

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



Spalné teplo pozemního paliva dubových porostů

Bakalářská práce

Autor: Dominik Vrátný

Vedoucí práce: Ing. Roman Berčák

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dominik Vrátný

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Spalné teplo pozemního paliva dubových porostů

Název anglicky

Gross calorific value of surface fuel in Oak stands

Cíle práce

- Kvantifikovat množství pozemního paliva v porostech s převládajícím zastoupením dubu.
- Zjistit množství spalného tepla produkovaného jednotlivými segmenty pozemního paliva.
- Srovnat hodnoty spalného tepla v rámci jednotlivých stádií lesních porostů z hlediska problematiky lesních požárů.

Metodika

Na základě získaných podkladů od správce lesního majetku budou předem vytipovány porosty se zastoupením dubu nejméně 60 % a velikostí větší než 0,5 hektaru, ve kterých bude kvantifikováno pozemní palivo. V jednom porostu budou založeny maximálně tři studijní plochy o velikosti 1 m², a to v místech, které svoji strukturou co nejvíce odpovídají struktuře celého porostu (mimo světliny, trasy zvěře, přibližovací linky). Na studijní ploše budou postupně rozebrány a zváženy jednotlivé segmenty paliva (podrost, drobný dřevěný materiál, hrabanka, humus).

Porosty ke kvantifikaci budou rozděleny do 4 stádií z hlediska problematiky lesních požárů (založený porost, zapojený porost, dospívající porost, dospělý porost). Při kvantifikaci budou odebrány vzorky, které poslouží k laboratornímu zjištění vlhkosti a dopočítání sušiny paliva. Dále budou odebrané vzorky použity k laboratornímu testování produkce spalného tepla jednotlivých segmentů pozemního paliva.

Na základě dat získaných z kvantifikace paliva a laboratorního testování produkce spalného tepla bude do počteno celkové množství spalného tepla uložené v pozemním palivu jednotlivých stádiích porostů z hlediska problematiky lesních požárů. Tyto výsledné hodnoty budou vhodně statisticky vyhodnoceny.

Harmonogram:

do konce června 2022 – vytipované porosty

Doporučený rozsah práce

30 s.

Klíčová slova

spalné teplo, lesní požár, pozemní palivo

Doporučené zdroje informací

Balog, K., Kvarčák, M. (1999). Dynamika požáru. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství.

Drysdale, D. (2011). An introduction to fire dynamics. John Wiley & Sons

Pecl, J., Berčák, R., Vaněk, J. (2021) Hašení požárů v přírodním prostředí. Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství Hasičského a záchranného sboru České republiky. Praha.

Quintiere, J. G. (2016). Principles of fire behavior. CRC Press.

Thomas, P. A., McAlpine, R. S., Hirsch, K., Hobson, P. (2010). Fire in the forest. Cambridge University Press.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Roman Berčák

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 26. 4. 2022

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 7. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 04. 04. 2024

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Spalné teplo pozemního paliva dubových porostů“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Berčáka a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 4. 4. 2024

.....

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Romanu Berčákovi vedoucímu práce za poskytnuté rady, připomínky a čas, který mi při psaní této práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat Lesům a rybníkům města Českých Budějovic za vstřícnou spolupráci, poskytování materiálů, informací a pomoc při psaní této práce.

V Praze dne 4. 4. 2024

Abstrakt

Požáry jsou v lesním prostředí velmi ničivý faktor. Literární rešerše se zabývá informacemi o lesním požáru jako celku, ale i částmi a pásmy lesního požáru, dále také přenosem tepla a hořením dřeva, v neposlední řadě i lesnickou typologií. Tato bakalářská práce má za cíl určit množství a porovnat strukturu pozemního paliva, a to v dubových porostech. Za oblast výzkumu byl zvolen porosty, které obhospodařují Lesy a rybníky města Českých Budějovic. V dané studii se mezi sebou porovnávají rozdíly u oglejené řady v jednotlivých edafických kategoriích ve třetím lesním vegetačním stupněm.

Při terénním zkoumání byly založeny studijní plochy, ty byly vybírány dle věkových kategorií a porosty, ve kterých byly umístěny, musely splňovat minimální zastoupení dubu a mít patřičnou rozlohu. Na těchto plochách byla zjištěna hmotnost pozemního paliva a byly odebírány vzorky jednotlivých segmentů paliva. U laboratorního měření byla zjišťována vlhkost a následně dopočítána hmotnost sušiny. Zásadní bylo ověřit hypotézu, zda je struktura mezi jednotlivými plochy podobná a jestli je větší rozdílnost mezi jednotlivými kategoriemi.

Ze statistických výsledků, testů normality, bylo zjištěno, že výsledky neměli normální rozdělení. V rámci porovnávání jednotlivých segmentů mezi kategoriemi se statisticky lišily pouze byliny. Co se týče celkového množství tepelné energie, tak rozdílnost mezi jednotlivými kategoriemi nebyla statisticky významná.

Klíčová slova: spalné teplo, lesní požár, pozemní palivo

Abstract

Fires are a very destructive factor in the forest environment. The literature search deals with information about forest fire, as a whole, but also parts and zones of forest fire, as well as heat transfer and wood burning, and last but not least in forestry typology. This bachelor's thesis aims to determine the amount and compare the structure of ground fuel in oak stands. Forests and ponds in the town of České Budějovice were chosen as the area of research. In this study, the differences in the glaucous rows in individual edaphic categories in the third forest vegetation stage are compared.

During the field investigation, study areas were established, they were selected according to age categories and the stands in which they were located, they had to meet the minimum representation of oak and have an appropriate area. The weight of ground fuel was determined on these areas and samples of individual fuel segments were taken. In the laboratory measurement, the humidity was ensured and the dry matter weight was subsequently calculated. It was essential to verify the hypothesis whether the structure between individual area differences is similar and whether it is greater between individual categories.

From the statistical results, normality tests, it was found that the results did not have a normal distribution. Within the comparison of individual segments between categories, only herbs differed in statistics. As for the total amount of thermal energy, the difference between the individual categories was not statistically significant

Keywords: combustion heat, forest fire, ground fuel

1 Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce.....	11
3. Literární rešerše.....	12
3.1. Faktory ovlivňující vznik a šíření lesních požárů.....	12
3.2. Lesní požár.....	13
3.3. Druhy lesních požárů.....	14
3.4. Pásma lesních požárů.....	16
3.5. Části lesního požáru.....	16
4. Metodika.....	18
4.1. Zhodnocení přírodních poměrů lesního hospodářského celku Lesy a rybníky města Českých Budějovic.....	18
4.1.1. Geologické poměry.....	18
4.1.2. Pedologické poměry.....	18
4.1.3. Klimatické poměry.....	18
4.2. Výběr zkusných ploch.....	19
4.3. Terénní měření.....	19
4.4. Laboratorní měření.....	21
4.5. Vyhodnocení dat.....	25
4.6. Statistické vyhodnocení významnosti výsledků.....	25
5. Výsledky.....	26
5.1. Výsledky Kruskal-Wallisova testu.....	26
5.2. Test normality dat.....	28

5.3. Srovnání množství jednotlivých segmentů dle kategorií.....	31
5.4. Srovnání množství jednotlivých segmentů dle edafických kategorií.....	32
5.5. Spalné teplo.....	33
5.6. Celkové množství tepelné energie v rámci kategorií...	34
6. Diskuze.....	35
7. Závěr.....	37
8. Seznam použité literatury.....	38

1. Úvod

Lesní požár je problém, který ve střední Evropě i v České republice nepůsobí tak rozsáhlé škody jako v Austrálii, USA nebo zemích jižní Evropy. Musíme ale vzít v potaz, že se stále zvětšují výkyvy mezi teplotami a díky tomu je větší šance vzniku požáru a s tím vznikne více škod nejen na lesních porostech (Xiao, Zhuang 2007; Xanthopoulos et al. 2012). „*V současné době je nutné zmínit nějaké statistiky o požárech v lesích, které se odehráli v roce 2022. Celkem vzniklo 2 473 požárů na ploše cca 1 715 ha, to je nejvíce za posledních 10 let*“ (<https://www.vulhm.cz/v-lonskem-roce-horelo-v-lesich-nejvice-za-poslednich-deset-let/>)

Na území České republiky nebyly lesní požáry nikdy významně studovány (viz přehled Chromek et al., 2018). Tato práce je zaměřená především na určení množství pozemního paliva, které jednotlivé segmenty při shoření vyprodukují. Segmenty, které se pro tyto účely posuzují jsou: bylinná složka, drobný dřevěný materiál, opad a hrabanka. Studie byla prováděna konkrétně v dubových porostech na řadě oglejené. Je nezbytné znát základní parametry paliva, především vzhledem k jejich vlivu na šíření, intenzitu a také trvání požáru. Nejzásadnějšími parametry u paliva jsou množství paliva, jeho vlhkost, skladba a rozmístění v lesním prostředí (Viegas, 1998; Majlingová, 2014). Velmi často vznikají požáry na plochách, které mají travinný pokryv. Zabuřeněné plochy jsou ideální pro rychlé šíření požáru (Majlingová, 2014; Pfeffer, 1961). Za nejdůležitější faktor u pozemního paliva je již velmi dlouho považována jeho vlhkost, která zásadně ovlivňuje šíření požáru (Gisborne, 1928). Informace, které se během studie získaly, by mohly mít velký význam pro hasičský záchranný sbor, kdy by se díky výsledkům zlepšila efektivita a postup při hašení jednotlivých druhů požárů.

2. Cíle práce

Cílem této práce je porovnat strukturu, a především množství pozemního paliva. Práce se zaměřuje na porovnání těchto faktorů ve dubových porostech. Práce zkoumá rozdíl mezi zjištěnými výsledky jednotlivých edafických kategoriích v řadě oglejené.

