

A photograph of a stack of firewood in a garden. The stack is made of several layers of logs, with some logs cut into smaller pieces. A branch of a fruit tree, possibly an apple tree, hangs over the stack from the left, bearing many small, round, greenish-yellow fruits. The background shows a green lawn and some trees under a clear sky.

topíme správně s Norskými fondy

# PALIVOVÉ DŘEVO

Zdeněk Lyčka





Zdeněk Lyčka

# Palivové dřevo

aneb

topíme správně s Norskými fondy



Tato publikace vznikla za finanční podpory z Programu „Životní prostředí, ekosystémy a změna klimatu“, podporovaného z Norských fondů 2014-2021



STÁTNÍ FOND  
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
ČESKÉ REPUBLIKY

**Společně pro zelenou Evropu**

Tento projekt byl podpořen grantem  
z Norských fondů.

Pro **Topinfo s.r.o.** vydalo **LING Vydavatelství s.r.o.**

**2022**

**ISBN 978-80-904914-4-1**



## Poděkování Norsku (i Norským fondům)

Tato publikace vznikla v rámci projektu „Čisté vytápění s Norskými fondy“. Jak již název napovídá, finančně projekt významně podpořilo Norské království. Když jsem se dozvěděl o tom, že mohu psát o palivovém dřevě, kterému se profesně věnuji několik desítek let, a navíc je to spojeno s Norskem, ani chvíli jsem nezaváhal. Jako vnuk truhláře jsem mezi dřevem vyrůstal, láska ke dřevu mne proto provází po celý můj život. A Norsko jsem navštívil již více jak 20x, takže mohu bez nadsázky říci, že se stalo prakticky mým druhým domovem. Poprvé jsem do Norska vyrážel za mořským rybolovem s tím, že by tam mohla být i pěkná příroda a pohoda. Od té doby se tam neustále vracím za nepopsatelnou přírodou a pohodou s tím, že nějaká ta treska navíc je jen jakýmsi bonusem. Jen těžko se dají popsat mé „abstinenční příznaky“, které jsem prožíval v roce 2019, kdy jsem poprvé po mnoha létech nemohl do Norska kvůli covidové pandemii vycestovat.

Zvláště na severu Norska, kterému já říkám „Země ticha“, si člověk několik kilometrů od břehu na vlnách Severního ledového oceánu uvědomí, jak pomíjivý a nicotný je ve srovnání s nekonečným oceánem a majestátními horami při jeho březích.

Opravdu to není fráze, když napíšeš, že *Norsko se nedá popsat, to se musí zažít*. Tak místo popisování doplním na závěr tuto publikaci o dřevě fotografiemi, které jsem za svých pobytů v této nádherné zemi pořídil.

V Krnově, říjen 2022

Zdeněk Lyčka



# OBSAH

TROCHU FILOSOFIE NA ÚVOD	5
✓ Člověk a teplo ze dřeva	5
✓ Dřevo a čtyři živly	6
DŘEVO STROMŮ	8
✓ Strom, to není pouze dřevo	8
✓ Využití dřeva stromů	10
✓ Vlastnosti dřeva	10
✓ Vlhkost dřeva	12
✓ Mechanismus přirozeného vysušování dřeva	13
✓ Objemová hmotnost a tvrdost dřeva	16
✓ Elektrická vodivost	18
DŘEVO JAKO PALIVO	18
✓ Obecně o pevných palivech	19
✓ Vlhkost palivového dřeva	20
✓ Škodí voda vázaná	20
✓ Jak dlouho a správně sušit	21
✓ Měření vlhkosti	24
✓ Měření palivového dřeva hrotovým vlhkoměrem	26
✓ Měrné jednotky palivového dřeva	28
✓ Výhřevnost a hustota energie palivového dřeva	30
✓ Rozměry paliva	32
SPALOVÁNÍ DŘEVA	33
✓ Zdroje tepla na spalování dřeva	33
✓ Teorie spalování	34
✓ Obecná rovnice spalování dřeva	37
✓ Spalovací vzduch	38
✓ Základní vrstva paliva a zápalná teplota	42
✓ Odvod tepla – akumulace	44
✓ Spaliny	46
✓ Emise	48
✓ Základní pravidla přikládání	50
✓ Druh dřeva podle typu topeniště	51
VZPOMÍNKY NA NORSKO	



## TROCHU FILOSOFIE NA ÚVOD

Zatím co jiná paliva využíváme prakticky výhradně k prostému získávání energie v nich uložené, dřevo často pálíme pouze pro to, abychom mohli fascinovaně hledět do ohně. Málo kdo si však uvědomuje, že se dřevem do ohně nevhazujeme jen jakýsi kus neživé hmoty, ale část odumřelého zástupce rostlinné říše, který pro nás vykonal obrovské množství neocenitelné „práce“ již dlouho před tím, než nám svým předaným teplem naposledy poslouží. Snad i z tohoto důvodu se většina odborných i naučně populárních publikací věnovaných topení dřevem zabývá především samotným spalováním a popisem spalovacích zdrojů. Co se týče paliva, tedy samotného dřeva, je mu věnováno zpravidla jen několik odstavců. Často si vystačí pouze s konstatováním, že „tvrdé dřevo ano, měkké ne, ale hlavně: sušte minimálně dva roky“. Přitom pokud bychom na přikládané polínko nenahlíželi pouze jako na zdroj megajoulů, ale také jako na složité rostlinné pletivo, které si prožilo svůj vlastní život a má svoji „historii“ jako každý jiný živý organismus, mohli bychom posunout topení dřevem i prosté „koukání“ do ohně zase do jiné roviny.

Já jsem se bohužel dostal již do druhého extrému. Před vhozením do ohně si prohlížím každé polínko tak dlouho, že zpravidla skončí na hromádce nazvané „na potom“ (škoda na spálení) a časem zjistím, že nemám čím topit. To naštěstí ještě nezná moje vnučka, která zdělila po dědovi a mamince pyromanské sklony. Jako každé malé dítě je neobyčejně rychlá, takže její dotaz (dědo, můžu přiložit?) zpravidla přichází současně s vhozením polínka do ohně. Samozřejmě zpravidla polínka z hromádky „na potom“. A společně pak dlouho koukáme fascinovaně do ohně.

### **Člověk a teplo ze dřeva**

Oheň. Největší objev v dějinách lidstva stál u jeho samotného zrodu. Byl to oheň, díky jehož ovládnutí se nový rod Homo (člověk) začal evolučně „oddělovat“ od ostatních primátů. Základem evoluce od Homo habilis (Člověk zručný) po Homo sapiens (Člověk rozumný) bylo postupné zvyšování objemu mozku. Mozek je mezi lidskými orgány bezkonkurenčně největším „konzumentem“ energie. Pro zvětšování objemu mozku si tedy musel organismus zajistit dostatečný nárůst energetického příjmu. To se podařilo především díky tepelné úpravě potravin. Například z pečeného masa je možné získat až o 80 % více bílkovin než z masa syrového. Vyšší přísun energie

z potravy znamenal také méně námahy na její získávání. Naši předkové tak měli více času na společenský život, který probíhal při večerním posezení u ohně. Oheň jim poskytoval ochranu před dravci, ale také teplo, díky čemuž mohli opustit Afriku a postupně osídlit i chladnější kontinenty.

Archeologické nálezy dokládají, že člověk ovládá oheň již minimálně milion let. Po celou tuto dobu to bylo dřevo, které sloužilo jako základní palivo pro jeho rozdělávání. Pokud bychom onen milion let přirovnali k jednomu dni, pak dřevo sloužilo jako zdroj tepla lidstvu po celý tento den. Jen 4 minuty před půlnocí se „objevila“ fosilní paliva, která pravděpodobně pár minut po půlnoci opět jako zdroj tepla zmizí. Ale dá se předpokládat, že to bude i nadále teplo ze dřeva, které bude ve větší či menší míře provázet člověka i ve dni následujícím.

## Dřevo a čtyři živly

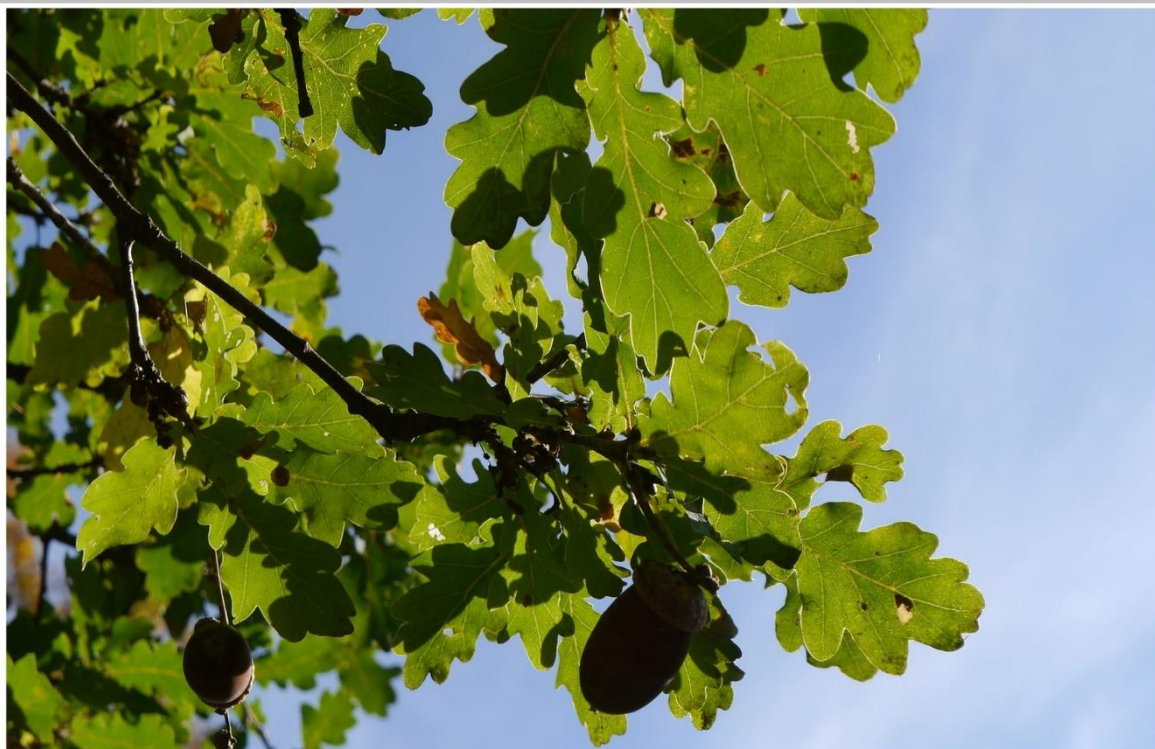
Na zrodu dřeva se podílejí všechny čtyři přírodní živly. **Oheň** zastupují v žáru Slunce zrozené paprsky, které dopadají na listy dřevin a dodávají jim tak energii potřebnou k fotosyntéze. Při té se v listech a jehličí stromů přeměňují ze **Vzduchu** absorbovaný kyslíčnick uhlíčitý a **Voda** na energeticky bohatou glukózu. Ze **Země** jsou kořeny stromů s vodou absorbovány také minerály (dříve označovány jako prvky zemité), které se společně s cukry podílejí na tvorbě nové dřevní hmoty. Produktem fotosyntézy je kyslík, který je uvolněn do okolního vzduchu. Stromy tedy dýchají oxid uhlíčitý a vydechují kyslík.

Při spalování dřeva si živly berou zpět to, co dřevu daly při jeho zrodu. Polínko vhozené do ohně se postupně zahřívá. Uhlík a vodík z glukózy tvoří základ prchavé hořlaviny, která se ze dřeva postupně uvolňuje. Smísí se se vzdušným kyslíkem a poté se vznítí a hoří dlouhým plamenem. Viditelný plamen je vnějším znakem hoření, tedy oxidace uhlíku a vodíku, jejímiž produkty jsou oxid uhlíčitý a voda. Minerály vázané ve zbylé dřevní hmotě se spalováním přemění v popel. Energie slunečního záření, dlouho vázaná ve dřevě, se tak v ohni spálením opět uvolní do okolí ve formě tepla. Voda „prchá“ z ohně coby pára. Vzduch ohni odevzdává dříve „přijatý“ kyslík, aby opět přijmul kyslíčnick uhlíčitý. A zemité složky paliva, přeměněné na popel, se coby vítané hnojivo opět vrátí Zemi.



palivové dřevo

# ENERGIE ZE SLUNCE



STÁTNÍ FOND  
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
ČESKÉ REPUBLIKY

**Společně pro zelenou Evropu**  
Tento projekt byl podpořen grantem  
z Norských fondů.



**tzbinfo**  
[www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

# DŘEVO STROMŮ

Dřevo je souborem rostlinných pletiv, jejichž převážná část je zdřevnatělá, neboli lignifikována (zpevněná ligninem). **Lignin** tvoří společně s polysacharidy **celulózou** a **hemicelulózou** hlavní složky dřevního pletiva (90-97 %). Doplňujícími složkami dřeva (3-10 %) jsou organické látky (pryskyřice, tuky, třísloviny, vosky, alkaloidy,...) a anorganické látky (draselné, hořečnaté a vápenaté soli).

Z pohledu prvkového složení tvoří polovinu suché dřevní hmoty uhlík (cca 49-51 %), necelou polovinu kyslík (42-44 %), menší část vodík (6 %), dusík (0,2-1 %) a popeloviny (0,3–1 %).

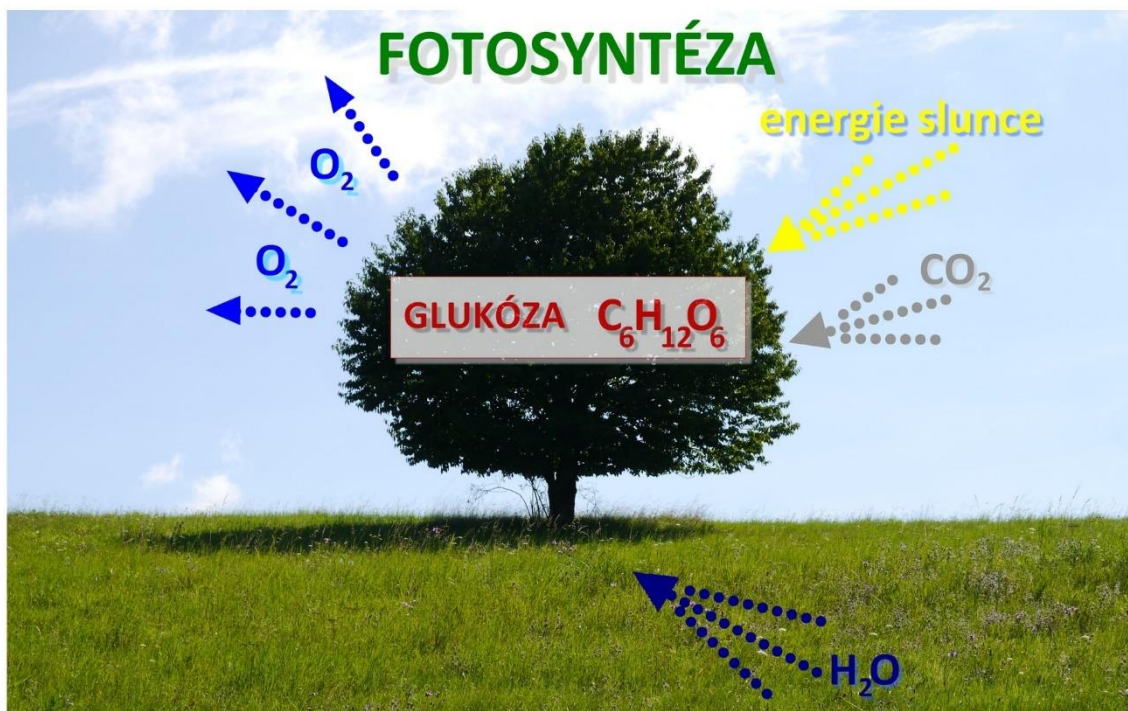
## Strom, to není pouze dřevo

Dřevo je vnitřní zdřevnatělou částí **kmene, větví a kořenů** stromů. Tvoří 70 až 90 % objemu stromu a je jakousi jeho kostrou. Dřevní pletivo rozvádí vodu s rozpuštěnými minerálními látkami od kořenů do nadzemních částí stromu včetně **listů**. Naopak opačným směrem z listů „dolů“ je nutné rozvést vodu s rozpuštěnými organickými látkami, především cukry. To zajišťuje **lýko**, které je „živou“ a vodivou součástí **kůry**, jež tvoří vnější obal dřeva (obrný krunýř). Mezi lýkem a dřevem je pouhým okem neviditelná tenká vrstva **kambia**, což je „životodárné“ pletivo, ve kterém se rodí nové buňky dřeva i lýka.

