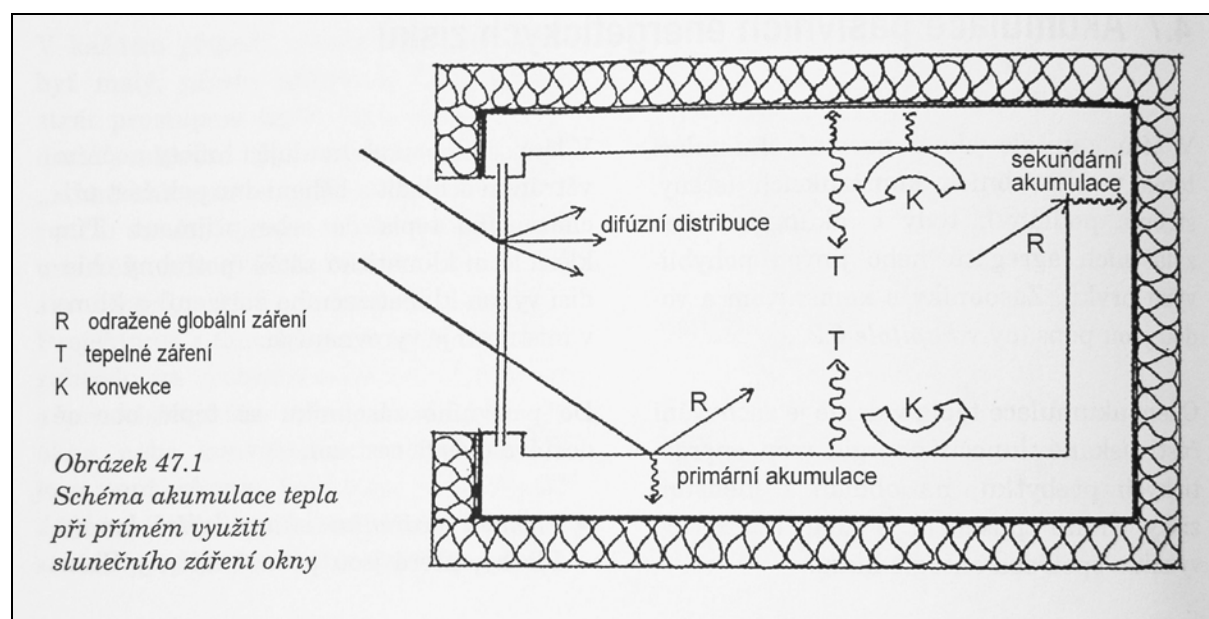


1 Využití sluneční energie

1.1 Pasivní systémy

1.1.1 Okna (systém s přímým ziskem)

Nejjednodušší systém je okno orientované na jih. Sluneční záření se dostává zasklením přímo do místnosti a přemění se v teplo po dopadu na nábytek, stěny a podlahu. Teplo je zde z části akumulováno a z části je předáno do vzduchu. Teplo je zde přenášeno a v budově distribuováno přímo slunečním zářením nebo přirozenou konvekcí a jako akumulátor tepla slouží stěny a podlahy.



Obr. 1 – Pasivní systémy - okna

Výhodou těchto systémů je jejich relativně nízká cena, respektive to, že velká část jejich ceny je již započtená v ceně stavby. Faktorem, který omezuje množství energie, které lze jižními okny získat, je schopnost místnosti resp. celého domu získané teplo nějak uložit. Pokud je množství tepla z dopadajícího slunečního záření menší než tepelná ztráta místnosti, pak zbytek tepla je nutno dodat z topného systému a teplota místnosti zůstává stálá. Sluneční energie zde vlastně jen kompenzuje část tepelných ztrát. V naprosté většině případů je, u dobře izolovaných domů s mírně zvětšenou plochou jižních oken, množství tepla ze slunečního záření větší než je tepelná ztráta a teplota v místnosti vzrůstá. Vzrůst teploty je tím menší čím větší je využitelná tepelná kapacita místnosti (podlaha stěny). Chceme-li se tedy v pasivních domech vyhnout přílišnému kolísání teploty v místnostech je nutné používat sendvičové stěny, které mají vnitřní nosnou část z těžkých, dobře tepelně vodivých, materiálů (beton, vápnopískové cihly a pod.). Dostatečně silná vrstva (kolem 15 až 25 cm) tepelné izolace na vnější straně pak zajistí jednak malé tepelné ztráty a také dobrou akumulaci schopnost zdiva (hmota stěny je na teplotě blízké teplotě vnitřního vzduchu).

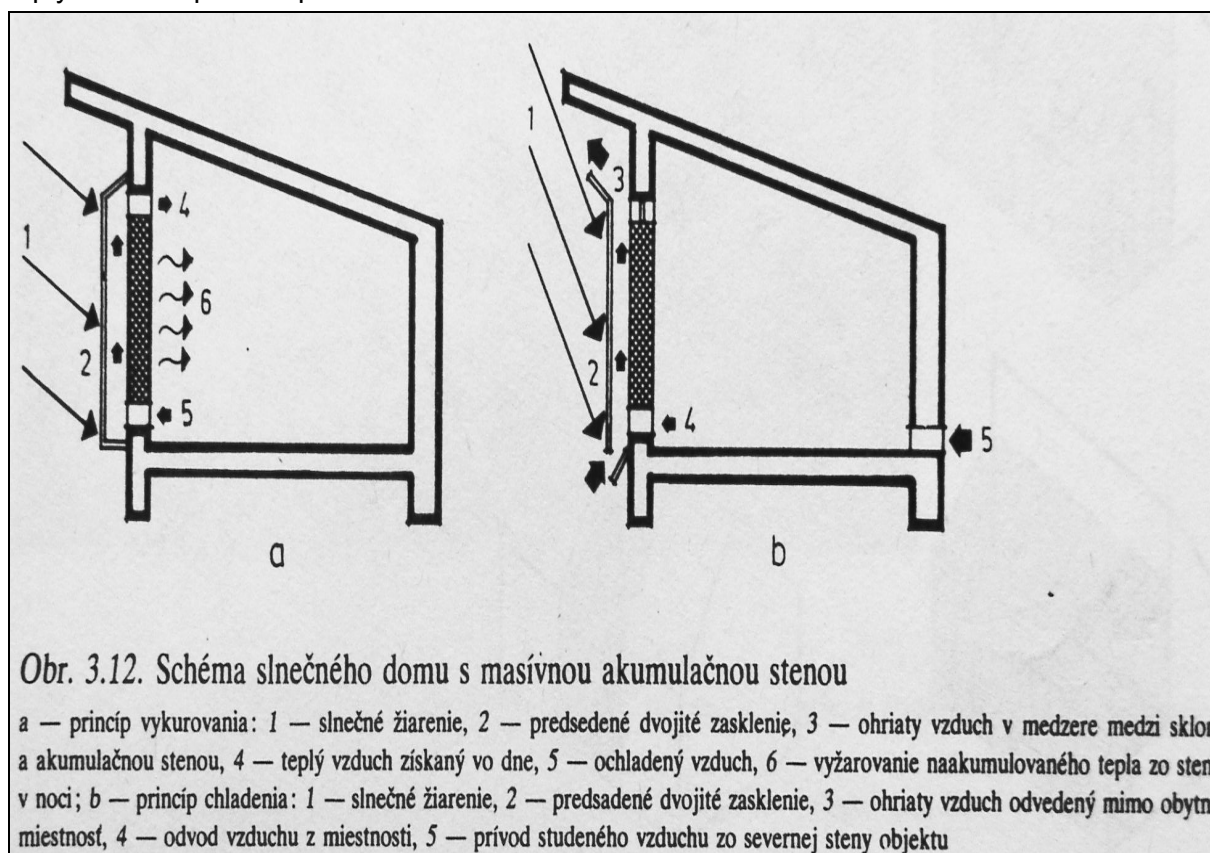
Paradoxním problémem je velikost oken. Velká okna mají sice velké tepelné zisky, ale také relativně velké tepelné ztráty v době, kdy slunce nesvítí. Klíčové je zde proto použití kvalitního zasklení s tepelným zrcadlem (nízkoemisní vrstvička) a náplní argonu, která mají nízkou hodnotou prostupu tepla a rozumně vysokou hodnotou součinitele propustnosti pro sluneční záření G. Tepelná bilance v dnešní době hojně používaných dvojskel s hodnotou $U = 1,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a $G = 60 \%$ je pozitivní, což znamená, že za topnou sezónu více energie

získají než ztratí. Ještě lepším řešením jsou okna obsahující mezi skly ještě plastovou fólii opatřenou tepelným zrcadlem. Jejich hodnota U je přibližně $0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ při propustnosti $G=43\%$.

Nepříjemnou vlastností skel s tepelným zrcadlem je znatelné snížení propustnosti pro viditelnou a blízkou infračervenou část slunečního spektra což má za následek snížení tepelných zisků. Noční tepelné ztráty lze dále snížit použitím stahovacích žaluzií, rolet či okenic. Nejdokonalejší materiál pro zasklení je křemenný aerogel, zde se dá u 20mm silné desky dosáhnout $U = 0,4$ při propustnosti G blíží se 90%; zatím tento materiál není komerčně dostupný.

1.1.2 Trombeho stěna (systém s nepřímým ziskem)

Jde o masivní jižní stěnu (beton, plné cihly), která je zakryta průhlednou tepelnou izolací (zasklení) a natřena černě. Někdy může být opatřena nahoře a dole otvory umožňujícími teplý vzduch vpouštět přímo do místnosti.



Obr. 3.12. Schéma slunečního domu s masívnou akumuláční stěnou

a — princip vykurovania: 1 — slnečné žiarenie, 2 — predsadené dvojité zasklenie, 3 — ohriaty vzduch v medzere medzi sklom a akumulácnou stenou, 4 — teplý vzduch získaný vo dne, 5 — ochladený vzduch, 6 — vyžarovanie naakumulovaného tepla zo steny v noci; b — princíp chladenia: 1 — slnečné žiarenie, 2 — predsadené dvojité zasklenie, 3 — ohriaty vzduch odvedený mimo obytnú miestnosť, 4 — odvod vzduchu z miestnosti, 5 — prívod studeného vzduchu zo severnej steny objektu

Obr. 2 — Schéma slunečního domu s masívní akumuláční stěnou

Tento systém vytváří tak vlastně jakýsi integrovaný solární kolektor se zásobníkem. Nejvyšší teplota na vnější straně stěny přesahuje 50°C a je dobré do prostoru mezi zasklením a stěnou instalovat např. reflexní roletu, která sníží noční tepelné ztráty a omezí nežádoucí tepelné zisky v jarním a podzimním období. Trombeho stěna je výhodná tím, že představuje akumuláční prvek a teplo je do vnitřního prostoru dodáváno se zpožděním 8 až 12 hodin. Tepelné zisky oken nesmí způsobovat přehřátí vnitřních prostor, což v moderních nadstandardně izolovaných domech limituje množství tepla, které lze získat z jižní fasády. Vytvořením Trombeho stěny na další části jižní fasády lze energetický zisk zvětšit.

Kromě zasklení dvojsklem se na Trombeho stěnu používají i tak zvané voštinové transparentní izolace.

1.1.3 Zimní zahrada

Jde vlastně o analogii Trombeho stěny s tím, že zasklení je odsunuto mnohem dále od stěny a vytvořený prostor je používán jako rozšíření obytného prostoru domu a jako přechod mezi vnitřním prostředím domu a venkovním prostorem. Zimní zahrady jsou často spíše zajímavým architektonickým prvkem a energetické zisky jsou až druhotné. Existuje celá řada způsobů, jak zimní zahradu zakomponovat do návrhu domu; výhodnější je volit menší prosklené plochy a zmenšit tak problémy s letním přehříváním. Je třeba zdůraznit, že zimní zahradu nesmíme v době nedostatku slunečního svitu vytápět !

