



# NÁVRH A PROVOZ KOGENERAČNÍCH JEDNOTEK

RAEN, spol. s r.o.

**OBSAH**

	str.
1.0 Úvod	2
2.0 Současný stav a související legislativa	3
3.0 Záměr a volba koncepce kogenerační jednotky	5
3.1 Základní popis, parametry a ceny kogeneračních jednotek s plynovými motory	6
3.2 Konstrukční uspořádání kogeneračních jednotek s plynovými motory	8
3.3 Základní komponenty kogeneračních jednotek	9
3.4 Umístění a připojení jednotky na dodávku tepla a el. energie	13
3.5 Místní podmínky pro provoz kogenerační jednotky	14
4.0 Projekt kogenerační jednotky	16
4.1 Dimenzování výkonu kogeneračního zařízení a určení způsobu provozu	16
4.2 Vlastní projekt kogenerační jednotky	22
5.0 Dodávka a instalace kogenerační jednotky	27
6.0 Uvádění do provozu a trvalý provoz kogenerační jednotky	29
7.0 Typová řešení instalací kogeneračních jednotek	31
7.1 Kogenerační jednotka v rodinném domku	31
7.2 Kogenerační jednotka v městském centrálním zdroji	33
7.3 Kogenerační jednotka v průmyslovém závodě	34
7.4 Kogenerační jednotka v zemědělské bioplynové stanici	36
7.5 Trigenerace – kogenerační jednotka a absorpční chlazení	37

## 1.0 ÚVOD

Příručka je stručnou vstupní informací pro navrhovatele, projektanty a provozovatele kogeneračních jednotek s plynovými motory. Jedná se o energetické zdroje pro kombinovanou výrobu tepla a el. energie o jmenovitém výkonu řádově desítek kilowat až jednotek megawat elektrického i tepelného výkonu s dodávkou tepla v teplé nebo horké vodě.

Hlavním cílem příručky je zmíněné účastníky akcí s kogeneračními jednotkami seznámit jak se vyvarovat nejobvyklejších chyb a problémů při jejich projektové přípravě, realizaci a provozu. V příručce jsou proto v těchto oblastech činnosti popsány a zdůrazněny hlavní zásady, které by navrhovatelé, projektanti, dodavatelé i provozovatelé měli dodržovat, aby se vyhnuli negativním důsledkům dopadajícím především na provozovatele těchto kogeneračních jednotek. Je zde proto využito zkušeností nejen provozovatelů, ale i projekčních a dodavatelských organizací, které se dosud v tuzemsku podílely na realizaci akcí s kogeneračními jednotkami s plynovými motory.

V současné době je v tuzemsku v provozu několik set kogeneračních jednotek s plynovými motory v širokém výkonovém rozsahu. Další instalace budou realizovány nejen na základě samostatného rozhodnutí investorů, ale též v důsledku příslušných legislativních norem, týkajících se povinnosti kombinovanou výrobu tepla a el. energie zajistit u nově budovaných nebo rekonstruovaných zdrojů od výkonů, které specifikuje v současné době schvalovaný Zákon o hospodaření energií a související prováděcí vyhlášky.

Pro přehlednost a snadnější orientaci je příručka dělena na následující části :

- současný stav a související legislativa
- příprava projektu kogenerační jednotky (záměr a volba koncepce)
- projekt kogenerační jednotky (dimenzování výkonu jednotky, vlastní projekční řešení)
- dodávka a instalace
- uvádění do provozu a trvalý provoz kogenerační jednotky

V závěru příručky jsou uvedena typová řešení instalací kogeneračních jednotek do pěti různých druhů subjektů.

## 2.0 SOUČASNÝ STAV A SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVA

První instalace kogeneračních jednotek s plynovými motory se v tuzemsku začaly objevovat v první polovině 90. let, v současné době je již instalováno několik stovek jednotek o jmenovitém elektrickém výkonu ve velmi širokém rozsahu od cca 10 kW do 4,5 MW a o celkovém instalovaném elektrickém výkonu přibližujícím se 100 MW. Tuto aktivitu mimo jiné podnítl Zákon č.222/1994 Sb. dle jehož znění jsou provozovatelé el. sítí povinni vykupovat el. energii vyrobenou současně s využívaným teplem (kombinovaný cyklus).

Kogenerační jednotky s plynovými motory jsou instalovány u širokého okruhu uživatelů, od rodinných domků, přes malé i větší výrobní provozy, nemocnice, školy, hotely a sportovní zařízení až po průmyslové závody a městské teplárny.

Dodavateli těchto zařízení jsou jednak tuzemské společnosti a jednak společnosti zahraniční, které mají v tuzemsku zastoupení. Jejich podíl na již instalovaných kogeneračních jednotkách k polovině roku 2000 je patrný z tabulky na následující straně, u dodavatele ZEPPELIN (motory Caterpillar) jsou uvedeny pouze finální dodávky, kromě toho tento dodavatel zajistil subdodávky o celkovém el. výkonu ve výši 10,3 MWe pro finálního dodavatele TEDOM.

Kogenerační jednotky jsou provozovány v různých provozních podmínkách daných :

- místem jejich instalace
- podmínkami odběru tepla a el. energie
- oceněním vyrobeného tepla a el. energie

V případě průmyslových instalací, nemocnic, hotelů a sportovních zařízení je vyrobená el. energie spotřebována v místě výroby stejně jako vyrobené teplo. Naopak v centrálních zdrojích tepla s nízkou vlastní spotřebou el. energie je teplo vyrobené v kogenerační jednotce dodáno do soustavy centralizovaného zásobování a elektrická energie do sítě.

V prvním případě jsou kogenerační jednotky instalovány především pro snížení nákladů na dodávku el. energie ze sítě, v druhém případě se tržbami za prodanou el. energii do sítě kryje část nákladů na výrobu tepla – cena tepla může být potom nižší.

Přístup jednotlivých společností v různých lokalitách zajišťujících distribuci el. energie může být zcela odlišný. Jak již bylo řečeno, existuje zákonná povinnost el. energii vyrobenou v kombinovaném cyklu vykupovat, výkupní cena je ovšem výsledkem jednání distribuční společnosti s výrobcem el. energie.

V některých případech je místní posílení sítě el. výkonem kogenerační jednotky vítané, ve většině případů však místní distribuční společnosti nejeví o vznik konkurenčního zdroje el. energie zájem a tomu pak také odpovídá navržená výkupní cena.

Povinnost analyzovat možnost instalace zařízení pro kombinovanou výrobu tepla a el. energie formou energetického auditu upravuje znění Zákona o hospodaření energií, jehož návrh je v současné době schvalován. Dle navrženého zákona je provozovatel při budování nového nebo změně již dokončeného zdroje (rekonstrukce zdroje) povinen od určitého jmenovitého výkonu zdroje vyrábějící pouze teplo nebo pouze el. energii zajistit pro tento zdroj zpracování energetického auditu s technicko - ekonomickým rozbohem vhodnosti kombinované výroby.

Povinnost zpracování auditu platí pro zdroje:

- a) Nové nebo rekonstruované zdroje tepla o celkovém jmenovitém tepelném výkonu vyšším než 5 MW<sub>t</sub>;
- b) Nové nebo rekonstruované zdroje el. energie o celkovém jmenovitém výkonu vyšším než :

10,0 MWe	u parních turbín
2,0 MWe	u plynových turbín
0,8 MWe	u plynových motorů

### 3.0 ZÁMĚR A VOLBA KONCEPCE KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Záměr instalovat kogenerační jednotku s plynovým motorem vzniká obvykle na základě těchto podnětů :

- závěr energetického auditu vyplývajícího ze Zákona o hospodaření energií
- následek kampaně ve sdělovacích prostředcích
- informace v odborném tisku
- náhodné seznámení s instalací kogenerační jednotky

Záměr instalace kogenerační jednotky je proto nutno podrobit kvalifikované analýze s uvážením a zajištěním reálných informačních vstupů.

Prvním krokem je volba koncepce kogenerační jednotky s plynovým motorem. Pro rozhodnutí o správné koncepci je třeba :

- posoudit možnost efektivního využití vyrobeného tepla a el. energie
- seznámit se s dodavatelsky dostupnými typy kogeneračních jednotek, jejich technickými a cenovými parametry a konstrukčním uspořádáním, které mají vliv na způsob instalace a ekonomii provozu
- posoudit podmínky pro umístění a připojení jednotky
- posoudit místní podmínky pro provoz kogenerační jednotky

### 3.1 Základní popis, parametry a ceny kogeneračních jednotek s plynovými motory

Kogenerační jednotka se skládá z přeplňovaného zážehového plynového motoru pohánějícího generátor el. energie a výměníků pro využití odpadního tepla motoru. Generátor el. energie je dodáván pro nižší výkony asynchronní, pro vyšší synchronní. Teplo z kog. jednotky je dodáváno obvykle v teplé vodě 90/70°C, méně v horké vodě o teplotách až 110/80°C nebo zcela vyjímečně u nejvyšších výkonů 130/80°C.

Schema zapojení kogenerační jednotky je patrné z přiloženého obrázku. Zemní plyn ve směšovači se vzduchem tvoří směs, která je nasávána a komprimována turbodmyčadlem poháněným spaliny odcházejícími z motoru. Komprimovaná horká směs je chlazená v chladiči směsi a dodávána do motoru. Teplo z chlazení bloku motoru a odcházejících spalin je využito pomocí výměníků (chlazení bloku motoru, oleje a spalin) zapojených do serie pro ohřev vody v teplovodním nebo horkovodním okruhu.

Pro možnost občasného provozu jednotky jen s částečným využitím nebo bez využití tepla může být instalován nouzový chladič a obtok spalin vyřazující spalinový výměník z činnosti.

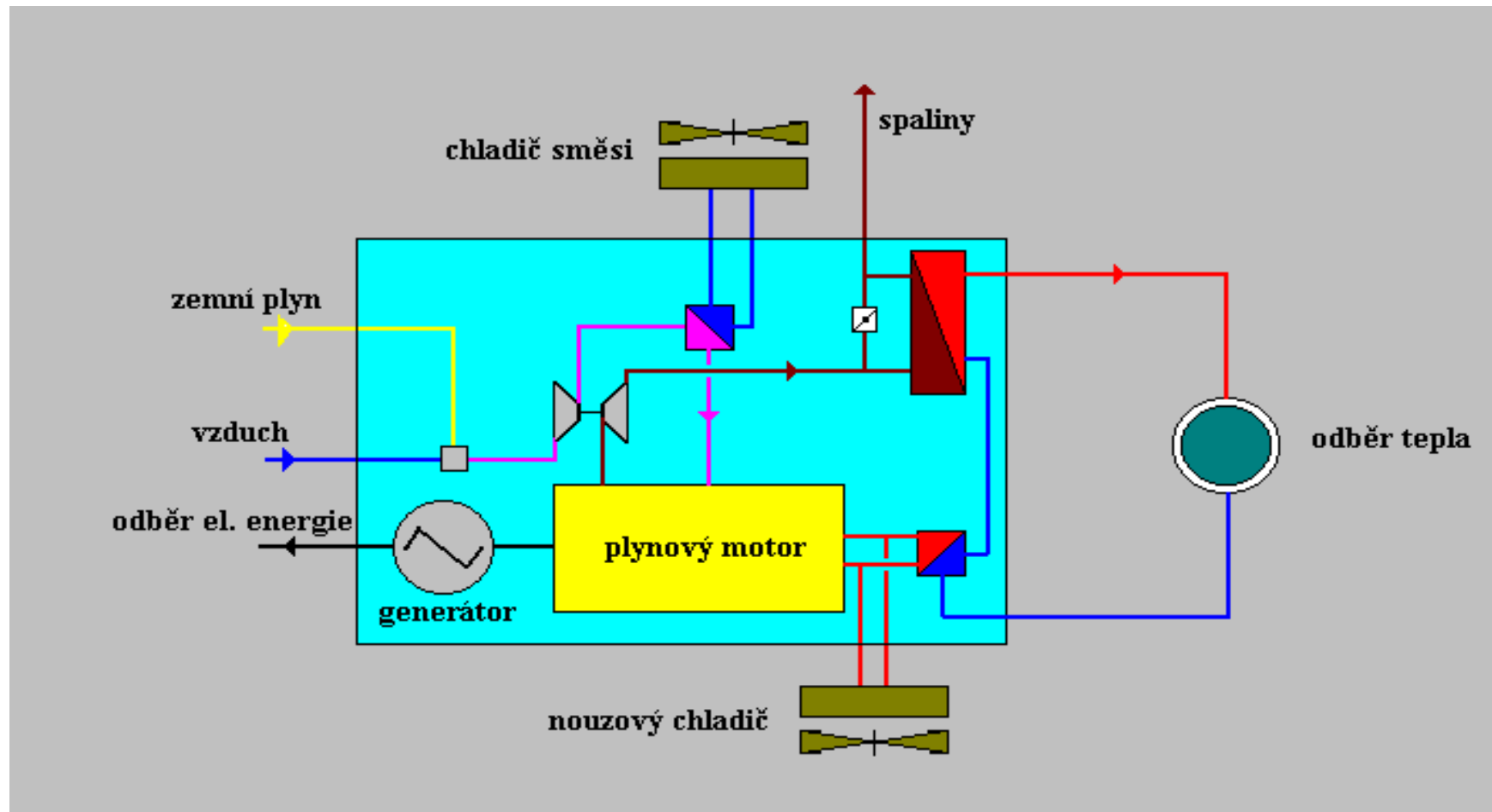
Elektrická účinnost (poměr el. výkonu jednotky k příkonu v přiváděném plynu) se pohybuje v rozsahu cca 27 – 42%, velikost účinnosti je přímo úměrná výkonu jednotky.

