

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie

**Vliv vlhkosti stanoviště na strukturu a množství pozemního  
paliva smrkových porostů vyšších poloh**

Diplomová práce

Autor: Lucie Vršecká

Vedoucí práce: prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Odborný konzultant: Ing. Roman Berčák

Květen 2020



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autorka práce:	Ing. Lucie Vršecká
Studijní program:	Lesní inženýrství
Obor:	Lesní inženýrství
Vedoucí práce:	prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra ochrany lesa a entomologie
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	<b>Vliv vlhkosti stanoviště na strukturu a množství pozemního paliva smrkových porostů vyšších poloh</b>
Název anglicky:	<b>Impact of habitat moisture on structure and volume of ground fuel in mountain spruce forest</b>
Cíle práce:	Porovnat strukturu a množství pozemního paliva smrkových porostů na živných a vodou obohacených stanovištích
Metodika:	V oblastech 6. lesního vegetačního stupně budou vytipovány porosty, ve kterých bude kvantifikováno pozemní palivo. Vybrané porosty se budou nacházet na živných a vodou obohacených stanovištích se zastoupením smrku 70 % a více a minimální rozlohou 0,5 ha. Budou rozděleny do několika kategorií v závislosti na věku a stavbě porostu. V každé kombinaci bude minimálně pět opakování. Samotná kvantifikace pozemního paliva bude probíhat vždy minimálně 15 metrů od nejbližšího okraje porostu, na ploše 1 m <sup>2</sup> bude pečlivě odebrány a zváženy jednotlivé části pozemního paliva (drobné dřevní materiál, byliny, hrabanka, humus). Budou odebrány vzorky jednotlivých segmentů paliva pro laboratorní zjištění vlhkosti. Následně bude dle zjištěné vlhkosti dopočítána váha sušiny. Součástí terénních měření bude i přesné zaměření GPS souřadnice daných kvantifikovaných ploch a fotografický záznam zkusné plochy. Výsledky budou zaznamenány do databáze a vhodnými statistickými metodami vyhodnoceny.

Doporučený rozsah práce: 40 stran včetně příloh

Klíčová slova: spruce forests, fuel, forest fires

Doporučené zdroje informací:

1. Berčák R., Holuša J., Lukášová K., Hanuška Z., Agh P., Vaněk J., Kula E., Chromek I. 2018. Lesní požáry v České republice – charakteristika, prevence a hašení: review. Zprávy lesnického výzkumu, 63: 184-194.
2. Brown J.K., Oberheu R.D., Johnston C.M. 1982. Handbook for Inventorying Surface Fuels and Biomass in Interior West. General Technical Report INT-129. Forest Service.
3. Hlaváč P., Chromek I. 2016. Lesné požiare a integrovaný systém ochrany lesov pred požiarimi. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene.
4. Holuša J., Berčák R., Lukášová K., Hanuška Z., Agh P., Vaněk J., Kula E., Chromek I. 2018. Lesní požáry v České republice – definice a rozdělení: review. Zprávy lesnického výzkumu, 63: 102-111.
5. Krakovský A. 2004. Lesné požiare. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 78 s.
6. Pfeffer A. et al. 1961. Ochrana lesů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 838 s.
7. Sedliak M., Majlingová A. 2013. Kvantifikácia pozemného paliva v lese. GIS Ostrava, Ostrava.
8. Thomas E.A., McAlpine R.S. 2010. Fire in the forest. Cambridge, Cambridge University Press. 225 s.
9. Vida T., Tuček J. 2006. Metodika identifikácie a kvantifikácie palivových modelov pre simulovanie lesných požiarov, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen.

Předběžný termín obhajoby: 2019/20 LS - FLD

Konzultant: ing. Roman Berčák

Elektronicky schváleno: 24. 10. 2019  
**prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.**  
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 22. 2. 2020  
**prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.**  
Děkan

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vliv vlhkosti stanoviště na strukturu a množství pozemního paliva smrkových porostů vyšších poloh vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Jaroslava Holuši, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové 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 Strakonících dne 6. 6. 2020

Podpis autora

Tímto bych chtěla poděkovat prof. Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce. Velké díky patří Ing. Romanu Berčákovi za cenné rady a pomoc při zpracování dat. V neposlední řadě musím poděkovat své rodině za poskytnutí materiálu pro psaní této práce a za to, že mi dala prostor pro studium. Děkuji.

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce bylo zjistit množství a strukturu pozemního paliva na 60 zkusných plochách v ekologické řadě živné a obohacené vodou v 6. lesním vegetačním stupni ve 4 věkových kategoriích porostů (nárost, mlazina, tyčovina, kmenovina). Podmínkou byla rozloha porostu min 0,5 ha a zastoupení smrku min 75 %. Byly odebírány a váženy 4 složky pozemního paliva, a to bylinný materiál, dřevěný materiál, hrabanka a humusová vrstva. Pomocí analyzátoru vlhkosti se stanovila vlhkost odebraného vzorku jednotlivých složek paliva a data byla statisticky zpracována. Byly prokázány statisticky významné rozdíly v množství sušiny mezi věkovými kategoriemi i mezi ekologickými řadami.

**Klíčová slova:** smrkové porosty, palivo, lesní požár, požární ochrana

This thesis aims to set a volume and the structure of a ground fuel in spruce stands. Fuel was taken in sixty plots in two ecologically different groups in sixth vegetation levels in seedling forest, thicket stand, pole timber stand and high forest. Condition was area with size of 0.5 heactar with at least 75% of spruce. Four parts of ground fuel were taken and weight. Parts were herbaceous material, wooden material, litter and duff. The moisture contents were determineted and dry matter was calculated. The data were statistically processed. Statistically significant differences were proven between age categories and between ecologically different groups.

**Key words:** Spruce forests, fuel, forest fires, fire prevention

# OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍLE PRÁCE .....	10
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	11
3.1	Lesní požáry a legislativa .....	11
3.2	Statistické údaje.....	12
3.3	Příčiny lesních požárů .....	12
3.4	Druhy lesních požárů.....	13
3.5	Hoření.....	14
3.6	Pásma požáru.....	16
3.7	Fáze požáru.....	17
3.8	Parametry požáru.....	17
3.9	Šíření požáru a vlivy působící na lesní požáry .....	18
3.10	Škody způsobené požáry .....	20
3.11	Protipožární opatření v lesním hospodářství .....	20
3.12	Hašení lesních požárů.....	21
3.12.1	Letecká hasičská služba .....	24
3.13	Modelování požárů.....	25
3.13.1	Předpovědi nebezpečí přírodních požárů .....	26
4	METODIKA.....	28
5	VÝSLEDKY.....	30
5.1	Vyhodnocení složek pozemního paliva v jednotlivých věkových kategoriích porostů.....	30
5.2	Porovnání množství jednotlivých složek pozemního paliva mezi ekologickou řadou živnou a ekologickou řadou obohacenou vodou v jednotlivých věkových kategoriích porostů.....	37
6	DISKUZE .....	42
7	ZÁVĚR.....	47
8	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	48

## SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

<b>Tab. 1:</b> Počet porostů dané věkové kategorie v jedné ekologické řadě. ....	<b>28</b>
<b>Tab. 2:</b> Popisná statistika jednotlivých složek sušiny pozemního paliva v jednotlivých věkových kategoriích porostů v 6. lesním vegetačním stupni pro ekologickou řadu živnou a ekologickou řadu obohacenou vodou ( $\text{kg/m}^2$ ) .....	<b>31</b>
<b>Tab. 3:</b> Vícenásobné porovnání sušiny bylinného materiálu pomocí Kruskal-Wallisova testu.....	<b>33</b>
<b>Tab. 4:</b> Vícenásobné porovnání sušiny dřevěného materiálu pomocí Kruskal-Wallisova testu.....	<b>34</b>
<b>Tab. 5:</b> Vícenásobné porovnání sušiny hrabanky pomocí Kruskal-Wallisova testu .....	<b>35</b>
<b>Tab. 6:</b> Vícenásobné porovnání sušiny humusu pomocí Kruskal-Wallisova testu.....	<b>36</b>
<b>Graf 1:</b> Histogramy normality pro jednotlivé složky sušiny.....	<b>32</b>
<b>Graf 2:</b> Hmotnost sušiny bylinného materiálu v jednotlivých věkových kategoriích v 6. lesním vegetačním stupni bez závislosti na ekologické řadě .....	<b>33</b>
<b>Graf 3:</b> Hmotnost sušiny dřevěného materiálu v jednotlivých věkových kategoriích v 6. lesním vegetačním stupni bez závislosti na ekologické řadě .....	<b>34</b>
<b>Graf 4:</b> Hmotnost sušiny hrabanky v jednotlivých věkových kategoriích v 6. lesním vegetačním stupni bez závislosti na ekologické řadě.....	<b>35</b>
<b>Graf 5:</b> Hmotnost sušiny humusu v jednotlivých věkových kategoriích v 6. lesním vegetačním stupni bez závislosti na ekologické řadě.....	<b>36</b>
<b>Graf 6:</b> Množství sušiny bylinného materiálu v ekologické řadě živné a obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích .....	<b>37</b>
<b>Graf 7:</b> Množství sušiny dřevěného materiálu v ekologické řadě živné a obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích .....	<b>38</b>
<b>Graf 8:</b> Množství sušiny hrabanky v ekologické řadě živné a obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích .....	<b>39</b>
<b>Graf 9:</b> Množství sušiny humusu v ekologické řadě živné a obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích .....	<b>40</b>
<b>Graf 10:</b> Průměrná hmotnost sušiny veškerého paliva v ekologické řadě živné a obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích .....	<b>41</b>



# 1 ÚVOD

Lesní požár je v našem pojetí oheň, který vypukne a šíří se v lese a na jiných lesních pozemcích, nebo vypukne na jiných pozemcích a šíří se do lesa a na jiné lesní pozemky. Lesní požáry na našem území nejsou zdaleka tak rozsáhlé, jako bývají např. v Austrálii, na Sibiři nebo Severní Americe, kde jsou dokonce některé ekosystémy na požárech závislé. Za nízkým průměrem vyhořelé plochy (uvádí se 0,35 ha) stojí zejména členitost krajiny a lesních porostů a historie osídlení. Nicméně výjimečně se objevují i požáry mnohem větších rozměrů, jako byl např. požár v roce 2012 na Bzenecku, kdy vyhořelá plocha byla velikosti cca 200 ha.

Lesní požáry vznikají nejčastěji v době vysokého výparu a nízkého množství srážek, což souvisí i se značně rozdílným počtem požárů v jednotlivých letech. Obecně lze tvrdit, že čím je sušší rok, tím je více požárů. Vzhledem k prognózám počasí na blízké roky se dá očekávat, že suchá jarní a letní období se budou opakovat, a proto je zájem o problematiku lesních požárů vzrůstající. Podstatnou preventivní záležitostí požárů je znalost teorie vzniku a šíření požárů. Zatímco v minulosti byl největší počet požárů způsoben železniční dopravou, dnes je hlavní příčinou zakládání ohňů a nedbalost. Nejlepší prevencí je proto informovanost a ohleduplnost lidí a pěstování lesa s protipožárními prvky.

K tomu, aby začalo hořet, je zapotřebí tří podmínek (tzv. trojúhelník hoření): hořlavé látky, oxidačního prostředí a zdroje zapálení s dostatečným množstvím energie a vysoké teploty. Dřevo se při teplotách kolem 80 – 120°C začíná vysušovat, s narůstající teplotou pak začíná hořet. Tento časový úsek od vzniku požáru do počátku intenzivního hoření je ideální pro hašení, neboť likvidace požáru je ještě relativně snadná. Při průzkumu lesního požáru je primární zjistit plochu požáru, rychlost a směr šíření, ohrožené objekty, překážky zabráňující šíření požáru, přístupové cesty, možnost zásobování vodou. U požárů velkých rozsahů se doporučuje zahájit spolupráci s osobou znající les.

Ačkoliv modelování lesních požárů u nás nemá dlouhou tradici a je teprve v počátku, stanovení modelů lesní vegetace jakožto hořlavého materiálu společně s hořlavostí umožní do budoucna lepší odhad chování požáru a s tím spojené nezbytné úkony. Jeden z možných způsobů zjištění množství hořlavého materiálu nacházejícího se v lese je jeho výpočet pomocí kvantifikace biomasy jednotlivých složek paliva.

## **2 CÍLE PRÁCE**

Cílem práce je zjištění množství a struktury pozemního paliva na 60 zkusných plochách v ekologické řadě živné a obohacené vodou v 6. lesním vegetačním stupni a jejich porovnání mezi sebou.

## 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3.1 Lesní požáry a legislativa

Lesní požáry patří z hlediska podmínek lokalizace a likvidace k nejobtížnějším. Často bývají lokalizovány na velké ploše, která je těžko přístupná a bez vody, příkladem mohou být požáry v Austrálii v letech 2019 až 2020. Nicméně požáry na území České republiky jsou lokalizovány na malých plochách, průměrně je rozsah vyhořelé plochy 0,35 ha (Holuša et al., 2018). To je dáno zejména členitostí krajiny a lesních porostů, hustotou lesních komunikací a vysokou návštěvností lesa a s tím spojené brzké ohlášení požáru. Vliv má také historie a hustota osídlení (Fanta, 2007; Tomášek, 2007b). Lesní požáry mohou ničit od biomasy podzemí až koruny stromů. Vyznačují se rychlým šířením požáru na velkých plochách. Likvidace požáru je zdoluhavá a nelze vyloučit nové rozhoření ze skrytých míst. (Forst, 1985).

Vlastníci i uživatelé lesa, mimo všeobecných povinností vyplývajících ze Zákona č. 133/1985 Sb. o požární ochraně, mají i konkrétní povinnosti:

Vlastník nebo uživatel lesů v souvislých lesních porostech o celkové výměře vyšší než 50 hektarů je povinen zabezpečit v době zvýšeného nebezpečí vzniku požáru, nad rámec povinností stanovených v § 5, opatření pro včasné zjištění požáru v lesích a proti jeho rozšíření pomocí hlídkové činnosti s potřebným množstvím sil a prostředků požární ochrany, pokud tak neučiní Ministerstvo zemědělství podle zvláštního zákona (§ 7 zákona č. 133/1985 Sb. o požární ochraně).

Povinnosti týkající se ochrany lesa před požáry jsou zakotveny i v Zákoně č. 289/1995 Sb. o lesích a změně některých zákonů. Z tohoto zákona jsou následující výtahy.

#### § 11

Každý si musí počínat tak, aby nedocházelo k ohrožování nebo poškozování lesů, jakož i objektů a zařízení sloužících hospodaření v lese.

#### § 19

Každý má právo vstupovat do lesa na vlastní nebezpečí, sbírat tam pro vlastní potřebu lesní plody a suchou na zemi ležící klest. Při tom je povinen les nepoškozovat, nenarušovat lesní prostředí a dbát pokynů vlastníka, popřípadě nájemce lesa a jeho zaměstnanců.

## § 20

V lesích je zakázáno

- kouřit, rozdělovat nebo udržovat otevřené ohně a tábořit mimo vyhrazená místa,
- odhazovat hořící nebo doutnající předměty.

Rozdělovat nebo udržovat otevřené ohně je zakázáno také do vzdálenosti 50 m od okraje lesa.

## § 32

Vlastník lesa je povinen provádět taková opatření, aby se předcházelo a zabránilo působení škodlivých činitelů na les, zejména provádět preventivní opatření proti vzniku lesních požárů podle zvláštních předpisů.

Při vzniku mimořádných okolností a nepředvídaných škod v lese (větrné a sněhové kalamity, přemnožení škůdců, nebezpečí vzniku požárů v období sucha apod.) je vlastník lesa povinen činit bezodkladná opatření k jejich odstranění a pro zmírnění jejich následků (Zákon č. 289/1995 Sb. o lesích).

### 3.2 Statistické údaje

V letech 2006 – 2015 dosáhl počet lesních požárů 444 – 1398 ročně s minimem v roce 2008 a s maximem v roce 2015 (průměr 725±311). Průměrná vyhořelá plocha jednoho požáru byla 0,35 ha. Jednalo se zejména o pozemní požáry (99,57 %) (Holuša et al., 2018). Nejvíce požárů vzniká od dubna do září, což souvisí s teplým počasím a nízkým množstvím srážek. Nejčastější denní doba požáru je mezi 14 až 17 hodinou (Berčák et al., 2018).

Značný rozdíl v jednotlivých letech v počtu lesních požárů je způsoben především klimatickými podmínkami během roku. I malý počet požárů dostatečně nevypovídá o závažnosti a způsobených škodách. Je nutné brát v potaz rozdílné ekonomické hodnoty různých druhů lesních porostů (Franc & Francl, 2004).

