

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra ekologie lesa**



**Produktivita bylinného patra v nepravé kmenovině  
dubohabřiny jako funkce intenzity světla v porostu na  
výzkumné ploše Za lípou (NPR Koda, Český kras)**

**Bakalářská práce**

**Bc. Monika Nečasová**

**Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.**

© 2019 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Bc. Monika Nečasová

Provoz a řízení myslivosti

Název práce

**Produktivita bylinného patra v nepravé kmenovině dubohabřiny jako funkce intenzity světla v porostu na výzkumné ploše Za lípou (NPR Koda, Český kras)**

Název anglicky

**Productivity of the herb layer in a false high forest of hornbeam-oakwood as a function of light intensity on a research site "Za lípou" (NNR Koda, Czech Karst)**

### Cíle práce

V národní přírodní rezervaci Koda v Českém krasu probíhá ekologický výzkum v souvislosti s dlouhodobým plánovaným experimentem tvorby středního lesa. Tato práce bude zkoumat vliv světelných podmínek na přírůst biomasy bylin lesního podrostu a na jejich druhovou bohatost v porostu mezofilní dubohabřiny. Pracovní hypotéza předpokládá, že zvýšený světelný příkon do bylinného patra vede k vyšší druhové bohatosti i produktivitě bylinného podrostu a rovněž k větší mikroheterogenitě tvorby této biomasy. Dílčím cílem je též porovnat nalezené ekologické vztahy se situací v teplomilné doubravě na ploše stejného experimentu v přírodní rezervaci Na Voskopě. Výzkum tohoto typu patří mezi výjimečné příležitosti ekologického studia historicky dlouho praktikovaného způsobu managementu, ovšem během 20. století opuštěného a zapomenutého.

### Metodika

V rámci založeného designu 40 trvalých ploch v lesním porostu budou pořízeny hemisférické fotografie korunového zápoje (jedna plocha = jedna fotografie). Na každé trvalé ploše budou dále odebrány v pěti opakováních vzorky nadzemní biomasy bylin z dílčích plošek 0,5 x 0,5 m (jedna ploška 1 m nad středovým bodem a další čtyři plošky 5 m od středového bodu směrem k okrajům trvalé plochy). Biomasa bude odebrána od výšky 2 cm do papírových pytlů, převezena do laboratoře, vysušena do konstantní hmotnosti a zvážena. Z hemisférických snímků bude v programu WinSCANOPY vypočítáno množství přímého a difúzního záření dopadajícího do bylinného patra. Hodnoty ozářenosti budou následně statisticky vyhodnoceny s ohledem na množství vytvořené biomasy a na druhovou diverzitu podrostu. Vegetační data budou převzata z diplomové práce M. Mejstříka, který na stejných trvalých plochách pořizoval fytoocenologické snímky v sezóně 2017.

### Doporučený rozsah práce

25-50 normostran

### Klíčová slova

bylinné patro lesů, dubohabřiny, světelný režim, produktivita, biomasa, diverzita, Český kras

---

### Doporučené zdroje informací

- Brunet J., Falkengren-Grerup U. & Tyler G. (1997): Pattern and dynamics of the ground vegetation in south Swedish *Carpinus betulus* forests: importance of soil chemistry and management. – *Ecography* 20: 513–520.
- Corney P.M., Le Duc M.G., Smart S.M., Kirby K.J., Bunce R.G.H. & Marrs R.H. (2006): Relationships between the species composition of forest field-layer vegetation and environmental drivers, assessed using a national scale survey. – *Journal of Ecology* 94: 383–401.
- Dupré C., Wessberg C. & Diekmann M. (2002): Species richness in deciduous forests: Effects of species pools and environmental variables. – *Journal of Vegetation Science* 13: 505–516.
- Hradilová L. (2010): Maloškálová prostorová variabilita stanovištních faktorů v dubových lesích a její vztah k druhovému složení bylinného patra. – Ms., 48 p. [Bakal. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PŘF MU, Brno]
- Macek M. (2011): Vliv světla na složení a diverzitu lesní vegetace v Českém středohoří. – Ms., 84 p. [Dipl. práce, depon. in: Katedra botaniky PŘF UK, Praha]
- Makovcová P. (2013): Role stanovištních faktorů při sukcesi světlých doubrav k dubohabřinám. – Ms., 74 p. [Dipl. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PŘF MU, Brno]
- Mason C.F. & MacDonald S.M. (2002): Responses of ground flora to coppice management in an English woodland – a study using permanent quadrats. – *Biodiversity and Conservation* 11: 1773–1789.
- Mevald O. (2018): Dynamika produktivity a diverzity bylinného patra v (sub)xerothermních doubravách a dubohabřinách v CHKO Český kras v závislosti na intenzitě slunečního záření. – Ms., 59 p. + přílohy [Dipl. práce; depon. in: Fakulta lesnická a dřevařská ČZU, Praha]
- Wernerová V. (2007): Vliv světla na druhové složení lesního podrostu na příkladu Milovického lesa. – Ms., 86 p. [Bakal. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PŘF MU, Brno]
- Whigham D.F. (2004): Ecology of woodland herbs in temperate deciduous forests. – *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 35: 583–621.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie lesa

**Konzultant**

Ing. Radek Bače, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 29. 11. 2018

**prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2019

**prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.**

Děkan

V Praze dne 14. 04. 2019

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma "Produktivita bylinného patra v nepravé kmenovině dubohabřiny jako funkce intenzity světla v porostu na výzkumné ploše Za lípou (NPR Koda, Český kras)" vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Tomáše Černého, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne.....

.....

Monika Nečasová

## **Poděkování**

Nejvíce děkuji mému velmi trpělivému vedoucímu Mgr. Tomáši Černému, Ph.D. za jeho osobní čas, cenné rady a pohotové odpovědi na všechny mé otázky. Rovněž mu velmi děkuji za rozvinutí botanických vědomostí.

Za trpělivost děkuji také svému příteli a rodině, kteří mne celou dobu podporovali a podávali mi vždy pomocnou ruku.

Díky!

## Abstrakt

V národní přírodní rezervaci Koda v Českém krasu probíhá ekologický výzkum zabývající se převodem vysokého lesa na střední les. Cílem této práce je zkoumat vliv světelných podmínek na přírůstek biomasy a druhovou bohatost bylin lesního podrostu v biotopu mezofilní dubohabřiny. Práce si také klade za cíl porovnat nalezené ekologické vztahy se situací v teplomilné doubravě na ploše obdobného experimentu v nedaleké přírodní rezervaci Na Voskopě. Zároveň tato práce přináší informace o ekologických vztazích v intaktním porostu odrostlé nepravé kmenoviny před naplánovaným převodem na aktivní střední les. Na čtyřiceti trvalých pokusných plochách kruhového tvaru, založených v roce 2017 v diplomové práci M. Mejstříka, byly pořízeny hemisférické fotografie korunového zápoje. Dále na každé zkusné ploše bylo odebráno pět vzorků nadzemní biomasy bylinného podrostu, které byly po převezení do laboratoře usušeny a zváženy. Pořízené hemisférické fotografie byly nejprve upraveny v programu GIMP a následně zpracovány v programu WinSCANOPY. Pomocí tohoto softwaru byla vypočítána hodnota přímého a difúzního záření dopadávajícího do lesního podrostu. Množství dostupného světla pod korunami bylo statisticky porovnáno s množstvím vytvořené biomasy a se zaznamenanou druhovou diverzitou podrostu na základě fytoecologických snímků pořízených v roce 2017 (data převzatá z diplomové práce M. Mejstříka). Tato práce prokázala předpokládaný pozitivní vliv světelných podmínek na produkci biomasy bylinného patra, pro kterou se jako zásadní jeví difúzní složka záření a otevřenost korunového zápoje. Prokázal se i pozitivní vliv dostupného světla na diverzitu lesního podrostu, které v podobě tepelného požitku mělo vliv na druhovou početnost bylin i juvenilní dřeviny. Stejně tak se tepelný index prokázal jako signifikantní v případě hodnoty Shannonova indexu diverzity u juvenilních druhů dřevin. Hemisférické fotografie se ukázaly jako vhodný, rychlý a přitom dostatečně přesný způsob určení světelných podmínek, a proto je doporučuji použít i pro pokračující výzkum.

**Klíčová slova:** Český kras, bylinné patro, světelný režim, biomasa, biodiverzita

## **Abstract**

In the National Nature Reserve Koda in the Bohemian Karst there is an ecological research dealing with the conversion of the false high forest to the middle forest. The aim of this work is to investigate the influence of light conditions on biomass and species richness of forest understorey in mesophilous oak-hornbeam stand. This thesis also aims to compare the discovered ecological relations with the situation in thermophilous oakwood in the nearby Nature Reserve Na Voskopě, where similar experiment has been performed. At the same time, this work brings information about ecological relations in intact vegetation of grown false high forest before planned conversion into an active middle forest. Hemispherical photographs of the crown canopies were made on 40 permanent circular experimental plots, founded in 2017 in the M. Mejstřík's diploma thesis. In addition, five samples of aboveground biomass of herb layer were collected on each plot, dried and weighed after transporting to the laboratory. The acquired hemispherical photographs were at first modified in GIMP program and subsequently processed in WinSCANOPY software. Using this software, the value of direct and diffuse radiation falling into the forest undergrowth was calculated. The amount of light available under the crowns was statistically compared to the amount of biomass produced and species diversity of the undergrowth based on phytosociological records, which were taken in 2017 (data taken over from M. Mejstřík's diploma thesis). This work demonstrated the anticipated positive effect of light conditions on the production of biomass of the herb layer, for which the diffuse component of radiation appears to be essential as well as the openness of the crown canopy. The positive effect of available light on the diversity of forest undergrowth, which, in the form of heat load, influenced the species richness of herbs and juvenile tree species. At the same time, the heatload index proved to be significant in the case of Shannon diversity for woody juveniles. Hemispherical photographs have proven to be a convenient, fast and accurate method to determine light conditions, so I recommend using them in the ongoing research.

**Keywords:** Bohemian Karst, herb layer, light regime, biomass, biodiversity



# OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1 Světlo</b> .....	<b>2</b>
2.1.1 Světlo jako nezávislá proměnná složka ekosystému .....	2
2.1.2 Světlo jako závislá proměnná složka ekosystému .....	3
2.1.3 Využívání světla rostlinami .....	5
2.1.4 Vliv světla na růst rostlin .....	5
2.1.5 Srovnání používané metodiky měření světelného režimu .....	6
<b>2.2 Výmladkový les</b> .....	<b>8</b>
2.2.1 Ekosystém výmladkových lesů.....	8
<b>2.3 Charakteristika zkoumané oblasti</b> .....	<b>10</b>
2.3.1 CHKO Český Kras.....	10
2.3.2 Národní přírodní rezervace Koda .....	11
2.3.3 Geologické vymezení oblasti.....	18
2.3.4 Hydrologické vymezení oblasti .....	19
2.3.5 Pedologické vymezení .....	19
2.3.6 Klimatické vymezení .....	20
2.3.7 Floristické vymezení oblasti .....	20
<b>3. METODIKA</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 Experimentální plochy</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2 Sběr dat</b> .....	<b>23</b>
3.2.1 Odběr biomasy .....	23
3.2.2 Zpracování biomasy.....	24
3.2.3 Pořízení hemisférických snímků korunového zápoje .....	24
3.2.4 Zpracování fotografií .....	26

3.2.5	Využití a zpracování fytoocenologických snímků.....	28
3.2.6	Tepelný index .....	30
<b>3.3</b>	<b>Statistické vyhodnocení dat.....</b>	<b>30</b>
<b>3.4</b>	<b>Vliv světelných podmínek na produkci biomasy.....</b>	<b>35</b>
<b>3.5</b>	<b>Vliv světelných podmínek na lokální biodiverzitu .....</b>	<b>38</b>
<b>3.6</b>	<b>Porovnání výsledků s obdobnou prací probíhající v přírodní rezervaci Na Voskopě .....</b>	<b>41</b>
<b>4.</b>	<b>DISKUZE.....</b>	<b>44</b>
4.1	Vliv světla na produkci biomasy bylinného podrostu.....	44
4.2	Vliv světla na diverzitu bylinného porostu .....	45
<b>5.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>48</b>
<b>7.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH INTERNETOVÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>52</b>
<b>8.</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>54</b>

# SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Změny ve vegetační struktuře v okolí zmlazeného stromu.....	180
Obrázek 2 – Poloha zkoumané oblasti v CHKO Český kras.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 3 – Mapa výskytu výmladkových lesů.....	16
Obrázek 4 – Přesné rozmístění pokusných ploch .....	22
Obrázek 5 – Schéma odběru biomasy na zkusné ploše .....	23
Obrázek 6 – Hemisférická fotografie před úpravami .....	25
Obrázek 7 – Hemisférická fotografie převedená do černobílého formátu.....	27
Obrázek 8 – Dialogové okna pro zpracování fotografií v programu WinSCANOPY ...	27
Obrázek 9 – Podoba fotografie hemisfér po zpracování v programu WinSCANOPY ..	28
Obrázek 10 – Prostředí programu RSudio pro statistické zpracování dat .....	31
Obrázek 11 – Postup zobrazení grafického znázornění v programu RStudio	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 12 – Podoba dubohabřinového lesa v oblasti Za Lípou ...	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 13 – Příklad podoby značení zkusných ploch na okrajových stromech.....	54

## Seznam grafů

Graf 1 – Zastoupení dřevin v CHKO Český kras .....	18
Graf 2 – Vzorové znázornění korelací mezi proměnnými .....	39
Graf 3 – Závislost množství biomasy a koeficientu variability na záření .....	36
Graf 4 – Závislost množství biomasy a koeficientu variability na korunovém zápoji ...	36
Graf 5 – Grafické znázornění dvou proměnných mezi kterými byla zjištěna signifikance v případě šetření produktivity biomasy .....	38
Graf 6 – Grafické znázornění dvou proměnných mezi kterými byla zjištěna signifikance v případě šetření biodiverzity .....	40

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Význam označení proměnných používaných v analýze .....	34
Tabulka 2 – Přehled rozsahů hodnot sledovaných proměnných.....	35
Tabulka 3 – Výsledky regresní analýzy pro vliv záření na produkci biomasy .....	37
Tabulka 4 – Výsledky regresní analýzy pro vliv koeficientu variability na diverzitu ...	39
Tabulka 5 – Výsledky regresní analýzy pro duhovou bohatost na plochách.....	39
Tabulka 6 – Výsledky regresní analýzy pro početnost druhů na plochách .....	40
Tabulka 7 – Přehled rozsahů hodnot proměnných v oblasti Za Lípou a Na Voskopě ...	41
Tabulka 8 – Přehled koeficientů determinance u proměnných pro vliv světla na biomasu v oblasti Za Lípou a Na Voskopě .....	42
Tabulka 9 – Přehled koeficientů determinance u proměnných pro vliv světla na lokální diverzitu v oblasti Za Lípou a Na Voskopě .....	43
Tabulka 10 – Význam hodnot v primárních datech.....	55
Tabulka 11 – Primární data .....	56

# 1. ÚVOD

Jedním z významných činitelů udržující lokální biodiverzitu je narušování porostů neboli disturbance. V daleké minulosti byla příroda schopná samo udržování a disturbance byly zajišťovány různými způsoby. Svou funkci plnili v lesních komplexech velcí kopytníci, záplavy nebo třeba oheň. Člověk však tyto vlivy potlačil a začal s lesy hospodařit a celková heterogenita prostředí se značně změnila. Značný vliv měl především vznik monokulturních vysokokmenných lesů na místech původně výmladkových lesů. Obdobně tomu bylo i v Českém krase. V minulosti (18–1. pol. 19. století) byly zdejší lesní porosty intenzivně využívány jako zdroj palivového dříví. Vznikaly tak pařeziny – výmladkový les, typický pro svou krátkou obmýtní dobu, která zde byla i 7 let. Díky změně poptávky se zde průběžně nechávaly i výstavky, sloužící jako stavební dříví (Mažera a kol. 2016). Měnila se i porostní skladba, která byla postupně obohacována o smrky, modřiny nebo borovice. Na začátku 20. století se od pařezinového hospodaření zcela upustilo. Místní lesy tak v současnosti mají podobu vysokého lesa. Absence disturbance v podobě lidských zásahů významně změnila mikroklima v porostu, což mělo za následek změnu biodiverzity (Hradilová 2010).

V dnešní době roste uvědomění vlivu lidských zásahů do přírodních procesů. Stejného uvědomění jsme došli i v případě zákazu krátké obmýtní doby a tím i výmladkových lesů. Díky tomu vznikají nové projekty, které se snaží obnovit tento typ hospodaření a poukázat na jevy s tím spojené. Tato práce je součástí rozsáhlejšího výzkumu, který se zabývá výmladkovým hospodařením v lesních porostů v České krase, hodnotící změny v bylinném podrostu v průběhu obmýtní doby. V rámci tohoto projektu bude má práce sloužit jako pilotní práce hodnotící aktuální podobu lesního porostu v lokalitě Za Lípou v Národní přírodní rezervaci Koda (NPR). V průběhu 30 let bude lesní porost postupně kácen v několik sériích, simulující výmladkové hospodaření. Součástí těchto pásů je založeno 30 výzkumných ploch, přičemž dalších 10 ploch je vymezeno mimo obmýtní část a dohromady slouží k posuzování vývoje bylinného podrostu.

Teoretická část sestává z literární rešerše pojednávající o světle jakožto o abiotickém faktoru, dále je v rešerši charakterizována NPR Koda, ve které se pokusné plochy nacházejí včetně historie porostů a charakteristiky výmladkové hospodaření. Cílem praktické části bylo zhodnotit vliv světelných podmínek na biomasu podrostu, dále zhodnotit vliv světelných podmínek na biodiverzitu, a nakonec srovnat dosažené výsledky s výsledky obdobného výzkumu prováděném na další výzkumné oblasti Na Voskopě.

## 2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1 Světlo

Světlo je jedním z nejdůležitějších abiotických faktorů v suchozemském prostředí. Zároveň ho považujeme za nezávisle proměnnou složku ekosystému, tedy složku nezávislou na vlastnostech biotopu či na činnosti organismů. Dokonce můžeme říci, že veškerý život na Zemi je závislý na toku energie vyzařované Sluncem do biosféry. I přesto, že se jedná o poměrně malé množství celkové solární energie vázané ve formě chemické energie fotosyntézou, postačuje toto množství na udržení biomasy a procesů všech prvků potravního řetězce (Daubenmire 1948, Larcher 1988). Lze ho tedy oprávněně označovat za jeden z nejdůležitějších faktorů vůbec (Larcher *ibid.*).

#### 2.1.1 Světlo jako nezávislá proměnná složka ekosystému

Viditelné světlo je jednou z forem energie mající podobu vlnění. Přesněji jde o část elektromagnetického záření, jehož vlnové délky odpovídají zhruba 390–760 nm (Daubenmire 1948), které tvoří asi 50 % veškeré energie produkované sluncem. Samo o sobě je tvořeno sérií vlnění zobrazující se jako různě barevné paprsky – fialové (zaujímavější vlnovou délkou o velikosti 390–435 nm), modré (435–490 nm), zelené (490–574 nm), žluté (574–595 nm) a červené (595–760 nm). Tyto barevné formy vlnění lze snadno odlišit při průchodu světelného paprsku přes hranol (Daubenmire *ibid.*, Lawlor 2001).

Jak již bylo řečeno, zdrojem záření je Slunce. Velká část je díky refrakci, difrakci a mrakům ihned odražena do vesmírného prostoru. Jistý podíl je také oblaky pohlcen nebo rozptýlen nebo přeměněn na teplo, které hraje důležitou roli v koloběhu vody. Záření lze tedy označit za zdroj energie ovlivňující i distribuci tepla, vody nebo organických látek, udržující tak na Zemi prostředí vhodné pro život. Kombinací všech těchto vlivů dopadá na půdní povrch nebo rostlinný pokryv přibližně 47 % z celkového množství záření (intenzita záření na vnější hranici atmosféry činí  $1,39 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  – hodnota odpovídá tzv. solární konstantě) (Larcher 1988, Slavíková 1986). Přibližně 24 % z dopadajícího záření tvoří přímé záření. Druhým typem záření, difúzní, vzniká rozptýlením světla v mracích či v atmosféře. Zastupuje asi 30% podíl veškerého dopadového záření. Jeho podíl se však na celkovém dopadajícím světle může značně měnit. Při zatažené obloze může difúzní záření tvořit i veškeré dopadající záření. Obzvláště v našich podmínkách se značnou oblačností je tento jev velmi častý (Slavíková *ibid.*).

Celkové procento dopadajícího světla se tedy může značně lišit. Modifikace v ozáření povrchu Země spočívají především v lokálních vlastnostech biotopu jako je různá zeměpisná šířka, nadmořská výška, povaha terénu (intenzita zakrytí obzoru) a hustota oblaků. Záleží však i například na čistotě ovzduší, které v některých zeměpisných oblastech tvoří značný faktor ovlivňující hustotu dopadajícího světla. Například v horských oblastech je vyšší hustota záření dána do určité míry právě čistotou ovzduší. Mimo to zde působí i kratší průchod světelných paprsků atmosférou. V tropických oblastech je množství dopadajícího záření zvýšeno vlivem nedostatku oblačnosti. V takovém případě se může množství dopadajícího záření blížit až k 70 % z celkového množství záření (Slavíková 1986, Larcher 1988). Příkon energie je závislý zejména na úhlu dopadajících paprsků fluktuující systematicky v rámci dne nebo roku. Z těchto poznatků vyplývá, že v podmínkách mírné (temperátní) zóny jsou energeticky nejbohatší svahy se sklonem 25–30° orientované na jih (případně jihozápad, pokud bychom uvažovali o teplotním mikroklimatickém režimu (McCune a Keon 2002). Hodnoty potenciální ozáření na takových svazích se vyrovnají hodnotám na rovinách v menších zeměpisných šířkách (Slavíková *ibid.*).

### **2.1.2 Světlo jako závislá proměnná složka ekosystému**

Při dopadu záření do porostu dochází nejen ke změnám kvantitativním, ale i kvalitativním. Příkon energie v podobě slunečního záření, který byl doposud označován za nezávislou proměnnou, se tak stává ekologicky závislou proměnou funkcí. Takovým modifikátorem slunečního záření je především list. Při přeměně a zachycování světla záleží na pozici listu v rámci koruny či na etáži ve které se listovní nachází. V rámci listovní dochází hned k několika základním jevům – odrazu (reflexi), absorpci a propouštění (transmisi) (Slavíková 1986, Larcher 1988).

I když se povětšinou hovoří o množství absorbovaného světla, značná část světla je však rostlinou nevyužita. Na jednu stranu je světlo odraženo do okolního prostoru a na druhou stranu je propouštěno. V případě hodnoty odrazu (reflexe) záleží především na vlnové délce dopadajícího světla a podobě listovní. V infračervené části spektra jsou listy schopny odrážet až 70% podíl. Ve viditelné části je odražené množství daleko menší a pohybuje se okolo 6–12 %. Úplně nejhůře je odraženo ultrafialové záření (UV), listy v tomto případě neodrážejí více než 3 % záření. Některé rostliny jsou na toto světlo specificky adaptovány a zvýšenou reflexi UV záření využívají jako atraktant k přilákání sensitivního hmyzu. Prvořadě záleží na povaze

povrchu rostlinného orgánu. Hustý pokryv v podobě chloupků může reflexi několikanásobně zvětšit (Larcher 1988).

