

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Porovnání vytápění montovaných dřevostaveb
RD**

Daniel Šrám

2020

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Hlava, PhD.



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 16.5.2020

.....
Daniel Šrám



Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Hlavovi, PhD. za ochotu a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu firmy Avepo s.r.o. Lud'ku Vejrovi a stavbyvedoucímu firmy Stavitelství Kašpar s.r.o. Bc. Lukáši Vachovi za poskytnuté konzultace. Obzvláště bych pak chtěl poděkovat své přítelkyni a rodině za podporu v průběhu celého studia i během psaní této práce.



Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá tematikou vytápění nízkoenergetických panelových dřevostaveb. Teoretická část obsahuje pojednání o dřevostavbách a jednotlivých možnostech vytápění. Praktická část porovnává dva různé vytápěcí systémy u dvou prakticky identických objektů. Systémy jsou porovnány z hlediska doby realizace a ekonomické výhodnosti systémů.

Klíčová slova

Dřevostavby, porovnání, vytápěcí systémy, rodinný dům.



Annotation

This bachelor's thesis deals with the topic of heating low-energy prefabricated wooden structures. The theoretical part contains a discussion of wooden buildings and individual heating options. The practical part compares two different heating systems for two practically identical buildings. The systems are compared in terms of time and economic benefits of the systems.

Keywords

Wooden structures, comparisons, heating systems, family house.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šrám Jméno: Daniel Osobní číslo: 468393
 Zadávající katedra: katedra technologie staveb
 Studijní program: Stavební inženýrství
 Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Porovnání vytápění montovaných dřevostaveb RD
 Název bakalářské práce anglicky: Comparing of heating for prefabricated wooden buildings
 Pokyny pro vypracování:
 1) Popis dřevostaveb
 2) Možnosti vytápění dřevostaveb
 3) Návrh vytápění RD Žamberk
 4) Návrh vytápění RD Rtyně v Podkrkonoší
 5) Porovnání těchto druhů vytápění z hlediska financí a časové náročnosti
 Seznam doporučené literatury:
 Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Hlava, Ph.D.
 Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2020
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku
 _____ Podpis vedoucího práce _____ Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

20.2.2020 Datum převzetí zadání _____ Podpis studenta(ky)



OBSAH

ÚVOD	9
TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA DŘEVOSTAVEB	10
1.1 Proč právě dřevo?	10
1.2 Historie dřevostaveb	10
1.3 Typy dřevostaveb	11
1.3.1 Srubové stavby	11
1.3.2 Masivní plošné stavby	12
1.3.3 Hrázděné stavby	12
1.3.4 Novodobý skelet	12
1.3.5 Rámové stavby	13
1.3.6 Panelové stavby	13
1.4 Výhody a nevýhody dřevostaveb	14
1.4.1 Výhody	14
1.4.2 Nevýhody	14
2 MOŽNOSTI VYTÁPĚNÍ DŘEVOSTAVEB	15
2.1 Čím topit v dřevostavbě?	15
2.2 Základní zdroje tepla	15
2.2.1 Tuhá paliva	15
2.2.1.1 Uhlí	16
2.2.1.2 Palivové dřevo	16
2.2.1.3 Dřevěné brikety	16
2.2.1.4 Dřevěné pelety	17
2.2.2 Zemní plyn	17
2.2.2.1 Lokální vytápění	18
2.2.2.2 Centrální vytápění	18
2.2.3 Elektřina	19
2.2.3.1 Elektrokotel	20
2.2.3.2 Elektrické přímotopy	20
2.2.4 Tepelné čerpadlo	21
2.2.4.1 Princip tepelného čerpadla	22
2.2.4.2 Vzduch – voda	22
2.2.4.3 Voda – voda	23
2.2.4.4 Země – voda	23
2.2.5 Energie slunečního záření	24
2.2.5.1 Fototermický kolektor	24
2.2.5.2 Fotovoltaický kolektor	25
2.3 Rozvodné systémy tepla	25
2.3.1 Otopná tělesa	25
2.3.1.1 Článeková otopná tělesa	25
2.3.1.2 Desková otopná tělesa	26
2.3.1.3 Trubková otopná tělesa	26
2.3.1.4 Konvektory	27
2.3.2 Integrované otopné plochy	27
2.3.2.1 Podlahové vytápění	28
2.3.2.2 Stěnové vytápění	29
2.3.2.3 Stropní vytápění	30
PRAKTICKÁ ČÁST	31
3 NÁVRH VYTÁPĚNÍ RD ŽAMBERK	31
3.1 Základní údaje o stavbě	31
3.2 Použitý systém	32



3.2.1	Konstrukční systém a skladby.....	32
3.2.2	Systém vytápění.....	34
3.2.3	Potřeba tepla pro vytápění.....	34
3.2.3.1	<i>Velikost vytápěné plochy.....</i>	<i>34</i>
3.2.3.2	<i>Celková tepelná ztráta domu.....</i>	<i>34</i>
3.2.3.3	<i>Výpočet potřeby tepla pro vytápění.....</i>	<i>35</i>
3.3	Zjednodušený technologický předpis.....	36
3.3.1	Použité materiály.....	36
3.3.2	Připravenost.....	36
3.3.3	Pracovní postup.....	37
3.3.4	Požadavky na kontrolu kvality.....	37
3.4	Výpočet doby trvání.....	38
3.5	Výpočet celkových nákladů na technologie.....	38
3.5.1	Výpočet nákladů za realizace.....	38
3.5.2	Výpočet nákladů za roční provoz.....	39
3.5.2.1	<i>Výpočet ceny energií za rok.....</i>	<i>39</i>
3.5.2.2	<i>Výpočet vedlejších nákladů za provoz.....</i>	<i>41</i>
3.5.2.3	<i>Celkové náklady na provoz.....</i>	<i>41</i>
4	NÁVRH VYTÁPĚNÍ RD RTYŇĚ V PODKRKONOŠÍ.....	43
4.1	Základní údaje o stavbě.....	43
4.2	Použitý systém.....	44
4.2.1	Konstrukční systém a skladby.....	44
4.2.2	Systém vytápění.....	45
4.2.3	Potřeba tepla pro vytápění.....	45
4.2.3.1	<i>Velikost vytápěné plochy.....</i>	<i>45</i>
4.2.3.2	<i>Celková tepelná ztráta domu.....</i>	<i>45</i>
4.2.3.3	<i>Výpočet potřeby tepla pro vytápění.....</i>	<i>46</i>
4.3	Zjednodušený technologický předpis.....	47
4.3.1	Použité materiály.....	47
4.3.2	Připravenost.....	47
4.3.3	Pracovní postup.....	48
4.3.4	Požadavky na kontrolu jakosti.....	48
4.4	Výpočet doby trvání.....	49
4.5	Výpočet celkových nákladů na technologie.....	49
4.5.1	Výpočet nákladů na realizace.....	49
4.5.2	Výpočet nákladů na roční provoz.....	50
4.5.2.1	<i>Výpočet ceny energií za rok.....</i>	<i>50</i>
4.5.2.2	<i>Výpočet vedlejších nákladů za provoz.....</i>	<i>52</i>
4.5.2.3	<i>Celkové náklady na provoz.....</i>	<i>52</i>
5	POROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ.....	54
5.1	Obecné srovnání objektů.....	54
5.2	Porovnání doby realizace.....	55
5.3	Porovnání celkových nákladů na technologie.....	56
5.4	Porovnání komfortu při užívání.....	57
	ZÁVĚR.....	58
	POUŽITÁ LITERATURA.....	60
	SEZNAM ZKRATEK A POUŽITÝCH SYMBOLŮ.....	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	66
	SEZNAM TABULEK.....	67
	SEZNAM GRAFŮ.....	67
	SEZNAM PŘÍLOH.....	67



ÚVOD

Jako téma své bakalářské práce jsem zvolil „**Porovnání vytápění montovaných dřevostaveb RD**“. Dřevostavby dnes tvoří neodmyslitelnou kategorii především ve výstavbě rodinných domů. Velmi důležitým parametrem při jejich výstavbě je i správná volba vytápěcího systému. V mé bakalářské práci se budu zabývat právě vytápěním těchto speciálních staveb. Úkolem této práce bude porovnat dvě reálné stavby s dvěma různými vytápěcími systémy z hlediska časové náročnosti realizace systému a ekonomických rozdílů nákladů na realizaci a provoz. Jednotlivé vstupní parametry budou ve většině případů zaznamenány přímo na stavbě, z reálných cenových nabídek dodavatelů dané technologie, či z doložených PD jednotlivých domů. Tímto postupem chci zajistit co největší reálnost daných výsledků. Práce by měla zajímat především investory se zájmem o koupi či výstavbu dřevostavby.



TEORETICKÁ ČÁST

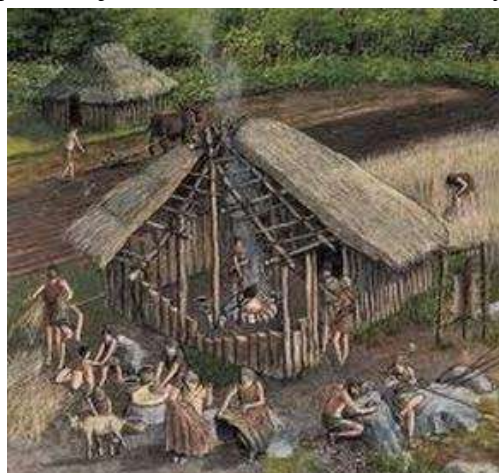
1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA DŘEVOSTAVEB

1.1 Proč právě dřevo?

„Protože se jedná o nejvýznamnější obnovitelný rostlinný materiál. Jedná se o surovinu, jejímiž pozitivními vlastnostmi jsou především dobré účinky na vnitřní klima, příjemná vůně, regulování vlhkosti, zvýšení pocitu tepla a vynikající stavebně fyzikální vlastnosti. V důsledku současných požadavků na trvale udržitelný rozvoj se dřevu jako stavebnímu materiálu znova otevírají nové perspektivy.“ [1, s. 60]

1.2 Historie dřevostaveb

Dřevo je společně s kamenem bezesporu nejstarší stavební materiál, který člověk používal při budování svých obydlí. Nejstarší nálezy jednoduchých přístřešků ze dřeva pochází z doby kamenné. Stavby ze dřeva se dále vyvíjely společně se zvyšujícími se dovednostmi člověka. V ranném středověku můžeme již mluvit o prvních dvou typech dřevostaveb, ze kterých se později vyvinuly všechny dnes používané způsoby výstavby. Byly to srubové a hrázděné stavby. [1]



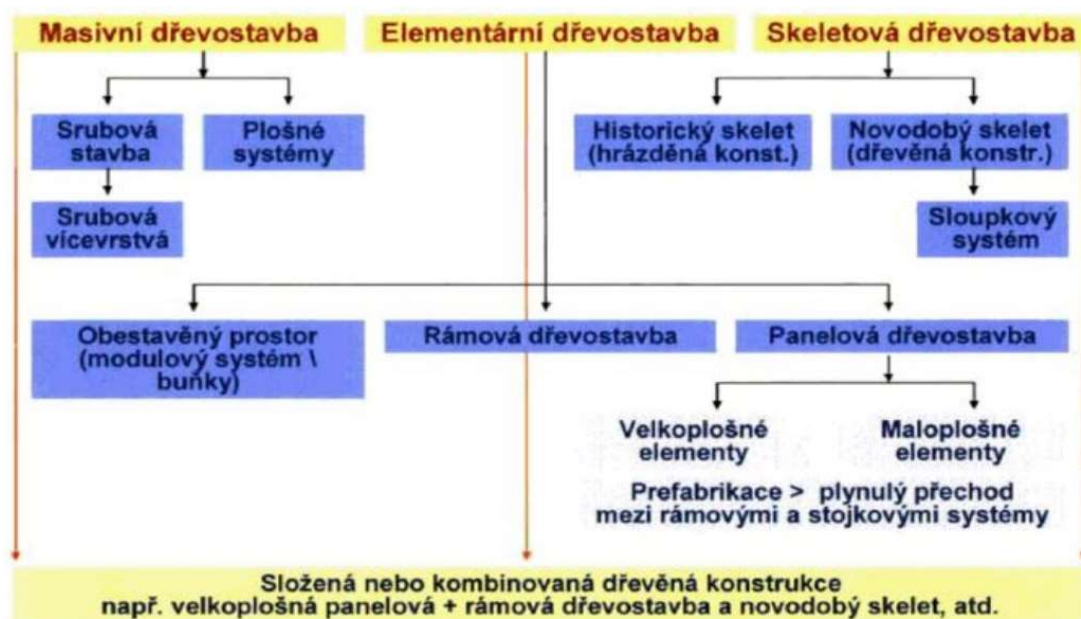
Obr. 1 Pravěký přístřešek [2]

Zatímco na vesnicích tyto stavby zůstávaly, ve městech byly postupem času nahrazeny stavbami cihlovými a kamennými, a to především z důvodu špatných zkušeností s rozsáhlými požáry. V dalších stoletích bylo dřevo vytlačeno novými typy materiálů, jako jsou například beton, ocel nebo plast. První známky návratu vidíme až začátkem 20. století, kdy vznikají první deskové materiály na bázi dřeva. Vznikají první montované domy podobné těm, jaké známe dnes. Opravdovou renesancí však dřevo zažívá až od konce 80. let. Dřevo se tak v dnešní době používá ke stavbě rodinných domů, halových a mostních staveb, staveb občanské vybavenosti a pomalu se dostává i do konstrukcí vícepatrových. [3]



1.3 Typy dřevostaveb

„Konstrukční systémy, používané v současnosti v Evropě při realizaci dřevostaveb pro bydlení, lze rozdělit do tří základních skupin: stavby elementární (sestavované z jednotlivých elementů), stavby skeletové a stavby masivní. První dvě skupiny se vyvinuly ze staveb hrázděných a reprezentují stavění ze dřeva z tyčových prvků. Základem třetí skupiny – staveb masivních – byla stavba srubová. Tento typ dřevostavby se realizuje dodnes, a navíc k ní v současnosti přibyly ještě novodobé masivní stavby.“ [1, s. 38]



Graf 1 Typologie dřevěných stavebních systémů [1]

Nyní si rozebereme jednotlivé konstrukční systémy dřevostaveb. Je důležité zdůraznit, že toto dělení je pouze jedním z mnoha variant.

1.3.1 Srubové stavby



Obr. 2 Srubová stavba [5]

Srubové stavby se těší velké konstrukční tradici. Značí se především specifickým systémem hranolů s péry a drážkami. Přestože se jejich výstavba časem omezila, stále se dnes ještě realizují, a to především v horských oblastech, které jsou pro tento typ výstavby typické. Při jejich realizaci je však vyžadována vyšší řemeslná dovednost. [4]



1.3.2 Masivní plošné stavby

Jako masivní plošné stavby se označují ty, které jsou tvořené velkoplošnými dílci, nejčastěji z lepeného dřeva. Podíl masivního dřeva na konstrukci musí být minimálně 50 %. Díky tomu mají velkou únosnost, ale také mnohem větší spotřebu dřeva než stavby rámové. Díky jejich konstrukci by se do této skupiny daly zařadit i stavby srubové, v odborném světě je spíše bereme jako jejich předchůdce. [4]



Obr. 3 Masivní plošná stavba [6]

1.3.3 Hrázděné stavby

Hrázděné stavby měly svůj velký význam především v období středověku.



Obr. 4 Hrázděná stavba [7]

Tradičním znakem je neobložení nosné konstrukce z vnější strany. Nosné dřevěné prvky vykazují větší a spíše čtvercové průřezy. Dalším typickým znakem je čistý spoj s čepy. Její výhodou byla především jednoduchá montáž nosné konstrukce. Klasické hrázděné konstrukce se dnes již téměř nerealizují, byly nahrazeny výrobními metodami s ekonomicky i konstrukčně zajímavějšími alternativami. [4]

1.3.4 Novodobý skelet

Za předchůdce tohoto typu konstrukce můžeme považovat hrázděné stavby.