Tepelná účinnost (poměr tepelného výkonu jednotky k výkonu v přiváděném plynu) se pohybuje v rozsahu cca 43 – 53%. Tepelným výkonem kogenerační jednotky se obvykle rozumí součet odpadního tepelného výkonu z chlazení bloku motoru, oleje a spalin. Na tepelném výkonu se obvykle podílí odpadní teplo bloku motoru a oleje cca 60%, odpadní teplo spalin cca 40%. Odpadní teplo z chlazení směsi (cca 8% z celkového odpadního tepla se obvykle do tepelného výkonu jednotky nezahrnuje, protože je odváděno na nižší teplotě). Tohoto tepla lze však případně též využít, např. pro temperování přilehlých prostor (sklady a pod.) Podobným způsobem lze rovněž využít ohřátého větracího vzduchu, který odvádí teplo z povrchu jednotky - především při tzv. modulovém uspořádání, kdy celá kogenerační jednotka je umístěna v protihlukovém krytu.

Poměrem elektrické a tepelné účinnosti konkrétní jednotky je určen poměr elektrického a tepelného výkonu jednotky, který se pohybuje v rozsahu cca 1 : 1 (pro jednotky o vysokém výkonu) až 1 : 2 (pro jednotky o nízkém výkonu).

Cena kogenerační jednotky je závislá na dodavateli (zahraniční renomovaní dodavatelé jsou dražší než tuzemští) a na jmenovitém výkonu (vyšší výkon – nižší měrná cena vztažená k výkonu jednotky).

## Zapojení kogenerační jednotky





V současné době se měrné ceny za dodávku kogeneračních jednotek vztažené na jejich elektrický výkon pohybují přibližně v rozsahu 15 000 – 20 000 Kč/MWe.

Investiční náklady na kompletní instalaci kogenerační jednotky jsou však ještě vyšší o náklady na přívod plynu, vyvedení elektrického a tepelného výkonu, odvod spalin, olejové hospodářství a stavební úpravy. Podle konkrétní situace mohou tyto vyvolané náklady zvýšit uvedenou měrnou cenu až o 40%.

### 3.2 Konstrukční uspořádání kogeneračních jednotek s plynovými motory

V současné době je na českém trhu jedenáct nejvýznamnějších dodavatelů kogeneračních jednotek tuzemské nebo zahraniční výroby (viz tabulka v odstavci 2.0).

Kogenerační jednotky jsou dodávány ve dvou uspořádáních :

- stavebnicovém
- modulovém

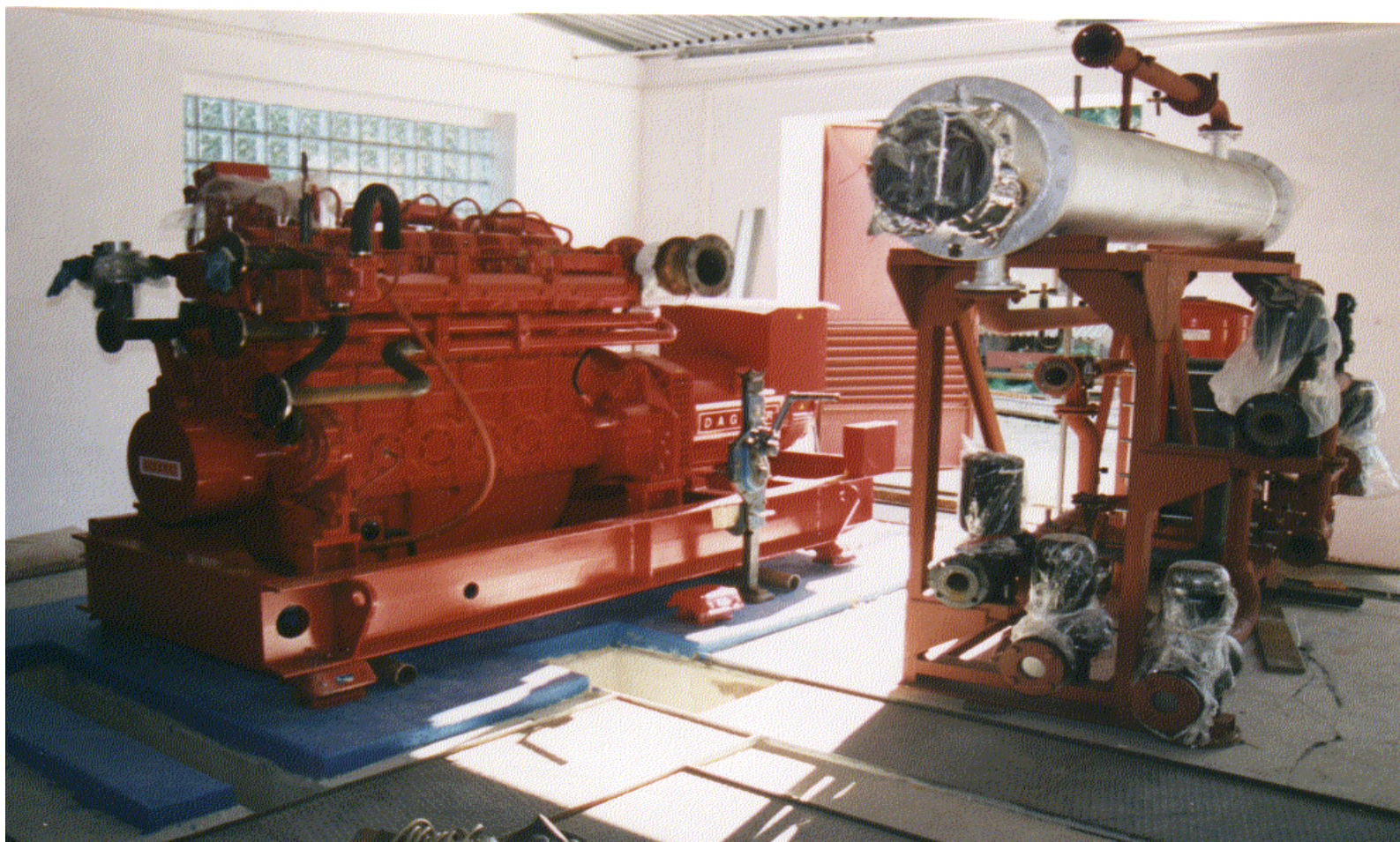
V případě stavebnicového uspořádání je provozovateli dodána jednotka rozložená do základních částí (motor s generátorem na rámu, výměníky, čerpadla a tlumič sání a výfuku). Instalace jednotky je pak přizpůsobena uspořádání prostoru, do kterého je umístěna včetně propojovacího potrubí a elektroinstalace (viz obrázek – soustrojí motor/generátor a sestava spalínového výměníku).

Předností stavebnicového uspořádání je snadnější přístup pro údržbu a opravy jednotlivých komponent a nižší výrobní náklady, čemuž by měla odpovídat i nižší cena jednotky. V některých případech je však snížení nákladů pouze relativní, protože provozovatel je nucen provést různé stavební úpravy včetně odhlučnění prostoru.

Ve stavebnicovém uspořádání jsou dodávány převážně jednotky vysokých výkonů (více než 1 MWe), které vzhledem k velkým rozměrům by byly obtížně v celku přepravitelné.

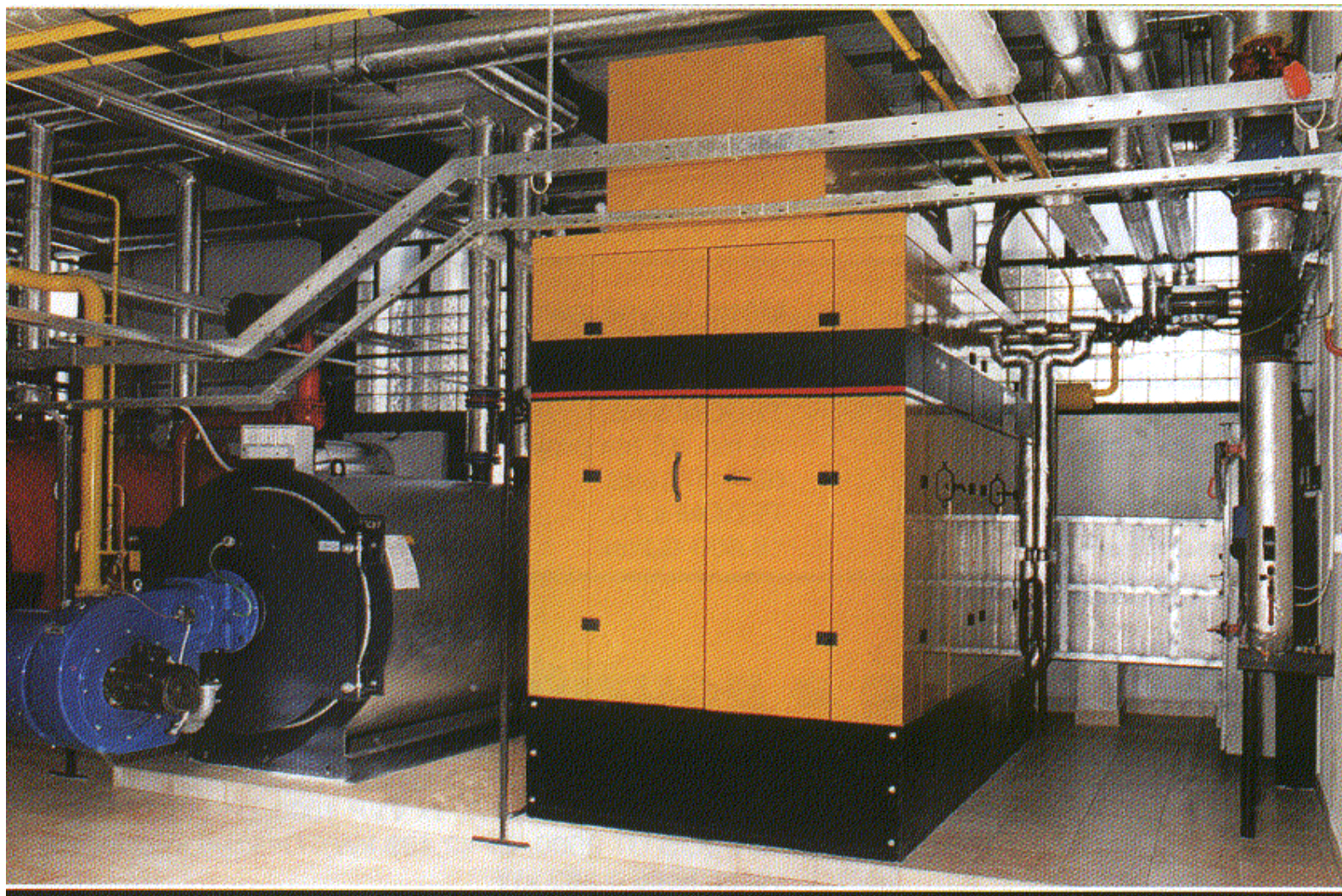
Při modulovém uspořádání (obvykle o jmenovitém el. výkonu do cca 200 kW) je jednotka dodána jako plně funkční modul, který obsahuje všechny komponenty včetně protihlukového krytu (viz obrázek – kogenerační jednotka umístěná vedle baleného kotle). Výhodou tohoto uspořádání je velmi rychlá instalace jednotky včetně jejího odhlučnění. Nevýhodou může být obtížnější přístup pro opravu nebo výměnu některých částí.