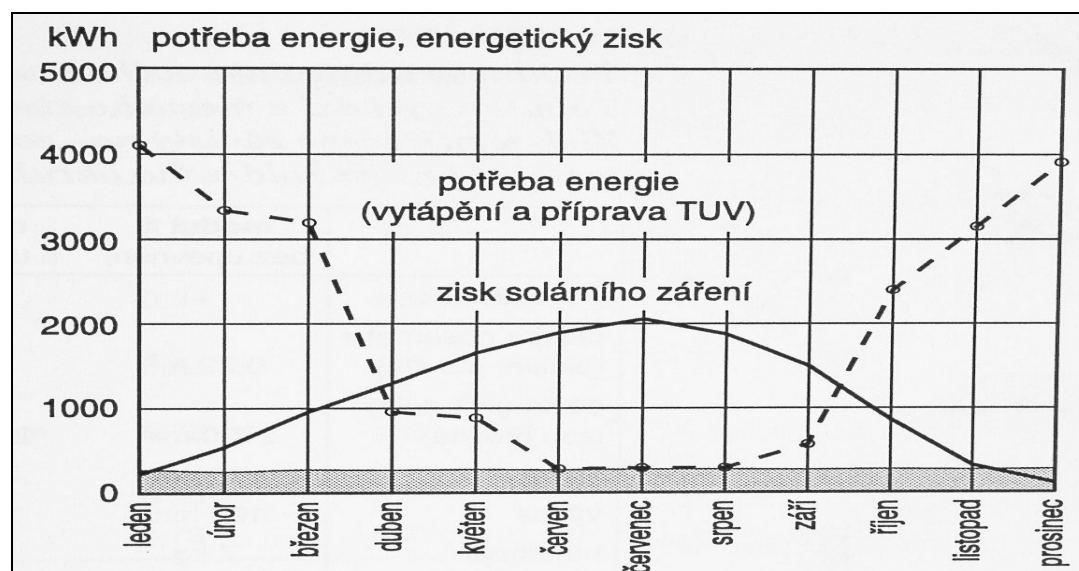
Obecně v solární architektuře platí, "méně je někdy více" a v poslední době se spíše dává přednost domům s nadstandardní tepelnou izolací a menšími prosklenými plochami.

1.2 Aktivní systémy

Aktivní systémy používají k zachycení záření solární kolektory t.j. specializovaný prvek, transport tepla se děje pomocí vzduchu nebo nemrznoucí kapaliny s nuceným oběhem a teplo je ukládáno do zásobníku pro pozdější využití. Investiční náročnost aktivních systémů je vyšší (v přepočtu na jednotku získaného tepla) než u systémů pasivních; jejich účinnost je zpravidla také vyšší a jejich použití je podstatně flexibilnější, dají se montovat prakticky na všechny domy.

V současné době se používá aktivních systémů převážně na ohřev teplé užitkové vody a případně k přitápění v jarním a podzimním období a ohřevu bazénu v letním období.

Je to dáno především tím, že jejich doba návratnosti by při využití k vytápění byla neúnosně dlouhá - v zimním období je příliš málo slunečního záření a systém by musel mít velkou plochu a taková plocha by zase byla polovinu roku nevyužitá.



Obr. 3 – Potřeba energie a energetický zisk v průběhu roku

V následující tabulce jsou uvedeny praktické hodnoty různých veličin, které ovlivňují realizaci slunečních kolektorů.

Celková doba slunečního svitu v ČR (bez oblačnosti)	1400 - 1700 h/rok
Celková dopadá energie na vodorovnou plochu	950 - 1150 kWh/m ² .rok
Zisk z této energie v pasivních systémech	20 - 50 % v topné sezóně
Zisk z této energie v aktivních systémech ÚT	30 - 40 % v topné sezóně
Zisk z této energie v aktivních systémech TUV	50 - 80 %/rok
Zisk z této energie v aktivních systémech letní bazén	70 - 90 %/sezónu
Zisk z této energie v plochém kolektoru pro TUV	450 - 550 kWh/m ² .rok
Optimální orientace kolektorů	J - JZ
Vyhovující orientace kolektorů	JV - J
Méně účinné orientace kolektorů	V - JV, JZ - Z
Maximální výkon kolektorů	kolem 14. hodiny
Optimální sklon pro letní provoz	kolem 30° od vodorovné roviny
Optimální sklon pro celoroční provoz	kolem 45°
Optimální sklon pro zimní provoz	kolem 60° nebo svislá rovina
Maximální dopadající záření v létě na kolmou plochu	málo přes 1000 W/m ²
Maximální dopadá sluneční energie v létě	až 8 kWh/m ² .den
Účinnost slunečních kolektorů (dle umístění a využití)	50 - 80 %
Max. kritická teplota nezaskleného absorberu bez odběru energie	až 80 °C
Max. kritická teplota zaskleného absorberu bez selektivní vrstvy	až 120 °C
Max. kritická teplota zaskleného absorberu se selektivní vrstvou	až 180 °C
Max. kritická teplota zaskleného absorberu se selektivní vrstvou ve vakuu	až 220 °C
Optimální zasklení - ploché kalené sklo s min. obsahem železa	tl. 4 mm
Optimální teplota z plochého kolektoru pro TUV	60 - 80 °C
Optimální teplota z plochého kolektoru pro ÚT v zimě	30 - 40 °C
Optimální teplota pro ohřev bazénu celoročně	kolem 30 °C
Tlak v primárním okruhu závislý na typu kolektoru	0,1 - 0,6 MPa
Nemrzoucí kapalina na zimní teplotu	max -30 °C
Doba životnosti nemrzoucí kapaliny dle výrobců	4 - 6 let
Solární ohřivač TUV pro čtyřčlennou rodinu	300 l
Solární ohřivač TUV pro šestičlennou rodinu	500 l
Životnost plastových absorberů dle typů a použití	5 - 10 let
Životnost kovových kolektorů dle typů a použití	20 - 30 let

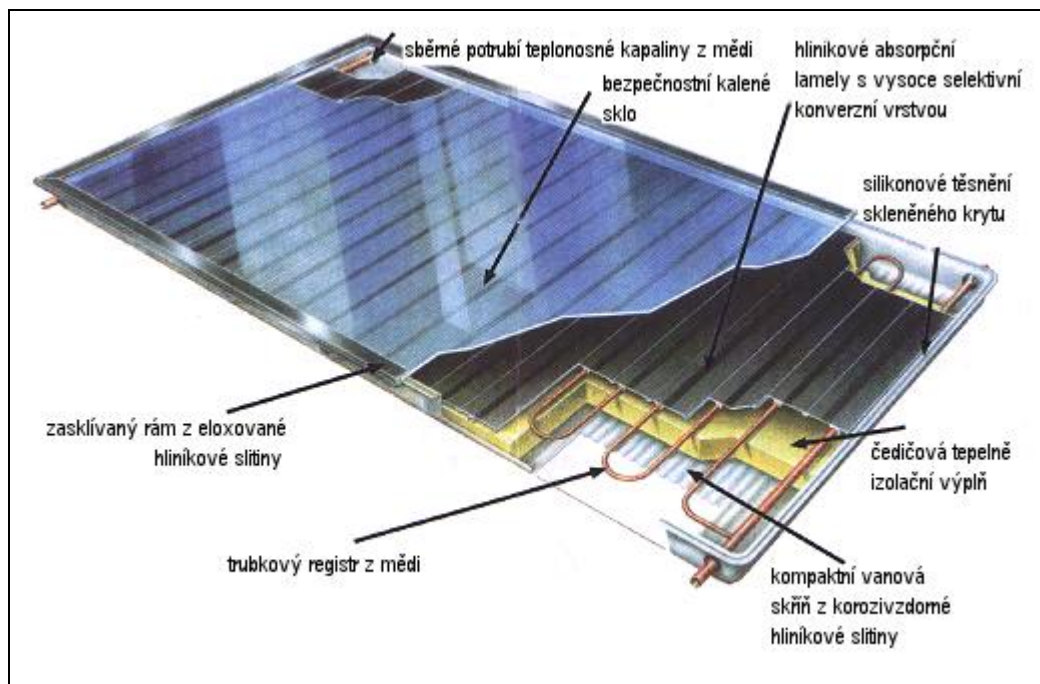
Tab. 1 - Možnosti a limitace solárních termálních systémů. Zdroj: Ing. Jaroslav Peterka, CSc.

1.2.1 Praktické provedení solárních systémů pro ohřev TUV

Solární systém se skládá ze 4 základních prvků:

- Kolektor

Dnes jsou nejběžnější kolektory s plochým absorberem, selektivní absorbní vrstvou a jedním zasklením; typickým zástupcem je např. HELIOSTAR. V poslední době se setkáváme i s vakuovými trubicovými kolektory a pro ohřev bazénové vody se používají nezasklené kolektory plastové.



Obr. 4 – Schéma slunečního kolektoru

- Zásobník

Nejběžnější jsou tlakové zásobníky o objemu 300 až 500 litrů se solárním výměníkem ve spodní části a s elektrickou topnou vložkou nebo s výměníkem dohřívání topnou vodou z kotle ústředního topení v horní části. Zásobník umožní akumulaci získaného tepla na dobu, kdy slunce nesvítí, zpravidla do druhého dne, někdy i na delší čas.

- Spojovací potrubí, čerpadlo a další pomocné prvky

Dnes je tendence sdružovat všechny potřebné prvky do kompaktní jednotky. Napájení čerpadla je zpravidla z rozvodné sítě, v některých systémech se používá speciální čerpadlo na 12V = , které je napájeno z fotovoltaického panelu umístěného vedle kolektoru. Jako teponosná kapalina se používá nemrznoucí směs s obsahem netoxického propylénglykolu.

- Regulace

V zásadě je nutný alespoň jednoduchý diferenciální termostat, který zajistí, že čerpadlo se spustí v okamžiku kdy teplota kolektoru vystoupí nad teplotu zásobníku a vypne se po poklesu teploty kolektoru pod teplotu zásobníku. Dále je třeba zajistit dotápění z dalšího zdroje (kotel, elektrické topení) a případně udržování teploty TUV na výstupu ze zásobníku na bezpečné teplotě (nebezpečí opaření je velké, teplota v zásobníku může vystoupit až k teplotě varu! Trendem je opět sdružovat všechny regulační funkce do jednoho systému.

- Záložní systém ohřevu

Vzhledem k časové proměnlivosti slunečního svitu je nutno mít další systém pro ohřev, obvykle se používá takzvané bivalentní provedení zásobníku t.j. výměník pro topnou vodu z kotle na plyn či tuhá paliva nebo elektrické topné těleso (na levnou akumulaci sazbu). U kotlů na tuhá paliva je vhodné použít trivalentní zásobník, kde v topné sezóně se dohřívá voda z kotle a mimo topnou sezónu se používá elektrický ohřev.

1.2.2 Solární fotovoltaické systémy

Solární fotovoltaické systémy slouží k přímé přeměně energie slunečního záření na elektřinu. Využívají k tomu polovodič s PN přechodem (zpravidla křemík). Účinnost fotovoltaických článků z monokrystalického křemíku je u komerčně dostupných článků za optimálních podmínek 14 až 17 % a jejich životnost dosahuje 20 - 30 let. Levnější články z polykrystalického nebo amorfního křemíku mají účinnost i životnost nižší. Energetická návratnost (dobu za jakou vyrobí energii spotřebovanou pro jejich výrobu) je u fotovoltaických panelů poměrně dlouhá (údaje se různí podle typu a způsobu instalace). Pro panely z monokrystalického křemíku se udává přes 6 let, u panelů z amorfního křemíku 1,5 až 3 roky.

