



ALTERNATIVNÍ ZDROJE
A ÚSPORY ENERGIE

-

ZÁKLADNÍ NÁSTROJ TRVALE
UDRŽITELNÉHO ROZVOJE

Ing. Miroslav Mareš
Doc. Ing. Roman Povýšil, CSc

autorizace

zpracoval:

Ing.Miroslav Mareš

Doc.Ing. Roman Povýšil

schválil:

Ing.Miroslav Mareš

Obsah	strana
1 Úvod, formulace úlohy	4
2 Alternativní zdroje energie	4
2.1 Biomasa	5
2.2 Dřevní hmota	5
2.2.1 Obilná a řepková sláma	6
2.2.2 Spalitelné odpadní suroviny	8
2.2.3 Netradiční kapalná paliva	8
2.3 Netradiční plynná paliva	9
2.4 Sluneční energie	10
2.5 Větrná energie	12
2.6 Energie vodních toků	12
2.7 Geotermální energie	12
2.8 Druhotné energetické zdroje	13
3 Podmínky pro využívání alternativních zdrojů energie v průmyslu	17
3.1 Technické podmínky	17
3.1.1 Biomasa	17
3.1.2 Sluneční energie	20
3.1.3 Druhotné energetické zdroje	21
3.2 Ekonomické podmínky	27
3.2.1 Ekonomické hodnocení projektů	27
3.2.2 Ekonomická efektivnost využívání druhotných energetických zdrojů	27
4 Identifikace potenciálu úspor využitím alternativních zdrojů energie	32
5 Závěr	35

1 Úvod, formulace úlohy

Program úspor energie je potřebné významně podporovat nejen ze státního rozpočtu s využitím očekávané podpory EU, ale i z vlastních zdrojů podnikatelských subjektů. K tomu je však potřebná cílená osvěta efektivních možností využívání těchto zdrojů.

Obnovitelné zdroje sice nemohou být v horizontu nejbližšího desetiletí zásadním zdrojem energie, ale jejich využití bude významným regionálním a lokálním přínosem. Jde zejména o uplatnění biomasy a o rozvoj fytoenergetiky, malé vodní elektrárny, solární systémy a využití tepelných čerpadel. Významnou úlohu sehrává i racionální využití druhotných zdrojů energie.

Významnou složkou pak jsou kontinuálně dosahované úspory energie vlivem cílevědomé činnosti v oblasti výrobních a dopravních energetických zařízení a zejména pak v oblasti technologií konečného užití energie.

V následujícím textu proto bude pojednáno o problematice využití alternativních zdrojů energie obecně a s ohledem na reálnost jejich aplikace v průmyslu a terciární sféře. Samostatně bude diskutována otázka ekonomické výhodnosti a konkurenceschopnosti těchto systémů se systémy klasickými, využívající prvotní energetické zdroje.

2 Alternativní zdroje energie

Druhotné energetické, netradiční a obnovitelné zdroje energie nejsou u nás ani ve světě přesným způsobem definovány, ale jsou přitom zdroji energie, jejichž využívání bude mít v budoucnosti stále větší význam. Vzhledem k tomu, že tyto zdroje mají doposud nízké využití a tudíž nejsou dostatečně osvojeny, považujeme za účelné vysvětlit některé pojmy a problematiku spojenou s využíváním těchto zdrojů.

V případě druhotných zdrojů energie platila dříve oborová norma ON 380106, která m.j. definovala druhotné energetické zdroje (DEZ) jako potencionálně využitelné zdroje energie z průmyslových procesů plynoucí z nedokonalosti technologického procesu z pohledu současných znalostí technologií. Z hlediska využívání DEZ se snažíme upozornit na ty zdroje, které považujeme za technicky známými prostředky využitelné, ale dosud často nevyužívané.

Za obnovitelné zdroje energie jsou považovány ty přírodní zdroje energie, které jsou k dispozici v závislosti na podnebních pochodech přírody (sluneční, větrná, vodní a geotermální energie), ale lze mezi ně rovněž zařadit i ty zdroje, jejichž obnova je dána přírodními opakujícími se cykly (např. růst dřevin, obilnin apod.).

Netradiční zdroje energie jsou takové zdroje, které se v minulosti nevyužívaly pro energetické účely (např. různé průmyslové odpady, paliva na bázi biologických pochodů apod.). Ve všech dále uvedených případech se jedná o paliva, případně o energii, jejíž využití bývá obvykle poněkud obtížnější, než u klasických energetických zdrojů.

V následujících odstavcích je uveden stručný přehled v praxi využitelných, obnovitelných, druhotných a netradičních zdrojů energie.

2.1 Biomasa

Biomasa je definována jako substance fylogického původu, která je buď získávána jako výsledek výrobní činnosti nebo jako odpady ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby. Získávání energie z biomasy však v současných podmínkách jen s obtížemi konkuruje využití klasických energetických zdrojů, ale tato situace se bude s rostoucí cenou klasických paliv postupně měnit. Navíc lze říci, že řízená produkce biomasy přispívá k vytváření péče o krajinu. Nejčastěji pro energetické účely využívané produkty z biomasy jsou: dřevo, sláma, plyn a kapalná paliva na bázi biologických pochodů.

Energetické využívání biomasy, stejně jako všech obnovitelných zdrojů dnes představuje rozsáhlý program vědecko výzkumných aktivit, vývoje technologií a jejich promyšleného uplatňování při minimalizaci negativních vlivů jejich využívání na životní prostředí. Mimo jiné také nabízí alternativní program činnosti pro oblasti, kde současná forma zemědělství se jeví jako neperspektivní z důvodu nízké výtěžnosti zemědělských plodin, nízké zaměstnanosti apod.

V těchto souvislostech vyniká biomasa nad ostatními zdroji energie tím, že její podstatná část představuje nejruznější odpady. K řízenému pěstování některých druhů biomasy lze využívat ladem ležící půdu, přičemž její využívání jako zdroje energie je z mnoha důvodů šetrné k životnímu prostředí. Tento fakt je dán především tím, že aktivními prvky hořlaviny jsou uhlík a vodík a plynné produkty dokonalého spalování proto představují oxid uhličitý a vodní pára.

Přítom množství oxidu uhličitého přibližně odpovídá množství uhlíku spotřebovaného při růstu biomasy v relativně krátkém období, takže koncentrace dlouhodobě nenarůstá.

Vedle klasických systémů se spalováním dřeva za účelem výroby tepla jsou v současné době vyvíjeny také systémy pro zplyňování, popř. kogenerační výrobu tepla a elektrické energie a systémy pro kombinované spalování fosilních paliv a biomasy.

Biomasu lze dělit v zásadě na:

- dřevní hmotu,
- obilní a řepkovou slámu,
- spalitelné odpadní suroviny (komunální, příp. průmyslový odpad).

2.2 Dřevní hmota

Možnosti využití dřevní hmoty jsou dány jejími fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Základem dřevních odpadů je organická dřevní hmota, jejíž chemickou podstatou je celulóza, přičemž obsahuje i malé množství anorganických, tedy nespalitelných látek.

Pro svůj nízký obsah popela a absenci síry je dřevní hmota hodnotným ekologickým palivem. Obsah popela v dřevní hmotě je cca 1 až 2 % a výhřevnost se pohybuje v rozmezí 11 až 18 MJ/kg, průměrně pak cca 14 MJ/kg.

Převážná část dřevního odpadu musí být před jeho využitím pro energetické účely předem upravena. Odpad kusový, těžební zbytky a kůra se drtí, sekají, rozměňují, třídí a případně suší. Je třeba však konstatovat, že tyto procesy přípravy jsou ekonomicky a často i energeticky náročné.

Je rovněž korektní uvést, že spalováním jakéhokoli paliva, tedy i dřevní hmoty, dochází k uvolňování

látek, které mohou mít negativní vliv na životní prostředí, konkrétně oxid uhelnatý, tuhé látky a uhlovodíky. Proto jsou pro spalování dřevních odpadů stanoveny emisní limity pro kotle o výkonu vyšším než 5 MW.

2.2.1 Obilná a řepková sláma

Sláma zemědělských kulturních plodin, zejména obilovin a řepky, tvoří významný a nadějný zdroj biomasy pro energetické účely. Používá se sláma obilovin, kukuřice, řepky, píce pěstovaných na semeno, nekvalitní suché seno. Lisuje se do malých balíků, velkých válcových nebo hranatých balíků briket nebo pelet. Spotřeba energie na tvarování slámy nepřesahuje 5 % energetického potenciálu slámy.

Topeniště na spalování slámy musí být přizpůsobeno vysoké rychlosti zplynování materiálu, musí zachytit vyšší podíl popela a zamezit usazeninám na roštových a teplosměnných plochách. Až 10 % popela ze slámy ulétává do komína a je třeba zachytit ho v odlučovačích.

Množství slámy se vypočítá dle poměru zrna ke slámě, jak je uvedeno v následující tabulce:

Plodina	Poměr zrno: sláma
pšenice	1 : 1,85
žito	1 : 1,7
ječmen	1 : 0,8
oves	1 : 1,4
kukuřice na zrno	1 : 1,2
řepka olejná	1 : 1,2 – 1,8

Využití rychlerostoucích energetických plodin

Potencionálním, ale zatím jen omezeně využívaným zdrojem biopaliv jsou cíleně pěstované energetické rostliny.

Jako nejvýhodnější energetická rostlina se v našich podmínkách jeví vytrvalý šťovík "Uteuša", který je možno pěstovat na plantážích o minimálně 15 leté životnosti s výnosy 20 t sušiny/ha a více. Bude však nutno hlouběji propracovat technologii pěstování, ošetřování a zvláště pak vyvinout chybějící mechanizaci, zejména sklizňové stroje, aby bylo možné předpokládané množství biomasy získat. Plantáže energetických rostlin je možno zakládat nejen na zemědělské půdě nepotřebné pro pěstování potravinářských plodin, ale i na antropogenních půdách, což jsou zejména rekultivované důlní výsypky a složiště odpadů.

Výnosy suché hmoty **jednoletých plodin** v t/ha na zemědělské a antropogenní půdě (složiště popela, důlní výsypka) jsou uvedeny v následující tabulce.

plodina	zemědělská půda	antropogenní půda		
		složité popelé	Důlní výsypka	
			převrstvení zemínou	zapravený popel
proso	7,1	7,56	11,32	8,43
konopí	8,06	16,6	8,06	7,51
Hyso	10,33	10,66	10,57	14,02
čirok zrnový	8,89	8,22	10,39	11,50
čirok c ukrový	10,51	12,49	20,55	17,35
súdánská tráva	8,7	-	10,62	14,02

Z uvedených příkladů vybraných rostlin vyplývá, že antropogenní půdy jsou pro jejich úspěšné pěstování stejně vhodné jako půda zemědělská. Výnosy jsou však rozdílné podle jednotlivých druhů plodin:

Na zemědělské půdě byla docílena nejvyšší produkce suché hmoty plodinou Hyso a čiroku cukrového a příliš se nelišila od průměrných hodnot z půd antropogenních. Na důlních výsypkách byly nejvyšší výnosy získány pěstováním čiroku cukrového a na složišti popelé pěstováním konopí.

