



Evropská unie
Evropský sociální fond
Operační program Zaměstnanost



System managementu hospodaření s energií

Středočeský kraj

***Studie vhodnosti aplikace úsporných
opatření na majetku Středočeského kraje***

Středočeský kraj - efektivní region

ČSN EN ISO 5001:2019

Únor 2023



1. INFORMACE O PŘÍSPĚVKOVÝCH ORGANIZACÍCH, KTERÉ BYLY ZŘÍZENY STŘEDOČESKÝM KRAJEM NEBO BYLY NA KRAJ PŘEVEDENY ZVLÁŠTNÍM ZÁKONEM	4
1.1. Základní informace o území.....	6
1.2. Dotační tituly	10
1.3. Legislativa týkající se energetického managementu a úspor energie.....	15
1.4. Základní normy vztahující se k energetické náročnosti budov.....	16
1.4.1. Energetický management.....	16
1.4.2. Výpočty pro stavební část a výchozí hodnoty pro TZB.....	16
1.4.3. Výpočty pro vytápění a chlazení.....	17
1.4.4. Výpočty pro větrání a úpravu vlhkosti.....	18
1.4.5. Výpočty pro TV.....	19
1.4.6. Výpočty pro osvětlení	19
1.4.7. Alternativní zdroje, ekonomika	20
2. STÁVAJÍCÍ STRUKTURA ENERGETICKÝCH SPOTŘEB	20
2.1. Využívaná energetická média.....	21
2.1.1. Vytápění.....	21
2.1.2. Chlazení.....	22
2.1.3. Ohřev užitkové vody	22
2.1.4. Osvětlení.....	23
2.1.5. Větrání	23
2.2. Úsporná opatření.....	23
2.2.1. Beznákladová opatření - organizační.....	23
2.2.2. Nízkonákladová opatření.....	23
2.2.3. Vysokonákladová opatření	24
3. PERSPEKTIVNÍ ÚSPORNÁ OPATŘENÍ PRO ORGANIZACE V MAJETKU STŘEDOČESKÉHO KRAJE	26
3.1. Elektrická energie.....	26
3.2. Teplo.....	28
3.3. Stavební opatření.....	32
3.4. Energetický management.....	32
3.4.1. ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ JEDNOTKY, ZNAČKY A VZOREČKY	33
3.4.2. Základní principy zavedení energetického managementu.....	34
3.4.3. Definice	34



3.5. Využitelnost obnovitelných zdrojů energie.....	36
3.5.1. Definice	36
3.5.2. Biomasa.....	37
3.5.3. Fotovoltaika	37
3.5.4. Fototermika	37
3.5.5. Větrná energie	38
3.5.6. Vodní energie.....	39
3.5.7. Energie okolního prostředí - tepelná čerpadla.....	39
3.5.8. Geotermální energie.....	40
3.6. Perspektivní systémy pro zavádění úsporných opatření uvažovaných pro příspěvkové organizace Středočeského kraje.	41
3.6.1. Osvětlení	41
3.6.2. Tepelné izolace	46
3.6.3. Tepelná čerpadla	65
3.6.4. Fotovoltaické panely.....	78
3.6.5. Fototermické panely.....	80



1. Informace o příspěvkových organizacích, které byly zřízeny Středočeským krajem nebo byly na kraj převedeny zvláštním zákonem

Zákonem č. 157/2000 Sb. ze dne 18. května 2000 o přechodu některých věcí, práv a závazků z majetku České republiky do majetku krajů, který nabyl účinnosti dnem 1. ledna 2001, dle § 1 odst. 1 citovaného zákona, resp. dnem nabytí účinnosti rozhodnutí příslušného ústředního správního úřadu přešly do vlastnictví krajů věci, se kterými k tomuto dni byly oprávněny hospodařit státní příspěvkové organizace a organizační složky státu uvedené v příloze č. 1 citovaného zákona; na jednotlivé kraje zároveň přešly veškerá práva a závazky, s kterými byly k tomuto dni oprávněny hospodařit organizační složky státu včetně práv a povinností z pracovněprávních vztahů.

Výše citovaným zákonem přešly na Středočeský kraj z majetku státu:

- z Ministerstva dopravy a spojů 12 příspěvkových organizací (Správa a údržba silnic)
- z Ministerstva kultury 4 příspěvkové organizace (Státní vědecká knihovna v Kladně, Ústav archeologické památkové péče středních Čech, Středočeské muzeum v Rožtokách u Prahy, České muzeum výtvarných umění v Praze)
- z Ministerstva zemědělství 15 příspěvkových organizací (Střední odborná učiliště a integrované střední školy)
- z Ministerstva zdravotnictví 3 příspěvkové organizace - v tom 1 příspěvková organizace, nevykonávající zdravotnickou činnost, pouze majetkově (Závodní ústav národního zdraví uranového průmyslu Příbram, Odborný léčebný ústav onkologie a pneumologie Nová Ves pod Pleší, majetkově Nemocnice s poliklinikou Kostelec nad Černými lesy - OSS)
- z Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy - k 1. 10. 2001 se Středočeský kraj se stal zřizovatelem celkem 254 škol a školských zařízení a 6 zařízení (diagnostické ústavy a dětské výchovné ústavy).

Dnem 1. ledna 2003 na základě ustanovení § 1 a násl. zákona č. 290/2002 Sb., o přechodu některých dalších věcí, práv a závazků České republiky na kraje a obce, občanská sdružení působící v oblasti tělovýchovy a sportu a o souvisejících změnách a o změně zákona č. 157/2000 Sb., o přechodu některých věcí, práv a závazků z majetku České republiky, ve znění zákona č. 10/2001 Sb., a zákona č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu (dále jen „zákon“), ve znění pozdějších předpisů, přešly z vlastnictví České republiky do vlastnictví kraje věci, se kterými k



31. prosinci hospodařila státní příspěvková organizace, u níž funkci zřizovatele vykonával k rozhodnému dni Okresní úřad. Tímto dnem se uvedené státní příspěvkové organizace v souladu s ustanovením § 2 odstavce 2 zákona 290/2002 staly příspěvkovými organizacemi kraje.

Přechod majetku, práv a závazků dle zákona č. 290/2002 Sb., o přechodu některých dalších věcí, práv a závazků České republiky na kraje a obce ..., byl proveden na základě vzorového jednotného protokolu o předání a převzetí majetku České republiky do vlastnictví Středočeského kraje včetně příloh pro zápis nemovitého majetku do katastru nemovitostí a dalších příloh, které byly předány do 28. 2. resp. 31. 3. 2003.

Příspěvkovým organizacím byly v souladu s ustanovením § 27 zákona č. 250/2000 Sb., o rozpočtových pravidlech územních rozpočtů, vydány Zřizovací listiny příspěvkových organizací, schválené na jednání Zastupitelstva Středočeského kraje dne 5. března 2003. V souladu s výše citovaným zákonem byla příspěvkové organizaci vymezena majetková práva k majetku ve vlastnictví zřizovatele, předanému příspěvkové organizaci do správy k jejímu vlastnímu hospodářskému využití. Přílohou zřizovací listiny je vymezení rozsahu majetku, svěřeného do správy.

Vztahy Středočeského kraje k jeho příspěvkovým organizacím upravuje směrnice č.48 schválená Radou kraje. Tato směrnice stanoví nejen povinnosti statutárního zástupce příspěvkové organizace, ale i všechny záležitosti týkající se chodu příspěvkové organizace jako například hospodaření, majetkové vztahy, reprodukci majetku, veřejné zakázky a projekty EU.

Rozhodnutím Zastupitelstva kraje byly provedeny v roce 2005 organizační změny příspěvkových organizací, především v oblasti školství (rušení a sloučení organizací v rámci optimalizace), dále v odvětví zdravotnictví (transformace všech nemocnic do akciových společností) a v oblasti sociální péče převod pečovatelské služby na obce.

Majetek příspěvkových organizací spočívá převážně v budovách. Budovy jsou užívány především pro potřeby školství (převážně středoškolské vzdělání a učební obory, dále základní, mateřské nebo umělecké školy, volnočasová střediska), sociální služby (domovy pro seniory, dětské domovy a domovy a pro mentálně postižené), dále pak pro zdravotnictví (rozhodující majetková účast v několika nemocnicích, zdravotnická záchranná služba, poradny), kulturu (ústav archeologické péče, regionální muzea, památníky, knihovny nebo galerie), případně správní úřady (správa silnic).

K 2.1.2022 je evidováno 268 příspěvkových organizací a kromě toho 5 nemocnic vedených jako akciové společnosti se 100% účastí Středočeského kraje. Struktura příspěvkových organizací je následující:

Příspěvkové organizace

Sociální služby	42
Domovy pro seniory	15



Dětská centra	4
Dětské domovy	12
Domy dětí a mládeže	10
Mateřské školy	5
Základní školy	26
Základní umělecké školy	18
Gymnázia	29
Střední školy a učiliště	77
Muzea	15
Různé	15
CELKEM	268

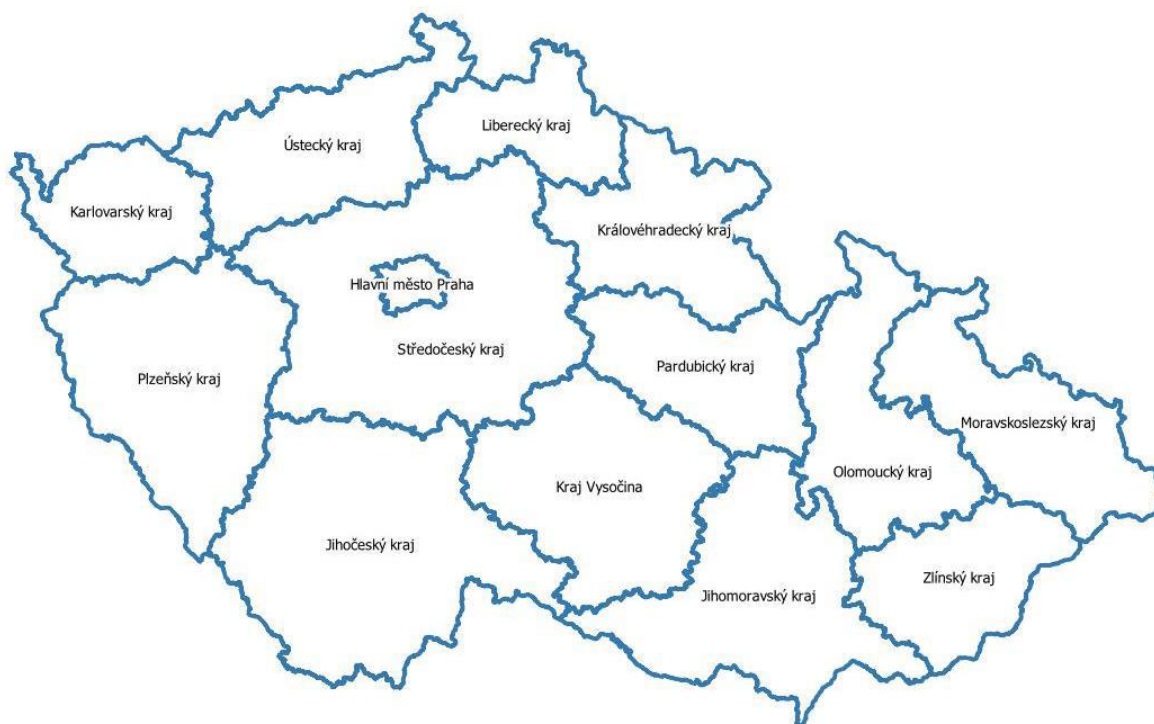
Nemocnice

1. Oblastní nemocnice Kolín, a.s., nemocnice Středočeského kraje
2. Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov, a.s., nemocnice Středočeského kraje
3. Oblastní nemocnice Příbram, a.s.
4. Oblastní nemocnice Mladá Boleslav, a.s., nemocnice Středočeského kraje
5. Oblastní nemocnice Kladno, a.s., nemocnice Středočeského kraje

1.1. Základní informace o území

Příspěvkové organizace Středočeského kraje mají svá sídla vesměs na území Středočeského kraje s výjimkou samotného sídla SČ kraje, které se nachází na území Hlavního města Prahy.

Středočeský kraj plně obklopuje hlavní město Prahu a na svých vnějších hranicích sousedí téměř se všemi českými kraji – tedy s krajem Plzeňským, Ústeckým, Libereckým, Královéhradeckým, Pardubickým, krajem Vysočina a Jihočeským krajem. Jediným krajem, který se nachází v Čechách a nesousedí se Středočeským krajem, je kraj Karlovarský.



Celý kraj je dále rozdělen na celkem 12 okresů. Přehled těchto okresů je znázorněn na následující mapce. Okresem s největší rozlohou je okres Příbram (rozloha 1 692 km²), naopak nejmenším okresem je okres Praha – Západ (rozloha 580 km²).



Středočeský kraj územně náleží k Českému masivu, který je jednou z nejstarších částí evropské pevniny. Jeho reliéf je poměrně málo členitý. Sever a východ je rovinný, na jihu a jihozápadě převládají vrchoviny. Nejvyšším bodem území je vrchol brdských hřebenů Tok (865 m n. m.) v okrese Příbram, nejnižším bodem je řečiště Labe (153 m n. m.) v okrese Mělník.

Geografická charakteristika je důležitá z hlediska klimatických údajů, které slouží jako podklad pro hodnocení spotřeby tepla na vytápění.

Severní část Středočeského kraje (především Polabí včetně přilehlých nízkých pahorkatin a plošin), patří k nejteplejším oblastem Čech s ročním průměrem teplot mezi 8 - 9 °C. Tato



teplá oblast pokračuje až jihu a jihozápadu do Pražské kotliny, soutokové oblasti Vltavy a Berounky a pokračuje podél Berounky přes Český kras do okolí Berouna a dále proti proudu Litavky až k Žebráku a Hostomicím. Vyznačuje se vegetačním obdobím s průměrem teplot přes 14 °C.

Jižněji ležící pahorkatiny, výše položené plošiny i některé vrchoviny náležejí do takzvané mírně teplé oblasti, v nichž převažují roční průměry teplot mezi 7–8 °C a ve vegetačním období se pohybují obvykle mezi 13 - 14 °C. Tato podnební oblast se víceméně blíží průměru v celé oblasti českých zemí. K mírně teplé oblasti patří i výše položené okrsky při severní až severovýchodní hranici kraje v předpolí Českého ráje a na Mnichovohradištsku.

Chladná oblast vyznačená nižšími průměry teplot je zastoupena jen v podobě menších ostrůvků v nejvyšší části Brd řádově v polohách nad 700 m a rovněž při jižní hranici kraje v oblasti Čertova břemene a tzv. České Sibíře.

Označení	Charakter	Průměrné roční teploty [°C]	Roční úhrn srážek [mm]
VT	velmi teplý, suchý	9 – 10	500 – 600
T1	teplý, suchý	8 – 9	pod 500
T2	teplý, mírně suchý	8 – 9	500 – 600
T3	teplý, mírně vlhký	7 – 9	550 – 700
MT 1	mírně teplý, suchý	7 – 8,5	450 – 550
MT 2	mírně teplý, mírně vlhký	7 – 8	550 – 700
MT 3	mírně teplý, vlhký, nížinný	7,5 – 8,5	700 – 900
MT 4	mírně teplý, vlhký	6 – 7	650 – 750
MCH	mírně chladný, vlhký	5 – 6	700 – 800
CH	chladný, vlhký	pod 5	nad 800

Zdroj dat: migesp.cz

Konkrétní klimatické údaje v podobě průměrných měsíčních teplot lze získat ze stránek Českého hydrometeorologického úřadu, a to jako průměrné hodnoty za celý Středočeský kraj. Z těchto teplot je možné odvodit počty denostupňů pro jednotlivé měsíce ve vazbě na vnitřní průměrnou teplotu v objektu. Denostupně se vyčíslují pouze pro topné období, které se určuje hranicí 13°C. Skutečná spotřeba objektu se přepočítává na tzv. dlouhodobý klimatický normál, aby bylo možné porovnávat spotřebu na vytápění v různých letech. Klimatický normál se několikrát měnil, proto je potřeba dávat pozor na správné údaje.

Původně se klimatický normál odvozoval od průměrných teplot v letech 1961 - 1990, po roce 2010 to byl průměr za roky 1980 - 2010, tyto dva normály byly až do roku 2020 uváděny souběžně. Od roku 2021 včetně je uváděn nový normál, odvozený z let 1991 - 2020.

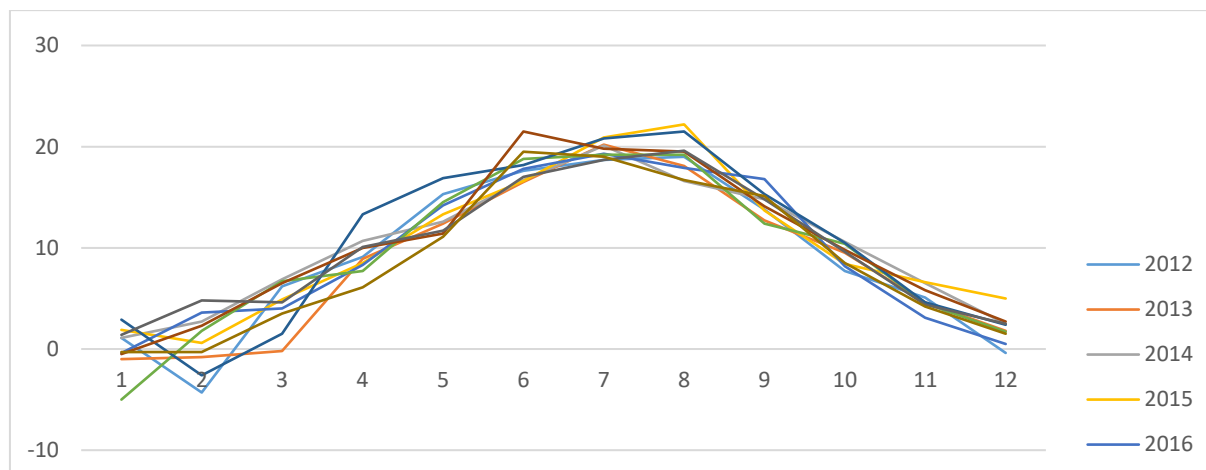
Následující tabulka uvádí denostupně za roky 2012 - 2021, spočítané na vnitřní teplotu objektu 20°C. Přechodové měsíce byly odvozeny pomocí nomogramu.



Denostupně za období 2012 - 2021										
rok	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
leden	585,9	651,0	585,9	561,1	632,4	775,0	530,1	635,5	576,6	629,3
únor	680,4	582,4	484,4	546,0	475,6	509,6	632,8	495,6	425,6	568,4
březen	427,8	629,3	406,1	471,2	499,1	412,3	573,5	418,5	477,4	511,5
duben	327,0	336,0	282,0	348,0	354,0	369,0	133,7	300,0	297,0	414,0
květen	29,8	173,7	140,6	113,7	79,0	71,2			192,1	209,2
červen										
červenec										
srpen										
září	98,0	145,4	21,5	88,1	14,4	143,8	7,0	60,0	36,9	45,4
říjen	384,4	328,6	291,4	359,6	365,8	297,6	294,5	316,2	322,4	356,5
listopad	447,0	462,0	408,0	402,0	510,0	465,0	462,0	426,0	468,0	474,0
prosinec	632,4	564,2	542,5	468,1	607,6	567,3	545,6	536,3	542,5	573,5

Průměrné roční teploty vzduchu za uvedené období je v následující tabulce a grafu.

Průměrné teploty 2012 - 2021												
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
2012	1,1	-4,3	6,2	9,1	15,3	17,6	18,7	19	13,8	7,7	5,1	-0,4
2013	-1	-0,8	-0,2	8,9	12,4	16,5	20,2	18,1	12,7	9,5	4,6	1,8
2014	1,1	2,7	6,9	10,7	12,6	16,7	20,1	16,6	14,8	10,6	6,5	2,5
2015	1,9	0,6	4,9	8,5	13,3	16,6	20,9	22,2	13,7	8,4	6,6	5
2016	-0,4	3,6	4	8,3	14,2	17,8	19,3	17,9	16,8	8,2	3,1	0,5
2017	-5	1,8	6,7	7,7	14,5	18,8	19,2	19,2	12,4	10,4	4,5	1,7
2018	2,9	-2,6	1,5	13,3	16,9	18,2	20,8	21,5	15,3	10,5	4,6	2,4
2019	-0,5	2,3	6,5	10	11,4	21,5	19,8	19,5	14,1	9,8	5,8	2,7
2020	1,4	4,8	4,6	10,1	11,7	17	18,7	19,6	14,8	9,6	4,4	2,5
2021	-0,3	-0,3	3,5	6,1	11,1	19,5	19	16,7	15,1	8,5	4,2	1,5



1.2. Dotační tituly

<https://dotace-fondy.eu/dotacni-programy-obce>

Integrovaný regionální operační program IROP - irelevantní

Operační program Životní prostředí OPŽP

Snížení energetické náročnosti veřejných budov a infrastruktury

Příjemci: veřejný sektor, včetně obchodních společností vlastněných 100 % veřejným subjektem.

Zaměření podpory: Snížení energetické náročnosti veřejných budov a infrastruktury, OZE, výstavba nových budov.

Typové aktivity:

- Stavební úpravy budov vedoucí ke zlepšení tepelně technických vlastností obvodových konstrukcí budovy.
- Výměna zdroje tepla pro vytápění, chlazení nebo přípravu teplé vody.
- Instalace solárně-termických systémů.
- Instalace fotovoltaických systémů, včetně akumulace.
- Systémy využívající odpadní teplo.
- Systémy nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla.

Ostatní opatření.

- Modernizace vnitřního osvětlení.
- Opatření k eliminaci negativních akustických jevů.
- Vnější stínící prvky.
- Zelené střechy.



- Technologie pro akumulaci, úpravu a rozvod šedých a srážkových vod.
- Instalace OZE (tepelné čerpadlo, solárně-termické systémy, fotovoltaické systémy).
- Snížení energetické náročnosti gastroprovozů a prádelen.
- Výstavba budov ve vysoké energetickém standardu, v pasivním standardu.

Míra podpory: 50 – 70 % dle technické kvality projektu

Předpokládaný termín příjmu žádostí: přelom I. a II. Q 2022 – oblast OZE a energetické úspory v infrastruktuře a novostavby, r. 2023 – rekonstrukce budov

Modernizační fond MdF

Poskytovatel: Státní fond životního prostředí

Oblast zaměření: investice do modernizace energetických systémů a zlepšení energetické účinnosti

Cíl programu: Modernizační fond je jedním z nástrojů zaměřujících se na oblast klimatu a energetiky, který přispívá k zajištění přechodu EU na udržitelnější hospodářství. Program ENERGGov je jedním z programů Modernizačního fondu, který je zaměřen na podporu komplexních opatření ke zlepšení energetické účinnosti a využití obnovitelných a nízkoemisních zdrojů ve veřejných budovách, budovách státu a veřejné infrastruktuře.

Kdo může žádat:

- organizace jako jsou např. školy, kulturní a sportovní zařízení
- vysoké školy
- veřejné výzkumné instituce
- obchodní společnosti vlastněné ze 100 % veřejným subjektem
- státní podniky
- organizační složky státu
- státní příspěvkové organizace
- spolky, církve, fundace, ústavy apod.

Na co lze získat podporu (příklady podporovaných aktivit):

- Snížení energetické náročnosti veřejných budov a veřejné infrastruktury.
- Snížení energetické náročnosti systémů technologické spotřeby energie.
- Výstavba nových veřejných budov, které budou splňovat parametry pro pasivní nebo plusové budovy.
- Výstavba a modernizace obnovitelných zdrojů energie pro veřejné budovy.
- Výstavba a modernizace obnovitelných zdrojů energie pro zajištění dodávek systémové energie ve veřejném sektoru.
- Zlepšení kvality vnitřního prostředí budovy.
- Zvýšení adaptability budov na změnu klimatu.



Termíny výzvy: 3.Q/4.Q 2022

Příjem žádostí: bude upřesněno dle výzvy

Národní plán obnovy NPO 1

Fyzická infrastruktura a zelená tranzice
Přechod na čistší zdroje energie

Cíl programu: Další rozvoj fotovoltaických zdrojů a související náhrada fosilních zdrojů energie s cílem snížení emisní náročnosti hospodářství ČR a snížení emisí znečišťujících látek a dále modernizace rozvodů tepelné energie, konkrétně zejména náhrady parních rozvodů tepla za teplovodní/horkovodní rozvody tepla vedoucí k úsporám primárních energetických zdrojů.