### 3.3 Příčiny lesních požárů

Mezi nejčastější příčiny lesních požárů patří obecně nedbalost. Sem se řadí problémy, jako jsou nedopalky cigaret, zakládání ohňů, vypalování porostů apod. Mezi další viníky patří mládež. Každoročně se objevují i případy požárů způsobených blesky. Nicméně zůstává velký počet případů neobjasněných (Francl, 2007).

V letech 1992 – 2004 bylo nejčastější příčinou lesních požárů zakládání ohňů (22,8 %), kouření (22,4 %), hospodaření v lese - pálení po těžbě, jiskra od pily, nedbalost dělníků v podobě nedopalku, nedohašený oheň (10,1 %), děti do 15 let - hra se zápalkami, kouření, zakládání ohničku, vypalování mraveniště (4,6 %), úmysl, choromyslnost (3,4 %), mimořádné události - znovurozhoření, požáry z dýmovnice a pyrotechniky, ze skla, havárie, pád meteoritu (1,8 %), blesk (1,5 %), úlet jisker ze železnice (1 %), provozně technické závady (0,8 %). Přibližně třetina požárů byla neobjasněna (Jankovská, 2006; Kula & Jankovská; 2013). V minulosti bylo významnou příčinou vznícení jisker od železnice (Kula, 1981). V roce 1934 byl podíl požárů způsobených železnicí 23 %, v roce 1947 to bylo již 46,5 % a během 70. let poklesl na 19 % a v roce 1980 na 8 % (Kula, 1985).

### **3.4 Druhy lesních požárů**

Existuje řada kritérií, podle kterých se požáry rozdělují: podle hořících látek (požáry pevných látek, hořlavých kapalin, plynů a požáry kombinované), podle možnosti šíření (rozšiřující se a nerozšiřující se), podle rozsahu (malé, střední, velké a katastrofické), podle doby trvání (krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé), podle zjistitelnosti (otevřené a skryté) (Vilímek, 2008).

Lesní požáry mohou postihnout několik porostních složek a rozdělují se podle místa zasažení na podzemní, pozemní a korunové požáry. V minulosti byl samostatně uváděn požár dutých stromů, ale to je vzhledem k počtu požárů zanedbatelné a doporučuje se uvádět jako požár pozemní (18 požárů během let 2006 – 2015) (Forst, 1985; Chromek et al., 2018). Taktéž pro požární účely se rozlišují jen tři druhy, a to podzemní, pozemní a korunový (vysoký) (Metodický list 21P, 2017).

Podzemní požáry vznikají vznícením suché rašeliny nebo silné vrstvy humusu, případně k němu dochází přechodem od hořících kořenů. Požár se šíří pomalu, často bývá zjištěn až po několika dnech a projevuje se zejména tím, že na povrch proniká kolem pařezů a kořenů světlý dým. Kořeny jsou silně poškozeny a zasažené stromy odumírají. K těmto požárům u nás dochází zřídka, většinou se jedná o rozšíření z pozemních požárů (Forst, 1985; Franc, 2007; Tomášek 2007b). Jsou nebezpečné z důvodu propadu materiálu do prohořelých dutin. Často požár uhasne sám, jakmile narazí na překážku v podobě mokré vrstvy, písku nebo např. skalnatého podloží (Metodický list 21P, 2017). V současnosti je možnost využívat ke zjišťování tohoto typu požáru termokamery (Calle et al., 2006).

Pozemní neboli povrchové požáry se šíří nízko při zemi. Zasahují hrabanku, buřň, klestí, nálet nebo kulturu. Oheň se šíří všemi směry a jeho rychlost záleží na půdním pokryvu a větru. V rovinném terénu dosahuje rychlosti až 1,5 km za hodinu, ve větru a ve svazích postupuje rychlostí až 3 km za hodinu. Kromě půdního pokryvu a kultury nebo náletu poškozují tento typ druhy stromů se slabou kůrou, jako jsou např. buky nebo habry. Tento požár patří u nás k nejčastějším. Rozděluje se na rychlé a trvalé. Při rychlém požáru hoří půdní příkrov, lesní podrost, spadlé listí a jehličí, ohoří kůra nižších částí kmenů stromů, obnažené kořeny a jehličnatý porost. Šíří se velmi rychle, vyhýbá se místům se zvýšenou vlhkostí. K rychlým požárům dochází nejčastěji na jaře, kdy proschne pouze vrchní vrstva drobných hořlavých materiálů. Při pozemním trvalém požáru se oheň takzvaně prohlubuje, prohořívá vrchní vrstva půdy, značně ohoří kořeny a kůra stromů, zcela shoří mladý porost atd. K trvalým požárům dochází zpravidla uprostřed léta (Forst, 1985; Franc, 2007; Sahin, 2007).

Korunové požáry vznikají nejčastěji z pozemního požáru, a to přes mlaziny, kde větve zasahují níže k zemi. Takto se oheň přenesou postupně i do korun starších porostů. Oheň doprovází silný žár a tmavý dým. Hořlavé plyny ze silic se s výbuchem vzněcují a oheň přeskakují na další koruny. Tento druh požáru je u nás ojedinělý, ale způsobuje značné škody a zasahuje rozsáhlé plochy. Rozlišují se dva typy, a to korunový trvalý požár a korunový rychlý požár. Při korunovém trvalém požáru se oheň šíří v korunách v závislosti na rychlosti pohybu okraje pozemního požáru. Po tomto požáru zůstávají pouze zuhelnatělé zbytky kmenů. Ke korunovému rychlému požáru dochází při silném větru, oheň se šíří skokově a předchází přední okraj pozemního požáru (Franc, 2007; Forst, 1985).

Požáry dutých stromů jsou ojedinělé případy způsobené např. bleskem, případně lidskou nedbalostí. Dřevo doutná a uhořívá a v případě rozpadnutí může vzniknout pozemní požár (Forst, 1985).

### **3.5 Hoření**

Hoření je fyzikálně chemická oxidační reakce, při které hořlavá látka reaguje vysokou rychlostí s oxidačním prostředkem za vzniku tepla a světla. K hoření je zapotřebí tři podmínky (tzv. trojúhelník hoření): hořlavé látky, oxidačního prostředku a zdroje zapálení s dostatečným množstvím energie a vysoké teploty (Zachar, 2009). Pokud jedna ze složek vypadne, nedochází k hoření (Volf, 2009). Pokud bylo

dosaženo potřebné koncentrace látek, pak se soubor při určité teplotě vznítí a hoří. Hoření probíhá ve dvou základních formách, a to ve formě plamenné a bezplamenné (Šenovský, 2001).

Hořením se uvolňuje teplo, kterým je charakterizován teplotní režim v oblasti hoření. Teplo se v oblasti hoření nehromadí, ale odvádí se do okolí prouděním, vedením či sáláním (zářením) (Volf, 2009).

Proudění je přenos tepla ve vzduchu nebo kapalině. Přenos tepla ve vzduchu probíhá prostřednictvím ohřátého kouře. Po zahřátí se plyny i kapaliny začínají samovolně pohybovat, ohřátý vzduch stoupá, chladný klesá. Hořlavý materiál se při kontaktu s hořlavými parami může zahřát na teplotu, při níž může hořet a mohou se zakládat nová ohniska požáru (Šenovský, 2001; Volf, 2009).

Vedením se přenáší teplo z jedné látky na druhou přímým kontaktem nebo tepelně vodivým materiálem. Množství tepla, které se přeneso, je ovlivněno tepelnou vodivostí materiálu. Dřevo, kapaliny a plyny se obecně považují za špatné vodiče tepla (Šenovský, 2001).

Sáláním se teplo přenáší i do vzdálenějších míst. Tepelné a světelné vlny mají rozdílnou vlnovou délku. Tepelné vlny jsou delší a pohybují se prostředím, dokud nenarazí na objekt (Šenovský, 2001). Sálavé teplo se z oblasti hoření částečně vrací zpět a částečně se vyzařuje do okolí, což znesnadňuje práci hasičů, kteří se nemohou kvůli vysoké teplotě dostat až k ohnisku. V případě dopadu tohoto tepla na okolní materiál působí jako vnější teplo, čímž se vytvářejí vhodné podmínky pro šíření požáru. Z hlediska udržování a rozvoje vlastního hoření je nejdůležitější ta část sálavého tepla, která z oblasti hoření dopadá zpět na povrch hořící látky. V důsledku toho se neustále udržuje vysoká teplota povrchu hořlavé látky a podporuje se rychlé odpařování hořlavin, čímž se hoření samovolně udržuje. Čím větší má hořlavá látka výhřevnost, tím více tepla se při hoření uvolňuje a tím větší je také část sálavého tepla dopadajícího zpět na povrch látky a tím je i hoření intenzivnější (Volf, 2009).

Vnější projevem fyzikálněchemické reakce hoření je plamen. Tím se projevuje hoření látek, které se mohou přeměnit v plyny a páry, u pevných látek, které nejsou schopny uvolnit hořlavé plyny a páry, probíhá tzv. bezplamenné hoření (žhnutí, doutnání) (Volf, 2009).

Od 40°C se začíná ztrácet volná voda ze dřeva. U jehličnatých dřevin může docházet k vylučování smoly. Při teplotách 80°C až 120°C se dřevo vysušuje, uvolňuje se z něj již volná i vázaná voda, čímž se zvětšuje jeho vnitřní povrch, který přichází

do styku se vzduchem (Amy, 1961; Shafizadeh, 1984; Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2005). Během působení těchto teplot se vytváří ve dřevě trhliny, z jehličnatých dřevin se začíná uvolňovat pryskyřice, dřevo vysychá a stává se snadněji zapalitelné. Při teplotách 150°C až 200°C dochází k prvnímu stupni termické degradace dřevní hmoty. Nastává dehydratace hemicelulózy a celulózy. Dřevo mění barvu směrem do tmavých odstínů. Při teplotách nad 220°C dochází k druhému stupni termické degradace dřevní hmoty. Nastává pyrolýza polysacharidů a ligninu a tvoří se plynné produkty – vodík, metan, oxid uhelnatý, aldehydy, ketony a další. Po vstupu plynů na povrch dřeva tyto plynné látky reagují s kyslíkem za vývoje tepla a plamene. Je patrné, že již zvýšená teplota má vliv na řadu fyzikálních, strukturních a chemických vlastností (Fengel & Wegener, 1984; Funaoka et al., 1990; Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2005)

### **3.6 Pásma požáru**

Prostor, který je požárem ovlivňován, je rozdělen na tři pásma: pásmo hoření, pásmo přípravy a pásmo zakouření. Toto rozdělení charakterizuje rozvoj požáru a mění se podle rozvoje v čase. Tato pásma však nejsou stabilní, mohou se vzájemně překrývat nebo v nějakém časovém úseku chybět (Vilímek, 2008).

Pásmo hoření je prostor, ve kterém probíhá vlastní hoření. Zahrnuje objem par a plynů ohraničených povrchem plamene a povrchem hořící látky, ze které páry a plyny vystupují. Teplota v pásmu hoření dosahuje nejvyšších hodnot, např. u dřeva až 1000°C. Požární činnost je v tomto pásmu zaměřena na hašení požáru (Vilímek, 2008).

Pásmo přípravy navazuje na pásmo hoření. Bez vnějšího zásahu a omezení se postupně mění v pásmo hoření. Dochází zde k odpařování vody a rozkladu. Hlavní požární činností v tomto pásmu je omezení šíření požáru ochlazováním materiálů nebo odstraňováním hořlavých látek (Vilímek, 2008).

Pásmo zakouření je prostor, ve kterém dochází k pohybu kouřových plynů v koncentracích životu nebo zdraví nebezpečných, nebo bránících činnosti hasičů sníženou viditelností či teplotou nad 60°C. Velikost pásma závisí na mnoha faktorech, např. na podmínkách výměny plynů na požářišti. Plocha může být rozsáhlá, může zasahovat i za hranice pásma přípravy. Požární činnost je zaměřena kromě záchrany osob, zvířat a materiálu především na boj s kouřem (Vilímek, 2008).



### 3.7 Fáze požáru

V průběhu požáru se intenzita požáru mění. U nehašeného požáru se vyskytují většinou 4 fáze. Jejich délka je rozdílná a závisí především na množství hořlavého materiálu a jejich požárně technických charakteristikách. Jako I. fáze se označuje časový úsek od vzniku požáru do počátku intenzivního hoření. Obvykle trvá 3 až 10 minut a závisí právě na množství hořlavých látek a podmínkách rozvoje požáru. Protože intenzita hoření je malá, je tato fáze nejideálnější pro hašení, likvidace požáru je jednoduchá a způsobené škody jsou minimální. Jako II. fáze se označuje doba od počátku intenzivního hoření do doby, kdy jsou požárem zasaženy všechny hořlavé materiály. Požár již bývá složitější uhasit a hašení vyžaduje vysoké nároky na organizaci hašení. Poté nastává III. fáze, což je úsek od chvíle, kdy hoří všechny hořlavé látky a intenzita hoření dosahuje maxima do začátku poklesu intenzity hoření. Hašení se zaměřuje na ochlazování a ochranu okolí. Poslední IV. fáze je úsek od počátku snižování intenzity hoření až do plného vyhoření. Hasební činnost se zaměřuje na odkrývání a dohašování ohnisek požáru (Vilímek, 2008).

### 3.8 Parametry požáru

Požár je popisován parametry požáru, které jsou nestálé a mění se v čase. Jejich změna během požáru se nazývá rozvoj požáru. Pokud jsou známy hlavní parametry, lze určit veličiny pro výpočet sil a prostředků k hašení požáru. Hlavní parametry jsou: plocha požáru, obvod požáru, fronta požáru, lineární rychlost šíření požáru, rychlost odhořívání, výška plamene, teplota požáru, intenzita výměny plynů, intenzita sálání, stupeň zakouření (Ptáček, 2009).

Plocha požáru patří mezi základní parametry a slouží jako výchozí údaj pro výpočet požárních sil a prostředků. Do plochy se započítává i plocha mezer mezi jednotlivými ohnisky, jestliže jejich šířka nezamezuje šíření požáru. Obvod požáru je závislý na velikosti plochy a tvaru požáru. Má význam pro vyhodnocení a analýzu situace u velkých požárů na rozsáhlé ploše, zvláště při nedostatku sil a prostředků. Fronta požáru je část obvodu požáru, kde v daném okamžiku probíhá šíření požáru. Lineární rychlost šíření požáru je vzdálenost, na jakou se požár rozšíří v určitém směru za jednotku času. Rychlost šíření požáru není konstantní, mění se v závislosti na rychlosti přípravy hořlavých látek k hoření, na fyzikálněchemických vlastnostech materiálů, na místě uložení, konstrukčním řešení objektu a podmínkách výměny plynů.

Rychlost přemísťování fronty požáru charakterizuje rychlost šíření požáru. Nejmenší lineární rychlost šíření požáru mají pevné látky, pro jejichž přípravu k hoření se spotřebuje mnohem více tepla než u kapalin a plynů. Rychlostí odhořívání se nazývá množství hořlavé látky, které shoří za časovou jednotku z jednoho metru čtverečního nebo jednoho metru kubického objemu. Čím je hodnota rychlosti odhořívání větší, tím se uvolňuje větší množství tepla a situace na místě požáru je komplikovanější. Výška plamenů se u otevřených požárů mění úměrně s rychlostí vyhořívání materiálů, charakteristickým rozměrem plochy požáru a klimatickými podmínkami. Maximální výška plamenů se nachází v místech maximálního rozkladu hořlavých látek při nedostatečném množství kyslíku, což způsobí protažení výšky plamenů. Dále na výšku plamenů i na jejich plochu má vliv proudění plynů při požáru. Pod pojmem teplota požáru, který probíhá na otevřené ploše, rozumíme střední hodnotu teploty plamene. Např. teplota plamene rašeliny je 1 000°C a teplota plamene dřeva je 1 100°C. Při požárech na otevřené ploše je výměna plynů charakterizovaná existencí vzestupného sloupce toku plynných zplodin hoření. Velká intenzita a rychlost výměny plynů vzniká při požárech skladů dřeva a lesů. Sálání tepla při požáru nutí odhadovat bezpečné vzdálenosti pro rozmístění požární techniky a provádět další opatření, která zamezí přenesení požáru na objekty, které se nacházejí v požárně nebezpečném prostoru. Stupeň zakouření souvisí se vzniklým kouřem. Hoření látek je provázeno vznikem produktů tepelného rozkladu a vznikem plynných a pevných zplodin hoření. Tyto látky se mísí se vzduchem a vytváří kouř. Při požáru hoří nejčastěji organické látky. Proto se v kouři obvykle nachází dusík, oxid uhličitý, vodní pára, uhlík, oxid uhelnatý a další látky. Obsah pevných částic ovlivňuje hustotu kouře nebo také jeho průzračnost. Mnohé produkty hoření jsou toxické, k takovým produktům hoření patří oxid uhelnatý, oxid siřičitý, oxid fosforečný, oxidy dusíku, fosgen, fluorovodík, chlorovodík nebo sirovodík (Ptáček, 2009).