Struktura a tloušťka listu mohou ovlivnit i průchod záření – tzv. transmissi. Měkčí listy propouštějí kolem 15 % světelného záření. Naopak silnější listy zabraňují tak velké transmissi. Množství transmittovaného světla je stejně tak závislé na vlnové délce záření. Největší transmise nastává při vlnovém záření, při kterém je velká i reflexe, a to především u infračerveného záření. Zatímco propouštěné světlo je tak nejvíce bohaté na záření o vlnové délce okolo 500 nm a nad 800 nm, pod listovím převažuje červenozelené spektrum (Larcher 1988).

Všechny zmíněné faktory a jejich fluktuace přispívají u rostlin k mnoha adaptacím, které umožní udržovat rostlině její fotosyntetický výkon. Výsledkem takového selekčního tlaku mohou být listy nejrůznějších tvarů a modifikované anatomie. U rostlin se projevují nejen dědičně zakódované adaptace, ale lze pozorovat i mnohé individuální odlišnosti. Mnoho dřevin je schopno produkovat i více typů listů lišících se například v tloušťce či specializované na určitou vlnovou délku záření podle toho, v jakých „mikrostanovištních“ podmínkách korun rostou (Townsend a kol. 2010).

Z výše uvedeného je zřejmé, že v rostlinných pokryvech značně figuruje faktor vzájemného zastínování rostlin. Roku 1907 zavedl Weisner termín relativní světelný požitek, který usnadňoval popis úrovně osvětlení v rámci rostlinného pokryvu. Ve skutečnosti se jedná o průměrné procento záření z vnějšího prostředí nad porostem. V mírném pásmu dosahuje jeho hodnota ve vegetačním období průměrně 10–20 % z dopadajícího záření. Po opadu listů, tedy mimo vegetační sezónu jeho hodnota narůstá až na 50–70 %. Naopak velmi malých hodnot dosahuje v tropických deštných lesích, kde je pokryv velmi hustý. V takových podmínkách se na povrch půdy dostane pouze kolem 1 % dopadajícího záření. Úbytek záření v porostu bývá kvantitativně vyjadřován i pomocí pokryvnosti listoví – tzv. hodnota LAI (*Leaf Area Index*; Watson 1947), udávající celkovou listovou plochu nad určitou plochou půdy.

$$LAI = \frac{\text{celková listová plocha}}{\text{plocha půdního povrchu}}$$

Jelikož obě participující veličiny jsou měřeny v jednotkách m<sup>2</sup>, LAI je bezrozměrnou mírou hustoty rostlinného pokryvu. Čím větší je výsledná hodnota, tolikrát je plocha listoví větší než měřená plocha půdy. Při průchodu listovím tak klesá intenzita záření téměř exponenciálně dle vzrůstajícího pokryvu (Slavíková 1986) a v temperátních listnatých lesích tak dosahuje hodnoty 6–8 (Beadle 1993).



### **2.1.3 Využívání světla rostlinami**

Pomocí fotoreceptorů jsou rostliny schopné detekovat pro ně důležité světelné parametry, jako je spektrální složení světla, jeho intenzita, směr a trvání. Na základě těchto aspektů je rostlina schopna měnit svůj růst a tvar nadzemních částí. Na úrovni rostlinných společenstev působí i na jejich druhové složení, rozmanitost, pokryvnost nebo produktivitu. V přírodních podmínkách tedy světlo aktivuje naráz hned několik fotoreceptivních drah a umožňuje rostlinám reagovat na okolní podmínky. Dle přizpůsobení na světlo lze rostliny zjednodušeně rozdělit na stín tolerující a stín nesnášející druhy (Larcher 1988).

Pro rostliny je světlo nejdůležitějším zdrojem energie, které jsou schopny absorbovat prostřednictvím několika druhů fotoreceptivních pigmentů – fytochromů. Přesná míra absorpce záření je určena hned několika faktory – jedním z nich je například tlak vodní páry nebo koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. I přes to, že fotosynteticky aktivní spektrum víceméně koresponduje s tím viditelným, pigmenty zachycují nejvíce modré a červené světlo, pohybující se od 400 do 500 nm, respektive od 600 do 700 nm. Z tohoto spektrálního rozsahu však rostliny přijímají asi 40–50 % záření. Jsou však schopné přijímat i delší infračervené záření, jakožto tepelné záření, které jsou schopny i sami vyzařovat (Larcher 1988).

Energie absorbovaných fotonů je následně využita k produkci energeticky bohatých sloučenin, které jsou dále spotřebovávány v metabolismu rostlin. Tím však jejich koloběh nekončí. Pozřením rostlinných částí konzumenty se syntetizované organické sloučeniny dostávají dále do potravního řetězce (Daubenmire 1948). Zelené rostliny jsou schopny pro tyto účely využít méně než 50 % pro nás viditelného záření. Rychlost fotosyntézy úměrně závisí na intenzitě tohoto záření. Záleží však na druhu rostliny. Velké rozdíly v rychlosti asimilace CO<sub>2</sub> lze najít především mezi stínomilnými a světlomilnými druhy. Při velmi vysoké intenzitě však může docházet k fotoinhibici, při které rychlost fixace uhlíku naopak poklesá. Byť se nedostatek záření považuje za faktor pro rostlinu kritický, rostlinu dokáže ohrozit i nadměrné množství záření, při kterém může dojít až k přehřátí exponovaných rostlinných tkání a fotodestrukci příslušných pigmentů (Larcher 1988, Townsend a kol. 2010).

### **2.1.4 Vliv světla na růst rostlin**

Růst a vývoj rostlin jsou ovlivňovány mnoha vnějšími vlivy. Nejdůležitějšími z nich jsou však teplo a světlo. Ty jsou zcela spjaty s iniciací a regulací metabolických procesů růstu. Souhrnně označujeme všechny biologické procesy, při kterých rostliny nějakým způsobem reagují na

světlo, jako fotobiologické procesy. Řadíme k nim například fotosyntézu, fototropismus, fotomorfogenezi atp. Regulační funkce světla na růst rostlin má však rozlišný charakter. V rámci ovlivnění růstu rostlin zaujímá důležitou roli především v trofické a katalytické úloze, pro které v trofické úloze světlo vystupuje jako hlavní spouštěč fotosyntézy a tím pádem ovlivňuje biosyntézu důležitých stavebních složek rostlin a celkovou produkci biomasy. Spektrální složení světla působí v katalytické úloze, ve kterých světlo ovlivňuje vnitřní regulační mechanismy. Takovými mechanismy jsou například morfologické změny, směr růstu nebo jeho rychlost (Hudák a kol. 1991). Světlo o vlnové délce kratší než 380 nm působí na rostliny morfogeně a často destruktivně. Značně morfogenním účinky má i světlo blízké infračervenému světlu (kolem 1000 nm). Při jeho vyšší intenzitě indukuje kvetení a rostliny nakličují (Slavíková 1986). Světlo tak ovlivňuje celou řadu procesů, při kterém závisí nejen na jeho intenzitě, ale i spektrálním složení (Hudák a kol. *ibid.*).

### **2.1.5 Srovnání používané metodiky měření světelného režimu**

K měření světelných podmínek v podrostu lze využít několik metod, které dělíme na metody přímé a nepřímé, podle toho, co a jak měříme a jaký výsledek nám přinesou (Chason a kol. 1991, Engelbrecht a Herz 2001). Mezi přímé metody řadíme ty, pomocí kterých jsme schopni měřit přímo v terénu aktuální tok fotonů (kvantové senzory a fotodiody). Naopak základem nepřímých metod jsou měřiče či fotografie, udávající pouze částečné informace, které je nutné následně počítačově či manuálně zpracovat. Mezi tyto měřiče patří například sférické denziometry, analyzátory korunového zápoje apod. Nejčastěji se však využívá focení hemisfér pomocí speciálních čoček typu “rybí oko“, umožňující zachytit celou oblohu nad zkoumanou plochou, tj. polokouli o úhlovém rozsahu 180° (Engelbrecht a Herz *ibid.*). Právě tento typ metodiky bych ráda v následujících odstavcích srovnala s přímou metodikou měření toku fotonů.

První srovnávanou metodikou je analýza dostupného světla vyhodnocováním fotografií korunového zápoje nad měřenou plochou. Stejně tak jako je tomu u jiných technik, měření světelných podmínek sebou nese několik problémů. Pokud se tedy rozhodneme využít tuto techniku, musíme brát zřetel na následující předpoklady – listy zcela blokují průchod světla. Tento systém tedy nepočítá s rozdílnou polohou listů a tím i možnosti odrazu světla, což může způsobit chyby v digitalizovaném černobílém obrazu, kde se jako bílá barva jeví jen zcela jasná obloha. V tmavších oblastech, tak může docházet k chybám, jelikož odrazové světlo, které tvoří významnou část celkového množství světla, není započítáváno. Další nevýhodou

hemisférických fotografií je, že počítačové systémy hodnotí korunu jako jednu vrstvu, což může vést k chybovosti při měření otevřenosti korunového zápoje (Roxburgh a Kelly 1995).

Možná právě díky těmto nesrovnalostem někteří autoři zabývající se světelnými podmínkami považují za nejpřesnější přímé měření světla. U měření tímto způsobem existuje také značná chybovost, která je dána aktuální oblačností nebo sezónním opadem listů (Easter a Spies 1994). Východiskem se jeví měření v průběhu několika po sobě jdoucích dnů a následné zprůměrování naměřených hodnot. Z časového hlediska může být tato metodika méně vhodná pro průzkumy vícero ploch, kde měření může být z hlediska množství snímačů a jejich kalibrace náročnější a také nákladnější. Zcela jasnou výhodou je však krátká doba na vyhodnocení výsledků a jejich spolehlivost. Pokud je systém dobře zkalibrován, vznik chyb je velmi nepravděpodobný a není nikterak ovlivněný osobou jež výzkum prováděla (Engelbrecht a Herz 2001).

V množství naměřeného světelného záření se od hemisférické metody příliš neliší. Zdá se, že to však platí pouze při střední či vysoké světelné intenzitě. Při vysoké oblačnosti hemisférická fotografie nebere v potaz zmíněné odrazové světlo a tím dochází k zanedbání až 20% podílu světla (Roxburgh a Kelly 1995). Velmi však záleží na nastavení fotoaparátu a následném zpracování v laboratoři. Například už při převodu do černobílé fotografie se můžeme dopustit značné chyby, jelikož se jedná o velmi subjektivní část zpracování fotografie (Engelbrecht a Herz 2001, Jonckhere a kol. 2004). Pořízení hemisférických fotek není nikterak limitováno dostupností techniky či elektřiny apod. Lze ji tedy využít na velmi vzdálených a opuštěných lokalitách. Na místě lze ihned kontrolovat pořizované snímky a podle toho měnit nastavení, tak aby fotografie odpovídaly skutečnosti. Zatímco v terénu nezabere příliš času, následná analýza ano. (přímé ne) Pokud budeme hledět na pořizovací cenu fotoaparátů a objektivů, jedná se spíše o dražší položky. V současné době se však začínají využívat i chytré telefony, jejichž zabudované fotoaparáty mnohdy dosahují stejných výsledků a nejsou tak finančně náročné (Smith a Ramsay 2018). Velkou výhodou analýzy hemisférických fotografií je poskytování řady dalších parametrů, které mohou být jen obtížně odhadnuty jinými metodami. Příkladem takového parametru, je procento otevřenosti korunového zápoje (Opennes a Gapfract), množství přímého a difúzní záření za den, délka a trvání slunečních paprsků apod. (Roxburgh a Kelly 1995, Englund a kol. 2000, Engelbrecht a Herz 2001).

## 2.2 Výmladkový les

Ještě předtím, než se začnu zabývat podrobným popisem zkoumané oblasti, ráda bych uvedla pojem výmladkový les, který bude v dalších kapitolách hojně zmiňován.

Výmladkovým lesem označujeme nízký les nebo střední les, který je obnovován vegetativně pomocí pařezových nebo kořenových výmladků. Hlavním rozdílem mezi středním a nízkým lesem je právě podíl výmladkové obnovy lesa. Zatímco u lesů nízkých je téměř 100 % obnovy dosahováno vegetativní cestou, u lesa středního významnou roli v obnově má semenná obnova. Z tohoto důvodu bývá střední les někdy také označován za les sdružený. Avšak toto pojmenování se nepoužívá jen pro lesy se dvěma způsoby obnovy lesních porostů. Hojně bývá využíváno i pro les tvořený několika etážemi nebo několika druhy dřevin.

Na rozdíl od vysokého lesa, výmladkový les z finančního hlediska výmladkový management umožňuje přirozený, a hlavně dlouhodobě udržitelný samoobnovitelný zdroj dřeva. Není tedy nutné počítat s náklady na výsev nebo vysazování sazenic. Pokud zakládáme výmladkový les, je však nutné vybírat vhodné dřeviny schopné vegetativní obnovy. Obecně dřeviny se schopností vytvářet výmladky dělíme do několika skupin. Pro některé dřeviny je typické rychlé výmladkové zmlazení. Jejich nově vzniklé pruty mohou už po dvou letech dosahovat i několika metrů. Řadíme k nim olši, jasan, břízu, lísku, javor babyku, dub nebo například břízu. Další skupinu tvoří buk a habr které sice zmlazují, ale k utvoření velkých výhonů je potřeba další čas. Rozdílná je také početnost výmladků. Líska je schopná utvářet až desetkrát více výmladků než jasan nebo dub. Při utváření výmladkového lesa je tedy nutné nejprve promyslet, jak často zamýšlíme les těžit a dle toho přizpůsobit druhovou strukturu. Dub je povětšinou obnovován po 25–35 letech (Fuller a Warren 1993).

### 2.2.1 Ekosystém výmladkových lesů

Jedním z nejvýznamnějších faktorů působících na lesní ekosystémy a přírodu obecně je přítomnost člověka. První přetváření lesů tedy přirozeně souvisí s rozvojem lidské civilizace. Jedny z prvních dobře prozkoumaných a záhy nejintenzivněji obhospodařovaných lesů byly lesy ve Středomoří. Odsud pocházejí mnohé doklady o podobě zdejších primárních lesů, které byly přeměňovány vlivem stále vzrůstající spotřeby dřevní hmoty. Lesy v obydlených oblastech byly tak postupně přeměňovány ve výmladkové lesy (Vacík a kol. 2009). Krátké obmýtní doby a velmi intenzivní těžba dřeva byly však charakteristickými znaky pro lesní hospodaření již od doby prvních stálých zemědělských sídel. Vznik krátké obmýtní doby byl

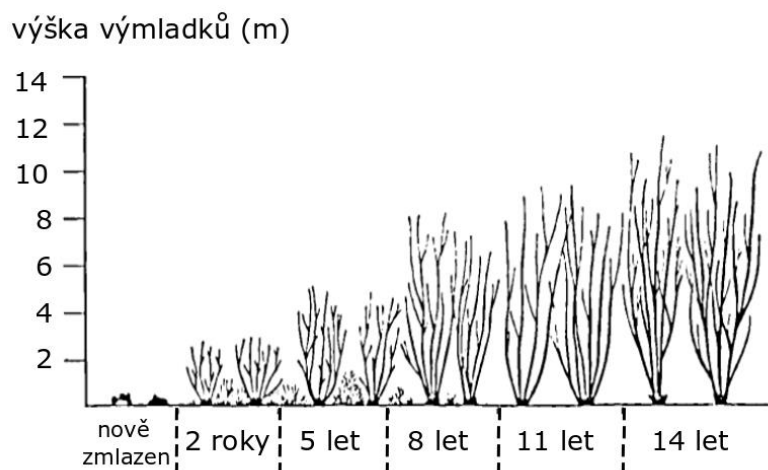
podmíněn zejména tehdejší primitivní technologií těžby, která byla poměrně náročná. Pravidelným kácením získávali lidé dřevo o menších kmenových průměrech, jejichž zpracování nebylo tak namáhavé, jako zpracování velkokmenných starých stromů. Udržovali si tím stálou produkci účelového a palivového dřeva, aniž by museli vynakládat přílišné úsilí. Silnější stromy byly naopak ponechávány dorůst a jejich dřevo bylo později využito ke stavebním účelům. Starší stromy navíc zajišťovaly přísun semen, a tedy i vzrůst nových semenáčků.

V důsledku intenzivního hospodaření výsledné porosty charakterizovala méně různorodá prostorová a druhová struktura. Stejně tak i genový fond byl značně snížen ve srovnání s primárními vysokými lesy. Mimo to byl však les využíván například i pro pastvu, výkon práva myslivosti nebo pro sběr lesních plodů. Díky tomu vznikaly i přechodné různorodé podmínky, které naopak zvyšovaly lokální biodiverzitu (Stajic a kol. 2009).

Vlivem páření tak vznikají v rámci lesa časově omezené otevřené prostory. V zapojeném korunovém patru se utvoří mezery umožňující průchod slunečního záření na obnaženou zemi, jehož množství se během jara zvýší až čtyřikrát a v létě až dvacetkrát. V pozemním patře nedochází pouze ke změně v prosvětlení, ale i k lokálnímu oteplení. Zároveň se mění množství vody a dostupných minerálů pro rostlinstvo (Parsons a kol. 1994)

Na všechny tyto změny prvořadně reaguje pozemní vegetace. První rok v okolí pářezu bývá většinou velmi chudá vegetace. Po několika letech se však zvýší nejen její množství, ale i biodiverzita. Značný výskyt má zde zejména jarní vegetace. Část této vegetace přetrvává i do fáze vzrostlých výmladků, ale většinou již pouze v nekvetoucí formě. Jako jejich adaptace na pravidelné světelné podmínky může být i přežívání do dalšího zmlazení v podobě semen. Ne všechny rostliny mají dlouhodoběji vyklíčitelná semena. Takovým příkladem jsou vrbovky a bodláky. Tito zástupci si tuto skutečnost kompenzují velmi dobrou kolonizační schopností semen z jiných stanovišť.

Dalo by se předpokládat, že množství kvetoucích druhů bude korelovat s obnovním růstem zmlazeného stromu, tedy že dojde k postupnému úbytku vegetace v podrostu. Ve vegetaci však dochází k mnoha průběžným fluktuacím nejen v množství, ale i kvalitě. K největšímu floristickému „probuzení“ dochází obvykle až po několika letech zmlazení (Fuller a Warren 1993, Mason a MacDonald 2002, Strubelt a kol. 2019). Postupně ubývají světlomilné druhy (viz obrázek 1), a jakmile se znovu rozroste korunové patro, až do dalšího odtěžení dřeva se vegetace příliš nemění (Fuller a Warren *ibid.*). Podoba pozemní vegetace však závisí i na druhu zmlazovaného stromu nebo na typu (Hédal a kol. 2017).



Obrázek 1. – Změny ve vegetační struktuře v okolí zmlazeného stromu. Upraveno dle Fuller a Warren 1993

Rychlost znovuzapojení lesa závisí samozřejmě na druhu zmlazené dřeviny. Pokud je však les zmlazován ostrůvkovitě, nedojde k vymizení druhové bohatosti v oblasti. Pravidelná zmlazování s krátkými obmýtními dobami tak umožňují udržovat v krajině celkově vyšší biodiverzitu, než jakou disponují vysoké lesy, a to i na místech, kde se takové lesy nacházely v minulosti (Vacík a kol. 2009).

Na zvýšenou diverzitu rostlin reagují mnohé druhy živočichů. Zejména ovlivňují bezobratlé živočichy, kterým rostliny slouží jako zdroj potravy nebo místo úkrytu. Zvětšená biodiverzita ovlivňuje potravní nabídku živočichů i na vyšší potravní příčce. Tvorba výmladkového lesa tak může pozitivně působit i na ptactvo nebo ještě větší obratlovce (Fuller 1990, Fuller 1992, Deconchat a Balent 2001).

## 2.3 Charakteristika zkoumané oblasti

### 2.3.1 CHKO Český Kras

Pro tuto práci jsme si vybrali lokalitu na území Českého Krasu. Český kras je oblast o velikosti 132 km<sup>2</sup> při dolním toku řeky Berounky. Toto území tvořené prvohorními vápenci se táhne v délce asi 35 km mezi Prahou a Berounem (Jančaříková 2013). Díky množství vápenců je Český kras největším krasovým územím v Čechách. Doposud zde bylo objeveno téměř 700 jeskyní (Anonymous 2017) včetně nejdelšího jeskynního systému v Čechách, Koněpruských jeskyní (Jančaříková *ibid.*). Osobitá tvářnost tohoto území lákala již pravěkého člověka, o čemž svědčí nálezy z jeskyní a skalních převisů (Žák a kol. 2013). Z historických dob zde existuje i mnoho památných míst spojených s dějinami českého národa.

Výraz „kras“ byl poprvé užit jako označení vápencového hřbetu na pobřeží Jadranského moře s původním zápisem „Carsus“. Toto slovo v dnešní době používáme pro oblasti s četnými projevy rozpouštění vápenců. Ucelené spojení Český kras se začalo používat až ve 20. letech dvacátého století, a to díky významnému badateli Jaroslavu Petrbokovi, který připodobňoval území Českého krasu ke středomořským krasům. Tento pojem se vžil v řadách veřejnosti a používá se dodnes (Jančaříková 2013).

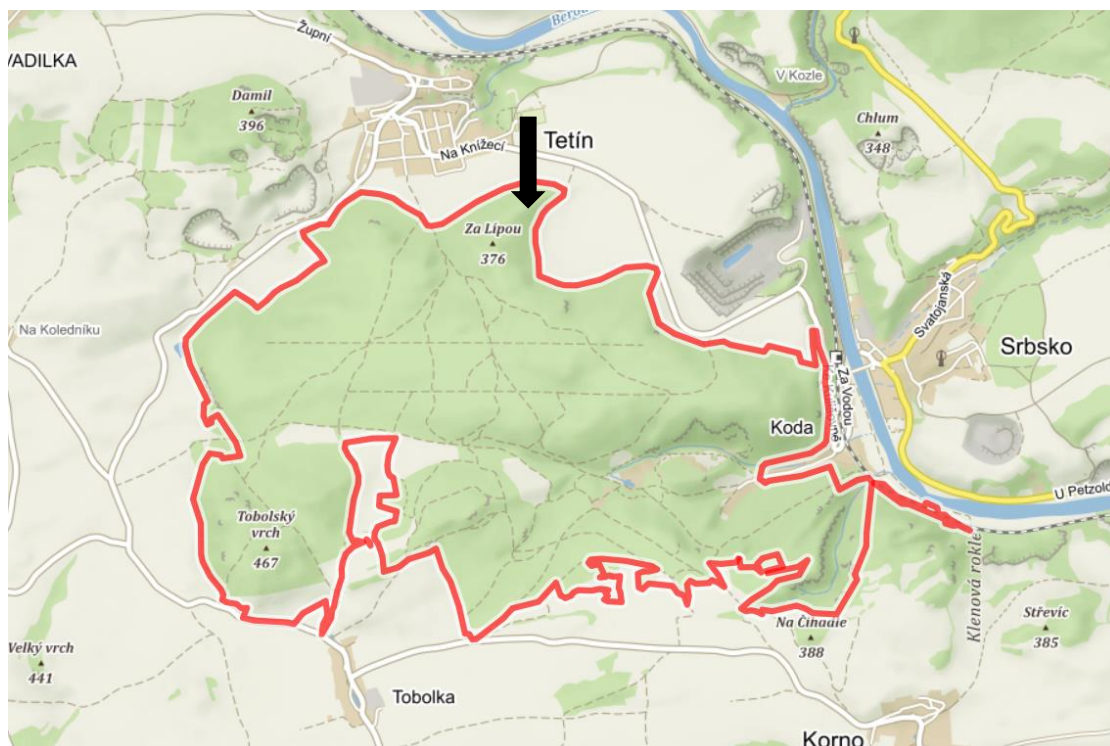
Svou oblibu mezi vědci si toto území získalo velmi brzy, a to díky jeho blízkosti k hlavnímu městu, zajímavou přírodou a bohatými geologickými útvary. První podstatnější zmínky pocházejí již z roku 1786 od Tadeáše Haenkeho. K rozmachu vědeckého poznání a výzkumu této oblasti ovšem došlo až během všeobecného rozvoje přírodních věd v devatenáctém století (Ložek 2002). Poté proběhlo několik pokusů o zápis této oblasti mezi přírodní rezervace, všechny byly však neúspěšné a devastace v podobě těžby vápenců s rozmachem stavebnictví neustále narůstaly (Jančaříková 2013).

