



ENERGETICKÝ  
MANAGEMENT  
BUDOV

MARTIA, a.s.

## **ENERGETICKÝ MANAGEMENT BUDOV**

Poradenská knihnice České energetické agentury

Autor: Ing. Vít KLEIN, MARTIA a.s., Mezní 2854/4, 400 11 Ústí nad Labem

Vydavatel: Česká energetická agentura

Datum vydání: říjen 2002

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2002 – část A

<b>Obsah</b>	<b>strana</b>
<b>1 Úvod</b>	<b>4</b>
<b>2 Základní faktory energetického managementu</b>	<b>5</b>
2.1 Obecné principy řízení	5
2.2 Principy řízení energetických systémů	6
2.3 Cíle energetického managementu	7
2.4 Operativní řízení	7
2.5 Ekonomické aspekty energetického managementu	7
<b>3 Klasifikace budov z hlediska energetického managementu</b>	<b>9</b>
3.1 Manuální řízení spotřeby energie v budovách	9
3.2 Objektový energetický management	9
3.3 Systémový energetický management	10
<b>4 Význam kontroly analýzy účinnosti energetického managementu</b>	<b>11</b>
4.1 Zásady pro monitorování	11
4.2 Energetická bilance – kritérium hodnocení hospodaření s energií	12
4.3 Normování spotřeby energie	16
<b>5 Energetický management jednotlivých systémů energetického hospodářství</b>	<b>22</b>
5.1 Soubor registrovaných údajů	22
5.2 Koncepce energetického managementu jednotlivých typů budov a energetických systémů	24
5.2.1 Obytná budova	25
5.2.2 Průmyslová budova	26
5.2.3 Blokované schéma řízení spotřeby elektřiny	27
5.2.4 Blokované schéma řízení výroby tepla	28
5.2.5 Blokované schéma řízení spotřeby stlačeného vzduchu	29
<b>6 Závěr</b>	<b>30</b>

## 1 Úvod

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií ukládá v § 6 povinnost zvyšování účinnosti užití energie všem účastníkům energetického trhu. Vedle technických aspektů se na hospodárnosti užití energie značnou měrou podílejí také organizační a řídicí faktory, t. tzv. energetický management. Stejně jako u jiných forem řízení i v této oblasti působí jako složky plánování, organizování, operativního řízení a kontroly a společně tak spolu s technickým zařízením, zaručují celkovou hospodárnost užití energie.

Následující publikace proto bude formulovat soubor všech relevantních faktorů, které ovlivňují spotřebu energie, definovat jejich vzájemné vazby a hierarchické úrovně. V tomto smyslu budou diskutovány základní typy budov, tj. bytového, administrativního a průmyslového charakteru. Samostatně bude pojednáno o podmínkách pro rozhodování o úrovni technického vybavení jako podpory pro realizaci energetického managementu a o úloze lidského faktoru při aplikaci účelného systému řízení spotřeby energie.

## 2 Základní faktory energetického managementu

### 2.1 Obecné principy řízení

**Řízení** je jedna z nejdůležitějších lidských činností, které je nezbytné pro zabezpečení koordinace individuálních úsilí.

„Řízení“ je českým pojmem pro anglický pojem „management“ ve smyslu uceleného řízení všech výrobních i nevýrobních činností, např. prodeje, financování, výroby, zásobování, ale také zásobování energií.

**Management je obecně chápán jako proces tvorby a udržování prostředí, ve kterém jednotlivci pracují společně ve skupinách a účinně dosahují vybraných cílů.**

Management lze definovat jako proces vytváření dalšího aktivního rozvíjení orientovaného chování organizace s tím, že:

- vykonavatelé managementu jsou lidé, tj. řídicí pracovníci (manažeři), kteří realizují manažerské funkce,
- management lze aplikovat pro velmi rozmanité druhy organizačních jednotek (výrobní i nevýrobní systémy a jejich dílčí organizační celky, kolektivy i jednotlivce), stejně jako pro různé činnosti, např. obchodní, technické, výrobní, investiční, personální nebo jiné činnosti.

Je zřejmé, že každý, kdo je pověřen řízením by měl disponovat vhodnými, tzv. manažerskými dovednostmi a to zejména:

- **technickými dovednostmi**, představujícími znalosti a zručnost v činnostech zahrnujících metody, procesy a postupy,
- **lidskými dovednostmi**, tj. schopnostmi vytvářet skupinové úsilí uskutečňovat týmovou práci a vytvářet vhodné pracovní prostředí,
- **konceptními dovednostmi**, tedy schopnostmi rozpoznat významné prvky dané situace a porozumět vzájemným vztahům mezi nimi,
- **projekčními dovednostmi**, představujícími schopnost správně identifikovat daný problém a nalézat jeho praktické řešení.

Manažeři vykonávají při procesu řízení tyto funkce:

- a) **plánování** – tato činnost zahrnuje výběr úkolů, cílů a činností potřebných pro jejich dosažení. Základem je rozbor výchozí situace, prognóza rozvoje, stanovení cílů a vazeb, návrhy postupů a výběr optimální varianty z alternativních možných budoucích způsobů vykonávání činností,
- b) **organizování** – je ta část řízení, která zahrnuje zařazení účelné struktury rolí pro lidi, kteří v daném systému a čase zajišťují stanovené cíle. Efektivní organizační struktura určuje, které úkoly musí být vykonány tak, aby odpovídaly schopnostem a motivacím disponibilních pracovníků,
- c) **personalistika** - zahrnuje zajištění a udržování pracovních sil v organizaci. Prostředkem je identifikace požadavků na jednotlivé pracovní síly, jejich nábor, výběr, umístování, oceňování a školení,

- d) **vedení** – je ovlivňování lidí tak, aby efektivně a včas plnili potřebné úkoly a tím napomáhali k dosahování skupinových cílů. Důležitou složkou vedení je motivace pracovníků,
- e) **kontrola** – obsahuje měření a korekci provedení jak individuálních tak i celkových aktivit daného systému s cílem dosáhnout jistoty, že budou v souladu s plánem. Zjištěné odchylky od standardů jsou identifikovány z hlediska příčin jejich vzniku a odstraňovány vhodnou činností pracovníků.

## 2.2 Principy řízení energetických systémů

Je zřejmé, že prakticky každá provozovaná budova, areál budov, organizační jednotka (výrobní i nevýrobní) disponuje energetickým systémem. Tento systém je různě strukturován a je různě složitý, ale vždy vyžaduje aplikaci procesu řízení, samozřejmě že svojí koncepcí odlišného právě dle složitosti předmětného energetického systému, neboli energetického hospodářství.

Energetický systém, či energetická hospodářství lze obecně definovat jako soubor energetických soustav, které slouží k zásobování budovy, podniku nebo jiné organizační jednotky požadovanými formami energie.

Energetické hospodářství z hlediska teorie systému reprezentuje výrobní dynamický systém s cílovým chováním, určený k zásobování jednotlivými formami energie.

K základním vlastnostem tohoto druhu systému patří rozvoj existujících omezení, velká četnost závislostí a zpětná vazba.