### **3.9 Šíření požáru a vlivy působící na lesní požáry**

U požárů, které se rozšiřují, se s časem zvětšuje zasažená plocha. Požár se může šířit jak v době před zahájením hašení, tak i během doby hašení. Rychlost a směr šíření ovlivňuje řada faktorů. Množství hořlavé látky a její umístění určuje intenzitu, rozměry a směr. Z chemických vlastností materiálu ovlivňuje rychlost šíření především chemická stabilita hořlavé látky a obsah kyslíku. Vyšší množství látek obsahujících kyslík a chemická nestabilita zvyšuje rychlost hoření. Z fyzikálních vlastností mají

největší vliv na rychlost šíření požáru skupenství hořlavé látky, stupeň dělitelnosti a směsný poměr. Obecně platí, že vyšší rychlost šíření požáru je při hoření plyných látek, menší při hoření kapalin a nejmenší při hoření pevných hořlavých látek. Stupeň dělitelnosti určuje rozměr látky, z čehož vyplývá, že drobné věci stejného materiálu shoří rychleji než jedna velké věc. Směsný poměr udává stupeň promísení hořlavé látky s oxidačním činidlem a čím větší je povrch látky přístupný hoření, tím je hoření rychlejší (Vilímek, 2008).

Prevence vzniku lesních požárů musí vycházet z teorie vzniku a šíření požárů a znalostí příčin vzniku požárů. Ze statistického šetření vyplývá, že na vznik lesních požárů mají největší vliv klimatické podmínky (nejvyšší nebezpečí je při trvání suchého, teplého počasí s absencí srážek), stav přízemní vegetace (čistota povrchu půdy beze zbytků dřeva, podrostu či nárostu významně snižuje riziko požáru), věk porostů a druh dřevin (nejvíce jsou ohroženy jehličnaté kultury v důsledku obsahu pryskyřic a silic, porosty do stáří 30 let kvůli vysoké přízemní vrstvě hořlavého materiálu, riziko u borovice je vyšší než u smrku, různověké porosty znamenají vyšší riziko přechodu od požáru pozemního ke korunovému; střídání stejnověkových porostních skupin výrazně různého věku s vyšším zakmeněním a nezavětvenými čistými kmeny je určitou brzdou v šíření požáru), nadmořská výška (vyšší nadmořská výška je spojena s vyšší vzdušnou a půdní vlhkostí, proto sušší nížiny jsou větším rizikem; po příkrých svazích postupuje požár rychleji proti svahu v důsledku proudícího horkého vzduchu), a atraktivnost lokality z hlediska návštěvnosti (nejvíce škod zapříčiní návštěvníci lesa) (Tomášek, 2007a; Šišák, 2007).

Důležité jsou také společenské faktory – legislativa, chování obyvatel, úroveň a způsoby obhospodařování a stav lesa. Uvádí se, že přes mimořádně příznivé povětrnostní podmínky pro vznik požárů je přímým důvodem zejména postupné zpřístupňování odlehlých lesních komplexů, zavádění nových mechanismů do lesní výroby, postupné zprůmyslňování krajiny a zvyšující se turistický ruch v lesích. Podstatné pro snížení vzniku a šíření požárů může být aktivní pravidelné obhospodařování lesů související s udržováním rozdělovacích linií (průseky a cesty) a jejich čistotou. Intenzivní pohyb pracovníků má význam pro rychlou reakci při vzniku požáru a jeho likvidaci. Důležité jsou jednotlivé technologie při obhospodařování lesů, např. omezení klestu pálením. Racionální a únosná síť lesních cest snižuje riziko šíření lesních požárů a umožňuje dostupnost pro hasiče. Návštěvnost zvyšuje riziko vzhledem k neúměrnému chování návštěvníků (Siegl & Lorber, 1965; Šišák, 2007).

### 3.10 Škody způsobené požáry

Lesní požáry jsou významným jevem, postihujícím lesy po celém světě, některá území postihují až v katastrofálních měřítcích. Způsobují škody na životech, nemovitostech, na produkčních funkcích a na mimoprodukčních funkcích. Počet, výměra a škody způsobené lesními požáry značně kolísají v jednotlivých letech (Šišák, 2009).

Při odhadu ekonomických škod je třeba brát v úvahu to, co požár zničil nebo poškodil: ztráta hodnoty lesní půdy, zničení porostu – hodnota zásoby dřeva, poškození nebo zničení zpracovaného nebo zpracovávaného dřeva, hospodářských budov a zařízení. Je nutno počítat i s mimořádnými náklady souvisícími s likvidací požáru – náklady na dopravu, na mzdy, na hospodářská opatření, na obnovu lesa (Stolina, 1985). Ekonomické škody na dřevoprodukční funkci lesa jsou nižší, když dojde pouze k tzv. zahoření, podzemnímu nebo pozemnímu požáru hrabanky a bylinného nebo keřového podrostu. V takových poměrně častých případech je ekonomická škoda nepatrná (Šišák, 2009).

V poškozeném porostu je nutné vykonávat pravidelnou kontrolu stromů postižených požárem. Dřeviny s hladkou kůrou, jako je např. buk, těžko snášejí přehřátí ohněm a poměrně často během tří let hynou, zejména v důsledku oslabení a následného napadení škůdce (Stolina, 1985).

Celkové ekonomické škody a uchráněné hodnoty by byly mnohem vyšší při zahrnutí i společenských netržních sociálně-ekonomických funkcí lesa, jako jsou funkce půdoochranné, hydrické, vzduchoochranné, zdravotně-hygienické a kulturně naučné (Šišák, 2009).

Při požáru nehynou jen rostliny, ale také živočichové: hnízdící ptáci, zvěř, ale i fauna hrabanky a humusové vrstvy, a to zejména při dlouhotrvajících požárech, kdy dojde k silnému prohřátí i v podpovrchové vrstvě (Stolina, 1985).

### 3.11 Protipožární opatření v lesním hospodářství

Úkolem lesního hospodáře je vypěstovat porosty co nejméně ohrožené požáry. Toho lze dosáhnout při dodržování některých pěstebních a technických opatření. V místech se zvýšeným rizikem vzniku požáru je vhodné vytvořit porostní plášť z odolných dřevin, jako jsou lípy, jasany, olše a osiky. V takto vytvořeném ochranném lesním pásu by nemělo docházet k holosečím. Lesní komplexy je vhodné rozdělit

na izolované jednotky o velikosti 20 – 50 ha. K tomuto rozdělení lze využít přirozených a umělých hranic, lesních cest nebo vodotečí. Rozsáhlé monokultury smrku a borovic a kalamitní holiny je také vhodné rozdělit na menší jednotky (5 ha) širšími průseky o šířce 3 – 6 m (Siegl & Lorber, 1965; Forst, 1985).

Dále lze vytvářet proluky, což jsou překážky pro šíření korunových požárů, které je nutno vytvářet značně s předstihem. Zejména se jedná o vykácení stromů, kdy se koruny kácí směrem do požáru. Porost lze kácet ručně pomocí motorové pily, pomocí těžké techniky, pomocí trhavin nebo vypalováním. Výběr pro proluku je složitý a vychází často z přírodního rázu a je vhodné využít potoků, cest nebo např. mýtin. K zamezení přenesení ohně přes proluku pozemní cestou je vhodné vyčistit pás široký alespoň 0,5 – 1 m po celé šířce od hořlavého materiálu (Sikora, 2008).

Jako prevence se kolem železnic hlavně v minulosti zřizovaly úhorky, což jsou pruhy zkyplené země prosté vegetace a hořlavých látek o šířce 1,5 m. Systémem úhorků potom vznikají izolační pruhy (Forst, 1985).

Z organizačního hlediska je vhodné omezit táboření a rozdělování ohňů v lese a v jeho blízkosti. Dále je vhodné na vybrané lokality umístit např. informační tabule s pokyny o chování v lese a o tom, jak se chovat při vzniku požáru. V některých státech funguje systém strážních věží, které jsou vybudovány tak, aby z nich byl rozhled do dálky. Dále by se měla funkčně podílet Letecká hasičská služba.

### **3.12 Hašení lesních požárů**

Veškerá činnost jednotek požární ochrany se nazývá zásah. Základní taktickou jednotkou požární ochrany je družstvo v počtu 1+5. Úkolem jednotek požární ochrany při zdolávání požáru je lokalizace požáru a jeho likvidace, to dohromady tvoří zdolávání požáru. Hašení požáru je soubor činností jednotek požární ochrany, jejichž konečným cílem je ukončení nežádoucího hoření. Tzv. činnosti obecné se opakují při každém zásahu a jsou to vyhlášení poplachu, jízda k zásahu a zpět, průzkum požáru, bojové rozvinutí a přerušování hoření. Základními formami požární ochrany je požární útok a požární obrana. Tam, kde není možno provést požární útok, zejména při nedostatku sil a prostředků a při rozsáhlých požárech, se provádí požární obrana. Princip požární obrany spočívá v zastavení šíření požáru na předem určeném místě. Požární útok se provádí při dostatečném množství sil a prostředků na místě zásahu a je zaměřen na zastavení šíření požáru, na postupné zmenšení jeho plochy a intenzity hoření směřující k likvidaci požáru (Hanuška, 2008).

Principem požární obrany je zastavení šíření požáru a zaujetí správného obranného postavení. Pro určení vhodného místa pro obranné postavení je potřeba vzít v úvahu ohrožení osob, zvířat a dalšího materiálu, směr větru, účinky tepla, terén a možnost dalšího šíření v podobě přeskočení jisker. Vhodné je využití polních cest, vodních toků nebo proluk. Pokud nastanou předpoklady pro zahájení požárního útoku, změní se obranné postavení v postavení pro požární útok (Hanuška, 2008).

Požární útok je přímo závislý na nasazení potřebných sil a prostředků v určitém směru podle situace na místě požáru. Po příjezdu na místo požáru se současně s průzkumem provádí příprava k bojovému rozvinutí a požárnímu útoku, jejíž součástí je zajištění dodávky hasební látky, provedení přípravných opatření dle místních podmínek a vytvoření části bojového rozvinutí. Základní druhy požárních útoků jsou: útok čelní, útok boční, útok obchvatný a útok frontální. Čelní útok je veden proti postupu požáru. Boční útok je veden, pokud vítr a kouř znemožňují čelní útok, nebo pokud hrozí rozšíření požáru i do boků. Obchvatný útok je útok vedený ze tří stran a vyžaduje větší množství sil a prostředků. Frontální útok je nasazení všech sil a prostředků po celé frontě požáru. Používá se např. u požárů hořlavých kapalin, kde je tento útok nejúčinnější (Hanuška, 2008).

Hašení lesních požárů je poměrně specifické a náročné. Každý druh lesního požáru vyžaduje jiný způsob hašení. Je nutné již dopředu počítat s komplikacemi, jako je nedostatek vody na místě, uvíznutí požární techniky na neúnosném povrchu, změny směru větru, poškození hadicového vedení apod. Při náhlé změně směru nebo síly větru nebo při nesprávném umístění požární techniky mohou být požárem zasaženy nasazené síly a prostředky. Při přesunu hrozí ve složitém terénu nebo v noci nebezpečí ztráty orientace. Na příkrých stránkách je třeba počítat s nebezpečím padajících kamenů a odštěpujících se částí skal, a také se vznikem komínového efektu. Ve vojenských prostorech nelze pominout nebezpečí výbuchu munice (Francl, 2007).

Průběh a taktiku hašení ovlivňují zejména klimatické podmínky (relativní vlhkost vzduchu, množství srážek, směr a síla a větru, délka a intenzita slunečního záření a venkovního tepla), hořlavost lesních porostů, půdní kryt a konfigurace terénu včetně přírodních překážek a dostupnost pro požární techniku (Metodický list 21P, 2017).

Při průzkumu lesního požáru je nutné zjistit plochu požáru, rychlost a směr jeho šíření s ohledem na meteorologické podmínky a členitost terénu, ohrožené objekty, překážky zabraňující šíření požáru, přístupové komunikace a jejich únosnost a

průchodnost terénu pro požární techniku, možnost zásobování vodou, zvážit možnost leteckého průzkumu, zahájit spolupráci s osobou znající les (Metodický list 21P, 2017).

Při hašení lesního požáru je nutné zvolit vhodný druh požárního útoku. Velitel zásahu se podle rychlosti šíření požáru rozhoduje zpravidla pro jeden z následujících taktických způsobů zdolávání požáru:

- hašení po celé frontě požáru, nebo hašení nejprve nejnebezpečnějších míst hoření po stranách a v týlu s cílem vytvořit proluky na ploše zachycené požárem a rozdělit hořící plochu na drobné úseky a potom likvidovat požár na těchto úsecích, tohoto způsobu se užívá při hašení na velké ploše;

- hašení přední fronty požáru a pozdější likvidace po stranách a v týlu;

- hašení požáru po stranách a postupné zužování požárem zasažené plochy;

- likvidaci hoření po stranách a v týlu a postupné hašení s přiblížením k přední linii fronty požáru, a to větší rychlostí, než je rychlost požáru;

- založením protipožáru na vhodném místě (přírodní nebo umělá překážka - silnice, násep, potok), kde dochází k místní změně směru proudění vzduchu směrem k frontě požáru (Francl, 2007)

Jako ochranu lze stavět proluky, což jsou překážky proti šíření korunového požáru. Vytváří se s dostatečným předstihem a závisí na výšce porostu. Zpravidla se stromy kácí korunou k místu požáru. Pro vytváření proluk se dají využít lesní cesty, louky, holiny (Metodický list 21P, 2017).

Podzemní požár je možné uhasit tím, že se kolem vykope alespoň 0,5 m široký příkop, který musí být hluboký až pod hořlavé vrstvy. Vykopaný materiál se hází do požářiště. Poté se hlídá a čeká, až požár sám vyhasne (Forst, 1985).

Pozemní požár menšího rozsahu lze hasit utloukáním haluzemi a po okraji obsypávat zeminou. Hašení korunových požárů je náročné. Silný žár a dým znesnadňuje práci a nedovolí přiblížit se až k samotnému požáru. Proto se požár spíše izoluje, řídí a nechává dohořet. Podle intenzity požáru lze vykácet izolační odsek v šíři výšky porostu, uvádí se 10 – 20 m. Stromy se kácí směrem do požářiště. Hořící duté stromy se kácí a rychle hasí zeminou (Forst, 1985).

K hašení se v ČR při hašení lesních požárů nejčastěji používá voda nebo voda se smáčidly. Voda při vypařování pohlcuje velké množství tepla a ochlazuje tak okolí. Vodní pára pak výrazně snižuje poměr kyslíku ve vzduchu a tím také oslabuje hoření. Negativní vlastností vody je velké povrchové napětí, důsledkem čehož voda špatně

proniká do pórů hořících materiálů a značná část vody se tak nepodílí na hašení. Z tohoto důvodu se do vody přidává smáčedlo, které snižuje povrchové napětí a zvyšuje tím hasební účinek vody (Francl, 2007).

### **3.12.1 Letecká hasičská služba**

Letecká hasičská služba (LHS) je Ministerstvem zemědělství zabezpečována již od roku 1993 v úzké spolupráci s Ministerstvem vnitra – generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru ČR a od roku 2001 též s Leteckou službou Policie ČR. LHS je plně financována Ministerstvem zemědělství. Náplní LHS ještě v roce 2016 bylo provádění hlídkové činnosti v době zvýšeného nebezpečí vzniku lesních požárů s cílem jejich včasného zjištění, lokalizace a uhašení v součinnosti s pozemními jednotkami Hasičské záchranné služby, od roku 2017 je to již „pouze“ zajišťování leteckého hašení lesních požárů v součinnosti s pozemními jednotkami Hasičské záchranné služby, především v obtížně přístupném terénu (Zpráva, 2017; Zpráva, 2018; Zpráva, 2019).

V letech 2009 – 2018 bylo každoročně Leteckou hasičskou službou hašeno mezi 5 a 25 požáry s minimem v roce 2010 a s maximem v roce 2015. Počet shozů byl ve stejných letech každoročně mezi 50 a 876 s minimem v roce 2010 a maximem v roce 2018 (Zpráva, 2019).

