

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Prostorová variabilita produktivity bylinného patra a
lokální dostupnost světla na experimentálních plochách
odrostlého středního lesa v Českém krasu**

Diplomová práce

Bc. Yvette Procházková

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Yvette Procházková, DiS.

Lesní inženýrství

Název práce

Prostorová variabilita produktivity bylinného patra a lokální dostupnost světla na experimentálních plochách odrostlého středního lesa v Českém krasu

Název anglicky

Spatial variability of the herb layer productivity and local light availability on experimental plots in the overmature coppice-with-standards forests in the Czech Karst

Cíle práce

Dopad současné klimatické změny na lesní ekosystémy si vynucuje hledání nových managementových opatření, které by vhodně zajistily požadavek budoucí udržitelné produktivity porostů a také zachování mimoprodukčních funkcí lesa. Takovým adaptačním opatřením je obnova pařezinových forem hospodaření, a to zvláště v exponovaných lesích oblasti termofytika. Diplomová práce si klade za cíl přispět unikátními daty do série již získaných výsledků přinášejících znalosti o základních ekologických vztazích v těchto typech lesů, a pomůže tak k návrhům příslušných adaptačních opatření. Primárním cílem je test dvou pracovních hypotéz: (1) zvýšený světelný příkon do bylinného patra vede k větší intenzitě vzrůstu nadzemní biomasy bylinného podrostu v původně stinnějších místech; (2) meziroční variabilita tvorby nadzemní biomasy je vyšší ve světlejších místech porostu než ve stinnějších. Test bude založen na regresní analýze nasbíraných dat. V práci budou též komparovány všechny dosud získané výsledky zkoumaných ekologických závislostí, zjištěné v dalších experimentálních porostech středních lesů v Českém krasu.

Metodika

V rešeršní části bude zpracován literární přehled teoretických aspektů studovaných ekologických souvislostí. Terénní část práce se bude řídit následujícím postupem: (1) V založených kruhových výzkumných plochách na experimentální ploše (N = 40) bude odebrána nadzemní zelená biomasa ve čtvercích 0,5 x 0,5 m na vrcholu vegetační sezóny (červenec), a to vždy v pěti opakováních. Biomasa bude sklizena těsně při zemi do papírových pytlíků, rozebrána na dvě funkční skupiny rostlin (graminoidy a širokolisté druhy), usušena na vzduchu a nakonec v laboratoři vysušena do konstantní hmotnosti a zvážena. (2) Ve druhé půli srpna budou pořízeny fotografie korunového zápoje objektivem typu rybí oko, a to vždy v centrální poloze kruhové výzkumné plochy ve výšce snímací čočky 130 cm nad zemí. (3) Barevné fotografie korun budou převedeny do černobílého formátu v programu GIMP a následně budou analyzovány v programu WinSCANOPY pro výpočet hodnot přímého a difuzního osvětlení v podrostu. Spočtena bude také hodnota relativní ozářenosti. Kvantitativní ukazatele dostupnosti světla budou statisticky vyhodnoceny regresní analýzou ve vztahu k vyprodukované biomase bylinného patra a prostorové variabilitě této proměnné. Proměnné dostupnosti světla budou též použity jako prediktory k vyhodnocení diverzity bylinné vegetace, kterážto data budou

převzata z diplomové práce L. Šternerové. Získané výsledky budou porovnány s dalšími studii se shodnou problematikou, zpracovanými na Katedře ekologie lesa v obdobných typech porostů v oblasti Českého krasu, tedy na lokalitách Na Voskopě, Za Lípou, a Na Pláních.

Harmonogram zpracování:

Jaro 2022: rešerše literatury

Léto 2022: sběr rostlinné biomasy a její laboratorní zpracování, pořízení hemisférických fotografií

Podzim 2022: digitalizace terénních dat, analýza fotografií ve specializovaném software (pracoviště KEL)

Podzim – zima 2022/23: zpracování a analýza digitalizovaných dat, průběžné konzultace se školitelem, prezentace výsledků na katedrovém semináři

Jaro 2023: dokončení a odevzdání diplomové práce



Doporučený rozsah práce

Předpokládá se rozsah textu v délce 40–80 stran (řádkování 1,5; bez příloh)

Klíčová slova

teplomilné doubravy, střední les, světelný režim, bylinné patro, produktivita, biomasa, funkční skupiny rostlin, exponované lesy, termofytikum

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.
- Buckley E.P. (ed.) (1992): Ecology and management of coppiced woodlands. – Chapman & Hall, London, 336 p.
- 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.
- Götmark F., Paltto H., Nordén B. & Götmark E. (2005): Evaluating partial cutting in broadleaved temperate forest under strong experimental control: Short-term effects on herbaceous plants. – *Forest Ecology and Management* 214: 124–141.
- Hedwall P.-O., Brunet J., Nordin A. & Bergh J. (2013): Changes in the abundance of keystone forest floor species in response to changes of forest structure. – *Journal of Vegetation Science* 24: 296–306.
- Hofmeister J., Hošek J., Modrý M. & Roleček J. (2009): The influence of light and nutrient availability on herb layer species richness in oak-dominated forests in central Bohemia. – *Plant Ecology* 205: 57–75.
- 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.
- Svenning J.-C. (2002): A review of natural vegetation openness in North-western Europe. – *Biological Conservation* 104: 133–148.
- Unrau A., Becker G., Spinelli R., Lazdina D., Magagnotti N., Nicolescu V.N., Buckley P., Bartlett D. & Kofman P.D. (eds) (2018): Coppice forests in Europe. – Albert Ludwig University of Freiburg, Freiburg, 387 p.
- 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

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2024

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2024

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 05. 04. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Prostorová variabilita produktivity bylinného patra a lokální dostupnost světla na experimentálních plochách odrostlého středního lesa v Českém krasu" jsem vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Tomáše Černého, Ph.D a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5.4.2024

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi při psaní práce pomáhali. Zejména děkuji mému neuvěřitelně vstřícnému vedoucímu Mgr. Tomáši Černému, Ph. D. za jeho laskavost, cenné odborné rady, osobní čas, a především lidský přístup, který mi věnoval.

Dále děkuji svým kolegyním ze školy, bez kterých bych nikdy nemohla dojít takto daleko a které mohu po celých těch letech nazvat svými přítelkyněmi. A v neposlední řadě potom mému tátovi, který bude mít ze všech největší radost!

Díky!

Prostorová variabilita produktivity bylinného patra a lokální dostupnost světla na experimentálních plochách odrostlého středního lesa v Českém krasu

Souhrn

Změny klimatu vyžadují implementaci nových strategií řízení lesních ekosystémů, aby se zajistila jejich trvalá produktivita a zachovaly jejich funkce. Jednou z možných adaptací je obnovení praxe pařezinového hospodaření, především v lesích zóny termofytika. Tato studie má za cíl poskytnout nové poznatky o ekologických interakcích v těchto lesích a přispět k vývoji vhodných adaptačních strategií. Kritickými funkcemi lesa, které mohou být podporovány tradičními způsoby hospodaření, jako jsou pařezení a udržování středního lesa, jsou zachování bohatého zdroje potravy pro zvěř a diverzita bylinného patra. Hlavním cílem je testování dvou hypotéz: (1) zvýšení množství světla dostupného bylinnému patru vede k nárůstu růstu nadzemní vegetace na místech, které byly původně stinné; (2) prostorová variabilita v produkci nadzemní biomasy je vyšší v lesních partiích s větším množstvím dostupného světla. Studie založená na regresní analýze rovněž porovnává získané údaje s výsledky z dalších experimentálních lokalit. Bylo zjištěno, že světelné podmínky částečně ovlivňují produktivitu bylinného patra, což naznačuje, že zvýšená penetrace světla díky otevřenějším korunám stromů podporuje vegetativní růst. Ovšem druhá hypotéza, týkající se vlivu světelných podmínek na variabilitu produkce biomasy, nebyla jednoznačně potvrzena. Vývoj vegetace je ovlivněn množstvím specifických faktorů, vedoucích k výrazné lokální variabilitě. Je nezbytné provádět důkladné studie těchto lesů pro získání komplexního přehledu o ekologických souvislostech. V analýze vlivu světla na druhovou diverzitu bylo částečně potvrzeno, že zvýšená dostupnost světla podporuje druhovou rozmanitost. Menší vliv světla na diverzitu bylin na lokalitě Kobyla byl připsán silně stinnému prostředí. Pro budoucí výzkum by bylo vhodné rozšířit studii o další lesní porosty, jelikož dosažené výsledky naznačují unikátnost a tím i omezenou předvídatelnost zkoumaných ekologických interakcí v lesích s pařezinovým hospodařením.

Klíčová slova: teplomilné doubravy, střední les, světelný režim, bylinné patro, produktivita, biomasa, diverzita rostlin, exponované lesy, termofytikum

Spatial variability of the herb layer productivity and local light availability on experimental plots in the overmature coppice-with-standards forests in the Czech Karst

Summary

Climate change necessitates the implementation of new forest ecosystem management strategies to ensure their long-term productivity and preservation of their functions. One of the possible adaptations is the restoration of coppice management practices, especially in forests of the thermophytic zone. This study aims to provide new insights into the ecological interactions within these forests and contribute to the development of suitable adaptation strategies. Critical forest functions that can be supported by traditional management methods, such as coppicing and maintaining middle forests, include the preservation of a rich food source for wildlife and the diversity of the herb layer. The main objective is to test two hypotheses: (1) increasing the amount of light available to the herb layer leads to an increase in the growth of aboveground vegetation in places that were originally shaded; (2) spatial variability in aboveground biomass production is higher in forest parts with more available light. The study, based on regression analysis, also compares the obtained data with results from other experimental sites. It was found that light conditions partially influence the productivity of the herb layer, suggesting that increased light penetration due to more open tree crowns supports vegetative growth. However, the second hypothesis regarding the influence of light conditions on the variability of biomass production was not unequivocally confirmed. The development of vegetation is influenced by a number of specific factors, leading to a significant local variability. It is essential to conduct thorough studies of these forests to obtain a comprehensive overview of ecological relationships. In the analysis of the influence of light on species diversity, it was partially confirmed that increased light availability supports species diversity. The lesser influence of light on the diversity of herbs at the Kobyla site was attributed to a heavily shaded environment. For future research, it would be advisable to expand the study to include additional forest stands, as the obtained results suggest the uniqueness and thus limited predictability of the studied ecological interactions in forests with coppice management.

Keywords: thermophilous oakwoods, coppice-with-standards forest, light regime, herb layer, productivity, biomass, exposed forests, warm region

1 Obsah

1 Obsah	4
2 Úvod	6
3 Cíle práce	8
4 Literární rešerše	9
4.1 Prostorová variabilita produktivity	9
4.2 Světlo	10
4.2.1 Lesní patra ve vztahu ke světlu.....	11
4.2.2 Index listové plochy.....	12
4.3 Výmladkové hospodářství v Evropě	13
4.4 Hospodářské tvary lesa	15
4.4.1 Nízké lesy	15
4.4.1.1 Benefity výmladkového hospodářství	17
4.4.1.2 Přízemní vegetace	17
4.4.1.3 Cyklus nového porostu	19
4.4.2 Střední lesy	19
4.5 CHKO Český kras	20
4.5.1 PR Kobyla.....	22
4.5.1.1 Lesní hospodářství.....	24
4.5.1.2 Dlouhodobý cíl	26
5 Metodika	27
5.1 Zkusné plochy	27
5.1.1 Vymezení a založení zkusných ploch.....	28
5.1.2 Odběr biomasy.....	29
5.1.3 Zpracování biomasy.....	30
5.2 Hemisférické snímky	31
5.2.1 Pořízení fotografií korunového zápoje	31
5.2.2 Zpracování černobílých snímků	32
5.2.3 Analýza světelných podmínek	33
5.3 Statistické vyhodnocení dat	35
6 Výsledky	37
7 Diskuze	47
7.1 Vliv světla na produktivitu bylinného patra	47
7.2 Vliv světla na variabilitu produkce biomasy	49
7.3 Vliv světla na diverzitu	51
8 Závěr	54
9 Seznam literatury	56

10	Seznam příloh	63
11	Přílohy	64

2 Úvod

Mnoho lidí v Evropě si při představě lesa vybaví rozlehlé oblasti plné vysokých stromů s průměrnými až velkými rozměry. V závislosti na geografické poloze mohou být tyto lesy buď jehličnaté, listnaté, nebo jejich kombinací. Kácení stromů probíhá buď selektivně nebo na holinách, a obnova lesů je zajištěna buď přirozeným semenáčkem, nebo výsadbou. Dlouhé obmýtní cykly, často trvající 50 až 100 let, umožňují vznik velkých stromů, které jsou využívány v pilařském průmyslu, truhlářství a dalších odvětvích dřevařského průmyslu. Naproti tomu, ve středních, jižních, východních a středomořských regionech Evropy se nacházejí lesy zcela odlišného charakteru: listnaté stromy jsou často menší, křivé a s tenkými kmeny, a lesy působí dojmem vysoké hustoty. Velká část stromů vyrůstá z jednoho pařezu, což lesům dodává keřovitý vzhled. Tento homogenní obraz je občas prokládán menšími holinami, kde byly stromy nedávno pokáceny a z původních pařezů vyrůstají nové mladé výhonky. Krátké obmýtní cykly vedou k produkci menších stromů, které jsou typické pro "výmladkové lesy" (UNRAU et al., 2018).

Tento typ lesního hospodaření se častěji vyskytuje v oblastech s tradiční lesnickou praxí, jako jsou například české nebo slovenské nížinné a pahorkatinné lesy (SLACH et al., 2016). Výmladkové lesy nabízejí několik výhod, včetně schopnosti rychlé regenerace a obnovy lesního porostu bez potřeby výsadby nových stromů. Dále mohou být tyto lesy vytvořeny na místech, kde by jiné typy lesů nemohly růst kvůli nízké kvalitě půdy či nepříznivému klimatu. Výmladkové lesy také rychleji přecházejí do fáze tvorby podrostu, což zlepšuje biotop pro různé druhy zvířat a rostlin. Výmladkové hospodaření je přístup k lesnímu managementu, který se zaměřuje na zachování biologické rozmanitosti a ekologických funkcí lesů, s cílem minimalizovat negativní dopady hospodaření na lesní ekosystémy a zároveň dosáhnout udržitelného využívání (UNRAU et al., 2018).

Experimentální lokalita v Přírodní rezervaci Kobyla u Koněprus, společně s referenčními lokalitami Na Voskopě, Na Pláních a Za Lípou v Chráněné krajinné oblasti Český kras, je od roku 2021 součástí dlouhodobého výzkumného projektu. Tento projekt, prováděný pracovníky a studenty Katedry ekologie lesa na České zemědělské univerzitě v Praze, zkoumá vliv výmladkového hospodaření na různé složky živé přírody. Dlouhodobý cíl tohoto výzkumu je přispět k udržitelnému lesnímu hospodaření v kontextu klimatických změn a zachování ekologických funkcí lesů, zkoumáním tradičních metod pařezového hospodaření a jejich dopadů na přírodní prostředí (SLACH et al., 2016; UNRAU et al., 2018). Je zásadní pochopit

vliv alternativních hospodářských metod na lesní ekosystémy, zejména v kontextu klimatických změn, které mohou významně ovlivnit biodiverzitu a funkce lesů. Tento výzkum má potenciál poskytnout cenné poznatky pro budoucí rozvoj udržitelného lesního managementu.

3 Cíle práce

Hlavním zaměřením mé diplomové práce je ověření dvou klíčových hypotéz: První hypotéza předpokládá, že zvýšení množství světla pronikajícího do bylinného patra povede k intenzivnějšímu růstu nadzemní biomasy bylin v partiích lesa, které byly původně méně osvětlené. Druhá hypotéza zkoumá, zda prostorová variabilita ve tvorbě nadzemní biomasy je výraznější na místech s vyšší světelnou intenzitou ve srovnání se stinnějšími částmi lesa. Pro ověření těchto hypotéz bude využita regresní analýza dat shromážděných během výzkumu.

Výsledky této práce budou následně srovnány s relevantními studiemi zpracovanými na Katedře ekologie lesa, zaměřujícími se na podobnou problematiku v lesích Českého krasu, konkrétně na lokalitách Na Voskopě, Za Lípou a Na Pláních, kde probíhá experimentální management obnovy středního lesa.

4 Literární rešerše

4.1 Prostorová variabilita produktivity

Prostorová variabilita produktivity bylinného patra je téma, které si zaslouží pozornost v rámci ekologických a environmentálních věd. Produktivita bylinného patra, definovaná jako množství biomasy produkované jednotkou plochy za určité časové období, je klíčovým ukazatelem pro pochopení funkčnosti ekosystémů. Tato produktivita může být ovlivněna řadou faktorů, včetně klimatických podmínek, složení půdy, dostupnosti vody a světla, ale také interakcí mezi jednotlivými druhy rostlin a jejich konkurencí o zdroje (HRADILOVÁ, 2010).

Výzkumy ukazují, že dostupnost světla má přímý vliv na růst a rozvoj bylinného patra, což následně ovlivňuje celkovou biodiverzitu a ekosystémové služby, které lesy poskytují (MILLER a TANGLEY, 2017). V naší studii jsme využili kvantitativní metody pro měření světelných podmínek a produkce biomasy bylinného patra, aby bylo možné určit, jak variabilita těchto faktorů ovlivňuje ekosystémové funkce.

Zjištění z našeho výzkumu potvrzují, že vyšší úrovně světelné dostupnosti jsou spojeny s vyšší produktivitou bylinného patra, což je v souladu s předchozími studiemi (GREENWOOD a JUMP, 2014). Tato souvislost podtrhuje význam světelných podmínek pro podporu zdravého a produktivního lesního ekosystému. Prostorová variabilita produktivity bylinného patra byla ve studovaných oblastech výrazná, což naznačuje, že jednotlivé části lesa se mohou výrazně lišit ve své schopnosti podporovat bohatý a diverzifikovaný bylinný pokryv.

Tyto prostorové rozdíly mohou být důsledkem řady faktorů, včetně variací v mikroklimatu, půdních podmínek a historii využívání půdy (WILSON et al., 2016). Naše výsledky zdůrazňují potřebu přizpůsobit management lesů tak, aby reflektoval tyto variace, a podporoval tak biodiverzitu a ekosystémové služby na lokální úrovni.

Celkově naše studie přispívá k lepšímu porozumění vztahům mezi prostorovou variabilitou produktivity bylinného patra, lokální dostupností světla a ekosystémovými funkcemi lesů v Českém krasu. Tyto poznatky mají význam pro formulaci strategií pro udržitelné lesnické hospodaření, které zohledňuje komplexní ekologické procesy a podporuje zachování biodiverzity (FISCHER a LINDENMAYER, 2007).

4.2 Světlo

Světelné podmínky významně ovlivňují ekologické procesy v lesních ekosystémech, kde představují základní zdroj energie pro fotosyntézu rostlin. V rámci lesních ekosystémů se světlo stává klíčovým faktorem, který určuje nejen růst a vývoj rostlin, ale také strukturu a dynamiku rostlinných společenstev (GATEHOUSE et al., 2002). Tato práce se zabývá zkoumáním vlivu světelných podmínek na produktivitu bylinného patra v odrostlém středním lese v Českém krasu a snaží se pochopit, jak prostorová variabilita těchto podmínek ovlivňuje ekosystémové funkce lesa.

Výzkumy potvrzují, že heterogenita světelného prostředí, způsobená strukturálními rozdíly v korunovém patře lesa a reliéfem terénu, má přímý dopad na fotosyntetickou aktivitu a tedy i na produkci biomasy rostlin (HUTCHINGS, 2003). V Českém krasu, kde se experimentální plochy nacházejí, pozorujeme, jak přirozená dynamika lesa, tak zásahy v rámci lesního hospodaření vytvářejí rozmanité světelné podmínky, což vede k rozdílným reakcím bylinného patra.

Na základě sběru a analýzy dat bylo zjištěno, že oblasti s vyšší intenzitou světla mají tendenci podporovat bohatší a produktivnější bylinné patro, což koresponduje s teorií, že světlo je limitujícím faktorem pro růst rostlin v lesních ekosystémech (LARCHER, 2003). Tento vztah mezi světelnými podmínkami a produktivitou bylinného patra zdůrazňuje význam správného managementu lesního prostředí, který by zohledňoval potřeby rostlinných společenstev a podporoval biodiverzitu.

Prostorová variabilita v produkci biomasy bylinného patra, která byla v této studii pozorována, poukazuje na složitost vztahů mezi světlem a rostlinnými společenstvy. Tyto rozdíly mohou být výsledkem různých ekologických a biotických faktorů, včetně rozdílů v půdních podmínkách, konkurenci mezi druhy a historii využívání daného místa (GRIME, 2001).

Výsledky této práce naznačují, že pro dosažení udržitelného lesního hospodaření je klíčové porozumění světelným podmínkám a jejich vlivu na lesní ekosystémy. Budoucí výzkum by měl směřovat k dalšímu prozkoumání těchto vztahů a hledání optimálních strategií pro zachování a podporu biodiverzity a ekosystémových služeb v lesích.

