



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta elektrotechnická  
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

**Ekonomická analýza využití biomasy v malých zdrojích**

**Economic Analysis of biomass usage in small sources**

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.

**Vít Nosek**

---

**Praha 2015/2016**



České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Nosek Vít**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Obor: Elektrotechnika a management

*Název tématu:*

### **Ekonomická analýza využití biomasy v malých zdrojích**

*Pokyny pro vypracování:*

1. Energetické parametry biomasy
2. Popište dostupné technologie pro využití biomasy v malých zdrojích a domácnostech
3. Analyzujte dostupnost a ceny paliv (biomasy)
4. Vypočtete náklady na vytápění pro vybrané technologie

*Seznam odborné literatury:*

1. Karel Murtinger, Jiří Beranovský: Energie z biomasy, Computer Press, 2011
- Petráš D.: Vytápění rodinných a bytových domů. Nakladatelství Jaga group
- Kislíngerová a kol: Manažerské finance, Beck

Vedoucí bakalářské práce: Doc.Ing. Jiří Vašíček, CSc.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2016/2017

L.S.

*Prof.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.*

vedoucí katedry

*Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.*

děkan

V Praze dne 10.2.2016





## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval panu doc. Ing. Jiřímu Vašíčkovi, CSc., za vedení mé bakalářské práce a poskytnuté konzultace. Také bych zde chtěl vyjádřit poděkování svojí rodině, která mi po celou dobu psaní práce byla oporou a která mi umožnila studium na Českém vysokém učení technickém v Praze.

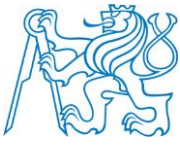


## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 27. 5. 2016

.....



## Abstrakt

Práce zkoumá možnosti a efektivnost využití biomasy v malých zdrojích. V první kapitole se hovoří obecně o biomase s důrazem na její energetické parametry a zpracování pro využití v malých zdrojích. Druhá kapitola diskutuje na trhu dostupné technologie využívající biomasu, uvádí podmínky efektivního spalování biomasy a podává stručný přehled, o co se zajímat při výběru nového vytápěcího zařízení. Ve třetí kapitole je analyzována cena a dostupnost paliv - palivového dřeva, briket, pelet a dřevní štěpky. Cílem práce byl výpočet nákladů na vytápění pomocí technologií vybraných ve druhé kapitole. Náklady byly vypočítány jako roční ekvivalentní tok hotovosti z čisté současné hodnoty výdajů projektu. Pro zvolené počáteční podmínky se jako nejlepší varianta ukázalo použití zplynovacího kotle a topení palivovým dřívím. Při požadavku vyššího komfortu lze uvažovat o automatickém kotli na pelety. Naproti tomu vytápění klasickým kotlem s ručním přikládáním se jeví jako neefektivní.

## Klíčová slova

Biomasa, Energetické parametry, Výhřevnost, Emise, Spalování, Zplynování, Vytápěcí zařízení, Efektivní spalování, Zplynovací kotel, Automatický kotel, Paliva, Palivové dříví, Brikety, Pelety, Dřevní štěpka, Teplo, Tepelná ztráta objektu, Vytápění, Tok hotovosti, Čistá současná hodnota, Roční ekvivalentní tok hotovosti, Měrné náklady

## Abstract

The thesis investigates the possibilities and effectiveness of using biomass in small sources. The first chapter talks about biomass in general, stressing its energetic parameters and ways of processing it for usage in small sources. The second chapter describes technologies available on the market which use biomass, presents conditions of effective combustion of biomass, and gives a brief look at what is important when choosing a new heating device. The third chapter analyzes the price and availability of fuels - firewood, briquettes, pellets and woodchips. The goal of the thesis was to calculate the costs of heating with technologies chosen in the second chapter. The costs were calculated as the equivalent annual cash flow from the net present value of expenses of the project. For the given initial conditions, the best solution is a gasification boiler and firewood. An automatic boiler could be used when there is need for a higher comfort of heating. On the other hand, using a classic boiler with manual stoking appears to be inefficient.

## Key words

Biomass, Energetic parameters, Calorific value, Emissions, Combustion, Gasification, Heating device, Gasification boiler, Automatic boiler, Fuels, Firewood, Briquettes, Pellets, Woodchips, Heat, Heat loss, Heating, Cash flow, Net present value, Equivalent annual cash flow, Specific cost



# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Úvod</b>   | <b>9</b>  |
| <b>1. Biomasa</b>   | <b>10</b> |
| 1.1. Energetické parametry biomasy                                    | 11        |
| 1.2. Druhy biomasy  | 13        |
| 1.3. Zpracování biomasy   | 14        |
| <b>2. Technologie pro využití biomasy k vytápění</b>                  | <b>15</b> |
| 2.1. Efektivní spalování biomasy                                      | 15        |
| 2.2. Vstupní parametry pro ekonomické vyhodnocení vytápěcího zařízení | 15        |
| 2.3. Kotle  | 16        |
| 2.4. Kamna  | 25        |
| 2.5. Krby   | 25        |
| <b>3. Dostupnost a cena paliv</b>                                     | <b>26</b> |
| 3.1. Palivové dříví   | 26        |
| 3.2. Brikety  | 28        |
| 3.3. Pelety   | 29        |
| 3.4. Dřevní štěrka  | 30        |
| <b>4. Výpočet nákladů na vytápění pro vybrané technologie</b>         | <b>31</b> |
| 4.1. Stanovení potřebného množství tepla na jeden rok                 | 31        |
| 4.2. Investiční a provozní výdaje                                     | 32        |
| 4.3. Diskont a peněžní tok  | 35        |
| 4.4. Čistá současná hodnota   | 36        |
| 4.5. Roční náklady  | 37        |
| <b>Závěr</b>  | <b>39</b> |
| <b>Literatura</b>   | <b>40</b> |
| <b>Použité obrázky a grafy</b>  | <b>44</b> |
| <b>Seznam tabulek</b>   | <b>45</b> |
| <b>Seznam příloh</b>  | <b>45</b> |





## Úvod

Poslední dobou slýcháme o biomase stále častěji, a to především v souvislosti s obnovitelnými zdroji energie. Její význam roste se zvyšujícími se cenami neobnovitelných zdrojů a její využití se stává státním strategickým cílem za účelem snižování závislosti na importovaných fosilních palivech. Potenciál biomasy vidím hlavně ve využití v malých zdrojích k vytápění rodinných domů a jiných objektů, protože tak lze dosáhnout jednak vysoké efektivnosti přeměny biomasy na energii, jednak nahrazení uhlí dřevem v kotlích malých výkonů vede ke zlepšení kvality ovzduší. A právě využití biomasy k vytápění v malých zdrojích je náplní tato práce.

Cílem práce je výpočet nákladů na vytápění rodinného domu a ekonomické zhodnocení vybraných technologií, čemuž předchází seznámení s biomasou z energetického hlediska, popis technologií dostupných na trhu využívajících biomasu jako palivo a analýza dostupnosti a ceny paliv z biomasy.



# 1. Biomasa

Biomasa obecně je veškerá organická hmota na Zemi, která se účastní koloběhu živin v biosféře. Jedná se o těla všech organismů, živých i mrtvých, od největších druhů až po mikroskopické – tj. živočichů, rostlin, hub, bakterií a sinic.<sup>[1]</sup>

V dalším textu však pod tímto pojmem budeme chápat především rostlinnou biomasu využitelnou pro energetické účely. Energie obsažená v biomase pochází z fotosyntetické přeměny anorganických látek zelenými rostlinami v energeticky bohaté organické sloučeniny, kdy za přítomnosti chlorofylu (zeleného barviva) dochází s využitím energie slunečního záření k syntéze oxidu uhličitého a vody v cukry za vzniku kyslíku jako vedlejšího produktu, což shrnuje všem povědomá rovnice fotosyntézy:



Z předešlého je zřejmé, že energie biomasy pochází z energie slunečního záření (a to v době geologicky současné), a tím pádem o ní hovoříme jako o obnovitelném zdroji energie (OZE).

Český zákon o životním prostředí definuje OZE takto:

*„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně, nebo úplně obnovovat, a to samy, nebo za přispění člověka.“<sup>[2]</sup>*

A podle zákona č. 165/2012 o podporovaných zdrojích energie a změně některých zákonů:

*„Obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu.“*

Stejný zákon hovoří mj. přímo o biomase:

*„Biologicky rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického původu z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětvích, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu.“<sup>[3]</sup>*

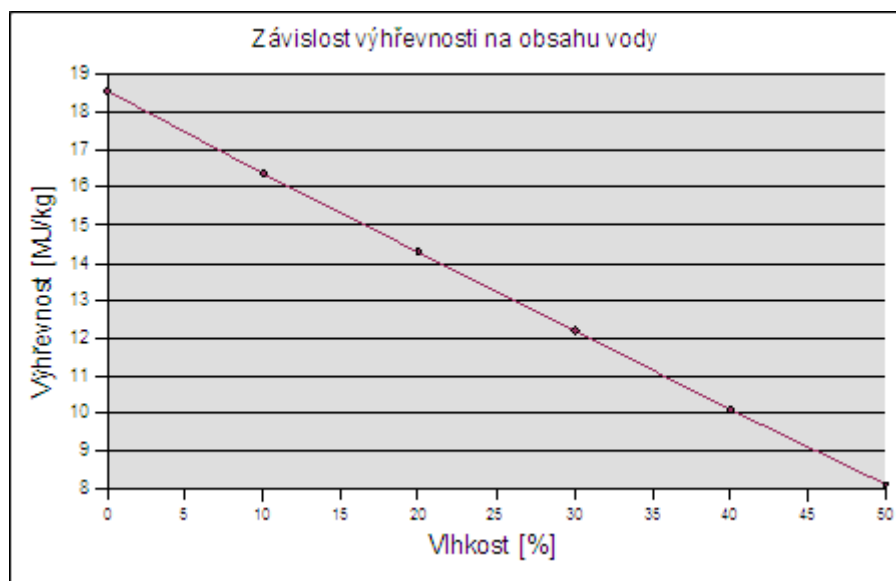


## 1.1. Energetické parametry biomasy

Teoreticky lze k získání energie využít všechny formy biomasy, protože základním stavebním prvkem živé hmoty je uhlík a jeho chemické vazby obsahující energii.<sup>[4]</sup> Způsob využití biomasy k energetickým účelům je dán jejími fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Jedním z nejdůležitějších parametrů určujícím kvalitu a využití biomasy je **vlhkost**.<sup>[5]</sup> Literatura uvádí, že 50 % vlhkost je hranicí mezi mokrymi a suchými procesy využití biomasy.<sup>[6]</sup>

Říká se, že spalování biomasy nezatěžuje životní prostředí produkcí oxidu uhličitého, protože se spálením uvolní takové množství CO<sub>2</sub>, jaké rostliny během svého života spotřebovaly. Biomasa má **nulovou bilanci CO<sub>2</sub>**. Nutno však dodat, že při produkci a zpracování biomasy také vzniká CO<sub>2</sub>, který do této bilance zahrnut není.