Při nasazení letecké techniky u lesních požárů musí být zajištěna pracovní plocha na doplňování letadla hasebními látkami, pokud není prováděno plnění závěsného vaku nořením do vody. Plnění závěsného vaku probíhá dvěma způsoby, a to z vodní plochy nořením nebo pomocí požární techniky. Při plnění z vodní plochy se závěsný vak překloupí na vodní hladinu a začne se potápět. Vytažením se nabere voda. Minimální hloubka vodního zdroje musí být minimálně 1,5 až 2 m a mělo by být zkontrolováno, zda pod hladinou nejsou překážky. Při zvolení místa se berou v potaz klimatické podmínky a výškové překážky, vzdálenost od požáru by měla být do 10 km. Plnění závěsného vaku pomocí požární techniky se dělá v případě nedostupnosti vodního zdroje nebo z bezpečnostních důvodů. K leteckému hašení se používá voda nebo voda se smáčedlem. Styl shozu hasební látky a následná účinnost je ovlivněna výškou a rychlostí shozu a typem letadla. Při shozu z výšky 20 m nad terénem je plocha hašení zasažena kompaktním proudem o vysoké rychlosti. Takovýto shoz může způsobit ničení lesního porostu jako je lámání větví a může být nebezpečné pro přítomné hasiče. Při výšce 30 m jsou maximálně využity hasební účinky.



Z praktických zkušeností je ideální provádět letounem nálet ve výšce 20 – 30 m nad terénem při rychlosti 140 – 160 km/h (Franc & Francl, 2004).

### 3.13 Modelování požárů

Stanovení modelů lesní vegetace jakožto hořlavého materiálu společně s hořlavostí umožňuje lepší odhad rizika požáru. Pomocí simulačních programů lze znázornit chování ohně a vytvořit tím protipožární plány. Veškerý rostlinný materiál je hořlavý, ale jeho zápalnost závisí na vlhkosti, struktuře a hustotě. Hořlavost je náchylnost vegetace ke vznícení a její chování při hoření (Pleskač, 2012).

Modelování požárů je rozvíjející se disciplína požárně bezpečnostního inženýrství. Nachází stále větší praktické uplatnění při projektování staveb a jejich konstrukcí, hodnocení nebezpečí požáru, vyšetřování příčin požárů, šíření nebezpečných plynů a par prouděním atd. Modely takto předpovídají chování požáru např. ve vnitřním prostoru budov, toky tepla, ztemnění kouřem, tvorbu vybraných toxických plynů atd. Pro úspěšné řešení simulace požáru musí být specifikovány vstupní parametry: třírozměrná geometrie požářiště a jejich polohy; tepelně technické vlastnosti hraničních povrchů konstrukcí; poloha a tepelně technické a požární charakteristiky materiálů vč. hořícího předmětu; větrání (nucené, přirozené a jejich kombinace); prvky EPS a SHZ a jejich poloha. Fyzikální tepelně technické a požární charakteristiky hořlavých látek a materiálů lze určit laboratorními požárními testy, nebo mohou být nalezeny v literatuře (Dvořák, 2016). Nicméně pro lesní požáry na území ČR se modelování požárů používá zatím pouze pro vědecké účely, nikoliv pro praktické využití hasičskou službou.

Jeden z možných způsobů výpočtu množství hořlavého materiálu nacházejícího se v lese je jeho výpočet pomocí kvantifikace biomasy jednotlivých druhů dřevin. Pojmem biomasa je míněn veškerý vyskytující se organický materiál. Přesné určení množství biomasy jednotlivých druhů je velmi náročné, navíc je vysoká proměnlivost v rámci areálu rozšíření. Obecně se udává, že u jehličnatých druhů 62 % biomasy tvoří kmen, 15 % koruna a 23 % kořeny. U listnatých druhů tvoří kmen 52 – 68 %, koruna 10 – 19 % a kořeny 8 – 25 % biomasy (Chromek, 2006).

Zápalnost materiálu závisí na konkrétním druhu, vegetačním stádiu a klimatických podmínkách. Bod vznícení v suchém stavu u borovice lesní je 302°C, ve vegetačním období až 330°C, u břízy v suchém stavu 321°C a ve vegetačním období 362°C, u modřínu v suchém stavu 329°C a ve vegetačním období 344°C,

u topolu 319°C v suchém stavu a 407°C ve vegetačním období (Stolina, 1985). Teplota vznícení dřeva kmene smrku je 370°C, větví 390°C a kořene 380°C (Zachar et al., 2012).

Nejzápalnějším materiálem je suchá tráva. Humusová vrstva a hrabanka si poměrně dlouho zachovává vlhkost a zápalnost je nižší. Mechy a lišejníky se vznítí až při vyschnutí. Jehličnaté dřeviny jsou hořlavější než listnaté kvůli obsahu pryskyřice. Nejzápalnější růstovou fází je první věkový stupeň, kdy má v porostu vysoké zastoupení tráva a buřeň. (Stolina, 1985).

### **3.13.1 Předpovědi nebezpečí přírodních požárů**

Pro území České republiky vydává předpověď nebezpečí přírodních požárů Český hydrometeorologický ústav. Na základě stanovené pravděpodobnosti a závažnosti (intenzity) předpokládaného dopadu přírodních požárů se stanovuje míra rizika, k jejímu vyhodnocení se používá předpověď teploty a vlhkosti vzduchu, rychlost větru a hodnocení sucha. Míra rizika je stupnice od 1 do 5, kdy 1 je velmi nízké riziko a 5 je velmi vysoké riziko (ČHMU, 2020).

Na území Evropy funguje pro předvídaní rizik požárů a poskytování informací o požárech EFFIS – Evropský informační systém o lesních požárech. Jeho úkolem je sdružování a poskytování informací o lesních požárech ve státech Evropy, severní Afriky a Středního východu. Dále obsahuje modely a mapy aktivních i uhašených požárů, informace o počasí a suchu a s tím spojená rizika požáru (EFFIS, 2020).

V Německu obstarává informace o nebezpečí požárů Deutscher Wetterdienst (Německá meteorologická služba). Využívá metodiku mezinárodního nebezpečí lesních požárů M-68. Ve výpočtech se používají polední hodnoty teploty vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, srážky za 24 hodin a rychlost větru. Dále se zohledňuje stav vegetace (Waldwissen, 2020a).

V Rakousku vydává informace o nebezpečí požárů Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (Ústřední ústav pro meteorologii a geodynamiku). Údaje jsou založeny na analýze průměrné teploty a srážek za předchozí čtrnáct dní. Do prognózy nejsou v současné době zahrnuty další vegetativní a lesní faktory (Waldwissen, 2020b).

Na Slovensku vydává informace o stupni požárního nebezpečí Slovenský hydrometeorologický ústav. V období od dubna do října denně aktualizuje stupeň požárního nebezpečí v lesích. Výpočet indexu je založen na bázi modelu půdně-klimatického indexu sucha. Vstupními daty jsou meteorologické, fenologické a půdní

charakteristiky. Mezi meteorologické charakteristiky patří průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek. Fenologické údaje zahrnují stav olistění stromů. Půdní charakteristikou je vodní kapacita určená v závislosti na hloubce půdního profilu a nadmořské výšce. Klasifikace má 5 stupňů nebezpečí: 1) Velmi nízké (kumulovaná suma srážek značně převyšuje výpar, vlhkostní poměry ve vrchní vrstvě půdního profilu jsou vlhké až mokré) 2) Nízké (kumulovaná suma srážek v lese mírně převyšuje výpar, vrchní vrstva lesní půdy je vlhká) 3) Střední (kumulovaná suma srážek v lese je mírně nižší než výpar, vrchní vrstva lesní půdy je mírně vlhká) 4) Vysoké (kumulovaná suma srážek v lese je nižší než výpar, vrchní vrstva lesní půdy je suchá) 5) Velmi vysoké (kumulovaná suma srážek v lese je značně nižší než výpar, vrchní vrstva lesní půdy je přesušená, stopy sucha jsou viditelné i na porostu) (SHMÚ, 2020).

V Severní Americe vydává nebezpečí požáru např. WFAS – Wildland Fire Assessment System. Lze zde najít informace o nebezpečí vzniku požárů, ale i různé dílčí informace pro jednotlivé geografické regiony a mapu palivového modelu NFDRS (WFAS, 2020). Canadian Forest Fire Danger Rating System (CFFDRS) je národní systém pro hodnocení rizika lesních požárů v Kanadě. Vytváří modely předpovědi výskytu a chování požárů ze znalosti počasí, topografie a vlhkosti paliva (CFFDRS, 2020).

## 4 METODIKA

Pro zjištění množství a struktury pozemního paliva byly porovnávány rozdíly mezi ekologickou řadou živnou a ekologickou řadou obohacenou vodou v 6. lesním vegetačním stupni. Celkem bylo vybráno 60 zkusných ploch, 30 pro každou řadu, ve 4 věkových kategoriích (tab. 1). Podmínkou byla rozloha porostu min 0,5 ha a zastoupení smrku min 75 %.

Tab. 1: Počet porostů dané věkové kategorie v jedné ekologické řadě.

Kategorie	Věk	Počet porostů
1 - nárost	0 – 5 let	7 porostů
2 - mlazina	6 – 20 let	7 porostů
3 - tyčovina	21 – 60 let	8 porostů
4 - kmenovina	61 a více let	8 porostů

Vybrané porosty se nachází v katastrálním území Lštění u Radhostic, Libotyně a Radhostice. Katastrální území jsou součástí obce Radhostice, spadají pod okres Prachatice, kraj Jihočeský. Jedná se o přírodní lesní oblast 12 – Předhoří Šumavy a Novohradských hor. Přímo hraničí s přírodní lesní oblastí 13 – Šumava. Lokalita je součástí Vimperské vrchoviny a je vzdálena od města Vimperk cca 8 km vzdušnou čarou. V dané oblasti se vyskytuje hornina migmatit a písčito-hlinitý až hlinito-písčité sediment. Průměrná roční teplota měřená ve Vimperku je 6,5°C a průměrný úhrn srážek ve Vimperku je 726 mm.

Po příchodu do porostu byla vybrána zkusná plocha tak, aby co nejvíce odpovídala struktuře daného porostu. Podmínkou bylo, aby se nacházela alespoň 15 metrů od vedlejší porostní skupiny, lesní cesty apod. Velikost zkusné plochy byla 1x1 m, což bylo vytyčeno podle předem vyrobené dřevěné šablony. Po vytyčení zkusné plochy byla zaznamenána přítomnost mechu, náletu, bylin a trav a jejich procentuální zastoupení.

Byly odebírány a váženy 4 složky pozemního paliva, a to bylinný materiál (nálet, mech, byliny a traviny), dřevěný materiál (větvě, větvičky a šišky), hrabanka a humusová vrstva. Jednotlivé složky byly ze zkusné plochy odebrány, zváženy a byl odebrán reprezentativní vzorek pro určení vlhkosti.

Pomocí analyzátoru vlhkosti se stanovila vlhkost odebraného vzorku jednotlivých složek paliva. Vzorky byly zahřívány na teplotu 150°C a ta byla udržována do doby vysušení přibližně 1 – 3 minuty. Na základě těchto výsledků byla dopočtena hmotnost sušiny. Výsledné hodnoty byly zaznamenány do databáze MS Excel.

Data byla vyhodnocena programem Statistica 12.0. Jedním ze základních předpokladů statistické analýzy je normalita, kterou je nutné ověřit. Pro tento účel byl použit Lillieforsův test. Funguje na principu ověření shody dat s rozdělením, u kterého je známa střední hodnota a rozptyl. Normalita dat byla otestována testem na hladině významnosti  $p = 0,05$ .

Dále byly použity neparametrické testy: Kruskal-Wallisův test a Mann-Whitneyho test. Kruskal-Wallisův test je založený na pořadí a nepředpokládá, že data pocházejí z normálního rozdělení, nicméně se předpokládá, že pozorování jsou nezávislá, ze spojitého rozdělení a že v každé skupině pocházejí pozorování z populací se stejným tvarem distribuce. Byly jím vyhodnoceny složky pozemního paliva v jednotlivých věkových kategoriích porostu. Nulová hypotéza je: všechny složky pozemního paliva mají v jednotlivých věkových kategoriích stejné distribuční funkce. Pomocí Mann-Whitneyho testu bylo porovnáno množství jednotlivých složek pozemního paliva mezi ekologickou řadou živnou a ekologickou řadou obohacenou vodou v jednotlivých věkových kategoriích porostů. Nulová hypotéza je: množství jednotlivých složek pozemního paliva u ekologické řady živné a ekologické řady obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích má stejné distribuční funkce.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Vyhodnocení složek pozemního paliva v jednotlivých věkových kategoriích porostů

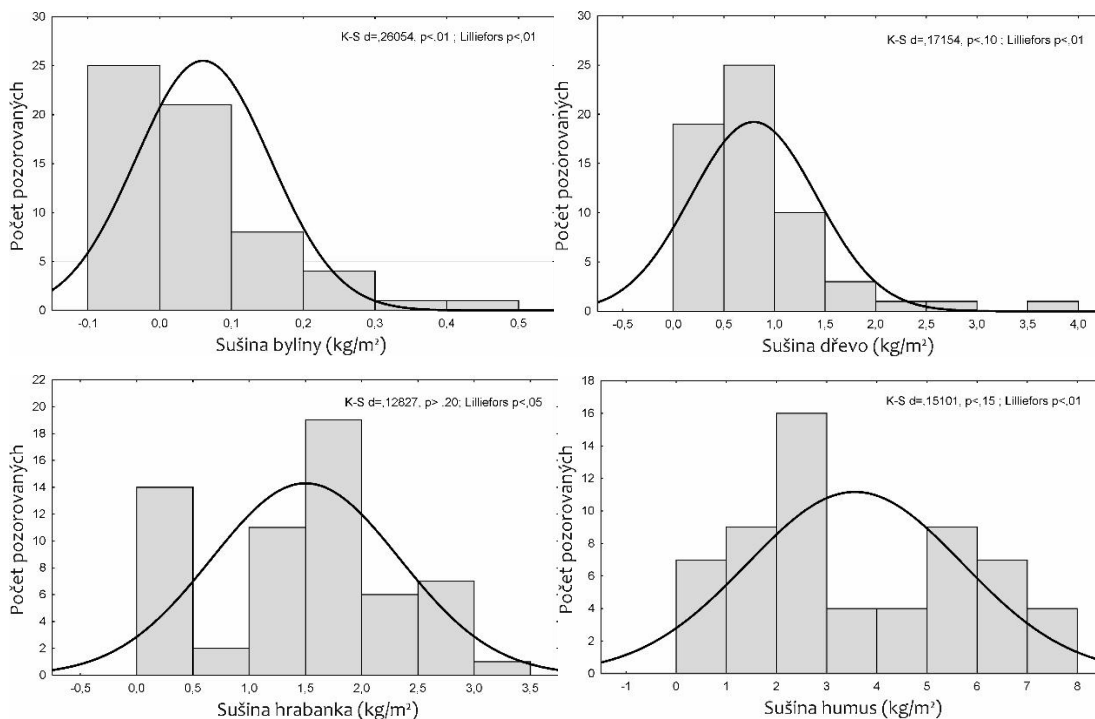
U porostů ekologické řady živné bylo naměřeno nejvyšší zastoupení sušiny ve složce pozemního paliva humus, následovala složka hrabanka, dřevěný a bylinný materiál (tab. 2). Pouze u věkové kategorie nárost bylo pořadí - dřevěný materiál, humus, hrabanka a bylinný materiál. U složky bylinný materiál byla nejvyšší průměrná hmotnost u věkové kategorie nárost, a to  $0,20 \text{ kg/m}^2$  (tj. 2 000 kg/ha). Nejnižší průměrná hmotnost byla u věkové kategorie mlazina, a to  $0,02 \text{ kg/m}^2$  (tj. 200 kg/ha). U složky dřevěný materiál byla nejvyšší průměrná hmotnost u věkové kategorie kmenovina, a to  $0,64 \text{ kg/m}^2$  (tj. 6 400 kg/ha). Nejnižší průměrná hmotnost byla u věkové kategorie mlazina, a to  $0,13 \text{ kg/m}^2$  (tj. 1 300 kg/ha). U složky hrabanka byla nejvyšší průměrná hmotnost u věkové kategorie kmenovina, a to  $2,40 \text{ kg/m}^2$  (tj. 24 000 kg/ha). Nejnižší průměrná hmotnost byla u věkové kategorie nárost, a to  $0,28 \text{ kg/m}^2$  (tj. 2 800 kg/ha). U složky humus byla nejvyšší průměrná hmotnost u věkové kategorie kmenovina, a to  $5,31 \text{ kg/m}^2$  (tj. 53 400 kg/ha). Nejnižší průměrná hmotnost byla u věkové kategorie mlazina, a to  $0,51 \text{ kg/m}^2$  (tj. 5 100 kg/ha).