Ekonomická doba návratnosti systémů dodávajících elektřinu do sítě v podmínkách ČR značně přesahuje dobu jejich životnosti. V současné době je elektřina z fotovoltaických zdrojů podporována tím, že je povinně vykupována za 6 Kč/kWh, což v principu zajistí návratnost investice do fotovoltaického systému, nicméně při současné situaci na trhu s elektřinou nelze očekávat nějaký větší rozvoj fotovoltaických systémů. Solární fotovoltaické systémy se proto využívají zatím spíše pro krytí spotřeby elektřiny v místech bez rozvodné sítě a větší systémy s připojením do rozvodné sítě jsou zatím spíše výjimečné a slouží převážně pro demonstrování možností a pro získávání zkušeností než jako prostředek pro podnikání.

2 Využití větrné energie

Hlavní podmínkou možného využití větrné energie je stálost a rychlost větru v dané lokalitě. Rychlost a intenzita proudění vzduchu stoupá s nadmořskou výškou a s výškou nad okolním terénem. Kromě převažujícího směru, rychlosti a četnosti větrného proudění v oblasti, ji tedy ovlivňuje i míra členitosti okolního terénu (udávaná tzv. *koeficientem drsnosti povrchu*).

Rychlost větru se obvykle měří a udává pro nadzemní výšku 10 metrů. Pro výšku větší - výšku, ve které bude umístěna osa rotoru větrné turbíny - se používá tento orientační přepočet:

$$\frac{v_h}{v_o} = \frac{(h)^n}{(h_o)^n}$$

kde:

v_o - naměřená rychlost větru ve výšce h_o , tj. obvykle 10 m (m/s)

v_h - vypočítaná rychlost větru (m/s)

h_o - výška, ve které se provádí měření (m)

h - výška umístění osy rotoru (m)

n - exponent závislý na drsnosti povrchu - typicky 0,14, pro členitější území pak až 0,18

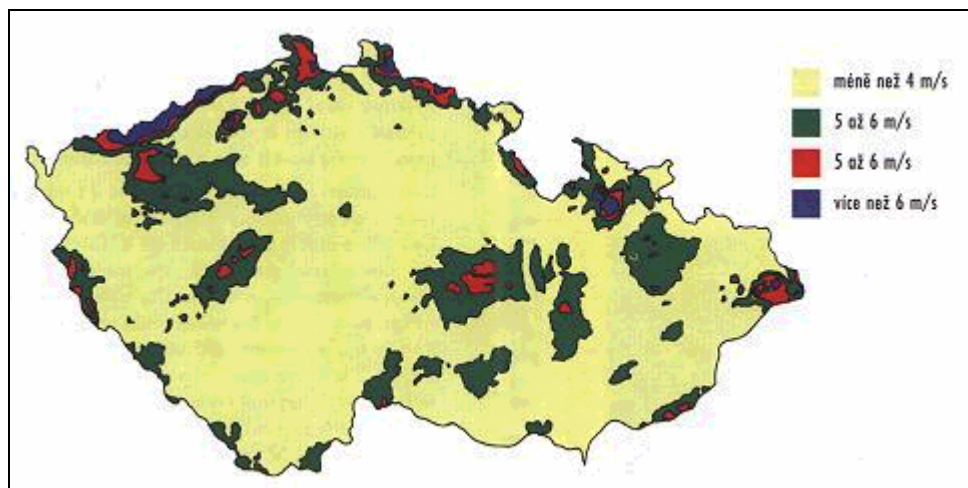
Výkon VE roste (klesá) s třetí mocninou rychlosti větru a s druhou mocninou průměru vrtule (rotoru) turbíny. Platí, že pokud vítr nedosahuje optimální rychlosti, elektrárna nepracuje na plný (instalovaný) výkon a množství vyráběné elektrické energie je dle výše uvedených vztahů úměrně nižší.

K uvedení VE do provozu musí minimální rychlost větru činit 2,5-3 m/s a maximální využití instalovaného výkonu dosáhne VE při rychlostech větru od 12 až 15 metrů za vteřinu (v závislosti na velikosti průměru rotoru VE) až do limitních 25 až 28 m/s. Takových rychlostí však vítr dosahuje pouze několik (desítek) hodin v roce. Směrodatná je tedy jeho průměrná rychlost během celého roku. Pro názornost lze uvést, že 1 kg hmoty vzduchu při rychlosti 10 m/s má energii 50 J.

Rychlost větru [m/s]	Využití instalovaného výkonu	Rychlost větru [m/s]	Využití instalovaného výkonu
3	2%	8	34%
4	4%	9	49%
5	8%	10	67%
6	15%	11	90%
7	23%	12-15 až 25-28	100%

Tab. 2 - Využití instalovaného výkonu VE při různé rychlosti větru

Jak ukazuje následující obrázek, na velké většině území České republiky nepřevyšuje průměrná roční rychlost větru (ve výšce 10 metrů nad zemí) 4 m/s. Vyšší celoroční průměrné rychlosti větru (5 metrů za sekundu a více) se pak zpravidla u nás dosahuje pouze v místech s nadmořskou výškou 600 a více metrů nad mořem. Např. Jablonec nad Nisou leží ve výšce kolem 500 m. n.m. Ačkoliv je tato lokalita považována za oblast s intenzivními větry, nelze předpokládat, že průměrná rychlost větru během celého roku bude vyšší než 5 m/s.



Obr. 5 - Větrná mapa České republiky. Zdroj: ÚFA AVČR

Přesto však nelze vyloučit, že na některých místech (vrcholcích okolních hor) lze tuto roční hranici, považovanou všeobecně za měřítko rentability projektu instalace VE, i překročit. Instalací rotoru turbíny na dostatečně vysokém tubusu lze pak docílit zvýšení průměrné celoroční rychlosti větru na 6,5 i více metrů za vteřinu.

V takovém případě je však před případnou realizací nutné provést v uvažovaném místě důkladné dlouhodobé měření (doporučuje se po dobu 6 měsíců až jednoho roku, a to přímo v ose rotoru budoucí elektrárny), zda rychlost a pravidelnost větrů během roku zde skutečně dosahuje předpokládaných hodnot.

Vhodná lokalita pro výstavbu větrné elektrárny často bývá mimo dosah inženýrských sítí a komunikací. Proto si její instalace zpravidla vyžaduje vedle výstavby transformační stanice, která vyráběný proud z VE transformuje na potřebnou vysokonapěťovou hladinu, také vybudování i několik kilometrů dlouhé VN přípojky k rozvodné síti a příp. rovněž i přístupové komunikace.

Výstavbou jednotky o větším výkonu či hned několika VE na jednom místě lze tak docílit nižších měrných investičních nákladů (náklady na kW instalovaného výkonu) oproti instalaci pouze jedné jednotky.

INDIKATIVNÍ INVESTIČNÍ NÁKLADY:

- 30.000 – 40.000 Kč/kW instalovaného výkonu
- 1 mil. Kč NN/VN trafostanice
- 1,2 mil. Kč / km VN vedení

Na území MiR Zábřežska není instalována žádná větrná elektrárna, avšak v okolí regionu jsou instalovány:

- | | |
|---|----------|
| • Větrná elektrárna Mladoňov, ukončení stavby 1993, instalovaný výkon | 315 kW |
| • Větrná farma Ostružná, ukončení stavby 1994, instalovaný výkon | 3 000 kW |
| • Větrná elektrárna Velká Kraš, ukončení stavby 1994, instal.výkon | 225 kW |
| • Větrná farma Mravenečník, ukončení stavby 1995, instalovaný výkon | 1 165 kW |

Zkušenosti s větrnými elektrárnami nejsou v České republice příliš dobré. Ačkoliv během první poloviny 90. let bylo u nás postupně postaveno 24 jednotek větrných turbín, nenaplnily

se u nich hospodářské ani provozní předpoklady. Pomineme-li příliš nízké výkupní ceny elektřiny, na vině byla v některých případech rovněž nižší dosahovaná rychlost větrů, než se původně předpokládalo, a zejména pak časté technické poruchy. Řada z nich tak byla často i na několik měsíců odstavena, což mělo na ekonomiku jejich provozu devastující účinky.

Impuls k úvahám o vzkríšení větrných elektráren v ČR přišel v souvislosti se zavedením povinných minimálních výkupních cen elektřiny z obnovitelných zdrojů. Výkupní cena vyhlášená pro letošní rok ve výši 3 Kč/kWh "oprašuje" podnikatelské plány, které byly na jejich výstavbu během 90. let v očekávání zavedení výhodných výkupních cen připraveny.

Před přehnaným znovu nabytým optimismem je však nutno upozornit na fakt, že větrné energetice se u nás skutečně moc nedaří. Jen výjimečně se u dosud zrealizovaných jednotek podařilo překročit hranici 11 % ročního využití instalovaného výkonu (ten se rovná množství vyrobené elektřiny při chodu rotoru turbíny po celý rok, tj. 24 hodin denně po dobu 365 dnů, na plný výkon), což je cca 1.000 hodin/rok, zatímco např. na návětrné (německé) straně Krušných hor toto roční využití VE dosahuje až 25% (cca 2.220 hod/rok).

Je nutné upozornit na fakt, že aby VE vyrobila stejný objem elektřiny, jako při jmenovitém výkonu po dobu 1.000 hodin, musela by být nepřetržitě v chodu po celý rok při stálé rychlosti větru mezi 5 až 6 metry za vteřinu. To dokazuje, jaké musí být v uvažované lokalitě větrné poměry, aby jejich využití se stalo efektivním.

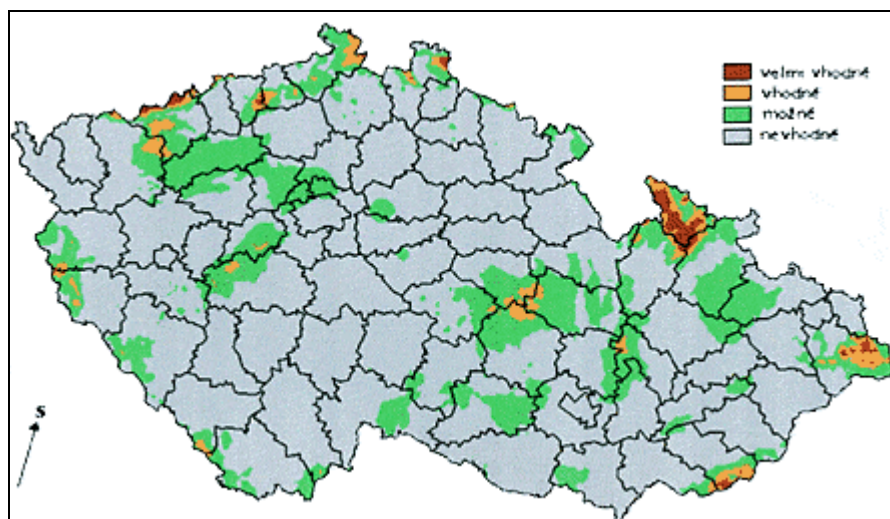
Následující tabulka předkládá kalkulaci rentability investice a provozu dvou výkonově rozdílných typů VE dle jejich ročního využití. Poslední sloupec pak představuje, jaké minimální roční využití musí dosahovat skutečný projekt výstavby dvou VE o celkovém výkonu 2 MW.

