

Komplexní modernizace energetického hospodářství provozu Národního divadla s využitím alternativních zdrojů a realizovaného prostřednictvím energetických služeb se zaručenými úsporami energie

Národní divadlo





Historická budova ND

Popis předchozího stavu vybraných energetických zařízení ND

- **Centrální zdroj tepla:**
- Plynová kotelná Národního divadla zásobuje teplem komplex budov, tj. historickou budovu ND , Novou scénu ND , Provozní budovu, objekt č.2 - suterény a Restauraci .
- Teplovodní kotelná je umístěna v 3.PP a zajišťuje výrobu tepla pro ÚT , TUV a vzduchotechniku těchto budov.
- V kotelně byly osazeny 3 teplovodní kotle ČKD DUKLA typ OMNIMAT 11 – PGV 300 o celkovém výkonu kotelný 9 360 kW . Teplovodní kotle jsou vybaveny hořáky umožňující spalování ZP a LTO .
- Výstupní parametry topné vody z kotelný do strojovny ÚT byly 105°C / 65°C . Každý kotel má svůj vlastní kotlový okruh pro dohřev zpětné topné vody do kotlů (brání nízkoteplotní korozi kotlů) . Každá větev je vybavena dvojicí oběhových čerpadel KSB-RIO R 10 .
- Topná voda z kotelný je vedena do strojovny ÚT , která se nachází v 5.PP . Ve strojovně je z centrálního rozdělovače se sběračem vysazeno celkem 10 topných větví 8 se směřováním pro ÚT a VZD a 2 pro ohřev TUV bez směřování .
- Ve strojovně ÚT je také příprava TUV (vysoké tlakové pásmo) , kde jsou osazeny dva bojler 2 x 10 000l , které jsou nahřívány topnou vodou . Dále je ve strojovně ÚT také osazen tlakový expanzní automat OLYMP s odplyněním, včetně dvou beztlakých zásobních nádrží .
- Dále vedle teplovodní kotelný je umístěna středotlaká parní kotelná , kde byly umístěny dva parní rychlovyvíječe . Jeden nový LOOS U-HO o výkonu 2t/h páry o jmenovitém výkonu 1,31 MW a jeden starý již nepoužívaný LOOS U-HO o výkonu 1 t/h páry o jmenovitém výkonu 655 kW .
- Pára je dodávána do strojoven VZD a slouží pro vlhčení vzduchu .
- Vedle místnosti parní přípravy TUV (nízké tlakové pásmo), kde jsou osazeny dva bojler 2 x 10 000 l , které byly nahřívány topnou vodou ze strojovny ÚT .



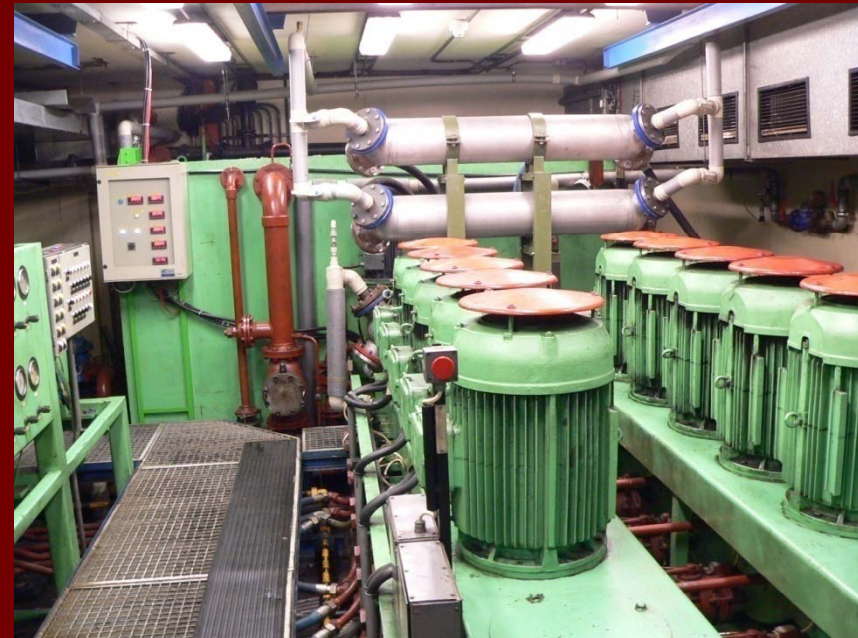
Popis předchozího stavu vybraných energetických zařízení ND

- **Centrální zdroj chladu:**
- Stávající chladicí zařízení pro chlazení vody pro klimatizaci prostorů Národního divadla bylo a je umístěno v jednom z podzemních podlaží (5 PP.) technického zázemí.
- Zdrojem chladu byly a nadále jsou tři chladicí jednotky.
- Dvě z jednotek jsou výrobkem společnosti TRANE. Třetí chladicí jednotka je výrobkem společnosti YORK, je původní a byla předmětem rekonstrukce zdroje chladu.
- Na chladicí jednotky navazují příslušné vodní okruhy. Systém chlazení vody pro chladiče klimatizací je dvouokruhový.
- Primární okruh je tvořen společným vodním potrubím, čerpadly primárního okruhu a výparníky chladicích jednotek.
- Sekundární okruh tvoří společné vodní potrubí, čerpadla sekundárního okruhu a spotřebiče vychlazené vody (chladiče).
- Chlazení kondenzátorů chladicích jednotek je také dvouokruhové.
- Primární okruh tvoří deskový výměník (voda/voda), čerpadla primárního okruhu a kondenzátory chladicích jednotek.
- Sekundární okruh tvoří čerpadla sekundárního okruhu (vltavské vody) a deskový výměník (voda/voda). Kondenzační teplo chladicích jednotek je tedy odváděno přes výměník (voda/voda) do Vltavy.
- V zimním režimu, kdy teplota vody ve Vltavě nepřesazuje cca (10 až 12) °C jsou chladicí jednotky odstaveny z provozu a chladicí voda pro klimatizaci je chlazená přes výměník (voda/voda) vltavskou vodou.
- Původní chladicí jednotka (YORK) pracuje s chladivem R11, novější chladicí stroje (TRANE) pracují s chladivem R134a.



Popis předchozího stavu vybraných energetických zařízení ND

- Chlazení hydraulického oleje jevištní technologie:
- V minulosti byl ohřátý olej z hydraulických pohonů opon, portálu, hydraulických stolů a točny chlazen pitnou vodou, eventuelně vltavskou vodou (při teplotě vltavské vody nižší než $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) – toto řešení bylo jak neekologické, tak neekonomické.
- Elektrický příkon hydraulických čerpadel: 450 kW
- Objem nádrže na hydraulický olej: 18.000 l
- Spotřeba chladicí vody: 10.000 l/h



Příprava projektu

- **V roce 2003 započala příprava tohoto projektu a to na základě poznatků získaných z:**
- Energetického auditu „Energeticky vědomá modernizace budov Národního divadla v Praze“, který zpracoval STÚ – E, a.s.
- Výsledků vlastních dlouhodobých měření v oblasti energetického hospodářství ND, které potvrdily původní předpoklady a byly podkladem pro zpracování níže uvedené studie.
- Studie technického řešení „Využití odpadní tepelné energie v objektech Národního divadla“, kterou zpracoval ČKJ Kotelny, spol. s r.o. a která zohlednila i praktické poznatky pracovníků ND v oblasti energetického hospodářství.

