

PUBLIKACE
ENVIROS, s.r.o. - LISTOPAD 2009

***Ministerstvo průmyslu a
obchodu***

METODIKA EINSTEIN V PRAXI



Název publikace	Metodika EINSTEIN v praxi
Referenční číslo	ECZ9218
Číslo svazku	Svazek 1 z 1
Verze	konečná
Datum	listopad 2009
Odkaz na soubor	G:\Projects\ECZ9218_PR_-_MPO_EFEKT_-_Einstein\Zprávy\Publikace EINSTEIN.doc

Vedení projektu:

Ing. Josef Pikálek – vedoucí projektu

Schváleno:

Ing. Jaroslav Vích – výkonný ředitel

Adresa klienta:	Ministerstvo průmyslu a obchodu Na Františku 32, Praha 1
Kontaktní osoba:	Mgr. Milan Kyselák
Telefon:	+420 224 852 231
E-mail:	kyselak@mpo.cz

OBSAH

1	ÚVOD	7
1.1	Konečná spotřeba energie	7
1.2	Metodologie auditu tepelné energie EINSTEIN	7
1.3	Softwarový nástroj EINSTEIN	7
1.4	Publikace „Metodika EINSTEIN v praxi“	7
2	SPOTŘEBA ENERGIE V EU A ČR, EMISE CO₂	8
2.1	Spotřeba energie v EU	8
2.2	Spotřeba energie v ČR	8
2.3	Emise CO ₂	10
3	METODOLOGIE AUDITU TEPELNÉ ENERGIE EINSTEIN	11
3.1	Spotřeba energie s ohledem na enviromentální dopady	11
3.1.1	Energetický nositel, výroba energie	11
3.1.2	Obnovitelné zdroje energie	12
3.1.3	Enviromentální dopady	12
3.2	Oblast a rozsah použití	13
3.3	Užitá sada nástrojů	14
4	DEFINICE ENERGETICKÝCH TOKŮ	15
4.1	Základní parametry	15
4.2	Kalkulace konečné spotřeby energie a primární energie	18
4.3	Užitečné teplo a chlad dodávek (USH/C)	19
4.4	Užitečné procesní teplo a chlad (UPH/C)	19
4.5	Rekuperovatelné odpadní teplo (QWH) a rekuperované odpadní teplo (QHX)	20
4.6	Úrovně teplot teplotnosného média	20
5	MODELÝ PROCESU A POTŘEBA ENERGIE	22
5.1	Modely procesu	22
5.2	Předpoklady pro rychlý audit EINSTEIN	24
5.3	Profily poptávky	24
5.4	Integrace tepla a analýza seškrcení	25
5.4.1	Analýza výrobního procesu pomocí analýzy seškrcení	25
5.4.2	Návrh výměníků tepla	27
5.4.3	Vliv termodynamicky úzkého hrdla na analýzu seškrcení	28
6	EKONOMICKÉ POSOUZENÍ	30
7	IMPLEMENTACE TEPELNÉHO AUDITU EINSTEIN	33
7.1	Základní postupy – kroky	33

7.2	Kontakt, předběžná schůzka, motivace	35
7.2.1	Kontakt, informace	35
7.2.2	Předběžná schůzka, motivace	35
7.3	Získání údajů ve fázi předběžného auditu	36
7.3.1	Příprava společnosti, uživatele	37
7.3.2	Příprava auditora	37
7.3.3	Základní dotazník pro dálkové získání údajů	38
7.4	Zpracování předběžných informací a dat	38
7.4.1	Zpracování údajů ve fázi předběžného auditu	38
7.4.2	Doplnění informací telefonickými rozhovory	38
7.4.3	Získání srovnávacích údajů	39
7.4.4	Získání základních znalostí konkrétního oboru	39
7.4.5	Identifikace možných opatření	39
7.4.6	Seznam priorit dalšího zkoumání a shromažďování dat	39
7.5	Rychlé a hrubé předběžné posouzení	40
7.5.1	Vytvoření zprávy o „rychlém a hrubém“ posouzení	40
7.5.2	Neslibujte na začátku příliš!	40
7.6	Místní šetření (alternativně shromažďování údajů na dálku)	40
7.6.1	Prezentace rychlého a hrubého posouzení a diskuse nad ním	40
7.6.2	Rozhovory a návštěva na místě za účelem získání podrobných údajů	41
7.6.3	Rychlá kontrola úplnosti a konzistence na místě	44
7.6.4	Měření během návštěvy	44
7.6.5	Program měření u uživatele	46
7.6.6	Diskuse o dojmech z návštěvy	46
7.7	Analýza současného stavu	46
7.7.1	Kontrola konzistence a úplnosti údajů	46
7.7.2	Získání chybějících informací	48
7.7.3	Podrobná struktura spotřeby	50
7.7.4	Analýza skutečného provozu stávajících zařízení	51
7.7.5	Srovnání s referenčními údaji	51
7.8	Koncepční návrh možností úspor a stanovení předběžných cílů spotřeby energie	54
7.8.1	Optimalizace procesů: seznam efektivních technologií pro konkrétní provozní jednotky, možnosti úspor na straně poptávky	54
7.8.2	Předběžný návrh sítě tepelných výměníků a zásobníků	56
7.8.3	Předběžný návrh alternativních systémů dodávek (včetně změn paliv a změn rozvodu)	61
7.8.4	Výpočet energetické výkonnosti a ekologická analýza	72
7.9	Ekonomická a finanční analýza	74
7.10	Tvorba zpráv a prezentace	76
7.10.1	Obsah zprávy	76
7.10.2	Prezentace společnosti	77
7.11	Časová náročnost implementace	77
8	ZHODNOCENÍ IMPLEMENTAČNÍHO TÝMU	79
8.1	Implementační tým	79
8.2	Pozitiva projektu	79
8.3	Negativa projektu	79
8.4	Závěr	80

9	PŘÍLOHA 1 - PRÁCE SE SOFTWAREM EINSTEIN	81
9.1	Instalace systému	81
9.2	Postup při hodnocení identifikovaných opatření	81
9.3	Využití odpadního tepla z kompresoru	81
9.3.1	Základní popis, vytvoření projektu	82
9.3.1.1	Základní popis	82
9.3.1.2	Vytvoření projektu	84
9.3.2	Zadání vstupních údajů	84
9.3.2.1	Všeobecná data	84
9.3.2.2	Spotřeba energie	84
9.3.2.3	Procesní data	86
9.3.2.4	Výroba tepla a chladu	89
9.3.2.5	Rozvod tepla a chladu	90
9.3.2.6	Rekuperace tepla	91
9.3.2.7	Obnovitelné zdroje energie	92
9.3.2.8	Budovy	93
9.3.2.9	Parametry a management	93
9.3.2.10	Kontrola konzistence	94
9.3.3	Statistická data, srovnání test, alternativy	96
9.3.4	Návrhy variant, zpráva	98
10	PŘÍLOHA 2 - ZDROJE INFORMACÍ, LITERATURA	99

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Identifikace zadavatele a předmětu díla je uvedena v Tab. 1.

Tab. 1 Identifikační údaje zadavatele

Název zadavatele	Ministerstvo průmyslu a obchodu
Adresa	Na Františku 32, Praha 1
Jméno odpovědného zástupce	Ing. Roman Portužák, CSc.
Kontaktní osoba	Mgr. Milan Kyselák
Telefon	+420 224 852 231
Email	kyselak@mpo.cz
Předmět	Publikace „Metodika EINSTEIN v praxi“

Identifikace zpracovatele je uvedena v Tab. 2.

Tab. 2 Identifikační údaje zpracovatele

Název firmy	ENVIROS, s.r.o.
Právní forma	společnost s ručením omezeným
IČO	61503240
DIČ	CZ61503240
Spisová značka	Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 31001
Adresa	Na Rovnosti 1, 130 00 Praha 3
Jméno odpovědného zástupce	Ing. Jaroslav Vích, ředitel a jednatel
Tel.	+ 420 284 007 498
Fax.	+ 420 284 861 245
Řešitelský tým	
Vedoucí projektu	Ing. Josef Pikálek
Řešitelé	Ing. Pavel Sitný – ředitel divize ENUS Ing. Josef Pikálek – energetický expert Ing. Karel Kejchal – energetický expert Ing. Stanislav Bock – specialista, konzultant Ing. Jan Pavlík - specialista, konzultant

1 ÚVOD

1.1 Konečná spotřeba energie

Konečná spotřeba energie má v celosvětovém měřítku stále rostoucí trend. Výroba energie je v převážné většině případů zajišťována s využitím fosilních paliv, což je z hlediska kapacity stávajících zdrojů trvale neudržitelný stav. Tento aspekt se velmi negativně projevuje i v enviromentálních dopadech, zejména v produkci emisí skleníkového plynu CO₂.

Strategickým záměrem Evropské unie, jejíž součástí je i Česká republika, je proto cílené a řízené snižování energetické náročnosti a produkce emisí CO₂. V České republice je tato strategie postižena legislativními nástroji. Jedná se zejména o zákon o hospodaření s energií (zákon č. 406/2000 Sb., v aktuálním znění) ve kterém jsou formulovány povinnosti a rozsah např. Státní energetické koncepce s výhledem na následujících 30 let, Územní energetické koncepce s výhledem na následujících 20 let, Energetického auditu atd. Tento zákon je doplněn prováděcími předpisy – vyhláškami.

Konečná spotřeba energie v České republice v úrovni roku 2007 činí cca 1 150 TJ.rok⁻¹, což je přibližně 2,7 % spotřeby energie zemí EU15 a 2,3 % spotřeby energie zemí EU27. Průmyslová odvětví se celkové konečné spotřebě energie České republiky v úrovni roku 2007 podílí 36,0 %.

1.2 Metodologie auditu tepelné energie EINSTEIN

Metodologie auditu tepelné energie EINSTEIN byla vyvinuta v rámci Evropského projektu (Intelligentní energie pro Evropu - IEE) za účelem zvýšení účinnosti užití energie, využití OZE a snížení produkce emisí. Na projektu spolupracovali partneři z Rakouska (Joanneum Research), Itálie (Universita Řím) a Španělska (energy Experts.BCN) v letech 2003 – 2007 v rámci programu IEA (International Energy Agency), Solární ohřev a chlazení, SolarPACES, Úkol 33/IV pro Solární ohřev průmyslových procesů. Základní prvky a koncepce, které jsou základem této metodologie, byly vytvořeny v rámci Evropského (5. rámcový program) projektu POSHIP (Potenciál solárního ohřevu průmyslových procesů) a rakouského národního projektu PROMISE (Výroba pomocí sluneční energie).

1.3 Softwarový nástroj EINSTEIN

Softwarový nástroj EINSTEIN spolu, s doplňkovými databázemi, je průběžně vyvíjen jako volně distribuovaný softwarový produkt, který je dostupný v osmi světových jazycích na webových stránkách projektu nebo u členů konsorcia.

1.4 Publikace „Metodika EINSTEIN v praxi“

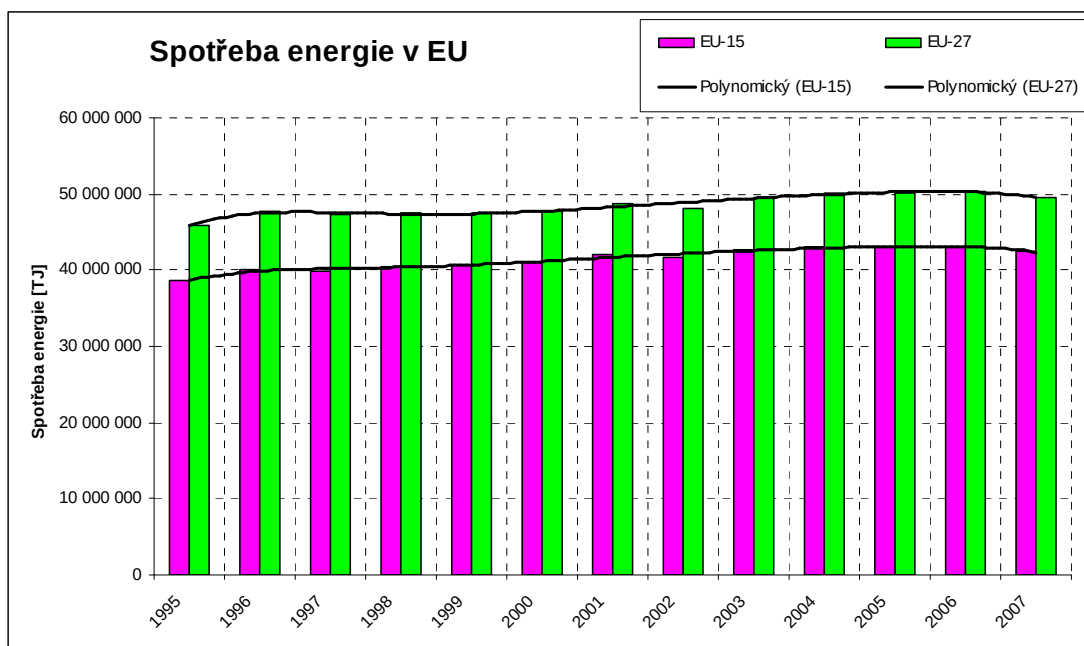
Publikace „Metodika EINSTEIN v praxi“ vznikla za účelem seznámení energetických auditorů, inženýrů, konzultantů, výzkumníků, studentů a širší veřejnosti s moderním softwarovým nástrojem, kterým lze velmi efektivně postihnout tepelné hospodářství podniku. Publikace je zaměřena na seznámení potenciálních uživatelů s vlastním softwarovým nástrojem a předání zkušeností implementačních týmů, které pilotně aplikovaly metodiku EINSTEIN ve vybraných průmyslových podnicích v České republice a v zahraničí. Publikace byla podpořena z programu EFEKT 2009, jehož donorem je Ministerstvo průmyslu a obchodu.

2 SPOTŘEBA ENERGIE V EU A ČR, EMISE CO₂

2.1 Spotřeba energie v EU

Trend spotřeby energie zemí Evropské unie je v časovém období let 1995 až 2007 znázorněn na Obrázek 1:. Podobně jako je tomu u celosvětové spotřeby energie má tento trend rostoucí charakter s ročním navýšením o cca 1 %.