## Stavebnicové uspořádání – instalace kogenerační jednotky





## Modulové uspořádání – trvalý provoz kogenerační jednotky



### 3.3 Základní komponenty kogeneračních jednotek

#### *Dodávka plynu*

Kogenerační jednotky je možno připojit na nízko nebo středotlaký rozvod plynu. Plynová trať na jednotce sestává z filtru, hlavního ventilu a tzv. „nulového regulátoru“, který snižuje tlak plynu téměř na atmosférický tlak, vhodný pro směšování se vzduchem. Následuje směšovač směsi s předřazeným regulátorem bohatosti. Ten je nastaven buď manuálně na základě měření analyzátozem spalin nebo pracuje automaticky v závislosti na měření bohatosti směsi plynu se vzduchem.

#### *Plynový motor*

Je většinou odvozen ze vznětového motoru pro spalování nafty, který je konstrukčně upraven na motor zážehový pro spalování plynu (zemního, bioplynu, skládkového, dřevoplynu).

Výkonové a provozní vlastnosti tuzemských výrobců jsou dobré při nižší ceně, u zahraničních výrobců jsou vlastnosti velmi dobré s odpovídající vyšší cenou.

Pro srovnání je možno uvést, že počet provozních hodin pro výměnu hlavy resp. životnost motoru do generální opravy u tuzemských výrobců činí přibližně 6000 hodin resp. 30 000 hodin zatímco u zahraničních jsou tyto lhůty přibližně 12 000 hodin resp. 50 000 hodin.

#### *Generátor el. energie*

Je připojen k motoru přes spojku bez převodovky. Pro nižší výkony (cca do 100 kW) se používají levné generátory asynchronní z důvodu omezení velikosti proudových rázů při připojení. Tento typ generátoru umožňuje pouze paralelní provoz kogenerační jednotky se sítí s nutností omezení připojovacích špiček a kompenzací účinníku.

Dražší synchronní generátory lze použít bez výkonového omezení. Jsou vybaveny automatickým přifázováním k síti a automatickou regulací účinníku na zadanou hodnotu.

### *Výměníky a chladiče tepla*

V kogenerační jednotce je instalován výměník motorového okruhu (chlazení bloku) a spalínový výměník. Výměník motorového okruhu bývá obvykle deskový, spalínový výměník trubkový. Spalínový výměník v nerezovém provedení zvyšuje cenu jednotky, použití konstrukční oceli je většinou z hlediska životnosti vyhovující, je nutno však dodržet nižší drsnost vnitřního povrchu trubek (zanášení nečistotami ze spalín, nutnost častého čištění).

Chladič oleje nemusí být instalován, pro dosažení vyšší teploty chladicí vody (dodávané jako tepelný výkon jednotky) je však vhodné jej zařadit, navíc lze prodloužit lhůty pro výměnu oleje. Chladič plnicí směsi zajišťuje optimální podmínky pro spalování směsi v motoru. Teplo z obou chladičů lze případně využít pro ohřev větracího vzduchu, pro přehřev TUV apod.

Prostor kogenerační jednotky musí být navíc větrán pro odstranění tepla vyzářeného z povrchu motoru – nízkopotenciálního tepla z větracího vzduchu lze případně též využít.

### *Odhlučnění jednotky*

Hluk z motoru se šíří jednak z bloku a jednak prostřednictvím výfukových plynů. Hluk z bloku je snižován krytem tvořeným konstrukcí s otvíratelnými a odnímatelnými protihlukovými panely.

Ke snížení hluku šířeného výfukovým potrubím se používají tlumiče výfuku. Protože motor jednotky pracuje při stálých otáčkách, je možno s výhodou použít laděného tlumiče. Hlukovým tlumičem je též vhodné opatřit přívod a odvod větracího vzduchu prostoru jednotky.

Pro snížení hluku a vibrací do základu je též nutno umístit soustrojí motor – generátor na pružné elementy, rovněž je nutno použít pružných spojovacích elementů potrubí.

### *Snížení emisí ve spalínách*

Všechny kogenerační jednotky splňují emisní limity ve spalínách dle Vyhlášky č.117 tj. 500 mg/Nm<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> a 650 mg/Nm<sup>3</sup> CO. Někteří dodavatelé jsou však schopni zajistit emise nižší, obvykle jsou nabízeny poloviční hodnoty než požaduje vyhláška.

Emisních limitů je u jednotek dosaženo :

- spalováním stechiometrické směsi a instalací třícestného katalyzátoru, to je podmíněno použitím tzv. „lambda sondy“ zajišťující regulaci spalování
- spalování chudé směsi bez katalyzátoru nebo jen s oxidačním katalyzátorem

První způsob zajistí nižší emise, vyžaduje však nemalé investice na katalyzátor a řízení spalování, druhý způsob, podstatně levnější, je v mnoha případech dostačující.

U jednotek vysokých výkonů a při zvláště přísných požadavcích na výši emisí ve spalínách se používá tzv. „selektivní katalytická redukce oxidů dusíku“ pomocí čpavku, který je vstřikován do spalín, pro snížení i obsahu CO je tato metoda doplněna o oxidační katalyzátor.

### *Řízení provozu*

Provoz kogenerační jednotky je ovládán z ovládacího panelu, který u jednotek nižšího výkonu je umístěn přímo na jednotce, u vyšších výkonů v blízkosti jednotky. Najíždění kogenerační jednotky a odstavení z provozu je obvykle zcela automatické, s danou hierarchií jednotlivých činností (promazání, start bez zatížení, přířazování, zatěžování, provoz, odlehčení, odřazování, odstavení). Vlastní provoz jednotky je obvykle řízen buď pro dodávku el. energie při jmenovitém výkonu nebo výkon jednotky kopíruje spotřebu subjektu, do kterého dodává el. energii.

Z jednotlivých provozních celků kogenerační jednotky jsou průběžně snímány hodnoty důležitých teplotních a elektrických veličin a jsou neustále porovnávány s nastavenými hodnotami. V případě, že hodnota některých veličin je mimo povolený rozsah, je provoz jednotky automaticky upraven nebo je jednotka odstavena z provozu. Naměřené hodnoty jsou mimoto ukládány do paměti řídicího systému pro možnost zpětné kontroly provozu jednotky.

Protože s řídicím systémem jednotky lze komunikovat po běžných sítích, je možno jednotku připojit na tzv. centrální dispečink (obvykle dodavatele jednotky), pomocí kterého je provoz jednotky neustále sledován s možností včasného odhalení poruchových stavů, a který též umožňuje dálkové uvádění a odstavování jednotky z provozu.



### 3.4 Umístění a připojení jednotky na dodávku tepla a el. energie

Kogenerační jednotka pro svůj provoz vyžaduje dodávku nízkého nebo středotlakého plynu s dostatečně dimenzovanými průřezy potrubí a řádně pracujícím redukčním ventilem pro zajištění rovnoměrné dodávky plynu.

Umístění jednotky je třeba přizpůsobit hlavně umístění stávajícího zdroje energie, s kterým bude spolupracovat, a možnosti vyvedení tepelného a elektrického výkonu.

Dodávku tepla z jednotky je nutno sladit s dodávkou tepla z kotlů hlavně z hlediska dodržení teploty vratné vody, která obvykle bývá požadována na odlišné úrovni (pro jednotku teplota nižší, pro kotel teplota vyšší). Rovněž je nutno zajistit hydraulické vyvážení celé soustavy.

V případě paralelního provozu jednotky s el. sítí (obvyklý případ) je třeba věnovat zvýšenou pozornost funkci a spolehlivosti ochran.

Vzhledem k vysoké měrné ceně kogenerační jednotky vztažené k výkonu je nutno její provoz koncipovat tak, aby její provoz byl nadřazen ostatním zdrojům tepla (kotle, nákup tepla z externího zdroje) a el. energie (sít'). Současně je vhodné, aby kogenerační jednotka plnila i funkci náhradního zdroje el. energie – v tomto případě je nutno instalovat kogenerační jednotku se synchronním generátorem, který umožňuje dodávku el. energie v tzv. „ostrovním provozu“.

### 3.5 Místní podmínky pro provoz kogenerační jednotky

Pro budoucí provoz jednotky je třeba posoudit a zjistit následující fakta :

a/ posoudit očekávaný dlouhodobý trend vývoje spotřeby subjektu, do kterého má být jednotka instalována včetně vývoje spotřeby tepla a el. energie

- u průmyslových závodů nebo podnikatelských subjektů vývoj výroby nebo jiné aktivity s přihlédnutím k měrným spotřebám energie
- u centrálních zdrojů vývoj spotřeby tepla v oblasti, které zdroj zásobuje a podmínky prodeje el. energie do místní sítě

b/ vzhledem k velikosti předpokládaného instalovaného výkonu jednotky a odpovídající kategorie spotřeby zemního plynu zjistit u místního provozovatele distribuční plynové sítě možnost dodávky a pravděpodobný vývoj ceny plynu

c/ projednání záměru s místním provozovatelem lokální distribuční sítě el. energie :

- v případě dodávky el. energie a tepla do distribuční sítě
  - zájem nebo nezájem provozovatele sítě o instalaci jednotky (nedostatek nebo přebytek el. výkonu v dané lokalitě)
  - v případě nedostatku výkonu nabídnout distribuční organizaci možnost podílet se na krytí části investičních prostředků na akci
  - dohodnout množství a harmonogram dodávky el. energie denní a roční
  - dohodnout výkupní ceny el. energie za přesně stanovených podmínek
- v případě dodávky el. energie a tepla do vnitřní spotřeby subjektu , do kterého je jednotka instalována
  - projednat snížení odběru el. energie
  - projednat změnu odběrové sazby
  - projednat snížení čtvrt hodinového a technického maxima (případně platbu záložního výkonu ve výši snížení maxima)

d/ projednání záměru s místním orgánem určujícím limitní podmínky pro provoz zařízení z hlediska životního prostředí  
ve větších aglomeracích může místní orgán vzhledem k úrovni lokálního znečištění ovzduší a vyhláškám místní samosprávy požadovat nižší emise ve spalínách (hlavně NO<sub>x</sub>), než které jsou stanoveny vyhláškou č. 117/1995 Sb.

Vzhledem k tomu, že jednotlivé body popsané v tomto odstavci je možno provést pouze v případě alespoň řádové představy o instalovaném elektrickém a tepelném výkonu kogenerační jednotky a jejím provozu, je současně nutno provést předběžné dimenzování výkonu jednotky dle pokynů v následujícím odstavci 4.1.