- **Uvedená studie řešila možnosti úsporných opatření v následujících oblastech energetického hospodářství ND:**
- Chlazení oleje hydraulické tlakové stanice jevištní technologie s využitím získané tepelné energie pro přehřev teplé užitkové vody (TUV).
- Výměna stávající chladicí jednotky klimatizace YORK za novou reversní chladicí jednotku, která umožňuje provoz za vyšší teploty v kondenzátoru a využití vody ohřáté při výrobě chladu pro vytápění objektů a ohřev TUV.
- Využití tepelné energie ze vzduchu odváděného do ovzduší z klimatizovaných prostorů objektů ND (odvod vzduchu z historické budovy a do Divadelní ulice).
- Zajištění efektivnějšího ohřevu TUV bez nutnosti použití stávající kotelny v době mimo topnou sezónu (ohřev TUV reverzní chladicí jednotkou a rekuperovaným teplem z jevištní technologie).
- Rekonstrukce centrální kotelny. Aplikace dvou nových vysoce účinných kondenzačních kotlů.
- Modernizace řídicího systému a systému M+R (měření a regulace) za účelem zajištění vyšší efektivity provozu energetických zařízení ND ve vazbě na centrální dispečink ND.
- Instalace frekvenčních měničů pro čerpadla vltavské vody (řízení otáček v závislosti na teplotě vody).
- Instalace frekvenčních měničů pro čerpadla chladicí a chlazené vody.
- Instalace frekvenčních měničů pro čerpadla základních okruhů topné vody.

Příprava projektu

- Následně byly zahájeny práce na vyhotovení zadávací dokumentace (ZD) stejnojmenné veřejné zakázky (VZ).
- Organizace VZ byla svěřena na základě mandátní smlouvy odborně způsobilé společnosti.
- Vlastní soutěž byla vypsána formou jednacích řízení s uveřejněním podle tehdy platného zákona č.40/2004 Sb. v lednu 2006.
- O složitosti ZD a vlastní soutěže svědčí i to, že ZD obsahovala 42 stran a měla 50 samostatných příloh z níž některé, technicky zaměřené pro ilustraci uvádím:
 - Energetické schéma klimatizace Národního divadla
 - Funkční schéma chlazení pro klimatizaci Národního divadla
 - Provozní schéma kotelny – teplovodní topný systém Národního divadla
 - Provozní schéma kotelny – parní systém vlhčení pro klimatizaci Národního divadla
 - Provozní schéma úpravy vody
 - Identifikační listy vzduchotechnických zařízení klimatizace Národního divadla
 - Technická zpráva vzduchotechnických zařízení klimatizace Národního divadla
 - Přehledová tabulka o měření spotřeby teplé vody (dříve TUV) v objektech Národního divadla
 - Přehledová tabulka o počtu provozních hodin jednotlivých teplovodních kotlů za období 1. 1. 2003 – 31. 12. 2005
 - Přehledová tabulka o spotřebě a nákladech za topný plyn za období I/2002 – XII/2005
 - Přehledová tabulka o měření teploty vltavské a chladicí vody pro klimatizaci za období 10. 3. 2003 – 14. 11. 2003
 - Přehledová tabulka o měření teploty topné vody, prostorové, venkovní a žádané teploty pro objekty Národního divadla za období 18. 1. 2005 – 31. 3. 2005
 - Přehledová tabulka o projektovaných parametrech teploty a vlhkosti vybraných prostorů v objektech ND
 - Přehledová tabulka o provozních hodinách jednotlivých chladících jednotek klimatizace za období 1. 1. 2003 – 31. 12. 2005
 - Přehledová tabulka o spotřebě a vynaložených nákladech za spotřebovanou elektrickou energii za období I/2002 – XII/2005
 - Přehledová tabulka o spotřebě a vynaložených nákladech za spotřebovanou vltavskou a pitnou vodu pro chlazení hydraulického oleje tlakové stanice jevištní technologie za období I/2003 – XII/2005
 - Přehledová tabulka o spotřebě a vynaložených nákladech za spotřebovanou vltavskou vodu pro přímé chlazení objektů Národního divadla (klimatizace) a chlazení kondenzátorů chladících jednotek klimatizace Národního divadla za období I/2003 – XII/2005
 - Přehledová tabulka o denním časovém programu jednotlivých vzduchotechnických zařízení klimatizace v Národním divadle
 - Přehledová tabulka o množství vyrobeného tepla v jednotlivých teplovodních kotlích a spotřebě zemního plynu za období 15. 9. 2005 – 31. 01. 2006
 - Organizační schéma jednotlivých oddělení ND podílejících se na údržbě technologie a objektů Národního divadla
 - Protokol o autorizovaném měření emisí plynových kotlů ve strojovně tepelné techniky ND ze dne 20.01.2006
 - Kopie dodavatelských faktur za spotřebovaný zemní plyn pro vytápění a vlhčení objektů ND za období I/2003 – XII/2005
 - Kopie dodavatelských faktur za spotřebovanou elektrickou energii v objektech ND za období I/2003 – XII/2005
 - Kopie dodavatelských faktur za spotřebovanou vltavskou vodu pro chlazení objektů ND za období I/2003 – XII/2005
 - Orientační půdorysy jednotlivých podlaží objektů – formát A3: objekt č. 1 – Historická budova ND, č. 2 – suterény, č. 4 – Nová scéna ND, č. 5 – Provozní budova ND
 - Tabulka základních vazeb vzájemného provozu přívodních a odsávacích vzduchotechnických zařízení
 - Seznam vzduchotechnických zařízení objektů Národního divadla
 - Měsíční přehledy meteorologických měření a pozorování observatoře Praha – Karlov za 01 – 12/2005

Příprava projektu – vyhodnocení nabídek

■ Hodnotícími kritérii soutěže byly:

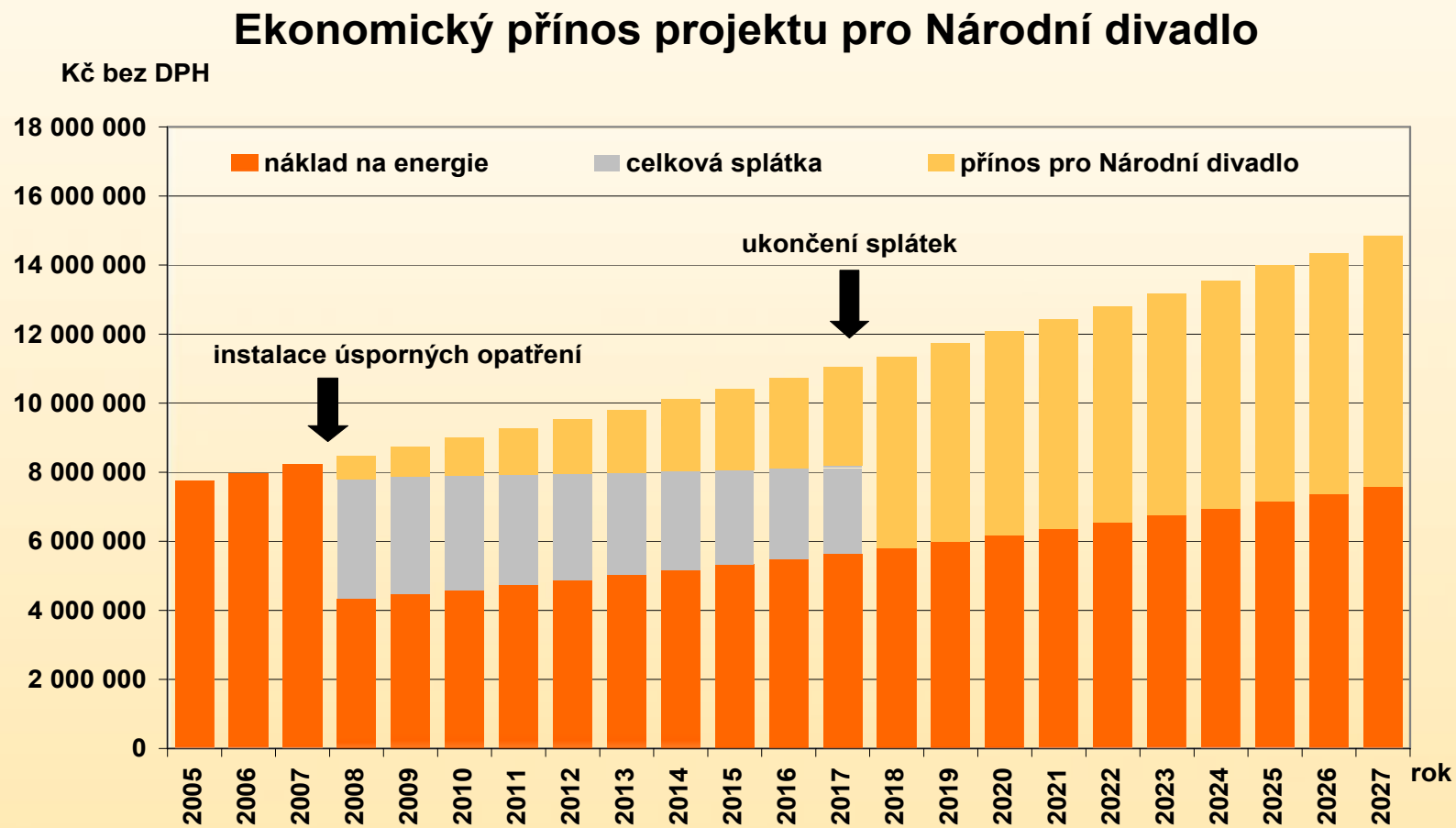
– Technická úroveň a rozsah modernizace energetického hospodářství ND	35 %
– Výše garantované úspory	25 %
– Procentuelní podíl zadavatele na úspoře dosažené nad garantovanou úsporu	20 %
– Kvalita a transparentnost metodiky výpočtu úspory	15 %
– Výše nabídkové ceny	5 %