Obrázek 1: Trend spotřeby energie v EU (Eurostat)



Zdroj dat: Eurostat

2.2 Spotřeba energie v ČR

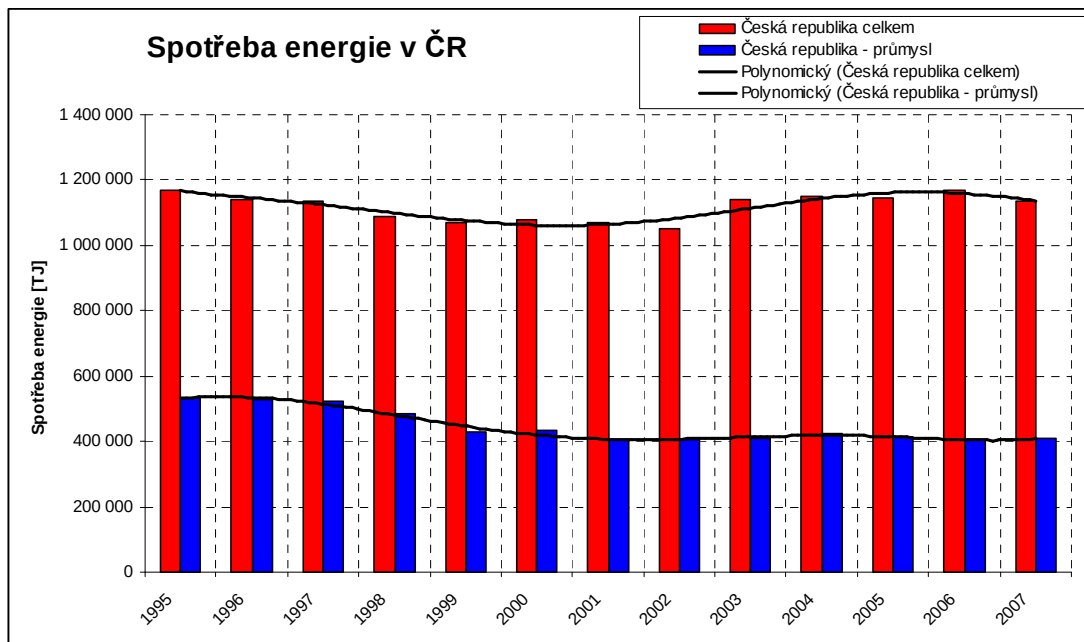
Spotřeba energie v ČR má oproti Evropské unii značně kolísavější charakter (viz Obrázek 2:). V časovém období let 2003 až 2007 můžeme zaznamenat stagnaci spotřeby na úrovni cca 1 150 TJ.rok⁻¹. Rozdělení celkové spotřeby energie ČR dle užitých paliv je uvedeno v Tab. 3., graficky za období 2005 ÷ 2007 na Obrázek 2:.

Tab. 3 Spotřeba energie v ČR

Česká republika	Průměr 1997 ÷ 2007	Průměr 2005 ÷ 2007
.Uhlí	185 291	159 283
Ropné produkty	279 612	316 423
Zemní plyn	290 867	287 073
Teplo	117 614	98 939
OZE	36 360	69 003
Elektrická energie	202 314	218 741
Celkem	1 112 058	1 149 463

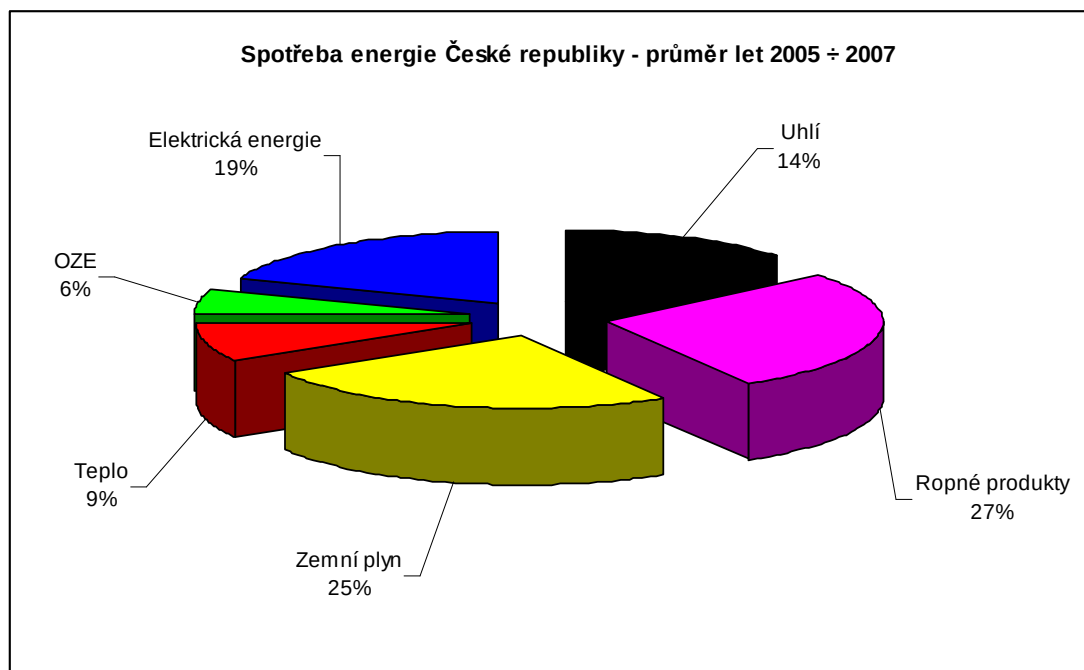
Zdroj dat: Eurostat

Obrázek 2: Spotřeba energie v ČR, celkem a průmysl



Zdroj dat: Eurostat

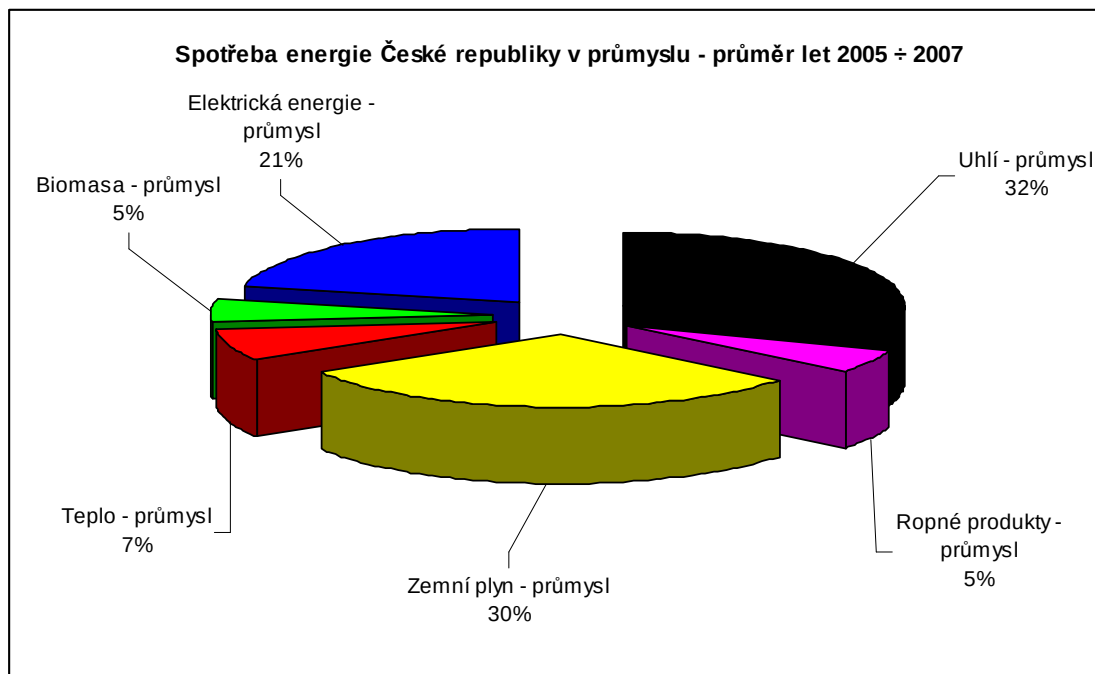
Obrázek 3: Spotřeba energie České republiky – průměr let 2005 ÷ 2007



Zdroj dat: Eurostat

Zastoupení spotřeby energie v členění dle paliva v průmyslových odvětvích je uvedeno na Obrázek 4: Jasně dominující je spotřeba zemního plynu a uhlí, což se v součtu na spotřebě energie v průmyslových odvětvích podílí z 62 %. Další významnou spotřebou je elektrická energie, která se na spotřebě průmyslu podílí 21 %.

Obrázek 4: Spotřeba energie České republiky v průmyslu – průměr let 2005 ÷ 2007



Zdroj dat: Eurostat

2.3 Emise CO₂

Na základě spotřeby primárních paliv, druhu zdroje, výkonu zdroje, způsobu spalování a provozu můžeme vykalkulovat produkci emisí.

Nejsledovanějším emisním plynem je oxid uhličitý (CO₂), který je zařazen do kategorie skleníkových plynů. Výpočet produkce emisí CO₂, tedy bezbarvého plynu vznikajícího reakcí uhlíku s kyslíkem, je možno provést na základě násobku stanovených emisních koeficientů a množství spalovaného primárního paliva. Pouze u uhelných zdrojů, výroby elektrické energie a OZE je tomu:

- ♦ Uhelné zdroje – na základě množství spáleného uhlí a množství uhlíku obsaženého např. ve strusce;
- ♦ Elektrické energie – palivový mix (elektrárny - uhelné, plynové, jaderné, vodní a výroba z OZE);
- ♦ OZE – produkce emisí CO₂ jsou považovány za nulové.

Přehled všeobecných emisních koeficientů je uveden v Tab. 4 (vyhláška č. 213/2001 Sb., v aktuálním znění).

Tab. 4 Emisní koeficienty CO₂

Energetický nositel	Jednotkové množství	Jednotka
Hnědé uhlí	0,36	tun CO ₂ .MWh ⁻¹ výhřevnosti paliva
Černé uhlí	0,33	tun CO ₂ .MWh ⁻¹ výhřevnosti paliva
Těžký topný olej	0,27	tun CO ₂ .MWh ⁻¹ výhřevnosti paliva
Lehký topný olej	0,26	tun CO ₂ .MWh ⁻¹ výhřevnosti paliva
Zemní plyn	0,20	tun CO ₂ .MWh ⁻¹ výhřevnosti paliva
Biomasa	0,00	tun CO ₂ .MWh ⁻¹ výhřevnosti paliva
Elektřina	1,17	tun CO ₂ .MWh ⁻¹ množství elektrické energie

3 METODOLOGIE AUDITU TEPELNÉ ENERGIE EINSTEIN

3.1 Spotřeba energie s ohledem na enviromentální dopady

3.1.1 Energetický nositel, výroba energie

Energetické potřeby průmyslu jsou zajišťovány přímým nákupem energetických nositelů ve formě tepla, chladu, elektřiny a stlačeného vzduchu nebo nákupem energetických nositelů s jejich následnou transformací ve vlastních zdrojích. V poslední době jsou efektivně využívány i OZE (energie větru, vody, slunce a geotermální energie).

Spotřebu energie lze vyjádřit formou konečné spotřeby energie nebo formou primární spotřeby energie:

- ♦ Konečná spotřeba energie: množství energie obsažené ve zdrojích energie vstupujících do průmyslu, nezávisle na jejich formě (energetický obsah paliv je v systému EINSTEIN kalkulován na základě nejnižší výhřevnosti neboli LCV);
- ♦ Primární energie: celkové množství energie potřebné k výrobě požadovaného energetického nositele, se započtením ztrát ve všech krocích zpracování, od těžby, transformace, úpravy a distribuce. Rozdíl mezi konečnou a primární energií je zvláště patrný v případě elektřiny, kdy je v Evropě na každou jednotku elektřiny potřeba 2,5 až 3 jednotky primární energie (dáno účinností výroby, přenosu, distribuce a transformace na napěťové úrovni).

Užití energetických nositelů v průmyslu můžeme rozdělit do kategorií: k tepelným účelům a jiným než tepelným účelům. Metodologie auditu tepelné energie EINSTEIN se zabývá výhradně tepelnou částí spotřeby energie. Využití energie k tepelným účelům je v metodologii EINSTEIN definováno jako:

- ♦ Ohřev a chlazení procesů (včetně energie pro chemické reakce, pokud probíhají díky teplu);
- ♦ Ohřev a chlazení prostorů, výrobních hal a kanceláří;
- ♦ Poptávka po sanitární horké/teplé vodě.

Využití energie k jiným než tepelným účelům je v metodologii EINSTEIN definováno jako: Spotřeba elektrické (a jiné) energie k osvětlení, pohonu strojů (např. motory, kompresory) a dalších elektrických zařízení, s výjimkou klimatizace, chlazení a ohřevu, které se započítávají do statistiky poptávky po tepelné energii.

Metodologie auditu EINSTEIN nezvažuje níže uvedené položky, i když jsou důležitou součástí globální energetické bilance:

- ♦ Jiné než energetické využití paliv, např. jako surovin pro chemickou výrobu;
- ♦ Spotřeba energie k přepravě surovin a konečných produktů a k přepravě pracovníků do práce/z práce;
- ♦ Obsah energie v surovinách (z předchozích kroků zpracování).

3.1.2 Obnovitelné zdroje energie

Mezi standardně užívané obnovitelné zdroje s přímou přeměnou v systémech průmyslové dodávky tepla a chladu patří:

- ♦ Solární tepelná energie (včetně solární tepelné CHP: elektřina a teplo);
- ♦ Biomasa a bioplyn;
- ♦ Geotermální energie.

Za výjimku mohou být považovány fotovoltaické systémy. I přes velmi příznivé investiční náklady a garantovanou výši výnosů (výkupní ceny) je jejich aplikace v průmyslu z hlediska přímého užití energie potlačena. Jedná se zejména o odběratelsko-dodavatelské vztahy, kdy se cena „silové elektřiny“ odvíjí od liberalizovaného trhu s elektrickou energií a smluvně stanoveným výkonovým poměrům v odběrném místě (rezervovaná kapacita, naměřené $\frac{1}{4}$ hodinové maximum atd.). Generovaná elektrická energie je z výše uvedených důvodů u většiny případů prodávána přímo do konvenční elektrizační sítě.

