



## Odborná informace

Dipl.-Ing. Hardy Ernst  
Dipl.-Wirtschaftsing. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH)  
Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH



**BOSCH**

Stvořeno pro život

## Správná kombinace kotle a hořáku

Tlak na úspory energií a na snížení emisí vyžaduje nevyhnutelně optimalizaci výkonu kotle a hořáku. Optimální přiřazení napomáhá k desítkám let provozu s minimální údržbou a výskytem poruch.

Význam pečlivého stanovení skutečné spotřeby a jejího pokrytí pomocí více jednotek spojených do kaskády, stojí podle názoru autora za trochu pozorování. Proto lze tu a tam vyzorovat zbytečné škody, resp. nevhodně vedený provoz. Následující podněty ukazují, jak je možné efektivně zlepšit provoz kotelních zařízení.

### Navržení kotelních zařízení dle kritérií spotřebitelů

Navržení kotelních jednotek a jejich jednotlivých výkonů může být provedeno jak dle očekávaného minimálního, maximálního, tak dle středního zatížení. Význam zde mají také provozně-bezpečnostní aspekty, nesmí však být použity jako jediné kritérium.

### Potřebné teplo slouží převážně výrobním strojům a zařízením

#### Obnova starých zařízení podle původních kritérií spotřeby

V případě, kdy je kotelní zařízení rekonstruováno z důvodu stáří nebo proto, aby vyhovělo požadavkům ochrany prostředí, bývá zpravidla znám spotřební diagram. Jestliže tyto údaje chybí, doporučuje se před začátkem projektu zjistit skutečné spotřeby tepla během reprezentativního časového období. Důležitá jsou zde časová období s nejnižší potřebou energie (např. o víkendech, resp. během letních nocí), ale také období špičkových odběrů energií (např. ve studených zimních dnech při maximální výrobě). Také by měly být sestaveny záznamy resp. rešerše o rychlosti změn odběru energií (např. při náhlých špičkách odběru energií). Jsou-li uvedená kritéria sestavená nebo známá, musí být ověřeno, které maximální stavy teplotního média jsou skutečně

potřebné. Jakékoliv zbytečné zvýšení výstupní teploty do otopného horkovodního systému, resp. tlaku páry u parních zařízení, znamená apriorně náklady, kterým je možné předejít, stejně jako nehospodárnému provozu.

Často mají staré, stávající topné sítě příliš vysoké výpočtové teploty a tlaky, které je třeba v potřebné míře redukovat, pokud to dovolí instalované potrubí a požadavky odběratelů. V případě, že existují špičkoví odběratelé s definovaným časovým programem, je třeba ověřit, jak dalece by bylo smysluplné a možné sofistikované spojení mezi řídicím systémem odběratele, ovládaným dle spotřeby energie, a řídicím systémem kotle.

V mnoha případech je možné snížit celkovou velikost kotelního zařízení tím, že pomocí vnějších impulzů je kotelná včas informována o potřebě zvýšení výkonu a tím je uvedena do stavu provozní pohotovosti. Jestliže se objevují náhle špičky odběru jen krátkodobého charakteru, resp. v delších časových odstupech, je třeba ověřit, zda by bylo užitečné využít zařízení pro akumulaci energie, jako je parní akumulátor nebo zásobník horké vody.

### Projekce nových kotelních zařízení

Dle zkušeností z projekce nových zařízení se velmi často dospěje k předdimenzování zařízení, protože projektanti, výrobci, dodavatelé jednotlivých komponent stejně jako provozovatelé často připočítávají přírůžky ke skutečné spotřebě energie. V přípravných rozhovorech by měly být provedeny rešerše těchto započítávaných rezerv. Jestliže existuje možnost získat u jiných provozovatelů informace o již připojených strojích a jejich skutečné spotřebě energie, měla by být tato možnost využita. Předpokladem úsporného dimenzování celkového kotelního zařízení je však zapojení seriózních dodavatelů jednotlivých komponent a respektování eventuálních možností plánovaných rozšíření.

Nehledě na shromážděné požadavky na výkon, které jsou definitivně navrženy, měl by být zohledněn výhledový přídavný potenciál, a to hlavně v návrhu rozvodných sítí a velikosti objektu kotelní, nikoliv však v rozdělení momentálního celkového výkonu na jednotlivé kotle.

### Potřebné teplo slouží především topným účelům

Na rozdíl od tepla potřebného v průmyslové výrobě jsou skutečné požadavky na teplo pro vytápění určovány počasím. Rozpětí požadavků na výkon je oproti průmyslovým kotelnám zpravidla podstatně větší a nedefinovatelná.