Hospodářské zájmy se tak brzy střetávaly s ochranářskými a krajinářskými záměry. Během 50. let minulého století začalo být území cílem i mnoha univerzitních exkurzí a výzkumů. Všechny tyto aktivity připravily půdu pro uznání oblasti do chráněných krajinných oblastí (Cílek a Jager 2002). Postupně tak byly vyhlášeny dvě národní přírodní rezervace (NPR Karlštejn a NPR Koda), sedm přírodních rezervací, čtyři národní přírodní památky a pět přírodních památek (Šamonil 2007, Jančaříková 2013).

Celkové snahy byly dovršeny roku 1972, vyhlášením Českého krasu chráněnou krajinnou oblastí (CHKO), jejímž posláním je zachovat všechny unikátní živé i neživé, kulturní i technické památky (Moucha 2002, Pondělíček 2002, Hausmannová a kol. 2012). Vstupem do Evropské unie nabyla ochrana přírody v CHKO na mezinárodním významu. Několik území (včetně rezervace Koda) tak bylo zařazeno z CHKO Českého krasu do soustavy Natura 2000.

### **2.3.2 Národní přírodní rezervace Koda**

Jednou z mimořádně vzácných oblastí v Českém Krase je národní přírodní rezervace Koda, ve které leží námi zkoumané plochy. Přesněji leží v oblasti Za Lípou. Její území o rozloze 463,6 ha se rozprostírá mezi Obcemi Tetín, Tobolka a Srbsko a patří k nejhodnotnějším částem CHKO Český kras. Území bylo původně v roce 1952 vyhlášeno jako státní přírodní rezervace, později bylo přejmenováno na národní přírodní rezervace.



Obrázek 2. – Přibližné umístění zkoumaných ploch v rámci NPR Koda (Zdroj: mapy.cz)

Svým rozsahem a pestrostí biotopů je NPR Koda druhou nejvýznamnější oblastí Českého krasu. V souladu s členitým georeliéfem a klimatem se zde vyvinulo široké spektrum vápnomilných ekosystémů zahrnující všechny hlavní biotopy Českého krasu. Nachází se zde jak lužní, tak na svazích suťové lesy s pěnovcovými prameništi, dubohabřiny, lesostepi společně s xerothermními trávníky, šípákové doubravy, kyselé doubravy a několik typů skalních stepí (Ložek a kol. 2005).

Možná právě díky tak rozsáhlému spektru porostů je i historie osídlení tohoto území velmi dlouhá a bohatá. Z archeologických nálezů můžeme odhadovat, že pravěký člověk vyhledával krasová území nejen pro velké množství úkrytů, ale i pro velký výběr rostlinné potravy. Důkazu o pobytu na Kodském území pocházejí z Kodské jeskyně už ze starší doby kamenné. Našlo se zde i mnoho dalších nálezů z pozdějších dob, což svědčí o oblíbenosti této oblasti lidmi (Soukup a kol. 2001). Nicméně výrazné členění terénu lesa bylo pro člověka relativně nepřístupný a tudíž i „neobyvatelný“. Místy je navíc vzhledem k mělkým půdám na skalnatém podloží nevhodné k zemědělskému použití. Díky tomu došlo k zachování komplexity lesního porostu (Horáčková a Tichý 2014). Oproti jiným českým rezervacím, si tak Kodská rezervace zachovala své přirozené vymezení vůči okolní krajině. Pouze na svém východním okraji se les přes vrchol rokle plynule rozvolňuje.



### 2.3.2.1 Historie lesa na území Českého krasu se zaměřením na Kodskou rezervaci

I přes to, že se zde dle historických záznamů nacházelo jen menší množství lesních pozemků, podoba lesa se v průběhu let výrazně měnila. Nejstarší dochované zprávy o karlštejských lesích pocházejí z 20. let 15. století z rejstříků evidence prodaného dřeva (Pelikán a kol. 1948 in Novák a Tlapák 1974). Další zmínky o zdejších lesích pocházejí z urbářů karlštejské kapituly, které vyšly o 30 let později (Lukawsky 1911 in Novák a Tlapák 1974). O charakteru lesů vypovídají až listiny z 18. století, kdy les podléhal velmi intenzivní těžbě. Přesněji se jedná o popisy z roku 1781, kdy probíhalo vyměřování lesů. Další zprávy pocházejí z roku 1797. V té době bylo v Evropě zcela běžné obhospodařovat nížinné lesní komplexy pařezinovým hospodářstvím. Většina lesa tak v Českém krasu sestávala právě z listnatých pařezin. Tento způsob byl kombinován s ponecháváním výstavků, sloužícím ke stavebním účelům, přičemž solitéry tvořily nejčastěji borovice (Novák a Tlapák 1974). Některé jeho části byly zároveň využívány pro pastvu. Vysoká poptávka po palivovém dříví přetrvávala až do poloviny 19. století a množství pařezin výrazně převyšovalo svou zásobu dřeva vzrostlých stromů (Dörner a Müllerová 2014). Již na začátku 19. století však vznikaly elaboráty, popisující žalostný stav okolních lesů, které trpěly nedostatkem kvalitního stavebního dříví. Nejdůležitějším elaborátem té doby byl Schmidtův elaborát, kladoucí si za cíl zlepšení porostů z lesnického hlediska. V rámci přeměn hospodářských tvarů byly zalesňovány i holiny. Celková rozloha polesí se tak zvýšila z 3047 jiter (roku 1787) na 3197 (Novák a Tlapák *ibid.*). Novinkou byla změna v obmýtní době, která se navýšila ze 7 let, typických pro středověk, na 30–40 let. Později se zkrátila na 15–30 let. Pařeziny se tak postupně převáděly na střední a později vysoký les (Novák a Tlapák 1974, Kopecký a kol. 2013). Ke změně docházelo plynule ponecháním stromů dorůst nebo úplným nahrazením nově vysazeným lesem.

V návaznosti na proměny poptávky po jednotlivých druzích dřeva docházelo i k proměnám v porostním složení. Velkou změnu, a hlavně pokles v intenzitě hospodářství přineslo až vybudování železniční cesty z Prahy do Plzně v roce 1862 (Novák a Tlapák 1974, Dörner a Müllerová 2014). Tou dobou začal soustavný proces opouštění od pařezin. Díky nové dopravní možnosti se na území začalo dovážet uhlí a palivové dřevo tak velmi rychle ztrácelo svůj význam. Již v roce 1922 tvořil vysoký les kolem 40 % porostů. Po druhé světové válce se pak od pařezinového hospodářství zcela upustilo (Dörner a Müllerová *ibid.*). Z nepravých kmenovin byly vyjednoceny pouze nejkvalitnější jedinci.

Z ploch, které byly vyhodnoceny jako vhodné pro zemědělské účely les zcela vymizel. Na ostatních místech les zůstal s víceméně původními populacemi dřevin. Charakter lesů se měnil především ve snaze zvýšit jejich výnos. Od 19. století byl les nejvíce osazován smrkem ztepilým (*Picea abies*) (Ložek 2002). Zcela vymizely lísky a jilmy (Dörner a Müllerová 2014). Nicméně zde byly vysazovány i nepůvodní druhy. Jihoevropská borovice černá (*Pinus nigra*) tak zaujala stanoviště vysýchavých doubrav, bukových i šipákových doubrav. Akát (*Robinia pseudacacia*) byl vysazován na pastviny, které byly původně stanovištěm šipákových doubrav. Zároveň na různá místa přibýval i modřín opadavý. Druh nahrazované dřevin byl tedy vybírán dle podloží a dispozice (Novák a Tlapák 1974, Müllerová a kol. 2014, www1). Množství smrku ve 40. letech 20. století se skoro vyrovnalo množství původní borovice lesní. Po vyhlášení území rezervací se jeho podíl pomalu snižoval až na současných 8 % (Utinek 2014).

### **2.3.2.2 Změny v ekosystému vlivem přechodu z nízkého na vysoký les**

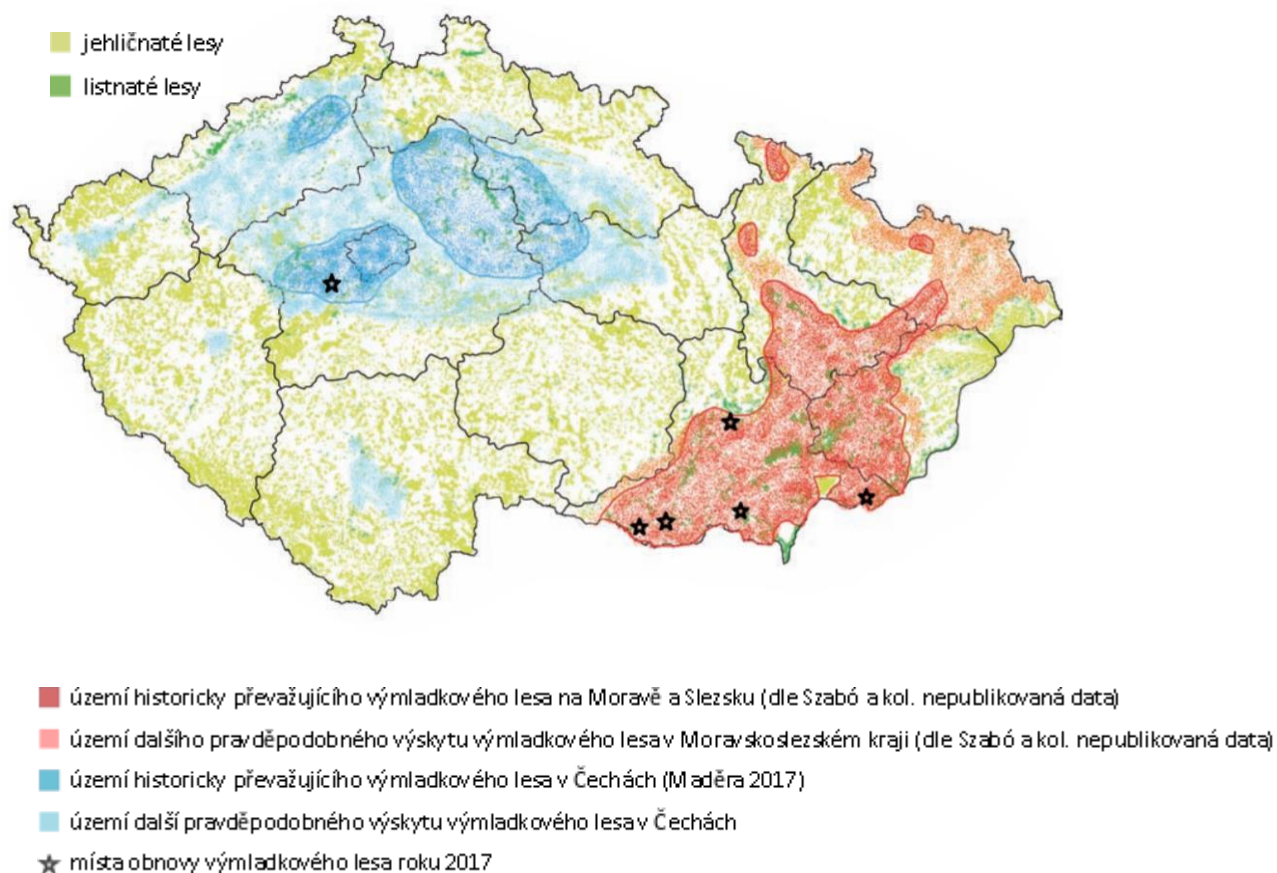
Největší dopad má přeměna lesů ve vysokokmenné porosty hlavně na bylinné patro a s ním související hmyz. Po staletí mozaikovitě rozrůzněné lesy poskytovaly prostředí pro druhy, které v posledních letech mizí. Velkým paradoxem je, že právě ochranné záměry měnily podobu pařezin na vysoký les. Snížení intenzity hospodaření nepříznivě ovlivnily především méně na živiny náročné druhy. To je podloženo faktem, že některé typy biotopů potřebují ke svému uchování značné antropogenní zásahy. Tím získává pařezinové hospodářství na atraktivnosti nejen jako snadno obnovitelný zdroj surovin, ale i jako snaha o obnovu někdejších a dlouhodobě trvajících druhově bohatých ekosystémů.

Změny v bylinném patře zaznamenáváme především od poloviny 20. století. Za největší příčinu úbytku jsou považovány změny lesnického hospodaření (Verheyen a kol. 2012). Není to však jediný faktor, který na lesy takto působí. Ke změnám přispívají i destrukce a fragmentace stanovišť, změna deposice chemických sloučenin v atmosféře, zvyšující se globalizace a s tím spojené šíření invazních škůdců a nemocí nebo například i přítomnost zvěře (Whigham 2004, Wernerová 2007, Rackham 2008). Jemná mozaika výmladkového lesa se přeměnila v homogenní prostředí a stejně tak i jeho okolí (Rackham *ibid.*). Změnila se i technika se kterou lesníci či zemědělci pracují. Nynější poněkud těžká technika způsobuje udusávání půdy, na které mohou být některé druhy intolerantní. Takovým typickým druhem lužních lesů je například sasanka hajní (*Anemone nemorosa*) (Schirreffs 1985).

Výrazným společným trendem ve změně kvality lesního interiéru je však změna světelných, půdních a mikroklimatických podmínek. Zatímco cyklické změny světelných podmínek tvořily prostředí pro mnohé pionýrské druhy, převodem na vysokokmenný les se přísun světla do porostu značně změnil (Whigham 2004, Hradilová 2010). Ve světlých lesích je přísun světla značně vyšší a proměnlivější. Naopak ve vysokém lese je přísun světla konstantnější, zato je ho přibližně o třetinu méně (Hradilová *ibid.*). Nedostatku světla se přizpůsobila druhová skladba porostu (Brunet a kol. 1997) a to ve prospěch stínomilných či stín tolerantních rostlin (Kopecký a kol. 2013, Verheyen a kol. 2012, Makovcová 2008). Se snížením světelných podmínek se mění i vlhkostní poměry (Makovcová *ibid.*). Změny v dostupnosti vody však neprobíhají na všech místech stejně. Na některých místech vlivem menší možnosti evapotranspirace podrostu vlhkost vzrůstá (Decocq a kol. 2005). V některých případech se snižuje, nebo dokonce zůstává zcela stejná (Keith a kol. 2009).

Pokles intenzity hospodaření v lesním prostředí znamená i pokles v odebrání vzniklé biomasy. Organická hmota se zde akumuluje v podobě větší humusové vrstvy, což přispívá k eutrofizaci (Dzwonko a Gawroński 2002). Změna se tak dotýká i celkového chemismu půd. Snižuje se koncentrace prvků v půdě a stejně tak se snižuje i její celkové pH (Holscher a kol. 2001). Z dosavadních výsledků však není jasné, zda podrost reaguje na pH půdy, nebo je pH půdy ovlivněno druhy bylinného či stromového patra (Hradilová 2010). Dle dalších výsledků (Pepler–Lisbach a Kleyer 2009) závislost diverzity v listnatém lese na pH v grafické podobě připomíná Gaussovu křivku. S rostoucím pH dochází k větší heterogenitě porostu až do pH 5. Obdobného výsledku došel i výzkum v jižním Švédsku (Brunet a kol. 1997). S dalším nárůstem poté dochází k poklesu biodiverzity. Nicméně vzrostlé dubohabřiny si své pH udržují přibližně na stejné úrovni a stejně tak podrostní složení (Hradilová *ibid.*).

V poslední době si lidé stále více uvědomují vliv společnosti na přírodní procesy. Ke stejnému uvědomění došlo i v případě výmladkového hospodářství a jeho přínosu k uchování biodiverzity. Až do poloviny 20. století se na území České republiky nenacházel žádný les obhospodařovaný do podoby pařezin. Z hlediska zákonů by byly výmladkové lesy nepřipustitelné, a to především dle zákona č. 289/1995 o lesích, který udává, že obmýtní doba nesmí být kratší než 80 let (Anonymus 1995). Nicméně, v České republice se momentálně nachází šest oblastí, kde bylo v průběhu posledního desetiletí výmladkové hospodářství obnoveno. Jednou z těchto oblastí (a to jedinou v Čechách) je i Český kras, jehož lesy si zachovaly svou podobu a mají v dnešní době vysokou ochrannářskou hodnotu (Štochlová a Hédli 2018).



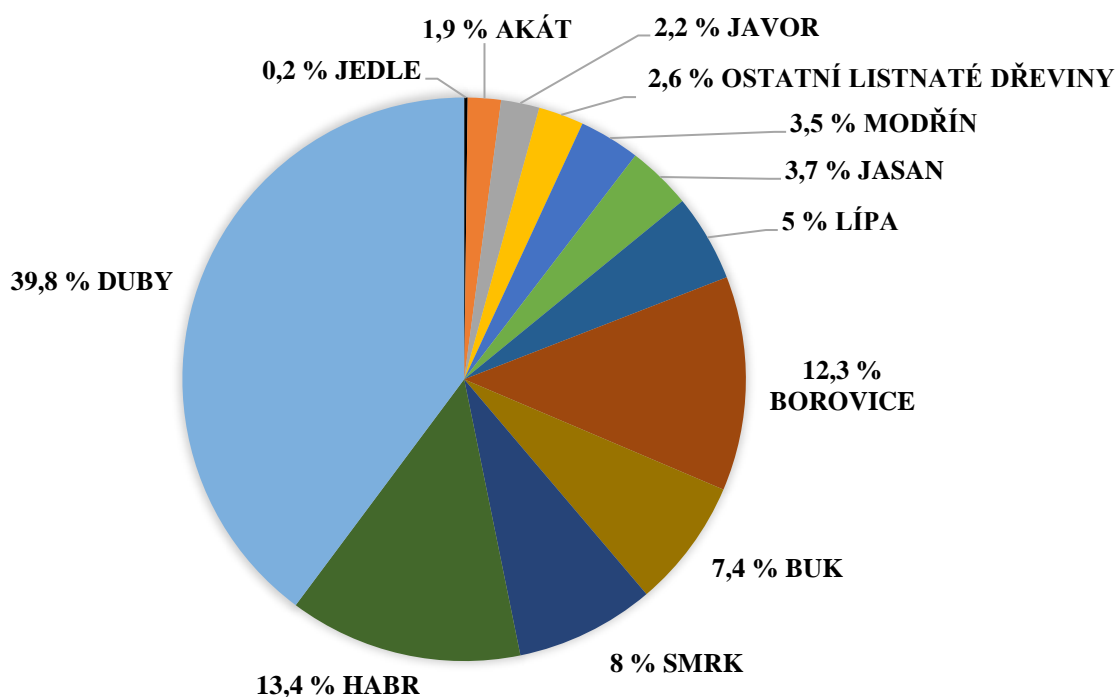
Obrázek 3. – Mapa vyobrazující historický výskyt lesů s výmladkovým hospodářstvím (Zdroj: Štochllová a Hédl 2018).

### 2.3.2.3 Současná podoba lesů Českého krasu

V současné době lesy zaujímají kolem 38 % plochy CHKO Český kras, což odpovídá evropskému průměru (ÚHÚL 2017). Zdejší lesy jsou řazeny mezi málo hospodářsky významné. Stejně tak jako všechny CHKO, tvoří oblast několik ochranných zón. Do první nejpřísnější zóny bylo pro svou velkou biologickou hodnotu zařazeno 2750 ha lesů. Jedná se především o maloplošná zvláště chráněná území. Takovým územím je i rezervace Koda či Karlštejn, které podléhají zvláštním hospodářským předpisům. Některé plochy jsou zcela ponechány bez zásahu člověka (bezzásahová oblast Doutnáč). Některé jejich oblasti byly dále vymezeny k experimentálním zásahům, jako je příklad mé práci. Druhá zóna, která je o něco menší (2074 ha), slouží zejména k udržení původní druhové bohatosti a tomu odpovídá i hospodaření. Zbýlých 109 ha jsou lesy ve třetí zóně, ve které probíhá standartní lesnické hospodaření, doprovázené udržováním zastoupení melioračních dřevin na minimální procentické úrovni (Utinek 2014).

Především díky různorodosti terénu a jeho podloží hostí území Českého krasu druhově bohatší teplomilné i mezofilní listnaté lesy. V oblasti se vyskytuje kolem 35 původních druhů stromů a 40 druhů keřů. Z fytocenologického hlediska patří lesy v údolích potoků porostům lužních lesů (podsvaz *Alnenion glutinoso-incanae*). Stinné svahy pokrývá suťový les (svaz *Tilio-Acerion*) přecházející ve vyšších polohách na pozvolnějších lesích do dubohabřin (převládající asociace *Melampyro nemorosi-Carpinetum*). Tyto lesy oplývají bohatým bylinným patrem, význačným především v jarním období. Místy, na hřbetech a plošinách, kde jsou půdy odvápnělé a kde se nacházejí šterkové náplavy, tyto lesy přecházejí v druhově chudší acidofilní doubravy (svaz *Quercion roboris*) (Ložek a kol. 2005).

Výše uvedeným jednotkám také odpovídá druhová skladba porostů. Převahu zde mají listnaté lesy zastoupeny 76% podílem. Mezi nimi s 39,8% zastoupením vynikají duby (dub zimní – *Quercus petraea*, dub pýřitý – *Quercus pubescens* a výjimečně dub letní – *Quercus robur*). Zcela dominantní je mezi nimi dub zimní. Na některých místech tvoří až 50 % nadzemní biomasy lesního porostu, stejně tak dominuje v keřovém patře ve stadiu juvenilních jedinců (Pospíšková a Dostálek 2009).



Graf 1. – Současné procentuální zastoupení dřevin v CHKO Český kras (Zdroj: ÚHÚL s.d.).

Z dalších dřevin pouze habr překonává 10% hranici. To je dáno především historickou podobou lesa, která byla tvořena pod taktovkou výmladkového hospodaření. Díky tomu se zde prosadily právě dub a habr, dřeviny se skvělou pařezovou výmladností. Nicméně dřeviny,

ustupující z takového prostředí (buky, javory, lípy) jsou dnes početně na vzestupu. Svůj podíl na tom má i upuštění od pasečného využití poskytující další prostor pro rozvoj lesa (Pospíšková a Dostálek 2009, ÚHÚL s.d.).