Jako novodobý skelet se v odborné literatuře označují stavby tvořené ze sloupů, nosníků a výztužných prvků v pravidelném rastru, tvořící nosnou konstrukci. K velkému rozvoji těchto typů dřevostaveb přispěla především nová technologie prutových materiálů na bázi dřeva a technika jejich spojování. Jsou velmi oblíbené především pro svoji kompoziční volnost, velkou variabilitu řešení půdorysu a architektonickou mnohostrannost. [4]



Obr. 5 Novodobý skelet [8]



1.3.5 Rámové stavby

Nosná konstrukce rámové stavby se skládá z tyčové nosné kostry a řeziva.



Obr. 6 Rámová stavba [9]

Rámové dílce jsou vyráběny buď přímo na stavbě, nebo předem připraveny ve výrobních halách. V tomto případě se k prvním dvěma prvkům přidává navíc plášť stabilizující nosnou kostru. Rámové stavby jsou velmi oblíbené v zámorí, kde se podle odhadů staví tímto systémem až 90 % všech přízemních

a dvoupodlažních rodinných domů. Velkou výhodou je především jednoduchý konstrukční systém a krátká doba výstavby. [4]

1.3.6 Panelové stavby

Nejvyšší stupeň prefabrikace najdeme u staveb panelových. Na výrobní hale je nejprve sestaven dřevěný rám, dále se provede jeho opláštění z jedné strany a dílec se následně překlolí pomocí jeřábu či speciálních zařízení na stranu druhou. Následuje kompletace dílce ve vodorovné poloze vložím vláknité izolace mezi stojky rámu (Obr. 7). Panel je dále potažen parotěsnou folií a následně zaklopen z druhé strany. Panely jsou poté převezeny na stavbu, kde probíhá kotvení a finální montáž.

Panelové stavby by se daly považovat za typ rámové stavby. S tím souvisí i jejich největší výhoda, kterou je velmi krátká doba realizace, minimalizace chyb a vlivu vnějších podmínek na výstavbu díky prefabrikované výrobě. [1]



*Obr. 7 Panel vyplněný vláknitou izolací
(Fotografie autora práce)*



*Obr. 8 Montáž panelů za pomoci autojeřábu
(Fotografie autora práce)*



1.4 Výhody a nevýhody dřevostaveb

1.4.1 Výhody

- **Tepelně-izolační vlastnosti** – Izolace stěny minerální vatou společně s fasádním izolantem zajišťuje dřevostavbám velmi kladnou hodnotu součinitele prostupu tepla. Díky těmto nízkým tepelným ztrátám je u dřevostaveb umožněno topit i pomocí tak drahého zdroje, jako je elektřina. [10]
- **Suchý proces** – Kromě základové desky a interiérové betonové mazaniny je výstavba brána jako suchý proces, lze tedy stavět celoročně. [10]
- **Větší užitný prostor** – V porovnání s cihlovými domy jsou nosné konstrukce subtilnější, což zvětšuje celkovou užitnou plochu domu. [10]
- **Variabilita a flexibilita** – V přípravné i prováděcí fázi je možná jednoduchá úprava jednotlivých prvků (dveřních otvorů, příček). [10]
- **Ekologie** – Dřevostavby jsou velmi šetrné k životnímu prostředí. Nejlepším ukazatelem této vlastnosti je uhlíková stopa. Díky vlastnostem dřeva (spotřeba CO₂, produkce kyslíku) nabývá u výstavby dřevostaveb kladné hodnoty. [10]
- **Cena** – Díky moderním technologiím jsou ceny dřevostaveb výrazně nižší, než je tomu například u zděných domů.
- **Rychlost výstavby** – Jak již bylo zmíněno u staveb panelových, probíhá realizace domu významně rychleji, než je tomu při výstavbě domů zděných.

1.4.2 Nevýhody

- **Hořlavost** – Jelikož je dřevo hořlavý materiál, je potřeba vždy navrhovat vhodnou vícevrstvou konstrukci jakožto protipožární řešení. Nosná konstrukce je opláštěna materiály označenými buď jako nehořlavé, nebo těžce hořlavé (sádkokarton, minerální tepelná izolace). [11]
- **Životnost** – Za velký problém se u dřevostaveb považuje jejich životnost. Fyzická životnost se zde pohybuje od 80 do 150 let. Problémem je spíše morální životnost. Sem počítáme drobné rekonstrukce, jako například uspořádání domu, výměna oken a topení. To vše je však třeba zajistit i u zděného domu. Největší problém by zde mohla být nedostačující tvarová neměnnost dřeva. [11]
- **Zvuková izolace** – Dřevo není dobrý akustický izolant, proto je zde nutný návrh řešení přenosu zvuku (především u patrových domů). [10]
- **Plísně** – Při špatném návrhu či realizaci může docházet ke kondenzaci vodní páry ve stěně, což následně způsobuje vznik plísní. [10]



2 MOŽNOSTI VYTÁPĚNÍ DŘEVOSTAVEB

2.1 Čím topit v dřevostavbě?

„Dřevostavby postavené v energeticky úsporném standardu mají svá specifika, která je nutné při výběru způsobu vytápění zohlednit. Protože stěny neakumulují teplo, dům je možné vytopit velmi rychle, nízkoenergetický či pasivní standard znamenají velmi nízkou potřebu tepla. Otopná soustava by proto neměla mít příliš velký výkon, aby nedocházelo k přetápění interiéru. Současně je nezbytná rychlá regulovatelnost systému. Při posuzování optimální varianty je třeba přihlížet k nákladům na pořízení a provoz tepelné soustavy.“ [12]

Mezi nejčastější zdroje tepelné energie pro vytápění dřevostaveb můžeme zařadit elektrokotel, kondenzační plynový kotel, tepelné čerpadlo a krbová kamna na kusové dřevo. Čím dál více se u dřevostaveb setkáme i s technologií solárních panelů. V následujících kapitolách si postupně rozebereme jednotlivá paliva, zdroje tepla a jejich rozvodné systémy. Pro úplnost zde zmiňme i zdroje tepla, se kterými se u dřevostaveb setkáme spíše výjimečně, hlavní pozornost však věnujme zdrojům výše zmíněným.

2.2 Základní zdroje tepla

2.2.1 Tuhá paliva

Tuhá paliva patří mezi nejlevnější zdroje energie, nesou s sebou však několik nevýhod. Příkladem je nutnost fyzické přípravy a „naskladnění“ materiálu na topné období. Je tedy nutné materiály sehnat a uložit je do vyhrazeného prostoru. Jako další nevýhodu bychom mohli zařadit nutnost roztápění a pravidelného přikládání. Neméně důležité jsou pravidelné údržby kotle a komínového tělesa. Výhody tuhých paliv si nyní rozeberme u jednotlivých příkladů.



2.2.1.1 Uhlí

Uhlí můžeme považovat za tradiční zdroj tepla. K vytápění se tato surovina v současné době na našem území používá ve více než 400 000 domácnostech. Jeho největší výhodou je stabilní nízká cena. Ta je ovlivněna vysokou spolehlivostí těžby. Výhřevnost uhlí ani výkon důlních rypadel totiž nejsou ovlivňovány vnějšími podmínkami. Jedná se o relativně levný zdroj tepla.



Obr. 9 Hnědé uhlí [15]

Velký vliv při výběru zdroje má též jeho lokální dostupnost. Česká republika patří mezi evropské velmoci, co se těžby uhlí týče. Specificky u hnědého uhlí je ČR třetím největším těžařem v Evropě. [13] [14]

2.2.1.2 Palivové dřevo

Pokud hovoříme o vytápění dřevostaveb, zdá se být dřevo jako přirozená volba.



Obr. 10 Palivové dřevo [18]

Jedná se bezesporu o nejlevnější palivo. Výhodou oproti jiným tuhým palivům je též minimální odpad při spalování. V porovnání s uhlím můžeme mluvit i o čistém skladování a manipulaci. Dřevo řadíme mezi obnovitelné zdroje, vytápění je tak ekologické a šetrné k životnímu prostředí.

Použití palivového dřeva při vytápění můžeme v zásadě dvěma způsoby. Jako první způsob bereme kotel na tuhá paliva. Sekundárně se však může palivové dřevo využít i pro vytápění v krbu a krbových kamnech. Ty buď mohou sloužit jako lokální topidlo, nebo se k nim může připojit výměník, který se následně napojí na otopnou soustavu domu. Tímto způsobem se dají snížit náklady na vytápění až o 50 %. [16] [17]

2.2.1.3 Dřevěné brikety

K uhlí a kusovému dřevu existují dnes už i jiné varianty tuhých paliv. Jedním z nich jsou právě dřevěné brikety. Ty se vyrábí z vysušené drcené dřevní hmoty lisováním za velkého tlaku bez použití pojiv. Díky své hustotě a povrchu nepohlcují při skladování žádnou vlhkost. Lisují se do tří různých tvarů. Máme brikety cihlové,



kulaté či blokové. Mají skvělou výhřevnost a dlouho dobu hoření. Oproti palivovému dřevu odpadá nutnost sekundárního zpracování, navíc i manipulace je čistší. Důležitým faktorem je kvalita briket. Kvalitní brikety by měly obsahovat pouze čisté a kvalitní dřevěné piliny. [19]



Obr. 11 Palivové dřevo [18]

2.2.1.4 Dřevěné pelety



Obr. 12 Dřevěné pelety [21]

Posledním hojně využívaným tuhým palivem jsou dřevěné pelety. U těch je při použití nutné pořízení speciálních peletových kamen. Z hlediska výroby se jedná o proces velmi podobný briketám, díky čemuž mají i podobné vlastnosti. Hlavní rozdíl tak nalezneme v jejich velikosti. Rozdrcený odpad ze dřevovýroby se stlačuje pomocí speciálního lisu na pelety.

Výsledkem jsou pak drobné stejnoměrné válečky. Výhodou je velký komfort obsluhy peletových kotlů oproti jiným tuhým palivům. [19]

2.2.2 Zemní plyn

Stejně jako uhlí nebo dřevo i zemní plyn počítáme mezi klasické zdroje tepla pro vytápění. Dříve velmi využívaný zdroj je nyní na mírném ústupu. Může za to především přechod uživatelů na obnovitelné zdroje energie, a to především kvůli nižšímu výskytu plynových přípojek v nových zástavbách malých měst a vesnic. Přestože plyn stále patří mezi nejlevnější zdroje tepla, jeho cena postupně roste. Odvíjí se totiž od cen ropy, ropných produktů a směnného kurzu koruny. Další nevýhodou je závislost na dodávkách ze zahraničí. Mezi výhody plynu můžeme zařadit bezztrátovou dopravu na místo odběru a vysokou účinnost plynových spotřebičů. Nejdůležitějším faktorem pro spoustu lidí je jednoduchá ovladatelnost zařízení a nižší náklady vytápění. Automatizace plynových kotlů umožňuje snadnou regulaci výkonu, a tím i požadované teploty. [22]



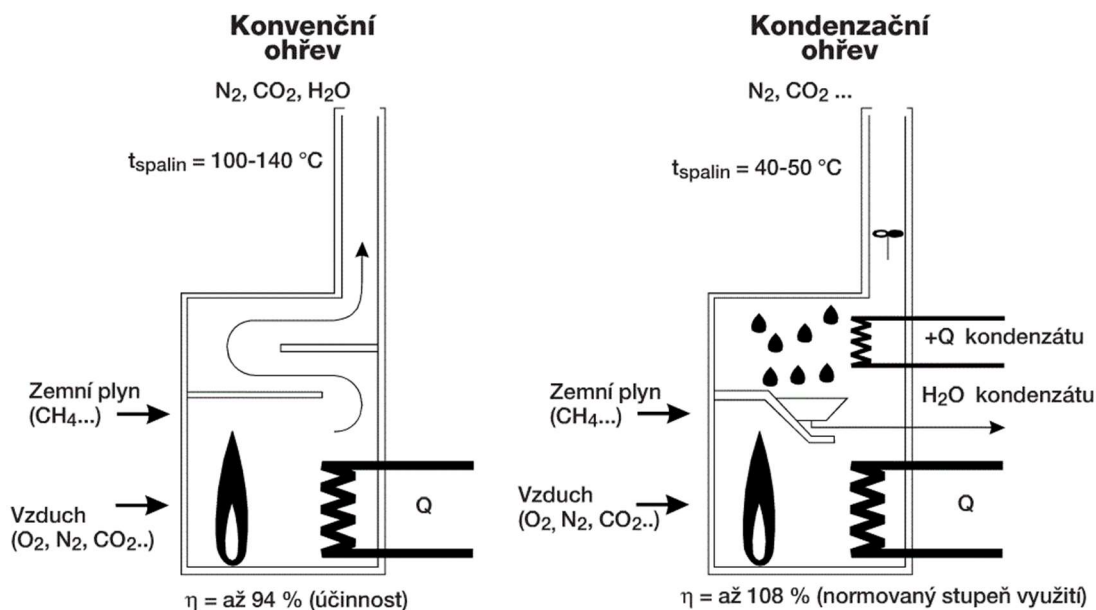
2.2.2.1 Lokální vytápění

Lokální topidla mají několik výhod. V první řadě odpadá montáž teplovodního systému a vyvložkování komínu. Každá místnost má svůj vlastní zdroj tepla a provoz též není závislý na elektrickém proudu. Nevýhodou lokálních topidel je však nižší účinnost a horší regulace teploty vzduchu v jednotlivých místnostech.

2.2.2.2 Centrální vytápění

U centrálního vytápění rozlišujeme dva typy ohřevu – konvenční a kondenzační. **Konvenční technika** funguje na principu předávání tepla vodě v rozvodném systému. V plynovém kotli dochází ke spalování zemního plynu za vzniku spalin, které následně ohřívají otopnou soustavu. Spaliny jsou dále odvedeny kouřovodem do atmosféry. Velkou nevýhodou plynových kotlů je nutnost častého provádění revizních kontrol.

Rozdíl mezi klasickým konvenčním a **kondenzačním kotlem** je v sekundárním využití páry vznikající při spalování plynu. Při tomto procesu totiž vzniká voda, která odchází ve formě páry s ostatními spalinami komínem do okolní atmosféry. Tato vodní pára s sebou samozřejmě nese i určité množství energie. Myšlenka kondenzační techniky je tedy ve zpětném získávání tepla z odpadní páry. Účinnost spotřebiče je při teplotě spalin rovné 160 °C zhruba 90 %. Zde nedochází ke kondenzaci vodní páry. Při ochlazení spalin na 45 °C dojde jednak k minimalizaci ztrát komínem a sáláním, ale také k částečné kondenzaci vznikající vodní páry. Ta je v kapalném skupenství následně zachycena ve speciálním výměníku a zde předává kondenzační teplo topnému systému. Účinnost kotle je následně ještě vyšší a dosahuje hodnoty až 108 %. [22]



Obr. 13 Princip fungování konvenčního a kondenzačního ohřevu [23]

2.2.3 Elektřina

Elektřina je jako primární zdroj energie využívána především v nízkoenergetických a pasivních rodinných domech. Za hlavní důvod můžeme označit její vysokou cenu, která by v nákladech na vytápění u nezateplených domů s ostatními zdroji neobstála. Velké využití elektřiny nalezneme též u nepravidelně obývaných objektů, jako jsou například chaty nebo chalupy. Zde je v některých případech nutné zajistit protinámrazovou ochranu budovy, na což se právě elektrokotel hodí. Výhodou elektřiny jsou nízké pořizovací náklady elektrokotlů. Oproti kotlům plynovým zde není též nutnost častých revizních kontrol.