U porostů ekologické řady ovlivněné vodou bylo naměřeno nejvyšší zastoupení sušiny ve složce pozemního paliva humus, následovala složka hrabanka, dřevěný a bylinný materiál (tab. 2). Pouze u věkové kategorie nárost bylo pořadí dřevěný materiál, humus, hrabanka a bylinný materiál. U složky bylinný materiál byla nejvyšší průměrná hmotnost u věkové kategorie nárost, a to  $0,10 \text{ kg/m}^2$ , (tj. 1 000 kg/ha). Nejnižší průměrná hmotnost byla u věkové kategorie tyčovina, a to  $0,002 \text{ kg/m}^2$ , (tj. 20 kg/ha). Téměř stejná hodnota byla i u kategorie kmenovina. U složky dřevěný materiál byla nejvyšší průměrná hmotnost u věkové kategorie mlazina, a to  $1,95 \text{ kg/m}^2$  (tj. 19 500 kg/ha). Nejnižší průměrná hmotnost byla u věkové kategorie kmenovina, a to  $0,61 \text{ kg/m}^2$  (tj. 6 100 kg/ha). U složky hrabanka byla nejvyšší průměrná hmotnost u věkové kategorie tyčovina, a to  $2,18 \text{ kg/m}^2$  (tj. 21 800 kg/ha). Nejnižší průměrná hmotnost byla u věkové kategorie nárost, a to  $1,52 \text{ kg/m}^2$  (tj. 15 200 kg/ha). U složky humus byla nejvyšší průměrná hmotnost u věkové kategorie tyčovina, a to  $6,50 \text{ kg/m}^2$  (tj. 65 000 kg/ha). Nejnižší průměrná hmotnost byla u věkové kategorie nárost, a to  $1,92 \text{ kg/m}^2$  (tj. 19 200 kg/ha).

Tab. 2: Popisná statistika jednotlivých složek sušiny pozemního paliva v jednotlivých věkových kategoriích porostů v 6. lesním vegetačním stupni pro ekologickou řadu živnou a ekologickou řadu obohacenou vodou (kg/m<sup>2</sup>)

Ekologická řada	Věková kategorie	Palivo	Počet ploch	Průměr	Min	Max	Směrodatná odchylka
živná	nárost	byliny	7	0,208	0,012	0,411	0,142
		dřevo	7	0,598	0,130	0,821	0,261
		hrabanka	7	0,281	0,210	0,337	0,047
		humus	7	0,519	0,403	0,593	0,077
	mlazina	byliny	7	0,024	0,000	0,100	0,042
		dřevo	7	0,133	0,075	0,197	0,042
		hrabanka	7	0,306	0,114	0,452	0,143
		humus	7	2,000	1,225	2,695	0,546
	tyčovina	byliny	8	0,102	0,000	0,217	0,078
		dřevo	8	0,549	0,370	0,691	0,113
		hrabanka	8	1,333	0,980	1,666	0,246
		humus	8	3,000	1,739	4,978	0,976
	kmenovina	byliny	8	0,030	0,000	0,115	0,040
		dřevo	8	0,646	0,439	0,837	0,152
		hrabanka	8	2,400	1,590	3,344	0,631
		humus	8	5,312	2,475	7,488	1,523
vodou ovlivněná	nárost	byliny	7	0,106	0,007	0,248	0,101
		dřevo	7	1,957	1,011	3,519	0,899
		hrabanka	7	1,525	0,985	2,363	0,483
		humus	7	1,923	1,000	2,925	0,603
	mlazina	byliny	7	0,023	0,000	0,100	0,039
		dřevo	7	1,287	0,830	1,817	0,318
		hrabanka	7	1,734	1,120	2,155	0,360
		humus	7	2,808	1,870	3,519	0,538
	tyčovina	byliny	8	0,002	0,000	0,019	0,007
		dřevo	8	0,674	0,455	1,088	0,245
		hrabanka	8	2,183	1,869	2,946	0,398
		humus	8	6,509	4,576	7,446	0,979
	kmenovina	byliny	8	0,002	0,000	0,006	0,003
		dřevo	8	0,617	0,316	1,248	0,334
		hrabanka	8	1,976	1,445	2,879	0,490
		humus	8	5,574	4,650	6,272	0,548

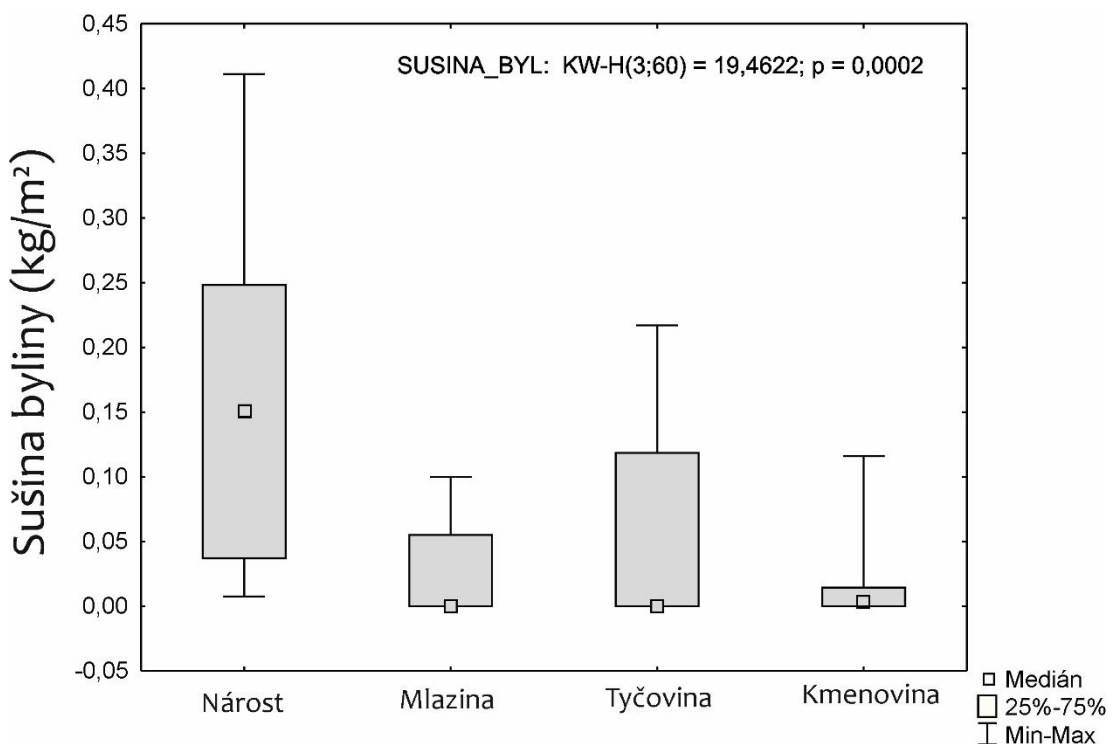
Výsledky Lillieforsova testu ( $p < 0,05$ ) prokázaly, že hodnoty jednotlivých složek paliv nemají normální rozdělení (graf 1), proto byly v dalším statistickém vyhodnocování použity neparametrické statistické metody.



Graf 1: Histogramy normality pro jednotlivé složky sušiny



Hmotnost sušiny bylinného materiálu se mezi věkovými kategoriemi statisticky významně lišila ( $H(3; N = 60) = 19,4622; p = 0,0002$ ) (graf 2). Statisticky významné rozdíly jsou mezi kategoriemi nárost a mlazina, nárost a tyčovina a nárost a kmenovina (tab. 3). Největší rozdíl je mezi kategorií nárost a tyčovina. Průměrná hmotnost sušiny byla u nárostu  $0,15 \text{ kg/m}^2$ , u mlaziny  $0,02 \text{ kg/m}^2$ , u tyčoviny  $0,05 \text{ kg/m}^2$  a u kmenoviny  $0,01 \text{ kg/m}^2$ . Nejvyšší hmotnost byla naměřena u nárostu, a to  $0,41 \text{ kg/m}^2$ .

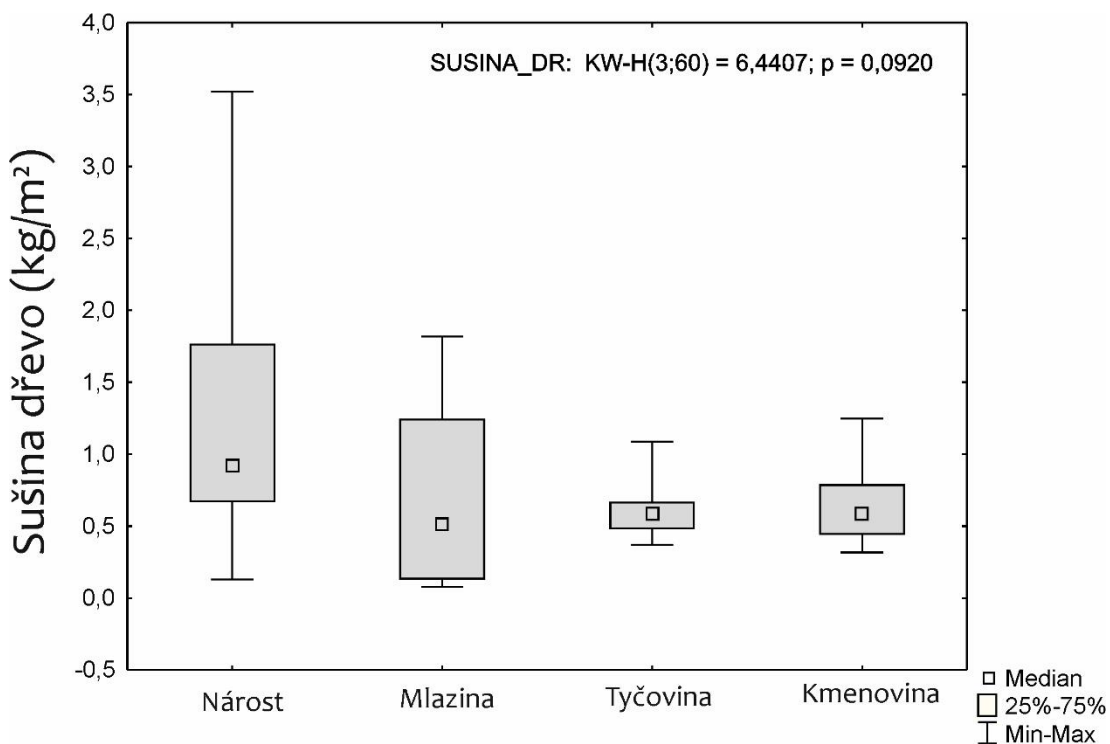


Graf 2: Hmotnost sušiny bylinného materiálu v jednotlivých věkových kategoriích v 6. lesním vegetačním stupni bez závislosti na ekologické řadě

Tab. 3: Vícenásobné porovnání sušiny bylinného materiálu pomocí Kruskal-Wallisova testu

$H(3; N = 60) = 19,46221; p=0,0002$				
kategorie	nárost	mlazina	tyčovina	kmenovina
nárost		0,001289	0,012758	0,001909
mlazina	0,001289		1,000000	1,000000
tyčovina	0,012758	1,000000		1,000000
kmenovina	0,001909	1,000000	1,000000	

Hmotnost sušiny dřevěného materiálu se mezi jednotlivými věkovými kategoriemi statisticky významně nelišila ( $H(3; N = 60) = 6,4407; p = 0,0920$ ) (graf 3, tab. 4). Průměrná hmotnost sušiny byla u nárostu  $1,27 \text{ kg/m}^2$ , u mlaziny  $0,71 \text{ kg/m}^2$ , u tyčoviny  $0,61 \text{ kg/m}^2$  a u kmenoviny  $0,63 \text{ kg/m}^2$ . Nejvyšší hmotnost byla naměřena u nárostu, a to  $3,51 \text{ kg/m}^2$ .

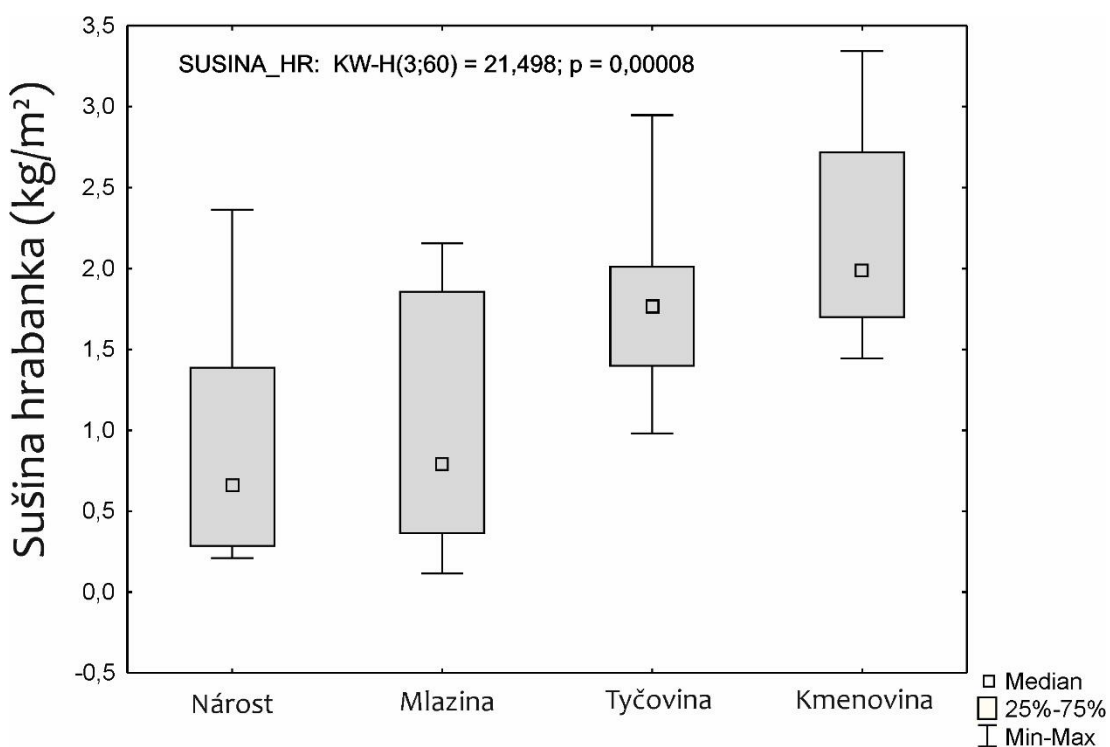


Graf 3: Hmotnost sušiny dřevěného materiálu v jednotlivých věkových kategoriích v 6. lesním vegetačním stupni bez závislosti na ekologické řadě

Tab. 4: Vícenásobné porovnání sušiny dřevěného materiálu pomocí Kruskal-Wallisova testu

H (3; N = 60) = 6,4407; p = 0,0920				
kategorie	nárost	mlazina	tyčovina	kmenovina
nárost		0,264863	0,172150	0,230518
mlazina	0,26486		1,000000	1,000000
tyčovina	0,172150	1,000000		1,000000
kmenovina	0,23052	1,000000	1,000000	

Hmotnost sušiny hrabanky se mezi věkovými kategoriemi statisticky významně lišila ( $H(3; N = 60) = 21,498; p = 0,00008$ ) (graf 4). Statisticky významné rozdíly jsou mezi kategoriemi nárost a tyčovina, nárost a kmenovina, tyčovina a kmenovina (tab. 5). Největší rozdíl je mezi kategorií nárost a kmenovina. Průměrná hmotnost sušiny byla u nárostu  $0,90 \text{ kg/m}^2$ , u mlaziny  $0,02 \text{ kg/m}^2$ , u tyčoviny  $1,57 \text{ kg/m}^2$  a u kmenoviny  $2,18 \text{ kg/m}^2$ . Nejvyšší hmotnost byla naměřena u kmenoviny, a to  $3,34 \text{ kg/m}^2$ .