Při pohledu na příčný řez kmenem stromu nalezneme dřevo v jeho středu, z vnějšku je ohraničeno kambiem. V samém středu dřeva je **dřeň**, což je odumřelá část pletiva, která sloužila k vyživování mladé (ještě nezdřevnatělé) rostlinky na samém počátku jejího růstu. Průměr kmene se každým rokem zvětšuje s tím, jak dorůstá nové dřevo. Nové přírůstky jsou ohraničeny letokruhy (jarní světlejší a letní tmavší). Starší dřevo, u kterého pletivo časem odumírá a ztrácí svoji vodivou funkci, tvoří tzv. **jádro**. To je u některých dřev dobře rozeznatelné (modřín, borovice, dub, akát,...), u některých dřev je naopak „neviditelné“ (buk, olše). Blíže k obvodu kmene se nachází **běl**, což je mladá „vodivá“ část dřeva, která zajišťuje vedení minerálních látek rozpuštěných ve vodě z kořenů do vyšších pater stromu. U čerstvě pokáceného stromu je tedy vlhkost dřeva na vnějším okraji kmene (běl) vyšší než v jeho středu (jádro). U jehličnatých stromů může být vlhkost běle víc jak dvojnásobná oproti vlhkosti jádra.



# DŘEVO



## Využití dřeva stromů

Dřevo roste desítky let. Primárním cílem by tedy mělo být využít jej k co nejušlechtlejšímu účelům tak, aby sloužilo ve formě výrobků, pokud možno, ještě další desítky let. Jako zdroje energie ke spalování by se mělo využívat pouze dřevo, kterému již nelze přidat další užitnou hodnotu.

Strom má svoji **podzemní část** (kořeny, pařez) a **nadzemní část** (kmen, koruna). Z kmene vycházejí primární **větve**, které se štěpí na větve sekundární. Jako **hroubí** se označují ty části kmene a větví, které mají na tenčím konci tloušťku s kůrou 7 cm a více. Jako **nehroubí** pak ty části, jejichž tloušťka je na silnějším konci menší jak 7 cm.

V oborech zabývajících se těžbou a zpracováním dřeva se používají pojmy **dřevo** a **dříví**. Dřevo je dle dřevařských norem substancí mezi dřemí a kůrou stromu nebo keře, obsahující lignin a celulózu. Dříví je definováno jako dřevo v podobě stojících nebo pokácených stromů ve formě jejich prvního zpracování. Já budu v dalším textu používat pojmu **palivové dřevo** pro „finální“ surovinu určenou ke spalování. Tedy polínka a štěpy nařezané a našťípané z **palivového dříví**, které bylo po těžbě určeno ke zpracování na palivo.

Jako výchozí suroviny pro výrobu palivového dřeva by mělo být využíváno především nehroubí a ta část hroubí, kterou nelze využít pro další zpracování na řezivo (příliš křivé, mechanicky poškozené, napadené houbami či škůdci). U zdravých jehličnatých stromů lze vyčlenit na palivové dříví řádově 20 % z vytěženého množství dříví. Je to z toho důvodu, že převážnou část stromu tvoří rovné kmenové dříví, které lze využít pro další zpracování. U listnatých stromů je to obráceně. Zvláště u stromů tvořících rozlehlou korunu (duby, buky, lípy) může podíl palivového dříví tvořit 70-80 %.

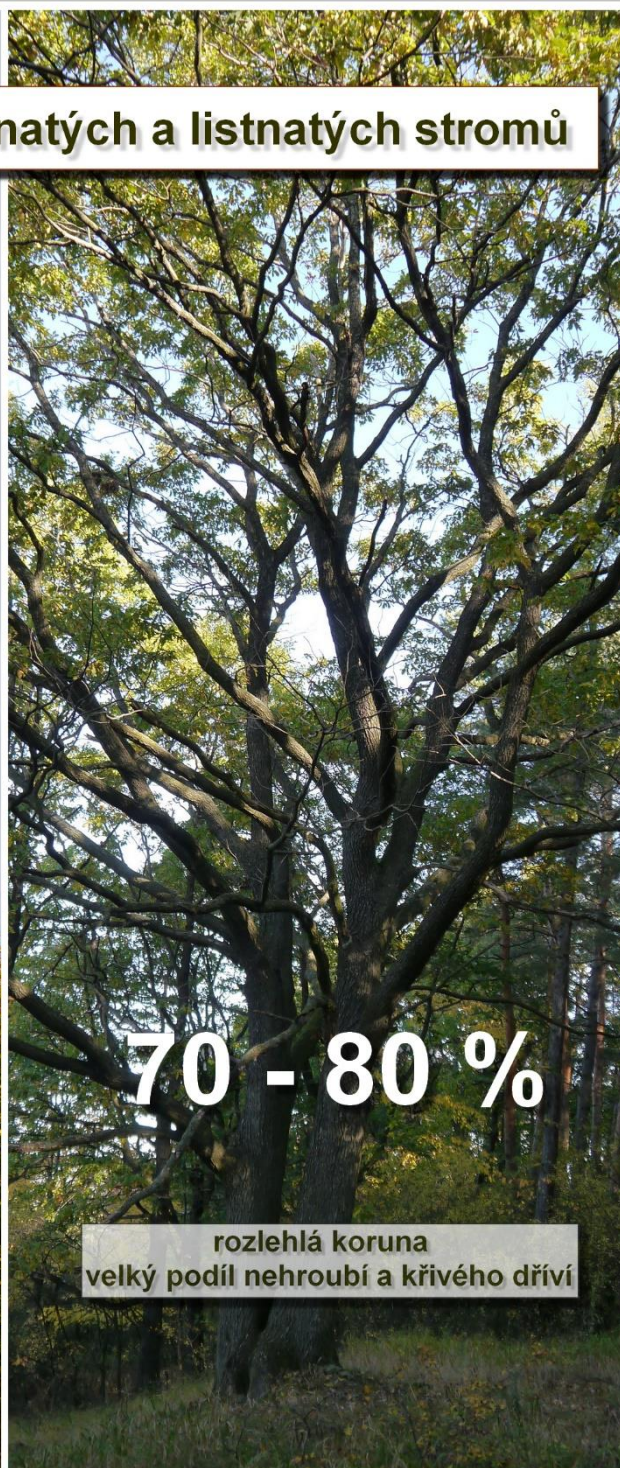
## Vlastnosti dřeva

Vlastnosti dřeva se dají posuzovat podle mnoha opravdu rozličných kategorií, rozhodující je účel jeho použití. Jinak se definují vlastnosti dřeva určeného ke zpracování na řezivo, jinak vlastnosti palivového dřeva. Běžně se u dřeva posuzují základní fyzikální a mechanické vlastnosti jako tvrdost, hustota, pružnost, vlhkost a výhřevnost. Ale u některých dřev se posuzují i speciální vlastnosti, jako například barva, lesk či rezonanční vlastnosti. Pan doktor Kavina dokonce ve své knize *Anatomie*



# PODÍL PALIVOVÉHO DŘEVA NA TĚŽBĚ

**dříví zdravých jehličnatých a listnatých stromů**





*dřeva* z roku 1935 zařadil mezi základní vlastnosti dřeva i jeho chuť. V knize se například dozvíme, že dubové dřevo má chuť svíravou, kdežto akátové dřevo chutná fazolemi.

Dále je důležité rozlišovat mezi vlastnostmi obecnými, které charakterizují dřevo podle jeho druhu, a vlastnostmi reálnými, které se od těch obecných mohou výrazně lišit (lze je zpravidla zjistit pouze laboratorním rozbořem).

### **Dřevo je materiál organický, nehomogenní, anizotropní a hygroskopický.**

To tedy znamená, že pro něj, stejně jako pro každý jiný živý organismus, platí „co kus to originál“. I stromy stejného druhu vyrůstají v různém prostředí (nadmořská výška, teplotní pásma, zatížení převládajícími větry,...) a během svého života si projdou různými peripetemi (škůdci, vichřice, sucha, požáry,...). To vše zanechá stopy na kvalitě jejich dřeva. Takže pokud se například uvádí, že objemová hmotnost absolutně suchého dřeva borovice je  $500 \text{ kg/m}^3$ , vyjadřuje to pouze průměrnou hodnotu platnou pro dřevo borovice rostoucí v běžném lese. Ale tzv. reakční dřevo osamoceně na svahu rostoucí borovice, která je dlouhodobě jednostranně namáhaná větry, může mít objemovou hmotnost až  $600 \text{ kg/m}^3$ . A podobně je tomu se všemi ostatními vlastnostmi. I u jediného kmene se mění hustota a tvrdost jeho dřeva v závislosti na výšce od kořenů, a stejné je to například i s vlhkostí.

## **Vlhkost dřeva**

Vlhkost dřeva je jeho nejdůležitějším parametrem, protože zásadně ovlivňuje většinu jeho dalších fyzikálních i mechanických vlastností. Obecně se vlhkost vyjadřuje jako procentuální poměr hmotnosti vody ve dřevě obsažené k hmotnosti dřeva. Ovšem je velice důležité, s jakou hmotností dřeva se hmotnost vody poměří. Hmotnost dřeva z čerstvě pokáceného stromu může být až dvojnásobná oproti hmotnosti absolutně suchého dřeva. U způsobu vyjadřování vlhkosti dřeva je asi nejvíce patrný rozdíl mezi tím, jak na dřevo pohlíží dřevozpracující průmysl, a jak jej vnímají ti, kteří jej spalují, tedy energetici.

Pro dřevo, které má sloužit jako surovina pro další výrobky (nábytek, stavby, nástroje) je při stanovování jeho vlhkosti základním referenčním bodem stav absolutně suché dřevní hmoty. Je to logické, protože absolutně suché dřevo je jakýsi „pevný bod“, se

kterým se měřený vzorek dá srovnávat. Čím více se dřevo tomuto stavu blíží, tím je rozměrově stabilnější, jeho mechanické a fyzikální vlastnosti jsou poměrně přesně definovatelné. Vlhkost vyjádřená jako procentuální poměr hmotnosti vody k absolutně suché dřevní hmotě se podle dendrologického názvosloví nazývá **absolutní vlhkostí** (vlhkost vztažena k absolutně suché hmotě).

Naproti tomu energetici potřebují znát množství vody v poměru k reálné hmotnosti paliva, protože od této vlhkosti se odvíjí velikost výhřevnosti paliva (v našem případě dřeva). Jak si uvedeme později, výhřevnost dřeva se zvyšuje s jeho klesající vlhkostí. Při bilančních výpočtech je tedy nutné znát výhřevnost konkrétního paliva o konkrétní vlhkosti. Z tohoto důvodu se u palivového dřeva definuje vlhkost jako hmotnostní poměr vody obsažené v dřevu k reálné hmotnosti tohoto dřeva (tedy hmotnosti zahrnující také vodu obsaženou v dřevu). Podle dendrologického názvosloví se jedná o **relativní vlhkost**. Podle norem platných pro palivové dřevo se místo pojmu relativní vlhkost používá pojem **obsah vody**, nicméně v dalším textu budu pro větší přehlednost používat pojem relativní vlhkost.

**Zvláště u čerstvě pokáceného dřeva je rozdíl mezi absolutní a relativní vlhkostí značný, s jeho vysušováním se rozdíl pomalu zmenšuje.**

## **Mechanismus přirozeného vysušování dřeva**

K tomu, abychom pochopili mechanismus, jakým se dřevo z pokáceného stromu postupně zbavuje vlhkosti přirozenou cestou, je nutné znát kde a v jakém skupenství se voda v surovém dřevě nachází.

**Voda volná** – voda v kapalně fázi má především obdobnou „transportní“ funkci jako krev v lidském těle, kdy rozvádí živiny po celém stromě od kořenů až po listy (a také obráceným směrem z listů do kořenů). V dřevním pletivu vyplňuje cévy a tracheidy (jakési obdoby tepen a žil) a mezibuněčný prostor. Do struktury dřeva ji nevážou žádné vazební síly (proto voda volná). Vody volné je ve dřevě nejvíce na začátku vegetačního období na jaře v době rašení pupenů, a na podzim, kdy se strom chystá na zimní spánek (do kořenů a kmene se stahují zásobní látky). To samozřejmě ovlivňuje i vlhkost čerstvě pokáceného dřeva, která může být v zimě i o deset procent nižší ve srovnání se dřevem pokáceným na jaře. Po pokácení stromu se voda volná ze dřeva

# VLHKOST DŘEVA

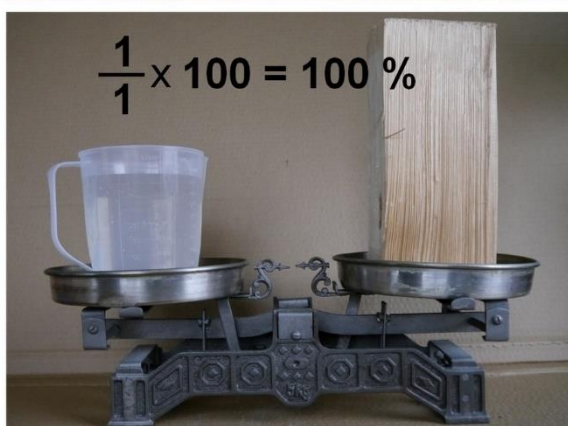


## ČERSTVÉ POLÍNKO

váha polínka 2 kg

z toho 1 kg obsah vody

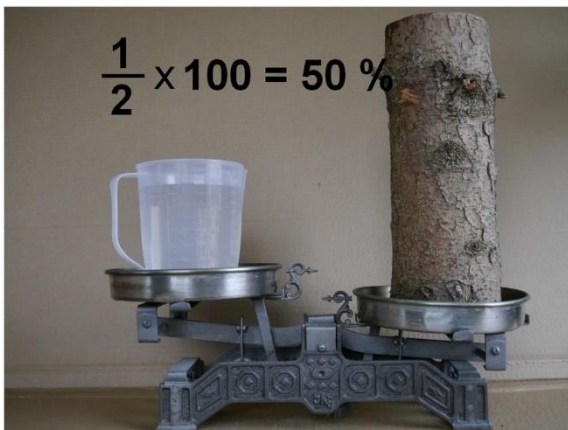
1 kg dřevní hmota



## ABSOLUTNÍ VLHKOST

obsah vody vztažený  
k absolutně suché hmotě

$$U = 100 \%$$



## RELATIVNÍ VLHKOST

obsah vody vztažený  
k reálnému stavu

$$M = 50 \%$$

Pokud hovoříme o požadavcích na vlhkost dřeva jako paliva, máme na mysli RELATIVNÍ vlhkost. Proto se často hovoří o ENERGETICKÉ vlhkosti.



uvolňuje poměrně snadno a rychle. Po jisté době ze dřeva vyprchá zcela přirozenou cestou.