### 2.3.3 Geologické vymezení oblasti

Celý Český kras patří do mohutné střeďočeské pánve Barrandienu, tvořenou vyvěřelinami a usazeninami z předprvohorních a prvohorních moří (Jančaříková 2013). Mořská sedimentace zde probíhala od ordoviku do středního devonu (500–370 mil. let před n.l.). Především došlo k nahromadění usazenin v podobě vápence a břidlice. Pouze na území Kody, podél směrného tektonického zlomu (tzv. kodský zlom) vystupují i svrchnosilurské vápence. Druhým významným zlomem v lokalitě je tzv. tobolský zlom, vymežující západní hranici rezervace (Ložek a kol. 2005). Ve středu území docházelo k usazování i v průběhu druhohor, ale velká část usazenin z nich byla vodou odplavena v průběhu třetihor. O přítomnosti toků vypovídá velké množství zkamenělin v druhohorních a třetihorních souvrstvích, zejména zástupce prvohorní mořské fauny (Soukup a kol 2001). Joachim Barrande popsal z této oblasti několik tisíc druhů zkamenělin. Mezi jeho nejznámější naleziště patří Koněprusy, Lištice, Loděnice, Lochkov nebo Radotínské údolí. Mnoho druhů bylo prvně popsáno právě až po nálezích z Českého krasu (Ložek a kol. *ibid.*).

Díky zmíněnému třetihornímu toku, vznikly i pískové a šterkovité usazeniny na Kodském návrší. Ze čtvrtohorních sedimentů jsou pozoruhodné především soustavy pěnokových kaskád vytvořené pod vyvěračkami, které jsou z ekologického hlediska významnými lokalitami pro sledování změn v přírodě (Ložek a kol. 2005).

Jen v Kodské rezervaci je evidováno skoro 50 jeskyní, z nichž některé mají značný význam v kvartérní stratigrafii. Zároveň některé z nich dokládají poznatky o přítomnosti člověka na tomto území. Příkladem může být jeskyně Koda nebo jeskyně Martina, ze které pocházejí poznatky o využívání člověkem již z období pleistocénu ve starší době kamenné (Ložek a kol. 2005, Wagner a kol. 2016). Nachází se zde i největší vyvěračka Českého Krasu – Kodská vyvěračka. Stejně tak jako na jiných vyvěračkách, dochází zde k tvorbě sladkovodních vápenců – pěnvců (Ložek a kol. *ibid.*).

### 2.3.4 Hydrologické vymezení oblasti

CHKO Český kras leží celým svým územím v povodí řeky Berounky, která vytváří přirozenou geografickou páteř oblasti. V rámci CHKO se do ní vlévá velké množství potoků (Šamonil 2005). Z levé strany se připojuje říčka Loděnice, Bubovický potok, Karlický potok, Kluček, Švarcava, Radotínský potok a Jinočanský potok. Z pravé strany se do Berounky vlévá Litavka, jejíž pravým přítokem je Suchomastský potok. Samotná Berounka se vlévá ještě na území Českého krasu do Vltavy, velmi krátce protékající východním okrajem území. Z hlediska vodních ploch je na tom Český kras stejně jako jakékoliv středozemní krasové prostředí. Je jich zde velmi málo. Významnější jsou tady pouze rybník Měrák, Prostřední rybník u Popovic, vodohospodářská nádrž Suchomasty nebo rybník Obora u Litně (Ložek a kol. 2005).

Hydrogeologicky je oblast velmi nerovnoměrně prozkoumaná. Většina průzkumných vrtů je pořízována pouze za účelem zisku pitné vody. Jejich rozmístění je navíc agregováno na malém území v blízkosti obydlí. Avšak i z těchto vrtů se lze dozvědět spoustu důležitých informací. Velmi významná je zde vodní eroze. Až 60 % místních zemědělských půd je jejím vlivem řazeno k extrémně erozně ohroženým (smyv ornice více jak  $7,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ). Z celkového ročního úhrnu srážek, pohybující se kolem 550 mm, 9–12 % srážek dále odtече v rámci specifického odtoku povrchových toků (Ložek a kol. 2005).

### 2.3.5 Pedologické vymezení

Hodnotit půdy celého území je kvůli přítomnosti vodního toku a neustálé erozi dosti složité. Půdní profily v sobě tak často ukrývají příznaky polygenetického a polycyklického vývoje, které bývají navíc sekundárně narušeny. Vzhledem k rozmanitosti terénu i podloží se zde vyskytuje celá řada typů půd (Šamonil 2005). Tam, kde povrchové minerální horizonty přecházejí přímo do substrátových horizontů, hovoříme o půdách klasifikovaných jako litozemě, rendziny a pararendziny. Nežřídka se na tomto území objevují i půdy se zřetelně vyvinutým B horizontem. Ty lze dle Němečka a kol. (2001) klasifikovat jako kambizemě či hnědozemě. Další možná klasifikace používá zastoupení půd reliktního původu. Z hlediska stáří lze místní půdy řadit mezi recentní (litozem, rendzina, pararendzina, kambizem, hnědozem) a reliktní (*terra fusca*) (Šamonil 2005 a 2007).

Většinou však bývají půdy Českého krasu jednoduše rozlišovány na typ *terra fusca*, na rendziny vyskytující se na vápencích, na hnědozemě na spraších a na kambizemě vyskytující se na písčitéch svazích a na břidlicích (Ložek a kol. 2005). Jako substrát zde vystupují hlavně

vápence, diabasy a jílové břidlice. Jsou tu však popisovány i jiné substráty charakteru fluviálních a eolitických uloženin, svahovin nebo i sedimentů. Díky velkému množství substrátu v podobě sedimentů a jeho typickému zbarvení je Český kras někdy označován jako „české rudozemí“ (Šamonil 2005). Podél kaňonu Berounky vystávají především naplavené štěrkopískové terasy (Šamonil 2007).

### 2.3.6 Klimatické vymezení

Jádro Českého krasu včetně západní části patří dle ČHMÚ do mírně teplé klimatické oblasti, pro které je typické dlouhé, teplé a suché léto a mírně teplá zima. Severovýchod oblasti spadá do teplé klimatické oblasti, která je mírně sušší a během jara a podzimu teplejší (Ložek a kol. 2005). Délka období s průměrnou denní teplotou vyšší 5 °C je přibližně 220 dní. Kolem 160 dní pak trvají dny s vyšší teplotou jak 10 °C (Šamonil 2007). Rozdíly teplot ve vegetačním období dosahují na povrchu půdy jižních svahů 40–50 °C (Friedl a kol. 1991). V klimazonálním pojetí patří Český kras mezi semihumidní oblasti. Hodnota průměrných ročních srážek se pohybuje kolem 550 mm se srážkovým maximem v červenci. Jejich přesné množství je však dáno kombinací lokálních faktorů a mezisezónní variability. Díky pestrosti terénu a rostlinnému pokryvu se zde výrazně uplatňuje vliv mikroklimatu (Šamonil 2005).

### 2.3.7 Floristické vymezení oblasti

Z botanického hlediska nejvíce ovlivňují Český kras geologický podklad (tj. vápence) a specifická geomorfologie území. Svou jedinečností spadá oblast CHKO do samostatného fytogeografického okresu Český kras (Skalický 1988). Pro oblast je charakteristický výskyt teplomilných a suchomilných druhů na skalních stepích. V rámci České republiky zde rostou ohrožené až kriticky ohrožené druhy jako například včelník rakouský (*Dracocephalum austriacum*), hlaváček jarní (*Adonis vernalis*) či rudohlávek jehlancovitý (*Anacamptis pyramidalis*). V cenných šipákových doubravách se vyskytuje i endemický druh jeřáb krasový (*Sorbus eximia*) (Kovanda 1984). Z původního lesního pokryvu se zde nejvíce uchovaly habrové doubravy s mnoha vzácnějšími rostlinami v bylinném patře. Mezi ně řadíme lilii zlatohlávek (*Lilium martagon*), medovník meduňkolistý (*Melittis melissophyllum*) či ojediněle se vyskytující druhy jako například zvonovec liliolistý (*Adenophora liliifolia*) (Ložek a kol. 2005).

Druhovú pestrost flóry a fauny na území Kodske rezervace je zde podmíněna jako na celém území Českého krasu krasovým a říčním fenoménem, které utvářejí řadu



mikroekosystémů. I přesto, že podle obecné fyziognomie území Českého krasu vyhlíží, že většinu jeho oblasti pokrývají listnaté lesy, vyskytují se zde na skalních výchozech i velmi exponovaná místa, kde lze spatřit mnohé světlomilné druhy, typické pro jižní a jihovýchodní Evropu, tvořící xerothermní trávníky, jež se řadí mezi nejlépe vyvinuté formace stepního typu v České republice (Kubíková 2016). V méně teplých a stinnějších místech rostou i druhy z chladnějších oblastí Evropy. Celkem tu bylo zjištěno více jak 600 druhů rostlin (Soukup a kol. 2001).

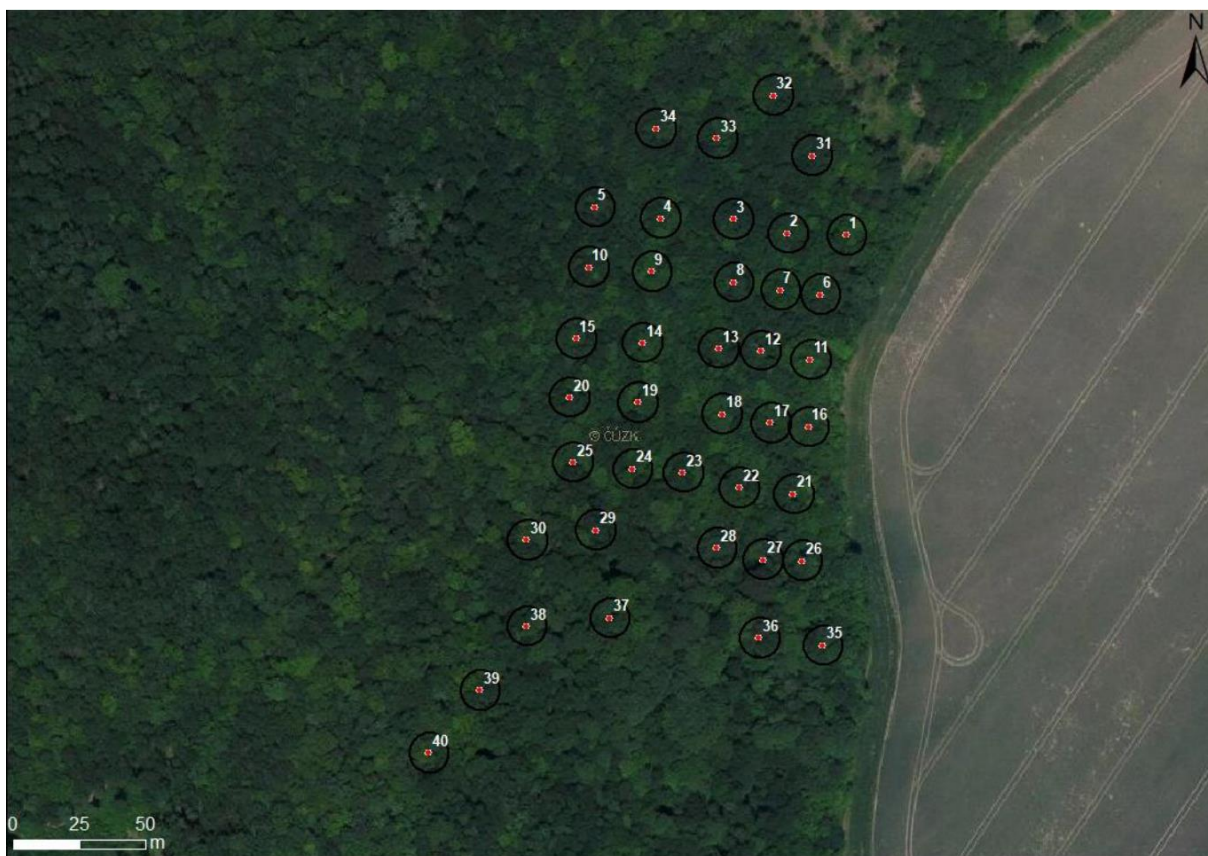
### **Faunistické vymezení oblasti**

Zoologické výzkumy se v Českém krasu zaměřily na nejpočetněji zastoupenou skupinu, kterou je hmyz, a z ní především na motýly, kterých je v celém krasu kolem 1390 druhů. O řadě skupin však nevíme mnoho a některá místa úplně ušla bližší pozornosti odborníků. To je dáno do značné míry velkým druhovým bohatstvím a různorodostí zoologických materiálů a omezeným počtem odborníků-specialistů. Výjimkou jsou však měkkýši. Tvoří jednu z nejvýznamnějších složek fauny Českého krasu, a to díky své vazbě na vápnatý podklad. Český kras je v současné době nejlépe malakologicky prozkoumanou a zpracovanou českou oblastí (Ložek 2002). Značné pozornosti se zde dostalo i obratlovcům. V odlehlých skalách pravidelně hnízdí výr velký (*Bubo bubo*), káně lesní (*Buteo buteo*), včelojed lesní (*Pernis apivorus*) nebo krahujec obecný (*Accipiter nisus*). Skalní dutiny a zejména opuštěná důlní díla a štoly slouží jako úkryt i vrápencům či netopýrům. Ze savců se zde běžně vyskytuje prase divoké (*Sus scrofa*), jezevec lesní (*Meles meles*) či kuna skalní (*Martes foina*) (Soukup a kol. 2001, Ložek a kol. 2005).

### 3. METODIKA

#### 3.1 Experimentální plochy

Veškerá data byla nasbírána na 40 pokusných plochách kruhového tvaru o poloměru 8,5 m nacházejících se na lokalitě Za Lípou (název kóty 376) v severní části Národní přírodní rezervaci Koda (viz Obrázek 4). V rámci založeného výzkumného designu 30 ploch tvoří šest pruhů, které by se měly v následujících letech postupně odtěžovat. Ponechány by měly být pouze vybrané vhodné výstavky. V okolí experimentálních pruhů je dále rozmístěno deset kontrolních zkusných ploch, jejichž porost se ponechá přirozenému vývoji bez jakéhokoliv zásahu. Přesná poloha experimentálních ploch je zaměřena pomocí GPS souřadnic. V terénu jsou jejich středy označeny geodetickými značkami, přičemž pro snazší orientaci jsou označeny i jejich okrajové stromy, a to ve směrech po spádnici a po vrstevnici.

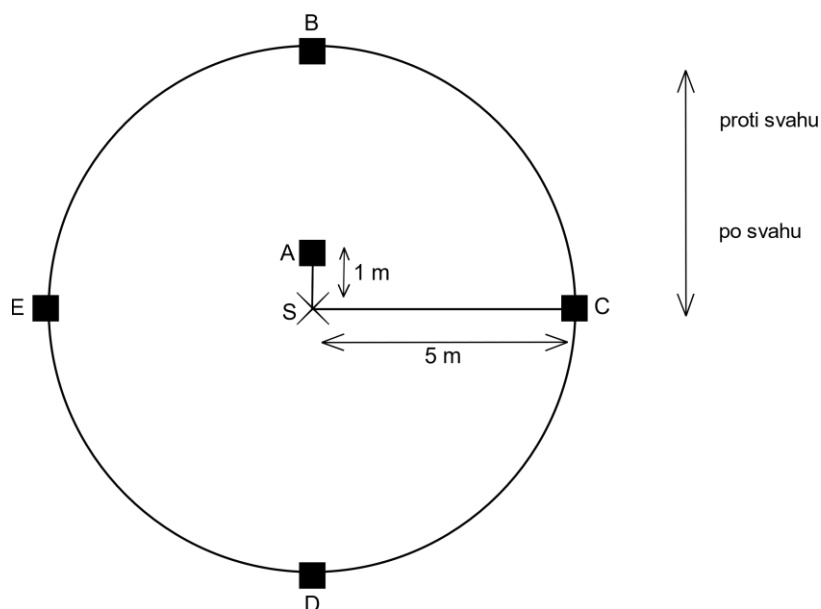


Obrázek 4. – Schéma rozmístění pokusných ploch (Zdroj: Mejstřík 2018).

## 3.2 Sběr dat

### 3.2.1 Odběr biomasy

Odběr biomasy probíhal na přelomu června a července roku 2018. Tento termín byl vybrán záměrně tak, aby korespondoval s vrcholem vegetační sezóny v listnatých lesích. Samotné odběry probíhaly ve dvou etapách v pětidenním rozestupu, tedy v co nejkratší době, aby nedošlo k výraznému ovlivnění lesního porostu vlivem počasí, a tedy i množství biomasy (odumření, výrazné zazelenění apod.). Na každé zkusné ploše bylo odebráno pět vzorků biomasy. Každá dílčí ploška byla vyměřena pevným ocelovým rámečkem o rozměru  $0,5 \times 0,5$  m. V rámci těchto plošek byly nůžkami odstriženy veškeré živé nadzemní části bylin od výšky 2 cm od povrchu půdy, v případě mladých jedinců dřevin byly odstriženy všechny nově vytvořené letorosty i s listy. Nasbíraná biomasa byla dále uložena do označených papírových sáčků, jejichž kód označoval nejprve číslo zkusné plochy (čísla 1–40) a dále fixní pořadí vzorků (A–E). První vzorek byl odebrán jeden metr od geodetické značky nahoru (proti svahu), další čtyři vzorky pocházely z pět metrů od středu vzdálených plošek. První z nich byla umístěna vždy ve směru vzhůru proti svahu a další byly odměřeny po směru hodinových ručiček při pohledu proti svahu, a to na vrstevnici a na spádnici vzhledem ke středu kruhové plochy (Obrázek 5).



Obrázek 5. – Schéma odběrné plochy a označení plošek  $0,5 \times 0,5$  m: S – střed (geodetická značka); A–E – místa odběrů biomasy v rámci zkusné plochy.

### 3.2.2 Zpracování biomasy

Pytlíky s odebranou biomasou byly postupně ukládány na půdu rodinného domu, která zajišťovala velmi dobré podmínky pro předběžné proschnutí vzorků. Papírové pytlíky byly také ponechány otevřené, aby vzduch mohl přímo k odebraným rostlinným částem a nedocházelo k nežádoucímu zapaření a následnému rozvoji plísní apod. V polovině října byly vzorky přesušeny po dobu 8 hodin ve skříňové sušárně Venticell 404 (laboratoř Fakulty životního prostředí), abychom dosáhli nulové vlhkosti a mohli určit samotnou hmotnost biomasy.

Po úplném vychladnutí byly vzorky po malých skupinách vyjímány ze sušárny a po jednom v pytlících váženy na laboratorních předvážkách GT210 Galaxy OHAUS. Po každých deseti měřeních byly váhy vytárovány, aby se zamezilo chybám při měření. Následně bylo zváženo 20 prázdných papírových sáčků, abychom zjistili průměrnou váhu samotného sáčku. Aby bylo možné s naměřenými hodnotami dále pracovat, bylo nutné tuto hodnotu od všech měření pytlíků s biomasou odečíst jakožto táru. Množství pytlíků ke stanovení táry bylo zvoleno tak, abychom adekvátně zabránili systematické chybě v měření. Veškeré údaje byly zaznamenány v programu *Excel* (Microsoft Office 19).

Naměřené hodnoty hmotnosti odpovídaly plošné velikosti 0,5 m<sup>2</sup>. Hodnoty sušiny biomasy bylo nutné přepočítat na standardní plochu 1 m<sup>2</sup>, a tyto kvantitativní údaje posloužily k výpočtu souhrnných proměnných: průměrné hodnoty hmotnosti biomasy ( $\mu$ ), směrodatné odchylky ( $\sigma$ ) a koeficientu variability ( $cv$ ). Výpočty probíhaly dle následujících vzorců, kde  $n$  značí počet měření a  $x_i$  vybranou hodnotu měření (Hendl 2015):

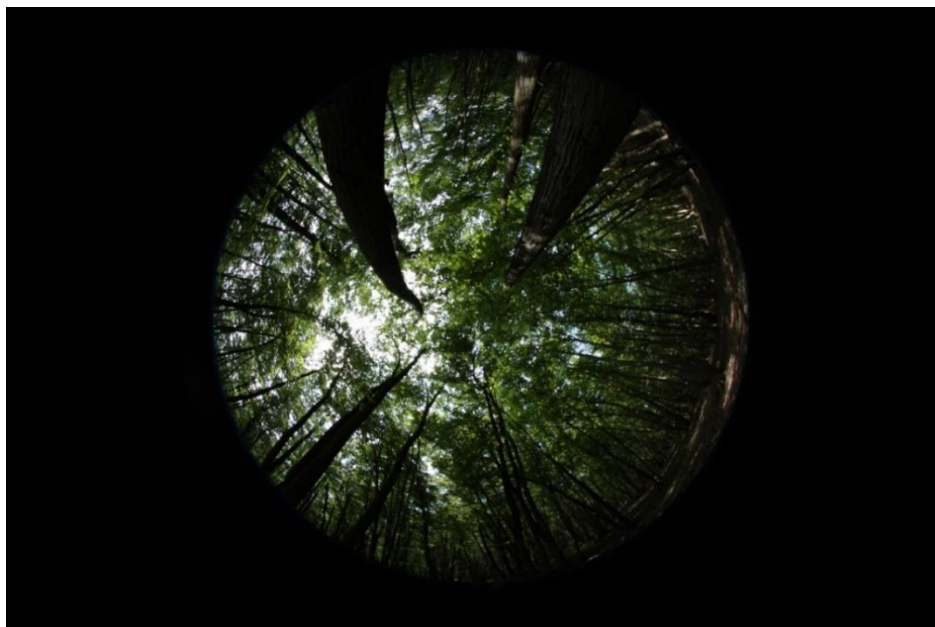
$$\mu = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \quad cv = \frac{\sigma}{\mu}$$

### 3.2.3 Pořízení hemisférických snímků korunového zápoje

Hemisférické fotky byly pořízeny pomocí digitálního zrcadlového fotoaparátu Canon EOS 1100 D s přídatným objektivem *Circular FishEYE Sigma DC HSM*. Objektiv typu rybí oko je využíván díky jeho obrazovému úhlu činícímu 180°, který umožňuje vhodně zachytit celé listoví nad zkusnou plochou. Před focením bylo nutné správně nastavit fotoaparát. Jako první bylo nutné nastavit prioritu clony, která umožňuje ovlivňovat hloubku ostrosti pořizované fotky. Čím menší je priorita clony, tím rozostřenější pozadí fotografie je (www1). Pro naše potřeby byla clona nastavena na hodnotu 8, která plně pokryla požadovanou ostrost snímku. Dále byla nastavena automatická hodnota světelné citlivosti snímků ISO. Takto nastavený

fotoaparát je schopen dopočítávat a vhodně volit časovou uzávěrku (www1). Aby fotky maximálně odpovídaly skutečnosti a nebyly příliš přesvětlené/podsvětlené, byl nastaven režim snímání *bracketting*. Tato funkce umožní, že fotky jdoucí po sobě budou mít odstupňované expozice a v rámci dalšího použití je možné vybrat tu nejvhodnější (fotografie na středu expozice, tmavší a světlejší fotografie) (www2). Dále bylo pro lepší výsledky práce fotoaparátu se světlem nutné nastavit metodu zaostřování (*Metering mode*) na *Centre-weighted average metering* neboli měření expozice bylo nastaveno na celoplošné měření, avšak se zdůrazněným středem (www3). Kvalita snímků byla ponechána na velikosti 6 megapixelů s finálním rozlišením  $4272 \times 2848$  pixelů.