- Po vyhodnocení soutěže, do které se přihlásilo 5 uchazečů a vyhodnocení vítězné nabídky, jejichž hodnocení bylo provedeno na základě ekonomické vhodnosti a podpisu smlouvy bylo zahájeno plnění předběžného závazku zhotovitele.
- Předběžný závazek je definován jako závazek na provedení veškerých prací, dodávek a ostatních služeb, které jsou spojené se zavedením opatření sloužících k úsporám energie a které předcházejí plnění hlavního závazku. Jinými slovy se jedná o vlastní realizaci úsporných opatření.
- Hlavním závazkem zhotovitele se rozumí zajištění a dosažení smluvně zaručené úspory nákladů na spotřebu energie a médií od data plnění hlavního závazku do konce platnosti smlouvy. Dodavatel se touto smlouvou zavazuje objednateli, že jím realizované práce, služby a dodávky povedou k úsporám ve spotřebě energie a nákladů na spotřebu energie a médií v určených objektech objednatele.
- V našem případě plnění hlavního závazku začalo 1.1. 2008 a skončí po 10 letech.

Referenční spotřeba energií a médií (rok 2005)

Vltavská voda (pro chlazení jevištní technologie a klimatizace)					
Spotřeba v m ³		Náklady v Kč bez DPH 5%	Náklady v Kč s DPH 5%	Přefakturace s DPH 5%	Čisté náklady v Kč bez DPH 5%
29 323		1 195 285,20	1 255 024,40	0	1 195 285,20
Pitná voda (pro chlazení jevištní technologie)					
Spotřeba v m ³		Náklady v Kč bez DPH 5%	Náklady v Kč s DPH 5%	Přefakturace s DPH 5%	Čisté náklady v Kč bez DPH 5%
29 323		1 195 285,20	1 255 024,40	0	1 195 285,20
Elektrická energie					
Spotřeba kWh		Náklady v Kč bez DPH 19%	Náklady v Kč s DPH 19%	Přefakturace s DPH 19%	Čisté náklady v Kč bez DPH 19%
6 372 503		10 503 124,20	12 499 255,30	0	10 503 124,20
Zemní plyn					
Spotřeba v m ³	Spotřeba v kWh	Náklady v Kč bez DPH 19%	Náklady v Kč s DPH 19%	Přefakturace s DPH 19%	Čisté náklady v Kč bez DPH 19%
1 060 912	11 191 895	6 839 480,70	8 139 332,00	488 360,00 *	6 429 388,20

Ekonomický přínos projektu pro ND (v tabulce nejsou zohledněny očekávané úspory z fotovoltaické elektrárny)



Objem a struktura investic

Objem investic: cca 50mil. Kč, vč. DPH 19%

■ **Struktura investic:**

- projektová dokumentace (*vč. zajištění přísl. povolení a vyjádření*)
- zpracování podkladů pro podání žádosti o dotace
- realizace vlastních úsporných opatření
- cena za financování zakázky
- cena za smluvně stanovený servis a revize v době účinnosti smlouvy
- cena za poskytnuté garance a za vyhodnocování úspor

■

■ **Struktura investic vlastních úsporných opatření:**

- Chlazení oleje hydraulické tlakové stanice jevištní technologie s využitím získané tepelné energie pro předehřev teplé užitkové vody (TUV).
- Výměna stávající chladicí jednotky klimatizace YORK za novou reverzní chladicí jednotku, která umožňuje provoz za vyšší teploty v kondenzátoru a využití vody ohřáté při výrobě chladu pro vytápění objektů a ohřev TUV.
- Využití tepelné energie ze vzduchu odváděného do ovzduší z klimatizovaných prostorů objektů ND (odvod vzduchu z historické budovy a do Divadelní ulice).
- Zajištění efektivnějšího ohřevu TUV bez nutnosti použití stávající kotelny v době mimo topnou sezónu (ohřev TUV reverzní chladicí jednotkou a rekuperovaným teplem z jevištní technologie).
- Rekonstrukce centrální kotelny. Aplikace dvou nových vysoce účinných kondenzačních kotlů.
- Modernizace řídicího systému a systému M+R (měření a regulace) za účelem zajištění vyšší efektivity provozu energetických zařízení ND ve vazbě na centrální dispečink ND.
- Instalace frekvenčních měničů pro čerpadla vltavské vody (řízení otáček v závislosti na teplotě vody)
- Instalace frekvenčních měničů pro čerpadla chladicí vody)
- Instalace frekvenčních měničů pro čerpadla základních okruhů topné vody.
- Instalace termostatických ventilů na otopná tělesa ÚT, vč. zaregulování systému
- Instalace fotovoltaické elektrárny na střechu provozní budovy ND

Popis jednotlivých úsporných opatření



- **Chlazení oleje hydraulické tlakové stanice jevištní technologie s využitím získané tepelné energie pro předehřev teplé užitkové vody (TUV).**
- Teplo z chlazení hydraulického oleje je využito pro ohřev teplé vody (dále TUV).
- Stávající zásobníkové ohřevače TUV jsou v jednom tlakovém pásmu rozděleny na ohřev TUV tepelným čerpadlem z chlazení hydraulického oleje a ohřev TUV pomocí ostatních zdrojů (kotle, chladicí stroj – tepelné čerpadlo) a jsou zapojeny sériově.
- Tímto řešením je vytvořen akumulační prostor 10 m³ pro vyrovnání časových rozdílů mezi potřebou TUV a potřebou chlazení hydraulického oleje a je zaručen ohřev TUV pomocí ostatních zdrojů jen v případě nedostatku tepla z chlazení hydraulického oleje.
- TUV je ze spodní části zásobníku dopravována oběhovým čerpadlem do prostoru strojovny hydrauliky, kde je v nově instalovaném vloženém teplovodním okruhu s deskovým výměníkem ohřívána na teplotu až cca 50°C.
- Ohřátá TUV je vrácena do horní části nádrže. Ve vloženém teplovodním okruhu je zdrojem tepla kondenzátor par chladiva tepelného čerpadla.
- Pokud nepostačuje výkon z chlazení hydraulického oleje bude do druhého zásobníku zapojeného sériově proudit chladnější TUV, než cca 50°C. V tomto případě je TUV dohřívána na požadovanou teplotu pomocí stávající topné vložky a ostatních zdrojů tepla.
- Teplý hydraulický olej ze zásobní nádrže hydrauliky je dopravován čerpadlem hydraulického oleje do vloženého teplovodního okruhu s deskovým výměníkem, kde zdrojem chladu je výparník tepelného čerpadla.
- Zchlazený hydraulický olej, který předal přes teplovodní vložený okruh ve výparníku teplo chladivu tepelného čerpadla je vrácen zpět do nádrže hydraulického oleje.
- Pro čerpání hydraulického oleje je využito stávající čerpadlo.
- Spuštění systému chlazení oleje a jeho vypnutí je automaticky řízeno dle teploty hydraulického oleje.
- Uvedení zařízení pro chlazení oleje do provozu:
- Po stoupení teploty v nádrži oleje nad 35°C se automaticky spustí čerpadla oleje, TUV a s krátkým zpožděním tepelné čerpadlo.
- Po poklesu teploty v horní části nádrže pod 28°C se automaticky odstaví tepelné čerpadlo a s krátkým zpožděním čerpadlo hydraulického oleje a TUV.
- Přenos dat na dispečink:
- Na dispečink budou přenášeny informace o měřených teplotách (8 x) a stav provozu chlazení (zapnuto, vypnuto, porucha)