Elektřina se dá též využít jako sekundární zdroj tepla u domů s kotlem na tuhá paliva. Elektrokotel pak pokrývá topné mezery, které vznikají během noci a dopoledne, a zvyšuje tak tepelný komfort. Ze stejného důvodu je v objektech, kde elektřina zastupuje primární zdroj vytápění, velmi populární kombinace elektrokotle s krbovými kamny. Více v kapitole 2.2.2.1. Tuhá paliva – Palivové dřevo. [24]



2.2.3.1 Elektrokotel

Využití elektřiny též převládá v objektech s malým užitným prostorem. Zjednodušeně řečeno totiž platí, že čím nižší je spotřeba energie, tím výhodnější je pořízení elektrokotle. Díky možnosti instalace na zeď bez nutnosti přístupu vzduchu jde elektrokotel instalovat v libovolné místnosti a neklade si tak vysoké nároky na prostor. Další výhodou je i tichý provoz zařízení. Princip fungování elektrokotle je velmi jednoduchý. Systémová voda proudí skrz elektrokotel, kde se zahřívá o elektrické patrony, a dále



Obr. 14 Elektrokotel [25]

je rozháněna čerpadlem rozvodnými systémy po celém objektu. I přes velmi jednoduchou konstrukci dosahuje elektrokotel vysoké účinnosti – u moderních zařízení až 99 %. [24]

2.2.3.2 Elektrické přímotopy



Obr. 15 Přímotopný konvektor [26]

Moderní elektrické přímotopy si můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou **přímotopné konvektory**. Tento již tradiční způsob lokálního vytápění funguje na principu konvekce chladného vzduchu u povrchu podlahy. Ten je nasán do přímotopu k horké spirále a ohřátý odchází vrchem pryč. Výhodami jsou nízká pořizovací cena, snadná montáž, vysoký výkon a okamžitý náběh zařízení. Za nevýhody můžeme považovat vysokou spotřebu elektrického proudu a potřebu vytápění na vyšší teplotu – z důvodu téměř nulové sálavé složky tepla. Kvůli vysoké teplotě topných spirál zde též dochází k přepalování prachových částic.

Druhou skupinu tvoří **elektrické infrapanely**. Přestože nejsou žádnou novinkou, zažívají designové infrapanely postupný vzestup. Důvodem je především jejich využití v nízkoenergetických a pasivních domech. Infrapanely se nejčastěji vyrábí ve formě tenkých těles obdélníkového tvaru. Umísťovány jsou



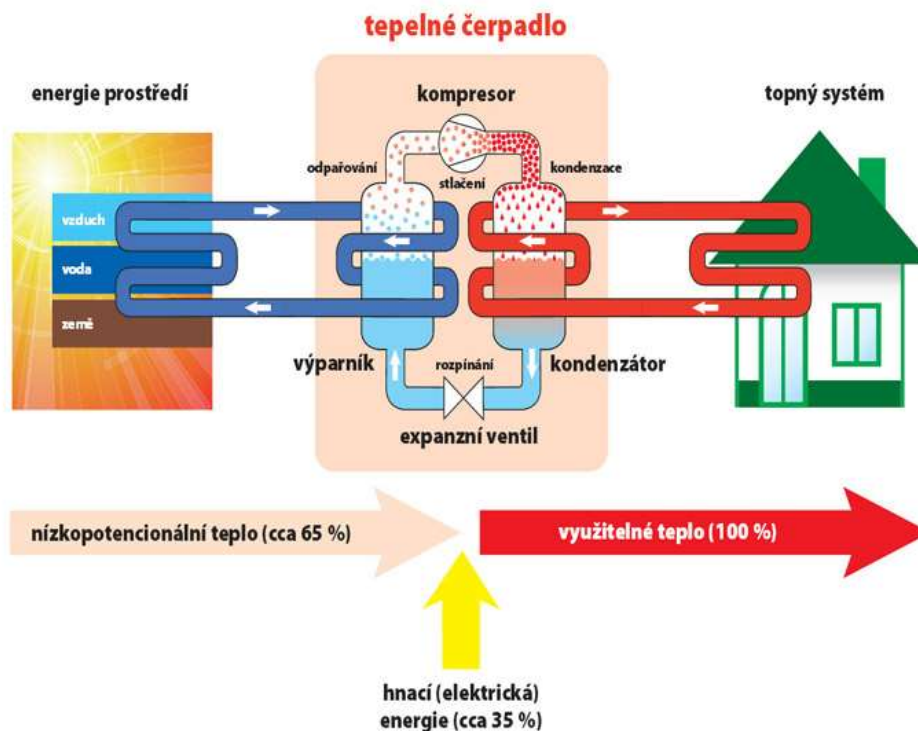
Obr. 16 Elektrický infrapanel [28]



většinou na strop nebo stěnu domu. Nepochází zde tak k proudění a přepalování prachových částic. Infračervené záření též zvyšuje pocit tepla a my díky tomu můžeme oproti konvekčnímu ohřevu udržovat teplotu v místnosti o 2-3 °C nižší. Povrchová teplota těchto zdrojů se pohybuje mezi 80-110 °C. Nevýhodou infrapanelů je vyšší pořizovací cena, pomalý náběh zařízení a relativně malý výkon při velké ploše panelu. [27]

2.2.4 Tepelné čerpadlo

Pokud se rozhodneme pro vytápění využívat obnovitelné zdroje z našeho okolí, je tepelné čerpadlo jasná volba. Tento moderní způsob vytápění totiž využívá energii prostředí. Ať už mluvíme o venkovním vzduchu, povrchové a spodní vodě či půdě, tepelné čerpadlo je díky svému systému schopné těmito nízkoteplotními zdroji pokrýt až 65 % své spotřeby. Zbytek poté dodá elektrická síť. Díky nízkým provozním nákladům je tepelné čerpadlo efektivní umísťovat do novostaveb nebo rekonstruovaných objektů, kde může dosáhnout návratnosti už po pěti letech. Často se též využívá v pasivních a nízkoenergetických domech, kde je ale kvůli nízké spotřebě tepla návratnost delší. Výhodou je jednoduchá manipulace a nenáročná údržba, nevýhodou pak vysoká pořizovací cena a hlučnost některých zařízení. [29]



Obr. 17 Princip fungování tepelného čerpadla [30]

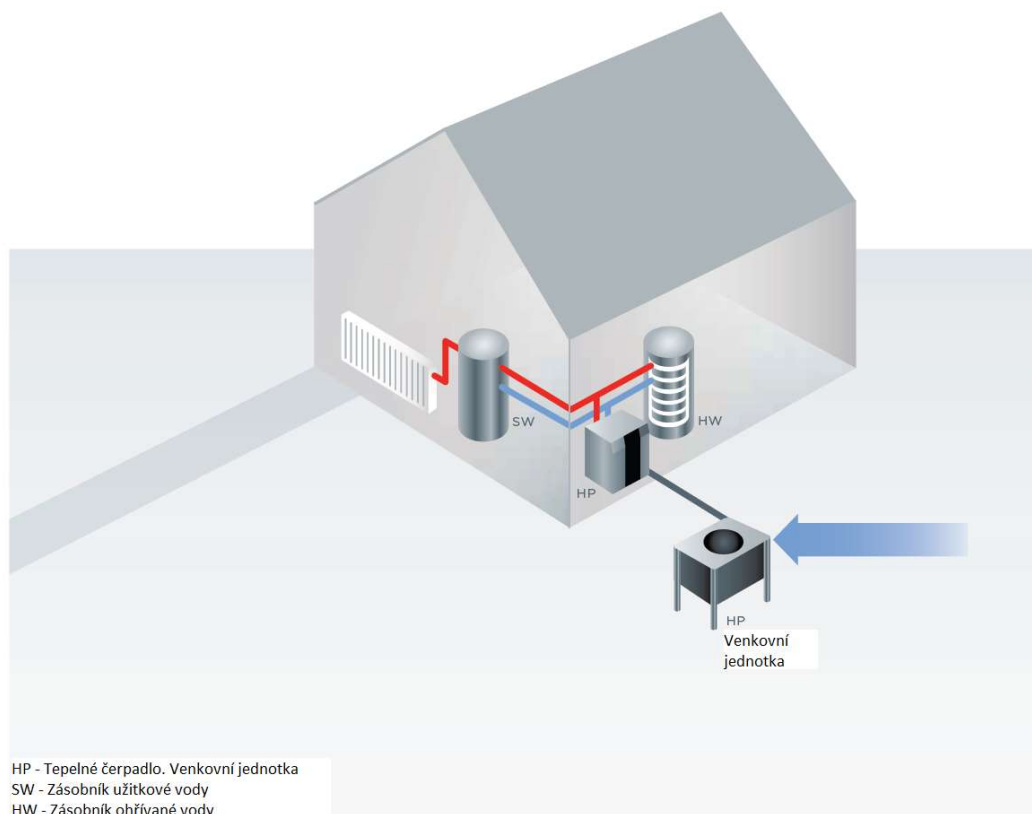


2.2.4.1 Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo využívá pro přetvoření energie prostředí, takzvaný kruhový děj. Systémová kapalina o nízké teplotě se v kontaktu se zdrojem tepla ohřívá a následně předává své teplo chladivu. To se vypařuje a je v kompresoru silně stlačeno, což způsobí prudký nárůst jeho teploty. Takto ohřáté chladivo pak předává teplo dále topnému systému. Po předání tepla chladivo zkapalní a stále pod vysokým tlakem putuje do expanzního ventilu. Zde dojde k snížení jeho tlaku, což má za následek rapidní pokles teploty. Tak je připraveno pro přijetí dalšího tepla od systémové kapaliny a celý cyklus se opakuje. Celý kruhový děj je vyobrazen na obr. 17. [31]

2.2.4.2 Vzduch – voda

Vzduch – voda je nejčastěji používaná varianta tepelného čerpadla, především z důvodu rychlé a snadné instalace venkovního zařízení. Tepelné čerpadlo v tomto případě využívá teplo uložené ve vzduchu okolního prostředí. Zařízení dokáže pracovat se vzduchem do teploty až $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nevýhodou je hlučnost kompresoru a nestálost teploty vzduchu. Vyobrazení technologie vzduch-voda je k dispozici na obr. 18. [31]

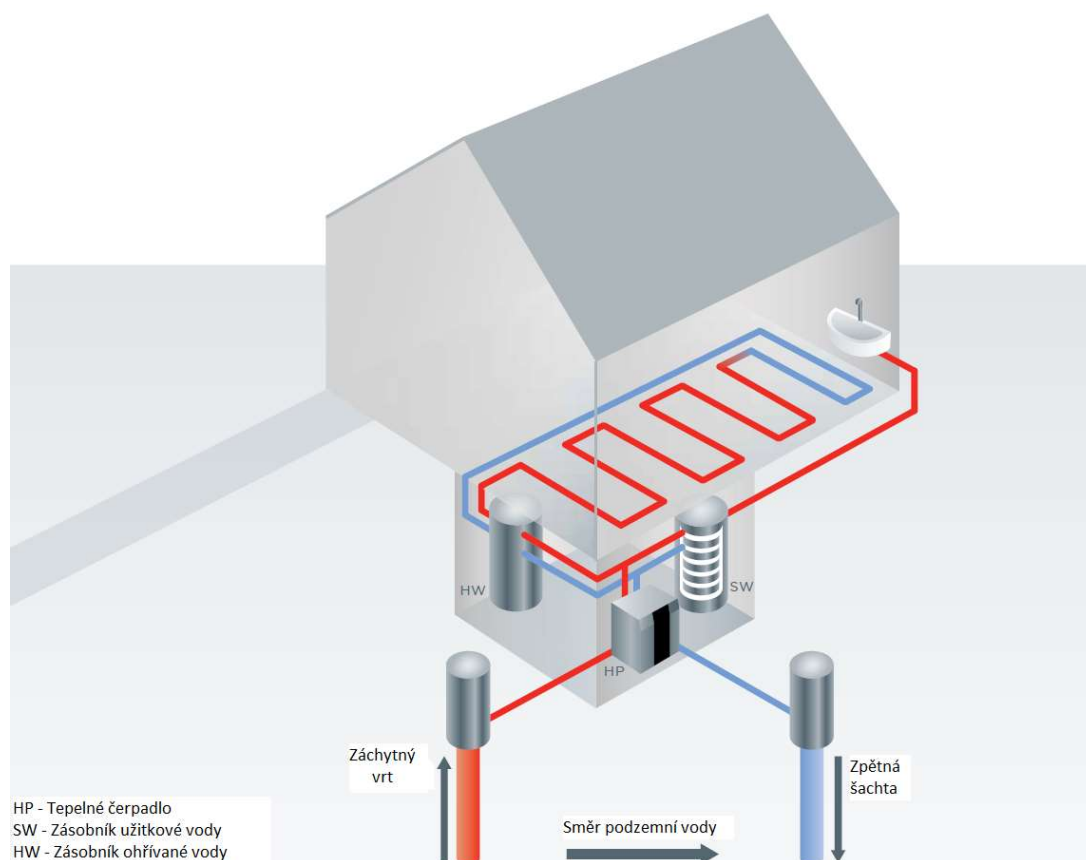


Obr. 18 Tepelné čerpadlo vzduch – voda [32]



2.2.4.3 Voda – voda

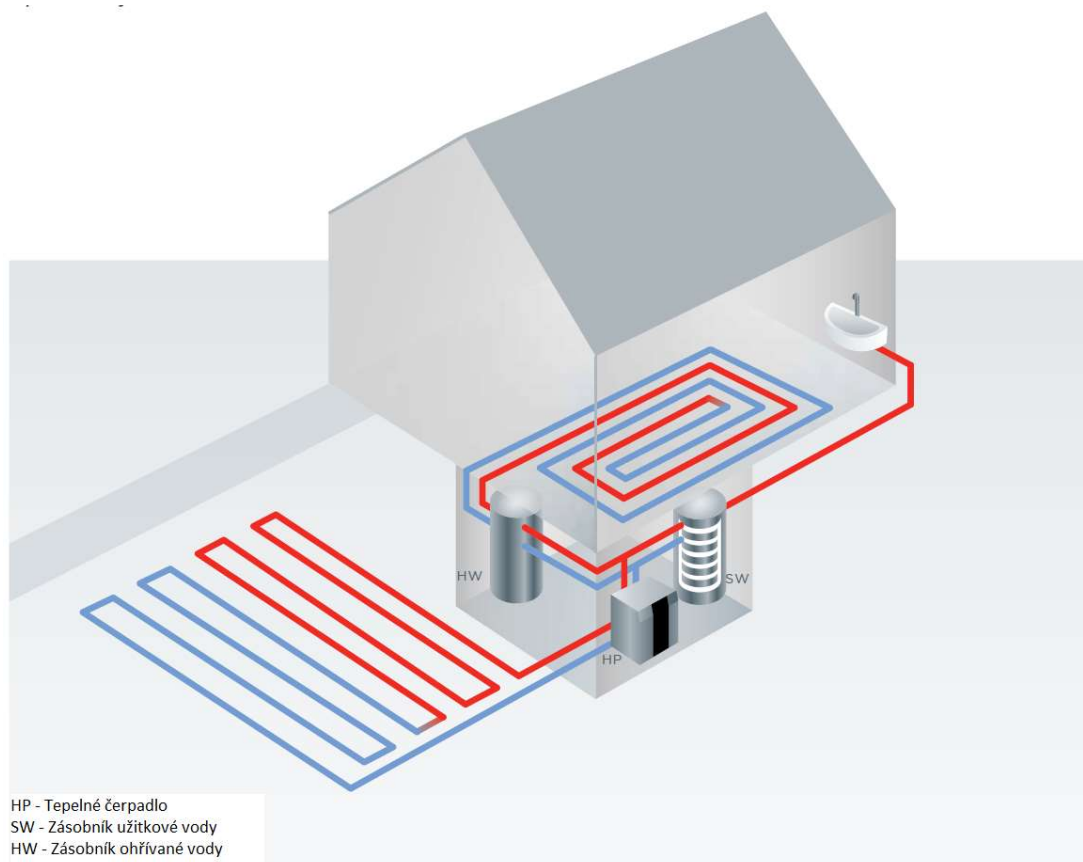
Tepelné čerpadlo voda-voda exceluje především svojí účinností. Teplo je zde odebíráno buď ze spodních nebo geotermálních vod. Voda je vždy čerpána do výměníku a následně vrácena zpět do země. Výhodou jsou stálé pracovní podmínky a nižší nároky na prostor. Vyobrazení technologie voda-voda nalezneme na obrázku č.19. [33]



Obr. 19 Tepelné čerpadlo voda – voda [34]

2.2.4.4 Země – voda

Tento systém využívá teplo obsažené v půdě. Pod povrch zahrady se uloží systém plastových hadic naplněný nemrznoucí směsí, a tím je přenášeno teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Stejně jako u systému voda-voda i zde máme relativně stálé pracovní podmínky. Tento systém je navíc bezhlučný, bezúdržbový a má dlouhou životnost. Nevýhodou je požadavek na větší plochu pozemku. Technologie země – voda je vyobrazena na obr. 20. [33]



Obr. 20 Tepelné čerpadlo země – voda [35]

2.2.5 Energie slunečního záření

Sluneční záření je prakticky neomezený zdroj energie. Přesto z něho lidstvo v současnosti dokáže efektivně využít jen malý zlomek. Sluneční záření se používá v podstatě dvěma způsoby.