Na každé zkusné ploše byl fotoaparát umístěn do jejího středu nad geodetickou značku. Na stativu byla nastavena výška fotoaparátu (přesněji výška vstupní čočky objektivu) na 1,3 m (tzv. prsní výška). Osa fotoaparátu byla s použitím klasické buzoly nastavena tak, aby výsledná fotografie měla svůj vrchol směřující na sever (tj. v praxi tak, že libela umístěná v sáňkách pro blesk míří přesně k severu). Pomocí libely byla pozice fotoaparátu navíc vycentrována do vodorovné polohy objektivu (tj. přesně svislá osa objektivu). Nakonec bylo nastaveno ostření objektivu páčkou na objektivu na manuální režim (*MF*) a zaostřeno bylo na téměř nekonečno (tak, aby hladina ostrosti odpovídala úrovni hlavního korunového zápoje, což činí asi 8 metrů). Příklad primární barevné fotografie je na obrázku 6.



Obrázek 6. – Fotografie hemisféry z plochy č. 22 před úpravami (orig. Nečasová 2018).

### 3.2.4 Zpracování fotografií

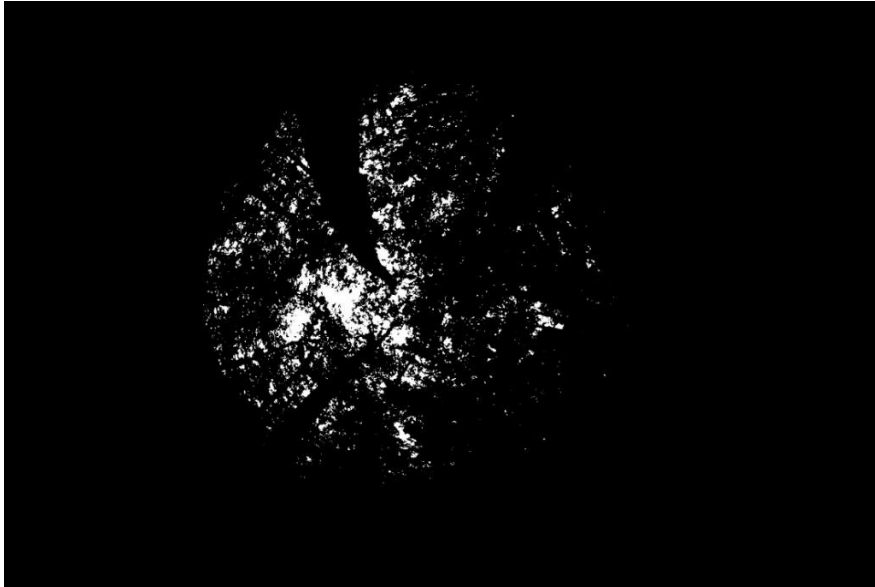
Jelikož na každé ploše byla pořízena série tří fotografií, které díky funkci *bracketting* měly odlišné expozice, bylo nutné nejprve vybrat jedinou fotografii na každou kruhovou plochu tak, aby bez nadměrného zkreslení vlivem pře- či podexponování zaznamenávala reálný stav zápoje.

Druhým krokem bylo převést vybrané fotografie do černobílého módu. Pro tyto účely byl využit volně dostupný počítačový software *Gimp 2.1* (Hammel 1999). U každé fotky jsem postupovala podle následujícího postupu: nejprve jsem vybranou fotografii hemisféry v programu duplikovala pomocí záložky **Vrstvy**. Díky přepínání viditelnosti mezi vrstvami bylo možné porovnávat upravovanou fotografii s originálem.

Dále jsem pomocí záložky **Barvy** zvolila nastavení barevnosti *Hue/Saturation*. U každé fotografie byly potlačeny odstíny žluté a zelené barvy na minimum. Tím byly odstraněny nejvýraznější barvy v porostu. V záložce barvy jsem poté vybrala funkci **Prah** (*Threshold*) umožňující překlopení fotografie do černobílého formátu. Prahovou hodnotu lze volit automaticky či ručně. Mevald ve své práci (2016) z hlediska úspory času využíval spíše automatickou variantu. V mém případě však při porovnávání originálu s automatickým či ručním nastavením prahu lépe vystihovalo pokryv listoví ruční nastavení. Kontrolováno bylo především, zdali nedochází ve světlých místech (na rozhraní řídkého listoví a oblohy) k přílišnému zanikání korunového zápoje a zda osvětlené předměty jako kmeny se nejeví po přechodu do černobílého stavu jako součást oblohy. V případě, že k takovým jevům došlo, byly pomocí štětce ručně nesprávně zobrazované části přemalovány (zejména obarvení „falešné oblohy“ načerno). Výsledná černobílá fotografie je na obrázku 7.

Třetím krokem zpracování byla vlastní analýza světla z černobílého snímku. Fotografie byly zpracovány v softwaru *WinSCANOPY* (Regent Instruments 2012, placený software), který se osvědčil již v předchozích pracích stejného zaměření, kde bylo třeba zanalyzovat světelné podmínky s využitím hemisférických fotografií. V analýzách bývá hojně využíván též například program *Gap Light Analyzer* (freeware).

Prvním krokem byla samotná instalace softwaru a načtení hardwarového klíče, bez něhož není možné program používat. Následně jsem založila původní soubor, kde jsem načetla základní konfiguraci analýzy v příslušné položce hlavního menu **Misc** (*Load configuration* – soubor s příponou *cfg*). Jelikož světelné podmínky se mění společně s roční dobou a umístěním zkusných ploch, bylo nutné nastavit i například délku vegetační sezóny nebo časové pásmo. K tomu sloužila položka v hlavním menu *Radiation* → *Radiation parameters*.



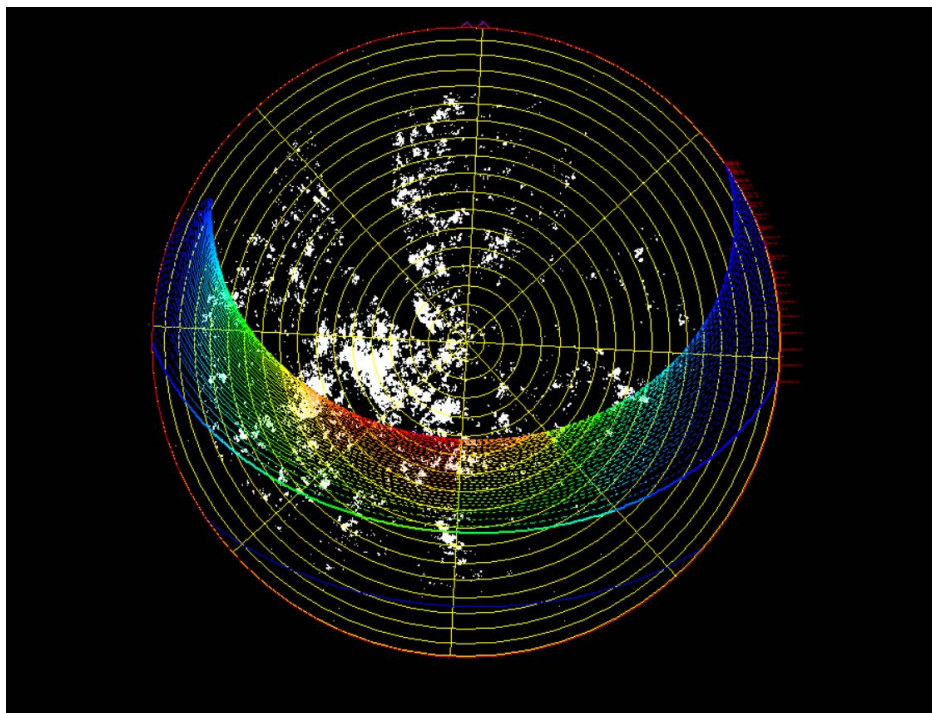
Obrázek 7. – Fotografie hemisféry plochy č. 22 po převedení do černobílého módu (orig. Nečasová 2018).

Jednotlivé černobílé fotografie jsem postupně nahrávala do programu pomocí ikony diskety. Pomocí ikonky velkého a malého „Z“ (zoom, vlevo dole v okně programu) jsem si vždy upravila velikost fotografie na celou obrazovku, jelikož se díky velkému rozlišeníjevilo v přiblížené formě. U každé fotografie jsme pravým kliknutím myši vyvolala dialogové okno *Identification* (obrázek 8), ve kterém jsem nastavila údaje typické pro danou fotografii. Postupně tak byly zadány hodnoty pro sklon a orientaci (*Slope* a *Aspect*) a nadmořskou výšku (*Altitude*), poté popisy plochy (položky *Photo #*, *Plot* a *Comments*) a jako poslední bylo vždy nutné vyplnit i přesnou geografickou polohu plochy, pro kterou je prováděna analýza (položky *Latitude* a *Longitude*). Pro zjednodušení byly u všech fotografií nastavovány stejné souřadnice – 49°56'33'' severní šířky a 14°06'33'' východní délky.

Identification	
Photo #	22
Memory card #	1
Acquisition Date	Time 8 : 30
Aperture 4.0 f-stop	Exposure time 1/ 60 s
Lens Focal Length	
Camera	
Modified	
Orientation 0.0 °	Height 1.3 m
Plot plocha_22	Altitude 332.0 m
Latitude 49 °	' ' " [=S]
Longitude 16 °	' ' " [=W]
Slope 19.00 °	Aspect 90.00 [=W]
Sky Sunny	Analyst Necasova
Comments Koda	
Settings...	Cancel OK

Obrázek 8. – Dialogové okno pro nastavení nezbytných popisných údajů pro analýzu konkrétní fotografie.

Potvrzením tlačítka OK v dialogovém okně byla fotografie zanalyzována a výsledky uloženy do výstupového souboru, který jsem zadala u první analyzované fotografie. Během analýzy jsem prováděla průběžné kontroly výstupového souboru, abych se ujistila, zda se všechny parametry ukládají ve správném formátu. Výstupní podobu fotografie lze vidět na obrázku číslo 9.



Obrázek 9. – Výstupní podoba analyzované fotografie plochy č. 22 v programu WinSCANOPY.

Jelikož formát výstupního souboru je nastaven jako prostý text (přípona *txt*), výsledky jsem přepokopírovala do tabulkového programu *Excel*, ve kterém jsem přenastavila oddělovače desetinných míst z „.“ (desetinná tečka) na „,“ (desetinná čárka). Stěžejní byla tato výměna především u hodnot, se kterými se dále pracovalo (*Gap fraction* – určující množství pixelů fotografie, klasifikovaných jako obloha, *Opennes* – procento otevřené oblohy na naší ploše). Současně bylo nutné kontrolovat, zda se hodnoty ukládají do tabulky jako prostý text či číslo. Pokud by kopírované údaje zůstaly v textovém formátu, nebylo by možné je dále používat pro výpočet proměnných a ani by nemohly být posuzovány ve statistickém programu R.

### 3.2.5 Využití a zpracování fytoecnologických snímků

Jelikož tato práce poslouží jako primární studie pro další experimenty s obnovou pařezení na pokusných plochách v rezervaci Koda, zařadili jsme mezi proměnné i údaje týkající se druhové bohatosti a početnosti. K tomu nám posloužily již zpracované fytoecnologické snímky z diplomové práce Marka Mejstříka (Mejstřík 2018). Má práce se zabývá skladbou bylinného



patra v trvalých kruhových plochách, avšak data z fytoocenologických snímků zahrnovala všechna vegetační patra (tj. bylinné, keřové a stromové patro). Z tohoto důvodu bylo nutné nejprve odstranit z dat keřové a stromové patro s tím, že kromě potřebných údajů pro bylinné patro vypočítáme stejné údaje i pro juvenilní jedince dřevin.

K úpravě dat z fytoocenologických snímků jsem použila volně dostupný počítačový software Juice 7 (Tichý 2002). Přes menu *File* → *Open* jsem otevřela fytoocenologickou tabulku s údaji ze všech kruhových ploch (primární data M. Mejstříka, viz Mejstřík 2018). Tabulka obsahuje standardní vegetační snímky, s identifikací jednotlivých druhů a s kvantitativními údaji jejich pokryvností, zaznamenané v sedmičlenné kombinované stupnici abundance dle Braun-Blanqueta. Abych mohla vypočítat požadované hodnoty pro bylinné, juvenilní a keřové jedince, bylo nutné zprvu oddělit druhy dle etážového členění. Zvolením záložky *Sorting* → *Sort Species by Species Data (Layer, EIV. Etc)* se zobrazilo dialogové okno *Species Data Sorting Parameters*, ve kterém jsem nastavila sestupné seřazení druhů dle vegetačních pater. Pomocí panelů nástrojů jsme obarvila vždy stejnou barvou druhy patřící k danému vegetačnímu stupni. Abych získala jen hodnoty k požadovanému patru vegetace, stačilo v záložce *Species* → *Delete* zvolit příslušnou barvu a druhy označené touto barvou byly ze seznamu vymazány. Tím jsem získala data pro další výpočty, která jsem uložila volbou menu *File* → *Save* do separátních souborů.

Prvním údajem, který jsem potřebovala k analýzám spočítat, byla početnost druhů na jednotlivých plochách v rámci zvolené etáže. Po nahrání příslušného souboru odpovídajícímu vegetačnímu stupni jsem nejprve odstranila barevné označení druhů zvolením záložky *Species* → *Remove species colour* → *ALL*. Údaje o počtu druhů v jednotlivých snímcích (plochách) jsem získala tak, že v záložce *Store Values to Short Headers* jsem zvolila *Number of BLACK Species* a program vypsal již vypočítané hodnoty do hlavičky sloupců hned pod označením jednotlivých snímků. Následně jsem data exportovala přes záložku *File* → *Export* → *Export Short Headers*. Z nabízených formátů souborů jsem vybrala soubor s koncovkou *csv*, který je snadno importovatelný do programu *Excel*.

Druhým důležitým údajem je Shannon–Wienerův index diverzity (SWI), vypovídající též o kvantitativních poměrech v druhové bohatosti. Jelikož byl tento software naprogramován cíleně pro standardní fytoocenologické potřeby, pro zjištění SWI stačilo v záložce *Head* zvolit možnost *Store Values to Short Headers* → *Diversity Indices* → *Shannon–Wiener Index*.

Hodnoty SWI se zobrazily stejně jako početnosti druhů v hlavičce pod označením plochy. Díky tomu bylo možné exportovat tato data stejným způsobem opět do *csv* souboru.

### 3.2.6 Tepelný index

Dalším aspektem, který bylo nutné zohlednit je tepelný index plochy (*HeatLoad*), vysvětlující tepelný požitek na stanovišti. Zatímco potenciální přímé dopadající záření je symetricky rozloženo podél severojižní osy, tepelný požitek má osu symetrie posunutou na jihozápad. Svah, na který bude svítit slunce odpoledne, bude mít vyšší teploty než symetrický svah (vzhledem k severojižní ose) s dopoledním sluncem (McCune a Keon 2002). Při následujících výpočtech jsem vycházela ze vzorců publikovaných v metodologické studii zaměřené na nepřímý odhad sluneční energie dopadající na zemský povrch v závislosti na topografii lokality (McCune a Keon *ibid.*). Aby bylo tepelné záření aproximováno, převedla jsme nejstudenější expozice ze severu severovýchodně (*Folded Aspect*). Všechny naměřené expozice (*Aspect*) byly poté převedeny dle následujícího vzorce:

$$\text{Folded Aspect} = | 180 - | \text{aspect} - 225 | |$$

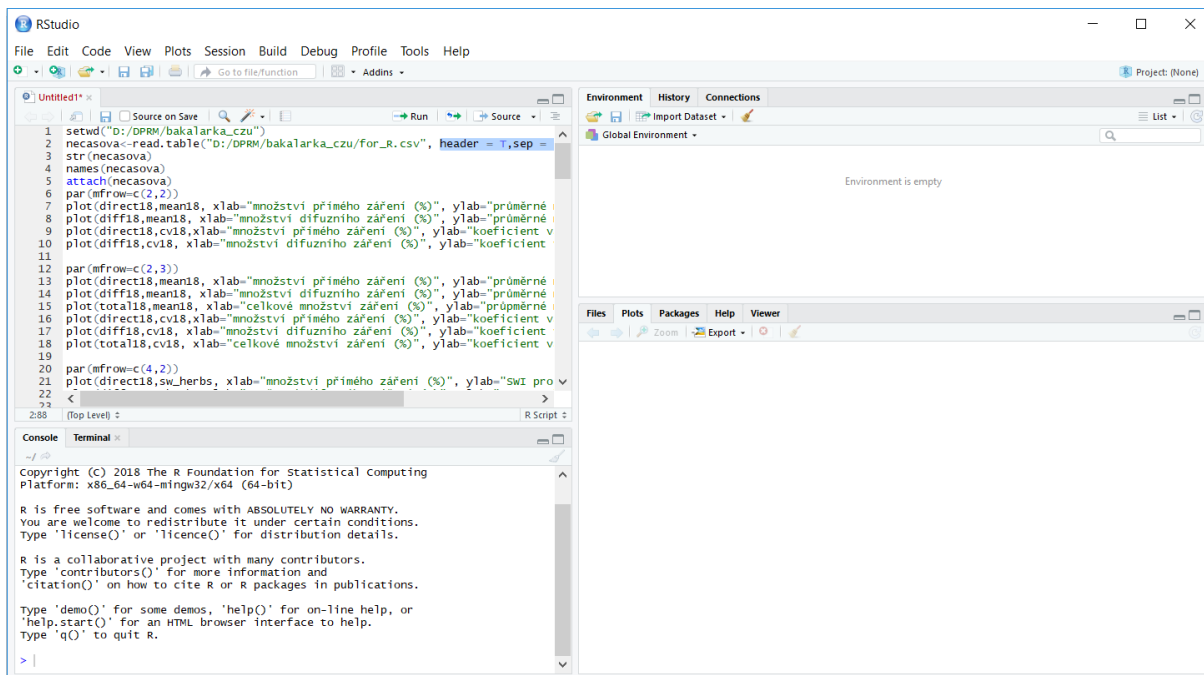
Takto přepočítané expozice byly následně převedeny ze stupňů na radiány. Společně se sklonem (*Slope*) a zeměpisnou souřadnicí pro severní šířku (*Latitude*) jsem je dosadila do vzorce pro výpočet tepelného indexu. Celkem byly v citované studii uvedeny tři vzorce, které zohledňují pozici ploch z hlediska zeměpisné šířky a sklonu svahu. Vzorec pro výpočet tepelného indexu optimalizovaný na naše geografické podmínky vypadá následovně:

$$\begin{aligned} \text{Heat load index} = & 0,339 + 0,808 * \text{COS}(\text{Latitude}) * \text{COS}(\text{Slope}) \\ & - 0,196 * \text{SIN}(\text{Latitude}) * \text{SIN}(\text{Slope}) \\ & - 0,482 * \text{COS}(\text{Folded Aspect}) * \text{SIN}(\text{Slope}) \end{aligned}$$

Pro zjednodušení jsem hodnoty počítala pomocí tabulkového programu *Excel* a uložila je ve formátech *.txt* a *.csv*.

## 3.3 Statistické vyhodnocení dat

V první řadě bylo nutné sloučit veškeré tabulkové výstupy. Jako nejvhodnější program k vyhodnocení statistických dat byl vybrán volně dostupný počítačový software *R*. Pro zjednodušení práce jsem následně nainstalovala i doplňkové rozhraní *RStudio*, které nabízí uživatelsky příjemnější prostředí než samotný program *R*, a to zejména tím, že umožňuje úpravu již předepsaných kódů. Po spuštění programu je dialogové okno rozděleno do čtyř sektorů viz obrázek 10.



Obrázek 10. – Zobrazení dialogového okna programu RStudio.

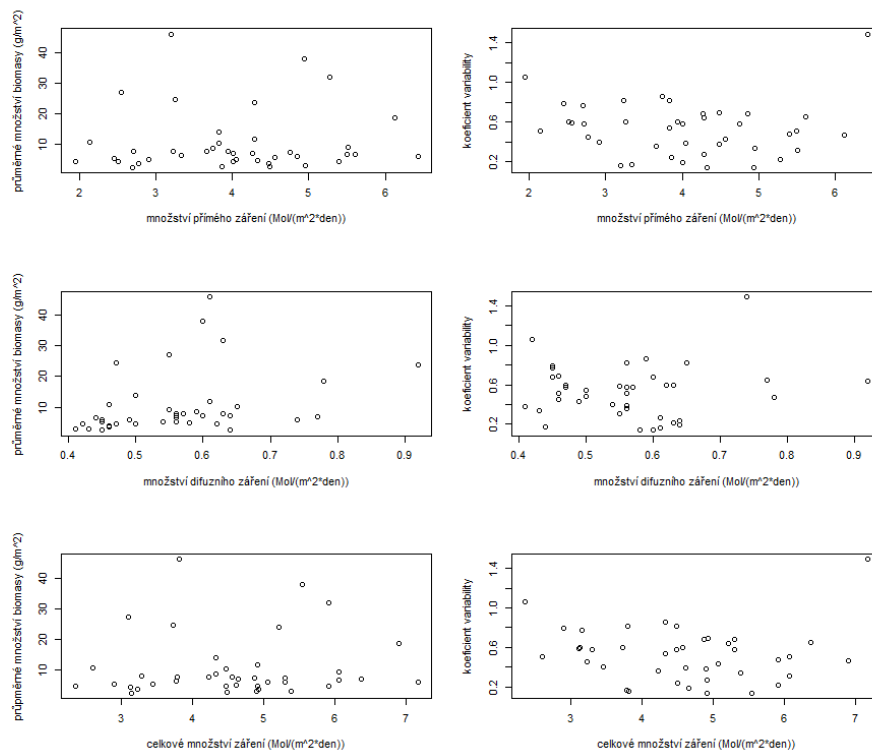
Dále jsem pracovala v okně příkazového řádku, kde jsem nejprve příkazem `setwd("umístění souborů")` načetla vstupní adresář s uživatelskými daty a následně zadáním `Koda_forest<-read.table("umístění souboru", header = T, sep = ";", dec = ",")` tabulku s primárními daty, se kterou budu dále pracovat. Jelikož program pracuje s anglickou číselnou interpunkcí, argumentem `dec = ","` jsem navolila čárky jako oddělovače pro desetinná čísla a argument `sep = ";"` definoval znak středníku použitý jako oddělovač jednotlivých sloupců tabulky. Pro plné ukotvení tabulky do pracovní paměti programu jsem využila příkaz `attach` a zadáním jména tabulky jsem následně zkontrolovala, jestli se tabulka načetla do programu celá. Před samotnou analýzou jsem si udělala zjednodušené grafické zobrazení korelací jednotlivých proměnných. Tím jsem si udělala představu o tom, jestli mezi nimi existuje nějaká souvztažnost či nikoliv. Aby se grafy nezobrazovaly jednotlivě a mohla jsem je mezi sebou porovnat, příkazem `par(mfrow=c(3,2))` jsem zvolila počet grafů zobrazovaných ve výstupu, tedy celkem šest grafů ve třech řádcích a dvou sloupcích. Následně jsem příkazem `plot(nezávislá, závislá)` definovala, které proměnné budou na jednotlivých grafech vykresleny. Parametry jsem volila vždy v pořadí nezávislá a závislá proměnná. Přesný postup s příkladem grafického výsledku je zobrazen na obrázku 11 respektive 12.

```

1 setwd("D:/DPRM/bakalarka_czu")
2 necasova<-read.table("D:/DPRM/bakalarka_czu/for_R.csv", header = T,sep = ";",dec = ",")
3 attach(necasova)
4 necasova
5 par(mfrow=c(2,3))
6 plot(direct18,mean18, xlab="množství přímého záření (%)", ylab="průměrné množství biomasy (g/m^2)")
7 plot(diff18,mean18, xlab="množství difuzního záření (%)", ylab="průměrné množství biomasy (g/m^2)")
8 plot(total18,mean18, xlab="celkové množství záření (%)", ylab="průměrné množství biomasy (g/m^2)")
9 plot(direct18,cv18, xlab="množství přímého záření (%)", ylab="koeficient variability")
10 plot(diff18,cv18, xlab="množství difuzního záření (%)", ylab="koeficient variability")
11 plot(total18,cv18, xlab="celkové množství záření (%)", ylab="koeficient variability")

```

Obrázek 11. – Zobrazení přesného postupu v programu R: načtení souboru, zobrazení korelací.