V tabulce je uvedena pouze roční anuita investice, provozní náklady, tj. náklady spojené s údržbou a opravami, nejsou uvedeny. Je to z toho důvodu, že dle dosavadních zkušeností s provozem VE v tuzemsku mohou být velmi variabilní v závislosti na počtu poruch a nutných oprav. Jejich výše se u dosud zrealizovaných instalací pohybovala mezi 500 – 1 000 Kč na vyrobenou MWh dle objemu vyrobené elektřiny. Níže uvedené výpočty jsou za předpokladu výkupní ceny 2,46 Kč/kWh (cena roku 2006), diskontní sazby 10 % a životnosti zařízení 20 let.

Využití instal. výkonu	[%]	9%	9%	11%	11%	19%	19%
Využití instal. výkonu	h	800	800	1000	1000	1650	1650
Instalovaný výkon	kW	750	1 000	750	1 000	750	2 000
Investiční náklady	tis. Kč	30 000	45 000	30 000	45 000	30 000	84 000
Množství vyr. elektřiny	kWh/rok	600 000	800 000	750 000	1 000 000	1 237 500	3 300 000
výkupní cena 2006	Kč/kWh	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
Tržby	tis. Kč/rok	1 476	1 968	1 845	2 460	3 044	8 118
NPV	tis. Kč	-17 715	-28 621	-14 644	-24 526	-5 434	-17 872

Tab. 3 - Kalkulace rentability dvou výkonově rozdílných VE při různém využití instalovaného výkonu

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že výroba elektřiny ve větrné elektrárně za daných předpokladů není efektivní ani při ročním využití instalovaného výkonu 19%. Tomu odpovídá průměrná roční rychlost větru nad 6,5 m/s. Lokality s takto vysokou průměrnou rychlostí větru se v regionu dle uvedené větrné mapy obecně nevyskytují.



Obr. 6 - Vhodnost využití větrné energie v ČR. Zdroj: ÚFA AVČR

3 Využití vodní energie

Vodní energie se projevuje jako mechanická energie (potenciální, kinetická), tepelná (svým tepelným obsahem) a chemická. Pro energetické účely lze za současných běžných zařízení využívat především mechanickou energii pro výrobu elektřiny a tepelnou energii pro výrobu tepla. Mezi hlavní znaky vodní energie lze zahrnout:

- nevyčerpatelnost (za normálních podmínek) a kolísavost příkonu
- přirozená koncentrovanost nositele z povodí do hlavních toků
- značné investiční náklady pro výstavbu vodních děl
- nízké provozní náklady vodních elektráren
- poměrně malá měrná energie v nositeli (300 J/kg při spádu 30 m)

V současné době je v ČR využíváný celoroční výkon cca 190 MW, který kryje celostátní spotřebu elektrické energie z cca 3 %. V Olomouckém kraji je instalováno cca 145 vodních elektráren o celkovém instalovaném výkonu 10,51 MW, které dodaly v roce 2001 celkem 40 214,31 MWh do rozvodných sítí. V kraji je taktéž vybudováno ojedinělé energetické dílo – přečerpávací elektrárna Dlouhé Stráně s výkonem 650 MW.

Vodní elektrárny lze rozdělit podle pracovního spádu na:

- nízkotlaké $H < 20 \text{ m}$
- středotlaké $H = 20 - 100 \text{ m}$
- vysokotlaké $H > 100 \text{ m}$

Podle výkonu pak dělíme vodní elektrárny na:

- mikrozdroje $P < 35 \text{ kW}$
- drobné $P < 60 \text{ kW}$
- malé (MVE) $P < 10 \text{ MW}$
- střední $P < 100 \text{ MW}$
- velké $P > 100 \text{ MW}$

4 Využití energie biomasy

4.1.1 Význam biomasy pro energetické účely

V České republice se nachází poměrně bohaté (především však potenciální) zdroje biomasy, které mohou být využívány stejným způsobem, který odpovídá zemím západní Evropy. Existuje velké množství důvodů pro využívání biomasy.

Termochemickou přeměnou („suchým procesem“) rozumíme *spalování a zplyňování*.

Biochemická přeměna („mokrý proces“) je *fermentace (produkce etanolu) a anaerobní vyhnívání (produkce bioplynu)*.

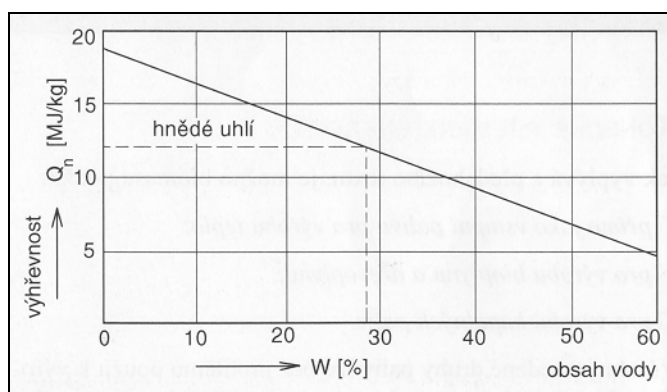
Největší význam využití energie z biomasy je spatřován v těchto faktorech:

- ♦ biomasa trvale narůstá,
- ♦ biomasa je obnovitelnou formou energie,
- ♦ emise CO_2 při spalování biomasy (konkrétně se uvolní 1,6 t CO_2 při spálení 1 t biomasy) odpovídají množství CO_2 vázaného při růstu – nedochází tedy k narušení poměru vázaného a volného CO_2 v uzavřeném systému planety,
- ♦ produkce SO_2 je při spalování biomasy zanedbatelná, stejně jako koncentrace NO_x ve spalinách,
- ♦ umožňuje relativně rychlé řešení energetických nároků místních zdrojů,
- ♦ produkcí biomasy lze využít „přebytečnou“ zemědělskou půdu,
- ♦ biomasa je alespoň částečně schopná nahradit fosilní paliva,
- ♦ využití biomasy pro energetické účely může poskytnout nové pracovní příležitosti.

VÝHŘEVNOST BIOMASY

Výhřevnost biomasy (protože se zabýváme biomasou využitelnou pro přímé spalování) závisí na obsahu vody v materiálu. Při přepočtu výhřevnosti na jednotku sušiny se zjistí, že například není významných rozdílů mezi výhřevností dřeva „tvrdého“ a „měkkého“, je pouze rozdíl v jeho měrné hmotnosti.

Schematicky zde uvádíme srovnání výhřevnosti hnědého uhlí a výhřevností dřeva v závislosti na obsahu vody v pletivech:



Obr. 7 - Výhřevnost biomasy

Obdobné poměry panují například i u slámy, slámy se zrnem a podobně. Výhřevnost 12,25 MJ/kg odpovídá přibližně 35 % relativní vlhkosti, což představuje vlhkost dříví na vzduchu částečně proschlého. Taková vlhkost může být dosažena při přerušovaném výrobním

procesu, zařazením dostatečně dlouhého časového intervalu pro přírodní vysychání biomasy před štěpkováním a následným spalováním. Čerstvě pokácené stromy mají relativní vlhkost v rozmezí od 50 do 60 % (kůra může dosáhnout vlhkosti vyšší než 60 %). V tomto případě musí být počítáno se skutečnou výhřevností cca 11,00 MJ/kg.

PŘEPOČTOVÉ POMĚRY U DŘEVNÍ HMOTY

Značné dezinterpretace v problematice využití biomasy (především objemových bilancích) působí neznalost vztahů mezi nejčastěji udávanými jednotkami. Uvádíme zde proto tabulkový přehled (orientační, avšak pro potřeby této práce zcela dostačující) přepočtových poměrů:

plm = plnometr dřeva – 1 m³ skutečné dřevní hmoty

prm = prostorový metr dřeva – 1 m³ složeného dřeva štípaného nebo neštípaného

prm_s = prostorový metr dřeva sypaného – 1 m³ volně sypaného, nezhutňovaného drobného nebo drceného dřeva

Přepočet objemových jednotek			
Dřevo	plm	prm	prm _s
plm	1,00	1,54	2,50 – 2,86
prm	0,65	1,00	1,61 – 1,86
prm _s	0,35 – 0,40	0,54 – 0,62	1,00

Tab. 4 – Přepočet objemových jednotek

Měrná hmotnost kusového dřeva		
Druh	Obsah vody	Měrná hmotnost
Smrk	25%	340 kg/prm
Smrk	40%	420 kg/prm
Dub, buk	25%	500 kg/prm
Dub, buk	40%	621 kg/prm
Smrkové piliny	40%	250 kg/prm _s
Smrková drcená kůra	40%	270 kg/prm _s
Brikety ze smrkové kůry	10%	1000 kg/prm _s

Tab. 5 – Měrná hmotnost kusového dřeva

4.1.2 Charakteristika biomasy

DŘEVNÍ HMOTA Z LESNICKÉ A PILAŘSKÉ PRODUKCE

Takto se označuje dřevní hmota pocházející z klasického lesnického hospodaření (těžba, probírky, dřevozpracující průmysl), ve které převažují jehličnany. Koeficient využití kulatiny při výrobě řeziva se pohybuje pouze okolo 60%. Proto hrají pilařské provozovny významnou roli v nabídce dřevního odpadu pro energetické využití. Zhruba okolo 10% z objemu vstupní kulatiny činí kůra, dalších 10 % představují piliny a okolo 30% krajiny, nekvalitní boční řezivo a odřezky. Krajiny a boční řezivo jsou často štěpkovány a následně ve formě štěpek používány do dřevotřískových desek a dalších aglomerovaných materiálů. Obdobné využití mají rovněž vytříděné piliny. Kůra a odřezky jsou většinou používány jako energetické

medium přímo v pilařské výrobě, zejména pro vytápění sušáren řeziva. Pouze malá část potenciálních dřevních odpadů představuje skutečný odpad. Dostupné množství do značné míry závisí na následujících podmínkách:

- ♦ skutečné skladbě lesů a jejich produkčním potenciálu,
- ♦ know-how v oboru soustřeďování a zpracování dřevního odpadu,
- ♦ vybavení stroji a/nebo možnosti investování do strojního vybavení,
- ♦ ekonomické životaschopnosti získávání lesní biomasy (tj. rozdíly mezi výrobními náklady a cenami výsledných produktů a meziproductů).

Dřevo

Základní produkt lesnictví, který je využíván nejrůznějším způsobem. Pokud se hovoří o využitelné biomase v této oblasti, jde o *odpad* z lesní těžby (včetně probírek) a pilařských provozů (odřezky, štěpka), nikoli dřevo deklarované jako palivové. Zařazeny sem mohou být i energetické dřeviny pěstované záměrně na pozemcích určených k plnění funkcí lesa (tzv. *lignikultury*).

Kůra

Donedávna převážně odpadní produkt lesnictví, který je dnes ale ve značné míře využíván jiným nežli energetickým způsobem (zejména pro výrobu zahradnických krycích substrátů). V menší míře (podle dostupnosti) je možné její využití jako odpadní biomasy stejně jako v případě dřeva.

Piliny

Jejich zdrojem je dřevařský průmysl, v současnosti je ale jejich využití již poměrně značně propracované a smluvně vázané.

Dřevní hmota z údržby vegetace na nelesní půdě

Biomasa z údržby parků, veřejné zeleně, doprovodu komunikací a vodních toků. Tyto dřeviny jsou (oproti předchozím) k dispozici pro štěpkování vcelku.

SLÁMA

Sláma jsou stonky zralých rostlin, které mají při sklizni obsah vody cca 20%. Při přebytku na trhu je dostupná i sláma se zrnem.

Sláma obilovin - přibližně 25% výnosu obilovin činí sláma. Část z ní je využita v živočišné výrobě, část slouží jako zlepšující půdní faktor, část je dostupná pro bioenergetické využití.