V souvislosti s uvedenými zásadami souvisejícími s volbou koncepce kogenerační jednotky se účastníci dosavadně realizovaných akcí dopouštěli především těchto chyb :

- a/ nesprávně dimenzovaná jednotka z důvodu chybného odhadu vývoje výroby nebo činnosti podnikatelského subjektu ohledně výrobních nebo jiných podnikatelských komodit vzhledem k poptávce trhu
- b/ přehnaně dimenzovaný elektrický a tepelný výkon jednotky vzhledem k reálné spotřebě, nepříznivá ekonomie provozu jednotky
- c/ přehnaný předpoklad možného navýšení ceny tepla dodávaného z komunálního zdroje pro zkrácení doby návratnosti investičních nákladů na instalaci kogenerační jednotky (riziko, že odběratelé tepla přejdou na jiný způsob zásobování teplem)
- d/ komplikace při jednání s majiteli pozemků, přes které je navržena trasa plynové přípojky pro kogenerační jednotku
- e/ podhodnocený investiční náklad na zřízení plynové přípojky a plynové redukční stanice o dostatečné kapacitě pro provoz kogenerační jednotky
- f/ nedostatečné projednání podmínek výkupu el. energie s důsledkem nižší výkupní ceny než se původně předpokládalo
- g/ nedostatečné projednání požadavků na splnění emisních limitů ve spalínách vyžadující investičně a provozně náročnou instalaci dodatečných úprav pro splnění přísnějších emisních limitů

## 4.0 PROJEKT KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

### 4.1 Dimenzování výkonu kogeneračního zařízení a určení způsobu provozu

Dimenzování jmenovitého výkonu kogenerační jednotky a návrh způsobu jejího provozu je jedním z nejdůležitějších přípravných kroků, protože má přímý vliv na ekonomii provozu tohoto zařízení a tím na úspěšnost celého záměru. Proto je nutno věnovat tomuto tématu patřičnou pozornost.

Poměr elektrického a tepelného výkonu kogenerační jednotky s plynovým motorem nelze libovolně měnit, ale je dán konstrukčním provedením zařízení, jeho velikostí a teplotou vyráběného tepla. Dle typu konkrétního zařízení se tento poměr pohybuje obvykle v rozmezí od 1 : 1,2 pro jednotky o vyšším výkonu, až po 1 : 2 pro jednotky o velmi nízkém výkonu. Současně platí, že při vyšší požadované teplotě vyráběného tepla, se poměr zhoršuje v neprospěch výroby el. energie.

Uvedené poměry platí při provozu jednotky na jmenovitý výkon, při poklesu výkonu se poměr výroby el. energie a tepla zhoršuje v neprospěch výroby el. energie. Přitom ale celkové využití plynu pro výrobu tepla a el. energie v jednotce je prakticky stejné, pouze větší část je konvertována na teplo. V tomto směru je nutno zdůraznit, že většina kogeneračních jednotek je koncipována pro dodávku tepla na úrovni teplot 90/70°C. Vzhledem ke konstrukčnímu řešení motoru, použitým materiálům a pro dosažení uspokojivé tepelné účinnosti jednotky, nepřekračuje maximální teplota dodávaného tepla cca 110/80°C (ve vyjimečných případech u jednotek vysokých výkonů).

Protože vyrobenou el. energii v kogenerační jednotce je možno obvykle zhodnotit výhodněji než teplo, je snahou navrhovat jmenovitý výkon jednotky tak, aby mohla být převážně provozována s co nejvyšší elektrickou účinností, tzn. na jmenovitý výkon – v případě stejného zhodnocení tepla jako el. energie nemá smysl instalovat drahou kogenerační jednotku, ale pouze relativně levný kotel.

Východiskem pro dimenzování výkonu jednotky a způsobu jeho časového využití je tedy především analýza odběru tepla a el. energie, který lze krýt kogenerační jednotkou.

Vzhledem k omezené teplotové úrovni tepla dodávaného kogenerační jednotkou je nutno uvažovat pro dimenzování jednotky pouze harmonogram odběru tepla v úrovních teplot nepřesahujících cca 110°C.

V této souvislosti je nutno stanovit harmonogram odběru tepla a el. energie nejen roční, ale i denní, který je nutno definovat po hodinách pro typické dny topného, přechodného a letního období. Hodnoty průměrných denních odběrů tepla a el. energie jsou pro návrh výkonu jednotky obvykle zavádějící, neboť nevystihují požadavky na dodávku okamžitého tepelného i elektrického příkonu, důsledkem je návrh jednotky, jejíž tepelný nebo elektrický výkon není zcela během dne využit (nutné maření tepelného výkonu nebo provoz jednotky na nižší než jmenovitý výkon).

Protože na rozdíl od el. energie vyrobené v kogenerační jednotce lze vyrobené teplo akumulovat, je možno instalovat akumulátor tepla paralelně připojený k jednotce a pomocí něj řešit časovou disproporci mezi výrobou a požadavkem na odběr tepla – např. v případě dodávky el. energie do sítě, je výhodné v letním provozu kogenerační jednotku o tepelném výkonu přesahující okamžitý odběr TUV, provozovat jen v době odběrových špiček (vysoká výkupní cena el. energie) a akumulované teplo využít pro celodenní dodávku TUV.

Elektrická účinnost roste a měrné investiční náklady vztažené k výkonu klesají s rostoucí velikostí kog. jednotky. Tento fakt je nutno zohlednit při návrhu pokrytí požadovaného výkonu jednou nebo více jednotkami. Z hlediska spolehlivosti a snížení sankčních poplatků za překročení odběrového maxima (sníženého po instalaci jednotky) v případě dodávky el. energie pro vlastní spotřebu je vhodnější celkový požadovaný jmenovitý výkon rozdělit do dvou nebo i více jednotek, které při provozu s kopírováním výkonu dle spotřeby zajišťují vyšší elektrickou účinnost jednotlivých jednotek. Naopak při dodávce el. energie do sítě s platbou jen za dodanou el. práci je obvykle vhodnější instalovat jednu větší jednotku s vyšší účinností a nižší měrnou cenou. Tento závěr platí ovšem jen pro případ, kdy jednotka pokrývá základní zatížení v odběru tepla a je provozována pouze na jmenovitý výkon.

Pro dosažení ekonomicky výhodného provozu kogenerační jednotky je třeba její instalovaný elektrický (a tím i tepelný) výkon a způsob provozu (časové využití instalovaného výkonu) navrhnout tak, aby :

- 1/ kromě vyrobené el. energie bylo maximálně využito i vyrobené teplo
- 2/ vyrobené teplo i el. energie byly maximálně zhodnoceny

V případě průmyslových závodů a větších objektů (hotely, obchodní domy, nemocnice) s vyšší vlastní spotřebou el. energie je třeba el. výkon kog. jednotky v prvním kroku dimenzovat tak, aby kryla základní zatížení vlastní spotřeby el. energie příslušného objektu a následně kontrolovat stupeň využití vyrobeného tepla, dle příslušného tepelného výkonu jednotky a harmonogramu spotřeby tepla subjektu. Doplněk ve spotřebě el. energie přesahující základní zatížení je dodáván ze sítě, doplněk ve spotřebě tepla z vlastních kotlů nebo z interního zdroje tepla.

Při tom je navíc třeba rozlišovat návrh jednotky do objektů s platbou jen za odebranou el. práci (sazba C) a objekty se složenou platbou za el. práci a odběrová maxima (sazby A, B). V případě složené platby je v některých případech výhodnější navrhnout jednotku o vyšším elektrickém a tím i tepelném výkonu, který není v letním období zcela využit. Finanční zisk z vyššího celoročního snížení čtvrt hodinového maxima však převyší ztrátu z nevyužití části tepelného výkonu v letním období.

Je nutno též upozornit na to, že pro dosažení co nejpříznivější ekonomie provozu kogenerační jednotky ve všech případech neplatí všeobecně rozšířený a často proklamovaný požadavek co nejvyššího ročního časového využití výkonu jednotky.

Např. v průmyslových závodech jen s jednosměnným provozem, je vhodné výkon jednotky dimenzovat vzhledem k odběru v pracovní směně a provozovat jen v období této pracovní směny (tj. jen 2000 h/rok), čímž je dosaženo především snížení platby za odběrové maximum v dodávce el. energie ze sítě, které tvoří podstatnou část v ceně za dodávku el. energie.

Rovněž tak je v některých případech vhodné v souvislosti s instalací kogenerační jednotky změnit sazbu odběru el. energie – především u nižších výkonů. Kogenerační jednotka je potom dimenzována a provozována tak, že kopíruje okamžitý elektrický příkon subjektu do určité výše příkonu, špičky jsou opět kryty ze sítě, ale ve změněné sazbě odběru (např. změna sazby B4 na sazbu B13 bez platby za maximum odběru).

Pro zajištění co nejlepší ekonomie provozu kogenerační jednotky s dodávkou el. energie do subjektu s odběrovou sazbou el. energie A nebo B je třeba dohodnout s dodavatelem el. energie snížení čtvrt hodinového (a případně i technického) maxima – obvykle o výši el. výkonu jednotky. V takovém případě je ovšem nutno v subjektu instalovat hlídání maxima nebo dohodnout s dodavatelem el. energie platbu záložního výkonu ve výši sníženého maxima, aby v případě neplánovaného výpadku jednotky z provozu nebylo nutno platit sankční poplatky.

V případě centrálních městských a obecních tepláren, je obvykle veškerá vyrobená el. energie dodávána do el. sítě lokální distribuční společnosti, množství dodané el. energie není ve většině případů limitováno. Dimenzování jmenovitého výkonu jednotky je tedy mnohem jednodušší – jen dle průběhu požadované dodávky tepla do teplárenské sítě tak, aby kryla její základní tepelné zatížení, čímž je zajištěno maximální časové využití jmenovitého výkonu jednotky, dodávka tepla do tepelné sítě přesahující základní zatížení je zajištěna pomocí špičkových kotlů.

V souvislosti s tím je třeba posoudit podmínky výkupu el. energie konkrétní lokální distribuční společností - zda je vhodnější dodávat el. energii v jednotarifové sazbě (platba za el. práci bez ohledu na denní dobu dodávky), nebo dvoutarifové sazbě (platba za dodávku el. práce v době špičkového, vysokého nebo nízkého tarifu). V druhém případě je v některých případech ekonomicky výhodnější kratší doba provozu, jen v době ŠT a VT – v těchto případech se doporučuje posoudit vhodnost instalace akumulární nádrže pro možnost prodloužení provozu kog. jednotky v letním období na celou dobu trvání špičkového, nebo vysokého tarifu s následnou celodenní dodávkou TUV z akumulární nádrže.

V případě, že kogenerační jednotka je koncipována do nově budovaného zdroje – potom pokrývá základní zatížení a špičky jsou kryty špičkovými kotli, jejichž jmenovitý výkon kryje pouze doplněk požadovaného celkového tepelného příkonu.

V případě dodatečné instalace jednotky do již existující výtopy, je však nutno se smířit s tím, že tepelný výkon jednotky zvýší celkový instalovaný tepelný výkon zdroje, což se projeví nižším časovým využitím jmenovitého výkonu již instalovaných kotlů.

V obou případech je nutno však z hlediska pokrytí dodávky tepla vždy preferovat provoz kogenerační jednotky, vzhledem k její vysoké měrné ceně před několikanásobně levnějšími kotli .

### Ekonomické hodnocení provozu kogenerační jednotky

Jak vyplývá z výše popsaných stručných zásad, je návrh optimálního jmenovitého výkonu kogenerační jednotky značně složitým procesem. Je možno jej stanovit pouze na základě podrobné technicko – ekonomické analýzy několika variantních výkonů s odpovídajícím způsobem provozu (časovým využitím instalovaného elektrického a tepelného výkonu) dle zjištěných harmonogramů odběru tepla a el. energie.

Přitom je nutno zadat všechny finanční vstupy, kromě nákladů na zemní plyn a investice na instalaci kog. jednotky a souvisejícího zařízení a připojení na systém dodávky tepla a el. energie, jsou to též náklady na servis a plánované opravy jednotky.