Rozvojem systému energetického hospodářství se rozumí změna jeho stavu s časem tzn. změna jeho podmínek respektive vlastností.

Mezi základní vlastnosti systému energetického hospodářství patří:

- a) **rovnovážnost**, tj. snaha systému dosahovat rovnováhy mezi výrobou a spotřebou v každém okamžiku,
- b) **setrvačnost**, tj. schopnost systému odolávat vnějším i vnitřním vlivům, které působí proti stanoveným směrům rozvoje,
- c) **kontinuita**, tj. vzájemné působení předchozího stavu na následující stavy,
- d) **neurčitost budoucího vývoje**, tj. nemožnost přesného určení budoucího stavu systému vlivem objektivní existence neurčitosti a náhodnosti vývoje okolí.

Nedílnou součástí těchto systémů je člověk, který má aktivní úlohu jak v řídicích, tak i v řízených částech tohoto systému.

## 2.3 Cíle energetického managementu

Hlavním cílem energetického managementu v řešeném systému je **dosažení hospodárného, spolehlivého a ekologicky šetrného provozu energetického hospodářství při zajištění všech oprávněných energetických potřeb systému.**

Díličními cíli potom je:

- **zajištění odpovídajícího technického stavu všech provozovaných energetických zařízení**
- **zajištění potřebného množství jednotlivých požadovaných forem neryje v daném čase,**
- **zajištění hospodárného užití jednotlivých forem energie,**
- **zajištění rozvoje jednotlivých energetických soustav i celého energetického hospodářství, systému v souladu s potřebami předpokládaných aktivit výrobního či nevýrobního systému při respektování úrovně dosaženého technického pokroku v dané oblasti,**
- **zajištění požadované spolehlivosti dodávek jednotlivých realizovaných forem energie,**
- **optimalizace lidských zdrojů potřebných pro provozování energetického hospodářství,**
- **zajištění efektivní spolupráce s ostatními systémy v předmětném subjektu.**

## 2.4 Operativní řízení

Operativním řízením rozumíme detailní, krátkodobé řízení, či regulování nebo usměrňování systému do stanovených mezí.

Operativní řízení se zabývá jednotlivými díličními stránkami různých procesů za účelem neustálého určování bezprostředních úkolů a řešení jejich běžných problémů.

Zvláštnosti energetických soustav silně ovlivňují hospodárnost jejich provozu a způsob operativního řízení. **Cílem operativního řízení energetického systému je dosáhnout v daném okamžiku jejího optimálního provozu, přičemž optimálním provozem rozumíme takový provozní stav (režim), při kterém je zajištěno spolehlivé zásobování spotřebitelů energií při maximální hospodárnosti provozu tohoto systému.**

## 2.5 Ekonomické aspekty energetického managementu

Lze jednoznačně konstatovat, že úroveň energetického managementu má zásadní vliv na nákladovost provozovaného energetického hospodářství.

Je třeba si však uvědomit, že kvalita energetického managementu má dva základní ekonomické aspekty a to:

- **výše prvotních nákladů na pořízení technického zařízení podporující energetický management.**
- **výše nákladů na provoz energetického managementu (tj. zejména personální náklady, případně náklady na opravy a údržbu technického zařízení.**

Je zřejmé, že je vždy nutno optimalizovat výši oboru uvedených nákladových položek s ohledem na:

- velikost energetického hospodářství,
- strukturu a charakter předmětných energetických systémů,
- podíl nákladů na energii na celkových nákladech na provoz řešeného systému.

Jinými slovy, je třeba zvážit koncepci a míru sofistikce technického zabezpečení podporující realizaci energetického managementu (tj. rozsah měřících a regulačních míst a regulačních prvků, rozsah evidence zjištěných dat, způsob vyhodnocování dat apod.) ve vztahu k rozsahu a složitosti předmětného systému, stejně jako koncepci „personální obsluhy“ energetického hospodářství tak, aby náklady na energetický management byly úměrné očekávanému ekonomickému efektu plynoucího z jeho aplikace.



### 3 Klasifikace budov z hlediska energetického managementu

Dle složitosti energetického hospodářství budovy či obecně systému lze rozlišovat i stupeň složitosti řízení spotřeby energie na:

- manuální řízení spotřeby energie,
- objektový energetický management,
- systémový energetický management.

#### 3.1 Manuální řízení spotřeby energie v budovách

Tento způsob řízení spotřeby energie je účelný v jednoduchých budovách s malou spotřebou energie nebo v budovách bez trvalého užívání. Obvykle je řízeným subsystémem vytápění a systém zásobování elektrickou energií.

Uplatněny jsou pouze základní ovládací a regulační prvky, které jsou obsluhovány uživatelem budovy. Údaje o spotřebě energie jsou indikovány obvykle pouze pokud se jedná o budovu samostatně zásobovanou energií.

Řízení spotřeby energie je realizováno na bázi hospodárnosti ve vztahu k době užívání předmětné formy energie, přičemž je často účelné pro uživatele formulovat jednoduché provozní pokyny.

#### 3.2 Objektový energetický management

Tento způsob řízení spotřeby energie je uplatňován zejména u budov samostatně zásobovaných energií např. obytných budov, administrativních budov, budov terciární sféry nebo budov, které jsou sice součástí skupiny budov, ale řízení spotřeby energie je decentralizováno.

Objektový energetický management je obecně založen na těchto principech:

- sledování obsazenosti v čase a rozsahu obsazení, optimalizace spotřeby energie v této závislosti,
- měření a řízení dodávek jednotlivých forem energie a médií,
- optimalizace spotřeby energie s využitím akumulčních schopností technických a technologických vlastností objektu a energetických zařízení,
- optimalizace cenových tarifů nakupovaných forem energie,
- sledování, archivace a vyhodnocování základních a doplňkových údajů a energetické náročnosti, porovnání s normovými a zákonnými hodnotami,
- zjišťování účinnosti energetických procesů,
- pravidelná kontrola stavu stavební konstrukce a energetického výrobního, rozvodného a spotřebního zařízení,
- optimalizace cenových tarifů nakupovaných forem energie,
- sledování, archivace a vyhodnocování základních doplňkových údajů o energetické náročnosti, porovnání s normovými a zákonnými hodnotami,
- zjišťování účinnosti energetických procesů,

- pravidelná kontrola stavu stavební konstrukce a energetického výrobního, rozvodného a spotřebního zařízení.

Objektový energetický management je základním prvkem v řízení rozsáhlých energetických systémů (např. průmyslové výrobní systémy, soustavy budov, apod.).

### 3.3 Systémový energetický management

Tento způsob řízení energetického hospodářství je uplatňován u rozsáhlejších systémů složených zpravidla ze soustavy budov, energetických zařízení a energetických systémů.

Z technického hlediska je koncepce takového systému provedena obvykle formou tzv. inteligentní budovy s integrovanými systémy. Jednotlivé složky vzájemné vazby mezi nimi jsou optimalizovány a tím je dosaženo nákladově efektivního prostředí.