Výměna stávající chladicí jednotky klimatizace YORK za novou chladicí jednotku – tepelné čerpadlo, která umožňuje provoz za vyšší teploty v kondenzátoru a využití vody ohřáté při výrobě chladu pro vytápění objektů a ohřev TUV.

- Stávající chladicí jednotka YORK, která pracuje s neekologickým chladivem R11 byla nahrazena novou chladicí jednotkou, která může pracovat jako tepelné čerpadlo o následujících parametrech:
- Typ jednotky . 30 HXC 375 „Global Chiller“, výrobce: **CARRIER**
- REŽIM TOPENÍ - CW 45/50 °C

Plny topný výkon	1422	kW
Příkon stroje	380	kW
Příkon kompresoru	380	kW
C.O.P.	3,74	
- REŽIM TOPENÍ - CW 50/55 °C

Plny topný výkon	1424	kW
Příkon stroje	416	kW
Příkon kompresoru	416	kW
C.O.P.	3	
- REŽIM MAXIMÁLNÍHO CHLAZENÍ - CW 20/25 °C

Hrubý-plny výkon	1197	kW
Příkon stroje	251	kW
Příkon kompresoru	251	kW
C.O.P.	4,77	
- **Technické řešení:**
- V prostoru strojovny chlazení byla provedena výměna stávajícího chladicího stroje YORK novým chladicím strojem Carrier 30 HXC 375 „Global Chiller“, který je vybaven „měkkým rozběhem kompresorů“ a je dodán v provedení umožňující provoz i v režimu topení.
- Zařízení bylo nainstalováno s novými oběhovými čerpadly v okruhu kondenzátoru i výparníku, a s regulací vstupní teploty do kondenzátoru pomocí trojcestného ventilu.
- Pro využití v režimu tepelného čerpadla byly nainstalovány do potrubí chlazené vody na straně výparníku oddělovací armatury pro využití vltavské vody v čistě topném provozu a na straně kondenzátoru pro napojení ohřáté vody na topný systém areálu.
- Napojení do topného systému bylo provedeno ve strojovně vytápění tak, aby byl umožněn v případě potřeby současný provoz chladicího stroje v režimu tepelného čerpadla, provoz nově instalovaných kondenzačních kotlů i stávajících kotlů.

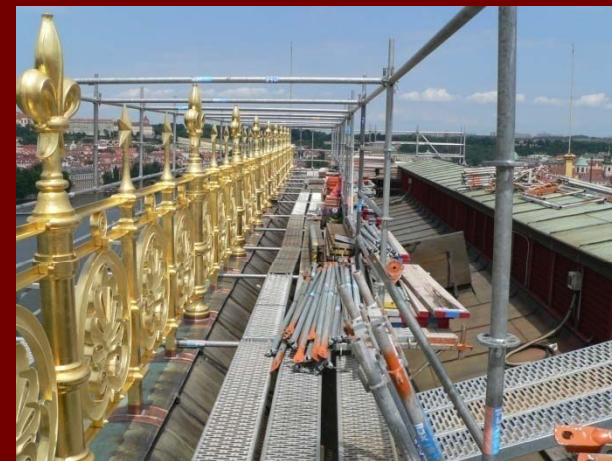


Nová reverzní chladicí jednotka Carrier

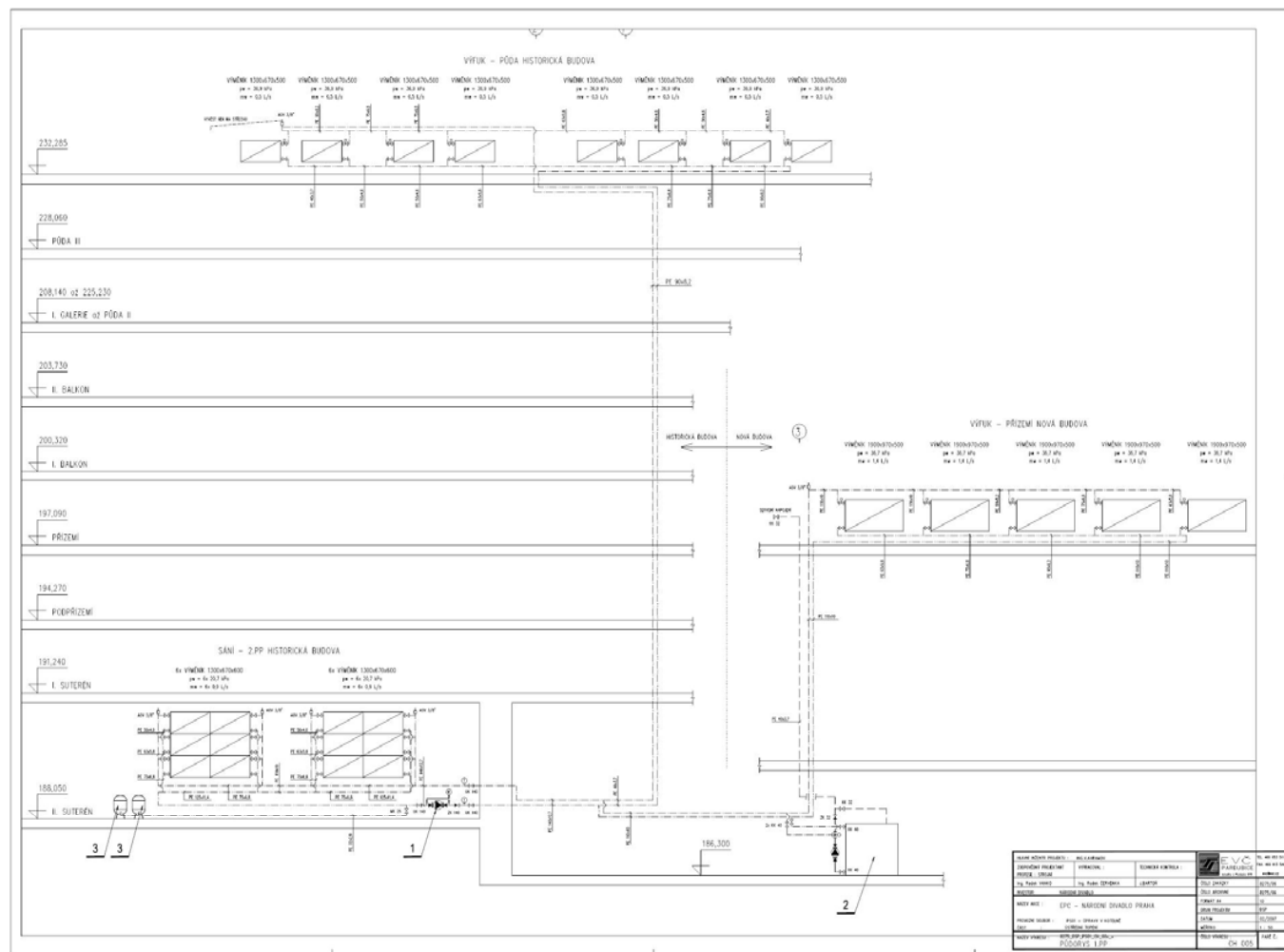


Využití tepelné energie ze vzduchu odváděného do ovzduší z klimatizovaných prostorů objektů ND