3. Literární rešerše

3.1. Faktory ovlivňující vznik a šíření

Charakter vegetace výrazně ovlivňuje riziko vzniku a šíření požárů v krajině. U lesních porostů má vliv druhová skladba a charakter přízemní vegetace, růstové stádium (věk) a zápoj, zdravotní stav porostu (podíl souší), množství odumřelé organické hmoty a prostorové uspořádání lesa (horizontální a vertikální struktura) včetně kontextu s nelesními prvky využití území v krajině. V průběhu požáru je vhodné sledovat několik základních parametrů paliva. Tyto faktory mají vliv na intenzitu, trvání a šíření požáru. Těmito faktory jsou skladba paliva, množství paliva, vlhkost a rozmístění paliva v prostoru.

Skladba paliva

Velká část lesních požárů začíná a končí na povrchu lesní půdy, jedná se tedy o pozemní lesní požár. Tyto pozemní požáry v závislosti na meteorologických podmínkách, stanovištních podmínkách, rychlosti zásahu atp. mohou přecházet v požáry korunové, případně požáry podzemní. V případě, že uvažujeme palivo v lesním prostředí, mluvíme o hořlavém materiálu nacházejícím se na povrchu lesní půdy, tzv. pozemní lesní palivo. Pozemní palivo se skládá z velkého množství různě hořlavých materiálů, které z hlediska problematiky lesních požárů řadíme do 4 segmentů – vegetace, drobné dřevo, opad a humus (zbytky organického materiálu a kořeny rostliny).

Podrost

Podrost lesních porostů je tvořen velkým množstvím travin, bylin a mechů, které jsou velmi často zdrojem zahoření, a to z důvodu snadného zapálení lehkého jemného paliva a potřeby malého množství tepla ke vznícení. Po zapálení vytváří dostatek tepla, který je potřebný k zapálení jiného paliva. Hoření tohoto materiálu je zejména po zaschnutí intenzivní a šíření požáru rychlé.

Drobné dřevo

Drobný dřevěný materiál je tvořený především drobnými větévkami, které při růstu stromů zasychají a následně se odlamují a padají na povrch lesní půdy. Dále za drobné dřevo považujeme silnější větve odlamující se ze stromů a semenný materiál stromů. V procesu hoření je tento materiál poměrně složitě zapálit, neboť na rozdíl od jehličí, listí nebo vegetace má poměrně velké rozměry a je potřeba větší množství tepelné energie k jeho zapálení.

Avšak v případě již vzniklého hoření slouží právě tento drobný materiál jako producent výrazného množství tepla a urychluje tak šíření požáru.

Opad

Opadem označujeme suché asimilační aparáty stromů (jehličí, listí) nacházející se na povrchu lesní půdy. Opad se stejně jako podrost poměrně snadno vznítí, hoření je však velice pozvolné, na rozdíl od podrostu. Je to způsobeno hlavně množstvím tohoto materiálu nacházejícím se v prostoru. Podrost často dosahuje výšky několika desítek centimetrů, na rozdíl od opadu, který v závislosti na rychlosti rozkladu tvoří vrstvu zpravidla jen několik centimetrů. Plocha pokrytá pouze opadem má mnohem méně hořlavé biomasy než plocha pokrytá pouze podrostem. Při porovnání hořlavosti jehličí a opadu listnatých stromů by se mohlo zdát, že bude hořlavější opad, vzhledem k obvykle větší vrstvě nahromaděného listí. Nicméně jehličí obsahuje látky, které hoření tohoto materiálu výrazně podporují. Vše podporuje i množství vody a vlhkosti, které se drží v nerovnostech listového opadu, na rozdíl od „urovnaného“ jehličnatého opadu, kde dochází i k rychlejšímu vysychání.

Humus

Ačkoliv se to na první pohled nezdá, i humusová vrstva může prohořívát. V humusové vrstvě jsou zbytky ještě nerozloženého organického materiálu a kořeny rostlin. V případě dlouhodobějšího hoření plochy dochází k prohoření i humusové vrstvy půdy. Humusová vrstva produkuje nejméně tepelné energie z jednotlivých segmentů pozemního paliva. V případě lesních požárů je však nezbytné s tímto segmentem počítat, neboť často tvoří zdroj paliva pro hoření skrytých ohnisek a podzemních lesních požárů.

3.2. Lesní požár

Požár obecně lze v České republice definovat podle vyhlášky č. 246/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci), v platném znění. Podle ustanovení § 1 písm. m této vyhlášky je požár každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení nebo zranění osob nebo zvířat, ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí a nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata, materiální hodnoty nebo životní

prostředí, bezprostředně ohroženy. Podle technické normy ČSN EN ISO 13943 (730801), Požární bezpečnost – Slovník, je požár definován jako samovolné hoření, které se nekontrolovatelně šíří v čase a prostoru (Sluka, 2004). Požár je tedy proces nekontrolovatelného hoření, který je charakterizovaný plamenem, zplodinami hoření a vývojem tepla. Na rozdíl od ohně není prostor, kde požár probíhá předem určen (Vilímek, 2008).

Lesní požár můžeme také charakterizovat jako komplex fyzikálně-chemických jevů, jejichž základem jsou procesy hoření, výměny plynů a přenosu tepla, které se mění v prostoru a čase. Hoření lesního prostředí lze popsat jako hoření celého souboru organických částí, ze kterých je lesní prostředí složené (Chromek, 2006).

V důsledku lesních požárů vznikají na lesním hospodářství škody přímé a nepřímé. Přímé škody se týkají především znehodnocení dřeva jako suroviny, to znamená ohoření nebo shoření stromů, zpracovaného anebo uskladněného dříví v lese. V důsledku nepřímých škod mohou nastoupit sekundární škůdci, kteří dále napadají stromy, které jsou již ohněm oslabené.

3.3. Druhy lesních požárů

Podle nejnovější práce Holuša et al. (2018) již rozlišujeme tři druhy lesních požárů a to podzemní, pozemní a korunový. V tomto rozlišení již není požár dutého stromu. Jednotlivé druhy se během hoření mohou měnit z jednoho na druhý.

Pozemní požár

Nejčastěji právě pozemním požárem začíná a končí nejvíce lesních požárů. (Thomas, McAlpine, 2010). Tento požár vzniká zapálením půdního krytu v lese. Zdrojem pozemního požáru jsou nejčastěji suché jehličí, opadané listy ze stromů, suchá tráva, nárosty a suchý ležící dřevěný materiál (Franci, 2007; Sahin, 2007; Krakovský, 2004). Pozemní požáry dělíme na rychlé a vytrvalé. Rychlý pozemní požár vzniká převážně v jarním období, kdy prosychá pouze vrchní vrstva materiálu. Trvalý pozemní požár pak vzniká převážně během léta, kdy prosychá vrchní vrstva půdy, požár se šíří i na kořeny a kůru stromů a hoří mladý porost. Rychlost šíření se velmi liší dle konkrétních podmínek. Při pozemním požáru závisí výška plamene především na zdroji hoření. Jestliže při hoření nejsou větve a klest a hoří tedy pouze hrabanka nebo suchá tráva (kostřava *Festuca* sp., smilka *Nardus* sp.) plameny mohou dosahovat výšky zhruba 0,5 m. Při hoření třtiny nebo borůvčí mohou plameny dosahovat do výšky 1,5 m a při hoření těžebních zbytků plameny mohou dosahovat až do výšky 4 m (Nesterov, 1949). Podle výšky plamene lesní požáry můžeme rozdělit na slabé (výška plamene do 0,5 m), střední (výška plamene od 0,5 do 1,5 m) a silné (výška plamene nad 1,5 m). Také podle rychlosti, kterou se 13 požáry šíří je můžeme rozdělit, a to na slabé (rychlost do 1 m.min⁻¹), střední (1 až 3 m.min⁻¹) a silné (nad 3 m.min⁻¹) (Krakovský, 2004). Pozemní požáry jsou v České republice nejvíce rozšířené, a dosahují z celkového počtu požárů 99,57 % (Mařáková, 2012). Velmi často pozemní požár, ale i jiné druhy požárů mohou přecházet v další požár a poté mohou hořet současně

Korunový požár

Hlavní nebezpečí korunového požáru je v jeho velice rychlém šíření a v jeho nelehké ovladatelnosti. Kvůli tomu se z korunového požáru stává jeden z nejnebezpečnějších lesních požárů (Alexander a De Groot, 1988; Alexander a Lanoville, 1989; Krakovský, 2004). Vznik korunového požáru je nejčastěji v místech, kde je vysoká buřeň, podrost či stromy s hluboko zavětvenými korunami (Kunt, 1967; Sahin, 2007). Tento požár může mít různou formu, a to v závislosti na složení porostu a také mocnosti ohně. Když v korunách hoří drobnější větvičky, dochází k vytvoření ohňového valu, který se poté dobře šíří porostem a zůstávají při tom na stromech silnější větve (Pfeffer, 1961). V České republice dochází ke korunovým požárům spíše výjimečně, ale při tom zasahují velké plochy (Mařáková, 2012). Korunovému požáru velmi často předchází pozemní požár. Tyto požáry lze rozdělit na letmý vrcholkový požár a na vytrvalý korunový požár. Při letmém požáru se oheň pohybuje vlnitě v korunách stromů. Při silném větru může dojít i k zasažení kmenů a kořenů hořících stromů (Kapusniak, 2014). Tyto požáry je velmi složité zdolávat pomocí klasických hasičských technik, často je uhašení velmi závislé na změně počasí, topografii požářiště nebo množství hořlavých materiálů (Thomas, McAlpine, 2010). Korunové požáry se vyskytují pouze v 0,04 % z celkového 14 počtu požárů, za to však při tomto požáru bývá zasažena největší plocha (Mařáková, 2012).