Navržené varianty jsou následně ekonomicky vyhodnoceny na základě vhodných ekonomických kritérií. Ekonomické hodnocení musí respektovat všechny toky peněz – náklady, výdaje, daně, tržby, příjmy, půjčky, dotace. Analýza toku hotovosti potom stanoví čistý tok hotovosti v jednotlivých letech hodnoceného období. Délka hodnoceného období se volí nejčastěji 15 nebo 20 let. Ekonomické hodnocení je nutno provádět pro určitou úroveň diskontní sazby, která umožňuje převádět ekonomické veličiny během hodnoceného období na hodnotu k počátku hodnoceného období. Na ekonomické hodnocení má též vliv způsob financování projektu.

Hodnotícími kritérii bývá obvykle :

- čistá současná hodnota
- vnitřní výnosové procento
- diskontovaná doba splatnosti

Popsaný způsob ekonomické analýzy též umožňuje kvantifikovat rizika ve formě změny vstupů, především nákladových položek (meziroční růst ceny zemního plynu) a výše tržeb (cena vyrobené el. energie a tepla). Vliv změny vstupů na výsledek ekonomie provozu kogenerační jednotky je zjištěn tzv. citlivostní analýzou.

Optimální jmenovitý výkon kogenerační jednotky je potom určen z porovnání dosažených ekonomických kritérií pro všechny navržené varianty.

Popis podrobného postupu při dimenzování výkonu kogenerační jednotky a návrh jejího provozu odvozený z komplexního ekonomického vyhodnocení navržených variant, není předmětem této příručky, zpracování návrhu jednotky je nutno zadat odborné organizaci, která má s touto činností zkušenosti.



V souvislosti s uvedenými zásadami pro návrh výkonu kogenerační jednotky se účastníci dosud realizovaných akcí dopouštěli především těchto chyb :

- a/ výkon jednotky pro zpracování projektu byl stanoven na základě pouze odhadnutých výkupních cen el. energie a tepla, které ve skutečnosti byly nižší
- b/ byl chybně odhadnut vývoj ceny el. energie a zemního plynu, vstupní náklady rostou rychleji než zisk
- c/ nebyl uvažován přesný harmonogramu odběru tepla a el. energie, ale byl proveden pouze tzv. „odborný odhad“, navržený výkon jednotky je předimenzovaný
- d/ nebyl správně odhadnut budoucí vývoj spotřeby tepla a el. energie - redukce výroby, odpojování odběratelů a pod.
- e/ stanovení výkonu jednotky bylo svěřeno dodavateli – ten dodal co možno největší a tedy nejdražší zařízení

## 4.2 Vlastní projekt kogenerační jednotky

Výběru dodavatele projektové dokumentace je nutno věnovat odpovídající pozornost, posouzení nabídek z výběrového řízení je vhodné svěřit nezávislé, odborně zdatné organizaci. Je vhodné, pokud možno zvolit projekční organizaci, která již podobnou akci zpracovala a má v tomto ohledu konkrétní zkušenosti.

V projektu je třeba se vyvarovat neověřených a neodzkoušených řešení, která se z počátku zdají levnější, ale v provozu mohou způsobit nemalé problémy, jejichž odstranění se prodraží.

Na základě stanoveného výkonu kog. jednotky je nutno ve výběrovém řízení určit konkrétního dodavatele kog. jednotky, a pokud to situace vyžaduje, i dodavatele dalších souvisejících zařízení. Při výběrovém řízení na dodavatele se zaměřit na prokazatelnost jakosti dodávek a garance a jejich zajištění. Na již provozovaném zařízení vybraného dodavatele ověřit, zda jím dodávané parametry zařízení jsou v konkrétním provozu dosažitelné.

Vybraný dodavatel jednotky vypracuje nabídku, včetně podrobné technické specifikace a požadavků na uvádění do provozu a provoz jednotky, které je následně nutno v prováděcím projektu striktně dodržet (průtoky, teploty, tlaky apod.). Součástí nabídky musí být i specifikace údržby a plánovaných oprav jednotky s uvedením souvisejících požadavků, které je nutno v projektu dodržet, aby bylo možno tuto činnost při provozu jednotky provádět (např. dodržení minimálního volného prostoru v okolí jednotky).

V souvislosti s tím je nutno upozornit na určení elektrického výkonu kog. jednotky. Někteří výrobci udávají tzv. maximální el.výkon jednotky, který lze zaručit jen při chlazení směsí na nízkou teplotu – tedy nízkou teplotou chladicí vody, která je následně jako zdroj tepla prakticky nevyužitelná. Při chlazení směsí topnou vodou 90/70°C (teplo z chlazení směsí je využitelné v topném okruhu) je el. výkon jednotky nižší. Pokud chce provozovatel jednotky využít i tepelný výkon z chlazení směsí (činí cca 7 – 10% celkového tepelného výkonu), měl by dodavatel jednotky specifikovat el. výkon při těchto podmínkách.

Vypracování vlastního prováděcího projektu instalace kogenerační jednotky podléhá příslušným platným normám pro jednotlivé profese. Pokud bude instalováno zahraniční zařízení, je nutno důsledně dbát na soulad s tuzemskou legislativou.

Při vypracování projektu je třeba respektovat následující doporučení dle jednotlivých profesních skupin :

a/ dodávka plynu

- dostatečné dimenze plynové přípojky a plynových armatur zabraňující prudším změnám v dodávce plynu
- impulsní potrubí nulového regulátoru tlaku plynu zaústit do prostoru, z kterého bude nasáván spalovací vzduch - zajištění správné funkce směšovače plynu a spalovacího vzduchu
- u bioplynu a dřevoplynu je nutno zajistit čištění plynu před vstupem do motoru, především se jedná o snížení obsahu síry jinak dochází k předčasnému znehodnocení oleje, čištěním plynu lze snížit obsah síry až na 0,1g/m<sup>3</sup>.

b/ přívod spalovacího a větracího vzduchu

- dostatečné dimenze, přetlakové větrání prostoru, v kterém je umístěna jednotka, dostatečné hlukové tlumení vzhledem k hlukové charakteristice jednotky (požadovat podklady o měření hluku při provozu jednotky od dodavatele)
- návrh přívodu vzduchu musí znemožňovat zamrznutí některých jeho částí v zimním období, naopak v letním období je nutno zajistit řádné chlazení, aby nedocházelo ke snižování výkonu jednotky
- ohřátý větrací vzduch je možno případně využít pro teplovzdušné vytápění nebo temperování přilehlých prostor
- spalovací vzduch by neměl být nikdy nasáván přímo z prostoru v těsné blízkosti motoru, neboť mikroskopické kapičky oleje a chladicí kapaliny (v případě ne zcela těsného motoru) způsobí častější zanášení jemných filtrů
- instalovat odbočku na potrubí za filtry spalovacího vzduchu pro možnost měření podtlaku jako indikace zanesení filtrů

## c/ odvod spalin

- instalovat samostatný komínový průduch pro každou jednotku, přiměřená světlost pro odpovídající rychlost proudění spalin (zabránění hromadění nespálené směsi v komíně při nezdařených startech)
- kouřovody a komín dimenzovat jako tlakové těleso a s dostatečnou teplotní odolností (cca 500°C) pro případ nechlazení odcházejících spalin ve spalinovém výměníku – otevřený bypass při najíždění motoru nebo snížení odběru tepla, instalace kompenzačních prvků umožňujících dilataci kouřovodů při tomto způsobu provozu
- odhlučnění výfuku, obvykle dvouvrstvou izolací, která současně slouží i jako tepelná izolace, protože jednotka je obvykle provozována na konstantní výkon, je možno použít i laděného tlumiče
- trasa spalin (včetně tlumiče) musí být navržena tak, aby nebyl překročen nutný přetlak spalin na výstupu z motoru požadovaný dodavatelem
- spády jednotlivých úseků spalinového potrubí musí umožnit jejich odvodnění
- na kouřovod před spalinovým výměníkem instalovat odbočku pro možnost měření tlaku spalin jako indikace zanesení vnitřních stěn trubek výměníku
- dodržení požadované úrovně emisí buď primárním opatřením (provoz na chudou směs), nebo instalací vhodného katalyzátoru a souvisejících zařízení (lambda sonda)

v případě spalování skládkového plynu není vhodné použít pouze oxidační katalyzátor, jehož aktivní povrch je katalytickými jedy obsaženými ve spalinách ze skládkového plynu během několika týdnů provozu znehodnocen (garanční měření prováděné jen při začátku provozu však vykazuje odpovídající úroveň emisí)

## d/ olejové hospodářství

- dostatečně dimenzované úložné prostory pro nový a použitý olej, oddělení obou okruhů znemožňující smíchání nového a použitého oleje
- u instalací jednotek o vyšších výkonech řešit manipulaci s olejem využitím velkoobjemových kontejnerů s přímým připojením na motor

## e/ vyvedení tepelného výkonu

- hydraulické vyvážení se stávající soustavou dodávky tepla zařazením hydraulického vyrovnávače tlaku
- zajištění nepřekročení požadované teploty vratné vody pro kogenerační jednotku (obvykle pod 70°C) a nepodkročení teploty vratné vody pro kotle (obvykle nad 70°C) pomocí třícestných armatur (přimíchávání teplé vody do zpátečky pro kotle), nebo odběr vody pro jednotku před vyrovnávačem a pro kotle ze spodní části vyrovnávače
- možnost vyvedení přebytečného tepelného výkonu, pokud je takový provoz jednotky občas předpokládán
- čerpadla dimenzovat se 100% rezervou a automatickým záskokem, aby při poruše čerpadla nedošlo k odstavení jednotky

## f/ vyvedení elektrického výkonu

pro paralelní provoz se sítí projednat detailně připojení s místní distribuční společností včetně funkce a spolehlivosti ochran

## g/ regulace provozu

sladění s regulací spolupracujícího zdroje tepla (kotel, externí dodávka tepla), při instalaci více jednotek by měla být každá řízena autonomním řídicím systémem

V souvislosti s uvedenými zásadami pro projekt kogenerační jednotky se v dosavadních vypracovaných projektech vyskytly především tyto chyby :

- a/ projekty jednotlivých profesních skupin zpracovávalo několik projekčních kanceláří, což se projevilo tím, že některé části projektu na sebe nenavazovaly
- b/ dodavatel kog. jednotky předložil standardní formu nabídky bez hlubší znalosti místních podmínek – dodatečně bylo třeba provést úpravy
- c/ nedostatečně dimenzovaná plynová přípojka a plynové armatury, dochází ke změnám vstupního tlaku plynu do jednotky a tím k jejímu nepravidelnému chodu
- d/ větrání prostoru jednotky bylo navrženo bez využití tepla ohřátého větracího vzduchu
- e/ problémy s hydraulickým vyvážením soustavy (jednotka a stávající systém)
- f/ chybně navržená zpátečka pro jednotku s vyšší teplotou vratné vody – snížený výkon jednotky
- g/ spaliny z jednotky byly vyvedeny do stávajícího nevyužitého beztlakového komínu o velké světlosti, po několika nezdařených startech došlo k explozi nespálené směsi neodvedené z komína a jeho destrukci !!

## 5.0 DODÁVKA A INSTALACE KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Při přebírání jednotlivých komponent jednotky a souvisejícího zařízení na místě instalace, je nutno kontrolovat úplnost dodávky, se současnou vizuální kontrolou pro vyloučení zjevných vad, skryté vady po jejich projevení by měly být řešeny uplatněním záruky.

Sankce vyplývající z pozdní dodávky by měly být specifikovány již při uzavírání smlouvy mezi dodavatelem a investorem.

Při montáži je nutno důsledně kontrolovat činnost montážní firmy, v případě, že výsledek neodpovídá projektu, dílo nepřebírat.

Pro subdodávky (např. snímače, hlídače, komponenty související s vyvedením tepelného a elektrického výkonu) vybrat renomované firmy se spolehlivými výrobky.

V případě složitějších akcí s více dodavateli, je nutno jejich činnost vzájemně koordinovat – případně smluvně ošetřit a stanovit hlavního koordinátora.

V rámci instalace jednotky je také třeba upřesnit její servis a plánované opravy, určit jednoznačně subjekt, který je bude zajišťovat a příslušné lhůty servisu a oprav s určením doby provedení jednotlivých operací. Předem je nutno též specifikovat výši nákladů na servis a opravy (včetně předpokládaného růstu v období provozu kogenerační jednotky) a jakým způsobem budou kalkulovány a hrazeny.