Vazba mezi jednotlivými systémy je řešena u jednotlivých zařízení buď společným protokolem nebo integrátorem. Řídící algoritmy pro vytápění, vzduchotechniku nebo chlazení jsou řešeny v decentralizovaném řídicím systému s inteligencí rozloženou obvykle do tří úrovní:

#### a) procesní úroveň – lokální řízení

Tato úroveň je tvořena mikroprocesorovými regulátory, k jejichž vstupům jsou připojeny jednotlivé snímače a čidla regulovaných a měřených veličin spolu se signály provozních a poruchových stavů. Regulátory jsou vybaveny příslušnými algoritmy řízení daného zařízení a musí být schopny autonomní funkce, aby v případě přerušení komunikace s řídicími moduly bylo zachováno řízení lokálního systému na základě definovaného lokálního algoritmu.

#### b) nadřazená automatizační úroveň

Tato úroveň je tvořena síťovými řídicími jednotkami využívajícími operační systém pracující v reálném čase. Koordinují tak činnost všech komunikujících komponentů a zabezpečují vzájemnou komunikaci procesních regulátorů a realizují řídicí algoritmy vyšší úrovně.

Síťové řídicí jednotky zajišťují zejména:

- realizaci komplexních časových programů,
- sběr historických dat, tj. historii bodů a trendy,
- definici databází,
- komunikaci v rámci automatizační úrovně.

#### c) Úroveň správy informací – operátorská stanice

Jednotlivé pracovní stanice jsou připojeny k systémové síti, kterou předávají obsluze zpracované informace o řízených technologiích a objektech. Základními funkcemi těchto pracovních stanic je:

- zobrazení jednotlivých oblastí řízených objektů grafickou formou,
- zobrazení textových informací o stavu řízených systémů,
- automatická alarmování hlášení s rozlišeným stupněm priority.

## 4 Význam kontroly analýzy účinnosti energetického managementu

### 4.1 Zásady pro monitorování

Aby bylo možné vyhodnocovat chování řízených energetických systémů je nutné monitorovat průběh relevantních údajů.

Vzhledem k vysoké míře složitosti energetického systému je nutno vždy definovat cíl monitorování a následně rozhodnout o specifikaci potřebných monitorovacích míst a údajů.

**V zásadě lze rozlišovat tyto cíle pro monitorování:**

- **zajištění bezpečnosti při provozu systému**
- **zajištění technické provozuschopnosti systému,**
- **zajištění optimálního provozu systému.**

Je zřejmé, že pro každý cíl je nutno vytvořit samostatný soubor relevantních údajů potřebných pro monitorování, rozhodnout o způsobu jejich vyhodnocování a způsobu evidence případně archivace.

Rovněž je zřejmé, že základním cílem pro monitorování navrhovaného systému řízení energetického hospodářství je zajištění optimálního provozu systému.

Lze konstatovat, že v případě monitorování údajů o energetických systémech se téměř vždy jedná o měření fyzikálních veličin.

Měření fyzikálních veličin je specifická odborná disciplína která vychází z platnosti fyzikálních vztahů a je proto nutné při aplikaci systému monitorování respektovat základní pravidla podmiňující korektnost vyhodnocování monitorovaných údajů.

Je nutné si uvědomit, že metrologie jako samostatný vědní a technický obor se mj. zabývá:

- měřicími metodami (včetně zpracování výsledků měření),
- technikou měření (metodikou měření),
- měřidly,
- stanovením fyzikálních a materiálových konstant,
- vlastnostmi osob provádějících měření.

Při praktické aplikaci metrologie je nezbytné vycházet z těchto zásad:

- specifikovat relevantní a kvantitativně každou veličinu,
- rozlišovat jednotlivé typy veličin, tj.:
  - veličiny množství (extenzivní),
  - veličiny stavu (intenzivní),
  - veličiny protenzivní,
- používat soustavu jednotek SI,
- instalovat vždy měřidla odpovídající kvalitativním a kvantitativním parametrům měřené veličiny a potřebné přesnosti měření,
- určit úroveň pořizování dat respektující hierarchii prvků systému,
- zajistit zpracování plánu monitorovacích míst a plánu odečtů pro jednotlivá dílčí střediska pro

- účtování energie,
- provést rozdělení monitorovacích míst podle způsobu odečtů na:
  - místa odečítaná automatizovaně,
  - místa odečítaná obsluhou zařízení,
- zajistit odpovídající odbornou úroveň osob provádějících měření,
- zajistit pravidelné ověřování instalovaných měřidel.

## 4.2 Energetická bilance – kritérium hodnocení hospodaření s energií

Energetickou bilanci lze bezesporu považovat za základní informační kámen pro identifikaci stavu hospodaření s energií všech forem ve sledovaném systému.

Energetická bilance má komplexní vypovídací schopnost o stupni efektivnosti využívání všech forem energie ve sledovaném systému. Z těchto důvodů je nezbytné, aby při realizaci energetického managementu byla energetická bilance jedním z hlavních nástrojů.

Důvod je zřejmý, neboť energetická bilance umožňuje zjistit strukturu použitých energetických zdrojů, energetické ztráty a efektivnost konečné spotřeby energie. Zároveň je podkladem pro analýzu stávajícího stavu a stanovení opatření vedoucích efektivnějšímu využití jednotlivých forem energie ve sledovaném systému.

**Energetickou bilanci** lze obecně definovat jako proces identifikace množiny energetických vstupů a množiny energetických výstupů zkoumaného systému.

Z matematického hlediska lze energetickou bilanci chápat jako rovnici, kde platí, že suma vstupní energie se rovná sumě jednotlivých složek výstupní energie. Tato definice vychází ze zákona o zachování energie.

S pojmem „**energetická bilance**“ úzce souvisí pojem „**hmotnostní energetická bilance**“. V čem se tyto dva pojmy liší? Rozdíl spočívá ve způsobu kvantifikace vstupů a výstupů energie.

Zatím co energetická bilance se vyjadřuje ve shodných jednotkách, tj. joulech resp. jejich násobcích, hmotnostní energetická bilance pracuje s různými jednotkami vyjadřujícími množství vstupních a výstupních komponentů energie (např. t, m<sup>3</sup>, kWh apod.).

Energetické bilance se obvykle vyjadřují v tabulkové podobě a graficky pomocí Sankeyova diagramu. Oba způsoby vyjádření energetické bilance slouží k zobrazení toku energie od vstupu do systému před probíhající energetické procesy uvnitř tohoto systému až po konečnou spotřebu energie systémem. Tok energie je vždy vztažen k určitému časovému intervalu. nejčastěji tímto intervalem je rok, měsíc a den.

Nejjednodušší matematický zápis energetické bilance systému je tento:

$$W_{\text{dod}} = W_{\text{sp}} + W_{\text{ztr}}$$

kde

$W_{\text{dod}}$  je množství energie dodaná do systému za sledované období  
 $W_{\text{sp}}$  je množství užitečné spotřebované energie v systému za sledované období  
 $W_{\text{ztr}}$  je množství energie ztracené v systému vlivem energetických procesů

Levá strana rovnice reprezentující množství dodané energie za sledované období je nazývána **stranou energetických zdrojů**.