Aktivity:

- zvýšení instalovaného výkonu zdrojů fotovoltaické energie,
- dosažení úspor primární energie z modernizace distribuce tepla.

Kdo může žádat: předpokládaným žadatelem budou obce

Typové aktivity:

- Teplárenství – zdroj i distribuce tepla (přechod z uhlí na lokální bezemisní zdroje a nízkoemisní paliva - biomasa, odpady, druhotné zdroje a plyn, nahrazení kotlů na pevná paliva, zvýšení podílu TČ)
- Výstavba nových OZE včetně akumulace (FVE, VtE, bioplyn, biomasa, geotermální energie atd.)

Alokace: 6,66 mld. Kč

Míra podpory: průměrně 40 % dotace z celkových způsobilých výdajů

Předpokládaný termín vyhlášení výzvy:

3.Q – 4.Q 2022

Příjem žádostí:

termíny budou upřesněny

Národní plán obnovy NPO 2

Fyzická infrastruktura a zelená tranzice
Snižování spotřeby energie

Příjemci: obce, společnosti vlastněné ze 100 % obcí



Zaměření podpory: Realizace projektů na zvýšení energetické účinnosti systémů veřejného osvětlení.

Typové aktivity:

- Renovace a inovace soustavy veřejného osvětlení měst a obcí za účelem dosažení úspory elektrické energie.
- Rekonstrukce soustavy VO včetně doplnění SB pro zajištění požadavků norem na osvětlení.
- Podpora přípravy pro dobíjecí stanice ve formě přípravné kabeláže (EV ready).

Dotaci není možné čerpat na výstavbu nové soustavy veřejného osvětlení.

Alokace: 1 725 mil. Kč

Míra podpory: 30 Kč na 1 ušetřenou kWh elektrické energie ročně

Maximální výše dotace na jedno identifikační číslo a rok:

- 4 mil. Kč pro obce do 10 000 obyvatel včetně.
- 10 mil. Kč pro obce nad 10 000 obyvatel.

Předpokládaný termín příjmu žádostí: březen 2022 – 30.6.2023

Národní sportovní agentura NSA - Irelevantní

Operační program zaměstnanost OPZ - irelevantní

Operační program J. A. Komenského OPJAK - irelevantní

Ministerstvo pro místní rozvoj MMR - irelevantní

Ministerstvo průmyslu a obchodu MPO - irelevantní

Národní program životní prostředí NPŽP

Výzva č. 12/2021 Energetické úspory veřejných budov

Příjemci:

- Obce, dobrovolné svazky obcí
- Kraje



- Státní či národní podniky
- Správa železnic, státní organizace
- Státní příspěvkové organizace
- Veřejné výzkumné instituce a výzkumné organizace
- Veřejnoprávní instituce
- Městské části hl. města Prahy
- Příspěvkové organizace Územních samosprávných celků
- Vysoké školy, školy a školská zařízení a školské právnické osoby
- Nestátní neziskové organizace (obecně prospěšné společnosti, nadace, nadační fondy, ústavy, spolky)
- Círky a náboženské společnosti a jejich svazky
- Obchodní společnosti vlastněné ze 100 % veřejným subjektem

Zaměření podpory: Provedení energeticky úsporné renovace pomocí kombinace zateplení obálky budovy, včetně výměny oken, řízeného větrání se zpětným získáváním tepla, vnějších pohyblivých stínících prvků a účinných technologií snižujících spotřebu energie či zajišťujících efektivní výrobu elektřiny a tepla, primárně s využitím obnovitelných zdrojů energie.

Typové aktivity:

- Zateplení obvodového pláště budovy
- Výměna a renovace (repase) otvorových výplní
- Realizace opatření majících prokazatelně vliv na energetickou náročnost budovy nebo zlepšení kvality vnitřního prostředí (např. rekonstrukce a modernizace vnitřního osvětlení, systémy měření a regulace vytápění a větrání, opatření zlepšující prostorovou akustiku, opatření zabraňující letnímu přehřívání)
 - Realizace systémů nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla
 - Realizace systémů využívajících odpadní teplo
 - Výměna zdroje pro vytápění, chlazení nebo přípravu teplé užitkové vody s výkonem nižším než 5 MW využívajícího fosilní paliva nebo elektrickou energii za účinné zdroje využívající biomasu, tepelná čerpadla, kondenzační kotle na zemní plyn nebo zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla nebo chladu využívající obnovitelné zdroje nebo zemní plyn
- Instalace fotovoltaického systému, včetně akumulace elektrické energie
- Instalace solárně-termických kolektorů

Alokace: 3,285 mld. Kč

Míra podpory: 40 – 100 % celkových způsobilých výdajů

Předpokládaný termín příjmu žádostí: 1.12.2021 - 30.9.2022



Státní fond podpory investic SFPI - irelevantní - pouze
zateplení bytových domů

1.3. Legislativa týkající se energetického managementu a úspor energie

Nařízení vlády č.349/2022 Sb., o státní energetické koncepci a o územní energetické koncepci,

Zákon č. 458/2000 Sb. Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu,

Vyhláška č. 194/2007 Sb., stanovující pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku teplé energie konečným spotřebitelům, ve znění vyhlášky č. 237/2014 Sb.,

Vyhláška č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie,

Vyhláška č. 284/2022 Sb., o kontrole klimatizačních systémů,

Vyhláška č. 38/2022 Sb., o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie,

Vyhláška č. 191/2015 Sb., kterou se zrušuje vyhláška č. 195/2007 Sb., kterou se stanoví rozsah stanovisek k politice územního rozvoje a územně plánovací dokumentaci, závazných stanovisek při ochraně zájmů chráněných zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, a podmínky pro určení energetických zařízení,

Vyhláška č. 319/2019 Sb., o energetickém štítkování a ekodesignu výrobků spojených se spotřebou energie,

Vyhláška č. 4/2020 Sb., o energetických specialitech,

Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov,

Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu,

Vyhláška č. 141/2021 Sb., o energetickém posudku a o údajích vedených v Systému monitoringu spotřeby energie, ve znění vyhlášky č. 15/2022 Sb.

Vyhláška č. 38/2022 Sb., o kontrole provozovaného systému vytápění a kombinovaného systému vytápění a větrání.

Vyhláška č. 207/2021 Sb., o vyúčtování dodávek a souvisejících služeb v energetických odvětvích

Vyhláška č. 359/2020 Sb., o měření elektřiny

Vyhláška č. 405/2015 Sb. o způsobu dělení nákladů za dodávku tepelné energie při společném měření odebraného množství tepelné energie



Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a související předpisy
Vyhláška č. 37/2016 Sb., o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny
a tepla a elektřině z druhotných zdrojů energie

1.4. Základní normy vztahující se k energetické náročnosti budov

1.4.1. Energetický management

ČSN EN ISO 50001

- tento dokument specifikuje požadavky pro vytváření, zavádění, udržování a zlepšování systému managementu hospodaření s energií (EnMS). Zamýšleným výstupem je umožnit organizaci používat systematický přístup pro dosažení neustálého zlepšování energetické hospodárnosti a zlepšování EnMS. Příloha A poskytuje návod k použití tohoto dokumentu.

1.4.2. Výpočty pro stavební část a výchozí hodnoty pro TZB

ČSN 73 0331-1

- je výchozí závaznou normou, která definuje základní vstupy pro TZB a stavební část. Norma přebírá a upravuje pro naše prostředí požadavky evropských norem s ohledem na místní specifika. Mimo jiné definuje vstupní údaje, jako jsou klimatická data, parametry typického užívání (uživatelské profily), typické parametry systémů TZB, a také geometrické parametry pro výpočet energeticky vztahné plochy. Tvůrci výpočtových software mají nějakým způsobem tuto normu (jako i jiné) zakomponovanou ve vstupních údajích a výpočtech. Většina údajů je ve formě přehledných tabulek a je výtahem z ostatních norem. Jde tedy o jakýsi závazný zastřešující dokument s velkým významem.

ČSN 73 0540-4

- je další závaznou normou zabývající se stavební částí. Tato norma stanovuje a upřesňuje výpočtové metody pro navrhování a ověřování konstrukcí a budov podle požadavků na tepelnou ochranu budov a úsporu energie na jejich vytápění. Platí pro stanovení vlastností konstrukcí a budov, užívané ve výpočtech tepelných soustav v budovách a dalších výpočtech pro stanovení energetické náročnosti budov.

ČSN 73 0540-2

- patří rovněž mezi závazné normy řešící stavební část. Tato norma definuje tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání, které zajišťují plnění základních požadavků na stavby, plnění požadavků na úsporu energie a tepelnou ochranu budov. Norma platí pro nové budovy, změny staveb, změny v užívání budov a jiné změny dokončených budov. Tato norma platí i pro nevytápěné budovy či nevytápěné zóny budov, pokud je v nich vyžadován určitý stav vnitřního prostředí.



1.4.3. Výpočty pro vytápění a chlazení

ČSN EN ISO 52 016-1

– je jednou z klíčových norem, která se zabývá převážně stanovením potřeb energie na vytápění a chlazení. Konkrétně norma uvádí metody pro výpočet citelné potřeby energie na vytápění a chlazení pro hodinový a měsíční výpočet. Potřeby latentní energie pro vlhčení (odvlhčení) pro hodinový a měsíční výpočet. Dále vnitřní teploty z hodinových výpočtů. Norma také stanovuje citelný výkon na vytápění a chlazení z hodinových výpočtů. Vlhkostní a latentní tepelný výkon pro vlhčení (odvlhčení) z hodinových výpočtů. Dále norma uvádí návrh citelného výkonu na vytápění a chlazení a návrh latentního tepelného výkonu při použití hodinového výpočtového intervalu. Norma také definuje podmínky přírodního vzduchu pro potřeby vlhčení (odvlhčení). Metody užití v normě jsou pro budovy obytné a neobytné. Obsahem normy jsou i pasáže zabývající se zónováním budovy. Výpočtové metody v normě jsou pro výpočet základních energetických výkonů a potřeb energie, bez interakce se specifickými systémy TZB a pro výpočet pro systém specifických energetických výkonů a potřeb energie včetně interakce se specifickými systémy.

ČSN EN 15 316-1

– je norma, která řeší obecný rámec pro výpočet spotřeby energie a energetické náročnosti soustav pro vytápění a přípravu TV. Zabývá se pouze teplem, které poskytují vodní soustavy pro zajištění vytápění, TV a chlazení. Norma se zabývá výpočtem provozních podmínek a ukazateli energetické náročnosti. Předpis umožňuje energetickou analýzu soustav pro vytápění a přípravu TV včetně regulace porovnáním ztrát soustav a definováním ukazatelů energetické náročnosti.

ČSN EN 15 316-2

– se zabývá výpočtem energetické náročnosti soustav pro vytápění a vodními soustavami pro sdílení chladu na chlazení prostor. Metoda výpočtu vychází z předpokladu nerovnoměrného rozdělení teplot v prostoru, dále uvažuje s typem otopné či chladicí plochy, vlivem otopné či chladicí plochy zabudované v konstrukci. Vliv na výpočet energetické náročnosti dle normy má rovněž přesnost regulace vnitřní teploty a provoz regulace systémů otopných či chladících ploch. Norma uvádí pro výpočet hodinový, měsíční a roční interval.

ČSN EN 15 316-4-1

– se zabývá výrobou tepla pro vytápění a přípravu TV. Norma uvádí metody výpočtu pro stanovení tepelných ztrát soustav pro výrobu tepla a soustav pro přípravu TV. Dále obsahuje výpočet využitelných tepelných ztrát soustav pro výrobu tepla a soustav pro přípravu TV, výpočet pomocné energie pro soustavy pro výrobu tepla a soustavy pro přípravu TV.

ČSN EN 15 316-4-2

– se týká tepelných čerpadel pro vytápění, ohřivačů vody v tepelných čerpadlech a kombinovaných tepelných čerpadel pro vytápění a přípravu TV se střídavým nebo současným provozem. Norma uvádí metodu výpočtu za ustálených podmínek, která odpovídá jednomu výpočtovému kroku. Výsledky výpočtu zohledňují vliv vnějších podmínek a systému řízení budovy, který ovlivňuje energetické požadavky na vytápění soustavou tepelného čerpadla. Norma pracuje s tepelnými čerpadly s parním



kompresorovým cyklem (VCC) s elektrickým pohonem, s parním kompresorovým cyklem s pohonem spalovacím motorem, s parním absorpčním cyklem (VAC) s tepelným pohonem.

ČSN EN 15 316-4-3

– se zabývá solárními tepelnými soustavami (pro vytápění, přípravu TV, kombinací obojího) a fotovoltaickými systémy použitými v budovách. Norma definuje požadované vstupy, výpočtové metody a požadované výsledné výstupy. Celkem je v normě uvedeno šest výpočtových metod, z toho jsou tři pro solární tepelné soustavy a tři pro fotovoltaické soustavy.

ČSN EN 15 316-4-4

– je norma, která stanovuje metodu pro hodnocení energetické náročnosti kogeneračních jednotek v budově výpočtem vyrobené elektřiny, výstupu užitečného tepla a využitelných ztrát. V normě je kogenerační jednotka uvažována jako zařízení, které přivádí teplo na vytápění prostorů a přípravu TV, popř. chlad na chlazení v rámci budovy. Výpočet dle normy rozlišuje provozování kogenerační jako samostatný zdroj nebo v kombinaci s dalšími zdroji tepla či chladu. Norma dále uvažuje se spotřebou vyrobené energie v budově, popřípadě s jejím exportem mimo budovu. Výpočet v normě je založen na charakteristikách vlastností jednotek definovaných v normách výrobků a na provozních podmínkách, jako je požadovaný tepelný výkon.

ČSN EN 15 316-4-5

– se zabývá stanovením způsobu určení ukazatelů energetické náročnosti soustav oblastního zásobování energie. Z pohledu normy jsou soustavy oblastního zásobování energií pro zásobování teplem, chladem nebo jiným typem energonositele. Norma umožňuje dva typy výpočtu: zjednodušený výpočet a podrobný výpočet.

1.4.4. Výpočty pro větrání a úpravu vlhkosti

ČSN EN 15 665

– se změnou Z1 z roku 2011 stanovuje kritéria pro hodnocení účinnosti větracích systémů v rodinných domech a bytových domech, které jsou v provozu celý rok. Týká se nových, stávajících i rekonstruovaných budov. Norma určuje způsoby pro stanovení výkonových kritérií pro navrhování parametrů v dalších právních předpisech. Tato norma má uplatnění pro budovy s nuceným větráním, přirozeným větráním, s hybridním větracím systémem a pro budovy s ručně otvíranými okny pro účely větrání.

ČSN EN 16 798-5-1

– je norma, která řeší výpočet energetické náročnosti nuceného větrání a klimatizačních systémů včetně zvlhčování a odvlhčování. Norma rozlišuje při výpočtu zvlášť vzduchotechnickou jednotku a zvlášť rozvody vzduchu. Předpis také zahrnuje zjednodušený výpočet pro adiabatické chladicí systémy. Primárně je norma zaměřena na rozsáhlé větrací a klimatizační systémy, obvykle používané v komerčních budovách. Její použitelnost však není omezena typem budovy nebo způsobem využití prostoru.



ČSN EN 16 798-7

– tato norma popisuje metody pro výpočet průtoku ventilačního vzduchu pro budovy, pro hodnocení energetické náročnosti vytápění a chlazení. Norma se zabývá: mechanickými větracími systémy; pasivními potrubními větracími systémy pro obytné budovy a nízkopodlažní neobytné budovy; větráním pro spalovací zařízení; větráním okenními otvory; větráním kuchyní, včetně restaurací. Tato norma je dále použitelná pro hybridní systémy kombinující mechanické větrání s pasivním potrubním větracím systémem v obytných a nízkopodlažních neobytných budovách. Výstup výpočtů dle normy jsou průtok vzduchu vstupující a vystupující z větrané zóny a průtoky vzduchu, které musí distribuovat ventilační systém (pokud je k dispozici).

ČSN EN 16 798-9

– tato norma se zabývá výpočtem energetické náročnosti kompletních chladicích systémů. Norma obsahuje výpočetní metodu, která definuje požadavky na chlazení z upravovaných zón a ze vzduchotechnických jednotek připojených k distribučním systémům. Dále norma řeší jak započítávat distribuční systémy k celkové energetické potřebě systému. Výpočet zahrnuje také emisní a distribuční ztráty pomocné energie. Norma stanoví množství energie na chlazení pomocí daného zdroje chladu, při výpočtu je zohledněna také akumulace chladu.

1.4.5. Výpočty pro TV

ČSN EN 15 316-3

– řeší výpočet energetické náročnosti vodních soustav pro rozvod tepla na vytápění, chlazení a pro rozvod TV. Norma kalkuluje tepelný tok z rozváděné vody do prostoru a pomocnou energií zapojených čerpadel. Tato norma umožňuje výpočtový interval hodinový, měsíční a roční. Vstupní údaje pro výpočet jsou střední hodnoty pro daný časový krok. Norma připouští místo výpočtu energetické náročnosti vodních soustav pro rozvod použít měření.

ČSN EN 15 316-4-1

– tato norma už je okomentována v kapitole Výpočty pro vytápění a chlazení.

1.4.6. Výpočty pro osvětlení

ČSN EN 15 193-1

– je norma vydaná u nás zatím jen v angličtině. Tato norma specifikuje metodiku energetické náročnosti osvětlovacích systémů zajišťujících osvětlení pro obytné a neobytné budovy. Dále norma řeší výpočet nebo měření množství energie potřebné nebo použité k osvětlení budov. Metoda uvedená v normě může být použita pro nové, stávající nebo zrekonstruované budovy. Norma nezahrnuje požadavky na osvětlení, na návrh osvětlovacích systémů, na charakteristiky osvětlovacích systémů, na stolní osvětlení a na osvětlení zabudované v nábytku. Tato norma také neposkytuje žádné postupy pro dynamickou simulaci světelné scény.

ČSN 73 0331-1, část B

– uvádí parametry typického užívání budov, kde kromě jiných oblastí jsou definovány některé okrajové podmínky týkající se osvětlení. Hodnoty jsou uváděny pro různé druhy budov. V této části



normy jsou uvedeny např.: doby využití denního světla, průměrná osvětlenost, průměrný měrný příkon pro osvětlení a dále různé činitelé potřebné k výpočtu.

1.4.7. Alternativní zdroje, ekonomika

ČSN EN 15 459-1

– je norma zabývající se ekonomickým hodnocením energetických soustav v budově. Norma mimo jiné udává v tabulkové formě dobu životnosti prvků stavebních konstrukcí a systémů TZB. Tato informace je potřebná pro posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie v PENBu dle §7 vyhlášky č. 264/2020 Sb. Norma uvádí druhy nákladů, které by měly být zohledněny při výpočtu ekonomické účinnosti úsporných opatření v budovách. Dále údaje potřebné pro stanovení nákladů souvisejících s posuzovanými soustavami. Norma také obsahuje výpočtové metody a způsoby vyjádření výsledku výpočtu hospodárnosti.

2. Stávající struktura energetických spotřeb

Energetické spotřeby se v příspěvkových organizacích Středočeského kraje týkají hlavně vytápění (případně chlazení) budov, ohřevu užitkové vody, dále pak osvětlení a větrání. Na významu získává povinné větrání školních tříd během výuky, řešené většinou v návaznosti na rekuperaci tepla z větraného vzduchu. Další položkou je pak technologická spotřeba, spojená hlavně s přípravou stravy, a dále s provozováním prádelen a žehlíren prádla (sociální zařízení) a s technologickým zařízením v rámci výuky (keramické, pekařské, kovářské a úpravárenské pece, svařování, průmyslové pohony, průmyslové větrání ap.), napájení výpočetní techniky (počítače, servery, tiskárny, kopírky, projektory), napájení drobných strojů a přístrojů pro technologickou produkci a údržbu), a nakonec směs drobných spotřeb zahrnutých jako ostatní.

Vytápění je v našich klimatických podmínkách nejdůležitější položkou v rámci energetické spotřeby, ve většině případů i položkou nejvyšší. Otopný systém může být centrální, kdy se z centrálního zdroje rozvádí teplo nejčastěji jako teplá voda (případně ohřátý vzduch) do jednotlivých otopných těles v budově, druhou možností jsou lokální topidla. Lokální kamna na pevná paliva se vyskytují většinou jen jako muzejní exponáty, rovněž tak krby, které mohou být i funkční, ale již neslouží jako hlavní topidla. Ojediněle jsou k vidění elektrická akumulární kamna, mnohem častěji pak elektrické konvektory (poněkud nepřesně označované jako přímotopy), sálavé panely, topné ventilátory případně zářiče (známé jako infrazářiče). Mezi lokální topidla lze zařadit i jednotlivé klimatizační jednotky, kterými lze v zimě topit a v létě chladit. Lokální topidla mohou být i plynová, jejich nevýhodou je nutnost přívodu spalovacího vzduchu a odvodu spalin. Patří mezi ně klasické wawky, teplovzdušná topidla (Sahary) nebo plynové zářiče.

Dále se může vyskytnout i kombinace obou systémů nebo mezistupeň (např. několik tepelných zdrojů napojených na etážové topení na jednotlivých patrech, klimatizace s několika vnitřními jednotkami ap.).



Významné může být i **chlazení**. V nemocnicích a sociálních zařízeních se využívá v podobě klimatizačních systémů pro specializovaná pracoviště (operační sály, ARO, márnice), dále jako samostatné jednotky pro vybrané ordinace, kanceláře nebo ošetrovny, chlazení serverových místností nebo chladicí boxy pro kuchyňská zařízení.

Ohřev teplé užitkové vody je nezbytný v prostorách s častým nebo trvalým pobytem osob. Systém ohřevu může být obdobně jako u vytápění buď centrální nebo lokální. Ohřev TV je se systémem vytápění často propojen (nepřímý ohřev topnou vodou z kotelny). Centrální ohřev většinou využívá zásobník na ohřátou vodu a cirkulační potrubí (přidaná třetí trubka která umožňuje neustálou cirkulaci teplé vody), může však být i průtočný (přes výkonný výměník nebo elektrický, případně plynový ohřívák). U lokálních ohříváčů probíhá samotný ohřev až v blízkosti odběrového místa (elektrický nebo plynový zásobník, elektrický průtokový ohříváč nebo plynová karma).

Objekty užívané lidmi se neobejdou bez **osvětlení**. Osvětlují se i nevytápěné prostory (sklepy, půdy, sklady), případně venkovní prostory. Pomalu končícím světelným zdrojem jsou klasické žárovky (vakuové baňky s wolframovým vláknem), končí rovněž rtuťové zářivky (lineární nebo kompaktní). Rozšířené jsou dosud halogenové žárovky (žhavené vlákno a páry halogenidů) nebo výbojky (elektrický oblouk a páry rtuti nebo alkalických kovů). Perspektivními a již široce využívanými zdroji jsou v současné době LED diody.

Další položkou je tzv. **technologická spotřeba**. Za technologické spotřeby je možno považovat kuchyně, prádelny (včetně sušiček a žehlíren), případně doplňková zájmová činnost (keramické pece).

V objektech příspěvkových organizací neprobíhá standardní výroba, ale vyskytují se zde technologická zařízení pro účely výuky (potravinářské, strojní nebo stavební procesy). V rámci nemocnic se může jednat například o pokročilé rentgeny nebo tomografy, technologické chladicí systémy, destilátory nebo sterilizátory ap.

Podle okolností více nebo méně významný podíl na spotřebě energie tvoří tzv. **ostatní spotřeba**. Jedná se o výpočetní techniku (administrativa, výuka, síťové prvky), různé audiovizuální pomůcky (projekory, interaktivní tabule), zdravotnické přístroje, polohovací lůžka, občerstvení (kávovary, konvice, mikrovlnné trouby, chladničky ap.), přístroje pro úklid a údržbu a další drobná zařízení.

2.1. Využívaná energetická média

2.1.1. Vytápění

Největší zastoupení pro vytápění budov má **zemní plyn**. Vytápění je většinou řešeno plynovým kotlem ohřívajícím topnou vodu. Plynové kotle mohou být soustředěny v centrální kotelně, nebo umístěny lokálně například na jednotlivých podlažích. Topná voda se rozvádí do



otopného systému (teplovodní radiátory), může však ohřívat i vzduch v teplovzdušných agregátech (tělocvičny, větší haly) nebo ve vzduchotechnice (kuchyně). Ojedinele se mohou vyskytnout i plynové zářiče (rovněž větší haly) nebo lokální plynová topidla (WAW). V případě zemního plynu je nutno řešit návaznost na přívod spalovacího vzduchu a odvod spalin (komín). Zemní plyn umožňuje i kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie (kogenerace), nebo plynové tepelné čerpadlo. Plynová tepelná čerpadla jsou zatím využívána velmi zřídka, v rámci PO Středočeského kraje nebyla zaznamenána. Princip je buď absorpční (topný faktor cca 1,6) nebo kompresorový poháněný plynovým spalovacím motorem.