Graf 2. – Grafický výstup korelací mezi proměnnými v programu RStudio.

Pro vyhodnocení dat jsem použila marginální model regresní analýzy s korelací. Tato statistická metoda umožňuje odhadnout hodnotu parametru na základě maximální věrohodnosti výsledku funkce mezi proměnnými, se zohledněním autokorelačních vztahů mezi pozorovanými proměnnými (Pekár a Brabec 2012). Příkazem *library(nlme)* jsem nejprve načetla do programu R požadovanou knihovnu *nlme* (Pinheiro et al. 2017). Následně jsem definovala pomocí příslušné funkce *gls* příkaz pro výpočet marginálního regresního modelu:

$$modell <- gls(závislá \sim proměnná, corr = corExp(form = \sim xcoord + ycoord))$$

Zde jako první vystupuje objekt pro ukládání výsledků (*modell*), dále použitý model *gls*, dvojice analyzovaných proměnných, semivariogram pro korektní odhad prostorové autokorelace proměnných pomocí exponenciální funkce (*corExp*) a nakonec hodnoty „pevného efektu“, kterými byly souřadnice středů pokusných ploch v porostu (*xcoord* a *ycoord*).

Postupně jsem tak analyzovala všechny možné kombinace proměnných. Následně jsem podrobila vzniklý objekt jednofaktorové analýze rozptylu (ANOVA) příkazem *anova(modell)*, v jejíž závorce byl vždy aktuální objekt s výsledkem marginálního regresního modelu. Abych zjistila, jaký podíl variability závislé proměnné model vysvětluje, následoval ještě výpočet odhadující tradiční koeficient determinace ( $R^2$ ) podle vzorce (Lepš a Šmilauer 2016):

$$\text{cor}(\text{predict}(\text{modell}), \text{Koda\_forest}\$mean18)^2$$

Směr závislosti proměnných byl zjištěn pomocí příkazu *summary(modell)*. Tímto příkazem se zobrazí v dialogovém okně přehled výsledných koeficientů včetně signifikance. Pokud se tedy závislost jevila jako kladná, tak i příslušný regresní koeficient byl kladný a naopak. Tento postup jsem aplikovala na všechny možné kombinace proměnných. Pro ty modely, které se navíc jevily jako signifikantní (na hladině  $\alpha < 0,01$ ), jsem nakonec příkazem *plot(Koda\_forest\$mean18~predict(modell))* vytvořila grafy s konkrétním výsledkem pro daný statistický model.

## 4. VÝSLEDKY

V rámci této práce jsem pracovala s poměrně různorodou škálou proměnných. Jejich označení a význam jsou pro větší přehlednost popsány v tabulce č. 1.

*Tabulka 1. – Význam označení proměnných používaných v analýze.*

Označení	Závislá (Z) Nezávislá (N)	Jednotka	Význam
<b>Mean</b>	Z	g/m <sup>2</sup>	Průměrná hmotnost biomasy na jednotlivých plochách
<b>CV</b>	Z	%	Koeficient variability produkce biomasy na jednotlivých plochách
<b>GapFract</b>	N	%	Procento pixelů fotografie klasifikovaných jako obloha
<b>Openness</b>	N	%	Procentuální vyjádření otevřené oblohy
<b>Direct</b>	N	Mol/m <sup>2</sup> *den	Množství přímého záření
<b>Diffuse</b>	N	Mol/m <sup>2</sup> *den	Množství difúzního záření
<b>Total</b>	N	Mol/m <sup>2</sup> *den	Celkové množství záření (součet přímého a difúzního záření)
<b>Relative</b>	N	%	Relativní ozářenost plochy (procentuální vyjádření poměru dopadajícího záření pod porostem vůči záření nad porostem)
<b>HeatLoad</b>	N	–	Tepelný index plochy
<b>nr_herbs</b>	N	počet	Počet druhů bylinného patra
<b>nr_juvenil</b>	N	počet	Počet druhů juvenilního stupně vegetace
<b>SW_herbs</b>	N	–	Shannon–Wienerův index druhové bohatosti pro bylinné patro
<b>SW_juvenil</b>	N	–	Shannon–Wienerův index druhové bohatosti pro juvenilní dřeviny

Základní přehled o rozsahu, jehož jednotlivé proměnné nabývaly, je podán v souhrnné tabulce (viz tabulka č. 2).

Tabulka 2. – Přehled rozsahů hodnot sledovaných proměnných.

Proměnná	Jednotka	Minimum	Maximum	Průměrná hodnota
<b>Mean</b>	g/m <sup>2</sup>	2,42	46,10	10,53
<b>CV</b>	%	0,14	1,49	0,53
<b>GapFract</b>	%	4,73	9,31	6,65
<b>Openness</b>	%	4,75	9,41	6,67
<b>Direct</b>	Mol/m <sup>2</sup> *den	1,95	6,43	4,06
<b>Diffuse</b>	Mol/m <sup>2</sup> *den	0,41	0,92	0,56
<b>Total</b>	Mol/m <sup>2</sup> *den	2,36	7,17	4,62
<b>Relative</b>	%	5,40	16,3	10,54
<b>HeatLoad</b>	–	0,64	0,81	0,72
<b>nr_herbs</b>	počet	14	27	22
<b>nr_juvenil</b>	počet	5	15	9
<b>SW_herbs</b>	–	2,072	3,217	2,926
<b>SW_juvenil</b>	–	1,494	2,668	2,105

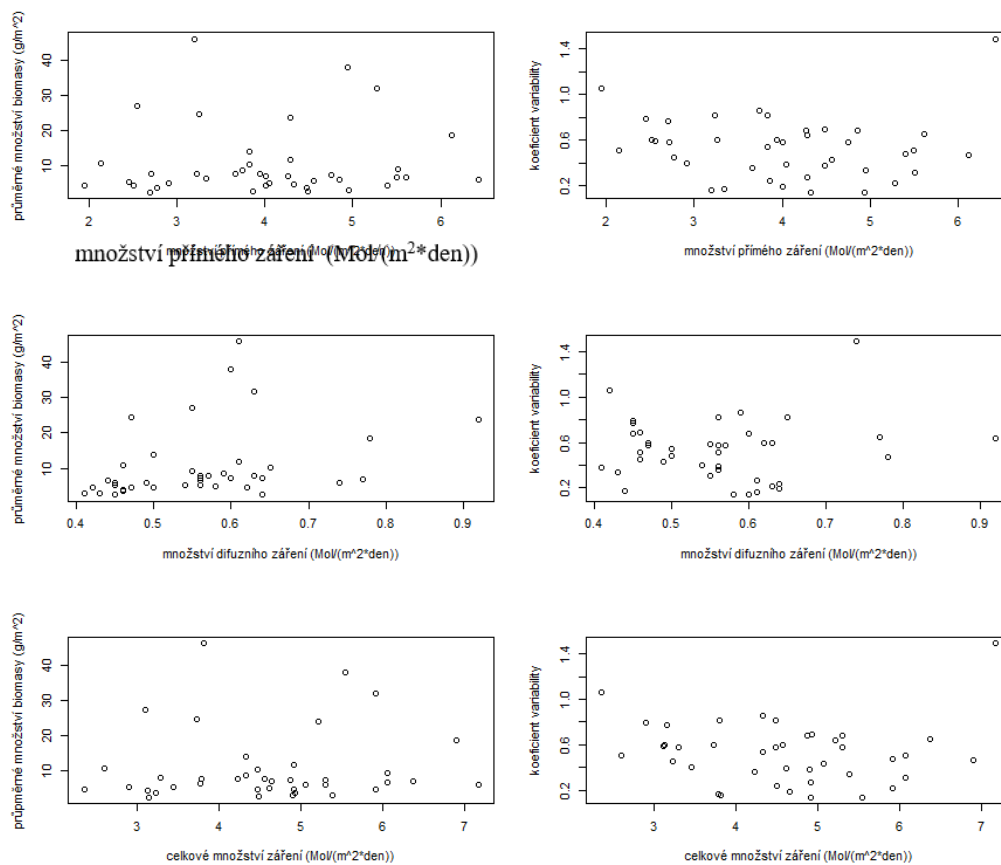
### 3.4 Vliv světelných podmínek na produkci biomasy

První položená hypotéza ověřovala, zda zvýšené množství světla do bylinného patra může vést k větší tvorbě biomasy. V rámci této hypotézy byla hledána souvislost mezi nepřímo změřenými intenzitami záření s daty o množství vyprodukované nadzemní biomasy druhů v bylinném patře.

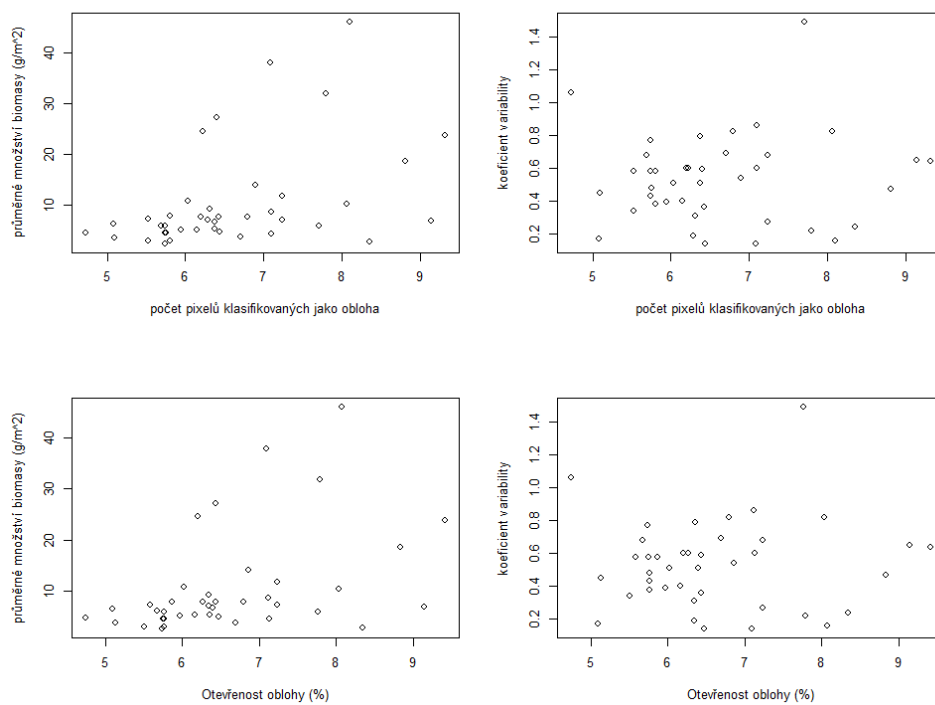
V programu *R* jsem nejprve provedla exploratorní (předběžnou) analýzu, abych zjistila, jestli mezi proměnnými existují nějaké souvztažnosti. Pro toto srovnání jsem použila jednoduchou korelační analýzu závislých, kde jako nezávislé proměnné vystupovaly data o množství záření (přímé, difúzní a celkové záření) a jako závislé hmotnost biomasy a její koeficient variability (Graf 2).

Zároveň bylo zjišťováno, jestli existuje nějaká souvztažnost mezi zmíněnými závislými a korunovým zápojem (*Openness*, *GapFract*) (Graf 3).

Zatímco na grafech 2 nelze vidět jednoznačné trendy, na grafech 3 již ano. I přesto, že v datech je poměrně velká míra rozptylu, lze vidět trend rostoucího množství biomasy s otevřeností oblohy. Abych tyto vztahy dokázala, přistoupila jsem na podrobnější regresní analýzu.



Graf 3. – Grafické znázornění souvztahnosti záření a množství biomasy, respektive koeficientu variability v produktivitě biomasy.



Graf 4. – Znázornění závislosti množství biomasy a koeficientu variability v produktivitě biomasy na parametrech korunového zápoje.



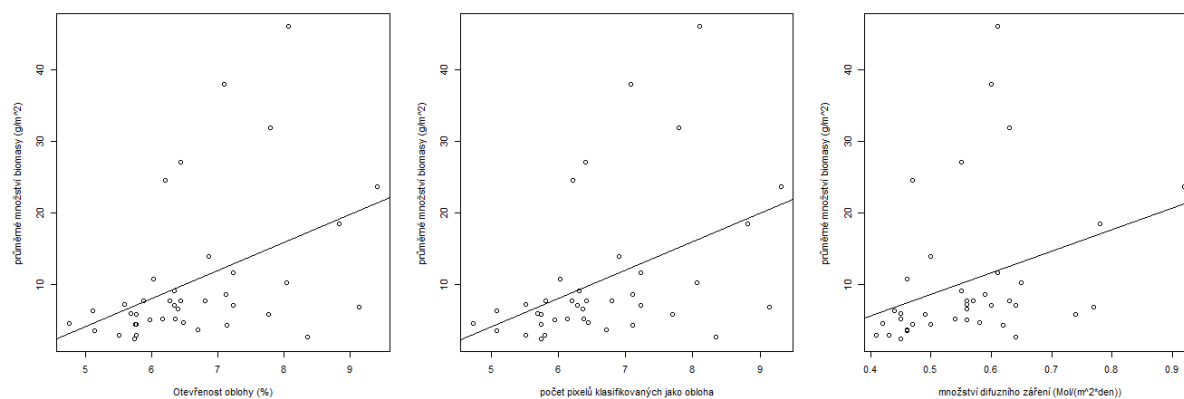
Do regresní analýzy jsem nejprve zahrнула celkové a relativní množství záření (*Total + Relative*), následně i přímou a difúzní složku světla (proměnné *Direct, Diffuse*). Následně i hodnoty týkající se otevřenosti korunového zápoje (proměnné *Openness a Gapfract*) a nakonec i tepelný index plochy (proměnná *Heatload*). Výsledky regresních analýz jsou zobrazeny v tabulce 3. Zatímco koeficient variability v produktivitě biomasy vyšel statisticky neprůkazně závislý na zmíněných nezávislých proměnných, signifikantní závislost množství biomasy lze pozorovat u obou parametrů pro otevřenost korunového zápoje (*Openness a Gapfract*) a také na množství difúzního záření (proměnná *Diff18*).

V případech, kdy se potvrdil průkazný vztah mezi proměnnými, byl aproximativním výpočtem (Lepš a Šmilauer 2016) odvozen podíl variability závislé proměnné daným modelem – tento výpočet můžeme považovat za nekorigovaný odhad koeficientu determinace ( $R^2$ ) (vzhledem k počtu stupňů volnosti). Ani u jednoho signifikantního vztahu neměl odhad koeficientu determinace klesající hodnotu.

*Tabulka 3. – Výsledky regresní analýzy pro jednotlivé dvojice proměnných. U signifikantních výsledků je hodnota označena červeně. Zkratka NS označuje nesignifikantní vztah a znak „–“ skutečnost, že hodnota nebyla počítána.*

Závislá proměnná	Nezávislá proměnná	Signifikance (p-hodnota)	R2 (%)
<b>MEAN</b>	<i>Openness</i>	<i>0,041</i>	<i>18,4</i>
	<i>Gapfract</i>	<i>0,041</i>	<i>18,7</i>
	direct18	NS	–
	<i>diff18</i>	<i>0,057</i>	<i>10,6</i>
	total18	NS	–
	Relative	NS	–
	Heatload	NS	–
<b>CV</b>	Openness	NS	–
	Gapfract	NS	–
	direct18	NS	–
	diff18	NS	–
	total18	NS	–
	Relative	NS	–
	Heatload	NS	–

Pro ty dvojice, jejichž korelace se ukázala jako signifikantní (p-hodnota byla menší než 0,1), jsem v programu R vytvořila ještě jedno grafické vyjádření. Jelikož na první pohled zde byl vidět jistý lineární trend, vyobrazení jsem doplnila o spojnice trendu (viz Graf č. 4).



Graf 5. – Grafické zobrazení dvojic proměnných, mezi kterými byla zjištěna signifikance.

### 3.5 Vliv světelných podmínek na lokální biodiverzitu

V rámci druhé hypotézy jsem ověřovala, zda zvýšené množství světla dopadajícího do bylinného patra může vést k větší lokální biodiverzitě. Stejně tak jako u předchozí kapitoly, nejprve jsem si sestavila v programu R grafické zobrazení možné korelace mezi světelnými hodnotami a biodiverzitou. V tomto případě jako nezávislé proměnné vystupovala data o množství záření (přímé, difúzní a celkové záření) a jako závislé počty druhů bylinného a keřového patra a v neposlední řadě Shannon–Wienerův index diverzity zvlášť pro každé patro. Ani jeden vztah se však nejevil jako signifikantní (výsledky nejsou prezentovány).

Podle mnoha prací se však alfa–diverzita mezi stanovišti výrazně mění pod vlivem vnějších podmínek radiace. Tudíž jsem svou první metodu vyhodnotila jako neefektivní a následovala postup v práci Mevalda (2018), který prokázal závislost alfa–diverzity na prostorové heterogenitě pomocí koeficientu variability v produktivitě biomasy (*CV*). Avšak ani při tomto postupu se statisticky významnou signifikanci nepodařilo v porostech lokality Za Lípou prokázat (viz tabulka 4).

Obdobně jsem se pokusila vysvětlit druhovou bohatost dalšími nezávislými proměnnými. Jako závislá proměnná vystupovala nejprve data týkající se počtu druhů (tabulka 5) a poté data o druhové bohatosti (tabulka 6). V obou případech jsem za nezávislé postupně doplnila všechny údaje o vyhodnocených intenzitách záření (proměnné *Direct*, *Diffuse*, *Total* a *Relative*) a

otevřenosti korunového zápoje (*Gapfract*, *Openness*), nakonec i tepelný index plochy (*Heatload*).

Tabulka 4. – Výsledky regresní analýzy pro korelaci druhové bohatosti a počtu druhů podle koeficientu variability v produktivitě biomasy.

Závislá proměnná	Nezávislá proměnná	Signifikance	R <sup>2</sup> (%)
Sw_herbs	Cv18	NS (0,61)	–
Sw_juv	Cv18	NS (0,63)	–
Nr_herbs	Cv18	NS (0,50)	–
Nr_juv	Cv18	NS (0,49)	–

V souvislosti s hodnotou Shannon–Wienerova indexu druhové bohatosti pro keřové patro nebyla prokázána žádná signifikantní závislost. V případě hodnoty Shannon–Wienerova indexu pro juvenilní stádia dřevin, jako jediná nezávislá proměnná s významnější korelací se jevil tepelný index plochy s odhadnutou hodnotou koeficientu determinace 9,5 %.

Tabulka 5. – Výsledky modelů regresní analýzy pro jednotlivé dvojice proměnných se zahrnutím pevného efektu prostorové pozice pokusných ploch v NPR Koda. Výsledky vycházející signifikantně jsou zvýrazněny červeně. Zkratka NS označuje nesignifikantní vztah a znak „–“ skutečnost, že hodnota nebyla počítána.

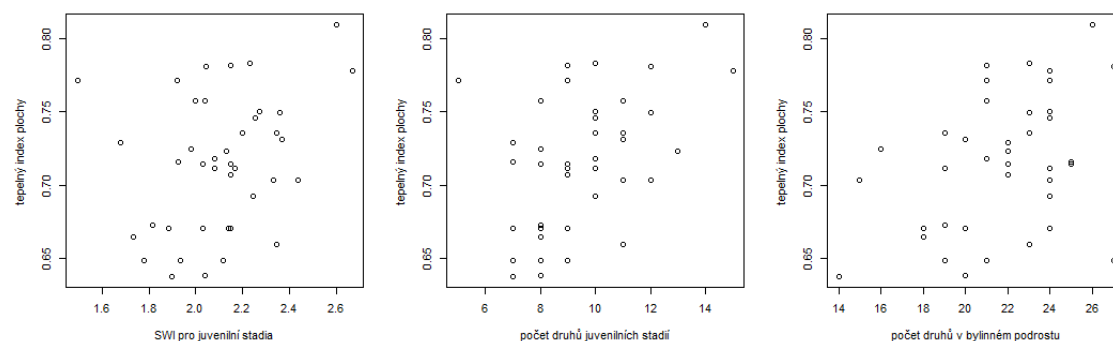
Závislá proměnná	Nezávislá proměnná	Signifikance	R <sup>2</sup> (%)
SW_herbs	Gapfract	NS (0,44)	–
	Openness	NS (0,42)	–
	Direct	NS (0,34)	–
	Diffuse	NS (0,43)	–
	Total	NS (0,40)	–
	Relative	NS (0,41)	–
	Heatload	NS (0,21)	–
SW_juv	Gapfract	NS (0,19)	–
	Openness	NS (0,18)	–
	Direct	NS (0,30)	–
	Diffuse	NS (0,13)	–
	Total	NS (0,26)	–
	Relative	NS (0,26)	–
	Heatload	0,052	9,5 %

Stejným způsobem jsem posoudila data o početnosti druhů na jednotlivých plochách. Z tabulky 6 je zřejmé, že jedinou proměnnou, vysvětlující počet druhů jak v patře juvenilních jedinců (odhad  $R^2 = 20,0\%$ ), tak druhů bylin (odhad  $R^2 = 15,2\%$ ), je tepelný index plochy.

Tabulka 6. – Výsledky modelů regresní analýzy pro jednotlivé dvojice proměnných se zahrnutím pevného efektu prostorové pozice pokusných ploch v NPR Koda. Výsledky vycházející signifikantně jakou zvýrazněny červeně. Zkratka NS označuje nesignifikantní vztah a znak „–“ skutečnost, že hodnota nebyla počítána.

Závislá proměnná	Nezávislá proměnná	Signifikance	$R^2$ (%)
<b>nr_herbs</b>	Gapfract	NS (0,54)	NA
	Openness	NS (0,54)	NA
	Direct	NS (0,35)	NA
	Diffuse	NS (0,46)	NA
	Total	NS (0,34)	NA
	Relative	NS (0,36)	NA
	<b>Heatload</b>	<b>0,036</b>	<b>15,2 %</b>
<b>nr_juv</b>	Gapfract	NS (0,32)	NA
	Openness	NS (0,31)	NA
	Direct	NS (0,16)	NA
	Diffuse	NS (0,25)	NA
	Total	NS (0,14)	NA
	Relative	NS (0,13)	NA
	<b>Heatload</b>	<b>0,012</b>	<b>20,0 %</b>

Pro ty dvojice, jejichž korelace vyšla signifikantní, jsem v programu R vytvořila grafické znázornění (graf 6).