**Voda vázaná** – nachází se převážně ve formě vodní páry v buněčných stěnách dřevních pletiv, kde jsou molekuly vody vodíkovými vazbami vázány na celulózu a hemicelulózu. Díky tomu se voda volná ze dřeva uvolňuje velice těžce. Jen část vody vázané ze dřeva vyprchá přirozenou cestou. Od hranice vlhkosti, která se nazývá **vzduchosuchost** (viz. dále) lze vodu vázanou ze dřeva odstranit pouze umělým sušením. O vodě vázané se říká, že je hygroskopická. To znamená, že ji dřevo může i po umělém vysušení pod vzduchosuchost do svých buněčných stěn vstřebávat zpět ve formě páry ze vzdušné vlhkosti.

**Voda chemicky vázaná** – tato zanedbatelná část vody je součástí chemických sloučenin ve struktuře dřeva. Ze dřeva ji lze odstranit pouze spálením. V dalších úvahách proto již tuto vodu nebudeme nijak zohledňovat.

Jakmile je strom pokácen, začíná proces postupného přirozeného vysušování jeho dřeva. Jeho absolutní vlhkost může být i 150 %, z toho  $\frac{3}{4}$  vlhkosti tvoří voda volná, která se ze dřeva uvolňuje jako první. Voda vázaná zůstává po celou dobu odpařování vody volné součástí buněčných stěn. V okamžiku, kdy se dřevo zbaví veškeré vody volné, ale buněčné stěny jsou stále ještě „plně“ nasycené vodou vázanou, nastává stav, kterému se říká **mez hygroskopicity** (MH) nebo také mez nasycení buněčných stěn (MNBS). Jak se dozvíme dále, mez hygroskopicity je z pohledu zjišťování a popisování vlastností dřeva zcela zásadní hranicí. V závislosti na druhu a „historii“ dřeva se tato hranice pohybuje v rozmezí 22 – 35 % jeho absolutní vlhkosti, což je 18 – 26 % vlhkosti relativní. Vzhledem k tomu, že se voda volná nachází v jakýchsi „dutinách“ dřevních pletiv, její ztráta se nijak neprojeví na změně objemu vysychajícího dřeva.

**Uskladněné dřevo tedy v průběhu vysychání až do dosažení hranice meze hygroskopicity mění svůj objem minimálně.**

Jakmile se odpaří veškerá voda volná, začíná se z buněčných stěn postupně až do hranice vzduchosuchosti vypařovat voda vázaná. Přirozenou cestou se uvolní pouze část této vody, a to do hranice vzduchosuchosti. Hranice vzduchosuchosti je opět u každého dřeva jiná. Řádově se pohybuje v rozmezí 12 – 18 % absolutní vlhkosti (11 – 15 % relativní vlhkosti), ale především se mění s relativní vlhkostí a teplotou okolního

vzduchu. Čím vyšší je vlhkost vzduchu a nižší jeho teplota, tím vyšší je hranice vzduchosuchosti. Venku skladované vzduchosuché dřevo tak může mít v létě absolutní vlhkost 12%, ale v zimě s poklesem teplot a nárůstem relativní vlhkosti vzduchu může opět naabsorbovat vzdušnou vlhkost a „uložit“ ji ve formě vody vázané, čímž může narůst jeho absolutní vlhkost až na 18 %.

**Vzhledem k tomu, že voda vázaná je součástí buněčných stěn, s její ztrátou se tak tyto stěny postupně zmenšují, což se projevuje snižováním objemu vysušovaného dřeva.**

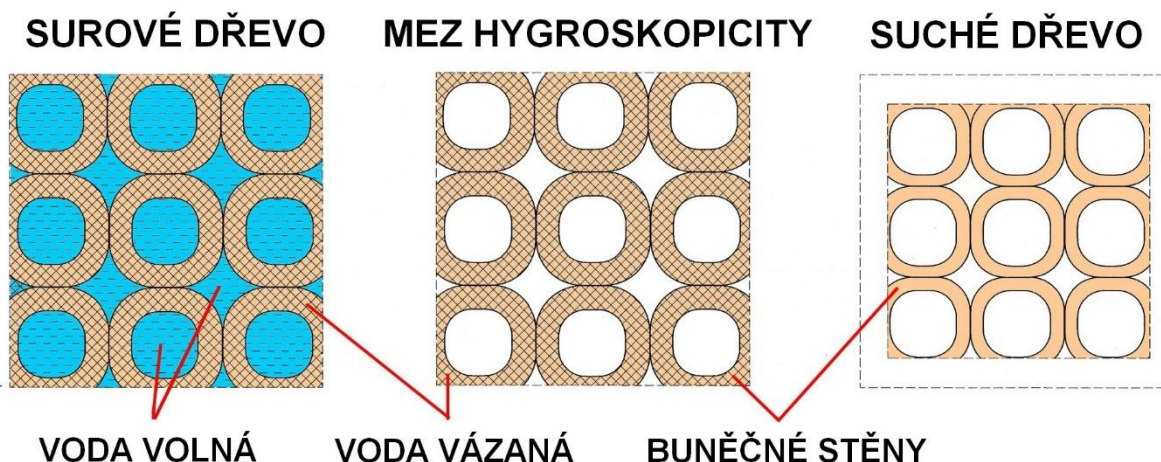
Snižování vlhkosti dřeva pod mez hygroscopicity je tedy provázáno také snižováním jeho objemu. Tento jev se nazývá **objemové sesychání**. Hodnota objemového sesychání vyjadřuje o kolik procent se snížil objem absolutně suchého dřeva ve srovnání s objemem, který mělo při vlhkosti na mezi hygroscopicity. Nejvíce sesychají habr (až o 19 % z původního objemu) a dub (18 %), naopak nejméně sesychavými dřevy jsou kaštan či vrba (11 %). Vnější znakem sesychajícího dřeva je jeho praskání. Pokud tedy vidíme poleno dřeva, které je na vnějším povrchu již značně popraskané, znamená to, že se již „zbavilo“ vody volné a začíná sesychat.

## **Objemová hmotnost a tvrdost dřeva**

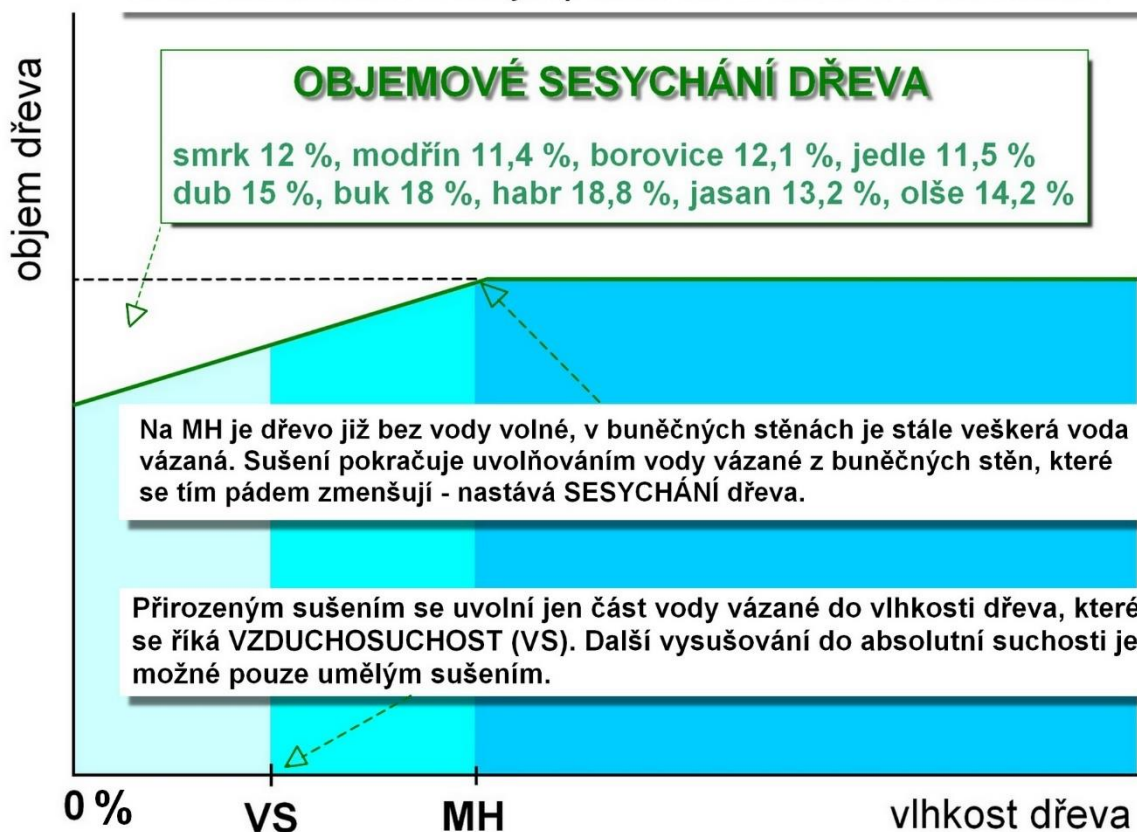
Se změnou vlhkosti a objemu dřeva přímo souvisí také jeho **objemová hmotnost**, tedy hustota dřeva. Maximální hustotu má dřevo čerstvě pokáceného stromu (u běžných „domácích“ dřev se pohybuje v rozmezí 400 – 800 kg/m<sup>3</sup>), tedy s maximální absolutní vlhkostí. Hmotnost dřeva klesá v souvislosti s jeho klesající vlhkostí, ale jeho objem se až do meze hygroscopicity nemění. S poklesem vlhkosti pod mez hygroscopicity se ovšem začíná s hmotností dřeva snižovat i jeho objem. V dřevařských tabulkách se u jednotlivých druhů dřev zpravidla udávají objemové hmotnosti dřeva v suchém stavu ( $\rho_0$ ) a při absolutní vlhkosti 12 % ( $\rho_{12}$ ), což je bráno jako obecná hranice vzduchosuchosti. K popisu reálného stavu dřeva se používá hustoty vztažené k reálné vlhkosti dřeva ( $\rho_w$ ).

Mezi lehká dřeva patří smrk, jedle, lípa, topol či vrba ( $\rho_0 < 500$  kg/m<sup>3</sup>), následují borovice a modřín ( $\rho_0 = 500-600$  kg/m<sup>3</sup>), mezi středně těžká dřeva se řadí bříza, javor, jasan, buk, dub ( $\rho_0 = 600-750$  kg/m<sup>3</sup>), a těžkým kalibrem jsou pak habr a akát ( $\rho_0 > 750$  kg/m<sup>3</sup>).

# SCHÉMA SUŠENÍ DŘEVA



SUROVÉ DŘEVO vysychá na mez hygroskopicity MH, odpařuje se pouze voda volná z lumenů a mezibuněčných prostor. OBJEM DŘEVA JE KONSTANTNÍ.





Zvláště u jehličnatých stromů je bělové dřevo u obvodu kmene hustější než jádrové dřevo v jeho středu.

Obecně platí, že s rostoucí hustotou roste také tvrdost dřeva, takže pokud se často u palivového dřeva hovoří o vhodnosti či nevhodnosti tvrdého a měkkého dřeva k topení, bylo by smysluplnější hovořit o dřevech lehkých a těžkých, protože tvrdost dřeva (schopnost klást odpor proti pronikání cizího tělesa do jeho struktury) je vlastností, která zajímá spíše stavitele než energetiky.

## Elektrická vodivost

Pro běžné měření vlhkosti dřeva jako paliva je důležitá fyzikální vlastnost, kterou je **elektrická vodivost**. S rostoucí vlhkostí dřeva roste také jeho elektrická vodivost a současně s tím klesá elektrický odpor. A právě na principu měření elektrického odporu dřevní hmoty pracují běžné hrotové vlhkoměry, kterými lze orientačně zjišťovat vlhkost dřeva. Problém této metody zjišťování vlhkosti je fakt, že elektrický odpor s rostoucí vlhkostí klesá. Na mezi hygroskopicity je elektrický odpor již poměrně malý, a proto většina běžných hrotových vlhkoměrů měří vlhkost přesně pouze do absolutní vlhkosti okolo 30 %, a nad touto hranicí jsou již velice nepřesné.

## DŘEVO JAKO PALIVO

Seznámili jsme se se dřevem jako živým organismem, základním stavebním prvkem stromů. Nyní si popíšeme dřevo jako palivo pro malé spalovací zdroje tepla.

Hned na začátku této kapitoly připomenu rozdíl mezi dřívím určeným k topení a palivovým dřevem. **Palivové dříví** je v podstatě základní surovina, ze které se vyrábí palivové dřevo. Dodáváno je ve formě kulatiny různých průměrů a délek, či se jedná o nehroubí větví. Zpravidla se dělí podle základního druhu dřeva (kategorie) na jehličnaté, listnaté tvrdé, listnaté měkké, či přímo podle konkrétního druhu (smrk, dub, topol,...).

Naproti tomu **palivové dřevo** je již jakýsi výrobek, vyrobený rozměrovou úpravou palivového dříví. Kulatina dříví se dělí na **polena** a ty lze dále štípat na **štěpy**. Jako palivové tedy nazýváme dřevo, které je již připraveno pro přiložení do kotle či kamen.

Má tedy již definovány základní rozměry a mělo by splňovat i předem definované základní fyzikální vlastnosti, především požadavek na nepřekročení limitní vlhkosti. Základní vlastnosti palivového dřeva definuje norma ČSN EN 17225-5, ale především by je měl definovat výrobce spalovacího zdroje.

## Obecně o pevných palivech

Základními složkami pevných paliv jsou **hořlavina** (daf), **popelovina** (A) a **voda** (W), a pro jejich vzájemný poměr platí jednoduché pravidlo

$$\text{daf} + A + W = 1.$$

Absolutně suché palivo se skládá pouze z hořlaviny a popelovin. Podíl hořlaviny v palivu určuje jeho výhřevnost. S tím, jak v palivu přibývá vody, se v něm snižuje podíl hořlaviny a tím i jeho výhřevnost. Ideálním stavem by bylo palivo bez vody a popelovin. Ovšem podíl popelovin v palivu je pevně dán jeho chemickým složením a nelze jej nijak ovlivnit. Co však ovlivnit můžeme, to je podíl vody v palivu a s tím i jeho výhřevnost.

Hořlavinu paliva tvoří organické sloučeniny, jejichž základem jsou uhlík C a vodík H (uhlovodíky), u fosilních paliv ještě síra S. Část hořlaviny v palivu tvoří tzv. **prchavá hořlavina**, která je charakteristická tím, že se z paliva uvolňuje v průběhu hoření ve formě hořlavých plynů. Vnější viditelným projevem hoření prchavé hořlaviny je **plamen**. Palivo zbavené prchavé hořlaviny se nazývá **pevný zbytek paliva**. Ten obsahuje zbylou tzv. **pevnou část hořlaviny**, která při svém hoření pouze „žhne“ bez zjevně viditelného plamene. Pevným zbytkem paliva při spalování dřeva je **dřevěné uhlí** (žhavé uhlíky v ohništi).

Z pevných paliv je dřevo palivem jednoznačně nejmladším. Všechna pevná paliva mají svůj původ v rostlinné hmotě. Pokud tato hmota prošla fosilizací (zkameněla), hovoříme o palivech fosilních (uhlí, antracit). Někde na hranici fosilizace je rašelina, která sice ještě nezkameněla, ale má již „za sebou“ několik tisíc let rozkladu. Jedná se o neobnovitelné zdroje energie, protože za našeho krátkého života je lze pouze těžít, ale vznik nových trvá stovky tisíc let. Naproti tomu o dřevu se říká, že je obnovitelným zdrojem energie, protože vyrostе v časovém úseku srovnatelném s délkou lidského života. Čím jsou pevná paliva „starší“, tím více mají v hořlavině uhlíku a méně vodíku.