Systém EINSTEIN proto v případě optimalizace užití energie podporuje využít i výše uvedené standardně užívané obnovitelné zdroje energie.

3.1.3 Enviromentální dopady

Spotřeba energie v průmyslu na evropské půdě převyšuje 24 % celkové konečné spotřeby energie (bez započtení spotřeby energie v dopravě související s průmyslovou výrobou). Ekologický dopad spotřeby energie můžeme vyčíslit nebo reprezentovat faktory:

Ekologický dopad spotřeby energie v průmyslu je dán řadou různorodých faktorů, například:

- ♦ Emise látek při konverzi energie (CO_2 , další skleníkové plyny (GHG), NO_x , CO, radioaktivní emise, radioaktivní odpad atd.);
- ♦ Spotřeba konečných a neobnovitelných zdrojů (fosilní paliva, suroviny);
- ♦ Rizika související se systémem dodávek a konverze energie (např. při přepravě paliv, transformaci paliv, nehod v jaderných zařízeních, atd.);
- ♦ Spotřeba vody (např. v chlazení);
- ♦ Zábor půdy (např. pro pěstování biopaliv nebo růst biomasy, který konkuruje využití půdy pro ostatní zemědělské účely).

Posouzení ekologických dopadů včetně započtení výše uvedených faktorů rovněž zahrnuje metodologie EINSTEIN. Při hodnocení ekologického dopadu se jako hlavní indikátory využívají následující faktory:

- ♦ Spotřeba primární energie jako hlavní indikátor pro ekologické posouzení;
- ♦ Generování emisí skleníkového plynu CO_2 ;
- ♦ Generování silně radioaktivních (HR) jaderných odpadů (souvisejí se spotřebou energie);
- ♦ Spotřeba vody.

3.2 Oblast a rozsah použití

Metodologie EINSTEIN se zaměřuje na odvětví s vysokou energetickou náročností, kdy je užito energetického nositele o nízké nebo střední teplotě do 400 °C.

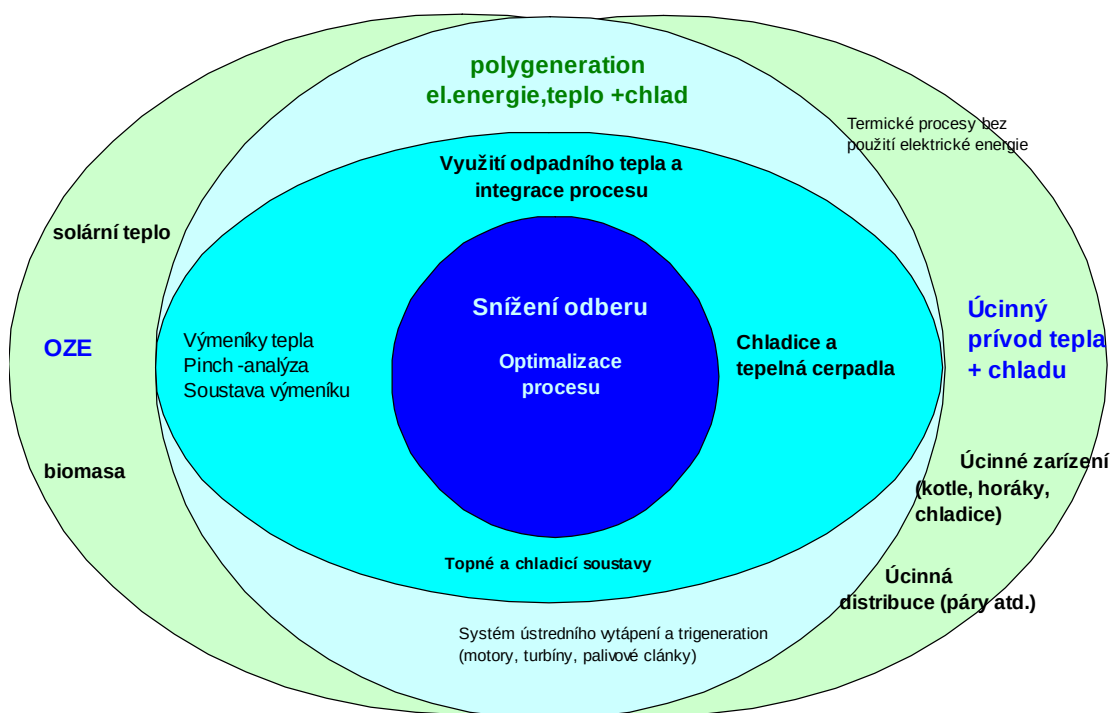
Jedná se tedy například o:

- ♦ potravinářský průmysl,
- ♦ povrchové úpravy kovů,
- ♦ dřevozpracující průmysl,
- ♦ další průmyslová odvětví (papírenská, chemická, farmaceutická, textilní atd.).

Rozsah a možnosti auditu tepelné energie EINSTEIN vychází z komplexního pojetí výroby a užití energie nebo energetických nositelů, které je názorně vyjádřeno na níže přiloženém obrázku. Jedná se zejména o oblasti:

- ♦ možností snižování spotřeby optimalizací procesů a využitím energeticky efektivních technologií,
- ♦ zaměřené na zvyšování energetické efektivity díky rekuperaci tepla a integraci procesů,
- ♦ kombinace dostupných technologií zdrojů energetických nositelů (účinné kotle a hořáky, kogenerace, tepelná čerpadla), včetně využití obnovitelných zdrojů energie (biomasa, sluneční energie k výrobě tepla),
- ♦ zohledňující existující ekonomická omezení.

Obrázek 5: Model metodiky Einstein – optimalizace procesu



Základ expertního systému, softwarový nástroj a příručka, jsou k dispozici zdarma formou open source softwarového projektu (www.sourceforge.net/projects/einstein). Tento typ vývoje softwaru je možno považovat za velmi efektivní způsob šíření znalostí s neustálou údržbou, opravami chyb, aktualizacemi a zlepšováním softwaru příspěvky uživatelů [FLOSS 2002].

3.3 Užitá sada nástrojů

Technická a provozní složitost tepelného hospodářství v podnicích zpravidla neumožňuje objektivněji kvantifikovat nebo posoudit efektivitu a potenciál dosažitelných úspor u složitějších celků. Nutná je v tomto případě analýza naměřených dat a provozních veličin, což vyžaduje nákladné doplnění systému podružného měření a spolupráci kvalifikovaných pracovníků. Ne vždy se však i přes potřebné náklady podaří dosáhnout cíle nebo záměrů. Tyto uvedené aspekty jsou jedním z hlavních důvodů, proč je potenciál úspor tepelné energie i dnes prozkoumán mnohem méně než potenciál úspor elektřiny.

Alternativním řešením je Sada nástrojů EINSTEIN, která výše uvedené aspekty řeší s využitím koncepcí a umožňuje tak zpracování údajů a vytvoření návrhů v typických průmyslových odvětvích o střední složitosti již za 4 ÷ 8 hodin pracovní doby mladšího experta. Hlavní výhody sady nástrojů EINSTEIN jsou:

- ♦ standardizace problému a možných řešení: k získání dat i vytvoření návrhů se využívají standardizované modely operací (procesů) reprezentující v grafické podobě daný proces a standardizované moduly podsystémů dodávek tepla a chladu,
- ♦ rychlé a přibližné odhady: pomůcky k odhadu a výpočtu nedostupných relevantních údajů o potřebě tepla. V mnoha případech lze podstatné přibližné údaje o potřebě tepla procesů získat kombinací informací získaných během místního šetření a rozhovorů s odpovědnými pracovníky společnosti. Tento zpravidla časově náročný výpočet, který je předpokladem zpracování těchto údajů, lze výrazně zkrátit použitím omezené datové množiny jako vstupu standardizovaného modelového postupu. Tímto způsobem můžeme za minimálních požadavků na čas dosáhnout potřebných výpočtů pro fázi předběžného návrhu a nahradit tak podružná měření na místě, a to s dostatečnou přesností. Zpětnou vazbou je v tomto případě softwarová křížová kontrola dat,
- ♦ poloautomatizace postupu auditu a generování návrhu: softwarový nástroj EINSTEIN obsahuje aktualizované databáze, např. technických parametrů standardních součástí, aby nástroj mohli používat k řešení poměrně složité problematiky i technici bez zvláštních znalostí. Srovnávací údaje umožní uživateli vyhodnotit stav před navrhovanými změnami i po nich. Nástroj obsahuje seznamy pro rychlou kontrolu a automaticky generuje zprávy z auditů, ve formátu, který vnější auditor může přímo předat zákazníkovi nebo technik vedoucímu,
- ♦ předávání dat přes web nebo formou krátkého dotazníku: S uvážením faktu, že k vypracování prvního hrubého posouzení v mnoha případech stačí několik málo vstupních údajů, byl vytvořen krátký dotazník vycházející ze šablony pro shromažďování údajů, která je přizpůsobena rámci IEA úkolu 33. Umožňuje shromažďování údajů přímo na místě a lze jej také snadno vyplnit v průběhu telefonického rozhovoru. Tento dotazník lze vyplnit i na webu a tím vzniká zjednodušený postup vlastního posouzení.

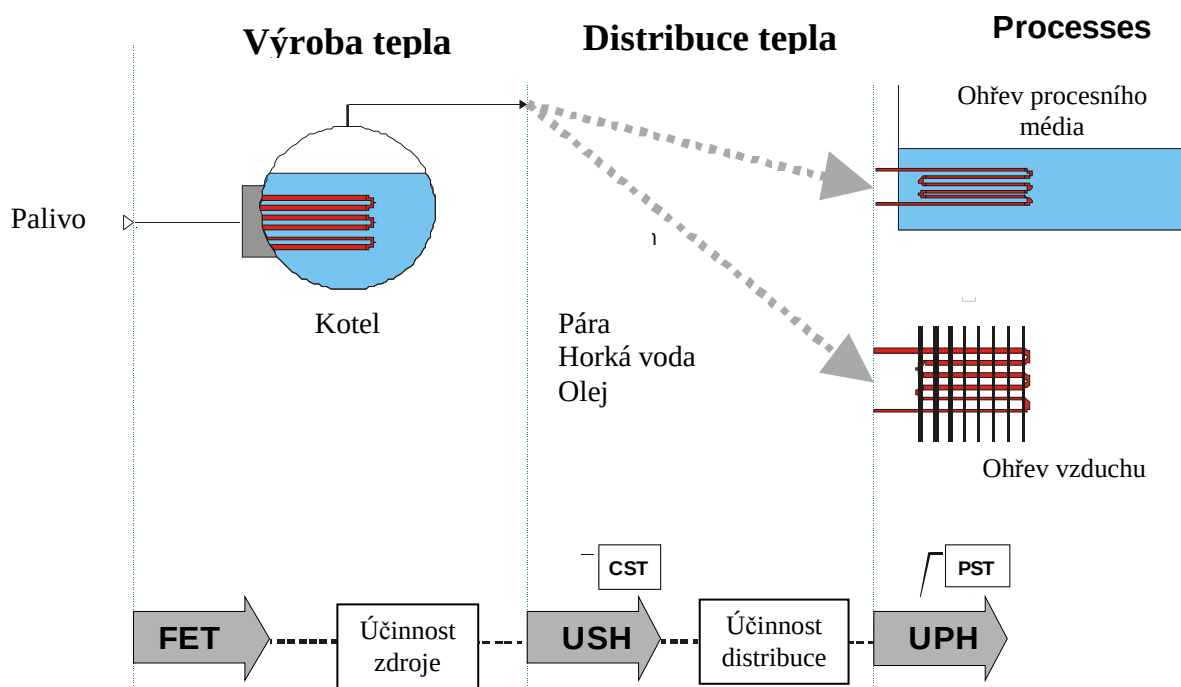
4 DEFINICE ENERGETICKÝCH TOKŮ

4.1 Základní parametry

Při analýze poptávky po tepelné energii v průmyslu využívá metodologie EINSTEIN následující základní parametry:

- ♦ Konečná spotřeba energie (FEC) a Konečná spotřeba energie pro tepelné účely (FET): nejnižší výhřevnost spotřebovaného paliva, spotřeba tepla a elektřiny (pro tepelné účely).;
- ♦ Užitečné teplo dodávky (USH): teplo generované systémem dodávky tepla (kotle, hořáky) a distribuované různým procesům, které teplo spotřebovávají, ve formě páry, horkého vzduchu, horké vody atd.;
- ♦ Užitečné teplo procesu (UPH): teplo dodané procesu (měřené na vstupu tepelného výměníku procesu).

