poté, co bychom převedli záchyt prachových částic PM₁₀ na m² z celkové plochy lokality, (tak, jak má vyznačenou hranici na obr. 2 a 5, tedy včetně zpevněných ploch cest, silnic atd.), budou opět (stejně jako v případě ozónu) nejvíce efektivní prvky městské zeleně s co největší

rozlohou dřevinného porostu a nejmenším procentem zpevněných ploch a ploch bez zeleně (viz graf č. 6).



Graf č. 6: Záchyt prachových částic PM₁₀, přepočítaný na m², a) počítáno z celé plochy prvku městské zeleně, včetně ulic, cest, zpevněných ploch atd.; b) počítáno pouze z ploch zeleně (stromy a trávnik).

4. Závěry

Z výsledků vyplývá, že stromy jsou z hlediska záchytu škodlivin účinnější než tráva, jejíž průměrné hodnoty dosahují u ozónu 55% a u prachových částic dokonce jen 24% průměrných hodnot, zjištěných pro stromy.

Jelikož u travních porostů se množství zachycených škodlivých látek na m² příliš výrazně neliší, je jedním z nejdůležitějších faktorů rozloha ploch. Travní porosty na sledovaných plochách o celkové rozloze 2,59 ha dohromady zachytily 102 kg ozónu a 165,5 kg PM₁₀.

Plochy dřevin se již z hlediska záchytu škodlivin na jednotku plochy liší více, díky rozdílným metrickým parametrům, daným stářím, výškou, druhovým složením atd., jež ovlivňují index LAI. Nejvyšší hodnoty zachycení škodlivin (O₃ i PM₁₀) na jednotku plochy byly dosaženy u staré vzrostlé aleje a dále u zapojených vzrostlých porostů (lesoparků) a naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny u mladé, nedospělé aleje, případně městského parku, obsahujícího i nižší stromky. Z těchto výsledků je zřejmé, že dospělé, vysoké a husté stromy jsou účinnější než stromy mladé, nízké či řídké.

Celková plocha dřevin o rozloze 10,43 ha zachytila 753,9 kg ozónu a 2829,2 kg PM₁₀. Nejvíce škodlivin opět zachytila plocha s největší rozlohou porostu dřevin – zeleň v ulici Dr. Milady Horákové, ovšem neúčinnější vzhledem k přepočtu na jednotku plochy dřevin byla stará alej v Masarykově ulici.

Výsledky studie ukazují, že vegetace (zejména stromy) odstranila významné množství ozónu a částic PM₁₀ z ovzduší v hodnocených lokalitách. Dále ze studie vyplývá, že pro úspěšnost zachycení škodlivin městskou vegetací jsou důležité tyto parametry:

- 1) dostatečná rozloha vegetace, přičemž i množství drobnějších ploch má v součtu výrazný vliv na záchyt škodlivin;
- 2) velké zastoupení stromů, a to zejména v blízkosti rušných komunikací; jelikož stromy jsou účinnější než tráva, bude zapojený porost dřevin účinnější než rozvolněný park nebo alej, a to i přesto, že alejové stromy zachytily nejvíce škodlivin na jednotku plochy. Ta byla ovšem počítána čistě na plochu průmětu stromu; se započtením zatravněné plochy bude účinnost aleje srovnatelná s účinností lesoparků či parku se zapojeným porostem dřevin. Pokud ovšem

započítáme do celkové rozlohy i zpevněné plochy mezi stromy, je účinnost záchytu aleje nižší, než účinnost stejně velké plochy zapojených dřevin;

3) dosažení co největšího LAI: nejvíce škodlivin zachytávají dospělé vzrostlé stromy, vysoké, husté, či porosty s více patry;

4) v místech, kde zapojený porost nelze založit (ulicové prostory, náměstí atd.), lze dosáhnout významného zachytávání škodlivin i velkými plochami trávníků a velkým počtem dostatečně vzrostlých stromů.

