

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU**  
**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Roman Pohl

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.



2021/22

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE


### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Pohl</u>	Jméno: <u>Roman</u>	Osobní číslo: <u>484400</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra Technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Návrh vytápění bytového domu</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Design of the heating system in the apartment building</u>	
Pokyny pro vypracování: Projekt vytápění bytového domu. Textová část - technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, návrh otopných ploch, návrh systému vytápění, návrh zdroje tepla, základní energetické výpočty. Výkresová část - půdorysy, řez, detail technické místnosti, funkční schéma.	
Studie na téma Systémy vytápění a chlazení bytového domu	
Seznam doporučené literatury: Kabele, Karel : TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV. Vytápění. ČVUT. Praha 2014. ISBN 978-80-01-05203-7 ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění ČSN EN 12828+A1 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>16.2.2022</u>	Termín odevzdání BP v IS KOS: <u>15.5.2022</u>
	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
<u>16.2.2022</u>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne 2.5.2022

.....  
Roman Pohl

## **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Michalovi Kabrhelovi, PhD. za odborné vedení práce, připomínky, dobré rady a vstřícnost při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu během studia.



## Obsah

Abstrakt .....	2
Klíčová slova .....	2
Abstract .....	2
1. Úvod .....	3
2. Řešený objekt .....	3
2.1 Základní popis objektu .....	3
3. Stropní vytápění .....	4
3.1. Zvolený systém CoolFLEX .....	4
3.1.1 Obecné informace o typovém řešení CoolFLEX .....	4
3.1.2 Výhody a nevýhody .....	4
3.1.3 Konstrukce stropních rohoží.....	5
3.1.4 Prvky systému stropních rohoží .....	5
3.1.5 Teploty a tlaky v systému .....	6
3.1.6 Montáž a uvedení do provozu.....	6
3.2 Stropní systém Uponor Thermatop M .....	7
3.3 Stropní systémy Rehau BKT/oBKT do ŽB desky.....	7
3.4 Stropní systém Rehau Rautherm pod omítku .....	8
3.5 Kapilární rohože G-TERM .....	8
4. Další možnosti systému vytápění a chlazení .....	9
4.1. Podlahové vytápění .....	9
4.2. Stěnové vytápění .....	10
4.3. Indukční jednotky .....	10
4.4. Fancoily.....	11
4.5. Chladicí trámce.....	11
4.6. Lokální systémy split a mutli-split .....	12
4.7. Centrální systémy VRV/VRF.....	12
5. Zdroj tepla a chladu – tepelné čerpadlo.....	12
5.1. Základní princip .....	12
5.2. Výkon, příkon, COP.....	13
5.3. Typy tepelných čerpadel .....	13
6. Závěr.....	15

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se věnuje návrhu vytápění bytového domu v České republice pomocí stropních panelů (s možností chlazení). Projektová část obsahuje výpočty tepelných ztrát a na ně navržená otopná tělesa, dimenzování potrubí, návrh tepelného čerpadla, výkresy bytového domu s navrženou soustavou, schéma strojovny a technickou zprávu. Práce je doplněna o studii využití systémů vytápění, kterými lze chladit. Jako zdroj tepla a chladu je použito tepelné čerpadlo.

## **Klíčová slova**

Vytápění, chlazení, bytový dům, stropní vytápění, tepelné čerpadlo

## **Abstract**

The bachelor's thesis deals with the design of heating an apartment building in the Czech Republic using ceiling panels (with the possibility of cooling). The project part contains calculations of heat losses and radiators designed for them, piping dimensioning, heat pump design, drawings of an apartment building with a designed system, scheme of engine room and technical report. The work is supplemented by a study of the use of heating systems that can be used to cool. A heat pump is used as a source of heat and cold.

## **Keywords**

Heating, cooling, apartment building, ceiling heating, heat pump.

## 1. Úvod

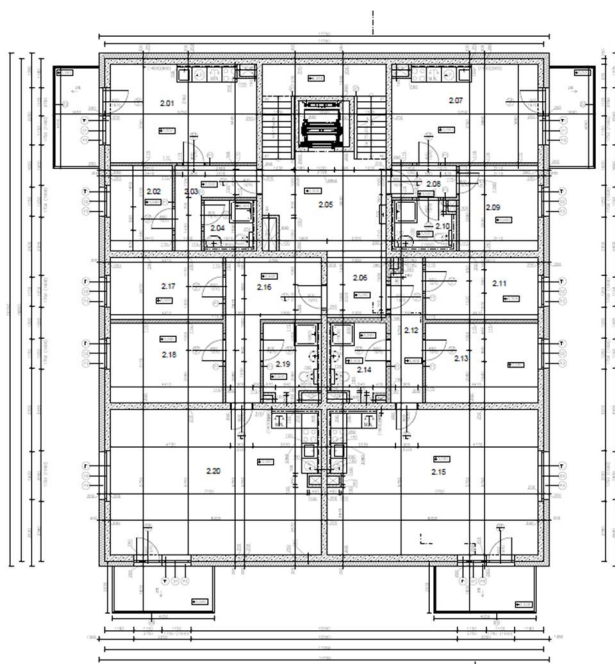
Problematika vytápění a chlazení je důležitá pro zajištění tepelného komfortu – stavu, kdy nám není chladno nebo naopak příliš horko. Česká republika leží v mírném podnebném pásu. Pro něj je typické střídání čtyř ročních období a tudíž velké rozdíly minimálních a maximálních teplot v průběhu roku. V České republice vzrostla průměrná roční teplota za posledních 61 let o 2 °C. V létě venkovní teploty překonávají běžně hranici 30 °C. Proto klasický systém vytápění začíná čím dál častěji doplňovat systém zprostředkávající chlazení.

V této bakalářské práci je navržen systém vytápění a chlazení v bytovém domě v Praze. Zvolený systém je teoreticky rozebrán v této studii (viz strana 4) a projektová část obsahuje výpočty a výkresy na úrovni stavebního povolení. Dále jsou ve studii popsány další možnosti prvků, které slouží pro vytápění a chlazení a na závěr krátké shrnutí tepelných čerpadel, které je zvolené jako zdroj tepla a chladu pro zvolený objekt

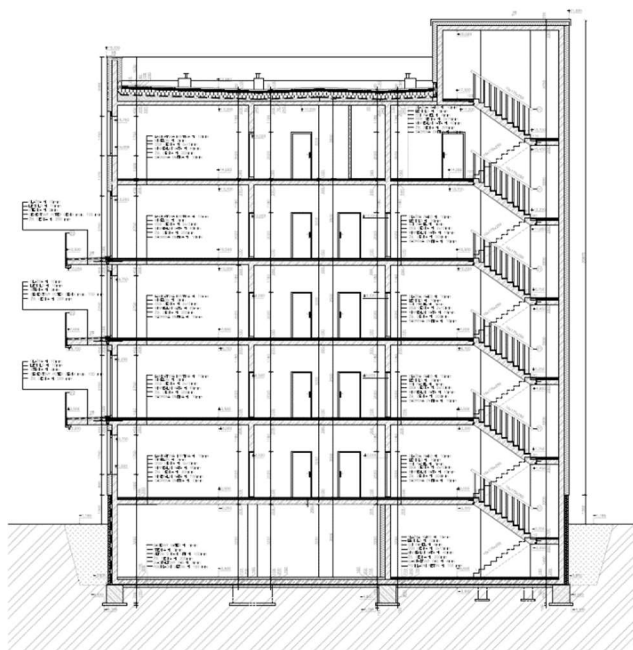
## 2. Řešený objekt

### 2.1 Základní popis objektu

Jedná se o železobetonový stěnový systém, s obousměrně pnutými deskami. V suterénu se nachází garáže. První až čtvrté nadzemní podlaží je prakticky identické a na patro připadají čtyři byty. V pátém podlaží jsou pouze dva byty a prostorná terasa. Objekt se nachází v Praze a vnější výpočtová teplota je uvažována -12°C. Tvar bytového domu je obdélník o rozměrech 17,75 x 20,25 metru. Zdrojem tepla a chladu je tepelné čerpadlo typu země-voda. Je zvolena „suchá montáž“ topných/chladících panelů do podhledu a typové řešení CoolFLEX, které je popsáno v rámci studie v bakalářské práci.