Graf 6. – Grafické znázornění souvztažnosti mezi dvojicemi proměnných, které při regresní analýze sejevily jako signifikantně závislé.

### 3.6 Porovnání výsledků s obdobnou prací probíhající v přírodní rezervaci Na Voskopě

V současné době na lokalitě Na Voskopě probíhá již pátý rok experimentálního výzkumu, přičemž zde bylo provedeno smýcení prvního pásu lesa v roce 2015. Na rozdíl od lokality Za Lípou, výzkumná lokalita Na Voskopě se rozprostírá na západním svahu, který je pokryt převážně teplomilným lesem s převahou dubů. V následující kapitole bych chtěla srovnat výsledky pokusů Na Voskopě s výsledky této práce.

První rozdíly jsou zřetelné již při pohledu na rozsahy měřených proměnných (viz tabulka 7). Zatímco první roky (2014 Na Voskopě a 2018 Za Lípou) jsou, co do množství světla srovnatelné, naměřené světelné podmínky v dalších letech pro lokalitu Na Voskopě značně vzrostly. To je dáno zvětšením příkonu na některé z pokusných ploch, které byly v rámci prvního pokusného lesního pásu zmlazeny. Poněkud opačný trend má největší množství nasbírané biomasy, které na začátku pokusů byl Na Voskopě téměř dvakrát větší.

Nicméně, pro posouzení celkové situace je zcela jistě lepší uvažovat průměrné hodnoty.

Tabulka 7. – Přehled rozsahů hodnot naměřených proměnných v lokalitách Za Lípou a Na Voskopě.

	Za Lípou		Na Voskopě							
	2018		2014		2015		2016		2017	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
<b>Cv</b>	0,14	1,49	0,156	1,208	0,218	1,079	0,12	1,29	0,12	1,20
<b>Mean</b>	2,42	46,10	2,58	60,18	2,12	33,45	3,30	28,42	3,60	30,11
<b>Direct</b>	1,95	6,43	0,62	4,17	2,68	37,52	2,36	35,52	3,67	36,09
<b>Diffuse</b>	0,41	0,92	0,14	0,58	0,43	4,89	0,58	4,76	0,52	4,72
<b>Total</b>	2,36	7,17	0,76	4,7	3,36	41,84	3,13	40,28	4,51	40,13

Při hledání vztahů mezi proměnnými, které by mohly vysvětlit vliv slunečního záření na produktivitu biomasy a lokální biodiverzitu byly v lokalitě Na Voskopě použity dvě různé metody. Zatímco regresní analýza v případech práce Mevalda (2016) a Špaleho (2017) pozbyvala prostorovou závislost rozmístění daných ploch, pozdější výzkumy již zahrnovaly vliv pevného efektu umístění jednotlivých ploch v prostoru. V úvahu byla tedy vzata prostorová autokorelace jednotlivých ploch v pravidelné síti pokusu. Navíc každá práce měla unikátní soubor proměnných, pro srovnání jsem tedy uvedla pouze ty, se kterými jsem sama pracovala.

Nicméně i přes rozdílný přístup dosahovaly práce obdobných výsledků. V případě vlivu záření na množství biomasy se kladně jevil aspekt korunového zápoje a množství difúzního záření. Oproti výsledkům z lokality Na Voskopě je to však jen zlomek proměnných, které by mohly vysvětlovat dynamiku produktivity biomasy (viz tabulka 8). Mimo korunový zápoj a difúzního záření, dle výsledků z roků 2014, 2016, biomasu ovlivňuje i přímé, celkové či relativní ozáření. Zcela nejlépe vliv záření na množství biomasy vysvětlují výsledky z roku 2017 (Dudová 2017), při kterých koeficient determinace vycházel vyšší než 63 %. Na druhou stranu práce Mevalda (Mevald 2018) neukazuje ani jednu proměnnou, která by vysvětlovala produktivitu biomasy, zato pro koeficient variability ano. Hned několik jich vysvětluje práce z roku 2018, kdy byl použit pevný efekt. Avšak koeficient variability vysvětluje i práce z roku 2016, kdy tento efekt ještě nebyl použit. Nicméně u ostatních prací z lokality Na Voskopě, a též v mé práci se koeficient variability nepodařilo vysvětlit světelnými podmínkami.

*Tabulka 8. – Přehled výsledků koeficientu determinace získaných regresní analýzou v lokalitách Za Lípou a Na Voskopě. V případě, že se vztah mezi proměnnými nejevil signifikantní, nebyl pro tuto dvojici počítán koeficient determinace. Takový případ je v tabulce označen „–“. V případě, že se pro danou dvojici nepočítala ani korelace je buňka označena „X“. Pokud byl zahrnut i pevný prostorový efekt je sloupec označen PE.*

Rok měření	závislá proměnná	Nezávislá proměnná	Za Lípou	Na Voskopě				
			2018 (PE)	2014	2014 (PE)	2015	2016 (PE)	2017 (PE)
Cítace práce				Mevald 2016	Mevald 2018	Mevald 2016	Dudová 2018	Dudová 2018
	<b>Mean</b>	Openness	18,4	17,8	–	–	X	X
		Gapfract	18,7	X	–	–	43,8	68,6
		Direct	–	9,7	–	–	43,7	65,4
		Diffuse	10,6	8,4	–	12,9	42,6	63,4
		Total	–	10,4	–	–	44,0	65,7
		Relative	–	X	–	–	44,2	67,6
		Heatload	–	X	X	–	X	X
	<b>CV</b>	Openness	–	7,4	9,91	–	X	–
		Gapfract	–	X	9,81	–	–	–
		Direct	–	–	–	–	–	–
		Diffuse	–	–	7,66	–	–	–
		Total	–	–	–	–	–	–
		Relative	–	X	–	–	–	–
		Heatload	–	X	X	X	X	X

Zatímco vlivu záření na biomasu Na Voskopě se věnovalo značné množství prací, vlivu světla na biodiverzitu se věnoval pouze Mevald (2018) a Špale (2017). Špale však nerozlišoval

diverzitu na jednotlivé složky. Naopak Mevald rozlišil bylinnou a juvenilní složku, ke kterým navíc přidal i keřovou skupinu. V následující tabulce jsou znázorněny výsledky pro druhovou bohatost pro položky, které byly hodnoceny v mé a Mevaldově práci (ibid.). Z ní je patrné, že až na tepelný požitok se vliv na druhovou diverzitu nepodařilo vysvětlit.

*Tabulka 9. – Přehled výsledků koeficientu determinace pro dvojice proměnných získaných regresní analýzou v lokalitách Za Lípou a Na Voskopě. V případě, že se vztah mezi proměnnými nejevil signifikantní, nebyl pro tuto dvojici počítán koeficient determinace. Takový případ je v tabulce označen „–“. V případě, že se pro danou dvojici nepočítala ani korelace je buňka označena „X“. Pokud byl zahrnut i pevný prostorový efekt je sloupec označen „PE“.*

závislá proměnná	Nezávislá proměnná	Za Lípou 2018 (PE)	Na Voskopě 2014 (PE) Mevald 2018
<b>SW_herbs</b>	Openness	–	–
	Gapfract	–	–
	Direct	–	–
	Diffuse	–	–
	Total	–	–
	Relative	–	–
	Heatload	–	X
<b>SW_juv</b>	Openness	–	–
	Gapfract	–	–
	Direct	–	–
	Diffuse	–	–
	Total	–	–
	Relative	–	–
	Heatload	9,5	X

závislá proměnná	Nezávislá proměnná	Za Lípou 2018 (PE)	Na Voskopě 2014 (PE) Mevald 2018
<b>nr_herbs</b>	Openness	–	–
	Gapfract	–	–
	Direct	–	–
	Diffuse	–	–
	Total	–	–
	Relative	–	–
	Heatload	15,2	X
<b>nr_juv</b>	Openness	–	–
	Gapfract	–	–
	Direct	–	–
	Diffuse	–	–
	Total	–	–
	Relative	–	–
	Heatload	20,0	X

K poměrně vyšší hladině dosažené signifikance však dospěl ve své práci Špale (ibid.). Na rozdíl od mé a Mevaldovy práce (ibid.), nebyl však Špalem zahrnut do regresní analýzy pevný efekt rozmístění ploch. Druhovou bohatost (Shannon–Wienerův index) se podařilo vysvětlit otevřeností korunového zápoje (odhad  $R^2 = 21,3 \%$ ), množstvím přímého a rozptýleného světla (odhad  $R^2 = 12,4$  respektive  $20,8 \%$ ), ale i celkovým množstvím světla (odhad  $R^2 = 14,6$ ). Počet druhů však nebylo možno vysvětlit ani jednou ze závislých proměnných (Špale, ibid.).

## 4. DISKUZE

### 4.1 Vliv světla na produkci biomasy bylinného podrostu

Významný vztah produktivity biomasy k jednotlivým složkám záření byl prokázán pouze částečně. Jako signifikantní se v mé práci regresní analýzou podařil prokázat pouze vliv difúzního záření. Silnější vliv difúzní složky potvrzují i pravidelné odběry biomasy prováděné na lokalitě Na Voskopě v subxerothermní doubravě. Na rozdíl od mých výsledků, práce Špaleho (Špale 2017) potvrzuje vliv i přímého a celkového množství záření. V jeho případě navíc přímé a celkové záření vysvětlují dvojnásobně větší podíl variability závislé proměnné, než vysvětlují hodnoty difúzního záření. Práce Mevalda (Mevald 2016) prokázala rozptýlené záření jako zcela jedinou signifikantní proměnnou kontrolující růst bylinného patra. Jako příčinu svých výsledků uvádí extrémně vysoké teploty v průběhu roku 2015, ve kterém prováděl svůj výzkum. Výsledky tak mohly být ovlivněny defoliací korun, ke které došlo vlivem teplot (snímky korunového zápoje byly pořízeny koncem srpna 2015). Stejným způsobem mohly být ovlivněny i výsledky této práce. Na jednu stranu v roce 2018 zde nepanovaly až tak vysoké teploty jako tomu bylo v případě výzkumu Mevalda (ibid.), ale na druhou stranu teploty typické pro letní sezónu zde nastoupily již na začátku května. Pokud vezmeme v úvahu květnové meziroční teplotní rozdíly ve Středočeském kraji, teplota se oproti květnu roku 2014 zvýšila o 4,3°C. V průběhu odběrů a pořizování fotografií v roce 2018, tedy v druhé polovině června, mohla tak být podoba vegetace touto teplotou značně ovlivněna. Nicméně Mevaldův pozdější výzkum (Mevald 2018) zkoumající vliv světla na bylinné patro v širší oblasti Liteňska, prokázala signifikanci již i u přímého i celkového množství záření. Vztahem světelných podmínek na produkci podrostu na Voskopě ve vegetační sezóně 2017 se zabývala také Dudová (2018). Její výsledky prokázaly signifikanci nejen u přímého, difúzního i celkového množství světla, ale také u relativní ozářenosti. Jako příčinu vzrůstající signifikance vlivu světelných faktorů udává postupné prosvětlování porostů v podobě výchovných zásahů, které zde byly provedeny v roce 2015 a 2016. Pokusné plochy byly náhle vystaveny přímému světlu, čímž došlo ke změnám podrostitní vegetace, kterou popisují v kapitole 2.2 (dokumentováno zejména na Obrázku č. 1). Jelikož tato práce slouží jako úvodní práce ke zhodnocení produktivity biomasy v intaktním lesním porostu a v následujících letech bude na mnou zkoumaném území Za Lípou probíhat rovněž těžba, lze předpokládat rovněž vzrůstající signifikance. Uvedenou změnu statistické signifikance ovšem musíme připsat na úkor experimentálního designu, nikoli mezi sezónním změnám v reakcích fytoocenózy lesního podrostu jako takového – je evidentní,



že na plochách odtěžených narůstá vytvořená biomasa tak, jak postupuje sukcesní vývoj vegetace.

Další proměnné světelných podmínek, u kterých se mi podařilo prokázat vliv na biomasu, se týkaly otevřenosti korunového zápoje, vyjádřené buď jako procento otevřené oblohy nebo jako procento pixelů fotografie, které byly klasifikovány jako pixely oblohy (obě tyto proměnné jsou spolu velmi těsně korelované a vyjadřují tak v podstatě stejnou kvalitu). Nejlépe tento vztah potvrdila právě zmíněná práce Dudové (ibid.), což je zřejmé, jelikož její práce zahrnovala i odběry na odtěžených, a tedy silně osluněných pokusných plochách.

Na základě mých dat nemohu potvrdit jakýkoliv vztah platný pro prostorovou heterogenitu tvorby biomasy, vyjádřenou koeficientem variability. Neprokazatelný byl i v práci Dudové (ibid.), ve které autorka neshledala rozdíl v hodnotách koeficientu variability mezi stinnými a slunnými stanovišti. Význam této proměnné však prokázal s využitím efektu pevného umístění Mevald (2018), který pracoval s daty z roku 2014, a to jak v reakci na korunový zápoj, tak v reakci na hodnoty difúzní složky záření.

Na rozdíl od prací probíhajících Na Voskopě jsem do analýzy zahrnula další důležitou proměnnou prostředí, kterou je tepelný index stanoviště. Její vliv se mi však nepodařilo prokázat. I přes to, že teplota má důležitou roli v průběhu fotosyntetického procesu (Máhrlová 2010), vztah mezi teplotou a produkcí biomasy se v případě mé práce nepotvrdil. Ve studii Jiráskové (2013) zabývající se vlivem teplot na produkci biomasy, byla sice zaznamenána určitá reakce celkového množství biomasy na různé teplotní režimy, nicméně statisticky tento vztah nebyl průkazný – to byl poměrně překvapivý výsledek, protože v jejím případě byly studovány chladnomilné teploty, ve kterých se předpokládá zvýšená citlivost na růst teplot v souvislosti s globální klimatickou změnou.

## **4.2 Vliv světla na diverzitu bylinného porostu**

V rámci této hypotézy byl porovnáván vliv světelných podmínek a tepelného indexu na lokální diverzitu bylinného podrostu. Zde se prokázal pouze vliv tepelného indexu na celkový počet druhů na stanovišti jak pro juvenilní dřeviny, tak i pro byliny. Signifikance byla prokázána i ve vztahu k druhové bohatosti bylin, která byla kvantifikována Shannon–Wienerovým indexem. Nicméně pro druhovou bohatost juvenilů a tepelný index již signifikance prokázána nebyla.

U žádné další proměnné jsem již nezaznamenala signifikantní korelaci. V porovnání s mými daty, Špale (2017), který vyhodnotil rovněž fytoecologická data z intaktního lesního

porostu na výzkumných plochách Na Voskopě, uvedl signifikantní vztah jak pro proměnné hodnotící otevřenost korunového zápoje, tak i pro celkové a difúzní záření. Signifikantní výsledek byl zjištěn i v případě relativní ozářenosti. V jeho práci však není rozdělena diverzita na bylinnou a juvenilní složku. Ve studii Mevalda (Mevald 2016) se v lokalitě Na Voskopě – ve shodě s mými výsledky – neprojevil signifikantně žádný vztah mezi biodiverzitou a proměnnými hodnotícími korunový zápoj, nebo specifické světelné podmínky (přímé záření, difúzní záření, celkové množství světla, relativní ozářenost). Tyto vztahy potvrdil ale v lesních porostech na Liteňsku, a to pouze pro bylinnou složku. Jedinou proměnnou, u které se neprokázala signifikance ve vztahu k druhové bohatosti bylin, bylo množství přímého světla. V případě absolutního počtu druhů se prokázal vztah se slabší signifikancí.

Z mých výsledků lze usuzovat, že na diverzitu lesní vegetace má světlo vliv, ale spíše nepřímo prostřednictvím dostupného tepla, což se v mém výzkumu projevilo signifikantním výsledkem pro tepelný index plochy. Posouzením druhové bohatosti různě prosvětlených lesů se dále zabývala Makovcová (2008), která naměřila v dubohabřinách průměrný 90% korunový zápoj. Do bylinného porostu se tak v dubohabřinách dostává jen velmi malé množství světla. Prokazatelně největší zastoupení mají v dubohabřinách druhy nenáročné na světlo, jejichž výraznou přítomnost potvrdila v obdobné práci také Wernerová (2007). Malá propustnost světla ovlivňuje druhovou bohatost, které bývá velmi nízká (Makovcová 2013), což potvrzují i mé výsledky (viz tabulka 8). Pokud bychom se podívali na druhové složení ve větším prostorovém měřítku, tak na krajinné úrovni je tento parametr určován především interakcí klimatu s typem podkladu (Macek 2011). Nicméně autor rovněž udává, že nejsilnějšími faktory ovlivňujícími druhovou bohatost je difúzní složka záření zároveň s půdní reakcí (pH) a sklonitostí svahu.

Přijatá hypotéza, že sluneční záření ovlivňuje lokální diverzitu, byla tedy potvrzena pouze pro vztah biodiverzity s tepelným indexem, a to v případě počtu druhů bylin i juvenilních jedinců a s druhovou bohatostí bylin.

## 5. ZÁVĚR

Všechna nově získaná data společně s výsledky z této práce poslouží k dalšímu pochopení dynamiky lesní vegetace, zejména pomohou ozřejmit vliv slunečního záření na produktivitu a lokální biodiverzitu v dubohabřinách na výzkumné ploše Za Lípou. Regresními analýzami se podařilo potvrdit vliv korunového zápoje a difúzní složky záření na produkci biomasy v odrostlém listnatém lese. Malé množství signifikantních korelací mohlo být způsobeno aktuálními teplotními podmínkami, které lze pro tento rok řadit mezi extrémní (sezóna 2018 byla již čtvrtou sezónou v řadě s výrazným suchem). V případě lokální biodiverzity se jako jedinou proměnnou ovlivňující druhové složení projevil tepelný index, který dosáhl signifikantního výsledku vzhledem k Shannon–Wienerovu indexu pro druhovou bohatost bylin. Zároveň byl prokázán jistý značný vliv i na druhovou početnost jak pro bylinnou, tak pro dřevinnou složku vegetace v podobě juvenilních jedinců. Druhová bohatost je v obecnější rovině silněji kontrolována i dalšími stanovištními podmínkami (fyzikálně–chemické podmínky půdy, režim biotických i abiotických disturbancí), které mohou interagovat se světelnými podmínkami v podrostu a mohly tak způsobit řadu nevýrazných výsledků nalezených v této studii.

## 6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

**ANONYMUS (1995):** Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: stav k 31. 12. 2017. – Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce, Praha.

**ANONYMUS (2017):** Chráněná krajinná oblast Český kras nejkrásnější výlety. – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha: 7 s.

**BEADLE C. L. (1993):** Growth analysis. In: HALL D. O. (Ed.): Photosynthesis and Production in a Changing Environment: a Field and Laboratory Manual. – Chapman and Hall, London, 36–46 s.

**BRUNET J., FALKENGREN–GRERUP U., TYLER G. (1997):** Pattern and dynamics of the ground vegetation in south Swedish *Carpinus betulus* forests: importance of soil chemistry and management. – *Ecography* 20: 513–520.

**CÍLEK J., JAGER O. (2002):** Český kras a jeho skalní podklad. In: PONDĚLÍČEK M. (Ed.): Český kras včera a dnes. – Sdružení Přátelé Českého krasu, Karlštejn: 17–24 s.

**DAUBENMIRE R.F. (1948):** Plants and environment: A textbook of plant autecology. – John Wiley & Sons, New York: 422 s.

**DECOCQ G., AUBERT M., DUPONT F., BARDAT J., WATTEZ–FRANGER A., SAQUEZ R., DE FOUCAULT B., ALARM D., DELELIS–DUSOLLIER A. (2005):** Silviculture-driven vegetation change in a European temperate deciduous forest. – *Annals of Forest Science* 62: 313–323.

**DÖRNER P., MÜLLEROVÁ J. (2014):** Od intenzivního pařezání k lesu ochrannému – analýza historického vývoje lesů na Karlštejnském panství. – *Bohemia Centralis* 32: 425–437.

**DUDOVÁ T. (2018):** Vliv světelných podmínek na dynamiku produktivity bylinného patra na experimentální ploše teplomilné doubravy v přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras). – Ms. 50 s. [Bak. práce; depon. in: Katedra ekologie lesa FLD ČZU, Praha]

**DZWONKO Z., GAWROŃSKI S. (2002):** Effect of litter removal on species richness and acidification of a mixed oak-pine woodland. – *Biological Conservation* 106(3): 389–398.

**EASTER M.J., SPIES T.A. (1994):** Using hemispherical photography for estimating photosynthetic photon flux density under canopies and in gaps in Douglas-fir forests of the Northwest Pacific. – *Canadian Journal of Forest Research* 24: 2050–2058.

**ENGELBRECHT B.M.J., HERZ H.M. (2001):** Evaluation of different methods to estimate understorey light conditions in tropical forests. – *Journal of Tropical Ecology* 17 (2): 207–224.

**ENGLUND S.R., O'BRIEN J.J., CLARK D.B. (2000):** Evaluation of digital and film hemispherical photography and spherical densiometry for measuring forest light environments. – *Canadian Journal of Forest Research* 30(12): 1999–2005.

**FRIEDL K., MARŠÁKOVÁ M., PETŘÍČKOVÁ M., POVOLNÝ F., RIVOLOVÁ L., VINŠ A. (1991):** Chráněná území v České republice. – MŽP ČR, Informatorium, Praha: 274 s.

**FULLER R.J. (1990):** Responses of birds to lowland woodland management in Britain: opportunities for integrating conservation with forestry. – *Sitta* 4: 39–50.

- FULLER R.J. (1992):** Effects of coppice management on woodland breeding birds. In: BUCKLEY G.P. (Ed.): *V Ecology and Management of Coppice Woodlands*. – Chapman & Hall, London, p. 169–192.
- FULLER R.J., WARREN M.S. (1993):** Coppiced woodlands: their management for wildlife. – Joint Nature Conservation Committee, London: 34 s.
- HAMMEL M. J. (2012) *The artist's guide to GIMP: the GNU image manipulation program*. Specialized Systems Consultants, Seattle: 324 s.
- HAUSMANNOVÁ I., HEŘMAN P., JANČAŘÍKOVÁ I., LOŽEK V. ml., MOTTL J., MOUCHA P., SLEZÁK M., TICHÝ T., URBAN T., VESELÝ J. (2012):** Čtyřicet let cílevědomé péče o přírodu a krajinu Českého krasu. – *Ochrana přírody* 67(2): 2–7.
- HENDL J. (2015):** Přehled statistických metod: Analýza a metaanalýza dat. – Portál, Praha: 736 s.
- HÉDL R., ŠIPOŠ J., CHUDOMELOVÁ M., UTÍNEK D. (2017):** Dynamics of herbaceous vegetation during four years of experimental coppice introduction. – *Folia Geobotanica* 52: 83–99.
- HORÁČKOVÁ J., TICHÝ T. (2014):** Květena a vegetace národní přírodní rezervace Koda v Českém krasu. – *Bohemia Centralis* 32: 51–154.
- HÖLSCHER D., SCHADE E., LEUSCHNER CH. (2001):** Effects of coppicing in temperate deciduous forests on ecosystem nutrient pools and soil fertility. – *Basic and Applied Ecology* 2(2): 155–164.
- HRADILOVÁ L. (2010):** Maloškálová prostorová variabilita stanovištních faktorů v dubových lesích a její vztah k druhovému složení bylinného patra. – Ms., 48 p. [Bakal. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno]
- CHASON J.W., BALDOCCHI D.D., HUSTON M.A. (1991):** Comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf-area. – *Agricultural and Forest Meteorology* 57: 107–128.
- JANČAŘÍKOVÁ I. (2013):** Čtyřicetiny chráněné krajinné oblasti český kras. – *Český kras* 28: 41–44.
- JIRÁSKOVÁ E. (2013):** Vliv vybraných faktorů globálních změn na produkci biomasy v alpínském prostředí – Ms., 48 p. [Dipl. práce; depon. in: Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP, Olomouc]
- JONCKHEERE I., FLECK S., NACKAERTS K., MUYS B., COPPIN P., WEISS M., BARET F. (2004):** Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. – *Agricultural and Forest Meteorology* 121: 19–35.
- KEITH H., MACKEY B.G., LINDENMAVER D.B. (2009):** Re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world's most carbon-dense forests. – *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 106: 11635–11640.
- KOPECKÝ M., HÉDL R., SZABÓ P. (2013):** Non-random extinctions dominate plant community changes in abandoned coppices. – *Journal of Applied Ecology* 50(1): 79–87.
- KOVANDA M. (1984):** A new hybridogeneous *Sorbus*. – *Preslia* 56: 169–172.
- KUBÍKOVÁ J. (2016):** Teplomilné stepi v Čechách – červená nit pražské botaniky. – *Zprávy České botanické společnosti* 51(2): 269 s.