Pravá strana rovnice je označována **stranou spotřeby energie**.

Energetické bilance mají různé členění. Nejčastěji je prováděno členění podle *účelu a předmětu* bilancování.

Podle účelu je možné členit energetické bilance na dvě základní skupiny a to:

- a) *statistické*
- b) *plánovací*

Statistická energetická bilance má za účel vybilancování energetických toků v systému za uplynulé období. Slouží ke zjišťování stávajícího stavu a k odhalení nedostatků v užití jednotlivých forem energie ve zkoumaném systému.

Plánovací neritická bilance slouží především ke kvantifikaci budoucích potřeb energetických zdrojů v systému z hlediska cílů systémů.

Členění energetických bilancí v průmyslové energetice je obvykle následující:

1. **hospodářsko-organizační** (střediska, závodu, podniku),
2. **agregátové** (energetických zařízení a jejich částí, technologických celků apod.),
3. **objektové** (výrobních hal, administrativních budov apod.).

**Hospodářsko-organizační energetické bilance** jsou velice rozmanité vlivem rozsahu a cílů zkoumaných systémů. S rostoucí velikostí zkoumaného systému je většinou nutné používat nižší rozlišovací úroveň a tudíž agregaci toků energie.

**Agregátová energetická bilance** je základem energetických bilancí výše popsaných, neboť jejich úkolem je stanovení energetických toků energetických zařízení a technologických celků.

V této souvislosti je na místě připomenout v teorii velmi často používané funkční závislosti dvojic veličin výkonové bilance, nazývané **energetickými charakteristikami**.

Nejpoužívanější z nich jsou:

- spotřební charakteristiky,
- charakteristiky ztrát,
- charakteristiky vlastní spotřeby.

**Spotřební charakteristika** vyjadřuje funkční závislost příkonu agregátu (energetického zařízení, technologického zařízení) na jeho výkonu.

V této souvislosti se agregáty často rozdělují na tzv. agregáty 1. typu a agregáty 2. typu. Rozdíl mezi

těmito dvěma skupinami spočívá v rychlosti funkční závislosti. zatím co u agregátů 1. typu dochází k okamžitým změnám příkonu při změnách výkonu, u agregátů 2. typu je změna příkonu výsledkem dlouhodobějšího působení změny výkonu.

hlavními představiteli 1. typu agregátů jsou motory, generátory, kotel, transformátory, kompresory, turbíny apod. Jedná se tedy vesměs o zdrojová energetická zařízení ale nejen, neboť do této skupiny patří i celá řada technologických zařízení produkující výrobky.

Typickým představitelem agregátů 2. typu jsou pece. U pecí je možné měření okamžitých hodnot příkonů v závislosti na čase, ale okamžité hodnoty výkonů pecí naměřit nelze. Může se pouze stanovit průměrná hodnota výkonu, jako podíl velikosti vsázky a doby pracovního cyklu pece.

Analytické vyjádření těchto charakteristik je buď lineární nebo nelineární.

Lineární charakteristika je pro svoji jednoduchost nejčastěji využívaná a má tento matematický tvar:

$$P_p = P_{po} + b \cdot P$$

kde

- $P_p$  je příkon zařízení
- $P_{po}$  je příkon chodu naprázdno
- $b$  je poměrný přírůstek spotřeby energie
- $P$  je výkon zařízení

Nelineární charakteristika má obecný zápis funkční závislosti ve tvaru:

$$P_p = P_{po} + bP^c$$

V praxi se pak nejčastěji používají funkční závislosti s exponentem  $c = 2$ .

Spotřební charakteristika agregátu je jeho základní pracovní charakteristikou na základě níž lze bez velkých problémů stanovit ukazatele energetické efektivity, jež mají tvar měrných ukazatelů. Mezi základní ukazatele patří energetická náročnost, měrná spotřeba, měrné ztráty vztažené k příkonu resp. výkonu, měrná vlastní spotřeba apod.,.

Důležitou charakteristikou odvozenou od spotřební charakteristiky je tzv. **pracovní charakteristika agregátu**.

Tato charakteristika je především používána v technologických zařízeních produkující výroby.

Dříve než zformulujeme definici pracovní charakteristiky, zmíníme se ještě o jednom pojmu, kterým je tzv. „*cyklový diagram*“.

Jedná se o diagram zatížení technologického agregátu v závislosti na době trvání technologického procesu. Určujícím parametrem je tedy technologický proces a jeho režim.

Pracovní charakteristika technologického zařízení právě spojuje energetické vlastnosti agregátu s pracovním režimem a vyjadřuje závislost průměrných hodnot příkonů na průměrných hodnotách výkonů. Průměrné hodnoty jsou vztaženy k době technologického cyklu.

Posledním typem energetické bilance členěné dle předmětu bilancování je tzv. **objektová energetická bilance**. Již z názvu vyplývá, že se jedná o bilancování zdrojů energie a spotřeby energie v rámci stavebního objektu resp. budovy.

Účelem tohoto typu energetické bilance je jednak zjištění stávajícího stavu energetických nároků předmětného objektu z hlediska tepelných vlastností objektů na zajištění tepelné pohody lidí a dále pak nároků na energii potřebnou pro zajištění provozu nainstalovaných technologických zařízení a spotřebičů.

Sestavení objektové energetické bilance je vhodné rozdělit do několika fází.

První fáze je kvantifikace tepelných ztrát objektu stanovených na základě tepelně technických vlastností objektu.

Druhá fáze by měla být zaměřena na energetické toky vyvolané nainstalovanými technologickými zařízeními a spotřebiči a jejich provozem.

Třetí fáze spočívá v syntéze předchozích fází. Stanovení nároků na energetické zdroje, tj. vstupy jednotlivých požadovaných forem energie pak jsou výsledkem této fáze. Nároky neenergetické vstupy by neměly být prostým součtem tepelných ztrát budovy a ostatní spotřeby vyvolané technologickými zařízeními a spotřebiči. Je třeba počítat s druhotnými energetickými zdroji energie vznikajícími při technologických prosevech a užití energie ve spotřebičích. Platí totiž zákon zachování energie, při kterém se všechny formy energie transformují na tepelnou energii, což ve svém důsledku vede ke snížení potřeb energie pro vytápění. Rovněž je třeba respektovat energetické zisky, resp. ztráty vlivem vnějších vlivů jako např. sluneční osvit, proudění vzduchu apod.

**Stanovení energetické bilance doporučujeme provádět podle těchto postupových fází:**

- 1/ **Identifikace energetických zařízení a spotřebičů**
- 2/ **Stanovení bilančních okruhů objektu**
- 3/ **Vytvoření matice bilančních vztahů**
- 4/ **Kvantifikace strany energetických zdrojů**
- 5/ **Kvantifikace strany spotřeby energie**
- 6/ **Sestavení výsledné energetické bilance a její vyhodnocení**

Závěrem lze konstatovat, že energetická bilance je jedním z hlavních nástrojů analýzy stávajícího stavu energetického hospodářství. Slouží rovněž k plánování budoucích potřeb energetických zdrojů. K tomuto účelu se ponejvíce využívá hmotových energetických bilancí. Z hlediska energetického managementu je pak především informační základnou pro analýzu energetické účinnosti probíhajících procesů zároveň umožňuje náladovou analýzu a přijímání krátkodobých i dlouhodobých rozhodnutí.