- **Technické řešení:**
- Teplo centrálně odsávaného vzduchu z VZT zařízení je využito na předehřev centrálně nasávaného čerstvého vzduchu pro VZT zařízení. Vzhledem ke značným vzdálenostem mezi centrálními sáními a výtaky je použit systém vzduch, nemrznoucí směs, vzduch.
- Celý systém rekuperace se skládá z výměníků a rozvodů teplotněsensitive kapaliny mezi nimi. Na výdeších teplého odpadního vzduchu jsou osazeny chladicí kapalinové výměníky, ve kterých se od proudícího odpadního vzduchu ohřívá voda.
- Takto ohřátá voda je dopravována do ohřívacích kapalinových výměníků, které jsou umístěny do průduchu sání studeného čerstvého vzduchu. Tímto opatřením získáváme předehřátý vzduch.
- První výdech vzduchotechniky (odvod vzduchu z divadla) se nachází v horní části půdy historické budovy (výdechový světlík) Národního divadla. Je zde umístěno 8 chladicích kapalinových výměníků ECOTERM velikosti 22 a výkonové varianty 2 o rozměrech 1300 x 670 x 500 mm a teplotním spádem vody -5,6/11,2°C. Jsou zapojeny do Tichelmanova okruhu.
- Druhý výdech vzduchotechniky (odvod vzduchu z garáží) se nachází v 1.p.p. objektu č.2 dostavby ND (suterény) v prostoru nákladní rampy.
- Zde je umístěno celkem 5 chladicích kapalinových výměníků ECOTERM velikost 33 a výkonové varianty 3 o rozměrech 1900 x 970 x 500 mm a teplotním spádem vody - 2,7/12,4°C. Tyto výměníky jsou zapojeny do Tichelmanova okruhu.
- Nasávání čerstvého vzduchu od Vltavy se nachází ve 2.PP historické budovy Národního divadla.
- Poblíž stávajícího axiálního ventilátoru Woods, je osazeno 12 ohřívacích kapalinových výměníků ECOTERM velikost 22 a výkonové varianty 2 o rozměrech 1300 x 670 x 600 a teplotním spádem vody 10,5/-0,9°C. Také tyto výměníky jsou zapojeny do Tichelmanova okruhu.
- Pro přenos tepla mezi výměníky je použita nemrznoucí kapalina složená z vody a propylénglykolu (koncentrace 30%).
- Nucený oběh směsi v celém systému ZZT zajišťuje jedno centrální čerpadlo Grundfos TPE 65-230/2, které je umístěno ve 2.PP historické budovy Národního divadla (nasávání čerstvého vzduchu od Vltavy).
- Za čerpadlem je osazen zkrat s elektromagnetickým ventilem a zpětnou klapkou. Zkrat je řízen tak, aby přírodní teplota média do systému nebyla nižší než 0°C.
- Jako expanzní zařízení slouží membránová expanzní nádoba Reflex N 300/6 o objemu 300 litrů. Celý systém se napouští (vypouští) z (do) plastové nádrže Reglyk 3000/5 o objemu 3 000 litrů prostřednictvím čerpadla.
- Nádrž byla sestavena v místě její instalace. Tato nádrž také slouží jako bezpečnostní zařízení – při náhlém poklesu tlaku v systému (prasklé potrubí, apod.) se otevře elektromagnetický ventil a systém se do nádrže vypustí.
- Veškeré rozvody jsou provedeny z platového potrubí SIMONA PE 100 SDR 11 provedení PE-HWU-B (tlaková třída PN16).



PS 04 – Schéma rekuperace tepla VZT



Zajištění efektivnějšího ohřevu TUV bez nutnosti použití stávající kotelny v době mimo topnou sezónu (ohřev TUV novou chladicí jednotkou a rekuperovaným teplem z jevištní technologie).

- **Technické řešení:**
- Předehřev TUV je zajišťován prostřednictvím tepla z chlazení hydraulického oleje.
- Zbývající množství tepla pro dohřev TUV je zajišťováno prioritně z nového reverzního chladicího stroje – tepelného čerpadla.
- Jako další zdroj tepla pro ohřev TUV slouží kondenzační kotle.



Snímek 20

s2

strakova; 12.6.2008

Rekonstrukce centrální kotelny. Aplikace dvou nových vysoce účinných kondenzačních kotlů.

- **Technické řešení:**
- Dva kondenzační kotle výrobce: HOVAL, typ: Ultra Gas 1440 D o výkonu 2 x 1,44 MW jsou instalovány na místě nefunkčního parního vyvíječe LOOS, který byl demontován a na místě stávajícího a v této souvislosti demontovaného teplovodního kotle č.3.
- Kotle jsou vybaveny systémem dálkové komunikace.
- Pro jeden z navrhovaných kotlů je využito komínový průduch rušeného parního vyvíječe. Pro druhý navrhovaný kotel je použito komínový průduch rušeného teplovodního kotle č.3 (Bonifác).
- Předmětné kotle v létě v případě potřeby fungují jen pro dohřev TUV, která je předehřívána odpadním teplem z tlakové stanice hydraulického oleje.
- Pro přechodné a zimní období kondenzační kotle novým potrubím s dvojicí nových oběhových čerpadel (jedno z dvojice záložní s automatickým záskokem, každé na 100% výkonu) nasávají chladnou vodu ze zpáteček za jednotlivými směšovacími stanicemi, přičemž je zpětnými klapkami zamezeno průtokem ze stávajícího zpětného sběrného potrubí s teplejší vodou.
- Nový kondenzační okruh pracuje s velkým průtokem a malým tepelným spádem cca 30 / 40°C. Normovaný stupeň účinnosti při tomto řešení dosahuje 109 %.
- Teplota kouřových plynů za kondenzačními kotle je cca 50°C.
- Z důvodu bezpečného odtahu spalin je na komínu instalován společný korunový odtahový ventilátor s regulací stále takové diference prováděné frekvenčním měničem otáček.
- Zabezpečení kondenzačních kotlů je zajištěno kotlovými pojistnými ventily a stávajícím v současné době instalovaným zabezpečovacím a doplňovacím zařízením.
- Kondenzační kotle jsou dosud uváděny do provozu obsluhou. Avšak provoz kotlů bude nadále bezobslužný jen s pravidelnou kontrolou.
- V letním období bude v případě potřeby provozován jen jeden z kondenzačních kotlů na stálou teplotu otopné vody 65°C.
- V přechodném a zimním období jsou provozovány oba kotle zapojené v kaskádě s ostatními zdroji tepla.
- Na dispečink jsou v rámci systému dálkové komunikace přenášeny informace o stavu provozu kondenzačních kotlů .



Hoval		Hovalwerk AG	
Výrobce: Hovalwerk AG		Typ sestavy: 11-UltraGas [®] (1440D)	
Výrobní číslo: 601668600013	Rok výroby: 2007	Vykon sestavy při 40/30°C:	1440 kW
Kategorie: II ZHSP	Schválení: CE-0065AQ0620	Rozsah tlaku zemního plynu:	18-80 [mbar]
Rozsah výkonu při 60/50°C:	127,0-655,0 [kW]	Rozsah tlaku kapalného plynu:	37-67 [mbar]
Rozsah výkonu při 40/30°C:	142,0-720,0 [kW]	Připojovací tlak a druh plynu:	[mbar]
Max. výstupní teplota vody:	90 [°C]	Elektrické napájení:	230/50 [V/Hz]
Max. provozní tlak vody:	6 [bar]	Elektrické krytí:	IP 20
Elektrický příkon:	2 x 1150 [W]		

Upozornění:
Kotel smí být umístěn pouze v místnosti, která je ve shodě s příslušnými požadavky na způsob větrání.
Před instalací kotle důkladně prostudujte návod k montáži.
Před prvním spuštěním kotle důkladně prostudujte návod k obsluze a technický návod.