Dále je pak zastoupeno teplo z centrálních sítí **CZT** (teplá nebo horká voda, případně pára). Teplo se předává do systému budov ve výměňkových stanicích, ojedinele se využívá přímo bez hydraulického oddělení.

Vytápění je v některých případech řešeno **elektricky**. Může se jednat o elektrokotel ohřívající topnou vodu, někdy doplněný akumulací nádrží. Vyskytuje se i elektrické vytápění lokálními kamny (konvektory nebo akumulací kamna) s přirozeným nebo nuceným vydáváním tepla, elektrické teplovzdušné agregáty (typu Sahara) nebo elektrický ohřev ve vzduchotechnickém systému. Často jsou k vidění přenosné elektrické konvektory, zářiče nebo ventilátory jako doplněk k hlavnímu systému v případě, že systém nedokáže zajistit dostatečnou tepelnou pohodu pro lidi nebo vhodné prostředí pro ochranu sbírkových předmětů. Variantou elektrického ohřevu je tepelné čerpadlo, kde je elektrická energie doplněna teplem venkovního prostředí. Topný faktor elektrických tepelných čerpadel se pohybuje kolem 3-4.

Některé objekty jsou vytápěny **propanem** nebo kombinací **propan-butan**. Tento plyn má výhodu, že jej lze skladovat ve vlastních nádržích a odebírat podle potřeby, na druhou stranu je dražší proti zemnímu plynu. Způsob užití je prakticky totožný s užitím zemního plynu.

2.1.2. Chlazení

Jako energetický zdroj pro chlazení slouží téměř výhradně elektrická energie, plynové jednotky v příspěvkových organizacích Středočeského kraje nebyly zjištěny.

Komplexní chladicí systémy na bázi elektrické energie jsou využívány pouze v rámci nemocnic. Poměrně časté jsou lokální spotřebiče, a to jednak chladničky a mrazničky pro uchování stravy (příslušenství kuchyní, případně administrativních prostor), a dále doplňkové lokální klimatizační jednotky pro chlazení kancelářských prostor, případně serveroven.

2.1.3. Ohřev užitkové vody

Nejrozšířenější ohřev užitkové vody je prostřednictvím akumulací zásobníků (bojlerů). Zásobníky se ohřívají buď nepřímo (teplá voda z kotle - ZP, CZT, EE, PB, případně z obnovitelného zdroje) nebo přímo (plynové hořáky nebo elektrická topná tělesa). Ohřev TV je možný i průtokově (ohříváče elektrické nebo plynové - karmy), vyskytuje se i průtokový ohřev teplou nebo horkou vodou přes účinný výměník.



2.1.4. Osvětlení

Světelné zdroje jsou v současné době napájeny výhradně elektrickou energií. Klasické žárovky, halogenové žárovky i rtuťové trubice jsou postupně nahrazovány LED zdroji, tyto zdroje se stále častěji uplatňují i jako náhrada výbojek při osvětlování větších prostor nebo u venkovního osvětlení.

2.1.5. Větrání

Poměrně energeticky náročné jsou větrací systémy, a to jednak nároky na pohon ventilátorů, a jednak tepelnými ztrátami odvětrávaného vzduchu. Větrací systémy se uplatňují hlavně při větrání kuchyní, a v poslední době rovněž u větrání učeben při školní výuce. Větrání je nezbytné při některých technologických procesech provozovaných za účelem praktické výuky (svařování, lakování, cukrářské nebo tepelně-úpravnické pece).

2.2. Úsporná opatření

2.2.1. Beznákladová opatření - organizační

K nejlevnějším opatřením ke snížení spotřeby energie se řadí ta organizační. Z hlediska investic jsou většinou zdarma, z hlediska nároků na pracovníky mohou být náročnější. Jednoduchá opatření lze snadno dodržovat i kontrolovat (přiměřeně větrat, ztlumit vytápění při odchodu z práce, zhasínat, neplýtvat vodou), komplikovanější příkazy mohou pracovníky nepřiměřeně zatěžovat. Problémy může přinášet obsluha složitějších systémů nevybavených automatickou regulací (vzduchotechnika kuchyně, regulace kotle, technologická zařízení).

Úspory mohou přinést i organizační opatření spočívající v soustředění obdobných pracovních činností do jednoho objektu nebo na stejné podlaží (zbytečné vytápění odloučených pracovišť).

V rámci energetického managementu lze za beznákladové opatření považovat i pravidelný odečet měřidel spotřeb energie a pravidelné vyhodnocování. Nulové investiční náklady zde vyvažuje potřeba lidské práce a potřebná úroveň znalostí.

2.2.2. Nízkonákladová opatření

K nízkonákladovým opatřením můžeme přiřadit pravidelnou údržbu energetických zařízení, instalace jednoduchých regulátorů (např. automatické spínače vody, světel) nebo tepelné izolace malého rozsahu (izolace tepelných rozvodů, izolace malorozměrných stavebních prvků).



Nízkonákladovým opatřením je i posouzení a případná změna odběrové sazby, eventuálně hlavního jističe. U elektrické energie se kombinují stálé měsíční platby s vysokým, případně nízkým tarifem, u zemního plynu se liší cena v letních a v zimních měsících.

V některých případech se u menších spotřeb vyplácí změna energetického média, například u ohřevu TV - zemní plyn místo elektřiny nebo naopak (podle konkrétních podmínek).

V rámci energetického managementu se doporučuje zavedení podružných měřidel v případě obtížněji identifikovatelných odběrů, jako je například spotřeba teplé užitkové vody, spotřeba kuchyně, prádelny, technologických zařízení nebo vzduchotechniky.

2.2.3. Vysokonákladová opatření

Zateplení

Investičně nejnáročnějším opatřením je zateplování budov. Jedná se o soubor opatření zahrnující zateplení nejvyššího stropu nebo střechy, zateplení obvodových stěn společně s výměnou oken a dveří a zateplení podlahy na zemině, případně stropu nad suterénem. Při snaze o vyšší úroveň zateplení je potřeba vnitřní prostory utěsnit proti úniku tepla odvětrávaným vzduchem, v tom případě je nutno doplnit budovu systémem nuceného větrání s rekuperací tepla.

Zateplení budovy je komplexní proces. Při částečné aplikaci jen na některé konstrukce může docházet k problémům s vnitřním prostředím. Chladné nezateplené stěny nebo stropy narušují tepelnou pohodu a jsou příčinou vzniku plísní, totéž se týká i chladných podlah. Se zateplením pláště budovy je spojena nutnost zajistit dostatečné větrání, a dále nově vyregulovat topný systém, případně vyměnit tepelný zdroj.

Současně se zateplením budovy se doporučuje instalovat vnější žaluzie (případně rolety), které chrání budovu před letním přehříváním.

Zateplení je však nejspolehlivějším způsobem, jak snížit spotřebu tepla na vytápění. Při relativně nízkých cenách energie a životnosti zateplení cca 30 let však nemusí být toto opatření ekonomicky výhodné.

Obvodové stěny

Zateplení obvodových stěn se provádí nejlépe z vnější strany pláště, přičemž dochází ke změně vzhledu budovy. To je největším problémem u budov památkově chráněných nebo budov v památkových zónách, případně u budov se specifickými architektonickými prvky.

Obvodové stěny mají obvykle menší podíl na tepelných ztrátách než strop nebo střecha (pokud se nejedná o mnohapatrový věžák). Zateplení vnějších stěn snižuje riziko tepelných mostů a plísní, na druhou stranu výrazně mění vnější vzhled budovy a pokud současně nedojde i k výměně oken, jsou okna jakoby utopena v hlubokých dírách. V případě památkově chráněných budov vnější zateplení exponovaných stěn nepřichází v úvahu. Mnohdy by se ale daly zateplovat stěny v zadních traktech budov, které jsou pro veřejnost skryté. Technicky problematickou možností je pak zateplování zevnitř.



Stropy, střechy

Největší úniky tepla jsou směrem vzhůru, tedy stropem nebo střechou budovy. Zateplení nejvyššího stropu ze strany půdy nebo ploché střechy lze často pořídit relativně levně a s vysokou účinností. I v případě, kdy je konstrukce střechy z vnitřní strany nepřístupná, lze využít například nadkrokevní izolaci.

Podlahy

Podlahy nejsou tak zásadní z hlediska podílu tepelných ztrát, ale mají významný podíl na vnitřní tepelné pohodě. Podlahy na zemině lze zateplovat pouze po vybourání stávajících podlah, což na dlouhou dobu naruší provoz budovy. Je to však spojeno s možností instalace podlahového vytápění, které je skryté a může posloužit i v případě historických budov.

Pokud se zatepluje podlaha ze strany suterénu, nenaruší se provoz budovy, ale suterénní stropy bývají členité a zateplování je pak komplikované.

Okna, dveře

Okna jsou nejkritičtějším prvkem obálky budovy. Přes nesporný pokrok v tepelných vlastnostech moderních oken se stále okna v zimě nejvíce ochlazují a v létě jsou příčinou přehřívání vnitřních prostor. Jejich mechanická konstrukce musí zajistit pohodlné otevírání, spolehlivé těsnění a podle potřeby i větrání, a kromě toho odolnost proti vnějším vlivům, a to vše při zachování tepelně izolačních vlastností. Největší problémy jsou se střešními okny, u nichž se ve větší míře vyskytuje zatékání dešťové vody, kromě toho hrozí i mechanické poškození (kroupy).

Na druhou stranu okna je možné vyrobit z různých materiálů v mnoha tvarech i kombinacích a v téměř libovolných barvách. V řadě případů se dá předpokládat, že by bylo možné použít vhodně navržená nová okna i pro budovy pod památkovou ochranou.

Výměna topného zdroje

Topný zdroj je zařízení, které mění nějaké energetické médium na teplo, nejčastěji teplou vodu nebo vzduch. Staré kotle na uhlí jsou postupně nahrazovány kotli na zemní plyn, elektřinu nebo dřevní štěpku, v dnešní době stále častěji ve vazbě na obnovitelné zdroje.

Výměna světelných zdrojů

Stále jsou ještě k vidění klasické žárovky s wolframovým vláknem, a to většinou v málo využívaných prostorech (sklepy, půdy, komory, sklady), nebo když jsou ještě dobírány staré zásoby. Ve velkém množství se vyskytují lineární nebo kompaktní zářivky, které byly často instalovány jako úsporné opatření. Oproti klasickým žárovkám přinášely úsporu až 80% energie. Zářivky se vyskytují v osvětlovacích tělesech různého stáří a různého stavu. Jejich největším problémem je jednak obsah rtuti, a jednak blikání shodné s frekvencí sítě (50 Hz), což přináší problémy lidem s citlivějším zrakem, a pak také v provozech při práci s točivými stroji (interference).

Nové LED zdroje jsou zatím nejefektivnějším hromadně vyráběným světelným zdrojem. Při výměně v malém měřítku lze nahradit klasickou žárovku nebo kompaktní zářivku LED



zdrojem v podobě žárovky, při rozsáhlejších výměnách například u lineárních zářivek je potřeba vyměnit i svítidla, často včetně rozvodů.

LED zdroje se široce uplatňují i u venkovního nebo průmyslového osvětlení, pronikají i do oblastí, kde jsou potřebné velmi vysoké světelné výkony (osvětlení stadiónů ap.).

Regulace

Regulace se dá rozdělit na regulaci časovou a na regulaci podle některé měřené veličiny.

Regulace časová v určitém přednastaveném časovém intervalu zapíná a vypíná, případně přepíná stupně určitého procesu (čerpadlo, ventilátor, topné těleso, osvětlení, technologický proces).

Regulace podle měřené veličiny provádí totéž v závislosti na nastavené velikosti měřené veličiny (prostorová teplota, teplota kapalného média, vlhkost, tlak, rychlost proudění, obsah CO₂, výška hladiny, otáčky, osvětlení).

Regulace může kombinovat různé prvky a řídit celý systém programově a v různých závislostech.

3. Perspektivní úsporná opatření pro organizace v majetku Středočeského kraje

3.1. Elektrická energie

Změna dodavatelských vztahů - úprava technického maxima

Analýzou odběrových sazeb a následnou změnou hlavního jističe, odběrové sazby nebo v závislosti na typu odběru změnou nastavení technického maxima, případně změnou dodavatele, je možné uspořit náklady za elektrickou energii.

Zvýšení využití maxima - úprava provozu vybraných spotřebičů

V případech, kdy je to možné, se dá lépe využít smluvené technické maximum optimalizací provozu větších spotřebičů, hlavně v technologických provozech.

Zvýšení využití maxima - změna organizace pracovních činností

Obdobně jako v předchozím případě lze v některých případech lépe rozvrhnout pracovní činnosti s ohledem na smluvené technické maximum. Opět se to týká hlavně technologických provozů, opatření je možné využít i v případě kuchyňských nebo prádelenských provozů.

Snížení ztrát v rozvodu - zavedení systému pravidelné údržby distribučních systémů

Ztráty v rozvodech elektrické energie nebývají v běžných budovách významné, ale i tak lze lepším návrhem elektrických okruhů při první instalaci nebo při rekonstrukcích uspořit elektrickou energii vhodnějším návrhem a dimenzováním elektrických rozvodů, a následně pak při pravidelných kontrolách a údržbě.



Výměna zdrojů osvětlení za hospodárnější - výměna zářivek za LED zdroje

Patrně nejrozšířenějším osvětlením ve veřejných budovách je dosud osvětlení trubcovými zářivkami. Osvětlovací tělesa těchto zdrojů jsou většinou za hranicí životnosti a při instalaci nových zdrojů je pak potřeba vyměnit celá tělesa. U novějších svítidel lze v ojedinělých případech vyměnit samotné trubice za trubice LED. V řadě případů je nezbytné provést nový návrh a změnit rozmístění rozvodů i svítidel.

Výměna zdrojů osvětlení za hospodárnější - výměna žárovek za LED zdroje

Klasické žárovky jsou na ústupu a dosud se využívají ve vedlejších prostorách nebo na sociálních zařízeních. Výměna za LED zdroj lze provést v rámci údržby prostou výměnou bez změny celého svítidla.

Výměna zdrojů osvětlení za hospodárnější - výměna výbojkových zdrojů za LED zdroje

Výbojkové osvětlení se dosud využívá například v tělocvičnách, větších halách nebo u venkovních svítidel. Technický vývoj již umožňuje v mnoha případech výměnu těchto výkonných zdrojů za LED osvětlení. Je to prakticky vždy spojeno s výměnou celého svítidla a s novým návrhem celého osvětlení včetně rozvodů.

Změna počtu zdrojů osvětlení

Někdy je možné snížit počet svítidel buď výměnou za větší výkon (pokud příliš nezáleží na rovnoměrnosti osvětlení) nebo výměnou za celkové snížení osvětlenosti prostoru. V prvním případě se uspoří investiční náklady, ve druhém případě i celková spotřeba.

Změna ovládání osvětlovacích soustav

Osvětlovací soustavy je možné rozčlenit do několika okruhů, a pak podle potřeby zapínat jen některé z nich například podle podílu venkovního světla (učebny, chodby). Osvětlení může být spínáno i časově podle provozního režimu budovy.

Instalace regulačních prvků v osvětlovacích soustavách

Regulační prvky v osvětlovacích soustavách mohou být různého druhu. Jedná se například o stmívače, regulované ručně nebo automaticky na vnější podněty (fotobuňka), časové spínače nastavené na určitou dobu svícení (schodišťové automaty), snímací prvky reagující na přítomnost osob nebo vozidel (chodby, sociální zařízení, sklady, venkovní komunikace nebo nákladové rampy), případně časové spínače.

Instalace automatické regulace pohonů - instalace frekvenčních měničů

Frekvenční měniče mohou ovládat různá technologická zařízení, lze jimi též regulovat například oběhová čerpadla (topný systém, ohřev TV), ventilátory (větrání pobytových místností, hal, učeben, kuchyňských nebo prádelenských provozů, teplovzdušné vytápění) nebo elektrické motory různého druhu (pračky, sušičky, kuchyňské roboty, výtahy, jeřáby).



Zvýšení hospodárnosti užití energie při provozu elektrických pohonů - výměna elektrických pohonů

Mnohá zařízení s elektrickým pohonem jsou již zastaralá, někdy však stačí výměna pohonu za novější a úspornější. Mnohdy je to spojeno i instalací frekvenčního měniče, případně jiného typu regulace.

Zvýšení hospodárnosti užití energie při provozu elektrických pohonů - zavedení systému pravidelné údržby elektrických pohonů

Pravidelnou údržbou elektrických lze snížit nároky na spotřebu energie, zvláště u starších zařízení.

Instalace řídicího systému spotřeby el. energie řízení odběrového diagramu

V některých případech lze zavést automatickou optimalizaci provozu elektrických zařízení. Týká se to hlavně technologických provozů, dalo by se uplatnit i u kuchyňských a prádelenských provozů. Do budoucna je perspektivní tento systém ve spojení s fotovoltaickou výrobou elektrické energie.

Aplikace systému energetického managementu v energetickém hospodářství

Energetický management jako soubor pravidel pro provozování energetického hospodářství se zavedeným systémem pravidelných kontrol, plánováním úsporných opatření a sledováním cílů včetně chování pracovníků má významný vliv na energetickou spotřebu.

Aplikace systému energetického managementu ve vybraných subsystémech (organizačních jednotkách)

V případě organizace, která má ve svém vlastnictví více organizačních podsložek, se uplatňuje centralizované řízení energetického managementu.

3.2. Teplo

Zvýšení účinnosti užití energie při výrobě tepelné energie v kotlích - úprava izolace kotle a armatur

Při výrobě tepla ve spalovacích nebo elektrických kotlích dochází ke ztrátám tepla povrchem zařízení, a dále ke ztrátám v rozvodech a armaturách v rámci kotelny (rozvody, rozdělovače, oběhová čerpadla, ventily). Samotné kotle jsou opatřeny tepelnou izolací již z výroby, u starších zařízení může být tato izolace poškozená nebo nedostatečná. Na armatury lze zakoupit různé výlisky z izolačních materiálů, na potrubí pak návleky, nebo předpřipravený kusový materiál.

Zvýšení účinnosti užití energie při výrobě tepelné energie v kotlích - seřízení spalovacího zařízení kotle

Spalovací kotle procházejí pravidelným revizemi, v případě závad je nutno problém neprodleně řešit.



Zvýšení účinnosti užití energie při výrobě tepelné energie v kotlích - změna provozního režimu kotle

V některých případech je možné dosáhnout úspor změnou provozního režimu kotle. Je to hlavně v případech, kdy byl dosavadní postup z nějakých důvodů chybný, nebo když dojde k nějakým změnám (odpojení části areálu od zdroje, zateplení, regulace otopné soustavy, doplnění dalšího kotle, změna užívání budovy ap.)

Zvýšení účinnosti dodávky tepelné energie ze zdroje - úprava izolace topných rozvodů, armatur a technologických zařízení

Topné rozvody, zvláště u větších budov nebo rozsáhlejších areálů, jsou výraznou příčinou tepelných ztrát. Na vině je především nedostatečná izolace rozvodů vlivem zanedbání při instalaci nebo při údržbě, stáří, nedostatečná přístupnost nebo mechanické poškození. Významné jsou ztráty u venkovních rozvodů (topné kanály, případně uložení přímo v zemině). V těchto případech se s výhodou instaluje tzv. předizolované potrubí).

Zvýšení účinnosti užití energie pro rozvod tepelné energie - změna provozního režimu rozvodů

Změna provozního režimu je výhodná například u cirkulačních rozvodů teplé vody, kde lze dosáhnout úpravou časového režimu významných úspor.

Vybavení otopných těles regulačními a uzavíracími ventily - doplnění vytápěcí soustavy regulačními a uzavíracími ventily

Starší otopné soustavy lze s výhodou opatřit termostatickými ventily. Celou soustavu je však nutno nově vyregulovat, aby nedocházelo k nedotápní některých větví.

Rovněž se dá nasadit i regulace na celou větev s možností jejího útlumu nebo uzavření v době, kdy příslušné prostory nejsou užívány.

Vybavení otopných těles regulačními a uzavíracími ventily - výměna regulačních a uzavíracích ventilů

Výměna regulačních a uzavíracích ventilů je nezbytná u starších otopných soustav, kdy dochází k zareznutí, případně mechanické degradaci. Klasické ruční uzavírací ventily je výhodné vyměnit za termostatické, což napomáhá efektivnějšímu využívání tepla, ale je to spojeno s nutností nově vyregulovat celou soustavu.

Úprava tepelné izolace vnitřních rozvodů a armatur

Vnitřní rozvody a armatury slouží k přivedení tepla do jednotlivých otopných těles. Tyto rozvody přispívají k vytápění a většinou se s nimi počítá již při návrhu otopného systému.

Novější systémy mají vnitřní rozvody vedeny skrytě, tyto rozvody bývají zakryty nenápadnou lištou, která mívá integrovánou tepelnou izolaci. Rovněž příklady k tělesům vedené stěnou nebo podlahou je vhodné tepelně izolovat, aby nedocházelo k praskání přilehlého zdiva. Tyto záležitosti se řeší hlavně při první instalaci otopného systému nebo při rozsáhlejších rekonstrukcích.



Vybavení předávacích stanic automatickou regulací otopné vody

Při dodávce tepla ze sítě CZT se může stát, že dodavatel nereguluje dostatečně dodávané teplo a dochází k přetápění objektu (hlavně v nočních a víkendových hodinách). Regulaci je vhodné napojit na venkovní termostat a řídit teplotu otopné vody tzv. ekvitermě (podle nastavené otopné křivky – závislost tepelné ztráty objektu na venkovní teplotě).

Vybavení vnitřních rozvodů tepla v předávacích stanicích tepelnou izolací - úprava tepelné izolace

Ztráty rozvodů v předávacích stanicích jsou obdobou rozvodů a armatur v kotelnách. Při zanedbané údržbě dochází k degradaci původní izolace a je třeba ji obnovit, případně posílit. Předávací stanice nemusí být nuceně větrány na rozdíl od kotelen, proto jsou ztráty obecně nižší (teplo zůstává v objektu).

Vybavení vnitřních rozvodů tepla v předávacích stanicích tepelnou izolací - změna či vybudování tepelné izolace

K výměně tepelné izolace je potřeba přistoupit při významné degradaci té původní nebo při potřebě výrazněji posílit tepelně izolační vlastnosti, případně při rekonstrukci stanice.

Vybavení zásobníků teplé vody a expanzních nádob tepelnou izolací - změna izolace

Nové zásobníky teplé vody jsou vybaveny dostatečnou tepelnou izolací, u těch starších bývá někdy potřeba izolaci doplnit nebo posílit. Nové tlakové expanzní nádoby jsou rovněž tepelně izolované, může se ale ještě vyskytnout starý typ atmosférické expanzní nádoby umístěný v podkroví. Tepelná izolace těchto nádob bývá ve špatném stavu.

Vybavení zásobníků teplé vody a expanzních nádob tepelnou izolací - úprava izolace

K úpravě izolace dochází hlavně v rámci údržby (opravy, doplnění). I v dnešní době se může vyskytnout případ, že na ohřev teplé vody se užívá nádrž, která byla v době instalace zrovna po ruce a není opatřena žádnou tepelnou izolací.

Vybavení rozvodů chladících látek tepelnou izolací - změna izolace

Chlazení se ve větší míře užívá v průmyslových provozech, případně v nemocnicích nebo velkých kancelářských budovách. Rozvody jsou již vybaveny tepelnou izolací a k celkové výměně dochází zřídka.

Vybavení rozvodů chladících látek tepelnou izolací - úprava izolace

Úprava izolace rozvodů chladu může nastat v rámci oprav nebo běžné údržby. Přívody chladiva jsou často vedeny venkovním prostředím a mohou být poškozeny mechanicky nebo vlivem klimatu.



Aplikace systému energetického managementu -v systému zásobování teplem

Energetický management jako soubor pravidel pro provozování energetického hospodářství se zavedeným systémem pravidelných kontrol, plánováním úsporných opatření a sledováním cílů včetně chování pracovníků má významný vliv na energetickou spotřebu.

Aplikace systému energetického managementu - ve vybraných subsystémech (zdroj, předávací stanice)

Energetický management je vhodné zavádět souhrnně pro objekt a všechny druhy spotřebovávané energie (všechny systémy). Omezení jen na určitý zdroj nebo subsystém nebývá běžné.