Někteří dodavatelé kogeneračních jednotek provozují tzv. centrální dispečink, na který je možno instalovanou jednotku připojit. Tímto způsobem je zajištěno nepřetržité monitorování a diagnostika chodu jednotky. V takovém případě je možno nejen opravy jednotky řešit ve velmi krátkých lhůtách, ale v mnoha případech lze komplikovaným opravám i předcházet, na základě zjištění, že hodnota některé z měřených veličin je mimo povolený rozsah.

Údržba, servisní práce a opravy mohou být zajištěny těmito způsoby :

- a/ provozovatel zařízení platí dodavateli servisní činnosti smluvní poplatky vztažené buď k provozním hodinám zařízení, nebo k vyrobenému množství el. energie, za to mu dodavatel zajišťuje plánované činnosti i neplánované opravy
- b/ dodavatel provádí plánované činnosti i neplánované opravy na základě objednávek provozovatele v předem stanovené lhůtě a za cenu předem dohodnutou za každý úkon
- c/ provozovatel si organizuje a zajišťuje servisní a opravářskou činnost sám

V případě, že servisní činnost není zajišťována provozovatelem, je třeba posoudit vybavení servisní sítě dodavatele se zřetelem na kvalitu a rychlost provedení jednotlivých úkonů.



## 6.0 UVÁDĚNÍ DO PROVOZU A TRVALÝ PROVOZ KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Je nutno ověřit, zda firma uvádějící zařízení do provozu disponuje náležitě proškolenými a zkušenými pracovníky. Vyžádat si reference z předchozích akcí a sestavit podrobný časový plán vyzkoušení díla a zaškolení obsluh.

Pro řádné uvedení do provozu a odzkoušení všech provozních situací, je nutno ze strany investora rezervovat dostatečné časové období.

Kromě vlastní kogenerační jednotky se mohou projevit závady na souvisejícím zařízení – např. nedostatečná funkce chladicích okruhů (vyvedení tepelného výkonu), vysoký protitlak spalin a pod.

Je nutno též zajistit proplach jednotlivých vodních okruhů před jejich připojením na rozvod tepla. Pro napouštění okruhů je třeba zajistit účast odpovědného zástupce dodavatele kogenerační jednotky.

Parametry kogenerační jednotky prověřit garančním měřením, včetně seřízení motoru na požadovanou úroveň emisí ve spalinách, pro předpokládaný pracovní režim motoru.

Po úplném odzkoušení provozu zařízení ve všech provozních stavech, které jsou v trvalém provozu předpokládány, je třeba vypracovat podrobné provozní předpisy s určením odpovědnosti jednotlivých osob za správný chod zařízení a dodržování lhůt a rozsahu servisu a plánovaných oprav.

Provozovatel jednotky musí zajistit, aby podmínky trvalého provozu kogenerační jednotky respektovaly ustanovení v její technické specifikaci, která je nedílnou součástí smlouvy mezi dodavatelem a provozovatelem.

Běžné plánované lhůty údržby a oprav (hodin provozu) :

výměna oleje	1 000 – 4 000
výměna svíček	1 000 – 4 000
seřízení kontaktů	2 000 – 4 000
seřízení ventilů	800 – 2 000
čistění spalinového výměníku	1 x ročně
výměna hlavy	6 000 – 12 000
střední oprava	6 000 – 8 000
generální oprava	20 000 - 50 000

U dosud realizovaných akcí se při provozu vyskytly především tyto problémy :

- a/ poddimenzovaný spalínový výměník na straně spalin neumožňující využití plného tepelného výkonu jednotky (při jmenovitém průtoku spalin by v důsledku vysoké tlakové ztráty musel být vyšší tlak spalin na výstupu z motoru)
- b/ vyšší drsnost vnitřního povrchu trubek spalínového výměníku vyžadující časté čištění trubek od nánosů nečistot ve spalinách
- c/ vadné těsnění hřídele turbodmychadla směsi, olej pronikající z turbíny do prostoru dmychadla a do směsi plynu se spalovacím vzduchem způsobil nezdařené starty
- d/ časté čištění filtrů spalovacího vzduchu v důsledku nasávání vzduchu z prostoru v blízkosti motoru
- e/ vystřelení svíčky z hlavy válců
- f/ vadné těsnění pod hlavou válců
- g/ zatlučená sedla ventilů
- h/ netěsný olejový systém motoru
- i/ netěsný chladicí systém motoru
- j/ vadné těsnění klikového hřídele
- k/ poruchy čerpadel
- l/ poruchy zpětných klapek, elektromagnetických ventilů
- m/ poruchy funkce klapek vzduchotechniky

## 7.0 TYPOVÁ ŘEŠENÍ INSTALACÍ KOGENERAČNÍCH JEDNOTEK

### 7.1 Kogenerační jednotka v rodinném domku

Do rodinných domků a podobných obytných objektů je možno instalovat kogenerační jednotku s plynovým motorem, jako alternativu plynového kotle.

Protože se jedná o objekty s velmi malou spotřebou tepla (max. tepelný příkon obvykle nepřesáhne 30 kW a max. elektrický příkon cca 8 kW), je i kogenerační jednotka o velmi malém výkonu pro tento účel výkonově předimenzovaná (např. TEDOM 22 A, el. výkon 22 kW a tepelný výkon 43 kW).

Instalace kogenerační jednotky pro rodinné domky vychází proto z odlišné filozofie, než v jiných instalacích s vyšším odběrem tepla a el. energie.

Kogenerační jednotka v rodinném domku je provozována tak, že veškerá vyrobená el. energie je dodávána do sítě a všechno vyrobené teplo je využito v rodinném domku. V důsledku zmíněné disproporce mezi výrobou a spotřebou tepla a el. energie, je však kogenerační jednotka provozována jen v době energetických špiček v dodávce el. energie. Tím je zaručeno nejvyšší zhodnocení vyrobené el. energie.

Provoz kogenerační jednotky je tedy časově omezen dle trvání špiček v období říjen – březen na max. 7 hodin denně a v období duben – září na max. 4 hodiny denně. Časové využití instalovaného výkonu jednotky je tedy relativně nízké, ale elektrická energie vyrobená v jednotce je max. finančně zhodnocena – špičkovou sazbou. Kogenerační jednotka je buď uváděna automaticky do provozu na základě signálu HDO (hromadné dálkové ovládání) – je tedy spouštěna místní distribuční společností, nebo jednotku uvádí a odstavuje z provozu provozovatel v době špiček na základě dohody s distribuční společností.

Teplo vyrobené během provozu kogenerační jednotky s nadměrným tepelným výkonem je akumulováno ve vodní akumulární nádrži, která je součástí topného systému domku. Objem akumulární nádrže je navržen s přihlédnutím k tepelnému výkonu kogenerační jednotky a spotřebě tepla v domku (vytápění, TUV, bazén apod.), tak, aby bylo možno pokrýt požadavek na dodávku tepla pro domek v mimošpičkové denní době, kdy je kogenerační jednotka mimo provoz. Akumulární nádrž musí být vybavena termostatem, který je pojistkou proti přehřátí nádrže, když je zcela využito její akumulární kapacity – termostat tedy automaticky odstaví jednotku z provozu.

Tepelný výkon kogenerační jednotky je nutno vůči max. zimní spotřebě tepla v rodinném domku volit tak, aby jednotka byla schopna toto množství tepla vyrobit během trvání zimní špičky (7 hodin/den). V přechodném a letním období může být jednotka v důsledku nižší spotřeby tepla v provozu kratší dobu, než je trvání špičky.

Kogenerační jednotka je tedy jediným zdrojem tepla pro rodinný domek. Dodávka el. energie do rodinného domku je zajištěna jako před instalací jednotky tzn. ze sítě. Vyšší investice na kogenerační jednotku v porovnání s plynovým kotlem se tedy uhradí z rozdílu tržeb za prodej el. energie do sítě ve špičkách, a nákladů na zemní plyn odpovídajících výrobě el. energie.

## 7.2 Kogenerační jednotka v městském centrální zdroji

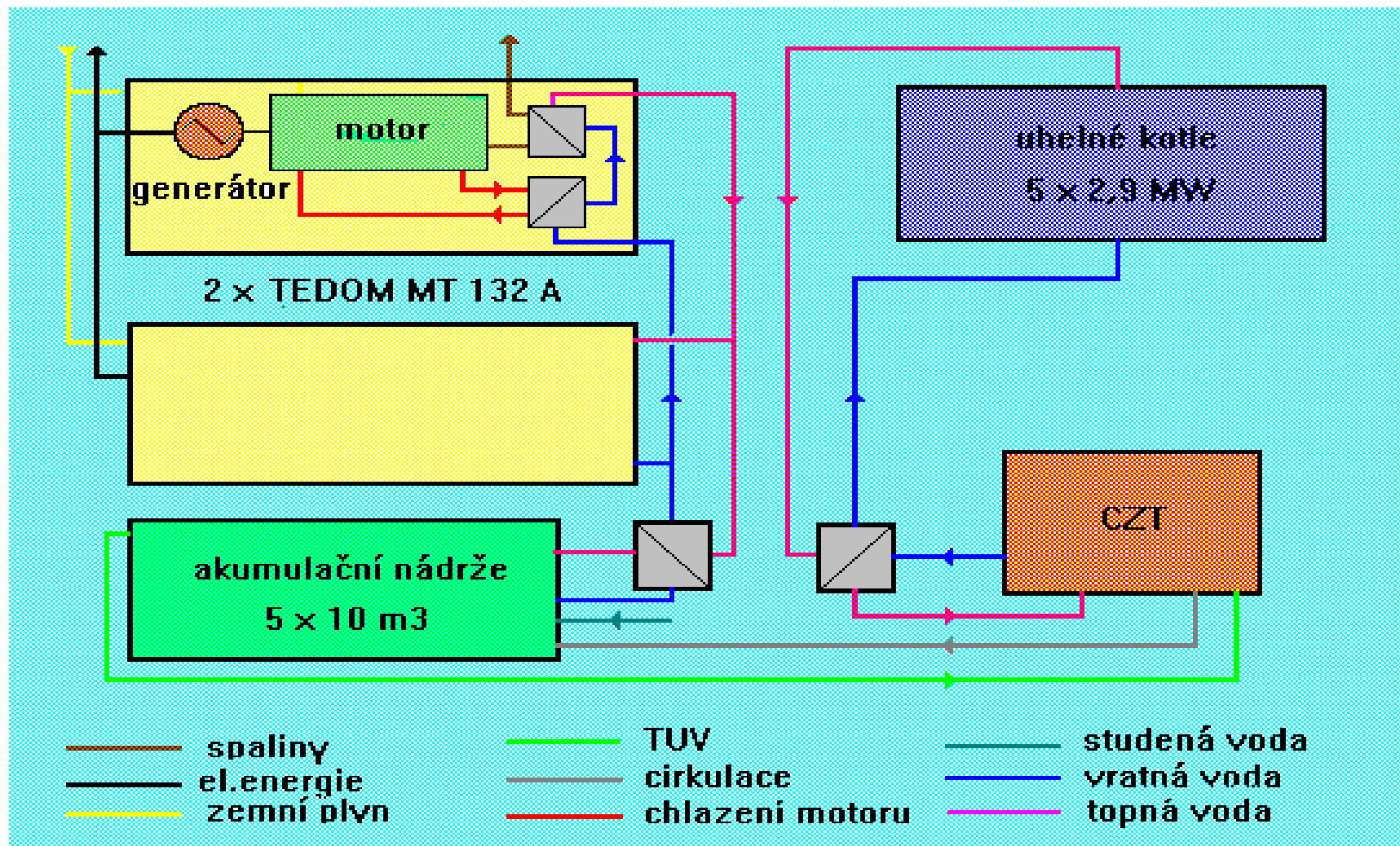
Do městských centrálních zdrojů tepla je kogenerační jednotka (jednotky) s plynovým motorem obvykle instalována v rámci rekonstrukce těchto zdrojů, nebo systémů dodávky tepla (např. rekonstrukce čtyřtrubkového rozvodu na dvoutrubkový s předizolovaným potrubím a předávacími stanicemi). Dodávka tepla teplovodním systémem 90/70°C v takovém případě je ideální pro využití jednotek s plynovým motorem, které jsou ve velké většině koncipované právě pro tuto teplotní úroveň. Elektrická energie vyrobená v kog. jednotce, je obvykle dodávána pouze do sítě, ve výjimečných případech kryje i vlastní spotřebu zdroje.