Komíny



Expanzní zařízení Olymp – společné pro systém topení a chlazení
(záložním systémem je expanzní zařízení Reflex)



Instalace termostatických ventilů na otopná tělesa ÚT, zaregulování otopné soustavy

■ **Technické řešení:**

- Na každé otopné těleso v provozní a historické je osazeno nové ventilové těleso DANFOS RA-N s přednastavením a nové regulační hlavice pro ventilová tělesa s paroplynovou náplní, Vzhledem k tomu, že je v budovách hodně zákrytů topných těles jsou zde osazeny hlavice s odděleným čidlem. Čidla jsou osazena na spodní části zákrytů u podlahy, aby nenarušovala vzhled historické budovy.
- Na zpětném potrubí jsou osazena regulační šroubení DANFOS RLV .Velikost ventilů a šroubení dle stávajícího připojení k tělesu.
- U radiátorů jsou vyměněny odvzdušňovací ventily. Součástí tohoto opatření je zaregulování otopné soustavy, instalace vyvažovacích ventilů a oběhových čerpadel s frekvenčními měniči, která jsou řízena v závislosti na ΔP mezi přívodem a zpátečkou.

■ **Technické údaje:**

- Počet otopných těles: 523
- Instalovaný výkon ÚT: 917 kW



Modernizace systému M+R (měření a regulace) za účelem zajištění vyšší efektivity provozu energetických zařízení ND ve vazbě na centrální dispečink ND.

- Veškerá navržená opatření pro snížení energetické náročnosti provozu ND jsou vybavena měřením a regulací od firmy SAUTER.
- Pro měření a regulaci je použit mikroprocesorový řídicí systém EY3600, který se skládá z kompaktních regulátorů nova 230 a modulárních automatizačních stanic nova 109.
- Součástí je softwarové rozšíření stávajícího dispečinku o nově instalované zařízení s možností sledování jejich provozu a řízení důležitých veličin včetně zajištění optimalizace provozu jednotlivých zařízení.
- V rámci projektu úsporných opatření je provedena modernizace stávajícího systému MaR i pro řízení technologického zařízení nedotčeného vlastním projektem za účelem vytvořit podmínky pro optimalizaci provozu ostatních technologického zařízení.



Instalace frekvenčních měničů pro čerpadla vltavské vody (řízení otáček v závislosti na teplotě vody) Instalace frekvenčních měničů pro čerpadla chladící a chlazené vody (řízení otáček v závislosti na rozdílu tlaků)

■ **Technické řešení:**

- V rámci úsporných opatření byly instalovány tři frekvenční měniče výrobce: Danfoss pro řízení otáček čerpadel vltavské vody.
- Frekvenční měniče jsou řízeny dle teplotního rozdílu na vstupu a výstupu z výměníku vltavské vody tak, aby byl udržován předem nastavený optimální teplotní rozdíl vltavské vody při režimu chlazení bez využití chladících strojů, s využitím chladících strojů a při provozu nového chladícího stroje jako tepelného čerpadla.
- Pro kontrolu a optimalizaci provozu je měřen teplotní rozdíl vloženého okruhu na výměníku vltavské vody s hlídáním okrajových stavů.
- V rámci úsporných opatření jsou instalovány čtyři frekvenční měniče výrobce: Danfoss pro řízení otáček cirkulačních čerpadel chladící vody.
- V rámci úsporných opatření jsou instalovány čtyři frekvenční měniče výrobce: Danfoss pro řízení otáček cirkulačních čerpadel chlazené vody.
- Podobným principem je řešeno i poslední úsporné opatření tohoto druhu, tj. instalace 7 frekvenčních měničů pro čerpadla základních okruhů topné vody.



Potřeba tepla v objektech ND

■ Provozní budova ÚT+IJ :	785,75 kW
■ Provozní budova VZT :	1 072,53 kW
■ Historická budova ND :	2 593,5 kW
■ Předehřev VZT+suterény :	2 853,23 kW
■ Nová scéna ÚT+IJ :	288,6 kW
■ Ohřev TUV (2 x 10 000l –8 h/z.d.:	112 kW
■ Nová scéna VZT	979,9 kW
■ Restaurace VZT:	934,52 kW
■ Restaurace ÚT+IJ :	382,55 kW
■ Ohřev TUV (2 x 10 000l –8 h/z.d.:	112 kW
■	
■ Celkem potřeba tepla objektů ND :	10 114,58 kW
■	
■	
■ Tepelné parametry (výkony) CZT:	
■ - jmenovitý tepelný výkon chladícího stroje	1400 kW
■ - jmenovitý tepelný výkon kondenzačního kotle 1	1440 kW
■ - jmenovitý tepelný výkon kondenzačního kotle 2	1440 kW
■ - jmenovitý tepelný výkon stávajícího kotle 1	3120 kW
■ - jmenovitý tepelný výkon stávajícího kotle 2	3120 kW
■ - jmenovitý tepelný výkon tepelného čerpadla	25 kW
■	
■ Instalovaný výkon CZT celkem:	10 545 kW

Provozní stavy zdrojů tepla (CZT):

- 0, provoz tepelného čerpadla 25 kW je řešen nezávisle na ostatních zdrojích podle potřeb chlazení oleje jevištní technologie.
- 1, léto – samostatný ohřev TUV je zajištěn reverzní chladicí jednotkou s výhledem na budoucí osazení solární techniky
- 2, období květen, červen, září – provoz reverzní chladicí jednotky v regulačním rozsahu, v případě vyšších potřeb najetí jednoho kondenzačního kotle – vysoké potřeby chlazení jsou splněny stávajícími chladicími stroji
- 3, období březen, duben, říjen, listopad – provoz reverzní chladicí jednotky v režimu TČ v plném výkonu a jednoho nebo obou kondenzačních kotlů – další potřeby chlazení budou splněny stávajícími chladicími stroji
- 4, období prosinec až únor eventuálně březen, listopad – provoz obou kondenzačních kotlů v plném výkonu a v nejvyšších potřebách i stávajících kotlů vše bez reverzní chladicí jednotky (při teplotě vltavské vody nižší než 6°C) – potřeby chlazení budou splněny bez chladicích strojů, přímo, prostřednictvím vltavské vody přes výměník.