Sláma olejnin - především sláma z řepky. Její výnos se přibližuje až 100% výnosu olejnin.

Sláma se zrnem - celé rostliny obilí nebo olejnin, záměrně pěstované pro energetické účely nebo z nejrůznějších důvodů jinak neobchodovatelné.

TRAVINY

Travinami se rozumí jednoděložné rostliny záměrně pěstované nebo vyskytující se ve větším množství na neobdělávaných místech, především v blízkosti vodních toků.

Luční porosty

Za dostupné množství se obecně považuje přibližně 20% trvalých travních porostů, přičemž výnos sena se pohybuje okolo 2 t/ha. S přihlédnutím ke specifickým podmínkám jihu Čech uvažujeme o dostupnosti cca 10% TTP, a výnosu 8 q/ha.

Rákosiny

Porosty rákosu (ale také orobince a chrastice) v katastrálních výměrách rybníků, podél větších toků a podobně.

RYCHLEROSTOUCÍ ENERGETICKÉ DŘEVINY

Rychlerostoucí dřeviny představují nejperspektivnější zdroj energie. Produkce těchto dřevin představuje 15 – 18 t/ha sušiny za rok, při vědomí všech provozních specifíků je možné kalkulovat přibližně roční produkci okolo 10 t/ha. Tato porosty mohou plnit kromě energetické funkce také funkci ochrany proti erozi, popř. kladného ovlivňování vodního režimu, funkci interakčního prvku ve vztahu k ÚSES, může jít také o funkci protihlukovou, proti prašnosti apod.

Nařízením vlády č. 505 ze dne 22. listopadu 2000 byly stanoveny programy podpory mimoprodukčních funkcí zemědělství. Mezi tyto programy byla v § 12, odst. c), bod 2 zařazena podpora změny struktury zemědělské výroby založením porostů rychlerostoucích dřevin včetně jejich údržby po dobu tří let, následujících po jejich založení. Předmětem podpory jsou v tomto případě porosty dřevin, zakládáné k produkci biomasy využitelné po nadrcení ve formě štěpky, a to s životností těchto porostů 15 – 25 let. Důležitým faktorem při zakládání těchto porostů je sladění požadavků produkce biomasy s budoucí funkcí těchto porostů a samozřejmě s vhodností použití jednotlivých rostlinných klonů (matečnice VÚKOZ Průhonice, VÚLHM – výzkumná stanice Uherské Hradiště). Dále je nutno dbát metodiky vypracované MŽP a MZe.

RYCHLEROSTOUCÍ ENERGETICKÉ PLODINY

Za tyto plodiny se obvykle označují byliny pěstované na orné půdě se záměrem získat energeticky využitelnou biomasu. Patří spolu s předchozími rychlerostoucími dřevinami mezi velmi perspektivní záležitosti, jejich většímu rozšíření dosud brání především určitý konzervativismus zemědělců a odbytová nejistota. Tato paliva jsou dokonce konkurence schopná vůči hnědému uhlí, neboť roční produkce sušiny (při odpovídající volbě druhu a technologie) se pohybuje blízko 20 t/ha. Využitelné jsou obilniny, řepka, slunečnice, len olejný, lnička setá, ředkev olejná (rostliny jednoleté) nebo topolovka, křídlatka, bělotrn, sléz a podobně (rostliny vytrvalé).

Dubická zemědělská a.s. začala pěstovat šťovík Uteuša pro vlastní spotřebu. Osev byl proveden na ploše 14 ha, výnosnost po druhém roce však byla pouze cca 4 t/ha suché hmoty. Tato hmota je spalována ve vlastní kotelně při míchání s pevným palivem ve váhovém poměru 1:10 (objemově cca 1:3). Společnost měla zájem dodávat hmotu jiným firmám pro výrobu pelet. Tento záměr nebyl však realizován pro zavedení 19 % DPH na vyrobené pelety. Tím se toto palivo stalo neprodejným pro obyvatelstvo.

Dostupnost biomasy je dána také vzdáleností místa její potenciální produkce a místy jejího využití, kterými jsou prakticky všechny obce mikroregionu. Místa využití mají téměř centrální polohu, proto nebyly samostatně vyhodnocovány vzdálenosti mezi místem produkce a místem využití, protože jejich střední délky nevykazují významné rozdíly (resp. jejich význam je vůči množství biomasy prakticky zanedbatelný). Svozové vzdálenosti nepředstavují zásadní faktor ovlivňující využitelnost biomasy.

VÝPOČET A PŘEHLED POTENCIÁLU BIOMASY PODLE JEDNOTLIVÝCH KATASTRŮ

Uvádíme zde potenciál podle druhu biomasy (dřevo, sláma a pěstované rychle rostoucí energetické rostliny).

Dřevní hmota

Množství energeticky využitelné dřevní biomasy je obvykle odvozováno z celkové těžby, nebo z výměry lesní půdy. V následující tabulce jsou uvedeny plochy a vlastníci lesní půdy podle plochy jednotlivých obcí.

Katastrální území	plocha lesa-soukromí vlastníci(ha)		plocha lesa-stát (porostní půda)		plocha pod elektrovedy	Celkem
	vlastníci do 50 ha	vlastníci nad 50 ha	LS Ruda	LS Šternberk		
Bohuslavice	10		0			10
Brníčko u Zábřeha	77		272			349
Strupšín	18		5			23
Drozdov	67		822			889
Dubicko	63		5			68
Horní Studénky	150		2			152
Hoštejn	17		34			51
Hrabová u Dubicka	31		370			401
Hynčina	23	60	1701		63	1847
Křižanov u Zábřeha	2		12			14
Jedlí	108		113			221
Jestřebí u Zábřeha	37	19	29			85
Jestřebíčko	53	35	1		6	95
Pobučí	10	76	39		4	129
Kamenná	10		8	327		344
Kolšov	16		176			192
Kosov	77	20	106			203
Lesnice	17		312			329
Leština u Zábřeha	6		0			6
Lukavice na Moravě	0		0			0
Vlachov	3	26	27			56
Slavoňov u Lukavice	31	27	228			286
Nemile	40	3	19			61
Lupěné	57	3	145		11	216
Filipov u Zábřeha	1		6			7
Postřelmov	8		0			8
Postřelmůvek	110		3			113
Rájec u Zábřeha	50		55			105
Rohle	14		338	7		359
Janoslavice	25		411			436
Nedvězí u Zábřeha	7		43	2		51
Rovensko	129		1			130
Svébohov	99	103	2			204
Březenský Dvůr	0	5	5			10
Březná	1	5	100			106
Crhov	171	2	12			185
Heroltice u Štítů	6	113	39			157

Štíty Hamerské	0		0			0
Štíty-město	148	226	187			561
Vyšehorí	61		66			127
Dolní Bušínov	7	58	59			124
Hněvkov	49	59	59			167
Pivonín	43	3	177			222
Václavov u Zábřeha	55	5	213			273
Zábřeh na Moravě	142	29	57			229
Zborov na Moravě	59		16			75
Zvole u Zábřeha	41		89			130
Celkem	2149	877,54	6360,7	334,97	83,67	9805,8

Tab. 6 – plocha a vlastnictví lesní půdy. Zdroj: Odbor LaVH

Hrubý odhad množství těžebního odpadu po těžbě může být odvozen z výše realizované těžby tak, že stejné množství jako vytěženého dříví zůstává v lese ve formě kořenů, pařezů, větví, kůry, šišek, nehroubí, odřezků atd. To však jsou jen potenciální zdroje energetického dříví, protože ekologická, ekonomická a technologická omezení nedovolují využít více jak 1/3 tohoto množství. Metoda vyvinutá Polákem (1993) kalkuluje objem energeticky využitelné lesní biomasy na cca 1,04 m³/ha ročně. Hrubý odhad podle Jonese & Görtlera (rakouská metodika) uvažuje využitelnou lesní biomasu v množství 0,57 - 0,60 m³/ha/rok.

V následující tabulce je proveden bilanční propočet možnosti vytěžitelnosti odpadní dřevní hmoty z lesních porostů v Mikroregionu Zábřežsko, a to pouze z lesů, které jsou ve vlastnictví státu. V tabulce jsou porovnány obě výpočtové metody.

Katastrální území	Plocha lesů - stát	Potenciál dle Poláka	Potenciál dle Jonase & Görtlera min	Potenciál dle Jonase & Görtlera max	Střed potenciálu dle Jonase & Görtlera	Průměrný potenciál
	ha	m ³	m ³	m ³	m ³	(m ³ ročně)
Bohuslavice	0	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4
Brničko u Zábřeha	272	282,6	154,9	163,0	159,0	222,8
Strupšín	5	4,7	2,6	2,7	2,7	3,7
Drozdov	822	854,4	468,3	492,9	480,6	673,6
Dubicko	5	4,8	2,6	2,8	2,7	3,8
Horní Studénky	2	2,2	1,2	1,3	1,2	1,7
Hoštejn	34	35,1	19,2	20,2	19,7	27,7
Hrabová u Dubicka	370	384,4	210,7	221,7	216,2	303,1
Hynčina	1 701	1 768,9	969,5	1 020,5	995,0	1 394,7
Křížanov u Zábřeha	12	12,5	6,8	7,2	7,0	9,8
Jedlí	113	117,6	64,4	67,8	66,1	92,7
Jestřebí u Zábřeha	29	30,0	16,4	17,3	16,9	23,6
Jestřebíčko	1	1,0	0,6	0,6	0,6	0,8
Pobučí	39	40,1	22,0	23,1	22,6	31,6
Kamenná	334	347,7	190,6	200,6	195,6	274,2
Kolšov	176	183,2	100,4	105,7	103,0	144,4
Kosov	106	110,0	60,3	63,5	61,9	86,8
Lesnice	312	324,6	177,9	187,3	182,6	256,0
Leština u Zábřeha	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lukavice na Moravě	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlachov	27	28,6	15,7	16,5	16,1	22,5
Slavoňov u Lukavice	228	237,3	130,0	136,9	133,5	187,1

Nemile	19	19,4	10,7	11,2	10,9	15,3
Lupěné	145	150,5	82,5	86,8	84,7	118,7
Filipov u Zábřeha	6	6,4	3,5	3,7	3,6	5,1
Postřelmov	0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Postřelmůvek	3	3,0	1,7	1,7	1,7	2,4
Rájec u Zábřeha	55	57,6	31,6	33,3	32,4	45,4
Rohle	345	358,8	196,7	207,0	201,8	282,9
Janoslavice	411	427,3	234,2	246,5	240,4	336,9
Nedvězí u Zábřeha	44	46,0	25,2	26,5	25,9	36,3
Rovensko	1	1,5	0,8	0,9	0,8	1,2
Svébohov	2	1,7	0,9	1,0	1,0	1,4
Březenský Dvůr	5	5,1	2,8	2,9	2,8	4,0
Březná	100	103,9	56,9	59,9	58,4	81,9
Crhov	12	12,4	6,8	7,1	7,0	9,7
Heroltice u Štítů	39	40,2	22,1	23,2	22,6	31,7
Štíty Hamerské	0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Štíty-město	187	194,1	106,4	112,0	109,2	153,0
Vyšehorí	66	68,5	37,5	39,5	38,5	54,0
Dolní Bušínov	59	61,0	33,4	35,2	34,3	48,1
Hněvkov	59	61,3	33,6	35,4	34,5	48,3
Pivonín	177	183,8	100,7	106,0	103,4	144,9
Václavov u Zábřeha	213	221,7	121,5	127,9	124,7	174,8
Zábřeh na Moravě	57	59,6	32,7	34,4	33,5	47,0
Zborov na Moravě	16	16,3	8,9	9,4	9,2	12,9
Zvole u Zábřeha	89	92,9	50,9	53,6	52,2	73,2
Celkem	6 696	6 963,5	3 816,5	4 017,4	3 916,9	5 490,4

Tab. 7 – Využitelnost využití lesní biomasy

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty těžby a probírky na pozemcích MiZ podle podkladů Ústavu pro hospodářské úpravu lesů. Jedná se o těžbu a úpravu státních lesů, které zaujímají v MiZ cca 70 % plochy všech lesů.