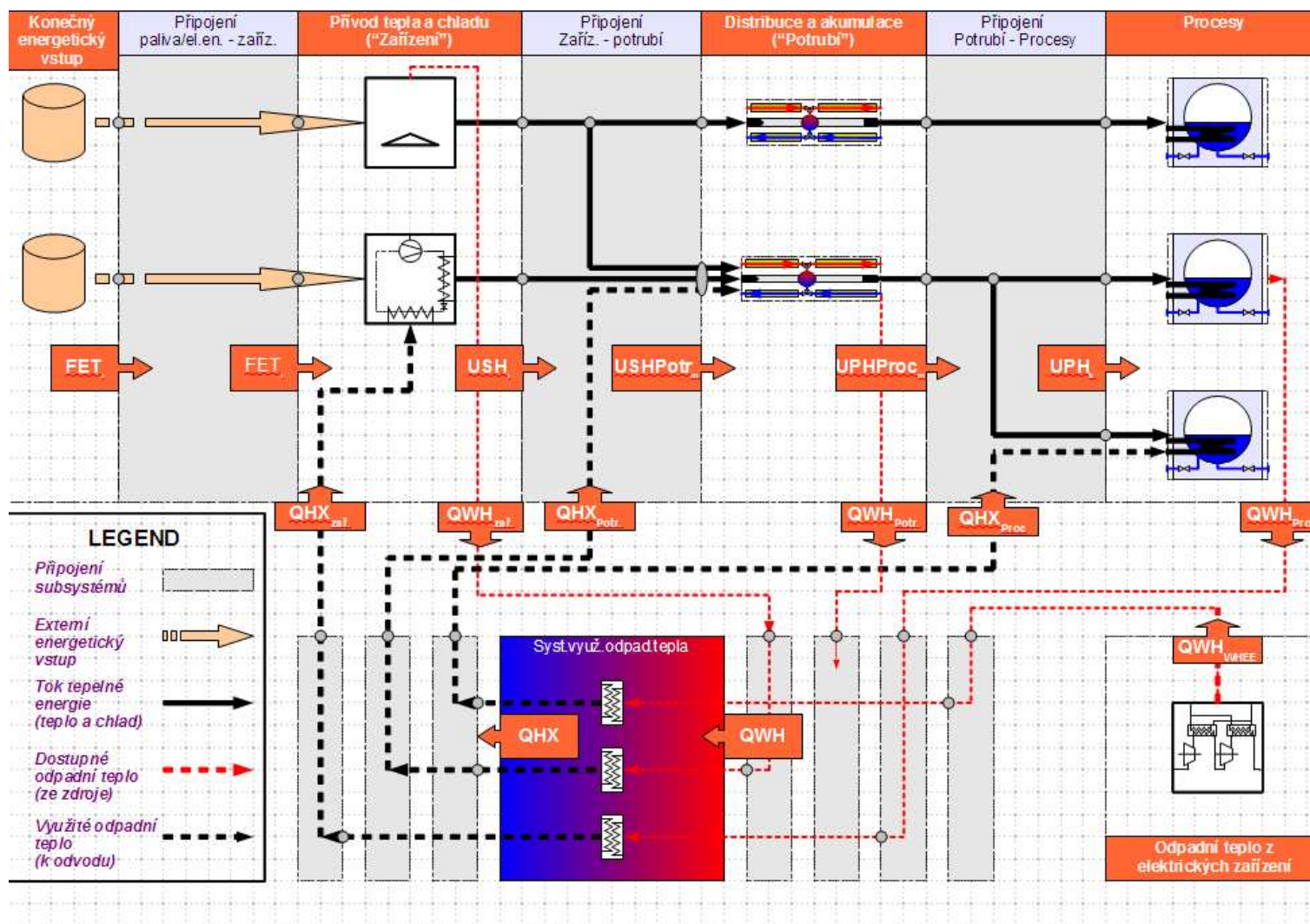
Obrázek 6: Definice energetických toků v průmyslovém systému dodávky tepla dle metodologie EINSTEIN



Poměrem USH/FET a UPH/USH můžeme definovat účinnost přeměny a účinnost rozvodu v systému.

Pokud do systému energetických toků navíc zahrneme i toky odpadního tepla, stane se schéma energetických toků o něco složitější. Příklady průmyslových procesů využívajících odpadního tepla jsou uvedeny na Obrázek 7: a Obrázek 8:.

Obrázek 7: Definice EINSTEIN v systému průmyslové dodávky tepla s rekuperací tepla



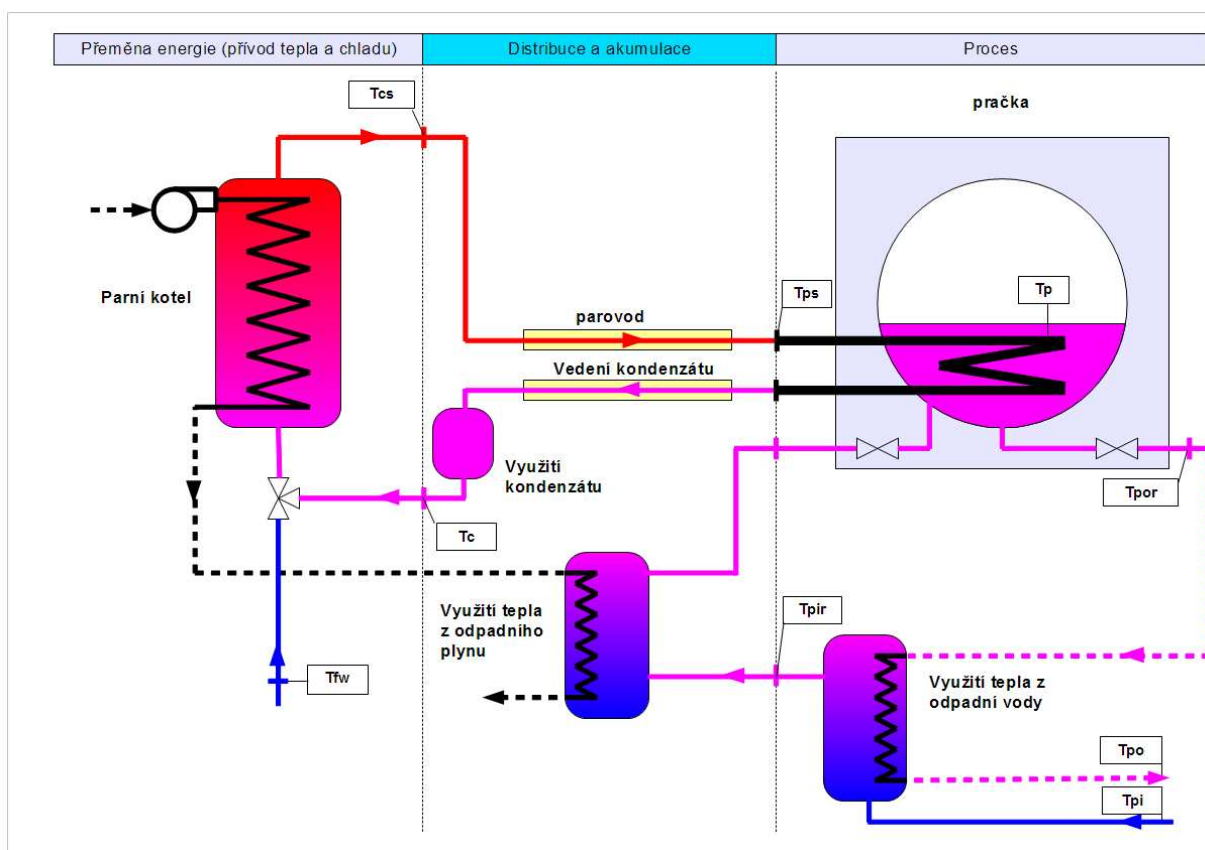
V metodologii EINSTEIN je dostupné odpadní teplo (Q_{WH}) definováno jako energetický tok vytvářený libovolným z podsystémů (dodávka/distribuce/procesy/ostatní), které není hlavním výstupem příslušného podsystému. Příklady toků odpadního tepla:

- ♦ Teplo obsažené ve spalných plynech kotle;
- ♦ Kondenzát shromažďovaný ve vratném potrubí;
- ♦ Teplo obsažené v odpadní vodě z procesu mytí.

Na druhou stranu jako rekuperované odpadní teplo (Q_{HX}) označujeme energetický tok, který je vstupem do libovolného z podsystémů (dodávka/distribuce/procesy), a jehož zdrojem je systém rekuperace odpadního tepla (včetně okolního vzduchu a půdy). Příklad toků rekuperovaného odpadního tepla:

- ♦ Předehřev spalovacího vzduchu nebo vody vstupující do kotle;
- ♦ Předehřev vody na vstupu mycího procesu;
- ♦ Předehřev využívající teplo vratné vody v rozvodu horké vody.

Obrázek 8: Příklad procesu průmyslového mytí vyjádřený dle modelu EINSTEIN



Následující sekce obsahují matematické definice množství využívaných v energetických bilancích EINSTEIN.

4.2 Kalkulace konečné spotřeby energie a primární energie

Celková spotřeba primární energie (FEC) je termín označující celkovou konečnou energii vstupující do závodu v podobě paliv (vyjádřeno nejmenší výhřevností LCV), elektřiny a tepla z rozvodu.

$$E_{FEC} = E_{FEC,el} + \sum_{i=1}^{N_{fuels}} E_{FEC, fuel(i)} + E_{FEC,heat} \quad (1.1)$$

Spotřeba primární energie (PEC) se z této hodnoty získá uplatněním konverzních faktorů pro jednotlivé typy energie:

$$E_{PEC} = f_{PE,el} E_{FEC,el} + \sum_{i=1}^{N_{fuels}} f_{PE,i} E_{FEC, fuel(i)} + f_{PE,heat} E_{FEC,heat} \quad (1.2)$$

kde $f_{PE,el}$ (typická hodnota: $2,5 \div 3$) je konverzní faktor primární energie pro elektřinu a $f_{PE,i}$ (typická hodnota: 1,1) je konverzní faktor primární energie pro různé typy paliv.

Energie je spotřebovávána k tepelným účelům (ohřev a chlazení) a jiným než tepelným účelům (osvětlení, motory, pohony atd.). Elektřina potřebná k napájení chladících jednotek klimatizace a chlazení a k napájení elektrického topení je rovněž započtena do spotřeby energie k tepelným účelům.

Odpovídající množství energie označujeme jako:

- ♦ $\frac{PET}{FET}$: spotřeba primární energie/konečná spotřeba energie pro tepelné účely,
- ♦ $\frac{PEO}{FEO}$: spotřeba primární energie/konečná spotřeba energie pro jiné než tepelné účely.

Platí následující rovnice (obdobná rovnice platí i pro primární energii):

$$E_{FEC} = E_{FET} + E_{FEO} \quad (1.3)$$

Celková konečná spotřeba energie pro tepelné účely je součet energie spotřebované veškerým ohřevem a chlazením závodu:

$$E_{FET} = \sum_{j=1}^{N_{eq}} E_{FET, j} \quad (1.4)$$

kde N_{eq} je počet tepelných zařízení v závodu (kotlů, chladících věží, motorů CHP atd.)

Zvláštní případ CHP (kogenerace tepla a elektřiny):

Z hlediska modelu EINSTEIN je CHP považován za zdroj tepla. Konečná spotřeba energie v CHP je určena jako čistá spotřeba paliva mínus generovaná elektřina:

$$E_{FET, j} = E_{FET, fuel(j)} - E_{FET, elgen, j} \quad (1.5)$$

Poznámka: pokud je účinnost elektrické přeměny v CHP vyšší než referenční hodnota zdrojů v elektrorozvodné síti, může být spotřeba energie v CHP, pokud jde o primární energii, i záporná!

4.3 Užitečné teplo a chlad dodávek (USH/C)

Užitečné teplo dodávek (USH) je teplo dodané zařízením zajišťujícím konverzi energie (kotle, hořáky atd.), měřené na výstupu zařízení (v kotelně). Energetická bilance se určuje takto:

$$\dot{Q}_{USH,j} = \dot{Q}_{USH,Eq,j} + \dot{Q}_{QHx,j} \quad (1.6)$$

kde $\dot{Q}_{QHx,j}$ je rekuperované odpadní teplo využívané tímto zařízením (např. předeřev spalovacího vzduchu nebo přívodní vody) a $\dot{Q}_{USH,Eq,j}$ je dodatečné teplo generované tímto zařízením při konverzi z konečné energie.

Čistá účinnost konverze v zařízení je definována takto:

$$\eta_{conv,j} = \frac{\dot{Q}_{USH,Eq,j}}{\dot{E}_{FET,j}} \quad (1.7)$$

Celkové teplo vstupující do rozvodů, označované USHPipe, je dáno vzorcem:

$$\dot{Q}_{USH,pipe,m} = \dot{Q}_{USH,m} + \dot{Q}_{QHx,m} \quad (1.8)$$

kde $\dot{Q}_{USH,m}$ je užitečná dodávka tepla ze zařízení zajišťujícího konverzi do potrubí m a $\dot{Q}_{QHx,m}$ je rekuperované odpadní teplo přímo předávané do potrubí m (např. předeřev vraceného média...).

Tepelný obsah zdrojů tepla, které netvoří uzavřené smyčky (např. rozvod páry bez rekuperace kondenzátu, příprava a distribuce horké vody) je definován s využitím výchozí (vnější) referenční teploty (teplota studené vody, vzduchu na vstupu):

$$\dot{Q}_{USH,pipe,m} = q_{m,o} h_o - q_{m,ret} h_{ret} - q_{m,i} h_i \quad (1.9)$$

kde druhé indexy označují výstup (o), návrat (ret) a vstup (i), přičemž poslední z těchto hodnot je referenční hodnotou neuzavřených smyček. V případě uzavřených smyček platí $q_m = q_{m,o} = q_{m,ret}$ a vzorec (1.9) se zjednoduší na:

$$\dot{Q}_{USH,pipe,m} = q_m (h_o - h_{ret}) \quad (1.10)$$

Obdobné vzorce platí i pro užitečný chlad dodávek (USC)

4.4 Užitečné procesní teplo a chlad (UPH/C)

Čistá poptávka po užitečném procesním teple (UPH) je definována jako rozdíl mezi celkovou (hrubou) poptávkou procesu (UPH_{gross}) a vnitřní rekuperací odpadního tepla.

$$Q_{UPH} = Q_{UPH,gross} - Q_{HX,internal} \quad (1.11)$$

Poznámka: Rozdíl mezi vnitřní a vnější rekuperací tepla závisí na specifikaci hranic procesu a uvažuje se u malých zařízení s vnitřními tepelnými výměníky, například hrubá poptávka po teple u pasterizačního zařízení, které má na vstupu studené mléko, se určuje jako teplo potřebné k ohřátí mléka z 4 °C na 72 °C, zatímco čistá poptávka po teple je jen teplo potřebné k dohřátí mléka po rekuperaci tepla, např. z 50 °C na 72 °C.

Na druhou stranu platí, že užitečné (čisté) procesní teplo lze vypočítat jako celkový vnější přívod tepla do procesu, a to ze systému dodávky tepla ($Q_{UPH,Proc}$) nebo z vnější rekuperace odpadního tepla, připojené přímo do procesu ($Q_{HX,Proc}$):

$$Q_{UPH} = Q_{UPH,Proc} + Q_{HX,Proc} \quad (1.12)$$

4.5 Rekuperovatelné odpadní teplo (Q_{WH}) a rekuperované odpadní teplo (Q_{HX})

Pro výpočet potenciálu rekuperace tepla musíme rozlišovat celkové množství odpadního tepla a toky odpadního tepla, které lze technicky využít. U toků, které jsou vstupem dalšího procesu, je rekuperovatelné odpadní teplo dále omežováno konečnou teplotou, na kterou lze tok ochladit, což určuje minimální entalpii h_{min} . Rekuperovatelné odpadní teplo konkrétního procesu ($Q_{QWH,Proc}$) je dáno vztahem:

$$Q_{QWH,Proc} = m_o (h_{po} - h_{min}) \quad (1.13)$$

Objem dostupného odpadního tepla ze zařízení ($Q_{QWH,Eq}$, např. spalné plyny) nebo z potrubí ($Q_{QWH,pipe}$, např. kondenzát) se vypočte obdobným způsobem, na základě určité výchozí referenční teploty.