Obr. 1 – typické podlaží



Obr. 2 – řez objektem

### 3. Stropní vytápění

#### 3.1. Zvolený systém CoolFLEX

##### 3.1.1 Obecné informace o typovém řešení CoolFLEX

Jedná se o sálavé vytápění/chlazení pomocí potrubí pod stropní deskou (viz obrázek 3). Soustava při vytápění ohřívá ostatní povrchy a ty následně ohřívají vzduch uvnitř objektu. U podlahového vytápění jsou výkony přibližně  $60 \text{ W/m}^2$ , jsme limitováni povrchovou teplotou podlahy. U stropu jde prostup jen přes desku sádrokartonu a výkony jsou okolo  $70 \text{ W/m}^2$ . Tudíž v místnosti s  $25 \text{ m}^2$  bych podlahovým vytápěním získal  $1500 \text{ W}$ , zatímco stropním vytápěním  $1750 \text{ W}$ . V praxi se začíná využívat sádrokartonových desek s obsahem grafitu, které mají zvýšenou tepelnou vodivost. Díky nim místo  $70 \text{ W/m}^2$  lze získat až  $89 \text{ W/m}^2$  otopného výkonu. Chladicí výkon je pak až  $75 \text{ W/m}^2$ .

U koupelen je běžné doplnění otopnými tělesy (žebříky), protože by tepelný výkon panelů nebo podlahového vytápění nestačil. Pokud by nestačil systém chlazení, je možné doplnit systém vzduchotechnikou nebo umístit panely do stěn. V případě stěnového vytápění/chlazení je otopný a chladicí výkon při stejném rozdílu teplot takřka totožný se stropním systémem.

Obecně jsou dva způsoby montáže – mokrá a suchá cesta. Suchá cesta spočívá v instalaci potrubí do podhledu. Některé firmy využívají systém, kdy se do sádrokartonu připraví drážky a do nich se umístí trubkový registr. To je drahé a tak se dnes více využívá chladicích rohoží umístěných mezi CD profily a následně zaklopených sádrokartonem. Mokrý způsob je způsob instalace potrubí pod jádrovou nebo sádrovou omítkou tlustou  $10\text{-}20 \text{ mm}$ . Tento způsob je vhodný pro rekonstrukce, kde nelze použít podhled.

Běžně se navrhuje metoda obálky – podlahové vytápění v 1.NP a stropní chlazení ve 2.NP pod střechou.

Potřebná výška podhledové konstrukce u systému sádrokartonových a kazetových stropů je  $6\text{-}20 \text{ cm}$ .

Cena stropního systému je oproti podlahovému zhruba  $2,5\text{x-}3\text{x}$  vyšší. Náklady jsou pak pro obě varianty totožné.

##### 3.1.2 Výhody a nevýhody

U klimatizace je největší problém nerovnoměrnost chlazení vzduchu. Jednoduše řečeno – na někoho např. v kanceláři fouká víc a na někoho méně. Podstropní systém potrubí zajistí rovnoměrné klima.

Klimatizace uvádí vzduch do pohybu, což způsobuje víření prachu, pylu a roztočů. Problémy mohou pociťovat zejména astmatici a alergici. Sálavý systém vzduch pouze ohřívá nebo chladí. Díky tomu je i naprosto bezhlučný.

Velkým plusem je možnost spojení vytápění a chlazení v jednom systému. Je to sice dražší varianta než podlahové vytápění, ale cena je v tomto případě „daní“ za příjemné klima nejen v zimě, ale i v horkých letních dnech.



Obr. 3 – Chladicí registry od firmy FV – Plast [1]



Obr. 4 – Sálání panelů [2]



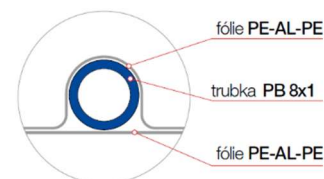
### 3.1.3 Konstrukce stropních rohoží

V projektu je zvolený systém CoolFLEX od firmy FV - Plast. Rohože mají délky od 500 mm do 4000 mm odstupňované po 250 mm. Šířka rohoží je standardně 490 mm. Sádkartonová deska má šířku 500 mm a rohož se tak mezi profily přesně vejde. Problém není ani s vynecháním otvorů například pro osvětlení nebo vzduchotechniku. Místo použití desky 3000 mm, se použijí například desky 1250 a 1500 mm. Topný výkon se vynecháním 250 mm sníží minimálně, určitou schopnost vytápět má i potrubí propojující dva panely.

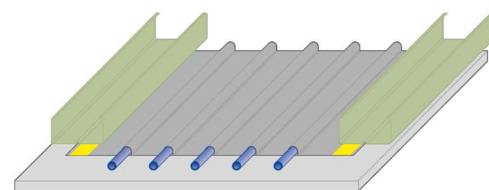
Přichycení k CD profilům je pomocí pásky. Hmotnost rohoží bez vody je 1 kg/m<sup>2</sup>, s vodou 1,73 kg/m<sup>2</sup>. Komponenty a rozdělovače jsou stejné pro stropní systém jako pro podlahové vytápění.

Konstrukce rohoží se skládá z polybutylénových trubek s kyslíkovou bariérou průměru 8 mm (páteřní potrubí má 16 mm) zalisovaných mezi hliníkové fólie (viz obrázky 5 a 6), která zajišťuje funkci tepelná izolace a zároveň zabrání sálení rohoží přes strop nahoru. Fólie také zlepšuje reakci registru na oheň.

Systém spojování je formou spojek PUSH – zacvaknutí spojek s možností rozebrání. Vhodné je použití maziva. Na náročnější instalace nebo v cizině je vyžadován systém lisovacích spojek (tzv. A-PRESS), kde se spoj roztáhne, do něj se vloží potrubí a přetáhne se stahovacím kroužkem. Lisovací spoje mají vyšší odolnost a menší tlaky uvnitř potrubí. Tam kde systém PUSH vyžaduje udělat dva okruhy, může systému A-PRESS stačit jen jeden a dovoluje použít průměry potrubí 25-32 mm. U staveb pro bydlení je obvyklý systém PUSH; A-PRESS je vhodné použít u rozsáhlých objektech galerií a průmyslových objektů.



Obr. 5 – Detail rohože [3]



Obr. 6 – Schéma rohoží [4]

### 3.1.4 Prvky systému stropních rohoží

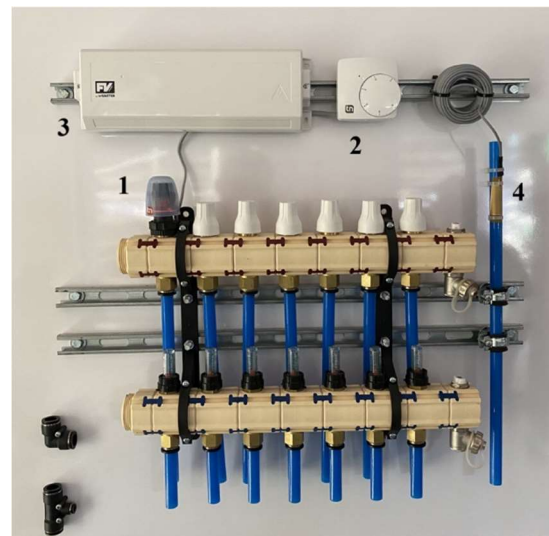
Rozdělovač se zpravidla umísťuje naležato pod strop. Při tomto způsobu montáže je vhodné pootočit koncový díl rozdělovače o 90° tak, aby odvzdušňovací ventil byl v nejvyšším bodě a napouštěcí/vypouštěcí ventil mířil kolmo dolů. Pro zvýšení spolehlivosti systému při vyšších průtocích je vhodné dodržovat principy zapojení dle Tichelmanna i u rozdělovače a napojit rozdělovač z jedné strany a sběrač z druhé strany.

**Termopohon (1):** Umožňují polohu otevřeno nebo zavřeno, díky kterým se reguluje průtok média. Je instalován na začátku každé přívodní větve. Manuální termopohony se u stropního systému nepoužívají, protože rozdělovač je umístěn vysoko a nebylo by komfortní je ovládat ručně. Svoje využití tak najdou například u podlahového vytápění.

**Prostorový termostat (2):** Na něm se nastaví požadovaná teplota. V sobě má snímač teploty a tu porovná s požadovanou teplotou.

**Řídicí modul (3):** Přijímá signál z termostatu a následně reguluje termopohon, který otevře nebo uzavře podle potřeby průtoku otopného/chladicího média.

**Čidlo rosného bodu (4):** Je připevněno na potrubí a přes konvertor rosného bodu (převodník) dává pokyn řídicímu modulu a to vypne problémové okruhy. Konvertor zareaguje při překročení cca 80 % - 85 % relativní vlhkosti a stav signalizuje osazenou dvoubarevnou signálkou.



Obr. 7 – Rozdělovač [5]

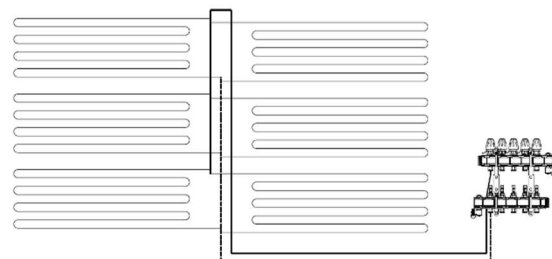
### 3.1.5 Teploty a tlaky v systému

U potrubí je důležité hlídat rosný bod, proto každý stropní systém musí mít čidlo rosného bodu. Většinou má každé čidlo jednotlivá místnost a doporučuje se na každých 40 m<sup>2</sup> rohoží. Čidlo je napojeno na konvertor rosného bodu, který dává informaci při přibližování rosnému bodu a následně vypíná systém a případně ho i znovu zapíná. Problém hrozí zejména u koupelen a vlhkých prostor.