### 4.3 Normování spotřeby energie

Korektně zpracovaná energetická bilance budovy či jiného energetického systému je základní kritériální funkcí pro hodnocení hospodárného užití energie.

Pro stanovení korektních pravidel systému řízení je třeba vždy znát s maximální mírou přesnosti chování předmětného energetického systému (budovy, agregátu, subsystému zásobování energií apod.) z hlediska spotřeby energie ve vztahu k výkonům.

Spotřeba energie se mění v závislosti na řadě faktorů. Tyto proměnné lze v zásadě rozdělit podle závislosti na spotřebě do dvou základních skupin na:

- specifické proměnné - tj. faktory které určují spotřebu energie a jsou určovány požadavky výroby. Obsahují prvky výrobních úkonů, resp. doby provozu zařízení,
- říditelné proměnné – tj. faktory, které mohou být ovlivněny řízením. Zahrnují především provozní postupy, systémové řízení, plánování, řízení údržby apod.

Je zřejmé, že faktory specifické jsou limitovány druhem používaného výrobního zařízení, teplem užívaných prostorů a dobou provozu. Významného snížení spotřeby energie lze tedy dosáhnout zpravidla pouze provedením zásadní změny – reprodukce, inovace nebo rekonstrukce užívaných systémů.

Naproti tomu říditelné proměnné jsou právě ty aspekty, které mohou přinést případné úspory energie.

Ve stadiu přípravy monitoringu, je třeba rozhodnout, které jsou vhodné parametry jako specifické proměnné. Pro většinu procesů se shodnou výrobou nebo činnostmi je volba těchto parametrů zřejmá.

V případě procesů s různými provozními podmínkami, nebo s různým výrobním programem je třeba nejdříve získat podrobnější znalosti o prováděných procesech.

Zásadně je nutno rozlišovat podle typu činnosti:

- kusová výroba,
- směs výrobků,
- hromadná výroba,
- dávkové procesy,
- exotermické procesy (tepelné zpracování),
- výroba tepla,
- větrání,
- větrání, event. chlazení,
- výroba a spotřeba stlačeného vzduchu.

Dále je třeba provést rozhodnutí, které subsystémy energetického hospodářství je vhodné a účelné z hlediska relevance spotřeby energie podrobit procesu normování spotřeby energie. Je zřejmé, že toto rozhodnutí je třeba podmínit kladnému ekonomickému vyhodnocení z hlediska očekávaných efektů.



Dále je zřejmé, že smysl případného normování spotřeby lze očekávat pouze v těch případech, kdy lze delegovat personální odpovědnost za hospodárné užití energie a to na bázi prokazatelně naměřených hodnot a periodických vyhodnocování dosažených výsledků.

Pro každý takto zvolený subsystém spotřeby energie je třeba zvolit vhodné specifické proměnné. Normy spotřeby energie je vhodné vždy odvodit na základě statistického vyhodnocení vhodného souboru skutečného chování každého subsystému.

Norma spotřeby energie není konstantní hodnota, ale je to rovnice respektující skutečnost, že spotřeba energie je závislá na specifických proměnných, (tj. výrobě, topných dnech apod.).

typ rovnice závisí na počtu specifických proměnných a na průběhu závislosti mezi spotřebou energie a těmito specifickými proměnnými.

Závislost stanovené normy spotřeby energie má nejčastěji tvar přímky typu  $E = a + bP$ , kde

$a$  je spotřeba energie naprázdno

$b$  je konstanta zvýšení spotřeby energie na jednotku produkce

$P$  je produkované množství\*)

\*) produkované množství může být při normování spotřeby tepla na vytápěné interpretováno jako hodnota venkovní teploty.

Výpočet normy spotřeby je vhodné zpracovat ve formě protokolu a prokazatelně ho předat příslušnému odpovědnému pracovníkovi.

V protokolu je uvedena hodnota normy spotřeby a tzv. cílová hodnota normy spotřeby, pro vytvoření motivace ke zlepšení účinnosti předmětného subsystému.

Stanovení cílové hodnoty je vhodné provést jedním z těchto způsobů:

- podle nejlepšího předchozího výkonu,
- podle plánovaného (očekávaného) výkonu.

Při implementaci normování spotřeby energie je tedy pro každý předmětný subsystém určit:

- nezávislé specifické proměnné,
- velikost statického souboru,
- výchozí normy spotřeby energie,
- hodnotu cílových norem spotřeby.

Aby proces řízení spotřeby energie na bázi norem spotřeby byl správně implementován, je nutné ještě formulovat další řídicí, kontrolní a motivační pravidla, konkrétně:

- operativní řízení
- řešení odchylek,
- kontrola,
- systém motivace.

### Operativní řízení

Operativní řízení zajišťují příslušní odpovědní pracovníci a jeho předmětem je:

- monitorování a evidence údajů o spotřebě energie a produkci,
- monitorování technického stavu energetického subsystému,
- vyhodnocování dosažených údajů jejich porovnáním s normovanými,
- identifikace a kvalifikace odchylek od normových hodnot,
- odstraňování odchylek.

### Řešení odchylek

V případě zjištění odchylek je nezbytné z strany příslušného odpovědného pracovníka zajistit identifikaci příčin a přijmout příslušná nápravná opatření. Pokud jsou příčiny zásadního charakteru ovlivňující stanovení normy spotřeby je třeba rozhodovat o dalším postupu na vyšší úrovni managementu.

### Kontrola

Funkci ,kontroly systému řízení spotřeby energie zajišťuje obvykle top manager předmětného energetického hospodářství.

Kontrolu je třeba provádět pravidelně (např. ve frekvenci 2x do roka) přičemž jsou prověřovány tyto aspekty:

- funkčnost systém a informačního toku,
- aktuálnost stanovených norem spotřeby,
- funkci měřidel,
- ekonomické efekty aplikovaného systému řízení.

### Motivace

V rámci implementace norem spotřeby energie je účelné rovněž konkretizovat systém motivace zainteresovaných pracovníků, přičemž je vhodné využít tyto nástroje:

- odměny v případě dosažení nižších hodnot spotřeby než normovaných,
- odměny v případě dosažených cílových norem spotřeby,
- sankce za překročení stanovených norem spotřeby.

