

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

STAVEBNÍ FAKULTA



DIPLOMOVÁ PRÁCE

NÁVRH SYSTÉMU VĚTRÁNÍ OBYTNÉ BUDOVOY

VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

VYPRACOVAL: Jakub Houlík

2023

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Houlik</u>	Jméno: <u>Jakub</u>	Osobní číslo: <u>477226</u>
Zadávací katedra: <u>K125 - Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor/specializace: <u>Budovy a prostředí</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Návrh systému větrání obytné budovy</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Design of a residential building ventilation system</u>	
Pokyny pro vypracování: Projekt větrání zadané budovy Textová část - technická zpráva, výpočet množství vzduchu, návrh trasy soustavy rozvodů, návrh dimenzí rozvodů, základní bilanční výpočty. Výkresová část - půdorysy, řezy, nezbytné detaily, řešení technické místnosti, funkční schéma.	
Studie na téma: <u>Využití obnovitelných zdrojů v bytové výstavbě v Evropě</u>	
Seznam doporučené literatury: Daniels, Klaus: <u>Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty</u> . Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5. ČSN EN 15 665/Z1. <u>Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov</u> . CNI. Gebauer, Gunter: <u>Vzduchotechnika</u> . Era 2007. ISBN 8073660918	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>22.9.2022</u>	Termín odevzdání DP v IS KOS: <u>9.1.2023</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.*

_____	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně podle odborných konzultací a uvedené literatury.

V Praze dne.....

podpis.....

## Poděkování

Tímto bych velice rád poděkoval skvělému vedoucímu doc. Ing. Michalu Kabrhelovi Ph.D., který mě po celou dobu tvorby diplomové práce provázel a se kterým jsem konzultoval všechna úskalí, která během práce nastala.

# Abstrakt

V poslední době je kladen důraz na energetickou efektivitu a účinnost využívání energií. Stále více se prosazuje oblast obnovitelných zdrojů energie jako je solární energie, větrná energie, nebo energie získávaná ze země.

Úkolem této studie je porovnání možnosti využití různých obnovitelných zdrojů energie v sektoru bytové výstavby. Práce je zaměřena na rozdíly možných systémů podle lokality stavby. Porovnány jsou energetické systémy umístěné na objektech ve třech klimatických zónách: v severských podmínkách (Norsko, Finsko, Švédsko), ve střední Evropě (Polsko, Německo, Česká republika) a v okolí Středozemního moře (Řecko, Itálie, Španělsko).

Pro středoevropské klima je zpracováno posouzení využití obnovitelných energií na vybraném bytovém objektu.

## Klíčová slova

Bytová výstavba, fotovoltaika, obnovitelné zdroje energie, OZE, tepelné čerpadlo

# Abstract

Recently the focus has been on energy efficiency and energy use efficiency. Renewable energy sources such as solar energy, wind energy or ground energy are increasingly being promoted.

The purpose of this study is to compare the possibilities of different renewable energy sources in the residential sector. The study focuses on the differences of the possible systems according to the location of the building. Energy systems located on buildings in three climatic zones are compared: in Nordic conditions (Norway, Finland Sweden), in Central Europe (Poland, Germany, Czech Republic) and around the Mediterranean (Greece, Italy, Spain).

For climate in the Central Europe, an assessment of the use of renewable energies on a selected residential building is prepared.

## Key Words

Residential building, photovoltaic, renewable energy sources, RES, heat pump

# 1. Obsah

1. Obsah.....	7
2. Úvod.....	8
3. Klimatické podmínky jednotlivých oblastí.....	9
3.1. Severské země.....	10
3.2. Středoevropské země.....	11
3.3. Středomořské země.....	12
4. Porovnání hodnocených oblastí.....	13
5. Systémy používané v jednotlivých oblastech.....	13
5.1. Norsko.....	13
5.2. Česká republika.....	16
5.3. Španělsko.....	19
6. Návrh systému v podmínkách střední Evropy.....	23
6.1. Tepelné čerpadlo.....	24
6.2. Fotovoltaické panely.....	25
6.2.1. Střešní provedení.....	25
6.2.2. Fasádní provedení.....	27
6.3. Virtuální baterie.....	28
7. Závěr.....	29
8. Seznam obrázků a tabulek.....	30
9. Bibliografie.....	31

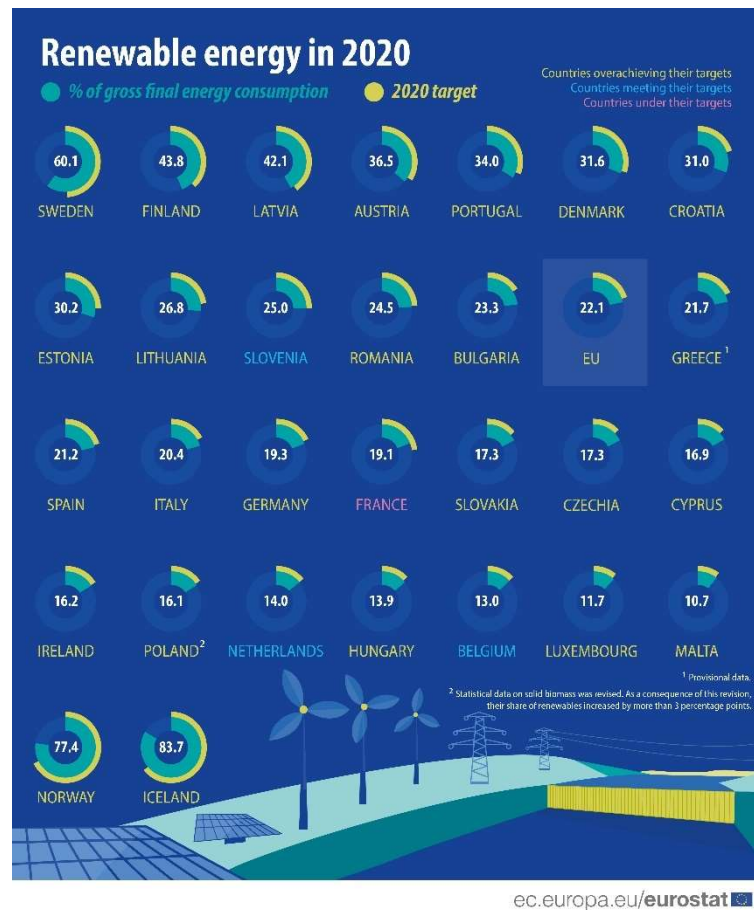
## 2. Úvod

Obnovitelné zdroje energie jsou takové zdroje energie, které splňují podstatu udržitelnosti a jsou tedy přirozeně znovu obnovitelné. Obnovitelné zdroje jsou virtuálně neomezené, ale je limitované jejich množství, které je v daném čase dostupné. Vezmeme-li jako příklad solární energii (energii ze slunce), tak té může být prakticky neomezené množství (nelze vyčerpat). (Renewable energy explained, 2022)

V Evropské unii existuje dohoda, která se jmenuje European Green Deal. Ta si dává za cíl, zajistit klimatickou neutralitu Evropy do roku 2050. Do Zelené dohody je například zahrnuta iniciativa „Fit for 55“. Přijetím tohoto nařízení se členské státy Evropské unie zavázaly ke snížení čisté emise skleníkových plynů o 55 % oproti roku 1990. Využití obnovitelné energie má pozitivní dopad právě na redukci emisí skleníkových plynů, diverzifikaci energetických zdrojů a omezení závislosti na fosilních palivech jako je uhlí, plyn nebo ropa. Tato fosilní paliva nejsou v krátkodobém horizontu obnovitelná, tudíž je možné jejich vyčerpání v dohledu několika desetiletí. (Renewable energy statistics, 2023), (Zelená dohoda pro Evropu, 2022)

Pro rok 2020 byly určeny spodní procentuální hranice vyprodukované energie z obnovitelných zdrojů, kterých měli dané země dosáhnout viz podrobnější informace na Obr. 1. (Renewable energy statistics, 2023)





Obr. 1 Produkce obnovitelné energie států EU v roce 2020 (Renewable energy statistics, 2023)

Z Obr. 1 je patrné, že se stanovené cíle podařilo splnit téměř všem členským státům Evropské unie kromě Francie. Další dobrou zprávou je fakt, že ze 30 členských států Evropské unie (a tedy i dohody) se 26 z nich podařilo vytyčené cíle nejen splnit, ale i překonat. (Renewable energy statistics, 2023)

Nejlépe si v oblasti obnovitelné energie vedou severské státy. Tedy Island, Norsko, Švédsko a Finsko. Island a Norsko již překročily hranici 75 % celkové vyprodukované energie z obnovitelných zdrojů. Hranici 25 % překročily také všechny pobaltské státy, Rakousko, Portugalsko, Dánsko a Chorvatsko. (Renewable energy statistics, 2023)