To souvisí s jejich výhřevností a podílem prchavé hořlaviny. Nejstarší antracit je nevyhřevnějším pevným palivem s minimálním podílem prchavé hořlaviny. Naopak nejmladší biomasa (dřevo) má nejnižší výhřevnost, ale vysoký podíl prchavé hořlaviny.

**Dřevo je z tohoto důvodu označováno za palivo dlouhoplamenné, protože díky velkému množství uvolňované prchavé hořlaviny (souhrnně dřevoplynu) hoří dlouhým plamenem.**

## Vlhkost palivového dřeva

Pokud hovoříme u palivového dřeva o jeho vlhkosti, máme na mysli relativní vlhkost (**obsah vody**). Vlhkost palivového dřeva je jeho nejdůležitější vlastností. V první řadě „nadměrná“ vlhkost snižuje výhřevnost dřeva, což znamená jeho vyšší spotřebu. Navíc je energie potřebná k odpaření nadbytečné vody z paliva odebrána z prostoru ohniště, čímž se v topeništi snižuje teplota, která je důležitá pro ideální průběh spalovacího procesu. Pro optimální vyhořívání plynných složek paliva je zapotřebí dlouhodobého udržování teploty v ohništi nad 500 °C.

Vlhkost uvolněná ze dřeva je špatná jak ve spalinách, tak u násypných topenišť i v příkladací komoře. Ve spalinách výrazně zvyšuje rosný bod spalin a zapříčiňuje tak vyšší tvorbu agresivního kondenzátu na stěnách výměníků. S tím je spojeno i silné dehtování v topeništi i spalinových cestách. Zejména u kotlů s odtahovým ventilátorem se však vlhká plynná hořlavina, uvolněná z přiloženého paliva, hromadí před svým spálením v horní části příkladací komory (v okolí příkladacích dvířek). Zde kondenzuje a zapříčiňuje tak často dehtování a korozi i této části kotlového tělesa.

## Škodí voda vázaná

Všeobecně je známo a všude prezentováno pravidlo, že vlhkost přikládaného palivového dřeva by měla být nižší jak 20 %. Protože mluvíme o palivovém dřevě, je myšlena samozřejmě relativní vlhkost. Ale proč zrovna tato hodnota? Vysvětlení musíme hledat v obecné teorii o vlhkosti dřeva.

Víme, že v kapalném skupenství se v dřevní hmotě nachází voda volná. Ta se ze dřeva uvolňuje velice rychle, a to obzvláště v případě rychlého vysušování, kterým vhození polínka či štěpu do ohně bezesporu je. Na její rychlé odpaření je zapotřebí velkého



množství energie, kterou „krade“ ze spalovacího prostoru topeniště. V okamžiku, kdy se ze dřeva vypaří veškerá voda volná, ocitá se na mez hygroscopicity. Zůstává v něm pouze voda vázaná. Ta je ovšem při běžné teplotě ve formě páry vázaná v buněčných stěnách, proto se ze dřeva uvolňuje velice pomalu. Na její samotné odpaření není zapotřebí energie navíc, protože je přeci již ve formě vodní páry. Z tohoto důvodu není její přítomnost ve dřevě z pohledu spalování příliš problematická, protože její postupné uvolňování ze dřeva po přiložení není spojeno se skokovým snížením teploty v ohništi.

A tím se dostáváme k oné limitní hodnotě obsahu vody 20 %. Z předešlého textu je zřejmé, že rozhodující je mez hygroscopicity. U každého dřeva je hranice meze hygroscopicity trochu jiná, a nelze ji zjistit jinak než laboratorním rozbořem paliva. Ale víme, že se obecně pohybuje v rozmezí hodnot relativní vlhkosti 18 – 26 %. Proto byla obecně zvolena hodnota 20 % jako horní hranice vlhkosti v palivovém dřevě. Tedy jakási hranice „jistoty“, že je dřevo vysušeno již alespoň na mez hygroscopicity.

Norma pro tříděné palivové dřevo (ČSN EN ISO 17225-5) také uvádí, že obsah vody v palivovém dřevě nemá být menší než 12 %, kdy tuto hodnotu také stále více uvádějí výrobci spalovacích zařízení. Kdo četl pozorně předešlé řádky již zajisté ví, jak tato hodnota vznikla. Je to hodnota blízká spodní hranici vzduchosuchosti dřeva (11 – 15 %). Tedy stavu, kdy se ještě jedná o dřevo, které neprošlo umělým sušením. Při umělém sušení se ze dřeva neuvolňuje pouze voda vázaná, ale také část prchavé (plynné) hořlaviny, což snižuje jeho výhřevnost. Pod hranicí relativní vlhkosti 12 % tedy již hrozí, že se jedná o dřevo uměle sušené s možnými negativními dopady na jeho výhřevnost.

## **Jak dlouho a správně sušit**

Existuje obecně známé pravidlo, že palivové dřevo by se mělo sušit minimálně 2 roky. Toto pravidlo lze nalézt již v prvorepublikové odborné literatuře, je ovšem velice zavádějící, protože reálně toto pravidlo platilo a platí pro **palivové dříví** skladované ve formě metrové kulatiny, a navíc o vysušení až na hranici vzduchosuchosti (která je nižší než požadovaných 20 %). Pokud z nakoupeného palivového dříví vyrobíme palivové dřevo, tedy jej nařežeme a rozštípeme na finální rozměr 25 – 50 cm, můžeme dobu sušení podstatně zkrátit. Venku skladované našťípané smrkové dřevo (lehká dřeva obecně) vyschne na mez hygroscopicity již do půl roku sušení, nenašťípaná

krátká kulatina do jednoho roku. Tvrdší dřevo listnatých stromů schne řádově dvakrát tak déle (nejdéle dub), to znamená, že již do jednoho roku od začátku skladování by mělo být naštěpané dřevo listnatých stromů vhodné ke spalování.

Základem je ovšem správné skladování. To znamená skladovat dřevo na suchém a dobře provětrávaném místě, ideálně navíc dobře osluněném. Dobré provětrávání by mělo být zajištěno jak po stranách hranice, tak pokud možno i mezi jednotlivými kusy dřeva. Položíme-li hranici přímo do trávy, je nutné se smířit s tím, že spodní vrstva uskladněného dřeva pravděpodobně shnije a hrozí riziko, že se houby a plísně rozšíří i do vyšších pater. Proto je vhodné hranici založit například na starých paletách.

Skladování pod venkovním dobře větraným přístřeškem je bonusem. Ale pokud to není možné, pak se rozhodně vyvarujte přikrytí hranice čerstvého dřeva plachtou, která by bránila odpařování vody. To je lepší dřevo skladovat „pod širákem“, tedy volně na dešti. Strach z deště je přehnaný, pokud tedy neprší měsíc v kuse a dešťová voda má možnost z hranice volně vytéci. Dřevo obecně váže do své struktury z okolního prostředí pouze vzdušnou vlhkost, a to navíc až po snížení své vlhkosti pod hranici hygroskopicity. Vodu v kapalném skupenství dřevo do sebe váže pouze v případě dlouhodobého máčení. Povrch dřeva je jako Gore-tex, tedy propouští ven vodní páry uvolňované vody volně, ale za běžných okolností brání zpětné absorpci vody povrchové (dešťové). K tomu dochází pouze v případě, že je dřevo vystaveno dlouhodobému působení kapalné vody. Například právě při delším ponoření do vody nebo v případě, že poleno či štěp leží na vlhké zemi v husté trávě. Dešťová voda z povrchu dřeva vyprchá velice rychle.

Zakrytí plachtou je naopak dobré u skladování již vzduchosuchého dřeva. Tedy dřeva vhodného ke spalování, ovšem nenastal k tomu ještě ten pravý čas.

Vyvarujte se toho skladovat čerstvé nevysušené dřevo ve vlhké teplé místnosti. Dříve než se vysuší spíše zplesniví. Ovšem zvláště v zimě je vhodné mít v kotelně k dispozici dostatek prostoru pro naskladnění dřeva alespoň na několik dní provozu spalovacího zdroje.

A také neplatí pravidlo, čím déle suším, tím lépe. Dlouhodobé skladování dřeva ve venkovním prostředí po jeho vysušení na vzduchosuchost může vést pouze k jeho degradaci, tedy napadení houbami, hnilobou a plísněmi.

# SKLADOVÁNÍ DŘEVA



mokrě dřevo musí "dýchat"





## Měření vlhkosti

Existuje několik metodik měření vlhkosti dřeva. Přesnějšími (laboratorními) jsou **přímé metody** měření vlhkosti, které zjišťují skutečný obsah vody ve dřevě. Nejrozšířenější přímou metodou je metoda gravimetrická. Při té se nejdříve zváží vzorek posuzovaného dřeva. Ten se následně suší při teplotě  $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  až do okamžiku, kdy se jeho hmotnost ustálí, což značí, že vzorek je již absolutně suchý. Rozdíl ve váze původního vzorku a ve váze vzorku absolutně suchého dává hmotnost vody obsažené ve vzorku původním. Pokud známe hmotnost původního vzorku ( $m_w$ ), hmotnost vody v něm obsažené ( $w$ ) i hmotnost absolutně vysušeného vzorku ( $m_0$ ), můžeme si stanovit absolutní vlhkost ( $U$ ) jako poměr hmotnosti vody k hmotnosti suchého vzorku, a relativní vlhkost ( $M$ ) jako poměr hmotnosti vody k hmotnosti původního vzorku

$$U = (w/m_0) \times 100 = ((m_w - m_0)/m_0) \times 100 \quad [\%]$$

$$M = (w/m_w) \times 100 = ((m_w - m_0)/m_0) \times 100 \quad [\%].$$

S jistou mírou nepřesnosti, ale především s jistou mírou trpělivosti, si můžete gravimetrickou metodu vyzkoušet i doma. Trpělivosti z toho důvodu, že vysušování může trvat i více jak 10 hodin. Vody volné se dřevo zbavuje rychle a živelně, ovšem voda vázaná se ze dřeva odstraňuje nepoměrně déle. Problém přesnosti spočívá v zajištění konstantní teploty  $103 - 105 \text{ }^\circ\text{C}$ , což běžná trouba neumí. I když má možnost nastavení teploty například na  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ , teplota v ní zpravidla kolísá v rozmezí  $\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$  i více. Při dlouhodobém „přehřívání“ dřeva nad teplotu  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  se z něj uvolňuje také prchavá hořlavina, což může přesnost měření ovlivnit. Nicméně doma si vlhkost nepotřebujeme měřit s laboratorní přesností. Ale pokud dřevo v troubě již začíná hnědnout, znamená to, že je zahřáto na teplotu vyšší jak  $140 \text{ }^\circ\text{C}$ , což je již moc. Při této teplotě totiž začíná plastifikace (měknutí) ligninu, která se projevuje právě hnědnutím dřeva.

Nejrozšířenější **nepřímá metoda zjišťování vlhkosti** dřeva je založena na měření jeho elektrického odporu. Měření se provádí jednoduchými hrotovými vlhkoměry. Dva hroty zabodnuté do dřeva jsou elektrodami, které měří velikost elektrického odporu mezi nimi. Elektrický odpor dřeva se postupně snižuje s jeho rostoucí vlhkostí. Při vyšších vlhkostech je tedy odpor již poměrně malý a hůře měřitelný. Z tohoto důvodu je zjišťování vlhkosti běžnými hrotovými vlhkoměry přesné do vlhkosti na hranici

# VLHKOST DŘEVA

## PŘEPOČET VLHKOSTI



**hrotové vlhkoměry měří absolutní vlhkost U**

**pro palivové dřevo je nutné přepočítat na**

relativní vlhkost 
$$M = \frac{U}{100 + U} \times 100 \%$$

<b>M</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>
<b>U</b>	<b>13,6</b>	<b>17,6</b>	<b>25,0</b>	<b>33,3</b>	<b>42,9</b>	<b>66,6</b>	<b>100</b>	<b>150</b>

hygroskopicity, tedy do „energetické“ relativní vlhkosti 20 - 23 % (cca 30 % absolutní vlhkosti). Kvalitní vlhkoměry měří s ještě přijatelnou přesností do absolutní vlhkosti 35 %, několik typů profesionálních vlhkoměrů pak ho hranice 50-70 %.

Drtivá většina vytěženého dřeva je především surovinou pro stavební a nábytkářský průmysl, v podstatně menší míře pak palivem pro malé spalovací zdroje. Z tohoto důvodu hrotové vlhkoměry zobrazují prakticky vždy absolutní vlhkost (U), a pro potřeby zjišťování vlhkosti palivového dřeva je nutné ji převést na vlhkost relativní (M) podle vztahu

$$M = (U/(100+U)) \times 100$$

U palivového dřeva nepotřebujeme znát jeho vlhkost s přesností na jednotky procent. Stačí zjistit, zda se již zbavilo vody volné (je vysušeno na mez hygroskopicity), tedy zda polínko již můžeme vhodit do kotle či kamen. Pokud není k dispozici vlhkoměr, lze v některých případech využít jedné z mnoha hobby metodik využívajících „zdravý selský rozum“, například, že suché dřevo na poklep zvoní. Mezi majiteli krbů koluje osvědčená metodika zjišťování vhodnosti dřeva pro spalování, které pracovně říkám „igelitka“. Spočívá v tom, že na noc vložíte kus dřeva do igelitové tašky, a ráno zkoumáte, zda se stěny tašky orosily. Pokud ano, je potřeba pokračovat se sušením, v opačném případě šup se dřevem do krbu. I tato na první pohled absurdita má svoji logiku. Pokud je dřevo vlhké nad mez hygroskopicity, obsahuje ještě vodu volnou, která se z něj uvolňuje poměrně jednoduše a rychle. Takže pokud ponecháte dřevo v teple a v dobře uzavřené igelitové tašce dostatečně dlouho (alespoň den), měla by se vypařovaná voda volná vysrážet na stěnách tašky. Naopak, pokud se nic nevysráží, voda volná v něm již s velkou pravděpodobností není.

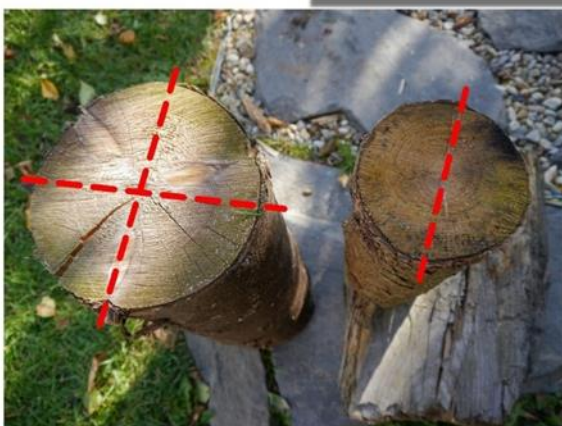
## **Měření palivového dřeva hrotovým vlhkoměrem**

I když víme, že drtivá většina běžných hrotových vlhkoměrů měří absolutní vlhkost, kterou je u palivového dřeva nutné následně převést na vlhkost relativní, je dobré si před samotným měřením ověřit, jakou vlhkost vlhkoměr doopravdy měří. Bohužel, drtivá většina prodejců o rozdílných typech vlhkostí nic neví a zákazníkům tvrdí, že jejich přístroj stačí jednoduše „zabodnout a odečíst“ těsně před tím, než polínko vhodíte do krbu. Jen u některých vlhkoměrů se při podrobném studování návodu lze

# VLHKOST DŘEVA

## MĚŘENÍ VLHKOSTI HROTOVÝM VLHKOMĚREM

zkušební vzorek rozštípeme



Na čerstvé lomové straně se vyberou tři měřicí místa



vypočteme průměrnou hodnotu:

$$(19,9 + 20,7 + 19,7)/3 = 20,1 \%$$

přepočítáme na relativní vlhkost:

$$(20,1/(100+20,1)) \times 100 = 16,7 \%$$



dočíst, že „vlhkost materiálů je zobrazována v hmotnostních procentech vztažených na sušinu (hmotnost sušiny).“ Což je deklarace toho, že vlhkoměr měří absolutní vlhkost. Německé vlhkoměry mají v originále návodu často uvedenu poznámku, že metodika měření vlhkoměru je v souladu s VDI 4206 část 4, což je oficiální německá metodika zjišťování vlhkosti palivového dřeva. Tato „německá“ vlhkost (holzfeuchte) je vztažena k sušině, jedná se tedy opět o absolutní vlhkost, nikoliv námi požadovanou vlhkost relativní.