Provozní stavy chlazení:

- 1, Teplota vltavské vody nad 20°C – nelze vltavskou přímo vodou chladit, je prováděno strojní chlazení vnitřních prostor s odvodem zbytkového tepla do Vltavy nebo do topného systému prostřednictvím reverzního chladicího stroje.
- 2, Teplota vltavské vody nad 10-12°C – je prováděno strojní chlazení vnitřních prostor s odvodem zbytkového tepla do Vltavy nebo do topného systému prostřednictvím reverzního chladicího stroje.
- 3, Teplota vltavské vody do 10-12°C – dvojitý režim využití odpadního tepla - je prováděno chlazení vnitřních prostor vltavskou vodou nebo je prováděno strojní chlazení vnitřních prostor s odvodem zbytkového tepla do topného systému prostřednictvím reverzního chladicího stroje. V případě že, není požadavek na chlad, pak je odváděna ochlazená voda do Vltavy – tzn. Využití tepla Vltavy do topného systému
- 4, Teplota vltavské vody do 6°C – není prováděno strojní chlazení vnitřních prostor – případné chlazení je řešeno přímo vltavskou vodou - TČ není možné provozovat



Regulace kaskády zdrojů tepla

- **Ekvitermní regulace topných okruhů skupina 7 – 14**
- Teplota topné vody je regulována v závislosti na venkovní teplotě podle křivky dané třemi body +10, +5 a -10 °C.
- Ve vizualizaci je zobrazena vypočtená teplota a aktuální teplota topné vody.
- Pokud teplota topné vody překročí hodnotu nastavenou na bezpečnostním termostatu, vypne se oběhové čerpadlo a uzavře se regulační ventil.
- Překročení teploty je zobrazeno ve vizualizaci a současně je zaznamenáno v deníku poplachů a na tiskárně.
- Ve vizualizaci je dále zobrazen řídicí signál na regulační ventil.
- Každý okruh disponuje dvěma čerpadly, které se automaticky střídají podle provozních hodin (při požadavku na chod čerpadla se zapne čerpadlo s nižším počtem provozních hodin).
- Provozní stavy čerpadel (VYP, ZAP, MÍSTNĚ, PORUCHA) jsou signalizovány ve vizualizaci.
- V případě poruchy čerpadla se spustí druhé čerpadlo (funkce automatického zásokou).
- Porucha čerpadla je zaznamenána v deníku poplachů a na tiskárně
- **Regulace dif. tlaku topných okruhů**
- Okruhy jsou vybaveny čerpadly s integrovanými frekvenčními měniči, které řídí otáčky v závislosti na tlakové diferenci.
- Ve vizualizaci je zobrazena tlaková diference na čerpadlech a řídicí signál na frekvenční měnič.
- V případě dlouhodobého odstavení čerpadel se čerpadla spustí jednou týdně na 2 minuty (ochrana proti zablokování).
- Každý okruh má tři provozní stavy:
 - VYP – okruh je vypnut
 - ZAP – okruh je zapnut
 - AUT – okruh je v automatickém provozu



Regulace ohřevu TUV

- V Národním divadle jsou dva okruhy TUV - pro nižší a vyšší tlakové pásmo.
- Každý okruh má dva boilery, z nichž jeden je nahříván teplou vodou z některého ze zdrojů tepla, a druhý pracuje jako předeheřev nahříváný z tepelného čerpadla, které zajišťuje chlazení hydraulického oleje jevištní technologie.
- Regulace teploty v boilerech, nahříváných pomocí teplé vody ze zdroje tepla, je realizována ovládáním nabíjecích čerpadel (paralelní chod).
- Pokud teplota vody v boileru dosáhne hodnoty 45° C, čerpadla se vypnou a regulační ventil se uzavře.
- Pokud teplota v boileru poklesne pod 40 °C, čerpadla se zapnou a regulační ventil se otevře.
- Regulace teploty v boileru TUV3 je realizována ovládáním nabíjecího čerpadla.
- Je-li teplota v boileru TUV3 větší, než 53 °C, nabíjecí čerpadlo pro boiler TUV 3 se vypne. Klesne-li teplota pod 51 °C, čerpadlo se zapne.
- Regulace teploty v boileru TUV2 je realizována ovládáním nabíjecího čerpadla.
- Je-li teplota v boileru TUV3 větší, než 65 °C, nabíjecí čerpadlo pro boiler TUV 2 se vypne a odstaví se tepelné čerpadlo.
- Klesne-li teplota pod 64 °C, nabíjecí čerpadlo se zapne a tepelné čerpadlo je uvolněno.
- Pokud teplota vody v boileru překročí hodnotu nastavenou na bezpečnostním termostatu, vypnou se nabíjecí čerpadla a uzavře se regulační ventil.
- Překročení teploty je zobrazeno ve vizualizaci a současně je zaznamenáno v deníku poplachů a na tiskárně.
- Oběhová čerpadla TUV jsou řízena pomocí samostatného časového spínače (v noční době jsou vypnuta). Do řídicího systému je pouze signalizován chod čerpadel.



Získávání tepla z nádrže hydraulického oleje

- Překročí-li teplota v nádrži hydraulického oleje mezní teplotu, zapne se oběhové čerpadlo 18M1, 18M2, 18M3 a tepelné čerpadlo.
- Současně se uvolní nabíjecí čerpadla 18M4 a 18M6, která jsou spínána podle regulace teploty v příslušném boileru.
- Pokud teplota hydraulického oleje poklesne o 1°C pod mezní teplotu, nebo pokud není možné teplo předávat do boilerů, vypne se tepelné čerpadlo a po 3 minutách se vypnou i čerpadla 18M1, 18M2, 18M3.
- Regulace teploty vody na vstupu do tepelného čerpadla zajišťuje, aby teplota vody na vstupu neklesla pod 30°C.
- Stoupne-li teplota v nádrži hydraulického oleje nad 35 °C, zobrazí se tato informace ve vizualizaci a současně je zaznamenána v deníku poplachů a na tiskárně.
- Pokud teplota vystoupí na 43 °C, zobrazí se tato ve vizualizaci a na tiskárně poplachové hlášení s telefonními čísly na službu, která má vzniklou situaci prověřit.

- Ovládání okruhu tepelného čerpadla:
 - VYP – okruh je vypnut
 - ZAP – okruh je zapnut
 - AUT – okruh je v automatickém provozu



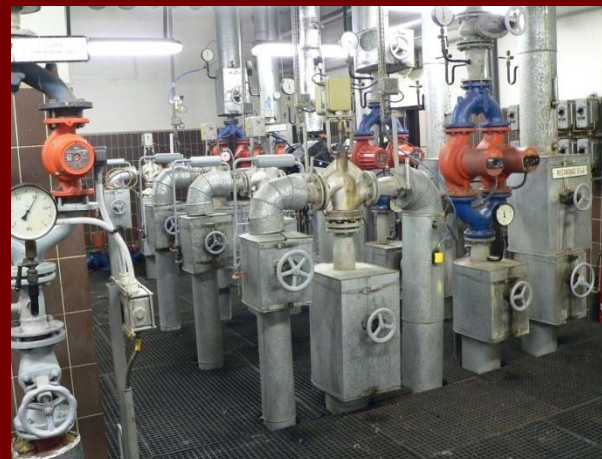
Rekuperace tepla z odváděného vzduchu

- Teplo z vyfukovaného odpadního vzduchu je získáváno pomocí rekuperátorů, které jsou instalovány na střeše HB a na výfuku do Divadelní ulice.
- Teplo je předáváno pomocí výměníků (vzduch / glykolová směs) a přiváděno do strojovny 1, kde je teplo předáváno pomocí výměníků (glykolová směs / vzduch) instalovaných v prostoru centrálního nasávání.
- Pomocí regulačního ventilu je zajištěno, aby teplota glykolové směsi neklesla pod 0°C.
- Tlak v glykolové směsi je nepřetržitě monitorován a pokud je vyhodnocen rychlý pokles tlaku (netěsnost potrubí), otevře se vypouštěcí ventil a glykolová směs se vypustí do nádrže.
- Toto opatření slouží k ochraně umělecky cenných prostorů hlediště historické budovy ND před následky vytopení glykolovou směsí. Zejména se jedná o Ženíškovy lunety na stropu v prostoru hlediště a Hynaisovu oponu.
- Současně se objeví v deníku poplachů a na tiskárně poplachové hlášení.