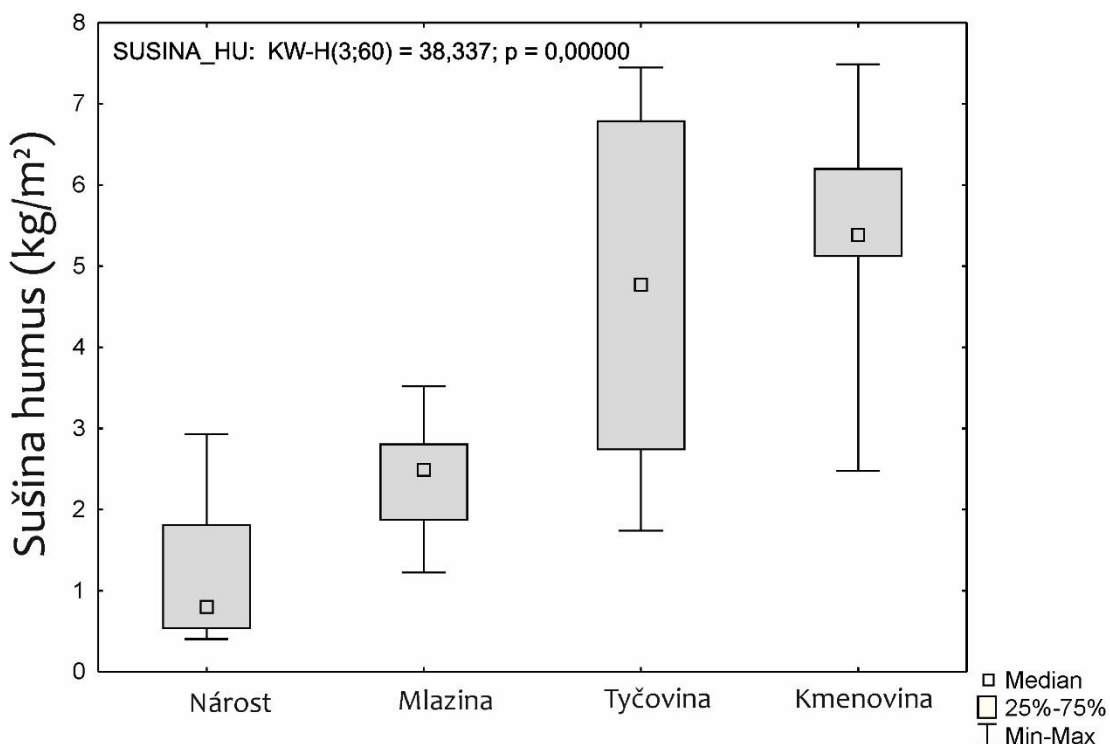


Graf 4: Hmotnost sušiny hrabanky v jednotlivých věkových kategoriích v 6. lesním vegetačním stupni bez závislosti na ekologické řadě

Tab. 5: Vícenásobné porovnání sušiny hrabanky pomocí Kruskal-Wallisova testu

H (3; N = 60) = 21,498; p = 0,00008				
kategorie	nárost	mlázina	tyčovina	kmenovina
nárost		1,000000	0,40519	0,000262
mlázina	1,000000		0,217507	0,003089
tyčovina	0,40519	0,217507		0,92108
kmenovina	0,00026	0,003089	0,92108	

Hmotnost sušiny humusu se mezi jednotlivými věkovými kategoriemi statisticky významně lišila ( $H(3; N = 60) = 38,337; p = 0,000$ ) (graf 5). Statisticky významné rozdíly jsou mezi kategoriemi nárost a tyčovina, nárost a kmenovina, mlazina a tyčovina, mlazina a kmenovina (tab. 6). Největší rozdíl je mezi kategorií nárost a kmenovina. Průměrná hmotnost sušiny byla u nárostu  $1,22 \text{ kg/m}^2$ , u mlaziny  $0,71 \text{ kg/m}^2$ , u tyčoviny  $2,40 \text{ kg/m}^2$  a u kmenoviny  $5,44 \text{ kg/m}^2$ . Nejvyšší hmotnost byla naměřena u kmenoviny, a to  $7,48 \text{ kg/m}^2$ .



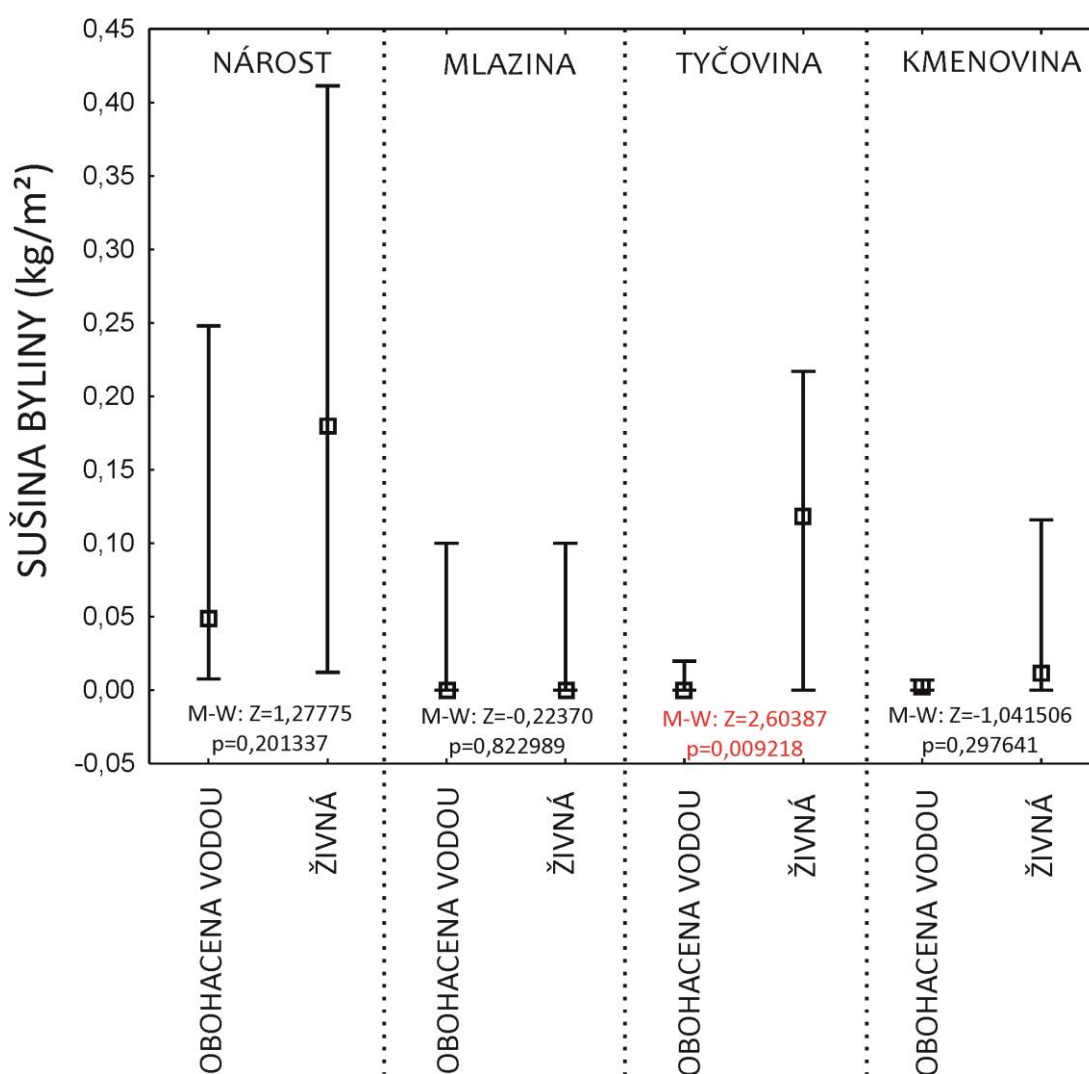
Graf 5: Hmotnost sušiny humusu v jednotlivých věkových kategoriích v 6. lesním vegetačním stupni bez závislosti na ekologické řadě

Tab. 6: Vícenásobné porovnání sušiny humusu pomocí Kruskal-Wallisova testu

H (3; N = 60) = 38,337; p = 0,000				
kategorie	nárost	mlazina	tyčovina	kmenovina
nárost		0,367199	0,000013	0,000000
mlazina	0,3672		0,030174	0,002414
tyčovina	1,3E-05	0,030174		1,000000
kmenovina	0,000000	0,002414	1,000000	

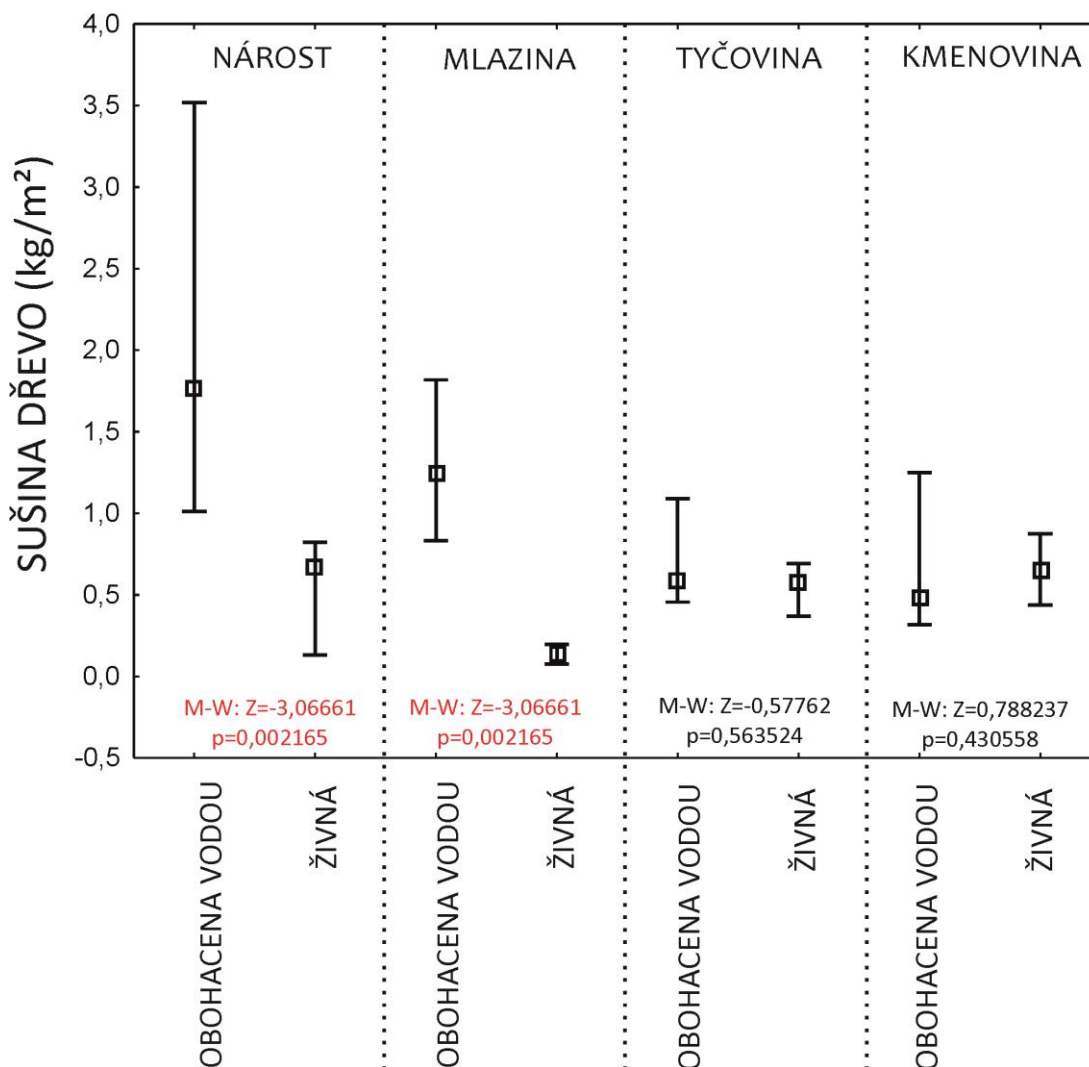
## 5.2 Porovnání množství jednotlivých složek pozemního paliva mezi ekologickou řadou živnou a ekologickou řadou obohacenou vodou v jednotlivých věkových kategoriích porostů

Rozdílnost mezi ekologickými řadami byla testována Mann-Whitneyovým testem. Množství sušiny bylinného materiálu se mezi ekologickými řadami statisticky významně lišilo pouze v kategorii tyčovina ( $Z = 2,603$ ;  $p = 0,009$ ) (graf 6). Nejmenší rozdíl byl u kategorie mlazina ( $Z = 1,277$ ;  $p = 0,822$ ).



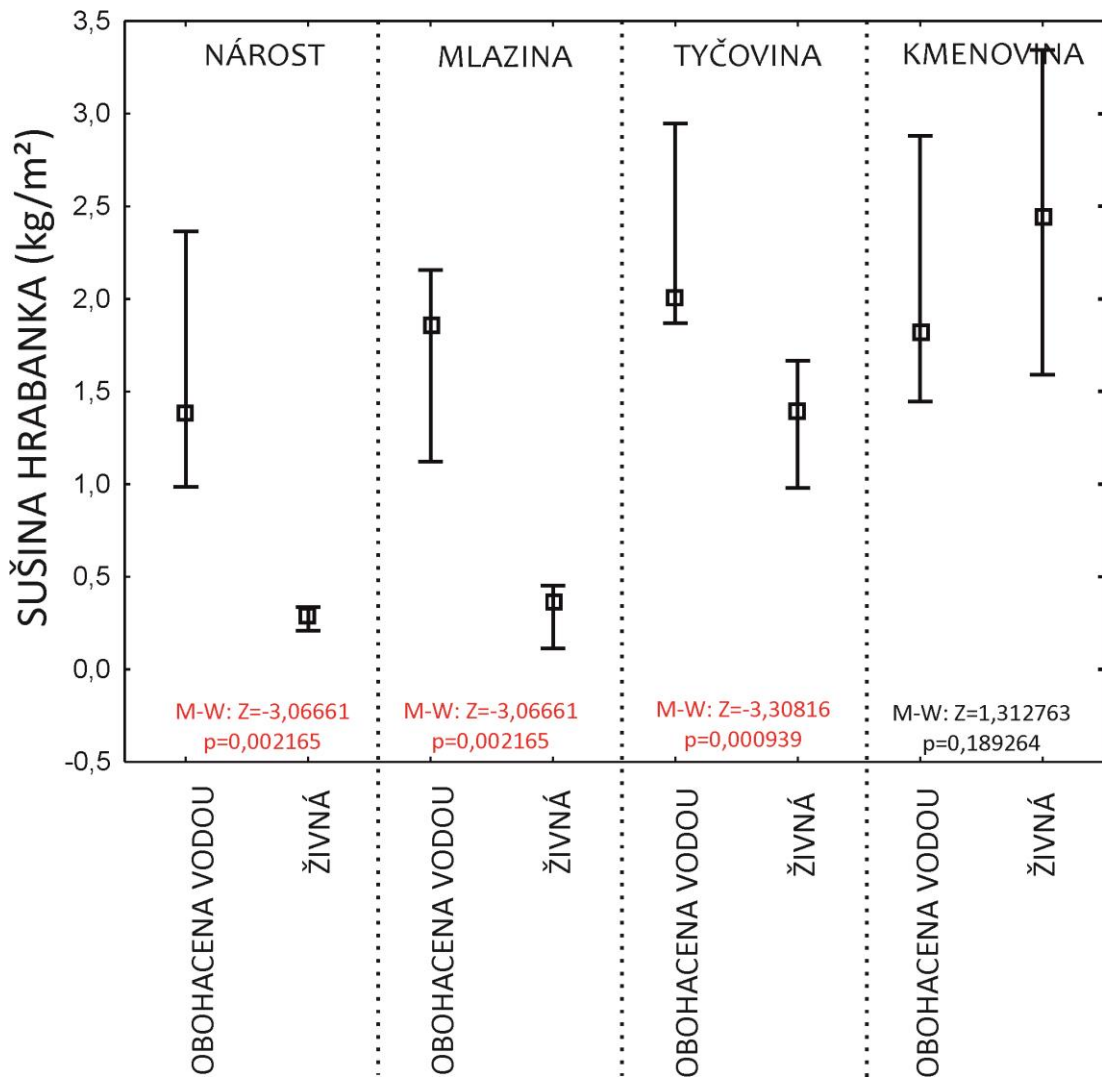
Graf 6: Množství sušiny bylinného materiálu v ekologické řadě živné a obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích

Množství sušiny dřevěného materiálu se mezi ekologickými řadami statisticky významně lišilo v kategoriích nárost ( $Z = 3,066$ ,  $p = 0,002$ ) a tyčovina ( $Z = 3,066$ ,  $p = 0,002$ ) (graf 7). Nejmenší rozdíl byl u kategorie tyčovina ( $Z = 0,577$ ;  $p = 0,563$ ).