**Výhřevnost** suché biomasy leží zpravidla v rozmezí 15 – 19 MJ/kg; s rostoucím obsahem pryskyřic nebo olejů výhřevnost roste a naopak výrazně klesá s rostoucím obsahem vody.<sup>[10]</sup>



Obr. 1-1 Závislost výhřevnosti na obsahu vody

Obsah vody čerstvého dřeva je kolem 50 %. Všeobecně se doporučuje snížit vlhkost pod 30%. Za optimální se považuje vlhkost do 20%. Měkké dřevo na vzduchu vyschne na 20 % za jeden rok, tvrdé schne tři roky. Při požadavku většího vysušení je nutno sušit při zvýšené teplotě. Nepříjemná je velká **hygroskopičnost** biomasy ve srovnání s jinými palivy.<sup>[10][12]</sup>



Výhřevnosti různých druhů paliva při daném obsahu vody:

| DRUH PALIVA      | OBSAH VODY<br>[%] | VÝHŘEVNOST<br>[MJ/kg] | MĚRNÉ HMOTNOSTI                |          |           |
|------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|----------|-----------|
|                  |                   |                       | [kg/m <sup>3</sup> ]= [kg/plm] | [kg/prm] | [kg/prms] |
| listnaté dřevo   | 15                | 14,605                | 678                            | 475      | 278       |
| jehličnaté dřevo | 15                | 15,584                | 486                            | 340      | 199       |
| borovice         | 20                | 18,4                  | 517                            | 362      | 212       |
| dub              | 20                | 15,9                  | 685                            | 480      | 281       |
| buk              | 20                | 15,5                  | 670                            | 469      | 275       |
| smrk             | 20                | 15,3                  | 455                            | 319      | 187       |
| dřevní štěpka    | 30                | 12,18                 |                                |          | 210       |
| sláma obilovin   | 10                | 15,49                 |                                | 120      | (balíky)  |
| sláma kukuřice   | 10                | 14,40                 |                                | 100      | (balíky)  |
| lněné stonky     | 10                | 16,90                 |                                | 140      | (balíky)  |
| sláma řepky      | 10                | 16,00                 |                                | 100      | (balíky)  |

Tab. 1-1 Výhřevnost biomasy. Zdroj: EkoWATT <sup>[9]</sup>

Biomasa se vyznačuje poměrně velkým obsahem **prchavé hořlaviny**, což trochu komplikuje spalování.

| Palivo     | Výhřevnost [MJ/kg] | Prchavá hořlavina [%] |
|------------|--------------------|-----------------------|
| koks       | 28,5               | 1,5                   |
| černé uhlí | 28                 | 20                    |
| hnědé uhlí | 17                 | 55                    |
| dřevo      | 18                 | 75                    |
| sláma      | 16                 | 80                    |

Tab. 1-2 Obsah prchavé hořlaviny. Zdroj: Topení Dřevem <sup>[11]</sup>

**Popel**, anorganická část paliva, která zůstane v kotli po spálení organické hmoty, obsahuje většinu minerálních látek původní biomasy. Množství popela v palivech z biomasy se obvykle pohybuje v rozmezí 1 - 6 %. Dřevo se vyznačuje relativně nižším obsahem popela (0.3 - 1 %), více popela je v kůře (3 - 4 %), slámě (5 %) nebo travách (7 %). Pro srovnání, množství popela v černém uhlí se pohybuje mezi 10 - 13 %. Popel lze využít jako hnojivo. <sup>[13]</sup>

| Složení popeloviny dřeva v hm. % oxidů prvků |     |     |      |      |      |       |      |      |      |      |
|--|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Si   | Al  | Fe  | Mg   | Ca   | Na   | K     | Mn   | Ti   | P    | S    |
| 8.4  | 1.5 | 2.2 | 3.87 | 22.7 | 0.41 | 49.32 | 0.12 | 0.01 | 4.85 | 5.44 |

Tab. 1-3 Složení popeloviny. Zdroj: Tzb-info <sup>[14]</sup>



I při spalování biomasy vznikají škodlivé **emise**; jejich množství ovlivňuje výrazně způsob spalování a vlhkost paliva. V malých zdrojích při optimální vlhkosti biomasy jsou emise CO, oxidů dusíku a těžkých kovů celkově srovnatelné jako při topení uhlím. Řádově nižší jsou však emise SO<sub>2</sub>, protože biomasa obsahuje oproti uhlí malé množství síry (do cca 0.3 %).<sup>[15]</sup>

## 1.2. Druhy biomasy

Energeticky využitelnou biomasu (v malých zdrojích) lze rozřadit do několika kategorií, které se však částečně překrývají:<sup>[1]</sup>

Fytomasa - veškerá hmota rostlin

Dendromasa - stromy

Cíleně pěstovaná (energetická) biomasa - rychle rostoucí dřeviny a byliny

Odpadní biomasa

- ze zemědělské výroby - sláma, plevy,...

- z dřevařského průmyslu - piliny, hobliny, odřezky, zbytky z těžby dřeva,...

Biomasa použitelná jako palivo do kotlů podporovaných v dotačních programech:<sup>[1]</sup>

Palivové dřevo - polena o délce až 500 mm

Dřevní štěpka - z dřevního odpadu při těžbě, z rychle rostoucích dřevin

Pelety z dřevního odpadu - lisováním z pilin za vysokých tlaků

- obvyklý průměr 5 mm, délka okolo 20 mm

- v průběhu hoření se nerozpadají

Pelety z alternativních surovin - zejména z energetických bylin, ale například i z kůry nebo pazdeří

Brikety z dřevního odpadu - lisováním pilin nebo hoblin za nižších tlaků než pelety

- obvykle válcové o průměru 100 mm a délce 200 mm

- v průběhu hoření se rozpadají a zvětšují objem

Brikety z energetických bylin - podobně jako předchozí

Semena plodin - semena obilovin jinak nepoužitelná

- použití podobně jako pelety

- existují kotle schopné spalovat semena i pelety

Balíkováná sláma - především z odpadní slámy, která nemá jiné využití

Balíkováné celé rostliny - obvykle z cíleně pěstovaných energetických bylin

- díky vyššímu obsahu dusíku a dalších prvků než čistá sláma mají horší emise



### 1.3. Zpracování biomasy

Spalovací zařízení vyžadují úpravu biomasy na vhodnou velikost a formu, před konečným využitím ji proto zpracováváme různými technologickými procesy: <sup>[1][8][16]</sup>

- Mechanicky**
- Řezání - těžba dřeva, zkracování na vhodnou velikost
    - odpadem jsou piliny
  - Štípání - pro další zmenšení velikosti paliva
  - Drcení - předstupeň při výrobě pelet a briket
    - výroba tzv. dlouhé štěpky z tenkých větví, která se dá spalovat ve směsi s kusovým dřevem
  - Štěpkování - výroba štěpky, tj. přibližně centimetrových kousků dřeva
  - Lisování - výroba peletek a briket
    - lisování slámy, sena a podobných travin do balíků
  - Rozrušování balíků - u kotlů menších výkonů nutnost přikládat postupně
- Termicky**
- Přímé spalování - nejčastější způsob přeměny energie biomasy na tepelnou nebo elektrickou energii
    - dobře známé technologie, nejnižší cena
  - Zplyňování - složitá termochemická konverze organické hmoty na nízkovýhřevný plyn (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O)
    - proces probíhá při 750 - 1000 °C
    - teplo pro endotermické reakce získáváno částečnou oxidací zplyňovaného materiálu nebo dodáváno z externích zdrojů
    - vzniklý plyn vhodný pro provoz kotlů, motorů a turbín
    - složité zplyňovací systémy - vyšší investiční náklady
    - vyšší účinnost oproti klasickému spalování
  - Pyrolýza - termická dekompozice paliva za nepřístupu kyslíku
    - teplotou procesu, délkou ohřevu a dalšími podmínkami určujeme, zda vznikne dřevěné uhlí, plyn nebo kapalina
    - trendy se ubírají cestou rychlé pyrolýzy, která produkuje kapalinu podobnou ropě, která se následně obdobně zpracovává
    - pyrolýzní technologie na počátku vývoje - vysoké investiční náklady
    - výhodou je snadný transport výsledného produktu



## 2. Technologie pro využití biomasy k vytápění

### 2.1. Efektivní spalování biomasy

Spalování biomasy má svá specifika. Biomasa se vyznačuje vysokým obsahem prchavé hořlaviny, což znamená, že se většina paliva po zahřátí uvolní ve formě plynu a následně hoří dlouhým plamenem. Různé složky prchavé hořlaviny se uvolňují a reagují se vzdušným kyslíkem (hoří) při různých teplotách. <sup>[8]</sup>

Pro efektivní spalování je nutné zajistit, aby veškerá hořlavina vyhořela. To vznáší požadavek na těsnost spalovacích komor, aby nedocházelo k nežádoucímu ochlazení hořlaviny. <sup>[8]</sup>

Dále je nutné spalovací komory konstruovat tak, aby se plamen neochlazoval o teplosměnné plochy kotle, komory tedy musí být větší než u kotlů na uhlí. <sup>[8]</sup>

V neposlední řadě je třeba optimalizovat přívod externího vzduchu. Pokud je přiváděno nedostatečné množství vzduchu, nedojde k vyhoření veškeré hořlaviny, dochází naopak k nedokonalému spalování a zvýšené produkci sazí. V opačném případě, velké množství vzduchu vede k nadměrnému ochlazení plamene. Teoreticky ideální je stechiometrické množství vzduchu a hořlaviny, nicméně praxe vždy vyžaduje o něco větší množství vzduchu ve spalovací komoře. <sup>[8][12]</sup>

Vzduch nutný pro hoření by ideálně neměl být odebírán z vytápěných prostor, protože se tím vytváří podtlak a vytápěná místnost se ochlazuje. <sup>[8]</sup>

Při spalování biomasy se také tvoří jemný polétavý popílek, který může zanášet kouřové tahy a teplosměnné plochy. Proto je dobré tyto plochy čas od času vyčistit. <sup>[8]</sup>

### 2.2. Vstupní parametry pro ekonomické vyhodnocení vytápěcího zařízení

- Potřebný tepelný výkon
- Investiční náklady
- Životnost zařízení
- Provozní výdaje
- Cena (a dostupnost) paliva
- Nároky na obsluhu a komfort



## 2.3. Kotle

Kotel je spalovací zařízení určené k využití jako primární zdroj tepla v rodinných domech a jiných objektech. Stojí většinou ve zvlášť vyhrazené technické místnosti označované jako kotelna. Tepelný výkon u běžně dostupných modelů začíná okolo 10 kW. Kotle o výkonech větších než 100 kW pro obecní vytápění a průmyslové objekty už nejsou předmětem této práce.

### Rozdělení kotlů na biomasu:

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Podle teplotního média:  | Teplovodní kotle<br>Teplovzdušné kotle             |
| Podle materiálu kotle:   | Litinové kotle<br>Ocelové kotle                    |
| Podle způsobu spalování: | Prohořivací kotle<br>Zplynovací (odhořivací) kotle |
| Podle nároků na obsluhu: | Kotle s ruční obsluhou<br>Automatické kotle        |

### Vybrané modely vyráběných kotlů

|   |             |
|---|-------------|
| Ocelový kotel H 425 EKO - OPOP s.r.o.                         | 28 786,- Kč |
| Zplynovací kotel MAKAK 25 - KOVARSON s.r.o.                   | 66 990,- Kč |
| Automatický kotel TKA BIO 25 - Rojek dřevobráběcí stroje a.s. | 95 469,- Kč |



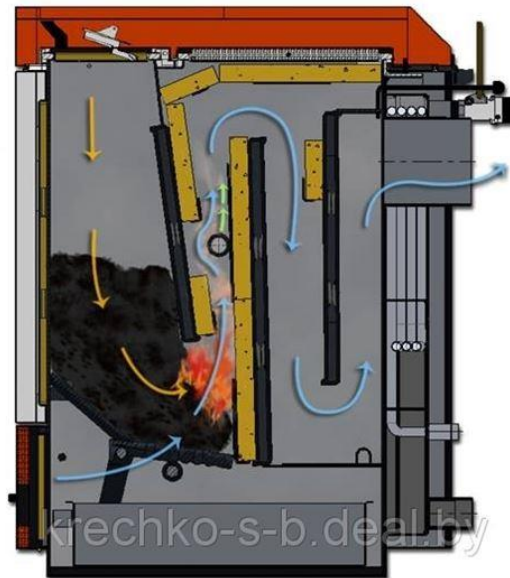


## H 425 EKO

Ocelový teplovodní kotel řady H4xx EKO (12 - 25 kW) je svou konstrukcí a povrchovou úpravou určen pro etážové i ústřední vytápění rodinných domků nebo vhodných výrobních provozů s max. hydrostatickou výškou otopné vody 20 m. Kotel je určen pro spalování tuhých paliv, tj. dřeva do délky 33 cm (a hnědého uhlí). Vyznačuje se především svojí jednoduchostí, nezávislostí na elektrické energii a nízkými provozními náklady, což je vykoupeno nutností časté obsluhy a nízkým komfortem vytápění. Kotel vyrábí společnost OPOP s.r.o. z Valašského Meziříčí. <sup>[25]</sup>