Podzemní požár

Podzemní požár se nejčastěji vyskytuje na rašeliništích nebo v místech kde se po delší dobu akumuloval surový humus (Krakovský, 2004; Sahin, 2007). Při tomto požáru se v podstatě nevytvářejí plameny (Roy, 2003). Požár může prohořet i do nižších vrstev rašelinišť, kde ho zastaví až minerální podloží (Thomas, McAlpine 2010). Velmi často dochází k poškození kořenů stromů, čímž se zvyšuje riziko úhynů a vývrátů (Roy, 2003). Rychlost tohoto požáru je relativně malá. Nepřesáhne za den 2 až 5 m a požár se projevuje jen nepatrným dýmem (Chromek, 2006). Podzemní požár rozdělujeme podle hloubky, které při svém působení dosáhne, a to na slabé (do 250 mm hloubky), střední (od 250 do 500 mm hloubky) a silné (nad 500 mm hloubky) (Kapusniak, 2014). Nejvýraznější odlišení pozemních požárů od ostatních je v jeho teplotě, která dosahuje pouze 300 °C (Zanon et al., 2008). Tento požár je těžké lokalizovat, jelikož se zde nevyskytuje velké množství dýmu (Thomas, McAlpine, 2010). Pro lokalizaci je velmi vhodné použití termokamery (Calle et al., 2006). Podzemní požáry se vyskytují na území České republiky oproti pozemním požárům jen velmi málo, a to pouze 0,39 % z celkového počtu požárů (Mařáková, 2012). Frekvence výskytu je podmíněna průběhem suchého počasí, kdy dostatečně proschnou vrstvy rašeliny. Bývá velmi vytrvalý a může hořet týdny i měsíce, v méně přístupných oblastech dokonce i roky, a také může relativně snadno přejít do požáru pozemního. Šíří se velmi pomalu, obvykle několik mm až cm za hodinu. Jeho rychlost nepřesahuje 2 – 5 m za den.

3.4. Pásma lesního požáru

Podle Chromka (2006) lze lesní požár rozdělit na tři pásma. Tyto tři pásma se mohou navzájem prolínat nebo spolu alespoň souvisí.

Pásma hoření – v tomto pásmu se důsledkem působením tepla uvolňují plyny a dochází tak k vlastnímu hoření (Chromek, 2006).

Pásma přípravy – zde dochází k zahřívání materiálu, k rozkladu, k odpařování vody a důsledkem toho k následnému vznícení. Pokud nedojde k přípravě materiálů nedochází ani k jeho hoření. Případným ochlazováním hořlavých látek v tomto pásmu se dá předejít šíření požáru (Chromek, 2006).

Pásma zadýmení – je to pohyblivé pásmo, které závisí na síle a směru větru. Dochází zde k pohybu dýmových produktů, složených především z nejmenších částí par a plynů, vytvářejících se při hoření (Chromek, 2006).

3.5. Části lesního požáru

Každý lesní požár se vyznačuje specifickou anatomí zahrnující ohnisko, čelo, tyl a pásy požáru, obvod, ostrovy a bod požáru (Thomas, Mcalpine 2010; Wildfire News 2014). Některé uvedené části se během lesního požáru nemusí vytvořit, například v určitých terénních podmínkách a při bezvětrí se nevytváří čelo požáru. Vznik tzv. bodu požárů také není pravidlem a závisí především na velikosti požáru a povětrnostní situaci. Hlavní části lesního požáru se charakterizují zejména pro účely jejich hašení. Mezi hlavní části lesních požárů řadíme (Krakovský 2004; Chromek 2006; Thomas, Mcalpine 2010): Ohnisko požáru je místo v oblasti, kde došlo ke vzniku požáru, nebo které označuje bod, z něhož se oheň začal šířit. Může se nacházet nejen v blízkosti komunikací nebo zástavby, ale i v odlehlých a nedostupných oblastech. Ve středoevropských podmínkách převažuje antropogenní vliv mezi příčinami vzniku požáru.

Čelo požáru neboli fronta požáru je hořící část lesa nacházející se zpravidla na opačné straně směru, ze kterého fouká vítr, v jehož důsledku se oheň šíří nejrychleji, intenzivně hoří a způsobuje zpravidla největší škody. Při zdolání lesního požáru je klíčovým prvkem dostat pod kontrolu jeho čelo a zabránit utváření nové fronty.

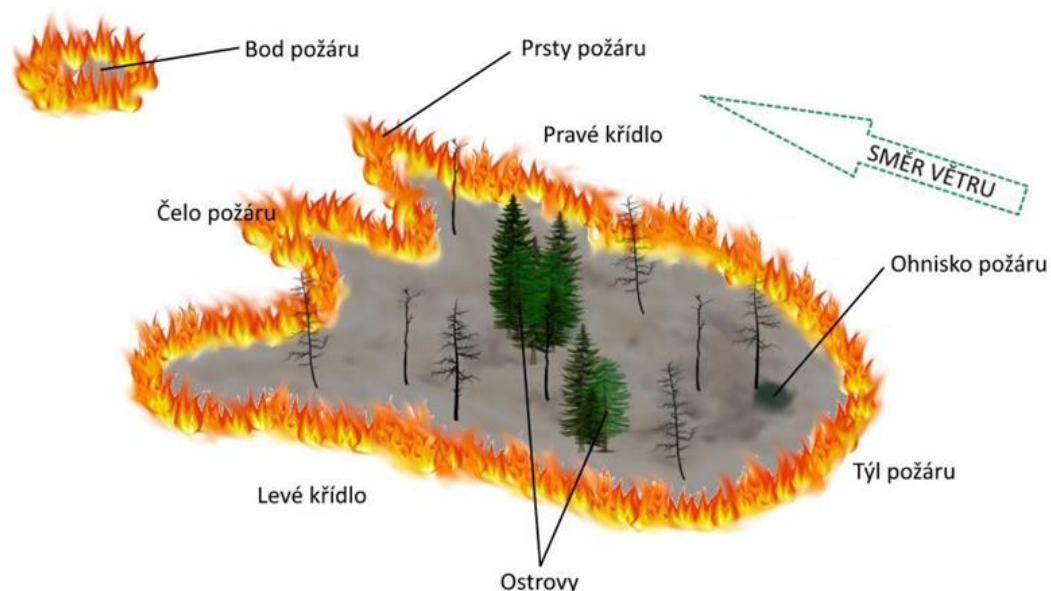
Týl požáru je protilehlá strana čela požáru, kde vanoucí vítr často tlačí oheň směrem k frontě, kde již hoří nebo je vyhořelá plocha, proto nedochází na týlu požáru k tak výraznému šíření. Hoření je zpravidla pomalejší, mírnější a snáze zvládnutelné.

Křídla požáru jsou boční strany lesního požáru. Křídla jsou přibližně rovnoběžná s hlavním směrem vanutí větru a šíření požáru a oddělují čelo od týlu požáru. Pokud dojde ke změně směru vanutí větru, může se křídlo změnit v čelo požáru a křídlo protilehlé strany se stává týlem požáru. Změna směru vanutí větru může často výrazně ovlivnit postup a úspěšnost likvidace lesního požáru.

Prsty (pásy) požáru jsou dlouhé úzké pásy požáru, které vybíhají z hlavního požáru ve směru větru. Při nekontrolovaném lesním požáru za větrného počasí mohou pásy požáru vytvářet jeho nové fronty.

Obvod (okraj) požáru je vnější hranice pásma hoření včetně prostoru, kde dochází působením tepla k přípravě materiálů k hoření. Postupně se zvětšuje, a to zpravidla až do doby počátku zdolávání lesního požáru. Ostrovy jsou neshořelá místa nacházející se uvnitř požáru, která je nezbytné mít pod kontrolou, protože na nich se nachází potenciálně hořlavé látky, které by mohly začít hořet.

Bod požáru je místo nacházející se mimo plochu lesního požáru, kde vlivem odletujících jisker, žhavého popela, uhlíků nebo dokonce hořících větví či částí stromu vzniká nové ohnisko požáru, které je nezbytné okamžitě lokalizovat, neboť jeho rozšíření by mohlo vést ke spojení s požárem hlavním a „obklíčení“ zasahujících osob či techniky (Krakovský 2004).



Obrázek 1: Schéma lesního požáru s označením jeho charakteristických částí (Berčák et al., 2018)

4. Metodika

4.1. Zhodnocení přírodních poměrů lesního hospodářského celku Lesy a rybníky města Českých Budějovic

Lesní hospodářský celek (dále také jako „LHC“) se nachází v Jihočeském kraji.

4.1.1. Geologické poměry

Bioregion zabírá pánev vyplněnou převážně nezpevněnými jezerními sedimenty kontinentální svrchní křídly a terciéru – nevápnitými jíly, písky i štěrky; ty mohou být lokálně zpevněny na pískovce nebo slepence. Tyto sedimenty jsou tedy odlišné od mořských, převážně vápnitých sedimentů z téže doby v severní polovině Čech a na Moravě. Okrajově nebo ostrůvkovitě vystupuje v bioregionu kyselá krystalinická podloží, především migmatity, podružně ortoruly. Z kvartérních pokryvů se uplatňují fluviální sedimenty v nivách a místy hlinité sedimenty rázu sprašových hlín (Culek, 1996).

4.1.2. Pedologické poměry

V plochých úsecích s těžším podkladem převládají primární pseudogleje, místy též organozemní. Ve sníženinách v místech s převahou jílu dominují gleje, u Českých Budějovic též organozemní (náslatě) (Culek, 1996).