Využití druhotných zdrojů energie - z technologických spotřebičů

Využití tepla z technologických spotřebičů se týká hlavně průmyslových provozů. V rámci běžných veřejných budov se může jednat o kuchyňské nebo prádelenské provozy (rekuperace vzduchu zapojená ve vzduchotechnických jednotkách) a rekuperace vzduchu ve výukových a pobytových prostorách.

Zvýšení hospodárnosti užití energie v technologických spotřebičích tepla -úprava tepelné izolace

Opět se bude jednat o kuchyňské nebo prádelenské provozy, učňovské pekárny, varny a udírny nebo keramické pece. Starší zařízení (pece, varné kotle) mohou být s výhodou dodatečně tepelně izolovány.

Zvýšení hospodárnosti užití energie v technologických spotřebičích tepla - optimalizace počtu technologických zařízení

Optimalizace počtu technologických spotřebičů se v rámci veřejných budov dá uplatnit jen ojediněle.

Zvýšení hospodárnosti užití energie v technologických spotřebičích tepla - výměna spotřebičů

Výměna starších spotřebičů za nové účinnější přinese úsporu energie, ale nemusí být přínosné ekonomicky. Většinou se provádí až při dožití staršího spotřebiče.

Úsporu přinášejí nové lednice, mrazáky, pračky, sušičky (kondenzační), lépe tepelně izolované trouby, kotle, ohřivače ap.

Snížení spotřeby TV a studené vody - instalace úsporných výtokových prvků

Instalace úsporných výtokových prvků přináší významné úspory vody, musí však být spojeny s účinnými bateriemi.

Snížení spotřeby TV a studené vody - instalace dávkovacích zařízení spotřeby vody

Dávkovací zařízení, nejlépe automatické se senzorem přiblížení je rovněž významným prvkem v úsporách vody.



Instalace rekuperace odváděného vzduchu

Rekuperace odváděného vzduchu je významným prvkem v úsporách tepla na vytápění. Výhodně se uplatňuje ve spojení s novými těsnými okny a neprůvzdušnou obálkou budovy. Je to na druhou stranu spojeno se zvýšenou spotřebou elektrické energie na pohon ventilátorů.

Zvýšení hospodárnosti užití energie při provozu plynových spotřebičů – úprava technického stavu, optimalizace provozu zařízení

Nejvýznamnějším plynovým spotřebičem v budovách bývá plynový kotel, případně plynový ohříváč vody (přímotopný bojler nebo průtoková karma), problematika byla zmíněna v kapitole o teple.

Dalšími plynovými spotřebiči jsou kuchyňská zařízení (varné kotle, trouby, sporáky). Hořáky těchto zařízení musí být správně seřízeny a musí být v pořádku komínové cesty, případně zajištěné větrání. Úspory plynu v těchto zařízeních závisí především na lidském faktoru (ruční ovládání).

3.3. Stavební opatření

Zateplení objektu

Razantním stavebním řešením je celkové zateplení objektu – podlahy na zemině nebo nad suterénem, obvodové stěny, stropy nebo střechy, výměna okenních a dveřních výplní. Takové řešení je spojené s novým vyregulováním otopné soustavy, případně s výměnou topného zdroje, a často je nezbytné i nucené větrání s rekuperací. Toto opatření je nákladné a doba návratnosti poměrně dlouhá.

Většinou se dají najít možnosti k dílčímu zateplení. Musí se přitom sledovat návaznosti na další systémy v objektu, protože může dojít k různým konfliktům a ke zhoršování vnitřního prostředí.

Výměna oken

Výměna oken za nová okna s lepším těsněním a tepelnými vlastnostmi by se měla provádět současně se zateplením obálky budovy. Samotná výměna oken může přinést opět konflikty ve vnitřním prostředí (např. plísně) a dále problémy stavebního rázu.

3.4. Energetický management

Jedná se o uzavřený cyklický proces neustálého zlepšování energetického hospodářství.

Indikátory energetické účinnosti - jedná se o sadu indikátorů vybraných pro konkrétní účely vyhodnocování v rámci EM. Mezi nejčastěji používané indikátory patří například:

celková spotřeba energie

MWh/rok

Středočeský kraj – efektivní region

Registrační číslo projektu: CZ.03.4.74/0.0/0.0/19_109/0016861

32.



celková normovaná spotřeba energie/energie na vytápění	MWh/rok
měrná energetická náročnost	kWh/(m ² .rok), kWh/(osoba.rok)
celková úspora energie	MWh/rok
měrný ukazatel spotřeby tepla na vytápění	kWh/(m ² .rok)
měrný ukazatel spotřeby tepla na přípravu teplé vody ,	kWh/(m ² .rok), kWh/ (osoba.rok)
měrná spotřeba vody	m ³ /(m ² .rok), m ³ / (osoba.rok)
měrná investiční náročnost	Kč/(MWh/rok)

Měřidlo stanovené - z pohledu zákona se jedná se o hlavní, resp. fakturační měřidlo.

Odběrné místo - místo napojení na distribuční soustavu daného druhu energie (vody). Odběrné místo (OM) je osazeno stanoveným měřidlem. Evidence, správa a optimalizace odběrných míst (za účelem snížení paušálních plateb nebo sdruženého nákupu) se sama o sobě nepovažuje za zavedený energetický management, ale je jeho významnou součástí (pravidelnou činností).

3.4.1. ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ JEDNOTKY, ZNAČKY A VZOREČKY

1 GJ = 1012 J = 0,277 78 MWh 1 PJ (petajoule) = 1015 J 1 EJ (exajoule) = 1018 J

1 kWh = 3,6 . 10⁶ J 1 MWh = 3,6 GJ 1 MWh = 0,86 Gcal (gigakalorie)

1 tmp (tuna měrného paliva) = 29,3076 GJ = 8,141 MWh

1 toe (tuna ropného ekvivalentu) = 41,87 GJ = 11,63 MWh

geometrická charakteristika budovy: A / V (1/m)

kde A . celková plocha ochlazovaných konstrukcí (m²)

V . vytápěný objem budovy (m³) - objem zahrnuje všechny konstrukce tvořící hranici budovy, kromě lodžii, atik a říms

měrná spotřeba tepla na vytápění: $eV = Er / V$ (kWh/m³)

kde Er . spotřeba tepelné energie za otopné období (kWh)

měrná spotřeba tepla vztažená na m² plochy vytápěných místností (stanoveno pro světlou výšku podlaží 2,6 m):

$eVA = eVN / 0,32$ (kWh/m²)

Poznámka: požadované hodnoty měrné spotřeby tepla při vytápění budov jsou uvedeny v příloze č. 1 k vyhlášce č. 291/2001 Sb.

stanovení počtu denostupňů: $D^{\circ} = d . (ti - tes)$

kde d . počet dnů vytápění v daném otopném období (-)

ti . převládající vnitřní teplota v daném otopném období v budově (°C)

tes . průměrná teplota venkovního vzduchu v daném otopném období (°C)



Poznámky: průměrná teplota vnitřního vzduchu se vypočte jako jedna čtvrtina součtu teplot vnitřního vzduchu naměřených uprostřed půdorysu místnosti ve výšce 1 m nad nášlapnou vrstvou podlahy v 8,00; 12,00; 16,00 a 21,00 hod. Průměrnou denní teplotou venkovního vzduchu je čtvrtina součtu venkovních teplot naměřených ve stínu s vyloučením vlivu sálání okolních ploch

v 7,00; 14,00 a ve 21,00 hod., přičemž teplota měřená ve 21,00 hod. se počítá dvakrát.

3.4.2. Základní principy zavedení energetického managementu

Cílem energetického managementu je řízení spotřeby energie (a vody) za účelem dlouhodobého snižování dopadů na životní prostředí, jehož významným vedlejším efektem je snižování provozních nákladů.

Samotné provedení investičních opatření pro snížení energetické náročnosti (zateplení, výměna oken, výměna zdroje tepla) ještě nezaručuje dlouhodobě udržitelné a nejvyšší možné (resp. požadované nebo optimální) snížení spotřeby energie.

Tento optimální stav je možné zajistit teprve ve spojení s opatřeními, jako je regulace otopné soustavy, přizpůsobení provozu technologických zařízení novému stavu budov, proškolení uživatelů budov apod.

Energetický management však zahrnuje i další činnosti, například asistenci při přípravě projektových záměrů, konzultace projektové dokumentace, účast na stavebním dozoru a následně asistenci při provozu budovy – nastavení provozních řádů, školení uživatelů apod.

3.4.3. Definice

Energetický management je soubor opatření a činností, jejichž cílem je efektivní řízení a snižování spotřeby energie. Jedná se o uzavřený cyklický proces neustálého zlepšování energetického hospodářství.

Podle normy ČSN EN ISO 50001:2018 je energetický management založen na principu neustálého zlepšování formulovaného pomocí 4 základních činností (PDCA):

Plánuj

Provádění přezkoumání spotřeby energie a stanovování výchozího stavu, ukazatelů energetické náročnosti, cílů, cílových hodnot a akčních plánů, nezbytných pro dosahování výsledků, které snižují energetickou náročnost v souladu s energetickou politikou organizace.

Dělej

Zavádění akčních plánů managementu hospodaření s energií. Plánování, příprava a realizace konkrétních opatření, investičních i neinvestičních akcí ve správné časové souslednosti, na základě objektivních ukazatelů a podle stanoveného harmonogramu (obvykle roční plány v návaznosti na zavedený postup přípravy ročních rozpočtů).

Kontroluj

Procesy monitorování a měření a klíčové charakteristiky činností, které determinují energetickou náročnost vzhledem k energetické politice, cílům a zprávám o výsledcích.



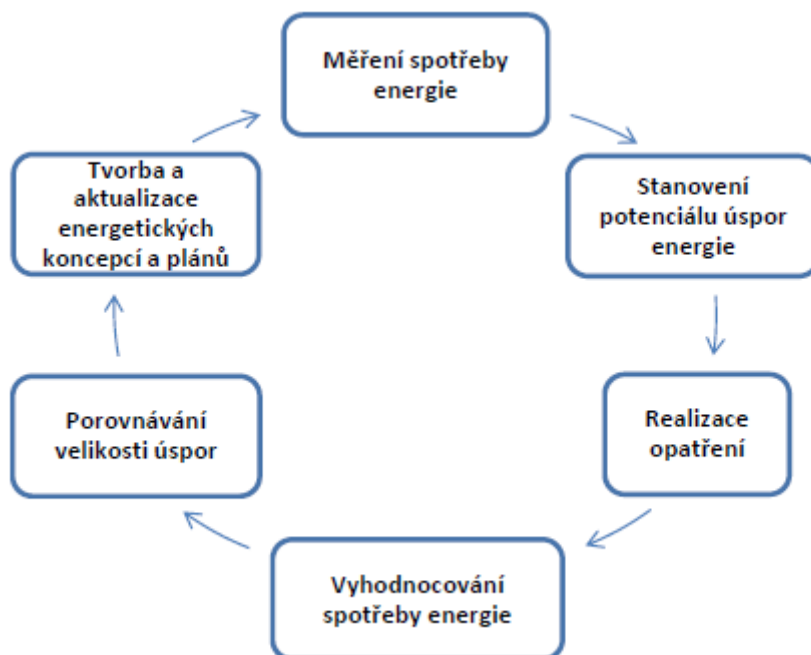
Jednej

Provádění opatření k neustálému snižování energetické náročnosti a zlepšování systému hospodaření s energií.

Na základě tohoto principu pro každou organizaci (potažmo budovu) nastavit individuálně energetický management s cílem postupného dosahování úspor energie, ale také ostatních provozních nákladů a případně také zlepšení organizace práce. Jedná se o uzavřený cyklický proces neustálého zlepšování energetického hospodářství, který se (bez ohledu na velikost organizace) skládá zejména z těchto činností:

1. Měření a zaznamenávání spotřeby energie.
- data o spotřebě energie (a vody) alespoň v měsíční podrobnosti
2. Stanovení potenciálu úspor energie.
- stanovení výchozího stavu (přezkum spotřeby)
3. Realizace opatření na základě plánu.
4. Vyhodnocování spotřeby energie a účinnosti realizovaných opatření.
5. Porovnávání velikosti úspor předpokládaných a skutečně dosažených.
6. Tvorba a aktualizace energetických koncepcí, energetických (akčních) plánů.

Následující schéma dokumentuje cykličnost procesu energetického managementu (jde o jedno z možných vyjádření).





3.5. Využitelnost obnovitelných zdrojů energie

3.5.1. Definice

Definice podle zákona - zákon č. 165/2012 Sb., § 2,

(1) Pro účely tohoto zákona se rozumí

a) obnovitelnými zdroji obnovitelné nefosilní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření (termální a fotovoltaická), geotermální energie, energie okolního prostředí, energie z přílivu nebo vln a jiná energie z oceánů, energie vody, energie biomasy a paliv z ní vyráběných, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu,

b) biomasou biologicky rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického původu ze zemědělství, z lesnictví a souvisejících odvětví a z rybolovu a akvakultury, včetně rostlinných a živočišných látek, jakož i biologicky rozložitelná část odpadů, včetně průmyslových a komunálních odpadů biologického původu, přičemž zemědělská biomasa je biomasa vyrobená v zemědělství a lesní biomasa je biomasa vyrobená v lesnictví.

c) bioplynem plynné palivo vyráběné z biomasy používané pro výrobu elektřiny, tepla nebo pro výrobu biometanu; za bioplyn se považuje také kalový a skládkový plyn,

d) biokapalinou kapalně palivo vyráběné z biomasy používané pro výrobu elektřiny a tepla,

e) biometanem upravený bioplyn, jehož kvalita a čistota splňuje kvalitativní parametry zemního plynu.

f) druhotnými zdroji využitelné energetické zdroje, jejichž energetický potenciál vzniká jako vedlejší produkt při přeměně a konečné spotřebě energie, při uvolňování z bituminózních hornin včetně degazačního a důlního plynu nebo při energetickém využívání nebo odstraňování odpadů a náhradních paliv vyrobených na bázi odpadů nebo při jiné hospodářské činnosti,

g) kombinovanou výrobou elektřiny a tepla přeměna primární energie na energii elektrickou a užitečné teplo ve společném současně probíhajícím procesu v jednom výrobním zařízení,



3.5.2. Biomasa

Biomasu, jako takovou, lze souhrnně využít několika způsoby. Mezi základní způsoby využití lze zařadit tyto:

- Přímé využití biomasy (spalování),
- Využití biomasy pro výrobu bioplynu,
- Využití biologické složky komunálních, průmyslových a jiných odpadů (dále též BRKO).

Využití bioplynu

Elektrická energie vyrobená v bioplynových stanicích slouží především k dodávkám do distribuční sítě či pro vlastní spotřebu. Vyrobená tepelná energie je využívána pro vlastní spotřebu jednotlivých provozoven (spotřeba samotné technologie a využití tepla např. pro vytápění zemědělských budov).

3.5.3. Fotovoltaika

Počet fotovoltaických elektráren v minulém období výrazně vzrostl, a to jak na území České republiky, tak na úrovni kraje. Značný nárůst počtu těchto zdrojů energie byl způsoben značným poklesem cen technologii a především státem garantovaná výkupní cena v letech 2008 až 2010. Tento vývoj je patrný z následujícího grafu. V roce 2007 byl instalovaný výkon a výroba elektřiny minimální. Následně je patrný velmi dynamický rozvoj především v roce 2010.

3.5.4. Fototermika

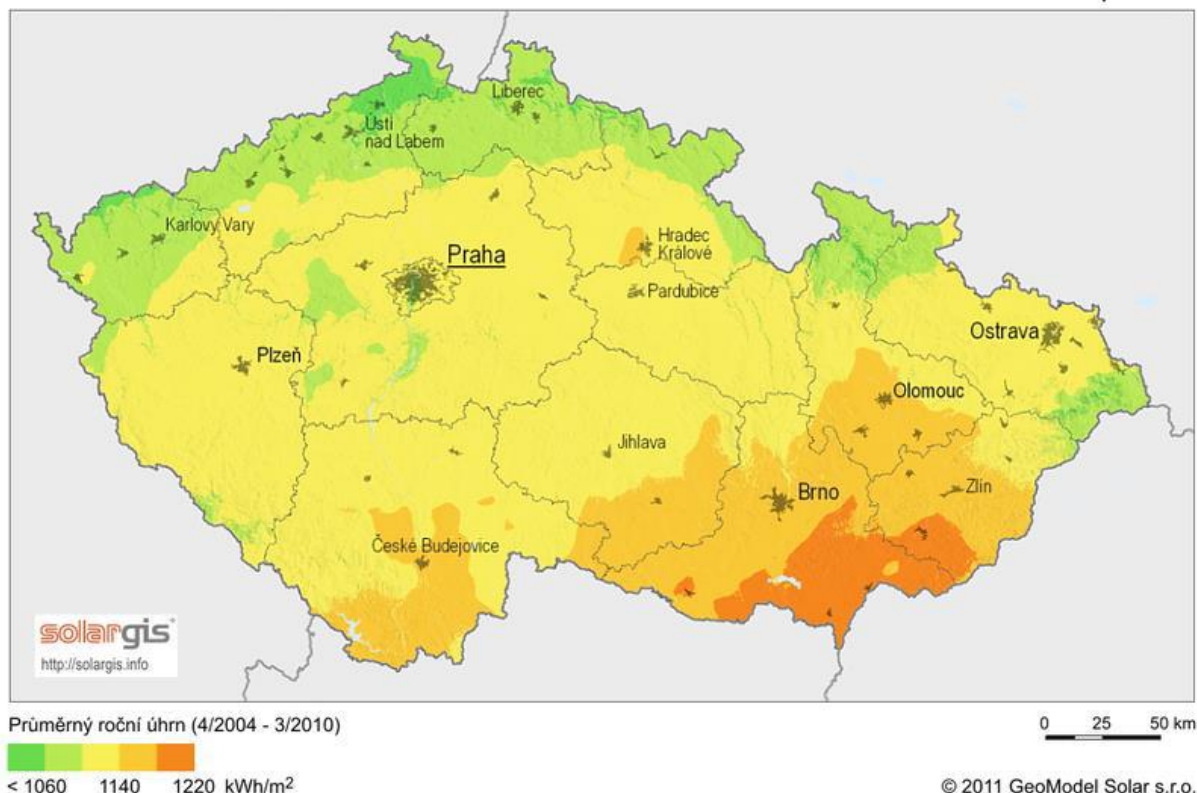
Počet instalací fototermických kolektorů (*dále též FTT*) nezaznamenal v minulosti takový rozvoj, jako fotovoltaika. Toto je dáno již zmíněnou finanční podporou ve formě garantované výkupní ceny elektřiny z FTV zdrojů. Fototermické zdroje též nejsou instalovány na rozlehlých plochách jako je tomu u velkých FTV zdrojů. FTT systémy jsou nejvíce využívány v rodinných/bytových domech (ohřev TV, předehřev topné vody, ohřev vody pro bazény) či v budovách terciární sféry (např. ohřev/předehřev TV ve sportovních areálech, šatnách, ohřev bazénové vody).

Potenciál využití energie slunce patří mezi nejvyšší mezi OZE. Energie slunce je dostupná všude, avšak s omezením intenzity slunečního záření, které se mění v závislosti na geografické poloze. Obecně je intenzita slunečního záření vyšší na jihu území ČR a naopak nejnižší na severu republiky. Následující obrázek (Obrázek 40) zobrazuje průměrný roční úhrn slunečního záření na území ČR (průměr za roky 2004 - 2010).



Globální horizontální záření

Česká republika



3.5.5. Větrná energie

Větrné elektrárny transformují část kinetické energie větru protékající přes turbíny na energii mechanickou, respektive elektrickou.

Technický potenciál využitelnosti VTE má několik omezení. Jedná se především o tato dvě:

Omezení krajinná – značná část území, které je vhodné pro výstavbu VTE se nachází na území národních parků a výstavba v těchto lokalitách není možná.

Omezení územní – s ohledem na předchozí bod se na území Středočeského kraje nachází pouze několik vhodných lokalit pro výstavbu VTE. Tyto lokality jsou především v okolí obytné zástavby, což je další omezující faktor.

Mezi další omezující faktory lze dále zařadit ekonomická hlediska spojená s výstavbou a provozováním, či faktor společenský, neboť výstavba VTE není, obecně v ČR, kladně přijímána a podporována. Toto jsou však faktory, které nemají přímý vliv na technický potenciál (potenciál, který lze bez těchto vlivů teoreticky, bez technického omezení dosáhnout).



3.5.6. Vodní energie

Ve vodních elektrárnách (dále též VE) se na území kraje vyrábí druhé nejvyšší množství elektřiny. V kraji se nachází několik velkých zdrojů, které využívají energii vody. Jedná se o vodní elektrárny, které jsou součástí tzv. vltavské kaskády.

Dále se na území kraje nacházejí malé vodní elektrárny (dále též MVE), tedy elektrárny s instalovaným výkonem maximálně do 10 MW včetně. Celkový instalovaný výkon těchto zdrojů se na celkovém instalovaném výkonu vodních elektráren podílí více než 90 %. Celkem se v těchto MVE vyrobilo za rok 2014 684,4 GWh.

3.5.7. Energie okolního prostředí - tepelná čerpadla

Hlavními prostředky pro využití energie okolního prostředí jsou tepelná čerpadla a to různých systémů. Jedná se především o tyto systémy:

- vzduch – voda
- vzduch – vzduch
- voda – voda
- země – voda

Tepelná čerpadla (různých systémů) zaznamenala v posledních cca 15 letech velmi dynamický rozvoj. Z pohledu přírůstku počtu tepelných čerpadel značně převažuje technologie vzduch – voda, systémů voda – voda je instalováno minimum a počet tepelných čerpadel systému země - voda naopak mírně klesal.

Rostoucí trend bude probíhat ve středně dobém a pravděpodobně i dlouhodobém horizontu. Lze předpokládat především rozvoj tepelných čerpadel systému vzduch – voda. Tento systém je obecně nejjednodušší na instalaci a též ve většině případů nejlevnější z uvedených systémů.

Rozvoj instalací tepelných čerpadel bude probíhat především v lokalitách, které nejsou plynofikovány a ve kterých slouží jako zdroje tepelné energie spotřebiče na elektrickou energii (přímotopy, akumulární kamna, elektrické ohřívače TV) či zdroje tepelné energie na tuhá paliva.

Tepelný zisk zemina (vrty, kolektory)

hlubinný vrt

- 75 W/m (vlhká zemina)
- 55 W/m (normální zemina)
- 44 W/m (suchá zemina)

plošný kolektor

hloubka 1 - 1,5 m, rozteč 1 m, šířka výkopu 0,3 m



25 W/m (vlhká zemina)
16 W/m (normální zemina)
12 W/m (suchá zemina)

3.5.8. Geotermální energie

Geotermální energie je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek a působením slapových sil. Jejimi projevy jsou erupce sopek a gejzírů, horké prameny či parní výrony. Využívá se ve formě tepelné energie (pro vytápění), či pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách.

V podmínkách České republiky je možné využít pouze koncept HDR („hot dry rock“ – teploty kolem 200 °C), tj. kdy dojde v příslušné hloubce k umělému vytvoření tepelného výměníku. Jedním vrtem se k horké suché hornině v hloubce zhruba pět kilometrů přivede studená voda a dva boční vrty umožní ohřáté vodě cestu vzhůru. Tyto zdroje pohánají turbínu generátoru a po ochlazení vody na povrchu se vrací prvním vrtem zpět do země. Tyto systémy nejsou tak běžné jako přímé využívání hydrotermální energie (horká voda, pára).

Základní výhody a nevýhody systému využívání geotermální energie

Výhody:

značný a stálý potenciál energie
možnost regulovat odběr energie podle potřeb
nemá negativní vliv na životní prostředí
není závislá na klimatu
je dostupná na velké části území
její využití zvyšuje spolehlivost a bezpečnost v zásobování území energií.

Nevýhody:

vysoká investiční náročnost
projekt s využitím geotermální energie z větších hloubek (HDR) je založen na předpokladech, které nedávají 100% jistotu dosažení projektovaných parametrů a ty je možno ověřit až realizací projektu.



3.6. Perspektivní systémy pro zavádění úsporných opatření uvažovaných pro příspěvkové organizace Středočeského kraje.

Nejjednodušším opatřením je v současné době výměna osvětlení. Náročnější jsou potom opatření v oblasti tepelných izolací, od zateplení střech (stropů), obvodových stěn a podlah po výměnu otvorových výplní (okna, dveře). S okny pak souvisí zastínění v letním období (nejlépe venkovní žaluzie nebo rolety).

Perspektivní se dále jeví elektrická tepelná čerpadla, v případě reverzování se dají využít i k chlazení.