Obr. 2-1 Kotel H 425 EKO



Obr. 2-2 Řez kotlem H 425 EKO

Horní část kotle tvoří izolační kryt, který výrazným způsobem přispívá k celkové tepelné izolaci a zároveň plní funkci předehříváče vzduchu, který vstupuje do kotle klapkou v příkládacích dvířkách. Vlastní těleso kotle je svařeno z ocelových plechů. Kotel je kompletně zaizolován (včetně spodního dna) proti úniku tepla do vnějšího okolí. Těleso kotle je rozděleno vodními přepážkami na tři části. Přední prostor za čelní stěnou kotle tvoří násypnou šachtu s litinovým posuvným roštem. Střední část tvoří spalovací prostor, který je vyložen šamotovou vyzdívkou a trubkou z nerezového materiálu, kterou prochází zhruba 40% sekundárního vzduchu. Další 60% prochází dvěma bočními otvory, které jsou umístěny těsně pod první vodní lamelou. Zadní prostor tvoří vratný tah, kde spaliny proudí pod spodní část poslední přepážky a stoupají do kouřového hrdla. V horní části tohoto prostoru je posuvná zatápní klapka, která umožňuje přímý odtah spalin do kouřového hrdla při zatápní. <sup>[25]</sup>



#### Technické parametry:

| H 425EKO                       |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| Jmenovitý výkon                | 22 kW               |
| Účinnost                       | 79,3 %              |
| Třída kotle podle EN 303-5     | 3                   |
| Rozměry (š x v x h)            | 630 x 1009 x 900 mm |
| Průměr kouřovodu               | 150 mm              |
| Průměr vstupu a výstupu vody   | 1 1/2"              |
| Objem palivové šachty          | 55 l                |
| Hmotnost                       | 253 kg              |
| Vodní objem kotle              | 44 l                |
| Doporučená provozní teplota    | 65 - 90 °C          |
| Min. teplota vratné vody       | 65 °C               |
| Předepsaný tah komína          | 22 Pa               |
| Spotřeba paliva při jm. výkonu | 6,0 kg/h            |
| Doba hoření při jm. výkonu     | 2 h                 |
| Teplota spalin                 | max. 265 °C         |
| Elektrický příkon              | xxx                 |
| Životnost                      | ? let (dlouhá)      |

Tab. 2-1 Technické parametry kotle H 425EKO. Zdroj: Manuál výrobce <sup>[25]</sup>

#### Přednosti kotle:

- Nezávislost na dodávce elektrické energie
- Předeřev primárního i sekundárního vzduchu zvyšuje účinnost
- Regulátor tahu zajišťuje automatickou regulaci výkonu
- Lze přidat hořák na pelety
- Nižší pořizovací a provozní náklady

#### Nevýhody:

- Nutná častá a delší obsluha
- Výrobce doporučuje čistit vnitřní části kotle jednou za 3-5 dní
- Nižší účinnost

Cena s DPH: 28 786,- Kč od výrobce

(od 20 151,- Kč - jiní dodavatelé <sup>[24]</sup>)

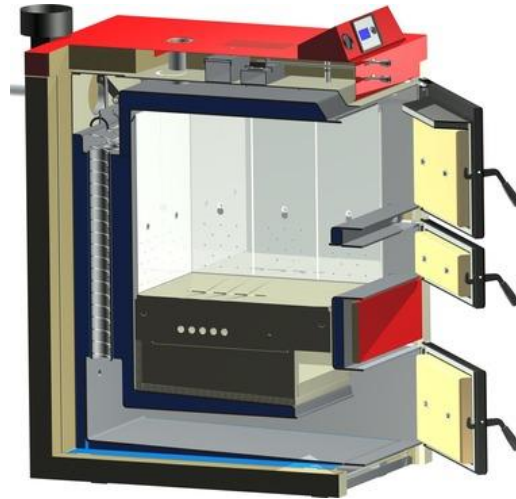


## MAKAK 25

Firma KOVARSON s.r.o. z Lhoty u Vsetína nabízí zplynovací kotel MAKAK na dřevo, štěpku, brikety a jiný dřevní odpad o jmenovitých výkonech od 20 do 40 kW. Kotel je určen k úspornému a ekologickému vytápění rodinných domů, firem a středně velkých objektů, včetně možnosti ohřevu vody.



Obr. 2-3 Zplynovací kotel MAKAK

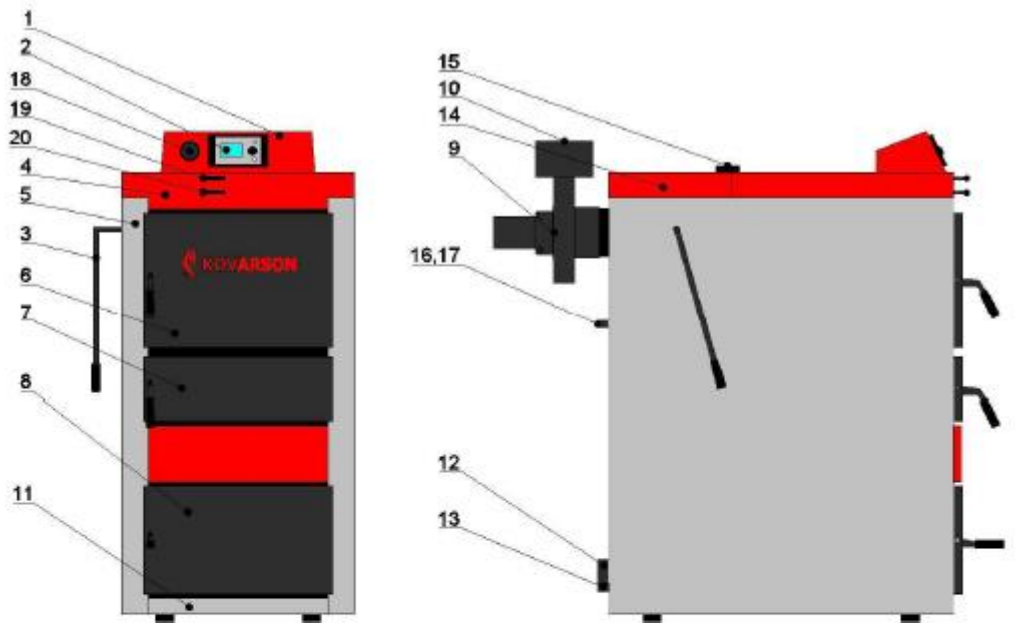


Obr. 2-4 Řez kotlem MAKAK

Kotle MAKAK mají různé výkony, ale jednu konstrukci. Regulace spalování se provádí prostřednictvím modulace výkonu ventilátoru a řízením primárního a sekundárního vzduchu. Výkon kotle o jmenovitém výkonu 25 kW lze řídit v rozsahu od 16 do 30 kW.

Těleso kotle je svařenec z kotlového plechu 6 mm vysoké jakosti. Vnitřní část kotle je opatřena nerezovými vložkami, které zvyšují životnost kotle.

Kotle fungují na principu dvoustupňového spalování za vysoké teploty. V příkladací (horní) komoře dochází za přívodu primárního vzduchu ventilátorem ke zplyňování dřeva. Vzniklý dřevoplyn je nasáván do trysky a za pomoci sekundárního vzduchu dohořívá v dohořivací komoře v prostoru pod tryskou. Poté horké plyny prochází přes hlavní zadní trubkový výměník, kde předají podstatnou část své energie topné vodě a vychlazené odchází přes sběrný kanál do komína. <sup>[17][18]</sup>



- 1) panel na řídicí jednotku
- 2) řídicí jednotka
- 3) páka pro čištění
- 4) horní oplechování kotle
- 5) boční oplechování kotle
- 6) příkladací dvířka
- 7) čistící dvířka

- 8) popelníkové dvířka
- 9) odtahový ventilátor
- 10) výstup na kouřovod
- 11) spodní oplechování
- 12) vstup topné vody
- 13) vypouštěcí ventil
- 14) horní kryt pro čištění výměníku

- 15) výstup topné vody
- 16) chladicí smyčka, připojení na vodní řád
- 17) chladicí smyčka, připojení na odpad
- 18) teploměr a manometr
- 19) regulace primárního vzduchu
- 20) regulace sekundárního

Obr. 2-5 Hlavní části kotle MAKAK



#### Technické parametry:

| MAKAK 25                       |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| Jmenovitý výkon                | 25 kW               |
| Účinnost                       | 89,51 %             |
| Třída kotle podle EN 303-5     | 5                   |
| Rozměry (š x v x h)            | 650 x 1370 x 989 mm |
| Průměr kouřovodu               | 156 mm              |
| Průměr vstupu a výstupu vody   | 2"                  |
| Objem spalovací komory         | 135,5 l             |
| Hmotnost                       | 450 kg              |
| Vodní objem kotle              | 120 l               |
| Doporučená provozní teplota    | 70 - 90 °C          |
| Min. teplota vratné vody       | 55 °C               |
| Předepsaný tah komína          | 20 Pa               |
| Spotřeba paliva při jm. výkonu | 6,65 kg/h           |
| Doba hoření při jm. výkonu     | 2,16 h              |
| Teplota spalin                 | 111 °C              |
| Elektrický příkon              | 60 W                |
| Životnost                      | ? let (dlouhá)      |

Tab. 2-2 Technické parametry kotle MAKAK 25. Zdroj: Manuál výrobce <sup>[26]</sup>

#### Přednosti kotle:

- Spadá do 5. emisní třídy dle ČSN EN 303-5
- Spalování polen až do délky 55 cm
- Vysoká účinnost okolo 90 %
- Spalovací komora z nerezů
- Obsah násypky vydrží na cca 8-12 hodin při středním výkonu, při útlumu až 24 hodin
- Automatický provoz, možnost spolupráce s pokojovými termostaty
- Možnost využití „kotlíkových“ dotací

#### Nevýhody:

- Závislost na dodávce elektrické energie
- Větší pořizovací a provozní náklady

Cena s DPH: 66 990,- Kč od výrobce

(od 63 641,- Kč - jiní dodavatelé <sup>[19]</sup>)



## Rojek TKA BIO 25

Automatický teplovodní kotel od firmy Rojek dřevobráběcí stroje a.s. z Častolovic umožňuje automaticky spalovat dřevěné pelety o průměru 6 – 10 mm - kvalitní bílé, ale i s přídavkem kůry. S přídatnými zařízeními lze spalovat i rostlinné pelety nebo obilí. Kotel je možné díky jeho konstrukci snadno přestavit na kotel s ručním přikládáním.



Obr. 2-6 Kotel Rojek TKA BIO 25

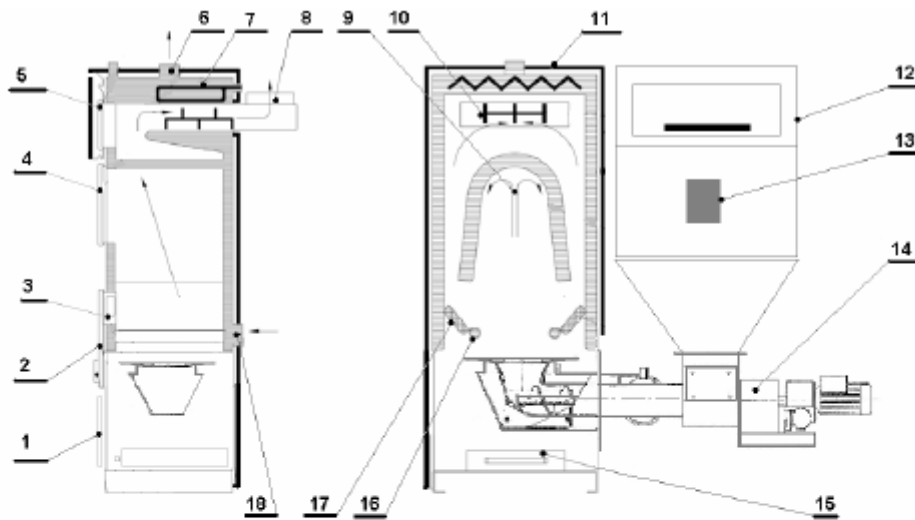
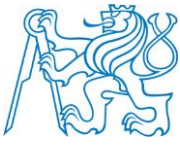


Obr. 2-7 Kotel v provozu

Díky zásobníku paliva, elektronické regulaci a hořáku se šnekovým podavačem, může kotel pracovat v plně automatickém režimu i několik dní v závislosti na požadovaném výkonu zařízení.