2.2.5.1 Fototermický kolektor



Obr. 21 Fototermický kolektor [36]

Fototermický kolektor přeměňuje sluneční záření na teplo. Principem je pohlcování záření tmavým povrchem. Podle nosného média se dělí na vakuové a kapalinové. Kapalinové pak dále dělíme na ploché a trubicové, z nichž nejrozšířenějším typem jsou právě ploché. Nejčastěji se využívají pro ohřev teplé vody, ohřev bazénové vody nebo přitápění. Vyrobená energie ze slunečních kolektorů může ve specifických případech nahradit až 40 % potřeby tepla k vytápění. [31]



2.2.5.2 Fotovoltaický kolektor

Přímou nebo nepřímou přeměnu slunečního záření na elektrickou energii zajišťuje fotovoltaický kolektor. K přímé přeměně dochází u fotovoltaických článků, k nepřímé pak při soustředění paprsků do ohniska u tepelných slunečních elektráren. Fotovoltaické články jsou pospojovány do panelů. Kromě jiného jsou dnes tyto panely hojně využívány v domácnostech jakožto sekundární zdroj energie. Jejich provoz je nehlukný, ekologický a nevyžaduje prakticky žádnou obsluhu. *Obr. 22 Fotovoltaický kolektor [38]*



Naproti tomu mají vysoké investiční náklady a poměrně malou účinnost. Nízká roční doba intenzity slunečního záření a její velké kolísání též nepříznivě ovlivňují celkové množství vyrobené energie. [37]

2.3 Rozvodné systémy tepla

Pokud se zabýváme problematikou vytápění, kromě zdrojů tepla nesmíme opomenout i jeho následné centrální vedení po objektu. Tyto rozvodné systémy můžeme označit jako otopné plochy. Jsou to tepelné výměníky, jejichž účelem je předávat vyrobené teplo do vytápěného prostoru. Otopné plochy si můžeme rozdělit na otopná tělesa a integrované otopné plochy. V následující kapitole si postupně rozebereme přednosti jednotlivých systémů. [39]

2.3.1 Otopná tělesa

Za klasické otopné těleso můžeme považovat radiátor. Dříve nejpoužívanější článkový radiátor byl v průběhu let nahrazen modernějšími variantami. Rapidně též v dnešní době stoupá popularita konvektorů.

2.3.1.1 Článková otopná tělesa

Článková otopná tělesa jsou složena z jednotlivých článků. Vyrábějí se v nejrůznějších tvarech z nejrůznějších materiálů. Nejčastěji však z šedé litiny, slitin hliníku nebo ocelových plechů. Výhodou těchto radiátorů je rozhodně dlouhá životnost. Ta



Obr. 23 Článkový radiátor [40]



například u litinových otopných těles může dosahovat délky až 80 let. Nevýhodou pak určitě hmotnost a neestetičnost. [29]

2.3.1.2 Desková otopná tělesa



Deskové radiátory jsou dnes nejčastěji používaná otopná tělesa. Oproti článkovým otopným tělesům vynikají estetičtější vzhledem. Díky širokému sortimentu je možnost velké variability, ať už z pohledu tepelného potřeby, vzhledu, či efektivního využití místa. Moderní designová otopná tělesa se dnes dokonce využívají

Obr. 24 Deskový radiátor [42] i jako dekorativní prvek místností. Výhodou je též nižší pořizovací cena a slušná životnost. Díky bezproblémovému připojení na stávající rozvody se velmi často používají při rekonstrukcích. Nevýhodou je malá teplená stálost a nárazová distribuce tepla.

Desková tělesa dělíme na:

- jednoduchá
- zdvojená
- ztrojená

2.3.1.3 Trubková otopná tělesa

Specifickým typem jsou tělesa trubková. Ta se hojně využívají především v koupelnách, ať už v kombinaci s deskovými radiátory, či jako doplněk podlahového vytápění. Kromě vytápění mají i svůj sekundární účel, kterým je sušení textilií.



[41]

Obr. 25 Trubkový radiátor [43]

Nejčastěji se vyskytují ve třech tvarech:

- meandru
- registru s vodorovnými trubkami
- registru se svislými trubkami

[29]



2.3.1.4 Konvektory



Obr. 26 Konvektor [44]

Konvektory jsou otopná tělesa sdílející teplo převážně konvekcí. Skládají se z výměníku tepla a skříně, opatřené v horní části mřížkou pro proudění vzduchu. Konvektory jsou pojmenovány podle jejich umístění.

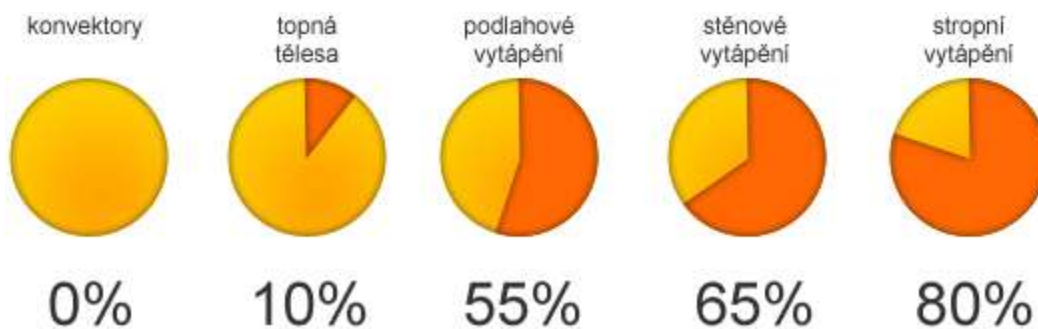
Můžeme si je tedy rozdělit na:

- skříňové – dodávané jako celek, část skříně může tvořit stavební konstrukce
- soklové – ve vytápěných místnostech situovány u podlahy pod nízký parapet
- zapuštěné – skříň je součástí podlahy, výjimečně i stropu

Na rozdíl od přímotopných elektrických konvektorů jsou však připojeny na centrální zdroj tepla, nejčastěji tepelné čerpadlo (viz. kapitola 2.2.4). Výhodou zde je ekonomický provoz a snadná instalace. Nevýhodou především skříňových konvektorů může být hlučnost. [29]

2.3.2 Integrované otopné plochy

Pokud mluvíme o integrovaných otopných plochách, máme na mysli velkoplošné systémy. U těchto systémů převažuje sdílení tepla do prostoru sáláním. Radíme sem vytápění stropní, podlahové a stěnové. Nejčastějšími zdroji zahřívání otopné plochy jsou elektřina, teplá voda, případně teplý vzduch. [45]



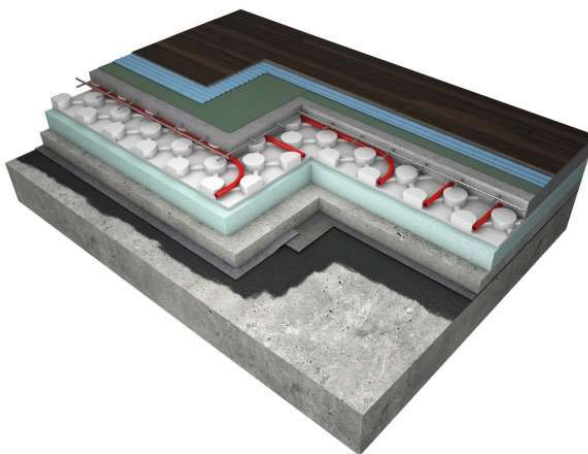
Obr. 27 Podíl sálavé složky u jednotlivých otopných systémů [46]



2.3.2.1 Podlahové vytápění

Prvním typem velkoplošných systémů je vytápění podlahové. Tato problematika není ve světě vůbec nová, k jejímu rozmachu však dochází až v posledních 15 letech. Je jedním z nejlepších možností, jak dosáhnout tepelného komfortu ve vytápěné místnosti. Oproti topným tělesům navíc nezabírá žádný užitný prostor. Podlahové topení můžeme dále dělit na elektrické a teplovodní. [47]

Nejčastěji používaným velkoplošným systémem je bezesporu **teplovodní podlahové vytápění**. Díky nižšímu teplotnímu spádu je zde vhodné využití nízkoteplotních zdrojů, jako jsou například solární panely, kondenzační kotle nebo tepelná čerpadla. Provozní teplota vody v trubkách je nižší jak 50 °C. Sekundárně je pak můžeme využít i k vysokoteplotnímu chlazení vodou. Navíc je zde oproti otopným tělesům razantně omezené proudění vzduchu

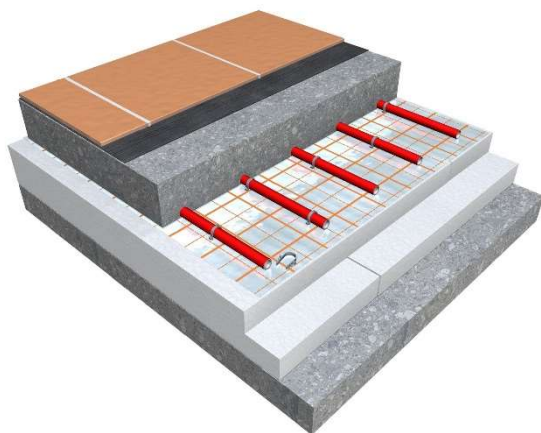


Obr. 28 Skladba teplovodního podlah. vytápění [49]

v místnosti, a tak nedochází k víření prachu a přepalování prachových částic. Velkou výhodou je rychlost realizace, u které je ale nezbytné zajistit kontrolu jakosti prostřednictvím stavebního dozoru. Tento systém má však vyšší setrvačnost otopné soustavy, což zapříčiňuje pomalejší náběh otopné soustavy či jeho následné vychladnutí na požadovanou teplotu. Ač k poruchám často nedochází, v případě vzniku je její lokalizace a následná oprava dosti složitá. [48]



Elektrické podlahové topení se zpravidla používá jako doplňková otopná



plocha pro zvýšení komfortu. Primárně je využíváno při vytápění nízkoenergetických domů. Skvěle se hodí především u domů s velmi malou užitnou plochou, jelikož narozdíl od teplovodního podlahového vytápění zde není nutnost instalace elektrokotle, což ušetří další prostor. Výhodami jsou nízké investiční náklady, snadná

montáž a možnost samostatného spínání jednotlivých okruhů. Nevýhodou pak vyšší jednotková cena elektrické energie oproti jiným palivům, složitější nároky na skladbu podlahové konstrukce a nemožnost připojení systému na jiný zdroj tepla.

Elektrické vytápění může být navrhováno jako:

- akumulční
- poloakumulční
- přímotopné

[48]

2.3.2.2 Stěnové vytápění

U stěnového vytápění se otopný systém ukládá na stěnu pod omítkou. Stejně jako u teplovodního podlahového systému i zde je nosnou látkou voda. Teplotní spád je zde podstatně větší než u podlahového vytápění. Též se vlivem sálavého tepla ze stěn zabrání jejich rosení a následnému vzniku plísní. Podíl sálavého tepla je zde vyšší, při povrchovém teple na hodnotě 35 °C dosahuje hodnoty až 65 %.



Obr. 30 Stěnové vytápění [51]



Stěnové otopné plochy se podle způsobu aplikace dělí na:

- mokré systémy – pro zděné stavby a rekonstrukce
- suché systémy – pro montované domy

[45]

2.3.2.3 Stropní vytápění

Posledním typem integrované otopné plochy je stropní vytápění. Svými



vlastnostmi je dosti podobné předchozím systémům. Hlavním rozdílem je podíl sálavé složky, který v tomto případě dosahuje až na hodnotu 80 %. Proto je zde nutné hlídat povrchovou teplotu, aby se předešlo nadměrnému osálení temene hlavy uživatele, a tím výrazné tepelné nepohodě.

Obr. 31 Stropní vytápění [52]

U stropního vytápění rozlišujeme následující provedení otopné plochy:

- s trubkami zalitými ve stropě
- tvořená lamelami
- vytvořená sálavými panely a pásy
- v dutém pohledu

[45]



PRAKTICKÁ ČÁST

3 NÁVRH VYTÁPĚNÍ RD ŽAMBERK

3.1 Základní údaje o stavbě

Rodinný dům Žamberk je jednopodlažní nízkoenergetická dřevostavba. Nachází se v obci Žamberk v Pardubickém kraji. Nadmořská výška obce je 420 m.n.m. Stavba stojí na kraji města v zahrádkářské kolonii.

Půdorysné rozměry domu jsou 13,8 x 8,3 m. Hlavní vchod je situován z východní strany. Jedná se o jednopodlažní dům s šikmou střechou. V domě najdeme dvě ložnice, koupelnu, záchod, obývací pokoj s kuchyňským koutem, spíž, zádveří a technickou místnost. Výlezové schůdky z chodby vedou do půdního prostoru. Zde se nachází pouze 15 m² dřevěného podbití, sloužící jako úložný prostor. Elektrokotel je umístěný v technické místnosti. V obývacím pokoji se též nachází krbová kamna, která zde slouží jako sekundární zdroj vytápění. Celková plocha místností domu je 99,94 m². Půdorys domu je k nahlédnutí v příloze 2.



Obr. 32 Realizovaná stavba RD Žamberk (Fotografie autora práce)



3.2 Použitý systém

3.2.1 Konstrukční systém a skladby

Objekt je vystavěn jakožto montovaná prefabrikovaná dřevostavba (viz kapitola 1.3.6.) a byl realizován stavební firmou Stavitelství Kašpar. Použity zde byly sendvičové panely tloušťky 165 mm – nosná konstrukce a 85 cm – příčky. Vnitřní povrch domu je realizován ze sádkartonových desek – stupeň kvality Q3, na toaletě, v koupelně a technické místnosti pak keramický obklad do výšky 2 100 mm. Vnější obvodový plášť je zaklopen fasádním polystyrénem tloušťky 100 mm, následně perlínkovým vláknem s lepidlem a finální fasádní omítkou.

V objektu nalezneme tři různé skladby podlah:

Skladba podlahy P1

vinil – lepený	10 mm
nivelační stěrka	5 mm
betonová mazanina s drátkovou armaturou	60 mm
separační folie	-
kročejeová izolace EPS 100–Z	100 mm
<i>rozvody pro vytápění a ZT</i>	-

Skladba podlahy P2

keramická dlažba	7 mm
lepidlo	4 mm
penetrační nátěr	-
betonová mazanina s drátkovou armaturou	60 mm
separační folie	-
kročejeová izolace EPS 100–Z	100 mm
<i>rozvody pro vytápění a ZT</i>	-



3.2.2 Systém vytápění

Jako primární zdroj vytápění je zde použit Elektrokotel PROTHERM RAY 12K. Ten je umístěn v technické místnosti. Pro rozvod tepla po domě investor zvolil systém deskových otopných těles. Radiátory jsou rozmístěny ve všech obytných místnostech s výjimkou koupelny a WC. V koupelně je z důvodu nedostatku místa realizované teplovodní podlahové topení, které je připojeno přes směšovací ventil jakožto samostatná větev (nezávislá na radiátorovém rozvodu). Jak již bylo výše zmíněno, nacházejí se v obývací místnosti též krbová kamna. Ty zde zastupují ekologický a obnovitelný zdroj tepla, který splňuje standart novely zákona č. 318/2012 o hospodaření energií. [54] Ta od letošního roku zpřísňuje požadavky na novostavby. Krbová kamna však nejsou v tomto případě připojena na centrální vedení tepla, a tak slouží pouze jako lokální zdroj.

3.2.3 Potřeba tepla pro vytápění

3.2.3.1 Velikost vytápěné plochy

Legenda místností	m ²
Zádveří	3,21
Chodba	9,99
Spíž	2,27
Obývací pokoj + kuchyňský kout	41,18
Pokoj	16,01
Ložnice	11,23
Koupelna – vytápěná podlahovým topením	5,19
Technická místnost	9,78
Σ	98,86

Tab. 2 Legenda místností RD Žamberk (dle PD sestavil autor práce)

3.2.3.2 Celková tepelná ztráta domu

Z doložené projektové dokumentace můžeme zjistit celkovou tepelnou ztrátu domu. Její hodnota činí 2,9 kW. Tato hodnota bude dále využita pro výpočet potřeby tepla.