Významně produktivnější než rostliny jednoleté jsou vytrvalé rostliny. Tyto rostliny byly zkoumány v pánevní oblasti Chomutovska s těmito výsledky:

Výnosy suché hmoty t/ha **vytrvalých či víceletých** rostlin

Rostliny víceleté - vytrvalé			
netradiční, krmné		planě rostoucí, okrasné	
šťovík krmný	43,0	křídlatka	37,50
mužák	11,20	topolovka	13,40
boryt	10,75	bělotrň	16,50
sléz kadeřavý	10,05	komonice bílá	20,10
sléz meljuka	7,57	vrtič	17,40
jestřabinka	5,27	pajasan žlaznatý	9,21
		2 leté dřevo	16,97

Nejvyšší výnos byl získán ve skupině krmných plodin, a to šťovíkem krmným. Jedná se o křížence špenátu se šťovíkem tjanšanským, což je zárukou jeho vysoké produktivity, ale též vysoké kvality z krminářského hlediska.

Z planě rostoucích druhů rostlin se dosud jeví jako nejlepší křídlatka zajímavá tím, že má poměrně vysoký energetický obsah.

Tabulka výhřevností jednotlivých fytopaliv použitých ve výpočtech podle [8]

položka	jedn.	sláma		jednoleté energ. rostliny		víceleté rostliny
		obilní	řepková	orná půda	antropog. půda	
vlhkost	%	15	17	18	18	17
výhřevnost	GJ/t	14	13,5	14,5	14,5	15
výnos minim.	t/ha	3	4	15	14	15
výnos prům.	t/ha	4	5	20	17	20
výnos optim.	t/ha	5	6	25	20	25

2.2.2 Spalitelné odpadní suroviny

a) Spalitelné odpady průmyslové výroby

Mezi často opomíjené druhotné zdroje pevných paliv patří spalitelné pevné odpady z různých průmyslových výrob.

V tomto případě se jedná o odpadní suroviny, které jsou využitelné jako paliva. Zde je však nutno počítat s velkou různorodostí, a to jak co se výhřevností týká, tak co do velikosti odpadních částic. Spalování těchto odpadů je nutno řešit pro každý jednotlivý případ zvlášť a je třeba mít na paměti i ekologické aspekty tohoto procesu.

b) Spalitelné komunální odpady

Do bilance tuhých paliv v jednotlivých regionech je nutno započítat i komunální odpad. Komunální odpady jsou obvykle spalovány v městských spalovnách odpadu nebo ukládáním na skládku. Mnohdy se jedná o významný energeticky využitelný potenciál, ale jeho likvidace spalováním podléhá přísným ekologickým kontrolám.

Komunální odpad má svá specifika, jejichž popis je mimo rámec této práce, ale je třeba mít na mysli, že do energetického potenciálu je třeba tento zdroj zahrnout, i když jeho průměrná výhřevnost a účinnost spalování jsou někdy těžko stanovitelné a navíc značně časově proměnné hodnoty. Je nutno mít na mysli, že spalování komunálních odpadů je možné provádět jen ve speciálních spalovacích zařízeních s čištěním spalin.

2.2.3 Netradiční kapalná paliva

Největší potenciál netradičních kapalných paliv spočívá ve změnách klasických technologií zpracování ropných zbytků, neboť ropné zbytky v nejrůznější formě jsou velmi významným zdrojem dosud málo využívaného energetického potenciálu, který čeká na své hlubší využití.

Využití zbytků po vakuové destilaci ropy je výhradně záležitostí petrochemického průmyslu. Renomované světové firmy se snaží o využití těchto ropných zbytků spolu s vybraným, pro přímé spalování nevhodným sítatým hnědým uhlím za účelem dalšího hydrogenačního zpracování vakuovaných zbytků po destilaci ropy s cílem získání větších výtěžků lehčích kapalných podílů frakční destilace.

Mezi netradiční kapalná paliva lze počítat i v poslední době stále rozšiřovanou výrobu bionafty a některých dalších látek použitelných pro výrobu pohonných směsí pro motorová vozidla. Tato paliva jsou v našich podmínkách vyráběna ze zemědělských plodin jako je řepka, ze které se vyrábí metylester řepkového oleje používaný pro výrobu bionafty a brambory a melasa, ze kterých se vyrábí cca 90% etanolu.

2.3 Netradiční plynná paliva

Mezi netradiční plynná paliva počítáme jednak paliva vznikající při různé průmyslové činnosti, a to zejména při báňské činnosti a koksárenské výrobě, dále pak jako odpady ze zpracování ropy a jiných chemických výrob. Jedná se o celou škálu průmyslových plynů. Dalším zdrojem netradičních plynných paliv jsou skládkové plyny a bioplyn z rostlinných a živočišných odpadů.

a) Průmyslové plyny

V některých regionech s rozvinutým báňským, hutnickým, chemickým, případně potravinářským průmyslem se vyskytuje značné množství dosud málo využívaných plynných paliv. Část těchto druhotných plynných paliv lze využít přímo v technologických procesech, část je využitelná v průmyslových závodech, případně v teplárnách v blízkosti zdroje těchto plynů. Jako příklady některých průmyslových plynů uvádíme:

- degazační plyn - využitelný v klasických spalovacích zařízeních,
- koksárenský plyn,
- celá škála odpadních plynů z chemického průmyslu.

Nevýhodou těchto průmyslových plynů je vysoká prašnost, vlhkost, často i toxicita a široké pásmo výbušnosti. Konkrétní řešení na využití těchto plynů je nutno řešit komplexně s ohledem na technické možnosti a ekologické aspekty celého řešení.

b) Skládkové plyny

Likvidace odpadů všeho druhu je vážným problémem všech regionů. Vzrůstající množství odpadů zvyšuje problémy regionů s provozováním a udržováním skládek. Nejčastěji se jedná o tuhý komunální odpad (TKO). *Množství TKO* připadající na jednoho obyvatele na rok je asi 310 kg/obyvatele.

Z tohoto množství je cca 35% odpadu organického původu.

Na skládkách TKO dochází ke složitým biologickým pochodům, jejichž výsledkem je tvorba skládkového plynu. Složení skládkového plynu se v průběhu let mění. Ve stabilizované fázi se dá počítat s následujícím složením.

CH ₄	52 - 70% (objemových)
CO ₂	25 - 45 % (objemových)
N ₂	1 - 3 % (objemových)

Průměrné množství metanu z 1 tuny TKO je asi 250 m³/t.

Složení plynu má vliv na výhřevnost, která se pohybuje v rozpětí 20 - 26 MJ/m³. Pro bilanční účely navrhuje počítat s průměrnou výhřevností ve výši 23 MJ/m³.

Z technického hlediska je možné ze skládkového plynu získat:

- tepelnou energii,
- elektrickou energii,
- plyn pro pohon motorových vozidel.

c) Bioplyn z živočišných a rostlinných odpadů

Bioplyn není přesně definovaným plynem o stálém složení. Jeho energetická kvalita závisí na složení hmoty podrobované anaerobnímu kvašení. Hlavní složky bioplynu jsou stejné jako u skládkového plynu tj. především metan a oxid uhličitý. Ostatní plyny (N₂, NH₃, H₂S a další) jsou obsaženy jen v malém množství.

Pro zjednodušení můžeme pro bilanční účely *počítat* s průměrnou výhřevností *cca 23 MJ/m³*. Anaerobním vyhníváním lze zpracovávat jakýkoliv organický odpad s obsahem vody vyšším než 60%. Největší množství organických odpadů je ve formě vodních suspenzí jako městské kaly. Dalším zdrojem jsou exkrementy hospodářských zvířat, odpady potravinářského průmyslu a odpady z průmyslu zpracování dřeva, případně další odpady organického původu. Energetická zařízení využívající bioplynu se obvykle dělí na:

- kalové hospodářství,
- plynové hospodářství,
- kotelnu (někdy s plynovými motory).

Pro přibližný výpočet množství bioplynu od hospodářských zvířat lze počítat s následnou výtěžností:

Druh zvířat	φ množství bioplynu na kus a den
hovězí dobytek	1,2 m ³
prasata	0,2 m ³
drůbež	0,1 m ³

Zde je třeba rovněž jako u TKO upozornit na vliv bioplynových stanic na životní prostředí. V důsledku velké koncentrace zvířat vznikají vážné ekologické problémy zejména v důsledku kontaminace vody, ale i vzduchu.

2.4 Sluneční energie

Využívání sluneční energie jakožto doplňkového zdroje energie zejména pro krytí potřeb výroby teplé vody užitkové nabývá postupně s nárůstem cen paliv a energie na svém významu. Tento význam však v zemích mírného pásma nelze přeceňovat. V zemích mírného pásma je totiž potřebné aktivní systémy se slunečními kolektory doplnit dalším zdrojem energie pro zimní měsíce, kdy je nedostatek slunečního záření.

Nejsnadněji lze energii slunečního záření přeměnit na energii tepelnou. Přestože lze sluneční energii přeměnit fotovoltaickou přeměnou na elektrickou energii, nedoporučuje se možnostmi této přeměny zabývat, podobně jako možnostmi koncentrovat sluneční záření do sběrných míst (např. Frenelovy lineární čočky) z důvodu nízké efektivnosti.

Z dosud provedených analýz klimatických podmínek na území České republiky z hlediska aplikace energie slunečního záření k vytápění budov a ohřevu TUV lze vyvodit následující:

- Celkové množství sluneční energie, které za rok dopadá na 1 m^2 , je přibližně:

850 kWh/m² u vodorovné plochy,

1 000 kWh/m² u šikmé plochy skloněné pod úhlem 30° až 60° a orientované na jih, 700 kWh/m² u svislé plochy orientované na jih.

Z toho připadá největší část na období od dubna do září a jen malá část na zbývajících měsíce chladného období (říjen až březen).

Velmi málo energie dopadá v nejchladnějších zimních měsících, v prosinci až únoru. To je tím, že v zimních měsících je obvykle v našich středoevropských klimatických podmínkách velká oblačnost a slunce svítí jen velmi krátce.

- Dopadající energii slunečního záření lze plochým kolektorem zachytit s jistou účinností, která je tím větší, čím menší je rozdíl mezi teplotou kolektoru (tj. teplotou kapaliny proudící kolektorem) a teplotou okolního vzduchu. To znamená, že v letním období, kdy je teplota vzduchu poměrně vysoká, pracuje kolektor s uspokojivou účinností až 80 %, kdežto v zimním období, kdy je teplota vzduchu nízká, účinnost kolektoru klesá.

V celoročním průměru lze z celkového množství dopadající energie zachytit přibližně:

75 až 80 % energie při ohřívání kapaliny na 30 °C,

65 až 70 % energie při ohřívání kapaliny na 45 °C,

55 až 60 % energie při ohřívání kapaliny na 60 °C

Největší část z této zachycené energie však opět připadá na letní období a jen malá část na období zimní.

Z poznatků tedy vyplývá, že v našich klimatických podmínkách lze energii slunečního záření využít především k ohřívání užitkové vody v letním období od dubna do září, v zimním období od října do března lze při ohřívání užitkové vody počítat s energií slunečního záření jen jako s doplňkem k energii dodávané jiným zdrojem.

2.5 Větrná energie

Větrná energie je rovněž jedním z doplňkových zdrojů energie a její využití má svůj význam zejména v lokalitách s trvalým výskytem větrné energie.