Retortový hořák LING je instalován do spodní části kotlového tělesa; je konstruován na principu spodního podávání paliva a samotné spalování lze přirovnat k hoření v kovářské výhni. Z násypky je palivo dodáváno šnekovým dopravníkem (podavačem) do kolena retorty. Zde je vytlačováno vzhůru na kruhový rošt. Rošt i retorta jsou vyrobeny z vysoce jakostní litiny. Retorta je umístěna ve směšovači, do kterého je vháněn vzduch ventilátorem. Drážkami mezi retortou a roštem je pak vzduch vháněn do nahořelé vrstvy paliva. Množství spalovacího vzduchu (resp. intenzita rozdmýchávání paliva) je regulovatelné škrtkou na ventilátoru.<sup>[20]</sup>

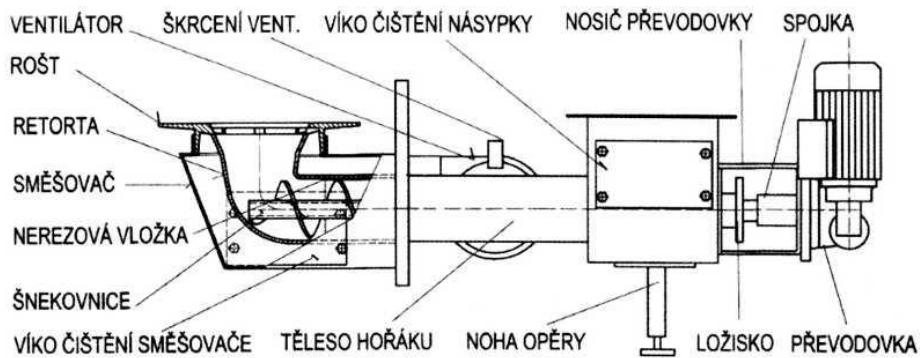
Vyhořelé palivo - popel a struska - přepadávají přes okraje roštu do popelníku pod směšovačem. Palivo je do spalovací části hořáku dodáváno v cyklech, které jsou nastavitelné na regulátoru. Hořák se v automatickém provozu zapíná a vypíná podle požadované teploty topné vody (nastavitelná kotlovým termostatem) nebo podle potřeby tepla v referenční místnosti (externím regulátorem – např. prostorovým termostatem).<sup>[27]</sup>



**Legenda:**

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. čistící dvířka popelníku                        | 10. brzdič spalín                     |
| 2. dvířka pro přívod a regulaci primárního vzduchu | 11. oplechování kotle                 |
| 3. sklápěcí rošt                                   | 12. zásobník paliva                   |
| 4. příkladací dvířka                               | 13. řídicí panel                      |
| 5. dvířka pro čištění kotle                        | 14. retortový hořák LING              |
| 6. vývod teplé vody z kotle                        | 15. popelník                          |
| 7. dochlazovací smyčka                             | 16. vodou chlazené nosné trubky roštu |
| 8. vývod spalín do komína                          | 17. keramická tvarovka                |
| 9. spalovací komora                                | 18. přívod vratné vody do kotle       |

Obr. 2-8 Základní části kotle TKA BIO 25



Obr. 2-9 Retortový hořák



#### Technické parametry:

| Rojek TKA BIO 25              |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| Regulovatelný výkon           | 7,5 - 25 kW         |
| Účinnost                      | 85,6 %              |
| Třída kotle podle EN 303-5    | 4                   |
| Rozměry (š x v x h)           | 614 x 1625 x 720 mm |
| Průměr kouřovodu              | 160 mm              |
| Průměr vstupu a výstupu vody  | 2"                  |
| Objem spalovací komory        | 70 l                |
| Hmotnost                      | 498 kg              |
| Vodní objem kotle             | 108 l               |
| Doporučená provozní teplota   | 63 - 90 °C          |
| Min. teplota vratné vody      | 40 °C               |
| Předepsaný tah komína         | 10 - 15 Pa          |
| Spotřeba dřevních pelet       | 1,7 - 6 kg/h        |
| Doba hoření při jm. výkonu    | 30 h                |
| Teplota spalin                | 80 - 180 °C         |
| Elektrický příkon             | 100 W               |
| Životnost                     | až 30 let           |
| Násypka 300 l                 |                     |
| Přibližná hm. pelet v násypce | 180 kg              |
| Šířka kotle vč. násypky       | 1 222 mm            |

Tab. 2-3 Technické parametry kotle TKA BIO 25. Zdroj: Manuál výrobce <sup>[27]</sup>

#### Přednosti kotle:

- Spadá do 4. emisní třídy dle ČSN EN 303-5
- Výkon lze regulovat v širokém rozsahu
- V plně automatickém režimu pracuje až několik dní
- Účinnost přes 85 %
- Při havárii lze kotel snadno přestavit na kotel s ručním přikládáním
- Možnost využití „kotlíkových“ dotací

#### Nevýhody:

- Závislost na elektrické energii
- Větší pořizovací náklady a nároky na prostor kvůli zásobníku pelet

Cena s DPH: 95 469,- Kč od výrobce

(od 73 510,- Kč - jiní dodavatelé <sup>[21]</sup>)





## 2.4. Kamna

Na trhu se vyskytuje obrovské množství všelijakých kamen. Cena nejjednodušších modelů začíná řádově na tisících korun. K vytápění se většinou používají pouze jako sekundární zdroj kvůli menším výkonům, nižší účinnosti a komplikovanějšímu rozvodu tepla. V současnosti však kamna přeci jen nacházejí uplatnění jako primární zdroj tepla v moderních nízkoenergetických stavbách. Rozdělení kamen podle nejčastěji používaných kritérií: <sup>[7]</sup>

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Podle způsobu přenosu tepla: | Sálavá kamna<br>Kamna s výměníkem (teplovzdušná/teplovodní)   |
| Podle použitého materiálu:   | Plechová kamna<br>Litinová kamna<br>Kachlová kamna<br>Šamotová kamna  |
| Podle konstrukce:            | Jednoduchá (chalupářská) kamna<br>Kuchyňské sporáky<br>Krbová kamna<br>Akumulační kamna<br>Ekologická kamna |

## 2.5. Krby

Krb je jedno z nejstarších a zároveň hojně využívaných topidel. Jeho oblíbenost však pramení spíše z touhy po „živém ohni“ v domě než z perspektivy vysoké účinnosti a nízkých emisí. Oba tyto klíčové parametry jsou v průměru horší než u kotlů.

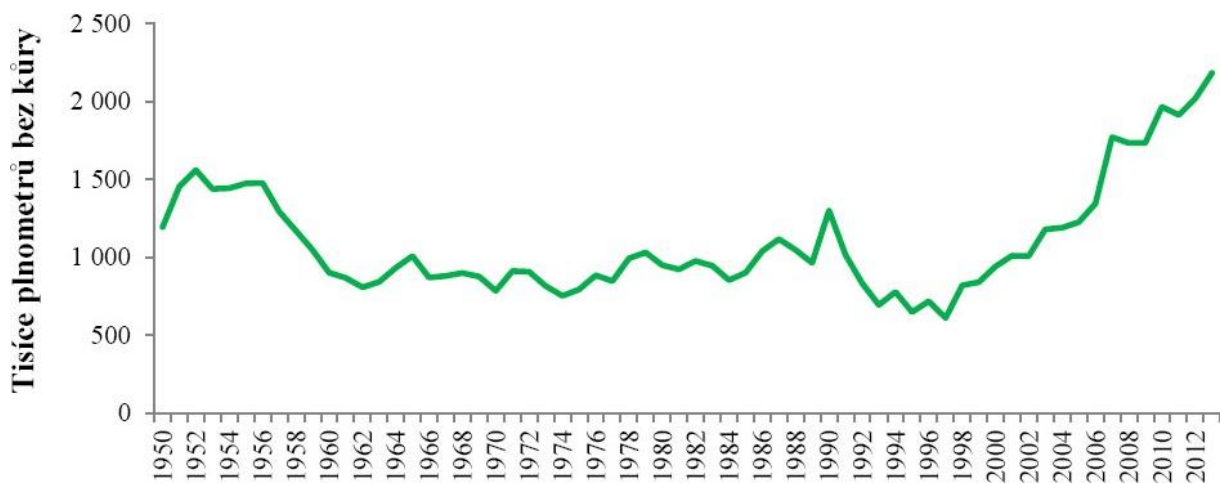
|                           |   |
|---------------------------|---|
| Krby lze rozdělit na:     | Otevřené<br>Uzavřené (krbové vložky)                    |
| nebo podle přenosu tepla: | Teplovzdušné<br>Teplovodní<br>Akumulační<br>Kombinované |



## 3. Dostupnost a cena paliv

### 3.1. Palivové dříví

Využívání palivového dřeva k vytápění v současnosti prožívá svoji renesanci. V posledních letech došlo k výraznému nárůstu poptávky, na což trh reaguje pozvolným zvyšováním cen. <sup>[28]</sup>



Obr. 3-1 Těžba palivového dřeva v ČR během minulých šesti desetiletí

Prodejem palivového dřeva se zabývá relativně velký počet malých i velkých podniků. Lze snadno sehnat štípané dříví nařezané na typické délky 25, 33, 50 a 100 cm. Levněji je možno pořídit kulatinu (neštípané dřevo) o typických délkách 1, 2 a 4 m.

Cena palivového dříví se značně liší; závisí především na kvalitě a druhu dřeva, na vlhkosti, na již zmíněné formě (štípané/kulatina), ročním období, lokalitě a na větrných kalamitách. Nejlevněji se dá dřevo pořídit na venkově, kde také bývá možné dohodnout se s vlastníkem lesa na „samotěžbě“ nebo na uklizení lesa od zbytků po těžbě, což vychází úplně nejlevněji (pokud na to máme čas). Naopak dražší dřevo musíme očekávat u měst a u hranic s Německem a Rakouskem. Z hlediska ročních období je dřevo nejdražší v zimě, v topné sezóně, naopak nejlevnější na jaře. V závislosti na těchto faktorech se cena za dřevo pohybuje od stovek do 4 500 Kč za 1m<sup>3</sup> (do 6000 Kč/t).

Naprostá většina prodejců nabízí dovoz objednaného dřeva až domů. Doprava bývá zdarma do určité vzdálenosti (10 - 20 km) a od určitého objednaného množství dřeva, jinak se běžně platí 20 - 25 Kč za kilometr (tam i zpět). Větší firmy, které nabízejí dražší, ale zato kvalitnější průmyslově vysušené dřevo, rozvázejí po celé republice zdarma už od jedné objednané palety.



Pro udání množství dřeva se v praxi používají následující označení: <sup>[29]</sup>

1 plm - Plnometr dřeva, 1 m<sup>3</sup> skutečné dřevní hmoty

1 prm - Prostorový metr dřeva, 1 m<sup>3</sup> složeného štípaného nebo neštípaného dřeva

1 prms - Prostorový metr dřeva volně sypaného (nezhutněného) drobného nebo drceného dřeva

Vzájemné poměry uvedených označení:

| Dřevo  | plm         | prms         | prms         |
|--------|-------------|--------------|--------------|
| 1 plm  | 1           | 1,54         | 2,5 až 2,86  |
| 1 prm  | 0,65        | 1            | 1,61 až 1,86 |
| 1 prms | 0,35 až 0,4 | 0,54 až 0,62 | 1            |

Tab. 3-1 Vzájemné objemové přepočtové poměry. Zdroj TZB-info <sup>[29]</sup>

Ceník firmy z Hořic v Podkrkonoší <sup>[30]</sup>

## Ceník palivového dřeva 2016

| Kategorie palivového dřeva         | m.j. | Cena včetně DPH (15%) |
|------------------------------------|------|-----------------------|
| <b>štípané sypané (25 - 33 cm)</b> |      | Kč                    |
| listn. tvrdé (DB, BK, JV)          | prms | 1 219,00              |
| list.polotvrde (BR)                | prms | 1 104,00              |
| jehličnaté, měkké listnaté         | prms | 989,00                |
|                                    |      |                       |
| <b>rovnané (1 m)</b>               |      | Kč                    |
| listn. tvrdé (DB, BK, JV)          | prms | 1 380,00              |
| list.polotvrde (BR)                | prms | 1 288,00              |
| jehličnaté, měkké listnaté         | prms | 1 196,00              |

Obr. 3-2 Ceník palivového dřeva firmy z Hořic v Podkrkonoší

Cena dopravy s DPH (21%) činí 24,20 Kč/km při naplnění kontejneru (včetně zpáteční cesty).