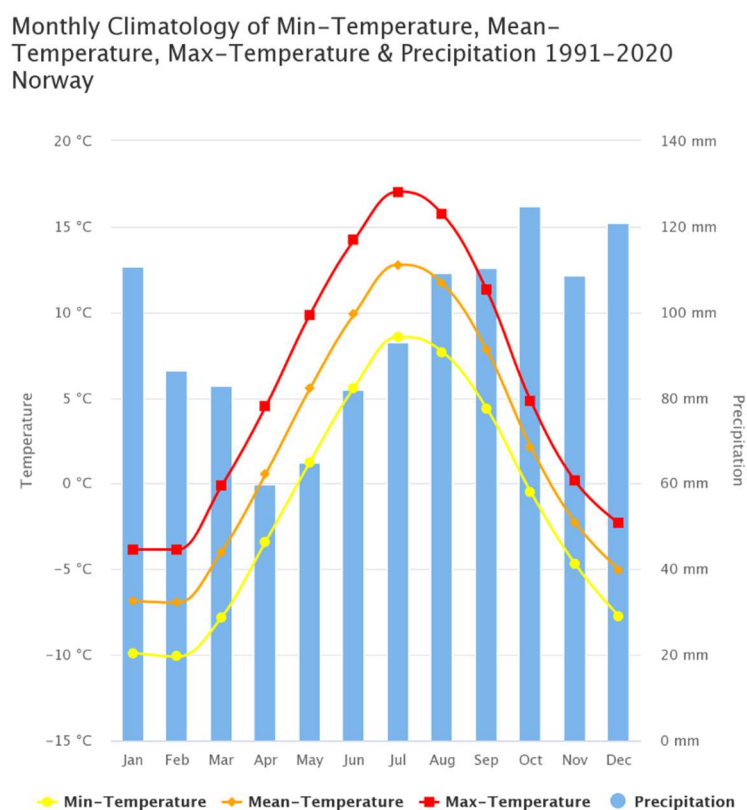
### 3. Klimatické podmínky jednotlivých oblastí

V rámci této studie byly vybrány 3 Evropské regiony s odlišnými klimatickými podmínkami. První oblastí zájmu byly severské země, do kterých patří Norsko, Finsko, Švédsko a Island. Do druhé oblasti spadají

středoevropské státy jako Česká republika, Polsko, Německo a podobné. Poslední oblastí jsou země kolem středozemního moře (Španělsko, Itálie atd.).

### 3.1. Severské země

V této práci bylo vybrána jako reprezentativní země severských států Norsko. Vzhledem ke geografickým poměrům daného státu vystihuje lépe severské klima než Švédsko s Finskem, které jsou ve velkém procentu zastoupeny nížinami. Na Obr. 2 níže jsou vidět průběhy teplot (maximální, průměrná a minimální) v jednotlivých měsících a také srážkové úhrny v tomto období. (Climatology of Norway, 2021)



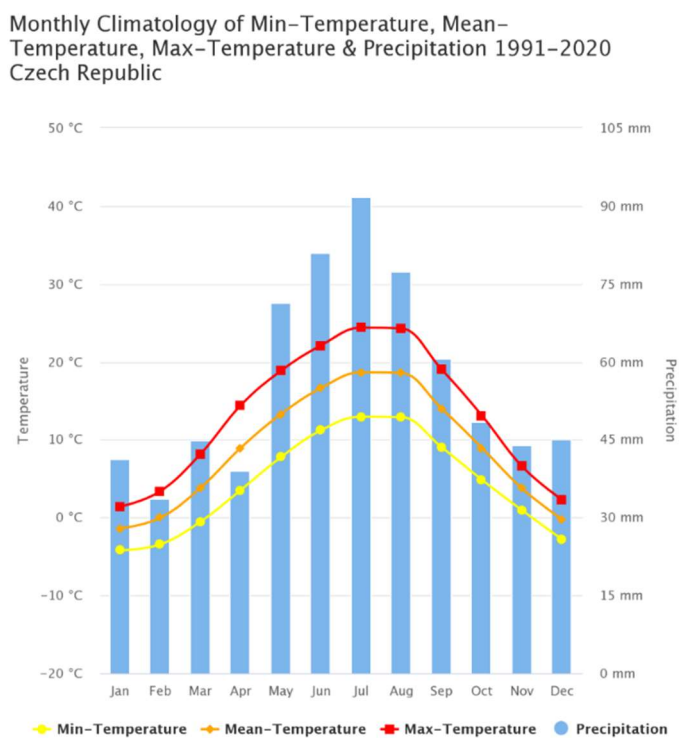
Obr. 2 Klimatická data pro Norsko (Climatology of Norway, 2021)

Z naměřených hodnot grafu vychází, že průměrná teplota osciluje mezi  $-6,96^{\circ}\text{C}$  v měsíci únoru a  $12,78^{\circ}\text{C}$  pro červenec. Dále je na grafu rozložení srážkových úhrnů, které v celku čítají 1152 mm. Tato data jsou zobrazena pro časové rozmezí 30 let od roku 1991 do 2020. (Climatology of Norway, 2021)

## 3.2. Středoevropské země

Jako reprezentativní středoevropská země byla zvolena Česká republika. V Polsku jsou srovnatelné teploty, srážkové úhrny jsou mírně vyšší. Slovenská republika má průběhy teplot a srážek v podstatě stejné jako Česká republika. Rakousko je oproti předchozím zmíněným státům mírně studenější (cca o 3 °C) a srážkové úhrny jsou cca 1,7 násobné. V Německu jsou průběhy opět obdobné, srážky jsou mírně nižší. Jako poslední stát pro porovnání je vybráno Maďarsko. Zde je teplota přibližně o 2 °C vyšší než v České republice. Srážky jsou mírně nižší. Na Obr. 3 níže jsou vidět průběhy teplot (maximální, průměrná a minimální) v jednotlivých měsících a také srážkové úhrny v tomto období. (Climatology of Czech republic, 2021)

Česká republika poměrně dobře reprezentuje středoevropské klima.



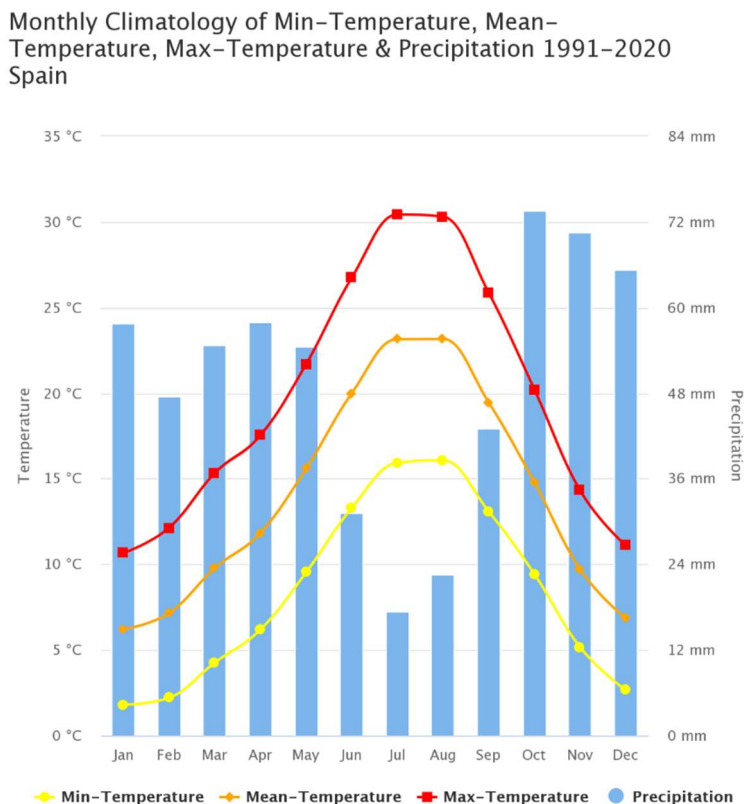
Obr. 3 Klimatická data pro Českou republiku (Climatology of Czech republic, 2021)

Hodnoty grafu ukazují rozptyl teplot mezi -1,39 °C v měsíci lednu a 18,55 °C pro srpen. Dále je na grafu rozložení srážkových úhrnů, které v celku čítají 678 mm. Tato data jsou zobrazena pro časové rozmezí 30 let od roku 1991 do 2020. (Climatology of Czech republic, 2021)

### 3.3. Středomořské země

Mezi středomořské evropské státy se řadí Albánie, Bosna a Hercegovina, Chorvatsko, Kypr, Francie, Řecko, Itálie, Malta, Monako, Maroko, Černá hora a Španělsko. Pro tuto studii je posuzováno Španělsko kvůli jeho dominantní velikosti a teplému klimatu, které panuje ve všech středomořských státech.