Literatura

Asner, G.P., Scurlock, J.M., Hicke, J.A., 2003. Global synthesis of leaf area index observations: implications for ecological and remote sensing studies. *Global Ecol. Biogeogr.* 12, 191–205.

Baldocchi, D.D., Hicks, B.B., Camara, P., 1987. A canopy stomatal resistance model for gaseous deposition to vegetated surfaces. *Atmospheric Environment* 21, 91-101.

Beckett, P., Freer-Smith, P., Taylor, G., 2000. Effective tree species for local air-quality management, *Journal of Arboriculture* 26(1), 12-19.

Cieslik, S., 2004. Ozone uptake by various surface types: a comparison between dose and exposure. *Atmospheric Environment* 38, 2409-2420.

Cieslik, S., 2009. Ozone fluxes over various plant ecosystems in Italy: A review, *Environmental Pollution* 157, 1487-1496.

Dutchak, S., Ilyin, I., 2002. Modelling deposition Fields of lead and Cadmium for critical load exceedance estimates. In: Hetteling, J.P., Slootweg, J., Posch, M., Dutchak, S., Ilyin, I., Preliminary Modelling and Mapping of critical loads for cadmium an lead in Europe. RIVM report n. 2591010111/2002. Bilthoven.

Dorsey, J.R., Nemitz, E., Gallagher, M.W., Fowler, D., Williams, P.I., Bower, K.N., Beswick, K.M., 2002. Direct measurements and parameterisation of aerosol flux, concentration and emission velocity above a city. *Atmos. Environ.* 36, 791–800.

EEA, 2000. Corine land cover 2000 vector by country (CLC2000). Vector for the Czech Republic. European Environmental Agency data service. <http://dataservice.eea.eu.int/>.

Emberson, L.D., Simpson, D., Tuovinen, J.-P., Ashmore, M.R., Cambridge, H.M., 2000a. Towards a Model of Ozone Deposition and Stomatal Uptake over Europe. EMEP MSC-W Note 6/2000, pp.1 – 57.

Emberson L.D., Ashmore M.R., Cambridge H., Simpson D., Tuovinen J.-P., 2000b. Modelling stomatal ozone flux across Europe. *Environmental Pollution* 109, 403-414.

Emberson L.D., Wieser, G., Ashmore M.R., 2000c. Modelling of stomatal conductance and ozone flux of Norway spruce: comparison with field data. *Environmental Pollution* 109, 393-402.

Emberson L.D., Ashmore M.R., Simpson D., Tuovinen J.-P., Cambridge H., 2001. Modelling and mapping ozone deposition in Europe. *Water, Air, and Soil Pollution* 130, 577-582.

Erismann, J.W., 1992. Atmospheric deposition of acidifying compounds in the Netherlands. Ph. D. Thesis, Utrecht University, The Netherlands. *Acidic Precipitation*, Vol. 3. (edited by Lindberg, Page, Norton). Springer-Verlag, New York.

Erismann, J. W., Draaijers, G. P. J., 1995. *Atmospheric Deposition in Relation to Acidification and Eutrophication*. Elsevier Science B. V., Amsterdam.

Fowler, D., Duyzer, J., 1989. Micrometeorological techniques for the measurement of trace gas exchange. In: Andrea, M.O., Schumel, D.S. (Eds.), *Exchange of Trace Gases Between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere*, Wiley, London, pp. 189-207.