Velmi důležité je takzvané Tichelmannovo (soproudé) zapojení (viz obrázek 8), kdy například první rohož nepřipojím na přívodu jako první, ale až jako poslední (a na odvodu první). Odpadá tím problém s tlakovými poměry v potrubí.

Přirozeným zdrojem pro stropní systém vytápění a chlazení je tepelné čerpadlo. Voda se nechladí na nízké teploty. Teplotní spád je nejčastěji 16/19 °C. To zaručuje, že teplý vzduch nebude kondenzovat a zároveň zajistí komfortní pocit rovnoměrně vychlazeného prostoru.

Při nižších teplotách, už bychom místnosti přechladili. Pro vytápění se používá nejčastěji teplotní spád 40/36 °C.



Obr. 8 – Zapojení Tichelmann [6]

### 3.1.6 Montáž a uvedení do provozu

Tvarovky se ustříhnou kolmo k ose potrubí, vnitřní hrana se zkosí do hloubky cca 1 mm. Zasune se pouzdro, konec trubky se namaže silikonovým tukem a tvarovka se nasune do spojky (viz obrázek 9). Trubka 16 mm je zasunuta do hloubky 27 mm, trubka 8 mm je zasunuta do hloubky 20 mm.

Než se strop zaklopí, je potřeba provést tlakovou zkoušku. Potrubí se naplní vodou a nechá se probublat.



Obr. 9 – Spojkování [7]

Po zmizení bublin je systém správně naplněný. Přetlakování je při zkoušce nastaveno na 4 bary (při běžném použití jsou to 2 bary), dvě hodiny se nechá systém odstát a zkontroluje se rozdělovač s potrubím. Pokud nic nesýčí a nejsou vidět bublinky, je vše správně napojené. Garance životnosti je 50 let. Rozdělovače je potřeba jednou za 10-15 let zkontrolovat, protože by kvalita vody mohla způsobit zarůstání zelenými řasami na průtokoměrech. Spoje jsou otestovány na dvakrát větší tlak a nemusí se řešit jejich údržba.

Pro bezpečné napuštění, odvzdušnění a následný provoz je nutné nezmenšovat průtočný průřez v průběhu celé větve. Vzniklé turbulence v zúženích mají za následek nedostatečné propláchnutí a odvzdušnění systému, způsobují nerovnoměrné rozložení teplot a nespolehlivost systému.

## Další možnosti stropního vytápění

### 3.2 Stropní systém Uponor Thermatop M

„Topné a chladicí registry tvoří strojově vyráběné záhyby vícevrstevných MCL potrubí, které jsou na své místo uchyceny pomocí kolejnič. Upevňovací kolejniče mají pružinové klipsny umožňující rychlou a snadnou montáž bez použití nástrojů na CD profily spodní konstrukce stropu. Osové rozestupy mezi osami CD profilů činí 333 mm. Připojení potrubí je možné pomocí RTM spojek, nebo standardními lisovacími fitinkami. Registry se sériově připojí k vodním okruhům. Jednotlivé okruhy jsou připojeny přímo k rozdělovači nebo pomocí Tichelmannova principu k páteřnímu potrubí. Topný výkon je 105 W/m<sup>2</sup> a chladicí výkon 67 W/m<sup>2</sup>. Tyto vysoké hodnoty dány průměrem potrubí 16 mm a jeho malou roztečí 24 mm.“

*(Uponor Thermatop, 2021)*



Obr. 10 – Uponor Thermatop M [8]

### 3.3 Stropní systémy Rehau BKT/oBKT do ŽB desky

„Název je převzatý z německého Beton Kern Temperierung. Princip termické akumulace schopnosti stavebního dílce je základem pro vytápění / chlazení nosných betonových konstrukcí. Schopnost těžkých stavebních dílů v historických budovách teplo absorbovat nebo předat, napodobuje REHAU-systém BKT pomocí rozvodů trubek v masivních betonových dílech. Podle potřeby je do systému přiváděna studená nebo teplá voda. Trubky pro chladicí/otopné okruhy jsou zabudovány do betonové stropu. Výšková úroveň uložení trubek je stanovena dle specifických parametrů projektu.“

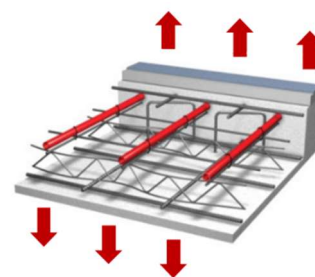
*(Rehau, 2008)*



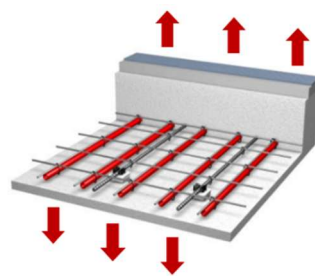
Obr. 11 – Rehau oBKT [9]

„Pro temperování betonových konstrukcí se používají dva základní systémy. BKT, u kterého je potrubí uloženo uprostřed betonové desky. Takové řešení upřednostňuje akumulční efekt, čemuž odpovídá i relativně pomalá reakce  $10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$ , tj. změna teploty povrchu je asi  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  za hodinu. Základem je vždy prefabrikovaný modul (připravený již ve výrobě), na kterém je upevněno potrubí RAUTHERM S o průměru 17, resp. 20 mm při rozteči 15 cm v jednoduchém nebo dvojitém meandru. Trubka je vyráběna ze zesíťného polyetylenu PE-Xa a spojována metodou násuvné objímky. Právě odolnost a současně pevnost potrubí či spojů je v těchto případech velmi důležitá vzhledem k okolnostem a provozu na stavbě. Topný nebo chladicí výkon vždy záleží na konkrétních parametrech a požadavcích, ale pohybuje se okolo  $42 \text{ W/m}^2$ .

Druhou možností je tzv. systém oBKT, který na rozdíl od předchozí varianty upřednostňuje výkon a rychlost předávání tepla. V těchto případech je proto potrubí s moduly umístěno asi 17 mm pod spodní výztuží stropní betonové konstrukce. Je tedy blíže spodní hrany betonového jádra. Do modulů se instaluje potrubí RAUTHERM SPEED o průměru 14 mm v rozteči 7,5 nebo 15 cm. Vždy ve dvojitém meandru, který teplo lépe rozloží po ploše. Výsledkem je vyšší chladicí výkon  $71,1 \text{ W/m}^2$  a  $55,5 \text{ W/m}^2$  u vytápění. Rychlejší reakce a změna povrchové teploty se pohybuje okolo  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  za hodinu.“  
(Rehau, 2021)



Obr. 12 – Rehau BKT [10]



Obr. 13 – Rehau oBKT [11]

### 3.4 Stropní systém Rehau Rautherm pod omítkou

„Jde o nejvyužívanější montážní způsob, který se používá i při rekonstrukcích. Chladicí systém je nainstalovaný na masivní nebo podobný typ stropu pod omítkou. Trubky jsou postupně upevňované do lišt v rozestupech 5 až 15 centimetrů. Čím hustěji zasazené, tím vyšší bude mít chlazení výkon. Nainstalované chladicí registry musí projít tlakovou zkouškou. Rošt je možné pokrýt omítkou s tloušťkou 23 mm. Omítka musí být míchána a nanášena postupem v souladu s doporučením výrobce, podle technického katalogu. Vhodné je užití sádrové omítky. Průměr potrubí je 10 mm. Topný výkon je okolo  $70 \text{ W/m}^2$  a chladicí výkon  $55 \text{ W/m}^2$ .“

(Rehau, 2021)



Obr. 14 – Rehau Rautherm [12]

### 3.5 Kapilární rohože G-TERM

„Kapilární rohože se instalují na co největší plochu stropu, lepší se přímo pod omítkou, vkládají se do stropních kazet nebo se zakládají sádrokartonovými deskami. Dají se aplikovat pod strop, do stěn i do podlahy. Nejběžnější a nejčastější aplikací kapilárních rohoží je použití v administrativních budovách, kde slouží většinou jako chladicí stropy, ovšem mohou být využity i pro vytápění. Délka rohoží je od 750 mm do 6000 mm, šířka 120 až 1200 mm. Systém je tvořen polypropylenovými trubičkami. Průměr kapilár je kolem 4 mm a mezi jednotlivými kapilárami je poměrně krátká vzdálenost, což ve spojení s malým