Na významu nabývá fotovoltaika doplněná bateriovým uložištěm. Poněkud do pozadí byly zatlačeny fototermické kolektory na ohřev užitkové vody, případně přitápění. Fototermické kolektory mohou být i v provedení pro ohřev vzduchu.

Dále se objevují tepelná čerpadla pracující na bázi absorpčního cyklu, a to jak elektrická, tak plynová. K dispozici jsou i kogenerační jednotky produkující elektrickou energii a teplo. V současné době je poněkud nejistá budoucnost zemního plynu (sankce na obchod s Ruskem), což se týká kogeneračních jednotek a plynových tepelných čerpadel.

Ne zcela jasná je budoucnost biomasy, hlavně spalování pelet v menších tepelných zdrojích (otázka dostupnosti paliva a jeho ceny a dále hodnocení produkce CO₂ pro účely dotací).

Zapojení dalších zdrojů, jako vodní, větrná nebo geotermální energie je prozatím výjimečné.

Nadějně se jeví využití vodíku, a to buď jako příměs do stávajícího zemního plynu, vedení samostatnými rozvody nebo lokální výroba a ukládání jako dlouhodobá akumulace. Využít se pak dá pro přímé spalování nebo pro výrobu elektrické energie v palivových člancích.

3.6.1. Osvětlení

U klasických žárovek bylo zvykem orientovat se podle jejich příkonu ve wattech. Příchodem nových světelných zdrojů založených na odlišných principech a s výrazně odlišnou světelnou účinností již tento údaj není dostatečně vypovídající. V současné době se jako nejdůležitější používá světelný tok a měří se v lumenech (lm). Světelný tok je podle definice energie vyzářená za jednotku času v rámci viditelných vlnových délek.

Základní jednotkou světelného toku je lumen (lm). Tento údaj určuje, jak silně dané svítidlo bude svítit a dá se nalézt na balení každého svítidla. Klasická 100 W žárovka má světelný tok zhruba 1000-1500 lm, LED žárovka této hodnoty dosáhne při příkonu zhruba 15-18 W při světelné účinnosti 70 lm/W. Kvalitnější LED žárovky budou mít takový světelný tok při spotřebě jen 6-9 W (při světelné účinnosti 160 lm/W).



Klasická žárovka – základem principu klasické žárovky je tenké wolframové vlákno, kterým prochází elektrický proud. Tím dochází k jeho zahřívání a produkci tepla, která je spojená také se světelným zářením. Daní za jednoduchý princip a levnou výrobu je ale velmi nízká účinnost, zpravidla nižší než 5 %. Protože žárovky zkrátka hodně topí, málo svítí a mají velkou spotřebu, dopadla na ně už před nějakým časem regulace, v jejímž důsledku byl jejich prodej výrazně omezen. Jejich životnost se pohybuje kolem 1 000 hodin svícení.

Halogenová žárovka – základní princip halogenové žárovky je stejný jako u žárovky klasické. Rozdíl je v tom, že do baňky se přidává sloučenina vzácného plynu a halogenu (nejčastěji brom). Díky tomu dosahují tyto žárovky vyšší účinnosti, tedy menší spotřeby a vyšší svítivosti, a také delší životnosti. Ve srovnání s úspornými a LED žárovkami je ale účinnost i životnost stále velmi nízká, což vedlo nejen na území Evropské unie k zákazu jejich výroby a prodeje.

Zářivka (úsporná žárovka) – zářivka je tzv. výbojka, což znamená, že základem jejího principu je uzavřená trubice se speciálním plynem, do níž jsou zavedeny typicky dvě elektrody. Když je na tyto elektrody přiveden budící proud, dojde k tzv. ionizaci plynu. V něm se začnou pohybovat elektrony z jedné strany na druhou a díky jejich vzájemným srážkám vzniká světlo. Ve srovnání s běžnými i halogenovými žárovkami mají zářivky výrazně nižší spotřebu i vyšší životnost. Jsou ale ekologicky závadné, blikají a jejich světelný tok se špatně reguluje.

LED žárovka – LED „žárovky“ jsou moderní, velmi úsporné a dnes už také finančně dostupné světelné zdroje. Jejich princip je založen na světelných diodách (LED), což jsou polovodičové součástky, které po přivedení elektrického proudu vyzařují světlo. Ze všech světelných zdrojů zmíněných v tomto článku mají zdaleka nejnižší spotřebu a nejdelší životnost a také je lze použít prakticky kdekoli od displeje chytrých hodinek až po automobilové světlomety.

Typ světelného zdroje	Počet lumenů na jeden watt příkonu	Svítivost s příkonem 15 W	Nutný příkon pro světelný tok 700 lm	Typická životnost
Klasická žárovka	cca 13 lm	cca 200 lm	cca 54 W	1 000 h
Halogenová žárovka	cca 17 lm	cca 260 lm	cca 41 W	2 000 h



Typ světelného zdroje	Počet lumenů na jeden watt příkonu	Svítivost s příkonem 15 W	Nutný příkon pro světelný tok 700 lm	Typická životnost
Úsporná žárovka	cca 65 lm	cca 980 lm	cca 11 W	8 000 h
LED žárovka	cca 75 lm	cca 1130 lm	cca 9 W	až 50 000 h

*Hodnoty v tabulce jsou jen orientační a teoretické, přímo nerepresentují žádný konkrétní výrobek a slouží jen pro lepší ilustraci rozdílné efektivity různých typů žárovek.

Zjednodušené porovnání světelných zdrojů přináší další tabulka.

Světelný zdroj	Světelná účinnost
žárovka s wolframem	10-15lm/W
halogenová žárovka	15-25lm/W
LED žárovka	80-160lm/W

Pro lepší přehled o tom, jak lze příkon a svítivost LED žárovek srovnat s příkonem a svítivostí klasických žárovek, je zde uvedena ještě další tabulka. Zde je například uvedeno, že svítivost 100 W žárovky je podobná jako u 10 W LED světla. Je třeba mít na paměti, že i v tomto případě jsou hodnoty v tabulce jen orientační a budou se lišit v závislosti na konkrétním modelu světelného zdroje. Zatímco některé LED žárovky budou generovat 1 500 lm s příkonem 10 W, jiné jen 1 100 lm s příkonem 12 W.

Světelný tok (svítivost) v lumenech	Příkon klasické žárovky	Příkon LED žárovky
500 lm	40 W	7 W
800 lm	60 W	10 W



Světelný tok (svítivost) v lumenech	Příkon klasické žárovky	Příkon LED žárovky
1 200 lm	75 W	12 W
1 500 lm	100 W	15 W
2 500 lm	150 W	20 W

*Hodnoty v tabulce jsou orientační a liší se podle konkrétních produktů.

Index CRI - index podání barev (CRI – Color Rendering Index) měří podobnost podání barev umělého osvětlení se slunečním světlem. Čím vyšší CRI, tím realističtěji vypadají barvy pod daným osvětlením

Jednotka CRI se ve vzorcích označuje jako Ra, average Rendering score = průměrné skóre podání barev. Pohybuje se v rozmezí od 0 do 100 a je to procentuální vyjádření podílu vlnových délek slunečního světla v umělém osvětlení. Slunce vyzařuje světlo, které má CRI 100 - obsahuje vlnové délky, které podávají barvy přirozeně. CRI vyjadřuje, na kolik procent se světlo umělého osvětlení podobá tomu slunečnímu. Osvětlení se k němu dokáže jen přiblížit, ne však dorovnat.

„Klasická“ žárovka s wolframovým vláknem měla CRI na úrovni téměř 100, ale většina LED žárovek má CRI kolem 80. I když v nabídce už je i LED osvětlení s CRI 95.

CRI úzce souvisí s barvou světla. Nejvíce se CRI projeví ve spektru 4000-5500K, což se většinou označuje jako neutrální bílá barva světla. Zároveň platí, že čím vyšší je CRI, tím je světelný tok svítidla nižší – mezi 70 a 90 CRI je rozdíl zhruba 15 % lumenů.

Vysoký index podání barev se vyžaduje zejména:

- do kuchyně, aby potraviny a pokrmy mohly být posuzovány v přirozených barvách,
- do koupelen, aby barvy při líčení vypadaly, jak budou vypadat na slunci,
- na chodbu, resp. do šatníku při výběru oblečení
- ve zdravotnictví – operační sály, zubní ordinace,
- v audiovizuálním průmyslu – divadla, filmová a fotografická studia nebo maskérny,
- v obchodech – klenotnictví, v obchodech s oděvy, salónech krásy
- obecně všude, kde se vyžaduje co nejvěrnější podání barev.

Rovněž lidé pod osvětlením s nízkým CRI mohou působit nemocně, mdle nebo unaveně.

Nízký index může mít za následek:

- zkreslené vnímání (vzdálenost, kontrast barev, prostorová orientace),
- únavu očí, bolest hlavy a jiné zdravotní problémy,
- nižší koncentraci a tím pádem i větší chybovost.



Ra 80 je minimální hodnota udávaná Evropskou unií pro osvětlení domácností. Pro exteriér stačí i CRI 65-70 (např. pro osvětlení dvora nebo zahrady).

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty indexu CRI s kategoriemi zařazení:

Kategorie	Ra	Podání barev
1 A	>90	výborné
1 B	80-90	výborné
2 A	70-80	dobré
2 B	60-70	dobré
3	40-60	slabší
4	<40	slabé

Příkladem nízkého CRI jsou například pouliční lampy se sodíkovými výbojkami (oranžové světlo). Tato světla mají CRI na úrovni kolem 30, což je velmi nízká hodnota. Trochu lepší (kolem Ra 50) jsou svítidla s obsahem rtuti. Střední hodnotu (Ra 60-70) dosahují metalhalogenidové lampy.

Hodnota nad 80 je považována za velmi vysokou, kterou dosahují LED produkty, ale i svítidla s obsahem vzácných plynů (xenon, argon, neon) nebo halogenové výbojky. Nad 90 mají klasické, vláknové žárovky, zářivky, ale v současnosti se rozšiřuje i nabídka LED osvětlení s vyšším indexem CRI.

Světelný zdroj	Příkon (W)	CRI
Žárovky klasické	25-100	100
Žárovky halogenové	20-300	100
Zářivky lineární	14-80	80-98
Zářivky kompaktní	5-80	80-90
Výbojky halogenidové	20-2000	65-90
Výbojky sodíkové vysokotlaké	50-1000	20-30
Výbojky sodíkové nízkotlaké	18-180	10-20
Bezelektrodové indukční výbojky	35-300	80
LED diody	0,01-3	70-95

Hodnoty uvedené v tabulce jsou orientační, protože každý z výrobců může mít hodnoty nastavené jinak.

Metodika výpočtu CRI - pro výpočet CRI se používá nejčastěji škála 8 barev. Každá barva umělého osvětlení se porovná s přirozenou barvou ze slunečního světla (nebo z klasické žárovky). Pro každé srovnání dostaneme skóre podobnosti od 0 do 100 – R1, R2, ..., R8. Aritmetický průměr těchto hodnot je výsledné Ra (a = average), resp. CRI. Existuje ještě extended CRI – tam se porovnává až 15 barev.



3.6.2. Tepelné izolace

Tepelné izolace ve stavební konstrukci oddělující vnitřní prostory od exteriéru nebo prostory s různou teplotou vnitřního prostředí zajišťují dosažení součinitele prostupu tepla. Požadavky na součinitel prostupu tepla stanovuje ČSN 73 0540-2. Zpomalují šíření tepla přes stavební konstrukci, tím snižují tepelné ztráty a zvyšují energetické úspory. Dostatečná míra tepelné izolace spolu s dalšími opatřeními zajišťuje také dostatečně vysokou vnitřní povrchovou teplotu obvodové stavební konstrukce. Povrchová teplota vnitřního povrchu konstrukce musí být nad teplotou rosného bodu, tak aby nedocházelo ke kondenzaci vodní páry a růstu plísní.

Tepelné izolace lze dělit podle několika hledisek, např. na pěnové, vláknité a další, případně na přírodní a syntetické. Běžně používané typy se liší mnoha parametry ovlivňujícími jejich použití. Jde zejména o mechanické vlastnosti, součinitel tepelné vodivosti, faktor difuzního odporu, nasákavost, požární vlastnosti a další. Mezi běžně používané typy patří polystyren (expandovaný a extrudovaný), minerální vlákna (minerální vata), pěnové sklo, PUR, PIR, fenolická pěna, dřevovláknité a celulózové izolace.

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou ϑ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12



Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9



Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ; A _w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ² .	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	0,15 + 0,85 · f _w
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$	
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2

Poznámky

¹⁾ Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m²·K).

²⁾ Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m²·K).

³⁾ Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.

⁴⁾ V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.



⁵⁾ Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.

⁶⁾ Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.

⁷⁾ Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m²·K).

3.6.2.1. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m² při rozdílu teplot jejích povrchů 1 K. Má označení UT, U a má jednotku W/(m²·K). Součinitel prostupu tepla, označován také jako U-hodnota (transmission heat loss coefficient; heat thermal transmittance value, U-value) je celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce, je definován vztahem:

$$U_T(U) = \frac{1}{R_T}$$

kde RT je odpor konstrukce při prostupu tepla (z prostředí do prostředí) [m²·K/W]

Pozn.: ČSN EN ISO 6946 na rozdíl od ČSN 73 0540-1 zahrnuje vliv kotevních prostředků procházejících skrze izolace až do korekcí součinitele prostupu tepla $\Sigma\Delta U$ při výpočtu celkového součinitele prostupu tepla U_c.

Vlastnost hodnotí vliv celé konstrukce a k ní přilehlých vzduchových vrstev na šíření tepla prostupem. Je odvozena z tepelného odporu konstrukce R. Vzájemný vztah součinitele prostupu tepla U, ve W/(m²·K), a tepelného odporu konstrukce R, v m²·K/W, popř. odporu při prostupu tepla RT, v m²·K/W, je dán vztahy:

$$U_T(U) = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T}$$

Součinitel prostupu tepla U a tepelný odpor konstrukce R se stanoví pro podmínky ustáleného šíření tepla při zimních návrhových okrajových podmínkách.

Součinitel prostupu tepla U, ve W/(m²·K) a odpor při prostupu tepla RT, v m²·K/W, vyjadřují prostup tepla celou konstrukcí. Proto musí zahrnovat vliv všech tepelných mostů a jiných zdrojů navýšení tepelných toků obsažených v konstrukci. Vliv tepelných mostů v konstrukci lze zanedbat, pokud jejich souhrnné působení je menší než 5 % součinitele prostupu tepla vypočteného s vlivem tepelných mostů.

Konstrukce se zkosenými vrstvami

V případě, že konstrukce má zkosené (spádové) vrstvy např. tepelněizolační vrstva střechy tvořící spád), pak se mění odpor konstrukce při prostupu tepla po ploše konstrukce. Postup



stanovení tepelně efektivní tloušťky vrstev s proměnnou tloušťkou uvádí ČSN EN ISO 6946 v příloze C. Výpočet se provede odděleně pro každou dílčí část s odlišným sklonem a tvarem.

Konstrukce se systematickými tepelnými mosty

Jedná se o přibližný výpočet součinitele prostupu tepla se systematickými tepelnými mosty dle ČSN EN ISO 6946 např. dřevěné prvky v konstrukci. Tuto metodu nelze použít pro tepelné mosty tvořené kovovými prvky. Pro přesnější výpočet s ohledem na významnější rozdíl mezi tepelnou vodivostí materiálů ve vrstvě je třeba použít podrobný numerický výpočet vícerozměrného teplotního pole.

Celkový součinitel prostupu tepla; celková U-hodnota (total transmission heat loss coefficient; total loss thermal transmittance; total U-value)

U_c [W/(m²·K)],

Celkový součinitel prostupu tepla U_c , ve W/(m²·K) zpřesňuje součinitel prostupu tepla U zahrnutím vlivů vzduchové vrstvy, popř. vlivu přímého styku tepelné izolace se srážkovou vodou. Korekce přímého působení nepříznivých vlivů na tepelněizolační vlastnost, se stanoví ze vztahu:

$$U_c = U + \Sigma \Delta U$$

Kde

U ... součinitel prostupu tepla ve W/(m²·K)

$\Sigma \Delta U$... celkové zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem netěsností a mezer v tepelných izolacích a vlivem srážek zatékajících do vrstvy tepelné izolace ve střeších s obráceným pořadím vrstev [W/(m²·K)].

Pozn.: ČSN EN ISO 6946 na rozdíl od ČSN 73 0540-1 zahrnuje do korekcí součinitele prostupu tepla $\Sigma \Delta U$ při výpočtu celkového součinitele prostupu tepla U_c vliv kotevních prostředků procházejících skrze izolace. ČSN 73 0540-1 zahrnuje vliv kotev již do výpočtu součinitele prostupu tepla U .

S celkovým součinitelem prostupu tepla U_c se v dalších výpočtech a při hodnocení konstrukce nakládá jako se součinitelem prostupu tepla U jiných konstrukcí.

3.6.2.2. Součinitel tepelné vodivosti

Součinitel tepelné vodivosti vyjadřuje schopnost stejnorodého, izotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo. Má označení λ a jednotku W/m·K. Součinitel tepelné vodivosti (thermal conductivity coefficient) je dán vztahem:

$$\lambda = \frac{\vec{q}}{-\text{grad}\theta}$$

Kde q ... vektor hustoty ustáleného tepelného toku sdíleného vedením, proudícího stejnorodým izotropním materiálem [W/m²]



grad θ ... gradient teploty [K/m]

Součinitel tepelné vodivosti je přímo závislý na více faktorech, např. na vlhkosti, objemové hmotnosti, střední teplotě, tloušťce materiálu (s intenzivním přenosem tepla sáláním, např. tepelné izolace z pěnových plastů, nebo s přenosem tepla prouděním, např. tepelné izolace vláknité) atd.

3.6.2.3. Součinitel tepelné vodivosti ve výpočtu

Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_D (W/m.K)

Deklarovaná hodnota je hodnota stanovená výrobcem podle příslušné výrobní normy při definovaných podmínkách (střední teplota při měření $10 \pm 0,3$ °C; vlhkost zkušebních vzorků, která je dána kondicionováním zkušebních vzorků nejméně 6 h při teplotě vzduchu 23 ± 5 °C a relativní vlhkosti 50 ± 5 %, tedy ve stavu neustálené sorpční, popř. desorpční vlhkosti u23/50 – některé normy výrobku upřesňují kondicionování zkušebních vzorků). Pro jednotlivé tepelněizolační materiály se postupuje dle norem výrobku řady ČSN EN 13162 až ČSN EN 13171.

Deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti mohou tvořit podklad pro stanovení návrhových hodnot.

Charakteristická hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_k (W/m.K)

Charakteristická hodnota je odvozena pro stanovenou charakteristickou hodnotu vlhkosti u23/80. Charakteristická hmotnostní vlhkost u23/80 je rovnovážná sorpční hmotnostní vlhkost materiálu, stanovená za podmínek teplota vzduchu 23 ± 2 °C a relativní vlhkost vzduchu 80 ± 3 %.

Při uvádění výrobků na trh v České republice, na které se vztahují příslušné evropské harmonizované normy výrobku, nemají povinnost výrobci uvádět charakteristické hodnoty. Obvykle uvádějí pouze deklarované hodnoty dle příslušných referenčních podmínek. S ohledem na tuto skutečnost to znamená, že je třeba při návrhu výrobku do stavby postupovat s určitou znalostí těchto vlastností.

Charakteristickou hodnotu součinitele tepelné vodivosti lze stanovit z deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti (hodnota stanovená v suchém stavu) dle vztahu:

$$\lambda_k = \frac{\lambda_D}{1 - Z_u \cdot W_{mk}}$$

kde

λ_D ... deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti dle příslušné normy výrobku

Z_u ... vlhkostní součinitel dle přílohy A1 v ČSN 730540-3

W_{mk} ... charakteristická vlhkost materiálu, obvykle u23/80



POZNÁMKA: Postup stanovení charakteristické hodnoty součinitele tepelné vodivosti stanoví ČSN 72 7014 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu,

Vyhodnocení zkoušek.

Návrhová (výpočtová) hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_u (W/m.K)

Návrhová hodnota je odvozena pro určené teplotní a vlhkostní podmínky, popř. mechanické namáhání. Určené tepelné a vlhkostní podmínky musí odpovídat tepelnému a vlhkostnímu namáhání a způsobu zabudování výrobku do stavby a užívání dané konstrukce, čímž se zajišťuje bezpečný návrh stavebních konstrukcí.

Návrhové hodnoty vlastností vybraných stavebních výrobků jsou uvedeny v tabulkách v přílohách ČSN 73 0540-3 a jsou stanoveny pro nejméně příznivé zabudování výrobku do stavební konstrukce.

Návrhové hodnoty vlastností stavebních výrobků lze také stanovit výpočtem pro konkrétní užití, na základě charakteristických hodnot a součinitelů podmínek působení. Součinitele podmínek působení zohledňují způsob zabudování materiálu do stavební konstrukce vystavené působení venkovního i vnitřního prostředí.

POZNÁMKA: Daný výrobek může mít více než jednu návrhovou hodnotu fyzikální vlastnosti v závislosti na jeho určeném užití, podmínkách prostředí apod.

Naměřená hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_m (W/m.K)

Naměřená hodnota je hodnota statisticky vyhodnocená z naměřených hodnot z dostatečné četnosti zkoušek. Naměřená hodnota je vázaná na stanovené referenční podmínky při měření a stavu vlhkosti výrobku.

Pokud referenční podmínky a stav určují vlastnost výrobku zabudovaného v konstrukci, lze naměřenou hodnotu použít přímo do výpočtu.

V případě, že naměřená hodnota je specifikovaná dle referenčních podmínek a stavu vlhkosti určující charakteristickou hodnotu, tak tato hodnota tvoří podklad pro stanovení návrhové hodnoty.

3.6.2.4. Polystyrenové izolace

Expandovaný polystyren (bílý) – desky

Expandovaný pěnový polystyren patří k nejpoužívanějším typům tepelné izolace. Vyrábí se napěněním polystyrenových perlí o velikostech podle druhu použití (cca 0,63 – 3,15 mm). Označuje se zkratkou EPS a číslem, které vyjadřuje napětí v kPa při 10% stlačení. Pro stavební účely se používá EPS 70 až 150. EPS 70 se uplatňuje v zateplovacích systémech a jako spodní



vrstva tepelné izolace nepochůzných plochých střech. EPS 100 se nejčastěji používá právě do plochých střech jako vrchní vrstva tepelněizolačních vrstev plochých střech nebo jako izolace do podlah s malou zátěží. EPS 150 lze použít pro zatížené izolace – pochůzná střechy, podlahy apod.

Do stavebních konstrukcí se používá EPS samozhášivý, který obsahuje tzv. retardéry hoření způsobující, že při odstranění zdroje hoření materiál sám uhasne a stabilizovaný, tzn., že desky dané tloušťky byly z bloků nařezány až po tom, co proběhlo přirozené smrštění materiálu obvyklé v prvních týdnech po jeho vyrobení. EPS se používá do stavebních konstrukcí bez zvláštních požárních požadavků. V případech, kdy to požární předpisy vyžadují (například u zateplovacích systémů budov o větších výškách a u skladeb střech), se obvykle nahrazuje deskami z minerálních vláken. Objemová nasákavost je při úplném ponoření do 5 % (tj. 300% hmotnostní nasákavost) v závislosti na typu výrobku a objemové hmotnosti.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 20\text{--}100$
- objemová hmotnost běžně užívaného EPS $\rho = 15 \text{ až } 40 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň E

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13163+A2: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS)

Expandovaný polystyren (grafitový) – desky

Jedná se o obdobný materiál, jako bílý EPS. Do materiálu je přidána přísada z grafitových nanočástic, díky níž se významně snižuje sálavá složka přenosu tepla v izolačním materiálu. Grafitový EPS dosahuje lepších hodnot součinitele tepelné vodivosti λ .

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,030 \text{ až } 0,033 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 20\text{--}100$
- objemová hmotnost běžně užívaného EPS $\rho = 10 \text{ až } 40 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň E

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13163+A2: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS)



Expandovaný polystyren – rozvolněný

Expandované polystyrenové kuličky jsou někdy dodávány s příměsí proti škůdcům. Vyrábí se ze samozhášivého polystyrenu, napěněním polystyrenového perlitu. Lze využít materiálový základ bílý polystyren či grafitový polystyren. Materiál je rozvolněný, není stlačen do desek. Aplikuje se foukáním do dutin.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,040$ až $0,045$ W/mK
- faktor difuzního odporu nafoukané vrstvy $\mu = 2-4$
- objemová hmotnost běžně užívaného nafoukání $\rho = 27$ kg/m³
- třída reakce na oheň E

Expandovaný polystyren vyráběný do forem (perimetr)

Perimeter se vyrábí tzv. vypěňováním do formy. Výrobek se dále nedělí. Na rozdíl od EPS má uzavřenou strukturu povrchu. Desky mají často povrch drážkovaný (drenážní) či jinak profilovaný, popřípadě upravené hrany do tvaru polodrážky apod.