Princip odměn by měl mít progresivní charakter s tím, že základem je vždy hodnotové vyjádření dosažená úspora a tato částka je dělena na zisk pro organizaci a odměnu pro personál v dohodnutém poměru k hodnotovému vyjádření případné ztráty

**Příklad formuláře protokolu o stanovení normy spotřeby energie**

Formulář A: **Protokol č. ....**  
**Stanovení normy spotřeby .... (doplnit podle typu systému)**

<b>Název střediska:</b>			
1) Specifikace produktů (polotovarů):			
a)			
b)			
c)			
d)			
2) Specifické proměnné:			
a)			
b)			
c)			
d)			
3) Podklady pro stanovení normy spotřeby:			
4) Norma spotřeby:			
		<input type="text"/>	
5) Cílová norma spotřeby:			
		<input type="text"/>	
6) Doba platnosti:			
7) Poznámka:			
Protokol vystavil:	jméno	datum	podpis
Protokol vystavil:	jméno	datum	podpis
Příloha: 1) Podklady		Protokol obdrží:	
2) Výpočet normy spotřeby:			

## Energetický management budov

Den	1. směna					2. směna					3. směna					Celkem				
	Evidence		Vyhodnocení			Evidence		Vyhodnocení			Evidence		Vyhodnocení			Evidence		Vyhodnocení		
	Spotřeba [GJ,m <sup>3</sup> , kWh	Produkce [kg]	norma spotř. [GJ,m <sup>3</sup> , kWh]	Odchylka		Spotřeba [GJ,m <sup>3</sup> , kWh	Produkce [kg]	norma spotř. [GJ,m <sup>3</sup> , kWh]	Odchylka		Spotřeba [GJ,m <sup>3</sup> , kWh	Produkce [kg]	norma spotř. [GJ,m <sup>3</sup> , kWh]	Odchylka		Spotřeba [GJ,m <sup>3</sup> , kWh	Produkce [kg]	norma spotř. [GJ,m <sup>3</sup> , kWh]	Odchylka	
GJ, m <sup>3</sup> , kWh				%	GJ, m <sup>3</sup> , kWh				%	GJ, m <sup>3</sup> , kWh				%	GJ, m <sup>3</sup> , kWh				%	
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				

Energetický management budov

---

23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				
Celkem																				

Pozn.: Vyhodnocení lze případně upravit podle charakteru energetického systému na vyhodnocení „denní, měsíční, čtvrtletní nebo roční“.

## **5 Energetický management jednotlivých systémů energetického hospodářství**

### **5.1 Soubor registrovaných údajů**

Aby bylo možné správně a korektně hodnotit hospodárnost užití jednotlivých forem energie je nezbytné disponovat relevantním souborem registrovaných údajů v daném čase. Pro jednotlivé,nejčastěji se vyskytující energetické systémy a subsystémy, lze obecně formulovat následující soubor potřebných údajů.

#### **a) Organizační jednotka průmyslové energetiky**

##### **Registrované údaje:**

- spotřeba el. energie,
- technické maximum výkonu el. energie,
- dosažené maximum výkonu el. energie,
- spotřeba zemního plynu,
- spotřeba kapalných paliv,
- spotřeba pevných paliv,
- spotřeba pitné vody,
- spotřeba povrchových vod,
- množství vyrobené páry,
- množství vyrobené horké vody,
- množství vyrobené el. energie,
- množství vyrobeného stlačeného vzduchu,
- množství vyrobených technických plynů,
- množství dodaného zemního plynu,
- množství dodané pitné vody,
- množství povrchové vody,
- množství dodaného tlačného vzduchu,
- množství prodané energie jednotlivým autonomním nákladovým střediskům,
- množství prodané energie ostatním odběratelům (v členění podle druhu energie a odběratelů).

#### **b) Distribuce elektrické energie**

##### **Registrované údaje**

- spotřeba el. energie celkem,
- technické maximum výkonu el. energie,
- dosažené maximum výkonu el. energie,
- dosažené maximum výkonu el. energie,
- množství dodané el. energie v systému VN (VN),
- dosažené maximum výkonu el. energie v systému VN (VVN),
- množství dodané el. energie v systému NN,
- dosažené maximum výkonu el. energie v systému NN,
- množství prodané el. energie a dosažené maximum autonomních nákladových středisek,

- množství prodané el. energie ostatním odběratelům.

### **c Výroba tepla**

#### **Registrované údaje:**

- spotřeba zemního plynu,
- spotřeba kapalných paliv,
- spotřeba pevných paliv,
- spotřeba el. energie,
- spotřeba vody,
- spotřeba napájecí vody,
- spotřeba doplňovací vody do horkovodního systému,
- množství vráceného kondenzát,
- množství vyrobeného tepla na jednotlivých kotlích,
- množství vyrobeného tepla z paliva zemní plyn,
- množství vyrobeného tepla z pevných paliv,
- množství vyrobeného tepla z kapalných paliv,
- množství vyrobeného tepla celkem,
- množství dodaného tepla v horké vodě (teplé vodě),
- počet provozních hodin jednotlivých kotlů,
- průběh venkovních teplot vzduchu.

### **d) Distribuce horké vody (teplé vody)**

#### **Registrované údaje:**

- množství dodané horké vody (na prahu kotelny)
- množství prodané horké vody měřené (v členění podle odběrových míst),
- množství prodané horké vody neměřené (v členění podle odběrových míst),
- množství prodané horké vody jednotlivým nákladovým střediskům,
- množství prodané horké vody ostatním odběratelům (v členění podle odběratelů).

### **e) Distribuce páry**

#### **Registrované údaje:**

- množství dodané páry (na prahu kotelny),
- množství prodané páry měřené (v členění podle odběrných míst),
- množství prodané páry neměřené (v členění podle odběrných míst),)
- množství prodané páry jednotlivým nákladovým střediskům,
- množství prodané páry externím odběratelům (v členění podle odběratelů),
- množství prodané páry ostatním odběratelům (v členění podle odběratelů).

**f) Distribuce zemního plynu****Registrované údaje:**

- spotřeba zemního plynu celkem,
- spotřeba zemního plynu pro otopné účely,
- spotřeba zemního plynu pro technologické účely (v členění podle odběrných míst),
- množství prodaného zemního plynu ostatním odběratelům (v členění podle odběratelů).

**g) Výroba a distribuce stlačeného vzduchu****Registrované údaje:**

- množství vyrobeného stlačeného vzduchu,
- množství prodaného stlačeného vzduchu měřené (v členění podle odběrných míst),
- množství prodaného stlačeného vzduchu neměřené (v členění podle odběrných míst),
- množství prodaného stlačeného vzduchu jednotlivým nákladovým střediskům,
- množství prodaného stlačeného vzduchu ostatním odběratelům (v členění podle odběratelů).

**h) Distribuce pitné vody****Registrované údaje:**

- množství dodané pitné vody
- množství prodané pitné vody celkem,
- množství prodané pitné vody ostatním odběratelům (v členění podle odběratelů).

**i) Úprava a distribuce provozních vod****Registrované údaje:**

- množství odebrané vody u jednotlivých zdrojů provozních vod,
- spotřeba el. energie,
- spotřeba stlačeného vzduchu,
- množství prodané vody jednotlivým nákladovým střediskům,
- množství prodané vody ostatním odběratelům.