Zatímco uprostřed léta udržují kotelní zařízení částečně v provozu požadavky na ohřev užitkové vody, je ve studených zimních dnech zapotřebí pro vytápění celý tepelný výkon s dostatečnou provozní jistotou.

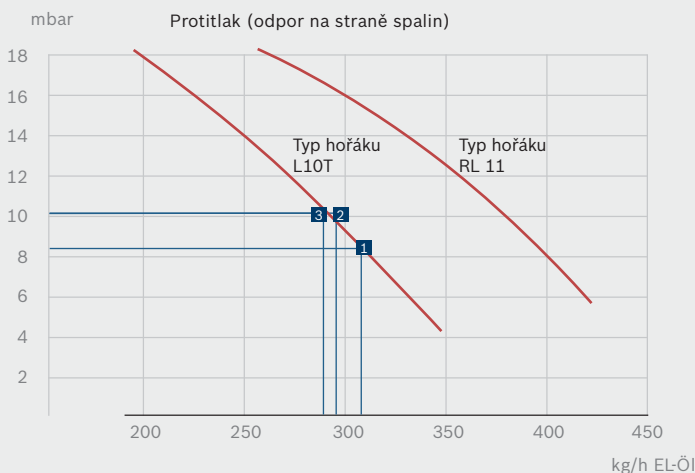
Při stanovení špičkového výkonu je třeba uvážit, že tento výkon bude zpravidla požadován jen několik dnů v roce. V nouzových případech je nutné vzít na vědomí, že při výpadku jednoho kotle nebo hořáku je k dispozici jen nouzový provoz se sníženou možností dodávky tepla. Nicméně musí být přítom zajištěno, že nedojde v žádném případě k zamrznutí jednotlivých dílů zařízení nebo komponent rozvodné sítě.

Také při stanovení minimálního výkonu nejmenšího kotle je zapotřebí větší pečlivosti. Zvláště důležitá je zde dostatečná jistota ve stanovení teploty, a to jak potřebné vytápěcí teploty u spotřebitelů, tak také teplotního rozpětí pro vyhodnocení eventuálního paralelního provozu většího počtu kotlů atd.

Největší odběr tepla z kotelní nastává v zimě, když se skupiny odběratelů připojují po nočním poklesu na denní provoz. Když tato připojování nejsou jedno od druhého časově silně posunuta, vzniká zpravidla v časných ranních hodinách špičkový odběr energie, který daleko převyšuje výpočtový výkon kotelního zařízení. Tomuto špičkovému odběru je třeba se vyhnout za jakýchkoli okolností pomocí návrhu sofistikované regulace topného systému a časového přesunu připojování jednotlivých skupin odběratelů energie. Také zde je zapotřebí vzít v úvahu, že po připojení na síť může dojít k poklesu teplot, než se kotelní zařízení opět „chytí“.

### Charakteristika hořáku s křivkami maximálního výkonu

Příklad výhodné volby hořáku s velkým regulačním rozsahem 1:4



#### Příklad 1:

Třítahový kompaktní kotel typ UL-S 5000  
Přetlak 10 bar  
Protitlak ve spalovací komoře 8,5 mbar  
Spotřeba paliva 307 kg/h topného oleje LTO  
Výkon kotle 5000 kg/h páry  
Regulační rozsah hořáku typu L10 T 70 : 307 - 1 : 4,4 **1**

#### Příklad 2:

Třítahový kompaktní kotel typ UL-S 5000 s ECO  
Přetlak 10 bar  
Protitlak ve spalovací komoře 10,7 mbar  
Spotřeba paliva 293 kg/h topného oleje LTO (úspora 4,5 %)  
Výkon kotle 5000 kg/h páry  
Regulační rozsah hořáku typu RL11 105 : 239 - 1 : 2,8 **2**

... při redukcí výkonu kotle o 3...4 %:

Spotřeba paliva 284 kg/h topného oleje LTO  
Výkon kotle 4840 kg/h páry  
Regulační rozsah hořáku typu LIOT 70 : 284 - 1 : 4 **3**

## Požadavky na celkové kotelní zařízení

Jestliže jsou vypracována dostatečně spolehlivá data o spotřebě energie, může se provést stanovení celkového energetického výkonu zařízení.