Větrná energie obdobně jako sluneční energie nemůže v podmínkách ČR plnit úlohu jediného zdroje energie a má tudíž jen doplňující význam.

V mnoha případech je vhodné kombinovat větrnou elektrárnu se solárními zdroji, neboť tyto netradiční zdroje se mohou vzájemně doplňovat. Vysoká větrnost je obvykle spojena se zataženou oblohou.

Potenciál energie větru a jeho využití v jednotlivých regionech odvisí zejména na průměrné rychlosti větru.

Před zahájením přípravy jakéhokoli projektu na využívání větrné energie je proto nezbytné provést důkladnou analýzu povětrnostních podmínek v předmětné lokalitě.

2.6 Energie vodních toků

Energie vodních toků je doplňujícím zdrojem energie mnoha regionů. Podstatná část energie vodních toků je již využívána. Existuje však ještě celá řada menších vodních toků, které čekají na své využití. V mnoha případech se jedná o obnovení starých vodních děl, která byla v mnoha případech nepoužívána a poškozena. Tato vodní díla by měla být předmětem snahy nových majitelů o jejich obnovu. I v případě obnovy se jedná téměř vždy o velmi nákladné záležitosti, kde se nedá počítat s rychlou návratností vložených investičních prostředků.

V případě výstavby nových vodních elektráren je případná implementace podmíněna schválením a výstavbou vhodných vodních zdrží, odkud je voda přiváděna pro pohon vodních turbin. Velikost navržené vodní turbíny je dána průtočným množstvím vody a potenciální energií vody, která je dána rozdílem nadmořských výšek místa odběru vody a umístěním turbíny.

Výhodou vodních elektráren jsou nízké provozní náklady a dlouhá doba životnosti vodního díla i vlastního turbogenerátoru.

Odhad dosud nevyužitého potenciálu vodních toků v ČR je značný, ale podle autorů odhadu se rovněž značně liší. Domníváme se, že se jedná o hydropotenciál ve výši 1 200 - 1 400 mil. MWh/r. Reálná možnost využití předpokládaného hydropotenciálu je však podstatně nižší.

2.7 Geotermální energie

ČR patří mezi země jejíž geotermální potenciál energie v ČR je poměrně málo využitelný, nikoliv však zanedbatelný. Všeobecně převládá názor, že pro využití jsou vhodné geotermální prameny o vyšší teplotě (více než 50°C). ČR však patří mezi geologicky stabilní část kontinentu a proto jsou u nás zdroje termálních pramenů omezené a v případě jejich výskytu používány pro léčebné a lázeňské účely (nejznámější oblast je Karlovarsko).

Většina geotermálních zdrojů je obvykle nesnadno dostupná. Proto je nutné v rámci geologického průzkumu provádět sondážní vrty do značné hloubky, což je samo o sobě drahá záležitost. Navíc je nutné počítat s tím, že termální vody často svým teplotním potenciálem nestačí krýt tepelnou potřebu

pro vytápění objektů. Otopné soustavy jsou obvykle projektovány na teplotní spád 90/70°C. Potřebná vstupní teplota topné vody pro vytápění je pak zajišťována pomocí tepelných čerpadel, nebo přídatným zdrojem tepla, případně zvětšenou radiátorovou plochou vytápěného objektu.

Při této příležitosti je nutné upozornit na vysoký obsah solí a plynů v těchto termálních pramenech a tudíž i vysokou korozní agresivitu vůči kovům a nebezpečí vypadávání solí při ochlazování. Vysoký obsah solí obvykle zbavuje uživatele možnosti vypouštět ochlazenou topnou vodu do okolních vodních toků. Z těchto důvodů se obvykle projekt prodražuje o náklady na reinjektáž ochlazené geotermální vody. K technickým problémům patří i značné riziko neurčitosti vrtu, jeho omezená vydatnost i životnost. Stanovit vydatnost vrtu bývá rovněž spojeno se značným rizikem správného odhadu vydatnosti zdroje.

2.8 Druhotné energetické zdroje

Druhotným energetickým zdrojem je využitelný energetický potenciál hlavní produkce, vedlejších produktů, meziproductů a odpadů, vznikajících v technologických procesech, jehož využití v samotném procesu není ekonomicky efektivní či technicky možné, avšak může být částečně, nebo zcela využíván (buď přímo či po transformaci) pro zásobování energií jiných procesů, ovšem při vyloučení těch zdrojů, které se v daném případě stávají jedním z druhů produkce podniku a jsou využívány pro neenergetické účely.

Druhotné energetické zdroje tedy představují tu část z celkového využitelného energetického potenciálu, odpadajícího z technologických procesů, která zbude po jeho částečném využití v tomto procesu, případně celkový využitelný energetický potenciál, pokud k jeho částečnému využití v tomto procesu nedojde.

V zásadě lze rozlišit **tři základní směry** využívání DEZ (kromě směru palivového):

- a) **Tepelné využívání**, tzn. využívání tepla ve formě páry, horké nebo teplé vody, získaného buď bezprostředně jako DEZ, nebo vyrobeného na základě využití DEZ v utilizačních zařízeních, k tomuto směru patří rovněž výroba chladu na základě využití DEZ v absorpčních chladících zařízeních.
- b) **Silové využívání**, tzn. využívání mechanické a elektrické energie, vyrobené na základě využití DEZ v utilizačních zařízeních (výrobních).
- c) **Kombinované využívání**, tzn. využívání tepla a elektrické (nebo mechanické) energie, současně vyrobených na základě využití DEZ v utilizačních zařízeních (utilizačních teplárnách) teplárenským cyklem.

Využívání DEZ v národním hospodářství se vyznačuje **řadou charakteristických zvláštností**, ke kterým je třeba při výběru racionálních směrů využívání DEZ přihlížet. Jedná se např. o:

- značnou **různorodost zdrojů DEZ**, která je podmíněna rozmanitostí používaných technologických agregátů, a tím i velký počet kvalitativně i kvantitativně odlišných výtěžků DEZ,
 - **těsnou vzájemnou vazbu** technologie výrobního procesu s procesem využívání DEZ,
-

- **omezenou způsobilost** většiny DEZ **k dopravě** na větší vzdálenost,
- v mnoha případech **vysoká znečištění i agresivitu nositelů DEZ**,
- relativně **omezený energetický potenciál** DEZ na výstupu z technologického agregátu, jehož **velikost je limitována** energetickým příkonem agregátu a jeho dobou provozu a stupněm využití odpadní energie v samotném technologickém procesu,
- **nesoulad diagramu výtěžku OEZ s diagramem potřeb** dané formy , získávané na základě využití DEZ atd.

Při výběru racionálních směrů využívání tepelné DEZ je třeba přihlížet zejména k jejich relativně omezenému výtěžku, získávanému z jednotlivých technologických agregátů - zdrojů DEZ a v mnoha případech i k relativně nízké hladině energetického potenciálu nositelů DEZ. Tyto charakteristické zvláštnosti vedou často k tomu, že navrhovaná utilizační zařízení, určená k využívání tepelných DEZ, bývají z hlediska svých výkonových kapacit a energetické efektivity (účinnosti, měrné spotřeby) využívání DEZ zpravidla na nižší úrovni, než základní energetická zařízení, spalující prvotní palivo. Pro zvýšení celkové hospodárnosti využívání tepelných DEZ je proto vhodné prověřit **účelnost koncentrace výtěžku** tepelných DEZ z většího množství technologických agregátů, nebo sdružení utilizačních zařízení se zařízeními, spalujícími prvotní palivo.

Zkušenosti z využívání tepelných DEZ u nás i v zahraničí ukazují, že základním směrem jejich racionálního zužitkování by mělo být jejich bezprostřední využívání **pro účely zásobování teplem a přípravy teplé užitkové vody**. Stále aktuálními zůstávají také záměry vedoucí k rozpracování velkých **komplexních energeticko-technologických zařízení**, umožňujících řešit současně jak úkoly zvyšování technologického výkonu zařízení, tak i úkoly efektivního získávání tepla ve formě páry o vysokých parametrech, případně elektrické energie.

Tento směr je zvláště významný pro podniky hutnictví železa a neželezných kovů a technologie na ně navazujících.

Největší a nejsnáze zužitkovatelný druhotný energetický zdroj vyskytující se prakticky ve většině průmyslových provozů, zejména pak hutních, jsou tepelné DEZ ve formě **citelného tepla odcházejících spalin**.

Nevyužívání odpadního tepla v samotném agregátu a následně pro zásobování energií jiných agregátů (procesů) je krajně nevhodné, neboť spaliny opouštějící pracovní prostor pecí odnášejí 40 až 60% tepla přivedeného do pracovního prostoru paliva. Průmyslové podniky by se proto přes řadu dosud dosažených pozitivních výsledků měly i nadále snažit využívat tento energetický potenciál, což se v prvním případě příznivě projeví ve zvýšení celkové účinnosti pecí a tím i ve zvýšení ekonomie hospodaření s energií v těchto provozech.

Teplο, které je v pecích, zejména hutnických, využito pro vlastní proces ohřevu nebo topení, je vzhledem k celkovému tepelnému příkonu poměrně malé, což znamená, že i tepelná účinnost těchto pecí se pohybuje převážně jen mezi 20 až 50%, přičemž značná část tepelné energie odchází nevyužitá. Přibližně lze stanovit (např. při 50% tepelné účinnosti pece), že kW vrácený tepelnému procesu uvnitř pece se rovná 2 kW přivedeným v palivu a že předehřátí spalovacího vzduchu o 100°C znamená úsporu asi 5% paliva. Nás však samozřejmě zajímá vzhledem k definici tepelných

DEZ jen ta část z celkového využitelného energetického potenciálu v samotném agregátu, a která může být využita pro zásobování energií jiných agregátů (procesů).

Z technicko-ekonomických důvodů nelze využít veškeré citelné odpadní teplo, ale pouze jeho část, a to podle technických a technologických podmínek každého závodu. Při projekci zařízení na využití citelného tepla v rámci agregátu i mimo něj se dle expertního odhadu uvažuje s podílem, pohybujícím se např. pro huť jako celek v rozmezí 60 až 70 %. Pro jednotlivé základní zdroje činí pak možný podíl využití podle téhož odhadu:

citelné teplo odpadních spalin	40 až 70%
citelné teplo chladící vody	60 až 70 %
citelné teplo žhavého koksu	50 až 70 %
citelné teplo žhavého kovu	40 až 70%
citelné teplo strusky	40 až 60 %

Měrná množství využitelného odpadního tepla vztažená na 1 t základní výroby v příslušném hutním provozu uvádí následující přehled. Vzhledem k různým technologickým podmínkám v jednotlivých hutních provozech se tyto hodnoty pohybují v dosti širokých mezích, a proto mohou být použity jen pro orientační výpočty absolutních velikostí využitelného odpadního tepla.