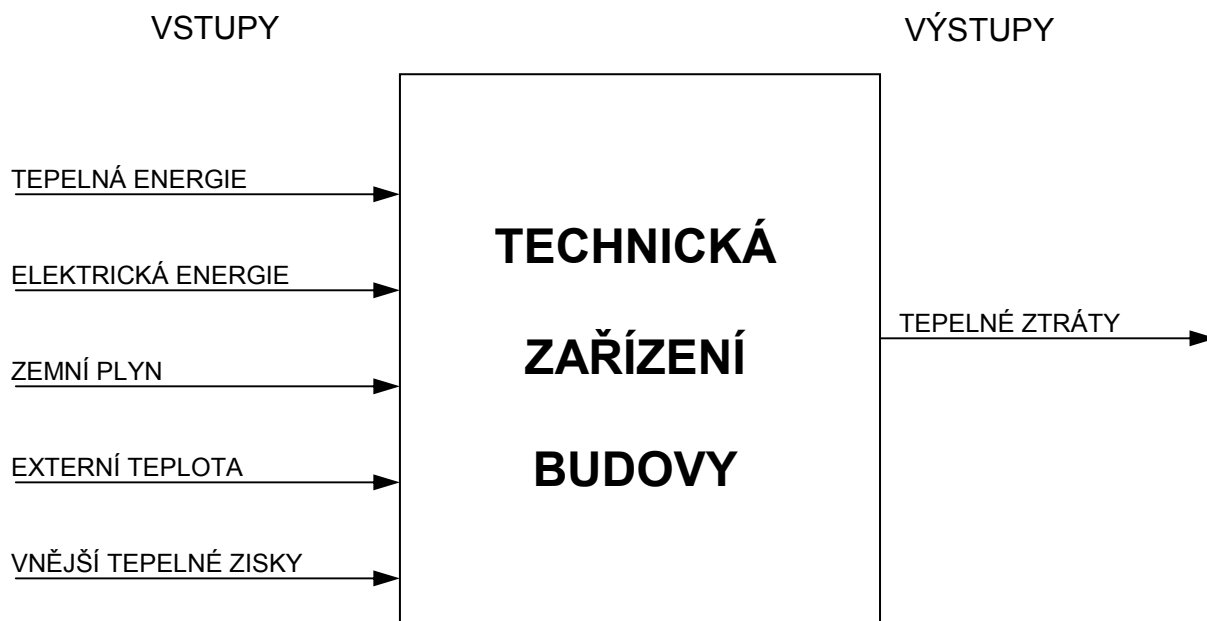
**5.2 Koncepce energetického managementu jednotlivých typů budov a energetických systémů**

V následujících odstavcích jsou uvedeny základní systémové principy realizace energetického managementu v relevantních typech budov a energetických systémech. pro všechny systémy pak platí obecná metodika realizace energetického managementu popsána v předchozích kapitolách.



5.2.1 Obytná budova

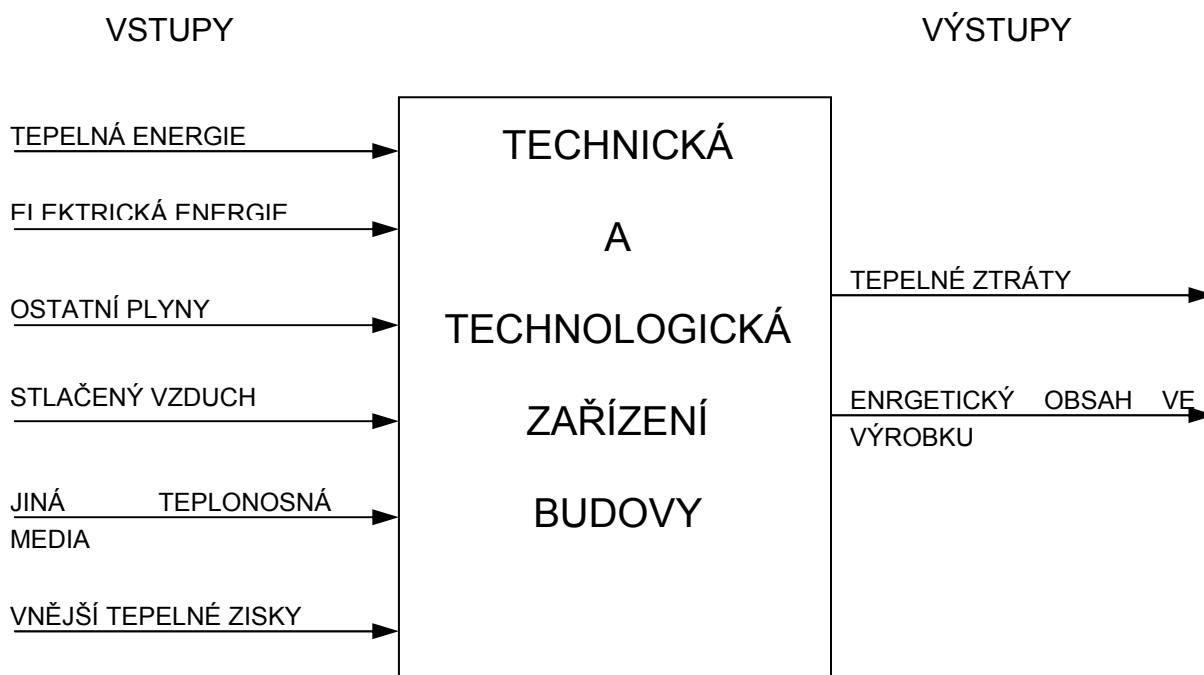
OBYTNÁ BUDOVA



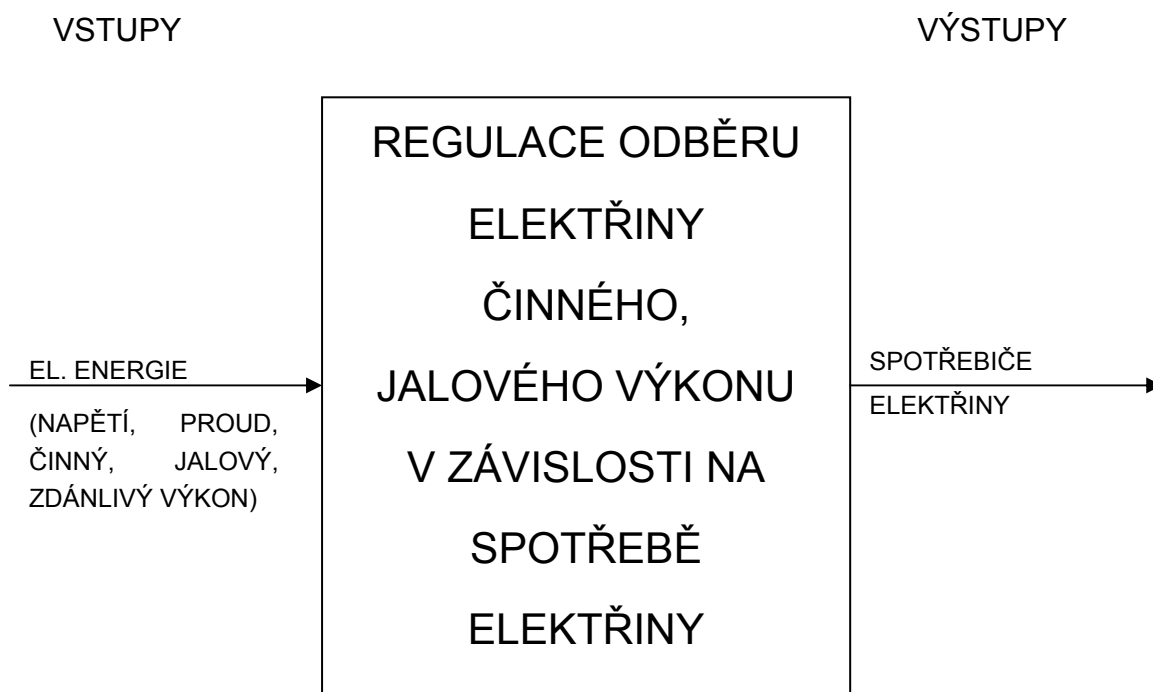
BLOKOVÉ SCHÉMA ŘÍZENÍ SPOTŘEBY TEPLA OBYTNÉ BUDOVY