Z porovnání Španělska s Itálií, Francií a Řeckem, jakožto dalšími většími státy ze zástupců středomořských států, vychází tyto poznatky. Řecko se Španělskem mají téměř stejné měsíční rozložení teplot v průběhu roku. Srážky v Řecku jsou mírně vyšší. Itálie s Francií jsou v celostátních statistikách výrazně ovlivněny horskými oblastmi (sever Itálie a jihovýchod Francie). Francie je stejně jako Itálie státem který, zabírá velkou plochu, a tedy není možné postihnout pouze data z přímořské oblasti, která jsou výrazně odlišná například od horských nebo vnitrozemských částí zemí. (Climatology of Spain, 2021)



Obr. 4 Klimatická data pro Španělsko (Climatology of Spain, 2021)

Grafické zobrazení průběhu teplot a srážek ve Španělsku na Obr. 4 zobrazuje minimální průměrnou teplotu, ke které dochází v lednu a činí 6,22 °C. Nejvyšší průměrné měsíční teploty je dosaženo v červenci a srpnu, kdy je teplota 23,15 °C. Průměrný roční srážkový úhrn je 596 mm. (Climatology of Spain, 2021)

## 4. Porovnání hodnocených oblastí

Ve všech třech hodnocených oblastech panují výrazně odlišné klimatické podmínky. Porovnáme-li například průměrnou roční teplotu ve Španělsku, kde je 13,98 °C se stejnou veličinou v Norsku, kde je teplota 2,11 °C, dostáváme rozdíl teplot téměř 12 °C.

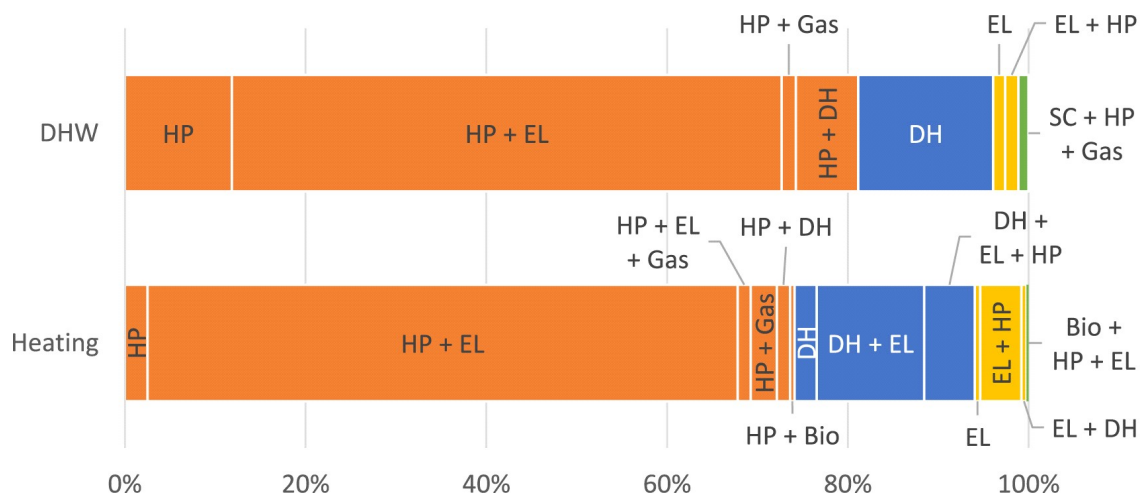
*Tab 1 Teploty a srážkové úhrny v jednotlivých oblastech*

	Min. teplota [°C]	Průměrná teplota [°C]	Max. teplota [°C]	Úhrn srážek [mm]
Norsko	-1.38	2.11	5.62	1152.66
Česká rep.	4.34	8.73	13.15	678.48
Španělsko	8.31	13.98	19.70	596.30

## 5. Systémy používané v jednotlivých oblastech

### 5.1. Norsko

Norsko a obecně všechny severské země jsou v oblasti obnovitelných zdrojů velice napřed oproti zbytku Evropy. Není tedy divu, že velká část bytové výstavby využívá obnovitelné zdroje pro svůj provoz.

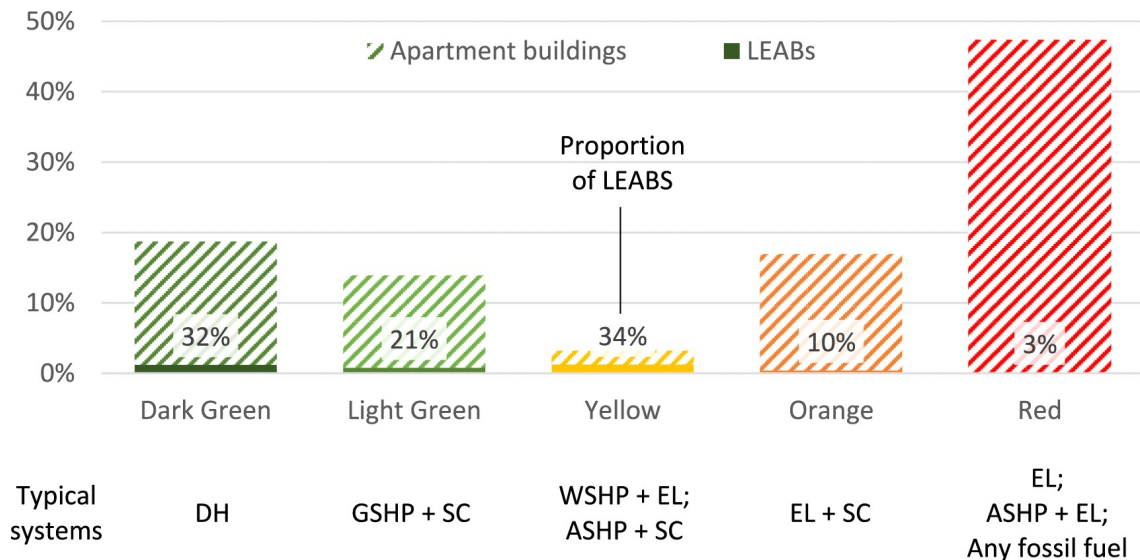


Obr. 5 Zdroje energie pro vytápění a ohřev teplé vody v NZEB v Norsku (Gibbons, 2022)

Na Obr. 5 je graf využití jednotlivých typů zdrojů energie pro vytápění a ohřev teplé vody a jejich procentuální zastoupení v Norských nízkoenergetických bytových domech. Je zřejmé, že tepelné čerpadlo země – voda (značeno oranžově) v kombinaci s elektřinou je naprosto dominantní variantou jak pro ohřev teplé vody, tak vytápění. Dále se zde celkem hojně využívá centralizované zásobování teplem (značeno modře), ale pouze ve městech, kde je tento systém provozován. Také jsou používány čistě elektrické systémy (značeno žlutě), které jsou používány v menším měřítku. (Gibbons, 2022)

- Vytápění (Heating)
  - Tepelné čerpadlo 70 % (HP)
    - Samostatně 3 %
    - Tepelné čerpadlo + elektrický ohřev 65 % (HP + EL)
    - Tepelné čerpadlo + plynový ohřev 5 % (HP + Gas)
  - Centralizované zásobování teplem 23 % (DH)
    - Samostatně 3 %
    - + elektrický ohřev 12 % (DH + EL)
    - + elektrický ohřev + tepelné čerpadlo 8 % (DH + HP)
  - Elektrický ohřev + tepelné čerpadlo 6 % (EL)
  - Biomasa 1 % (Bio)
- Příprava teplé vody (DHW)
  - Tepelné čerpadlo 81 % (HP)

- Samostatně 12 %
  - + elektrický ohřev 60 % (HP + EL)
  - + centralizované zásobování teplem 7 % (HP + DH)
  - Centralizované zásobování teplem 15 % (DH)
  - Elektrický ohřev 3 % (EL)
  - Solární kolektor + tepelné čerpadlo + plyn 1 % (SC + HP + Gas)
- (Energimerkestatistikk, 2019)



Obr. 6 Srovnání zdrojů energie pro NZEB a běžné bytové domy v Norsku (Gibbons, 2022)

Předcházející obrázek naznačuje rozložení zdrojů energie u běžných bytových domů, které nespĺňují požadované hodnoty pro klasifikaci nízkoenergetického domu. Zde se nejčastěji využívá nejméně ekologická varianta, a to elektrická energie nebo energie z fosilních paliv. Energii z fosilních paliv používá téměř polovina objektů současné bytové výstavby nespĺňující požadavky pro NEZB. Dalším méně využívaným zdrojem tepla je centralizované zásobování teplem, následuje elektrická energie ve spojení se solárními kolektory. Dále tepelné čerpadlo země – voda a nejméně používanou variantou je tepelné čerpadlo voda – voda s elektřinou a tepelné čerpadlo vzduch – voda se solárními kolektory. (Gibbons, 2022)

## Hodnocení – Norsko

V Norsku, stejně jako i v ostatních severských státech, panuje velmi studená zima a poměrně studené léto. Není tedy nutné ve většině případů bytových staveb provádět chladicí systém.

Z předchozích odstavů lze odhadnout nejlepší možný provoz bytového domu v severských podmínkách, explicitně v Norsku.

Nejčistším zdrojem tepla je centralizované zásobování teplem. Možnost využití tohoto systému je značně omezená na větší města s centrální kotelnou.