A nyní již k samotné metodice měření. Z paliva určeného k brzkému spalování se vyberou 3 náhodné vzorky. Každý vzorek se bezprostředně před měřením rozštípne přibližně v polovině. Kulatinu většího průměru je lepší rozštípnout na čtvrtiny. Na čerstvé lomové straně štěpu se vyberou tři měřicí místa, na kterých bude provedeno měření - po jednom vždy 5 cm od vnější hrany štěpu a jedno uprostřed štěpu. V místě měření nesmí být kůra, suk, prosmol (část prosycená pryskyřicí) či smolník (dutina částečně vyplněná pryskyřicí). Elektrody se zarazí do dřeva co nejhlouběji, a počká se, až se ustálí hodnota měřené vlhkosti. Pokud se hodnota vlhkosti neustálí a stále se významně mění, je pravděpodobné, že vlhkost měřeného dřeva je mimo měřicí rozsah přístroje. Spory se vedou o to, zda se mají hroty elektrod vpichovat ve směru vláken či kolmo na ně. Rozhodující je doporučení výrobce vlhkoměru. Většinou se uvádí kolmo na vlákna, norma ČSN EN 13183-2 předepisuje měření po vláknech. Z mé osobní zkušenosti je to u běžného palivového dřeva jedno. Při každém z mých již mnoha stovek měření jsem zkoušel vždy oba postupy a nikdy jsem nezaznamenal významný rozdíl v naměřených hodnotách.

## Měrné jednotky palivového dřeva

Při obchodování s palivovým dřevem, ale například také při bilančních výpočtech roční potřeby paliva, je prakticky nemožné používat jako základní referenční jednotku váhu dřeva (například spálil jsem 3 tuny smrkového dřeva). Protože jak víme zvláště u čerstvého surového dřeva je jeho váha jednotkou velice relativní (s časem se rychle mění). Z tohoto důvodu je základní „bilanční“ jednotkou u palivového dřeva měrný objem, udávaný v kubických metrech. Čistě teoretický je objem nazývaný **plometr dřeva (plm)**, který vyjadřuje jeden m<sup>3</sup> čisté dřevní hmoty. Slouží jako jakýsi etalon, ze kterého se počítají další měrné objemy, které jsou již vztaženy k reálnému stavu. **Prostorový metr rovnaný (prm)** představuje jeden m<sup>3</sup> řádně rovnaného dřeva

# OBJEMOVÉ JEDNOTKY



(štípaného nebo neštípaného) a **prostorový metr sypaný (prms)** vyjadřuje jeden m<sup>3</sup> volně sypaného dřeva. Existují různé koeficienty pro vzájemný přepočítání mezi těmito měrnými objemy, které se mohou více či méně lišit od reálného stavu. U rovnaného dřeva například záleží na tom, jak jsou polena či štepy rovné a dlouhé. Pokud nejde o nějaké extrémní případy, prostorový metr sypaný by měl obsahovat 40 – 45 % skutečné dřevní hmoty a prostorový metr rovnaný 65 – 70 % skutečné dřevní hmoty. Tedy

$$1 \text{ prms} = 0,40 - 0,45 \text{ plm} \quad \text{a} \quad 1 \text{ prm} = 0,65 - 0,70 \text{ plm.}$$

Z měrného objemu lze při známé hustotě dřeva pro danou vlhkost vypočítat také **objemovou hmotnost palivového dřeva v kg/prm** či **kg/prms**.

## Výhřevnost a hustota energie palivového dřeva

Jednou ze základních (a při tom dosti relativních) vlastností palivového dřeva je jeho **výhřevnost**. Jedná se o množství energie, kterou získáme spálením jednoho kilogramu paliva. Vyjadřuje se zpravidla v jednotkách MJ/kg nebo kWh/kg. Velikost výhřevnosti dřeva je závislá na jeho vlhkosti, takže se u palivového dřeva až do jeho vzduchosuchosti s časem mění. I když se říká, že výhřevnost suché dřevní hmoty všech druhů dřev je stejná, není to pravda. Dřevo jehličnatých stromů je vývojově starší oproti dřevu stromů listnatých, a proto má i jinou strukturu. Je pórovitější, ale především obsahuje vysoce výhřevné pryskyřice (zvláště modřín a borovice). Proto má 1 kg suché dřevní hmoty dřeva jehličnatých stromů přibližně o 6 % vyšší výhřevnost (18,4 MJ/kg) oproti dřevu stromů listnatých (17,6 MJ/kg).

Jak jsem již napsal výše, vztahovat základní měrné jednotky palivového dřeva k jeho hmotnosti je velice relativní. Dřevo se nekupuje na váhu, ale na objem. Zvláště u palivového dřeva to má logiku v tom, že až do meze hygroskopicity, tedy po většinu dobu skladování a sušení, se jeho objem nemění, zato jeho hmotnost podstatně klesá. Z tohoto důvodu je u palivového dřeva výhodnější udávat místo jeho výhřevnosti tzv. hustotu energie. Pojem **hustota energie** zavedla evropská norma ČSN EN 17225-5, u nás se více používá označení **objemová výhřevnost**. Hustota energie vyjadřuje výhřevnost palivového dřeva vztaženou k objemové jednotce, tedy k plm, prm či prms.



# VÝHŘEVNOST A HUSTOTA ENERGIE

**Q** VÝHŘEVNOST (MJ/kg, kWh/kg)  
energie vztažená k 1 kg dřeva

**E** HUSTOTA ENERGIE (MJ/plm, kWh/plm)  
energie vztažená k objemu dřeva

1 kWh = 3,6 MJ

## Orientační výpočet Q pro relativní vlhkost M (%)

SMRK ("jehličnatá" dřeva) je výhřevnější než BUK ("listnatá" dřeva)

$$Q = 18,4 - 0,2 \cdot M \text{ MJ/kg}$$

$$Q = 17,6 - 0,2 \cdot M \text{ MJ/kg}$$

## Porovnání Q a E dřev listnatých a jehličnatých stromů

BUK má vyšší hustotu energie v "kubíku" dřeva než SMRK

provnání pro suché dřevo a M = 20 %

	$Q_0$	$E_0$	$Q_{20}$	$E_{20}$
<b>SMRK</b>	18,4 MJ/kg	7730 MJ/plm	14,4 MJ/kg	6670 MJ/plm
<b>BUK</b>	17,6 MJ/kg	11970 MJ/plm	13,6 MJ/kg	9910 MJ/plm



Nejpřesnějším údajem je bezesporu hustota energie absolutně suchého dřeva vztažená k plnometru paliva (MJ/plm, kWh/plm). Z této hodnoty se poté dají odvozovat hustoty energie pro různé vlhkosti a různé referenční objemové jednotky (někdy může mít 1 prm hodnotu 70 % plm, u jinak vyskládaného dřeva jen 60 % plm).

## Rozměry paliva

Další důležitou, ale přitom často opomíjenou vlastností palivového dřeva, jsou jeho základní rozměry – **délka, průměr a měrný povrch** polen či štěpin. Délka dřeva je důležitá pro správné vyplňování příkladací komory a plynulé odhořívání paliva, což hraje významnou roli zvláště u teplovodních kotlů. Maximální délka paliva musí být menší než hloubka spalovací komory, aby se zabránilo zaklínění paliva v komoře. Minimální délku výrobci kotlů zpravidla neuvádějí, ovšem pokud přiložíme příliš krátké palivo, znamená to mimo jiné horší využití objemu příkladací komory a také to může být příčinou zaklíňování a problémů s plynulým sesouváním paliva k roštu či spalovací trysce kotle.

Měrný povrch vyjadřuje poměr plochy (povrchu) kusu dřeva k jeho hmotnosti. Čím více je poleno našťipáno, tím větší měrný povrch mají štěpy. A čím větší je měrný povrch kusu dřeva, tím snadněji se zapálí a rychleji hoří.

**Velikostí měrného povrchu příkládaného dřeva můžeme významně ovlivnit výkon spalovacího zdroje.**

Více jak 80 % z celkové hořlaviny u dřeva tvoří hořlavina plynná, která se z polena uvolňuje jeho povrchem, a poté ve formě plamene vyhořívá ve spalovací komoře. Polena velkých průměrů mají menší měrný povrch. Čím silnější je poleno, tím pomaleji a déle se uvolňuje plynná hořlavina z jeho středu a poleno díky tomu déle odhořívá. Naopak to samé poleno našťipané na drobné štěpy má vzhledem ke své hmotnosti podstatně větší měrný povrch a hořlavinu uvolňuje daleko rychleji. Rychleji hoří také proto, že ve srovnání s polenem se střed štěpu prohřeje podstatně dříve na teplotu, při které dochází k uvolňování hořlaviny. Pokud tedy nepotřebuji, aby kotel topil na maximální výkon, ale stačí snížený výkon s výhodou prodlouženého intervalu mezi příkládáním, je vhodné po jeho řádném rozhoření přiložit v další vsádce místo štěpů polena. Drobné dřevo lze používat pro rychlé rozhoření během zátopy, pro dosažení

maximálního výkonu kotle či kamen, nebo pro udržení dostatečně velké základní vrstvy paliva (viz. dále).

Někteří výrobci udávají u garančního paliva vedle jeho maximálního průměru také maximální rozměr čelní hrany polena, který je nutné dodržet. Zmíněná norma ČSN EN 172258-5 uvádí, že pro lokální topidla by se mělo používat dřevo o průměru maximálně 15 cm.

## SPALOVÁNÍ DŘEVA

Kusového dřeva je v současnosti jako paliva využíváno prakticky výhradně ve spalovacích zdrojích malých výkonů. To nejzákladnější dělení těchto zdrojů je na **lokální topidla a kotle**, a to podle způsobu sdílení získaného tepla. Dále zde máme průmyslově vyráběné zdroje tepla, ale také individuálně stavěná kamna a krby. Kamnářství je jedno z nejstarších (a dle mého názoru nejušlechtlejších) řemesel.

### Zdroje tepla na spalování dřeva

Na úvod této kapitoly si nejdříve musíme ujasnit základní terminologii, kterou budu nadále používat. Terminologie používaná kominíky, kotláři či kamnáři se často liší. **Vytápíme** dům, ale ve zdroji tepla **topíme**. Proto se spalovací zdroj tepla souhrnně nazývá **topeništěm**, a zahrnuje celé zařízení od příkládacích dvířek po spalínové hrdlo. Uvnitř topeniště je **rošt**, na kterém probíhá spalování pevné části paliva (dřevěného uhlí), nad roštem (u zplyňovacích kotlů často pod) se nachází **spalovací prostor** (komora), ve kterém probíhá především spalování plynné hořlaviny. Rošt a spalovací prostor tvoří společně **ohniště**. U kotlů a některých stáložárných lokálních topidel je přikládáno dřevo do **příkládací komory** (násypné šachty).

Charakteristickým znakem **lokálních topidel** je fakt, že teplo v nich vyrobené je přímo topidlem sdíleno do místa jeho instalace. Tedy že teplem, které sálá z jeho povrchu, se vytápí místnost, ve které je umístěno. U sporáků je část tepla využita k vaření, u topidel s teplovodním výměníkem je část tepla možné využít k ohřevu vody pro teplovodní vytápění dalších místností. V případě, že je palivo přikládáno do topeniště horními dvířky do objemné příkládací komory, hovoříme o tzv. **násypných topidlech**.

**Kotel** je zdrojem tepla ústředního vytápění, který ohřívá teplonosnou látku (vzduch, voda), která je určena pro vytápění více místností či celého objektu. Teplo „vysálané“ jeho povrchem je bráno jako tepelná ztráta (tedy jev nežádoucí).

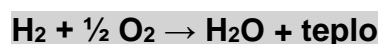
Pro popis technologie spalování je důležité dělení zdrojů tepla podle konstrukce ohniště. **Roštového ohniště s prohoříváním paliva** (horní odhořívání) je tvořeno roštem a spalovací prostor u něj je současně příkladací komorou. Hořlavé plyny stoupají od roštu směrem vzhůru, oheň se po přiložení nové dávky paliva postupně šíří od roštu nově přiloženým palivem (prohořívá) až do stavu, kdy hoří celá vrstva přiloženého paliva. Množství přiváděného spalovacího vzduchu je dáno především velikostí tahu komína (hovoříme o přirozeném přívodu spalovacího vzduchu). Ohniště s prohoříváním paliva je typické pro lokální topidla a litinové teplovodní kotle.

**Roštové ohniště s odhoříváním paliva** má samostatnou příkladací komoru a samostatnou spalovací komoru a mezi těmito prostory je rošt. Palivo postupně odhořívá na roštu, plamen a spaliny jsou odváděny mimo příkladací komoru do spalovací komory. Množství přiváděného spalovacího vzduchu je dáno velikostí tahu komína (přirozený přívod vzduchu).

**Ohniště zplyňovacího kotle** je v podstatě odhořívacím ohništěm, ovšem klasický rošt je u něj nahrazen žárobetonovým ložem s tryskou (tryskami), ze které je plamen směřován do speciální spalovací komory (opět žárobetonové). Přívod spalovacího vzduchu je řízen ventilátorem, což umožňuje vyšší stupeň řízení spalovacího procesu.

## Teorie spalování

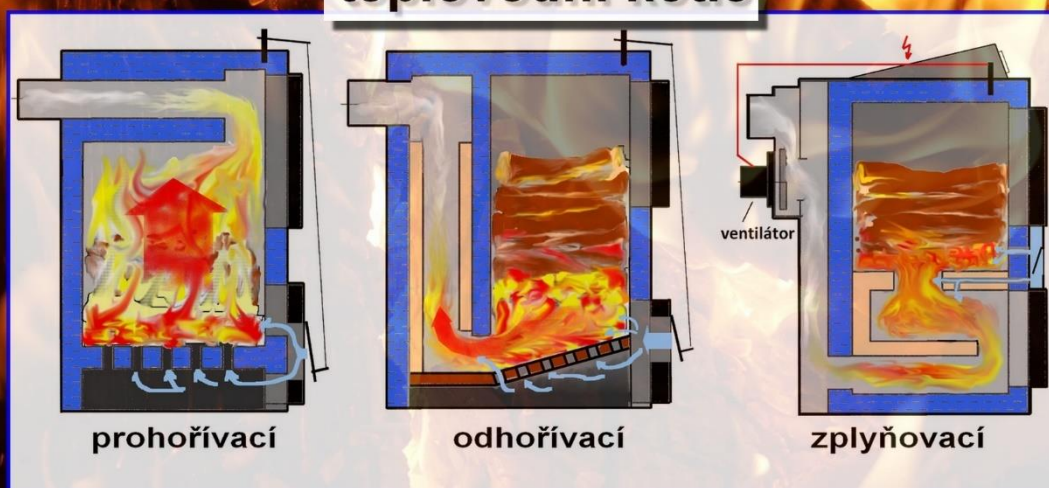
Zatím co u zrodu dřeva stála fotosyntéza, která je endotermickou chemickou reakcí (pro její průběh je nutné dodání dostatečného množství energie), jeho spalování je reakcí exotermickou (při spalování dřeva je uvolňováno velké množství tepla). Spalování je chemický proces, při kterém dochází k oxidaci hořlavých složek paliva. U dřeva jsou těmito složkami uhlík (C) a vodík (H), a jejich oxidace se dá zjednodušeně popsat rovnicemi



# ZDROJE TEPLA



## teplovodní kotle





Dřevo je silně hořlavým palivem, které díky vysokému podílu prchavé hořlaviny hoří velice dlouhým plamenem. Při svém hoření prochází dřevo několika fázemi, při kterých dochází k postupnému termickému rozkladu základních stavebních prvků dřevní hmoty (nejdříve hemicelulózy, poté celulózy, nakonec ligninu). Prchavá hořlavina unikající ze dřeva je produktem tohoto rozkladu.