Tento polystyren má obvykle dlouhodobou objemovou nasákavost při úplném ponoření < 3 % (dle ČSN EN 12 087), a proto může být užívaný pro izolaci podzemních částí budovy, soklů (do míst exponovaných vodou), kde díky profilaci povrchu může plnit i drenážní funkci, a pro podlahy na terénu bez nároků na kročejový útlum. Někteří výrobci uvádějí použití i pro inverzní střechy.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,034$ W/mK
- faktor difuzního odporu $\mu = 50-150$
- objemová hmotnost $\rho = 20-40$ kg/m³
- třída reakce na oheň E

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13163+A2: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS)

Extrudovaný polystyren – XPS

Extrudovaný polystyren se označuje zkratkou XPS a číslem, které označuje napětí při 10% stlačení materiálu. Prvotní surovinou pro výrobu XPS je ropa, dále polystyrenový granulát, který se extruduje rozpínavými plyny. Hlavní předností extrudovaného polystyrenu je uzavřená struktura pórů, což zaručuje téměř nulovou nasákavost. XPS se vyznačuje velkou pevností v tlaku. Používá se zejména do konstrukcí staticky zatěžovaných a exponovaných vodou (tepelná izolace stěn v kontaktu s terénem a sokly budov, střechy s opačným pořadím vrstev, pod plošné základy, pojižděné střechy atd.).



Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,030\text{--}0,038 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 180$
- objemová hmotnost $\rho = 30$ až 150 kg/m^3
- třída reakce na oheň E

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13164+A1: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Průmyslově vyráběné výrobky z extrudovaného polystyrenu (XPS)

Vysokopevnostní polystyren (kompaktní)

Jedná se o materiál na bázi polystyrenu, strukturou připomínající pemzu nebo sádro. Pro svou vysokou pevnost v tlaku (pevnost kompaktního polystyrenu až 10 MPa – pro srovnání EPS: $0,1\text{--}0,2 \text{ MPa}$) se využívá ke složitě řešitelným detailům, především k přerušení bodových tepelných mostů. Patří k dražším typům izolace. Lze do něj kotvit a šroubovat nebo opírat například prvky zábradlí, nosných roštů fasád, markýzy apod.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,035\text{--}0,060 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 100$
- objemová hmotnost $\rho = 100\text{--}400 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň E

3.6.2.5. Izolace PUR, PIR a fenolická pěna

PUR a PIR (desky)

Polyuretanová i polyisokianurátová pěna se používá mimo lití a stříkání přímo na stavbě i pro výrobu deskových materiálů. Desky je možno vyrábět způsobem řezání z bloků vzniklých volným pěněním nebo ve formách.

Pokud mají být desky pevně spojeny s jinými materiály (například s hliníkovou fólií, plechem, skelnou tkaninou) vyrábí se výhradně napěňováním do finální tloušťky. Suroviny pro výrobu pěny se nalévají mezi tenké materiály tvořící budoucí povrch desek. Proběhne chemická reakce a prostor je vyplněn pěnou, zároveň dojde ke spojení pěny s vloženými materiály.

Kompozity z PUR a PIR pěny se užívají pro izolaci střeš, podlah, stěn, popřípadě se vyrábějí jako hotové celostěnové panely s hliníkovým pláštěm (k montáži na průmyslové haly apod.). V České republice se používají pro nadkroevní systémy šikmých střeš, kde se využívá jejich pevnosti při zachování jejich tepelněizolačních charakteristik.



Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,022\text{--}0,075$ W/mK (dle konkrétního složení kompozitu)
- faktor difuzního odporu: dle konkrétního složení kompozitu
- objemová hmotnost $\rho = 30\text{--}100$ kg/m³ (dle konkrétního složení kompozitu)
- třída reakce na oheň C–E dle konkrétního složení kompozitu

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13165+A2: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Průmyslově vyráběné výrobky z tvrdé polyurethanové pěny (PU)

Fenolická pěna

Fenolická pěna se vyrábí napěněním fenolformaldehydových pryskřic do bloků, které se následně řežou na desky a oboustranně opatřují skelným vláknem či reflexní hliníkovou fólií. Používá se pro zateplení fasád, s výhodou u rekonstrukcí či v detailech, kde není místo na velkou tloušťku izolantu pro její dobrou hodnotu součinitele tepelné vodivosti. Oproti materiálům PUR a PIR má lepší tepelněizolační vlastnosti a reakci na oheň.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,024\text{--}0,021$ W/mK
- faktor difuzního odporu $\mu = 35$
- objemová hmotnost $\rho = 35$ kg/m³
- třída reakce na oheň C, speciální produkty B

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13166+A2: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Průmyslově vyráběné výrobky z fenolické pěny (PF)

Polyuretanová pěna – PUR (stříkaná, litá)

Polyuretanová pěna existuje dvojího druhu – tvrdá a měkká. Měkká pěna je známá jako molitan, ve stavebnictví se využívá polyuretanová pěna tvrdá – zkratkou označovaná jako PUR pěna. Široké uplatnění má v detailech konstrukcí jako výplň a izolace spár apod. Lze ji využít i pro zateplení plošných konstrukcí, stropů, střech. Aplikuje se nástřikem nebo litím. Jelikož pěna na povrchu ulpívá, přizpůsobí se i složitě tvarovaným povrchům.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,033$ až $0,045$ W/mK
- faktor difuzního odporu $\mu = 30\text{--}100$ (dle objemové hmotnosti)
- objemová hmotnost $\rho = 30\text{--}100$ kg/m³
- třída reakce na oheň C–E (dle konkrétního chemického složení)

Harmonizovaná norma:



ČSN EN 14315: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Výrobky ze stříkané tvrdé polyurethanové (PUR) a polyisokyanurátové (PIR) pěny vyráběné in situ

Polyisokyanurátová pěna PIR (stříkaná, litá)

Materiál je tvořen kombinací uretanových a isokyanurátových vazeb. Jde o velmi podobný materiál jako známější polyuretan (PUR), PIR má ale obecně vyšší pevnost v tlaku (PUR 100 kPa, PIR 170 kPa) a menší tepelnou vodivost. Aplikovat se může jak litím, tak stříkáním na povrch či do dutin.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,021$ až $0,023$ W/mK
- faktor difuzního odporu $\mu = 35$
- objemová hmotnost $\rho = 30$ – 100 kg/m³
- třída reakce na oheň C–E (dle konkrétního chemického složení)

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 14315: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Výrobky ze stříkané tvrdé polyurethanové (PUR) a polyisokyanurátové (PIR) pěny vyráběné in situ

3.6.2.6. Izolace z obnovitelných surovin (dřevo, celulóza, konopí, ovčí vlna, sláma)

Izolace v této materiálové kategorii mají společnou vlastnost: vysokou akumulaci tepla při současném zachování nízkého součinitele prostupu tepla. (porovnání: kamenná vlna $c =$ cca 850 J/kg·K, dřevitá izolace $c = 2100$ J/kg·K při stejné objemové hmotnosti i součiniteli tepelné vodivosti). To je výhodné především pro izolaci podkroví nebo lehkých staveb. Díky vysoké tepelné kapacitě dochází k prodloužení fázového posunu při prostupu tepla. Další výhodou je nízká ekologická stopa. Jednou z nevýhod je také jejich vyšší cena.

Dřevovláknité izolace (desky)

Izolace se vyrábí z dřevních vláken s přídavkem síranu hlinitého a zpevňujících plnidel popřípadě dalších přísad (např. hydrofobizované přídavky vodního skla a parafínu). Deskové dřevovláknité izolace je možno využít pro výplně sloupkových konstrukcí. Ve větších objemových hmotnostech se užívají jako fasádní izolace či nadkroevní tepelná izolace, kde mohou některé typy desek díky silné hydrofobizaci zastat funkci pojistné hydroizolace. Tuhé desky je možné využít i pro izolaci podlah.

Vlastnosti se mění s objemovou hmotností:

Desky o objemové hmotnosti okolo 50 kg/m³ jsou dobře stlačitelné.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,039$ až $0,045$ W/mK
- faktor difuzního odporu $\mu = 1$ – 2



- objemová hmotnost $\rho = 50 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň E

Dřevovláknité desky s objemovou hmotností 250–300 kg/m³ mají pevnost v tlaku cca 200 kPa a v tahu okolo 30 kPa (možnost přímého kotvení roštů fasády či laťování střechy).

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,040\text{--}0,055 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 5\text{--}10$
- objemová hmotnost $\rho = 250\text{--}300 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň E

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13171+A1: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Průmyslově vyráběné dřevovláknité výrobky (WF)

Dřevovláknitá foukaná izolace

Izolací jsou dřevní vlákna s přídavkem kyseliny borité jako retardéru hoření. Aplikuje se stejně jako jiné rozvlákněné materiály – potrubím hnaná vzduchem. Objemová hmotnost aplikace se liší dle sklonu konstrukce – střecha, stěna apod.)

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,045\text{--}0,055 \text{ W/mK}$ (dle objemové hmotnosti aplikace)
- faktor difuzního odporu $\mu = 1\text{--}2$
- objemová hmotnost $\rho = 30\text{--}45 \text{ kg/m}^3$ (pro dosažení $\lambda = 0,04$)
- třída reakce na oheň E

Izolace z technického konopí (role, rohože, měkké desky)

Skládají se z konopného pazdeří, konopného vlákna a příměsí sody k omezení hoření a plísni. Používá se k výplním dřevěných konstrukcí krovů nebo stěn a stropů dřevostaveb. Ve slabých rohožích je využívána jako výplň mezi prvky srubových staveb. Tepelná kapacita konopných materiálů je $c = 1600 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$. Velmi podobné vlastnosti jako izolace z technického konopí má i izolace ze lnu.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 1\text{--}2$
- objemová hmotnost $\rho = 30\text{--}100 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň E



Celulózová izolace (suchá aplikace)

Jedná se o papírovou cupaninu, získanou recyklací papíru. Vyrábí se s přidavkem příměsí, boritých solí, síranu hořečnatého, fosforečnanu amonného. Kombinace těchto přísad v celulózové tepelné izolaci způsobuje zvýšenou odolnost proti ohni, plísním a houbám a současně odpuzuje hmyz a drobné hlodavce. Jde o nejznámější materiál pro foukané izolace. Potrubím s hnaným vzduchem se hmota ukládá do dutin v konstrukci. Aplikace je možná i jako volně ložená například do nepochůzných půdních prostorů. Materiál má obdobnou měrnou tepelnou kapacitu jako výrobky z dřevitého vlákna $c = 2000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,040$ až $0,050 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 1-3$
- objemová hmotnost $\rho = 30-60 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň C-E (dle přidáných retardérů hoření)

Celulózová izolace (mokrý aplikace)

Materiálem je celulózová izolace pro mokrou aplikaci shodná s celulózou pro suchou aplikaci. Rozdíl nastává při realizaci, kdy se do stříkáací trysky přidává k rozvlákněnému papíru malé množství vody. To způsobí lepidlové vlastnosti mokrého papíru a jeho ulpívání na povrchu konstrukce. Mimo vody, lze použít chemická pojiva, která mohou ovlivňovat třídu reakce na oheň.

Mokrý způsob nanášení není určen do nepřístupných dutin, je nutné zajistit k povrchu celoplošně přístup. Výhodou je okamžitá vizuální kontrola míry vyplnění prostoru izolantem. Lepivý mokrý materiál následně schne (doba vysychání v řádu hodin) a tvrdne. Tím je zaručeno jeho nulové sedání v průběhu času. Další výhodou tvarové stálosti je chování při požáru, kdy se materiál ani prohořelou dutinou nevysype. Nevýhodou oproti suchému způsobu nanášení je větší časová náročnost a větší pracnost aplikace.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,045$ až $0,055 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 1-3$
- objemová hmotnost $\rho = 40-50 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň C-E (dle přidáných retardérů hoření či lepidel)



Izolace z ovčí vlny

Vstupní materiál je ovčí vlna s příměsí proti biologické degradaci a molům. Pro hlodavce je ovčí vlna nestravitelná. Výrobky jsou s výhodou využitelné v dřevostavbách, jelikož ovčí vlna je hygroskopická (dokáže absorbovat a opět vydávat vzdušnou vlhkost bez zhoršení λ)

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 1-2$
- objemová hmotnost $\rho = 13-30 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň E

3.6.2.7. Minerální izolace

Kamenná vlna (desky nebo role)

Kamenná tepelná izolace je vyráběna za vysokých teplot rozvlákněním čediče bazaltu či gabra v peci a zformováním těchto vláken do rohoží či desek.

Vyrábí se ve dvou základních variantách jako měkké rohože a tuhé desky. Měkké rohože se používají pro nezatížené stavební izolace, jako jsou např. půdní prostory, a také pro technické izolace. Tuhé desky se používají pro zatížené izolace stavebních konstrukcí, do kontaktních zateplovacích systémů ETICS, provětrávaných fasád, jako výplňové izolace do rámových dřevostaveb, izolace šikmých střech s krovovými soustavami atd. Desky s vyšší objemovou hmotností (nad 100 kg/m^3) lze využít i k tepelné izolaci podlah. Desky s tzv. kolmou orientací vláken se používají nejčastěji ve formě lamel pro zateplení zakřivených povrchů.

Kamenná vlna je nehořlavá, proto nachází uplatnění v konstrukcích se zvýšenými požadavky na požární bezpečnost – požárně dělicí pásy v kontaktních zateplovacích systémech, konstrukce s vyšší požární odolností atd.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,035-0,045 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 1$ až 2
- objemová hmotnost $\rho = 30-100 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň A1

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13162+A1: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Průmyslově vyráběné výrobky z minerální vlny (MW)



Skelná vlna (desky nebo role)

Skelná vlna se vyrábí jednak z nového skla nebo recyklací a rozvlákněním obalového skla. Roztavené sklo je rozfoukáváno na vlákna a formováno do desek nebo rohoží. Použití skelné vlny je obdobné jaké u vlny kamenné. Běžně se výrobky užívají k izolaci mezi krokve krovů či sloupky lehkých skeletových staveb, do stropů a podhledů i provětrávaných fasád. Jako nehořlavý materiál je lze užít i jako požární izolaci.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,030-0,045$ W/mK
- faktor difuzního odporu $\mu = 1$
- objemová hmotnost $\rho = 15-35$ kg/m³
- třída reakce na oheň A1

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13162+A1: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Průmyslově vyráběné výrobky z minerální vlny (MW)

Kamenná vlna (rozvlákněná)

Jedná se o rozvlákněný materiál, aplikovaný stejně jako veškeré foukané izolace – potrubím hnaným vzduchem. Výhodou oproti deskám je rychlá aplikace i do tvarově složitých konstrukcí při zachování dobrých protipožárních vlastností (např. pro zateplení půdy).

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,040-0,050$ W/mK (dle množství aplikovaného materiálu)
- faktor difuzního odporu $\mu = 1$
- objemová hmotnost $\rho = 30-100$ kg/m³ (dle množství aplikovaného materiálu)
- třída reakce na oheň A1

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 14064 ed. 2: Tepelněizolační výrobky pro stavby – Výrobky z foukané minerální vlny vyráběné in-situ

Skelná vlna (rozvlákněná)

Základním materiálem může být nové či recyklované obalové sklo. Do materiálu nejsou používány žádné další příměsi ani pojiva. Rozdílem foukané skelné vlny oproti foukané izolaci z kamenných vláken je nižší objemová hmotnost, používaná pro dosažení stejných parametrů součinitele tepelné vodivosti.

Základní fyzikální vlastnosti:



- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,035$ až $0,045$ W/mK (dle množství nafoukaného materiálu)
- faktor difuzního odporu $\mu = 1$
- objemová hmotnost $\rho = 35$ kg/m³ (dle množství nafoukaného materiálu)
- třída reakce na oheň A1

3.6.2.8. Pěnové sklo

Bloky z pěnového skla

Pěnové sklo se vyrábí jak z nového skla, tak z recyklovaného materiálu. Zpěnění skelné hmoty zajišťuje uhlíkový prach, který se za tepla mění na oxid uhličitý. Zchlazený blok se upravuje do finálních rozměrů řezáním a broušením.

Hlavními přednostmi pěnového skla je relativně vysoká únosnost v tlaku a absolutní difuzní uzavřenost materiálu. Používá se pro speciální detaily a konstrukce, kde je třeba tepelnou izolací přenést vyšší namáhání v tlaku, střechy s vyšším provozním zatížením, průmyslové stavby apod. Pro vysoký difuzní odpor se používá do konstrukcí oddělovacích prostory s vysokou vlhkostí, kde by jiné materiály nezajistily příznivý tepelně-vlhkostní režim konstrukcí. Charakteristické použití bloků pěnového skla je do tzv. kompaktní střechy, kde je vyloučena difuze vodní páry skrz střechu. Pěnové sklo je odolné proti veškerým běžným biologickým vlivům a většině chemických vlivů.

Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,040$ – $0,060$ W/mK
- faktor difuzního odporu μ – materiál zcela parotěsný
- objemová hmotnost $\rho = 120$ – 190 kg/m³
- třída reakce na oheň A1

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13167+A1: Tepelněizolační výrobky pro budovy – Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového skla (CG)

Štěrka z pěnového skla

Výroba je obdobná jako u pěnového skla v blocích (napěněním skelné hmoty nové či získané recyklací obalového skla), s následným drcením a tříděním.

Štěrka z pěnového skla se používá pro tepelně izolační zásypy a podsypy. Příkladem pro užití je způsob založení objektu na betonové desce na zhuťné vrstvě štěrky pěnového skla. Ten tak odizoluje celou stavbu, včetně základů. Únosnost takového podsypu po zhuťnění je $0,6$ – $1,2$ MPa. Používají se i menší frakce pro zásyp do podlah (rekonstrukce), zásypů a násypů, izolace zapuštěných bazénů do zeminy, jako lehké kamenivo do betonů a maltových směsí.



Základní fyzikální vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,075 \text{ W/mK}$
- faktor difuzního odporu – zrna parotěsná, zásyp jako celek zcela prodyšný
- sypná hmotnost $\rho = 150\text{--}180 \text{ kg/m}^3$
- třída reakce na oheň A1

Harmonizovaná norma:

ČSN EN 13055-2 „Pórovité kamenivo – Část 2: Pórovité kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové úpravy a pro nestmelené a stmelené aplikace“

3.6.2.9. Zateplovací systémy ETICS

Vnější kontaktní zateplovací systém, mezinárodně označovaný zkratkou ETICS (external thermal insulation composite system) je v České republice nejrozšířenější technologií zlepšování tepelnotechnických parametrů obvodových plášťů budov.

Z čeho se skládá ETICS

Tepelnotechnické parametry zajišťuje vrstva tepelné izolace, která může být v zateplovacích systémech tvořena z většiny tuhých tepelných izolací na trhu. Obvykle to je pěnový polystyren, desky nebo lamely z minerálních vláken, případně materiály na bázi polyuretanu a polyisokyanurátu.

Tepelná izolace se obvykle lepí a kotví k připravenému pevnému a soudržnému podkladu. Způsob lepení a kotvení je stanoven v technologickém předpisu výrobce, případně v projektu.

Na tepelnou izolaci se natahuje tzv. základní vrstva, složená ze stěrkové hmoty, do které se hladítkem vtlačuje skleněná síťovina. Na tu se obvykle natahuje další vrstva stěrkové hmoty.

Na dokončenou základní vrstvu se obvykle provádí probarvená omítka se zatíranou nebo rýhovanou strukturou. Na trhu existuje několik typů tenkovrstvých omítek pro zateplovací systémy. Jsou to omítky akrylátové, silikonové, silikátové a minerální. První tři typy se dodávají ve formě již připravených past v nádobách.

Jednotlivé kroky technologie od lepení izolace po strukturování omítky včetně chybných příkladů z praxe jsou podrobně popsány v článku

Kromě jiného se jednotlivé typy omítek liší difuzními vlastnostmi. Volba materiálu omítky v kombinaci s volbou materiálu tepelné izolace a typem podkladu nejvíce ovlivňují budoucí tepelně-vlhkostní režim konstrukce a míru případné kondenzace.



Průzkum a projekt ETICS

Zateplení by měl předcházet stavebně-technický průzkum objektu a studie, která hodnotí objekt jako celek. Z takovéto studie vzejdou návrhy optimálních řešení pro snížení spotřeby energie na vytápění. Zateplení by mělo být součástí celkové rozvahy o revitalizaci objektu. Pro dosažení očekávaných úspor musí být součástí zateplení i nová regulace otopné soustavy.

Vnější kontaktní zateplovací systém nemá funkci sanačního opatření pro železobetonové i jiné nosné konstrukce. Poruchy a vady podkladních konstrukcí musí být před prováděním ETICS sanovány.

Pro vnější kontaktní zateplovací systém ETICS by měl být vždy zpracován prováděcí projekt, který definuje úpravu nebo případnou sanaci podkladní konstrukce, technologii ETICS, a to včetně tloušťky a materiálu tepelné izolace, typu omítky, způsobu a hustoty kotvení, v neposlední řadě také řešení všech konstrukčních detailů na fasádě.

Z hlediska dlouhodobé životnosti zateplovacího systému ETICS a jeho bezvadné funkce je třeba pamatovat na to, že jde o stavební výrobek složený z jednotlivých komponentů, přesně definovaná sestava, která se kupuje v rámci jedné obchodní transakce u jednoho dodavatele – tzv. sestava „kit“. Dodavatel má takový systém odzkoušený jako celek a deklaruje vlastnosti systému složeného s daných komponent. Je chybou provádět nebo nechat si montovat zateplení složené z komponent nakoupených zvlášť u různých dodavatelů.

Základním předpisem pro provádění zateplovacích systémů je ČSN 73 2901 Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů, vydaná v roce 2005.

ETICS z hlediska požáru

Skladbu vnějšího kontaktního zateplovacího systému ETICS ovlivňují také požadavky na požární bezpečnost staveb. Jedním ze základních požadavků je materiál tepelné izolace v zateplovacím systému – kde a za jakých podmínek lze ještě na fasádě domu použít hořlavý tepelný izolant, zejména expandovaný polystyren EPS, extrudovaný polystyren XPS, fenolickou pěnu, a kde je již nezbytný izolant nehořlavý, tedy obvykle desky z minerálních vláken. Požární normy definují odlišné požadavky pro zateplení novostaveb od požadavků pro dodatečné zateplení starších stávajících staveb, pro které jsou umožněny jisté konstrukční úlevy.



3.6.3. Tepelná čerpadla

3.6.3.1. Historie

Historie tepelného čerpadla začíná rokem 1852, kdy William Thompson, jež byl později pasován do šlechtického stavu a historií znám jako Lord Kelvin (viz obr. 1), vyslovil myšlenku základního principu chodu tepelného čerpadla ve druhé větě termodynamické. Označení čerpadlo je nasnadě, jelikož do sebe zahrnuje právě použití jisté energie na přenos tepla z prostředí s nižší teplotou do prostředí s teplotou vyšší.

Druhým velmi důležitým jménem pro samotný vznik prvního tepelného čerpadla je jméno amerického vynálezce R.C.Webbera, jež na konci čtyřicátých let objevil a využil „odpadní teplo“ ze svého pokusného hlubokomrazného přístroje pro ohřev vody a poté i vzduchu v celém domě.

3.6.3.2. Princip tepelného čerpadla obecně

Pro přiblížení principu tepelného čerpadla je pro člověka nejpřirozenější srovnání s obráceným chodem lednice (chladícího zařízení). Chladící zařízení zjednodušeně pracuje tak, že odebírá všem předmětům uvnitř teplo, které poté předá ven pomocí chladiče umístěného většinou na zadní straně. Pokud bychom takovou lednici použili pro ochlazování venkovního vzduchu, chladič umístěný uvnitř objektu by nám jej ohříval. Vytvořili bychom si tak tepelné čerpadlo.