Katastrální území	Porostní plocha	Plocha prořezávek	Probírky	Těžba jehličnatého dřeva	Těžba listnatého dřeva	Těžba celkem
	ha	ha	m ³	m ³	m ³	m ³
BOHUSLAVICE NAD MORAVOU	8,85	0,21	107	0	57	57
BRNÍČKO U ZÁBŘEHA	342,51	67,13	445	4 068	371	9 438
DROZDOV	886,63	96,63	471	8 210	1 930	15 627
DUBICKO	69,84	3,70	919	351	234	1 652
HORNÍ STUDÉNKY	160,56	17,76	1 554	6 007	2 303	14 107
HOŠTEJN	50,14	1,78	138	585	20	866
HRABOVÁ U DUBICKA	395,33	53,76	235	2 787	562	7 367
HYNČINA	1 654,68	223,76	256	11 862	6 925	28 029
CHROMEČ	21,97	0,00	182	0	0	286
JEDLÍ	206,93	42,61	762	6 484	374	11 091
JESTŘEBÍ U ZÁBŘEHA	84,13	12,17	474	1 281	0	2 176
KAMENNÁ	332,80	76,58	66	638	62	1 401
KOLŠOV	191,45	22,78	64	2 441	48	5 752
KOSOV	201,66	54,15	425	4 001	308	8 626

LESNICE	327,72	44,24	210	2 144	507	5 777
LEŠTINA U ZÁBŘEHA	5,84	0,07	7	0	0	0
LUKAVICE NA MORAVĚ	0,49	0,00	2	0	0	0
NEMILE	58,07	11,28	75	2 224	16	4 435
POSTŘELMOV	0,43	0,00	0	0	0	0
POSTŘELMŮVEK	108,21	6,40	824	4 437	58	7 907
RÁJEC U ZÁBŘEHA	129,08	33,49	460	5 837	25	9 543
ROVENSKO	127,55	14,44	764	6 215	191	10 574
SVĚBOHOV	198,70	21,24	3 884	4 457	375	9 821
ŠTÍTY - MĚSTO	559,94	52,61	6 731	17 576	1 096	24 792
ŠTÍTY HAMERSKÉ	0,44	0,00	6	0	0	0
VYŠEHOŘÍ	124,32	11,32	325	3 678	515	7 314
ZÁBŘEH NA MORAVĚ	229,47	18,61	710	1 651	384	12 851
ZBOROV NA MORAVĚ	76,71	9,99	632	1 651	0	3 450
ZVOLE U ZÁBŘEHA	127,87	33,67	206	490	51	541
CELKEM	6 682,32	930,38	20 934	99 075	16 412	203 480

Tab. 8 – Těžba dřevní hmoty ve státních lesích na území MŽ

V následující tabulce je propočten energetický potenciál vytěžené biomasy.

Probírky	Energetický obsah probírky	Těžba Jehličnatého dřeva	Těžba listnatého dřeva	Těžba celkem	Energetický obsah
t	GJ	t	t	t	GJ
37,45	472	0,0	35,3	35,3	445
155,75	1 962	1 708,6	230,0	4 121,7	51 934
164,85	2 077	3 448,2	1 196,6	7 158,2	90 193
321,65	4 053	147,4	145,1	826,0	10 408
543,9	6 853	2 522,9	1 427,9	6 706,9	84 506
48,3	609	245,7	12,4	369,4	4 655
82,25	1 036	1 170,5	348,4	3 341,4	42 102
89,6	1 129	4 982,0	4 293,5	13 838,5	174 365
63,7	803	0,0	0,0	0,0	0
266,7	3 360	2 723,3	231,9	4 779,2	60 218
165,9	2 090	538,0	0,0	913,9	11 515
23,1	291	268,0	38,4	613,2	7 727
22,4	282	1 025,2	29,8	2 438,0	30 719
148,75	1 874	1 680,4	191,0	3 746,2	47 203
73,5	926	900,5	314,3	2 647,3	33 356
2,45	31	0,0	0,0	0,0	0
0,7	9	0,0	0,0	0,0	0
26,25	331	934,1	9,9	1 869,0	23 550
0	0	0,0	0,0	0,0	0
288,4	3 634	1 863,5	36,0	3 341,3	42 101
161	2 029	2 451,5	15,5	4 016,2	50 604
267,4	3 369	2 610,3	118,4	4 504,1	56 752
1359,4	17 128	1 871,9	232,5	4 277,3	53 893
2355,85	29 684	7 381,9	679,5	10 703,7	134 866
2,1	26	0,0	0,0	0,0	0
113,75	1 433	1 544,8	319,3	3 251,5	40 969
248,5	3 131	693,4	238,1	5 882,4	74 118
221,2	2 787	693,4	0,0	1 449,0	18 257

72,1	908	205,8	31,6	237,4	2 991
7 327	92 319	41 612	10 175	91 067	1 147 450

Tab. 9 – Energetický obsah vytěžené biomasy na území MíZ

Biomasa z živočišné výroby

Jedná se o využívání exkrementů hospodářských zvířat. Pro možnost využívání bioplynu, který vzniká anaerobní fermentací exkrementů, je nutno mít k dispozici určitý potenciál, který umožní provoz alespoň jedné jednotky s minimálním výkonem 22 kWe. Vzhledem k tomu, že zařízení na výrobu bioplynu je investičně náročné, je vhodné, aby bylo možno využít jednotky s co největším výkonem. Z tohoto důvodu je nutná koncentrace určitého druhu zvířectva, což je možné pouze u velkokapacitní živočišné výroby.

Vyrobený bioplyn má obvykle 55 až 70 obj. % metanu CH₄. V závislosti na obsahu metanu má bioplyn výhřevnost v rozmezí 19,6 - 25,1 MJ.m⁻³. Výhřevnost bioplynu závisí na druhu hospodářských zvířat, které chováme. Nejnižší výhřevnost má bioplyn získaný z hovězí kejdy tj. 19,6 – 22 MJ.m⁻³, bioplyn získaný z vepřinů 22,0 - 23,0 MJ.m⁻³. Kromě oxidu uhličitého obsahuje bioplyn ještě menší množství dusíku a stopy až 1 % kyslíku. U vysoce zatížených anaerobních reaktorů jsou v bioplynu až 3 obj. % vodíku (většinou kolem 1 %). V závislosti na složení krmiv hospodářských zvířat obsahuje bioplyn sirovodík H₂S v množství 0,1 - 1 %. Sirovodík při spalování vytváří SO₂, který znečišťuje ovzduší a ve spojení s H₂O působí korozi. Pro srovnání hnědé uhlí, TTO mají od 2 do 4 % síry. Bioplyn lze získat z veškerých organických zbytků a v různém množství:

Druh suroviny pro výrobu bioplynu	m ³ bioplynu /t
hovězí kejda	25
prasečí kejda	36
obsahy žaludků	65
zeleninové odpady	90
travní siláž	150
kuchyňské odpady	245
pšeničné odpady	360
starý tuk a oleje biologického původu	800

Tab. 10 - Produkce bioplynu z 1 t různých substrátů v čerstvém stavu. Zdroj: EKIS

Ostatní biomasa

Další možné zdroje biomasy nepředstavují s ohledem na zdroje výše uvedené významné množství. Jejich získávání je obtížnější a podléhá mnoha variabilním faktorům.

Patří mezi ně hmota vznikající jako odpad ze zahrad a sadů, ořezané větve z průklestu silničních stromořadí, vyřezávky dřevin z melioračních kanálů a podél vodních toků, materiál pocházející z údržby veřejné zeleně a parků a také využití rákosin.

Ostatní zdroje mohou poskytovat biomasu vhodnou k pálení, ale její výše je z pohledu ostatních zdrojů nízká a jako taková zatížená velkou chybou. Rovněž náklady na sběr a přepravu této biomasy (s ohledem na značný rozptyl) jsou vysoké v poměru k přepravovanému množství, a tím svou rentabilitou hluboko zaostávají za biomasou lesních porostů a především ze zemědělských ploch, kde je naopak možné dosáhnout za určitých podmínek (daných spíše smluvně, nežli rozložením zemědělské půdy a přírodních faktorů jednotlivých oblastí) vysoké koncentrovanosti potenciálních zdrojů.

Určitou výjimku by představovaly záměrně pěstované energetické byliny na zemědělské půdě – za příklad může sloužit Dubická zemědělská a.s., která pěstuje energetické plodiny na cca 14 ha. Vypěstovaná produkce měla být předána další společnosti, která měla vyrábět pelety. Celý záměr však ztroskotál na zavedení 19 % DPH u těchto paliv. Vzhledem k tomu, že výroba pelet je dále energeticky náročná, vyrobené palivo se vzhledem k výrobním nákladům a tím i vysoké ceně stalo neprodejné.

Pokud by zemědělci výhodněji zpeněžili jiné, nežli dnes pěstované produkty, bezpochyby by měli o jejich pěstování zájem. Související problémy – jako je například pořízení odpovídající techniky (která může být i značně odlišná od současných standardů) – jsou záležitostmi smluvně - obchodní. Je však nepochybné, že potenciál oblasti je z tohoto pohledu značný.

Tato paliva jsou konkurenceschopná vůči hnědému uhlí, neboť roční produkce sušiny (při odpovídající volbě druhu rostliny a technologie) se pohybuje blízko 20 t/ha. Využitelné jsou obilniny, řepka, slunečnice, len olejný, lnička setá, ředkev olejná (rostliny jednoleté) nebo topolovka, křídlatka, bělotrn, sléz a podobně (rostliny vytrvalé). Protože klimatické ani půdní podmínky nejsou ideálně rozložené, nelze očekávat roční výnos přes 12 t/ha (pokud by nebyly pro pěstování obiloviny pro spalování, které představují vysoce efektivní zdroj biomasy). Celkem je tedy možné kalkulovat s tím, že záměrně pěstované energeticky využitelné rostliny se při pěstování na odpovídající ploše svojí produkcí vyrovnají všem ostatním zdrojům biomasy.

5 Využití energie tepelných čerpadel

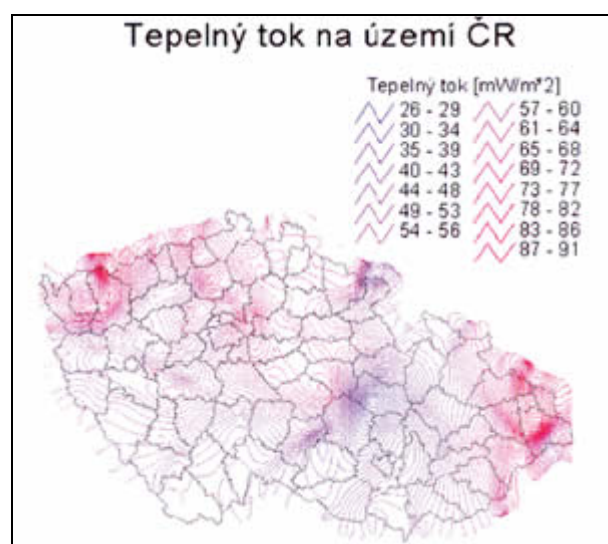
5.1 Geotermální energie

Geotermální energie je tepelná energie Země. Je spojena se vznikem planety a procesy (vulkanickými, metamorfologickými aj.), které dosud v různých vrstvách zemského pláště probíhají.