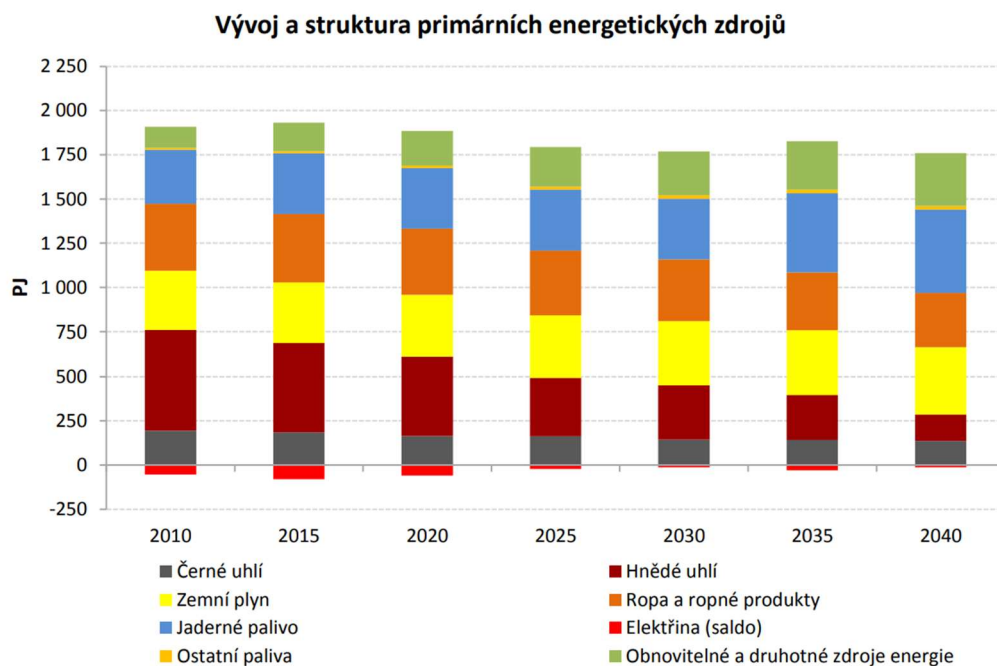
V případě nemožnosti připojení se na centralizované zásobování teplem je výhodnou variantou použití tepelného čerpadla země – voda. Tepelné čerpadlo vzduch – voda je v těchto klimatických podmínkách nevhodné. Kvůli nízké teplotě vzduchu je i teplo odebrané z něj nízké. Bylo by tedy potřeba velkých výkonů tepelných čerpadel.

Využití solárních systémů je možné, ale intenzita slunečního záření je nižší v porovnání se střední či jižní Evropou. Navíc počet hodin slunečního svitu je výrazně závislý na ročním období. Vhodnější jsou fotovoltaické panely z důvodu výroby elektrické energie, kterou je následně možné využít dle potřeby na vytápění, ohřev teplé vody, nebo je možné vyprodukovanou elektrickou energii odeslat do veřejné sítě.

### 5.2. Česká republika

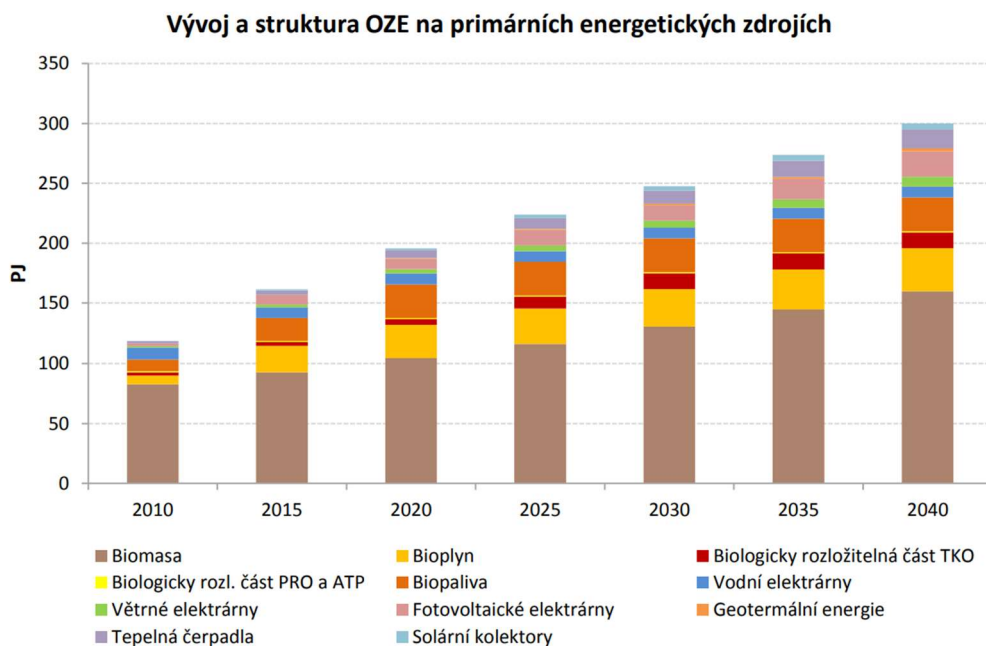
Střední Evropa se nachází v mírném podnebném pásu. Letní období provází poměrně vysoké teploty a v zimním období teploty klesají až k -15 °C. Předpokladem pro moderní nízkoenergetickou budovu je tedy vytápění, ale také možnost aktivního chlazení během letních dnů.





Obr. 7 Vývoj a struktura primárních energetických zdrojů České republiky (Státní energetické koncepce, 2014)

Podíl obnovitelných zdrojů energie byl v roce 2020 v České republice 17,3 %. Výhledově je předpokládáno jeho navýšení. Rapidně by se měla snížit produkce elektrické energie z uhelných zdrojů a měla by být nahrazena obnovitelnými zdroji a jadernou energií. (Státní energetické koncepce, 2014)



Obr. 8 Vývoj a struktura OZE v České republice (Státní energetické koncepce, 2014)

Na Obr. 8 je vidět aktuální a také budoucí předpokládané rozložení obnovitelných zdrojů energie v energetickém mixu České republiky. Do roku 2040 by měla produkce energie z obnovitelných zdrojů stoupnou téměř na dvounásobek oproti roku 2015. Vidíme předpokládaný rapidní nárůst energie vyrobené z biomasy, rychlou stoupavou tendenci má také energie vyprodukovaná z bioplynu. Dále se předpokládá nárůst energie získané tepelnými čerpadly a solárními systémy. (Státní energetické koncepce, 2014)

Z výše vyjmenovaných zdrojů energie je většina použitelná i v bytových domech právě v České republice. Pro vytápění je bezesporu možné využít například automatický kotel na pelety, který se řadí do ekologických zdrojů tepla. Nevýhodou je potřeba velkého prostoru pro skladování paliva a také nutnost odvodu spalin. Je tedy potřeba zajistit komínové těleso a velkou technickou místnost v přízemí nebo suterénu budovy. Další možností pro vytápění a v tomto případě i chlazení je využití tepelného čerpadla. Zde přichází v úvahu dva typy tepelných čerpadel. Prvním je tepelné čerpadlo vzduch – voda. Tato čerpadla je možné umístit na střechách budov a jsou vhodné v případě husté zástavby, kde není možné provádět zemní vrty, či plošné zemní kolektory. Druhým typem je tepelné čerpadlo země – voda. Tento systém je výhodnější z hlediska stálější a vyšší teploty ve vrtu nebo zemním kolektoru než na vzduchu. V případě zemních výměníků je zapotřebí velká plocha kolem objektu, tudíž nejsou vhodné do městského prostředí.

Pro generování elektrické energie na částečné pokrytí potřeb bytových domů je možné využít fotovoltaické články. Denní časový režim obsazenosti bytového domu je ovšem odlišný od intenzity dopadajícího slunečního záření. Nespotebovaná energie se může v případně přebytku odeslat do sítě, ze které se následně v době nedostatku odebírá. Nebo je možné využít bateriové uložení přímo v daném objektu. Tato technologie bohužel ještě není dostatečně pokročilá, aby bylo její využití ekonomicky nebo ekologicky výhodné. Dále je možné využít domovní větrnou turbínu, která dokáže produkovat energii nezávisle na denní době. Naopak je závislá

na povětrnostních podmínkách a tudíž je vhodné její využití pouze ve větrných oblastech.