Obr. 15 – Rohože G-TERM [13]



teplotním spádem způsobí prakticky rovnoměrné rozložení povrchové teploty. Rohože se dodávají na stavbu v rolích podle zvoleného rozměru. Jejich montážní výška je pouze 10 mm. Dosahují topného výkonu až  $80 \text{ W/m}^2$  a při chlazení  $65 \text{ W/m}^2$ . Při vytápění je doporučený teplotní spád  $32/28 \text{ }^\circ\text{C}$  a pro chlazení  $16/20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Velkou výhodou je jejich dlouhá životnost, hygienická nezávadnost a rychlá montáž. Nevýhodou je malá mechanická odolnost.“

(HEINNLICH s.r.o., 2013)

## 4. Další možnosti systému vytápění a chlazení

### 4.1. Podlahové vytápění

Chlazení a vytápění je stejně jako u stropního systému vedeno ve stejných trubkách a předání tepla probíhá především sáláním - teplo ohřívá přímo plochy a předměty, případně osoby. Pořizovací náklady jsou přibližně o 10% vyšší, než u klasického systému s otopnými tělesy. Jak je uvedeno výše – stropní řešení je výrazněji dražší (2,5x-3x) než podlahové. V létě se pohybuje teplota chlazené podlahy okolo  $20\text{-}25 \text{ }^\circ\text{C}$ , což je stejná teplota, jakou mají podlahy v zimě s běžnými otopnými tělesy. Chladicí výkon je až  $40 \text{ W/m}^2$ . Výhodou je velká otopná plocha s relativně nízkou teplotou teplotonosného média, která se maximálně pohybuje okolo  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ . U klasických otopných těles je teplota větší.

Podlahové vytápění lze aplikovat suchou nebo mokrou cestou. Mokrý systém znamená zalití potrubí do anhydritu/betonu (toto řešení převažuje). Suchý systém je systémová deska do které se vloží potrubí a následně se zaklopí farmacellovou deskou.

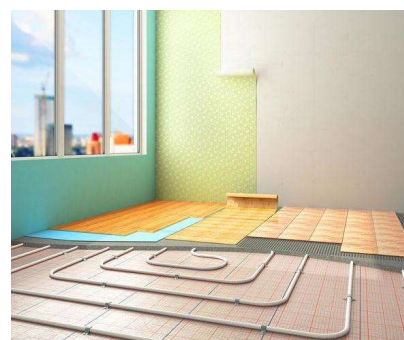
Rozteč potrubí je  $100\text{-}150 \text{ mm}$  v závislosti na typu prostoru. Ideálním zdrojem je opět tepelné čerpadlo. Je také nutné hlídat teplotu rosného bodu a také maximální teplotu podlahy  $29 \text{ }^\circ\text{C}$  v obytných místnostech a  $33 \text{ }^\circ\text{C}$  v koupelnách. Dlouhodobě vysoké teploty mohou způsobit zdravotní potíže jako např. migrény. Srovnání s klimatizací je podobné jako u stropního systému – nevíření prachu, bezúdržbovost a bezhlučný provoz.

U podlahového řešení je problém s akumulací chladu v betonu. Nejdříve se vychladí betonová vrstva, která by měla být alespoň  $40 \text{ mm}$ , následně sáláním začne ochlazovat ostatní povrchy. Kvůli tomu dochází ke zpoždění 2 až 3 dny. Tou dobou už nemusí být chlazení žádoucí. Podlaha navíc může být zakryta nábytkem a to může také redukovat účinnou plochu. Akumulace je výhodná pouze v létě – prostým otevřením na terasu chlad neunikne.

Podlahové vytápění lze ukládat do nopů (viz obrázek 17) nebo pomocí přichytek (viz obrázek 18).

Systémové desky (s izolací s kročejovým útlumem) mají na horní straně nopy, které fixují polohu trubek. Ušetří se na zalévací mazanině a není třeba použít další upevňovací prvky. Sousední desky jsou spojeny technikou přeplátování. Vhodné pro dimenze  $14$  až  $17 \text{ mm}$ .

Oproti tomu přichytky se vmáčknou do polystyrenu tzv. „tackerovačkou“ a rozteče se ohlídnou díky rastru zobrazeném horní straně desky. Výhodou



Obr. 16 – Podlahové vytápění [14]



Obr. 17 – Nopový systém [15]



Obr. 18 – Přichytkový systém zvaný též tacker [16]

systému je nižší cena, možnost použití libovolné rozteče potrubí a snadné obcházení případných překážek. Vhodné pro dimenze 14 až 20 mm a ideálně potrubí typu MLC.

## 4.2. Stěnové vytápění

Stěnové vytápění je principem činnosti a provozními podmínkami velmi podobné podlahovému. Přednostmi tohoto způsobu vytápění jsou velkoplošné sálavé teplo a hlavně schopnost rychlé reakce a tím i rychlejší vyhřátí místnosti. Právě tyto vlastnosti předurčují stěnové vytápění pro širokou oblast použití ve zdravotnictví, průmyslu, veřejných budovách i rodinných domech.

Vytápění se instaluje buď do stěnových příček, profilů nebo v případě mokré instalace přímo do vrstvy omítky. Otopný registr se zejména montuje na vnitřní stranu ochlazované stěny, tj. stěny obvodového pláště budovy, pouze v případech nutnosti zajištění požadovaného tepelného výkonu i na vnitřní stěny (příčky).

Vytápěná stěna představuje účinný a velkoplošný zdroj sálavého tepla s povrchovou teplotou cca 35 °C. Sáláním dochází k ohřívání ostatních stěn, stropu i podlahy. V případě použití pro klimatizování interiérů v letním období, chladicí výkon stěnového topení představuje obecně cca 30 % topného výkonu.

Vhodnou kombinací teploty v otopném systému, umístění topných trubek, tloušťky zdiva a umístění izolací lze dosáhnout efektu akumulace tepla zední hmotou, což je výhoda známá například z akumulčních kamen. Dům pak lze vytápět jen v krátkých intervalech (například v době nízké ceny elektrické energie potřebné pro chod čerpadel) a v době mezi těmito intervaly bude ohřátá hmota domu topit i několik hodin zadarmo za nás. Takto vytopené zdi mohou pak přestupem tepla zdívem dostatečně vytápět a temperovat i provozní místnosti určené k bydlení, jako třeba spížírnu nebo sklad sportovního a zahradního vybavení. V těchto místnostech pak již nebude potřeba instalace dalších otopných těles a trubek.

Pro někoho může být klíčovou nevýhodou fakt, že u vyhřívání stěny nesmí být nábytek. To samé platí i pro různé dekorace, jako například obrazy. Když už se systém na topení jednou namontuje musí se držet rozložení objektů v interiéru. Dodatečné změny jsou náročné a zbytečně poškozují stěny.

## 4.3. Indukční jednotky

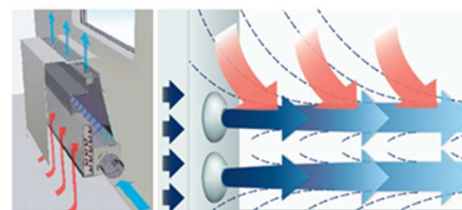
Indukční jednotky jsou napojeny na rozvod externího upraveného vzduchu, primárního vzduchu. Primární vzduch je pod tlakem protlačen tryskami, za kterými je ejekčním účinkem strháván a nasáván sekundární vzduch z místnosti. Toto nasávání sekundárního vzduchu z místnosti probíhá přes tepelný výměník, kde je vzduch ochlazován nebo ohříván. Uvnitř jednotky dojde ke smíšení primárního a sekundárního vzduchu, který je následně distribuován do místnosti. Tato „indukce“ probíhá uvnitř indukční jednotky. Mohou být parapetní i podstropní.

Dobře umožňují zajistit změnu stavu vzduchu a jeho distribuci s minimálními energetickými nároky a nízkou hlučností.

Indukční jednotka neobsahuje ventilátor, její funkce je zajištěna průtokem primárního vzduchu, který je přiváděn tryskami a vyvolaným ejekčním účinkem je přisáván sekundární vzduch z místnosti. Jedná se o tzv. kombinovaný klimatizační systém, který je vhodný zejména pro aplikace s běžnou tepelnou zátěží, cca do 80 W/m<sup>2</sup> a nutností přívodu čerstvého vzduchu.



Obr. 19 – Stěnové vytápění [17]



Obr. 20 – Indukční jednotka [18]

Původně se vyskytovaly především u vysokotlaké klimatizace. Poměr mezi cirkulačním a primárním vzduchem je přibližně 2 až 8. Jejich velkou nevýhodou je vysoká tlaková ztráta a zanášení výměníku.