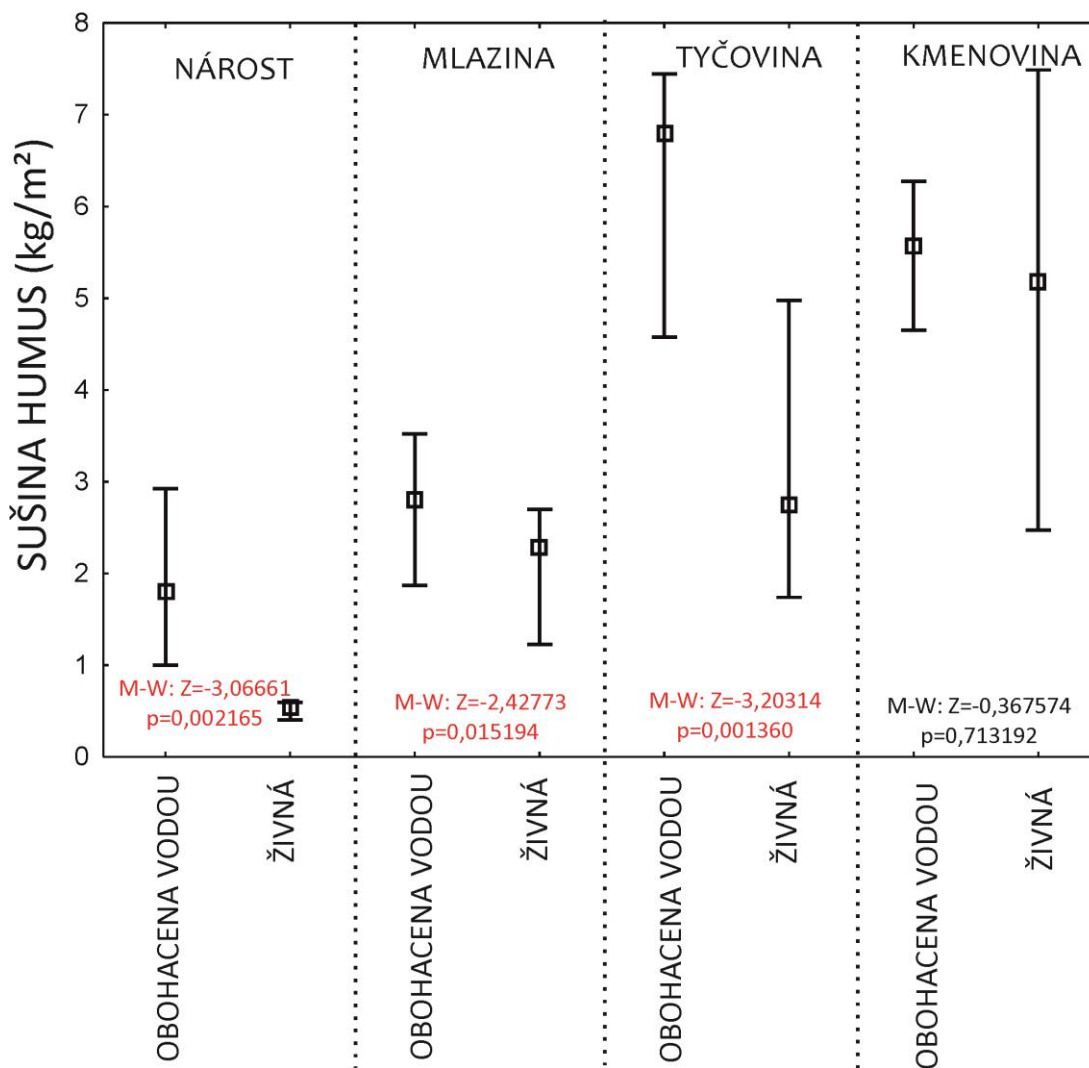
Graf 7: Množství sušiny dřevěného materiálu v ekologické řadě živné a obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích

Množství sušiny hrabanky se mezi ekologickými řadami statisticky významně lišilo v kategoriích nárost ( $Z = 3,066$ ,  $p = 0,002$ ), mlazina ( $Z = 3,066$ ,  $p = 0,002$ ) a tyčovina ( $Z = 3,308$ ,  $p = 0,000$ ) (graf 8). Nejmenší rozdíl byl u kategorie kmenovina ( $Z = 1,312$ ;  $p = 0,189$ ).



Graf 8: Množství sušiny hrabanky v ekologické řadě živné a obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích

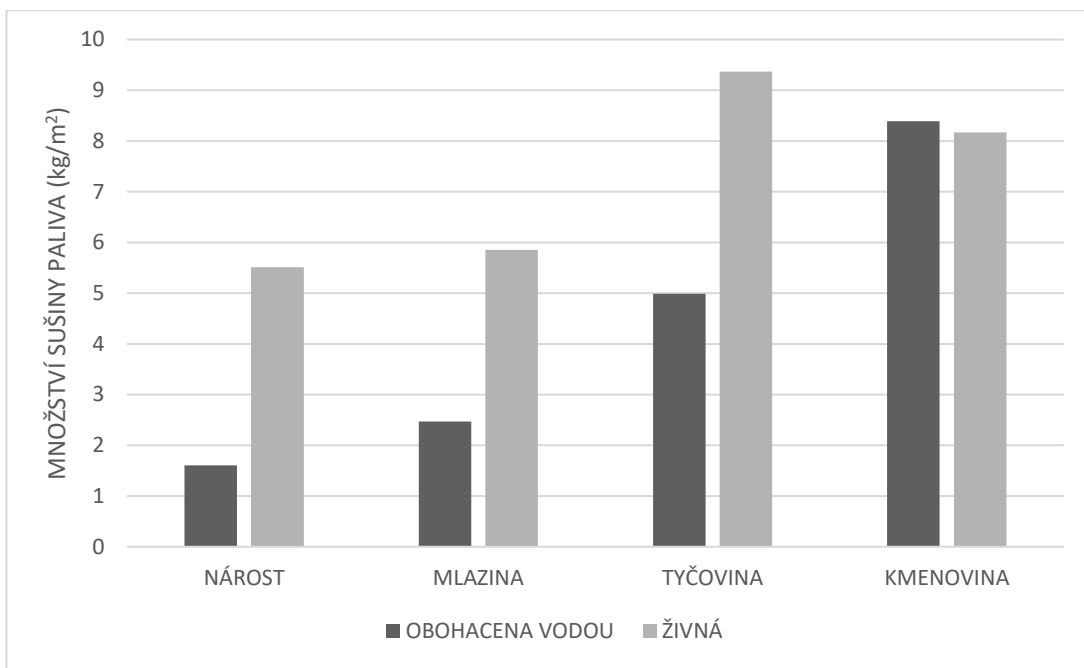
Množství sušiny humusu se mezi ekologickými řadami statisticky významně lišilo v kategoriích nárost ( $Z = 3,066$ ,  $p = 0,002$ ), mlazina ( $Z = 2,427$ ,  $p = 0,015$ ) a tyčovina ( $Z = 3,203$ ,  $p = 0,001$ ) (graf 9). Nejmenší rozdíl byl u kategorie kmenovina ( $Z = 0,367$ ;  $p = 0,713$ ).



Graf 9: Množství sušiny humusu v ekologické řadě živné a obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích



Nejvyšší množství sušiny bylo naměřeno v kategorii tyčovina v ekologické řadě živná, a to celkem 9,36 kg/m<sup>2</sup> (graf 10). Nejméně sušiny bylo naměřeno v kategorii nárost v ekologické řadě obohacené vodou, a to 1,60 kg/m<sup>2</sup>. Celkové množství sušiny s věkem porostu stoupá.



Graf 10: Průměrná hmotnost sušiny veškerého paliva v ekologické řadě živné a obohacené vodou v jednotlivých věkových kategoriích

## 6 DISKUZE

Tato práce se zabývá množstvím pozemního paliva a cílem bylo zjistit, kolik hořlavého materiálu se v lese nachází, jak se mění jeho struktura v čase vývoje porostu a jaké jsou rozdíly mezi ekologickými řadami. Krakovský (2004) uvádí, že ve střední Evropě se nejčastěji vyskytuje pozemní požár, což souvisí s rychlostí zásahu hasičského záchranného sboru, členitostí krajiny a historií osídlení, oheň se nestačí rozšířit do korun stromů. Nejčastěji tento typ požáru zasahuje hrabanku, buřeň, klestí, nálet nebo kulturu a složení paliva má významný vliv na rychlost a směr šíření lesního požáru.

Obdobných prací zabývajících se pozemním palivem na území českých lesů je minimum. Oproti tomu na Slovensku se zabývají tvorbou palivových modelů již od roku 2008 (Majlingová & Vida, 2008; Majlingová et al., 2018). V porovnání s ostatními státy, kdy u nás se zatím řeší pouze pozemní palivo, existují práce, které jsou již metodicky pro dané území na vyšší úrovni. Majlingová (2014) dělí palivo na dvě kategorie. Za lehké jemné palivo označuje trávy; ty jsou sice lehce zapalitelné, ale neuvolňují velké množství tepla. Za těžké a objemné palivo označuje keře a stromy; ty je náročné zapálit, ale při hoření je rychlost a množství uvolněného tepla mnohem vyšší. Dále uvádí, že požáry vznikají nejčastěji právě na travnatých plochách z důvodu snadného zapálení, ale po zapálení vytváří dostatek tepla pro zapálení dalšího paliva. Gould et al. (2011) rozděluje palivo v australských suchých eukalyptových lesích na 5 skupin – horní stromové patro, spodní stromové patro, keřové patro, bylinné patro a pozemní palivo – opad. Ottmar et al. (2007) používá rozdělení paliva na stromové patro, keřové patro, bylinné patro, mechy a lišejníky a opad. Fernandes (2009) bere u palivových modelů v potaz porost jako celek a rozlišuje 4 typy: otevřené vysoké a uzavřené vysoké lesy, uzavřené nízké lesy, otevřené nízké lesy, husté nízké porosty.

Podobným tématem se zabýval Hort (2019), který porovnával množství paliva v ekologické řadě živné mezi 3. a 4. lesním vegetačním stupněm se zastoupením smrku 80 %. Obdobné výsledky jako v této práci zjistil Hort (2019) v pořadí zastoupení sušiny pozemního paliva. Nejvyšší množství bylo naměřeno ve složce humus, následovala složka hrabanka, dřevěný a bylinný materiál. Pouze u věkové kategorie nárost se mu lišilo pořadí – humus, bylinný materiál, hrabanka a dřevěný materiál.

Stolina (1985) uvádí, že nejzápalnější růstovou fází je první věkový stupeň, v našem podání kategorie nárost, kdy by mělo být v porostu vysoké zastoupení trávy

a buřeně. Dle Plívy (1987) je ekologická řada živná a vodou ovlivněná v 6. lesním vegetačním stupni středně až silně ohrožená buření. Nicméně v mnou měřených porostech bylo bylinného materiálu v této kategorii velmi málo, průměrně  $0,1 \text{ kg/m}^2$  v ekologické řadě ovlivněné vodou a  $0,2 \text{ kg/m}^2$  v řadě živné, zatímco Hort (2019) udává ve 3. lesním vegetačním stupni  $1,4 \text{ kg/m}^2$  a ve 4. stupni  $2,8 \text{ kg/m}^2$ . Toto nízké množství bylinného materiálu může být dáno tím, že většina měřených porostů byla toho roku vytěžena a bylinné patro se po prosvětlení zatím nestačilo obnovit. Porosty jsou součástí relativně rozsáhlé holiny způsobené kůrovcovou kalamitou a je otázkou, zda a jak se bylinné patro vyvine v souvislosti s nadcházejícím počasím. Porosty se nachází ve vyšší nadmořské výšce, což může mít také souvislost se zastoupením bylin. V souvislosti s rozsahem holiny, kdy oproti tomu v úmyslných těžbách je zákonem č. 289/1995 Sb. o lesích omezena velikost holiny na max 1 ha (v určitých případech na 2 ha), může mít vliv i změna mikroklimatu, kdy plochy nejsou zastíněny okolním porostem, ale jsou plně vystaveny slunečnímu záření a je zde mnohem vyšší výpar a sucho nedovolí rostlinám vyklíčit. Navíc nedostatek vláhy v posledních letech byl enormní. Těmto myšlenkám nahrává i fakt, že ztráty na zalesnění byly vyšší než obvykle. Poleno et al. (2009) uvádí, že bylinné a mechové patro je důležitou složkou každého lesního ekosystému a její skladbu a ráz určují především půdní podmínky a lesní typ. Podle charakteru půdy a lesního typu lze předvídat složení přízemní vegetace a naopak, podle vegetace, jejího složení a vitality lze posoudit lesní typ a půdní zvláštnosti. K narušení tohoto vztahu může dojít klimatickými excesy (vítr, sníh, námraza), antropogenními vlivy (požár, imise) a hospodářskými zásahy. Rozvoj vegetace je ovlivněn měnicím se přístupem světla do porostu a zcela se mění po obnažení půdy kalamitou nebo holosečí. To je tzn. druhotná sukcese, což znamená, že původní stinné druhy jsou nahrazeny pionýrskými a pasečnými druhy.

Další rozdílné hodnoty v kategorii nárost v porovnání s Hortovou prací (2019) jsou dány pravděpodobně nasazením techniky – vrstva hrabanky, humusu a dalších půdních vrstev byla narušena a často promíchána. Oproti tomu vyšší množství dřevěného materiálu je dáno těžebními zbytky, které ještě nebyly zcela vyvezeny nebo spáleny a vyšším množstvím suché opadané kůry.

Pokud by se měřilo množství sušiny v jiných obdobných porostech, které byly vytěženy po úmyslné těžbě a nikoliv následkem nahodilé těžby, ve věkové kategorii nárost, je možné, že by zde bylo nižší zastoupení dřevěného materiálu a vyšší zastoupení bylinného materiálu. Hodnoty dřevěného materiálu ve věkové kategorii

mlazina a tyčovina by se mohly lišit v závislosti na stavu prořezávek, probírek a množství těžebních zbytků. Často se stává, že tyčkovina v lese zůstane, oproti tomu při samovýrobě je většinou dřevo z porostů vyvezeno v nejkratší možné době. Ve věkové kategorii kmenovina bude mít vliv uplatněný hospodářský způsob, např. výběrný způsob postupně prosvětluje porost, a je tedy možné, že v porostu bude větší množství bylinného materiálu.

U věkové kategorie nárost, mlaziny a tyčoviny, s výjimkou bylinného materiálu, bylo množství sušiny vyšší u ekologické řady obohacené vodou než u řady živné. U kmenoviny nebyl statisticky významný rozdíl u žádné složky paliva. Tyto rozdíly mohou být dány odlišným půdním prostředím a minerálním složením.

Při současné kůrovcové kalamitě je otázkou, zda a jak se mění nebo změní struktura pozemního paliva. Je pravděpodobné, že v porostech, které jsou silně napadené kůrovcem, bude větší opad jehličí a suché kůry. Záleží ovšem na tom, po jaké době bude porost smýcen, zda v době brzy po napadení stromů, kdy ještě jehličí zůstává na stromech, a bude z lesa vyvezeno nebo spáleno, nebo v době tzn. kůrovcové souše, kdy je jehličí již zcela opadané, a tudíž součástí pozemního paliva. Navíc po těžbě je v porostu množství těžebních zbytků. Věk stromů při napadení může mít také vliv, neboť množství pozemního paliva roste s věkem porostu, což vyplývá z grafu 10, a proto dřívější smýcení může ovlivňovat zastoupení některých složek paliva. Opatření obecné povahy č.j. 17110/2020-MZE-16212 ze dne 3. 4. 2020, vydané Ministerstvem zemědělství podle § 51a lesního zákona, umožňuje holinu vzniklou na lesních pozemcích v důsledku nahodilé těžby zalesnit do 5 let a lesní porosty zajistit do 10 let od jejího vzniku. Toto prodloužení by mohlo mít vliv na zabuřnění a množství bylinného materiálu a do budoucna na množství humusové vrstvy. Z hlediska protipožární ochrany doporučují Siegl & Lorber (1965) kalamitní holiny větší než 10 ha v rozdělit na pruhy o výměře asi 3 – 5 ha a v případě obnovy ohrožených porostů uvádí, že je třeba vysazovat podle stanovištních podmínek listnaté druhy odolné ohni, jako lípu, jasan, jilm, olši, osiku, břízu, vrbu, buk nebo jedli a modřín.