Energetický potenciál zemského tělesa je obrovský, v současné době však dokážeme zatím využívat pouze energii ze zemského pláště (vrty do hloubky cca 3.000 metrů). I takto využívaná energie by zabezpečila současné energetické potřeby lidstva na mnoho tisíce let.

Tepelnou energii Země je možné nejsnáze získávat prostřednictvím fluid cirkulujících v zemské kůře (plyny, vodní pára, podzemní vody). Podobně je však možné využívat i tepla hornin zemské kůry.

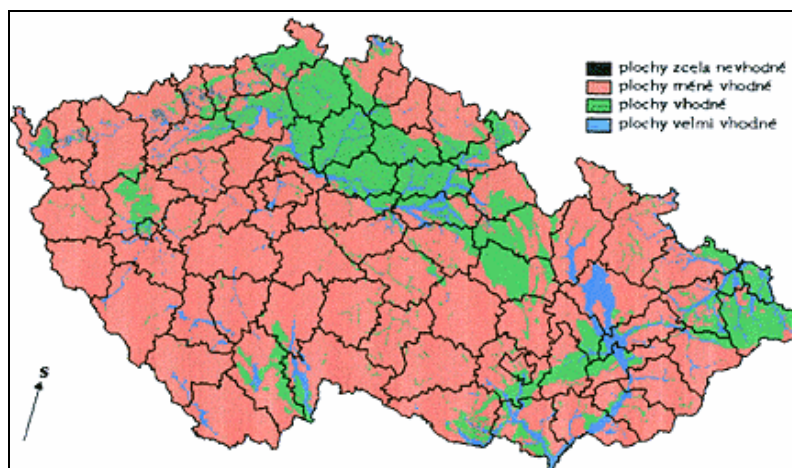
Ačkoliv teploty těchto zdrojů geotermálního tepla mohou dosáhnout i více než 150 °C, na našem území jsou k dispozici pouze nízkoteplotní geotermální zdroje v podobě teplých (termálních) pramenů, podzemních vod a "suchého" zemského tepla o teplotách do 40 °C.



Obr. 8 - Izolinie tepelného toku na území ČR (zdroj: Geomédia, s.r.o.).

Jelikož však termální prameny vyskytující se na našem území mají léčivé účinky, jejich využití pro energetické účely není vhodné (i z toho důvodu, že mají obvykle vysoký obsah minerálních látek).

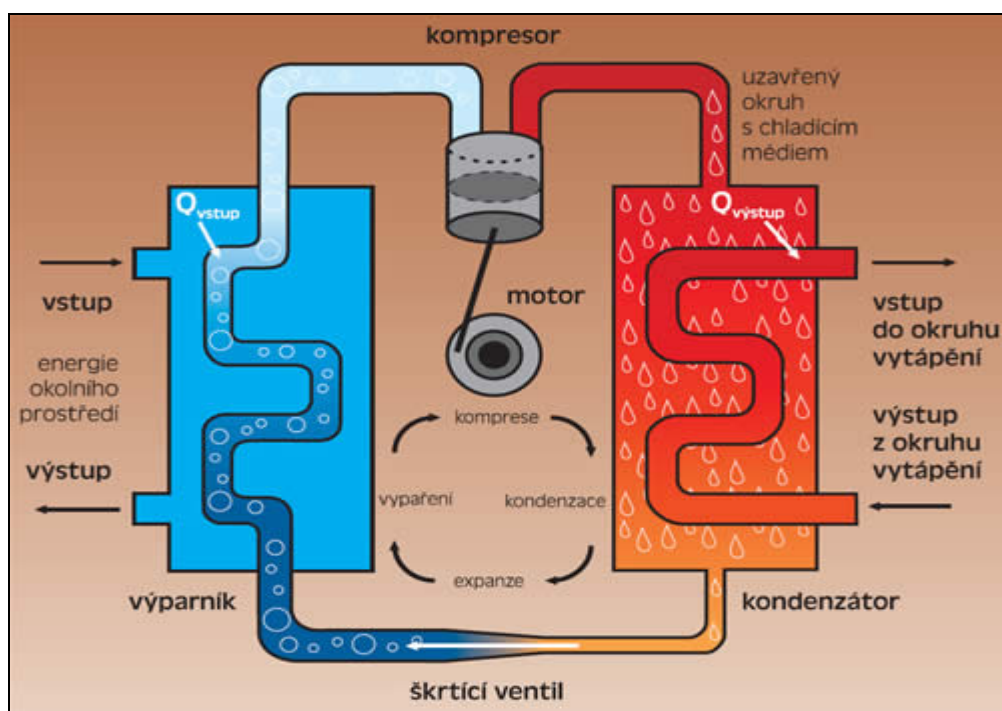
Z toho důvodu jsou u nás energeticky využitelné pouze podzemní vody a zemské teplo v těch oblastech, kde tepelný tok dosahuje dostatečné velikosti, viz. následující obrázek. (Místa, která jsou pro využití geotermální energie vhodná - oblasti označené zelenou a modrou barvou, dosahuje tepelný tok ze zemského nitra 60 a více mW/m² plochy.)



Obr. 9 - Vhodnost využití geotermální energie na našem území. Zdroj: GEOMEDIA, s.r.o.

5.2 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla jsou zařízení, která mohou využívat geotermální energie pomocí média, které díky svým fyzikálním vlastnostem odebírají nízkopotencionální teplo země (cca 12 °C) a pomocí vnější energie (kompresor) jej předávají do soustavy s vyšším teplotním potenciálem cca do 55 °C. Princip tepelného čerpadla je na následujícím obrázku.



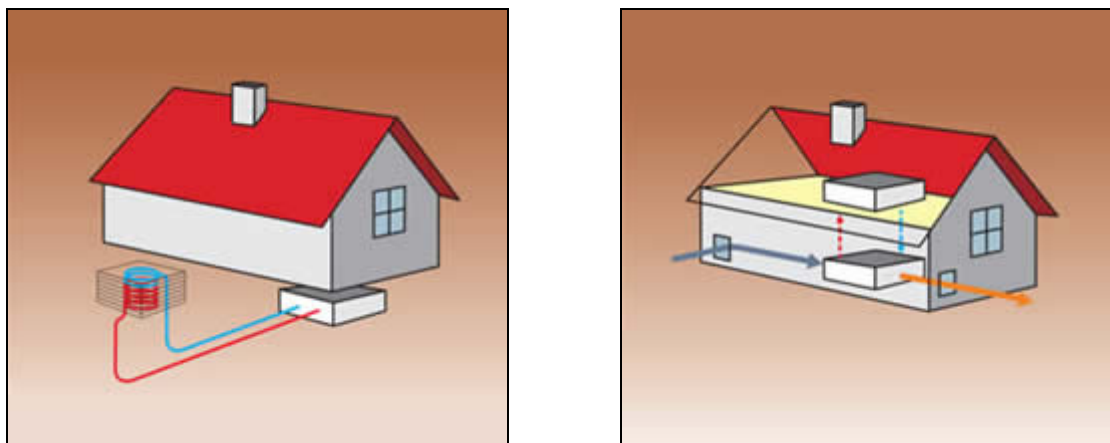
Obr. 10 - Princip tepelného čerpadla. Zdroj i-EKIS

Zdrojem pro tepelná čerpadla není pouze energie země, ale také vnitřní energie vody, a to jak povrchové, tak i podzemní vody, a dále také vnitřní energie vzduchu.

Okolní vzduch - je k dispozici všude, vzduchová TČ jsou investičně méně náročná. Vzduch se ochlazuje ve výměníku tepla umístěném vně budovy. Protože ve vzduchu je tepla poměrně málo, musí výměníkem procházet velké objemy vzduchu. Je tedy nutný výkonný

ventilátor. Ten je zdrojem určitého hluku, proto je potřeba volit umístění výměníku pečlivě, aby hluk neobtěžoval obyvatele domu ani sousedy. Venkovní část by neměla být ani v místech, kde se mohou tvořit "kapsy" studeného vzduchu. Vzduchová TČ jsou schopná pracovat i když je venku cca $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, poté je nutné zapnout další, tzv. bivalentní zdroj. Při nízkých teplotách se na venkovním výměníku tvoří námraza. Energie spotřebovaná na její odtávání může výrazně zhoršit celkový topný faktor a tím zvýšit provozní náklady. Účinnost těchto TČ lze zvýšit připojením akumulární nádrže.

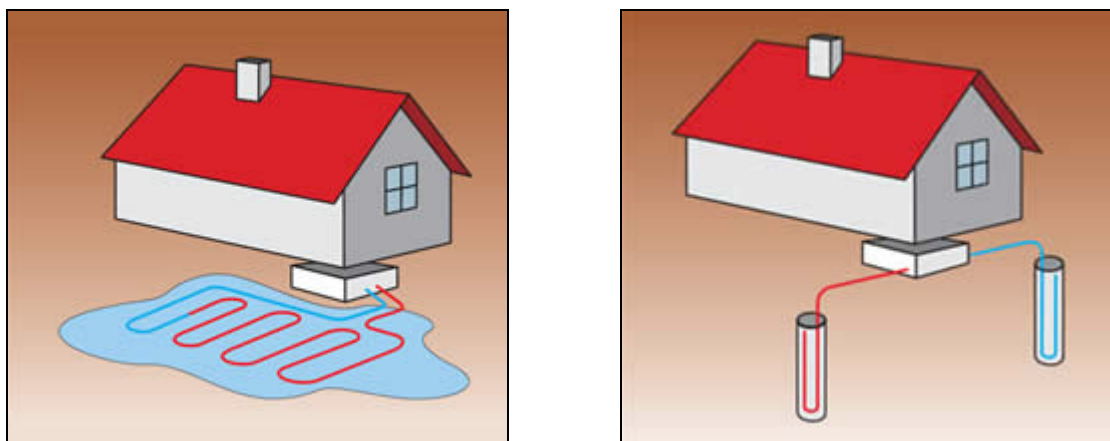
Odpadní vzduch - ochlazuje se vzduch odváděný větracím systémem objektu, který má vždy relativně vysokou teplotu ($18\text{ až }24\text{ }^{\circ}\text{C}$). Tepelné čerpadlo může pracovat efektivně i za podmínek, kdy běžně užívané systémy zpětného získávání tepla (rekuperace) nelze použít. Teplo může být použito pro topnou vodu ústředního topení, nebo výhodněji pro ohřev vzduchu, je-li vytápění objektu teplovzdušné. Nevýhodou je, že větracího vzduchu je k dispozici jen omezené množství, takže bývá potřeba výkonnější bivalentní zdroj. Na trhu jsou tepelná čerpadla s integrovanými ventilátory, která lze použít jako centrální větrací jednotku domu.



Obr. 11 - Tepelné čerpadlo vzduch/voda. Zdroj: i-EKIS

Povrchová voda - voda v toku nebo rybníku se může ochlazovat tepelným výměníkem umístěným buď přímo ve vodě, nebo zapuštěným do břehu vždy tak, aby nehrozilo zamrznutí. Podmínkou je vhodné umístění objektu, nejlépe přímo na břehu. Teoreticky je také možné vodu přivádět potrubím přímo k tepelnému čerpadlu a ochlazenou vypouštět zpět. Je zde ale mnoho technických i administrativních překážek. Tím je použití v praxi omezeno téměř na nulu.