4.1.3. Klimatické poměry

Dle Quitta celé území leží v nejteplejší z mírně teplých oblastí – MT 11. Podnebí je tedy mírně teplé (České Budějovice 7,8 °C) vzhledem k výšce relativně suché až středně zásobené srážkami. Srážky při tom celkově rostou k jihovýchodu (České Budějovice 620 mm). Bioregion zabírá nejteplejší území jižních Čech. Celá pánev přitom představuje inverzní oblast velkých rozměrů, známou občasnými rekordními mrazy. V zimě r. 1929 bylo v Litvínovicích naměřeno –42,2 °C, což je rekord nejen pro ČR, ale zřejmě i střední Evropu s výjimkou alpských údolí (Culek, 1996).

4.2. Výběr zkusných ploch

Pro terénní měření bylo vybráno 30 porostů, ve kterých byla vybrána místa pro konkrétní zkusné plochy. Tyto porosty musely mít plochu minimálně 0,5 ha, se zastoupením dubu minimálně 80 %. Zkusné plochy byly umísťovány minimálně 15 metrů od hranice s jiným porostem. Porosty byly vybírány dle věku a struktury, a to podle pěti kategorií:

1. kategorie – 0-5 let (Založený porost)
2. kategorie – 6-20 let (Zapojený porost)
3. kategorie – 21-60 let (Dospívající porost)
4. kategorie – 61-100 let (Dospělý porost)

Tyto věkové kategorie byly zvoleny zejména s ohledem na vzhled porostu v určitém vývojovém stádiu. První kategorie do pěti let takzvané nárosty, byly vybrány kvůli zastoupení mladých stromků, které ještě nejsou zapojeny, a lze zde předpokládat velký výskyt bylinného patra. Druhá kategorie od 6 do 20 let neboli mlaziny byly vybrány s předpokladem vysoké hustoty stromů a silnému zápoji. Třetí kategorie tyčkoviny, tedy od 21 do 60 let. U této kategorie se předpokládá snižování zápoje a hustoty stromů. Čtvrtá kategorie nastávající kmenoviny od 61 do 100 let, kde jsou již porosty v mýtném věku a předpokládá se nižší zakmenění a zvýšená přítomnost bylinného patra.

4.3. Terénní měření

Umístění zkusné plochy bylo vybráno tak, aby co nejvíce reprezentovalo celý porost. Zkusná plocha měla rozměr 1x1 m. Každá plocha byla očíslována a následně vyfotografována. Do tabulky v MS Excelu byly zaznamenány údaje o jednotlivých plochách. Zaznamenalo se například označení porostu, LVS a ekologická řada. Následně byly odebrány jednotlivé složky biomasy (bylinný materiál, hrabanka, humus a dřevěný materiál). Tyto segmenty byly odebrány z celé plochy. Poté následovalo jejich zvážení, pomocí závěsné váhy. Po zvážení každého segmentu, byly odebrány vzorky, které byly umístěny do vaku. Každý segment měl svůj sáček.



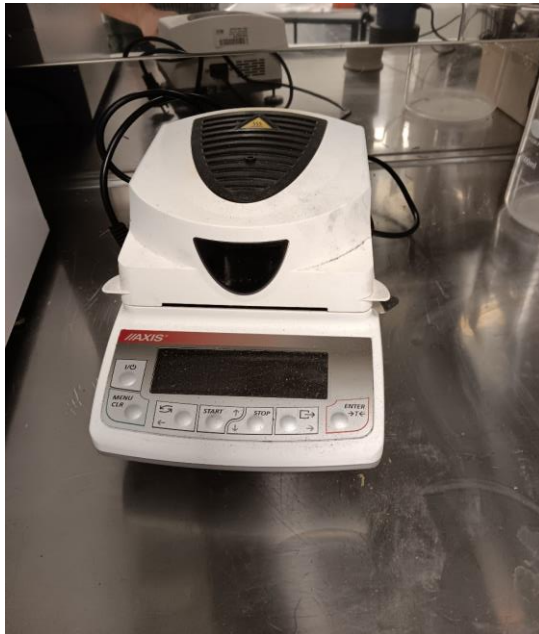
Obrázek 2: Zkusná plocha o výměře 1 m x 1 m



Obrázek 3: Zpracovaná zkusná plocha

4.4. Laboratorní měření

Po ukončení terénního měření bylo provedeno laboratorní zpracování odebraných vzorků. Pomocí analyzátoru vlhkosti byla pro jednotlivé segmenty pozemního paliva každé jednotlivé studijní plochy zjištěna vlhkost, a to zahříváním vzorku na 150 °C a udržování konstantní teploty až do chvíle, kdy byl materiál úplně vysušen. Doba měření byla zpravidla 2 – 3 minuty. Tento údaj byl následně využit k dopočítání hmotnosti sušiny jednotlivých segmentů pozemního paliva ve studijních plochách. Tyto výsledky hmotnosti sušiny byly použity pro statistické zpracování. Po zaznamenání dosažených výsledků, se zjišťovalo spalné teplo jednotlivých segmentů. Abychom mohli změřit spalné teplo, bylo potřeba všechny segmenty stejného druhu sesypat dohromady a následně nechat při pokojové teplotě vyschnout. V laboratoři se z jednotlivých segmentů musely nechat vyrobit peletky. Peletky se vyráběly tak, že nejdříve bylo potřeba část segmentů rozemlít na jemný prášek, poté se odebral 1 g a vložil se do lisu, který měl tvar válce. Z každého segmentu se vyrobilo alespoň 5 peletek. Jakmile byly peletky vyrobeny, mohlo se začít měřit spalné teplo. Nejdříve se peletka zvážíla, údaj bylo potřeba si zapsat, abychom ho mohli zadat do výstupu pro výsledek měření. Poté byla peletka umístěna do „Kalorimetru“ a pomocí provázku, který byl přivázán na konstrukci kalorimetru a sveden pod peletku, mohlo dojít k vzplanutí peletky a po zhruba 4 – 7 minutách po zhoření peletky bylo možné zapsat hodnotu spalného tepla, která se uváděla v MJ/kg. Pro každý segment byly spáleny minimálně 3 peletky.



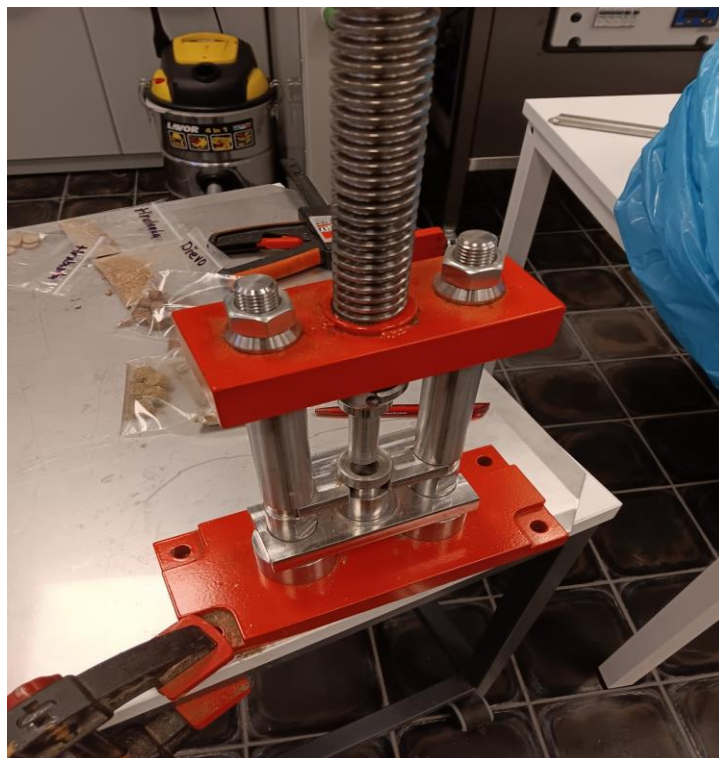
Obrázek 4: Vlhoměr



Obrázek 5: Laboratorní mlýnek



Obrázek 6: Odebrání vzorku na výrobu peletky



Obrázek 7: Lis na výrobu peletky



Obrázek 8: Peletky



Obrázek 9: Kalorimetr

4.5. Vyhodnocení dat

Po dokončení laboratorního měření a zpracování kompletní databáze z terénních měření vytvořenou v programu MS Excel následovalo statistické vyhodnocení v softwaru Statistica 12.0. Testovala se tzv. normalita. Konkrétně pro vyhodnocení rozdílnosti jednotlivých částí pozemního paliva v kategoriích dle věku bylo použito Kruskal-Wallisova testu, výsledky byly taktéž graficky znázorněny formou sloupcových grafů.

4.6. Statistické vyhodnocení významnosti výsledků

Testujeme na hladině významnosti 95 % ($p=0,05$), testuje se rozdílnost mezi jednotlivými segmenty paliva v rámci jednotlivých kategorií – pokud je hodnota p nižší než 0,05, pak je výsledek signifikantní, statisticky významný.