Kromě toků odpadního tepla může být odpadní teplo také uloženo (obsaženo) v tepelné setrvačnosti procesních zařízení nebo médií, které zůstávají součástí procesu. Celkové množství odpadního tepla lze pak vypočítat z následujícího vztahu, kde N_s je celkový počet spuštění - a tím i odstávek - procesu:

$$Q_{QWH,Proc} = m_o (h_{po} - h_{min}) + mc_p (T_p - T_{min}) N_s \quad (1.14)$$

Skutečně rekuperované odpadní teplo Q_{QHX} pak závisí na uspořádání systému rekuperace tepla a je vždy menší nebo nejvýše rovno celkovému dostupnému odpadnímu teple.

$$\sum_{h=1}^{N_{HX}} Q_{QHX,h} \leq \sum_{source} Q_{QWH,source} \quad (1.15)$$

4.6 Úrovně teplot teplotonosného média

V analýze EINSTEIN není podstatné pouze množství energie v jednotlivých podsystémech, ale značná pozornost je rovněž věnována i úrovni teploty teplotonosného média.

I když se tím analýza poptávky tepla stává složitější, je tento přístup absolutně nezbytným předpokladem návrhu energeticky efektivních řešení:

- ♦ Potenciál rekuperace tepla a integrace tepla silně závisí na úrovních teplot na straně poptávky i dodávky (dostupné odpadní teplo);
- ♦ Řada energeticky efektivních technologií přeměny, jako je CHP nebo tepelná čerpadla, a také obnovitelných zdrojů energie (sluneční tepelná energie) je (v praxi) omezena na nízké a střední teploty. Návrh systému dodávky, který maximálně využívá nízkoteplotních zdrojů, je proto podmínkou využití uváděných technologií;
- ♦ Efektivita přeměny se u konvenčních zařízení zvyšuje a ztráty tepla v rozvodu, ukládání a procesních zařízeních klesají s poklesem úrovně teplot.

Tab. 5 Klasifikace technologií podle úrovně teplot teplotnosného média

Teplotní interval [°C]	Úroveň teplot	Použitelná technologie dodávek tepla
< 60	Nízká	Tepelná čerpadla
< 90	Střední - nízká	Nízkoteplotní sluneční tepelné zdroje
< 150	Střední	Odpadní teplo z motorů CHP (chladící voda při kogeneraci)
< 250	Střední - vysoká	Praktická mez pro ploché sluneční tepelné zdroje
< 400	Vysoká	Nízkotlaká pára

U procesů a systémů dodávek tepla musíme rozlišovat následující teploty:

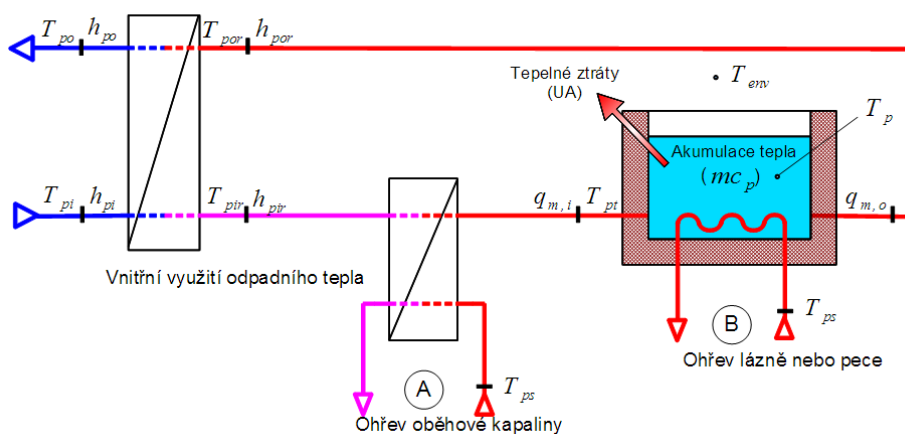
- ◆ Procesní teplota (*PT*): teplota pracovní kapaliny v procesu;
- ◆ Teplota dodávky do procesu (*PST*): teplota teplotnosného média na vstupu ohřevu procesu (např. teplota páry na vstupu tepelného výměníku procesu);
- ◆ Teplota centrálního zdroje (*CST*): teplota teplotnosného média na výstupu centrálního zdroje (kotle). Rozdíl mezi *CST* a *PST* je dán ztrátami v rozvodu.

5 MODELÝ PROCESU A POTŘEBA ENERGIE

5.1 Modely procesu

Procesy se v modelu EINSTEIN modelují pomocí standardního modelu procesu, který je uveden na Obrázek 9:. Většina procesů vyžaduje jak ohřev proudu tekutiny (např. proud horkého vzduchu, horké vody, obnova horkých lázní...), tak i ohřev zásobníku tepla (pece, kapalně lázně). Druhý z těchto ohřevů lze rozdělit na přehřev při zapnutí, před zahájením provozu, a na udržování teploty (kompenzace tepelných ztrát během provozu).

Obrázek 9: Model procesů EINSTEIN a jedním vstupním a jedním výstupním proudem



Požadavek tepla procesu lze koncepčně rozdělit na tři výše zmíněné součásti:

a) Oběhové teplo (UPH_c)

Teplo související s hmotnostním průtokem na vstupu - teplo potřebné k ohřátí vstupujícího média na procesní teplotu, nezávisle na tom, kde je fyzicky teplo dodáváno (před vstupem média do procesu nebo během procesu). Oběhové teplo lze definovat pro průběžně i dávkově probíhající procesy a koncepčně je nezávislé na skutečném časovém intervalu oběhu hmotnostního průtoku. Interval oběhu může být jiný než provozní doba.

Celkové hrubé teplo související s obíhající kapalinou lze vypočítat takto:

$$Q_{UPH,c}^{gross} = m_c c_p (T_p - T_{pi}) \quad (1.16)$$

kde m_c je celková hmotnost procesního média obíhajícího během zvažované doby (jeden den nebo jeden rok). Čisté využitelné procesní teplo pro obíhající kapalinu získáme odečtením vnitřní rekuperace tepla:

$$Q_{UPH,c} = Q_{UPH,c}^{gross} - Q_{HX,internal} = m_c c_p (T_p - T_{pir}) \quad (1.17)$$

b) Počáteční ohřev při zapnutí (UPH_s)

Teplo potřebné k ohřátí hmoty procesu, které zůstává v procesních zařízeních (bez započtení tepla potřebného k zahřátí vstupního proudu kapaliny na procesní teplotu v průběžně nebo dávkově probíhající procesy) na procesní teplotu po odstávce procesu (např. přestávka v noci nebo přes víkend, přestávka mezi výrobními dávkami atd.):

$$Q_{UPH,s} = N_s (mc_p)_e (T_p - T_s) \quad (1.18)$$

kde $(mc_p)_e$ je efektivní nebo ekvivalentní tepelná hmota procesu, která se určí započtením teplotní setrvačnosti nejen média obsaženého v procesu, ale i okolních zařízení, a N_s je počet spuštění v daném časovém období.

c) Udržovací teplo (UPH_m)

Teplo potřebné k udržování stálé teploty procesu. Odpovídá tepelným ztrátám přes hranice procesu s okolím a latentnímu teple odpařování nebo chemických reakcí.

$$Q_{UPH,m} = [(UA)(T_p - T_{env}) + \dot{Q}_L] t_{op} \quad (1.19)$$

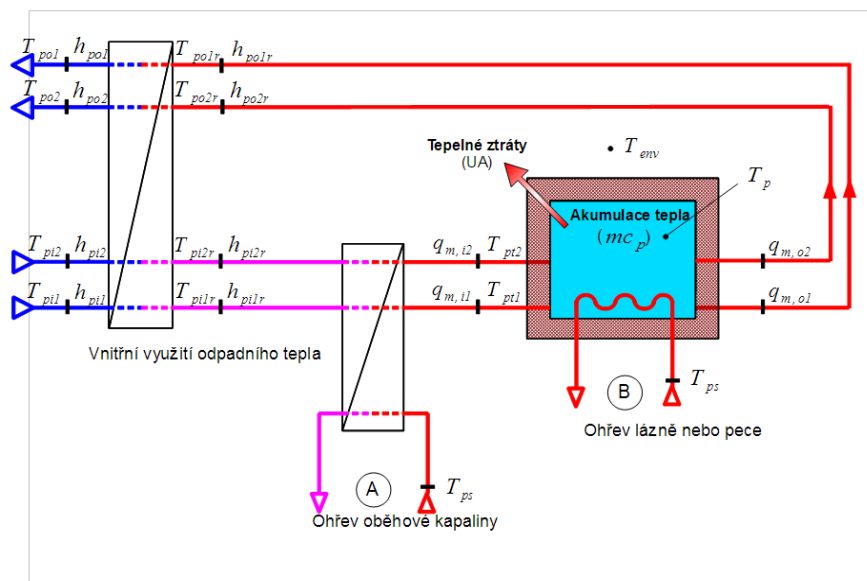
kde (UA) je koeficient tepelných ztrát procesního zařízení, T_{env} je teplota okolí procesu (obvykle teplota v interiéru závodu), $\dot{Q}_L$ je příkon změny fáze nebo chemické reakce a t_{op} je provozní doba procesu.

Celkové čisté užitečné teplo procesu lze tedy vypočítat součtem tří výše zmíněných částí:

$$Q_{UPH} = Q_{UPH,c} + Q_{UPH,m} + Q_{UPH,s} \quad (1.20)$$

Procesní model EINSTEIN lze snadno zobecnit i na procesy s více vstupními a výstupními toky viz Obrázek 10:

Obrázek 10: Procesní model EINSTEIN s více vstupními a výstupními toky



5.2 Předpoklady pro rychlý audit EINSTEIN

Při rychlé analýze lze v zájmu omezení počtu nutných vstupních údajů zjednodušit obecné procesní modely EINSTEIN takto:

- ♦ stálé úrovně teplot a hmotnostní průtoky,
- ♦ všechny teploty vstupů, procesu i odpadního tepla jsou považovány za stálé,
- ♦ časové závislosti jsou dány jen časovým plánem procesu (zap/vyp).

Tato aproximace úrovní teplot dostačuje u většiny průmyslových procesů.

5.3 Profily poptávky

Časové závislosti poptávky tepla a dostupnosti odpadního tepla jsou u standardních procesů EINSTEIN dány následujícími časovými plány:

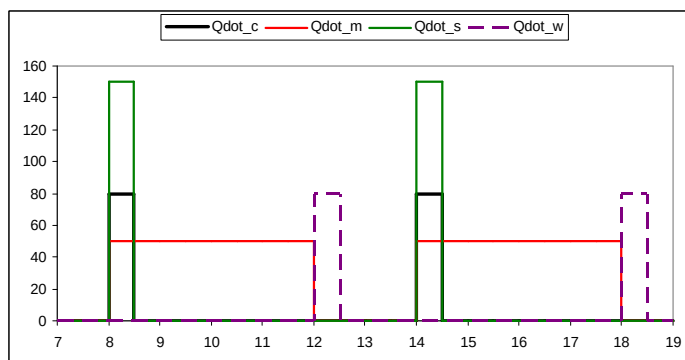
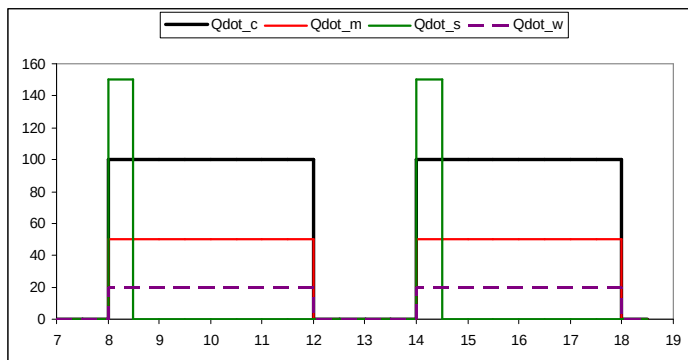
- ♦ Časový plán provozu: doba, po kterou má být udržována stálá teplota T_p ;
- ♦ Časový plán zahřívání při zapnutí: doba počátku zahřívání při zapnutí;
- ♦ Časový plán vstupních toků;
- ♦ Časový plán výstupních toků.

Pokud není v detailní příloze k základnímu dotazníku EINSTEIN vyplněn detailní časový plán, předpokládá se platnost výchozích časových plánů; jde o to, zda jde o průběžný nebo dávkový proces viz Tab. 6 a Obrázek 11.

Tab. 6 Klasifikace technologií podle úrovní teplot teplotonosného média

	Průběžný proces	Dávkový proces
Oběh (přítok)	Průběžný během t_{op}	Prvních 20 % z celkové doby do t_{op}
Spuštění	Prvních 20 % z celkové doby do t_{op}	Prvních 20 % z celkové doby do t_{op}
Udržování	Průběžný během t_{op}	Průběžný během t_{op}
Odčerpání odpadní kapaliny (odtok)	Průběžný během t_{op}	Prvních 20 % z celkové doby po t_{op}

Obrázek 11: Profil poptávky průběžných a dávkových procesů



5.4 Integrace tepla a analýza seškrcení

Správný způsob integrace (odpadního) tepla do procesu popisuje teorie seškrcení, kterou vyvinuli Linhoff et.al. v sedmdesátých letech. Analýza seškrcení zachycuje poptávku po teple a chladu v celé výrobě formou jednoduchého grafu, který uvádí poptávku energií, proces a teploty, při nichž je tato energie požadována. Na základě této analýzy lze identifikovat oblasti:

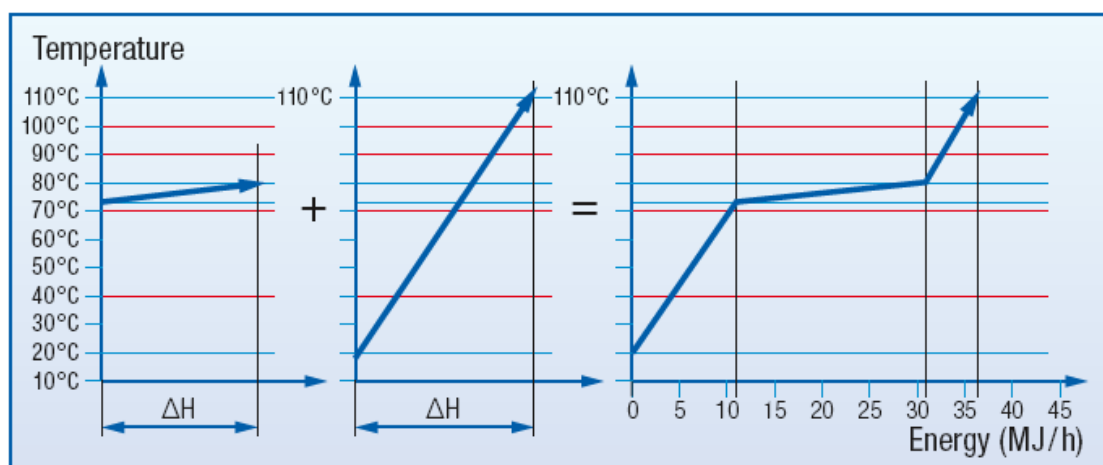
- ♦ Potenciálu využití odpadního tepla;
- ♦ Poptávky pro pokrytí potřeby tepla procesu, parametry energetického nositele;
- ♦ Poptávky pro pokrytí potřeby chlazení procesu, parametry energetického nositele.