#### 4.4. Fancoily

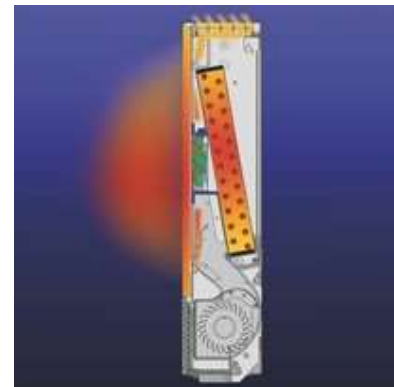
Z hlediska historického vývoje nahrazovaly indukční jednotky vyráběné většinou v parapetním provedení. Ventilátorové konvektory (fancoil; fan = ventilátor a coil = výměník) jsou jednotky zajišťující směšování primárního vzduchu se vzduchem v místnosti. Vzduch je nasán do ventilátoru a upraven přes teplosměnnou plochu ohříváče/chladiče. Výměník fancoilů je ohříván/ochlazován vodou z topného okruhu.

Ideálním zdrojem je opět tepelné čerpadlo. V případě chlazení je třeba napojit potrubí na odvod kondenzátu. 2trubkový fancoil má pouze jeden výměník tepla/chladu, takže v závislosti na potřebách a době sezóny – buď ohřívá, nebo chladí (vyžaduje přechod z chlazení na vytápění a z vytápění na chlazení). 4trubkový fancoil je jednotka se dvěma výměníky (oddělenými pro vytápění a chlazení), které mohou pracovat současně v obou režimech.

Jsou tři základní varianty provedení: centralizovaná (přívod upraveného primárního vzduchu do jednotky), decentralizovaná (přímý přívod čerstvého venkovního vzduchu bez úpravy) a cirkulační (jednotka pracuje pouze s cirkulačním vzduchem). Může být pod stropem, v parapetu nebo i v podlaze.

Jejich velkou výhodou je rychlý náběh systému, dobrá zónová regulace a schopnost udržet celodenně nízké teploty. Je zde riziko většího hluku vlivem ventilátoru a spotřeba elektrické energie.

Nejčastější použití je v administrativních budovách, obchodech a restauracích.



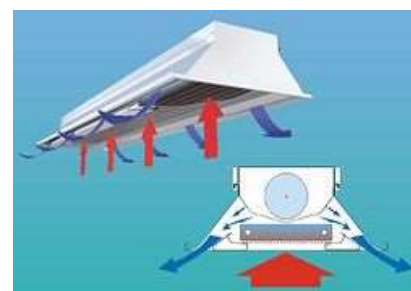
Obr. 21 – Fancoil [19]

#### 4.5. Chladicí trámce

Umisťují se do prostoru podhledu nebo pod strop, kde je vždy nejteplejší vrstva vzduchu vzniklá tepelnými zisky v daném prostoru. Jde o vodorovně umístěný výměník tepla napojený na přívod chladicí vody. Aby nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti na jeho povrchu, bývá minimální teplota přiváděné chladicí vody v rozmezí 16 až 18 °C.

Aktivní chladicí trámec velmi připomíná indukční jednotku - využívá indukčního jevu (přívod primárního vzduchu přes trysky). Ve srovnání s indukční jednotkou jsou rychlosti výrazně nižší a tím se eliminuje problém hluku. Aktivní chladicí trámy se dále dělí na otevřené a uzavřené (přívod vzduchu nad podhledem nebo z místnosti).

Pasivní chladicí trám slouží pro chlazení pouze volným prouděním vzduchu, kdy teplý vzduch v místnosti stoupá pod strop, kde jej ochlazuje výměník chladicího trámu a ochlazený vzduch volně klesá k podlaze. Přívod čerstvého vzduchu je řešen např. stropním anemostatem, nebo přívodním talířovým ventilem. Nevýhodou pasivního chladicího trámu je jeho nízký chladicí výkon. Chladicí výkon lze zvýšit např. umístěním potrubí přívodního vzduchu s řadou malých vířivých vyústek nad chladicí trám. Další možností je snížení teploty chladicí vody - toto lze použít pouze v prostorech, kde nehrozí kondenzace vlhkosti.



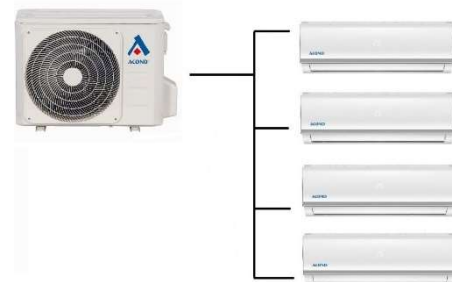
Obr. 22 – Chladicí trámec [20]

## 4.6. Lokální systémy split a mutli-split

Vnitřní jednotka obsahuje přímý výparník, kterým proudí chladivo procházející fázovou změnou. K vnitřní jednotce je třeba venkovní jednotka, obsahující kondenzátor, kompresor a redukční ventil. U systému Multi-split na jednu venkovní jednotku připadá více vnitřních jednotek (běžně od dvou do pěti). Tímto systémem se pokryje několik místností najednou. Všechny jednotky buď najednou chladí nebo vytápí, není možné zónování objektu na chlazené a vytápěné. Dle způsobu umístění se dělí na jednotky nástěnné, kazetové, podstropně parapetní a kanálové.

Obecně jsou to jednoduchá, levná zařízení, které lze dobře řídit (průtok vzduchu přes výparník a vypařovací teplota).

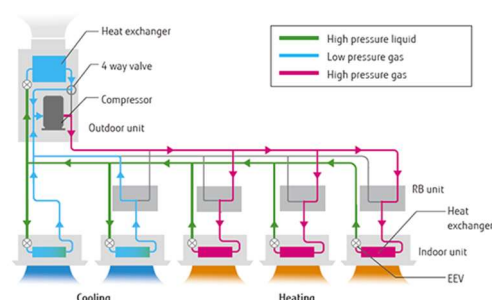
Nevýhodou systému jsou použita chladiva. Legislativa na ně definuje velmi přísné požadavky. Dnes se začíná využívat typ R32 (difluormetan), které má lepší tepelnou kapacitu a dokáže při stejném výkonu ušetřit až 30 % chladicí látky oproti staršímu R410A. Pro stanovení zátěže na atmosféru se používá měřítko GWP, které říká kolik tepla v atmosféře zachytí skleníkový plyn v určitém časovém horizontu ve vztahu k oxidu uhličitému. Nová chladiva mají hodnotu oproti starým až třetinovou. Porovnání klimatizace (jehož jsou chladivové systémy součástí) se stropními systémy je již zmíněno v kapitole 3.1.2.



Obr. 23 – Multi-split [21]

## 4.7. Centrální systémy VRV/VRF

Pracují podobně jako multi-split systémy. Jejich výhodou je ale to, že se režimy vytápění a chlazení mohou využívat současně a odpadní teplo z přehřátých místností se využívá pro místnosti, které mají nižší teplotu, než je požadováno. Oba režimy (vytápění a chlazení) lze využívat nezávisle. Dokážou tedy například chladit serverovny v přízemí a zároveň vytápět kanceláře a to s minimálními náklady. Také mohou ochlazovat odpadní vzduch z ventilace a ohřívat čerstvý vzduch přiváděný z exteriéru a zároveň vytápět jednotlivé místnosti. Tento systém přispívá k energetické rovnováze velkých budov, kdy například jižní strana potřebuje ochlazovat k dosažení požadované teploty a severní strana budovy potřebuje být pro dosažení stejné teploty vytápěna. Oproti multi-split systému jsou použitelné na velké objekty.



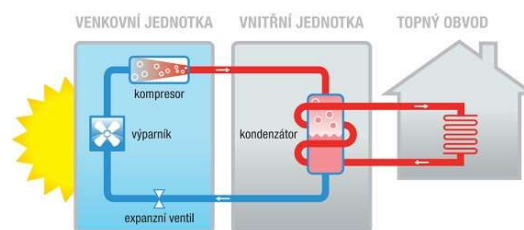
Obr. 24 – VRV/VRF systém [22]

## 5. Zdroj tepla a chladu – tepelné čerpadlo

### 5.1. Základní princip

Funguje proti principu druhého termodynamického zákona, který říká, že teplo se šíří z místa z vyšší teplotou do místa s nižší teplotou.

Základem tepelného čerpadla jsou dva výměníky tepla (viz obrázek 25). Jeden v exteriéru a jeden v interiéru. Ty jsou spolu spojené potrubím, které vytváří uzavřený okruh. Doplněno je vyrovnávací nádrží, která vyrovnává objemové změny. Kapalina se na prvním výměníku odpařuje, povrch se ochlazuje a vznikají studené páry, které jdou do kompresoru. Páre se zvýší teplota vlivem zvýšení tlaku.



Obr. 25 – Tepelné čerpadlo [23]



V druhém výměníku předá teplo získané v kompresoru a následně pára zkapalní. V posledním článku jde přes redukční ventil, kde se sníží tlak a teplota a cyklus se může opakovat.