Alternativní zdroje a úspory energie – základní nástroj trvale udržitelného rozvoje

Provoz	Odpadní teplo	Měrné množství (GJ/t)	Vztaženo na
Koksovna	citelné teplo koksu	0,94 – 1,20	karbonizované uhlí
	citelné teplo destilačního plynu vč. kondenzátoru	0,60 – 0,80	
	citelné teplo spalin	0,30 – 0,50	
Vysoké pece	citelné teplo vysokopecního plynu	0,80 – 1,50	surové železo
	citelné teplo chladicí vody	0,40 – 0,80	
	citelné teplo strusky	0,80 – 1,60	
	citelné teplo surového železa	1,00 – 1,30	
Ocelárny: Martinské pece	citelné teplo spalin	1,30 – 2,10	ocel
	citelné teplo chladicí vody	0,60 – 1,00	
	citelné teplo strusky	0,40 – 0,80	
	citelné teplo oceli	1,00 – 1,50	
Kyslíkové konzervy	citelné teplo konvertorového plynu	0,15 – 0,19	
Válcovny a kovárny: ohřívací pece	citelné teplo spalin	0,40 – 1,30	válcovaný výrobek, výkovek
	citelné teplo chladicí vody	0,20 – 0,40	
	citelné teplo kovu	0,67 – 0,88	
kondenzační turbíny	citelné teplo chladicí vody	asi 16 300 kJ	na 1 kWh
dmychadla větru: pístová	citelné teplo chladicí vody a výfukových plynů	293 kJ	na 1 m ³ nasátého vzduchu
Turbodmychadla	citelné teplo chladicí vody a výfukových plynů	asi 460 kJ	na 1 m ³ nasátého vzduchu
Pístové kompresory (0,8 MN/m²)	citelné teplo chladicí vody	asi 84 kJ	na 1 m ³ nasátého vzduchu

Z přehledu je patrné, že ve všech případech jde o citelné teplo ať již spalin, chladicí vody, koks, kovu nebo strusky. Vzájemný poměr mezi těmito využitelnými odpadními teplemi závisí na výrobním technologickém zařízení a na uspořádání hutního podniku.

Pro orientaci je možno uvést, že maximální podíl z celkového využitelného odpadního (citelného) tepla v základních hutních provozech představuje citelné teplo spalin (asi 39,1 %), následované citelným teplem kovu (asi 23,9 %) a citelným teplem strusky (asi 13,5 %). Na dalších místech je citelné teplo koks (asi 11,9 %) a citelné teplo chladicí vody (asi 11,6 %).

3 Podmínky pro využívání alternativních zdrojů energie v průmyslu

I přes stále stoupající snahu o širší využívání všech alternativních zdrojů energie je třeba konstatovat, že míra využití celkového potenciálu je dosud velmi malá.

Příčinou nízkého využívání jsou jednak technická omezení vyplývající ze schopnosti efektivního využití každého zdroje a jednak ekonomické aspekty, když pouze některé způsoby využívání alternativních zdrojů jsou ekonomicky efektivní.

V oblasti průmyslového využití alternativních zdrojů je reálnost využívání ještě více omezena ekonomickými parametry, neboť je patrná obecná snaha podnikatelských subjektů realizovat pouze ty projekty, které disponují vysokou mírou návratnosti vložených prostředků.

Proto lze v současné době reálně uvažovat pouze o projektech využití biomasy, druhotných energetických zdrojů a solární energie pro vytápění nebo ohřevu TUV.

V dalším textu se proto budeme blíže zabývat podmínkami pro využívání právě těchto alternativních zdrojů energie, přičemž budou diskutovány technické a ekonomické podmínky.

3.1 Technické podmínky

3.1.1 Biomasa

Každoročně narůstající rostliny na sebe váží v procesu fotosyntézy atmosférický oxid uhličitý do organických sloučenin využitelných ve formě dřeva a stébelnin jako energetické zdroje. Přestože vhodně předsušená biopaliva svojí výhřevností srovnatelná s hnědým uhlím, některé jejich základní vlastnosti brání jejich širšímu použití bez předchozích úprav a speciálního zařízení.

Pro využití biomasy je proto nutno respektovat tyto základní podmínky:

- a) sušení
 - b) tvarové úpravy
 - c) spalovací proces
 - d) zohlednění chemického obsahu spalin
 - e) náklady na úpravu
 - f) agronomické podmínky
-

ad a) Sušení

Obsah vody v biomase se pohybuje v rozmezí cca 60 % u dřevin do 85 % u stébelnin, přičemž v tomto stavu je nelze jako palivo použít. Pro potřeby spalování je nutné snížit obsah vody u dřeva pod úroveň 30 % a u stébelnin nejméně na 20 %.

Proto je sušení, a to umělé nebo přirozené, základní podmínkou pro využití biopaliv jako energetického zdroje. Po dokonalém vysušení dosahují biopaliva výhřevnosti ve výši 18 – 19 MJ/kg.

Z bezpečnostních důvodů se doporučuje spalovat biopaliva vždy s určitým obsahem vody.

ad b) Tvarové úpravy

Tvarové úpravy jsou další podmínkou využitelnosti biopaliv. U dřeva se provádí řezání, štípání, štěpkování nebo paletování. Stébelniny je nutné řezat, lisovat nebo briketovat. Tyto způsoby se liší stupněm stlačení a velikostí produktu.

Měrná hmotnost je u jednotlivých typů produktů následující:

- volně řezaná sláma	40 – 50 kg/m ³
- balík slámy	cca 150 kg/m ³
- brikety	cca 1 000 kg/m ³
- dřevní polena	cca 500 kg/m ³
- dřevní štěpka	200 – 260 kg/m ³
- brikety	800 – 1 100 kg/m ³

Je třeba si uvědomit, že každá tvarová úprava zvyšuje konečnou cenu biopaliv.

ad c) Spalovací proces

V této oblasti jsou důležité zejména tyto podmínky:

- skladovací a dopravní systém,
- odpovídající tvar topeniště,
- zajištění sekundárního přívodu vzduchu.

Skladovací a dopravní systém, stejně jako systém topenišť je závislý na tepelném výkonu kotlů, je třeba respektovat skutečnost, že při teplotách nad 200°C dochází postupně ke zplynování biopaliv, kdy se až 80 % hmoty mění v plyn, který v krátké době shoří a zbylých cca 20 % dřevního uhlí následně prohořívá. Topeniště i uspořádání kotlů musí proto vyhovovat požadavkům na prostor stejně jako požadavkům na prohoření vznikajících spalných plynů.

V topeništích, na rozdíl od kotlů spalujících pevná fosilní paliva, je nutno vedle primárního vzduchu zavádět turbulentně i sekundární vzduch, u velkých kotlů i terciární vzduch. Důvodem je zamezení komínovým ztrátám, usazování sazí a kondenzaci dehtů.

ad d) Zohlednění chemického obsahu spalin

Topeniště je nutné přizpůsobit tak, aby zařízení zdroje tepla odolávalo vyššímu výskytu chlorovodíku (až 180 mg/Nm³), který při teplotách nad 550°C napadá teplosměnné plochy a vyzdívky.

ad e) Náklady na úpravu paliva

Technologie úpravy biopaliv, před jejich konečným užitím ve zdrojích tepla je rozhodující pro stanovení ceny. Pro zajištění konkurenceschopnosti je proto nutné volit optimální technologický postup a zejména zajistit nominální využití aplikovaných technologických zařízení.

ad f) Agronomické podmínky

Při použití řepkové a obilní slámy k energetickým účelům je třeba kompenzovat ztrátu biologického výnosu slámy jiným způsobem hnojení půdy.

Z hlediska technických zařízení rozlišujeme při využívání biopaliv následující skupiny:

- sklizňové a zpracovatelské stroje,
- tvarovací stroje,
- spalovací zařízení (zdroje tepla).

Soubor sklizňových strojů biopaliv se liší podle toho, zda jde o stroje na získávání paliva dřevního charakteru nebo paliva ze stébelnin.

U dřeva jsou to v oblasti lesních provozů běžná těžební zařízení doplněná štěpkovacími stroji na zpracování jinak obtížně využitelného odpadu, případně štípacími stroji a kombinovanými řezacími a štípacími stroji.

Piliny z dřevozpracujícího průmyslu jsou zpracovány v sušičkách pilin a briketovacími a paletovacími stroji.

Pro stébelniny se v současné době používají sklizňové lisy na obří válcové nebo kvádrové balíky s hmotností 300 až 500 kg, doplněné rozpojovacími zařízeními v linkách zpracování slámy do briket. Při sklizni, zejména celých energetických rostlin nastojato nebo z řádků se používají řezačky, které po úpravě mohou být používány i ke sklizni rychlerostoucích dřevin.

Výhledově budou energetické stébelniny sklizeny v suchém stavu samojízdnými briketovacími nebo paletovacími stroji.

Sušení je realizováno některou z těchto metod:

- dosoušení hrubé štěpky na roštech přirozeným průvanem nebo nucenou ventilací,
- dosoušení rychlerostoucích dřevin na hromadách před seštěpkováním.

Surové piliny se suší výhradně uměle horkým vzduchem před jejich briketováním.

Mezi tvarovací stroje na biopaliva patří zejména pístové briketovací stroje s průměrem briket 50 až 100 mm, paketovací stroje – kompaktory s průměrem výrobků 150 až 300 mm a paletizační protlačovací a formovací stroje s produkty o průměru 8 – 20 mm.

Spalování biomasy může být realizováno ve zdrojích nejrůznější kapacity, tj. cca od 5 kW až po zdroje tepla větší než 2 MW.

Samozřejmě s velikostí kapacity stoupají i nároky na provedení kotlů a zajištění optimálních podmínek pro spalování.

3.1.2 Sluneční energie

Nedílnou součástí systému využívající sluneční záření pro ohřev teplé užitkové vody je:

- jímací zařízení, tj. sluneční kolektor,
- akumulační zásobník vody,
- oběhové čerpadlo,
- rozvody tepla.

Dopadající sluneční energie je zachycována kolektorem, který transformuje zachycené teplo do teplotnosné látky. Toto teplo je čerpadlem dopravováno do zásobníku, ze kterého je ochlazená voda dopravená zpět do kolektoru.

Optimální sklon kolektoru je 30 až 40° v letních měsících a 60° v ostatních měsících.

Kolektory z hlediska konstrukce lze rozdělit na dva okruhy:

- ploché kolektory, u nichž je absorpční plocha stejně velká jako čelní plocha, kterou procházejí sluneční paprsky,
- koncentrující kolektory, u nichž na absorpční plochu jsou soustředovány sluneční paprsky s pomocí odrazní plochy, tj. absorpční plocha je menší než čelní plocha a proto při větším soustředění energie se dosáhne i vyšší teploty teplotnosné látky.

Absorpční plocha plochých i koncentrujících kolektorů může být buď neselektivní, tj. opatřena normálním černým nátěrem, který intenzivně absorbuje krátkovlnné sluneční záření a emituje dlouhovlnné tepelné záření, nebo selektivní, tj. opatřena povlakem, který intenzivně absorbuje krátkovlnné záření, ale potlačuje emisi dlouhovlnného záření.

Zásobník TUV je nutno kapacitně dimenzovat tak, aby zásoba pokrývala potřebu v mimoslunečním čase. Pro ohřev TUV v zásobníku je vhodné použít nejméně dva zdroje energie, tj. sluneční a el. energii. Pokud je v dosahu teplovodní soustava, potom je účelné připojit i tento zdroj tepla.

Celý okruh ohřevu TUV na bázi slunečních kolektorů je nutno zabezpečit expanzní nádobou.