Postupným zahříváním dřeva nad teplotu 100 °C dochází k rychlému odpařování zbylé vody volné a k celkové dehydrataci dřeva (pozdolnému uvolňování vody vázané). Již při teplotách od 130 °C začíná pomalé uvolňování prchavé hořlaviny, při 140 °C dochází k měknutí (plastifikaci) ligninu, které je provázené hnědnutím dřeva. Při teplotách nad 170 °C je již rychlost uvolňování prchavé hořlaviny značná. Pokud je tato hořlavina dostatečně „prokysličená“ (promíchaná se vzdušným kyslíkem) a je v přímém kontaktu s plamenem v ohništi (má dostatek teploty k zapálení), začne hořet jasným plamenem. V opačném případě lze vidět, jak polínko dřeva pouze „olizuje“ světle šedý dým. Dým je způsoben tím, že nejsou splněny podmínky pro hoření. Zpravidla v nejbližším okolí uvolněné hořlaviny není „k dispozici“ dostatečně vysoká tzv. zápalná teplota.

**Zápalná teplota (bod vzplanutí) hořlavých „dřevo-plynů“ se pohybuje okolo hranice 220 °C (uvádí se 180 – 270 °C podle druhu a kvality dřeva). Další významnou teplotou je bod hoření (u dřeva 260 – 300 °C), při které dřevo samotné již začíná hořet samovolně a nepotřebuje k tomu vnější energii (kontakt s již hořícím dřevem).**

Při teplotách nad 400 °C je ukončen rozklad ligninu a s tím i uvolňování prchavé hořlaviny ze dřeva. Zbylo pouze dřevěné uhlí, ve kterém postupně vyhořívá uhlík, který je v dřevní hmotě přítomen v pevném skupenství.

Vzplanutím směsi prchavé hořlaviny se spalovacím vzduchem teprve začíná první fáze jejího hoření. K dokonalému spálení (oxidaci) všech uvolněných plynů je zapotřebí udržet směs v oblasti vysokých teplot tak dlouho, dokud nedojte k jejímu úplnému vyhoření. V praxi to znamená zabránit tomu, aby plamen „nepřekročil“ hranice ohniště. V ohništi by měla být dostatečně vysoká teplota nutná pro dokonalé vyhoření plynů. Jakmile však například plamen „olízne“ studené stěny teplovodního výměníku kotle, nebo žárobetonem (šamotem) nechráněné stěny topidla, ochladí se a spalování se zastaví.

Stejně tak se hoření směsi plynu a vzduchu přeruší v okamžiku, kdy se hořením spotřebuje již veškerý vzdušný kyslík a není k dispozici další. Z tohoto důvodu je do spalovacího prostoru ohniště ještě přiváděn tzv. sekundární vzduch, který dodá plamenu dostatečné množství kyslíku. I zde ovšem platí „všeho s mírou“. Přílišné množství studeného vzduchu sice dodá směsi tolik potřebný kyslík, ale plamenu současně odebere teplo, které spotřebuje na své ohřátí, čímž může hoření také přerušit.

Přerušením spalovacího procesu je přerušena oxidace spalitelných složek. Uhlík, který již začal reagovat s kyslíkem, dokončí oxidaci pouze částečně za vzniku oxidu uhelnatého podle vzorce



Při částečné oxidaci uhlíku se uvolní přibližně pouze třetina tepla, než kolik by se jej uvolnilo při oxidaci úplné, což má vliv na účinnost spalování.

Část uhlíku, který ještě reakci s kyslíkem nezačal, se v okamžiku náhlého přerušení hoření vysráží ve formě sazí na stěnách spalovacího zdroje. V horším případě pak „vylétne“ komínem do okolního ovzduší. Vnější znakem nedokonalého spalování je proto viditelný kouř. Část uhlíku zůstane navázaného ve spalinách v plynné fázi v nespálených uhlovodících (viz. níže OGC, PAU).

## Obecná rovnice spalování dřeva

Spalování dřeva lze popsat jednoduchou obecnou rovnicí



Levá strana rovnice popisuje **podmínky** potřebné pro úspěšné nastartování spalovacího procesu, pravá strana **produkty** spalování. Nastartování procesu spalování je teprve začátek topení. Cílem spalování je plynulé a dokonalé vyhoření (spálení) dřeva, které nám přinese co nejvíce tepla a našemu okolí co nejméně obtěžujícího kouře. Plynulý tok prvků (podmínek) na vstupu do spalovacího procesu musí být v rovnováze s plynulým odvodem produktů spalování. Ideálního stavu nelze dosáhnout, ale lze se mu maximálně přiblížit. K tomu je zapotřebí, aby všech 6 prvků

(podmínek i produktů) z obou stran rovnice bylo v jakési rovnováze. Snížení „kvality“ jediného z nich ovlivní celý průběh spalování.

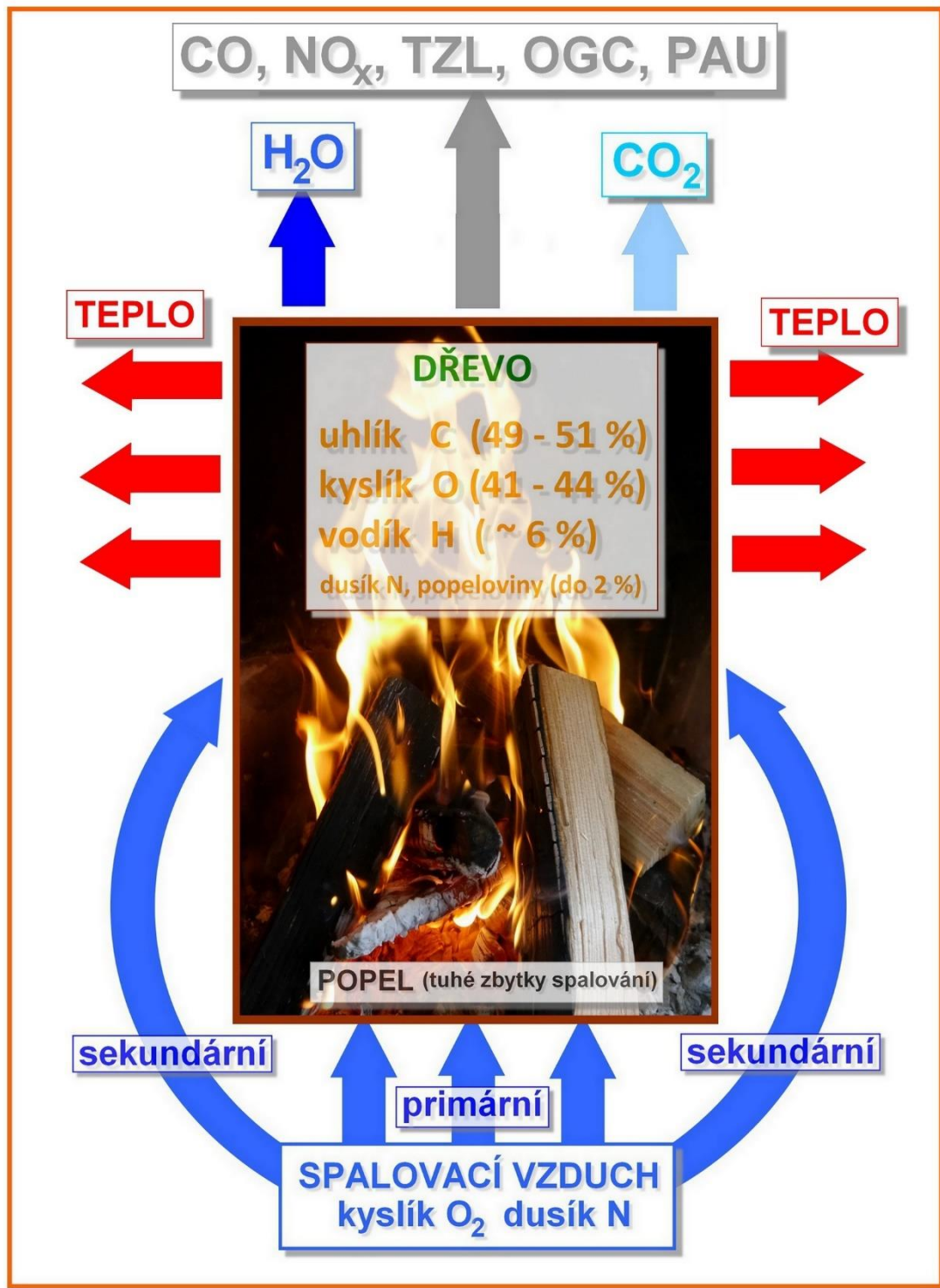
Tak například, pokud budeme spalovat palivo s ideálními vlastnostmi, budeme mít k dispozici dostatek spalovacího vzduchu přiváděného ventilátorem i ideální zápalnou teplotu díky vysoké teplotě v ohništi, máme tímto ideální podmínky pro nastartování spalovacího procesu. Ten nám ale nebude fungovat dlouhodobě, pokud nebudou funkční spalinové cesty (komín) a ohniště se bude „přepřehovat“ spalinami. Stejně tak může být pro plynulost procesu spalování problémem neustálé tlumení výkonu zdroje tepla nadřazenou regulací, protože otopná soustava není schopna plynule odebírat vyrobené teplo.

## Spalovací vzduch

Vzduch přiváděný do ohniště je zdrojem kyslíku potřebného pro oxidaci hořlavých složek paliva. V energetice existuje pojem **stechiometrické množství spalovacího vzduchu**, které nám udává množství vzduchu potřebného pro ideální vyhoření paliva v případě, že je při spalování „spotřebován“ veškerý kyslík ve vzduchu obsažený. Ovšem tohoto stavu u normálních topenišť nelze nikdy dosáhnout, protože se část vzdušného kyslíku nestačí zapojit do oxidace a vystupuje z topeniště jako součást spalin. Proto je nutné do ohniště přivést větší množství vzduchu, než je množství stochiometrické. V tomto případě hovoříme o **přebytku spalovacího vzduchu**. U běžných topenišť spalujících dřevo má přebytek hodnotu od 2 do 3 (nemá jednotku), což znamená že je přiváděno 2 až 3x více vzduchu, než je požadované stochiometrické minimum. U zplyňovacích kotlů bývá hodnota přebytku nižší než 2.

Příliš velké množství přiváděného spalovacího vzduchu snižuje účinnost spalování, protože část vzduchu nepotřebná pro spalování se stává součástí horkých spalin a odebírá jim tak teplo, které mohly předat ve výměníku v topeništi. Nedostatek spalovacího vzduchu naopak znamená nedostatek kyslíku k oxidaci hořlaviny, a tím tedy také nedokonalé spalování. To je spojeno s tmavým kouřem vycházejícím z komína a tím pádem i s nepříjemně velkými emisemi. Pokud bychom tedy měli volit mezi dvěma zly, je určitě lepší o něco snížit účinnost spalování větším přebytkem spalovacího vzduchu, než příliš omezovat přívod vzduchu přivíráním přísávacích (škrťících) klapek.

# SCHÉMA SPALOVÁNÍ





Stechiometrické množství spalovacího vzduchu je přímo úměrné výhřevnosti paliva. Čím výhřevnější je palivo, tím více vzduchu potřebuje pro dokonalé spálení. Pokud stochiometrické množství vynásobíme hodnotou běžného přebytku spalovacího vzduchu, zjistíme skutečné množství vzduchu, který je zapotřebí přivést do ohniště pro spálení 1 kg paliva. Nemá smysl zde uvádět přesné výpočty, protože běžný provozovatel zdroje nemá možnost si přesně zjistit výhřevnost paliva a bez analyzátoru spalin ani přebytek spalovacího vzduchu. Pro spalování kusového dřeva o přijatelné vlhkosti lze s velkou přesností konstatovat, že

**na spálení 1 kg dřeva je zapotřebí do ohniště přivést přibližně 10 m<sup>3</sup> vzduchu. Pokud to přepočteme na výkon topeniště, pak na 1 kW výkonu zdroje je zapotřebí k němu přivést za hodinu přibližně 3 m<sup>3</sup> vzduchu.**

Takže teplovodní kotel pracující na výkon 20 kW spotřebuje za hodinu 60 m<sup>3</sup> vzduchu, což je číslo úctyhodné. Je zapotřebí to mít na paměti hlavně z toho důvodu, že toto množství vzduchu se musí primárně přivést k samotnému zdroji tepla. Tedy do místnosti, ve které je umístěn. Proto je zvláště u kotlů větších výkonů požadováno zajištění dostatečného přívodu spalovacího vzduchu z vnějšího prostředí do místa jejich umístění (technická místnost, kotelna) speciálním sacím otvorem. U novostaveb nebo u starších domů po výměně oken může být díky „nepropustnosti“ obálky budovy problém s přirozeným přívodem spalovacího vzduchu do místnosti, ve které je umístěno lokální topidlo. Proto mají moderní topidla možnost autonomního přísávání spalovacího vzduchu vlastním nasávacím potrubím přímo z vnějšího prostředí.

U lokálních topidel může být také často problém s jejich provozem, pokud jsou umístěna například v kuchyni s digestoří, která vytváří v místnosti podtlak zabraňující přirozenému nasávání spalovacího vzduchu.

Zvláště v zimě by měl mít z venkovního prostředí nasávaný vzduch dost času na to, aby se před vstupem do ohniště ohřál alespoň na teplotu místnosti. Ta by měla být rozhodně vyšší jak bod mrazu, ideálně minimálně 10 °C, protože příliš studený vzduch také ochlazuje spalovací prostor.

Pro plynulý průběh hoření je zásadní plynulé přivádění dostatečného množství spalovacího vzduchu nejen ke zdroji tepla, ale především přímo do spalovací komory. U kotlů **s přirozeným přívodem spalovacího vzduchu** (nemají ventilátor) je množství spalovacího vzduchu přiváděného do ohniště závislé na tahu komína, který přímo

palivové dřevo

# SPOTŘEBA VZDUCHU



na 1 kW výkonu zdroje tepla je zapotřebí  
**3 - 4 m<sup>3</sup> vzduchu za hodinu**



STÁTNÍ FOND  
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
ČESKÉ REPUBLIKY

Společně pro zelenou Evropu  
Tento projekt byl podpořen grantem  
z Norských fondů.