5. Výsledky

5.1. Výsledky Kruskal-Wallisova testu

Katego- rie	Materiál	N platných	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka
1	byliny	15	0,462465	0,08676	1,47	0,42386
	dr. dřevo	15	0,458046	0	1,8308	0,558872
	hrabanka	15	1,188774	0,22992	2,0559	0,598377
	humus	15	1,838189	0,0444	6,9333	1,90766
2	byliny	15	0,300387	0	1,53	0,393917
	dr. dřevo	15	0,391386	0,0152	1,47	0,478544
	hrabanka	15	1,094909	0,036	3,08	0,711491
	humus	15	1,614091	0,02167	6,667	1,841471
3	byliny	15	0,089991	0,00033	0,294	0,089115
	dr. dřevo	15	0,437246	0,00492	1,675	0,534027
	hrabanka	15	1,02388	0,012	3,8475	1,013451
	humus	15	1,476884	0,0324	3,782	1,279132
4	byliny	15	0,172055	0,00051	0,8	0,268444
	dr. dřevo	15	0,460995	0,003256	2,411416	0,616573
	hrabanka	15	1,510849	0,152	3,978	1,114373
	humus	15	0,904704	0,00531	3,51	0,87189

Tabulka 1: Popisné statistiky jednotlivých segmentů sušiny pozemního paliva v jednotlivých věkových kategoriích (kg/m²)

Z popisné statistiky jednotlivých segmentů pozemního paliva (Tab. 1) vyplývá, že nejvyšší průměr hmotnosti sušiny je u humusové formy, až na výjimku, a tou je kategorie číslo 4, kde nejvyšší průměr zastává forma hrabanky. Poté následuje forma hrabanky a u bylinné formy a formy drobného dřeva jsou nejmenší rozdíly.

U bylinné formy je nejvyšší průměr hmotnosti sušiny u první kategorie a to 0,462465 kg, což v přepočtu znamená 4 624,65 kg/ha, minimum je ve druhé, třetí a čtvrté věkové kategorii.

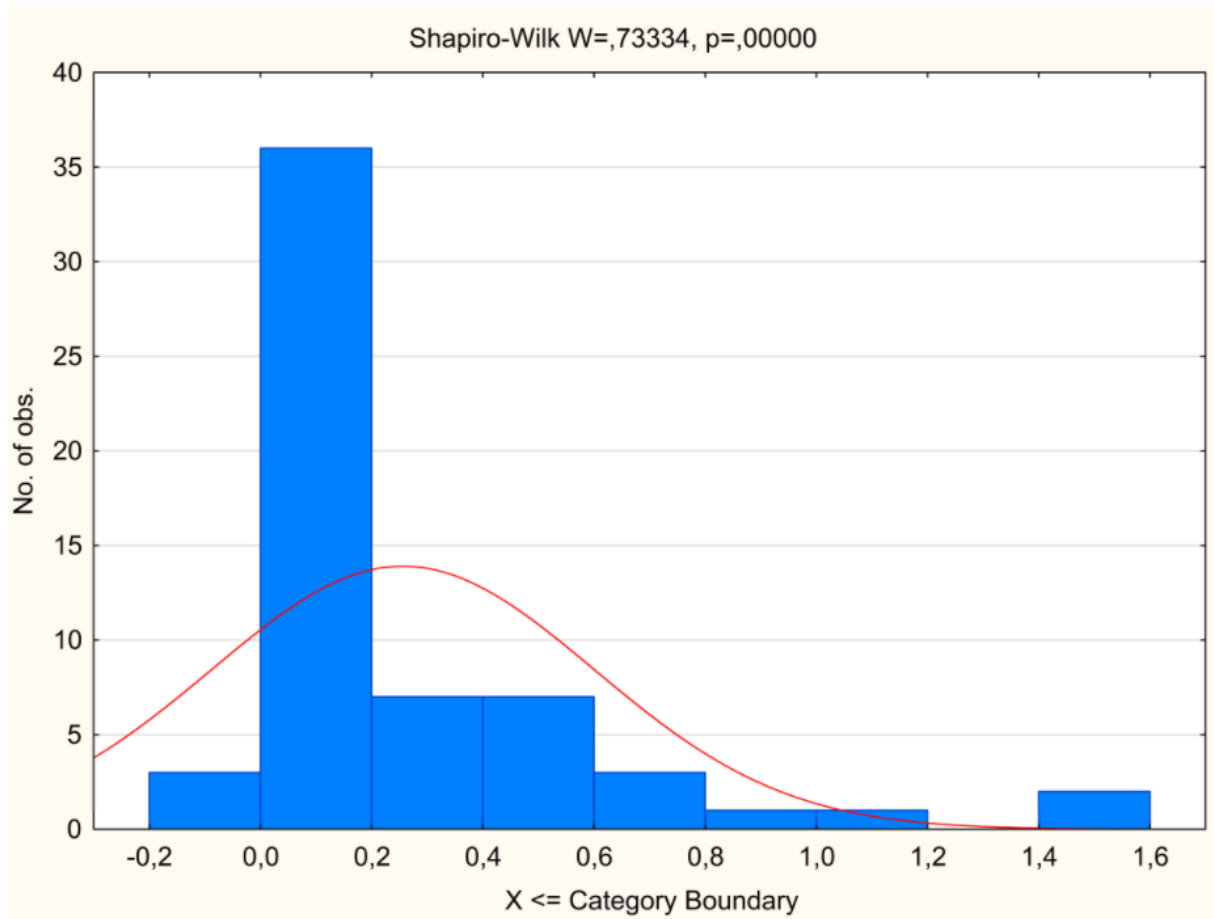
U drobného dřeva je nejnižší průměr u druhé kategorie 0,391386 kg (3 913,86 kg/ha), následuje třetí, poté první kategorie a nejvyšší průměr zastává čtvrtá kategorie 0,460995 (4 609,95). Minimum se pohybuje od 0 kg ve první kategorii až do 0,22992 kg taktéž v první kategorii. Hodnoty maxima se pohybovaly od 0,8 kg ve čtvrté kategorii do 6,9333 kg v první kategorii

U hrabanky je nejnižší průměr u třetí kategorie 1,02388 kg (10 238,8 kg/ha), naopak nejvyšší je u čtvrté kategorie 1,510849 kg (15 108,49 kg/ha). Nejvyšší u třetí kategorie (3,8475 kg). Nejmenší minimum je u třetí a kategorie (0,012 kg). Nejvyšší směrodatná odchylka se nachází u třetí kategorie (1,114373 kg).

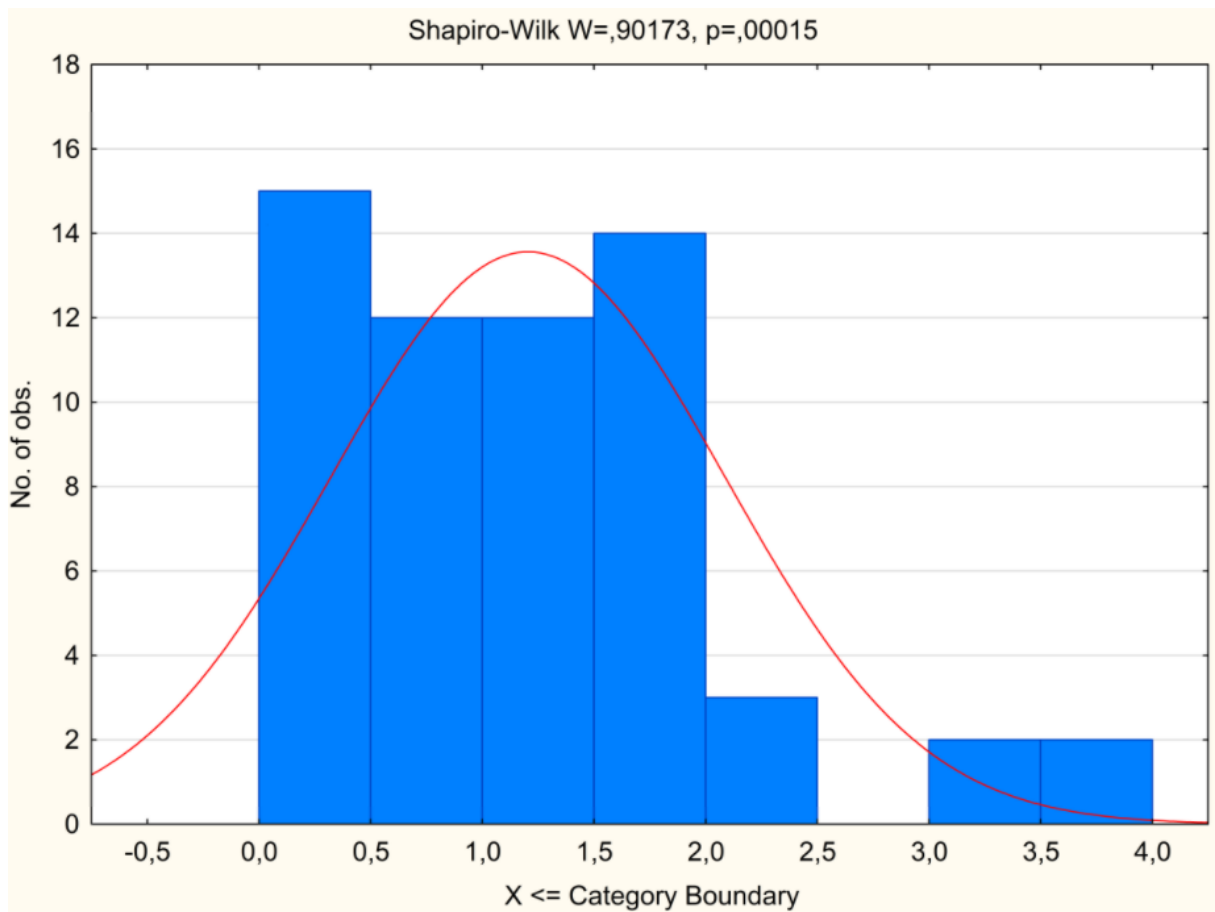
Humusová forma dosahuje nejvyšších hodnot (kromě sloupce minimum a průměru ve čtvrté kategorii). Nejvyšší průměr činí 1, 838189 kg (18 381,89 kg/ha) u první kategorie, naopak nejnižší činí 0,904704 kg (9 047,04 kg/ha) u čtvrté kategorie. Nejnižší minimum se nachází ve čtvrté kategorii, činí 0,00531 kg (53,1 kg/ha). Nejvyšší maximum je v první kategorii a to 6,933 (69 330 kg/ha). Co se týče směrodatné odchylky, tak nejnižší je u čtvrté kategorie, činí 0,87189 kg (8 718,9 kg/ha) a nejvyšší u první kategorie, činí 1,90766 kg (19 076,6 kg/ha).