Účinnost slunečních kolektorů je definována především těmito faktory:

- optické ztráty – ztráty odrazem na plochách krycího skla, pohlcením ve skle, celkem ve výši cca 10 %,
 - sluneční absorptivita – tj. míra pohlcení slunečního záření absorbérem, koeficient absorpce dosahuje podle typu kolektoru hodnoty 0,94 až 0,96,
-

- tepelná emisivita – míra vyzařování (sálání) ze zahřátého absorbéru při jeho určité teplotě. Selektivní vrstva vyzařuje jen 10 až 20 % absorbovaného záření, neselektivní vrstva vyzařuje až 80 % energie.
- tepelné ztráty kolektoru – jsou závislé na úrovni izolace stěn kolektoru.

Vzhledem k proměnlivosti intenzity slunečního záření, tj. dopadajícího tepelného toku a teploty okolí nemá účinnost kolektoru stálou hodnotu, ale mění se v závislosti na změně předmětných veličin.

Empirická pozorování vedou k závěrům, že v letních měsících dosahuje kolektor účinnost ve výši až 80 % a v zimním období cca 10 %.

3.1.3 Druhotné energetické zdroje

Základem pro veškerou praktickou činnost v oblasti využívání DEZ je **správné stanovení velikosti výtěžku** těchto zdrojů z jednotlivých technologických zařízení.

Výtěžek DEZ se obvykle vyjadřuje jako **poměrná hodnota**, vztažená na jednici produkce či vstupní suroviny, nebo na jednotku času. Na jednici produkce základní výroby se vztahuje v případě výroby jediného druhu produktu, na jednotku spotřebované suroviny či energie v případě výroby více druhů produktů.

Výtěžek DEZ se tedy určí jako součin měrného množství nositele energie a jeho energetického potenciálu.

Za jednotky množství nositele energie je vhodné přijmout buď jednotku hmotnosti (kilogram), nebo jednotku objemu (krychlový metr při daných podmínkách) v závislosti na skupenství nositele energie. Za jednotku velikosti energetického potenciálu je třeba přijmout jednotku energie (joule). V případě tepelných DEZ je energetický potenciál nositelů energie dán tepelným spádem - Δi [kJ/kg(m³)]

Potom se výtěžek tepelných DEZ určí z výrazu:

$$q_{DEZ} = m_{DEZ} \cdot \Delta i \text{ [kJ/j.pr.(j.sur.)]}$$

kde:

$$m_{DEZ} \text{ [kJ/kg(m}^3\text{)/ j.pr.(j.sur.)]}$$

je měrné množství nositele energie ve formě tuhých, kapalných nebo plyných produktů,

$$\Delta i \text{ [kJ/kg(m}^3\text{)]}$$

je tepelný spád, daný rozdílem entalpií:

$$\Delta i = i_1 - i_2 \text{ [kJ/kg(m}^3\text{)]}$$

kde:

i_1 [kJ/kg(m³)]

je entalpie nositele energie na výstupu z technologického agregátu - zdroje DEZ nebo z rekuperačního (regeneračního) zařízení příslušejícího tomuto agregátu,

i_2 [kJ/kg(m³)]

.je entalpie nositele energie jeho vstupu do následující fáze výrobního (technologického) procesu, nebo procesu využití odpadního tepla, nebo minimální, technicky přípustná entalpie nositele energie na jeho výstupu do atmosféry

Měrné množství nositele energie se stanoví z hmotné a energetické bilance agregátu - zdroje DEZ, nebo z jeho energeticko-technologických charakteristik, předepsaných postupů výroby, či na základě údajů příslušných měřících přístrojů (po jejich rozboru).

Zvláštní pozornost si zaslouží otázka stanovení **tepelného spádu** Δi odpadních plynů z průmyslových pecí.

Jak již bylo řečeno v souvislosti s definicí DEZ, není důvodu počítat k DEZ tu část tepla odpadních plynů, která může být s vysokým ekonomickým efektem využita v samotném technologickém agregátu. Na druhé straně však existuje i mnoho takových zařízení, která mohou být úspěšně provozována i bez přehřívání spalovacích složek, jako jsou např. tandemové pece, do nichž je přiváděn vzduch obohacený kyslíkem. V takovém případě je třeba do tepelných DEZ zahrnout veškeré teplo odpadních plynů na výstupu z pracovního prostoru zařízení.

Je zřejmé, že v této otázce nelze přijmout jednoznačný závěr pro všechny případy. Počáteční teplotu odpadních plynů a jí odpovídající entalpii – i_1 je proto nezbytné stanovit případ od případu, v závislosti na typu technologického agregátu a daných provozních podmínkách.

Dále je třeba zdůraznit, že do výpočtu výtěžku by nemělo být zahrnováno veškeré teplo odpadních plynů, ale pouze ta jeho část, která může být z hlediska současných technických možností prakticky využita. Jestliže bychom do výtěžku započítali veškeré teplo odpadních plynů, byla by z technologického agregátu sejmuta podstatná část ztrát tepla, jejichž výskyt je pro jakékoliv zařízení spalující palivo, v té či oné míře nevyhnutelný. Do hodnoty výtěžku by tak bylo zahrnuto teplo, které nemůže být zcela evidentně využito, a jehož podíl na velikosti výtěžku může být značně vysoký, , nehledě na vznik falešného dojmu o výskytu značného množství potenciálně využitelných tepelných DEZ.

Z tohoto hlediska je také nutno přistupovat ke **stanovení minimální, technicky přípustné teploty resp. entalpie - i_2 .**

Předpokladem pro její objektivní stanovení je znalost základního tepelného schématu posuzovaného technologického agregátu, dále zabezpečení podmínek pro průběh vlastního odpovídající stavu před zavedením zužitkování DEZ, jakož i zajištění požadovaného stupně spolehlivosti provozu použitého utilizačního zařízení, který je ovlivněn technologickými podmínkami utilizace, jako je např. obsah prachu ve spalínách, teplota rosného bodu spalin, agresivita nositele energie atd.

Výtěžek DEZ (množství nositele energie a jeho energetický potenciál) je určen řadou faktorů technologického i provozního charakteru, a proto se v obecném případě může velikost výtěžku DEZ v čase vyznačovat značnou nerovnoměrností. Praktické zkušenosti ukazují, že nerespektování skutečných provozních režimů technologických agregátů - zdrojů DEZ, na kterých jsou časové diagramy výtěžků DEZ závislé, může vést k prudkému snížení ekonomické efektivity provozovaného utilizačního zařízení oproti původním předpokladům. Proto je bezpodmínečně nutné, aby při posuzování variant možných směrů a způsobů zužitkování DEZ, byla provedena podrobná analýza skutečných provozních režimů agregátů, a to pokud možno za delší časové období.

V této souvislosti je vhodné rozlišovat maximální, minimální (garantovaný) a průměrný denní výtěžek DEZ.

V případě kolísání výtěžku DEZ nejen v průběhu dne, ale i v rámci sezóny, je účelné používat průměrného ročního výtěžku DEZ. V praktických výpočtech se obvykle počítá s **průměrným výtěžkem DEZ**.

Pro evidenci, plánování a vyhodnocování využívání DEZ je třeba znát celkovou velikost výtěžku DEZ za sledované období (týden, měsíc, rok), kterou je možno stanovit jako součin průměrného výtěžku DEZ a vyrobeného množství produkce, nebo spotřebované suroviny či energie za dané období.

Provoz utilizačního zařízení je ve velké většině případů těsně svázán s provozem technologického agregátu - zdroje DEZ. Dojde-li z nejrůznějších příčin, jako je např. porucha, havárie, opravy a údržba atd., k odstavení tohoto agregátu, klesne výtěžek DEZ a tím i výkon utilizačního zařízení na nulu. Na druhé straně může být odstavení utilizačního zařízení vyvoláno i odstavením spotřebiče či skupiny spotřebičů, které jsou na utilizační zařízení připojeny, a to prakticky ze stejných důvodů jako v případě agregátu. Za těchto okolností je výtěžek DEZ odváděn mimo vlastní utilizační zařízení, aniž by byl patřičným způsobem zužitkován. Vznikají tak nevyhnutelné ztráty výtěžku DEZ, s nimiž je třeba v úvahách o efektivnosti využití DEZ rovněž počítat. Tyto skutečnosti by měl vystihovat právě součinitel $r^{t,r}$.

Potíže tohoto druhu se objevují zejména tehdy, je-li např. otázka zásobování teplem řešena z úzce lokálního hlediska. Úplnější využívání celkového ročního výtěžku tepelných DEZ může být zajištěno jedině tehdy, zahrnou-li se do úvah, týkajících se sestavení bilance zdrojů a potřeb tepla vedle potřeb pro daný podnikatelský subjekt (organizační celek) i potřeby tepla pro další potenciální spotřebitele, nacházející se v blízkosti zdroje tepelných DEZ, pokud to samozřejmě velikost celkového ročního výtěžku tepelných DEZ a jeho časový průměr dovolují.

Po postupném vyloučení všech výtěžků tepelných DEZ, které nelze evidentně za daných podmínek zužítkovat (jsou odvedeny mimo utilizační zařízení), získáme tzv. "redukovaný roční diagram trvání výtěžků tepelných DEZ", ze kterého pak vycházíme při návrhu variant výkonové kapacity utilizačního zařízení. Přitom základním cílem uvedené analýzy, spojené s koordinací provozu daného souboru spotřebičů tepla, by měla být snaha o maximálně možné přiblížení redukovaného ročního diagramu

trvání výtěžků tepelných DEZ - skutečnému ročnímu diagramu, a to tak, aby číselná hodnota součinitele r^{tr} byla co nejvyšší. K výpočtu technicky možné výroby tepla Q_u^{tr} bychom tedy měli přistoupit až poté, co byla učiněna všechna vhodná technicko-organizační opatření vedoucí k maximalizaci součinitele r^{tv} .

Další důležitou okolností pro výpočet technicky možné výroby tepla je to, že se může v některých případech množství nositele energie během jeho postupu od technologického agregátu až po výstup do okolí měnit, a to buď tím, že se snižuje, nebo naopak zvyšuje. Např. u spalin, opouštějících průmyslové pece, se jejich množství obvykle zvětšuje přisáváním tzv. "falešného vzduchu", které je způsobeno netěsnostmi traktu kouřových plynů. Celkový roční výtěžek tepelných DEZ z technologického agregátu – zdroje DEZ je pak možno určit rozdíl po zahrnutí všech změn vypočtených parciálně jako součin množství DEZ a odpovídající entalpie.

Hodnocení ekonomické efektivity zaměnitelných variant investiční akce je založeno na hodnocení zisku vyprodukovaného provozováním hodnocené investice.

Hodnocení se provádí z hlediska projektu, tj. z makroekonomického hlediska a z hlediska investora. Pro výpočet efektivity z **hlediska projektu**, kdy se neuvažují daně a veškerý potřebný kapitál se uvažuje s výnosem dle zadaného diskontu, se počítá zisk projektu s pomocí poměrné anuity, zahrnující poměrný odpis a poměrný anuitní úrok. Anuitní úrok vyjadřuje průměrnou ztrátu z vázanosti vložených investičních prostředků podle velikosti zadaného diskontní sazby.