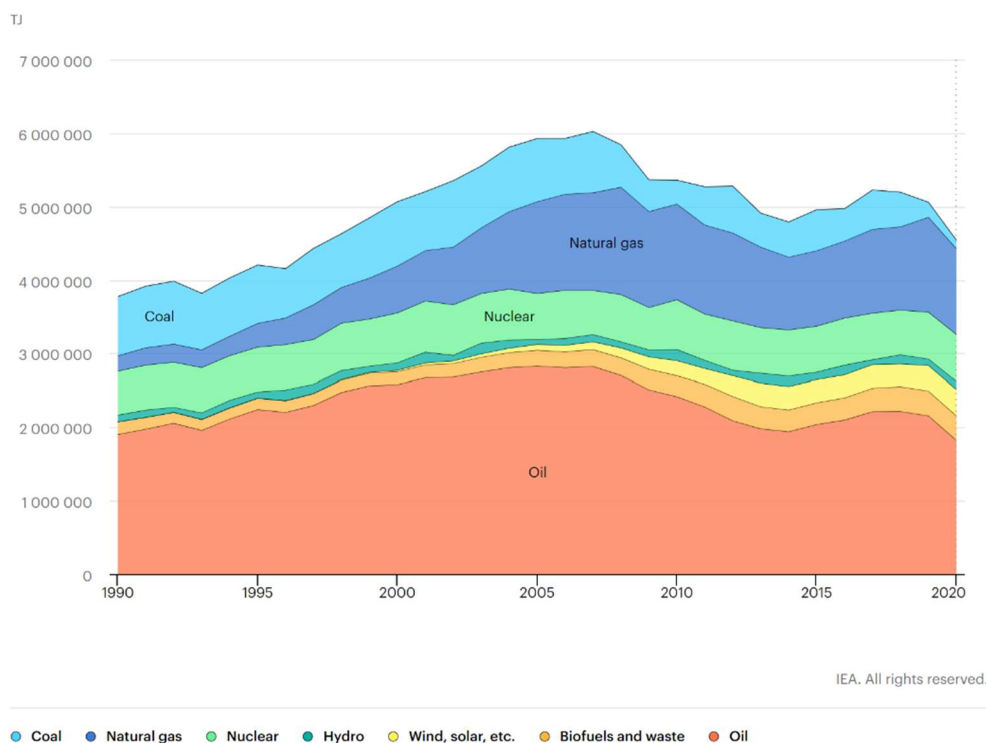
Pro přípravu teplé vody je nejčastěji používán stejný zdroj jako pro vytápění. Tento zdroj může být podpořen solárními kolektory. V tomto případě je sluneční energie akumulována v ohřáté vodě a není zde problém s odlišnou dobou produkce a spotřeby.

## Hodnocení – Česká republika

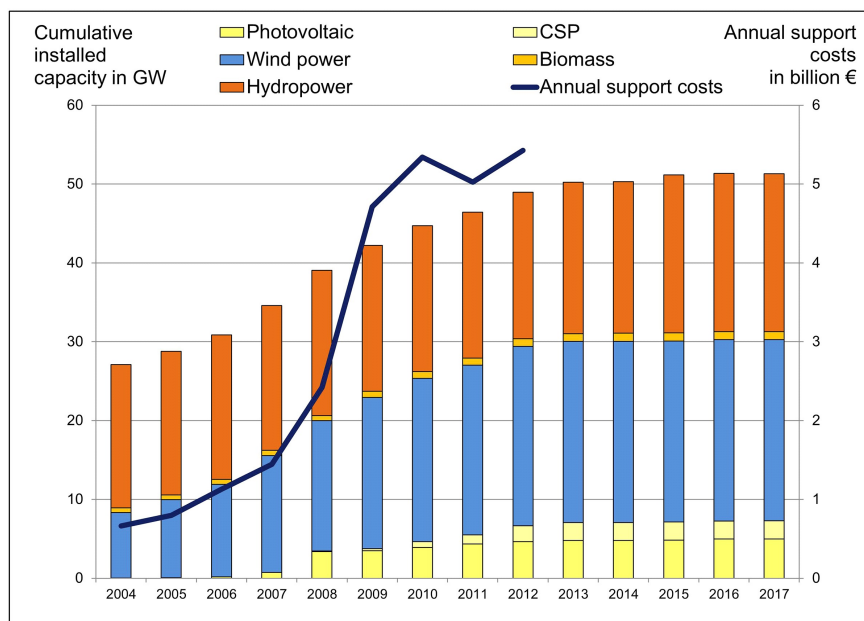
Pro nově budované bytové objekty v České republice je ideální využití tepelného čerpadla země – voda jako zdroje tepla a chladu. Pro podporu dodávky elektrické energie se využívají fotovoltaické panely.

### 5.3. Španělsko

Španělsko se jakožto středomořský stát často potýká s vysokými teplotami, a i během zimního období není třeba masivní vytápění pro udržení tepelného komfortu. Díky jeho lokalitě v subtropickém klimatu je vytápění požadováno pouze malou část roku.



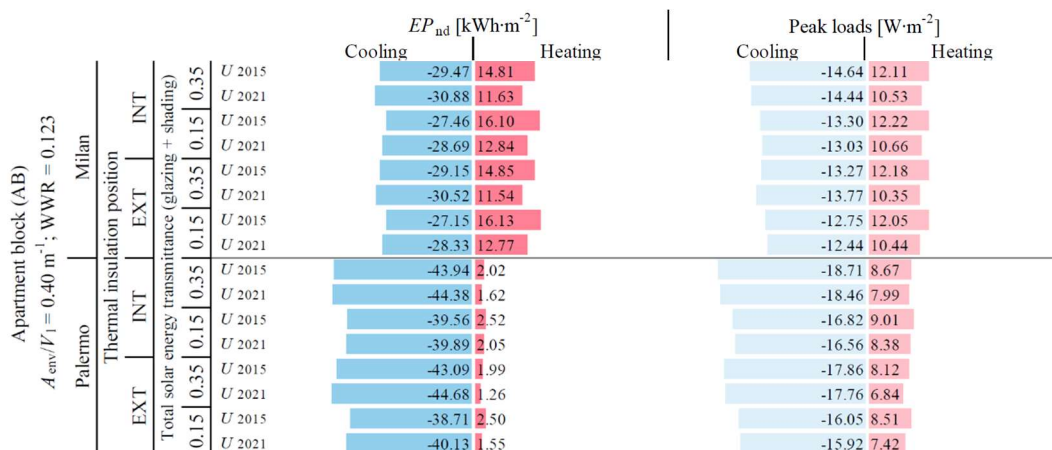
Obr. 9 Celková produkce energie ve Španělsku (IEA Spain, 2022)



Obr. 10 Historie produkce obnovitelné energie ve Španělsku (Murano, 2017)

Z Obr. 9 a Obr. 10 je názorně vidět jaká je produkce elektrické energie ve Španělsku za posledních 30 let. Přibližně 20 % spotřebované elektrické energie vyprodukují jaderné elektrárny. Na obnovitelné zdroje připadá také kolem 20 % vygenerované elektrické energie. Větrné a vodní zdroje zajišťují většinu této složky. Postupně se začínají prosazovat také fotovoltaické články. (IEA Spain, 2022) (Montoya, 2014)

Ze studie ohledně nerovnoměrnosti potřeby energie na vytápění a chlazení vychází, že v klimatu středomořských států (studie posuzuje Palermo, Itálie) není prakticky potřeba vytápění bytových domů. Naopak je rozhodující výkon pro chlazení budovy. (Murano, 2017)

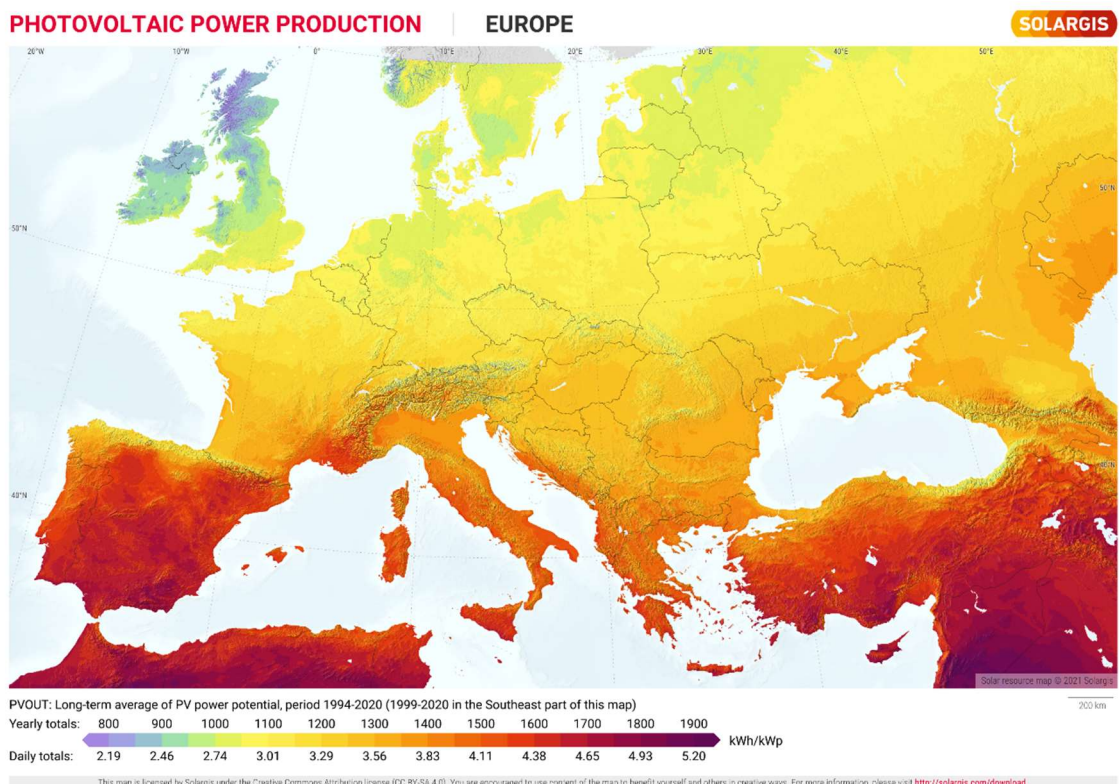


Obr. 11 Potřeba energie na chlazení a vytápění v Italských bytových domech (Murano, 2017)

Množství energie na chlazení je přibližně 20 násobné oproti potřebě energie na vytápění. (Murano, 2017)

Ve Španělsku jsou navrhovány pouze systémy chlazení a v případě potřeby vytápění jsou použity přímotopné jednotky, nebo se obrací chod split a multi-split jednotek, které jsou navrženy pro chlazení budov.