3.2.3.3 Výpočet potřeby tepla pro vytápění

Nejprve si zvolíme vstupní parametry:

$$\begin{array}{ll} t_e = -15 \text{ °C} & e_i = 0,85 \\ d = 251 \text{ dní} & e_t = 0,9 \\ t_{es} = 3,6 \text{ °C} & e_d = 1 \\ Q_c = 2,9 \text{ kW} & \eta_o = 0,95 \\ t_{is} = 19 \text{ °C} & \eta_r = 0,95 \end{array}$$

Jednotlivé parametry byly zvoleny dle ČSN 38 3350 Zásobování teplem a ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění a jsou popsány v seznamu zkratk a použitých znaků. [55]

Vypočteme hodnotu vytápěcích denostupňů D a opravného součinitele ε :

Vytápěcí denostupně

$$D = d * (t_{is} - t_{es}) = 251 * (19 - 3,6) = 3\,865,4 \text{ K*dnů}$$

Opravný součinitel

$$\varepsilon = e_i * e_t * e_d = 0,85 * 0,9 * 1 = 0,765$$

Nyní se již dostáváme k samotnému výpočtu:

$$\begin{aligned} Q_{VYT,r} &= \frac{\varepsilon}{\eta_o * \eta_r} * \frac{24 * Q_c * D}{(t_{is} - t_e)} * 3,6 * 10^{-6} \\ &= \frac{0,765}{0,95 * 0,95} * \frac{24 * 2\,900 * 3\,865,4}{[19 - (-15)]} * 3,6 * 10^{-6} \\ &= 24,1 \text{ GJ/rok} \rightarrow \frac{24,1}{3\,600} = \mathbf{6,7 \text{ MWh/rok}} \end{aligned} \quad [56]$$



3.3 Zjednodušený technologický předpis

3.3.1 Použité materiály

Materiály	Množství
kotel elektrický Ray 12k, PROTHERM	1 ks
armatury pro připojení kotle a topného systému	1 kpl
spotřební a spojovací materiál	1 kpl
přípojovací trubky CU	80 m
radiátor deskový 600x600	1 ks
radiátor deskový 600x900	2 ks
radiátor deskový 600x1200	3 ks
vícevrstvá trubka pex/al/pex Dn 16 x 2 mm	50 m
RTL ventil – směšovací	1 ks
armatury k termostatu	1 kpl
termostat	1 ks
flexibilní silový kabel	30 m

Tab. 3 Použité materiály RD Žamberk (dle cenových nabídek sestavil autor práce)

3.3.2 Přípravenost

Před samotnou realizací teplovodního systému musí být dokončeny následující stavební prvky:

- Dokončené svislé konstrukce (nosné panely a příčky)
- Provedena hrubá kontrola rovinnosti podkladu
- Dokončená střešní konstrukce
- Osazena okna a vchodové dveře do objektu
- Dokončené vnitřní povrchové úpravy stěn a zaklopení podhledu pomocí sádkartonových desek (bez tmelení)
- Provedení rozvodů elektroinstalace
- Provedení hrubých rozvodů vodoinstalace a vnitřní kanalizace



3.3.3 Pracovní postup

Jako první jsou osazena otopná tělesa do připravených závěsů. Od OT se postupně vede měděné potrubí s lisovacími armaturami. Po dokončení veškerých rozvodů se v potrubí následně provede tlaková zkouška. Ta probíhá na 1,5násobek provozního tlaku (1,8-2,1 bar). Pokud někde dochází ke ztrátám tlaku v potrubí, je potřeba dané místo lokalizovat a opravit. Pokud zkouška proběhne zdárně, následuje pokládka kročejové izolace. V místě rozvodů TV je třeba upravit izolaci na požadovaný tvar tak, aby její vrchní plocha byla v rovině.

Následně dojde k demontáži otopných těles. Důvodem demontáže je především možnost vnitřních povrchových úprav za umístěními radiátory. Poté dojde k realizaci interiérové betonové mazaniny a následují finální povrchové úpravy. Po nich dojde k umístění otopných těles zpět na svá místa. Následně se osadí a připojí elektrokotel. Otopná soustava zůstává pod tlakem po celou dobu realizace hrubých podlah a na konci dojde ke kontrole poklesu tlaku. Posledním bodem je topná zkouška, při níž zpravidla dochází k regulaci systému OT.

3.3.4 Požadavky na kontrolu kvality

Vyjma topné a tlakové zkoušky je nutné zajistit kontrolu kvality provedení topného systému v následujících bodech:

- Kontrola únosnosti konstrukce pro osazení otopných těles
- Kontrola dostatečné distance rozvodného a zpětného potrubí
- Kontrola těsnosti, typu a správného průměru jednotlivých rozvodných potrubí
- Kontrola dostatečné izolace rozvodného potrubí
- Kontrola umístění otopných těles – vodorovnost a svislost.
- Kontrola výkonu radiátoru výpočtovým koeficientem



3.4 Výpočet doby trvání

Při výpočtu doby trvání využijeme hodnoty získané pozorováním přímo na stavbě. Z toho důvodu se dané hodnoty mírně liší od tabulkových hodnot pracností, které jsou k dispozici na stránkách Ústavu stavitelství II – FA ČVUT.

Činnost	MJ	Množství	Jedn. Pracnost [Nh]	Celková pracnost [h]	Četa [ks]	Směna [h/d]	Časový fond čet [h/d]	Doba trvání [d]
Práce instalační – systém s OT	m ²	98,86	0,62	61,2932	2	8	16	3,83

Tab. 4 Výpočet doby trvání RD Žamberk (sestavil autor práce)

V tomto výpočtu není ale počítáno s dobou dopravy na stavbu. Ač by se to nezdálo jako rozhodující faktor, oproti podlahovému topení je zde nutnost demontáže a zpětné montáže otopných těles, která vyžaduje další návrat instalatéra na stavbu.

3.5 Výpočet celkových nákladů na technologie

3.5.1 Výpočet nákladů za realizace

Náklady na provedení otopného systému získáme jako součet nákladů za materiály a instalátérskou práci. Dále se zde musí připočítat výdaje za zprovoznění kotle a vyplnění dokumentace. Při výpočtu nákladů na realizaci jsem zadal čtyřem různým firmám se zaměřením na elektroinstalaci, vodoinstalaci a topenářské práce stejnou zakázku a z obdržených cenových nabídek následně vypočetl vážený průměr jednotlivých položek. Ukázky cenových nabídek jsou k nahlédnutí v příloze 4. Výdaje za dopravu započítány nebyly. Důvodem je možné zkreslení výsledných hodnot v důsledku různé vzdálenosti staveb od firmy, která dané systémy realizuje.



Jednotlivé položky	Množství	Jedn. cena*	Cena celkem*
kotel elektrický Ray 12k, PROTHERM	1 ks	23 000 Kč	23 000 Kč
armatury pro připojení kotle a topného systému	1 kpl	8 000 Kč	8 000 Kč
spotřební a spojovací materiál	1 kpl	2 300 Kč	2 300 Kč
připojovací trubky CU	80 m	170 Kč	13 600 Kč
radiátor deskový 600x600	1 ks	4 500 Kč	4 500 Kč
radiátor deskový 600x900	2 ks	5 700 Kč	11 400 Kč
radiátor deskový 600x1200	3 ks	6 300 Kč	18 900 Kč
vícevrstvá trubka pex/al/pex Dn 16 x 2 mm	50 m	25 Kč	1 250 Kč
RTL ventil – směšovací + armatura	1 kpl	4 000 Kč	4 000 Kč
armatury k termostatu	1 kpl	3 000 Kč	3 000 Kč
termostat pro komunikaci openterm	1 ks	1 800 Kč	1 800 Kč
flexibilní silový kabel	30 m	8 Kč	240 Kč
práce instalační – ústřední vytápění	64 h	450 Kč	28 800 Kč
zprovoznění kotle, vyplnění dokumentace	1 kpl	1 700 Kč	1 700 Kč
Σ			122 490 Kč

Tab. 5 Výpočet nákladů na realizaci RD Žamberk (dle cenových nabídek sestavil autor práce)

* Ceny jsou v uvedeny včetně DPH

3.5.2 Výpočet nákladů za roční provoz

Při výpočtu nákladů na roční provoz systému se zaměříme pouze na spotřebu elektrické energie na ohřev vody v topné soustavě. Použijeme reálně použitou soustavu. Výpočet se skládá z roční ceny energií pro vytápění a vedlejších nákladů na provoz systému.

3.5.2.1 Výpočet ceny energií za rok

Zjednodušeně bychom mohli spočítat cenu energií za rok takto:

$$C_{en,a} = Q_{VYT,r} * C_{elektro} + P_{měsíc} * N = 6\,700 * 2,49 + 0,33 * 12 = 16\,686,9 \text{ Kč}$$



Kde C_{elektro} je aktuální cena elektrické energie pro vytápění v kWh pro tarif D57d – pro elektrické vytápění. Topná sazba je vypočtena jako vážený průměr hodnot VT a NT. $P_{\text{měsíc}}$ je součet stálých měsíčních poplatků. Obě tyto hodnoty byly získány na oficiálním webu ČEZu.[57] Konkrétní dokument je k nahlédnutí v příloze 5. $C_{\text{en,a}}$ reprezentuje celkovou cenu energií za rok a N počet měsíců. Výsledek tohoto výpočtu může být ovlivněn uživateli RD a dalšími faktory, které do tohoto výpočtu nebudeme v této fázi výpočtu zavádět.

Z toho důvodu využijeme pro získání přesnějších hodnot výpočet pro náklady na vytápění sestavený dle autora na webu tzb-info.cz. Většina vstupních hodnot byla doplněna automaticky po vybrání nejbližší klimatické oblasti, kterou je Ústí nad Orlicí. Hodnota celkové tepelné ztráty domu je obsažena v kapitole 3.2.3.3. [58]

☰ V jaké lokalitě je dům (klimatická data)

Klimatická oblast	Ústí nad Orlicí
Venkovní výpočtová teplota t_e	-15 °C
Průměrná venkovní teplota t_{es}	3.6 °C
Délka otopného období d	251 dny

☰ Jak velký je dům (tepelná ztráta, způsob větrání)

Celková tepelná ztráta	2,9 kW
Typ provozu objektu	rodina s dětmi
Podlahová plocha A	100 m ²
Objem budovy V	270 m ³
Intenzita výměny vzduchu n	0,5 h ⁻¹

V objektu se používá řízené větrání s rekuperací tepla

Deklarovaná účinnost rekuperace 75 %

Palivo / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva [Kč]	Spotřeba paliva [rok ⁻¹]	Roční náklady [Kč]				
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba
Elektrina přímotop Teplovodní elektrokotel 95 % D57d / jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	NT 2,85294 /kWh VT /kWh /měsíc	6 893 kWh	19 666	0	0	0	19 666

Obr. 34 Náklady na vytápění pro teplovodní elektrokotel [58]

Výsledná hodnota roční ceny za vytápění je tak 19 666 Kč.



3.5.2.2 Výpočet vedlejších nákladů za provoz

Do vedlejších nákladů na provoz v případě elektrokotle počítáme pouze jeho revizi. Její frekvence není tak velká jako v případě plynového kotle. Pro běžný provoz stačí jednou za dva až tři roky. Při průměrné ceně 800 Kč/revize vycházejí pak vedlejší náklady na provoz 400 Kč/rok.

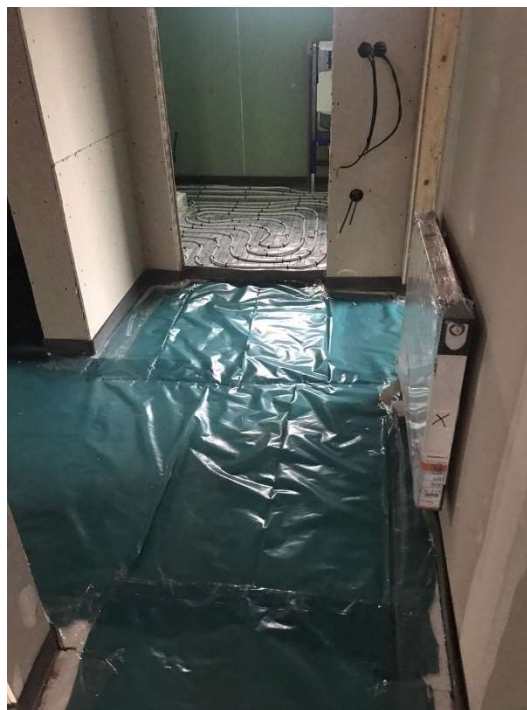
3.5.2.3 Celkové náklady na provoz

$$C_{n;a} = C_{en;a} + C_{vn;a} = 19\,666 + 400 = \mathbf{20\,066\text{ Kč}}$$

Kde $C_{n;a}$ jsou celkové náklady za provoz a $C_{vn;a}$ vedlejší náklady za provoz.



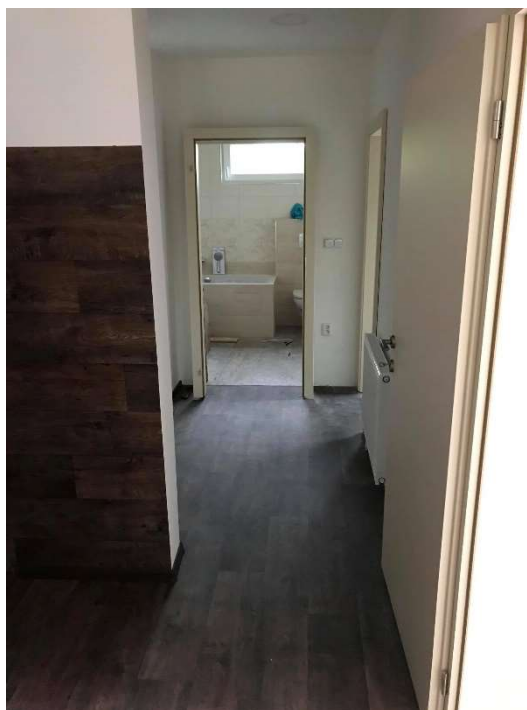
*Obr. 35 Fáze I. Montáž rozvodů TP
(Fotografie autora práce)*



*Obr. 36 Fáze II. Realizace kročejové izolace a
separační folie (Fotografie autora práce)*



*Obr. 37 Fáze III. Dokončená interiérová
betonová mazanina (Fotografie autora práce)*



*Obr. 38 Fáze IV. Dokončená podlaha a osazené
OT (Fotografie autora práce)*



4 NÁVRH VYTÁPĚNÍ RD RTYNĚ V PODKRKONOŠÍ

4.1 Základní údaje o stavbě

Rodinný dům Rтынě v Podkrkonoší je též jednopodlažní nízkoenergetická dřevostavba. Nachází se v obci Rтынě v Podkrkonoší, v Královehradeckém kraji. Nadmořská výška obce je 405 m.n.m. Dům je vystavěn v nově vznikající zástavbě na okraji města.

Půdorysné rozměry samotného domu bez dílny jsou 12,2 m x 8,7 m. Hlavní vchod do domu je situován ze západní strany objektu. Jedná se o jednopodlažní dům se šikmou střechou. V domě nalezneme zádveří, technickou místnost, WC, koupelnu, obývací pokoj s kuchyňským koutem, dvě ložnice a dílnu. I v tomto domě jsou instalovány výlezové schůdky do půdního prostoru. Kondenzační plynový kotel je umístěn v technické místnosti. Celková plocha místností domu je 103,22 m². Půdorys domu je k nahlédnutí v příloze 3.



Obr. 39 Realizovaná stavba RD Rтынě V Podkrkonoší (Fotografie autora práce)



4.2 Použitý systém

4.2.1 Konstrukční systém a skladby

Objekt je vystavěn jakožto montovaná prefabrikovaná dřevostavba (viz 1.3.6.) a byl realizován stavební firmou Stavitelství Kašpar. Použity zde byly sendvičové panely tloušťky 165 mm – nosná konstrukce a 85 mm – příčky. Vnitřní povrch domu je realizován ze sádkartonových desek, na WC a v koupelně pak keramický obklad do výšky 1 500 a 2 100 mm. Vnější obvodový plášť je zaklopen fasádním polystyrénem tloušťky 100 mm, následně perlínkovým vláknem s lepidlem a finální fasádní omítkou.