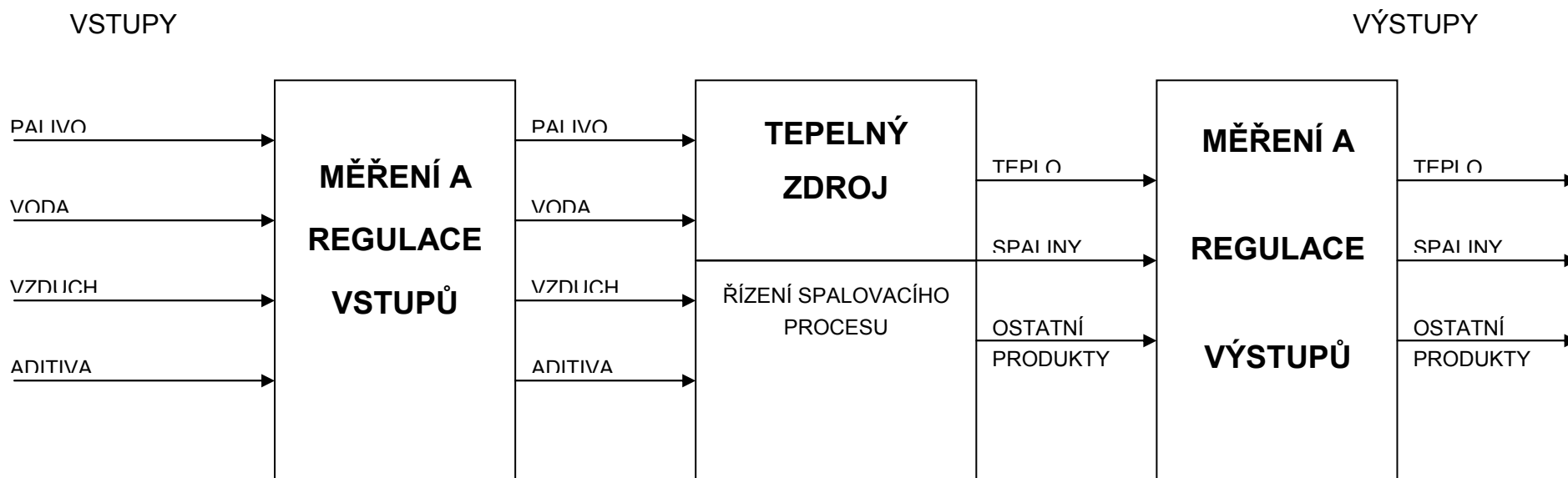
5.2.2 Průmyslová budova



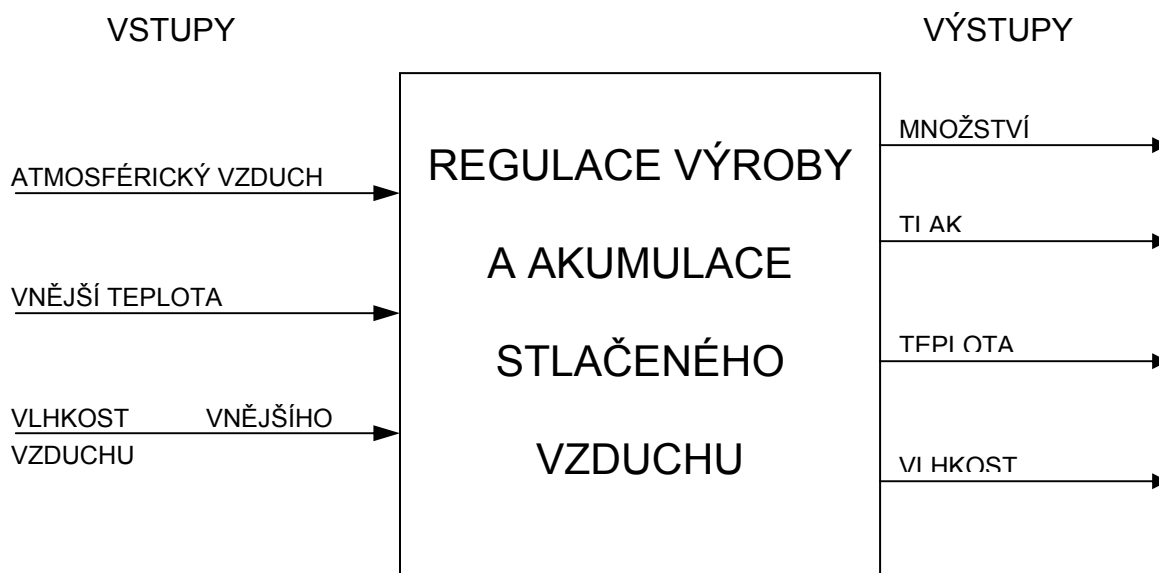
### 5.2.3 Blokové schéma řízení spotřeby elektřiny



### 5.2.4 Blokové schéma řízení výroby tepla



### 5.2.5 Blokové schéma řízení spotřeby stlačeného vzduchu



## 6 Závěr

Z předchozích kapitol je zřejmé, že řízení spotřeby energie je problematikou, která je velmi složitá a současně velmi významná. Její složitost spočívá zejména v různorodosti řízených systémů, technické obtížnosti při implementaci a ve skutečnosti, že lidský faktor je v procesu energetického managementu nezastupitelný a zásadně se podílí na jeho účinnosti. Význam energetického managementu lze identifikovat především v ekonomické oblasti s přímým důsledkem na optimální využívání primárních energetických zdrojů a tím na šetrnost k životnímu prostředí. Toto samozřejmě platí pouze tehdy, pokud je aplikována racionální forma energetického managementu.

V textu jsou naznačeny základní aspekty podmiňující správnou formu řízení spotřeby energie s cílem jejího hospodárného užití.

Akcentován je faktor efektivního využívání technické podpory při organizovaném řízení procesu lidským činitelem.

Produkt si neklade za cíl objasnění detailů technické implementace řídicích, regulačních a měřicích systémů, ale jeho úkolem je upozornit na důležitost lidské úvahy při plánování, řízení a vyhodnocování tohoto procesu.