Díky vysoké míře dopadajícího slunečního záření, v podstatě po celé rozloze Španělska, má země velký potenciál pro použití solárních systémů. Ať se jedná o fotovoltaické systémy, nebo fototermické panely či trubice. Fototermické kolektory zde mají nižší míru využití kvůli malému počtu dní, během kterých je potřeba vytápět. Kolektory se používají výhradně na ohřev teplé vody. Fotovoltaické panely dodávají univerzální energii ve formě elektřiny a je tedy možné ji využít prakticky na cokoliv.

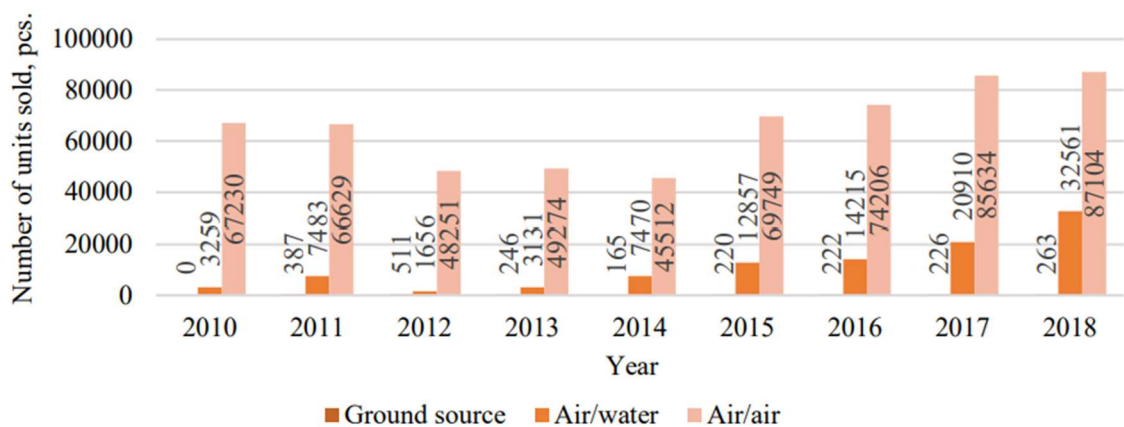


Obr. 12 Fotovoltaický energetický potenciál v Evropě (Solar resource maps and GIS data for 200+ countries and regions, 2021)

Další možností je využití domovní větrné turbíny pro generování elektrické energie. Tyto turbíny se výkonově pohybují od 1,4 kW do 20 kW.

Turbíny s malým výkonem jsou ovšem poměrně drahé. Možnost využití turbín je pouze v oblastech zatížených větrem. (Wu, 2021)

Chlazení budov zajišťují velmi často tepelná čerpadla vzduch – vzduch, která jsou montována na střechách budov, nebo jednotlivě pro samostatné byty. Obr. 13 znázorňuje počet prodaných tepelných čerpadel ve Španělsku. Je zřejmé, že se dominantně prodávají tepelná čerpadla vzduch – vzduch a v posledních letech je znatelný rozvoj tepelných čerpadel vzduch – voda. (Witkowska, 2021)



Obr. 13 Prodeje tepelných čerpadel ve Španělsku (Witkowska, 2021)

## Hodnocení – Španělsko

Vzhledem ke klimatickým podmínkám ve Španělsku je nárůst oproti zbylým dvěma případy stěžejní chlazení budov. Potřeba energie na chlazení je několikanásobná oproti energii potřebné na vytápění.

Vhodnou variantou moderního nízko energeticky náročného bytového domu je provedení fotovoltaických panelů na střeše, případně i osluněných fasádách, nebo předsazených konstrukcích.

Dále je vhodné využití tepelných čerpadel vzduch – vzduch, nebo vzduch – voda, které zajišťují chlazení objektu.



## 6. Návrh systému v podmínkách střední Evropy

V kapitole 5 je popsáno, jakým způsobem se chovají budovy ve střeoevropských podmínkách, a jaké systémy obnovitelných zdrojů energie jsou v této oblasti využitelné. Na tomto území je velmi často využíváno, jako obnovitelný zdroj energie, tepelné čerpadlo kvůli jeho efektivní přeměně elektrické, zemní a případně vzdušné energie na teplo. V moderních bytových domech mohou být tato čerpadla poháněna elektrickou energií produkovanou fotovoltaickými panely na střeše objektu. V případě nedostatku produkce elektrické energie jsou dodávky energie doplněny elektrickou energií z hromadné rozvodné sítě. Další výhodou tepelného čerpadla, jako zdroje energie, je možnost generování chladu potřebného v letních měsících.

Jako demonstrační objekt pro tuto práci byl vybrán bytový dům S Life expres, který je situován do podmínek České republiky. Budova má 11 nadzemních podlaží s bytovými prostory, 3 nadzemní a 1 podzemní podlaží obsahující komerční prostory. Dále jsou zde 2 podzemní podlaží určena pro parkování automobilů uživatelů objektu.



Obr. 14 Budova S life expres (Project S Life Ekspres, 2018)

Tab 2 Tepelné ztráty jednotlivých prostor objektu

Byty klasické					
	Tepelná ztráta	Počet bytů na patře	Počet pater	Tepelná ztráta celkem	
Byt B	850	2	10	16 992	W
Byt A	2 226	2	10	44 513	W
Byt C	2 118	2	10	42 351	W
Byt D	694	2	10	13 875	W
Chodba	272	1	10	2 718	W
				<b>120 448</b>	<b>W</b>

Byty pod střechou					
	Tepelná ztráta	Počet bytů na patře	Počet pater	Tepelná ztráta celkem	
Byt B	1 053	2	1	2 107	W
Byt A	2 616	2	1	5 232	W
Byt C	2 516	2	1	5 031	W
Byt D	890	2	1	1 780	W
Chodba	272	1	1	272	W
				<b>14 422</b>	<b>W</b>

1.PP - 3.NP					
	Tepelná ztráta			Tepelná ztráta celkem	
3.NP	4 489			4 489	W
2.NP	4 794			4 794	W
1.NP	6 305			6 305	W
1.PP	7 106			7 106	W
				<b>22 695</b>	<b>W</b>

Ztráta	<b>158</b>	<b>kW</b>
--------	------------	-----------

Vypočtením tepelných ztrát jednotlivých bytů a komerčních prostor byla určena celková tepelná ztráta objektu 158 kW.

Pro objekt je navrženo tepelné čerpadlo země – voda, které je částečně napájeno elektrickou energií produkovanou z fotovoltaických panelů umístěných na střeše objektu.

## 6.1. Tepelné čerpadlo

Pro vytápění bylo vybráno tepelné čerpadlo Vitocal 300–G Pro BW 302.C140 (VITOCAL 300-G PRO) s jmenovitým tepelným výkonem



134,6 kW. Chladicí výkon čerpadla je 106,6 kW. Příkon tepelného čerpadla je 29,3 kW. Topný faktor (COP) tepelného čerpadla je 4,6.

Tepelné čerpadlo není dimenzováno na plné pokrytí tepelné ztráty budovy. Důvodem je nízká četnost velice nízkých teplot, a tedy k překročení potřebného topného výkonu přes maximální topný výkon čerpadla dojde pouze několikrát do roka. Zbytkový nedostačující výkon je nahrazen topným výkonem elektrokotle.

## 6.2. Fotovoltaické panely

### 6.2.1. Střešní provedení

Fotovoltaické panely byly v rámci této studie umístěny na střeše řešeného objektu na Obr. 14.