### Rozdělení celkového zařízení na větší počet jednotlivých kotelních jednotek

V současné době se již zpravidla neinstaluje žádné stand-by (rezervní) zařízení, protože jeho investiční náklady a ztráty při údržbě jsou příliš vysoké. Z tohoto důvodu by mělo být zajištěno, že při výpadku největší jednotky bude přesto kotelní zařízení fungovat, i když poněkud omezeně, až do odstranění poruchy, resp. defektu.

V každém případě se doporučuje rozdělení výkonu nejméně na dvě jednotky. Dle shora uvedeného diagramu energetické spotřeby by měl nejmenší kotel např. v noci nebo o víkendech v letním období zajišťovat základní provoz tak, aby docházelo k co nejmenšímu počtu spínání hořáku. Tento kotel může být také nasazen jako kotel pro špičkový výkon při nejvyšší spotřebě, ke které dochází zpravidla v zimě v časných ranních hodinách.

Jestliže dochází např. u kotelních zařízení vytopen také v létě znenáhla k vysokému odběru horké vody, jak se to obvykle často stává u kasáren a výrobních závodů, musí být kotel s nejmenším výkonem výkonově navržen pro zajištění tohoto odběru.

V jednotlivých případech se vysoce osvědčila instalace zásobníku tepla, zvláště u kotlů na pevná paliva.

U malých zařízení (s celkovým tepelným výkonem < 4 MV) se doporučují jednoduché regulace paralelního provozu kotlů na základě odstupňovaných rozsahů teplot nebo tlaků. Lepší, a v každém případě doporučitelné pro velké zařízení, jsou regulace paralelního provozu kotlů založené na řízení pomocí měření množství páry, resp. tepelné energie, které umožňují optimální nastavení na požadovaný výkon. V důsledku vysokých investic pro tato zařízení dochází často ke kompromisním řešením, která se později prokazují jako velice nevýhodná.

**Závěr:** Koncepce regulace musí být známa již v projekční fázi celkového zařízení – zvláště u zařízení topných systémů.

### Přiřazení hořáku

Pro volbu hořáku je důležité stanovit minimální požadavek na výkon kotle. Minimální výkon činí u dvoustupňových hořáků 40 ... 60 % jmenovitého výkonu, u třístupňových cca 35 % a u plynule regulovatelných hořáků může být ještě mnohem níže. Menší kotle až do cca 2 MW mají převážně dvou nebo třístupňový hořák. Zde se pomocí plynule regulovatelného hořáku nedosáhne výrazně nižšího základního zatížení, ale vícenáklady na takový hořák, jeho údržba a seřizování jsou přitom značné. Větší kotle od 2 MW výkonu spalovacího zařízení pracují dobře s plynule regulovatelnými hořáky, protože rozsah regulace je ve srovnání s 2 a 3-stupňovými hořáky větší.

Při fixním jmenovitým výkonu kotle bez jisté volnosti omezení výkonu směrem dolů se nasazuje hořák, který je svým výkonem vlastně příliš velký. Proto by mělo být věnováno více pozornosti přizpůsobení výkonu kotle na výkonové rozpětí hořáku (viz také informace odborné zprávy „Regulace výkonu parních kotlů“). To platí zvláště tehdy, když se má navrhnout koncepce celkového

zařízení s více kotli. Konečná volba hořáku a jeho ventilátoru musí proběhnout tak, že (při zohlednění všech prvků spalínového systému) hořák je provozován při plném zatížení kotle na jeho horní výkonové hranici. To umožňuje využití v oblasti nízkého zatížení rozsáhlou regulací hořáku směrem dolů, a tím se vyvarovat četných startů a odstavení. Při každém novém zapálení hořáku musí být spalovací komora – z důvodu možného nebezpečí výbuchu – provětrána venkovním vzduchem. V kotli nuceně ohřátý vzduch je odveden do komína jako ztráta.

#### Příklad:

Kotel typ UL-S 5000	
Teplota kotlové vody	184 °C
Teplota nasátého vzduchu	24 °C
Ohřátí vzduchu	160 °C
Doba profukování	65 ... 135 s
Ztráta tepla při jednom zapnutí/vypnutí	4,77 ... 9,91 kWh
Spotřeba energie při 6 zapnutí/vypnutí během 1 hodiny	29 ... 60 kWh

Z uvedených důvodů by dodavateli kotlů neměl být předepisován žádný typ hořáku, aby se mohla perfektně optimalizovat volba kotle, spalínový systém, hořák, ventilátor a regulace. Navíc by měly být výkony jednotlivých kotlů, které jsou součástí celkového výkonu, variabilní s ohledem na optimalizaci hořáků.