Kogenerační jednotka spolupracuje v dodávce tepla se stávajícími kotli, její provoz je prioritní před provozem kotlů. V této souvislosti je nutno zdůraznit, že plynovou kogenerační jednotku je možno instalovat nejen do plynové, ale i do uhelné kotelny, která má dostatečnou plynovou přípojku.

Kombinace kogeneračních jednotek s uhelnými kotli v konkrétním městském zdroji CZT je znázorněna na připojeném schématu. Maximální tepelný příkon soustavy CZT je 9,5 MW, minimální v letním období kolísá od 0,2 MW do 0,4 MW, dle odběru TUV. V tomto případě dvě kogenerační jednotky o celkovém elektrickém výkonu 260 kW a celkovém tepelném výkonu 400 kW zajišťují celoroční dodávku tepla pro TUV. Jednotky jsou navíc doplněny akumulacími nádržemi, které umožňují provoz jednotek v letním období jen v období špiček s vysokou výkupní cenou el. energie pro celodenní dodávku tepla pro TUV (uhelné kotle jsou v letním období mimo provoz). Využití instalovaného výkonu jednotek dosahuje při tomto způsobu provozu téměř 5 000 h/r.

V dosud realizovaných akcích se instalovaný elektrický výkon kogeneračních jednotek pohybuje u jednotlivých zdrojů v rozsahu 140 kW až 9000 kW. Kogenerační jednotky se obvykle podílejí na dodávce tepla ze zdroje do systému CZT v základním zatížení, podíl jejich dodávky dosahuje až 60 % z celkové roční dodávky tepla do CZT.

## Kogenerační jednotka v městském centrálním zdroji



### 7.3 Kogenerační jednotka v průmyslovém závodě

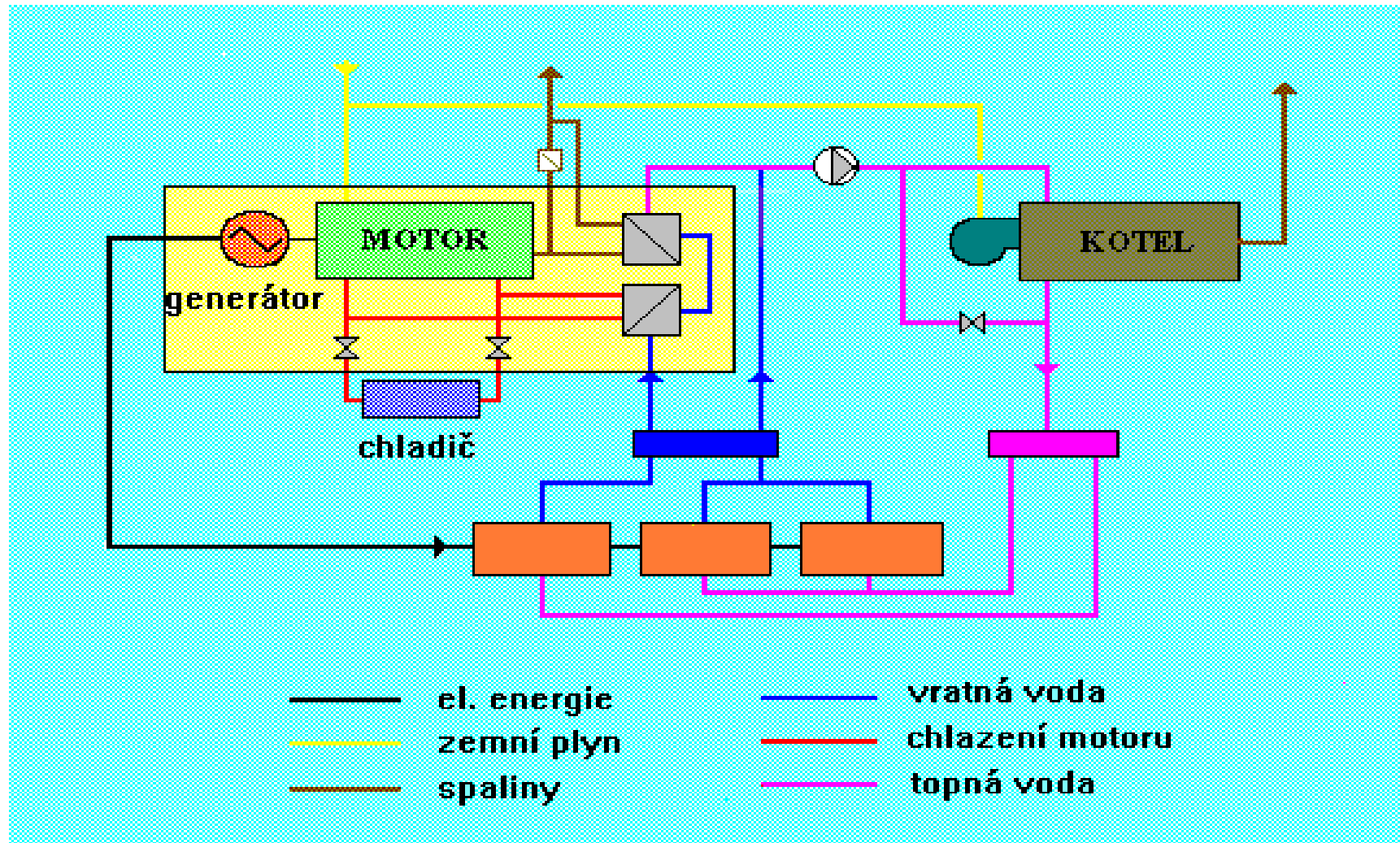
Do průmyslových závodů jsou kogenerační jednotky s plynovým motorem instalovány s cílem snížit množství el. energie nakupované ze sítě. Na rozdíl od předchozího případu, kdy vyrobenou el. energii lze dodávat do sítě prakticky bez omezení a výkon kogenerační jednotky je stanoven jen z průběhu odběru tepla, je možno ekonomický provoz jednotky v průmyslovém závodě zajistit pouze při úplném využití, jak vyrobené el. energie, tak tepla. To klade vyšší nároky na optimální návrh výkonu kogenerační jednotky a způsobu jejího provozu vzhledem k charakteru odběru tepla a el. energie v závodě.

Dalším omezením pro instalaci jednotky je požadavek na dodávku tepla na teplotní úrovni 90/70°C případně max. 130/80°C, v které je kogenerační jednotka s plynovým motorem schopna teplo dodávat. To redukuje možné případy instalace jednotky na provozy bez velké spotřeby technologického tepla o vyšších teplotách. V závodech s parními kotli, parními rozvody a malou technologickou spotřebou o vysoké teplotě vyžadující dodávku páry, lze však případně rekonstruovat tepelné rozvody a otopné soustavy na teplovodní a technologickou spotřebu řešit místními parními vyvíječi. Po takové rekonstrukci je možno kog. jednotku s dodávkou tepla v teplé nebo horké vodě instalovat, současně se sníží tepelné ztráty v rozvodech, a spotřeba tepla ve vytápěných objektech v důsledku lepší regulace teplovodních otopných systémů v porovnání s parními.

Pro možnost využití plného instalovaného el. výkonu jednotky v dodávce el. energie pro závod (umožňující snížení odběrového maxima z el. sítě) ve vyjimečných případech i v době, kdy není právě z nejrůznějších příčin k dispozici odpovídající odběr tepla, je ke kogenerační jednotce instalován nouzový chladič a obtok na spalinách, umožňující odvedení celého nebo části tepelného výkonu jednotky bez využití.

Kogenerační jednotka i přes řádnou údržbu a dodržování plánovaných prohlídek a oprav může být v důsledku nepředvídané poruchy náhle odstavena z provozu. V případě dohody s distribuční společností el. energie o snížení odběrového maxima pro závod (po instalaci kog. jednotky), je nutno zajistit v závodě hlídání maxima odběru el. energie s určenou hierarchií odpojování jednotlivých spotřebičů tak, aby snížené maximum nebylo při náhlém odstavení jednotky z provozu překročeno. Jinou možností je sjednání platby záložního výkonu ve výši snížení odběrového maxima.

## Kogenerační jednotka v průmyslovém závodě





Na připojeném schématu je znázorněno zapojení kogenerační jednotky spolupracující s plynovým kotlem a dodávající teplo a el. energii do objektů závodu. Provoz jednotky při dodávce tepla je prioritní, pokrývá základní spotřebu tepla závodu, kotel zajišťuje špičkovou dodávku tepla.

Instalaci kogeneračních jednotek se současnou rekonstrukcí vytápěcího systému je možno například demonstrovat v případě průmyslového závodu, který byl před rekonstrukcí vytápěn uhelnou parní výtopnou s parními rozvody a parními vytápěcími systémy v jednotlivých objektech závodu.

Po demontáži uhelných kotlů, byly do stávající výtopny závodu instalovány dvě kogenerační jednotky o celkovém elektrickém výkonu 470 kW a celkovém tepelném výkonu 740 kW, společně s plynovým kotlem (rekonstrukce uhelné výtopny na plynovou teplárnu) a teplovodními rozvody do vybraných objektů závodu. Kogenerační jednotky jsou provozovány na jmenovitý výkon 16 hodin denně v pracovní dny, využití jejich instalovaného výkonu je 4000 h/rok, elektrická energie vyrobená v kogeneračních jednotkách je zcela využita v závodě. Teplem vyrobeným v jednotkách a plynovém kotli jsou vytápěny jen objekty připojené na teplárnu teplovodními rozvody, zbývající výrobní objekty jsou vytápěny sálavými plynovými zářiči, nebo malými lokálními plynovými kotli.

Kogenerační jednotky zajišťují do závodu dodávku el. energie v množství 1 800 MWh/rok a tepla v množství 9 000 GJ/r což představuje 45% z celkové spotřeby el. energie a 20% z celkové spotřeby tepla v závodě.

#### 7.4 Kogenerační jednotka v zemědělské bioplynové stanici

Kogenerační jednotku s plynovým motorem lze instalovat do i do provozů produkujících bioplyn (čistírny odpadních vod, zemědělské provozy). Je uveden příklad instalace kogenerační jednotky do zemědělské farmy s produkcí bioplynu ze slamnatého hnoje, vyrobený bioplyn kryje část vlastní spotřeby el. energie a celou spotřebu tepla farmy.

Bioplyn je vyráběn v bioplynové stanici sestávající z manipulační plochy, strojovny, zásobníků bioplynu a provozní budovy. Na manipulační ploše jsou umístěny ocelové koše pro uložení slamnatého hnoje s krycími tepelně izolovanými zvonky. Krycí zvonky jsou usazeny do drážek vyplněných vodou v manipulační ploše, tento vodní uzávěr zabraňuje unikání bioplynu do okolí.