5.2. Test normality dat

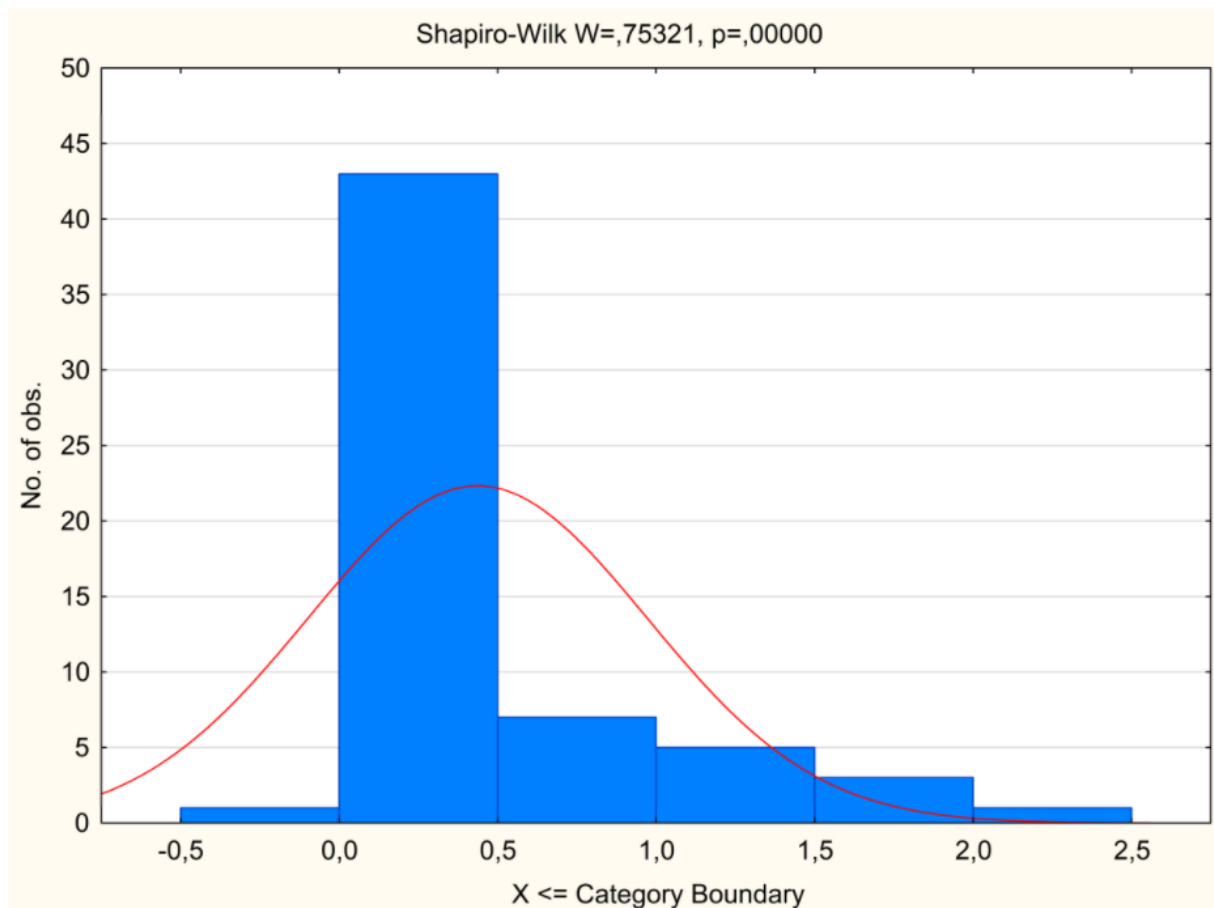
Pro zjištění normality dat bylo využito Shapiro-Wilkova testu, kde nás zajímala hodnota písmena „p“. Jestliže byla hodnota nižší než 0,05, tak výsledky neměli normální rozdělení a proto se budeme používat neparametrické testy.



Graf 1: Výsledek normality u bylin



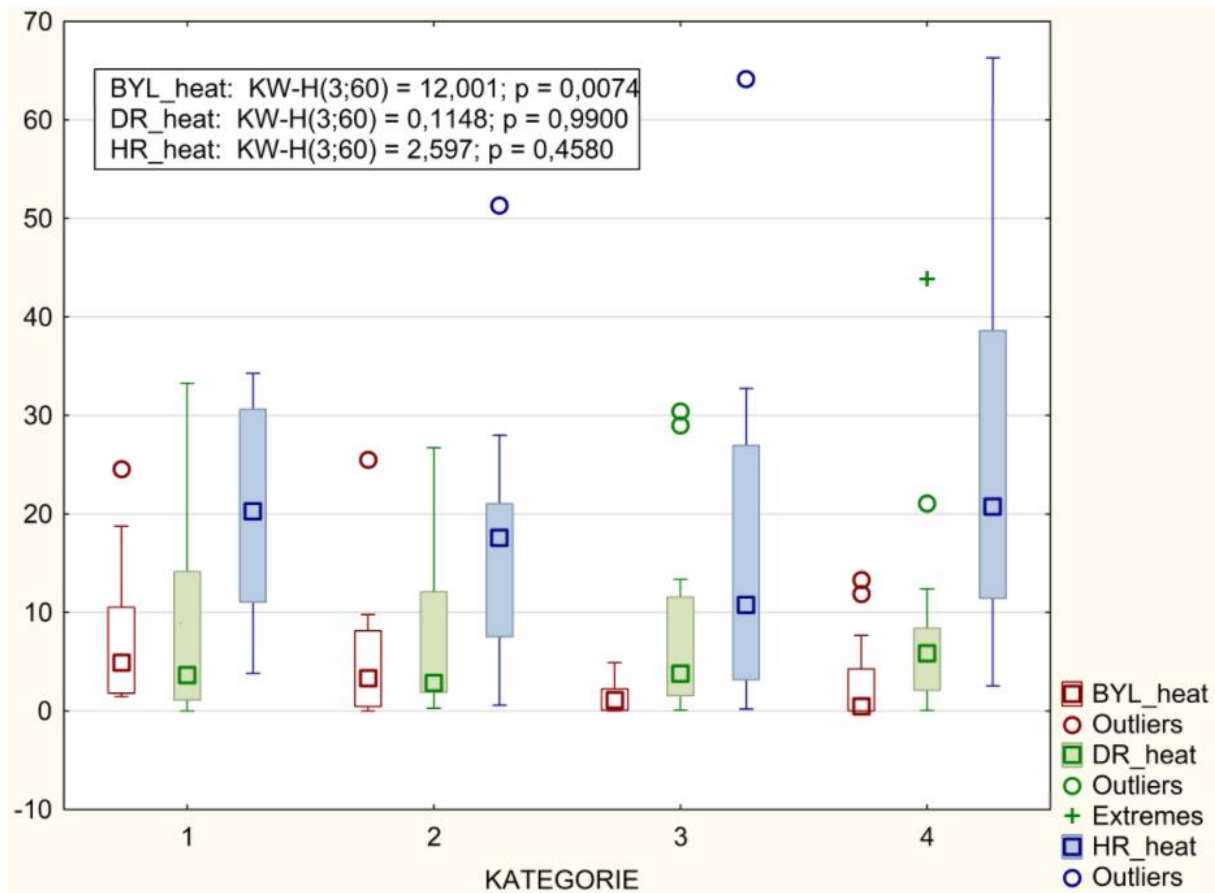
Graf 2: Výsledek normality u drobného dřeva



Graf 3: Výsledek normality u hrabanky

Co se týče humusové formy, tak ta byla vynechána z důvodu, že běžně nevstupuje do procesu hoření. Její hmotnost byla zjišťována pro případné budoucí využití, nicméně výsledky, které jsou zde prezentovány, tak ji nezahrnují.