- Freer-Smith, P.H., Beckett, K.P., Taylor, G., 2005. Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer campestre*, *Populus deltoides* X *trichocarpa* 'Beaupre', *Pinus nigra* and *X Cupressocyparis leylandii* for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment. *Environmental Pollution* 133 (1), 157-167.
- Hicks, B.B., Baldocchi, D.D., Meyers, T.P., Hosker, Jr.R.P., Matt, D.R., 1987. A preliminary multiple resistance routine for deriving dry deposition velocities from measured quantities. *Water, Air, and Soil Pollut.* 36, 311-330.
- Järvi, L., Rannik, Ü, Mammarella, I., Sogachev, A., Aalto, P.P., Keronen, P., Siivola, E., Kulmala, M., Vesala, T., 2009. Annual particle flux observations over a heterogeneous urban area. *Atmos. Chem. Phys.* 9, 7847– 7856.
- Kiss, M., Takács, Á., Pogácsás, R., & Gulyás, Á. (2015). The role of ecosystem services in climate and air quality in urban areas: Evaluating carbon sequestration and air pollution removal by street and park trees in Szeged (Hungary). *Moravian Geographical Reports*, 23(3), 36–46. <https://doi.org/10.1515/mgr-2015-0016>.
- Li et al., 2015 X. Li, C. Zhang, W. Li, R. Ricard, Q. Meng, W. Zhang Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index. *Urban For. Urban Green.*, 14 (2015), pp. 675-685
- Litschke T., Kuttler W. (2008) On the reduction of urban particle concentration by vegetation – a review. *Meteorologische Zeitschrift*, Volume 17, Number 3.
- Lovett, G.M., 1994. Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective. *Ecological Applications*, 4, 629–650.
- Meyers T. P., Baldocchi, D.D., 1988. A comparison of models for deriving dry deposition fluxes of O₃ and SO₂ to a forest canopy. *Tellus* 40B, 270-284.
- Nowak, D.J. 1994. Air pollution removal by Chicago's urban forest. General technical report NE-186. In: McPherson, E.G. (Ed.), *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station, Randnor, PA, pp. 63–81.
- Nowak, D.J., Heisler, G.M., 2010. *Air Quality Effects of Urban Trees and Parks*. National Recreation and Park Association, Ashburn.
- Powe, N.A., Willis, K.G., 2004. Mortality and morbidity benefits of air pollution (SO₂ and PM₁₀) absorption attributable to woodland in Britain. *Journal of Environmental Management* 70, 119-128.
- Pul, W.A.J. van, Jacobs, A. F. G., 1994. The conductance of a maize crop and the underlying soil to ozone under various environmental conditions. *Boundary-layer Met.* 69, 83-99.
- Raich, J.W., Potter, C.S., Bhagawati, D., 2002. Interannual variability in global soil respiration, 1980-94. *Global Change Biology* 8, 800-812.
- Ruijgrok, W., Davidson, C.I., Nicholson K.W., 1995. Dry deposition of particles. Implications and recommendations for mapping of deposition over Europe. *Tellus* 47B, 587-601.
- Seinfeld, J. H. Pandis, S. N., 1997. *Atmospheric Chemistry and Physics*, John Wiley & Sons, Inc.
- Tuovinen, J.P., Simpson, D., Mikkelsen, T.N., Emberson, L.D, Ashmore, M.R., Aurela, M., Cambridge, H.M., Hovmand, M.F., Jensen, N.O., Laurila, T., Pilegaard, K., Ro-Poulsen, H., 2001. Comparison of measurement and modelled ozone deposition to forests in northern Europe. *Water, Air, & Soil Pollution Focus* 1 263-274.
- US Environmental Protection Agency, 2008. *Particulate Matter. Health and Environment*, 2008.

Voldner, E.C., Barrie, L.A., Sirois, A., 1986. A literature review of dry deposition of oxides of sulphur and nitrogen with emphasis on long-range transport modelling in North America. *Atmospheric Environment* 20, 2101-2123.

Wesely, M.L., 1989. Parametrization of surface resistances to gaseous dry deposition in regional-scale numerical models. *Atmospheric environment* 23, 1293-1304.

Wesely, M.L., Hicks, B.B., 2000. A review of the current status of knowledge on dry deposition. *Atmospheric Environment* 34, 2261-2282.

Yang, J., Yu, Q., Gong, P., 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment* 42, 7266-7273.

Zhang, L., Gong, S., Padro, J., Barrie, L., 2001. A size-segregated particle dry deposition scheme for an atmospheric aerosol module. *Atmospheric Environment* 35, 549-560.