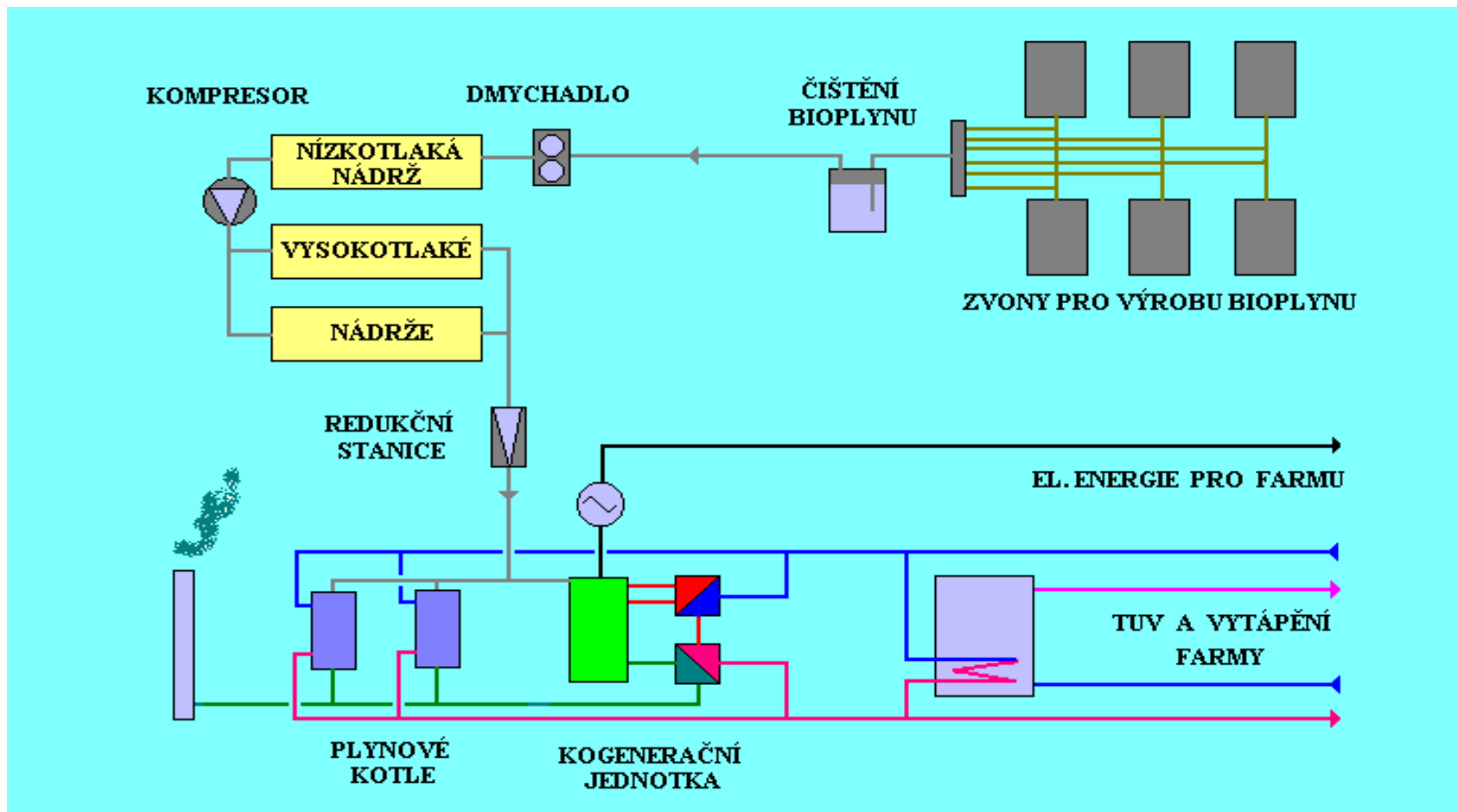
Slamnatý hnůj z farmy je nakladačem naložen do košů, po cca 1-2 dnech, po dosažení teploty uvnitř vrstvy cca 60°C, jsou naplněné koše přikryty krycími zvonky. Bioplyn vznikající v důsledku metanogenní fermentace je odváděn kanálem pod manipulační plochou do strojovny. Proces do vyčerpání metanogenní fermentace trvá cca 28 - 32 dní, následně jsou kryty sejmuty, fermentovaný hnůj odstraněn a založena nová dávka. Koše jsou střídavě plněny a vyprazdňovány v rozmezí cca 1 týden.

Bioplyn (o výhřevnosti 21 - 25 MJ/m<sup>3</sup>) přivedený ze zvonů do strojovny je po odvodnění a vyčištění komprimován dmychadlem a dodáván do nízkotlaké nádrže. V případě přebytku bioplynu vůči spotřebě je tento z nízkotlaké nádrže komprimován kompresorem a dodáván do tlakových nádrží o objemu 2 x 5 m<sup>3</sup>.

Bioplyn je ze systému nádrží přiváděn přes redukční ventil do kogenerační jednotky o el. výkonu 20 kW a tepelném výkonu 45 kW (hodnoty platné pro spalování bioplynu, pro spalování zemního plynu je elektrický výkon 22 kW a tepelný 44 kW) a dvou plynových kotlů o výkonu 2 x 25 kW. Teplo z kotlů a kog. jednotky je využito pro vytápění a dodávku TUV do farmy, rovněž el. energie vyrobená v kogenerační jednotce je zcela využita pro vlastní spotřebu farmy.

Množství zpracovaného hnoje 830 t/r odpovídá množství vyrobeného bioplynu 20 000 m<sup>3</sup>/r. Z tohoto bioplynu je v kogenerační jednotce vyrobeno 35 MWh/r el. energie a 290 GJ/r tepla. Vzhledem k tomu, že spotřeba tepla na farmě je jen 220 GJ/r, je nutno přebytečné teplo mařit bez využití. Tomuto provozu kogenerační jednotky s maximální výrobou el. energie je přesto dána přednost, vzhledem k vysoké ceně nakupované el. energie ze sítě.

## Kogenerační jednotka v zemědělské bioplynové stanici



## 7.5 Trigenerace - kogenerační jednotka a absorpční chlazení

V mnoha případech je nutno objekty nejen vytápět ale i chladit pro snížení tepelné zátěže osluněním a vnitřními zdroji tepla (hotely, obchodní domy, skladové prostory). Ve většině případů je klimatizace prostor zajištěna strojním chlazením s kompresorovými chladicími jednotkami.

Chlazení kompresorové (poháněné el. energií) lze nahradit chlazením absorpčním (poháněné tepelnou energií) v kombinaci s kogenerační jednotkou.

Tato kombinace kogenerační jednotky s plynovým motorem s absorpčním chladicím zařízením se označuje jako „trigenerace“. Obvykle přebytečný tepelný výkon kogenerační jednotky v letním období je v tomto případě využit pro pohon absorpčního chlazení.

Na připojeném schématu je znázorněno zapojení kogeneračních jednotek s plynovým motorem v kombinaci s absorpčními chladicími jednotkami v obchodním domě.

Instalací „trigenerace“ v obchodním domě bylo dosaženo snížení spotřeby el. energie v důsledku výroby chladu pomocí tepla. Provoz kogeneračních jednotek je ekonomický v důsledku celoročního využití vyrobeného tepla - v letním a přechodném období je teplo dodáváno do absorpčních chladicích jednotek.

Pro možnost spolupráce kogeneračních a absorpčních jednotek musí být teplo z kogeneračních jednotek dodáváno na vyšší teplotní úrovni – 110/80°C. Chlazení absorberů a kondenzátorů chladicích jednotek je zajištěno chladicí věží. Elektrokotel slouží jako pomocný zdroj tepla pro absorpční jednotky v době extrémní sluneční zátěže, v této době je v provozu i jedna původní kompresorová chladicí jednotka (další dvě byly demontovány).

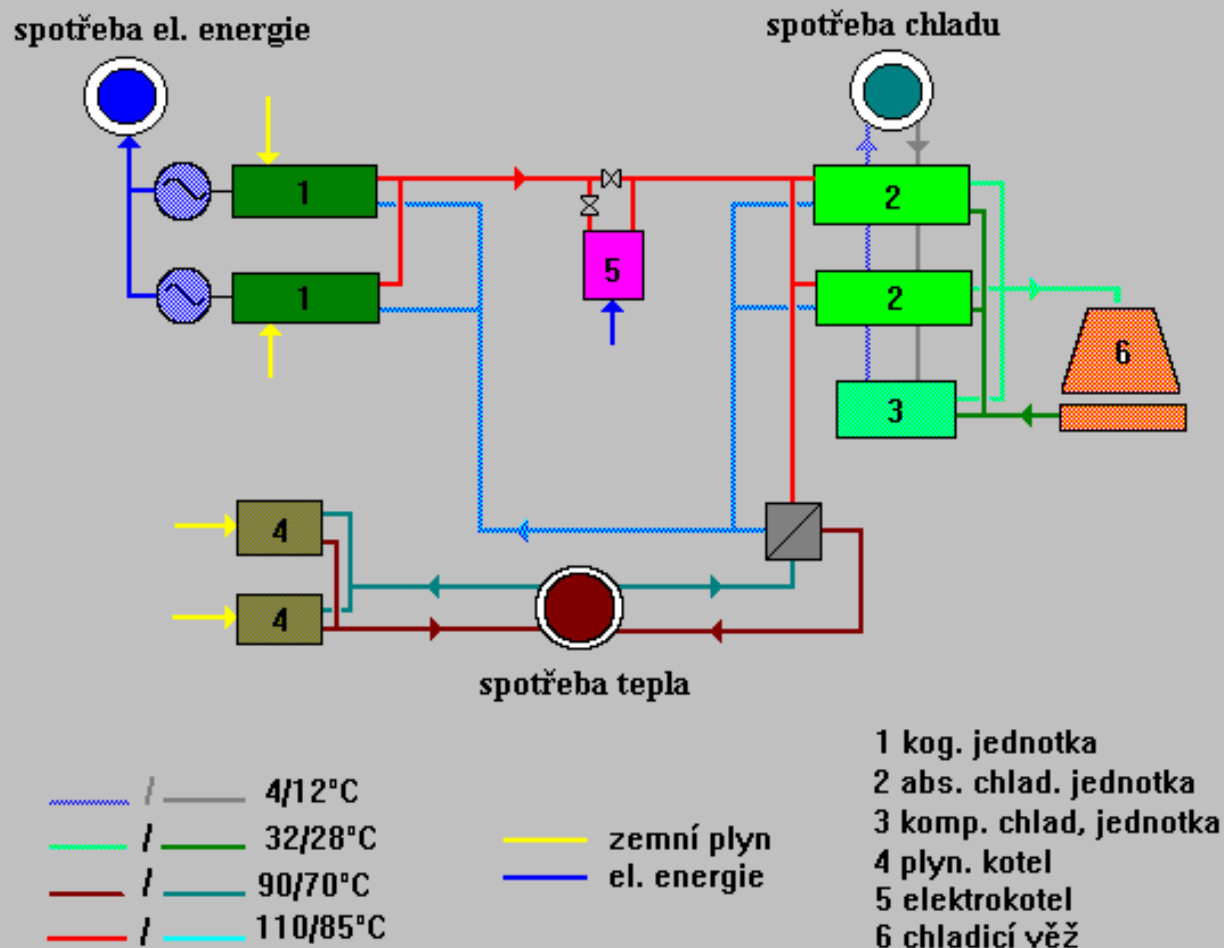
Plynové kotle provozované na teploty 90/70°C slouží jen k dodávce tepla pro vytápění a přípravu TUV ve spolupráci s kog. jednotkami (pomocí výměníku).

Celkový elektrický výkon kog. jednotek je 1,2 MW, celkový chladicí výkon absorpčních jednotek je 1,1 MW, celkový výkon kotlů je 2,8 MW.

Kogenerační jednotky jsou provozovány celoročně 6 až 7 dní v týdnu, v provozní době 7.30 – 20.00 obě dvě současně na jmenovitý výkon, mimo tuto dobu je provozována jen jedna jednotka na cca 50 – 85% jmenovitého výkonu.

Absorpční chladicí jednotky jsou provozovány od začátku dubna do konce září, v letním období při vyšších teplotách vzduchu je nutno pro uchlazení obchodního domu provozovat ještě kompresorovou chladicí jednotku.

## Trigenerace – kogenerační jednotka a absorpční chlazení



V kogeneračních jednotkách je vyrobeno 6 300 MWh/r el. energie a 34 000 GJ/r tepla, což představuje velmi výrazný podíl spotřeby energie obchodního domu, téměř 60% z celkové spotřeby el. energie a 75% z celkové spotřeby tepla.