4.2.1 Lesní patra ve vztahu ke světlu

Světelné podmínky mají zásadní význam pro fotosyntetickou aktivitu rostlin, což je klíčové pro jejich růst, obnovu a konkurenceschopnost v lesních ekosystémech. Rostliny jsou rozděleny do kategorií podle jejich tolerance ke stínu a potřeby světla, od pionýrských druhů požadujících vysoké úrovně světla až po klimaxové druhy, které jsou schopné růstu ve stínu. Kromě světla hrají důležitou roli v procesu obnovy i další abiotické faktory, jako je vlhkost, teplota a typ půdy, které společně ovlivňují podmínky pro růst rostlin (HOLL, 1999; BROKAW a BUSING, 2000).

Výzkumy ukazují, že dostatečná dostupnost světla je nezbytná pro úspěšnou obnovu druhů jako jsou dub letní (*Quercus robur*) a dub zimní (*Quercus petraea*), přestože predace semena a další faktory mohou omezovat jejich klíčení. Lesnické postupy ukazují, že mladé dubové sazenice vyžadují pro svůj růst dostatek světla, což je dosaženo postupným prořezáváním matečného porostu (KIRBY, 1992; McCARTHY, 1997). Na druhou stranu, buk (*Fagus sylvatica*) a další druhy tolerantní ke stínu vyžadují pro obnovu delší čas, často až 30 let. Toto je podpořeno pozorováním v lesních rezervacích, kde je obnova dubu v uzavřených korunových zápojích omezená, zatímco buk a další stinné druhy se obnovují úspěšně (FLINN a VELLEND, 2005).

Jako sedentární organismy jsou rostliny vystaveny různým fyzikálním faktorům svého prostředí, včetně světla, které má na ně různorodé účinky od stresu po poškození. Přesto mají rostliny adaptivní mechanismy, které jim umožňují překonávat tyto výzvy a přizpůsobit se nepříznivým podmínkám. Mezi tyto adaptace patří například úpravy ve tvorbě kořenů a listů, regulace procesů jako transpirace a fotosyntéza, a akumulace obranných látek (LAMBERS et al., 2008; FLEXAS et al., 2004).

Dostupnost světla je pro rostliny nezbytná k provádění fotosyntézy a ovlivňuje jejich schopnost růstu a přežití v lesních ekosystémech. Faktory ovlivňující dostupnost světla zahrnují stínění korunami stromů a atmosférické podmínky, což vede k rozmanitým adaptacím mezi druhy rostlin pro maximalizaci využití dostupného světla (VALLADARES et al., 2007; PEARCY, 2007).

4.2.2 Index listové plochy

Index listové plochy (*Leaf Area Index*, LAI) je klíčovým indikátorem, který vyjadřuje poměr listové plochy k ploše půdy a poskytuje informace o pokryvu vegetace na daném území. Hodnota LAI se mění v závislosti na sezónních změnách, vývojovém stadiu rostlin a klimatických podmínkách, což umožňuje sledování zdravotního stavu a hustoty vegetace (JOHNSON a WATSON, 2012; MILLER, 2014).

LAI je definován jako celková plocha fotosynteticky aktivního listoví na jednotku plochy země a je měřen v m^2/m^2 . Pro pozemní měření se používá několik technik, včetně hemisférických fotografií nebo měření světelného propustnosti koruny. Přepočtení hodnot získaných z těchto měření na alometrické hodnoty vyžaduje podrobné znalosti o korunovém zápoji, jako je distribuce velikosti mezer ve vrstvě korun (SMITH a WILSON 2010).

Index LAI hraje zásadní roli v energetické výměně mezi vegetací a atmosférou a ovlivňuje řadu ekofyziologických procesů, včetně evapotranspirace a fotosyntézy. Tím má bezprostřední vliv na produktivitu porostů a je klíčovým parametrem pro modelování ekosystémových procesů. Přímá měření LAI ve vegetaci však mohou být komplikovaná a časově náročná, což vedlo k rozvoji nepřímých metod odhadu LAI, které se opírají o měření světla procházejícího korunovým zápojem. Tyto metody, ač přesné, vyžadují specifické podmínky, jako je bezmračná obloha, a často je nutné stanovit koeficient extinkce světla, který se může místně lišit (HANSEN a SCHJOERRING 2003).

V poslední době byly vyvinuty nové technologie pro rychlé a přesné měření LAI, včetně zařízení založených na analýze obrazu koruny nebo na diferenciálním měření světla nad a pod korunami. Tyto inovace umožňují efektivnější sledování LAI a poskytují cenné informace pro řízení lesních a zemědělských ekosystémů (ROBERTS et al., 2005).

Monitoring a analýza LAI jsou nezbytné pro pochopení procesů probíhajících na zemském povrchu a pro modelování klimatických změn. LAI ovlivňuje mnoho důležitých procesů, včetně fotosyntézy a transpirace, a je proto klíčovým faktorem ve vztazích mezi biosférou a atmosférou (WILSON, 2007).

4.3 Výmladkové hospodářství v Evropě

Výmladkové lesy jsou významnou součástí lesních zdrojů jihovýchodní Evropy. Nejdůležitějšími společnými charakteristikami při jejich zakládání byla absence jakýchkoliv pěstebních opatření v raném věku a velmi slabé a neadekvátní pěstební úpravy v pozdějších fázích. Většina výmladkových lesů, ve kterých byla zahájena hospodářská činnost směřující k přeměně ve vysoké lesy, byla dříve či později ponechána samovolnému vývoji. Bylo to většinou kvůli nedostatku finančních prostředků nebo adekvátních znalostí. Některé pařezinové lesy byly prostě ponechány růst. Tyto okolnosti, v kombinaci s vlivem různých sociálních, ekonomických a biologických faktorů, jakož i s chybným vědeckým a odborným přístupem managementu, způsobily rozvoj pestré škály typů výmladkových lesů s heterogenními strukturními, produkčními a kvalitativními charakteristikami. Tato rozmanitost je také výsledkem různých systémů řízení, které se v regionu během historie vyvíjely. Přestože se formálně drží konceptu „multifunkčního využívání lesa“, některé z těchto postupů by měly být znovu objeveny a testovány na základě ekologických, ekonomických a sociálních ukazatelů udržitelného hospodaření v lesích (VACIK et al. 2007) a aktualizovány o nové a vylepšené koncepty řízení (STAJIC 2009).

Pro úspěšné zavádění a implementaci nových a vylepšených koncepcí a zvyklostí hospodaření ve výmladkových lesích je nutné vzít v úvahu hlavní problémy a mezery ve znalostech podle minulého a současného hospodaření. Jedná se o následující problémy:

- Existují jasné funkční interakce mezi minulým hospodařením a současným stavem výmladkových lesů. Úlohou studií historie lesa není předepisovat budoucí strategie managementu, ale historie může jistě podnítit debaty o budoucích směrech managementu (STEWART 2005).
- Pěstování výmladkových lesů je poměrně jednoduché, a proto je vhodné pro malé soukromý lesní majetek. Odborná a finanční podpora soukromých vlastníků i adekvátní lesní politika mohou zlepšit stav těchto lesů a podpořit rozvoj venkovských oblastí.
- Zapojení všech zúčastněných stran do rozhodování povede k hmatatelnému zlepšení v celém lesnickém sektoru a přispěje k udržitelnějšímu využívání dřeva a nedřevěných produktů z pařezinových lesů.

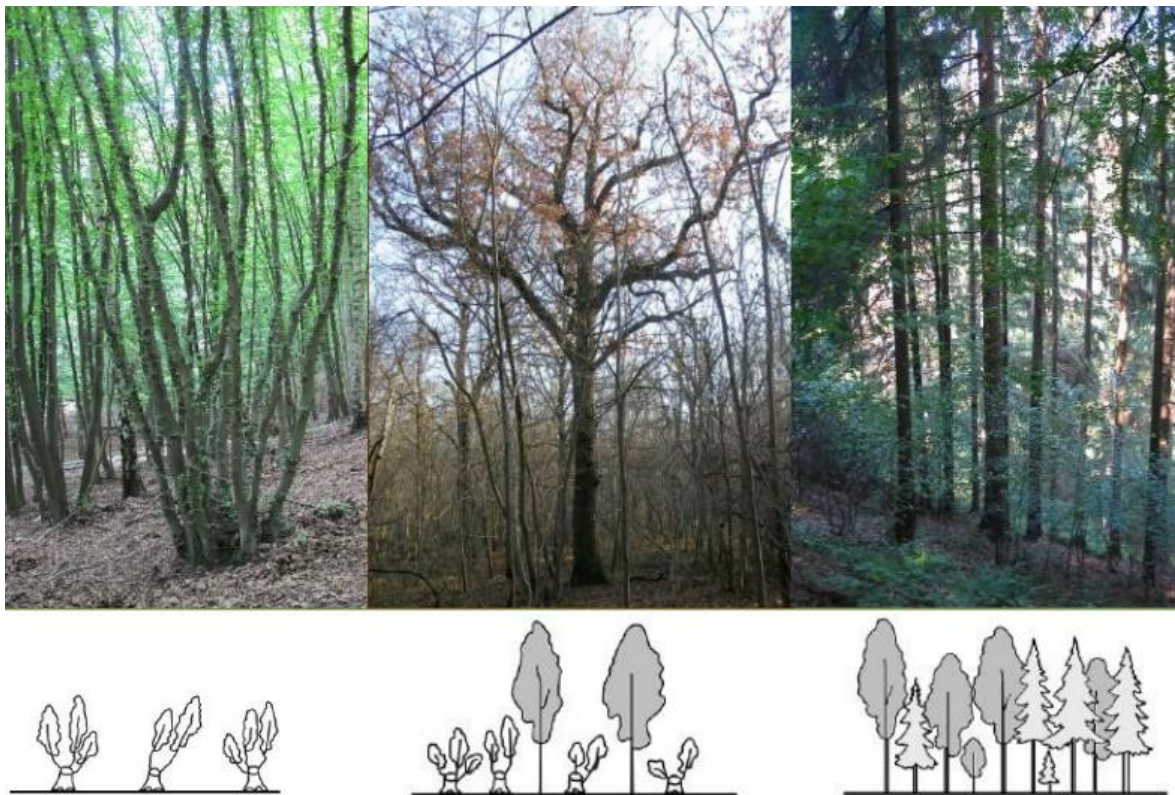
- Ve většině případech byly pařezinové lesy v jihovýchodní Evropě obhospodařovány s periodami střídání v rozmezí od 10 do 80 (100) let. Prodloužení cyklu rotace obecně zajišťuje bohatší návrat organické hmoty do půdy a snižuje negativní účinky krátkých rotací na úrodnost lokality a také koncentruje vyšší objemy tlouštěk stromů (AMORINI A FABIO 1992). Na druhou stranu někteří autoři zjišťují, že příliš dlouhé rotace mají za následek ztrátu růstového potenciálu a nižší vitalitu stromů, a proto je z ekonomických, ekologických a biologických aspektů nedoporučují (VUCKOVIC et al. 2000; DUBRAVAC a KREJČI 2004).
- Přeměna pařezinových lesů na lesy vysoké pomocí přirozené obnovy se ukázala jako nejvhodnější a nejefektivnější způsob hospodaření. Jeho hlavní předností je, že postupně zlepšuje stabilitu ekosystémů, kvalitu a hodnotu dřevní hmoty i zvýšení estetických vlastností zalesněné krajiny.
- Vzhledem k značnému podílu pařezinových lesů v jihovýchodní Evropě a jejich nepříznivé věkové struktuře (převažují porosty mezi 50 a 70 lety) by měla být zvážena možnost zavedení některých dalších koncepcí hospodaření pro konkrétní země. V tomto případě jsou nutné další znalosti, aby bylo zajištěno vhodné provedení těchto technik.
- Zlepšené výmladkové hospodaření v zemích jihovýchodní Evropy by také bylo důležitým příspěvkem ke zmírnění změny klimatu, podpoře moderního průmyslu bioenergie, udržitelnému sociálnímu rozvoji a zmírnění chudoby (JURGENS et al. 2004).
- Jsou nutné další úvahy týkající se možného rozšíření oblasti chráněných výmladkových lesů v jihovýchodní Evropě v souladu s implementací směrnic EU týkajících se biologické rozmanitosti, kvality vody, rekreace atd.

Lze konstatovat, že udržitelné obhospodařování výmladkových lesů může přispět k ekologické stabilitě a ekonomickému rozvoji jihovýchodní Evropy. Toho lze dosáhnout jak zvážením tradičních koncepcí hospodaření, tak zavedením nových postupů řízení, které jsou vědecky podložené s ohledem na ekologické, ekonomické a sociální zájmy (STAJIC 2009).

4.4 Hospodářské tvary lesa

Lesy dělíme podle tvaru na:

- I. **Vysoký les** – porost vzniklý ze semen či sadebního materiálu lesních dřevin (*generativní způsob*).
- II. **Nízký les** – porost vzniklý výmladností dřevin (*vegetativní způsob*).
- III. **Střední les** – porost, ve kterém spodní etáž vznikla převážně výmladností a jedna či více horních etáží vznikly převážně ze semen či sadebního materiálu lesních dřevin (*kombinace generativního a vegetativní způsobu*) (ŠTERNEROVÁ 2022).

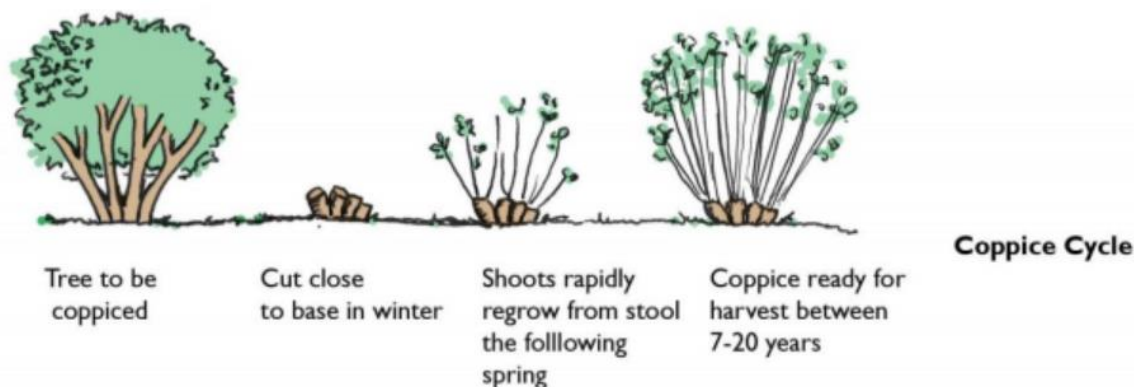


Obrázek 1: Lesy podle hospodářského tvaru. Zleva: nízký les, střední les, vysoký les.
Zdroj: Akela Mendelu, www.akela.mendelu.cz.

4.4.1 Nízké lesy

V celé Evropě je více než 20 milionů hektarů obhospodařováno výmladkovým způsobem, přičemž mnohem větší plocha pochází z historického hospodaření. Je to nejstarší forma systematického a udržitelného hospodaření v lesích a byla vyvinuta zásobovat venkovské komunity a raná průmyslová odvětví dřevem, převážně ve formě paliva. Na počátku 20. století se převládající koncepce hospodaření v lesích posunula k „vysokému lesu“. Bylo to způsobeno

především nárůstem využívání fosilních energií, díky nimž se palivové dřevo stalo méně důležitým. Dalším faktorem byla zvýšená potřeba velkorozměrového stavebního dřeva, které se snadněji vyrábí ve vysokých lesích. V důsledku toho bylo mnoho pařezových lesů přeměněno na vysoké lesy nebo opuštěno. Rychlost a intenzita těchto změn závisela na místních podmínkách průmyslového rozvoje a tržní poptávce. V dnešní době tedy existuje velká regionální variabilita pařezinových lesů, pokud jde o distribuci, strukturu, právní status a hospodaření (UNRAU et al. 2018).



Obrázek 2: Cyklus výmladkového lesa.

Zdroj: University of Kent, www.blogs.kent.ac.uk.

Jak již bylo zmíněno výše, odklonění od hospodaření nízkého a středního tvaru lesa byl zapříčiněn hlavně z ekonomických důvodů. Díky požadavkům dnešní doby se však dostává stále více do popředí i environmentální hledisko lesního managementu. Způsob hospodaření v lesích má zásadní dopad na složení lesních rostlinných společenstev. Vysoká biodiverzita, kterou zajišťují nízké a střední lesy, je v dnešní době ochránářsky velmi významná a cenná. Upuštění od tradičních forem hospodaření vedlo v takovýchto lesech k velmi rozsáhlým dopadům na jejich druhovou bohatost. Nízké a střední lesy byly nahrazeny lesy vysokými, které jsou typické pro svůj velký zástin bylinného patra, což mělo negativní dopad na celá rostlinná společenstva, která byla zvyklá na cyklické střídání světlejší a stinnějších fází stromového patra. Dodnes jsou některé lesní dřeviny přechodem na jinou formu hospodaření poznamenány. Fenomén zvaný hromadné odumírání dubů, který způsobují houbové patogeny *Microsphaera alphitoides* a *Phytophthora sp.*, vede ke zhoršenému zdravotnímu stavu lesních porostů v některých evropských zemích. Snížené světelné podmínky v bylinném patře mají negativní vliv na obnovu dubu. Malé množství světla vede k dominanci stínomilných konkurenčně silnějších druhů s vysokou pokryvností a dub tím tak ztrácí schopnost generativní obnovy. Převod na les vysoký má tedy vliv, jak na bylinné a stromové patro, ale dále i na semennou banku, půdu a

další organismy (pokles populací denních motýlů, xylofágních brouků a dalších druhů bezobratlých) (ŠTERNEROVÁ 2022).

Výmladkové porosty jsou nejstarší formou udržitelného lesního hospodářství a jsou dnes stále hojné v celé Evropě. Jeho jedinečné vlastnosti přispívají k obživě na venkově, biohospodářství, životnímu prostředí a kulturnímu dědictví. Výmladkové lesy se v nedávné historii staly opomíjenými a zanechaly tak obrovský nevyužitý potenciál (UNRAU et al. 2018).

4.4.1.1 *Benefity výmladkového hospodářství*

Výmladkové lesy mají jedinečné vlastnosti, které jsou cenným přínosem pro společnost, ekonomiku a životní prostředí:

- Venkovské živobytí – pravidelný příjem, udržitelná zaměstnanost a zdroje
- Nízkouhlíkové biohospodářství – obnovitelné, udržitelné, ekologické biomateriály a paliva
- Ochranná funkce – zmírňuje erozi půdy, řízení hornin, sesuvy půdy a laviny
- Sdílená ekonomika – komunitní využití a rekreace
- Poskytování – dřevo a nedřevěné lesní produkty
- Obohacování – biodiverzita a kulturní krajiny

Pařezové hospodaření je v politice EU stěžejně uznáváno nebo řešeno. V mnoha národních politikách je také opomíjeno, a dokonce proti němu. V důsledku toho jsou spolehlivé údaje o výmladkových lesích vzácné a znalosti se ve vědě i praxi zmenšují. Pokračující zanedbávání nízkých lesů je ztracenou příležitostí pro evropský rozvoj (UNRAU et al. 2018).

4.4.1.2 *Přízemní vegetace*

Reakce bylinné vegetace u výmladkového hospodaření je často velkolepá. Ve stínu starého porostu je bylinné patro obvykle velmi řídké. Avšak díky provedené těžbě se prostupnost letního světla zesílí asi 20krát a jarní světlo pak až čtyřnásobně, což spustí rychlou změnu vzhledu bylinného podrostu. Nejdramatičtější odezva je často pozorována ve druhém nebo příležitostně třetím roce po řezu, kdy kvetení a vitalita mnoha rostlin vrcholí. V této době mohou jarní květiny – sasanky (*Anemone*), zvonky (*Campanula*), břečťan popínavý (*Hedera Helix*), pitulník žlutý (*Galeobdolon luteum*), kuklík potočný (*Geum rivale*) - pokrýt zem. Mnohé z těchto rostlin, které se náhle objeví v čerstvě vytěžených pásech, přežily ve zastíněném

mlází vegetativním růstem (bez kvetení). Jiné, jako pryšec obecný (*Euphorbia esula*), rákos (*Phragmites*), náprstník (*Digitalideae*) a třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*) klíčily ze semen v půdě. Ale ne všechny rostliny náročné na světlo, kterým se daří v otevřeném zápoji, dokážou přežít v semenech pod dospělým porostem. Například bodláky (*Carduus*) a vrbovky (*Epilobium*) se mohou šířit do mladých porostů z jiných otevřených ploch v lese nebo dokonce z vnějšku lesa.

Mnoha lesním rostlinám, zejména těm na jaře kvetoucím, prospívá výmladkové hospodaření. Střídání období světla a tmy zajišťuje, že jsou schopny periodicky kvést, aniž by byly přemoženy konkurenceschopnějšími druhy. Jen hrstka rostlin, jako je bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*) a vraní oko čtyřlísté (*Paris quadrifolia*), dává přednost stinným podmínkám ve starších porostech a po těžbě (prosvětlení) mají tendenci odumírat (FULLER a WARREN 1993).

Tradiční obhospodařování výmladkových dřevin, často založené na pravidelných krátkých rotacích v průběhu staletí, vytvořilo stanoviště pro druhy, které jsou přizpůsobeny dynamice rychle se měnících světelných, teplotních a hydrologických režimů (SZABO 2010). Tyto pravidelné, intenzivní pulzy narušování mají tendenci zvyšovat diverzitu jak v přízemní flóře, tak v keřových vrstvách. Produkovaná přechodná lesní struktura je důležitá pro mnoho pěvců, kteří shánějí potravu a hnízdí v mladých porostech, stejně jako pro jiné volně žijící ptáky (UNRAU et al. 2018). Vzniklé slunečné a teplé mikroklima vytváří vhodné podmínky pro řadu motýlů, mūr a dalších bezobratlých, kteří využívají zvýšeného kvetení podrostu a bohaté zdroje pylu a nektaru (HORÁK et al. 2014).