V objektu nalezneme dvě různé skladby podlah:

Skladba podlahy P3

keramická dlažba	7 mm
lepidlo	4 mm
penetrační nátěr	-
betonová mazanina s drátkovou armaturou	60 mm
<i>podlahové teplovodní vedení</i>	-
odrazivá folie	-
kročejevá izolace EPS 100–Z	100 mm

Skladba podlahy P4

vinil – lepený	10 mm
nivelační stěrka	5 mm
betonová mazanina s drátkovou armaturou	60 mm
<i>podlahové teplovodní vedení</i>	-
odrazivá folie	-
kročejevá izolace EPS 100–Z	100 mm

Tab. 6 Skladby podlah RD Rtyně v Podkrkonoší (dle PD sestavil autor práce)

Skladba základové desky je naprosto shodná pro obě dvě stavby. Pro její náhled viz kapitola 3.2.1.



4.2.2 Systém vytápění

Primárním zdrojem vytápění je zde kondenzační plynový kotel VISSMAN VITODENS 100. Ten je umístěný v technické místnosti. Jelikož sám kotel zastupuje ekologický zdroj tepla, který splňuje standart novely zákona č. 318/2012 o hospodaření energií, nebylo potřeba do objektu instalovat jiný obnovitelný zdroj. [54] Pro rozvody tepla po domě investor zvolil integrovaný otopný systém – teplovodní podlahové vytápění. V koupelně je kromě podlahového topení též instalován otopný žebřík, který zde plní funkci sušení ručníků.

4.2.3 Potřeba tepla pro vytápění

4.2.3.1 Velikost vytápěné plochy

Legenda místností	m ²
Zádveří	5,65
Technická místnost	5,46
WC	1,25
Koupelna – navíc topný žebřík	8,7
Obývací pokoj s kuchyňským koutem	38,45
Pokoj	15,76
Ložnice	16,46
Domácí dílna	11,49
Σ	103,22

Tab. 7 Legenda místností RD Rтынě v Podkrkonoší (dle PD sestavil autor práce)

4.2.3.2 Celková tepelná ztráta domu

Z doložené projektové dokumentace můžeme zjistit celkovou tepelnou ztrátu domu. Její hodnota činí 3,8 kW. Tato hodnota bude dále využita pro výpočet potřeby tepla.



4.2.3.3 Výpočet potřeby tepla pro vytápění

Nejprve si zvolíme vstupní parametry:

$$\begin{array}{ll} t_e = -18 \text{ °C} & e_i = 0,85 \\ d = 257 \text{ dní} & e_t = 0,9 \\ t_{es} = 3,3 \text{ °C} & e_d = 1 \\ Q_c = 3,8 \text{ kW} & \eta_o = 0,95 \\ t_{is} = 19 \text{ °C} & \eta_r = 0,95 \end{array}$$

Jednotlivé parametry byly zvoleny dle ČSN 38 3350 Zásobování teplem a ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění a jsou popsány v seznamu zkratk a použitých znaků. [55]

Vypočteme hodnotu vytápěcích denostupňů D a opravného součinitele ε :

Vytápěcí denostupně

$$D = d * (t_{is} - t_{es}) = 257 * (19 - 3,3) = 4\,034,9 \text{ K*dnů}$$

Opravný součinitel

$$\varepsilon = e_i * e_t * e_d = 0,85 * 0,9 * 1 = 0,765$$

Nyní se již dostáváme k samotnému výpočtu:

$$\begin{aligned} Q_{VYT,r} &= \frac{\varepsilon}{\eta_o * \eta_r} * \frac{24 * Q_c * D}{(t_{is} - t_e)} * 3,6 * 10^{-6} \\ &= \frac{0,765}{0,95 * 0,95} * \frac{24 * 3\,800 * 4\,034,9}{[19 - (-18)]} * 3,6 * 10^{-6} \\ &= 30,4 \text{ GJ/rok} \rightarrow \frac{30,4}{3\,600} = \mathbf{8,44 \text{ MWh/rok}} \end{aligned} \quad [56]$$



4.3 Zjednodušený technologický předpis

4.3.1 Použité materiály

Materiály	Množství
kondenzační plynový kotel VIESSMANN Vitodens 26 kW	1 ks
armatury pro připojení kotle a topného systému	1 kpl
spotřební materiál	1 kpl
rozdělovač s průtokoměry, bez mísení	1 ks
armatury k rozdělovači	1 kpl
skříň pro rozdělovač	1 ks
vícevrstvá trubka pex/al/pex Dn 16 x 2 mm	1 000 m
radiátor koupelnový	1 ks
armatury k radiátoru	1 kpl
flexibilní silový kabel	30 m
odkouření na střechu	1 kpl
termostat pro komunikaci openterm	1 ks

Tab. 8 Použité materiály RD Rtyň v Podkrkonoší (dle cenových nabídek sestavil autor práce)

4.3.2 Přípravenost

Před samotnou realizací teplovodního systému musí být dokončeny následující stavební prvky:

- Dokončené svislé konstrukce (nosné panely a příčky)
- Dokončená střešní konstrukce
- Osazena okna a vchodové dveře do objektu
- Dokončené vnitřní povrchové úpravy stěn a zaklopení podhledu pomocí sádkartonových desek (bez tmelení)
- Provedení hrubých rozvodů elektroinstalace, vodoinstalace a vnitřní kanalizace
- Dokončena pokládka kročejové izolace a položení odrazivé fólie
- Provedena hrubá kontrola rovinnosti podkladu



4.3.3 Pracovní postup

Nejprve se umístí skříňka s rozdělovačem, sběračem a dojde k montáži veškerých armatur spojených s nimi. Dále se od rozvaděče vedou jednotlivé okruhy, které se v daných místnostech tvarují do požadovaných funkčních smyček a uchycují pomocí plastových držáků k podkladu. V místě dveří je nutné trubky z důvodu většího namáhání obalit plastovou ochrannou vrstvou, aby nedošlo k případnému porušení na dilatační spáře. Po provedení veškerých trubkových rozvodů se systém propláchně či odvzdušní a následně je napuštěn vodou. Poté se provede tlaková zkouška. Po úspěšném provedení zkoušky následuje realizace interiérových betonových mazanin. Rozvody po celou dobu realizace mazaniny zůstávají pod tlakem. Po dokončení betonářských prací dojde ke kontrole ztráty tlaku v soustavě. Následně dojde osazení plynového kotle, jeho kompletnímu zprovoznění a napojení na otopný systém. Posledním bodem je provedení topné zkoušky. Ta se realizuje po úplném dokončení podlahové konstrukce. Při topné zkoušce dojde též z regulaci systému pomocí průtokoměrů na rozdělovači.

4.3.4 Požadavky na kontrolu jakosti

Vyjma topné a tlakové zkoušky je nutné zajistit kontrolu kvality provedení topného systému v následujících bodech:

- Rozmístění topných smyček speciálním systémem „šnek
- Kontrola vzdálenosti jednotlivých smyček PT – 15 cm klasicky, v místě tepelných ztrát a v koupelnách 10 cm
- Dostatečná vzdálenost smyček od sirotu zařizovacích předmětů – riziko vyschnutí
- Kontrola dostatečného upevnění uchycovacích spon PT



4.4 Výpočet doby trvání

Při výpočtu doby trvání využijeme hodnoty získané pozorováním přímo na stavbě. Z toho důvodu se dané hodnoty mírně liší od tabulkových hodnot pracností, které jsou k dispozici na stránkách Ústavu stavitelství II – FA ČVUT.

Činnost	MJ	Množství	Jedn. Pracnost [Nh]	Celková pracnost [h]	Četa [ks]	Směna [h/d]	Časový fond čet [h/d]	Doba trvání [d]
Práce instalační – podlah. topení	m ²	98,86	0,45	44,487	2	8	16	2,78

Tab. 9 Výpočet doby trvání RD Rtyně v Podkrkonoší (sestavil autor práce)

Výhodou této technologie je rozhodně rychlost a jednoduchost montáže. Jelikož se podlahové topení realizuje až na kročejovou vrstvu, nejsou zde potřeba dořezy kolem vedení TV jako u radiátorů. Celá realizace je proveditelná za 3 dny bez nutnosti opakovaného návratu na stavbu.

4.5 Výpočet celkových nákladů na technologie

4.5.1 Výpočet nákladů na realizace

Náklady na provedení otopného systému získáme jako součet nákladů za materiály a instalátorskou práci. Dále se zde musí připočítat výdaje za zprovoznění kotle, vyplnění dokumentace, a především výdaje za plynovou přípojku. Na rozdíl od elektrokotle je v tomto případě nutnost realizovat samostatnou přípojku pro plyn. Plynovodní řád se nachází zhruba 10 metrů od objektu. Při výpočtu nákladů na realizaci jsem zadal čtyřem různým firmám se zaměřením na elektroinstalaci, vodoinstalaci a topenářské práce stejnou zakázku a z obdržených cenových nabídek následně vypočetl vážený průměr jednotlivých položek. Ukázky cenových nabídek jsou k nahlédnutí v příloze 4. Výdaje za dopravu započítány nebyly.



Jednotlivé položky	Množství	Jedn. cena*	Cena celkem*
kondenzační plynový kotel VIESSMANN Vitodens 26 kW	1 ks	57 000 Kč	57 000 Kč
armatury pro připojení kotle a topného systému	1 kpl	7 000 Kč	7 000 Kč
spotřební materiál	1 kpl	1 200 Kč	1 200 Kč
rozdělovač s průtokoměry, bez mísení	1 ks	6 200 Kč	6 200 Kč
armatury k rozdělovači	1 kpl	2 000 Kč	2 000 Kč
skříň pro rozdělovač	1 ks	1 600 Kč	1 600 Kč
vícevrstvá trubka pex/al/pex Dn 16 x 2 mm	1000 m	25 Kč	25 000 Kč
radiátor koupelnový	1 ks	3 500 Kč	3 500 Kč
armatury k radiátoru	1 kpl	2 600 Kč	2 600 Kč
flexibilní silový kabel	30 m	8 Kč	240 Kč
odkouření na střechu	1 kpl	5 200 Kč	5 200 Kč
termostat pro komunikaci openterm	1 ks	1 800 Kč	1 800 Kč
zřízení plynové přípojky k domu	1 kpl	15 000 Kč	15 000 Kč
práce instalační – ústřední vytápění	48 h	450 Kč	21 600 Kč
zprovoznění kotle, vyplnění dokumentace	1 kpl	2 000 Kč	2 000 Kč
Σ			151 940 Kč

*Tab. 10 Výpočet nákladů na realizaci RD Rtyně v Podkrkonoší
(dle cenových nabídek sestavil autor práce)*

*Ceny jsou v uvedeny včetně DPH.

4.5.2 Výpočet nákladů na roční provoz

Při výpočtu nákladů na roční provoz systému se zaměříme pouze na spotřebu elektrické energie na ohřev vody v topné soustavě. Použijeme reálně použitou soustavu. Výpočet se skládá z roční ceny energií pro vytápění a vedlejších nákladů na provoz systému.

4.5.2.1 Výpočet ceny energií za rok

Zjednodušeně bychom mohli spočítat cenu energií za rok takto:

$$C_{en,a} = Q_{VYT,r} * C_{plyn} + P_{měsíc} * N = 8\,440 * 1,421 + 0,28 * 12 = 11\,996,6 \text{ Kč}$$



Kde C_{plyn} je aktuální cena plynu pro vytápění v kWh pro odběr 7 560 – 15 000 kWh/rok a $P_{\text{měsíc}}$ součet stálých měsíčních poplatků – získané na oficiálním webu ČEZu. Konkrétní dokument k nahlédnutí v příloze 5. $C_{\text{en,a}}$ je celková cena energií za rok a N počet měsíců. [59]

Objektivnější hodnotu získáme podobně jako v případě RD Žamberk z výpočtu pro náklady na vytápění sestaveného dle autora na webu tzb-info.cz Většina vstupních hodnot byla doplněna automaticky po vybrání nejbližší klimatické oblasti, kterou je v tomto případě město Trutnov. Hodnota celkové tepelné ztráty domu je obsažena v kapitole 3.2.3.3. [58]

☛ V jaké lokalitě je dům (klimatická data)

Klimatická oblast	Trutnov
Venkovní výpočtová teplota t_{e}	-18 °C
Průměrná venkovní teplota t_{es}	3.3 °C
Délka otopného období d	257 dny

☛ Jak velký je dům (tepelná ztráta, způsob větrání)

Celková tepelná ztráta	3,8 kW
Typ provozu objektu	rodina s dětmi
Podlahová plocha A	100 m ²
Objem budovy V	270 m ³
Intenzita výměny vzduchu n	0,5 h ⁻¹

V objektu se používá řízené větrání s rekuperací tepla

Deklarovaná účinnost rekuperace 75 %

Palivo / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva [Kč]	Spotřeba paliva [rok ⁻¹]	Roční náklady [Kč]					
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	Celkem
Zemní plyn <input checked="" type="checkbox"/> Kondenzační kotel RWE Energie, a.s.	1.21921 /kWh /měsíc	772 m ³ 8 146 kWh	9 932	0	0	2 268		12 200

Obr. 40 Náklady na vytápění pro kondenzační plynový kotel [58]

Výsledná hodnota roční ceny za vytápění je tak **12 200 Kč** včetně stálých měsíčních poplatků. Hodnota se od zjednodušeného výpočtu liší minimálně.



4.5.2.2 Výpočet vedlejších nákladů za provoz

Do vedlejších nákladů na provoz v případě plynového kotle počítáme jeho revizní a servisní prohlídku. Servisní prohlídka se provádí 1x ročně. Revizní prohlídka kotle pak jednou za 2-3 roky. Při průměrné ceně 2 500 Kč za revizi kotle, 1 200 Kč za servisní prohlídku jsme schopni dopočítat průměrné náklady na provoz. Nutné je také zmínit, že každoroční servisní prohlídka není nutná, ale doporučená z hlediska bezpečnosti a zvýšení životnosti kotle.

Průměrné vedlejší náklady na provoz

$$C_{vn;a} = \frac{C_{servis} + C_{revize}}{2} = \frac{1\,200 + 2\,500}{2} = 1\,850 \text{ Kč/rok}$$

4.5.2.3 Celkové náklady na provoz

$$C_{n;a} = C_{en;a} + C_{vn;a} = 12\,200 + 1\,850 = \mathbf{14\,050 \text{ Kč}}$$

Kde $C_{n;a}$ jsou celkové náklady za provoz a $C_{vn;a}$ vedlejší náklady za provoz.



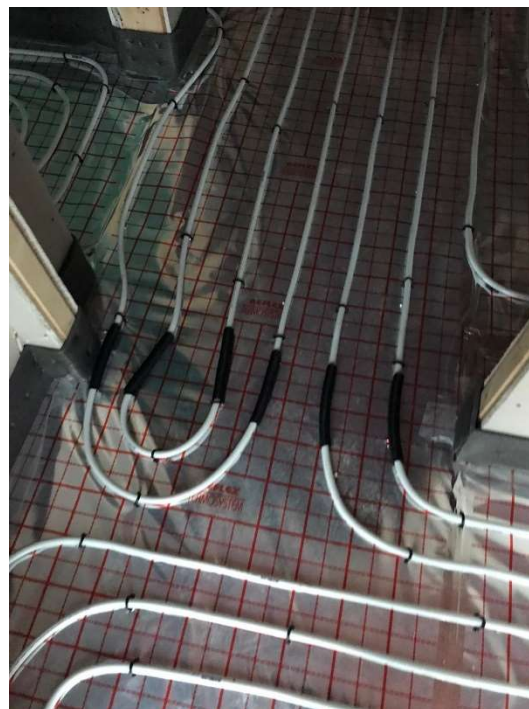
*Obr. 41 Detail I. Funkční smyčka – zádveři
(Fotografie autora práce)*



*Obr. 42 Detail II. PT rozvody v koupelně
(Fotografie autora práce)*



*Obr. 43 Detail III. Rozdělovač/sběrač
(Fotografie autora práce)*



*Obr. 44 Detail IV. Ochranné krytky v místě
dilatační spáry (Fotografie autora práce)*



5 POROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ

5.1 Obecné srovnání objektů

Oba domy porovnávané v této práci byly vybrány tak, aby se svými vlastnostmi co nejvíce podobaly, a bylo tak možné s přesností porovnat dvě různé technologie vytápění bez nutnosti přepočtu jakýkoliv parametrů či podmínek.