## 5.2. Výkon, příkon, COP

Velkou výhodou je poměr mezi výkonem a příkonem. Pokud kompresoru dodám 1 KW, z vnějšího prostředí odeberu 2 KW mohu předat teplo 3 KW. Beru teplo z vnějšího prostředí a předávám ho (přečerpávám) vnitřnímu prostředí. Tepelné čerpadlo může fungovat i obráceně a mohu jím chladit. Při režimu chlazení funguje tepelné čerpadlo o něco méně efektivně. Při dodání 1 KW kompresoru dostanu 2 KW chladu, pokud odeberu 3 KW tepla. Topný faktor (COP - Coefficient of Performance) říká, jaký je poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií. Běžně se pohybuje mezi 2,5 až 5. Topný faktor je příznivější, pokud je teplota výstupní vody nižší. Z tohoto důvodu je praktické instalovat s tepelnými čerpadly podlahové (nebo stropní) topení, kterému stačí pro provoz nižší teplota (voda pro vytápění je ohřívána na nízké teploty, zpravidla v rozmezí 35 až 55 °C).

## 5.3. Typy tepelných čerpadel

Teplo se může odebírat v principu ze třech zdrojů: vzduch, voda, země. Jeho předání je možné buď do vzduchu nebo vody.

### Vzduch-voda

„Odebírají teplo z venkovního vzduchu prostřednictvím vestavěného ventilátoru. V létě dosahuje venkovní vzduch vysokých teplot a tím dosahuje systém těchto tepelných čerpadel vysoké účinnosti. V topné sezóně (cca polovina září až konec května) jsou nejběžnější teploty vzduchu mezi 0 a +5 °C (v zimních měsících samozřejmě i výrazně méně) a účinnost těchto tepelných čerpadel tedy klesá.

Tepelná čerpadla vzduch-voda (viz obrázek 26) jsou vhodná tam, kde nemáme k dispozici dostatek plochy na plošný kolektor a nelze ani provést vrtné práce. Také jsou vhodná pro ty, kteří vyžadují jednodušší a rychlejší montáž.

Hlavní předností tepelných čerpadel vzduch-voda je rychlá instalace a čistější montáž. Nejjednodušší instalace probíhá tak, že se na venkovní zeď instaluje venkovní jednotka a uvnitř za zdí je osazena vnitřní jednotka a napojení na topný systém. Taková montáž trvá včetně uvedení do provozu většinou jen pouhé 2 dny. Další velkou předností těchto tepelných čerpadel může být nižší pořizovací cena a s tím spojená rychlejší návratnost investice.

Nevýhodou je účinnost těchto tepelných čerpadel, ta je závislá na teplotě venkovního vzduchu a množství odtávacích cyklů, které se mnohdy „zapomínají“ zmiňovat. Při teplotách mírně nad nulou je většinou vysoká vzdušná vlhkost a systém odtává klidně i jednou až dvakrát za hodinu. A k tomu se využívá již jednou vyrobená (ohřátá) teplá voda. Naopak při teplotách nad 10 °C již k odtávání nedochází a účinnost je při takových teplotách vyšší než u čerpadel systému země-voda. Třeba pro ohřev bazénové vody v létě (resp. od jara do podzimu) dosahují tyto systémy výrazně vyšší účinnosti. U instalací vzduch-voda je tedy nutné dbát na správný odvod kondenzátu z venkovní jednotky. Další nevýhodou systému vzduch-voda může také být jeho hluk (hluk ventilátorů venkovní jednotky), který může vadit hlavně sousedům a v poslední době může tento faktor posuzovat také stavební úřad. Další výraznou nevýhodou je kratší životnost zařízení. Celkové roční náklady na provoz budou většinou vyšší, a to i u nejmodernějších technologií.“ (Pojar, 2017)



Obr. 26 – Typ vzduch-voda [24]

## Země-voda

„Tepelná čerpadla země-voda využívají k získávání tepla buď geotermální vrt (pro běžné rodinné domy v délce cca 100 až 150 m), nebo plošný kolektor (jeho délka je většinou v rozmezí 300 až 500 m). Teplota v zemi je v těsné blízkosti jímače sice také proměnná, ale nezáleží na teplotě vzduchu, nýbrž na délce provozu zařízení. Na podzim začínáme většinou s teplotami okolo +10 až +15 °C a na konci topné sezóny bývá teplota v blízkosti jímače mezi 0 až +4 °C. Tyto teploty jsou závislé na spodních vodách a materiálu podloží.

Tepelná čerpadla země-voda (viz obrázek 27) jsou pro změnu vhodná především u novostaveb, jelikož máme většinou k dispozici dostatečně velký pozemek pro položení plošného kolektoru a zahrada navíc teprve čeká na své založení. Prostě nám nevadí rozkopání pozemku okolo domu, protože zemních prací a terénních úprav se u novostaveb vždy realizuje hodně a skrývka ornice teprve čeká na své využití, stejně jako modelace terénu.

Tepelná čerpadla země-voda jsou minimálně hlučná (mimo dům vůbec), nepotřebují odtávat a k vytápění používají nejčastěji teplotu, která začíná v září někde okolo +10 až +15 °C a končí v květnu okolo 0 až +5 °C. Tato teplota není závislá na teplotě vzduchu a můžeme tak mluvit o konstantním výkonu zařízení během celé topné sezóny. Díky tomu, že zařízení nemusí odtávat, vychází topný faktor lépe než u zařízení vzduch-voda. Obrovskou výhodou je též větší životnost zařízení a menší nároky na údržbu. Také z pohledu architektů i sousedů není nikde na zahradě žádná „ošklivá bedna“ která dělá hluk a teče z ní voda.

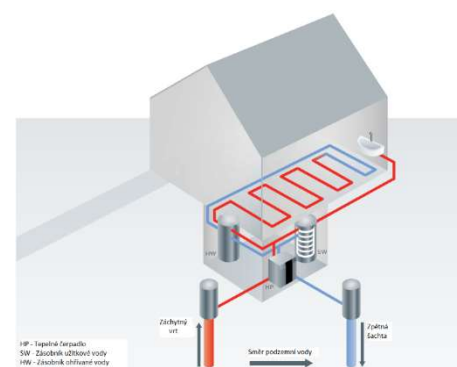
Za nevýhodu může být považována vyšší pořizovací cena, což je pravdou v případě použití vrtů ale nemusí být vždy pravdou při instalaci plošného kolektoru. Pokud je však cena vyšší než u zařízení vzduch-voda, je to zdárně kompenzováno právě nižší roční spotřebou a delší životností zařízení. Životnost je zhruba o 30% vyšší než u tepelných čerpadel vzduch-voda. Zemní jímače jsou také bezporuchové a jejich životnost několikanásobně převyšuje životnost samotného zařízení.“ (Pojar, 2017)



Obr. 27 – Typ země-voda [25]

## Voda-voda

Tepelná čerpadla voda-voda (viz obrázek 28) patří mezi nejúčinnější vytápěcí systémy. Teplota podzemní vody je velmi spolehlivý a nepřetržitý zdroj energie, protože její teplota se pohybuje mezi 7 °C a 13 °C a není závislá na venkovní teplotě. Kompresor je méně namáhaný a jeho životnost může být 30-40 let. Topný faktor dosahuje hodnoty 5-7. Podle ministerstva průmyslu a obchodu (viz obrázek 29) se za rok 2020 prodalo celkem 24 tisíc tepelných čerpadel. Z toho pouze 69 bylo typu voda-voda. Před návrhem je totiž třeba udělat čerpací zkoušku, jestli studna má dostatečnou vydatnost. Tepelné čerpadlo potřebuje na 1 KW výkonu přítok 1,5 litru za minutu, což na běžné výkony je asi 15 – 25 litrů za minutu. Podle Lucie Stuchlíkové (2019) z firmy Spirála, jež dodává asi polovinu tepelných čerpadel voda-voda je vhodné jejich použití asi jen na 5 až 10 % území České republiky a neexistují lokality, které by použití tepelného čerpadla voda-voda přímo vylučovaly.



Obr. 28 – Typ voda-voda [26]

„Podmínky se liší soused od souseda, nedá se to říct nějak paušálně. Obecně vhodné podmínky jsou zvodnělé štěrkopískový jako třeba v Polabí nebo údolí Moravy.“

Obecně jsou tedy tato čerpadla tepelná velmi závislá na okolních podmínkách. Pokud je studna dostatečná, je to výborný zdroj energie, který má vysoký topný faktor, dlouhou životnost a bezhlukový provoz.