Mnoho dalších druhů rovněž těží z otevřeného stromového patra výmladkových porostů. V dlouho zanedbávaných nebo přeměněných porostech pařezin však druhová rozmanitost rostlin a některé druhy bylin, které jsou na červeném seznamu, mají tendenci rychle ubývat (KOPECKÝ et al. 2013). V dříve spásaných a obhospodařovaných subkontinentálních doubravách v ČR tyto ubývající a ohrožené druhy spíše přetrvávaly v lokalitách s vysokou světelnou dostupností a relativně vyšším pH (ROLEČEK et al. 2017).

Opětovná aplikace tradičních postupů hospodaření v lesích může být schopna zvrátit sukcesní tendence v dávno opuštěných nebo přestavěných bývalých výmladkových lesích. V nížinných teplomilných doubravách obnova pařezin účinně zvýšila bohatost a pokryvnost druhů lesních i suchých travních porostů v průběhu 5 let (DOUDA et al. 2017). Ukázalo se, že obnova prosvětlování korunového zápoje, obdobně jako výmladkové porosty, v dávno

opuštěných prastarých porostech středního lesa, potenciálně podporuje a oživuje světelně náročné lesní flóry a také zvyšuje odezvy funkční diverzity rostlinných společenstev (ŠIPOŠ et al. 2017).

4.4.1.3 *Cyklus nového porostu*

První rok v létních měsících po těžbě má bylinné patro poměrně řídkou vegetaci, ale již druhým rokem je půda pokryta jarními květinami a jinými rostlinami. Samotný výmladkový porost je v prvních třech až čtyřech letech velmi otevřený, což umožňuje nálet druhům, jako je bříza bělokorá (*Betula pendula*) a ostružiník (*Rubus*). Výsledkem může být téměř neprostupná spleť nízkých olistěných dřevin, která přetrvává až do uzavření stromového zápoje, obvykle asi pět nebo osm let po těžbě. Zvyšující se stín rychle eliminuje většinu listů pod korunou, která v této době může být více než šest metrů nad zemí. Do dalšího těžebního zásahu nedochází k žádným dalším změnám ve struktuře vegetace kromě pokračujícího růstu výmladků (FULLER a WARREN 1993).

4.4.2 **Střední lesy**

Agrolesnické systémy, které kombinují stromy s jinými plodinami jako jsou zelenina, ovoce nebo obilniny, byly v minulosti v Evropě běžně využívány. Tyto plodiny byly pěstovány mezi stromy, čímž se efektivně využíval prostor a světlo. Avšak postupně byly nahrazeny vysokokmennými lesy orientovanými primárně na dřevařskou produkci. V současné době dochází k obnově agrolesnictví v různých formách a zemích díky jeho potenciálu pro druhovou diverzitu a ekologickou udržitelnost, kdy je obnova lesů zaměřena na biodiverzitu a využívání přírodních procesů. V České republice se například některé obory a bažantnice staly příkladem tohoto přístupu k lesnímu hospodaření (BÍLEK et al., 2013; NOVÁK et al., 2015).

Agrolesnické systémy, jakožto etážové lesy, využívají produkční potenciál stanoviště tím, že integrují stromy s nižším podrostem. Složení a počet etáží se liší v závislosti na kvalitě stanoviště, druhovém složení a cílech hospodaření. Dolní etáže jsou obvykle tvořeny vegetativními jedinci, zatímco horní etáže jsou doménou semenných stromů, které jsou doplněny o jedince z nižších etáží. V agrolesnických systémech se kombinuje nízký a vysoký les, kde stromy vzájemně interagují a využívají svůj růstový potenciál (SAYER et al., 2013; SCHUMANN et al., 2011).

Agrolesnické systémy poskytují útočiště pro vysokou biodiverzitu a podporují ekologickou stabilitu lesního ekosystému tím, že umožňují využití celého produkčního potenciálu stanoviště. Zvláště ve spodní etáži převládají stínomilné dřeviny jako lípy, javory a habry, zatímco v horní etáži se nacházejí ekonomicky významné dřeviny využívané v dřevařském průmyslu (GARNETT et al., 2013; KUMAR et al., 2016).

Historicky byly střední lesy v českých zemích a dalších evropských regionech hospodářsky významné díky své produktivitě a biodiverzitě. Avšak s postupným úpadkem významu tradičních agrolesnických systémů dochází k ohrožení některých druhů fauny a flóry, které jsou závislé na specifických stanovištích, jako jsou světlé listnaté lesy a paseky. Důležitost agrolesnických systémů pro zachování biologické rozmanitosti a ekologické stability v krajině je proto stále více uznávána (SAYER et al., 2013; GARNETT et al., 2013).

4.5 CHKO Český kras



Obrázek 3: Mapa CHKO Český kras.

Zdroj: www.ceskykras.ochranaprirody.cz

Chráněná krajinná oblast (CHKO) Český kras je jednou z nejstarších a nejvýznamnějších chráněných oblastí v České republice. Rozkládá se západně od Prahy a je charakteristická svým jedinečným krasovým reliéfem, bohatou geologickou historií a rozmanitostí biotopů. Oblast byla vyhlášena chráněnou krajinnou oblastí v roce 1972 s cílem ochránit její jedinečné přírodní a kulturní hodnoty.

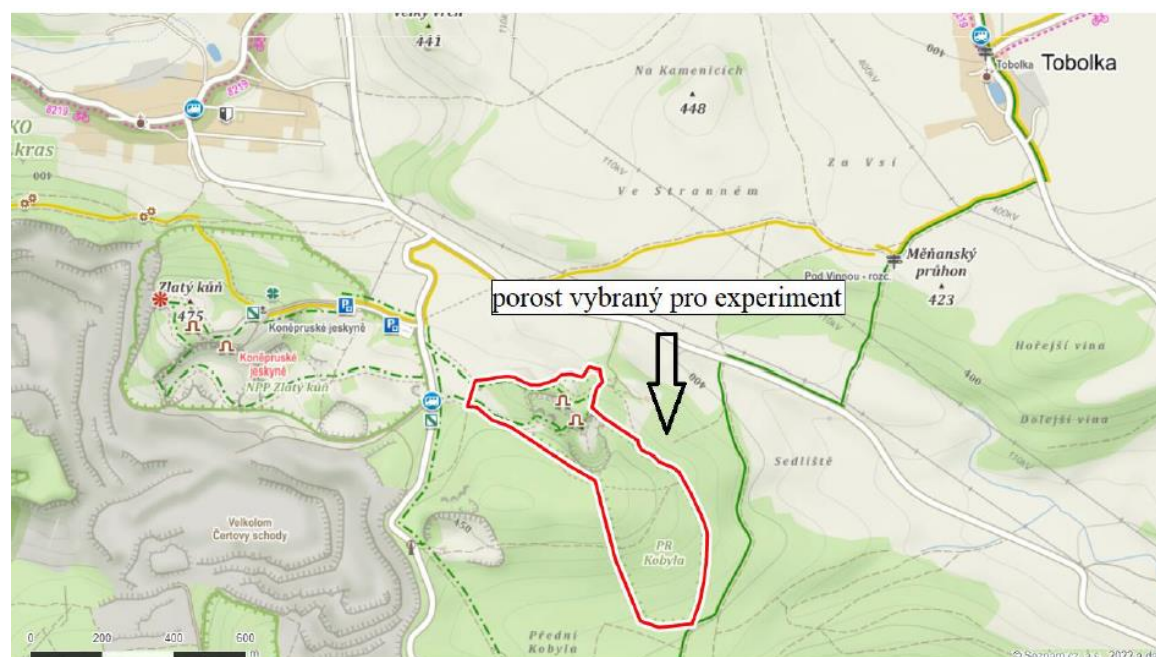
Český kras je známý především díky svému rozsáhlému systému jeskyní, včetně největší jeskyně na území České republiky, Koněpruských jeskyní. Kromě toho se zde nacházejí významné krasové jevy, jako jsou propasti, závrtky a krasové prameny. Geologická rozmanitost této oblasti je dále doplněna o výskyt vzácných minerálů a fosílií, které svědčí o bohaté geologické minulosti regionu (FAIMON a ŠTELCL, 2003; PRACNÝ, 2016).

Biodiverzita CHKO Český kras je mimořádně bohatá. Oblast je domovem mnoha chráněných a ohrožených druhů flóry a fauny, včetně několika endemitů. Lesní ekosystémy se zde prolínají s křovinatými porosty, loukami a pastvinami, což vytváří ideální podmínky pro rozmanité druhy rostlin a živočichů. Specifické podmínky krasových oblastí, jako jsou například suché trávníky a krasové lesy, poskytují životní prostor pro řadu specializovaných druhů, jako jsou různé druhy orchidejí nebo vzácný motýl modrásek bahenní (MAČÁT et al., 2007; TROPEK et al., 2013).

CHKO Český kras také představuje významné historické a kulturní bohatství. Archeologické nálezy svědčí o osídlení této oblasti již od pravěku. Na území CHKO se nachází řada historických památek, včetně hradů Karlštejn a Křivoklát, které jsou důležitými turistickými atrakcemi. Krajina CHKO Český kras je také bohatá na lidovou architekturu a tradiční zemědělské úpravy krajiny, které jsou cenným svědectvím historického využívání území (KUČERA a ROMPORTL, 2012).

Ochrana a správa CHKO Český kras se zaměřuje na zachování jejích přírodních a kulturních hodnot pro budoucí generace. To zahrnuje ochranu ohrožených druhů, udržení tradičního vzhledu krajiny a podporu udržitelného cestovního ruchu, který respektuje přírodní a kulturní dědictví oblasti. Výzvou pro management CHKO je nalézt rovnováhu mezi ochranou přírody a uspokojením potřeb místních obyvatel a návštěvníků (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2019)

4.5.1 PR Kobyla



Obrázek 4: Mapa s vyznačením plánovaného experimentu.
Zdroj: ŠTERNEROVÁ 2022.

Je také důležité zdůraznit, že PR Kobyla je chráněná oblast podle zákona (č. 114/1992 Sb.) O ochraně přírody a krajiny a je součástí sítě Natura 2000, což je síť chráněných území v zemích Evropské unie. Součástí této sítě jsou také evropsky významné lokality (EVL), jako je například Zlatý kůň (AOPK 2010), který zahrnuje experimentální plochu Kobyla, ležící v nadmořské výšce 410–430 m n. m. Mohutný vápencový masiv Zlatého koně představuje významný geologický profil spodnodevonským útesem. Unikátní jsou zde podzemní krasové jevy. Návrší a jižní svah Zlatého koně dnes pokrývá mozaika opuštěných lomů a bývalých pastvin se suchými trávníky, částečně zarostlými dřevinami. Většinu severního svahu pokrývají lesy, převážně listnaté, na části s nepůvodními dřevinami (AOPK 2010). Celková výměra této oblasti je 20,5 ha. Hlavní předmětem ochrany jsou opuštěný lom v severním úbočí a východní zalesněné svahy vrchu Kobyla. Tato oblast má významný geologický význam, protože zahrnuje odkrytý tzv. Očkovský přesmyk a patrné krasové jevy včetně jeskyní, které mají paleontologický i archeologický význam (ŠTERNEROVÁ 2022).

Nalézají se zde několik ekosystémů, včetně hercynských dubohabřin asociace *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* a teplomilných doubrav s dubem pýřitým asociace *Lathyro collini-Quercetum pubescentis*. Dále zde nalezneme úzkolisté a široolisté suché trávníky (as. *Festuco-*

Brometea) a vegetaci sukulentů a efemér na vápenci (as. *Alyso alyssoidis-Sedetum*). Je důležité, aby byly tyto ekosystémy chráněny a aby byla respektována jejich biodiverzita. Každý z těchto ekosystémů má své specifické vlastnosti a unikátní rostlinné a živočišné druhy, které je třeba chránit a zachovat pro budoucí generace. Cílem ochrany přírody v PR Kobyla je zachování a zlepšení stavu živé a neživé přírody v této oblasti, a to včetně geologického profilu Očkovského přesmyku a jeskyní Chlupáčova sluj a Zlomená sluj. Důraz je kladen na zachování a obnovu přirozeného charakteru dubohabřin, teplomilných doubrav a suchých trávníků. V lesích je snahou dosáhnout stanovištně vhodné dřevinné skladby, vyšší prostorové i věkové rozmanitosti a u nelesních biotopů obnovit suché pastevní trávníky. Většina lesů v rezervaci byla v minulosti obhospodařována jako běžné hospodářské lesy, v některých porostech je však do dneška patrný tvar středního lesa (AOPK 2010).

Geologicky spadá PR Kobyla do Silursko-devonského barrandienského synklinoria, což je geologická jednotka nacházející se v oblasti Barrandien v České republice. Jedná se o sedimentární pánvi, která vznikla před více než 400 miliony lety během siluru a devonu. V této oblasti jsou dobře zachované horniny, které poskytují cenné informace o vývoji života na Zemi v této geologické éře. V Koněpruské oblasti se nachází velmi komplikovaná geologická stavba, která je tvořena různými druhy hornin. Mezi nejvýznamnější patří klastické, karbonátové, vulkanoklastické a vulkanické horniny silurského původu a devonské karbonáty. Tyto horniny jsou významné z hlediska geologického výzkumu, ale také z hlediska ochrany přírody, protože se v nich nacházejí cenné paleontologické nálezy (ŠTERNEROVÁ 2022).

PR Kobyla slouží jako útočiště pro ohrožené druhy rostlin a živočichů. Například Koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohemica*), který je považován za kriticky ohrožený druh a je chráněn zákonem. Pampeliška bahenní (*Taraxacum palustre* agg., *Taraxacum bavaricum*) je také ohrožený druh, který je vázán na mokřadní a rašelinná stanoviště. Dále pak Jeřáb krasový (*Sorbus eximia*), který se vyskytuje výhradně v oblasti Českého krasu a je ohrožen kvůli fragmentaci přirozených stanovišť a snižování kvality prostředí. Z živočichů pak Netopýr velký (*Myotis myotis*), který je chráněn zákonem a vyskytuje se v jeskyních v oblasti PR Kobyla. Jedná se o největšího evropského netopýra a zastává významnou ekologickou funkci jako regulátor hmyzí populace (AOPK 2010).

Vegetační asociace Galio sylvatici-Carpinetum betuli, kterou nalezneme v PR Kobyla z naprosté většiny, je typická pro hercynské mezické dubohabřiny, což jsou lesy s převahou dubu a habru. V asociaci se vyskytuje mnoho charakteristických rostlin jako například jaterník

podléška (*Hepatica nobilis*), sasanka lesní (*Anemone nemorosa*), sasanka hajní (*Anemone sylvestris*), violka lesní (*Viola reichenbachiana*) a mnoho dalších. Částečně jsou zde i bazifilní dubové řídkolesy (as. *Lathyro collini-Quercetum pubescentis*) s dominancí dubu, které se vyskytují na mělkých bazických půdách s vysokým obsahem vápníku. Tyto asociace jsou zásadní pro ochranu přírodního bohatství, protože poskytují útočiště pro mnoho ohrožených druhů rostlin a živočichů (ŠTERNEROVÁ 2022).

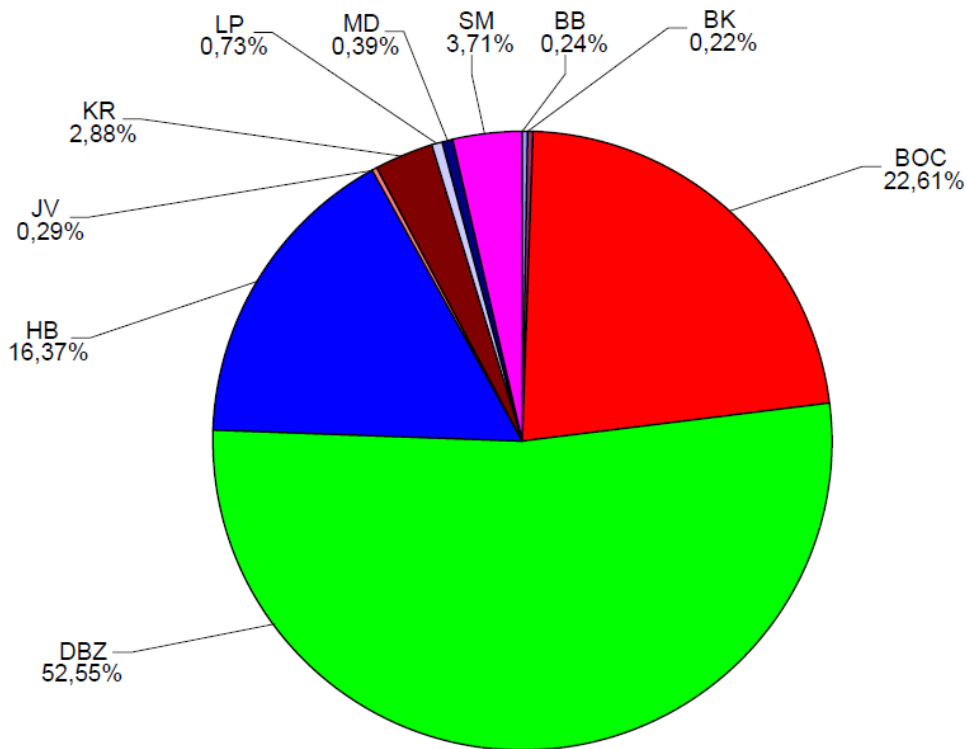
4.5.1.1 Lesní hospodářství

Cílem hospodaření je uchování či vytvoření přírodě blízké druhové skladby s dominantním zastoupením druhů cílové dřevinné skladby (dub zimní, dub pýřitý, habr obecný, lípa malolistá, javor babyka, buk lesní) včetně udržení či zlepšení biotopů cílových druhů živočichů a rostlin. Cílem ochrany z hlediska živé přírody je zachování a zlepšení stavu dubohabřin, teplomilných doubrav s dřínem a suchých trávníků na karbonátových horninách; konkrétně v lesích postupné dosažení stanovištně vhodné dřevinné skladby, vyšší věkové a prostorové rozmanitosti porostů, u nelesních biotopů obnovení suchých pastevních trávníků v původním rozsahu a vylepšení podmínek pro světlomilné a suchomilné rostliny, houby a živočichy.

Severní část PR je tvořena opuštěným lomem na Kobyle s uměle odkrytými skalními stěnami a malým slatinným mokřadem na dně. Ve velké části lomu a v jeho nejbližším okolí probíhá samovolná sukcese vegetace, která vede postupně k zarůstání křovinami a dále k tvorbě lesních porostů svým charakterem víceméně odpovídajících zdejší klimaxové vegetaci. Oslabení termofilního charakteru zdejší vegetace je dáno lokalizací lomu na mírném SV svahu. Severozápadní cíp PR pokrývají široolisté suché trávníky. Jižní část PR, orientovaná na mírném jižním svahu, je pokryta lesy, především dubohabřinami. Původní bezlesé enklávy uvnitř lesů byly využívány v minulosti jako pastviny, zhruba v polovině 20. století byly částečně osázeny borovicí černou. Na zbývající části pastvin se zachovaly úzkolisté suché trávníky. Na přechodu mezi jižní a severní částí je malý porost dřínové teplomilné doubravy.

Lesy byly v minulosti obhospodařovány jako běžně hospodářské lesy. Ve vybraných porostech je dodnes zřejmé pěstování ve tvaru středního lesa, bezlesí v jižní části rezervace bylo v historii využíváno jako pastvina včetně přilehlých ploch. Otevřeným lesostepním společenstvům hrozí při ponechání samovolné sukcese zánik zarůstáním souvislým keřovým a stromovým patrem. K negativním lidským vlivům lze řadit to, že část těchto pastvin byla v minulosti zalesněna borovicí černou. Na malé ploše 0,29 ha došlo v minulosti i k výsadbě

smrku ztepilého. Tyto porosty nepůvodních dřevin jsou v současnosti již v mýtním věku a je předpokladem do budoucnosti změnit druhovou skladbu těchto porostů směrem k přirozené skladbě. Rovněž mohutný rozvoj keřového patra lze považovat za škodlivý, týká se to především jižní částí lokality s nepříznivým druhovým složením.



Obrázek 5: *Současné zastoupení dřevin PR Kobyla.*

Zdroj: AOPK 2010.

Na části území jsou dosud patrné dříve běžné způsoby využívání lesa, které podmiňují výskyt některých vzácných druhů (výmladkové hospodaření, pastva v lese). Nutná je přeměna stanovištně nepůvodních jehličnatých porostů zejména borovice černé, smrku ztepilého a modřínu opadavého a zvýšit podíl ponechávaného odumřelého dřeva. V maximální míře je třeba zachovat současný rozsah plochy bezlesí, či postupně tuto plochu rozšiřovat na úkor sousedních porostů nepůvodních dřevin (AOPK 2010).

4.5.1.2 Dlouhodobý cíl

Dlouhodobým cílem jsou druhově bohaté lesy s přirozenou skladbou dřevin i podrostu, prosvětlené a vertikálně i horizontálně diferencované, udržované řízenou péčí ve stavu umožňujícím zachování biodiverzity všech organismů, včetně druhů vázaných na specifické způsoby využívání lesa v minulosti.