V zásadě by měla být dodavateli kotlů ponechána pro jeho úvahy tolerance  $\pm 10\%$  celkového výkonu zařízení.

Jen když je ponechán dodavateli kotlů tento prostor, může být zaručen optimalizovaný dlouholetý a bezproblémový provoz. K tomu je uveden příklad (viz diagram):

Parní kotel <sup>1</sup> se jmenovitým výkonem 5000 kg/h páry zvýšil v důsledku připojení ekonomizéru ECO svůj odpor <sup>2</sup> na straně spalín tak, že teoreticky by byl potřebný nejlépe vyšší hořák. Redukce maximálního výkonu kotle o 3 ... 4 % umožňuje <sup>3</sup> ponechání až dosud navrženého hořáku s tím, že se docílí regulační rozsah 1 : 4 oproti původnímu rozsahu 1 : 2,8, a to vedle všech ostatních shora uvedených předností.

Protože však charakteristiky představují jen střední hodnoty, může se praxe výrazně odlišovat. Také toto zahrnuje shora uvedená a zdůvodněná tolerance  $\pm 10\%$  celkového výkonu.

Jestliže není akceptována žádná tolerance výkonu, je případ od případu nutné vzít v úvahu potenciál výkonové rezervy - zvláště při volbě hořáku - ke škodě optimalizace provozu a provozních nákladů. Optimalizace však získává stále více na významu zvláště z důvodu požadavků na nové komponenty pro ochranu životního prostředí, které ovlivňují hořák a omezují jeho flexibilitu. Tak například hořáky, které jsou vybaveny zařízením na recirkulaci spalín, mohou být vypnuty a znovu zapnuty pouze 4x za hodinu, což má značný dopad na plánování a pozdější provoz kotelního zařízení.

## Shrnutí

Při plánování energetických zařízení je nutné v současné době respektovat více kritérií než dříve.

Zvláště je důležité správné rozdělení výkonu mezi více kotlů se vzájemně sladěnými hořáky. Jestliže má projekt nějaký nedostatek, ukáže se to na spotřebě paliva v důsledku nadbytečných startů a odstavení hořáků, a také se zvýší zatížení životního prostředí.

Předimenzovaná zařízení jsou příčinou zvýšeného opotřebení jednotlivých komponent, které je tím větší, čím častěji dochází ke startování a odstavení hořáku anebo k připojování a odpojování dalšího kotle.

Zmenší se také provozní jistota, protože každý nový start a odstavení hořáku klade vysoké požadavky na kontrolní přístroje (např. na hlídač plamene), které v případě pochybnosti odpojí celé zařízení.

Tendry a poptávky by měly udávat požadavky na výkon kotlů s vyznačením stanovených tolerancí.

Předimenzování hořáku znamená omezení možností správné činnosti regulačního systému se všemi zmíněnými nevýhodami.

Mnoho kotlů je provozováno celá desetiletí bez povšimnutí. Spalovací systémy a regulační zařízení by však naproti tomu měly být v časových intervalech 5 - 10 let přinejmenším aktuálně rekonstruovány, pokud nedojde na jejich celkovou výměnu. Z toho důvodu by měly být rovnou při volbě velikosti kotlů zohledněné případné budoucí požadavky na zvýšení výkonu, protože s tím nejsou spojeny prakticky žádné nevýhody. Hořáky by měly být naproti tomu voleny vždy tak, aby při plánovaném zvýšení spotřeby energie mohly být event. vyměněny, což je u průmyslových a kotelních vytápěcích zařízení možné téměř bez výjimek bezproblémově provést.

Bosch Termotechnika s.r.o.  
Průmyslová 372/1  
108 00 Praha 10  
Tel.: +420 272 191 111  
Fax: +420 272 700 618

[www.bosch-industrial.com](http://www.bosch-industrial.com)

Výrobní závody:  
Závod 1 Gunzenhausen  
Bosch Industriekessel GmbH  
Nürnberger Straße 73  
91710 Gunzenhausen  
Německo

Závod 2 Schlungenhof  
Bosch Industriekessel GmbH  
Ansbacher Straße 44  
91710 Gunzenhausen  
Německo

Závod 3 Bischofshofen  
Bosch Industriekessel Austria  
GmbH  
Haldenweg 7  
5500 Bischofshofen  
Rakousko

© Bosch Industriekessel GmbH |  
Ilustrace slouží pouze jako příklad |  
Změny vyhrazeny | 07/2012 |