Skutečná tepelná čerpadla mohou jako „primární zdroje tepla využívat: „suché“ zemské teplo hornin (zemní „suché“ vrty), podzemní vodu (vrty, studnice, zavodněné šachtice starých důlních děl), povrchovou vodu (vodoteče, nádrže, rybníky a jiné akumulace vod), půdní vrstvu (zemní kolektory), venkovní vzduch, vnitřní vzduch (vzduch odváděný větracím systémem budovy, vzduch z tunelů, důlních prostor či výrobních procesů), apod.“

Tyto primární zdroje mohou mít v zimě, kdy je právě největší potřeba topit a využívat tepelné čerpadlo, teplotu velmi nízkou, proto je pro člověka, jež se řídí hlavně okolními pocitovými vjemy, často nepředstavitelné, že by se mohla získávat energie z něčeho „studeného“. Ovšem fyzikální zákonitosti a principy platí všude, tudíž jistou energii získáme při ochlazení teplého čaje z 70 °C na 60 °C (teplo přejde do vzduchu a šálku) nebo při ochlazení zeminy z 10 °C na 2 °C nebo dokonce i při ochlazování pod bodem mrazu. Každý předmět, pokud má teplotu vyšší než -273.15 °C, a to jsou všechny nám známé, je nositelem jisté energie, ze které část můžeme odčerpat.

Obrovskou výhodou tepelných čerpadel je to, že neplatíme všechnu energii, kterou vytápíme, proto jsou také nejlevnější možností vytápění pomocí elektrické Tepelné čerpadlo odebírá z přírody 1,5 až 4krát více energie než spotřebujena svůj pohon. Pro porovnání energetické



výhodnosti tepelných čerpadel používáme poměr celkové výstupní energie k celkové vstupní (energii pro pohon). Tento poměr se nazýváme topný faktor. [2]

Moderní tepelná čerpadla nemusí jenom ohřívat, ale pokud je potřeba, mohou také chladit.

3.6.3.3. Princip tepelného čerpadla z hlediska termodynamiky

Cílem funkce tepelného čerpadla je odebrat energii z oblasti s nízkou teplotní hladinou a předat jí do oblasti s vysokou teplotní hladinou. Z druhého zákona termodynamiky vyplývá, že toto není samovolně možno, tudíž pro dosažení přenosu energie je nutno dodávat systému práci.

Druhý zákon termodynamiky - známe čtyři slovní formulace druhého zákona:

- 1) „Není možné realizovat perpetuum mobile druhého druhu.
- 2) Kelvinova formulace: Nelze získávat ze soustavy neživých látek práci tím, že ji ochlazujeme pod teplotu nejchladnější látky v okolí.
- 3) Kelvinova-Planckova formulace: Není možné sestavit periodicky pracující stroj, který by nezpůsobil nic jiného, než by odebíral teplo ze zásobníku a konal tomuto teplu ekvivalentní práci.
- 4) Clausiova formulace: Teplo nemůže samovolně přecházet z tělesa o teplotě nižší na těleso o teplotě vyšší.“

Pro pochopení principů, na kterých pracuje tepelné čerpadlo nás nejvíce zajímají formulace Kelvinova a Clausiova. Rozdělíme si ochlazování z teploty vyšší než je teplota okolí na teplotu nižší než je teplota okolí na dvě fáze: První začíná na aktuální teplotě ochlazované látky vyšší než je teplota okolí a končí teplotou okolí.

Při ochlazování se z látky uvolňuje určité množství energie. Fáze se automaticky zastaví, při srovnání teplot činitelů interakce. Toto nám popisuje Clausiova formulace.

Pokud bychom chtěli ochlazovat dále, přejdeme do druhé fáze, jež nám popisuje Kelvin. Ochlazování již není samovolnou činností, nebude probíhat, bez vnějšího zásahu.

Pod teplotu okolí lze ochlazovat jen tak, že budeme ochlazované látce energii odebírat a spotřebovávat určitou práci.

Obrácený Carnotův cyklus - „Pro možnost porovnávání hospodárnosti provozu tepelných pracovních strojů, jakými jsou chladicí zařízení a tepelná čerpadla, slouží obrácený Carnotův cyklus. Obrácený Carnotův cyklus je teoreticky ideálním cyklem. Je tvořen dvěma adiabaty a dvěma izotermami. Adiabatická komprese mezi body 1 a 2 vyznačuje proces, při kterém je chladivo v plynném stavu stlačeno, zmenšuje se objem, zvyšuje teplota a tlak. Pracovní médium poté přechází do kondenzátoru, kde je ochlazováno způsobem, který známe již z vysvětlení Clausiovy formulace druhého zákona termodynamiky. Chladivo je teplejší než okolí,



tudíž teplo z chladiva samovolně přechází do okolí. Teplo odevzdané okolí je právě to, jež chladivo potřebovalo na změnu skupenství z plynného na kapalné, tedy skupenské teplo. (křivka izotermické komprese). Dále zkapalněné chladivo prochází expanzní tryskou (ventilem) do výparníku, za ní se zvětšuje objem a snižuje tlak, což popisuje v p-V diagramu křivka izotermické expanze. Když se tlak sníží na jistou hodnotu, kapalina se zase začíná vypařovat, pro tuto skupenskou přeměnu potřebuje teplo a odebírá jej okolí. Tato část je v popsána křivkou adiabatické expanze. Carnotův cyklus vždy ohraničuje práci, pokud cyklus pracuje ve směru hodinových ručiček, děj vytváří určitou práci. Pokud ovšem je orientace cyklu proti směru hodinových ručiček, jak je tomu v našem případě, tak oblast ohraničená křivkami obráceného Carnotova cyklu je práce, kterou musíme systému dodat.

Obrácený Carnotův cyklus využijeme při zjišťování hospodárnosti jak chladících zařízení, tak tepelných čerpadel.

Topný faktor - topný faktor je jedním z nejdůležitějších parametrů tepelného čerpadla. Udává spotřebu elektřiny na produkci tepla. Topný faktor je vždy větší než jedna, můžeme ho spočítat tak, že porovnáme vystupující teplo z tepelného čerpadla s velikostí práce tepelnému čerpadlu dodané.

Topný faktor není konstantní veličina. Se změnou vstupních či výstupních teplot se jeho hodnota mění. Horní teplota TH (H-hot) je teplotou výstupu z tepelného čerpadla, například pro ohřev vody v otopných tělesech. V průběhu roku se pravděpodobně příliš měnit nebude. Ovšem teplota okolí TC (C-cold), jež budeme ochlazovat a tím odebírat energii, se může v průběhu roku výrazně měnit. Velikost kolísání teplot záleží na volbě zdroje. Teploty v dostatečně dlouhém zemním vrtu pro tepelné čerpadlo budou konstantnější než například teploty naměřené v průběhu roku na vodoteči či venkovním vzduchu. Pokud budeme brát v úvahu, že vstupní teplota je téměř konstantní, tak ze vzorce vyplývá, že topný faktor poroste, pokud se bude zmenšovat rozdíl mezi vstupní a výstupní teplotou. Tudíž ideálním případem je, když se vstupní teplota bude blížit výstupní. Toto je problém zdrojů, které výrazně kolísají a klesají do nízkých teplot, protože v zimním období, kdy je největší potřeba topit, teplota zdroje klesá, čímž se zhoršuje topný faktor.

Pro porovnávání dvou nebo více tepelných čerpadel je samotná hodnota topného faktoru bezcenná. Vždy musíme znát podmínky, za kterých dané hodnoty topného faktoru dosáhneme, tedy teploty vstupního média a výstupního média. Například topný faktor 3,5 při teplotě vody vstup/výstup 0/40°C. Taktéž při porovnání dvou tepelných čerpadel pomocí topných faktorů při různých vstupních hodnotách nemůžeme stanovit, které je lepší. Není vždy pravda, že tepelné čerpadlo s topným faktorem 4 při teplotě vody vstup/výstup 10/45°C je lepší než tepelné čerpadlo s topným faktorem 3,6 při teplotě vody 0/50°C.

Pro přesnější výpočty výhodnosti nemůžeme počítat jenom s topným faktorem tepelného čerpadla, ale musíme do něj také zahrnout spotřebu elektrické energie pro oběhová čerpadla



a ventilátory. U tepelných čerpadel se zemními vrty nebo půdními kolektory je spotřeba oběhových čerpadel relativně malá, ale rozhodně nezanedbatelná.

U vzduchových tepelných čerpadel je spotřeba ventilátorů ještě vyšší. Pominutí těchto spotřeb při určování výhodnosti může výsledky výpočtu velmi výrazně ovlivnit nebo zcela znehodnotit a může být také problémem, jež způsobí nezískání dotace z dotačních programů SFŽP u čerpadel, jejichž topný faktor požadovanou minimální hranici splňuje, ale skutečný topný faktor již ne. Pro čerpání dotačních programů může být nestanovení nebo špatné určení skutečného topného faktoru rozhodující pro její získání či nezískání.

Hranicí výhodnosti a nevýhodnosti využití tepelného čerpadla je mezní topný faktor, tedy hodnota, pod níž je vhodnější využít klasického zdroje tepla.

Chladicí faktor - hospodárnost provozu chladících zařízení se posuzuje pomocí chladicího faktoru.

Pro chladicí faktor platí velmi podobné zákonitosti jako pro topný. Opět musíme systému dodat určitou práci. Rozdíl je v tom, že víc nás bude zajímat spodní teplota TC, jelikož ta bude nyní teplotou požadovanou, např. teplota média pro výměník na ochlazování vzduchu v místnosti. Spodní teplotu nemůžeme příliš ovlivňovat, jelikož závisí na potřebách ochlazování chladícího zařízení, např. na požadované teplotě potravin v lednici, či teplotě obytného prostoru. V praxi se používá tzv. odpadní teplo z tepelného čerpadla například pro vytápění bazénů, otop vody v domácnosti nebo je také jej možno využít pro regeneraci zemního vrtu.

3.6.3.4. Rozdělení tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla je možno rozlišovat a sestavovat jejich rozdělení dle mnoha různých kritérií, například: dle primárního zdroje nízkopotenciální energie, dle ohřívaného média, dle typu kompresoru, dle použitého chladiva, atd.

Pro základní popis typů tepelných čerpadel se na první místo uvádí primární zdroj nízkopotenciální a na druhé ohřívané médium. Příkladem může být označení země/voda, tepelné čerpadlo odebírá zemské teplo například pomocí kolektorů a předává jej vodě topného systému.

Primární zdroje nízkopotenciální energie pro tepelná čerpadla -

- Teplo půdní vrstvy (půdní kolektor)
- Zemské teplo (zemní „suché“ vrty)
- Podzemní voda (zdrojová a vsakovací studna)
- Povrchová voda
- Venkovní vzduch
- Vnitřní vzduch



Teplo půdní vrstvy (půdní kolektor)

Pro odběr tepla, jež je akumulováno v půdní vrstvě, se používá zemních kolektorů, které je možno instalovat např. na zahradu rodinného domu nebo na jakýkoliv pozemek připadající danému ohřívanému objektu. Kolektory jsou položeny v dostatečné hloubce, aby nebyly významně ovlivněny promrznáním půdy, poškozeny prorůstajícími kořínky rostlin či keřů, apod. Plošný půdní kolektor se umísťuje vedle objektu v hloubce 1,5 – 2m, dostatečně daleko od základů, aby nehrozilo jejich promrznutí. Trubky půdního kolektoru jsou z polyetylenu, v nich proudí nemrznoucí směs, a mohou se ukládat na souvisle odkrytou plochu nejméně 0,6m od sebe (doporučuje se 1m). Plocha kolektoru by měla být co největší, aby nedocházelo k jeho promrznání. Na ploše, kterou zabírá kolektor, nesmí být postavena žádná budova, jelikož by docházelo k vymrznání jejích základů a půda by se již velmi špatně regenerovala. Podmínkou je také nevysazování stromů s hlubokým kořenovým systémem, protože by mohlo dojít k postupnému prorůstání kořenů kolektorem a jejich následné poškození. Ukládání kolektorů se provádí při celkovém odkryvu půdní vrstvy nebo vyhloubením jednotlivých výkopů. Výhodou půdních kolektorů je jejich nižší cena proti zemním vrtům. Nevýhodami jsou potřeba velké plochy přidruženého pozemku a jejich omezené využití.

Zemské teplo (zemní „suché“ vrty)

Svrchní část naší planety, zemská kůra, se skládá z hornin, jež v sobě kumulují velké množství energie prostupující ze žhavého zemského jádra, ale i nezanedbatelné množství energie ze slunečního záření. Zemský povrch je výrazně ovlivněn počasím do hloubky přibližně 10-15 m, od této hranice teplota roste přibližně lineárně o jeden 1 °C na každých třiceti metrech. U nás se teplota ve 100 m pohybuje v závislosti na lokalitě okolo 10 °C. Tato akumulovaná energie hornin se čerpá pomocí jednoho či více hlubokých padesáti až stopadesátimetrových vrtů průměru 130 až 220 mm, do každého z nich je vložen kolektor. Kolektory jsou obvykle vytvořeny ze dvou, někdy čtyř, polyetylenových hadic průměru 32 až 40 mm s tloušťkou stěny 3 mm. Okamžitě po vyhloubení vrtu a vložení kolektoru je nutno prázdný prostor vyplnit správnou směsí, která musí splňovat dvě velmi důležitá kritéria:

1. Zabránění narušení hydrogeologických poměrů či znečištění zásobárny vody
2. Vysoká tepelná vodivost pro dokonalý přenos tepla

Délka vrtu na jeden kilowat požadovaného výkonu záleží na geologických podmínkách, tedy na tepelné vodivosti hornin v okolí vrtu. V praxi se pohybuje 12 až 18 m na 1 kW. Do výpočtu délky vrtu a tedy i celého kolektoru se zpravidla nezahrnuje prvních deset metrů vrtu, tedy právě oblast ovlivněná počasím, i proto je lépe volit jeden hlubší vrt než dva kratší. Velmi důležité je správné určení potřebné délky vrtu. Pokud bychom vrt poddimenzovali, mohlo by se stát, že vrt zamrzne, jelikož by v něm proudilo médium s teplotou nižší než bod mrazu vody, vzdálenější horniny by nestačily dodávat potřebné množství tepla na vyrovnání odběru tepelného čerpadla a po vyčerpání skupenského tepla vody obsažené v okolních horninách a mezi nimi by se tak stalo. Po zamrznutí již vrt nepracuje správně a rapidně se zhoršuje topný faktor čerpadla. Zpětná regenerace vrtu je velmi zdoluhavá. U sezóně používaných čerpadel



dochází k regeneraci mimo sezónu, pokud bychom se do konce zimy srovnali s horším topným faktorem, u celoročně používaných čerpadel (např. pro ohřev bazénu či TUV) je problém s regenerací výrazně horší. Jediný možný, ekologicky i ekonomicky vhodný, je způsob regenerace pomocí dotování vrtu při chladícím režimu tepelného čerpadla, kdy při letním ochlazení budovy bychom odpadní teplo vraceli do vrtu a tím jej regenerovali. Nejlepším a nejvýhodnějším způsobem je ovšem prevence – správná kalkulace délky vrtu, nešetřit na něm.

Tepelné čerpadlo se zemním vrtem má sice vyšší počáteční investice, ale nabízí za ně dosti vysoký a oproti ostatním typům tepelných čerpadel jen mírně se pohybující topný faktor dosahující hodnot 4 až 5 při průměrných vstupních i výstupních teplotách.

Podzemní voda (zdrojová a vsakovací studna)

Tepelná čerpadla s podzemní vodou jako primárním zdrojem dosahují nejvyššího průměrného ročního topného faktoru s nejnižšími náklady, čili by se zdály tepelnými čerpadly s nejlepším zdrojem, bohužel je ale pro jejich správný chod třeba splnit řadu požadavků, tudíž rozhodně nejsou vhodná všude.

Voda pro ochlazení, jež má průměrnou celoroční teplotu mezi 8 °C a 10 °C, je odebírána ze zdrojové studny a ochlazená se vrací do vsakovací studny. Vysoká průměrná teplota vody je právě tím parametrem, jež v konečném výsledku zvyšuje topný faktor. Bohužel tento systém není vhodný pro každou vodu, ale klade na ni dosti vysoké nároky. Prvním a nejdůležitějším požadavkem je její dostatečné množství, které se zpravidla kontroluje nejméně měsíční čerpací zkouškou a to tak, že se do zdrojové studny vloží čerpadlo, jehož průtok bude nastaven tak, aby simuloval pozdější skutečný odběr tepelného čerpadla.

Dalším požadavkem je dostatečná kvalita ověřenachemickým rozbořem, tzn. čistota a chemické složení, z důvodu prevence proti zanášení čerpadel, či usazování minerálů na výměníku. Tepelné čerpadlo musí být také zajištěno proti výpadku primárního zdroje a pokud se tak stane, musí být vypnuto, aby nedošlo k zamrznutí vody a poškození výparníku. Nejenom zdrojová studna musí splňovat vysoké požadavky, ale i studna vsakovací musí být schopna ochlazenou vodu celoročně přijímat. Studny musí být na pozemku správně umístěny. Zdrojová studna musí být výš proti směru toku podzemní vody, aby do ní nepřitékala již ochlazená voda ze studny vsakovací. Jejich vzdálenost by přitom neměla být menší než osm až deset metrů.

Studny, jakožto vodní díla, mohou být realizovány pouze firmami s oprávněním Báňského úřadu. Ceny studnařských firem se dle geologických poměrů pohybují mezi 1500 Kč/m a 3000 Kč/m a hloubky studní od deseti do třiceti metrů. Podzemní voda se tedy jako primární zdroj zpravidla volí na pozemcích, kde již jedna studna je, protože vrtání dvou zcela nových studní nebývá vhodné. Možná nevhodnost zhotovených studní, potvrzená dlouhodobou čerpací zkouškou, je riskem, jež celou investici může znehodnotit a návratnost tepelného čerpadla výrazně prodloužit.



Podzemní vodu jako primární zdroj nelze využít nebo její využití je velmi obtížné v oblastech: I. ochranného pásma lázní a minerálních vod, kde je absolutní zákaz stavby studní a čerpání podzemních vod, ve II. ochranném pásmu je potřeba písemného povolení Inspektorátu lázní a zříděl při ministerstvu zdravotnictví ČR (ČIL) a ve III. ochranném pásmu je ohlašovací povinnost ČIL pro vrty nad 30m hloubky.

Na výpočet skutečného topného faktoru mají vliv i příkony čerpadel pro přívod a odvod podzemní vody k tepelnému čerpadlu, proto je nesmíme zanedbat. Náročnost na hydrogeologické podloží, tedy primární zdroj vyhovující kvantitativně i kvalitativně, vytváří z tepelného čerpadla s podzemní vodu jako primárním zdrojem variantu málo nebo zcela nevhodnou pro spoustu lokalit. Ovšem budou-li splněny všechny potřebné požadavky, je pro nás toto tepelné čerpadlo zpravidla nejlepší volbou.

Povrchová voda

Využití povrchových vod jako primárního zdroje tepelného čerpadla můžeme rozdělit do tří skupin: přímý odběr tekoucí vody, nepřímý odběr tepla z tekoucí vody a nepřímý odběr tepla ze stojaté vody.

Přímý odběr tekoucí vody, doprava k tepelnému čerpadlu, její ochlazení a návrat vody zpět do toku. Odběr vody je vázán na souhlas majitele či správce povodí a je zpoplatněn. Problém je také s kvalitou vody, protože povrchová voda je často mineralizovaná a silně znečištěná. Dále také její nízká teplota zvláště v zimních měsících, kdy je největší potřeba využívat tepelné čerpadlo, může navýšit investice na jeho používání. Důležitá je tedy správná konstrukce primární strany tepelného čerpadla především výparníku, aby nedošlo k jeho zamrznutí. Zdroj o nízké teplotě není možno již tolik ochlazovat, tudíž je třeba navýšit průtok vody odebrané z povrchového zdroje a to pomocí výkonnějšího čerpadla. Pro využití tepelného čerpadla s tímto primárním zdrojem v praxi je důležité pečlivé zvážení všech nutných investic, započítání příkonů čerpadel pro přívod a odvod do skutečného topného faktoru a je vhodná jen pro velmi omezený okruh aplikací, téměř se nevyskytuje.

Nepřímý odběr tepla z tekoucí vody je analogickým řešením k odběru tepla z půdní vrstvy. Na dna vodního toku je vložen polyetylenový kolektor vyplněný médiem. Nepřímým odběrem jsou vyřešeny problémy, jež se vyskytovaly u předchozí varianty, tedy: znečištěná, mineralizovaná voda, jejíž odběr je navíc zpoplatněn, a potřeba silného čerpadla s velkým příkonem pro dopravu vody k tepelnému čerpadlu.

S uložení kolektoru musí souhlasit majitel či správce vodního toku. Kolektor musí mít dostatečnou délku, aby na jeho povrchu při poklesu teplot pod čtyřstupňovou hranici nevytvářela námraza, jež by způsobovala snížení přestupu tepla, tedy i snížení topného faktoru tepelného čerpadla. Médium proudící výměníkem musí být nemrzoucí a ekologicky nezávadné. Tepelné čerpadlo nesmí ovlivňovat tok natolik, aby hrozila devastace místní fauny a flory. Zcela nevhodné jsou v zimě zamrzající toky. Vhodné je umístění výměníku je například v náhonu malé vodní elektrárny.



Nepřímý odběr tepla stojatým vodám je také řešen pomocí polyetylenových kolektorů s nemrznoucím ekologicky nezávadným médiem, jež jsou položeny na dno. Zdroji jsou zpravidla rybníky či vodní nádrže. I zde je nutnost písemného povolení správce vodní nádrže či majitele rybníka. U stojatých vod je mnohem větší riziko ovlivnění či poškození přírody, proto je důležitá dostatečná hloubka zdroje.

Výhodou povrchové vody jako primárního zdroje pro tepelné čerpadlo je levnější pořizovací cena oproti vrtům. Proti těmto tepelným čerpadlům však stojí spousta nevýhod - minimum budov přilehlých k vhodnému zdroji, špatná kvalita a nízká teplota vody, nutnost dodržování bezpečná hranice ochlazování pro přežití organismů, v případě přímého odběru vysoký příkon čerpadla a poplatky vodohospodářům. Z těchto důvodů se tepelná čerpadla s povrchovou vodou jako primárním zdrojem vyskytují jen minimálně.

Venkovní vzduch

Venkovní vzduch jako primární zdroj pro tepelné čerpadlo je využitelný zejména v oblastech mírnějšího podnebí s co nejmenším počtem mrazových dnů. Obsah energie v něm obsažené závisí na vlhkosti vzduchu a vlhkost vzduchu závisí na teplotě. Obsah energie navíc klesá rychleji než vlhkost. Za nízkých teplot bude topný faktor takového tepelného čerpadla nízký. Z ekonomického i ekologického hlediska málo vhodný nebo zcela nevhodný pro vytápění objektu, právě v době, kdy je to nejvíce potřeba.

Tepelná čerpadla pro využití venkovního vzduchu jako primárního je možno rozdělit do tří kategorií dle technického uspořádání systému:

1. Dvoudílná konstrukce (split)

Nejběžnější typ. Hlavními částmi tohoto tepelného čerpadla jsou dvě jednotky – vnitřní a vnější. Venkovní jednotka je dosti malá, je ji možno umístit na zahradu, pověsit na stěnu domu, připevnit na střechu či do velmi dobře větrané půdy domu (v tomto případě musí být půda dostatečně odizolována od prostorů pod ní, z důvodu pronikání chladu), hlavní podmínkou je maximální vzdálenost od vnitřní jednotky, a to přibližně 10 m. Dalším omezením umístění jednotky jsou produkce chladného vzduchu a hluku. Jednotku není dobré umístit tak, aby se kolem ní kumuloval studený vzduch. Nejvýhodnější je její instalace

na slunné, větrnější straně domu. Dále je důležité do rozvahy o umístění zahrnout i produkci zvuků. Jednotka vytváří hluk, který by neměl překračovat hygienické normy, tedy 50 dB ve dne a 40 dB v noci, ale vnímání zvuku je subjektivní. Ideální je proto umístit jednotku do okolí předmětů, jež budou zvuky pohlcovat (trávy, keře a jiné) nikoli odrážet (materiály s velkou hustotou – beton a jiné). Venkovní jednotka nasává vzduch pomaloběžným ventilátorem o příkonu cca 100-300 W k výparníku. Zde je vzduch ochlazen. Ve venkovní jednotce je zabudován expanzní ventil a u některých typech konstrukcí i kompresor. Od venkovní jednotky vede izolované měděné potrubí k jednotce vnitřní, kde se zpravidla nachází kompresor (u typech s kompresorem ve vnější jednotce se zde již nenachází), což je výhodné z důvodu minimalizace hluku, a kondenzátor. Venkovní jednotka je již přímo připojena na topný okruh.