Lesy plní převážně mimoprodukční funkce, zejména slouží pro zachování biologické rozmanitosti. Pěstovat jen porosty stanovištně původních dřevin, geograficky nepůvodní druhy by se neměly vyskytovat. Lesní porosty budou jednotlivě nebo skupinově smíšené, druhově, věkově a prostorově diferencované, s vysokou ekologickou stabilitou. Při obnově lesních porostů maximálně využívat přirozenou obnovu, vhodně doplněnou umělou obnovou pro podporu dřevin, které jsou konkurenčně slabší, zejména duby. Dřeviny a jejich zastoupení při umělé obnově volit podle přirozených dřevinných skladeb s použitím sazenic místního původu. Běžně ponechávat jednotlivé doupné i ostatní stromy nebo jejich skupiny do fyzického rozpadu, ponechávat také významnou část odumřelého dřeva různých, převážně však větších dimenzí (zejména souše, pahýly apod.) pro udržení biodiverzity. Na vybraných plochách může být v budoucnosti podporován tvar lesa nízkého a středního (AOPK 2010).

5 Metodika

5.1 Zkusné plochy

V této kapitole se zaměříme na detailní popis a analýzu zkušebních ploch, které byly vybrány pro provádění našeho výzkumu. Zkusné plochy byly pečlivě vybrány na základě jejich geografické polohy, ekologických charakteristik a specifických kritérií, které jsou relevantní pro naše studijní cíle. Cílem je poskytnout čtenáři komplexní přehled o prostředí, ve kterém byly prováděny výzkumné aktivity, a zdůraznit důležitost těchto lokalit pro porozumění zkoumaným ekologickým procesům.

Pro každou zkušební plochu bude podán podrobný popis, zahrnující informace o její velikosti, typu vegetace, půdních podmínkách, převládajícím klimatu a dalších faktorech, které mohou ovlivnit výsledky výzkumu. Dále budou představeny metodiky, které byly použity pro sběr dat na těchto plochách, včetně popisu použitých vědeckých nástrojů a technik.

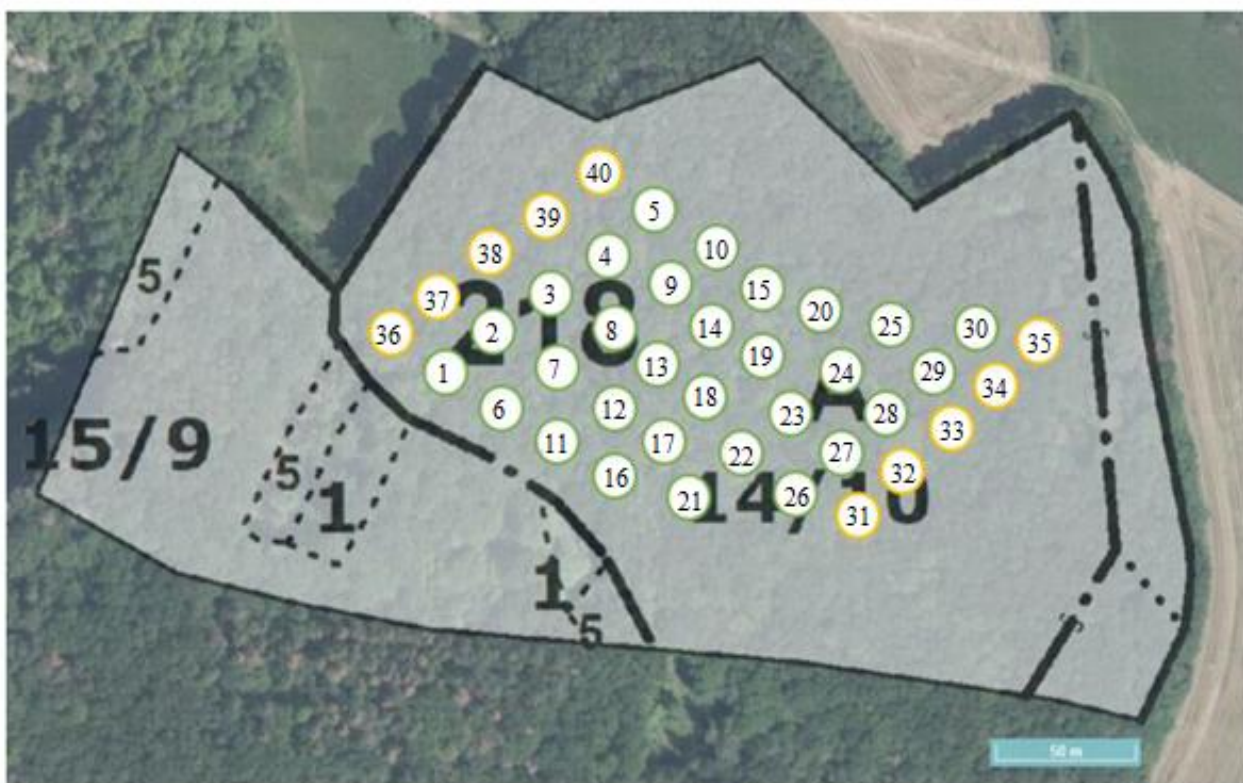
Zvláštní pozornost bude věnována také historii využití těchto ploch a jakékoliv předchozí zásahy či managementové praktiky, které mohly ovlivnit současný stav zkoumaných ekosystémů. Tato kapitola má za cíl poskytnout pevný základ pro pochopení kontextu a podmínek, ve kterých byl náš výzkum prováděn, a umožnit čtenářům lépe interpretovat získané výsledky.

V závěru kapitoly budou shrnuty klíčové charakteristiky každé zkušební plochy a diskutován jejich význam pro dosažení cílů našeho výzkumu. Tato část bude sloužit jako východisko pro další analýzy a interpretace dat získaných z těchto specifických lokalit.

5.1.1 Vymezení a založení zkusných ploch

Veškerá data a vzorky byly odebírány na plochách experimentálního porostu v přírodní rezervaci Kobyla, kde bude probíhat v dalších letech dlouhodobý výzkum. V minulosti byla lokalita obhospodařována výmladkovým způsobem hospodaření. Jedná se konkrétně o střední les s výstavkovou etáží stromů dubu zimního a příměsí dalších dřevin jako jsou lípa malolistá, velkolistá, javoru klenu, mléče a babyky, jeřábu břeku s hlavní etáží habru obecného. Podrost tvoří převážně lesní křoviny jako hloh, svída krvavá, zimolez obecný, ptačí zob obecný, dřín obecný a skalník celokrajný. Dnešní podoba porostu je následkem předržení lesa na běžné obmýtí, čemuž odpovídá současný charakter nepravé kmenoviny. Díky tomu se dochovala specifická struktura středního lesa s některými druhy typickými pro světlé lesy. Právě světlomilné druhy jsou nejvíce ohrožené nedostatkem světla a z porostu mizí jako první. Prodloužením obmýtí došlo k vyššímu zapojení stromového patra, což změnilo světelné poměry na ploše. Světlomilná vegetace začala ustupovat a docházelo ke změně složení bylinného patra její současná podoba vznikala předržením lesa na běžné obmýtí, došlo k zapojení porostů a ke změně lesní vegetace (ŠTERNEROVÁ 2022).

V červenci 2021 bylo vyznačeno a založeno 40 ploch (30 zkusných a 10 kontrolních) v pěti pásech. Každý pás má 8 zkusných ploch o poloměru 8,5 m (výměra jedné experimentální plochy je 227 m²) se šířkou 25 m a maximální délkou 140 m, kdy jsou vždy dvě plochy na okrajích kontrolní a prostřední zkusné. Celkem bylo tedy vytvořeno 5 horizontálních řad s 30 plochami zkusnými a 10 kontrolními. Středky každé plochy byly trvale označeny geodetickými body a zaměřeny GPS souřadnicemi hlavně z důvodu možnosti navázat na výzkum v dalších letech. Pro přehlednost byly také okraje zkusných ploch označeny značkovací barvou u paty nejbližších dvou stromů na spádnicí a dvou na vrstevnici. Nejbližší stromy od středu plochy byly jednotlivě očíslovány ve spodní části vzestupně proti svahu čísly 1–40 pro lepší orientaci a přehlednost v terénu. Výběr trvalých zkusných ploch byl zaměřen hlavně na homogenitu terénního povrchu i vegetace a jedná se tedy o plochy typické pro zvolený porost (ŠTERNEROVÁ 2022).

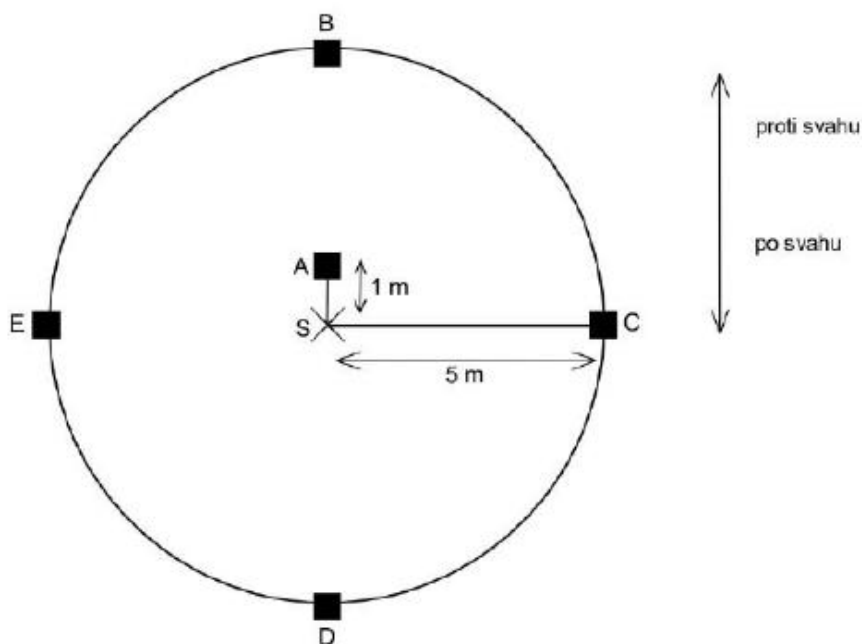


Obrázek 6: *Mapa zkusných ploch.*
Zdroj: ŠTERNEROVÁ 2022.

5.1.2 Odběr biomasy

Odběr vzorků byl uskutečněn na přelomu června a července roku 2022, což je obvykle optimálním obdobím pro sběr biomasy v listnatých lesích. V této době bývají stromy plně rozvinuté a málo prší, což usnadňuje sběr vzorků a minimalizuje ovlivnění lesního porostu počasím. Nejdůležitějším faktorem je však vrchol vegetační sezóny v listnatých lesích. Odběry jako takové probíhaly ve dvou etapách s malými rozestupy, aby nedošlo k velkému ovlivnění lesního porostu počasím nebo velikosti množství biomasy (odběr se uskutečnil během jednoho měsíce). Proto je důležité, dbát na to, aby odběry vzorků byly prováděny v optimálních podmínkách a s minimálním vlivem vnějších faktorů. Celkový odběr se uskutečnil během jednoho měsíce. Na každé dílčí ploše byla odebrána nadzemní část rostlin na pěti místech o velikosti $0,5\text{ m} \times 0,5\text{ m}$. Pro dodržení plochy $0,25\text{ m}^2$ byl použit vhodný pevný kovový rámeček ve tvaru čtverce. Veškeré živé nadzemní části bylin byly stříhány nůžkami maximálně 5 cm nad zemí, u mladých dřevin se odstříhávaly nové letorosty i s listy. Je důležité dodržet stanovenou výšku stříhu, aby byly získány přesné údaje o množství biomasy v daném stanovišti. První vzorek se odebíral metr nad středem (ten znázorňoval geodetický bod) zkusné plochy

proti svahu, zbývající čtyři pocházely z plošek vzdálených 5 metrů od středu. Vhodné bylo odebírat zbylé čtyři vzorky po směru hodinových ručiček. Takto nasbíraná biomasa byla ukládána do papírových sáčků a na každý sáček bylo napsáno pořadí trvalé zkusné plochy (1–40) a pořadí plošky (1–5), abecedně pak užší popis, pokud biomasa jedné plošky byla větší, než jeden sáček (např. 12/1 b = zkusná plocha 12, ploška 1 jeden metr nad geodetickým bodem, druhý sáček) (PROCHÁZKOVÁ 2021).



Obrázek 7: Schéma odběru biomasy.
Zdroj: PROCHÁZKOVÁ 2021.

5.1.3 Zpracování biomasy

Odebraných cca 200 papírových pytlíků biomasy bylo umístěno do kartónových krabic a následně uloženo na půdu. Správné skladování biomasy je velmi důležité pro uchování její kvality a minimalizaci rizika znehodnocení. Což zahrnuje uchování v suchém a dobře větraném prostředí, které minimalizuje možnost zapaření, rozvoj plísní a dalších mikroorganismů. Vzhledem k tomu, že papírové sáčky jsou propustné pro vzduch, umístění biomasy do kartónových krabic a skladování na půdě domu bylo vhodným řešením pro přirozené vysoušení biomasy. Poté se vzorky převezly do laboratoře Fakulty životního prostředí, ČZU, kde se sušily ve skříňové sušárně Venticell 404 s proudícím vzduchem po dobu 15 hodin při teplotě 80 °C. Tímto procesem se dosáhlo nulové vlhkosti a vznikla tzv. absolutní sušina. Přesné zjištění

hmotnosti absolutně suché biomasy je důležité pro stanovení biomasy v jednotlivých vzorcích a následné výpočty. Takovouto sušinu je dále možné vážit a zjistit její přesnou hmotnost. K tomu byla použita váha značky GT210 Galaxy OHAUS s přesností na setiny gramu. Každý vzorek byl samostatně vážen v sáčku, po každých deseti vzorcích se vytárovala váha, aby nevznikly chyby při měření. Průměrná hmotnost táry byla zjištěna zvážením 10 prázdných sáčků a z jejich aritmetického průměru byla určena hmotnost jednoho sáčku. Takovéto hodnoty jsem následně přepsala do sešitu Excel (Microsoft Office 19), ve kterém jsem dále pracovala. Od všech hodnot zvážené biomasy jsem odečetla táru a převedla hmotnosti na 1 m² (dosud byly na plochu 0,25 m²). Po získání dat o absolutní sušině vzorků biomasy se dále provádí výpočet souhrnných proměnných pomocí standardních statistických vzorců, včetně průměrné hmotnosti biomasy pro každou zkoumanou plochu, směrodatné odchylky a variačního koeficientu. Tyto proměnné jsou důležité pro další analýzu a interpretaci dat a pomáhají poskytnout přesnější informace o biomase v daném lesním porostu (PROCHÁZKOVÁ 2021).

5.2 Hemisférické snímky

5.2.1 Pořízení fotografií korunového zápoje

Při pořizování hemisférických fotografií je vhodné vybírat čas, kdy slunce není přímo nad hlavou, aby se minimalizovaly tvrdé stíny a ztráty kontrastu. Pokud jsou fotografovány lesní porosty, mohou být světelné podmínky dobré i v období, kdy je obloha zatažená, protože se světlo rozptýlí a vytvoří se tak měkké stíny. Pokud by se snímky pořizovaly při přímém záření, mohlo by dojít k přesvětlení fotografií a k následnému zkreslení analýzy. Pro focení jsem zvolila digitální fotoaparát Canon EOS 1100 D s objektivem Circular FishEYE Sigma DC HSM. Přídavný objektiv rybí oko se používá pro jeho obrazový úhel 180°, protože dokáže zachytit celý korunový zápoj nad zkusnou plochou. Nejdříve jsem nastavila na fotoaparátu prioritu clony pro ovlivňování hloubky ostrosti na hodnotu 8 a automatickou hodnotu světelné citlivosti snímků ISO. Odstupňovaná expozice tzv. *bracketting* umožňuje pořízení několika snímků se stejným kompozičním nastavením, ale s různým nastavením expozice, tedy různými světelnými podmínkami. To umožňuje v postprodukcí vybrat nejvhodnější snímek s ohledem na expozici a další parametry jako kontrast, stínové detaily a podobně. Je to užitečná technika zejména při fotografování v kontrastních světelných podmínkách, například při fotografování v době, kdy slunce svítí přímo na lesní porost a vytváří ostré stíny. Nastavení metody

zaostřování, tzv. *metering mode* na volbu *Centre-weighted average metering* – měření expozice na celoplošné měření se zvýhodněným středem. Pro naši potřebu stačila velikost fotografií 6 Mpx nižší kvality bez vyhlazování. Automatické otáčení fotky, tzv. autorotaci jsem nechala vypnutou. Fotoaparát se stativem jsem umístila nad geodetický bod každé zkusné plochy ve výšce 1,3 m (tzv. prsní výška). Pro nastavení libely fotoaparátu jsem použila buzolu tak, aby libela směřovala na sever. Následně jsem vycentrovala pozici fotoaparátu do vodorovné polohy. Nakonec jsem přepnula na manuální ostření a zaostřila objektivem na téměř nekonečno. Na každé zkusné ploše jsem provedla sérii tří snímků, viz ukázka první fotografie na Obrázku 9 (PROCHÁZKOVÁ 2021).



Obrázek 8: *Hemisférický snímek korunového zápoje z plochy č. 1.*
Zdroj: vlastní fotografie.

5.2.2 Zpracování černobílých snímků

Jako první jsem musela přejmenovat a roztřídit fotografie do složek, ve kterých jsem vybrala vždy jednu fotografii na jednu zkusnou plochu tak, aby odpovídala reálnému světelnému stavu zápoje – nebyla přeexponovaná nebo příliš tmavá. Při analýze fotografií hemisféry je důležité mít co nejkvalitnější vstupní data, aby výsledky byly co nejpřesnější. Roztřídění fotografií do jednotlivých složek podle zkusných ploch je také užitečné pro organizaci dat a ulehčuje pozdější práci s nimi. Tyto snímky bylo nutné převést do černobílé podoby v programu GIMP 2.10.22, což je volně dostupný software. Obrázek 4: Hemisférický snímek korunového zápoje z plochy č. 1. Nejprve jsem nahrála do programu barevnou fotografii a v záložce Vrstvy jsem ji duplikovala. Tento krok je nutný pro možnost porovnávat upravenou

fotografii s originálem. V záložce Barvy jsem vybrala odstín – sytost, kde jsem potlačila zelené a žluté odstíny. Nakonec jsem v té samé záložce zvolila nejdůležitější funkci Práh, který konvertuje fotografii do černobílé podoby – biomasa a půda je černá, obloha bílá. Tato funkce je buď automatická nebo ruční. Použití funkce automatické korekce obvykle pomůže zlepšit kvalitu fotografie, ale někdy může být chybné. Občas se stane, že tato funkce vybere kmen stromu, na kterém se odráží světlo jako oblohu nebo i listoví a trávu. Pokud se toto stalo, bylo vhodné práh nastavit ručně (PROCHÁZKOVÁ 2021). Výsledná upravená fotografie je na Obrázku 10.

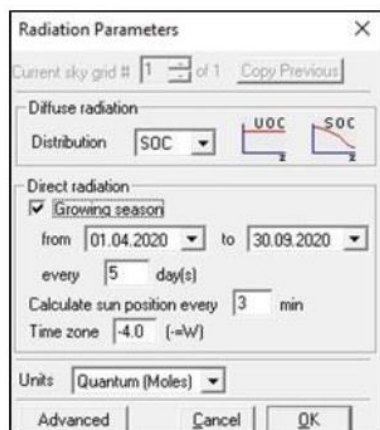


Obrázek 9: *Převedení hemisférického snímku plochy č. 1 do černobílé podoby*
Zdroj: vlastní fotografie.

5.2.3 Analýza světelných podmínek

Tuto analýzu jsem prováděla v programu WinSCANOPY (Regent Instruments 2012), který je nejpoužívanější pro vyhodnocování světelných podmínek hemisférických fotografií korunového zápoje a osvědčil se v předchozích pracích. Nejprve bylo potřeba provést instalaci s načtením hardwarového klíče a prvotní konfiguraci. Tu jsem provedla tak, že jsem v nově založeném souboru uvedla základní informace důležité pro samotnou analýzu (nadmořská výška, rozlišení fotografií, délka vegetační doby atd.). Na záložce hlavního menu *Misc* jsem zvolila *Load configuration* a nahrála soubor s příponou *cfg*. Pro nastavení délky vegetační doby

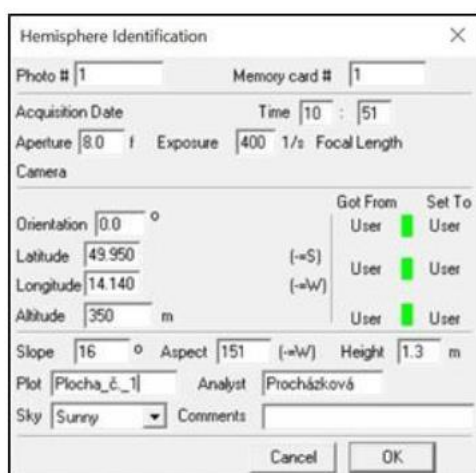
jsem zvolila *Radiation parameters* v záložce hlavního menu *Radiation*, viz obrázek 11 (PROCHÁZKOVÁ 2021).