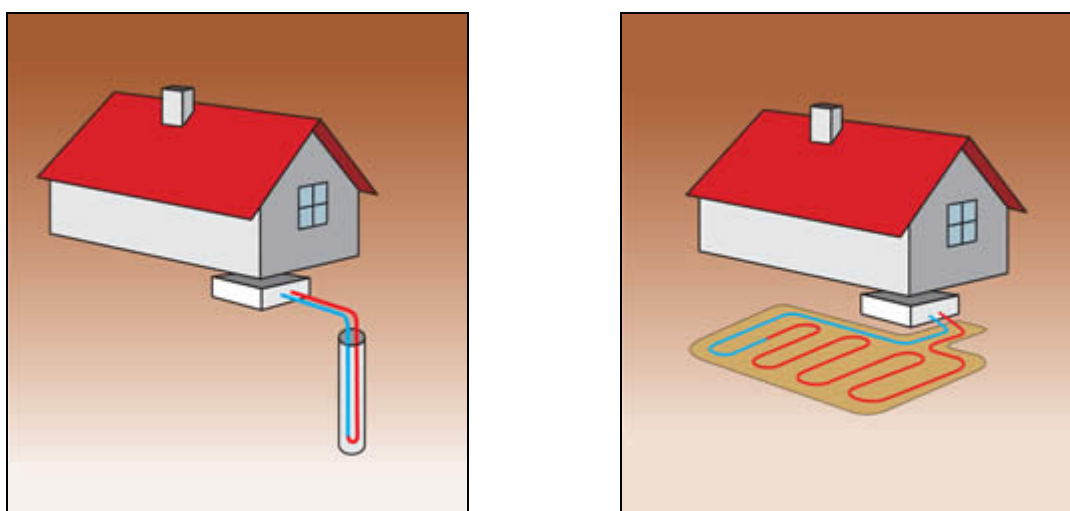
Podzemní voda - voda se odebírá ze sací studny a po ochlazení se vypouští do druhé, takzvané vsakovací studny. Podmínkou je geologicky vhodné podloží, které umožní čerpání i vsakování. Ochlazenou vodu lze za určitých podmínek vypouštět i do potoka nebo jiné vodoteče. Zdroj podzemní vody však musí být dostatečně vydatný (přibližně $15 - 25\text{ l/min}$ pro TČ s výkonem 10 kW). Vhodných lokalit je velmi málo, takže toto řešení se v praxi příliš nepoužívá.



Obr. 12 – TČ voda/voda, zdroj povrchová voda nebo studny (sací a vsakovací studny). Zdroj i-EKIS

Z půdy - půda se ochlazuje tepelným výměníkem z polyethylenového potrubí plněného nemrznoucí směsí a uloženého do výkopu (půdní kolektor). Půdní kolektor se umísťuje poblíž objektu v nezamrzlé hloubce. Trubky půdního kolektoru se mohou ukládat na souvisle odkrytou plochu, nejméně 0,6 m od sebe. Velikost takovéto plochy je asi trojnásobkem plochy vytápěné. Je také možné ukládat potrubí ve tvaru uzavřených smyček do výkopů kolektoru, rýhy o hloubce cca 2 m a šířce cca 0,9 m. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je pak potřeba 5 až 8 metrů délky výkopu. Je třeba počítat s tím, že půdní kolektor okolní zeminu ochladí, takže se zde např. bude v zimě déle držet sníh. Pokud má být teplo odebíráno celoročně (v létě pro ohřev bazénu), je potřeba půdní kolektor o větší ploše. Je-li TČ využíváno pro letní chlazení, lze půdní kolektor "dobíjet" odpadním teplem.

Z hlubinných vrtů - využívá se teplo hornin v podloží. Vrtů hluboké až 150 m se umísťují v blízkosti stavby, nejméně 10 m od sebe. Je možno umístit vrtů i pod stavbou, zvláště jde-li o novostavbu. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12 až 18 m hloubky vrtu, podle geologických podmínek. Vrtů nelze provádět kdekoli, je vhodné zajistit si hydrologický průzkum, aby nedošlo k narušení hydrologických poměrů. Výhodou je celoročně stálá teplota zdroje (cca 8 °C), takže TČ pracuje efektivně.



Obr. 13 – TČ země/voda, zdroj hlubinný vrt, nebo plošný kolektor. Zdroj i-EKIS

5.2.1 Topný faktor

Velmi důležitým parametrem TČ je topný faktor. Vyjadřuje poměr dodaného tepla k množství spotřebované energie.

$$\varepsilon = Q / E$$

Q = teplo dodané do vytápění [kWh]

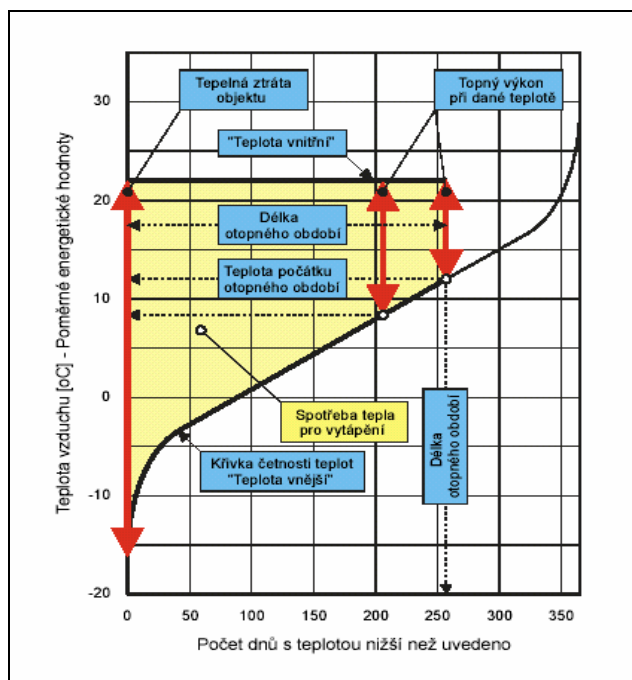
E = energie pro pohon TČ [kWh]

Topný faktor různých TČ je od 2 do 5. Závisí na vstupní a výstupní teplotě, typu kompresoru a dalších faktorech. Dodavatelé obvykle udávají topný faktor při různých teplotách vstupního a výstupního média.

Pozor: Při výpočtu topného faktoru se někdy nezapočítává spotřeba oběhových čerpadel (resp. ventilátorů), která jsou nutná pro provoz TČ. Skutečný topný faktor se pak může od údajů z prospektu výrazně lišit.

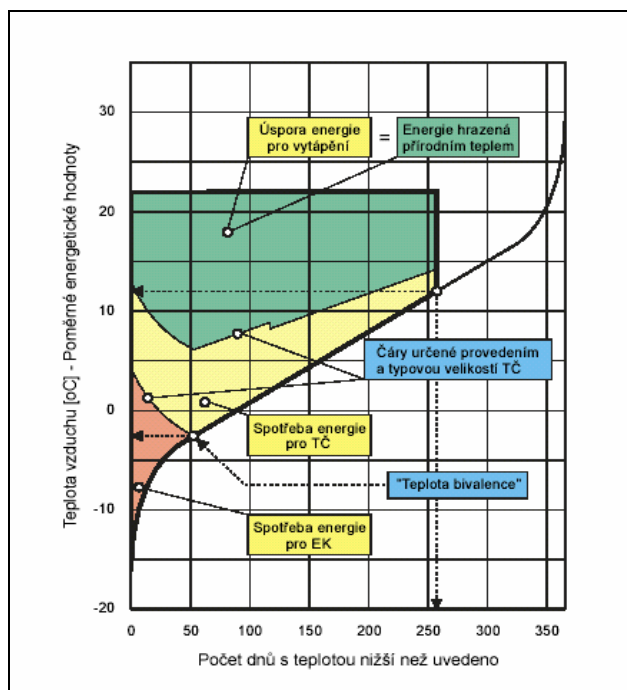
5.2.2 Návrh tepelného čerpadla

Výkon tepelného čerpadla se odvíjí od tepelných ztrát objektu. Jeho výkon se pak volí na cca 60 % tepelných ztrát objektu. Tato volba je dána skutečností, že většina dnů topného období je se pohybuje kolem 60 % výpočtové venkovní teploty v topném období. Dalším důvodem jsou vysoké investiční náklady na TČ, které se zvyšují s rostoucím výkonem TČ. Zbývající potřebný výkon je doplněn tzv. bivalentním zdrojem, což je elektrický přímotopný kotel, který doplňuje potřebné chybějící teplo v období nejnižších venkovních teplot.



Obr. 14 - Diagram četnosti teplot v průběhu roku a potřebný výkon zdroje ke krytí tepelných ztrát objektu. Zdroj: Z informačních materiálů firmy PZP Komplet

V následujícím obrázku je možno vidět množství tepla dodaného tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem u tepelného čerpadla typu vzduch/voda.



Obr. 15 - Spotřeba tepla pro vytápění – relace energetických toků pro TČ „vzduch-voda. Zdroj: Z informačních materiálů firmy PZP Komplet

5.2.3 Investiční náročnost na TČ

V následující tabulce jsou uvedeny orientační pořizovací náklady na TČ typu země/voda a vzduch/voda. Ceny jsou bez DPH a nezahrnují instalaci a montáž. U TČ země(voda)-voda cena navíc zahrnuje základní komponenty primárního okruhu jako je oběhové čerpadlo, expanzní nádoba, ekvitermní regulátor výkonu a potřebné armatury. Nejsou zde uvedeny náklady na hlubinný vrt v případě TČ země/voda.

Topný výkon [kW]	Tepelné čerpadlo [Kč]	
	země(voda)-voda	vzduch-voda
4	130 000,-	140 000,-
7	160 000,-	175 000,-
10	170 000,-	210 000,-
15	200 000,-	250 000,-
25	330 000,-	400 000,-

Tab. 11 - Indikativní ceny tepelných čerpadel do výkonu 25 kW

V následující tabulce jsou pak uvedeny kompletní investiční náklady na tepelné čerpadlo pro různé velikosti vytápěných ploch, a to včetně různých doplňkových zařízení (elektrokotel + boiler pro ohřev TUV + výměník pro bazén. V návrhu a montáži jsou započteny náklady na instalaci zařízení včetně příslušenství (topenářský materiál, elektroinstalace atd.) a uvedení do provozu. Sběrače tepla zahrnují stavební práce spojené s instalací buď plošných kolektorů nebo hlubinných vrtů. Jeden metr výkopové délky pokládky plošných smyčkových kolektorů stojí 40-60 Kč, v případě horizontálních kolektorů se cena 1 m vystrojeného vrtu pohybuje od 800 do 2000 Kč dle místních geologických podmínek. Všechny ceny jsou bez DPH.

Investiční náklady [tis. Kč]	Velikost vytápěné plochy a tepelná ztráta objektu			
	RD vyt. plocha 140 m ² , tep. ztráta 8 kW	RD vyt. plocha 200 m ² , tep. ztráta 14 kW	RD vyt. plocha 250 m ² , +bazén, tep. ztr. 20 kW	RD vyt. plocha 400 m ² + bazén, tep. ztr. 30 kW
Tepelné čerpadlo	130 – 150	150 – 180	180 – 200	200 – 300
Doplňkové vybavení*	15 – 60	15 – 60	15 – 80	15 – 80
Návrh a montáž**	35 – 70	40 – 80	75 – 140	85 – 160
Sběrače tepla***	10 – 50	15 – 90	20 – 120	25 – 200
Celkem	190 – 330	220 – 410	290 – 540	325 – 740

Tab. 12 - Příklady instalace TČ s doplňkovým zdrojem tepla a indikativní investiční náklady