Dle Jankovské (2006) se dá obecně říct, že nejčastější příčinou požárů v lese je lidská nedbalost, konkrétně zakládání ohňů (22,8 % příčin požárů). Z toho plyne nebezpečí v podobě pálení klestí a těžebních zbytků. HZS Karlovarského kraje na svých webových stránkách doporučuje nutné minimum podmínek požární bezpečnosti pro pálení klestu v lese, kde mj. doporučuje, že místo pro ohniště nesmí být umístěno v blízkosti suchých travin, na rašeliništích, na mraveništích, na pařezech

a jiných požárně nebezpečných místech, což souvisí se zápalností těchto materiálů. Dále ten, kdo provádí pálení klestu, těžebních zbytků a kůry v lesních porostech a na lesních pozemcích, provozuje dle zákona č. 133/1985 Sb. o požární ochraně tzv. činnosti se zvýšeným požárním nebezpečím. Základem je, že ten, kdo pálení klestu provádí, musí (prostřednictvím odborně způsobilé osoby v oboru požární ochrany nebo technika požární ochrany) stanovit tzv. podmínky požární bezpečnosti pro tuto činnost a tyto podmínky dodržovat. Právě pálení klestí je častou příčinou tzv. jarních požárů. Pokud se nestihlo během zimy, kdy je půda vlhká a nehrozí takové nebezpečí požáru, spálit veškeré klestí, často se majitel nebo hospodář uchyluje k tomu, spálit klestí ještě na poslední chvíli před začátkem sázení. Ovšem během jarních měsíců je půda a pozemní palivo sušší, často delší dobu bez vody dodané dešti a s tím souvisí vyšší náchylnost k rozhoření požárů. Dle Pfeffera (1961) se příznivé klimatické podmínky pro vznik požáru objevují již třetí den po posledním dešti. Navíc pozemní palivo je v případě suchého a teplého počasí nebezpečnější než tzn. živé palivo, které je zásobováno vodou skrze kořeny. Taktéž je jistě vhodné informovat a poučit obyvatelstvo o zodpovědném chování v přírodě.

Výsledky této práce by do budoucna mohly sloužit jako podklad pro tvorbu palivového modelu. Nicméně pro jeho kvalitní tvorbu je třeba znát zastoupení a strukturu pozemního paliva pro všechny ekologické řady a lesní vegetační stupně s ohledem na druhové složení lesa. Je otázkou, jaké praktické využití to bude mít pro hasičský záchranný sbor v případě plánování požární obrany nebo útoku. Do budoucna je v plánu ověřit ještě produkci tepelné energie. Je třeba znát obsah spalného tepla celých stromů, ale i jejich částí. To by taktéž mohlo pomoci při přípravě na zdolávání požáru. Spalné teplo je množství tepla, jež se uvolní dokonalým spálením jednotkového množství látky. Předpokladem je, že voda, uvolněná spalováním, z kondenzuje a energii chemické reakce není třeba redukovat o její skupenské teplo. Výhřevnost se od spalného tepla liší tím, že se předpokládá na konci reakce voda v plynném skupenství. Proto je hodnota spalného tepla vždy větší nebo rovna hodnotě výhřevnosti. Rovnost nastává, když spalováním nevzniká voda. Petráš et al. (2019) tvrdí, že množství energie v biomase stromů je velmi variabilní. Závisí na množství, ale i struktuře biomasy, kterou konkrétní strom za určité období vytvoří. Dle Celjaka & Boháče (2008) se spalné teplo mezi druhy dřevin liší a rozdíl je dán zejména poměrem ligninu, jehož výhřevnost je  $25\,500\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ , a celulózy, která má výhřevnost  $18\,800\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ . Vliv na výhřevnost má také obsah pryskyřic. Petráš et al. (2019) dále

uvádí, že průměrné hodnoty spalného tepla biomasy smrku se pohybují přibližně v rozmezí 20 200 – 21 500 J.g<sup>-1</sup> v závislosti na měřené části stromu. Tvrdé listnaté dřeviny jako dub, buk a habr mají dle Petráše et al. (2018) spalné teplo dřeva a větví v rozmezí 19 200 – 19 800 J.g<sup>-1</sup>, ale kůra jen 17 700 – 18 700 J.g<sup>-1</sup>. Tvrdé listnaté dřeviny mají nižší obsah spalného tepla než jehličnaté i přesto, že mají vyšší hustotu dřeva. Petráš et al. (2013) udává, že frakce dřeva a kůry topolových klonů mají ještě nižší hodnoty, a to přibližně 18 400 – 17 800 J.g<sup>-1</sup>.

Vzhledem k prognózám počasí na blízké roky se dá očekávat, že suchá jarní a letní období budou častá. Proto je dobré počítat do budoucna se zvýšeným nebezpečím požárů v lesích, ale i ve volné krajině, a být připravený. A to jak z pohledu lesníka – snažit se pěstovat lesy s protipožárními prvky a snažit se vodu v lesích udržet, tak z pohledu hasičských záchranných sborů – mít představu o množství paliva v lesích a s tím podniknutá protipožární opatření.

## 7 ZÁVĚR

Nejvyšší zastoupení sušiny pozemního paliva u porostů ekologické řady živné i vodou ovlivněné bylo naměřeno ve složce humus, následovala složka hrabanka, dřevěný a bylinný materiál. Pouze u věkové kategorie nárost bylo pořadí u obou ekologických řad - dřevěný materiál, humus, hrabanka a bylinný materiál. Vyšší množství dřevěného materiálu bylo dáno přítomností těžebních zbytků.

Statisticky významně se mezi věkovými kategoriemi lišila hmotnost sušiny bylinného materiálu, hrabanky a humusu. Pouze hmotnost sušiny dřevěného materiálu se významně nelišila. Významné rozdíly byly zejména ve dvojicích s kategorií nárost.

V kategorii nárost, mlazina a tyčovina se mezi ekologickými řadami statisticky významně lišilo množství sušiny, zejména hrabanky a humusu. V kategorii kmenovina nebyl významný rozdíl.

Nejvyšší celkové množství sušiny bylo naměřeno v kategorii tyčovina v ekologické řadě živná, a to celkem 9,36 kg/m<sup>2</sup>. Nejméně sušiny bylo naměřeno v kategorii nárost v ekologické řadě obohacené vodou, a to 1,60 kg/m<sup>2</sup>. Celkové množství sušiny s věkem porostu stoupá.

## 8 SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

- Amy, L. 1961. The physico-chemical bases of the combustion of cellulose and ligneous materials. Cah. du. Centre Technique du Bois, 45, 30.
- Funaoka, M., Kako, T., Abe, I. 1990. Condensation of lignin during heating of wood. Wood Science and Technology, 24(3), 277-288.
- Berčák, R., Holuša, J., Lukášová, K., Hanuška, Z., Agh, P., Vaněk, J., Kula, E., Chromek, I. 2018. Lesní požáry v České republice – charakteristika, prevence a hašení: review. Zprávy lesnického výzkumu, 63(3), 184-194.
- Calle, A., Casanova, J. L., Romo, A. 2006. Fire detection and monitoring using MSG Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI) data. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 111(G4).
- Celjak, I., Boháč, J.: 2008. [online] Využití biomasy rychle rostoucích dřevin v energetice sídel. Biom.cz Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biomasy-rychle-rostoucich-drevin-v-energetice-sidel> [cit. 05.06.2020]
- CFFDRS. 2020. [online]. Dostupné z: <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/> [cit. 03.02.2020].
- ČHMU. 2020. [online]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/ceska-republika/nebezpeci-pozaru> [cit. 03.02.2020].
- Dvořák, O. 2016. Požární charakteristiky pro pokročilé modelování požárů. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/14516-pozarni-charakteristiky-pro-pokrocile-modelovani-pozaru> [cit. 03.02.2020].
- EFFIS. 2020. [online]. Dostupné z: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/> [cit. 03.02.2020].
- Fanta, J. 2007. Lesy a lesnictví ve střední Evropě I. Přírodní podmínky pro existenci lesa. [Forests and forestry in Central Europe. I. Natural conditions for the existence of forests]. Živa, 2007(1), 18–21.
- Fengel, D., Wegener, G. 1984. Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter, Berlin, 613, 1960-1982.
- Fernandes, P. M. 2009. Combining forest structure data and fuel modelling to classify fire hazard in Portugal. Annals of Forest Science, 66(4), 1-9.
- Forst, P. 1985. Ochrana lesů a přírodního prostředí. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 409 stran.



- Franc, R., Franc, R. 2004. Konspekt 1-3-03 Požární taktika. Využití letecké techniky k leteckému hašení lesních a travnatých porostů. Praha, Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. Odborná příprava jednotek požární ochrany. 54 stran.
- Franc, R. 2007. Lesní požáry v České republice z pohledu hasičů. Lesnická práce, 86(08), 16-18.
- Gould, J. S., McCaw, W. L., Cheney, N. P. 2011. Quantifying fine fuel dynamics and structure in dry eucalypt forest (*Eucalyptus marginata*) in Western Australia for fire management. *Forest Ecology and Management*, 262(3), 531-546.
- Hanuška, Z. 2008. Konspekt 1-1-09. Požární taktika. Základy požární taktiky: požární útok, požární obrana. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. 12 stran.
- Holuša J., Berčák, R., Lukášová, K., Hanuška, Z., Agh, P., Vaněk, J., Kula, E., Chromek, I. 2018. Lesní požáry v České republice – definice a rozdělení: review. *Zprávy lesnického výzkumu*, 63(2), 102–111.
- Hort, M. 2019. Vliv stáří porostu na množství pozemního paliva ve smrkových porostech. Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra ochrany lesa a entomologie. Bakalářská práce.
- HZS Karlovarského kraje. 2020. [online]. Problematika pálení klestu, těžebních zbytků a kůry v lesních porostech a na lesních pozemcích. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/metodicke-navody-a-pomucky-problematika-paleni-klestu-tezebnich-zbytku-a-kury-v-lesnich-porostech-a-na-lesnich-pozemcich.aspx> [cit. 03.02.2020]
- Chromek, I. 2006. Využitie leteckej techniky pri hasení lesných požiarov. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 120 stran.
- Chromek, I., Lukášová, K., Berčák, R., Vaněk, J., Holuša, J. 2018. Hollow tree fire is a useless forest fire category. *Central European Forestry Journal*, 64, 67–78.
- Jankovská, Z. 2006. Lesní požáry v ČR (1992-2004) – příčiny, dopady a prevence. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav ochrany lesů a myslivosti. Diplomová práce.
- Krakovský, A. 2004. Lesné požiare. Technická univerzita vo Zvolene, 78 stran.
- Kula, E. 1981. Lesní požáry v ČSSR. *Lesnictví*, 27(6), 545-566.

- Kula, E. 1985. Charakteristika požárů v lesním hospodářství. Lesnická práce: 64(12), 548-554.
- Kula, E., Jankovská, Z. 2013. Forest fires and their causes in the Czech Republic (1992-2004). Journal of Forest Science, 59(2), 41-53.
- Majlingová, A., Vida, T. 2008. Possibilities of forest fire modeling in Slovak conditions. Symposium GIS Ostrava2008. Ostrava, VŠB – Technická univerzita. 10 stran.
- Majlingová, A. 2014. Informačné systémy efektívneho nasadenia hasičských jednotiek pri lesných požiaroch na vybranom území Slovenskej republiky. Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva. Dizertační práce.
- Majlingová, A., Sedliak, M., Smreček, R. 2018. Spatial distribution of surface forest fuel in the Slovak Republic. Journal of Maps, 14(2), 368-372.
- Metodický list 21P. 2017. Lesní požáry. Bojový řád jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahu. Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 3 strany.
- Opatření obecné povahy č.j. 17110/2020-MZE-16212 ze dne 3. 4. 2020, vydané Ministerstvem zemědělství podle § 51a lesního zákona.
- Ottmar, R. D., Sandberg, D. V., Riccardi, C. L., Prichard, S. J. 2007. An overview of the fuel characteristic classification system—quantifying, classifying, and creating fuelbeds for resource planning. Canadian Journal of Forest Research, 37(12), 2383-2393.
- Petráš, R., Mecko, J., Oszlányi, J., Petrášová, V., Jamnická, G. 2013. Landscape of Danube inland-delta and its potential of poplar bioenergy production. Biomass and Bioenergy, 55, 68–72.
- Petráš, R., Mecko, J., Kuklová, M., Kukla, J. 2018. Výskum kapacity spalného tepla lesných drevín. In: Gálik, B., Zelinková, G. (ed.): Recenzovaný zborník vedeckých prác Slovenskej spoločnosti pre poľnohospodárske, lesnícke, potravinárske a veterinárske vedy pri Slovenskej akadémii vied, pobočka Nitra. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre: 277-284.
- Petráš, R., Mecko, J., Kukla, J., Kuklová, M. 2019. Spalné teplo základných frakcií nadzemnej biomasy smreka (Picea abies l. Karst.). Zprávy lesnického výzkumu, 64(4), 224-230.

- Pfeffer, A. 1961. Ochrana lesů. Státní zemědělské nakladatelství Praha. 838 stran.
- Pleskač, L. 2012. Rozbor příčin a dopadů lesních požárů, včetně používaných metod prevence a ochrany ve střední a jižní Evropě na příkladu České republiky a Španělska. Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra ochrany lesa a myslivosti. Diplomová práce.
- Plíva, K. 1987. Typologický klasifikační systém ÚHÚL. Brandýs nad Labem, ÚHÚL, 52.
- Poleno, Z., Vacek, S., Podrázský, V., Remeš, J., Štefančík, I., Mikeska, M., ... & Simon, J. 2009. Pěstování lesů III – Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy. Lesnická práce, 952 stran.
- Ptáček, B. 2009. Konspekt 1-1-04 Požární taktika, základy požární taktiky. Parametry požáru. Praha, Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. Odborná příprava jednotek požární ochrany. 9 stran.
- Sahin, Y. G. 2007. Animals as mobile biological sensors for forest fire detection. Sensors, 7(12), 3084-3099.
- Shafizadeh, F. 1984. The chemistry of pyrolysis and combustion. American Chemical Society, 489-529.
- Siegl, B., Lorber, M. 1965. Větší péči ochraně lesů před požáry. Lesnická práce, 44(4), 160-162.
- Sikora, P. 2008. Kvantifikace vytváření proluk při požárech na otevřeném prostranství. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva. Bakalářská práce.
- SHMÚ. 2020. [online]. Dostupné z: <http://www.shmu.sk/sk/?page=70> [cit. 03.02.2020].
- Stolina, M. 1985. Ochrana lesa. Příroda, Bratislava, 480 stran.
- Šenovský, M. 2001. Základy požární taktiky. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 85 stran.
- Šišák, L. 2007. Vlivy působící na lesní požáry a sociálně-ekonomické škody. Lesnická práce, 86(06), 18-19.
- Šišák, L. 2009. Škody a újmy působené lesními požáry vyjadřované v rámci státní správy v České republice. Zprávy lesnického výzkumu, 54(1), 69-76.

- Tomášek, L. 2007a. Prevence vzniku lesních požárů u LČR. Lesnická práce, 86(07), 20-21.
- Tomášek, L. 2007b. Lesní požáry. Vesmír, 86(8), 494–495.
- Vilímek, M. 2008. Konspekt 1-1-03 Požární taktika, základy požární taktiky. Nežádoucí hoření – požár. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. 12 stran.
- Volf, O. 2009. Konspekt 1-1-01. Požární taktika, základy požární taktiky. Proces hoření. Praha, Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. Odborná příprava jednotek požární ochrany. 11 stran.
- Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, Praha. 2005. Ochrana dřeva 2005, Sborník přednášek, Březnice. [online]. Dostupné z [http://drevari.humlak.cz/data\\_web/Data\\_skola/HUdrevva/12.pdf](http://drevari.humlak.cz/data_web/Data_skola/HUdrevva/12.pdf) [cit. 03.02.2020].
- Waldwissen. 2020a. [online]. Dostupné z: ([https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/brand/fva\\_waldbrand\\_wb2/index\\_EN](https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/brand/fva_waldbrand_wb2/index_EN)) [cit. 03.02.2020].
- Waldwissen, 2020b. [online]. Dostupné z: [https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/brand/fva\\_waldbrand\\_wb2/index\\_EN](https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/brand/fva_waldbrand_wb2/index_EN). [cit. 03.02.2020].
- WFAS. 2020. [online]. Dostupné z: <https://www.wfas.net/> [cit. 03.02.2020].
- Zachar, M. 2009. Vplyv ohrevu na termickú degradáciu vybraných druhov dreva. Technická univerzita vo Zvolene. 102 stran.
- Zachar, M., Mitterová, I., Xu, Q., Majlingová, A., Cong, J., Galla, Š. 2012. Determination of fire and burning properties of spruce wood. Drvna industrija: Znanstveni časopis za pitanja drvne tehnologije, 63(3), 217-223.
- Zákon č. 289/1995 Sb. o lesích
- Zákon č. 133/1985 Sb. o požární ochraně
- Zpráva. 2017. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016. Praha, Ministerstvo zemědělství, 132 stran.
- Zpráva. 2018. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2017. Praha, Ministerstvo zemědělství, 118 stran.
- Zpráva. 2019. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018. Praha, Ministerstvo zemědělství, 111 stran.