Obrázek 10: Dialogové okno vegetační doby.

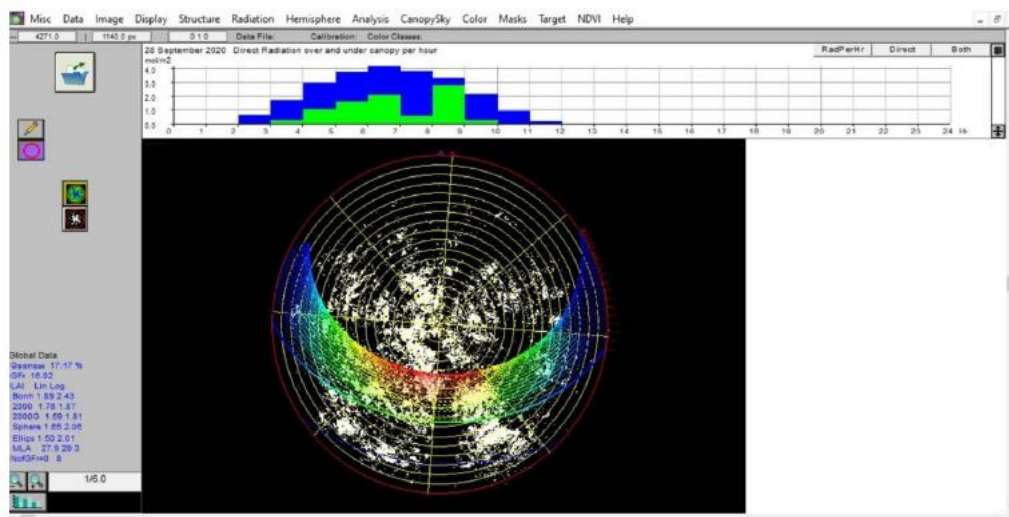
Zdroj: Program WinSCANOPY 2012.

Samotné nahrávání snímků do programu jsem prováděla pomocí ikony diskety v levém horním rohu programu. Na hlavním menu jsem zvolila záložku *Hemisphere*, v rozbalovací části navolila *Identification*, kde jsem nastavovala samostatné údaje pro každou fotografii (viz. Obrázek 12). Jednalo se o parametry *Altitude* (nadmořská výška), *Slope* (sklon terénu) a *Aspect* (orientace). Postupně jsem dále zadala *Photo #*, *Plot* a *Comments* (popis plochy) a geografickou polohu plochy – *Latitude*, *Longitude*, na které jsem prováděla analýzu. Potvrzením tlačítka OK jsem zvolila možnost *Do batch analysis* a tím byla zahájena konečná analýza fotografie (viz Obrázek 13). Výsledky analýzy se u všech 40 fotografií zapsaly do výstupového textového souboru s příponou *txt*, kde bylo nutné je ještě během jednotlivých analýz kontrolovat, protože program měl tendence padat a parametry se neukládaly se správnými výsledky.



Obrázek 11: Dialogové okno s údaji o fotografii.

Zdroj: PROCHÁZKOVÁ 2021.



Obrázek 12: Výsledek světelné analýzy.
Zdroj: Program WinSCANOPY 2012.

Textový soubor jsem převedla do programu Excel (Microsoft Office 2016) a doplnila ho o vypočtené hodnoty produktivity biomasy z předešlé kapitoly a přepsala údaje tak, aby měly krátký a výstižný název pro snadnou operaci v dalších specializovaných programech. Takto upravenou finální tabulku jsem dále použila pro regresní analýzu (PROCHÁZKOVÁ 2021).

5.3 Statistické vyhodnocení dat

Tuto část jsem prováděla v programu R (R Core Development Team 2021), grafický výstup pak v programu STATISTICA (TIBCO Inc. 2022). Nejprve bylo nutné rozdělit použité proměnné na závislé a nezávislé. Průměrná produktivita biomasy na ploše (*Mean*) a koeficient variability pro jednotlivé zkušné plochy (*CV*) jsou brány jako proměnné závislé, protože se mění dle podmínek okolního prostředí. Proměnné nezávislé jsou pak hodnoty intenzity záření, které jsem získala z analýzy světelných podmínek pomocí hemisférických fotografií – přímé, difúzní a celkové záření, index listové plochy LAI (z výsledků programu WinSCANOPY byly převzaty dva typy indexu LAI – jednoduchý LAI index spočtený lineárním algoritmem a logaritmičticky modifikovaný index LAI), podíl slunečního záření nad a pod porostem a procento otevřené oblohy v korunovém zápoji (kódovány jako *Direct*, *Diffuse*, *Total*, *LAI_lin*, *LAI_corr*, *%fsun* a *Openness*).

V programu R jsem načetla datovou matici z tabulky formátu *xlsx* (Microsoft Excel) přes příkaz *read.table* do uživatelského objektu. Přes příkaz *attach* jsem uložila soubor do operační paměti programu a příkazem *str* provedla kontrolu dat. Kvůli zjištění vzájemných

vztahů mezi závislými a nezávislými proměnnými jsem provedla několik statistických analýz. Jako první jsem zjistila minimální, průměrné a maximální hodnoty (*min*, *mean* a *max*) závislých a nezávislých proměnných v distribučních charakteristikách (viz Tabulka 2). Pomocí funkce *cor* jsem zjistila hodnotu korelačního koeficientu mezi proměnnými a příkazem *library(nlme)* jsem načetla specializovanou knihovnu *nlme* (Pinheiro et al. 2017) provádějící komplexní analýzy modelů se smíšenými efekty do paměti programu R. Pro tvorbu samostatných marginálních regresních modelů jsem použila funkci *gls* z knihovny *nlme* se zahrnutím prostorového vztahu výzkumných ploch, modelovaného teoreticky vhodnou exponenciální funkcí (ošetření vlivu prostorové autokorelace). Vytvoření základního regresního modelu jsem provedla příkazem: `modell<-gls(mean22~open22+direct22+diff22+total22+ X.fsun22, corr = corExp(form = ~ xcoord+ycoord))` a zjistila tak chování jednotlivých závislých proměnných a postup opakovala u všech proměnných. Dalším příkazem *anova(modell)* jsem mohla provést test statistické významnosti nezávislých proměnných jako obdobu analýzy variace. Ze základního regresního modelu jsem postupně odebírala neprůkazné prediktory, až byl získán maximálně parsimonní model.

Nakonec jsem sestavila finální tabulku s výsledky v Excelu, kde jsem zadávala hodnoty statistické signifikace tzv. *p-value* a odhad koeficientu determinace daného regresního modelu, procento *R-squared* (dle Lepš & Šmilauer 2016). Statistické výstupy v programu MS Excel pro program STATISTICA jsem nejprve seřadila podle proměnné *%fsun* (hodnota relativní osluněnosti) od nejmenšího po největší a rozdělila tak plochy na tmavší a světlejší. Prvních dvacet ploch byly plochy světlé (označeny písmenem S), dalších dvacet pak byly plochy tmavé (označeny písmenem T). První dva grafy (proměnné *Diffuse* versus *Direct* a *Openness* versus *%fsun*) jsem vytvořila jako bodové, zbylé dva (proměnné *Mean* versus *%fsun* a *CV* versus *%fsun*) jako krabicové, u kterých byla vždy na ose X proměnná nezávislá a na ose Y proměnná závislá. U krabicových grafů byly provedeny statistické testy, abych zjistila průkaznost rozdílů parametrů mezi světlými a tmavými porosty pro stanovené hypotézy (PROCHÁZKOVÁ 2021).

6 Výsledky

V Tabulce 1 je uveden přehled zkratk pro vysvětlení soubory proměnných závislých (Z) a nezávislých (N) proměnných, které jsou použity v následujících analýzách, tabulkách a grafech.

Tabulka 1: Význam zkratk proměnných, použitých v grafických výstupech a analýzách. Typ proměnné: Z = závislá proměnná, N = nezávislá proměnná.

Zkratka	Význam	Jednotka	Typ
Mean	Průměrná produktivita biomasy na ploše	g/m ²	Z
CV	Koeficient variability pro jednotlivé zkusné plochy	-	Z
Pokryvnost	Celková pokryvnost bylinného patra	-	Z
Světlo	Ellenbergovy indikační hodnoty pro světlo	-	Z
Teplota	Ellenbergovy indikační hodnoty pro teplotu	-	Z
Vlhkost	Ellenbergovy indikační hodnoty pro vlhkost	-	Z
Shannon	Shannonův index diverzity	-	Z
Simpson	Simpsonův index diverzity	-	Z
Direct	Množství přímého záření	Mol/m ² .den ⁻¹	N
Diffuse	Množství rozptýleného záření	Mol/m ² .den ⁻¹	N
Total	Celkové záření (přímé + rozptýlené záření)	Mol/m ² .den ⁻¹	N
% fsun	Podíl slunečního záření nad a pod porostem	%	N
Openness	Procento otevřené oblohy v korunnovém zápoji	%	N
LAI lin	Index listové plochy lineární	-	N
LAI corr	Index listové plochy korelovaný	-	N

Tabulka 2 ukazuje rozsah hodnot sledovaných proměnných za rok 2022. Maximální dosažená hodnota produkce biomasy činila 30,99 g/m². Nejnižší hodnota vzniklé biomasy pak činí 3,82 g/m². Nejvyšší vyhodnocená intenzita celkového přímého záření byla naměřena 20,85 Mol/m².den⁻¹, nejnižší pak v hodnotě 2,58 Mol/m².den⁻¹.

Tabulka 2: Přehled rozsahů hodnot sledovaných proměnných.

Název	Minimum	Průměrná hodnota	Maximum
Mean	3,82	14,84	30,99
CV	0,09	0,39	1,23
Openness	6,96	13,31	21,41
Direct	2,00	4,90	19,18
Diffuse	0,39	0,85	1,69
Total	2,58	5,76	20,85
% fsun	6,38	13,56	51,55
LAI lin	1,63	2,29	3,03
LAI corr	2,07	2,64	3,54

Výsledky regresních analýz dvojice závislých proměnných *Mean* a *CV* s nezávislými proměnnými jsou uvedeny v Tabulce 3. Jak můžeme vidět, hodnotu *Průměrného množství biomasy za rok 2022* průkazně ovlivňovaly nezávislé proměnné množství difúzního slunečního záření a procento otevřené oblohy v korunovém zápoji. Dle koeficientu *P*, můžeme determinovat průkaznost neboli signifikanci statistického modelu, pokud dosahuje hodnoty max. 5 % (0,05). Díky koeficientu determinace můžeme tedy potvrdit, že nejvíce účinným prediktorem bylo procento otevřené oblohy v korunovém zápoji s 5,23 % vysvětlené variability a hned za ním následovalo difúzní záření s 4,48 % vysvětlené variability. Avšak koeficient variability pro jednotlivé zkusné plochy produkované biomasy nebylo možno prediktory světelných poměrů prokázat, protože hodnoty koeficientu *P* nebyly průkazné vzhledem k tomu, že jejich hodnoty dosahovaly více jak 5 %. Tato hladina pravděpodobnosti je považována za okrajovou neboli marginální signifikanci.

Tabulka 3: *Přehled závislosti proměnných Průměrného množství biomasy na ploše a Koeficientu variability pro jednotlivé zkusné plochy za rok 2022.*

Výsledky lineárních modelů, které jsou popsány v Tabulkách 3, 4 a 5 obsahují koeficient determinace (R^2) v procentech a hodnoty pravděpodobnosti zamítnutí nulové hypotézy (*P* hodnota). Statisticky průkazné výsledky jsou označeny zeleně, statisticky neprůkazné hodnoty jsou pak označeny šedě. Proměnné jsou v průkazných případech v pozitivním vztahu.

Proměnné		Výledky lineárních modelů	
Závislá	Nezávislá	R2 (%)	P hodnota
Mean	Direct		0,7923
Mean	Diffuse		0,0374
Mean	Total		0,6549
Mean	Openness	5,23	0,0148
Mean	% fsun		0,6549
Mean	LAI lin		0,1097
Mean	LAI corr		0,2345
CV	Direct		0,8488
CV	Diffuse		0,3782
CV	Total		0,7888
CV	Openness		0,6339
CV	% fsun		0,7731
CV	LAI lin		0,2964
CV	LAI corr		0,46

Tabulka 4 udává přehled závislosti trojice proměnných pokryvnosti bylinného patra a indexů diverzity za rok 2022 dle Shannona a Simpsona. Jak můžeme vidět vliv světla ve výsledcích celkové pokryvnosti bylinného patra nebyl prokázán. Dle koeficientu P se jedná o okrajovou signifikaci, kdy hodnoty dosahovaly více než 10 %. Indexy diverzity naopak v obou případech prokázány byly a je zajímavé, že ve stejných dvojicích nezávislých proměnných jako u průměrného množství biomasy a to tak, že diverzitu ovlivňovalo množství rozptýleného světelného záření a procento otevřené oblohy v korunnovém zápoji. Jak lze vyhodnotit z výsledků v tabulce – Shannonův index diverzity nejvíce ovlivňovalo procento otevřené oblohy 8,89 % a stejně tak i Simpsonův index v hodnotě 11,30 %.

Tabulka 4: Přehled závislosti proměnných Celkové pokryvnosti bylinného patra, Shannonova a Simpsonova indexu diverzity za rok 2022.

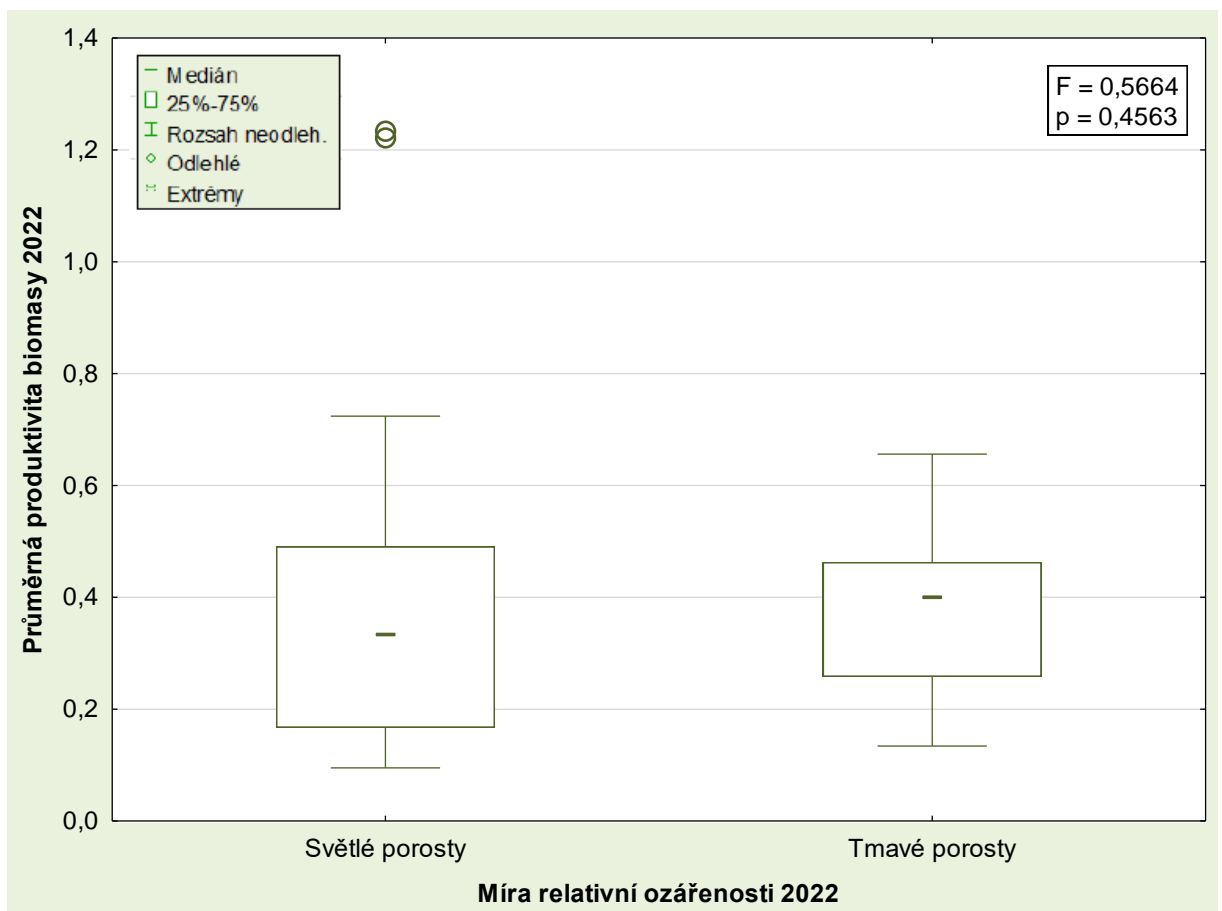
Proměnné		Výledky lineárních modelů	
Závislá	Nezávislá	R2 (%)	P hodnota
Pokryvnost	Direct		0,1523
Pokryvnost	Diffuse		0,496
Pokryvnost	Total		0,1906
Pokryvnost	Openness		0,5024
Pokryvnost	% fsun		0,1892
Pokryvnost	LAI lin		0,3768
Pokryvnost	LAI corr		0,5629
Shannon	Direct		0,2922
Shannon	Diffuse		0,0277
Shannon	Total		0,4127
Shannon	Openness		0,0092
Shannon	% fsun		0,4108
Shannon	LAI lin		0,0726
Shannon	LAI corr		0,3898
Simpson	Direct		0,5263
Simpson	Diffuse		0,0324
Simpson	Total		0,6777
Simpson	Openness		0,0146
Simpson	% fsun		0,666
Simpson	LAI lin		0,0692
Simpson	LAI corr		0,3209

Ellenbergovy indikační hodnoty pro světlo, teplotu a vlhkost v bylinném patře jsou popsány v Tabulce 5. Jak je patrné z výsledků závislá proměnná pro indikační hodnoty světla nebyla prokázána ve vztahu nezávislých proměnných ovlivnění světelných složek záření. Její hodnoty přesahují 5 % signifikaci a jsou proto neprůkazné. Ellenbergovy indikační hodnoty pro teplotu a vlhkost prokazují ovlivnění nezávislými proměnnými v případě rozptýleného světla a indexu listové plochy lineárního i korelovaného. Tyto výsledky jsou signifikantní na hladině nižší, než 0,05 %. V případě Teploty se jedná o největší ovlivnění lineárním indexem listové plochy na hladině 2 % a v případě Vlhkosti pak stejně na hladině 3 %.

Tabulka 5: Přehled závislosti proměnných Ellenbergových indikačních hodnot pro světlo, teplotu a vlhkost za rok 2022.

Proměnné		Výledky lineárních modelů	
Závislá	Nezávislá	R2 (%)	P hodnota
Světlo	Direct		0,7835
Světlo	Diffuse		0,5666
Světlo	Total		0,7492
Světlo	Openness		0,6676
Světlo	% fsun		0,7621
Světlo	LAI lin		0,4445
Světlo	LAI corr		0,2364
Teplota	Direct		0,4168
Teplota	Diffuse		0,0414
Teplota	Total		0,5441
Teplota	Openness		0,0683
Teplota	% fsun		0,6577
Teplota	LAI_lin		0,0223
Teplota	LAI_corr		0,0403
Vlhkost	Direct		0,425
Vlhkost	Diffuse		0,0303
Vlhkost	Total		0,5657
Vlhkost	Openness		0,105
Vlhkost	% fsun		0,6489
Vlhkost	LAI lin		0,0291
Vlhkost	LAI corr		0,0514

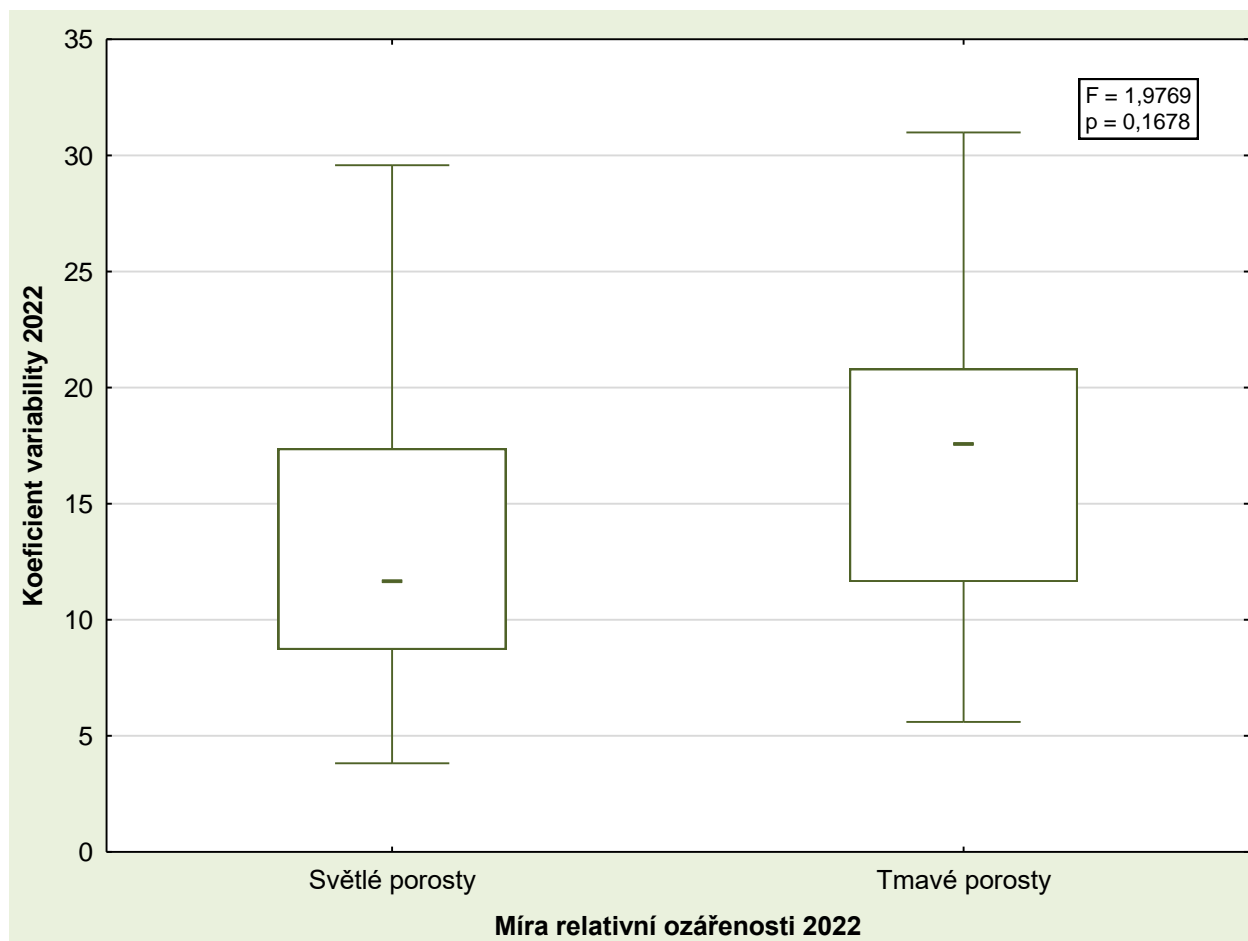
Pro ověření pracovních hypotéz a srovnání diverzity bylinného patra jsem zvolila krabicové grafy, které použiji k popsání míry relativní ozáření a jejich chování v jednotlivých světlých a tmavých porostech. Graf 1 ověřuje první pracovní hypotézu, kdy zvýšený světelný příkon do bylinného patra vede k větší intenzitě vzrůstu biomasy v původně stinnějších místech. Dle srovnání je zřejmé, že produktivita nadzemní biomasy je větší ve světlých porostech oproti stinným porostům. Jedná se však o nedosáhnutí prokazatelné hladiny Koeficientu P a hypotéza tedy není průkazná.