- LARCHER W.** (1988): Fyziologická ekologie rostlin. – Academia, Praha: 361 s.
- LAWLOR D. W.** (2001): Photosynthesis. – Springer-Verlag, BIOS Scientific Publishers, New York: 386 s.
- LEPŠ J., ŠMILAUER P.** (2016): Biostatistika. – Jihočeská univerzita, České Budějovice: 438 s.
- LOŽEK V.** (2002): Historie výzkumu a bádání v CHKO Český kras. In: PONDĚLÍČEK M. (Ed.): Český kras včera a dnes. – Sdružení Přátelé Českého krasu, Karlštejn, p. 46–48.
- LOŽEK V., KUBÍKOVÁ J., SPRYŇAR P.** (2005): Střední Čechy. In: MAKOVČIN P., SEDLÁČEK M. (Ed.): Chráněná území ČR, svazek XIII. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha: 904 s.
- MADĚRA P., BUČEK A., ÚŘADNÍČEK L., SLACH T., FRIEDL M., MACHALA M., ŘEPKA R., LACINA J., ČERNUŠÁKOVÁ L., VOLAŘÍK D.** (2016): Starobylé výmladkové lesy – metodika inventarizace, evidence a péče. – Mendelova univerzita, Brno: 47 s.
- MACEK M.** (2011): Vliv světla na složení a diverzitu lesní vegetace v Českém středohoří. – Ms. 84 s. [Dipl. práce; depon. in: Katedra botaniky PřF UK, Praha]
- MÁHRLOVÁ Z.** (2010): Vliv teploty na procesy fotosyntézy a růst C3 a C4 rostlin ve výuce na biologii školách. – Ms. 28 s. [Bak. práce; depon. in: Katedra experimentální biologie rostlin PřF UK, Praha]
- MAKOVCOVÁ P.** (2008): Relativní význam světla jako determinanty druhového složení vegetace dubových lesů – Ms. 48 s. [Bak. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno]
- MAKOVCOVÁ P.** (2013): Role stanovištních faktorů při sukcesi světlých doubrav k dubohabřinám – Ms. 63 s. [Dipl. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno]
- MASON C. F., MACDONALD S.M.** (2002): Responses of ground flora to coppice management in an English woodland – a study using permanent quadrants. – *Biodiversity and Conservation* 11: 1773–1789.
- MCCUNE B., KEON D.** (2002): Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. – *Journal of Vegetation Science* 13: 603–606.
- MEJSTRŮVÍK M.** (2018): Lesní vegetace lokality Za Lípou v chráněné krajinné oblasti Český kras – Ms., 68 s. [Dipl. práce; depon. in: Katedra Ekologie lesa FLD ČZU, Praha]
- MEVALD O.** (2016): Dynamika produktivity bylinného patra v teplomilné doubravě v Přírodní rezervaci Na Voskopě (Karlštejnsko) v závislosti na intenzitě slunečního záření. – Ms. 49 s. [Bak. práce; depon. in: Katedra ekologie lesa FLD ČZU, Praha]
- MEVALD O.** (2018): Dynamika produktivity a diverzity bylinného patra v (sub)xerothermních doubravách a dubohabřinách v CHKO Český kras v závislosti na intenzitě slunečního záření. – Ms. 66 s. [Dipl. práce; depon. in: Katedra ekologie lesa FLD ČZU, Praha]
- MOUCHA, P.** (2002): Historie ochrany přírody v Českém krasu. In: PONDĚLÍČEK M. (Ed.): Český kras včera a dnes. – Sdružení Přátelé Českého krasu, Karlštejn, p. 13–16.
- MÜLLEROVÁ J., SZABÓ P., HÉDL R.** (2014): The rise and the fall of traditional management in southern Moravia: A history of the past 700 years. – *Forest Ecology and Management* 331: 104–115.

- NĚMEČEK J. (ed.) (2001):** Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. – Česká zemědělská univerzita, Praha: 78 s.
- NOVÁK A., TLAPÁK J. (1974):** Historie lesů v chráněné krajinné oblasti Český kras. – *Bohemia Centralis* 3: 9–40.
- PARSONS J.E., DANIELS R.B., GILLIAM J.W., DILLAHA T.A. (1994):** Reduction in sediment and chemical load in agricultural field runoff by vegetative filter strips. – Water Resources and Research Institution, New York: 45 s.
- PEKÁR S., BRABEC M. (2012):** Moderní analýza biologických dat 2. Lineární modely s korelacemi v prostředí R. – Masarykova univerzita, Brno: 256 s.
- PEPPLER–LISBACH C., KLEYER M. (2009):** Patterns of species richness and turnover along the pH gradient in deciduous forests: testing the continuum hypothesis. – *Journal of Vegetation Science* 20(6): 984–995.
- PINHEIRO J., BATES D., DEBROY S., SARKAR D. and R Core Team (2017):** nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1–131
- PONDĚLÍČEK M. (2002):** Český kras včera a dnes. – Sdružení Přátelé Českého krasu, Karlštejn: 95 s.
- POSPÍŠKOVÁ M., DOSTÁLEK J. (2009):** Impact of forest management on genetic diversity of *Quercus petraea* populations: a case study from the Křivoklátsko Protected Area (Czech Republic). – *Biodiversity Research & Conservation* 13: 37–42.
- RACKHAM O. (2008):** Ancient woodlands: modern threats. – *New Phytologist* 180: 571–586.
- ROXBURGH J.R., KELLY D. (1995):** Uses and limitation of hemispherical photography for estimating forest light environments. – *New Zealand Journal of Ecology* 19(2): 213–217.
- SCHIRREFFS D.A. (1985):** *Anemone nemorosa* L. Biological flora of the British Isles. – *Journal of Ecology* 73: 1005–1020.
- SKALICKÝ, V. (1988):** Regionálně fytogeografické členění. In: HEJNÝ, S.; SLAVÍK, B. (Ed.) Květena České socialistické republiky. – Academia, Praha: 103–121.
- SLAVÍKOVÁ J. (1986):** Ekologie rostlin. – Státní pedagogické nakladatelství, Praha: 366 s.
- SMITH A.M., RAMSAY P.M. (2018):** A comparison of ground-based methods for estimating canopy closure for use in phenology research. – *Agricultural and Forest Meteorology* 252: 18–26.
- SOUKUP V., DAVID P. ml, DAVID J. (2001):** Průvodce po Čechách, Moravě, Slezsku – Český kras. – Soukup & David, Praha: 112 s.
- STAJIC B., ZLATANOV T., VELICHKOV I., DOUBRAVAC T., TRAJKOV P. (2009):** Past and recent coppice forest management in some region of South Eastern Europe. – *Silvia Balcanica* 10(1): 9–19.
- STRUBELT I., DIEKMANN M., GRIESE D., ZACHARIAS D. (2019):** Inter-annual variation in species composition and richness after coppicing in a restored coppice-with-standards forest. – *Forest Ecology and Management* 432: 132–139.
- ŠAMONIL P. (2005):** Typologie lesů Českého krasu ve vztahu k půdní diverzitě. – Jan Farkač, Praha: 112 s.

- ŠAMONIL P. (2007):** Diverzita půd na vápencích Českého krasu: klasifikace půd a komparace klasifikačních systémů. – *Bohemia Centralis* 28: 7–30.
- ŠPALE V (2017):** Vliv relativní sluneční ozářenosti na druhovou bohatost a produktivitu bylinného patra v teplomilné doubravě v přírodní rezervaci Na Voskopě (Karlštejsko) – Ms. 40 s. [Bak. práce; depon. in: Katedra ekologie lesa FLD ČZU, Praha]
- ŠTOCHLOVÁ P., HÉDL R (2018):** Coppice Forests in Europe /Czech Republic. In UNRAU A., BECKER G., SPINELLI R., LAZDINA D., MAGAGNOTTI N., NICOLESCU V.N., BUCKLEY P., BARTLETT D., KOFMAN P.D. (Ed.): Coppice Forests in Europe. – Albert Ludwig University of Freiburg, Freiburg: 219–225.
- TICHÝ L. (2002):** JUICE, software for vegetation classification. – *Journal of Vegetation Science* 13: 451–453.
- TOWNSEND C. R., BEGON M., HARPER J. L. (2010):** Základy ekologie. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc: 505 s.
- UTINEK D. (2014):** Střední a nízký les – proč a jak? – *Ochrana přírody* 4: 12–15.
- ÚHÚL, (s. d.):** Oblastní plán rozvoje lesů, PLO 8 – Křivoklátsko a Český kras [Platnost 2000–2019]. – Ms., Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem.
- VACIK H., ZLATANOV T., TRAJKOV P. (2009):** Role of coppice forests in maintaining forest biodiversity. – *Silva Balcanica* 10(1): 35–45.
- VERHEYEN K., BAETEN L., DE FRENNE P., BERNHARDT-ROMERMANN M., BRUNET J., CORNELIS J., DECOCQ G., DIERSCHKE H., ERIKSSON O., HÉDL R., HEINKEN T., HERMY M., HOMMEL P., KIRBY K., NAAF T., PETŘÍK P., PFADENHAUER J., CALSTER H.V., WALTHER G-R., WULF M., VERSTRAETEN G. (2012):** Driving factors behind the eutrophication signal in understorey plant communities of deciduous temperate forests. – *Journal of Ecology* 100: 352–365.
- WAGNER J., ZELINKA J., FRDLÍK R., KAHLERT B. (2016):** Nález kostí a zubů medvěda v jeskyni Martina u Tetína (okres Beroun). – *Český kras* 42: 23–26.
- WERNEROVÁ V. (2007):** Vliv světla na druhové složení lesního podrostu na příkladu Milovického lesa. – Ms., 86 s. [Bakal. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno]
- WHIGHAM D.F. (2004):** Ecology of Woodland Herbs in Temperate Deciduous Forests. – *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 583–621.
- ŽÁK K., KOLČAVA M., BRUTHANS J., ŽIVOR R. (2013):** Evidence jeskyní Českého krasu: doplňky a změny za období 1. října 2011 až 30. září 2013. – *Český kras* 39: 63–67.

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

- www1: ROWSE D., Aperture and Shutter Priority Modes. Dostupné: <https://digital-photography-school.com/aperture-and-shutter-priority-modes/> (cit. 7.11.2018)
- www2: ANONYMUS, Expoziční bracketing. Dostupné: <https://www.megapixel.cz/expozicni-bracketing/> (cit. 12.11.2018)



www3: ANONYMUS, Základní postupy: Měření expozice: jak s ním pracovat? Dostupné:  
<http://www.fotografvani.cz/fotopraxe/zakladni-postupy1/mereni-expozice-jak-s-nim-pracovat--166369cz/> (cit. 12.11.2018)

## 8. PŘÍLOHY



*Obrázek 12. - Fotografie lesního porostu Za Lípou*



*Obrázek 13. – Značení zkusných ploch na okrajových stromech*

Tabulka 10. – Význam hodnot v datech.

<b>Označení</b>	<b>Význam</b>
<b>Plot</b>	Číslo zkusné plochy
<b>A – D</b>	Označení podplošky zkusné plochy
<b>Xcoord, ycoord</b>	Souřadnice středu zkusných ploch v porostu
<b>Mean</b>	Průměrná hmotnost biomasy na jednotlivých plochách
<b>CV</b>	Koeficient variability produkce biomasy na jednotlivých plochách
<b>GapFract</b>	Procento pixelů fotografie klasifikovaných jako obloha
<b>Openness</b>	Procentuální vyjádření otevřené oblohy
<b>Direct</b>	Množství naměřeného přímého záření
<b>Diffuse</b>	Množství naměřeného difúzního záření
<b>Total</b>	Celkové množství záření (součet přímého a difúzního záření)
<b>Relative (Fullsun)</b>	Relativní ozářenost plochy (procentuální vyjádření poměru dopadajícího záření pod porostem vůči záření nad porostem)
<b>HeatLoad</b>	
<b>nr_herbs</b>	Počet druhů bylinného patra
<b>nr_juvenil</b>	Počet druhů juvenilního stupně vegetace
<b>SW_herbs</b>	Shannon–Wienerův index druhové bohatosti pro bylinné patro
<b>SW_juvenil</b>	Shannon–Wienerův index druhové bohatosti pro juvenilní dřeviny

Tabulka 11. – Primární data.

<b>plot</b>	<b>xcoord</b>	<b>ycoord</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
1	151,2	198,1	6,4	14,44	5,16	7,4	0,76
2	123,7	194,7	6,16	2,68	8	3	5,4
3	98,5	196,1	0	3,52	1,92	6,76	6,28
4	67	191,7	33,8	14,64	19,52	18,12	6,84
5	38,9	191,3	26,56	51,64	19,36	9,84	11,4
6	142,8	175,1	2,84	3,4	1,24	4,36	2,96
7	124	174,3	2,36	6,28	10	15,44	4,88
8	102,5	174,1	8,56	4,8	6,24	7,92	7,76
9	66,3	173	8,68	6,56	2,92	10,36	10
10	39,6	170,8	2,6	15,84	2,72	8,4	6,24
11	142,3	151,1	1,8	5,4	5,64	6,92	9,56
12	118,9	151,5	0,28	2,88	12,76	4,72	5,76
13	99,7	150,1	1,52	7,72	6,08	6	4,52
14	66,2	148,1	6,68	12,72	9,28	4,88	20,28
15	38,4	146,1	3,32	0,52	5,92	8,32	3,88
16	145,7	126,7	2,28	2	5,04	2,6	2,52
17	127,9	126,3	1,08	4,28	3,44	7	6,52
18	105,3	127,1	5,48	6,16	8,48	5,92	5,88
19	67,7	127,3	11,84	2,12	9,12	1,36	5,24
20	38,9	125,9	3,16	16,44	3,4	1,36	14,2
21	143	101,6	4,92	3,96	5,64	1,36	2,12
22	117,5	101,6	5,72	3,8	13,84	12,8	2,6
23	91,4	104,8	14,12	4,68	10	2,6	4,88
24	69,4	104	0,16	13,6	5,12	1,88	1,92
25	43,8	103,9	3,92	0,32	23,24	1,28	0,72
26	151,5	77,4	4,24	5,84	4,56	5,16	3,96
27	133	76,6	3,56	7,6	7,6	2	1,68
28	111,2	79,2	9	4,84	7,36	10,84	1,12
29	57,2	81,4	21,28	25,32	58,36	14,56	16,44
30	29,2	75,7	11,56	40,08	17,8	9,28	44,12
31	130,1	223,8	2,6	2,12	3,72	1,96	3
32	108,7	241,8	3,72	2,88	4,88	24,4	15,68
33	86,5	222,9	10,72	15,36	6,32	11,96	14,36
34	59,9	221,8	6,64	6,84	27,16	16,4	12,92
35	166,8	46,8	1,12	5,68	0,24	2,88	2,2
36	136,2	47,9	7,36	13,24	12,12	6,52	6,72
37	68,1	51,1	4,24	5,68	22,64	1,56	8,92
38	33,7	46,1	47,68	40,44	44	38,8	59,6
39	18,1	23,2	29,04	43,68	21,56	32,24	32,96
40	1	1	44,04	43,68	31,52	37,24	33,44

Tabulka 11. – Primární data (pokračování).

<b>plot</b>	<b>mean18</b>	<b>cv18</b>	<b>gapfract</b>	<b>openn</b>	<b>direct18</b>	<b>diff18</b>	<b>total18</b>
<b>1</b>	6,83	0,65	9,14	9,14	5,61	0,77	6,37
<b>2</b>	5,05	0,39	5,94	5,97	4,05	0,56	4,61
<b>3</b>	3,7	0,69	6,71	6,69	4,48	0,46	4,93
<b>4</b>	18,58	0,47	8,81	8,84	6,12	0,78	6,9
<b>5</b>	23,76	0,64	9,31	9,41	4,29	0,92	5,21
<b>6</b>	2,96	0,34	5,52	5,51	4,95	0,43	5,38
<b>7</b>	7,79	0,58	5,81	5,87	2,71	0,57	3,29
<b>8</b>	7,06	0,19	6,28	6,34	4,01	0,64	4,65
<b>9</b>	7,7	0,36	6,42	6,44	3,66	0,56	4,23
<b>10</b>	7,16	0,68	7,23	7,23	4,27	0,6	4,87
<b>11</b>	5,86	0,43	5,74	5,77	4,56	0,49	5,06
<b>12</b>	5,28	0,79	6,38	6,36	2,45	0,45	2,9
<b>13</b>	5,17	0,4	6,14	6,16	2,91	0,54	3,45
<b>14</b>	10,77	0,51	6,03	6,02	2,14	0,46	2,6
<b>15</b>	4,39	0,6	7,1	7,13	2,51	0,62	3,13
<b>16</b>	2,89	0,38	5,8	5,76	4,49	0,41	4,9
<b>17</b>	4,46	0,48	5,75	5,77	5,4	0,5	5,91
<b>18</b>	6,38	0,17	5,08	5,1	3,34	0,44	3,78
<b>19</b>	5,94	0,68	5,69	5,68	4,85	0,45	5,3
<b>20</b>	7,71	0,82	6,79	6,8	3,23	0,56	3,79
<b>21</b>	3,6	0,45	5,09	5,13	2,77	0,46	3,23
<b>22</b>	7,75	0,6	6,2	6,27	3,94	0,63	4,56
<b>23</b>	7,26	0,58	5,52	5,59	4,75	0,56	5,3
<b>24</b>	4,54	1,06	4,73	4,75	1,95	0,42	2,36
<b>25</b>	5,9	1,49	7,7	7,77	6,43	0,74	7,17
<b>26</b>	4,75	0,14	6,44	6,47	4,33	0,58	4,91
<b>27</b>	4,49	0,58	5,74	5,75	4,01	0,47	4,48
<b>28</b>	6,63	0,51	6,37	6,4	5,5	0,56	6,06
<b>29</b>	27,19	0,59	6,4	6,43	2,55	0,55	3,11
<b>30</b>	24,57	0,6	6,22	6,2	3,26	0,47	3,73
<b>31</b>	2,68	0,24	8,35	8,35	3,86	0,64	4,49
<b>32</b>	10,31	0,82	8,06	8,04	3,83	0,65	4,48
<b>33</b>	11,74	0,27	7,23	7,23	4,29	0,61	4,91
<b>34</b>	13,99	0,54	6,9	6,86	3,83	0,5	4,33
<b>35</b>	2,42	0,77	5,74	5,74	2,7	0,45	3,15
<b>36</b>	9,19	0,31	6,31	6,34	5,51	0,55	6,06
<b>37</b>	8,61	0,86	7,1	7,12	3,74	0,59	4,33
<b>38</b>	46,1	0,16	8,1	8,07	3,2	0,61	3,81
<b>39</b>	31,9	0,22	7,79	7,79	5,28	0,63	5,91
<b>40</b>	37,98	0,14	7,08	7,09	4,94	0,6	5,54

Tabulka 11. – Primární data (dokončení).

<b>plot</b>	<b>relative</b>	<b>altitude</b>	<b>sw_herbs</b>	<b>sw_juv</b>	<b>nr_herbs</b>	<b>nr_juv</b>	<b>heatload</b>
<b>1</b>	14,1	325	2,683	1,735	18	8	0,6649
<b>2</b>	10,2	332	2,961	1,999	21	11	0,7577
<b>3</b>	11	339	3,039	2,361	23	12	0,7497
<b>4</b>	15,5	346	3	1,494	24	5	0,7712
<b>5</b>	11,7	353	2,984	2,045	27	12	0,7806
<b>6</b>	12,3	325	2,956	2,038	20	8	0,638
<b>7</b>	7,6	332	2,843	2,139	18	9	0,6708
<b>8</b>	10,4	339	2,946	2,367	20	11	0,7309
<b>9</b>	9,6	346	3,082	2,346	23	11	0,7352
<b>10</b>	10,9	353	2,991	1,922	21	9	0,7712
<b>11</b>	11,8	325	2,593	1,899	14	7	0,6372
<b>12</b>	6,7	332	2,953	2,032	20	8	0,6708
<b>13</b>	7,9	339	2,729	1,979	16	8	0,7248
<b>14</b>	5,9	346	2,9	2,201	19	10	0,7352
<b>15</b>	7,1	353	2,989	2,15	21	9	0,7817
<b>16</b>	11,4	325	3,06	2,346	23	11	0,6597
<b>17</b>	13,7	332	2,871	1,934	19	7	0,6485
<b>18</b>	8,7	339	2,91	2,032	22	8	0,7142
<b>19</b>	12,3	346	3,033	2,15	22	9	0,7069
<b>20</b>	8,7	353	2,964	2,274	24	10	0,7503
<b>21</b>	7,5	325	2,909	2,15	20	9	0,6708
<b>22</b>	10,5	332	3,021	1,885	24	7	0,6708
<b>23</b>	12,1	339	3,068	2,15	25	9	0,7142
<b>24</b>	5,4	346	3,102	2,437	24	12	0,7035
<b>25</b>	16,3	353	2,684	2,253	24	10	0,7456
<b>26</b>	11,3	325	3,086	2,245	24	10	0,6927
<b>27</b>	10,4	332	2,799	2,119	21	9	0,6485
<b>28</b>	14,1	339	3,217	1,777	27	8	0,6485
<b>29</b>	7,16	346	2,072	1,677	22	7	0,7288
<b>30</b>	8,7	353	3,043	2,081	24	10	0,7117
<b>31</b>	9,9	332	2,66	2,333	15	11	0,7033
<b>32</b>	9,8	339	3,034	1,925	25	7	0,7155
<b>33</b>	10,9	339	2,999	2,038	21	8	0,7577
<b>34</b>	9,6	346	3,09	2,233	23	10	0,7832
<b>35</b>	7,3	325	2,987	2,081	21	10	0,7179
<b>36</b>	14,2	332	2,892	1,817	19	8	0,673
<b>37</b>	10,1	346	2,894	2,168	19	9	0,7117
<b>38</b>	8,9	353	2,683	2,13	22	13	0,7231
<b>39</b>	13,5	362	3,124	2,668	24	15	0,7781
<b>40</b>	12,6	364	3,198	2,602	26	14	0,8095