- Slevy:
1. při odběru 20 prms/prm doprava do 20 km zdarma
  2. u vlastní dopravy a naložení sleva 50 Kč/ prms/prm
  3. při internetové objednávce sleva 1% z ceny objednaného dřeva

- Přirážky:
1. u vyschlého palivového dřeva přirážka 115 Kč/prms/prm



### 3.2. Brikety

Brikety jsou vyráběny lisováním např. ze suchého dřevního prachu, drtě, pilin, kůry, jemných hoblin nebo rostlinných zbytků do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnů o průměru 40 až 100 mm a délce do 300 mm. Podle zvoleného typu materiálu se na trhu můžeme setkat s briketami ze dřeva, kůry, slámy, energetických plodin nebo briketami vyrobených ze směsí těchto materiálů – tzv. směsnými briketami. <sup>[31]</sup>



*Obr. 3-3 Dřevěné brikety*

Brikety z měkkého dřeva s otvorem uprostřed umožňují snadnější zátop a rychlejší prohořívání. Plné brikety z tvrdého dřeva nebo kůry dávají rovnoměrný žár s až 6-ti hodinovou dobou žhnutí. <sup>[31]</sup>

Výhřevnost briket se pohybuje v rozmezí 12 - 19 MJ/kg.

Objemová hmotnost briket je mezi 1000 - 1200 kg/m<sup>3</sup>.

Obsah popele je 1 - 3 %.

Vlhkost je do 10 %.

Distribuce briket se provádí buď v pytlích o hmotnosti nejčastěji 10 kg, nebo skládané na paletách ve fóliích o hmotnosti do 1000 kg. Doporučuje se brikety od nového dodavatele nejprve vyzkoušet v menším množství, a teprve poté se předzásobovat na sezónu. <sup>[31]</sup>

Paliva není nedostatek, je možno si jej kdykoliv a v jakémkoliv množství objednat od distributorů nebo ve specializovaném obchodě. Ceny briket se mohou významně lišit během roku - v létě bývají zpravidla nejnižší a je dobré nakoupit zásobu na celou sezónu, jelikož v zimě ceny briket narůstají až o 40 %. <sup>[31]</sup> Podle [32] se během topné sezóny ceny za 1 tunu dřevěných briket pohybují od 3000 do 6000 Kč, za kůrové zaplatíme 6000 až 7800 Kč a za méně výhřevné rostlinné brikety vydáme 2850 až 5000 Kč. Poplatky za dopravu jsou okolo 100 Kč, při objednání více palet bývá doprava zdarma.



### 3.3. Pelety

Pelety jsou vysoce stlačené výlisky válcovitého tvaru, nejčastěji vyráběné s průměrem 6 mm a různorodou délkou 5 – 40 mm. Pelety se lisují ze dřevních zbytků, obvykle z pilin a hoblin. Kromě těchto dřevních pelet se také na trhu objevují pelety rostlinné, kůrové, rašelinové a pelety z dalších materiálů z biomasy a jejich vzájemných směsí – tzv. směsné pelety. <sup>[33]</sup>

Kvalita pelet na trhu se posuzuje především podle certifikačního systému ENplus. Certifikaci v Česku uděluje Klastř Česká peleta. Výhřevnost dřevních pelet třídy A1 je min. 16,5 MJ/kg při vlhkosti max. 10 % a obsahu popele max. 0,7 %. Pelety této třídy jsou určeny především pro domácnosti. Třídy A2 a B jsou zamýšleny pro kotle větších výkonů, protože při jejich spalování vzniká větší množství popele. <sup>[34]</sup>



Obr. 3-4 Dřevěné pelety bez kůry



Obr. 3-5 Pelety ze slunečnice

Kvalitu dřevěných pelet můžeme posoudit i vizuálně; čím světlejší pelety jsou, tím méně příměsí obsahují a jsou kvalitnější.

Objemová hmotnost pelet je kolem 850 kg/m<sup>3</sup>. <sup>[33]</sup>

Paliva je dostatek a je možné si je objednat ve specializovaných obchodech v jakémkoli množství. Podle [35] se cena za certifikované pelety ENplus A1 pohybuje v rozmezí 4750 - 7350 Kč/t, necertifikované pelety jsou levnější, lze je sehnat od 4400 Kč/t. Cenu za dopravu mají někteří prodejci už zakomponovánu v ceně pelet.

Pelety nám může dopravit buď speciální cisterna, která pelety „nafouká“ do zásobníku nejlépe dimenzovaného na celou topnou sezónu, nebo můžeme objednat balené pelety v 15 kg sáčcích, které jsou dodávány na paletách po 1 tuně. Pelety v tzv. big-bagu jsou určeny pro vytápění větších objektů. <sup>[35]</sup>



### 3.4. Dřevní štěpka

Dřevní, resp. lesní štěpka je strojně nakrácená a nadrcená dřevní hmota na částice o délce od 3 do 250 mm. Je získávána z odpadů lesní těžby a průmyslového zpracování dřeva nebo rychle rostoucích dřevin. Jedná se o velmi levné biopalivo určené pro vytápění větších budov. Podle kvality štěpky a dalších příměsí ji můžeme dělit na štěpku zelenou, hnědou a bílou. <sup>[36]</sup>

Zelená (lesní) štěpka - ze zbytků po lesní těžbě  
- zbytky drobných větví, listí, jehličí  
- vysoká vlhkost

Hnědá štěpka - ze zbytkových částí kmenů, pilařských odřezků  
- obsah kůry

Bílá štěpka - z odkorněného dříví

Výhřevnost: 8-16,5 MJ/kg

Váha/Objem: kolem 250 kg/m<sup>3</sup>

Vlhkost: 15-50 %



Obr. 3-6 Dřevní štěpka

Dřevní štěpka zatím není klasickým palivem s rozvinutou sítí dodavatelů pro malospotřebitele. Štěpku si může spotřebitel připravit v malých objemech sám vhodným drtičem například z rychle rostoucích dřevin nebo ze zbytků po prořezávce stromů. Jinak je možno se obrátit na těžařské firmy, distributory paliv, majitele lesů, pil, dřevozpracujícího průmyslu, správce státních lesů, apod. <sup>[36]</sup> Cena se pohybuje mezi 500 - 2500 Kč/t. <sup>[37]</sup>

Pro skladování štěpky potřebujeme prostornější dobře provětrávané sklady, jinak by mohlo dojít k samovznícení. <sup>[36]</sup>



## 4. Výpočet nákladů pro vybrané technologie

Dříve než začneme s výpočtem nákladů na vytápění pro vybrané technologie, musíme si uvědomit, kolik tepla za rok budeme potřebovat k zajištění tepelné pohody a ohřevu teplé vody. Potřeba tepla se odvíjí od konstrukčního řešení domu, který chceme vytápět, jeho umístění v krajině a v neposlední řadě od počtu lidí žijících v daném domě a jejich nároků. Předpokládáme tedy, že máme určit náklady na vytápění většího rodinného domku situovaného na venkově u Jičína, který obývá typická čtyřčlenná rodina - pracující rodiče se dvěma dětmi. Starý neekologický kotel v domě dosluhuje a zároveň je třeba vyměnit otopnou soustavu, postavit nový sklad paliva a komín.

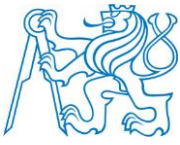
### 4.1. Stanovení potřebného množství tepla na jeden rok

Prvním krokem je určení celkové tepelné ztráty objektu. Teplo z domu uniká jednak prostupem přes konstrukce tvořící bariéru mezi vnitřními a vnějšími prostory, jednak výměnou vzduchu. Tepelná ztráta prostupem závisí na použitých materiálech, respektive na jejich tepelné vodivosti, na tloušťce konstrukcí, ploše a na rozdílu vnitřní a venkovní teploty. Ztráty výměnou vzduchu se skládají ze ztrát infiltrací, tedy netěsnostmi oken, dveří a spár, a ztrát větráním.<sup>[38]</sup> Prostup tepla okrajovými konstrukcemi se dá redukovat použitím izolačních materiálů, kvalitnějších oken a dveří. Infiltraci lze zase zabránit vyplněním všech spár a netěsností. Větrat z hygienických důvodů musíme, cestou úspor energie je rekuperační větrání. Pro výpočet celkových tepelných ztrát konkrétního domu je možno využít k tomu speciálně navržených programů dostupných na odborných webech.

Řekněme, že maximální tepelná ztráta našeho rodinného domu je přibližně 15 kW. **Potřebu tepla pro vytápění** na jedno otopné období vypočítáme pomocí denostupňové metody ze vztahu: <sup>[38] [39]</sup>

$$Q_{VYT,r} = \frac{24 \cdot 3600 \cdot \varepsilon \cdot d \cdot Q_{max}(t_{is} - t_{es})}{\eta_o \cdot \eta_r \cdot (t_{is} - t_e)} \quad [\text{J/rok}] \quad (4.1)$$

- kde
- $\varepsilon$  - opravný součinitel vyjadřující nesoučasnost přírážek při výpočtu tepelných ztrát a vliv přerušovaného vytápění [-],
  - $d$  - délka otopného období dána klimatickou oblastí a požadavky uživatele [dny],
  - $Q_{max}$  - maximální tepelná ztráta objektu [kW],
  - $t_{is}$  - vnitřní výpočtová teplota [°C],
  - $t_{es}$  - průměrná teplota během topného období,
  - $t_e$  - venkovní oblastní výpočtová teplota,
  - $\eta_o$  - účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy,
  - $\eta_r$  - účinnost rozvodů vytápění.



Výpočet denní potřeby tepla na ohřev teplé vody vychází z kalorimetrické rovnice: <sup>[39]</sup>

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \rho \cdot c \cdot V \cdot (t_2 - t_1) \quad [\text{J/den}] \quad (4.2)$$

kde  $z$  - koeficient energetických ztrát systému [-],  
 $\rho$  - hustota vody [ $\text{kg/m}^3$ ],  
 $c$  - měrná tepelná kapacita vody [ $\text{J/kgK}$ ],  
 $t_1$  - teplota studené vody [ $^{\circ}\text{C}$ ],  
 $t_2$  - teplota teplé vody [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Roční potřeba tepla na ohřev teplé vody je pak dána vztahem: <sup>[39]</sup>

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0.8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot (N - d) \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \quad [\text{J/rok}] \quad (4.3)$$

kde  $N$  - počet pracovních dní soustavy v roce [dny],  
 $t_{svl}$  - teplota studené vody v létě [ $^{\circ}\text{C}$ ],  
 $t_{svz}$  - teplota studené vody v zimě [ $^{\circ}\text{C}$ ].

**Celková potřeba tepla** je součtem tepla potřebného na vytápění a ohřev teplé vody. Zdroj tepla nicméně bude muset dodat do soustavy méně tepla díky **tepelným ziskům**. Mezi vnitřní tepelné zisky řadíme teplo produkované přístroji a osvětlením, zisky z rozvodu teplé vody a kanalizačního systému a metabolické zisky. Z vnější získáváme teplo z oslunění. Na základě [38],[40] a [41] celkový tepelný zisk  $Q_z$  pro náš dům odhaduji na 2 MWh za rok (7.2 GJ za rok).

Kotel tedy musí během roku vyrobit takovéto množství tepla:

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} - Q_z = 108.4 \text{ GJ} + 29.5 \text{ GJ} - 7.2 \text{ GJ} = \mathbf{130.6 \text{ GJ}} \quad (36.3 \text{ MWh})$$

Pro zadané parametry při výpočtu potřebných energií viz příloha 1) Výpočet roční potřeby energie na vytápění a TUV.