Graf 1: Závislost průměrné produktivity biomasy na míře relativní ozáření

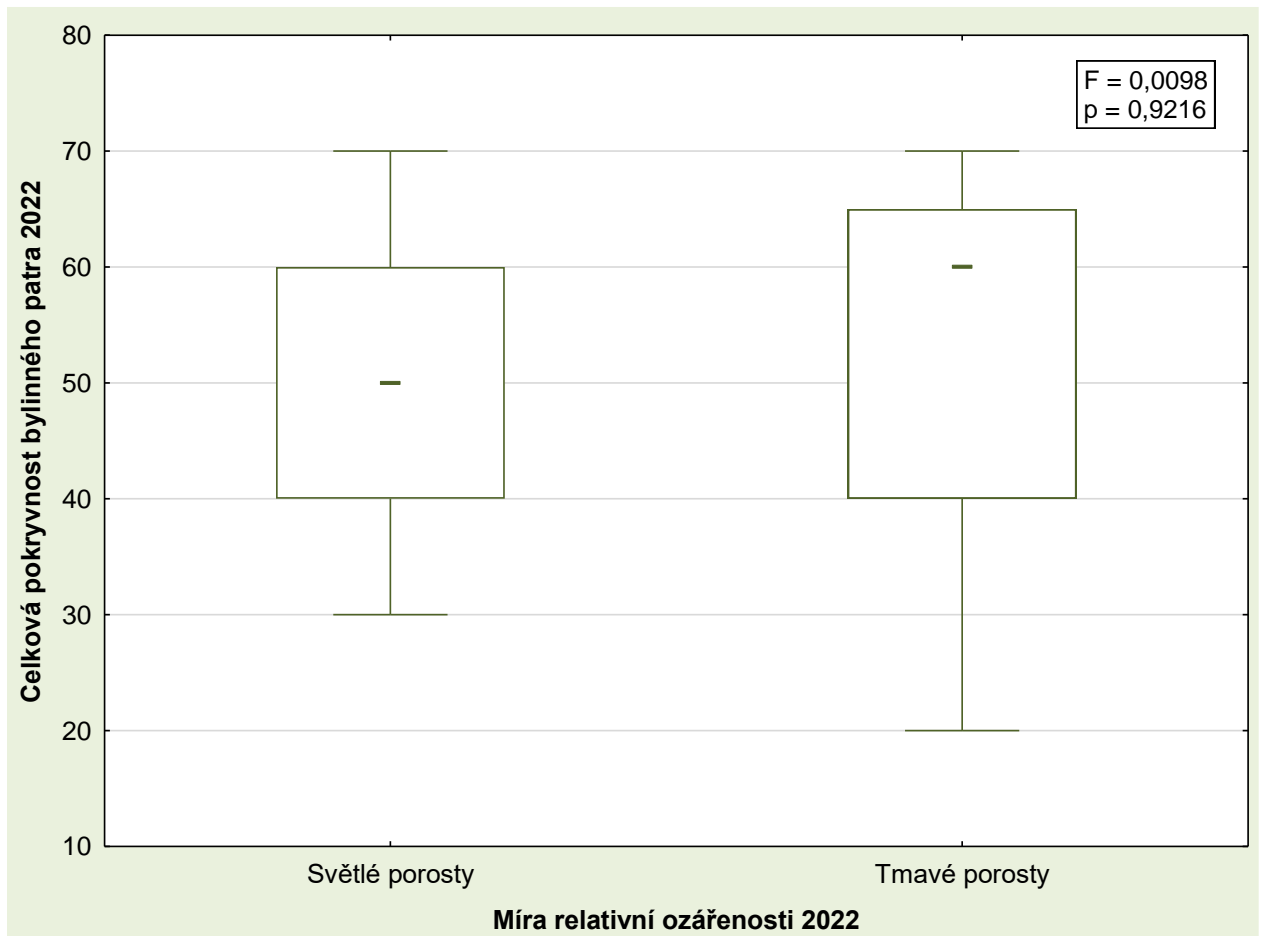
V levém horním rohu je uvedena legenda, která je společná pro všechny krabicové grafy.

K prozkoumání druhé pracovní hypotézy jsem použila Graf 2, který tentokrát znázorňuje variabilitu tvorby nadzemní biomasy v závislosti na světelných podmínkách jednotlivých experimentálních ploch. Meziroční variabilita tvorby biomasy je nepatrně vyšší na stinnějších stanovištích, ale ze statického hlediska se jedná o velmi nepatrný rozdíl, který je opět dle Koeficientu P na hladině průkaznosti nesignifikantní.



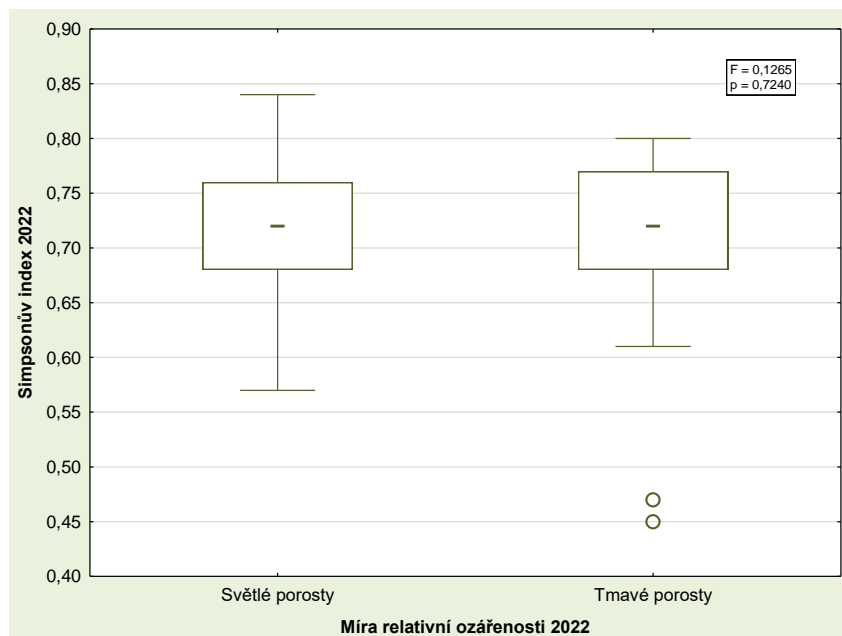
Graf 2: Závislost koeficientu variability množství biomasy na relativní míře ozáření.

Graf 3 popisuje celkovou pokryvnost bylinného patra v závislosti na relativní míře ozáření světlých a tmavých porostů. Bylinné patro má větší pokryvnost na tmavších místech, ale opět ve statisticky neprůkazném modelu dle Koeficientu P .

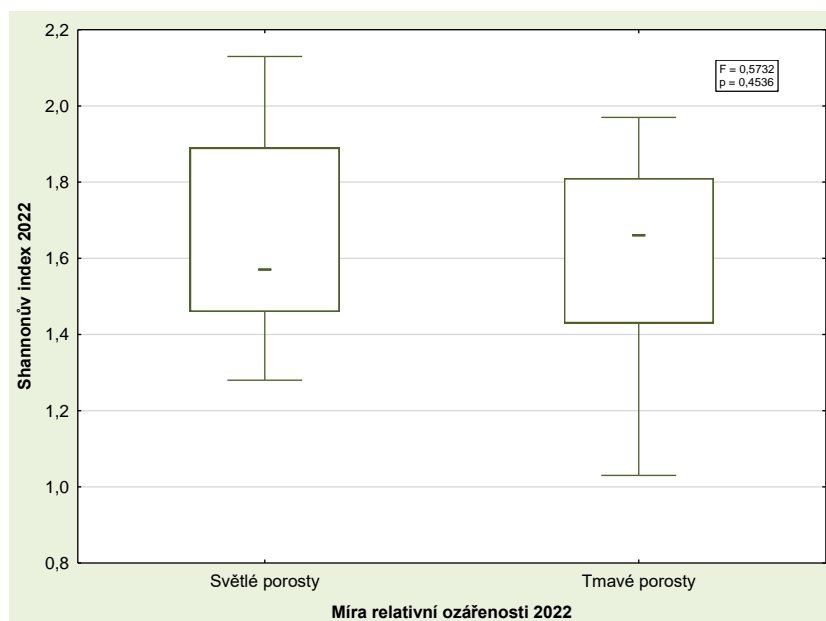


Graf 3: *Závislost celkové pokryvnosti bylinného patra na relativní míře ozáření.*

Grafy 4 a 5 zkoumají závislost Simpsonova a Shannonova indexu diverzity v tmavších a světlejších stanovištích zkoumaných zkusných ploch. Diverzita je dle Simpsona nepatrně větší v tmavších porostech, podle Shannona pak ve světlejších porostech, opět ale nevýrazně. Oba dva statistické modely jsou však na hladině průkaznosti nesignifikantní.

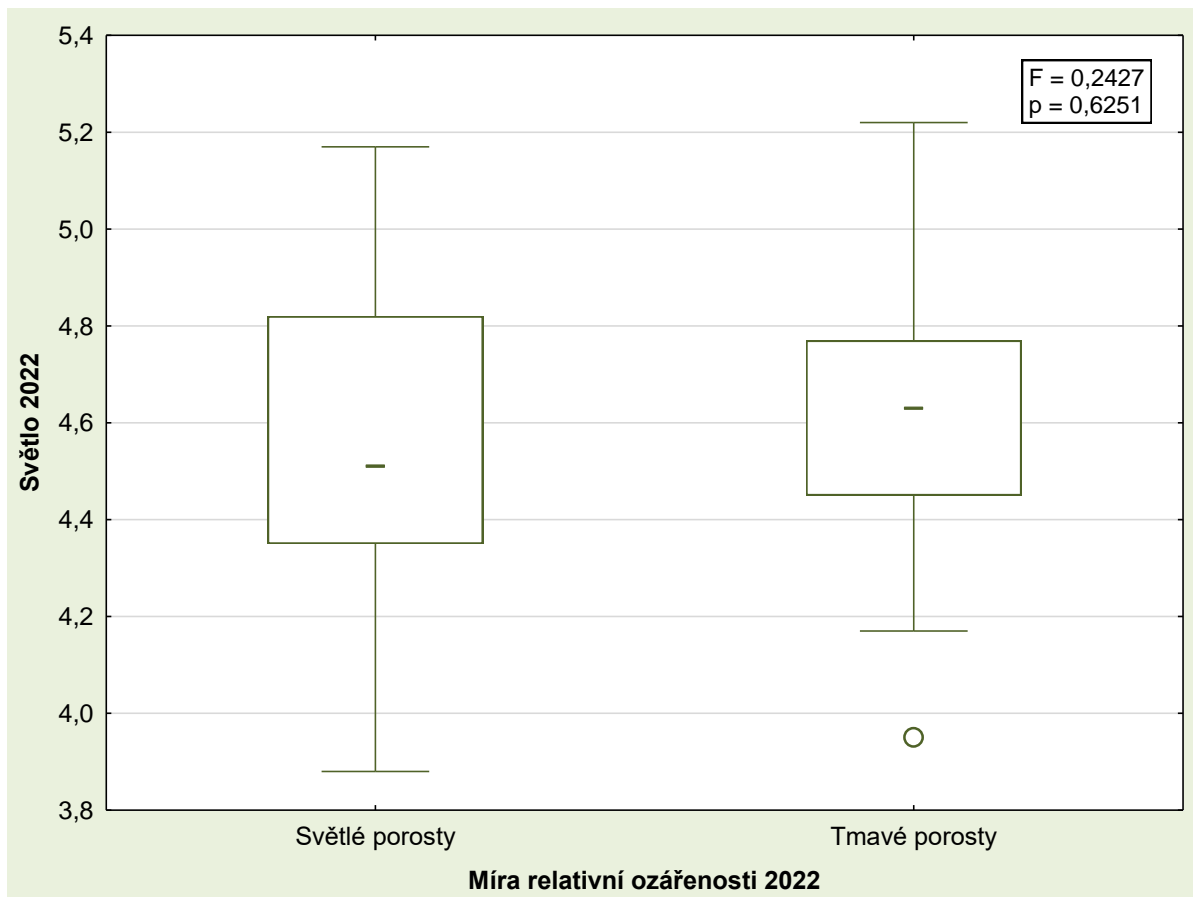


Graf 4: Přehled závislosti Simpsonova indexu diverzity na relativní míře ozářenosti.

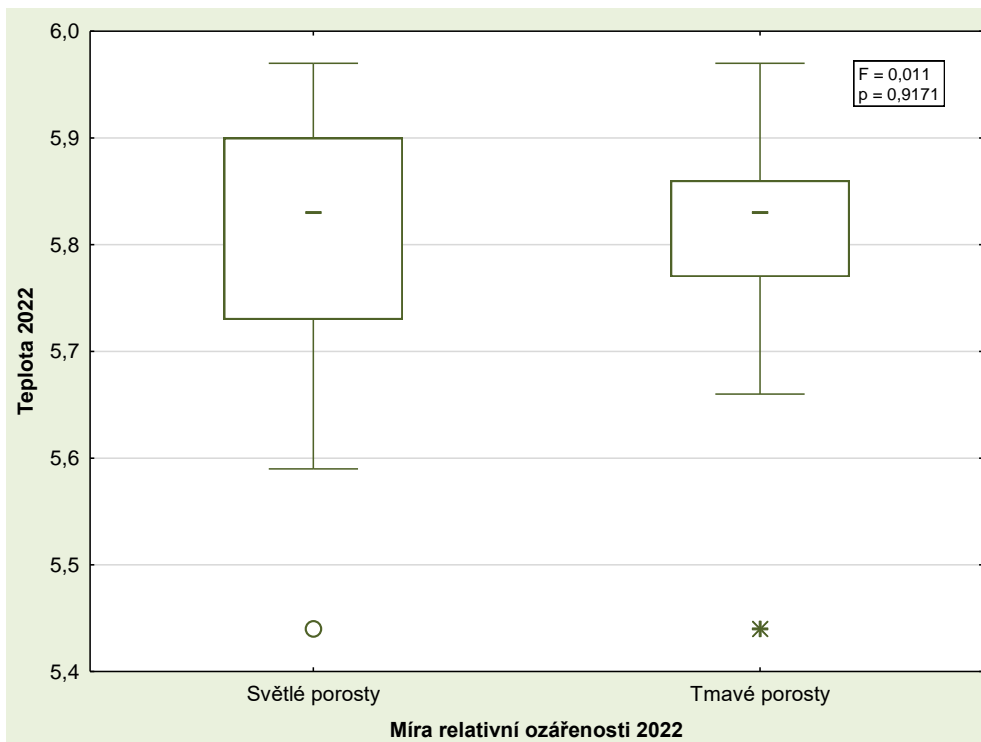


Graf 5: Přehled závislosti Shannonova indexu diverzity na relativní míře ozářenosti.

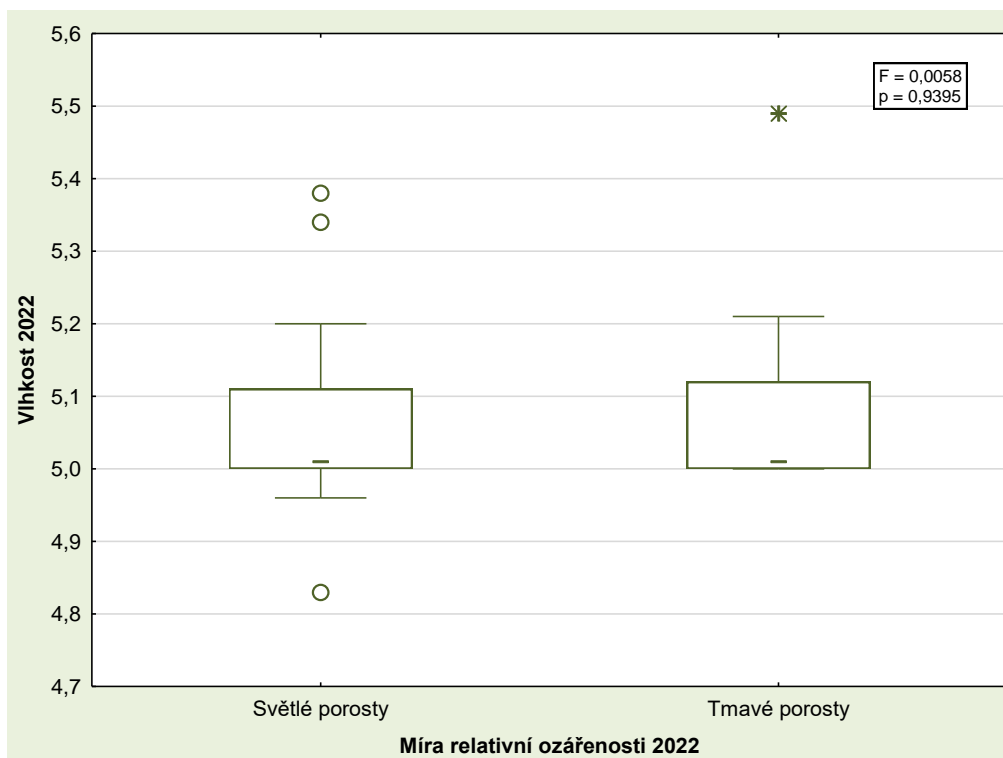
Přehled závislosti indikačních hodnot pro světlo, teplotu a vlhkost popisují grafy 6, 7 a 8. Krabicové grafy pro světlo a teplotu mají podobné tendence a lze si jejich výsledky vysvětlit stejně. Ve světlejších porostech je mnohem větší hladina světla a zároveň i teploty oproti stanovišti tmavými. Tyto hodnoty vypovídají o standardních ekologických poznatcích ohledně závislosti světla a teploty a jak spolu společně korelují. Ve výsledcích závislosti vlhkosti na relativní míře ozáření je zřejmé, že jsou obě světlé i tmavé stanoviště na velice podobných hodnotách. Lze tedy říci, že jsou oba porosty vlhkostně vyrovnané. Bohužel jsou ale všechny tři grafy neprůkazné, protože hodnoty signifikace jsou příliš vysoké.



Graf 6: Přehled závislosti ellenbergovské indikační hodnoty pro světlo na relativní míře ozáření.



Graf 7: Přehled závislosti ellenbergovské indikační hodnoty pro teplotu na relativní míře ozáření.



Graf 8: Přehled závislosti ellenbergovské indikační hodnoty pro vlhkost na relativní míře ozáření.

7 Diskuze

7.1 Vliv světla na produktivitu bylinného patra

Významný vztah průměrné produktivity biomasy k jednotlivým složkám slunečního záření byl prokázán pouze částečně. Jako signifikantní se v mé práci regresní analýzou podařil prokázat pouze vliv difúzního záření a procentuální vyjádření otevřené oblohy.