Zisk projektu vypočteme po odečtení provozních nákladů, odpisů a úroků od celkových tržeb podle vztahu.

$$Z = V - N_p - a_{T_0} \cdot N_{ip}$$

Tok hotovosti je základní veličinou pro ekonomickou analýzu investic. Na rozdíl od zisku v cash flow není obsaženo časové rozlišení investičních nákladů pomocí odpisů, neboť jak z názvu plyne jde o rozdíl mezi příjmy a výdaji v hotovosti.

V době výstavby charakterizuje cash - flow čerpání finančních zdrojů, v době provozu pak jejich tvorbu.

Základní ukazatele pro hodnocení projektu

Všechny uvedené ukazatele jsou počítány vždy z údajů za všechny roky hodnoceného období, neboť ukazatele z jednotlivých let jsou nepostačující (cílový rok, první rok provozu apod.), neboť nepostihují možný vývoj veličin během hodnoceného období.

Diskontovaný zisk za hodnocené období se počítá jako čistá současná hodnota (net present value) zisků v jednotlivých letech dle vztahu

$$Z_{T_0} = \sum_{t=1}^{T_0} Z_t \cdot (1 + p)^{-t}$$

kde Z_t je roční zisk

p diskontní míra
 T_0 doba hodnocení projektu

Nejefektivnější variantou je varianta s maximální hodnotou diskontovaného zisku.

Průměrný roční zisk je vypočten pomocí poměrné roční anuity dle vztahu

$$Z_r = a_{T_0} \cdot Z_{T_p}$$

a představuje vlastně roční zisk, který v konstantní hodnotě by dal za hodnocené období shodný diskontovaný zisk.

Diskontovaný cash - flow DCF, jeho čistá současná hodnota (net present value), je-li počítána za dobu životnosti projektu, dává shodný výsledek jako diskontovaný zisk, neboť součet odpisů a anuitních úroků je za dobu životnosti roven právě N_{ic} . Pro hodnocení investic má tedy shodnou vypovídací schopnost jako zisk a jako kritérium maximalizující efekt projektu, právě za dobu životnosti dává stejné výsledky. Výhodou veličiny cash - flow je ale možnost posoudit kumulovaně bilanci finančních prostředků v libovolném roce od počátku realizace.

$$DCF_{T_0} = \sum_{t=1}^{T_0} C F_t \cdot (1 + p)^{-t} = \max$$

kde CF_t je roční tok hotovosti vyjadřující rozdíl příjmu a výdajů v daném roce.

Vnitřní výnosové procento, vnitřní úroková míra (Internal rate of return - IRR) p_i

je taková hodnota úrokové míry, která použita pro diskontování dává za dobu životnosti, právě nulovou hodnotu diskontovaného toku hotovosti.

$$\sum_{t=1}^{T_0} (V_t - N_{pt} - N_{it}) \cdot (1 + p_i)^{-t} = 0$$

Varianta s maximální hodnotou DCF pro zadanou diskontní sazbu se obecně neshoduje s variantou, pro níž je vnitřní úroková míra nejvyšší. Užitečnost tohoto ukazatele spočívá v možnosti posoudit efektivnost hodnocené investice ve srovnání se zvolenou diskontní sazbou, tj. s předpokládanou zadanou mírou výnosů vlastních prostředků (např. ve výši úroků z vkladů).

Doba návratnosti (Pay back period) T_s se počítá z podmínky

$$\sum_{t=1}^{T_s} (V_t - N_{pt} - N_{it}) \cdot (1 + p)^{-t} = 0$$

a udává, ve kterém roce převáží tvorba finančních zdrojů nad jejich čerpáním. Tento ukazatel má funkci pomocného ukazatele efektivnosti vzhledem k omezené vypovídací schopnosti.

Rentabilita projektu (Return on Investment) vyjadřuje v procentech míru zisku veškerých investovaných prostředků. Vypočte se z poměru průměrného ročního zisku a investičních nákladů projektu. Ukazatel charakterizuje míru zisku projektu a lze jej použít pro porovnání rentability hodnoceného projektu s obvykle dosahovanou mírou zisku. Varianta s nejvyšší rentabilitou nemusí mít nejvyšší absolutní hodnotu cash - flow za životnost.

Diskontované výrobní náklady za sledované období vyjadřují současnou hodnotu toků nákladů spojených s provozem investic. Stanoví se dle vztahu

$$N_v = \sum_{t=1}^{T_0} N_{pt} \cdot (1 + p)^t + N_i$$

Tento ukazatel se užívá, především u investic se stejným výrobním účinkem resp. v případech kdy nelze stanovit tržby (příjmy) z realizace investice.

Vybraná varianta ve fázi hodnocení projektu je dále hodnocena z hlediska investora.

V komponentách výnosů a nákladů je výpočet shodný, jako při hodnocení z pohledu projektu. Podrobně se však také řeší financování investice, doplněné o úvěry, resp. leasingem, emisí obligací, akcií popř. dotacemi a strategií odpisování. Dále se respektují daňová pravidla.

Úroky jsou počítané podle skutečného stavu úvěrů a obligací a zahrnují jen placené úroky, které jsou nákladovou položkou. Nejsou zde uvažovány ušlé úroky z vlastních prostředků investora, které by investor získal použitím těchto prostředků na jiné investice, resp. jejich uložení v bance. Tyto úroky mají charakter tzv. opportunity costs a nepatří mezi náklady, zachycené v účetnictví. Ve výpočtu jsou respektovány použitím diskontování.

Úroky z úvěrů, zaplacené ještě během doby výstavby investice jsou v souladu s účetní metodikou připočítávány k investičním nákladům a tvoří tak součást základny pro odepisování (pořizovací cenu). Nejsou tedy součástí nákladů při výpočtu zisku.

Použitá metodika rozlišuje financování z vlastních prostředků investora a úvěry, splatnými dle individuálně zadaných podmínek doby splatnosti. Úvěry lze pojmout jednak jako "individuální", příslušející jednotlivé investiční akci, tak i jako úvěry "anonymní", poskytované firmě jako celku. Kromě toho je nutné brát v úvahu i úvěry, které byly čerpány již před počátkem hodnoceného období a jsou v něm tedy pouze spláceny.

Diskontovaný cash - flow investora a čistý zisk se počítá stejně jako u hodnocení projektu opět pro každý rok od počátku hodnoceného období.

Pro hodnocení investic z pohledu investora se počítají v zásadě stejné ukazatel jako při hodnocení projektu, popsané v předchozí části. Při jejich interpretaci je ale třeba uvědomit si některé odlišnosti od ukazatelů projektu. Výběr optimální varianty z hlediska investora se tedy provádí podle maxima diskontovaného toku hotovosti investora po zdanění za dobu životnosti. Pro investora je velmi důležitý i průběh cash - flow v jednotlivých letech, z něž lze usoudit na finanční realizovatelnost hodnocené investice po jejím zařazení do finančního plánu investora.

V důsledku poměrně vysokého zdanění je obvykle čistá současná hodnota reálného výnosu investice podstatně nižší než DCF projektu, nezatížený daněmi. Za této situace je i doba splacení vložených vlastních investičních prostředků delší, než při nezdaněných prostředcích. Výjimkou tvoří případ financování formou dotací.

Vnitřní úroková míra je počítána opět z podmínky $DCF = 0$. Charakterizuje čistou výnosnost vložených prostředků po zdanění a je tedy nižší než stejný ukazatel projektu, počítaný bez vlivu daní. Při posuzování velikosti tohoto ukazatele je možné porovnání opět jen např. s obvykle dosahovanou čistou výnosností vlastních prostředků.

Ukazatelé efektivnosti z hlediska investora (průměrná roční hodnota nebo diskontovaná za hodnocené období) jsou počítány z použitelného zisku, tj. po zdanění. V něm však jsou pouze náklady, zachycované v účetnictví. Chybí zde tedy významná položka ušlých úroků z vlastních prostředků. O tuto částku, diskontovaně sečtenou za dobu životnosti, je použitelný zisk investora vyšší než jeho cash - flow. Pokud tyto úroky neodečteme, nelze tvrdit, že varianta s kladným cash flow je efektivní.

Velmi často hodnocený investiční projekt je těsně provázán se stávajícími aktivitami podniku a jeho stávajícím výrobním systémem. V takovémto případě by mělo být hodnocení založeno na bázi tzv. inkrementálního cash flow, tj. přírůstkového toku hotovosti.

Tato cash flow vyjadřuje toky peněžních prostředků, kterými se uvažování varianty vzájemně odlišují.

Pro diskontovaný inkrementální cash flow platí:

$IDCF = DCF$ při realizaci projektu - DCF bez realizace projektu

3.2 Ekonomické podmínky

3.2.1 Ekonomické hodnocení projektů

Proveditelnost jakéhokoli projektu, tedy i projektu na využití alternativních zdrojů energie je podmíněna jeho ekonomickou přijatelností. Za tímto účelem je nezbytné vždy provést korektní výpočet ekonomické efektivnosti, přičemž bude použito následujících kriteriálních funkcí:

3.2.2 Ekonomická efektivnost využívání druhotných energetických zdrojů

Nejdůležitější fází celého procesu technickoekonomického hodnocení využívání DEZ je vlastní ekonomické hodnocení navržených variant řešení.

Ekonomická efektivnost využívání DEZ je závislá především na těchto faktorech:

- Stupni vhodnosti DEZ k přeměně na jiné formy energie
 - Stupni nerovnoměrnosti výtěžnosti DEZ z technologického agregátu zdroje DEZ
 - Stupni obtížnosti technické, případně i ekonomické realizace utilizačního zařízení (možnosti volby
-

velikosti instalovaného (jmenovitého) výkonu utilizačního zařízení a ročního využití tohoto výkonu)

- Míře potřeby příslušné formy energie, získávané na základě zužitkování DEZ
- Druhu, výkonu a dalších technickohospodářských ukazatelích zaměřovaného základního energetického zařízení, atd.

Toto hodnocení je možno provádět v zásadě jak z hlediska podnikového, tak z hlediska celospolečenského.

Při posuzování ekonomické efektivity navržených variant využití DEZ vycházíme z obecného kritéria aktualizovaného zisku, které se vyjadřuje podmínkou, že z daných variant zužitkování DEZ je optimální ta, jejíž aktualizovaný zisk je maximální. Za předpokladu, že v jednotlivých letech provozu bude využíváno stále stejné množství energie, budou i každoroční tržby a výrobní náklady posuzovaných variant konstantní. Kritériem aktualizovaného zisku lze pak s výhodou převést na kritérium jednorocního zisku.

Pro posuzování ekonomické efektivity variant zužitkování DEZ z hlediska podnikového je vhodné použít kritéria, a to v případech, kdy:

- a) daná forma energie, vyrobené na základě využití DEZ je předmětem prodeje spotřebitelům mimo závod, tzn. že lze číselně vyjádřit tržby z prodeje uvažované formy energie pomocí příslušných tarifních sazeb,
- b) závod sám spotřebovává veškeré množství dané formy energie, vyrobené na základě využití DEZ, takže nerealizuje tržby, předpokládá však, že tutéž formu energie o týchž parametrech může zajistit nákupem zvenčí za platné tarifní sazby. Porovnáním takto stanovených nákladů za dodávku uvažované formy energie ("ročních tržeb") se skutečně vynaloženými ročními výrobními náklady stanovíme velikost úspory ("ročního zisku"), vzniklé v důsledku utilizace DEZ. K nákladům stanoveným pomocí příslušných tarifů je však třeba připočítat případné dodatečné náklady závodu, spojené s jeho připojením k dané energetické soustavě. V tomto případě se tedy roční tržby určují nepřímou, jako fiktivní náklady na zajištění uvažované formy energie zvenčí.