Odhad roční dodávky tepelných čerpadel na český trh (kusy)

	Vzduch-voda	Vzduch-voda odvětrávací	Země-voda	Voda-voda	Celkem
2010	4 199	–	1 707	53	5 959
2011	4 908	–	1 951	50	6 909
2012	5 323	21	1 808	44	7 196
2013	5 752	15	1 679	49	7 495
2014	6 267	35	1 512	46	7 860
2015	7 304	11	1 463	107	8 885
2016	10 827	35	1 437	84	12 383
2017	13 718	60	1 440	121	15 339
2018	16 977	65	1 566	81	18 689
2019	21 563	67	1 333	84	23 047
2020	22 615	69	1 371	69	24 124

Obr. 29 – Statistika prodeje tepelných čerpadel [27]

## 6. Závěr

Projektová část ukazuje návrh systému stropního vytápění. Jelikož se tato část systémů TZB probírá v bakalářském studiu okrajově, může sloužit jiným studentům jako ukázkové řešení stropního vytápění, které se v praxi objevuje čím dál častěji. Jeho výhody jsou rovnoměrné klima v místnosti, suchá montáž, lepší přístupnost kvůli opravám oproti betonu/anhydritu v podlaze, neredukování plochy vytápění skříněmi a jiným nábytkem a využití nízkých teplot na vytápění (teplotní spád 40/36 °C). Vhodné je doplnit stropní panely trubkovými otopnými tělesy v koupelnách. Ty mají zpravidla větší tepelné ztráty kvůli vyšší vnitřní výpočtové teplotě a zároveň nemají dostatečnou plochu stropu pro pokrytí panely.

Studie ukazuje možné alternativy vytápění, které lze použít v teplých dnech jako chlazení. Blíže představuje v projektu navržený systém CoolFLEX a porovnává výhody a nevýhody jednotlivých možností vytápění/chlazení (systémy podlahové, stěnové, integrované do železobetonové desky a vzduchotechnické). V praxi se pak často uplatňuje jejich kombinace (např. stropní panely doplněné vzduchotechnikou). Dále studie představuje ideální zdroj tepla pro nízkoteplotní vytápění s režimem chlazení – tepelné čerpadlo. Po prostudování teoretické části by měl čtenář mít přehled o nejčastějších možnostech a alternativách vytápěcích systému s režimem chlazení.

## Zdroje

- [1] FV – PLAST, *Technický manuál* [Cit. 21.2.2022]. Dostupné z: <https://www.fv-plast.cz/media/cache/file/be/technical-manual-CZ.pdf>
- [2] CENTRUM PASIVNÍHO DOMU, *Ideální tepelný komfort. jak přežít parné léto v pohodlí domova?*, 2016, [Cit. 21.2.2022]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/idealni-tepelny-komfort-jak-prezit-parne-letu-v-pohodli-domova/t4385A>
- [3] HÁJKOVÁ, Mgr. Bc. Mariana, *Podnebí*, 2017, [Cit. 21.2.2022]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js17/cesko\\_atlas/web/pages/08-podnebi.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js17/cesko_atlas/web/pages/08-podnebi.html)
- [4] FAKTA O KLIMATU, *Průměrná roční teplota v ČR, 2020*, [Cit. 21.2.2022]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/teplota-cr>
- [5] KROPÁČKOVÁ, Ing. Dagmar, *Rozhovor: chlazení a vytápění v jednom – systém FV Comfort od FV plast 2021*, [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/velkoplosne-chlazení/23203-rozhovor-chlazení-a-vytapaní-v-jednom-system-fv-comfort-od-fv-plast>
- [6] UNIVENTA, *Stropní chlazení/topení*, [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://www.univenta.cz/stropni-chlazení-topení>
- [7] REHAU, *Výhody a nevýhody stropního chlazení*, [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://zdravsichlazení.cz/pro-domacnost/vyhody-a-nevyhody-stropního-chlazení/>
- [8] REHAU, *Montáž stropního chlazení*, [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://zdravsichlazení.cz/pro-domacnost/montaz-stropního-chlazení/>
- [9] REHAU, *Plošné vytápění/chlazení*, [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/downloads/559396/plo%C5%A1n%C3%A9-vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD-chlazen%C3%AD.pdf>
- [10] REHAU, *Systémy REHAU pro vytápění / chlazení nosných betonových konstrukcí (BKT) - tipy pro projektanty TZB*, 2008, [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/4579-systemy-rehau-pro-vytapani-chlazení-nosnych-betonovych-konstrukci-bkt-tipy-pro-projektanty-tzb>
- [11] REHAU, *BKT – Systém plošně temperovaných betonových konstrukcí*, 2021, [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: [https://www.imaterialy.cz/rubriky/informace-vyrobcu/bkt-system-plosne-temperovaneho-betonoveho-stropu\\_48589.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/informace-vyrobcu/bkt-system-plosne-temperovaneho-betonoveho-stropu_48589.html)
- [12] UPONOR, *Bezešvé sádrokartonové topné a chladicí stropy*, [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: [https://www.uponor.com/getmedia/9ae2a850-f8bb-4b2e-ba21-e04b3f994e1b/uponor\\_thermatop\\_m\\_cz?sitenam=Czech](https://www.uponor.com/getmedia/9ae2a850-f8bb-4b2e-ba21-e04b3f994e1b/uponor_thermatop_m_cz?sitenam=Czech)
- [13] G-TERM, *Kapilární rohože*, [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: [https://g-term.hennlich.cz/produkty/kapilarni-rohoze-173.html?gclid=CjwKCAiAgvKQBhBbEiwAaPQw3Fi2p3Vdm7y7EEXJEHgtJtVQPpoNYiRBxx\\_spymOC2SVMf3ML5yh6RoCvVoQAvD\\_BwE](https://g-term.hennlich.cz/produkty/kapilarni-rohoze-173.html?gclid=CjwKCAiAgvKQBhBbEiwAaPQw3Fi2p3Vdm7y7EEXJEHgtJtVQPpoNYiRBxx_spymOC2SVMf3ML5yh6RoCvVoQAvD_BwE)

- [14] ZMRHAL, Ing. Vladimír, *Kapilární rohože v praktických aplikacích*, 2008, [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/5574-kapilarni-rohoze-v-praktickych-aplikacich>
- [15] IVAR CS spol. s r.o., *Stěnové teplovodní vytápění*, 2012, [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/9350-stenove-teplovodni-vytapani>
- [16] UNIVENTA, *Stěnové topení/chlazení*, [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://www.univent.cz/stropni-chlazení-topení>
- [17] NEOTA, *Chlazení domu podlahou: Ano, či ne?*, 2021, [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://www.neota.cz/chlazení-domu-podlahovym-vytapenim-ano-ci-ne/>
- [18] DAŇKOVÁ, Dana D., *Vše o podlahovém vytápění – systémy, konstrukce, výhody*, 2015, [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://homebydlení.cz/dum/vytapani/vse-o-podlahovym-vytapeni-systemy-konstrukce-vyhody/>
- [19] ASB., *Podlahové vytápění – nopový systém*, 2015, [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapani/podlahove-vytapani-nopovy-system>
- [20] DUFKA, Ing. Jaroslav, *Základy podlahového vytápění a chlazení. Část 3. Trubkové hady – montáž*, 2019, [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/19201-zaklady-podlahoveho-vytapani-a-chlazení-cast-3-trubkove-hady-montaz>
- [21] ROMÁNEK, Ivo, *Podlahové vytápění Cosmo aneb vytápějte svůj dům levně a komfortně*, 2019, [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://tvstav.cz/clanek/5271-podlahove-vytapani-cosmo-aneb-vytapejte-svuj-dum-levne-a-komfortne>
- [22] REHAU, *Stěnové vytápění: pro a proti*, [Cit. 1.3.2022]. Dostupné z: <https://kvalitnipodlahovka.cz/stenove-vytapani-pro-a-proti/>
- [23] EKOMPLEX, *Stěnové topení – moderní způsob vytápění s nízkou spotřebou energie*, [Cit. 1.3.2022]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapani/stenove/>
- [24] UPONOR, *Stěnové vytápění a chlazení*, [Cit. 1.3.2022]. Dostupné z: <https://www.uponor.com/cs-cz/produkty/stenove-vytapani-a-chlazení>
- [25] KABELE, prof. Ing. Karel, *Technické zařízení budov 1 - přednášky*, 2021, [Cit. 1.3.2022]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125TZ01>
- [26] ADAMOVSÝ, Ing. Daniel, *Technické zařízení budov 2 - přednášky*, 2021, [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125TB2>
- [27] BRAND-TECH, *Druhy chlazení pro rodinné byty a domy*, 2019, [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z: <https://www.brandtech.cz/clanky/druhy-chlazení-pro-rodinne-byty-a-domy?fbclid=IwAR0XAJIlg5jRcM8rqLNpagYoEiSbVeSkNoGCpobPA5hHlueFqxzwxCHhHDw>
- [28] MINIB, a.s., *Inovovaná Indukční jednotka*, 2020, [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/126927-inovovana-indukcni-jednotka>