## 4.2. Investiční a provozní výdaje

Investiční výdaje shrnuje následující tabulka:

| Počáteční investice          |      |                |          |            |        |
|------------------------------|------|----------------|----------|------------|--------|
| <b>Pořízení zdroje tepla</b> |      |                |          |            |        |
|                              |      | H 425EKO       | MAKAK 25 | TKA BIO 25 |        |
| Cena                         | [Kč] | 28 786         | 66 990   | 95 469     |        |
| Doprava                      | [Kč] | 1 500          | 0        | 0          |        |
| Instalace                    | [Kč] | 10 000         | 20 000   | 20 000     |        |
| <b>Stavba skladu paliva</b>  |      |                |          |            |        |
|                              |      | Palivové dříví | Brikety  | Štěpka     | Pelety |
| Cena                         | [Kč] | 20 000         | 20 000   | 30 000     | 30 000 |
| <b>Stavba komínu</b>         |      |                |          |            |        |
| Cena                         | [Kč] | 49 000         |          |            |        |
| <b>Nová otopná soustava</b>  |      |                |          |            |        |
| Cena                         | [Kč] | 140 000        |          |            |        |

Tab. 4-1 Investiční výdaje

Ceny kotlů jsou ceny uváděné výrobcí. Doprava je buď zdarma, nebo závisí na hmotnosti kotle a vzdálenosti dodávky. Instalaci kotle musí kvůli uznání záruky provádět specializovaná firma, která má uzavřenou smlouvu s výrobcem. Cena instalace je odvislá od náročnosti prací při montáži kotle. Výrobci většinou nabízí vypracování odhadu ceny zdarma, odhadují ji mezi 20 000 - 40 000 Kč, u klasického kotle s ručním přikládáním se dá čekat méně. Počítáme s nejnižším odhadem, protože plánujeme vyměnit celou otopnou soustavu, tudíž by instalace nového kotle neměla být tak náročná. Při odhadu výdajů na sklady paliva jsem vycházel z poznatků, že v případě palivového dříví a briket stačí zamezit přímému kontaktu paliva s vodou. Při skladování štěpky musíme navíc zajistit odvětrávání, aby štěpka neplesnivěla nebo dokonce nedošlo k jejímu samovznícení. Pelety zase za vyšší vzdušné vlhkosti bobtnají, což bychom se měli snažit omezit. Cenu za komín a otopnou soustavu jsem stanovil s pomocí [41]. V ceně otopné soustavy je i akumulční nádrž. Předpokládáme životnosti kotlů jsou 15 let, u ostatních investic 30 let.

Před výčtem provozních výdajů nejprve uvedme kritické parametry vybraných paliv:

| Paliva     |         |                |         |        |        |                  |
|------------|---------|----------------|---------|--------|--------|------------------|
|            |         | Palivové dříví | Brikety | Štěpka | Pelety | Rostlinné pelety |
| Výhřevnost | [MJ/kg] | 16             | 17      | 13     | 17     | 16               |
| Cena       | [Kč/kg] | 3.5            | 4.8     | 2.5    | 5.4    | 4.6              |

Tab. 4-2 Parametry vybraných paliv

Uvedená výhřevnost a cena vychází z analýzy provedené v 3. kapitole. Jedná se o průměrné hodnoty. Inspiroval jsem se i na odborných webech [41] zabývajících se touto problematikou.



Dále uvedme, co s sebou nese roční provoz kotle:

| Provoz kotlů    |          |                |          |        |        |                  |        |
|-----------------|----------|----------------|----------|--------|--------|------------------|--------|
|                 |          | H 425EKO       | MAKAK 25 |        |        | TKA BIO 25       |        |
|                 |          | Palivové dříví | Brikety  | Štěpka | Pelety | Rostlinné pelety |        |
| Spotřeba paliva | [kg/rok] | 10 297         | 9 122    | 8 586  | 11 753 | 8 978            | 10 007 |
| Doba provozu    | [h/rok]  | 1 716          | 1 372    | 1 291  | 1 767  | 1 496            | 1 668  |
| Čas obsluhy     | [h/rok]  | 172            | 74       | 70     | 95     | 8                | 9      |

Tab. 4-3 Provoz kotlů

Spotřeba paliva je přímo úměrná potřebě tepla a nepřímo úměrná účinnosti kotle a výhřevnosti paliva. Doba provozu kotle vypočítáme jako podíl potřebného množství paliva a „rychlosti spalování“ uváděné výrobcem. Čas obsluhy můžeme přibližně určit jako podíl doby provozu a doby hoření uváděné výrobcem násobený předpokládaným časem, který strávíme jedním přiložením. Pro kotel H 425EKO počítejme na jedno přiložení 8 minut, pro MAKAK 25 5 minut (6 minut při topení štěpkou) a pro TKA BIO 25 10 minut.

Nyní už můžeme uvést **provozní výdaje**:

| Provozní výdaje  |          |                |          |        |        |                  |        |
|------------------|----------|----------------|----------|--------|--------|------------------|--------|
|                  |          | H 425EKO       | MAKAK 25 |        |        | TKA BIO 25       |        |
|                  |          | Palivové dříví | Brikety  | Štěpka | Pelety | Rostlinné pelety |        |
| Cena paliva      | [Kč/rok] | 36 039         | 31 928   | 41 211 | 29 381 | 48 480           | 46 030 |
| Obsluha          | [Kč/rok] | 11 441         | 5 292    | 4 981  | 6 818  | 831              | 927    |
| Údržba           | [Kč/rok] | 700            | 700      | 700    | 900    | 700              | 900    |
| Kontrola komínu  | [Kč/rok] | 800            | 800      | 800    | 800    | 800              | 800    |
| Vlastní spotřeba | [Kč/rok] | 0              | 76       | 72     | 98     | 139              | 155    |

Tab. 4-4 Provozní výdaje

Cena paliva je prostý součin potřebného množství paliva a jeho ceny vztahené na 1 kg. Výdaje na údržbu a kontrolu komínu byly stanoveny s pomocí [41]. Vlastní spotřeba je součin maximálního příkonu kotle snížený na 1/3, protože kotel nepracuje neustále s maximálním příkonem, doby provozu a průměrné ceny elektřiny. Počítáno s cenou 3.71 Kč/kWh ve vysokém tarifu násobenou 0.75x pro zprůměrování vysokého a nízkého tarifu.

Výdaje na obsluhu zde představují částku, kterou bychom museli motivovat nějakého člena rodiny, aby kotel pravidelně obsluhoval. Pro objektivnost výsledků položíme hodinovou mzdu topiče rovnu nákladům naší ušlé příležitosti - opportunity cost, 100 Kč/h.



### 4.3. Diskont a peněžní tok

Abychom mohli ekonomicky ohodnotit naši investici, musíme znát časovou hodnotu našich finančních prostředků - diskont. Nominální diskont může odpovídat např. zhodnocení peněz na termínovaném účtu, položíme tedy  $r_n = 3\%$ . Ceny v následujících letech bude pravděpodobně ovlivňovat míra inflace. <sup>[42]</sup> Výši inflace za nás odhadla Česká národní banka, resp. stanovila dlouhodobý inflační cíl na 2%. <sup>[43]</sup> Reálné zhodnocení peněz pak můžeme určit ze vztahu:

$$(1 + r_n) = (1 + \alpha) \cdot (1 + r_r) \quad (4.4)$$

Dalším krokem je stanovení cash flow jednotlivých let. Vzhledem k tomu, že životnost kotlů odhadujeme na 15 let a ostatních investic na 30 let, je rozumné udělat cash flow pro následujících 30 let. Předpokládáme růst všech cen shodně s inflací. Uvedme zde jako příklad tok hotovosti při zvolení kotle H 425EKO pro prvních 5 let.

#### H 425EKO - Palivové dříví

|                      | 2016           | 2017          | 2018          | 2019          | 2020          |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Palivo               | 36 039         | 36 759        | 37 495        | 38 244        | 39 009        |
| Servis a údržba      | 700            | 714           | 728           | 743           | 758           |
| Kontrola komínu      | 800            | 816           | 832           | 849           | 866           |
| Obsluha              | 11 441         | 11 670        | 11 903        | 12 141        | 12 384        |
| Vlastní spotřeba     | 0              | 0             | 0             | 0             | 0             |
| <b>CF provozní</b>   | <b>48 979</b>  | <b>49 959</b> | <b>50 958</b> | <b>51 977</b> | <b>53 017</b> |
| Zdroj tepla          | 40 286         | 0             | 0             | 0             | 0             |
| Sklad paliva         | 20 000         | 0             | 0             | 0             | 0             |
| Komín                | 49 000         | 0             | 0             | 0             | 0             |
| Otopná soustava      | 140 000        | 0             | 0             | 0             | 0             |
| <b>CF investiční</b> | <b>249 286</b> | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>      |
| <b>CF finanční</b>   | <b>0</b>       | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>      |
| <b>CF celkem</b>     | <b>298 265</b> | <b>49 959</b> | <b>50 958</b> | <b>51 977</b> | <b>53 017</b> |

Tab. 4-5 Cash flow prvních pěti let při zvolení kotle H 425EKO



#### 4.4. Čistá současná hodnota

Pro zhodnocení investic použijeme čistou současnou hodnotu výdajů (NPV - Net Present Value), neboť dává srozumitelný výsledek a tím i jasná rozhodovací kritéria. Definována je jako diskontovaný součet hotovostních toků za dobu životnosti projektu:

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i} \text{ [Kč]}. \quad (4.5)$$

Nejvyšší NPV výdajů znamená nejlepší výsledek. Pro lepší porovnání investic ještě definujeme  $\Delta NPV$  jako rozdíl dané varianty a nejlepší varianty.

| Vytápění a ohřev TUV |                  |               |               |        |
|----------------------|------------------|---------------|---------------|--------|
| Kotel                | Palivo           | NPV           | $\Delta NPV$  |        |
| H 425EKO             | Palivové dříví   | -1 564 191 Kč | -179 087 Kč   | 12.93% |
| MAKAK 25             |                  |               | -1 385 104 Kč | 0 Kč   |
|                      | Brikety          | -1 619 473 Kč | -234 368 Kč   | 16.92% |
|                      | Štěpka           | -1 409 877 Kč | -24 773 Kč    | 1.79%  |
| Rojek TKA BIO 25     | Pelety           | -1 765 830 Kč | -380 726 Kč   | 27.49% |
|                      | Rostlinné pelety | -1 709 925 Kč | -324 821 Kč   | 23.45% |

Tab. 4-6 NPV výdajů při vytápění a ohřevu TUV

| Vytápění bez ohřevu TUV |                  |               |               |        |
|-------------------------|------------------|---------------|---------------|--------|
| Kotel                   | Palivo           | NPV           | $\Delta NPV$  |        |
| H 425EKO                | Palivové dříví   | -1 284 403 Kč | -119 081 Kč   | 10.22% |
| MAKAK 25                |                  |               | -1 165 323 Kč | 0 Kč   |
|                         | Brikety          | -1 346 847 Kč | -181 525 Kč   | 15.58% |
|                         | Štěpka           | -1 187 943 Kč | -22 621 Kč    | 1.94%  |
| Rojek TKA BIO 25        | Pelety           | -1 474 428 Kč | -309 106 Kč   | 26.53% |
|                         | Rostlinné pelety | -1 432 307 Kč | -266 984 Kč   | 22.91% |

Tab. 4-7 NPV výdajů při vytápění bez ohřevu TUV

Porovnáním čistých současných hodnot výdajů vidíme, že nejlepší variantou je pořízení zplynovacího kotle MAKAK 25, ve kterém budeme spalovat klasické palivové dříví. Pro dražší variantu, automatický kotel na pelety, bychom se mohli rozhodnout při požadavku vyššího komfortu. Naopak jako rozhodně nevýhodné se jeví investování do klasického kotle s ručním přikládáním a stejně tak spalování briket ve zplynovacím kotli. Na zplynovací kotel a automatický kotel na pelety lze navíc čerpat „kotlíkové dotace“ v rámci každoročních výzev, které ještě více prohloubí rozdíl mezi kotlem MAKAK 25 a klasickým kotlem H 425EKO. Pro posouzení vlivu dotací na výsledek viz příloha 2) Vliv dotací na efektivnost projektů.