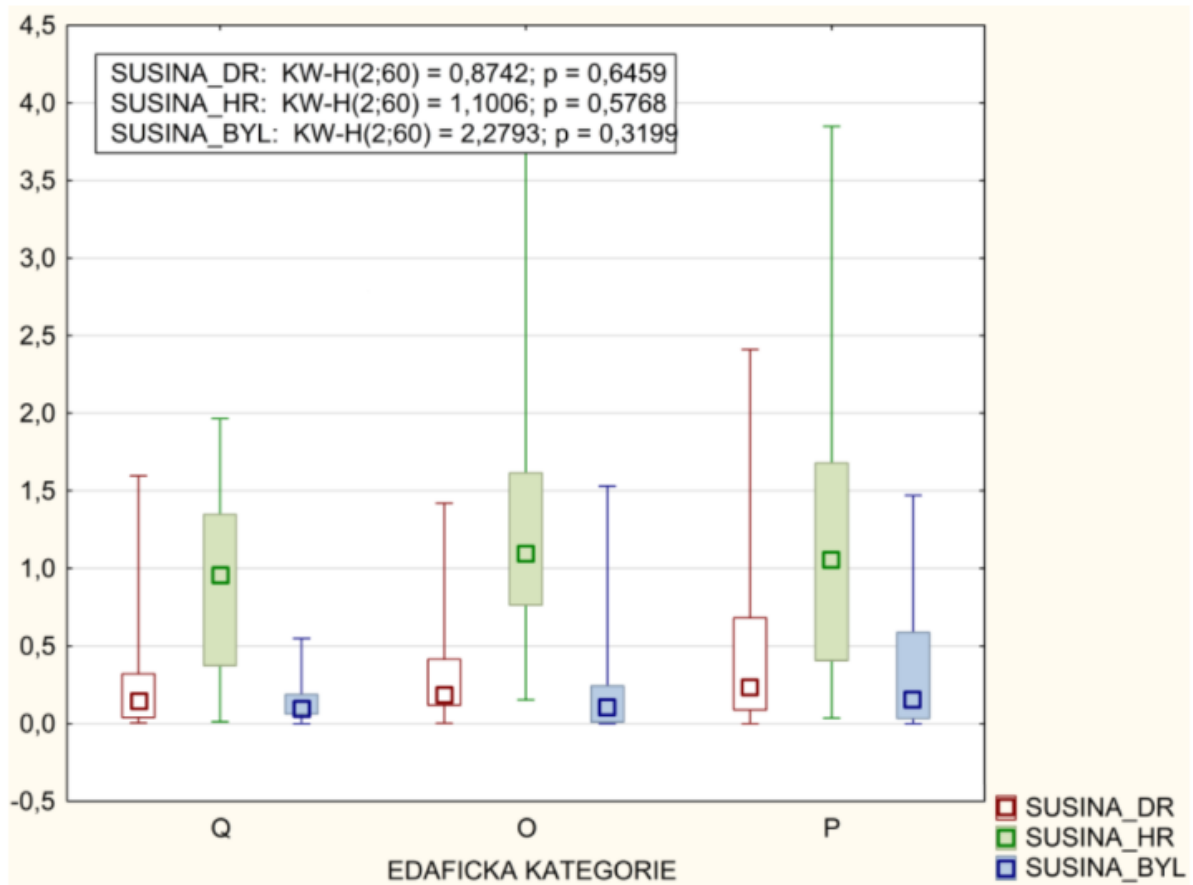
5.3. Srovnání množství jednotlivých segmentů dle kategorií



Graf 4: Srovnání množství jednotlivých segmentů dle kategorií

Z grafu č. 4 je patrné, že u bylin se zjištěné hodnoty statisticky významně liší ($p=0,0074$), zatímco u zbylých dvou segmentů není rozdíl statisticky signifikantní.

5.4. Srovnání množství jednotlivých segmentů dle edafických kategorií



Graf 5: Srovnání množství jednotlivých segmentů dle edafických kategorií

Z grafu č. 5 je patrné, že se množství jednotlivých segmentů v rámci edafických kategorií statisticky významně neliší.

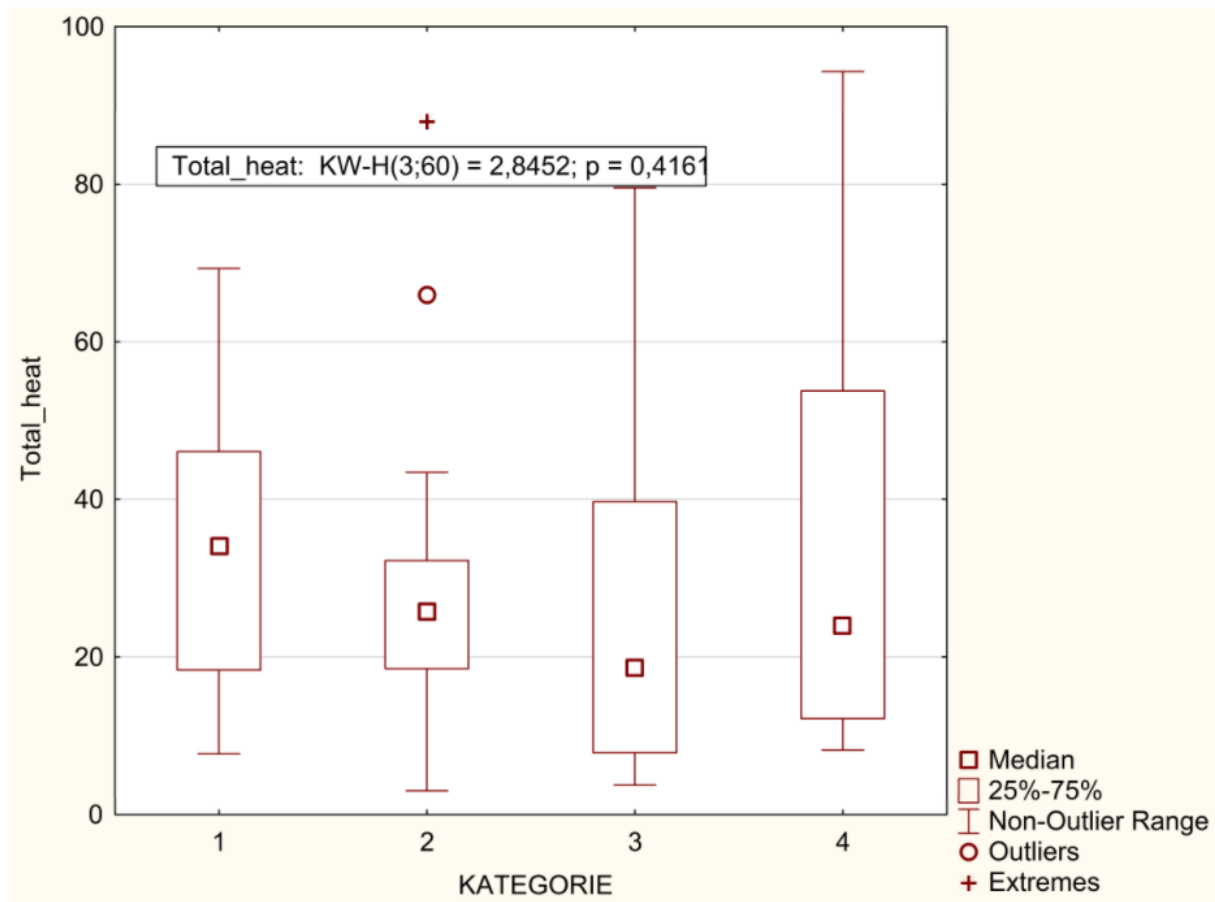
5.5. Spalné teplo

Segment	Název měření	Výsledek	Jednotky
Drobné dřevo	D1	18,3355	MJ/kg
	D2	18,012	MJ/kg
	D3	18,1973	MJ/kg
Byliny	B1	16,7699	MJ/kg
	B2	16,241	MJ/kg
	B3	17,1328	MJ/kg
Humus	Hu1	16,2786	MJ/kg
	Hu2	17,5877	MJ/kg
	Hu3	16,9776	MJ/kg
Hrabanka	Hr1	17,6352	MJ/kg
	Hr2	15,8415	MJ/kg
	Hr3	16,5321	MJ/kg

Tabulka 2: Spalné teplo

Nejvyšších hodnot nabývalo drobné dřevo, na druhou stranu nejnižší hodnoty nelze přidělit pouze jednomu segmentu. Nejvyšší hodnota spalného tepla činila 18,3355 MJ/kg u segmentu drobného dřeva a nejnižší hodnota byla 15,8415 MJ/kg u segmentu hrabanky.

5.6. Celkové množství tepelné energie v rámci kategorií



Graf 6: Celkové množství tepelné energie

Z grafu č. 6 je patrné, že v rámci celkového množství tepelné energie není rozdíl mezi jednotlivými kategoriemi není statisticky signifikantní. Hodnota „p“ činí 0,4161 MJ/kg.

6. Diskuze

Zjišťování množství a struktury pozemního paliva již bylo v minulosti měřeno, ne však v dubových porostech. Údaje, které jsme naměřili a zjistili, se dají využít k modelování lesních požárů, dále mohou být využity k předvídání vzniku lesních požárů a v neposlední řadě mohou sloužit i k jejich zdolávání. Reeves et al. (2006) uvádí ve své práci, že palivové mapy jsou nyní základním nástrojem pro předpovídání šíření a intenzity požárů. Faktem je podle Keane et al. (2001), že pouze málo z těchto map obsahuje informace o variabilitě palivových složek a jejich strukturu. I přesto, že v této práci nejsou rozdíly ve výsledcích tak markantní, důležitější je, jak se mohou jednotlivé složky paliv v různých věkových strukturách značně lišit. Podle práce Parsons et al. (2010) mohou rozdíly v palivu a struktuře paliva také ovlivnit šíření požárů a následnou intenzitu požáru. Díky hodnotám, které byly zjištěny, jako množství spalného tepla, množství a struktura pozemního paliva, by mohl hasičský sbor zvolit vhodnou techniku hašení lesních požárů a odhadnout tak množství hasební vody, které by bylo nezbytné k uhašení požáru.

Při porovnání výsledků mezi věkovými kategoriemi vybraných porostů, lze pozorovat jen velmi malou rozdílnost při uvolnění spalného tepla. Velmi podobně je na tom i porovnání množství jednotlivých segmentů v rámci edafických kategorií, kde se výsledky taktéž výrazně neliší. Na druhou stranu, velmi významně se liší množství jednotlivých segmentů v rámci věkových kategorií, a to konkrétně u bylinné složky. V práci Parsonse (2010), se uvádí, že nejdůležitější charakteristikou pozemního paliva je jeho variabilita napříč krajinou, tato variabilita se vyskytuje ve více parametrech v závislosti na velikosti a typu paliva.