2. Jednodílná konstrukce vnitřní

Při tomto uspořádání je celé tepelné čerpadlo v jediné jednotce a jednotka umístěna uvnitř budovy. K tepelnému čerpadlu je nutno přivádět vzduch pro ochlazování a odvádět vzduch již ochlazený, k čemuž se používá sacího a výfukového potrubí. Průměr potrubí záleží na výkonu čerpadla, ale u běžných typů se pohybuje kolem 400 mm. Zároveň je důležité zabránit vzájemného promíchávání nasávaného a vyfukovaného vzduchu, i proto je výhodné umístění tepelného čerpadla do rohu místnosti, kdy sací potrubí prochází jednou stěnou a výfukové potrubí prochází stěnou kolmou. Výfuk ochlazovaného vzduchu by neměl směřovat na blízké stromy, budovy či cizí pozemky.

3. Jednodílná konstrukce vnější

Tepelné čerpadlo je v jediné jednotce umístěné venku, tudíž uvnitř stavby nejsou problémy s hlukovými emisemi, problém je ovšem doprava topné vody z tepelného čerpadla do vnitřního topného okruhu budovy. Potrubí pro topnou vodu musí být dostatečně odizolováno, musí být chráněno proti zamrznutí při výpadku elektrické energie nebo může naplněno nemrznoucí směsí, která bude ovšem poté kolovat v celém topném systému. Případně je možné rozdělení na dva okruhy. Potrubím od tepelného čerpadla k domu a zpět proudí nemrznoucí směs a uvnitř domu je nainstalován další výměník pro ohřívání vody topného systému. V tomto případě se do skutečného topného faktoru musí započítat ještě jedno oběhové čerpadlo a nutnost ohřívání nemrznoucí směsí na vyšší teplotu než je potřebná teplota v topném okruhu. Do skutečného topného faktoru všech typů tepelných čerpadel využívajících vzduchu jako primárního zdroje je nutno započítat také odtávání námrazy vytvářené na výparníku. Tvorba námrazy je závislá na vlhkosti vzduchu a tvoří se při teplotách kolem nuly a nižších. Její odstraňování je možno několika způsoby. Nejčastějším je reverzace chodu, která se v daných intervalech provádí záměnou funkcí výměníků – výparníku a kondenzátoru. Dalšími možnostmi je využití správně umístěného elektrického ohřevu topným tělesem či kabelem.

Vnitřní vzduch

Tepelné čerpadlo čerpající teplo z vnitřního vzduchu je poslední možnou užívanou variantou a je konkurencí jinému druhu zpětnému získávání tepla tedy rekuperaci. Jeho výhodami proti jiným typům tepelných čerpadel jsou vysoká teplota zdroje pohybující se mezi teplotami 18 °C až 24 °C, což zaručuje dobrý topný faktor a efektivnost celého stroje. Problémem a podstatným omezením užití tohoto zdroje je množství vnitřního vzduchu, které nepostačí k pokrytí tepelných potřeb daného objektu.

Je možné vybavit tepelné čerpadlo dalším nízkopotenciálním zdrojem, který by pokrýval zbytek potřeby objektu nebo objekt navrhnout bivalentně a trvale jej přitápět jiným zdrojem. Z tohoto důvodu je výhodné užití těchto typů tepelných čerpadel u nízkoenergetických či pasivních domů. Díky snížení tepelných ztrát těchto objektů se významnými zdroji pro ohřev vnitřního prostoru stávají i obyvatelé domů a domácí spotřebiče, tedy u těchto staveb jsou požadavky na výkon dalšího zdroje minimální.

Výhodou tepelných čerpadel využívajících vnitřního vzduchu proti rekuperačním jednotkám je jejich možná aplikace i v době, kdy není potřeba topit, ale naopak ochlazovat. Při vhodné



zvoleném typu tepelného čerpadla a správném zapojení vzduchotechnických rozvodů můžeme docílit požadovaného ochlazování objektu a odpadního tepla poté účelně využít pro přípravu teplé vody. V praxi se také vyskytují kombinace obou zařízení, kdy tepelné čerpadlo ochlazuje vzduch vystupující z rekuperační jednotky, jako snaha o využití veškerého dostupného tepla ze vzduchu.

Nevýhodami tepelných čerpadel proti rekuperačním jednotkám jsou vyšší cena, složitější provoz a větší spotřeba elektrické energie.

3.6.3.5. Chladiva

Chladiva jsou nositeli energie, tedy velmi důležitou funkční součástí tepelných čerpadel, bez které by čerpadla nemohla pracovat. Z velkého množství existujících chladiv jsou využitelná a vhodná pro tepelná čerpadla jen některá z nich. Můžeme je rozdělit dle rozlišných charakteristik, např. podle fyzikálních vlastností či chemického složení. Značení chladiv je provedeno pomocí písmene R (refrigerant - chladivo) a příslušného čísla, případně písmeny RC a číselného označení, kde C označuje anglické cyclic neboli cyklický.

Příklad rozdělení chladiv dle chemického složení do skupin.

R10 až R50	skupina na bázi metanu
R110 až R170	skupina na bázi etanu
R216 až R290	propanová skupina
RC316 až RC318	skupina cyklických uhlovodíků
R300 až R411B	zeotropní směsi chladiv
R500 až R509	azeotropní směsi chladiv
R600 až R620	ostatní organické sloučeniny
R630 až R631	sloučeniny dusíku
R702 až R764	anorganická chladiva
R1112 až R1270	nenasycené uhlovodíky

Pro podrobnější dělení můžeme rozlišovat chladiva dle poměru složek a vlastností chladiva při různých teplotách na azeotropní a zeotropní. U azeotropních chladiv se při fázové přeměně páry v kapalinu nemění jejich složení. Azeotropní chladiva mohou být jednosložková (např. R22, R290) či vícesložková, jejichž příkladem mohou být azeotropní směsi R502 a R507. Zeotropní chladiva jsou většinou směsi sestávající se ze dvou až čtyř různých chladiv. Při fázové přeměně je jejich složení proměnné a bod varu při stejném tlaku nastává za rozdílných teplot. Tento rozdíl se nazývá teplotní skluz neboli glide. Teplotní skluz může čítat od několika až po desítky Kelvinů.



Vliv chladiv na životní prostředí popisují koeficienty ODP a GWP. ODP neboli Ozone Depletion Potential je relativní číslo popisující vliv plynů a par na poškozování ozonové vrstvy Země a za jeho základ byl vzat freon R11. Hodnota ODP tohoto freonu byl stanovena na číslo 1. Větší číslo ODP znamená větší vliv na poškozování ozonové vrstvy, menší číslo znamená nižší vliv. GWP neboli Global Warming Potential označuje míru vlivu látek na příčiny způsobující oteplování Země v časovém horizontu působení stanoveného na sto let. Referenčním prvem byl určen oxid uhličitý, tedy CO₂/100let má GWP = 1. Vyšší hodnota znamená horší, nebezpečnější, negativnější vliv na globální oteplování.

3.6.3.6. Kompresory

Základním třídění kompresorů je podle jejich provedení, tedy hermetické, polohermetické a uzavřené.

Hermetické provedení

Spočívá v uzavření elektromotoru i kompresoru do jediné společné nádoby, kde sdílí olejovou náplň, a z níž vychází ven jen sací a výtlačné potrubí. Výhodou je jeho těsnost, která zabraňuje nežádoucím únikům chladiva. Hermetické provedení je v praxi nejvyžívanější a vhodné pro nižší výkony. Pro tepelná čerpadla s hermetickým provedením se nejčastěji využívá těchto kompresorů:

- Pístový – tento typ kompresorů využívají především starší typy tepelných čerpadel. Výhodami využití pístového kompresoru jsou jeho cena a slušná životnost okolo 15 let. Nevýhodami jsou vyšší hlučnost a při použití tohoto typu kompresoru má tepelné čerpadlo nižší topný faktor.
- Spirálový (SCROLL) – je nepoužívanějším a nejprogresivnějším typem kompresoru pro tepelná čerpadla. Hlavními pracovními částmi kompresoru jsou dvě spirály vložené do sebe. Uprostřed pevné spirály ústí výtlačný otvor. Pohyblivá spirála je nesoustředně umístěna na hřídeli motoru. Vzájemným excentrickým pohybem nepohyblivé a pohyblivé části kompresoru se vzduchové kapsy vzniklé v prostoru s různými poloměry zakřivení spirál začnou pohybovat směrem od obvodu do středu a zároveň s tímto pohybem zmenšují svůj objem, tudíž se v kapsách zvyšuje tlak. Výhodou tohoto kompresoru je vyšší objemová účinnost, nižší vibrace a hluk.
- Rotační
- Šroubové



Polohermetické provedení

Polohermetické provedení mají většinou starší typy převážně pístových kompresorů větších výkonů. Motor a kompresor jsou taktéž uloženy v jediné společné nádobě. Rozdíl je v přístupnosti elektromotoru, ventilové desky kompresoru a klikové skříně pomocí demontovatelných vík.

Otevřené provedení

Otevřené provedení je vhodné pro vyšší výkony a spočívá v samostatném uložení kompresoru, jež je zajištěn proti úniku chladiva. Pohon kompresoru může zajišťovat nejenom elektromotor, ale také spalovací motor, např. pohon kompresoru pro klimatizaci automobilu.

3.6.3.7. Dimenzování tepelného čerpadla

Základem správné funkčnosti a výhodnosti užívání tepelného čerpadla je optimální návrh výkonu čerpadla přímo na míru danému objektu. Při návrhu můžeme použít dva možné přístupy. Každý z nich má jisté výhody i nevýhody, proto je důležité všechny náležitě zvážit.

První možností je bivalentní provoz tepelného čerpadla. Při tomto návrhu se čerpadlo počítá zpravidla na 80 % potřebného výkonu. Pro teplotní špičky, kdy je výkon tepelného čerpadla nedostačující pro udržení tepelné pohody objektu, se připojí druhý zdroj tepla. Nejčastějším sekundárním zdrojem je elektrický kotel. Výhoda tohoto špičkového zdroje je relativně snadná synchronizace primárním zdrojem a jeho možnost použití jako zálohy při výpadku tepelného čerpadla. U některých TČ je již elektrokotel jejich součástí. Špičkovým a záložním zdrojem může být také kotel na plyn nebo na dřevo. Problémem je správná a účelná synchronizace provozů obou zdrojů, tedy seřízení jejich regulátorů. U tepelných čerpadel, jejichž regulátor neumí být podřízen dalšímu regulátoru, je třeba navrhnout regulaci přímo danému objektu. Vytápění se tímto může prodražit. Další možností je využití zdrojů nenapojených na topnou soustavu - krbu nebo interiérových kamen. Přesná regulace tepla jimi dodaného je velmi obtížná nebo nemožná, tudíž sekundární zdroj dodává určité teplo a tepelné čerpadlo může pracovat s nižším tepelným výkonem než maximálním. Správný systém je navržen tak, že špičkový zdroj dodává maximálně 5 až 10 % roční spotřeby tepla.

Druhým přístupem při návrhu tepelného čerpadla je jeho samostatný neboli monovalentní provoz. Tepelné čerpadlo je dimenzováno přímo na špičkové tepelné ztráty objektu. Výhodné je využití u objektů s nízkou tepelnou ztrátou (do 10 kW), tedy moderních dobře izolovaných staveb. I když s rostoucím výkonem čerpadla roste jeho cena, je v tomto případě vhodné jeho mírné předdimenzování. Jelikož tepelné čerpadlo pracuje samo, není nutná jeho složitá synchronizace s dalším zdrojem, což je výhodou tohoto provozu. Pro monovalentní provoz nejsou vhodná tepelná čerpadla využívající venkovní vzduch jako primární zdroj, protože výkon těchto čerpadel prudce klesá se snižující se teplotou. Pro špičkové teplotní hodnoty by musel být výkon takového čerpadla extrémní, což přímo souvisí s jeho cenou a efektivností.



3.6.3.8. Technický popis systémů

Tepelné čerpadlo země - voda (suchý vrt, horizontální zemní výměník)

Požadavky na instalaci:

prostor pro provedení zemního vrtu, příp. zemního výměníku

Předběžné dimenzování suchých vrtů podle průměrných hodnot:

$c_z = 1,9 \text{ kJ/kgK}$, $\rho_z = 2\,200 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_z = 1,7 \text{ W/mK}$, $\Delta t = 10 \text{ K} \implies 55 \text{ W/m}$

Měrné tepelné toky odčerpávané z 1 m vrtu:

hornina s velkým výskytem spodních vod	100 W/m
pevná hornina s vysokou tepelnou vodivostí	80 W/m
normální pevná hornina, průměr	55 W/m
vrt v suchých nánosích, nízká tepelná vodivost	30 W/m

Měrné tepelné toky pro horizontální zemní výměníky:

v suchých a nesoudržných půdách	10 až 15 W/m ²
ve vlhkých, soudržných půdách	15 až 20 W/m ²
ve velmi vlhkých, soudržných půdách	20 až 25 W/m ²
v půdách pod hladinou spodní vody nebo značně vlhkých	25 až 30 W/m ²
v půdách s pohybem spodní vody	30 až 40 W/m ²

Tepelné čerpadlo voda - voda (systém 2 studní - čerpací, vsakovací)

Požadavky na instalaci:

dostatečná kvalita vody, vzdálenost studní minimálně 15 m a vydatnost čerpací studny (ta se ověřuje čerpací zkouškou, při jejímž trvání nesmí klesnout hladina spodní vody)

Tepelné čerpadlo vzduch - voda (venkovní, vnitřní provedení výměníku)

Požadavky na instalaci:

prostor pro umístění venkovního, případně vnitřního výměníku tepla splnění hygienických požadavků (emise hluku)

Způsoby zapojení

Primární okruh tepelného čerpadla přejímá teplo vnějšího prostředí (vrt, zemní kolektor, voda nebo vzduch) pomocí chladiva do kompresorového okruhu, po jeho stlačení za kompresorem se z něj odejme teplo a přenesení přes výměník do sekundárního okruhu.

Ohřátá voda v sekundárním okruhu může být rozváděna přímo do otopného systému, výhodnější pro provoz tepelného čerpadla je však zařazení akumulční nádoby. Tepelné čerpadlo pomalu nabíjí akumulční nádobu a nemusí často vypínat a zapínat, jako když reaguje na regulační požadavky otopného systému. Otopným systémem protéká voda ohřátá v zásobníku, podle potřeby je možné v dalším zásobníku nebo průtokově ohřívát užitkovou vodu.



Akumulační nádoba může souběžně ukládat teplo získané i z jiných zdrojů (solární termické kolektory, kotel na plyn nebo biomasu, případně elektrický dohřev).

Zvláštní variantou zapojení tepelného čerpadla je odebírání tepla z vnitřního prostředí. Jedná se vlastně o způsob větrání s rekuperací. Tepelné čerpadlo odebírá teplo z vnitřního vzduchu a ochlazený vzduch vypouští do vnějšího prostředí, větrací vzduch z vnějšku pak ohřívá a vzduchovody rozvádí po objektu.

Je možná i varianta, kdy se teplo z tepelného čerpadla předává do teplovodního systému, ochlazený vzduch vypouští ven a čerstvý vzduch se nasává samostatnými klapkami přes vnější stěny. Je zde určitý diskomfort v případě obytných prostor, ale například pro temperování užitkových místností může být tento systém vhodný.

Otopný systém se provádí jako velkoplošný nízkoteplotní vzhledem k nižší vstupní teplotě otopné vody. Buď se instalují teplovodní radiátory o větší teplosměnné ploše, nebo se ohřívá podlaha, případně stěny nebo strop. Topnou vodou je možné ohřívát i vzduch nuceně distribuovaný po objektu (konvektory, teplovzdušné rozvody).

Podle konkrétních podmínek se mohou kombinovat různá uspořádání, například podlahové vytápění s teplovzdušným ap.

3.6.4. Fotovoltaické panely

3.6.4.1. Technologie FV systémů

Fotovoltaické panely

FV moduly se skládají z typicky sériově propojených FV článků. Nejvíce rozšířenou technologií jsou články založené na mono- či multikrystalickém křemíku (také se pro něj používá název polykrystalický křemík). Důvodem je vysoká účinnost, nízká cena, spolehlivost a dlouhá životnost. Životnost výrobci obvykle garantují jako pokles účinnosti o méně než 20 % za dobu 25 let. V praxi jsou u kvalitních modulů poklesy účinnosti vlivem stárnutí často výrazně nižší. Dosahovaná účinnost sériově vyráběných modulů neustále roste, je však omezena fyzikálním limitem okolo 27 %.

Běžné provedení FV panelů je v kovovém rámu se světlou podkladovou vrstvou mezi články a s průhledným krycím sklem. Alternativně z estetických důvodů může být krycí sklo barevné, ovšem na úkor účinnosti. FV panely mohou být též provedeny jako oboustranně aktivní, kdy světlo přijímá i zadní strana a může tak zvýšit výkon panelu podle konkrétní instalace až o 10-40%.

Další alternativou jsou ohebné panely na základě podkladního i krycího polymeru. Tyto panely jsou lehčí a lze je využít pro některé speciální účely.

K dostání jsou rovněž tzv. solární tašky, které imitují klasickou střešní krytinu.

Střídače (měniče) pro fotovoltaiku

Další důležitou komponentou FV systémů jsou fotovoltaické střídače (měniče). Lze je rozdělit na síťové (on-grid), ostrovní (autonomní, off-grid) a hybridní. Síťové střídače dodávají energii z FV modulů do připojené sítě, ostrovní vytvářejí vlastní nezávislou síť. Hybridní jsou schopny uvedené režimy provozu kombinovat, obvykle užívají akumulační prvek (baterii) pro vyrovnávání mezi výrobou energie a její spotřebou. Síťové měniče dosahují obvykle vysokých účinností (> 96 %).



Speciálním typem jsou tzv. *optimizery*, což jsou stejnosměrné měniče rozptýlené po FV systému, často připojené k jednotlivým FV modulům. Mají výhodu v případě, že chceme vzájemně propojit řadu FV modulů různých typů, orientací nebo s častým výskytem zastínění.

Akumulátory (baterie) pro fotovoltaiku

Akumulátory (baterie) jsou nejčastěji užívány pro uložení elektrické energie v době, kdy je její přebytek, pro její následné využití v době, kdy je jí nedostatek. Typickým příkladem je akumulace (uložení) el. energie získané během dne z fotovoltaického zdroje pro provoz spotřebičů (např. světel, kancelářské techniky, televize) během večera. V tomto případě se jedná o denní cykly. Běžně se však vyskytují i malé (mělké) cykly akumulátoru během dne, např. při polojasné obloze či připojení velkých špičkových spotřebičů (např. varné konvice).

Akumulátor je možné využívat také s týdenním či delším cyklováním (např. uskladnění energie z FV systému během týdne pro její využití během víkendu na chatě). V případě administrativních budov, kde většina provozu probíhá během pracovního týdne, lze uvažovat o denních i týdenních cyklech (během dní pracovního klidu se akumulátory mohou dostatečně nabít pro následný provoz v pracovních dnech).

Výsledný akumulátor může být složen z článků se vzájemným sériově-paralelním propojením. Dosáhne se tak požadované kapacity i napětí. U systémů pro domácnosti se systémové napětí baterií obvykle volí 48 V, u výkonnějších průmyslových systémů se pohybuje i v řádu stovek voltů. Existují však i vysokonapěťové systémy pro domácí užití.

Při uzavření smlouvy o dodávce energie s obchodníkem je možné přebytky energie dodávat do sítě (byť za nízkou cenu související se silovou energií) aniž by bylo nutné omezit výrobu vlastního FV zdroje. Řada dodavatelů elektřiny již nyní v ČR nabízí možnost tzv. virtuální baterie, přičemž za podmínek specifikovaných smlouvou může výrobce elektrickou síť využít k uskladnění svých přebytků pro následné užití.

Akumulátor bývá v FV systémech nejdražším a nejnáchylnějším prvkem s nejmenší životností. Baterie pro cyklické užití se však stále rozvíjejí, nyní jsou nejperspektivnější nové varianty lithiových akumulátorů založené na lithium-titanátu s extrémně vysokou cyklovatelností, či s pevným elektrolytem umožňujícím vysokou energetickou hustotu.

Nejčastěji bývají pro stacionární fotovoltaické systémy užívány lithiové baterie Li-Ion (NMC) či LiFePO₄. Olověné baterie mají sice nižší pořizovací cenu, vzhledem k počtu cyklů však vychází jejich cena vyšší. Další nevýhodou jsou omezení z hlediska rychlosti nabíjení a vybíjení a nižší účinnost oproti lithiovým typům.

3.6.4.2. Trendy v instalaci FV systémů

Geometrie FV systémů

Návrh FV systémů s ohledem na maximální roční výnos (celková získaná energie vztažená na jednotku instalovaného výkonu) se pomalu stává minulostí. Do popředí zájmu se dostávají systémy s přizpůsobením diagramu výroby odběrovému diagramu místní spotřeby a systémy s lepším využitím plochy potřebné pro instalaci FV pole.

Prvně jmenovaný faktor souvisí se snahou o minimalizaci potřebné akumulační kapacity (protože akumulátory jsou stále jednou z dražších komponent moderních energetických systémů) a druhý požadavek je způsoben růstem ceny půdy ve vyspělých státech.

U FV systémů instalovaných na rovných plochách (pozemky či rovné střechy) lze pomocí vhodného návrhu při respektování menší měrné výtěžnosti kWh/kWp dosáhnout výrazně vyššího užití dostupné



plochy. Pokud současně snížíme sklon FV modulů (nižší výška a tím stínění mezi řadami), instalujeme FV moduly horizontálně (naležato, což zajistí vhodné elektrické chování v případě vzájemného stínění), můžeme řady modulů dát blíže sobě.

FVE integrované do pláště budov

Za nejběžnější typ instalace se prozatím považuje instalace FV systému na střešních konstrukcích, protože umožňuje získávat největší množství energie za rok. Značná pozornost a podpora je však věnována i vertikální integraci FV panelů do fasád budov, a to zejména v případě výškových, institucionálních a komerčních budov, kde bývá plocha fasády oproti ploše střechy mnohem větší. FV systémy integrované do konstrukce budovy (BIPV) jsou atraktivním řešením pro efektivní a udržitelnou renovaci pláště budov a představují účinný způsob, jak u těchto budov snížit jejich energetickou spotřebu.

Základní rozdělení fasádních systémů :

- vertikální fasáda
- nakloněná fasáda
- poloprůhledná fasáda - nahrazuje část okna
- stínicí systém s FV instalací - externí rolety nebo žaluzie

FVE na vodních plochách

Plovoucí solární FV elektrárny jsou nově se objevující formou FV systémů, které plují na povrchu moří či sladkých vod, např. nádrží s pitnou vodou, lomových jezer, zavlažovacích kanálů nebo rybníků.

FVE na zemědělských plochách

FV moduly mohou být umístěny buďto nad obdělávanou zemědělskou plochou nebo v řadách v potřebných rozestupech. u některých plodin dochází k poklesu výnosů, na některé rostliny může částečné stínění působit pozitivně.

3.6.5. Fototermické panely

Ve fototermických kolektorech se ohřívá teplotněstabilní kapalina (voda s příměsí nemrznoucí kapaliny) slunečním zářením, ohřátá kapalina pak předává absorbované teplo do vhodného akumulčního zásobníku. Ohřátá voda se pak využívá jako teplá užitková voda v domácnostech, budovách sloužících k ubytování, případně jiných objektech (školy, administrativa, průmysl). V přechodném období (jaro, podzim) může být dodávané teplo využito i pro přitápění.

Fototermické kolektory na rozdíl od fotovoltaických panelů nevyrábějí elektrickou energii, ale pouze ohřívají vodu. Pro tento účel jsou fototermické systémy několikanásobně účinnější než fotovoltaika.

Fototermické kolektory se dělí na ploché, trubicové nebo vakuové. Ploché kolektory bývají nejlevnější a mají nejmenší životnost. Využívají se hlavně pro dočasnou potřebu, například zahradní sprchy nebo přehřívání bazénu. Trubicové kolektory se většinou instalují napevno pro dlouhodobé využití, bývají kvalitnější a mají vyšší účinnost. Vakuové kolektory jsou plněny teplotněstabilním plynem. Jsou dražší a poněkud méně účinné, díky malému obsahu teplotněstabilní kapaliny však lépe odolávají letnímu přehřívání.



Teplo z fototermických kolektorů se ukládá do akumulární nádrže, do níž se dá připojit i teplo z jiných zdrojů, například z tepelného čerpadla. Zásobník je pak vhodné doplnit elektrickou topnou vložkou nebo teplovodní přípojkou od kotle.

Fototermické kolektory jsou vhodné pro systémy s trvalým odběrem tepla, aby byly lépe využity letní přebytky. Vhodným příkladem jsou třeba cirkulační okruhy teplé užitkové vody v domech sociální péče. Naproti tomu u školních objektů je problém s letní odstávkou a přehříváním kolektorů, které mohou být vysokou teplotou poškozeny.