**tzbinformo**  
www.tzb-info.cz

souvisí s teplotou spalin. Čím vyšší je teplota spalin, tím vyšší je i tah komína. Vysoký tah znamená dostatečný podtlak v ohništi, který je zase důležitý pro nasávání spalovacího vzduchu. Po přiložení velkého množství paliva na příliš malou základní vrstvu nahořelého paliva se teplota spalin sníží na dlouhou dobu tak významně, že se v důsledku snížení tahu komína sníží i přívod spalovacího vzduchu. Zvláště u litinových prohořivacích kotlů je proto často po přiložení dlouhou dobu vidět vycházet z komína tmavý hustý kouř.

Naproti tomu **řízený přívod spalovacího vzduchu** do spalovací komory ventilátorem umožňuje vedle stabilního přísunu kyslíku pro samotné spalování, také daleko plynulejší řízení celého spalovacího procesu (například podle teploty spalin na výstupu ze zdroje tepla).

V ohništi se spalovací vzduch rozděluje na primární a sekundární část. **Primární vzduch** je přiváděn k roštu a slouží k hoření základní vrstvy paliva (rozdmýchává žhavé dřevěné uhlí). **Sekundární vzduch** slouží k okysličení a hoření prchavé hořlaviny. U některých topenišť je sekundární vzduch dávkován do ohniště vícestupňově v několika místech spalovací komory, takže se často můžeme setkat s pojmem **terciální vzduch**. Jedná se o část vzduchu sekundárního přiváděného do plamene na konci spalovací komory. Terciální vzduch je však bohužel často vháněn do míst, kde již neprobíhá spalování (není zde viditelný plamen), ale proudí zde pouze horké spaliny. Toto řešení je pak kontraproduktivní, protože přivedený vzduch nemá schopnost přivést dostatek energie (tepla) pro znovuzapálení zbytků nevyhořelé hořlaviny ve spalinách, ale naopak odebere spalinám část tepla potřebného na vlastní ohřátí. Tím se snižuje účinnost zdroje tepla.

## **Základní vrstva paliva a zápalná teplota**

Základní vrstva paliva je pro oheň a teplé ohniště stejně důležitá jako základy pro dům. Pokud nepostavíme kvalitní a pevný základ, nemůžeme na něm vybudovat velký stabilní dům. Stejně tak pokud na začátku spalování nevytvoříme velkou a dostatečně žhavou základní vrstvu paliva, nemůžeme dále v ohništi budovat velký a stabilní oheň. A tuto základní vrstvu musíme udržovat dostatečně velkou po celou dobu spalování.

**Základní vrstva paliva zajišťuje stabilní udržování zápalné teploty v ohništi.**



Základní vrstvu paliva tvoří na roštu ohniště již odplyněné „žhnoucí“ dřevěné uhlí, které je zdrojem energie pro rozhoření nově přiloženého paliva. Až do dosažení bodu hoření dřeva (cca 260 °C) je uvolňování prchavé hořlaviny z něj endotermickou fází termického rozkladu paliva. To znamená, že dřevu se musí k jeho rozkladu dodávat potřebná energie. Teprve po překročení bodu hoření nastává fáze exotermická, při které již dřevo hoří samovolně a teplo naopak vydává.

Pokud je základní vrstva paliva malá, čerstvě přiložené dřevo mu odebere obrovské množství energie, kterou potřebuje ke svému ohřátí na bod hoření, a tím se výrazně sníží teplota v celém ohništi. Až do „nastartování“ samovolného hoření přiloženého dřeva je teplota ve velké části ohniště příliš nízká na zapálení většiny uvolňované prchavé hořlaviny. Vnější projevem tohoto stavu je silný dým vycházející z ohniště po přiložení velkého množství nového paliva. Velice důležitý je proto vzájemný poměr mezi základní vrstvou paliva a nově přiloženým palivem. Pokud je tento poměr velký, tedy základní vrstva je extrémně malá a nového paliva naopak hodně, může dojít ke stavu, kdy se spalování úplně zastaví a oheň vyhasne. To se může stát například v případě, že necháme palivo vyhořet do stavu, kdy základní vrstvu tvoří pouze žhnoucí dřevěné uhlí. Čím víc se vzájemný poměr mezi velikostí základní vrstvy a množstvím přiloženého paliva snižuje, tím rychleji dojde k nastartování hoření, což je stav, kdy dým nad ohništěm (popřípadě ve spalovací komoře zplyňovacích kotlů) nahradí plápolající plameny. Cílem „bezdýmého spalování“ je tedy na maximum zkrátit přechodovou fázi mezi přiložením čerstvého paliva a jeho plným rozhořením.

Dostatečně velká základní vrstva paliva je primární podmínkou pro udržování vysoké teploty v ohništi, protože zajišťuje hoření dřeva a uvolňování prchavé hořlaviny. Ovšem neméně důležité je mít dostatečně velkou zápalnou teplotu pro zapálení prchavé hořlaviny. Stěny ohniště (spalovací komory) by proto měly být obloženy kvalitní vyzdívkou, do které se akumuluje část energie vzniklé spalováním. Této energie je zapotřebí především v **přechodových fázích hoření**, kdy hrozí, že se teplota v ohništi sníží pod zápalnou teplotu. První přechodovou fází je dohořívání paliva. Pokud se včas nepřiloží palivo nové, teplota v ohništi může významně poklesnout, což může u topenišť s přirozeným přívodem spalovacího vzduchu znamenat snížení tahu komína, který zajišťuje přísávání spalovacího vzduchu. To je problém pro následující přechodovou fázi, kterou je přiložení nového paliva. Po tomto přiložení je zapotřebí dosti spalovacího vzduchu pro hoření nově uvolňované prchavé hořlaviny. Přiložené



palivo navíc absorbuje v krátké době velké množství energie na své ohřátí, což může opět snížit teplotu v ohništi pod zápalnou teplotu. A právě pro tyto přechodové stavy je velká vyzdívka významná. V době intenzivního spalování se do ní akumuluje energie, která slouží jako jakási záloha pro popsané přechodové fáze hoření. Podobně jako kořeny stromů ve vegetačním období akumulují přebytky živin pro vyživování stromu v zimě a při startu nového vegetačního období na jaře, tak i teplo akumulované ve vyzdívce udržuje vysokou teplotu v ohništi v době, kdy ji samotný spalovací proces produkuje málo. Dlouhodobě tak udržuje v ohništi stabilní teplotní podmínky pro správné hoření.

## **Odvod tepla a akumulace**

Nejdůležitějším produktem spalování dřeva je teplo. Aby spalování probíhalo plynule a efektivně, je nutné zajistit také plynulý odvod tepla ze spalovacího zdroje. U lokálních teplovzdušných topidel to není problém, ovšem u teplovodních zdrojů tepla je odvod vyrobeného tepla parametrem velice důležitým.

Otopná soustava odebírá ze zdroje tepla (topeniště) teplo předané do otopné vody po dobu, kdy je nutné zvyšovat teplotu ve vytápěných místnostech na požadovanou hodnotu. Jakmile je požadované teploty dosaženo, je zapotřebí omezit výrobu dalšího tepla, tedy začít tlumit či úplně přerušit spalovací proces. U násypných kamen i kotlů je to problém především v okamžiku, kdy ve spalovací komoře hoří významná část paliva. Spalovací proces lze bezpečně utlumit pouze omezením přístupu spalovacího vzduchu. To znamená, že zdroj tepla je nutné lidově řečeno „přidusit“. To je ovšem spojeno se zvýšenou tvorbou nežádoucích emisí a snížením účinnosti spalování.

Plynulý provoz teplovodních zdrojů tepla zajistí otopná soustava, ve které je instalována akumulární nebo vyrovnávací nádrž. Objem vody v nádrži musí být dostatečně velký na to, aby absorboval nadbytečné teplo, které již není schopná odebírat otopná soustava.

**Akumulační nádrž** má dostatečně velký objem vody (podle jmenovitého výkonu zdroje tepla obvykle vyšší než 800 litrů) na akumulování energie získané spálením několika přiložených dávek paliva. Výhodou jejího použití je fakt, že několikahodinovým plynulým topením na optimální výkon spalovacího zdroje bez zásadní regulace spalování může naakumulovat energii potřebnou i na několik dní

palivové dřevo

# ZÁKLADNÍ VRSTVA PALIVA



STÁTNI FOND  
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
ČESKÉ REPUBLIKY

Společně pro zelenou Evropu  
Tento projekt byl podpořen grantem  
z Norských fondů.



**tzbinformo**  
www.tzb-info.cz

vytápění daného objektu. Otopná soustava s akumulací nádrží zpravidla funguje tak, že veškeré teplo vyrobené topidlem je akumulováno ve vodě v nádrži a teprve odtud je teplá voda odebírána pro vytápění objektu.

**Vyrovňovací nádrž** bývá navržena tak, aby její objem (zpravidla 300–800 litrů) byl schopen v případě potřeby pojmout přebytečné teplo ze spalovacího zdroje v okamžiku, kdy by za běžných provozních podmínek mělo být náhle přerušeno či výrazně omezeno spalování. Topeniště vytápí objekt přímo prostřednictvím otopné soustavy, do vyrovnávací nádrže jsou přebytky energie akumulovány pouze v případě nutnosti.

## Spaliny

Problém spalin vznikajících při spalování dřeva má dvě základní roviny. První rovina je spojena s plynulostí spalovacího procesu, tedy funkčním odvodem spalin spalinovými cestami ze spalovací komory do vnějšího prostředí (ovzduší). Druhou rovinu představují emise škodlivin, které se společně se spalinami do ovzduší dostávají.

Základem kvalitního odvodu spalin je funkční a pravidelně čištěný komín. Ovšem pokud chceme spaliny řádně odvést ze spalovací komory, musíme nejdříve zajistit, aby jim v tom nic nepřekáželo již v samotném topeništi. Například pokud u teplovodního kotle nečistíme pravidelně spalinový výměník tepla, může po čase dojít ke stavu, kdy jsou nánosy popílku či dehtu na stěnách výměníku tak velké, že významně sníží průřez spalinové cesty a tím i odpor proti proudění spalin. To může při malém tahu komína vést ke stavu, kdy je z kotle odvedena jen část vzniklých spalin. Zbylá část se hromadí ve spalovací komoře a omezuje vlastní spalování („vytěsňuje“ spalovací vzduch).

Stejně tak jako stěny výměníku je nutné pravidelně čistit samotný komín. Podle platné legislativy by se měl komín určený pro odvod spalin z malých spalovacích zdrojů tepla na pevná paliva čistit minimálně 3x ročně, z toho minimálně 1x by měl komín vyčistit a zkontrolovat přímo kominík. Souvisí to nejen s požární bezpečností provozu topeniště, ale také s funkčností komínového průduchu.

Velkým problémem poslední doby je časté dehtování komínů, tedy zanášení stěn komínového průduchu dehtem. Je to způsobeno především snahou výrobců moderních spalovacích zdrojů zvyšovat jejich účinnost na úkor snižování teploty spalin. Spaliny obsahují vodu ve formě páry, která vzniká jako produkt samotného spalování (oxidace vodíku) nebo se jedná o odpařenou vodu z paliva a spalovacího vzduchu. V okamžiku, kdy se teplota spalin sníží pod hranici, které se říká **rosný bod spalin (RB)**, dochází k tomu, že vodní pára ve spalinách kondenzuje na vodu a ulpívá na stěnách spalovacího zdroje či komínového průduchu. Při spalování dřeva jsou součástí kondenzátu také různé formy nevyhořelých uhlovodíků, dehtových par a pevného uhlíku (popílku), což společně tvoří hustou tekutou směs, která se usazuje na stěnách a postupně tvrdne. U starších zděných komínů může dehet pronikat stěnou komínového tělesa až do interiéru domu. V případě, že není komín pravidelně čištěn, může dehet významně snížit průchodnost spalinových cest, ale hlavně hrozí nebezpečí, že při náhlém zvýšení teploty spalin (přetopení kotle či kamen) může dojít k zapálení dehtu a následnému „vyhoření“ komína, což je z požárního hlediska velice nebezpečné.

**Prvotní příčinou tvorby kondenzátu a dehtu ve spalinových cestách je nízká teplota spalin.**

Teplota RB ze spalování dřeva je závislá jak na přebytku spalovacího vzduchu (vyšší přebytek vzduchu snižuje RB), tak i na množství vodní páry ve spalinách obsažené, tedy vlhkosti paliva (vlhkost paliva RB zvyšuje). S velkou přesností ale můžeme říct, že v průměru se pohybuje teplota RB ze spalování dřeva okolo hranice 60 °C. Pokud se teplota spalin na jejich dlouhé cestě ze spalovací komory až po ústí komína sníží pod teplotu RB, dochází k tvorbě kondenzátu a tím pádem i dehtu. Čím vlhčí dřevo spalujeme, tím více vodní páry obsahují spaliny, a o to více poté vzniká kondenzátu při ochlazení spalin pod teplotu RB.

Spaliny vzniklé spalováním dřeva mají relativně nízkou teplotu RB, to ovšem neznamená, že pokud nám z topeniště vycházejí spaliny o teplotě 90 °C, máme vyhráno. Cesta spalin komínem až do venkovního ovzduší je jednak dlouhá a spaliny se na ní neustále ochlazují, jednak je nutné mít na paměti fakt, že spaliny proudí v jakýchsi vrstvách (filmech). Těsně při povrchu stěn kotle či komínového průduchu proudí díky tření vrstva spalin pomaleji než vrstvy uprostřed proudu. Krajiní vrstvy spalin se o studenější stěny rychleji ochlazují a ochlazování je o to intenzivnější, o co



studenější tyto stěny jsou. Ve středu proudu tak může být teplota spalin vysoko nad teplotou RB, nicméně v krajních vrstvách již může docházet k tvorbě kondenzátu.

**Staré kotlářské pravidlo říká, že k zabránění tvorby kondenzátu a dehtu v komíně by mělo stačit, pokud je teplota spalin vycházející ze spalovacího zdroje v jejich středu 2,2x vyšší jak teplota RB, což při spalování dřeva činí víc jak 130 °C.**

Tvrzení, že se v komíně tvoří dehet, protože spalujeme příliš vlhké dřevo, je tedy primárně zavádějící. Hlavní příčinou dehtování je nízká teplota spalin vycházejících z topeniště. Pokud je teplota spalin pod teplotou RB, vlhké dřevo je samozřejmě příčinou tvorby podstatně většího množství dehtu (více vodní páry). Z kapitoly o základní vrstvě paliva již víme, že přiložení velkého množství vlhkého dřeva rapidně sníží teplotu v ohništi a tím i teplotu spalin, což často vede k velkému dehtování. Ovšem pokud přiložíme drobně našťípané vlhké dřevo v menší dávce na velkou základní vrstvu paliva, popřípadě je promícháme s dřevem suchým, k dehtování nemusí vůbec dojít. Naopak pokud budeme spalovat ideálně suché dřevo s obsahem vody pod 20 % v moderním zplyňovacím kotli, který je již primárně kvůli vysoké účinnosti konstruován pro provozní teplotu spalin při jmenovitém výkonu pod 100 °C, můžeme tvorbu dehtu očekávat s velikou pravděpodobností.

## Emise

Spalinami se do ovzduší dostávají produkty spalování, kterým se říká emise. Ty se dělí na emise plynné a pevné. Vedle „řádných“ produktů spalování, tedy vodní páry a oxidu uhličitého CO<sub>2</sub>, je to také množství nespálených složek paliva. Mezi nežádoucí plynné emise ze spalování dřeva patří především oxid uhelnatý CO, nespálené uhlovodíky souhrnně označované OGC (organický plynný uhlík), směs oxidu dusnatého NO a oxidu dusičitého NO<sub>2</sub> (souhrnně nazývané NO<sub>x</sub>) a v poslední době často zmiňovaný benzo(a)pyren z rodiny polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). Z emisí v pevném skupenství je to popílek a saze ve formě jemného prachu TZL (tuhé znečišťující látky), které se dělí ještě na jemné frakce PM<sub>2,5</sub> (jemné částice menší jak 2,5 nanometrů) a PM<sub>10</sub> (hrubší částice menší jak 10 nanometrů).