Objektivní zhodnocení efektu z využití DEZ má zásadní význam jak pro výběr optimálních směrů a způsobů utilizace, tak i pro volbu optimálního stupně jejich zužitkování. Z tohoto hlediska je třeba považovat za správné, aby se posuzování ekonomické efektivity variant využívání DEZ opíralo v každém jednotlivém případě o vzájemné porovnávání dvou variant :

1. varianty zabezpečující výrobu dané formy energie na základě utilizace – **varianty zaměřující,**
2. varianty. zabezpečující stejný výrobní energetický účinek prostřednictvím základních energetických výroben, tzn. bez ohledu na utilizaci DEZ - **varianty zaměřované.**

Za účelem zajištění vzájemné porovnatelnosti by měly obě varianty vyhovovat v zásadě těmto požadavkům:

- a) zabezpečit stejný výrobní energetický účinek, tzn., že každá z variant by měla zajistit stejnou dodávku dané formy energie spotřebiteli, a to jak co do kvality a kvantity, tak i co do časového rozložení,
-

b) zajistit stejnou spolehlivost dodávky dané formy energie.

K tomu je třeba uvést, že každý jednotlivý případ zužitkování DEZ je nutno zkoumat a řešit v jeho specifických podmínkách, které se obvykle případ od případu značně liší.

Dále je potřebné zdůraznit nutnost komplexního přístupu k řešení problematiky využívání DEZ, která pramení z toho, že samotný proces zužitkování DEZ je svázán s celou řadou faktorů, ať již rázu technologického, energetického, ekonomického, organizačního či ekologického, přesahujících zpravidla ve svých konečných důsledcích rámec daného závodu, v jehož technologických agregátech (procesech) vznikají. Např. již pouhá skutečnost, že využitelnost určitého DEZ je zpravidla vázána na určitou vymezenou lokalitu způsobuje, že otázku využití tohoto zdroje je třeba řešit koordinovaně se všemi potencionálně možnými spotřebiteli energie, a to v patřičně dlouhodobém výhledu.

V případech, kdy celkový výtěžek DEZ, získaný v daném závodě, nemůže být pro nedostatek spotřebičů plně využit, je třeba uvážit možnost výstavby společných utilizačních zařízení, které by kromě samotného závodu zásobovala i další průmyslové či jiné závody (různých sektorů), případně i obytné aglomerace nacházející se v bezprostřední blízkosti závodu. Zde je ovšem třeba upozornit na praktické obtíže, které mohou vzniknout při plánování i realizaci účelného sdružování investičních prostředků na výstavbu takových zařízení, i když ekonomická efektivnost tohoto řešení může být zcela průkazná,

Kromě toho je účelné provést ekonomické vyhodnocení všech změn, k nimž dochází v jednotlivých člancích příslušných schémat zásobování závodu energií (v rámci závodu i mimo něj), v důsledku využívání DEZ.

V řadě případů může vést zužitkovaný DEZ ke zvýšení výkonnosti nebo prodloužení pracovní kampaně technologických agregátů či zařízení, ke snížení množství průmyslových odpadů atd.

Neméně závažnou je i otázka ochrany životního prostředí, související v tomto případě např. se snižováním úniku škodlivých produktů obsažených v odpadních plynech, neboť v řadě případů je nutno před vlastní utilizací DEZ škodliviny z nositele DEZ odstranit. V zásadě, jakékoliv racionalizační opatření, vedoucí ke snížení spotřeby prvotního (fosilního) paliva a tím i ke snížení emise škodlivin do okolí, zároveň napomáhá ochraně životního prostředí a dodatečně zvyšuje ekonomickou efektivnost přijatého řešení

Věnujme dále pozornost volbě kritéria pro posuzování ekonomické efektivnosti variant, opírajících se o utilizaci DEZ. Pro každou z dvojice bezprostředně porovnávaných variant, tj. varianty zaměřované a zaměřující, vyhovujících výše zmíněným podmínkám mohou být

stanoveny aktualizované výrobní náklady za dobu porovnání T_p , spojené s realizací těchto variant, neboli:

$$\mathbf{N}_{vTp} = \sum_{T=1}^{T_p} (\mathbf{N}_{pT} + \mathbf{a}_{Tz} \cdot \mathbf{N}_{ip}) \cdot \mathbf{r}^{-T} \quad (\text{Kč}) \quad (1)$$

kde

N_{pT} (Kč/r) provozní náklady posuzované varianty v T -tém roce
 a_{Tz} poměrná anuita (umořovatel)

N_{ip} (Kč) porovnávací investiční náklady posuzované varianty
 r^{-10} odúročitel

T_p zvolená doba porovnání.

Za kritérium posuzování ekonomické efektivity variant s užitím pak může být zvoleno tzv. kritérium **aktualizovaného porovnávacího efektu**. Vyjadřujeme jej podmínkou, že z posuzovaných variant s užitím DEZ je optimální ta, jejíž aktualizovaný porovnávací efekt je maximální, čili:

$$E_{TP} = N_{v1Tp} - N_{v2Tp} = \max \quad (\text{Kč}) \quad (2)$$

kde

N_{v1Tp} (Kč) aktualizované výrobní náklady varianty zaměňované (bez užití DEZ) za dobu porovnání T_p

N_{v2Tp} (Kč) aktualizované výrobní náklady varianty zaměňující (s užitím DEZ) za dobu porovnání T_p .

Výraz (2) lze převést na tvar průměrného ročního porovnávacího efektu:

$$E_{r\emptyset} = \sum_{i=1}^n N_{vr\emptyset i} - \sum_{i=1}^m N_{ve\emptyset i} = \max \quad (\text{kč}) \quad (3)$$

kde

$N_{vr\emptyset i}$, $N_{ve\emptyset i}$ (kč) průměrné roční výrobní náklady i-tého dílčího objektu

zaměňované (1), resp. zaměňující (2) varianty

n, m celkový počet dílčích objektů v zaměňované, resp. zaměňující variantě.

Vztah (3) vyjadřuje průměrný roční porovnávací efekt posuzované varianty s užitím DEZ jako rozdíl součtu průměrných ročních výrobních nákladů jednotlivých dílčích objektů zaměňované a zaměňující varianty .

Výpočet rozdílu celkových ročních výrobních nákladů vzájemně zaměnitelných variant je možno zjednodušit tím, že vyšetříme pouze změny ročních výrobních nákladů těchto komponent porovnávaných schémat, které při přechodu od jednoho schématu zásobování danou formou energie k

druhému, doznají nějakých změn. To znamená, že položky , které jsou pro obě porovnávané varianty shodné, vynecháme, resp. počítáme s jejich rozdíly.

Pokud jde o roční provozní náklady posuzovaných dílčích objektů, je možno je rozčlenit zhruba na tyto položky:

Roční náklady na:

- palivo
- elektrickou energii
- opravy a údržbu zařízení
- mzdové náklady
- zbylé provozní náklady , zahrnující podle konkrétních podmínek náklady na:

provozní materiál vodu

dopravu

režijní náklady ostatní náklady apod.

Pro ekonomické hodnocení energetických úsporných zařízení lze rovněž použít obecné kritérium maxima diskontovaného zisku ve tvaru:

$$Z_{Th} = \sum_{T=1}^{Th} (U_T - N_{pT}) \cdot (1 + r)^{-T} - N_{ip} \geq 0 \quad (4)$$

kde

U_{Tj} jsou ekonomicky oceněné energetické úspory v T -tém roce hodnoceného období, snížené případně o náklady na vlastní spotřebu energie hodnoceného zařízení

N_{pT} jsou provozní náklady hodnoceného energetického zařízení (bez nákladů na energii, obsažených v předchozí komponentě)

N_{ip} jsou porovnávací investiční náklady zařízení, respektující rozložení investičních nákladů během výstavby .

Součástí komponenty U_T jsou i náklady na energii potřebnou případně pro provoz hodnoceného energetického zařízení. Tato spotřeba energie fakticky energetickou úsporu snižuje (např. spotřeba elektřiny při instalaci tepelného čerpadla).

Provozní náklady A_{pT} jsou náklady potřebné pro provoz energetického zařízení bez odpisů a bez nákladů na spotřebu energie. Podobně jako u úspor energie je potřebné v provozních nákladech respektovat úspory jednotlivých položek provozních nákladů (mzdy , opravy a údržba apod.).

Kriteriální podmínka výběru optimálního energetického úsporného zařízení resp. výběru optimální varianty je hodnota kritéria větší než nula, nebo alespoň jeho nezáporná hodnota.

Pro případy , že posuzovaná zařízení mají různou dobu ekonomické životnosti, je možno rozhodovacím kritériem upravit do průměrného ročního tvaru:

$$Z = U_{r\emptyset} - N_{pr\emptyset} - a_{Tz} \cdot N_{ip} \quad (5)$$

Pro případy , že posuzovaná zařízení mají stejnou, resp. různou dobu ekonomické životnosti T_z , ale komponenty kritéria provozní náklady a oceněné úspory jsou během životnosti konstantní, postačí pro rozhodování nejjednodušší tvar kritéria

$$Z_r = U_r - N_{pr} - a_{Tz} \cdot N_{ip} \quad (6)$$

Z modifikací předchozích vztahů lze pro mezní podmínku nezápornosti kritéria odvodit vztah pro **mezní velikost vynaložených investičních prostředků**. Z poslední rovnice plyne např. vztah:

$$N_{ipm} = \frac{U_r - N_{pr}}{a_{Tz}} \quad (7)$$

Tento ukazatel stanovuje mezní hodnotu investičních nákladů na utilizační zařízení, která ještě bude pro investora efektivní vynaložit na realizaci racionalizačního opatření na využití druhotného zdroje tepla.

4 Identifikace potenciálu úspor využitím alternativních zdrojů energie

Každé využití alternativního zdroje energie přinese potenciálně úsporu primárních neobnovitelných zdrojů energie. Lze tedy říci, že kapacita zařízení využívající alternativní zdroje energie a jeho časové využití je určující pro stanovení objemu substituované primární formy energie.

Při rozhodování o případném využití alternativních zdrojů energie je třeba vždy provést stanovení tzv. technického potenciálu, tj. kapacity, která je aplikací vhodného zařízení využitelná a následně stanovení reálného, ekonomicky efektivního potenciálu. V tomto případě se jedná o takovou kapacitu zařízení, při kterém je u předmětného alternativního zdroje energie využití ekonomicky efektivní.

K této hodnotě lze dojít pouze ekonomickou optimalizací disponibilních variant řešení, kde jsou porovnávány nároky a účinky jednotlivých variant, tj. investiční náklady, výkonové parametry a objem produkované, resp. jímané energie, provozní náklady navrhovaného zařízení.