- [29] AIR TECH SYSTEMS, *Princip Indukční technologie*, 2020, [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z: <http://indukcni-jednotky.cz/indukcni/princip.html>
- [30] TROJAN, Ing. Robert, *Fan coil - jeho pád nebo renesance*, 2012, [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/8857-fan-coil-jeho-pad-nebo-renesance>
- [31] ELKA, *Split systémy (set vnější a vnitřní jednotky pro jednu místnost)*, [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z: <https://www.elkap.shop/split-systemy>
- [32] AIR TECH SYSTEMS, *Klimatizace typu Multi Split: princip, výhody a nevýhody*, 2021, [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z: <https://www.chytre-bydlení.cz/dum/klimatizace-typu-multi-split-princip-vyhody-a-nevyhody>
- [33] AIR MATYÁŠ, s.r.o., *Nové chladiivo R32*, [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z: <https://air-matyas.cz/nove-chladiivo-r32>
- [34] ACHS, *VRF klimatizace*, [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z: <https://achs.cz/dodavane-technologie/klimatizace/vrf-klimatizace/>
- [35] ABECEDA, *Topný faktor COP*, [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-cop-ucinnost-tepelneho-cerpadla>
- [36] KORADO, a.s., *Konvektory a nízkoteplotní zdroje vytápění*, 2014, [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/11218-konvektory-a-nizkoteplotni-zdroje-vytapani>
- [37] POJAR, Petr, *Tepelné čerpadlo vzduch-voda nebo země-voda?*, 2017, [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/tepelne-cerpadlo-vzduch-voda-nebo-zeme-voda-25817.html>
- [38] TOP HEAT, *Tepelná čerpadla voda-voda*, [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z: [https://www.tepelna-cerpadla-gorenje.cz/vypis\\_menu/12-voda-voda-aquagor.html](https://www.tepelna-cerpadla-gorenje.cz/vypis_menu/12-voda-voda-aquagor.html)
- [39] TZB-INFO, *O tepelných čerpadlech voda-voda, podmínky, přednosti*, 2019 [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/19919-o-tepelnych-cerpadlech-voda-voda-podminky-prednosti>
- [40] FARKA, Ing. Jan, *Chladicí trám nebo fan-coil?*, 2011 [Cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7147-chladici-tram-nebo-fan-coil>

## Obrázky

- [1] obr. 3 - FV – PLAST, Chladicí registry od firmy FV - Plast [obrázek], [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://www.fv-comfort.com/novinka-stropni-chlazení-v-rodinnem-dome-v-losove-u-olomouce>
- [2] obr. 4 - FV – PLAST, Sálání panelů [obrázek], [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://www.fv-plast.cz/media/cache/file/be/technical-manual-CZ.pdf>
- [3] obr. 5 – FV – PLAST, Detail rohože [obrázek], [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://www.fv-plast.cz/media/cache/file/be/technical-manual-CZ.pdf>

- [4] obr. 6 – FV – PLAST, Schéma rohoží [obrázek], [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://www.fv-plast.cz/media/cache/file/be/technical-manual-CZ.pdf>
- [5] obr. 7 – AUTOR, Rozdělovač [obrázek], [Cit. 23.2.2022]
- [6] obr. 8 – FV – PLAST, Zapojení Tichelmann [obrázek], [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://www.fv-plast.cz/media/cache/file/be/technical-manual-CZ.pdf>
- [7] obr. 9 – FV – PLAST, Spojkování [obrázek], [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://www.fv-plast.cz/media/cache/file/be/technical-manual-CZ.pdf>
- [8] obr. 10 – UPONOR, Uponor Thermatop M [obrázek], [Cit. 23.2.2022]. Dostupné z: <https://www.uponor.com/getmedia/2169fca2-3b57-4979-8a9b-a2ed35c86a69/ceiling%20construction%20thermatop%20m%20teaser%20desktop.jpg?sitenam=Glo bal>
- [9] obr. 11 – REHAU, Rehau oBKT [obrázek], [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/downloads/559396/plo%C5%A1n%C3%A9-vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD-chlazen%C3%AD.pdf>
- [10] obr. 12 – REHAU, Rehau BKT [obrázek], [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/downloads/559396/plo%C5%A1n%C3%A9-vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD-chlazen%C3%AD.pdf>
- [11] obr. 13 – REHAU, Rehau oBKT [obrázek], [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/downloads/559396/plo%C5%A1n%C3%A9-vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD-chlazen%C3%AD.pdf>
- [12] obr. 14 – REHAU, Rehau Rautherm [obrázek], [Cit. 25.2.2022]. Dostupné z: <https://zdravechladenie.sk/wp-content/uploads/Podomietkov%C3%A9-stropn%C3%A9-chladenie.jpg>
- [13] obr. 15 – G - TERM, Rohože G-TERM [obrázek], [Cit. 1.3.2022]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/docu/clanky/0101/010174o7.jpg>
- [14] obr. 16 - INSTALATÉRSTVÍ PLZA, MORAVIA, Podlahové vytápění [obrázek], [Cit. 1.3.2022]. Dostupné z: <https://www.living.cz/wp-content/uploads/pm/201907/133442.jpg>
- [15] obr. 17 - VIESSMANN, Nopový systém [obrázek], [Cit. 1.3.2022]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapeni/podlahove-vytapeni-nopovy-system>
- [16] obr. 18 - MORAVIA, Přichytkový systém [obrázek], [Cit. 1.3.2022]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapeni/podlahove-vytapeni-nopovy-system>
- [17] obr. 19 - EKOMPLEX, Stěnové vytápění [obrázek], [Cit. 1.3.2022]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/wp-content/uploads/2020/01/stenove-vytapeni-01.jpg>
- [18] obr. 20 – AIR TECH SYSTEMS, Indukční jednotka [obrázek], [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z: <http://indukcni-jednotky.cz/indukcni/princip.html>

[19] obr. 21 – NOVEMA, Fancoil [obrázek], [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z:  
[https://novemakulde.no/04/ins/instr\\_slb.pdf](https://novemakulde.no/04/ins/instr_slb.pdf)

[20] 22 – TZB-INFO, Chladicí trámec [obrázek], [Cit. 21.3.2022]. Dostupné z:  
[https://cdn.myshoptet.com/usr/www.shop-klimatizace.cz/user/shop/big/5358\\_ar8-1-4.jpg?5f8053f2](https://cdn.myshoptet.com/usr/www.shop-klimatizace.cz/user/shop/big/5358_ar8-1-4.jpg?5f8053f2)

[21] obr. 23 – ACOND, Multi-split [obrázek], [Cit. 7.3.2022]. Dostupné z:  
[https://cdn.myshoptet.com/usr/www.shop-klimatizace.cz/user/shop/big/5358\\_ar8-1-4.jpg?5f8053f2](https://cdn.myshoptet.com/usr/www.shop-klimatizace.cz/user/shop/big/5358_ar8-1-4.jpg?5f8053f2)

[22] obr. 24 – FUJITSU, VRV/VRF systém [obrázek], [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z:  
<https://www.fujitsu-general.com/shared/img-0000-vrf-high-operating-energy-efficiency-01.png>

[23] obr. 25 – KAMILA HAMALČÍKOVÁ, Tepelné čerpadlo [obrázek], [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z: [https://www.elektrina.cz/data/images/article/677-pre-source-tepelne-čerpadlo%20\(1\).jpg](https://www.elektrina.cz/data/images/article/677-pre-source-tepelne-čerpadlo%20(1).jpg)

[24] obr. 26 – EON, Typ vzduch-voda [obrázek], [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z:  
[https://saeceweb01runblobcorewindowsnet-endpoint.azureedge.net/eonmedialibcontainer/e.on/media/general/r%C3%A1dce/vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD%20a%20v%C4%9Btr%C3%A1n%C3%AD/\\_variants/radce\\_vytapeni-a-vetrani\\_5\\$938-480-1x\\$.webp?last-modified=637517656029405901](https://saeceweb01runblobcorewindowsnet-endpoint.azureedge.net/eonmedialibcontainer/e.on/media/general/r%C3%A1dce/vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD%20a%20v%C4%9Btr%C3%A1n%C3%AD/_variants/radce_vytapeni-a-vetrani_5$938-480-1x$.webp?last-modified=637517656029405901)

[25] obr. 27 – IVT TEPELNÁ ČERPADLA, Typ země-voda [obrázek], [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z:  
[https://www.cerpadla-ivt.cz/img/\\_typy-tc/tepelne-čerpadlo-zeme-voda-vrt.png](https://www.cerpadla-ivt.cz/img/_typy-tc/tepelne-čerpadlo-zeme-voda-vrt.png)

[26] obr. 28 – GORENJE, Typ voda-voda [obrázek], [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z:  
<https://www.tepelna-čerpadla-gorenje.cz/files/images/Princip%20%C4%8Derpadla%20voda-voda.png>

[27] obr. 29 – MPO, Statistika prodeje tepelných čerpadel [obrázek], [Cit. 11.3.2022]. Dostupné z:  
<https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2021/5/Tepelna-čerpadla-2010-2020-210527.pdf>