Množství emisí NO<sub>x</sub> je závislé na obsahu dusíku v palivu a teplotě v ohništi. Čím je tato teplota vyšší, tím jsou vyšší také emise NO<sub>x</sub>. Naopak množství vznikajících emisí CO, OGC, prachu i PAU je závislé na kvalitě spalování, opět především na teplotě v ohništi.

palivové dřevo

# ZÁKLADEM JE ČISTÝ KOMÍN

**VYMETÁNÍ KOMÍNA (čištění spalinových cest)**

**rodinný dům min. 3x ročně  
chalupa min. 2x ročně**



**PREVENCE PROTI KONDENZACI SPALIN, DEHTOVÁNÍ**

**teplota spalin by dlouhodobě neměla být nižší než 130 °C**

**KONTROLA KOMÍNIKEM**

**minimálně 1 x ročně !!!**



Jsou to produkty nedokonalého spalování, tedy důsledek přerušení hoření směsi hořlaviny a spalovacího vzduchu z důvodu jejího ochlazení pod zápalnou teplotu. Vodík a vyšší uhlovodíky se zapalují při teplotách nad 450 °C, takže čím déle se udrží hořící směs v prostředí s teplotou vyšší jak 450 °C, tím méně bude zdroj emitovat nežádoucích škodlivin. Proto je pro nízkoemisní spalování důležitá kvalitní a funkční vnitřní vyzdívka spalovací komory, která je doslova rozpálená na vysokou teplotu. To poznáme podle toho, že stěny vyzdívky nejsou černé (to znamená usazený nespálený uhlík), ale jsou rozžhaveny „doběla“.

Z výše uvedeného vyplývá, že množství emisí škodlivin vznikajících ve zdrojích tepla spalujících dřevo je závislé na kvalitě spalovacího zdroje a kvalitě spalování, tedy obsluhy. Obecně platí základní pravidlo, že čím déle trvají **optimální podmínky** pro spalování podle **obecné rovnice spalování**, tím méně emisí zdroj produkuje. Tedy pokud máme optimálně naštípané dřevo o malé vlhkosti, dostatečné množství spalovacího vzduchu, a především je v ohništi stabilní vysoká (zápalná) teplota, lze předpokládat, že z vymeteného komína nevychází žádný viditelný kouř. A to je signál, že spalování produkuje minimální emise.

Čím více můžeme řídit spalovací proces, tím méně emisí zdroj vypouští. Tedy topeniště s řízeným přívodem spalovacího vzduchu ventilátorem, jehož spalování není tolik závislé na tahu komína, má větší předpoklad spalovat s nízkými emisemi než topeniště, u kterého je přívod spalovacího vzduchu závislý na tahu komína a funkčnosti různých škrťících klapek.

## Základní pravidla přikládání

K prudkému ochlazení topeniště po přiložení dřeva dojde vždy bez ohledu na jeho vlhkost, protože přiložíme obrovské množství „studené“ hmoty, kterou je nutné zahřát na vysokou teplotu. Proto je při přikládání nutné dodržovat určitá základní pravidla.

Přikládat dřevo, které je již ohřáto alespoň na teplotu místnosti. Tedy zejména v době velkých mrazů mít v zásobě dostatek z venku přineseného dřeva (v kotelně či v jiné místnosti) ideálně na několik dní topení.

Každé otevření příkladacích dvířek odebírá teplo z ohniště, proto je nutné délku přikládání zkrátit na minimum.

Základní vrstva paliva, na kterou přikládáme palivo nové, by měla být tvořena vedle žhnoucího dřevěného uhlí také jen částečně odplyněnými kusy dřeva, které hoří plamenem. U ohnišť s prohoříváním paliva je ideální přiložit nové kusy dřeva tak, aby mohly novou vrstvou paliva volně prostupovat plameny, které by zapalovaly nově uvolněnou prchavou hořlavinu vystupující z paliva.

Zkrácení nežádoucího přechodného období mezi přiložením a rozhořením paliva docílíme tím, že na základní vrstvu nejdříve přiložíme na menší kusy našťipané dřevo, které se rychleji rozhoří, a až na ni vyšší vrstvu větších kusů dřeva.

V případě, že je do násypné šachty prohořivacího kotle přiloženo velké množství paliva na malou základní vrstvu, je dobré až do rozhoření nového paliva přivřít přísávání sekundárního vzduchu v horních příkládacích dvířkách, protože nasáváním studeného sekundárního vzduchu do studených spalin se ještě více sníží teplota spalin a tím i tah komína.

## **Druh dřeva podle typu topeniště**

Internet je plný informací a zaručených rad o tom, jakým dřevem topit a kterému se raději vyhnout. V drtivé většině se jedná o rady týkající se volby dřeva určeného pro spalování v krbech a krbových kamnech. Ve skutečnosti nejde ani tak o vhodnost či nevhodnost daného druhu dřeva k topení, ale o tom umět a chtít s ním správně topit a zvolit pro daný zdroj a požadovaný komfort topení tu neoptimálnější variantu. Neexistuje druh dřeva, kterým by nebylo možné topit, ale existuje mnoho těch, kteří to neumí, ale rádi se o tom rozepisují.

Pravidlem číslo jedna je zásada, že pro volbu paliva by mělo být především rozhodující doporučení výrobce spalovacího zdroje.

Pravidlo číslo dvě říká, že do malých spalovacích zdrojů tepla patří pouze čistá dřevní hmota bez jakýchkoliv chemických přísad. Tedy žádný odpaní nábytek, dřevotřísky, různě impregnovaná dřeva, a už vůbec ne žádné nedřevní palivo (pokud se o plastech či novinách dá vůbec hovořit jako o palivu).

Než začneme spekulovat o vhodnosti či nevhodnosti jednotlivých druhů dřev pro jednotlivé druhy spalovacích zdrojů, je nutné znát několik důležitých informací.



Lehká dřeva hoří rychle a živelně. Dřeva jehličnatých stromů obsahují hodně pryskyřic, ale především jsou více pórovitá, takže při rychlém hoření praskají a vystřelují z ohniště žhavé uhlíky, což není moc vhodné pro ohniště otevřená (či ohniště se skleněnými dvířky). Zvláště o smrkovém dřevu se traduje nepřesná informace, že při spalování tvoří podstatně víc popele a ucpává tím ohniště. Realita je taková, že základní obsah popelovin je u všech běžných dřev velice podobný. Ovšem našťápné lehké dřevo jehličnatých stromů uvolní velice rychle prchavou hořlavinu a „odplyněné“ dřevěné uhlí pak vyhořívá podstatně déle. Pokud má dostatek času a teploty na dohoření, vyhoří dřevěné uhlí z dřeva jehličnatých stromů na jemný popílek stejně jako dřeva listnatých stromů. Ovšem pokud nastane situace, že vyhoří prchavá hořlavina a nepřiložíme dřevo nové, teplota v ohništi se rychle sníží a dřevěné uhlí již nemá čas vyhořet úplně. Na roštu zůstanou kusy nevyhořelého dřeva, které jsou nesprávně spojovány s větší popelnatostí smrkového dřeva. Ale dají se následně použít pro grilování jako dřevěné uhlí. Toto může být problém zvláště u zplyňovacích kotlů. Pokud se přiloží pouze smrkové dřevo, poměrně živelně vyhoří prchavá hořlavina a zbylá pevná odplyněná část dřeva ještě nějakou dobu vyhořívá vcelku, než se rozpadne na jednotlivé kusy dřevěného uhlí. U násypných topenišť to může způsobovat tzv. klenbování, což znamená, že velké kusy dohořívajícího odplyněného dřeva se vzpříčí v násypné šachtě, čímž zabraňují postupnému sesouvání paliva níže k roštu (trysce zplyňovacího kotle). Až do jejich rozpadnutí na jednotlivé kousky dřevěného uhlí tak vzniká nad roštem jakási klenba, pod kterou postupně vyhoří základní vrstva paliva se všemi již dříve popsány negativními dopady.

Naopak „hutná“ dřeva listnatých stromů uvolňují prchavou hořlavinu pomaleji, čímž umožňují podstatně delší prolínání zplyňovací fáze hoření s fází hoření pevné hořlaviny. Dřevěné uhlí tak má podstatně delší čas na vyhoření do fáze rozpadu na drobné kousky a nemá tudíž takový sklon ke klenbování. Problém spalování dřev listnatých stromů spočívá v agresivitě kondenzátu, který může při kondenzaci spalin vznikat. Jedná se především o kyseliny octovou a mravenčí, které se naopak v kondenzátu ze spalování dřev jehličnatých stromů vyskytují minimálně. Z tohoto důvodu je kondenzát tvořící se ze spalin ze spalování dřeva listnatých stromů podstatně agresivnější než kondenzát tvořící se při spalování dřeva stromů jehličnatých. Proto je nutné zajistit ve zdroji samotném, ale i ve spalinových cestách

palivové dřevo

# SMRK vlhkost měsíc po pokácení



Norway grants



STÁTNÍ FOND  
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
ČESKÉ REPUBLIKY

Společně pro zelenou Evropu  
Tento projekt byl podpořen grantem  
z Norských fondů.



tzbinfo  
www.tzb-info.cz

(kouřovod, komín) takové teplotní podmínky, aby byla tvorba kondenzátu maximálně eliminována.

U lokálních topidel (krby, kamna, sporáky) je zpravidla v celém topeništi zajištěna dostatečně vysoká teplota a relativně vysoká je i teplota spalin odcházejících do spalinových cest, čímž se hrozba tvorby kondenzátu značně snižuje. Proto je u těchto spalovacích zdrojů častěji vyžadováno spalování tvrdého dřeva, které odhořívá pomaleji. Je to dáno tím, že do topeniště lokálních topidel se obecně přikládá menší množství paliva, proto je požadavek na delší odhořívání zásadní. Navíc, jak již bylo řečeno výše, dřevo jehličnatých stromů dosti „prská“.

Naproti tomu u teplovodních kotlů vyžaduje spalování tvrdého dřeva vyšší požadavky na optimální nastavení spalovacího procesu. Výhodou dřeva jehličnatých stromů je fakt, že schnou o polovinu rychleji než většina „listnáčů“ (naštípaný smrk je vhodný na spalování již po několika týdnech sušení), takže zvláště pro začátek topné sezóny se může smrkové palivo velice hodit. Proto mnoho výrobců především tzv. zplyňovacích kotlů spalování tvrdého dřeva nedoporučuje, popřípadě upozorňuje na možné problémy s kondenzací spalin.

Takže pokud to shrnu, do krbů a kamen spíše „listnáče“, ale u teplovodních kotlů platí, že nejlepší kombinací je mít k dispozici mix dřev, která lze vhodně kombinovat při přikládání podle okamžitých požadavků.

A jak vyplývá z výše popsaného, neplatí obecně pravidlo, že tvrdé dřevo (myšleno těžké dřevo listnatých stromů) vyhoří rychleji jak měkké dřevo (myšleno lehké dřevo jehličnatých stromů). Pokud do kotle přiložím velká polena smrku, budou mi hořet stejně dlouho jako štěpy z dubu či buku a možná daleko efektivněji, protože budou uvolňovat pomaleji prchavou hořlavinu.

Na závěr uvedu doporučení z knihy *Topení a větrání obydlí lidských*, což je pravděpodobně první česky psaná kniha zabývající se vytápěním a větráním, vydaná v roce 1891. Napsal ji Jan Evangelista rytíř Purkyně, vnuk slavného českého vědce (po něm užívali on i jeho otec, slavný malíř Karel Purkyně, titul rytíř). Z tohoto „skvostu“ jsem vybral část popisující vlastnosti dřeva, coby paliva. Hned při prvním čtení této pasáže jsem byl nadšený z toho, jak jednoduše a výstižně pan rytíř Purkyně popsal vlastnosti jednotlivých druhů dřev z pohledu praktického využití. Informace jsou velice zajímavé a užitečné i pro dnešní majitele krbů a kamen. Ti jsou dnes zahlceni na setiny

nepřesně přesnými údaji o výhřevnostech a hustotách jednotlivých druhů dřev, ale o tom, zda to či ono dřevo hoří mdlým, či kouřivým plamenem, se dozvíme z knihy staré 130 let. Citaci z knihy pana rytíře Purkyněho uvádím na samotný závěr této publikace, jako připomenutí toho, že veškeré naše vědomosti čerpají z vědomostí našich předků.

***Pevným palivem přirozeným je dřevo, rašelina, hnědé a kamenné čili černé uhlí.***

***Dřevo.*** Podle hustoty tkaniva dřevného rozlišujeme dříví měkké a tvrdé.

***Měkké dřevo*** váží průměrně 250—300 kg na krychlový metr, kdežto tvrdé od 350—400 kg. Z měkkých dřev třeba uvést: smrk, jedlí, borovici, modřín, břízu, topol, olši, lípu, kaštan.

***Dřeva jehličnatá měkká*** (smrk, jedle, borovice, modřín) obsahují značné množství smoly a hoří proto plamenem velmi živým, zapalují se snadno, shořují ale rychle vydávající mnoho kouře, který usazuje mnoho sazí.

***Dřeva listnatá měkká*** hoří velmi dobře, třeba ale přece zmínku učiniti o některých rozdílech v hoření uvedených už dřev. Tak hoří dřevo břízy velkým, živým ale klidným plamenem, při málo kouři.

Topol černý hoří volně, mdlým plamenem silně kouřivým, kdežto osyka hoří rychle, praskavým plamenem, který v tahu poněkud slabším snadno zhasíná.

Olše hoří v slabém tahu mdle, v silném ale velmi živě, kouří slabě, usazuje lesklé saze.

Lípa hoří už při slabém tahu velmi živě, kdežto kaštan vyžaduje tahu značnějšího nežli bříza, hoří ale jinak velmi dobře.

***Dřeva listnatá tvrdá*** jsou hlavně buk, dub a jilm se svými odrůdami.

Buk hoří velmi živě a stejnoměrně, tiše, bez jisker a jen slabě kouř vydává. Je vůbec nejlepším palivem dřevným.

Dub hoří praskavě ne však živě, potřebuje silný tah. Sazí usazuje málo.

Jilm hoří dobře, ne však tak živě jako buk, vyžaduje značnější tah.

Vyjmenovaná dřeva obsahují asi 3 procenta své váhy látek nerostných, nespalitelných, které co popel zbudou po skončeném hoření. Čerstvě pokácené dřevo obsahuje 20—60% vody.



*V chemickém složení rozlišují se jmenované druhy dřev velmi málo a je proto jich theoretická hodnota topivá bezmála stejnou. Praktický topivý efekt je však dosti rozdílným při různých druzích, neboť padá na váhu též věk dřeva, jeho vlhkost, poměry jeho vzrůstu atd. Všeobecně lze se vyjádřit, že topivé hodnoty stejného množství stejně suchých dřev v přímém poměru jsou s hustotou.*

*Dřevo suché získáme nejlépe, když je zbavíme kůry, rozštípáme na malé kusy a tak pod otevřenou kolnou srovnáme, aby vzduch ze všech stran k němu volný měl přístup. Tím způsobem ztratí dřevo do roka polovici své vody. Dřevo je v celku hořlavějším než paliva ostatní t.j. snadněji vzplane a lehčeji hoří. Tvrdá dřeva jsou méně hořlavá nežli měkká, nejhořlavější jsou dřeva smolná. Tato dřeva hoří plamenem nejdelším, tvrdá krátkým.*



# VZPOMÍNKY NA NORSKO







božské AURE II





Země klidu





Země klidu II



keporkak



mrož



vydra







lod' s kamarády



