Teprve na bázi ekonomického vyhodnocení lze stanovit nejefektivnější řešení a tedy velikost ekonomicky efektivního potenciálu.

Zvláštním případem je stanovení úspory energie v důsledku využívání druhotných energetických zdrojů.

Základním kritériem této efektivnosti je dosahovaná úspora prvotního paliva. Z tohoto důvodu je proto neobyčejně důležité správné stanovení druhu a množství paliva, které se v důsledku zužitkování DEZ uspoří.

Jak již bylo zdůrazněno, nevede využívání DEZ ke snížení spotřeby paliva v samotném technologickém agregátu - zdroji DEZ, ale uspoří palivo v základních energetických výrobních spalujících prvotní palivo, které by vyrobily stejné množství energie týchž parametrů, jaké se získá v důsledku zužitkování DEZ. V zásadě mohou nastat dva případy:

- a) Organizační celek (závod, podnik, kombinát, obec atd.) vyrábějící danou formu energie na základě využívání DEZ v příslušných utilizačních zařízeních má možnost si tutéž formu energie vyrobit ve vlastních základních energetických výrobních spalujících prvotní palivo.
- b) Organizační celek tuto možnost nemá, čili danou formu energie vyráběnou v utilizačních zařízeních je nucen si zajišťovat nákupem zvenčí. V tomto případě nemá smysl hovořit o úspoře prvotního paliva, ale pouze o úsporách nákladů vynaložených na nákup této formy energie.

Věnujme se dále pouze prvnímu případu. Zde mohou nastat opět dva případy:

- a) Při vyrovnané bilanci uvažované formy energie v rámci daného organizačního celku znamená případné získávání energetické výrobní zásobující příslušný organizační celek a vznik odpovídající úspory prvotního paliva v této výrobě.
- b) V případě trvalé disparity mezi stranou zdrojů a potřeb v bilanci uvažované formy energie, nebo jde-li o instalaci nových spotřebičů téže formy energie v rámci daného organizačního celku, vede využívání DEZ pro výrobu uvažované formy energie k záměně odpovídající výrobní kapacity nové základní energetické výrobní, kterou by bylo nutno vybudovat v případě, že by se od zužitkování DEZ upustilo. Jde tedy o vznik úspory prvotního paliva v takové základní energetické výrobě, která by musela být teprve vybudována, aby vyrobila stejné množství energie týchž parametrů, jaké lze získat v důsledku využívání DEZ.

Výše úspory prvotního paliva závisí především na směru zužitkování DEZ a způsobu zásobování daného systému tj. závodu, podniku, kombinátu atd., v jehož rámci se DEZ využívají, energií. Z hlediska směru využívání DEZ jde v případě tepelných DEZ v zásadě o využívání tepelné, případně kombinované, kdy se pára vyrobená v utilizačních zařízeních využívá v protitlakových nebo odběrových turbosoustrojích pro výrobu elektrické energie a současně i pro zásobování teplem.

Energetická efektivnost využívání DEZ závisí rovněž na technicko-hospodářských ukazatelích a charakteristikách základních energetických výroben, ale i utilizačních zařízeních samotných. Energetickou efektivnost zužitkování DEZ je třeba každopádně hodnotit na základě **komplexního posouzení všech důsledků**, které toto využití vyvolá.

V případě posuzování energetické efektivnosti využívání tepelných DEZ pro zásobování závodu teplem, je úspora prvotního paliva dána množstvím paliva, které by se spotřebovalo v základní energetické výrobě k výrobě tepla téhož množství a týchž parametrů, jaké se vyrobí v utilizačním zařízení, nebo se získá bezprostředně jako DEZ. Základní energetická zařízení, s jehož ukazateli porovnáváme efektivnost využívání DEZ nazýváme obvykle "**zaměňovaným zařízením**". V závislosti na konkrétních podmínkách zásobování závodu energií je možno za toto zařízení považovat výtopnu, teplárnu či pouze kotelnou teplárny i jednotlivé kotle či lokální topidla.

Uvažujme např. případ, kdy využívání DEZ pro účely zásobování teplem nemá vliv na hospodárnost výroby elektrické energie. Zároveň předpokládejme vyrovnanou bilanci tepla. Jestliže se v takovém závodě vybuduje utilizační zařízení, pak úspora tepla v palivu, která vznikla zužitkováním DEZ resp. bezprostředním využíváním tepelných DEZ je rovna:

$$Q_{\text{pal}}^{\text{tr}} = \frac{Q_{\text{u}}^{\text{tr}} \cdot \sigma^{\text{tr}}}{\eta_{\text{k}}^{\text{tr}}} = Q_{\text{u}}^{\text{tr}} \cdot \sigma^{\text{tr}} \cdot q_{\text{pal}}^{\text{tr}} \text{ (GJ/r)}$$

kde:

Q_{u}^{tr} (GJ/r) je celkové množství tepla ve formě teplé či horké vody nebo páry, vyrobené v utilizačním zařízení za rok,

σ^{tr} (-) je součinitel využití tepla, vyrobeného v utilizačním zařízení (udává podíl z celkového množství tepla, vyrobeného v utilizačním zařízení, který zužitkují spotřebitelé tepla),

$\eta_{\text{k}}^{\text{tr}}$ (-) je průměrná roční netto účinnost zaměřovaného zařízení, které je provozem utilizačního zařízení nahrazováno,

$q_{\text{pal}}^{\text{tr}}$ (GJ/GJ) je průměrná roční měrná spotřeba tepla v palivu na dodávku tepla (netto) v zaměřovaném zařízení. resp. průměrná roční měrná úspora tepla v palivu. vzniklá zužitkováním tepelných DEZ, připadající na jednotku tepla, získanou v utilizačním zařízení a dodanou spotřebitelům.

Součinitel σ^{tr} závisí jednak na velikosti vlastní spotřeby tepla utilizačního zařízení, jednak na míře nesouladu režimů výroby a spotřeby utilizačního tepla během dne, týdne, ročního období a roku za předpokladu, že výkon utilizačního zařízení je stanoven a provoz souboru tepelných spotřebičů vzájemně sladěn. Jeho hodnota je dána především dílčími odchylkami výsledného pracovního režimu skupiny spotřebičů tepla od pracovního režimu utilizačních zařízení (vznik přebytků vyrobeného tepla), při dodržení již dříve stanoveného způsobu řazení jednotlivých tepelných spotřebičů a při plném respektování vlastních pracovních režimů každého z nich.

V případě zásobování závodu energií na základě **kombinované výroby elektrické energie a tepla** může využívání tepelných DEZ pro zásobování teplem vést ke snížení hospodárnosti provozu celé teplárny, a to v důsledku snížení tepelného zatížení odběrů nebo protitlaků teplárenských turbín a tím i výroby elektrické energie teplárenským cyklem. Pokles výroby elektrické energie teplárenským cyklem pak musí být kompenzován buď zvýšením výroby elektrické energie kondenzačním cyklem v rámci téže teplárny, nebo nákupem elektrické energie zvenčí. Je zřejmé, že dodatečná výroba elektrické energie kondenzačním cyklem vyvolá odpovídající zvýšení celkové spotřeby prvotního paliva, což přirozeně snižuje energetickou efektivnost využívání daného tepelného DEZ. Přitom pokles úspory prvotního paliva je možno v mnoha případech považovat za dočasný jev, který po určité době pomine, obvykle v důsledku připojení nových spotřebičů tepla

V zásadě lze skutečnou celkovou úsporu tepla v prvotním palivu (korigovanou z titulu výrobu elektrické energie, vyvolaném snížení odběru tepla z teplotních turbín) stanovit z výrazu:

$$Q_{\text{pal}}^{t,r} = \frac{Q_{\text{ud}}^{t,r} \cdot \sigma^{t,r}}{\eta_k^{t,r}} \cdot [1 - e^r \cdot (q_k^{t,r} - q_t^{t,r})] \quad [\text{GJ/r}]$$

kde:

$Q_{\text{ud}}^{t,r}$ (GJ/r) je celkové roční množství tepla získané v utilizačním zařízení a dodané do tepelné sítě, o které se snižuje odběr tepla z teplotních turbín, resp. z předací stanice teplárny (za předpokladu, že účinnosti předací stanice je rovna 1),

e^r [Mwh/GJ] je průměrná roční měrná výroba elektrické energie teplotním cyklem.

v turbosoustrojích zaměňované teplárny, připadající na jednotku tepla odebranou z turbín, $q_k^{t,r} - q_t^{t,r}$ [GJ/MWh] je průměrná roční měrná spotřeba tepla v páře na výrobu elektrické energie kondenzačním resp. teplotním cyklem v zaměňované teplárně.

5 Závěr

Racionální využívání obnovitelných, či alternativních zdrojů energie, zejména pak druhotných energetických zdrojů v průmyslu vždy přináší určitý efekt. Objektivní zhodnocení tohoto efektu by mělo být základem pro výběr optimálního směru a pro volbu optimálního využití.

Při řešení této problematiky je třeba postupovat komplexně, neboť samotný proces využití alternativních zdrojů je svázán s celou řadou technologických, energetických, ekonomických, ekologických i organizačních faktorů.

Je tedy třeba provést ekonomické vyhodnocení všech změn, k nimž dojde v předemném systému v důsledku využívání alternativních zdrojů energie.

Neméně závažnou je i otázka ochrany životního prostředí, jelikož každé racionalizační opatření v této oblasti vede ke snížení spotřeby paliva a tím i ke snížení emise škodlivin do okolí a dodatečně tak zvyšuje ekonomickou efektivnost přijatého řešení.

Obecně lze konstatovat, že ekonomická efektivnost utilizace obnovitelných nebo druhotných energetických zdrojů je závislá zejména na těchto faktorech:

- stupni vhodnosti k přeměně na jiné formy energie (tj. na volbě směru a způsobu využívání),
- stupni nerovnoměrnosti výtěžku zdroje (např. sluneční energie, nebo závislost technologických procesů na využití druhotných energetických zdrojů),
- stupni obtížnosti technické realizace utilizačního zařízení,
- míře potřeby příslušné formy energie, získané z předemných alternativních zdrojů energie,
- druhu, výkonu a dalších charakteristických ukazatelích zaměňovaného základního energetického zařízení.

Lze tedy doporučit, aby vždy před rozhodnutím a případným využitím alternativního zdroje energie byla provedena důkladná analýza všech relevantních aspektů, optimalizace disponibilních variant a energetický audit navrhovaného projektu, který by měl jednoznačně prokázat proveditelnost a výhodnost projektu.

Je velmi důležité přitom posuzovat všechny důsledky navrhovaného projektu, tj. jeho vztah ke stávajícímu energetickému systému podniku (změna doby využití výrobního zařízení, efektivnost výroby a distribuce energie, apod.).

Je třeba si tedy uvědomit, že i přes ekologickou výhodnost využívání alternativních zdrojů energie je pro průmyslový systém nejdůležitější a rozhodující efektivnost a spolehlivost navrhovaného zařízení. Proto je možné za proveditelné považovat pouze ty projekty, které těmito kritériím jednoznačně vyhovují.

Zpracovatel

Tebodin Czech Republic, s.r.o.

Prvního pluku 20
186 59 Praha 8 - Karlín

telefon (02) 510 38 253
telefax (02) 510 38 219
e-mail mares@tebodin.cz