Analýza je proto silným nástrojem pro první odhad potenciálu úspor energie díky rekuperaci tepla (později je z praktických nebo ekonomických důvodů nutno provést úpravy). Analýza rovněž velmi výstižně ukáže teploty, při kterých je požadován vnější ohřev/chlazení – to je důležitá informace z hlediska ideální integrace nových zdrojů energie.

5.4.1 Analýza výrobního procesu pomocí analýzy seškrcení

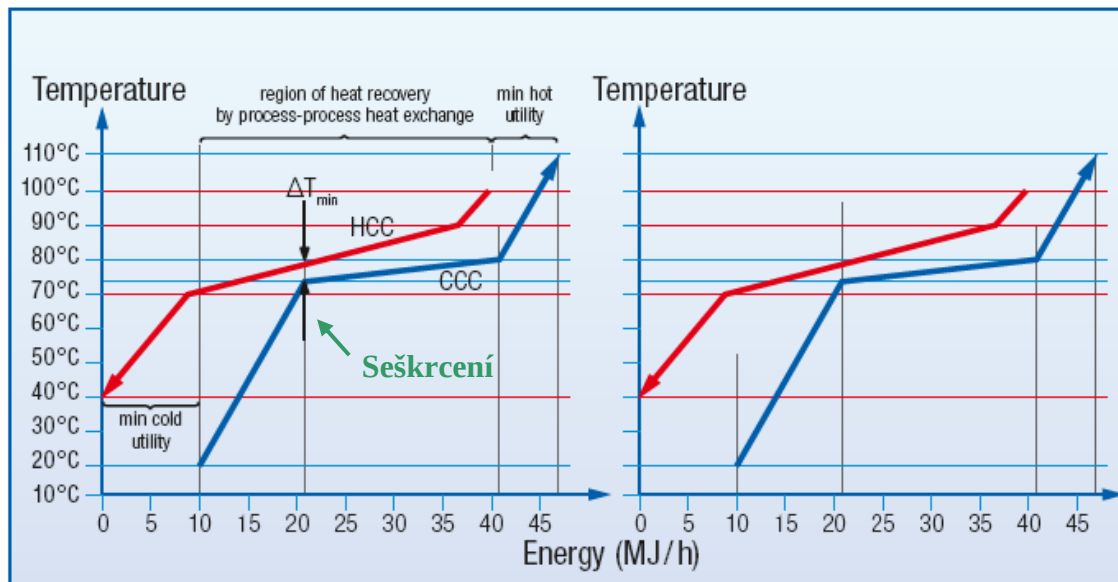
Teorie seškrcení dělí proces na chladnou část, která vykazuje přebytek tepelné energie, a horkou část, která potřebuje ohřev. Přitom se kombinují všechny křivky entalpie všech toků, které mají být ohřívány (složená křivka chladu) a všech toků, které mají být chlazeny (složená křivka tepla) do jednoho grafu teplota – střída (kombinace „chladných“ toků viz Obrázek 11:). V tomto smyslu jsou procesními toky libovolné hmotnostní průtoky, které je ohřívát (chladné toky) nebo chladit (horké toky). Pokud je lze využít jako chladicí nebo ohřívací médium pro jiné toky, lze započítat i toky, které už proces nepotřebuje (například voda odtékající do odpadu).

Obrázek 12: Termodynamická kombinace studených toků. Složená křivka vzniká sečtením změn entalpie jednotlivých toků v jednotlivých teplotních intervalech.



Stejně se zkombinují i horké toky. Obě křivky jsou poté vyneseny do jednoho grafu tak, aby byly chladné toky v celém grafu vždy pod horkými toky. Toho lze dosáhnout posunem křivek podél osy výkonu (osa x), neboť rozdíl entalpie vždy představuje relativní a ne absolutní údaj.

Obrázek 13: Kombinace složených křivek horkých a studených toků



Z těchto složených křivek viz Obrázek 13: lze odvodit některá základní fakta o procesu. Křivky se v místě nejmenšího rozdílu teploty ΔT_{min} , liší o určitou hodnotu, kterou uživatel vybral jako minimální ΔT na případném tepelném výměníku v rámci soustavy. Tato hodnota ΔT_{min} určuje úroveň teploty, která v systému představuje termodynamické úzké hrdlo, tzv. „seškrčení“.

Teplota seškrčení dělí systém na dvě části: část pod teplotou seškrčení má přebytek tepla, které je nutno odstranit chlazením nebo rozptýlit do okolí, zatímco část nad teplotou seškrčení má nedostatek energie, který je nutno překonat přídavným ohřevem. Platí proto tři důležitá pravidla pro integraci tepla:

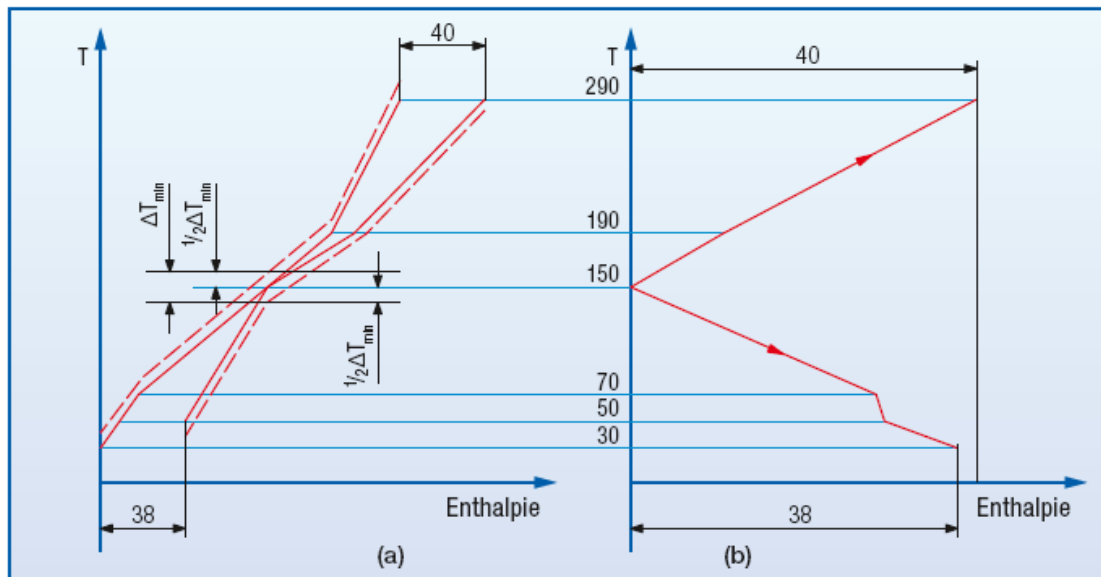
- ♦ Nepoužívat vnější ohřev pod teplotou seškrčení (k dispozici je dostatek odpadního tepla);
- ♦ Nepoužívat vnější chlazení nad teplotou seškrčení (chlazení lze zajistit ohřevem ostatních toků v procesu);
- ♦ Žádná výměna tepla přes teplotu seškrčení.

Překrytí křivek na Obrázek 13: ukazuje maximální možnou rekuperaci tepla. Z obrázku lze určit i minimální požadavek ohřevu $Q_{H,min}$, a minimální požadavek chlazení $Q_{C,min}$. Minimální rozdíl teplot ΔT_{min} se určuje podle ekonomické optimalizace, protože nižší ΔT_{min} zvyšuje efektivitu výměny tepla, ale zvyšuje současně i plochu a cenu tepelného výměníku.

Teoretické hodnoty $Q_{C,min}$ a $Q_{H,min}$ budou v praxi jen obtížně dosažitelné. Důvodem jsou obtíže s manipulací s procesními toky, které jsou znečištěné, žíravé nebo prostě jen mimo dosah. Analýza seškrčení ale přesto poskytuje dobrý přehled o tom, co je možné.

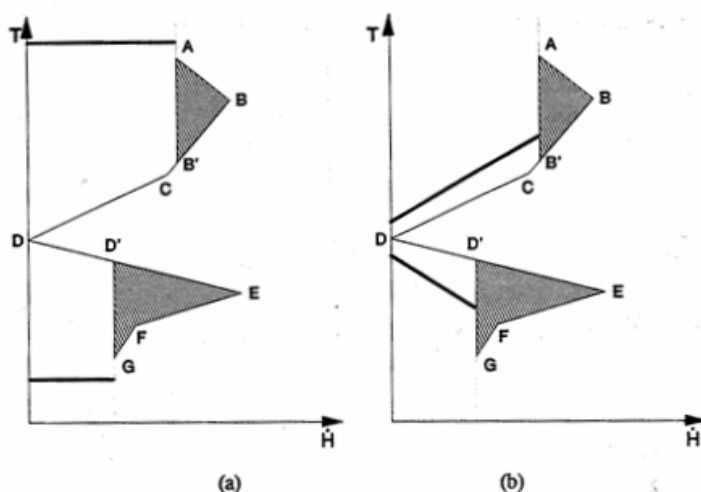
Další možností, jak zjistit procesní poptávku tepla, je velká složená křivka (GCC). GCC vytvoříte posunem složené křivky horkých toků (HCC) i složené křivky studených toků (CCC) o $\frac{1}{2}\Delta T_{min}$ k sobě, aby se v bodě seškrčení dotkly. Vodorovný rozdíl mezi křivkami pak vynesete do nového grafu T - H , kterým je GCC. Jde o další možnost zobrazení profilu výdeje/pohlcování tepla v rámci procesu. Pokud s rostoucí teplotou roste tok tepla, proces se chová jako spotřebič tepla (při dané teplotě potřebuje více tepla než kolik vydává). Pokud tok tepla roste s klesající teplotou, může se proces chovat jako zdroj tepla.

Obrázek 14: Překrytí křivek HCC a CCC (a) a konstrukce GCC (b)



Hlavním cílem GCC je nalezení ideálních vnějších zdrojů energie potřebných k zahřívání nebo chlazení různých toků. Analýzou toho, které zdroje tepla mohou předávat teplo spotřebičům tepla v procesu se zajišťuje, aby byla zbývající potřeba tepla pokryta vnějšími zdroji energie jen pokud není k dispozici odpadní teplo. Zjistíme také, při jaké teplotě má být vnější teplo dodáváno (viz Obrázek 15:). Je důležité uvést, že podoba GCC silně závisí na volbě ΔT_{min} .

Obrázek 15: GCC a analýza zdrojů a spotřebičů tepla. Vnější zdroje tepla (zobrazené tučnými čarami) s příliš vysokou/nízkou teplotou a tím i s vysokými ztrátami energie (a) a ideální volba teplot zdrojů (b)

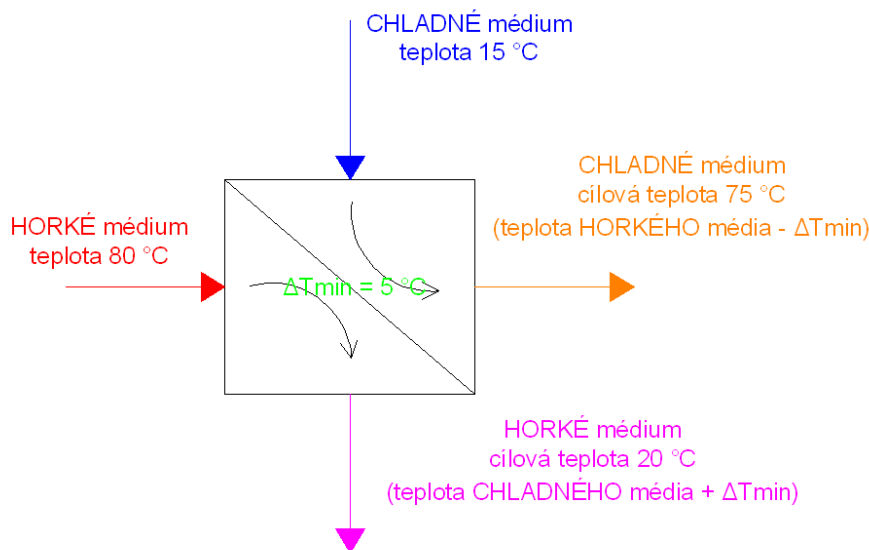


5.4.2 Návrh výměníků tepla

Při návrhu tepelných výměníků pro analýzu seškracení je zásadně důležitá volba ΔT_{min} . Čím nižší ΔT_{min} , tím blíže ke konečné teplotě chladného proudu může být počáteční teplota horkého proudu (při využití protiproudového výměníku):

- ♦ Protiproudový výměník umožňuje dosažení konečné teploty chladného proudu maximálně rovné počáteční teplotě horkého proudu snížené o ΔT_{min} ;
- ♦ Protiproudový výměník umožňuje dosažení konečné teploty horkého proudu maximálně rovné konečné teplotě chladného proudu zvýšené o ΔT_{min} .