## 4.5. Roční náklady

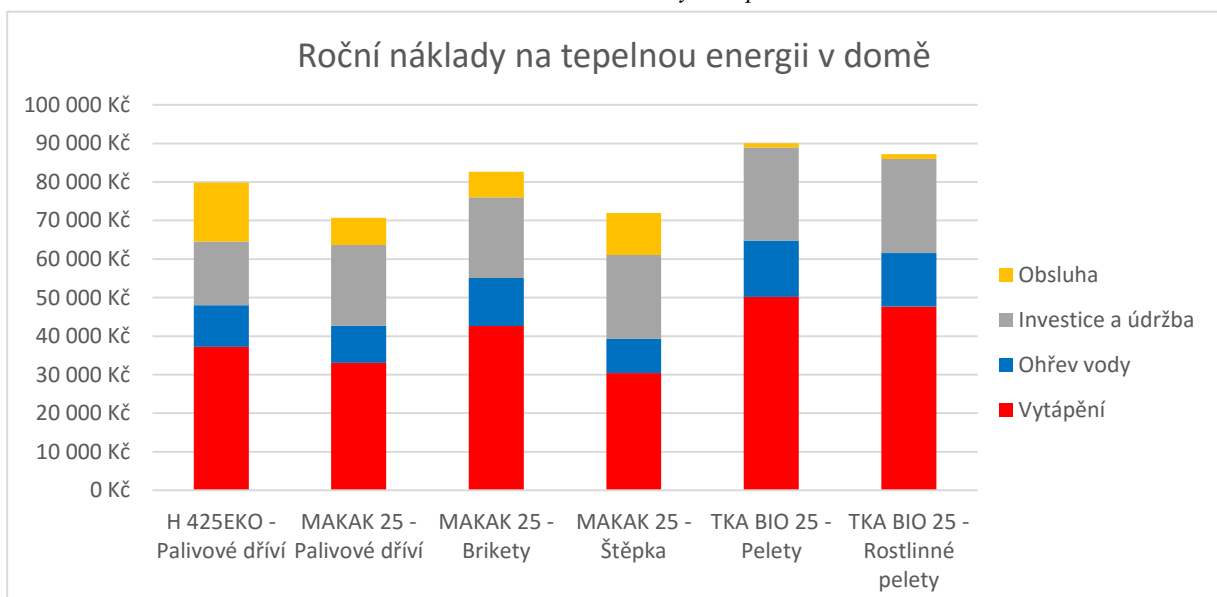
Za roční náklady lze považovat roční ekvivalentní cash flow, které vypočítáme pomocí annuity z čisté současné hodnoty projektu. Využijeme přitom aditivnosti NPV, takže budeme schopni určit přímé náklady na vytápění, ohřev teplé vody, investici a údržbu a obsluhu. Spočteme si tedy nejprve annuitu pro  $r_n = 3\%$  a  $T = 30$  let:

$$anuita = \frac{q^T \cdot (q-1)}{q^T - 1} \cong 0.05102 [-] \quad (4.6)$$

Když annitou vynásobíme NPV výdajů za palivo a vlastní spotřebu, dostaneme průměrné roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody. Vynásobením výsledku poměrem tepla potřebného pro vytápění a celkového potřebného tepla dostaneme náklady na vytápění za rok. Analogicky získáme náklady na ohřev teplé vody. Náklady na investici a údržbu opět dostaneme vynásobením čistých současných hodnot investic a výdajů na údržbu annitou. Obdobně vypočítáme i náklady na obsluhu. Roční náklady na teplo shrnuje následující tabulka:

| Kotel            | Palivo           | Vytápění  | Ohřev vody | Investice a údržba | Obsluha   | Celkem           |
|------------------|------------------|-----------|------------|--------------------|-----------|------------------|
| H 425EKO         | Palivové dříví   | 37 220 Kč | 10 835 Kč  | 16 494 Kč          | 15 255 Kč | <b>79 804 Kč</b> |
| MAKAK 25         |                  | 33 053 Kč | 9 622 Kč   | 20 935 Kč          | 7 057 Kč  | <b>70 667 Kč</b> |
|                  | Brikety          | 42 636 Kč | 12 412 Kč  | 20 935 Kč          | 6 642 Kč  | <b>82 624 Kč</b> |
|                  | Štěpka           | 30 446 Kč | 8 863 Kč   | 21 712 Kč          | 10 910 Kč | <b>71 931 Kč</b> |
| Rojek TKA BIO 25 | Pelety           | 50 212 Kč | 14 617 Kč  | 24 154 Kč          | 1 108 Kč  | <b>90 091 Kč</b> |
|                  | Rostlinné pelety | 47 698 Kč | 13 885 Kč  | 24 420 Kč          | 1 235 Kč  | <b>87 239 Kč</b> |

Tab. 4-8 Roční náklady na teplo



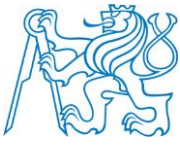
Obr. 4-1 Roční náklady na tepelnou energii v domě



Měrné náklady na 1 GJ získáme podělením celkových nákladů celkovou potřebou tepla (130.6 GJ):

| <b>Kotel</b>     | <b>Palivo</b>    | <b>Celkové náklady</b> | <b>Měrné náklady</b> |
|------------------|------------------|------------------------|----------------------|
| H 425EKO         | Palivové dříví   | 79 804 Kč              | <b>611 Kč</b>        |
| MAKAK 25         |                  |                        | 70 667 Kč            |
|                  | Brikety          | 82 624 Kč              | <b>632 Kč</b>        |
|                  | Štěpka           | 71 931 Kč              | <b>551 Kč</b>        |
| Rojek TKA BIO 25 | Pelety           | 90 091 Kč              | <b>690 Kč</b>        |
|                  | Rostlinné pelety | 87 239 Kč              | <b>668 Kč</b>        |

*Tab. 4-9 Měrné náklady*



## Závěr

Biomasa je k vytápění rodinných domů využívána v čím dál větší míře. Může za to pravděpodobně ekologičtější smýšlení lidí podporované státními subwencemi a široký výběr moderních vytápěcích zařízení na trhu, přičemž svou roli hraje i nezávislost na fosilních palivech.

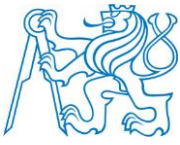
Práce si kladla za cíl zaprvé seznámit čtenáře s energetickými parametry biomasy a jejím zpracováním. Asi nejdůležitějším parametrem je výhřevnost, která u suché biomasy leží typicky v rozmezí 15 – 19 MJ/kg, s rostoucím obsahem vody však rychle klesá. Nepříjemná je tedy relativně vysoká hygroskopičnost biomasy. Biomasa se také vyznačuje vysokým podílem prchavé hořlaviny, což trochu komplikuje spalování.

Dále byly popsány technologie pro využití biomasy v malých zdrojích dostupné na trhu. Byly vybrány tři konkrétní modely kotlů vyráběných v České republice, které reprezentují široké spektrum na trhu vyskytujících se zařízení. Jedná se o ocelový kotel H 425 EKO od firmy OPOP s.r.o., zplynovací kotel MAKAK 25 od společnosti KOVARSON s.r.o. a automatický kotel na pelety Rojek TKA BIO 25 z dílny Rojek dřevoobráběcí stroje a.s. V textu je popsán princip funkce těchto kotlů, jsou uvedeny jejich technické parametry, přednosti, nevýhody a pořizovací cena.

V třetí kapitole byla analyzována cena a dostupnost paliv z biomasy. Bylo zjištěno, že v České republice je rozvinutá síť producentů a dodavatelů palivového dřeva, briket i pelet. V průměru je cena za tunu paliva nejnižší u palivového dřeva, nejvyšší naopak u pelet, což koresponduje s technickou náročností produkce těchto paliv. Cena značně závisí na kvalitě paliva a mnoha dalších faktorech. Dřevní štěpka zatím nemá rozvinutou síť dodavatelů pro malospotřebitele, nicméně i tu lze sehnat za příznivou cenu od majitelů dřevozpracujícího průmyslu a jiných.

V poslední kapitole jsem provedl výpočet nákladů na vytápění většího rodinného domku pomocí vybraných technologií. Kalkulaci nákladů předcházelo stanovení potřebného množství tepla na vytápění a ohřev teplé vody za rok. Následně jsem určil investiční a provozní výdaje, sestavil cash flow jednotlivých let, spočítal čistou současnou hodnotu každé varianty a roční ekvivalentní cash flow, což jsem prezentoval jako roční náklady na tepelnou energii v domě. Porovnáním ročních nákladů jsem dospěl k názoru, že pro dané podmínky je nejvýhodnější vytápění zplynovacím kotlem a topení palivovým dřevem. Při požadavku vyššího komfortu vytápění lze uvažovat o pořízení automatického kotle na pelety. Naopak investování do klasického kotle s ručním příkládáním se jeví jako neefektivní. Nicméně nesmíme zapomínat na to, že výsledek vychází z průměrných hodnot cen a výhřevností paliv a dalších a že spoléháme na čestnost výrobce při udávání parametrů kotle.

Věřím, že všech cílů bylo dosaženo a že snad i práce pomůže někomu při výběru vytápěcího zařízení. Hlavní přínos práce pro mě spatřuji v tom, že se mi podařilo nahlédnout na problematiku vytápění v celé její komplexnosti.



## Literatura

- [1] Biomasa - definice a členění. *TZB-info* [online]. Autor: Bronislav Bechnik [cit. 2015-12-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5641-biomasa-definice-a-cleneni>
- [2] Předpis č. 17/1992 Sb., Zákon o životním prostředí [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17>
- [3] Předpis č. 165/2012 Sb., Zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165>
- [4] Informace o využívání biomasy. ČEZ [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/biomasa/informace-o-vyuzivani-biomasy.html>
- [5] MASTNÝ, Petr. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 254 s. ISBN 9788001049372.
- [6] PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a Petr JEVIČ. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004, 286 s. ISBN 8086534065.
- [7] Kamna prohřejí i moderní domácnost. Krbaři a kamnáři [online]. [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <http://www.krbari-kamnari.cz/kamna.php>
- [8] MURTINGER, Karel a Jiří BERANOVSKÝ. *Energie z biomasy*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 106 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-2916-6.
- [9] Energie biomasy. *Ekowatt* [online]. [cit. 2015-12-06]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>
- [10] Možnosti využití biomasy. *Biom* [online]. [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-biomasy>
- [11] Dřevo a jeho spalování. *Topení Dřevem* [online]. [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: <http://www.topenidrevem.cz/index.php?page=clanek>
- [12] JIROUŠ, František. *Efektivní spalování paliv*. Vyd. 1. Praha: Český svaz zaměstnavatelů v energetice, c2013, 133 s. ISBN 978-80-260-5393-4.





- [13] Popel z biomasy - významný zdroj živin. *Biom* [online]. [cit. 2015-12-07].  
Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/popel-z-biomasy-vyznamny-zdroj-zivin>
- [14] Biomasa a uhlí v kotlích malých výkonů. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-12-07].  
Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/11527-biomasa-a-uhli-v-kotlich-malych-vykonu>
- [15] Emise při spalování biomasy. *Biom* [online]. [cit. 2015-12-07].  
Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/emise-pri-spalovani-biomasy-2>
- [16] SKÁLA, Zdeněk a Tadeáš OCHODEK. *Energetické parametry biomasy: projekt GAČR 101/04/1278*. Vyd. 1. V Brně: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007, 91 s. Knihovnicka.cz. ISBN 978-80-214-3493-6.
- [17] Zplyňovací kotel MAKAK 25kW. *KOVARSON* [online]. [cit. 2015-12-16].  
Dostupné z: <http://www.kovaron.cz/cs/produkty/produktove-skupiny/kotle-na-drevo-makak/154-zplynovaci-kotel-makak-25kw>
- [18] Zplyňovací kotel MAKAK s emisní třídou 5 pro nový dotační program. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-12-21].  
Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/13516-zplynovaci-kotel-makak-s-emisni-tridou-5-pro-novy-dotacni-program>
- [19] Zplyňovací kotel MAKAK 25 kW. *VŠE PRO DŘEVO* [online]. [cit. 2015-12-24].  
Dostupné z: <http://www.vseprodrevo.cz/-zplynovaci-kotel-makak-25kw/>
- [20] TKA BIO 25 - Automatický teplovodní kotel na dřevěné pelety. *Rojek* [online]. [cit. 2015-12-24].  
Dostupné z: <http://www.rojek.cz/rojek.asp?jazyk=cz&Vyrobek=1035002&go=Vyrobek>
- [21] Rojek TKA BIO 25 - kotel na dřevěné pelety, pravé provedení. *Topení nejlevněji* [online]. [cit. 2015-12-25].  
Dostupné z: <http://www.topeninejlevneji.cz/cz/e-shop/1206202/c73131-automat-na-drevene-pelety/rojek-tka-bio-25-kotel-na-drevene-pelety-prave-provedeni.html>
- [22] Ocelové kotle na dřevo a hnědé uhlí H4EKO. *OPOP* [online]. [cit. 2015-12-26].  
Dostupné z: <http://www.opop.cz/ocelove-kotle-na-drevo-a-hnede-uhli-h4eko>
- [23] Котел ОРОП Н425ЕКО в комплекте с горелкой и бункером. *BizOrg* [online]. [cit. 2015-12-26].  
Dostupné z: <http://by.bizorg.su/kotly-tverdotoplivnye-r/p946596-kotel-opop-h425eko-v-komplekte-s-gorelkoy-i-bunkerom>