Název objektu	RD Žamberk	RD Rtyně v Podkrkonoší
Místo stavby	Žamberk	Rtyně v Podkrkonoší
Typ stavby	Panelová dřevostavba	Panelová dřevostavba
Energetická náročnost	Nízkoenergetická stavba	Nízkoenergetická stavba
Stavební firma	Stavatelství Kašpar s.r.o.	Stavatelství Kašpar s.r.o.
Počet podlaží	1	1
Rok dokončení stavby	2020	2020
Nadmořská výška	420 m.n.m.	405 m.n.m.
Celková vytápěná plocha	99,94 m ²	103,22 m ²
Celková tepel. ztráta domu	2,9 kW	3,8 kW
Primární zdroj energie	Elektrický kotel	Kondenzační plynový kotel
Rozvodný systém	Otopná tělesa	Teplovod. podlahové vytápění
Doplňkové topidlo	Teplovod. podlahové vytápění	Otopné těleso
Doba realizace technologie	4 dny	3 dny
Náklady na realizaci	122 490 Kč	151 940 Kč
Náklady na provoz	20 066 Kč	14 050 Kč

Tab. 11 Obecné srovnání objektů (sestavil autor práce) Obr. 32 a 39 (Fotografie autora práce)



5.2 Porovnání doby realizace

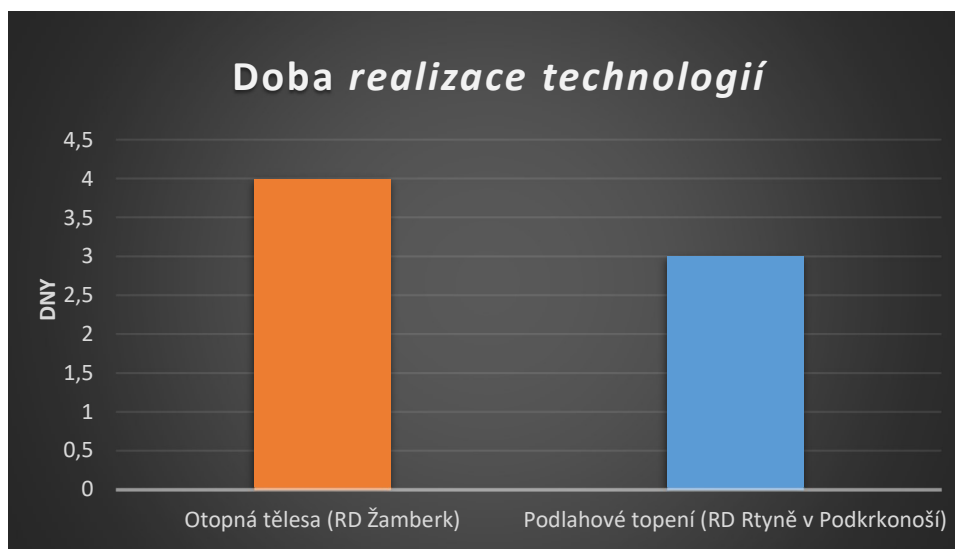
Pro obě stavby jsme si postupně vypočetli doby realizace topné technologie. Je zde nutné zmínit, že v reálné výstavbě dřevostaveb se při montáži topné soustavy též realizují další přidružené práce. Dodavatelé tak při cenění zakázky uvádějí navíc například kročejovou izolaci, dilatační pásy nebo odrazivou a separační fólii. Jelikož je časový rozdíl zapojení zdrojů tepla minimální, je tento čas zahrnut do celkové doby realizace a není tak třeba ho více rozebírat.

Se systémem otopných těles se většinou současně realizuje pokládka kročejové izolace a následně položení separační fólie. Podrobně je tento postup rozebrán v kapitole 3.3.3.

Před montáží podlahového topení dodavatel realizuje pokládku kročejové izolace a odrazivé fólie. Po dokončení topné technologie firma ve většině případů též realizuje přípravu pro betonovou mazaninu. Tento technologický postup je nastíněn v kapitole 4.3.3.

Pro potřeby této práce byly však jednotlivé zakázky omezeny pouze na samotnou technologii vytápění.

Jelikož technologie otopných těles je celkově náročnější proces, vyšla i její doba realizace v porovnání s podlahovým topením hůře. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.4., důležitým rozdílem je tu nutnost návratu topnáře na stavbu z důvodu montáže otopných těles po dokončení hrubých podlah.

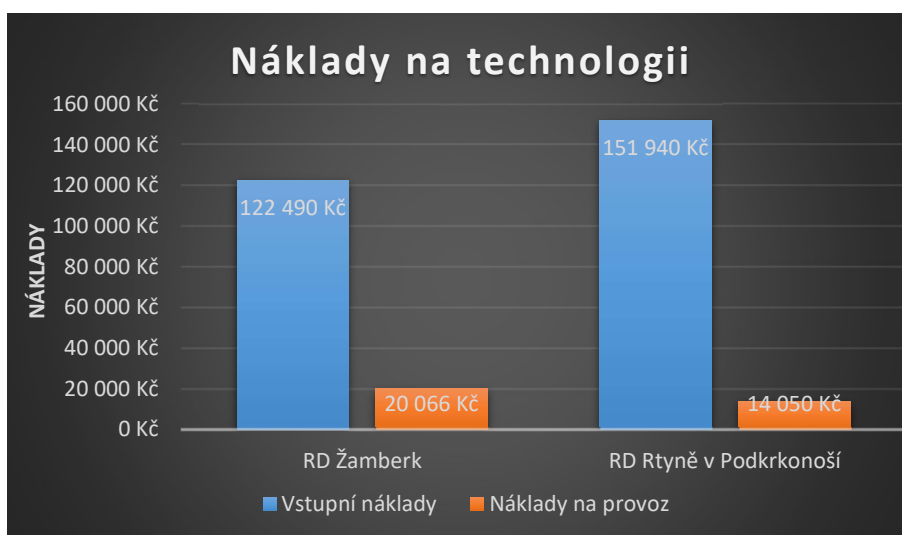


Graf 2 Doba realizace jednotlivých technologií (sestavil autor práce)



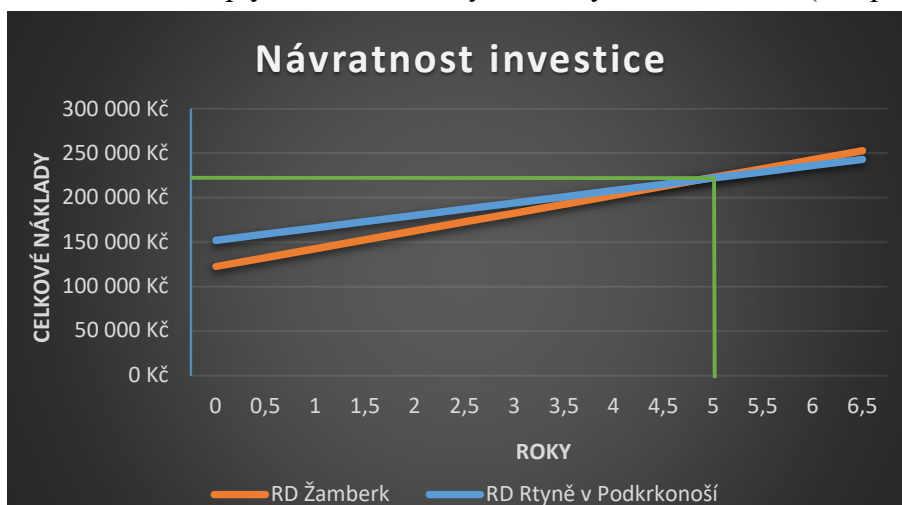
5.3 Porovnání celkových nákladů na technologie

Při výpočtu nákladů na realizaci hrály velkou roli především ceny zdrojů tepla. Jak bylo v předešlých kapitolách zjištěno, pořizovací náklady technologie s plynovým kotlem jsou vyšší, než je tomu v případě elektrokotlů. Zde však razantně převažují roční náklady za provoz.



Graf 3 Celkové náklady na technologie (sestavil autor práce)

V celkovém měřítku tak kombinace kondenzačního plynového kotle s podlahovým topením vychází jako vhodnější a úspornější. Tyto dva prvky se vzájemně doplňují především svojí nízkou provozní teplotou, která je jedním z hlavních důvodů nízkých nákladů na provoz. Nejlépe jde tato skutečnost pozorovat na grafu návratnosti investice. Z následujícího grafu jasně vyplývá, že doba návratnosti investice do plynového kotle by měla být zhruba 5 let (viz příloha 6).



Graf 4 Návratnost investice do kondenzačního plynového kotle (sestavil autor práce)



5.4 Porovnání komfortu při užívání

Neméně důležitým faktorem při výběru vytápěcí technologie může být komfort pro uživatele. V dnešní době jsou totiž kladeny velké požadavky na jednoduchost a komplexnost dodávaných služeb.

Při výběru zdrojů tepla někteří lidé preferují jednoduché intuitivní ovládání a provoz bez nutnosti přikládání či jiného manuálního zásahu do procesu vytápění domu. Oba zdroje tepla použité v této práci tyto preference splňují. Kotle jsou bezúdržbové a ovládané na dálku přenosným termostatem. Překážkou pro pořízení plynových kotlů je u některých lidí strach z nebezpečných vlastností zemního plynu. Při správném používání a dodržování revizních kontrol je však tento strach neopodstatněný.

Při výběru rozvodného systému tepla existuje několik rozhodujících parametrů. Mezi nejdůležitější můžeme zařadit tradičnost, pocit tepelné pohody nebo funkčnost. Mluvíme-li konkrétně o srovnání podlahového vytápění a OT, část populace by stále dala přednost radiátorům především z důvodu, že podlahové vytápění vidí jakožto novou, neozkoušenou věc. Pokud se na zmíněné technologie podíváme z pohledu tepelné pohody, teoreticky by jasným vítězem mělo být podlahové vytápění. Teplo v tomto systému totiž sálá plošně z podlahy a dále postupuje směrem vzhůru. Zajišťuje tak rovnoměrnou teplotu v celé místnosti. V případě otopných těles mluvíme o lokálním zdroji tepla v místnosti, což má za důsledek mnohdy nepříjemně vysokou teplotu v okolí radiátoru a velký pokles teploty napříč místností. Pocit tepelné pohody je však hodně individuální faktor. Teplo od podlahy tak nemusí být některým uživatelům domu příjemné.

Neméně důležité je též funkční hledisko věci. V případě RD Žamberk se podlahové topení v koupelně realizovalo z důvodu nedostatku prostoru pro OT. Výhodou je též relativní bezpečnost pro rodiny s dětmi, jelikož zde nehrozí jakákoliv interakce dítěte s topným systémem. Naproti tomu při realizaci vícepodlažních domů stále ještě převládají systémy otopných těles, především z hlediska snazšího provedení centrální otopné soustavy pro celý objekt. Volba radiátoru může být také zásadní při vysokém podílu kobercových podlah v domě.



ZÁVĚR

Cílem této práce bylo porovnat rozdílné systémy vytápění dvou shodně velkých nízkoenergetických dřevostaveb z hlediska nákladů a časové náročnosti realizace daných technologií.

První objekt RD Žamberk kombinoval pro vytápění elektrokotel s otopnými tělesy. Pro druhý objekt RD Rtyně v Podkrkonoší byla zvolena kombinace kondenzačního plynového kotle a teplovodního podlahového vytápění.

Nejprve byly pozorováním, zjištěny a dále použity pracnosti pro jednotlivé činnosti a následně dopočteny celkové doby realizace. První výsledkem tak byl časový rozdíl vyobrazený na **Graf 2**, v kapitole 5.2.

Dalším bodem byly výpočty nákladů na provedení. Na pořizovací cenu měly velký vliv především zdroje tepla. V tomto ohledu se jeví jako vhodnější varianta použití elektrokotle. U plynového kotle bylo nutné započítat realizaci plynové přípojky. Jelikož rozvodné systémy měly cenu podobnou, celkově vyšla první technologie levněji. Podrobnosti jsou vyobrazeny na **Graf 3** v kapitole 5.3.

Následně došlo na výpočet nákladů za provoz. Z důvodu ekonomičtějšího fungování a ceny paliva zde jasně vyhrála kombinace plynového kotle a PT, a to i přes skutečnost pravidelných měsíčních poplatků a nákladů za revizní kontroly. I tato skutečnost je vyobrazená na **Graf 3** v kapitole 5.3.

Předposledním bodem byl výpočet návratnosti investice do druhé výše zmíněné technologie. Z grafického zobrazení **Graf 4** v kapitole 5.3 jasně vyplývá, že investice do kombinace kondenzačního plynového kotle a teplovodního podlahového vytápění je z dlouhodobého hlediska výhodná. Výpočet je k nahlédnutí v příloze 6.

Poslední část byla zaměřena na porovnání daných technologií z pohledu koncového uživatele. Zde je třeba zmínit velký rozdíl v přístupu jednotlivých investorů.



Přístup investora je sám o sobě stěžejní. Přestože z této práce jasně vychází výhodnější kombinace technologií použitá u RD Rтынě v Podkrkonoší, a i já sám bych se k této variantě přikláněl, najde se spousta lidí, pro které vždy bude rozhodující faktor vstupní investice. To je společně s rozdílnými požadavky na komfort hlavní důvod, proč tyto technologie mohou v dnešní době fungovat vedle sebe. Pokud by totiž jedna převyšovala tu druhou naprosto ve všech faktorech, druhá by s největší pravděpodobností úplně zanikla.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.
- [2] The Stone age houses. In: *Fionaswebsiteonireland* [online]. [cit. 2020-02-14]. Dostupné z: <https://fionaswebsiteonireland.weebly.com/the-stone-age.html>
- [3] Historie dřevostaveb v ČR. In: *Mezi Stromy* [online]. 2017-11-29 [cit. 2020-02-14]. Dostupné z: [https://www.mezistromy.cz/drevostavby/historie-drevostaveb-v-cr-\(cast-2\)--drevostavby-od-prvni-prumyslove-revoluce-do-soucasnosti/odborny](https://www.mezistromy.cz/drevostavby/historie-drevostaveb-v-cr-(cast-2)--drevostavby-od-prvni-prumyslove-revoluce-do-soucasnosti/odborny)
- [4] KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.
- [5] Srubová stavba – Arkansas. In: *Srub CZ: T.M.T. srub s.r.o.* [online]. [cit. 2020-02-14]. Dostupné z: <https://www.srub.cz/data/catalog-icon/icon-1300.jpeg.basic.jpg>
- [6] Masivní plošná stavby. In: *Dřevo a Stavby* [online]. [cit. 2020-02-14]. Dostupné z: https://www.drevoastavby.cz/images/stories/dum_o_drevostavbach/06_10.022_dsarh_07_019762_m.jpg
- [7] Tudor Lodge Main. In: *Bal fours* [online]. [cit. 2020-02-14]. Dostupné z: https://www.balfours.co.uk/images/Tudor_Lodge_Main.jpg
- [8] Novodobý skelet. In: *Střechy západ* [online]. [cit. 2020-02-14]. Dostupné z: https://www.strechyzapad.cz/upload/753-1002067171_s.jpg
- [9] Hasičská zbrojnice Dzbel. In: *Miksig stavby* [online]. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: http://miksig-stavby.cz/wp-content/uploads/2015/11/20150616_154346.jpg
- [10] VÝHODY A NEVÝHODY DŘEVOSTAVEB. In: *Dřevostavby my home* [online]. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: <https://www.drevostavby-myhome.cz/vyhody-a-nevyhody-drevostaveb/>
- [11] ŠKRABALOVÁ, Eva, ed. *Dřevostavby*. Brno: ERA group, 2002. Edice 21. století. ISBN 80-86517-39-x.
- [12] DAŇKOVÁ, Dana D. Čím topit v dřevostavbě? In: *ASB portál* [online]. 2015 [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/energie/cim-topit-v-drevostavbe>
- [13] Uhlí patří do 21. století. In: *Topme uhlím* [online]. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: <https://www.topmeuhlim.cz/uhli-patri-do-21-stoleti-jde-o-nejlevnejsi-ekologicky-zdroj-tepla/>
- [14] Česko je třetím největším těžářem hnědého uhlí v Evropě. In: *Lidovky* [online]. 2019-11-25 [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: https://www.lidovky.cz/byznys/energetika/cesko-je-tretim-nejvetsim-tezarem-hnedeho-uhli-v-evrope.A191125_142258_energetika_vag
- [15] Bílinské hnědé uhlí. *Paliva zdemar* [online]. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: http://www.palivazdemar.cz/editor/image/eshop_products/zbd00038_1.jpg