Obrázek 16: Návrh výměníku tepla



Je samozřejmé, že výkon odebraný horkému proudu je stejný jako výkon předaný chladnému proudu.

$$H[kW] = m_{hs} * c_{p_{hs}} * (T_{supply_{hs}} - T_{target_{hs}}) = m_{cs} * c_{p_{cs}} * (T_{target_{cs}} - T_{supply_{cs}}) \quad (1.21)$$

Zdroj (supply) = počáteční teplota / Cíl (target) = konečná teplota

Index *hs*: horký proud = zdroj tepla

Index *cs*: studený proud = spotřebič tepla

Základní vzorec pro výpočet potřebné plochy pro výměnu tepla je:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta t_m \quad (1.22)$$

kde *A* je teplosměnná plocha, Δt_m je teplotní rozdíl a *k* je koeficient přestupu tepla

5.4.3 Vliv termodynamicky úzkého hrdla na analýzu seškrcení

Vliv na (termodynamickou) výměnu tepla

Jak bylo uvedeno výše, volba hodnoty ΔT_{min} zásadně ovlivní návrh sítě tepelných výměníků. Čím nižší je ΔT_{min} , tím blíže je konečná teplota chladného proudu počáteční teplotě horkého proudu. Objasníme to jednoduchým příkladem: odpadní voda o teplotě 50 °C může zahřát čerstvou vodu na teplotu $(50 - \Delta T_{min})$ °C. Čím menší je ΔT_{min} , tím blíže se čerstvá voda na výstupu výměníku blíží k teplotě 50 °C. (Tento příklad samozřejmě platí jen pokud je hmotnostní průtok čerstvé vody stejný jako hmotnostní průtok odpadní vody, nebo menší).

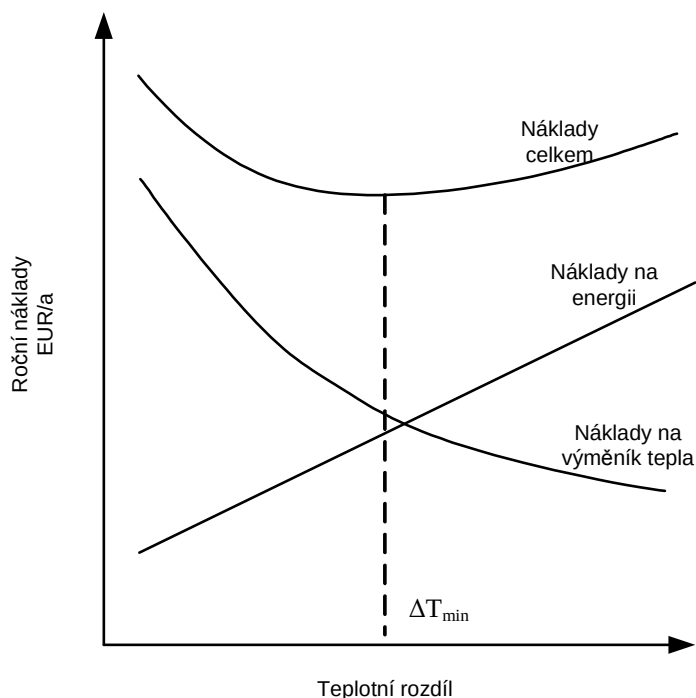
Je jasné, že změna volby ΔT_{min} může podstatně ovlivnit návrh tepelného výměníku. Pokud budeme pokračovat v příkladu ohřevu čerstvé (pitné) vody odpadní vodou, platí: pokud zvolíme ΔT_{min} 5 °C, lze čerstvou vodu ohřát na 45 °C. Pokud je požadována cílová teplota čerstvé vody 60 °C, je nutno najít další horký proud, který bude nejvhodnější k ohřevu čerstvé vody z 45 °C na 60 °C. Pokud se nyní změní ΔT_{min} na 7 °C, kritéria pro výběr horkého proudu se rovněž změní, protože je nyní nutno čerstvou vodu ohřívat z 43 °C na 60 °C. To může ovlivnit ideální řešení horkého proudu, který by dokázal zajistit tuto poptávku ohřevu. Právě proto je nutno provést matematický výpočet sítě tepelných výměníků znovu od úplného začátku, pokud se změní ΔT_{min} .

Vliv na plochu a cenu tepelného výměníku

Při analýze seškracení se obvykle grafy složených křivek horkého a studeného proudu zobrazují na základě jedné obecné hodnoty ΔT_{min} . V pozdější fázi návrhu tepelných výměníků se hodnota ΔT_{min} stanoví podle charakteristik proudů. Proud plynu bude mít vyšší ΔT_{min} než proud kapaliny, protože kapaliny obvykle mívají vyšší koeficienty přestupu tepla. V sekci „Návrh tepelných výměníků“ bylo ukázáno, že měrná hodnota ΔT_{min} tepelného výměníku ovlivňuje potřebnou plochu výměníku. Ovlivňuje tedy i investiční náklady.

Ve fázi konečného návrhu se obvykle hodnota ΔT_{min} stanoví tak, aby bylo dosaženo kompromisu mezi investičními náklady tepelného výměníku a provozními náklady. Čím vyšší ΔT_{min} , tím nižší plocha tepelného výměníku a tím nižší investiční náklady, ale také tím nižší úspora energie (viz Obrázek 17:).

Obrázek 17: Celkové náklady v závislosti na ΔT_{min}



6 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

Posouzení celkových nákladů (dále jen „TCA“) je běžná ekonomická analýza, která vychází z mikroekonomických parametrů, ale lze ji využít i při složitější analýze s uvážením makroekonomických parametrů k ekonomické analýze v dlouhodobějším měřítku, s uvážením např. ekologických a bezpečnostních aspektů. To znamená, že TCA může zohlednit i další kategorie nákladů, nejen ty, které jsou zvažovány při běžné nákladové analýze, a může integrovat i makroekonomické aspekty (například dlouhodobé náklady, které se stanou rozhodujícími během životního cyklu objektu, do něhož je investováno).

Posouzení celkových nákladů se tedy od běžné analýzy liší následujícími rysy:

- ♦ *Kategorie nákladů:* kromě všech nákladů zvažovaných při běžné analýze se uvažují i všechny nepřímé náklady, úspory a příjmy atd.;
- ♦ *Alokace nákladů:* všechny náklady jsou přesně alokovány na investice a nejsou považovány za režii;
- ♦ *Časový horizont:* analýza celkových nákladů operuje s delším časem než běžné analýzy, jen tak lze započít i dlouhodobé dopady;
- ♦ *Indikátory:* při TCA se používají ekonomické indikátory, které mají vliv i na dlouhodobou ekonomickou výkonnost investice.

Je zjevné, že metoda TCA se dá dobře použít i při běžné analýze, pokud se upraví několik parametrů. Nástroj EINSTEIN proto obsahuje metodu, kterou lze využít k běžné analýze, ale lze jej rozšířit i o makroekonomické parametry, pokud je to potřeba.

V nástroji EINSTEIN obecně platí, že ekonomické analýzy porovnávají náklady stávajících procesů (stávající dodávka tepla a chladu) s očekávanými investicemi a dalšími náklady navrhované alternativy dodávky energie. Časový horizont ekonomické kalkulace se obecně nastavuje na dobu životnosti projektu (životnost zařízení tvořících systém dodávky energií), ale lze jej změnit na libovolnou jinou hodnotu.

Konvenční analýza nákladů v modulu EINSTEIN (mikroekonomická analýza)

Ekonomický výpočet vychází z nákladů na stávající systém dodávky tepla a chladu, který má být nahrazen a z nákladů nových navrhovaných alternativ. K hlavním kategoriím nákladů řadíme investiční náklady, náklady na energii, náklady na provoz a údržbu, náklady na nečekané výdaje a další jednorázové náklady.

Náklady na nečekané výdaje jsou náklady nebo příjmy, které se mohou opakovat a mají vliv na ekonomickou analýzu, jako jsou například zvýšení podílu na trhu, očekávané daňové výhody atd. K dalším jednorázovým nákladům řadíme náklady, které se objeví jen jednou během celé životnosti projektu, jako jsou například náklady na právní poradenství při realizaci investice.

U každého návrhu nového systému dodávek tepla a chladu se vypočte cash-flow v jednotlivých letech během životnosti projektu podle vzorce:

$$CF_t = \sum_{i=1}^n EX_i^t - \sum_{i=1}^n S_i^t \quad (1.23)$$

Kde: t je rok výpočtu, CF_t je cash flow v době výpočtu; n je počet nákladových kategorií; E_x jsou čisté výdaje na projekt, určené na základě nákladů na navrhovaný proces; S jsou úspory zajišťované realizací úsporného opatření, vypočtené na základě nákladů stávajícího projektu, který má být nahrazen.

Poté se vypočte čistá aktuální hodnota projektu po dobu jeho životnosti, z následujícího vzorce:

$$NPV_t = \sum_{i=0}^t \frac{CF_i}{(1+r)^i} \quad (1.24)$$

kde t je rok výpočtu; NPV_t je čistá aktuální hodnota projektu v roce t ; r je reálná úroková sazba vnějšího financování.

Jedním z nejdůležitějších ekonomických parametrů každého projektu je vnitřní návratnost (IRR). IRR je definována jako ročně vyjádřená efektivní sloučená návratnost, kterou lze získat z vloženého kapitálu, a která se určí jako diskontní sazba vytvářející čistou aktuální hodnotu nula v sérii cash flow. U každého návrhu se vypočte vnitřní návratnost (IRR) v jednotlivých letech životnosti projektu po období splacení:

$$\sum_{i=0}^t \frac{CF_i}{(1+IRR_t)^i} = 0 \quad (1.25)$$

kde: t je rok výpočtu; IRR_t je vnitřní návratnost v roce t

Ve výpočtech EINSTEIN TCA se efektivita různých navrhovaných alternativ posuzuje pomocí upravené vnitřní návratnosti ($MIRR$). $MIRR$ má větší vypovídací hodnotu než IRR , protože $MIRR$ zvažuje i možnost reinvestice kladných mezihodnot cash flow. U každé alternativy se vypočítává $MIRR$ v jednotlivých letech životnosti projektu po období splacení:

$$MIRR_t = q_t^{1/t} - 1 \quad (1.26)$$

kde: q je hodnota kladných cash flow v roce t , vypočtená na základě reinvestiční sazby (použijeme specifickou diskontní sazbu společnosti) vydělené čistou aktuální hodnotou záporných cash flow, vypočtených na základě sazby financování (použijeme zde úrokovou sazbu vnějšího financování):

$$q_t = \frac{\sum_{i=0}^t CF_i^+ (1+d)^{t-i}}{-\sum_{j=0}^t CF_j^- (1+r)^j} \quad (1.27)$$

Kde: CF^+ je kladný cash flow; CF^- je záporný cash flow; d je reálná diskontní sazba společnosti; r je reálná úroková sazba vnějšího financování

V modulu TCA nástroje EINSTEIN je výstupem i doba splacení (PBP) jednotlivých alternativ. Doba splacení je doba, za kterou se splatí původní investice, a určuje se takto:

$$\sum_{i=0}^{PBP} \frac{CF_i}{(1+r)^i} = 0 \quad (1.28)$$

Dalším parametrem jednotlivých alternativ, který je nutno zvažovat, je poměr přínosů k nákladům (BCR).

Alternativní přístup: vypočtou se celkové (roční) náklady na systém dodávky energií jako součet nákladů na energie, palivo a elektřinu, nákladů na provoz a údržbu ($O\&M$) a anuity investice.

$$C_{Total} = C_{el} + C_{fuels} + C_{O\&M} + aI_0 \quad (1.29)$$

Anuita investice se zde určuje jako zlomek $a = A/I_0$ z (konstantní) roční povinné splátky A , aby bylo zajištěno splacení původní investice i s úroky v zadané době (To odpovídá vyjádření, že čistá aktuální hodnota série ročních plateb je identická s původní investicí. přísně vzato platí jen pokud je celá investice realizována během jednoho roku):

$$\sum_{i=1}^N \frac{a}{(1+r)^i} = 1 \quad (1.30)$$

přičemž parametry jsou definovány takto: a je anuita investice; N je ekonomické odpisové období.

Rozšíření makroekonomických parametrů pro TCA

V zájmu uvážení makroekonomických aspektů lze do nákladových kategorií nákladů na provoz a údržbu, nákladů na neočekávané situace a dalších jednorázových nákladů započítat i další možné makroekonomické aspekty.

V kategorii nákladů na neočekávané situace související se systémem dodávek energie může jít o zvýšení podílu na trhu díky vylepšení makroekonomických ukazatelů regionu díky udržitelnější produkci. Do jednorázových nákladů na současný systém dodávek energie lze započítat i náklady na zmírnění ekologických rizik, která by hrozila, kdyby systém dodávek energie nebyl upraven, ale byl by ponechán ve stávajícím stavu.

Jedním z hlavních rozdílů mezi makroekonomickým neboli společenským hlediskem a mikroekonomickým hlediskem společnosti je zvážení (nebo ignorování) dotací (Toto zdůvodnění obdobně platí i u dalších mechanismů veřejné podpory, jako jsou snížení daní, tarify za dodávky do sítě apod.) a externalit v ekonomických výpočtech:

- ♦ Pro společnost je při analýze nákladů a přínosů důležitá čistá investice (hrubá investice – dotace), ze společenského hlediska je ale nutno zvážit celkovou (hrubou) investici, protože dotace jsou ze společenského hlediska nákladem. V případě nerealizace navrhované investice lze částku dotace přidělit jiné alternativě úspor energie nebo jinému opatření na ochranu životního prostředí.
- ♦ Naproti tomu náklady externalit (riziko pro životní prostředí atd., viz výše) se neobjeví v rozvaze společnosti, ale ze společenského hlediska je nutno je zvážit.

7 IMPLEMENTACE TEPELNÉHO AUDITU EINSTEIN

7.1 Základní postupy – kroky

Audit energií EINSTEIN a návrh vylepšených energetických systémů začíná mimo společnost, několika rychlými předběžnými aktivitami, které můžete zahájit už ve své kanceláři. Takzvaná fáze „pre – audit“ je velmi důležitá, neboť během ní můžete zlepšit svou znalost současného stavu (např. aktuálního profilu poptávky po energii, používaných tepelných procesů, účtů za energii atd.) a připravit se ještě dříve, než se vydáte na návštěvu společnosti. Po předběžném telefonickém rozhovoru se zákazníkem zašlete kontaktní osobě jen elektronický dotazník pro shromáždění údajů. Po jeho vyplnění lze automaticky importovat šablonu do softwarového nástroje pro výpočty a provést první hrubé posouzení poptávky po energii a oblastí možných zlepšení.