- [24] OPOP Kotel H 425 EKO. *AkoupelnyAtopeni* [online]. [cit. 2015-12-26].  
Dostupné z: <http://www.akoupelnyatopeni.cz/topeni-a-ohrev-vody/opop-kotel-h-425-eko>
- [25] Dokumentace. *OPOP* [online]. [cit. 2015-12-26].  
Dostupné z: <http://www.opop.cz/dokumentace>
- [26] Návod k obsluze kotle na dřevo MAKAK. KOVARSON [online]. [cit. 2015-12-27].  
Dostupné z: <http://www.kovarson.cz/images/soubory/MAKAK.pdf>
- [27] TKA BIO - Původní návod k používání. *Rojek* [online]. [cit. 2015-12-27].  
Dostupné z: [http://www.rojek.cz/pdf/TTP/TKA\\_BIO\\_cz.pdf](http://www.rojek.cz/pdf/TTP/TKA_BIO_cz.pdf)
- [28] Renesance pařezin: nový zdroj energetické biomasy na českém venkově?. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-12-28].  
Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/12844-renesance-parezin-novy-zdroj-energeticke-biomasy-na-ceskem-venkove>
- [29] Ekonomie dopravy dřevní hmoty. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-12-28].  
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1498-ekonomie-dopravy-drevni-hmoty>
- [30] Ceník palivového dřeva Hořice. *KRB PALIVO* [online]. [cit. 2015-12-28].  
Dostupné z: <http://www.krb-palivo.cz/cenik-palivoveho-dreva-horice.html>
- [31] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-12-28].  
Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>.  
ISSN: 1801-2655.
- [32] Přehled cen briket z biomasy. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-12-28].  
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/117-prehled-cen-briket-z-biomasy>
- [33] STUPAVSKÝ, Vladimír: Pelety z biomasy - dřevěné, rostlinné, kůrové pelety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-12-28].  
Dostupné: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>.  
ISSN: 1801-2655.
- [34] Dřevěné pelety mají další plus. Certifikát ENplus ručí za jejich kvalitu, trhu to prospěje. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-12-28].  
Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/9758-drevene-pelety-maji-dalsi-plus-certifikat-enplus-ruci-za-jejich-kvalitu-trhu-to-prospeje>



- [35] Přehled cen pelet. TZB-info [online]. [cit. 2015-12-28].  
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/43-prehled-cen-pelet>
- [36] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Dřevní štěrka - zelená, hnědá, bílá. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-12-29].  
Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>. ISSN: 1801-2655.
- [37] Přehled cen dřevní štěrky. TZB-info [online]. [cit. 2015-12-29].  
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/37-prehled-cen-drevni-stepky>
- [38] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-807-6020-9.
- [39] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-04-20].  
Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [40] AMBROŽOVÁ, Iva a Petr HORÁK. *Stanovení tepelných zisků zasklení ze slunečního záření v energetickém hodnocení budov* [online]. [cit. 2016-05-1].  
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8972-stanoveni-tepelnych-zisku-zaskleni-ze-slunecniho-zareni-v-energetickem-hodnoceni-budov>
- [41] Porovnání nákladů na vytápění TZB-info. TZB-info [online]. [cit. 2016-05-1].  
Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>
- [42] KISLINGEROVÁ, Eva. *Manažerské finance*. 3. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2010. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7400-194-9.
- [43] Aktuální prognóza ČNB. ČNB [online]. [cit. 2016-05-4].  
Dostupné z: [http://www.cnb.cz/cs/menova\\_politika/prognoza/index.html](http://www.cnb.cz/cs/menova_politika/prognoza/index.html)



## Použité obrázky a grafy

|          |  |
|----------|--|
| Obr. 1-1 | Závislost výhřevnosti na obsahu vody [11]                        |
| Obr. 2-1 | Kotel H 425 EKO [22]   |
| Obr. 2-2 | Řez kotlem H 425 EKO [23]  |
| Obr. 2-3 | Zplynovací kotel MAKAK [18]                                      |
| Obr. 2-4 | Řez kotlem MAKAK [18]  |
| Obr. 2-5 | Hlavní části kotle MAKAK [17]                                    |
| Obr. 2-6 | Kotel Rojek TKA BIO 25 [20]                                      |
| Obr. 2-7 | Kotel v provozu [20]   |
| Obr. 2-8 | Základní části kotle TKA BIO 25 [27]                             |
| Obr. 2-9 | Retortový hořák [20]   |
| Obr. 3-1 | Těžba palivového dřeva v ČR během minulých šesti desetiletí [28] |
| Obr. 3-2 | Ceník palivového dřeva firmy z Hořic v Podkrkonoší [30]          |
| Obr. 3-3 | Dřevěné brikety [31]   |
| Obr. 3-4 | Dřevěné pelety bez kůry [33]                                     |
| Obr. 3-5 | Pelety ze slunečnice [33]  |
| Obr. 3-6 | Dřevní štěpka [36]   |
| Obr. 4-1 | Roční náklady na tepelnou energii v domě                         |



## Seznam tabulek

|          |   |
|----------|---|
| Tab. 1-1 | Výhřevnost biomasy. [9]                               |
| Tab. 1-2 | Obsah prchavé hořlaviny. [11]                         |
| Tab. 1-3 | Složení popeloviny. [14]                              |
| Tab. 2-1 | Technické parametry kotle H 425EKO. [25]              |
| Tab. 2-2 | Technické parametry kotle MAKAK 25. [26]              |
| Tab. 2-3 | Technické parametry kotle TKA BIO 25. [27]            |
| Tab. 3-1 | Vzájemné objemové přepočtové poměry. [29]             |
| Tab. 4-1 | Investiční výdaje                                     |
| Tab. 4-2 | Parametry vybraných paliv                             |
| Tab. 4-3 | Provoz kotlů  |
| Tab. 4-4 | Provozní výdaje                                       |
| Tab. 4-5 | Cash flow prvních pěti let při zvolení kotle H 425EKO |
| Tab. 4-6 | NPV výdajů při vytápění a ohřevu TUV                  |
| Tab. 4-7 | NPV výdajů při vytápění bez ohřevu TUV                |
| Tab. 4-8 | Roční náklady na teplo                                |
| Tab. 4-9 | Měrné náklady   |

## Seznam příloh

- 1) Výpočet roční potřeby energie na vytápění a TUV
- 2) Vliv dotací na efektivnost projektů
- 3) Náklady na vytápění - výpočet v Excelu, na přiloženém CD

### Vypracoval:

Vít Nosek

nosekvit@fel.cvut.cz

Elektrotechnika a management

studijní plán: Elektrotechnika, energetika a management - Elektrotechnika a management (BPEEM2)

katedra obhajoby podle studijního plánu: katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



## 1) Výpočet roční potřeby energie na vytápění a TUV [38] [39]

|                         | Veličina    | Jednotka              | Hodnota               | Název   |
|-------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|---|
| <b>Lokalita</b>         | $t_{em}$    | [°C]                  | 13                    | Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období  |
|                         | $t_e$       | [°C]                  | -15                   | Venkovní výpočtová teplota  |
|                         | $t_{es}$    | [°C]                  | 3.9                   | Průměrná teplota během topného období                               |
|                         | $d$         | [dny]                 | 234                   | Délka topného období  |
| <b>Vytápění</b>         | $Q_C$       | [kW]                  | 15                    | Tepelná ztráta objektu  |
|                         | $t_{is}$    | [°C]                  | 19                    | Průměrná vnitřní výpočtová teplota                                  |
|                         | $D$         | [K*dny]               | 3533                  | Vytápěcí denostupně   |
|                         | $e_i$       | [-]                   | 0.85                  | Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem   |
|                         | $e_t$       | [-]                   | 0.90                  | Snížení teploty v místnosti během dne respektive noci               |
|                         | $e_d$       | [-]                   | 1.00                  | Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu            |
|                         | $\epsilon$  | [-]                   | 0.765                 | Opravný součinitel  |
|                         | $\eta_o$    | [-]                   | 0.98                  | Účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy                   |
|                         | $\eta_r$    | [-]                   | 0.97                  | Účinnost rozvodu vytápění   |
|                         |             | $Q_{VYT,r}$           | [GJ/rok]<br>[MWh/rok] | 108.4<br>30.1   |
| <b>Ohřev teplé vody</b> | $t_1$       | [°C]                  | 10                    | Teplota studené vody  |
|                         | $t_2$       | [°C]                  | 55                    | Teplota teplé vody  |
|                         | $V$         | [m <sup>3</sup> /den] | 0.328                 | Celková potřeba teplé vody za 1 den                                 |
|                         | $\rho$      | [kg/m <sup>3</sup> ]  | 1000                  | Hustota vody  |
|                         | $c$         | [J/kgK]               | 4186                  | Měrná tepelná kapacita vody   |
|                         | $z$         | [-]                   | 0.5                   | Koeficient energetických ztrát systému                              |
|                         | $Q_{TUV,d}$ | [kWh]                 | 25.7                  | Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody                            |
|                         | $t_{svl}$   | [°C]                  | 15                    | Teplota studené vody v létě   |
|                         | $t_{svz}$   | [°C]                  | 5                     | Teplota studené vody v zimě   |
|                         | $N$         | [dny]                 | 365                   | Počet pracovních dní soustavy v roce                                |
|                         | $Q_{TUV,r}$ | [GJ/rok]<br>[MWh/rok] | 29.5<br>8.2           | <b>Roční potřeba energie na ohřev teplé vody</b>                    |
| <b>Celkem</b>           | $Q_r$       | [GJ/rok]              | 137.8                 | <b>Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody</b> |
|                         |             | [MWh/rok]             | 38.3                  |   |

**Tepelný zisk**  $Q_z$  [GJ/rok] 7.2 **Odhadovaný tepelný zisk**  
[MWh/rok] 2.0

**Potřebné teplo**  $Q_r$  [GJ/rok] 130.6 **Teplo, které musí dodat zdroj**  
[MWh/rok] 36.3



## 2) Vliv dotací na efektivnost projektů

Při nahrazení starého neekologického kotle na tuhá paliva kotlem novým splňujícím ECODESIGN lze čerpat tzv. „kotlíkové dotace“, které mohou pokrýt až 85% nákladů na pořízení nového zdroje, jeho instalaci, novou otopnou soustavu a další. Dotace se však počítá z maximální částky 150 tis. Kč (tj. maximální výše dotace 127.5 tis Kč). Počítejme tedy s tím, že v druhém roce dostaneme 80 000 Kč, což je dotace snižená o zvýšené výdaje související s podáním žádosti o dotaci. NPV výdajů jednotlivých projektů pak vychází:

### Vytápění a ohřev TUV + dotace

| Kotel            | Palivo           | NPV           | ΔNPV          |        |
|------------------|------------------|---------------|---------------|--------|
| H 425EKO         | Palivové dříví   | -1 564 191 Kč | -256 757 Kč   | 19.64% |
| MAKAK 25         |                  |               | -1 307 434 Kč | 0 Kč   |
|                  | Brikety          | -1 541 803 Kč | -234 368 Kč   | 17.93% |
|                  | Štěpka           | -1 332 207 Kč | -24 773 Kč    | 1.89%  |
| Rojek TKA BIO 25 | Pelety           | -1 688 160 Kč | -380 726 Kč   | 29.12% |
|                  | Rostlinné pelety | -1 632 255 Kč | -324 821 Kč   | 24.84% |

### Vytápění bez ohřevu TUV + dotace

| Kotel            | Palivo           | NPV           | ΔNPV          |        |
|------------------|------------------|---------------|---------------|--------|
| H 425EKO         | Palivové dříví   | -1 284 403 Kč | -196 750 Kč   | 18.09% |
| MAKAK 25         |                  |               | -1 087 653 Kč | 0 Kč   |
|                  | Brikety          | -1 269 178 Kč | -181 525 Kč   | 16.69% |
|                  | Štěpka           | -1 110 273 Kč | -22 621 Kč    | 2.08%  |
| Rojek TKA BIO 25 | Pelety           | -1 396 758 Kč | -309 106 Kč   | 28.42% |
|                  | Rostlinné pelety | -1 354 637 Kč | -266 984 Kč   | 24.55% |