- [16] Výhřevnost palivového dřeva. In: *Dřevo top heller* [online]. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: <https://www.drevotop-heller.cz/clanky/vyhrevnost-dreva-vyhody-topeni-drevem-uskladneni-a-mereni-dreva/>
- [17] Koncept topného systému v dřevostavbě? In: *Dřevo a stavby* [online]. 2018-02-20 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/vse-o-drevostavbach/stavba-drevostavby/vytapeni-a-vzduchotechnika/4898-2018-02-20-09-35-18>
- [18] *Wood* [online]. In: *Amazon*. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/619Isz8me%2BL_SL1181.jpg
- [19] Jak topit dřevem a briketami. In: *Hornbach* [online]. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: https://www.hornbach.cz/cms/cs/cz/navody/kamna_vytapeni/topeni_drevem_briketa_mi/topeni_drevem_briketami.html
- [20] Dřevěné brikety. In: *Mountfield* [online]. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: https://img2.mountfield.sxcdn.net/files/d3/d3e9c517-e91a-4399-9e00-bb1e7d1a26fd_800_600_fit.jpg
- [21] Pelety. In: *TONAP* [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.tonap.cz/upload/867-1108014683.jpg>
- [22] MUSIL, Ladislav. Plyn ve vytápění. In: *TZB info* [online]. 2002-10-17 [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1163-plyn-ve-vytapeni-i>
- [23] Konvenční a kondenzační ohřev. In: *TZB info* [online]. 10.10.2011 [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/7912-junkers-tipy-pro-topenare-xii-teoreticke-zaklady-kondenzacni-techniky>
- [24] Vytápění elektřinou. In: *Termona* [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.thermona.cz/aktuality/kdy-se-vyplati-elektrokotel-pro-domacnost>
- [25] Elektrokotel. In: *Topeni levne* [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://cdn.topenilevne.cz/images/0/ec72502b919d8326/2/mora-top-electra-15-komfort.jpg>
- [26] Přímotopný kovektor. In: *Manutan* [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.manutan.cz/img/S/GRP/ST/AIG3125759.jpg>
- [27] NOVÁK, Petr. Kdy se elektrické přímotopy vyplatí. In: *Dřevo stavitel* [online]. 08.06.2018 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/kdy-se-vyplati-elektricke-primotopy-1dil>
- [28] Infrapanel. In: *Hornbach* [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: https://www.hornbach.cz/data/shop/D04/001/780/491/450/927/DV_8_6836630_05_4c_NL_20190424114752.jpg
- [29] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-8076-020-9.
- [30] Tepelná čerpadla voda/voda. In: *Solarenavi* [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://www.solarenavi.cz/a-48-tepelna-cerpadla-voda-voda-podzemni-voda.html>
- [31] POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. 3., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2005. Stavíme. ISBN 80-7366-016-4.

- [32] Tepelná čerpadla vzduch-voda. In: *Tepelna cernpadla gorenje* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.tepelna-cernpadla-gorenje.cz/files/images/Funkce%20Aerogor.png>
- [33] Země/voda. In: *ITV čerpadla* [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://www.cernpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cernpadla-zeme-voda-plocha>
- [34] Tepelná čerpadla voda-voda. In: *Tepelna cernpadla gorenje* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.tepelna-cernpadla-gorenje.cz/files/images/Princip%20%C4%8Derpadla%20voda-voda.png>
- [35] Tepelná čerpadla země-voda. In: *Tepelna cernpadla gorenje* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.tepelna-cernpadla-gorenje.cz/files/images/Funkce%20Terragor.png>
- [36] Panou solar thermosolar. In: *Eco Energie Vest* [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: https://www.ecoenergievest.ro/wp-content/uploads/panou_solar_thermosolar_ts300_1-600x600.jpg
- [37] Solární (fotovoltaické) články. In: *ČEZ, a.s.* [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [38] Solar-pv-panel. In: *5.imimg* [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://5.imimg.com/data5/YM/SC/MY-14500263/solar-pv-panel-500x500.jpg>
- [39] Otopné plochy. In: *TZB info* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/otopne-plochy>
- [40] Článekový radiátor. In: *A koupelny a topeni.* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://cdn.akoupelnyatopeni.cz/images/0/9b009922baef4eca/1/topeni-a-ohrev-vody-isan-atol-c3-clankovy-radiator-vyska-1800-mm-cat31800001-ad01.jpg>
- [41] Deskové radiátory a výhody. In: *Henrad radiatory* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.henrad-radiatory.cz/deskove-radiatory-vyhody/>
- [42] Deskový radiátor. In: *A koupelny a topeni.* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://1384153947.rsc.cdn77.org/images/0/059397bcd02adc07/2/deskovy-radiator-airfel-klasik-s-bocnim-pripojenim-21-600-1400-maximalni-vykon-2328-wattu.jpg>
- [43] Trubkové otopné těleso. In: *Likost* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.likost.cz/upload/2719-1304199162.jpg>
- [44] Podlahový konvektor koraflex. In: *1384153947* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://1384153947.rsc.cdn77.org/images/0/a861ca3dc4a2c8e1/1/podlahovy-konvektor-koraflex-fk-bez-mrizky-basic-fk-16x11x80-cm-vykon-100-wattu.jpg>
- [45] BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3524-5.
- [46] Podíl sálavé složky u systémů. In: *Vytapeni tzb info* [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/docu/oblasti/0003/000366o4.png>
- [47] DUFKA, Jaroslav. *Podlahové vytápění*. Praha: Grada, 2006. Profi & hobby. ISBN 80-247-1530-9.

- [48] Podlahove vytapeni prehled trhu. In: *TZB info* [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni/4667-podlahove-vytapeni-prehled-trhu>
- [49] Skladba podlahy podlahového vytápění. In: *1 topeni levne* [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://www.1-topeni-levne.cz/deploy/img/fck/Image/skladby-podlahy-podlahove-topeni-2.jpg>
- [50] Podlahového vytápění. In: *ABS portal* [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: https://www.asb-portal.cz/wp-content/uploads/2018/10/19_teplovodni_podlahove-1084x671.jpg
- [51] Stěnové vytápění. In: *Pěkné bydlení* [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://www.peknebydleni.cz/wp-content/uploads/2019/04/Image000.jpg>
- [52] Stropní topení. In: *365 dni doma* [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://365dnidoma.com/wp-content/uploads/2017/03/stropni-topeni.jpg>
- [53] Skladba základové desky – standard. In: *Smlouva o dílo*. Borohrádek: Stavitelství Kašpar s.r.o., 2019, Příloha smlouvy o dílo.
- [54] Zákon č. 318/2012 Sb. In: *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-318>
- [55] Venkovni vypoctove teploty. In: *TZB info* [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [56] Potreba tepla pro vytapeni. In: *TZB info* [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody>
- [57] Ceník elektřiny. In: *ČEZ, a.s.* [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/ceniky.html?commodity=ele>
- [58] Porovnání nákladů na vytápění. In: *TZB info* [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapeni-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>
- [59] Ceníky plynu. In: *ČEZ, a.s.* [online]. [cit. 2020-05-1]. Dostupné z: https://www.cez.cz/cs/podpora/ceniky.html?gclid=Cj0KCQjw2PP1BRCiARIsAEqv-pTt4uwasCzeNw1z1_sm8GT9Gx5fNtBiKyTzRUrwRmFQOKxrreKaoW4aAn88EALw_wcB

SEZNAM ZKRATEK A POUŽITÝCH SYMBOLŮ

%	Procento
Σ	Suma
°C	Stupeň Celsia
C_{elektro}	Aktuální cena elektrické energie pro vytápění
$C_{\text{en,a}}$	Celkovou cenu energií za rok
$C_{\text{n;a}}$	Celkové náklady za rok
CO ₂	Oxid uhličitý
C_{plyn}	Aktuální cena plynu pro vytápění
C_{revize}	Cena revize kotle
C_{servis}	Cena servisu kotle
CU	Měď
$C_{\text{vn;a}}$	Vedlejší náklady za provoz za rok
č.	Číslo
ČEZ	České energetické závody
ČSN	Česká technická norma
d	Délka topného období (případně den)
D	Vytápěcí denostupně
Dn	Jmenovitá světlost
DPH	Daň z přidané hodnoty
e_d	Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
e_i	Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem
e_t	Snížení teploty v místnosti během dne / noci
h	Hodina
H ₂ O	Voda
K	Kelvin
kpl	Komplet
ks	Kus
kW	Kilowatt
m	Metr
m.n.m.	Metr nad mořem
m ²	Metr čtverečný
m ³	Metr krychlový
MJ	Měrná jednotka
mm	Milimetr

MW	Megawatt
N	Počet měsíců
N ₂	Dusík
Nh	Normohodina
Obr.	Obrázek
OT	Otopná tělesa
PD	Projektová dokumentace
P _{měsíc}	Součet stálých měsíčních poplatků
PT	Podlahové topení
Px	Podlaha x
Q	Teplo
Q _C	Tepelná ztráta objektu
Q _{VYT,r}	Celková roční potřeba tepla na vytápění
RD	Rodinný dům
Tab.	Tabulka
t _e	Venkovní výpočtová teplota
t _{es}	Průměrná teplota během otopného období
t _{is}	Průměrná vnitřní výpočtová teplota
t _{spalin}	Teplota spalin
TV	topná voda
WC	Splachovací toaleta
ZT	Zdravotní technika
ε	Opravný součinitel
η _o	Účinnost obsluhy respektive možnosti regulace soustavy
η _r	Účinnost rozvodů vytápění

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Praveký přístřešek [2]</i>	10
<i>Obr. 2 Srubová stavba [5]</i>	11
<i>Obr. 3 Masivní plošná stavba [6]</i>	12
<i>Obr. 4 Hrázděná stavba [7]</i>	12
<i>Obr. 5 Novodobý skelet [8]</i>	12
<i>Obr. 6 Rámová stavba [9]</i>	13
<i>Obr. 7 Panel vyplněný vláknitou izolací (Fotografie autora práce)</i>	13
<i>Obr. 8 Montáž panelů za pomoci autojeřábu (Fotografie autora práce)</i>	13
<i>Obr. 9 Hnědé uhlí [15]</i>	16
<i>Obr. 10 Palivové dřevo [18]</i>	16
<i>Obr. 11 Palivové dřevo [18]</i>	17
<i>Obr. 12 Dřevěné pelety [21]</i>	17
<i>Obr. 13 Princip fungování konvenčního a kondenzačního ohřevu [23]</i>	19
<i>Obr. 14 Elektrokotel [25]</i>	20
<i>Obr. 15 Přímotopný konvektor [26]</i>	20
<i>Obr. 16 Elektrický infrapanel [28]</i>	20
<i>Obr. 17 Princip fungování tepelného čerpadla [30]</i>	21
<i>Obr. 18 Tepelné čerpadlo vzduch – voda [32]</i>	22
<i>Obr. 19 Tepelné čerpadlo voda – voda [34]</i>	23
<i>Obr. 20 Tepelné čerpadlo země – voda [35]</i>	24
<i>Obr. 21 Fototermický kolektor [36]</i>	24
<i>Obr. 22 Fotovoltaický kolektor [38]</i>	25
<i>Obr. 23 Článekový radiátor [40]</i>	25
<i>Obr. 24 Deskový radiátor [42]</i>	26
<i>Obr. 25 Trubkový radiátor [43]</i>	26
<i>Obr. 26 Konvektor [44]</i>	27
<i>Obr. 27 Podíl sálové složky u jednotlivých otopných systémů [46]</i>	27
<i>Obr. 28 Skladba teplovodního podlah. vytápění [49]</i>	28
<i>Obr. 29 Skladba elektrického podlah. vytápění [50]</i>	29
<i>Obr. 30 Stěnové vytápění [51]</i>	29
<i>Obr. 31 Stropní vytápění [52]</i>	30
<i>Obr. 32 Realizovaná stavba RD Žamberk (Fotografie autora práce)</i>	31
<i>Obr. 33 Skladba základové desky – standard [53]</i>	33
<i>Obr. 34 Náklady na vytápění pro teplovodní elektrokotel [58]</i>	40
<i>Obr. 35 Fáze I. Montáž rozvodů TP (Fotografie autora práce)</i>	42
<i>Obr. 36 Fáze II. Realizace kročejové izolace a separační folie (Fotografie autora práce)</i>	42
<i>Obr. 37 Fáze III. Dokončená interiérová betonová mazanina (Fotografie autora práce)</i>	42
<i>Obr. 38 Fáze IV. Dokončená podlaha a osazené OT (Fotografie autora práce)</i>	42
<i>Obr. 39 Realizovaná stavba RD Rtyně V Podkrkonoší (Fotografie autora práce)</i>	43

<i>Obr. 40 Náklady na vytápění pro kondenzační plynový kotel [58]</i>	51
<i>Obr. 41 Detail I. Funkční smyčka – zádveří (Fotografie autora práce)</i>	53
<i>Obr. 42 Detail II. PT rozvody v koupelně (Fotografie autora práce)</i>	53
<i>Obr. 43 Detail III. Rozdělovač/sběrač (Fotografie autora práce)</i>	53
<i>Obr. 44 Detail IV. Ochranné krytky v místě dilatační spáry (Fotografie autora práce)</i>	53

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Skladby podlah RD Žamberk (dle PD sestavil autor práce)</i>	33
<i>Tab. 2 Legenda místností RD Žamberk (dle PD sestavil autor práce)</i>	34
<i>Tab. 3 Použité materiály RD Žamberk (dle cenových nabídek sestavil autor práce)</i>	36
<i>Tab. 4 Výpočet doby trvání RD Žamberk (sestavil autor práce)</i>	38
<i>Tab. 5 Výpočet nákladů na realizaci RD Žamberk (dle cen. nabídek sestavil autor práce)</i>	39
<i>Tab. 6 Skladby podlah RD Rtně v Podkrkonoší (dle PD sestavil autor práce)</i>	44
<i>Tab. 7 Legenda místností RD Rtně v Podkrkonoší (dle PD sestavil autor práce)</i>	45
<i>Tab. 8 Použité materiály RD Rtně v Podkrkonoší (dle cen. nabídek sestavil autor práce)</i>	47
<i>Tab. 9 Výpočet doby trvání RD Rtně v Podkrkonoší (sestavil autor práce)</i>	49
<i>Tab. 10 Výpočet nákladů na realizaci RD Rtně v Podkrkonoší (dle cen. nabídek sestavil autor práce)</i>	50

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Typologie dřevěných stavebních systémů [1]</i>	11
<i>Graf 2 Doba realizace jednotlivých technologií (sestavil autor práce)</i>	55
<i>Graf 3 Celkové náklady na technologie (sestavil autor práce)</i>	56
<i>Graf 4 Návratnost investice do kondenzačního plynového kotle (sestavil autor práce)</i>	56

SEZNAM PŘÍLOH

<i>Příloha 1 – Souhlas s využitím obchodního jména</i>
<i>Příloha 2 – Výkresová část RD Žamberk</i>
<i>Příloha 3 – Výkresová část RD Rtně v Podkrkonoší</i>
<i>Příloha 4 – Ukázky cenových nabídek za technologie</i>
<i>Příloha 5 – Ceníky energií ČEZ</i>
<i>Příloha 6 – Výpočet roku návratnosti investice</i>