K totožným výsledkům dospěla i Nečasová (2019) na výzkumné experimentální ploše lokality Za Lípou. To naznačuje, že existuje podobný vliv difúzního záření a procenta otevřené oblohy na produkci biomasy na obou lokalitách, kde panují společně velice podobné podmínky. Nečasová výsledky vysvětluje tím, že mohly být hodnoty ovlivněny defoliací korun, ke kterým došlo vlivem teplot. Vysoké teploty typické pro letní sezónu nastoupily v jejím případě již na počátku května. Podle meziročních rozdílů teplot ve Středočeském kraji se teplota zvýšila o celé 4,3 °C a tak mohla být rostlinná vegetace touto hodnotou značně ovlivněna. Dále si autorka uvědomuje, že porost, který studovala byl dosud intaktní a lze očekávat nový vývoj produkce biomasy v dalších letech, protože v lokalitě Za Lípou je plánován převod nepravé kmenoviny na aktivní střední les. Má dojít k nárůstu odtěžených ploch k prosvětlení porostu a je jen pochopitelné očekávat, že na těchto plochách bude narůstat biomasa podle postupu sukcesního vývoje vegetace. Avšak v mém případě byl již porost na výzkumné ploše Kobyla prosvětlen v roce 2021, došlo k uvolnění semenných stromů pro budoucí nástup přirozeného zmlazení na plochách 1–4, kde tedy narostla nadzemní biomasa bylinného patra. Proto je zajímavé, že se výsledky shodují v obou případech za mírně odlišných podmínek.

Ke stejným zásahům došlo i v referenční lokalitě Na Voskopě ve vegetačních sezónách 2016 a 2017, kterou se zabývala práce Dudové (2018). Ta navazovala na práci Mevalda (2016) a Špaleho (2017), kteří zkoumali stejnou lokalitu v letech 2014 a 2015. V jejím případě vztah produktivity biomasy průkazně ovlivňovaly všechny složky světelného záření. V roce 2014 nebyl na zkusných plochách proveden žádný těžební zásah při pořizování hemisférických snímků a odběru nadzemní biomasy a byly tedy všechny plochy charakteru lesního porostu pod plným zápojem. V roce 2015 došlo k vykácení prvního pruhu a v roce 2016 byl smícen pruh druhý. Náhle došlo k prosvětlení deseti zkusných ploch, což vedlo k jejich vystavení přímému světelnému záření a značně to ovlivnilo výsledky jejích analýz. Uvádí, že pokud by nedošlo k výše zmiňovanému těžebnímu zásahu, mohla by očekávat stejné hodnoty jako v roce 2014, kdy produktivitu biomasy dle Mevalda nejvíce ovlivňovalo celkové záření s přímým i

rozptýleným světlem. V roce 2017 výrazně v lokalitě Na Voskopě vzrostla hmota biomasy, jednalo se až o třetinu více produktivity v závislosti na míře světelného záření. Své výsledky si vysvětluje tím, že v roce 2016 a 2017 byl naměřen mnohem vyšší úhrn srážek ve Středočeském kraji. Avšak pro porosty neovlivněné výchovným zásahem nenalezla žádný výrazný rozdíl v tvorbě biomasy ve světlých a tmavých porostech. Jako důvod uvádí nedostatek dat k porovnání.

K obdobným výsledkům srovnatelných s prací Dudové jsem dospěla v roce 2021 ve své bakalářské práci, kdy jsem zkoumala experimentální plochu nepravé kmenoviny Na Pláních a potvrdila hypotézu, že zvýšený světelný příkon vede k větší intenzitě vzrůstu nadzemní biomasy. Výsledky všech regresních analýz byly prokázány jako signifikantní a všechny složky světla průkazně ovlivňovaly větší intenzitu produkce biomasy. V experimentálních plochách lokality Na Pláních došlo v roce 2019 před odběrem nadzemních vzorků biomasy na trvalých zkusných plochách 11–15 k prvnímu plánovanému těžebnímu zásahu. Tento zásah výrazně ovlivnil uvolnění stromového patra, kde došlo k vytvoření osluněných míst podobně jako v lokalitě Na Voskopě. Již v té době bylo bylinné patro silně podmaněno nitrofilními druhy (*Galium aparine*, *Alliaria petiolata*, *Chaerophyllum temulum*, *Fallopia convolvulus* – Krupičková 2020), které se vyskytovaly skoro na všech snímcích ve vysoké pokryvnosti. Takovýto masivní nárůst nitrofilních druhů jsem zdůvodnila suchem v předchozích letech, kdy v půdě zůstalo zvýšené množství nespotřebovaných živin a díky deštivým jarním měsícům se živiny mobilizovaly, a proto stoupl výrazně podíl nitrofilních bylin v lesích v letní sezóně 2019 (Krupičková 2020). Právě tyto druhy se vyskytovaly na odtěženém pruhu a společně se vzrůstem dostupnosti půdních živin byl výrazně zvýšen nárůst biomasy ve zkoumaných porostech.

Částečný vztah průměrné produktivity biomasy na zkusných plochách k relativní míře ozáření si vysvětluji tak, že v současné době má experimentální lokalita Na Kobyle, díky předržení lesa na běžné obmýtí, podobu nepravé kmenoviny. Prodloužením obmýtí došlo k vyššímu zapojení stromového patra (průměrná pokryvnost je 71 %), což změnilo světelné poměry na ploše. Došlo ke změně složení bylinného patra a světlomilné druhy začaly ustupovat (Šternerová 2020). Zkoumaná plocha má druhý nejvyšší zápoj (první nejvyšší zápoj je zaznamenán na lokalitě Za Lípou), na severovýchodně orientovaném svahu spíše mezofilního stinného charakteru. V současné době probíhá na lokalitě postupná obnova porostu v pásech o šířce 25 metrů. Plánovaný těžební zásah ponechá pouze část stávajících výstavků a zbytek,

hlavně spodní výmladková etáž, bude celkově vytěžena. Kobyla má silně homogenní charakter bylinného patra v celé své ploše, kdy zvýšení korunového zápoje negativně ovlivňuje druhovou bohatost stanoviště. Jedná se o druhově druhou nejchudší lokalitu s vysokou pokryvností stromového patra. V době sběru biomasy se již porost začal obnovovat, a to konkrétně na plochách 1–4. Byl zde zaznamenán vysoký nárůst nadzemní biomasy díky otevření korunového zápoje provedenou těžbou. Zbýlé zkoumané plochy jsou dosud intaktní s velice nízkou pokryvností bylinného patra. Proto si vysvětluji slabý vztah biomasy k míře světleného záření tím, že dosud je porost Na Kobyle velice stinný v uzavřeném stromovém patře a fakt čtyř odtěžených ploch dosud neměl na výsledky značný vliv. Dále výsledky poukazují na fakt, že zvýšené procento otevřené oblohy je signifikantní a má jednoznačný vliv na produktivitu bylinného patra. Očekávám, že s plánovanou postupující těžbou bude mít lokalita obdobné přírodní poměry jako lokalita Na Voskopě, Na Pláních a Za Lípou. Je zde naznačen jasný trend, kdy otevření korunového zápoje vede k většímu světelnému příkonu bylinného patra a jednoznačně ovlivňuje postup zvýšení tvorby nadzemní vegetace.

7.2 Vliv světla na variabilitu produkce biomasy

Ověření druhé pracovní hypotézy závislosti prostorové heterogenity tvorby nadzemní biomasy na světelných podmínkách jednotlivých experimentálních ploch jsem nemohla prokázat na základě neprůkaznosti regresivních analýz. Ve srovnání je sice variabilita tvorby biomasy nepatrně vyšší na stinnějších místech, ale ze statického hlediska se jedná o velmi drobný rozdíl.

Ke stejným závěrům dospěly všechny studie srovnávaných lokalit Za lípou, Na Voskopě a Na Pláních. Nečasová (2019) ve své práci uvádí, že i přes zahrnutí důležité proměnné prostředí, a to tepelného indexu stanoviště, nebyla schopna její vliv prokázat. Mevald (2016) neosvědčil, že by světlejší stanoviště byly variabilnější než porosty stinnější. Jeho výsledek ovlivňuje skutečnost nedostatku dat a krátkou dobu pozorování. Uvádí, že sezóna roku 2015 byla ovlivněna extrémními podmínkami a tvrdí, že sluneční podmínky nemají až tak zásadní dopad na variabilitu zkusných ploch. Jako limitující faktor prostředí zde uvádí nedostatek vody a její vyšší odpar. Voskop se nachází na západním svahu a jeho sklon napomáhá odvodu dešťových srážek. Následně i značná část území poskytuje velmi slabý humusový horizont, díky kterému se voda v půdě dlouhodobě udržet nemůže. Dudová (2018) taktéž neprokázala vliv světla na variabilitu tvorby biomasy. Jako důvod uvádí efekt působení slunečních skvrn

v dynamice tvorby biomasy a to tak, že ve stinnějších porostech reaguje nadzemní vegetace citlivěji na pohyb skvrn, což vede k větší prostorové heterogenitě nárůstu bylinného patra.

Na zkoumaných experimentálních plochách Na Pláních v roce 2021 jsem neprokázala signifikantní vztah mezi světelným zářením a variabilitou biomasy, ale analýza variace naznačila jistý trend, který ukazoval, že světlejší porosty mají větší variabilitu produkce biomasy nežli porosty tmavé. Na Kobyle výsledky regresních analýz naznačují opačný trend, byť nepatrný. Proto jsem provedla stejné srovnání všech lokalit s doplněním nově založené lokality Na Kobyle. Lesní porosty byly opět klasifikovány dle vlhkostních poměrů a porovnány v Tabulce 6. Na gradientu vlhkosti se lokalita na Voskopě jeví jako nejsušší, výrazně xerofilní, dále přes xerofilní plochy Na pláních zásobenost vodou stoupá k přechodové mezoxerofilní lokalitě Za Lípou až k mezofilní a tak relativně nejvlhčí lokalitě Kobyla. Lze tedy očekávat i souvztažný gradient ekologického prostředí v závislosti produktivity nadzemní tvorby biomasy.

Tabulka 6: Lineární srovnání extremity prostředí porovnávaných lokalit a souvztažnost s dosaženými výsledky regresních modelů závislosti prostorové variability produktivity biomasy na světelných podmínkách.

CV = koeficient variability produktivity biomasy.

Proměnné		Na Voskopě	Na Pláních	Za Lípou	Na Kobyle
Závislá	Nezávislá	P hodnota			
		výrazně xerofilní	xerofilní	mezoxerofilní	mezofilní
CV	Direct	0,82	0,15	0,86	0,85
	Diffuse	0,76	0,61	0,69	0,38
	Total	0,81	0,17	0,89	0,78
	% fsun	0,81	0,18	0,86	0,77
	Openness	0,81	0,73	0,65	0,63

Jako již v minulém porovnání, tak ani aktuální srovnání lokalit neukázalo lineární trend hodnot. Lze tedy říci, že pozorované parametry se s ekologickými podmínkami mění nezávisle na sobě. Nelze tedy předpokládat a brát vodu jako limitující faktor prostředí pro tvorbu biomasy při zvýšených světelných podmínkách, kdy tento faktor sleduje především lokalitu Na Voskopě jako území nejsušší, ale ve výsledných hodnotách je srovnatelná s velmi vlhkými stanovišti mezofilních povah lokalit Za Lípou a Kobyla.

Vývoj sledovaných porostů je ovlivněn řadou faktorů, jako jsou například typ půdy, míra okyselení, množství a kvalita slunečního záření, zásoba živin a voda v půdě, konkurence s

jinými rostlinami, přítomnost a aktivita živočichů a mnoho dalších. Tyto faktory mohou mít různý vliv na růst a vývoj jednotlivých rostlin v porostu, což vede k výrazné lokální variabilitě. Protože tyto faktory mohou být velmi specifické pro každou lokalitu a mohou se navzájem ovlivňovat, je obtížné nalézt jednoduché a souvztažné gradienty ekologických závislostí v porostech bývalých pařezin. Každá lokalita je specifická a má své vlastní ekologické podmínky, které ovlivňují vývoj porostu. Proto je důležité při výzkumu a zkoumání porostů bývalých pařezin brát v úvahu tuto lokální variabilitu a unikátnost porostu. Je třeba provádět detailní studie těchto lesů a jejich složení a podmínek, aby bylo možné provádět podrobné analýzy k získání co nejkomplexnější představy o ekologických závislostech v porostech bývalých pařezin.

7.3 Vliv světla na diverzitu

Ve vyhodnocení vlivu světla na druhovou rozmanitost mohu částečně potvrdit hypotézu, kdy zvýšený světelný příkon vede k větší tvorbě druhové diverzity. Signifikantně jsem díky regresivním analýzám prokázala vliv světla v případě Shannonova indexu druhové bohatosti a Simpsonova podílu jedinců určitého druhu na zkoumané ploše. Nejvíce biodiverzitu bylinného patra ovlivňovalo procento otevřené oblohy v korunovém zápoji a difúzní složka světelného záření. Indikační hodnoty pro teplotu a vlhkost prokazatelně ovlivňovaly druhovou bohatost díky oběma indexům listové plochy a množství rozptýleného světla v porostu.

K podobným výsledkům dospěl i Špale (2017), který prokázal, že jednotlivé složky slunečního záření a jejich intenzita mají prokazatelný vliv na indexy diverzity stanovišť. Ve své práci dospěl k závěru, že diverzita bylinného patra závisí především na složení půdy a na tepelném požitku stanovišť a dodává, že hustota korunového zápoje, která se v jeho případě prokázala jako nesignifikantní, nemá prokazatelný vliv na rozmanitost lesní vegetace.

Nečasová (2019) ze svých výsledků zkoumání mezo-xerofilní lokality Za lípou usuzuje, že na diverzitu lesní vegetace vliv světlo má, ale spíše nepřímo prostřednictvím dostupného tepla, protože prokázala jako signifikantní pouze index teploty plochy. Do bylinného patra se v dubohabřinách dostávalo jen velmi malé množství světla, což ovlivňovalo druhovou bohatost, která bývá zpravidla velmi nízká, jak poukázaly její výsledky. Druhové složení v širším krajinném měřítku spíše ovlivňovala interakce klimatu s typem podkladu a nejsilnější faktory ovlivňující diverzitu bylin byly difúzní složka záření zároveň s půdní reakcí (pH) a sklonitostí svahu (Macek 2011).

Krupičková (2020) poukazuje na významnou korelaci mezi celkovou pokryvností bylinného patra se světlem, což volně hodnotí jako skutečnost, že čím více je na stanovišti světlomilných druhů, tím vyšší je pokryvnost bylinného patra. Shannonův index diverzity v jejím případě prokazatelně udává, že bohatost vegetace roste s poklesem korunového zápoje a vápnomilnější druhy rostou tam, kde je druhově bohatší vegetace. Diverzitu lokality Na Pláních hodnotí ve srovnání s ostatními plochami jako druhově nejbohatší, což si vysvětluje rozdílnými stanovištními podmínkami ve spodní a vrchní části lokality, kdy do spodní části pronikají druhy suchých stanovišť a ve vrchní se stále udržují druhy mezofilní. V lokalitách Na Voskopě a Za Lípou srovnala druhovou diverzitu bylinného patra s pokryvností stromového patra a zaznamenala vyšší druhovou diverzitu s klesající pokryvností stromového patra. Následně vysvětluje ekologickou závislost, kdy díky opuštění tradičního hospodaření pařezem, stoupla pokryvnost stromového patra, korunový zápoj se zatáhl, což vedlo k omezenému množství dopadajícího světla a snížila se tím pokryvnost bylinného patra, která měla za následek úbytek druhové bohatosti.

Šternerová (2022) popsala odlišnosti v druhovém složení bylinného patra teplých a světlých lokalit (Na Voskopě, Na Pláních) s mezofilními a stinnými lokalitami (Za Lípou, Na Kobyle). Všechny lokality sdílejí druhy typické pro teplomilné doubravy a duhohabřiny, ale stinnější lokality postrádají výrazně větší množství světlomilných druhů bylin. Prokázala, že se zvyšujícími se světelnými podmínkami narůstá druhová bohatost a klesá se stoupajícím zastíněním. Lokalita Kobyla je silně homogenní v celé své ploše s druhově nejchudším zastoupením bylinného podrostu s vysokou mírou pokryvnosti stromového patra. Jedná se tedy o tmavý porost s výraznou dominancí habru a javoru klenu. Ovšem roli mohl v těchto podmínkách sehrát i fenomén, který ve své práci popisuje jako kořenovou kompetici, která je známa převážně v bukových lesích. Z analyzovaných proměnných vysvětlující variabilitu vegetace má největší vliv bylinného patra světlo, vlhkost a vliv živin.

Částečné výsledky vlivu světla na diverzitu v mé práci přičítám silně stinnému prostředí experimentální plochy Kobyla. Jedná se o silně uzavřený porost s nízkou propustností světla, což vede k neprokazatelným výsledkům vlivu celkového a přímého světla na bylinné patro. Nicméně, ne všechny rostliny jsou závislé na slunečním záření a mnoho druhů rostlin se dokáže přizpůsobit různým světelným podmínkám. Některé druhy rostou v přirozeně stinných oblastech a mají přizpůsobené morfologické a fyziologické charakteristiky, aby mohly prosperovat i v omezených světelných podmínkách.

Diverzitu v tomto případě ovlivňuje difúzní záření a procento otevřené oblohy s teplotou a vlhkostí. Ellenbergovy indikační hodnoty pro světlo nebyly ani v jednom případě průkazné, ale ve výsledcích je lehce naznačeno, že na hranici okrajové průkaznosti mají stejnou tendenci jako u indikačních hodnot pro teplotu a vlhkost – ovlivňuje jej nejvíce difúzní světelné záření s indexy listové plochy. Dalo by se tedy říci, že pokud bude na lokalitě Kobyla probíhat obnova porostu, což povede k otevření korunového zápoje a snížení hustoty stromového patra, mohla by data ukázat signifikantní hodnoty pro vliv světla na diverzitu bylinného patra. Bylo by vhodné do budoucna rozšířit data o nové poznatky a dále se zabývat studií této lokality, aby bylo možné výsledky porovnat i s dalšími závěry. Je důležité si uvědomit, že rozmanitost rostlinných druhů může být ovlivněna mnoha faktory, a proto je nutné při analýze diverzity zvážit všechny relevantní faktory, které by mohly hrát roli. V tuto chvíli je možné lokalitu porovnat pouze s dalšími experimentálními porosty, nikoli však sledovat rozdíl diverzity přizemní vegetace v čase na dané lokalitě, kdy ve většině odlišné lokality ani nesledují stejné prediktory diverzity a není tedy možné učinit obecněji platný závěr kvůli vyšší míře autonomních procesů. Do jisté míry nalezená unikátnost zkoumaných porostů může být následek rozmanitého ekologického dědictví konkrétních historických zásahů v lesních porostech Českého krasu, které pravděpodobně měly diferenciatní vliv na populace bylinných druhů v lokálním i regionálním měřítku.

8 Závěr

Výsledky této práce a její použité postupy jistě přispěly k dalšímu pochopení vlivu slunečního záření na dynamiku bylinného patra a jeho variabilitu na této lokalitě. Tento dlouhodobý výzkum jednoznačně dále lépe objasní fungování pařezového způsobu hospodaření a vlivu klimatických změn na tyto ekosystémy. Pokud by se výsledky této práce potvrdily v dalších studiích na stejné lokalitě, mohly by být využity k lepšímu plánování ochrany a managementu v budoucnosti.

Pomocí regresních analýz se potvrdilo, že světelné záření má částečný vliv na produktivitu bylinného patra. Jako signifikantní se v mé práci regresní analýzou podařilo prokázat vliv difúzního záření a procentuální vyjádření otevřené oblohy. Tyto výsledky přičítám uzavřenosti stromového patra zapříčiněné dosavadnímu managementu. Je zde ale naznačen trend, kdy otevření korunového zápoje vede k většímu světelnému příkonu do bylinného patra a jednoznačně ovlivňuje postup zvýšení tvorby nadzemní vegetace.

Ověření druhé pracovní hypotézy závislosti prostorové variability tvorby nadzemní biomasy na světelných podmínkách jednotlivých experimentálních ploch jsem nemohla prokázat. Ve srovnání je sice variabilita tvorby biomasy nepatrně vyšší na stinnějších místech, ale ze statického hlediska se jedná o velmi drobný rozdíl. Vývoj sledovaného porostu je ovlivněn řadou specifických faktorů, které mohou mít různý vliv na růst a vývoj jednotlivých rostlin v porostu, což vede k výrazné lokální variabilitě. Je obtížné nalézt jednoduché a souvztažné gradienty ekologických závislostí v porostech bývalých pařezin. Proto je důležité při výzkumu a zkoumání porostů brát v úvahu tuto lokální variabilitu a specifickou porostu. Je třeba provádět detailní studie těchto lesů a jejich složení a podmínek, aby bylo možné provádět podrobné analýzy k získání co nejkompaktnější představy o ekologických závislostech.