Jak bylo již řečeno, největší variability si lze povšimnout u bylinné složky, která měla největší množství v kategorii založeného porostu, poté následoval porost zapojený, dále dospívající, a nakonec dospělý porost. Z těchto poznatků je možné vyčíst, že se zvyšujícím se stářím porostu dochází k poklesu bylinné složky. Tento výsledek se však očekával před samotným měřením, neboť k tomu, aby bylo v porostu větší množství rostlinného materiálu, je zapotřebí menšího zápoje, tudíž větší podíl volných ploch v porostu. U drobného dřeva jsou nejnižší hodnoty u zapojených porostů a rostou až ve starších porostech. Tento výsledek bylo rovněž možné očekávat, neboť u zapojených porostů přibude množství opadu vlivem opadaných větvíček. Co se týče hrabanky, tak nejvíce jí bylo v kategorii dospělých porostů, což bylo také možno očekávat, protože je zde větší opad listů. Co se týče humusové formy, tak ta se výrazně nelišila mezi věkovými kategoriemi vybraných porostů. I při požáru by měl humus mít nejmenší vliv ze všech segmentů palivových složek. Cíl metodiky, která byla použita, by mohl sloužit k porovnání potenciálu relativního nebezpečí požáru. K podobnému závěru dochází i Fernandes (2008) jež uvádí, že by dostupnost modelů paliv popisujících i příslušné typy vegetace mohla zlepšit rozhodování při zdolávání

požárů. V současné době sužují Českou republiku velká množství období sucha a díky tomu se zvyšuje riziko vzniku lesních požárů. Tím se bude měnit i vlhkost jednotlivých segmentů pozemního paliva, což opět bude mít vliv na vznik a šíření požárů. Do budoucna je potřeba zvážit vybudování vodních zdrojů v lesích a obecně zadržet vodu v krajině. S tím souvisí vytipování porostů s největším množstvím pozemního paliva a následné rozmístění vodních zdrojů.

7. Závěr

Na základě získaných hodnot z terénního měření a následného laboratorního zpracování a vyhodnocení dat musíme říci, že se neprokázala rozdílnost v celkovém množství vydané tepelné energie v rámci věkové struktury vybraných porostů. Mění se pouze množství bylinné složky, což ovlivňuje potenciál vzniku lesních požárů. Podle zjištěných hodnot je zřejmé, že stáří porostu má vliv na množství pozemního paliva v dubových porostech. U porostů, je patrné, že při stárnutí se snižuje množství bylinné složky. Naopak se zvyšuje množství drobného dřeva a hrabanky. Pouze u humusové formy nemělo stáří porostu žádný vliv.

Jak bylo již řečeno, největší variability si lze povšimnout u bylinné složky. Díky tomuto výsledku je možné vyčíst, že se zvyšujícím se stářím porostu dochází k poklesu bylinné složky. Výsledky, které byly zjištěny, by mohly sloužit k porovnání potenciálu relativního nebezpečí požáru. V současné době sužují Českou republiku velká množství období sucha a díky tomu se zvyšuje riziko vzniku lesních požárů. Následkem toho, bude docházet ke změnám ve vlhkosti jednotlivých segmentů pozemního paliva, což opět bude mít vliv na vznik a šíření požárů. Do budoucna je potřeba zvážit vybudování vodních zdrojů v lesích a obecně zadržet vodu v krajině. S tím souvisí vytipování porostů s největším množstvím pozemního paliva a následné rozmístění vodních zdrojů.

8. Seznam použité literatury

ALEXANDER, M. E.; DE GROOT, W. J. Fire Behavior in Jack Pine Stands: As Related to the Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System. Northern Forestry Centre, 1988.

ALEXANDER, M. E.; LANOVILLE, R. A. Predicting fire behavior in the black spruce-lichen woodland fuel type of western and northern Canada. Northern Forestry Centre, 1989.

CALLE, A.; CASANOVA, J. L.; ROMO, A. Fire detection and monitoring using MSG Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI) data, J. Geophys. Res. 2006, 111 s.

CULEK, M., GRULICH V., LAŠTŮVKA Z. a DIVISEK J. Biogeografické regiony České republiky. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2013. 448 s. ISBN 978-80-210-6693-9.

FERNANDES P.M. Combining forest structure data and fuel modelling to classify fire hazard in Portugal, 2008. DOI: 10.1051/forest/2009013.

FRANCL R. Lesní požáry v České republice z pohledu hasičů. Lesnická práce, 2007. 86: 504–506.

GISBORNE, H. T. The objectives of forest fire-weather research. Journal of Forestry. 1927, 25(4): s. 452–456.

HOLUŠA, J., BERČÁK, R., RESNEROVÁ, K., HANUŠKA, Z., AGH, P. VANĚK, J., KULA, E., CHROMEK, I. Lesní požáry v České republice – definice a rozdělení: Review. Zprávy lesnického výzkumu, 2018, roč. 63, č. 2, s. 102-111. ISSN: 0322-9688.

CHROMEK I., LUKÁŠOVÁ K., BERČÁK R., VANĚK J., HOLUŠA J. Hollow tree fire is a useless forest fire category. *Central European Forestry Journal*, 2018. 64: 67–78.

KAPUSNIAK J. Návrh efektívnych taktických postupov nasadenia hasičskej mobilnej techniky pri lesných požiaroch v extrémnych terénnych podmienkach Žilinského kraja. Dizertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostného inžinýrství, Katedra požární ochrany. Ostrava, 2014, 134 s.

KEANE, R. E., BURGAN, R. E., WAGTENDONK, J. V. Mapping wildland fuels for fire management across multiple scales: Integrating remote sensing, GIS, and biophysical modeling. *International Journal of Wildland Fire*, 2001. 10:301-319.

KRAKOVSKÝ, A. Lesné požiare. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2004, 78 s. ISBN 80-228-1301-X.

KUNT, A. Lesní požáry. Praha, Československý svaz požární ochrany. 1967, 313 s.

MAJLINGOVÁ, A. Informačné systémy efektívneho nasadenia hasičských jednotiek pri lesných požiaroch na vybranom území Slovenskej republiky. Dizertační práce, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva. Žilina, 2014, 168 s.

MAŘÁKOVÁ M. Jak se vypořádáme s následky velkého požáru lesa na lokalitě Moravská Sahara u Bzence. *Lesu zdar*, 2012. 11–12: 10–21.

NESTĚROV, V. G. Ochrana proti požiarom. Bratislava, 1949, 233 s.

PARSONS, R. A., W. E. MELL, P. MCCAULEY. Linking 3D spatial models of fuels and fire: Effects of spatial heterogeneity on fire behavior. 2010. *Ecological Modelling* 222:679-691.

PFEFFER A. et al. Ochrana lesů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 1961. 838 s.

QUITT, E. Clirnatic Regions of the Czech Socialist Republic. Brno: Institute of Geography, Czechoslovak Academy of Sciences, 1975.

REEVES, M. C., J. R. Kost, and K. C. Ryan. Fuels products of the LANDFIRE project. Pages 239-249 in Fuels management—How to measure success. Proceedings RMRS-P-41, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Portland, OR, 2006.

ROY P.S. Forest fire and degradation assessment using satellite remote sensing and Geographic Information System. In: Sivakumar, M.V.K. (ed.): Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology. Proceedings of a training workshop. Indie, Dehra Dun, 7–11 July 2003. Geneva, World Meteorological Organisation, 2003. 361–400.

SAHIN, Y. G. Animals as mobile biological sensors for forest fire detection. Sensors, 2007, s. 3084-3099.

THOMAS E.A., McAlpine R.S. Fire in the forest. Cambridge, Cambridge University Press, 2010. 225 s

VIEGAS, D. X.; RIBEIRO, P. R.; CRUZ, M. G. Characterisation of the combustibility of forest fuels. In: Proceedings of the III International Conference on Forest Fire Research. 1998. s. 467-482.

VILÍMEK, M. Nežádoucí hoření – požár. Konspekty odborné přípravy jednotek požární ochrany. 2.vyd. Ostrava, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. 2008, 11 s.

Xiao J., Zhuang Q. Drought effects on large fire activity in Canadian and Alaskan forests. Environmental Research Letters, 2: 044003 (6pp), 2007. DOI: 10.1088/1748-9326/2/4/044003

ZANON V., VIVEIROS F., SILVA C., HIPOLITO A.R., FERREIRA T. Impact of lightning on organic matter-rich soils: influence of soil grain size and organic matter content on underground fires. *Natural Hazards*, 45: 19–31, 2008. DOI: 10.1007/s11069-007-9154-x

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. V loňském roce hořelo v lesích nejvíce za posledních deset let

Dostupné z:

<https://www.vulhm.cz/v-lonskem-roce-horelo-v-lesich-nejvice-za-poslednich-deset-let/>

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma lesního požáru s označením jeho charakteristických částí (Berčák et al., 2018)	17
Obrázek 2: Zkusná plocha o výměře 1 m x 1 m	20
Obrázek 3: Zpracovaná zkusná plocha.....	20
Obrázek 4: Vlhkoměr.....	22
Obrázek 5: Laboratorní mlýnek.....	22
Obrázek 6: Odebrání vzorku na výrobu peletky.....	23
Obrázek 7: Lis na výrobu peletky.....	23
Obrázek 8: Peletky.....	24
Obrázek 9: Kalorimetr.....	24

Seznam tabulek

Tabulka 1: Popisné statistiky jednotlivých segmentů sušiny pozemního paliva v jednotlivých věkových kategoriích (kg/m ²).....	26
Tabulka 2: Spalné teplo.....	33

Seznam grafů

Graf 1: Výsledek normality u bylin.....	28
Graf 2: Výsledek normality u drobného dřeva.....	29
Graf 3: Výsledek normality u hrabanky.....	30
Graf 4: Srovnání množství jednotlivých segmentů dle kategorií.....	31

Graf 5: Srovnání množství jednotlivých segmentů dle edafických kategorií.....	32
Graf 6: Celkové množství tepelné energie.....	34