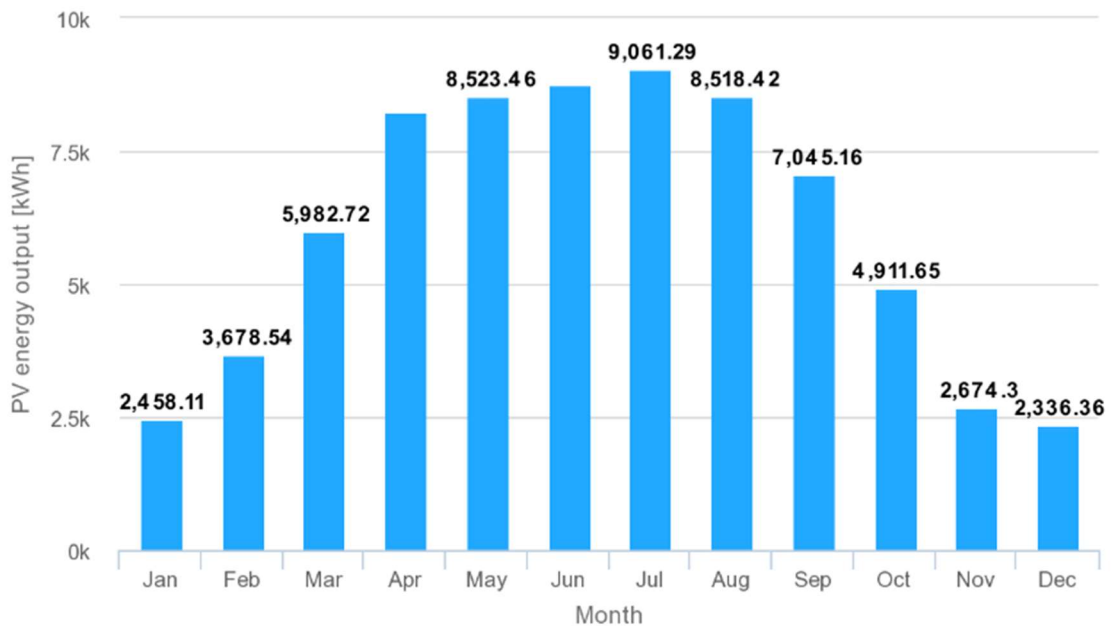
Využitelná plocha hlavní střechy pro umístění fotovoltaický panelů je 265 m<sup>2</sup> a dále je střecha nad strojovnou výtahu která má 85 m<sup>2</sup>. Celkově je tedy možné využít fotovoltaické panely na ploše 350 m<sup>2</sup>.

Pro výpočet malé fotovoltaické „elektrárny“ na střeše budovy byla použita webová aplikace PVGIS. Objekt byl umístěn do Prahy. Byly použity monokrystalické fotovoltaické panely a jejich účinnost byla stanovena na 20 %. Sklon od vodorovné osy byl optimalizován na 38° a azimutální odklon -5° od jihu pro maximální produkci během roku.

Výkon solární elektrárny v takovéto konfiguraci je 70 kWp.

## Monthly energy output from fix-angle PV system

(C) PVGIS, 2023



Obr. 15 Výpočet produkce elektrické energie z fotovoltaické elektrárny (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, 2022)

Celková produkce elektrické energie fotovoltaické elektrárny činí 72 170 kWh ročně. Čistá doba, kterou by dokázali fotovoltaické panely pohánět tepelné čerpadlo fungující na plný výkon, je 2465 hodin což je cca 28 % roku.

Pomocí průměrných měsíčních teplot byla vypočtena potřeba tepla na vytápění objektu. Ve výpočtu byly zahrnuty všechny otopné měsíce tedy od září do května.

Tab 3 Potřeba tepla v jednotlivých měsících

Měsíc	Průměrná teplota [°C]	Průměrný výkon čerpadla [kW]	Potřeba energie na provoz čerpadla [kW]	Průměrná spotřeba energie [kWh]
Leden	-1.39	112.97	24.56	18271.01
Únor	-0.03	105.78	23.00	15453.58
Březen	3.81	85.50	18.59	13829.25
Duben	8.94	58.41	12.70	9142.53
Květen	13.27	35.54	7.73	5748.66

Červen	16.62	0.00	0.00	0.00
Červenec	18.63	0.00	0.00	0.00
Srpen	18.55	0.00	0.00	0.00
Září	13.98	31.79	6.91	4976.32
Říjen	8.94	58.41	12.70	9447.28
Listopad	3.72	85.98	18.69	13457.54
Prosinec	-0.28	107.10	23.28	17322.87
<b>Celková spotřeba energie [kWh]</b>				<b>107649.05</b>

Spotřeba elektrické energie na pohon tepelného čerpadla v otopné sezoně je 149 % elektrické energie vygenerované fotovoltaickým systémem umístěným na střeše.

### 6.2.2. Fasádní provedení

Z Obr. 14 je patrné, že fasáda objektu je řešena pomocí celoproskleného lehkého obvodového pláště. Do tohoto typu obvodového pláště je integrace klasických fotovoltaických panelů neproveditelná

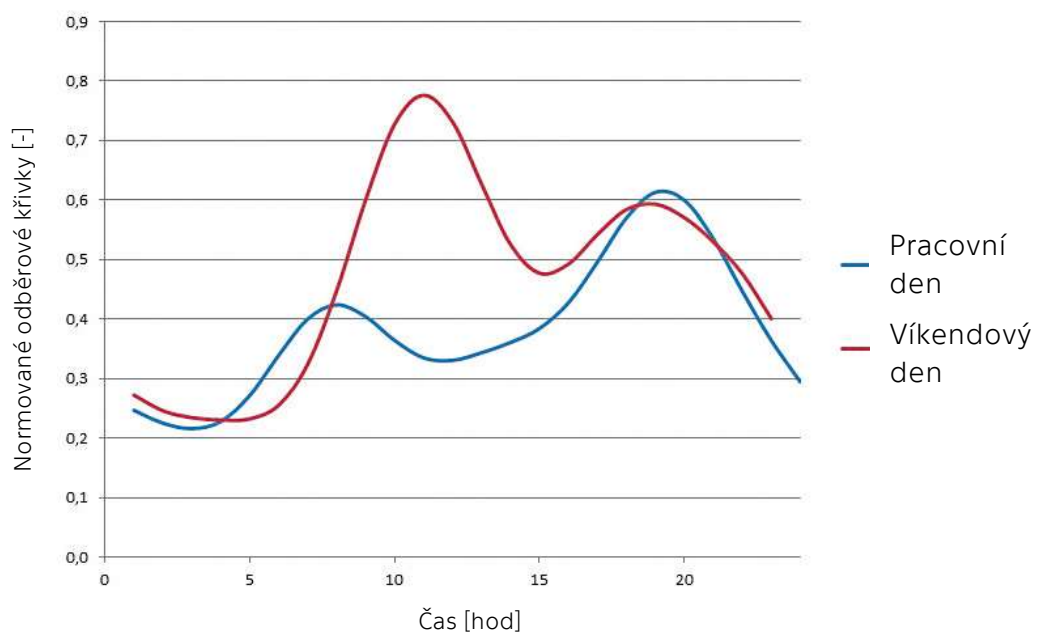
Možností, jak zvýšit produkci elektrické energie, by bylo provedení transparentních nebo semitransparentních fotovoltaických článků. Tyto fotovoltaické články mohou mít několik možností provedení. Jednou z možností je využití semitransparentních polymerových článků, které v podstatě neovlivňují index podání barev (závisí na tloušťce stříbrné elektrody). (Chen, 2012) Tyto články mohou mít až 6 % účinnost (pro stříbrnou elektrodu tloušťky 60 nm). Další možností je využití pervoskitových solárních článků. (Bailie, 2015) Tyto články již nejsou dobře průhledné, ale nezabírají celou plochu panelu, takže světlo prosvítá mezi jednotlivými články. Tyto články dokáží překonat hranici účinnosti 12,5 %. (Husain, 2018)

V objektu je nutností zachovat plnou transparentnost lehkého obvodového pláště. Proto je teoreticky možné využití například zmíněných semitransparentních polymerových článků. Kdyby byly tyto články použity na celé ploše jižní fasády (1450 m<sup>2</sup>) a bylo by počítáno s účinností 1 % (pro

články s tenkou vrstvou stříbrné elektrody), dokázaly by vyprodukovat 10 475 kWh elektrické energie za rok.

### 6.3. Virtuální baterie

Problémem energie generované z fotovoltaické elektrárny je častá nesoučasnost produkce a spotřeby energie. Fotovoltaické elektrárny generují elektrickou energii pouze přes den, kdy je její potřeba nižší než v době nečinnosti fotovoltaických článků.



Obr. 16 Průběh spotřeby elektrické energie během dne (Zelený, 2016)

Proto je potřeba elektrickou energii akumulovat. Je několik možností akumulace elektrické energie. První možností je mít fyzický elektrický akumulátor, do kterého je přebytečná elektrická energie akumulována a v době nedostatku je z akumulátoru odebírána.

Druhou možností je využití takzvané virtuální baterie. Jedná se o možnost připojení fotovoltaické elektrárny do sítě a virtuálně si v síti uložit přebytky vygenerované elektrické energie. Tyto přebytky je možné poté ze sítě kdykoliv zdarma odebrat. Účtovány jsou pouze poplatky za distribuci a daň. (Matajs, 2021)

Obě varianty řeší problém přebytků a nedostatků elektrické energie pouze za pomoci elektrické soustavy. Další možností je energii uchovat například v teplé vodě. Voda je v době přebytku elektrické energie elektřinou ohřívána a v době nedostatku je energie pomocí výměníku z vody odebírána.