Ve vyhodnocení vlivu světla na druhovou rozmanitost mohu částečně potvrdit hypotézu, kdy zvýšený světelný příkon vede k větší tvorbě druhové diverzity. Signifikantně jsem prokázala vliv světla v případě Shannonova i Simpsonova indexu. Nejvíce biodiverzitu bylinného patra ovlivňovalo procento otevřené oblohy v korunovém zápoji a difúzní složka světelného záření. Indikační hodnoty pro teplotu a vlhkost prokazatelně ovlivňovaly druhovou bohatost díky oběma indexům listové plochy a množství rozptýleného světla v porostu. Slabší ovlivnění diverzity bylin světelnými podmínkami nalezené v mé práci přičítám silně stinnému prostředí experimentální plochy Kobyly. Jedná se o silně uzavřený porost s nízkou propustností světla, což vede k neprokazatelným výsledkům vlivu celkového a přímého světla na bylinné

patro. V tuto chvíli je možné lokalitu porovnat pouze s dalšími experimentálními porosty, nikoli však sledovat rozdíl diverzity přízemní vegetace v čase na dané lokalitě, kdy ve většině odlišné lokality ani nesledují stejné prediktory diverzity a není je tedy, jak mezi sebou příslušně porovnat. Do budoucna by bylo dobré rozšířit datovou základnu o další zkoumané porosty na území Českého krasu, ale i dalších lokalit v českém termofytiku, protože dosažené výsledky naznačují unikátnost a tím pádem malou předvídatelnost zkoumaných ekologických závislostí v porostech pařezin.

9 Seznam literatury

Amorini, E. and Fabbio, G., 1992. The coppice area in Italy. General aspects, cultivation trends and state of knowledge. — *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, 23 292-298.

AOPK, 2010. Care plan for the Kobyla Nature Reserve for the period 2010–2026. — Administration of the Protected Landscape Area Český kras, 2010, 28 p.

Bazzaz, F.A., 1996. Plants in changing environments: linking physiological, population, and community ecology. — Cambridge University Press.

Beaudet, M., Messier, C. and Leduc, A., 2004. Understorey light profiles in temperate deciduous forests: recovery process following selection cutting. — *Journal of Ecology*, 92, 328-338.

Bílek, L., Vacek, S. and Vacek, Z., 2013. Agroforestry: Principles and applications in the Czech Republic. — *Lesnická Práce*, 92(4), 28-31.

Brokaw, N. and Busing, R.T., 2000. Niche versus chance and tree diversity in forest gaps. — *Trends in Ecology & Evolution*, 15(5), 183-188.

Cutini, A., Matteuci, G. and Magnotta, G.S., 1998. Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests. — *Forest Ecology and Management*, 10, 55-65.

Douda, J., Boublik, K., Doudova, J., Kyncl, M., 2017. Traditional forest management practices stop forest succession and bring back rare plant species. — *Journal of Applied Ecology*, 54, 761-771.

Dubravac, T. and Krejčí, V., 2004. From coppice wood to high forest of evergreen oak (*Quercus ilex* L.) by shelterwood cutting. — *Sum. List*, 128, 405-412. (In Croatian).

Faimon, J. and Štelcl, J., 2003. Hydrogeology of the Moravian Karst. — *Acta Carsologica*, 32(1), 21-33.

- Fischer, J. and Lindenmayer, D.B., 2007.** Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. — *Global Ecology and Biogeography*, 16(3), 265-280.
- Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G. and Sharkey, T.D., 2004.** Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. — *Plant Biology*, 6(3), 269-279.
- Flinn, K.M. and Vellend, M., 2005.** Recovery of forest plant communities in post-agricultural landscapes. — *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3(5), 243-250.
- Fuller, R.J. and Warren, M.S., 1993.** Coppiced woodlands: their management for wildlife. Norfolk, 29 p.
- Garnett, T., Appleby, M.C., Balmford, A., Bateman, I.J., Benton, T.G., Bloomer, P., Burlingame, B., Dawkins, M., Dolan, L., Fraser, D., Herrero, M., Hoffmann, I., Smith, P., Thornton, P.K., Toulmin, C., Vermeulen, S.J., Godfray, H.C.J., 2013.** Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies. — *Science*, 341(6141), 33-34.
- Gatehouse, S., Powers, J. and Larcher, W., 2002.** Environmental influences on plant growth and development. — *New Phytologist*, 154(3), 359-374.
- Gobron, N., 2008.** Leaf area index (LAI). *Terrestrial Essential Climate Variables for Climate Change Assessment, Mitigation and Adaptation*. GTOS, 52.
- Greenwood, S. and Jump, A.S., 2014.** Consequences of treeline shifts for the diversity and function of high altitude ecosystems. — *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 46(4), 829-840.
- Grime, J.P., 2001.** *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. John Wiley & Sons.

Hansen, P. and Schjoerring, J.K., 2003. Reflectance measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression. — *Remote Sensing of Environment*, 86(4), 542-553.

Holl, K.D., 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil. — *Biotropica*, 31(2), 229-242.

Horak, J., Vodka, S., Kout, J., Halda, J.P., Bogusch, P., Pech, P., 2014. Biodiversity of most dead wood-dependent organisms in thermophilic temperate oak woodlands thrives on diversity of open landscape structures. — *Ecology*, 315, 80-85.

Hutchings, M.J., 2003. **The impact of light quality on plant growth and development.** — *Plant Ecology*, 165(1), 37-48.

Chazdon, R.L., 2008. Chance and determinism in tropical forest succession. — *Tropical Forest Community Ecology*. Wiley-Blackwell, 384-408.

Johnson, M.P. and Watson, R., 2012. The leaf area index of plant canopies: Implications for photosynthesis and water use efficiency. — *Plant Science*, 193-194, 1-10.

Jürgens, I., Best, G., Lipper, L., 2004. Bioenergy projects for climate change mitigation: eligibility, additionality and baseline. — 2nd World Conference on Biomass, Industry and Climate Protection, 10-14, Rome, Italy, 48-53.

Kirby, K.J., 1992. *Habitat management for conservation: A handbook of techniques*. Oxford University Press.

Kopecký, M., Hédli, R., Szábo, P., 2013. Non-random extinctions dominate plant community changes in abandoned coppices. — *Journal of Applied Ecology*, 50, 79-87.

Kozłowski, T.T. and Pallardy, S.G., 2002. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. — *Botanical Review*, 68(2), 270-334.

- Krpičková, Z., 2020.** Forest vegetation of historical coppices on Boubová hill near Srbsko (Karlštejn area). Ms. 77 p. [Diploma thesis; deposited in: Library of CULS, Prague-Suchdol]
- Kučera, T. and Romportl, D., 2012.** Kulturní krajina Českého krasu. Historie a současnost. Praha: Academia.
- Kumar, B.M. and Nair, P.K.R., 2016.** Agroforestry: The New Old Paradigm for Asian Food Security. — *Journal of Tropical Agriculture*, 54(1), 1-14.
- Lambers, H., Chapin III, F.S. and Pons, T.L., 2008.** Plant physiological ecology. Springer.
- Larcher, W., 2003.** Physiological Plant Ecology. Springer.
- Mačát, Z., Tropek, R. and Konvička, M., 2007.** Motýli Českého krasu: Diverzita, ekologie a ochrana. — *Příroda*, 25, 11-30.
- McCarthy, J., 1997.** Response of a forest community to experimental manipulation of herbivore density in the canopy and in the understory: Canopy herbivory affects understory plants. — *Oecologia*, 109(3), 382-392.
- Mevald, O., 2016.** Dynamics of herb layer productivity in thermophilous oak grove in the Na Voskopě Nature Reserve (Karlštejnsko) depending on the intensity of sunlight. — Ms. 56 p. [Bachelor's thesis; deposited in: Library of CULS, Prague-Suchdol]
- Miller, J.R., 2014.** Forest canopy structural properties. — *Global Ecology and Biogeography*, 23(6), 625-635.
- Miller, K.R. and Tangle, L., 2017.** Trees of life: Saving tropical forests and their biological wealth. Beacon Press.

Ministry of the Environment of the Czech Republic, 2019. Protected Landscape Area Český kras. Available at: [URL] (Accessed: 15 November 2023).

Pearcy, R.W., 2007. Responses of plants to heterogeneous light environments. — In: Functional Plant Ecology. CRC Press, 213-257.

Peterken, G.F., 1996. Natural Woodland: Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions. — Cambridge University Press.

Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., 2017. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-131. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme> (Accessed: 1 March 2021)

Pracný, A., 2016. Geologie Českého krasu. — Praha: Grada.

Regent Instruments, 2012. WinSCANOPY — Canopy Structure and Solar Radiation Analytical Program. Available at: http://www.regentinstruments.com/assets/winscanopy_about.html.

Roberts, J., Cabral, O.M.R. and Aguiar, L.F., 2005. Development of an image-based system for canopy measurement. — Journal of Experimental Botany, 56(421), 2925-2935.

Roleček, J., Vild, O., Sladký, J., Řepka, R., 2017. Habitat requirements of endangered species in a former coppice of high conservation value. — Folia Geobotanica, 52, 59-69.

Sayer, J.A., Sunderland, T., Ghazoul, J., Pfund, J.L., Sheil, D., Meijaard, E., Venter, M., Boedhihartono, A.K., Day, M., Garcia, C., van Oosten, C., Buck, L.E., 2013. Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. — Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(21), 8349-8356.

Schumann, K., Wittig, R., Thiombiano, A., Becker, U., Hahn, K., 2011. Impact of land-use type and bark- and leaf-harvesting on population structure and fruit production of the baobab

tree (*Adansonia digitata* L.) in a semi-arid savanna, West Africa. — *Forest Ecology and Management*, 261(3), 619-629.

Slach, T., Buček, A., Řepka, R., Úradníček, L., Maděra, P., 2016. Starobylé výmladkové lesy. — Mendel University, Brno. ISBN 978-80-7509-467-4.

Smith, H. and Wilson, J.B., 2010. The role of leaf area index in forest productivity. — *Plant Ecology & Diversity*, 3(2), 123-134.

Smith, T.M. and Johnson, L.B., 2015. The dynamics of light availability in forest ecosystems. — *Environmental Reviews*, 23(1), 75-89.

Stajic, B., Stamenković, V., Stajić, B., 2009. Elements of coppice stand structure and growth – necessary parameters for the definition of economic and ecological aims. — *Forestry (Belgrade)*, 4-5, 39-48. (In Serbian).

Stewart, M., 2005. The Clyde Valley woodlands: the place of the past in current management. — AHRC Centre for Environmental History, Short Report 5, 10 p.

Szabó, P., 2010. Driving forces of stability and change in woodland structure: a case-study from the Czech lowlands. — *Ecology*, 259, 650-656.

Šipoš, J., Hédl, R., Hula, V., Chudomelová, M., Košulič, O., Niedobová, J., Riedl, V., 2017. Patterns of functional diversity of two trophic groups after canopy thinning in an abandoned coppice. — *Folia Geobotanica*, 52.

Taiz, L. and Zeiger, E., 2006. *Plant Physiology*. — Sinauer Associates.

Tropek, R., Kadlec, T., Karesová, P., Spitzer, L., Kočárek, P., Malenovský, I., Banar, P., Tuf, I.H., Hejda, M. and Konvička, M., 2013. Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. — *Journal of Applied Ecology*, 50(1), 108-116.

Unrau, A., Becker, G., Spinelli, R., Lazdina, D., Magagnotti, N., Nicolescu, V., Buckley, P., Bartlett, D., Kofman, P.D. (eds), 2018. — Coppice Forests in Europe. Albert Ludwig University, Freiburg, 383.

Vacik, H., Wolfslehner, B., Seidl, R., Lexer, M.J., 2007. Integrating the DPSIR approach and the analytic network process for the assessment of forest management strategies. In: Reynolds, K., Rennolls, K., Köhl, M., Thomson, A., Shannon, M., Ray, D. (Eds.), Sustainable Forestry: From Monitoring and Modelling to Knowledge. — Management and Policy Science, 393-411.

Valladares, F. and Niinemets, Ü., 2007. The architecture of plant crowns: from design rules to light capture and performance. — In: Functional Plant Ecology* CRC Press, 101-149.

Valladares, F., Dobarro, I., Sánchez-Gómez, D. and Percy, R.W., 2007. Photoinhibition and drought in Mediterranean woody saplings: Scaling effects and interactions in sun and shade phenotypes. — Journal of Experimental Botany, 58(3), 485-494.

Vera, F.W.M., 2000. Grazing Ecology and Forest History. — CABI Publishing.

Wilson, K.B., 2007. The role of leaf area index in the interplay between atmosphere and biosphere. — Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 112(G2), G02017.

Wilson, R.J., Gutierrez, D., Gutierrez, J., and Monserrat, V.J., 2016. Effects of climate change on the biodiversity of the Arctic. — Polar Research, 35(1), 10749.

10 Seznam příloh

Příloha 1: Tabulka se vstupními daty z roku 2022	64
Příloha 2: Tabulka s hodnotami hmotnosti odebrané biomasy z roku 2022	65

11 Přílohy

Příloha 1: Tabulka se vstupními daty z roku 2022.

Plocha	Koeficient variability	Průměrná produktivita biomasy	Celková pokrývnost	Ellenberg světlo	Ellenberg teplota	Ellenberg vlhkost	Shannon	Simpson	Počet pixelů oblohy	Procento otevřené oblohy	Přímé záření	Difúzní záření	Celkové záření	Podíl slunečního záření	LAI lineární	LAI korelovaný
1	0,42	19,82	60	4,35	5,79	5,02	1,81	0,8	14,9	15,08	4,28	0,8	5,1	12,61	2,17	2,498
2	0,258	25,79	70	4,6	5,66	5,15	1,81	0,79	16,3	18,32	4,08	1,7	5,77	14,26	1,95	2,104
3	0,4	18,7	40	4,71	5,86	5,01	1,47	0,69	19,7	21,41	19,2	1,7	20,9	51,55	1,63	2,073
4	0,423	30,99	70	4,89	5,77	5,16	1,91	0,78	16,4	17,38	7,66	1,2	8,88	21,95	1,82	2,168
5	1,222	17,38	50	4,1	5,59	5,34	1,85	0,76	11,4	12,26	3,32	0,9	4,24	10,48	2,25	2,833
6	1,234	6,14	40	4,46	5,73	5	1,51	0,71	14,1	14,23	4,09	0,8	4,93	12,19	2,24	2,364
7	0,407	5,6	30	5,22	5,91	5,01	1,03	0,47	13,3	13,28	6,17	0,7	6,87	16,98	2,28	2,39
8	0,168	13,54	65	4,74	5,85	5	1,43	0,68	13,8	13,79	5,38	0,7	6,07	15,01	2,26	2,665
9	0,304	11,63	20	4,83	5,84	5,12	1,28	0,61	8,69	9,03	6,25	0,6	6,82	16,86	2,59	2,768
10	0,62	12,74	60	4,95	5,69	5,07	2,13	0,84	12,8	12,92	3,48	0,7	4,2	10,38	2,28	2,714
11	0,292	6,69	40	4,45	5,84	5	1,25	0,63	12,8	12,85	4,95	0,7	5,64	13,94	2,3	2,38
12	0,485	7,67	35	4,21	5,78	5,01	1,57	0,7	11,1	11,54	9,19	0,7	9,92	24,52	2,49	3,008
13	0,334	18,94	70	5,04	5,88	5,01	1,97	0,74	13,4	14,57	2	1,2	3,16	7,81	2,1	2,458
14	0,185	20,82	60	4,63	5,44	5,49	1,79	0,76	16,2	16,87	4,06	1,1	5,15	12,73	1,9	2,167
15	0,109	16,66	65	4,41	5,73	5,18	1,77	0,72	11,3	11,3	4,31	0,6	4,9	12,11	2,42	2,857
16	0,134	9,3	50	4,29	5,91	5,01	1,28	0,57	9,93	9,65	2,17	0,4	2,58	6,38	3	3,446
17	0,438	10,9	60	3,88	5,83	5	1,28	0,61	11,2	11,6	2,72	0,8	3,47	8,58	2,34	2,495
18	0,167	12,62	60	4,63	5,97	4,96	1,39	0,62	10,2	10,51	3,37	0,7	4,02	9,94	2,49	2,571
19	0,278	25,59	70	4,82	5,72	5,17	1,76	0,72	9,8	10,04	4,93	0,6	5,53	13,67	2,53	2,799
20	0,315	29,58	60	4,41	5,71	5,2	2,01	0,77	11,8	11,72	2,46	0,6	3,08	6,87	2,6	3,152
21	0,724	5,82	40	4,52	5,83	4,99	1,34	0,64	10,5	10,91	4,05	0,8	4,85	10,82	2,38	2,786
22	0,177	14,97	50	3,95	5,77	5,01	1,03	0,45	10,7	10,94	4,76	0,7	5,47	12,2	2,42	2,874
23	0,246	6,99	60	4,17	5,83	5	1,32	0,61	12,1	12,47	4,81	0,9	5,7	12,71	2,3	2,512
24	0,181	15,3	70	4,24	5,8	5	1,9	0,78	12,8	12,86	2,8	0,8	3,56	7,94	2,32	2,688
25	0,484	11,66	70	5,17	5,86	5,07	1,55	0,68	11,1	11,55	3,24	0,8	4,07	9,08	2,29	2,631
26	0,491	10,83	40	4,39	5,9	4,99	1,53	0,69	12,8	13,06	2,73	0,9	3,57	7,96	2,19	2,488
27	0,333	9,79	40	4,35	5,9	5	1,46	0,68	15,4	15,89	3,53	1,1	4,6	10,26	1,98	2,497
28	0,656	7,56	40	4,3	5,97	5	1,47	0,72	14,1	14,14	6,73	0,8	7,5	16,73	2,43	2,903
29	0,463	17,89	70	4,67	5,72	5,21	1,82	0,77	15,9	16,07	4,98	1	5,94	13,25	2,03	2,211
30	0,134	19,94	60	4,84	5,92	5,01	1,68	0,71	13,9	13,87	8,19	0,8	8,95	19,96	2,39	2,905
31	0,403	24,07	70	4,5	5,86	5	1,78	0,79	14,3	14,47	5,76	0,9	6,65	14,83	2,2	2,484
32	0,468	21	50	4,77	5,83	5	1,64	0,74	16	16,35	6,84	1,1	7,93	17,69	1,97	2,173
33	0,095	3,82	30	4,6	5,44	5,38	1,49	0,7	15,1	15,66	3,03	1,1	4,17	9,3	2,02	2,329
34	0,263	8,71	50	4,82	5,82	5,11	1,89	0,76	16,5	16,46	4,49	1	5,44	12,13	2,13	2,414
35	0,582	12,98	35	4,58	5,9	5,01	1,97	0,8	17,8	18,39	5,39	1,3	6,73	15,01	1,87	2,152
36	0,54	12,83	65	4,6	5,96	5	1,66	0,74	9,21	9,47	5,19	0,6	5,83	13	2,63	3,283
37	0,126	7,14	40	4,51	5,93	4,83	1,67	0,75	9,54	9,18	3,36	0,4	3,75	8,36	3,03	3,548
38	0,29	18,86	50	4,73	5,92	5,01	1,57	0,74	6,52	6,96	3,14	0,6	3,7	8,25	2,91	3,378
39	0,344	17,57	60	4,66	5,81	5,01	1,81	0,77	12,6	12,7	6,26	0,7	6,98	15,57	2,4	2,907
40	0,489	25,14	60	4,89	5,89	5,05	1,75	0,75	12,2	12,8	2,95	1	3,92	8,74	2,25	2,707

Příloha 2: Tabulka s hodnotami hmotnosti odebrané biomasy z roku 2022 na čtvercových ploškách 0,5 × 0,5 m. Hodnoty jsou v gramech sušiny.

Plocha	1_22	2_22	3_22	4_22	5_22
1	8,950	7,500	12,860	7,330	10,680
2	10,170	9,710	13,010	12,880	9,020
3	7,860	9,830	6,590	12,090	9,560
4	8,310	11,520	11,440	18,310	11,710
5	7,070	4,930	7,400	5,560	19,310
6	4,530	9,520	4,620	6,600	4,950
7	6,250	5,960	6,760	5,200	5,380
8	7,360	8,770	7,540	8,370	7,440
9	8,650	6,500	6,590	7,070	8,280
10	7,060	11,550	6,490	7,310	6,070
11	6,200	5,790	5,930	7,120	5,870
12	7,350	4,650	6,930	6,660	6,550
13	8,150	7,570	9,810	8,650	12,050
14	9,960	8,440	9,210	11,350	9,610
15	7,960	8,490	9,080	8,600	9,240
16	7,350	6,620	6,780	6,980	6,450
17	8,230	5,930	8,100	8,280	5,630
18	8,250	7,650	6,930	7,250	8,250
19	12,780	11,420	12,270	10,300	7,770
20	8,710	11,270	15,690	10,890	12,970
21	6,680	4,630	7,420	6,180	4,920
22	9,330	8,420	7,400	7,740	8,370
23	6,610	5,880	6,710	5,620	6,470
24	9,450	8,780	7,960	7,990	7,500
25	4,630	8,140	8,470	7,860	8,030
26	8,080	7,010	6,220	9,260	5,520
27	6,440	6,580	6,010	8,280	7,480
28	5,310	6,560	5,410	8,710	6,010
29	11,040	11,540	6,370	7,030	8,930
30	8,570	10,430	9,130	10,060	9,290
31	10,890	9,050	8,900	8,690	15,110
32	14,080	8,980	9,140	6,530	10,070
33	5,640	5,410	5,410	5,400	5,460
34	6,220	6,800	7,560	6,940	5,920
35	6,920	7,960	5,470	11,170	7,260
36	7,410	7,870	9,130	9,550	4,630
37	6,260	5,980	6,630	6,440	6,160
38	10,870	7,460	7,910	9,320	10,560
39	6,920	9,600	11,290	7,770	8,930
40	16,880	9,900	8,820	8,840	9,530