Popis systému M+R

- **Regulace otáček čerpadel skupiny 9**
- Na základě rozdílu teplot na výměníku Alfa-Laval se řídí otáčky čerpadel pomocí frekvenčních měničů. (při větší diferenci vyšší otáčky, diference 5°C =100 % výkonu)
- **Regulace diferenčního tlaku čerpadel páteřních rozvodů chlazení**
- Pomocí frekvenčních měničů je na čerpadlech páteřních rozvodů udržován diferenční tlak 20kPa. Pokud se chladí vltavskou vodou a překročí-li některý z frekvenčních měničů čerpadel páteřních rozvodů výkon čerpadel 80%, je zapnuto jedno z čerpadel a je zavřena klapka bypasu čerpadel.
- **Regulace čerpadel skupiny 8**
- Jsou – li uzavřeny klapky 16M1 a 16M2 a je zapnut Trane nebo Carrier, regulace otáček čerpadel bude realizována podle dP na snímači T2239 (při větší diferenci vyšší otáčky, udržovat 20 kPa). Do 20 kPa neběží žádné čerpadlo sk.8. Stoupne-li diference nad 20 kPa, obtoková klapka se uzavře a zapne se čerp. Sk. 8. Je-li požadavek na otáčky 90% a tento stav trvá 6 minut, připíná se další čerpadlo, klesnou-li otáčky pod 35 %, odpíná se jedno čerpadlo.
- **Automatické proplachování výměníku**
- Po pěti hodinách provozu některého z čerpadel SK9 se aktivuje funkce automatického proplachu výměníku na straně vltavské vody. Pomocí uzavíracích ventilů se na 20 minut změni směr průtoku vody výměníkem a tím dojde k vyplavení případných usazenin.
- **Kontrola funkce klapek**
- Systém kontroluje správnou funkci klapek 14M1, 14M2, 14M3, 15M1, 15M2, 15M3, 16M1 a 16M2. Každá klapka je vybavena snímačem koncové polohy. Pokud není klapka v požadované poloze, je tato událost zobrazena ve vizualizaci a současně je zaznamenána v deníku poplachů a na tiskárně.
- **Funkce automatického záskoku čerpadel**
- Povel na chod čerpadla se porovnává se zpětným hlášením. Pokud není signalizován chod příslušného čerpadla, automaticky se zapíná záložní čerpadlo. Porucha čerpadla je zobrazena ve vizualizaci a současně se zaznamená v deníku poplachů a na tiskárně.



Automatický provoz chlazení - A

- V tomto režimu je nejdříve odebíráno teplo z páteřních rozvodů budovy (jsou chlazeny) a je předáváno (přečerpáváno) do rozvodů topné soustavy.
- Jsou zavřeny příslušné uzavírací klapky a zapnuta čerpadla páteřních rozvodů
- Pomocí frekvenčních měničů je na těchto čerpadlech udržován diferenční tlak 20kPa.
- Klesne-li teplota chlazené vody z páteřních rozvodů vracející se do jednotky CARRIER pod 9°C a zároveň teplota vltavské vody je vyšší než 6°C je připojen okruh vltavské vody.
- Bude-li nabíjecí čerpadlo vypnuto (teplota v boilerech je větší než 45°C) a Carrier běží v režimu tepelného čerpadla, vypne se Carrier s prodlevou cca 5 minut a oběhová čerpadla zajišťují proplachování.
- Po doběhnutí čerpadel se otevřou příslušné uzavírací klapky. Carrier se zapne do režimu chlazení.
- Zapne-li se nabíjecí čerpadlo boileru, Carrier se vypne. Poté se přepne do režimu tepelného čerpadla.
- V létě v době od 23:00 do 6:00 není potřeba teplo ani chlad – Carrier je blokován (čas povel na povel režim Carrier 0 / Aut).



Chlazení vltavskou vodou - CHVV

- Jsou automaticky otevřeny příslušné uzavírací klapky, jsou zapnuta čerpadla páteřních rozvodů.
- Je automaticky zapnuto jedno z čerpadel vltavské vody, dále je automaticky otevřena klapka bypasu čerpadel chladicí vody.
- V případě potřeby se automaticky na základě nastavené tlakové difference zapínají čerpadla chladicí vody a klapka bypasu čerpadel chladicí vody se automaticky zavře.



Připravované rozšíření stávajícího projektu EPC v ND o instalaci fotovoltaické elektrárny na střechu Provozní budovy ND - systém Evalon Solar

- Stávající 25 let stará hydroizolace střechy provozní budovy ND vykazuje netěsnosti vůči dešťovým srážkám. Navržený systém vyřeší i tento problém a to s přidanou hodnotou fotovoltaického systému.
- **Technické údaje:**
- Plocha střechy – fotovoltaika: 554 m²
- Plocha střechy – ostatní: 373 m²
- Předpokládaná návratnost: cca 19,8 roků
- Předpokládaný výkon: 22,032 kWp
- Termín realizace: 09 – 11/2008
- Předpokládaná výtěžnost za rok: min.18.727 kWh (při 850 kWh/Wp/rok)
- Investiční náklad: 6.618.000 Kč (vč. dalších podpůrných opatření)
- Výnos z fotovoltaické elektrárny: 334.055 Kč / rok
- Návratnost: 19,8 roku
- Garantovaná 100% funkčnost systému: 20 roků
- Garantovaná 80% funkčnost systému: > 25 roků
- **Poznámka:** Relativně dlouhá doba návratnosti je v našem případě způsobena poměrně omezenou možností využití celkové plochy střechy pro fotovoltaickou elektrárnu v poměru 554m² fotovoltaiky/373 m² prosté hydroizolační fólie. V investičním nákladu se promítají veškeré náklady, spojené s realizací díla, tj. i řešení plochy střechy bez fotovoltaických modulů. Výhodou tohoto řešení je, že tímto opatřením zajistíme 100% funkčnost hydroizolace střechy a zároveň přidaná hodnota fotovoltaického systému nám uhradí náklady spojené s realizací tohoto opatření.



Připravované rozšíření stávajícího projektu EPC v ND o instalaci fotovoltaické elektrárny na střechu Provozní budovy ND - systém Evalon Solar

■ **Představení produktu Evalon Solar:**

- Tento produkt je určený pro ploché střechy, výrobcem je německá firma Alwitra GmbH Trier. Patří do něj vytlačované hliníkové profily k ukončení okrajů střech, záhlaví atik, popřípadě lemující profily okrajů teras, střešní vpusti a odvětrávání včetně doplňků a příslušenství.
- Významnou skupinu systému alwitra tvoří hydroizolační fólie. Prvním (a u nás známějším) typem je fólie na bázi EVA/PVC (tj. etylen-vinyl-acetát legovaný polyvinylchloridem) s obchodním názvem EVALON, různých modifikací (EVALON V, EVALON GV, EVALON SK).
- Druhým typem je fólie na bázi termoplastického EPDM s obchodním názvem EVALASTIC.
- Světovým unikátem se stal EVALON-Solar - první střešní hydroizolační pás, který vyrábí elektrický proud. Slouží k dokonalé ochraně budov před srážkovou vodou a současně k přímé přeměně slunečního záření na elektrický proud.

EVALON - Solar

- Základem systému je standardní hydroizolační fólie EVALON V, na jejímž povrchu jsou integrovány solární moduly.
- Jeden modul se skládá z 22 nebo 11 solárních buněk o rozměrech 240 x 340 mm, spojených v sériovém elektrického obvodu.
- Buňky jsou z obou stran opatřeny flexibilní transparentní vrstvou na bázi teflonu, odolnou vůči povětrnostním podmínkám.
- Solární buňky jsou třívrstvé (pro dokonalé využití jednotlivých složek slunečního spektra) a jsou vyrobeny z amorfního křemíku.
- Spodní (záporný) pól tvoří fólie z ušlechtilé oceli, horní (kladný) pól je z průhledné mřížky rovněž z vláken z ušlechtilé oceli.
- Solární modul je navařen na horním povrchu fólie EVALON a tvoří s ní jeden celek. Odpadají tak jednotlivé nosné konstrukce a stojany, které jsou potřebné při použití tradičních těžkých externích solárních článků se sklem.
- Jednotlivé moduly jsou spojeny vodiči, které probíhají na střeše pod spodní stranou fólie v tepelné izolaci a jsou svedeny pod střešní konstrukci do sběrné sítě.