## 7. Závěr

Úvodem práce byly porovnány klimatické podmínky ve vybraných oblastech Evropy jako jsou severské, středoevropské a středomořské země s větším zaměřením na Norsko, Českou republiku a Španělsko. V těchto státech byly porovnány používané zdroje obnovitelné energie a jejich možné využití v bytové výstavbě. Možnosti použití těchto zdrojů se výrazně liší právě podle lokality. Pro Norsko je hlavním zdrojem tepelné čerpadlo země – voda. V České republice se používají fotovoltaické panely v kombinaci s tepelným čerpadlem země – voda a ve Španělsku dominují tepelná čerpadla vzduch – vzduch v kombinaci s fotovoltaickými panely.

Z předběžných výsledků je možné konstatovat, že elektrickou energii spotřebovanou tepelným čerpadlem pro vytápění je možné z větší části pokrýt elektrickou energií vygenerovanou fotovoltaickou elektrárnou umístěnou na střeše. Využití semitransparentní fotovoltaiky jako zasklení lehkého obvodového pláště by zvýšilo produkci cca o 10 MWh za rok.

Produkce elektrické energie je časově odlišná od spotřeby. Proto je zapotřebí energii některým z výše uvedených způsobů akumulovat.

Obecně by se dalo říct, že je možné, v případě běžných nově budovaných nízkoenergetických bytových staveb, pokrýt značnou část energie potřebné k provozu tepelného čerpadla v otopné sezóně pomocí energie z fotovoltaických článků umístěných na budově.

Řešená budova má poměrně velký poměr výšky k ploše střechy. Pro nižší budovy by mohla být plocha střechy větší v poměru k vytápěné ploše. Dále je celý obvodový plášť objektu řešen zasklením, které má zpravidla horší tepelně izolační vlastnosti než běžná neprůsvitná konstrukce.

## 8. Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 Produkce obnovitelné energie států EU v roce 2020 (Renewable energy statistics, 2023).....	9
Obr. 2 Klimatická data pro Norsko (Climatology of Norway, 2021) .....	10
Obr. 3 Klimatická data pro Českou republiku (Climatology of Czech republic, 2021) .....	11
Obr. 4 Klimatická data pro Španělsko (Climatology of Spain, 2021).....	12
Obr. 5 Zdroje energie pro vytápění a ohřev teplé vody v NZEB v Norsku (Gibbons, 2022).....	14
Obr. 6 Srovnání zdrojů energie pro NZEB a běžné bytové domy v Norsku (Gibbons, 2022).....	15
Obr. 7 Vývoj a struktura primárních energetických zdrojů České republiky (Státní energetické koncepce, 2014).....	17
Obr. 8 Vývoj a struktura OZE v České republice (Státní energetické koncepce, 2014) .....	17
Obr. 9 Celková produkce energie ve Španělsku (IEA Spain, 2022).....	19
Obr. 10 Historie produkce obnovitelné energie ve Španělsku .....	20
Obr. 11 Potřeba energie na chlazení a vytápění v Italských bytových domech (Murano, 2017) .....	20
Obr. 12 Fotovoltaický energetický potenciál v Evropě (Solar resource maps and GIS data for 200+ countries and regions, 2021) .....	21
Obr. 13 Prodej tepelných čerpadel ve Španělsku (Witkowska, 2021).....	22
Obr. 14 Budova S life ekspres (Project S Life Ekspres, 2018).....	23
Obr. 15 Výpočet produkce elektrické energie z fotovoltaické elektrárny (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, 2022) .....	26
Obr. 16 Průběh spotřeby elektrické energie během dne (Zelený, 2016) .....	28
Tab 1 Teploty a srážkové úhrny v jednotlivých oblastech.....	13
Tab 2 Tepelné ztráty jednotlivých prostor objektu .....	24
Tab 3 Potřeba tepla v jednotlivých měsících.....	26

## 9. Bibliografie

BAILIE, Colin D., M. Greyson CHRISTOFORO, Jonathan P. MAILLOA et al., 2015. *Semi-transparent perovskite solar cells for tandems with silicon and CIGS*. **8**(3), 956-963. ISSN 1754-5692. Dostupné z: doi:10.1039/C4EE03322A

Climatology of Czech republic, 2021. In: *Climate Change Knowledge Portal* [online]. © The World Bank Group [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/czech-republic/climate-data-historical>.

Climatology of Norway, 2021. In: *Climate Change Knowledge Portal* [online]. © 2021 The World Bank Group [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/norway/climate-data-historical>

Climatology of Spain, 2021. In: *Climate Change Knowledge Portal* [online]. © The World Bank Group [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/spain/climate-data-historical>

Energimerkestatistikk, 2019. In: *Energimerking.no* [online]. Norway: ENOVA SF [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/energimerkestatistikk/>

GIBBONS, Laurence a Saqib JAVED, 2022. A review of HVAC solution-sets and energy performace of nearly zero-energy multi-story apartment buildings in Nordic climates by statistical analysis of environmental performance certificates and literature review. *Energy*. **238**. ISSN 03605442. Dostupné z: doi:10.1016/j.energy.2021.121709

HUSAIN, Alaa A.F., Wan Zuha W. HASAN, Suhaidi SHAFIE, Mohd N. HAMIDON a Shyam Sudhir PANDEY, 2018. A review of transparent solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **94**, 779-791. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2018.06.031

CHEN, Kung-Shih, José-Francisco SALINAS, Hin-Lap YIP, Lijun HUO, Jianhui HOU a Alex K.-Y. JEN, 2012. *Semi-transparent polymer solar cells with 6% PCE, 25%*

average visible transmittance and a color rendering index close to 100 for power generating window applications. **5**(11). ISSN 1754-5692. Dostupné z: doi:10.1039/c2ee22623e

IEA Spain, 2022. In: *IEA* [online]. ©IEA 2023 [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.iea.org/countries/spain>

KUZEMKO, Caroline, Mathieu BLONDEEL, Claire DUPONT a Marie Claire BRISBOIS, 2022. *Russia's war on Ukraine, European energy policy responses & implications for sustainable transformations*. **93**. ISSN 22146296. Dostupné z: doi:10.1016/j.erss.2022.102842

MATAJS, Vladimír, 2021. Virtuální baterie: podvod nebo zázrak?. In: *Solární experti* [online]. © Solární Experti s.r.o. [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/virtualni-baterie-net-metering-porovnani-vyhodnosti/>

MONTOYA, Francisco G., Maria J. AGUILERA a Francisco MANZANO-AGUGLIARO, 2014. Renewable energy production in Spain: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **33**, 509-531. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2014.01.091

MURANO, Giovanni, Ilaria BALLARINI, Domenico DIRUTIGLIANO, Elisa PRIMO a Vincenzo CORRADO, 2017. The significant imbalance of nZEB energy need for heating and cooling in Italian climatic zones. *Energy Procedia*. **126**, 258-265. ISSN 18766102. Dostupné z: doi:10.1016/j.egypro.2017.08.150

*PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM* [online], 2022. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/#](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#)

Project S Life Ekspres, 2018. In: *Adnan Kazmalogu* [online]. © 2023 ADNAN KAZMAOĞLU MİMARLIK ARAŞTIRMA MERKEZİ [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <http://www.adnankazmaoglu.com/eng/portfolio-276.html>

Renewable energy explained, 2022. In: *EIA* [online]. Washington [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/>

Renewable energy statistics, 2023. In: *Eurostat Statistics Explained* [online]. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable\\_energy\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics)



Solar resource maps and GIS data for 200+ countries and regions, 2021. In: *Solargis* [online]. Bratislava: © 2023 Solargis [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/europe>

*Státní energetické koncepce* [online], 2014. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52041/59168/618616/priloha001.pdf>

VITOCAL 300-G PRO. In: *VISSMANN* [online]. © Viessmann, spol s r.o. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/teplna-cerpadla/velka-teplna-cerpadla/vitocal-300g-pro.html>

WITKOWSKA, Agata, Dorota Anna KRAWCZYK a Antonio RODERO, 2021. Analysis of the Heat Pump Market in Europe with a Special Regard to France, Spain, Poland and Lithuania. *Environmental and Climate Technologies*. **25**(1), 840-852. ISSN 2255-8837. Dostupné z: doi:10.2478/rtuect-2021-0063

WU, Wei a Harrison M. SKYE, 2021. Residential net-zero energy buildings: Review and perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **142**. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2021.110859

Zelená dohoda pro Evropu, 2022. In: *Rada Evropské unie* [online]. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/green-deal/>

ZELENÝ, Zbyněk, Anna FOŘTOVÁ a Marek SLAVÍK, 2016. *Biomasa jako zdroj pro výrobu elektrické energie a tepla v bytových domech*. © 2022 Jaga Media, s.r.o.