V této fázi tedy máte možnost provést jednoduše a rychle to, co v pozdějších fázích zásadně šetří čas: připravit sebe i společnost na audit energií prováděný na místě.

Druhou fázi tvoří dva kroky implementace:

- ♦ prohlídka závodu – přímo na místě,
- ♦ analýza výsledků vypočtených spuštěním softwarového nástroje Einstein.

Cílem prohlídky závodu je hlavně získání chybějících informací díky rozhovorům s odpovědnými pracovníky a přímým měřením, prohlídka zařízení, hydraulických schémat atd. Díky předběžnému posouzení a stanovení priorit auditu by prohlídka na místě neměla zabrat více než několik hodin času.

Po návratu domů pak stačí spustit výpočtový nástroj EINSTEIN. Pomůže vám rozpracovat získané informace a odhadnout úspory energie a ekonomické úspory. Pomocí systému EINSTEIN dokážete:

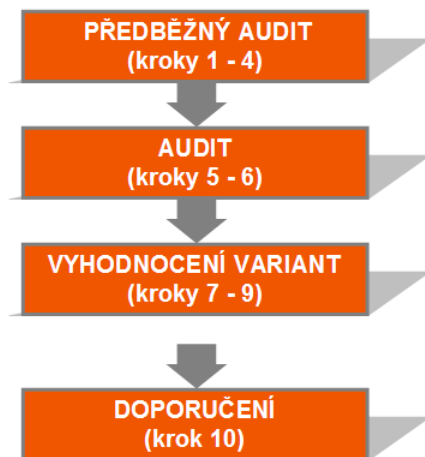
- ♦ zkontrolovat konzistenci a kompletnost přijatých údajů,
- ♦ odhadnout (nebo opět kontaktovat a znovu si vyžádat) chybějící údaje,
- ♦ vypracovat podrobný rozpis spotřeby tepla jednotlivými procesy, včetně úrovní teplot, paliv atd.,
- ♦ analyzovat výkon stávajících zařízení ve skutečném provozu,
- ♦ provádět srovnání.

Po získání přehledu o skutečných tocích energie a neefektivitách ve společnosti se můžete na nástroj EINSTEIN spolehnout i při implementaci třetí fáze auditu: návrh a hodnocení energeticky efektivních alternativ. Tento úkol spočívá se srovnání různých možností provedením následujících kroků:

- ♦ předběžný návrh integrálních opatření v oblasti úspor energie a nákladů a definice energetických cílů;
- ♦ výpočet energetické výkonnosti a analýza ekologického dopadu schůdných řešení;
- ♦ analýza ekonomických a finančních aspektů.

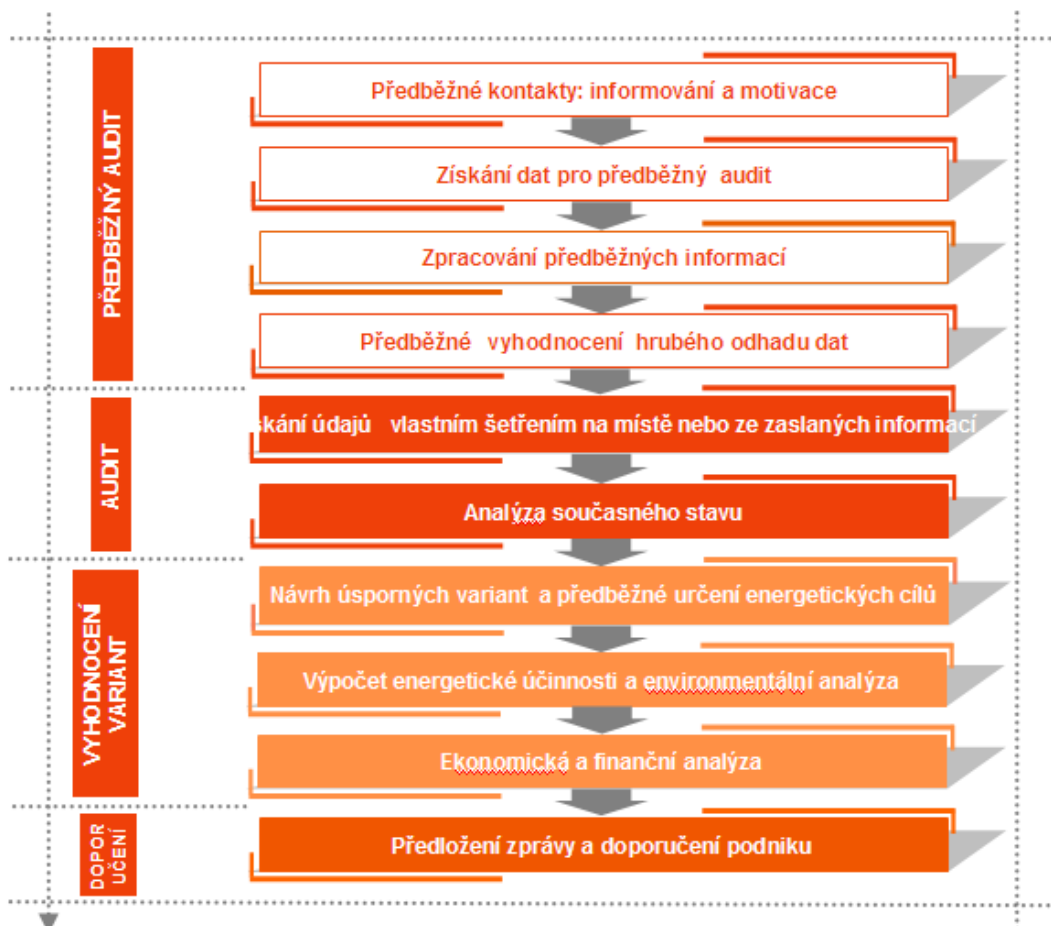
Na závěr budete mít ve svém počítači veškeré informace, které potřebujete k jasné a efektivní prezentaci výsledků vaší studie. Vykazování pomocí nástroje EINSTEIN (čtvrtá fáze auditu) je pro vás snadné a pro zákazníka přesvědčivé.

Obrázek 18: Jednotlivé fáze tepelného auditu EINSTEIN



Čtyři fáze auditu energií EINSTEIN lze rozdělit do 10 kroků auditu EINSTEIN viz Obrázek 19:. Každý z těchto kroků auditu je podrobně popsán v následujících kapitolách. U každého kroku auditu jsou uvedeny úkoly, které jej tvoří, pokyny k provedení těchto úkolů a také údaj, který ze sady nástrojů EINSTEIN můžete použít.

Obrázek 19: 10 kroků k energetické efektivitě v systému EINSTEIN



7.2 Kontakt, předběžná schůzka, motivace

7.2.1 Kontakt, informace

Cílem prvního kontaktu je vzbudit v klientovi zájem, získat si jej, aby poskytl jisté informace předem, a sjednat schůzku.

Jednou z nejlepších možností, jak vzbudit zájem, je využít stávajících osobních kontaktů. Nejspíš víte o společnostech, které chtějí vylepšit své tepelné systémy nebo chtějí stávající instalaci rozšířit, restrukturalizovat nebo změnit.

Audity EINSTEIN také můžete zmínit na veřejných prezentacích, v diskusích a získávat nové kontakty např. na veletrzích, školeních, kterých se účastníte, nebo jiných akcích zaměřených na úspory energie v oboru. Můžete také navázat kontakt s místními oborovými svazy nebo obchodními komorami, pokud mají zájem vaše aktivity podpořit (např. zveřejněním článku v jejich časopisech, rozesláním vaší nabídky jejich členským organizacím...).

Měli byste rozeslat informační materiály svým kontaktním osobám nebo správcům energií ve vybrané skupině společností (např. rozesláním oborovým svazům, potravinářskému průmyslu, chemickému průmyslu, papírenskému průmyslu, textilnímu průmyslu atd.). Vzhledem k tomu, že audit EINSTEIN bude novým produktem vaší konzultační společnosti, můžete začít oslovením svých stálých zákazníků.

Tento informační materiál musí popisovat hlavní aspekty auditu EINSTEIN (uvedené v brožuře EINSTEIN, vč. některých statistik nákladů na energie) a také možnosti finanční podpory, kterou můžete pravděpodobně nabídnout, např. ze strany úřadů, obchodní komory apod.

Po týdnů či dvou telefonicky kontaktujte osobu, které jste materiály zaslali. Vaším cílem musí být přesvědčit společnost, aby pokračovala dalším krokem a předala vám první údaje, abyste mohli ověřit, zda je společnost kandidátem na audit EINSTEIN. Snažte se dojednat osobní schůzku ve společnosti a vyplnění základního dotazníku.

Nejprve ověřte, zda hovoříte se správnou osobou. To lze zjistit i předem shromážděním údajů z webu nebo obchodních či ekologických zpráv, z článků v tisku apod. Předtím, než zavoláte, musíte znát pozici, jméno, titul, telefonní číslo příslušné osoby a musíte znát produkty a rozsah výroby společnosti.

Musíte mít připraveny úvodní věty, být schopen popsat výhody a připravit se i na argumenty jako „nemám čas, nemám zájem, zašlete nám více informací...“.

7.2.2 Předběžná schůzka, motivace

Pokud je společnost blízko u vaší kanceláře, může být vhodná předběžná návštěva jen za účelem navázání osobního kontaktu a představení nástroje EINSTEIN. Jinak byste museli využít telefonický kontakt. Dříve, než se vydáte na schůzku, ověřte, že jsou v závodu příslušné osoby (např. ředitel závodu, obsluha kotlů, hlavní technik...). Můžete jim také zaslat základní dotazník nebo nástroj EINSTEIN k vlastnímu hodnocení.

Před první schůzkou shromážděte maximální možné množství informací z webu. Snažte se také vžít do situace klienta, co by mohl očekávat (např. má technické problémy, náklady na energii jsou příliš vysoké, musí splnit požadavky společnosti, chce se odlišit...). Poté můžete určit hlavní výhody a stanovit si cíl schůzky. Zahajte audit EINSTEIN, uskučtečněte rychlou prohlídku závodu.

Při první schůzce se klienta zeptejte, zda chce představit svou firmu nebo zda máte začít představením své. Poté se ptejte na situaci, přání, problémy, očekávání. Můžete probrat problémy, o kterých už víte, nebo se ptát např.: Zvýšily se náklady na energii, proč? Máte nějaké technické nebo organizační problémy s tepelnou soustavou, např. problémy s úřady nebo se sousedy nebo s dodavatelem médií? Kdo odpovídá za údržbu? Jak starý je kotel? Je nedostatek času, malý rozpočet, chybí know-how? Existují plány do budoucna? Kdo bude odpovídat za případný projekt?

K prezentaci nástroje EINSTEIN můžete využít EINSTEIN road show, reklamní brožuru EINSTEIN a technickou brožuru EINSTEIN (součást sady nástrojů EINSTEIN). Výhodou je i uvedení některých výsledků rychlé a přibližné studie, pokud je máte k dispozici.

Pár obecných tipů:

- ♦ Konverzaci zahajte informací získanou z webu společnosti nebo začněte třeba slovy „máte moc zajímavé webové stránky, kdo za ně odpovídá...“;
- ♦ Na námítky nereagujte hned, nejprve se zeptejte, zda je správně chápete, запиšte si je a promyslete. Snažte se pracovat s hlavními výhodami;
- ♦ Kladte co nejvíce otevřených otázek, tak se dozvíte nejvíc;
- ♦ Sami příliš nemluvte. Pouze prezentujte přesnou a stručnou informaci ohledně hlavních výhod, které společnost může získat.

Výhody metodologie EINSTEIN se projeví zejména v malých a středních společnostech, u nichž jsou náklady na srovnatelně hloubkový a kvalitní audit významnou překážkou zavádění energeticky efektivních technologií.

I když se metodologie EINSTEIN zaměřuje na poptávku po teplu a chladu v průmyslu, velkou část vyvinuté metodologie lze uplatnit i u řady dalších středně velkých a velkých spotřebitelů tepla a chladu, jako jsou:

- ♦ oblastní rozvody tepla a chladu, včetně integrace poptávky v podobě centralizované výroby energie a tepla pro průmyslové skupiny, nebo sítí, které integrují průmyslové závody jiných sektorů,
- ♦ budovy terciárního sektoru, např. velké kancelářské budovy, obchodní domy, komerční centra, hotely, nemocnice, kongresová centra, školy, lázně atd.,
- ♦ další provozovny spotřebovávající tepelnou energii, například odsolování mořské vody, zpracování odpadních vod atd.

7.3 Získání údajů ve fázi předběžného auditu

Před zahájením auditu energií v průmyslu (což obvykle vyžaduje uzavření smlouvy mezi společností a auditorem) je dobré získat předběžné informace. Tyto předběžné informace mohou pomoci při rozhodování, zda má smysl pokračovat dalšími fázemi auditu.

Pokud uživatele před návštěvou nebo podrobným telefonickým rozhovorem připravíte na to, na co se budete ptát, šetří to váš i jeho čas. a navíc je pravděpodobnější získání úplnějších a podrobnějších údajů.

Získání údajů na dálku v mnoha případech postačí k rychlému přibližnému posouzení a může přinést i návrhy na opatření šetřící energii.

7.3.1 Příprava společnosti, uživatele

Společnost uživatele připravte na dotazování tím, že sdělíte, jaké údaje budete potřebovat, aby je pracovníci společnosti mohli shromáždit. Prvním krokem je poskytnutí kontrolního seznamu nejdůležitějších údajů:

- ◆ obecná situace společnosti:
 - ◆ ekonomická situace (v minulosti i současnosti),
 - ◆ vyhlídky do budoucnosti (očekávaný vývoj objemu výroby, další důležité změny nebo projekty).
- ◆ účty za palivo a elektřinu:
 - ◆ získat kvantitativní přehled současné spotřeby energie a hrazených tarifů,
 - ◆ historické údaje za předchozí roky, pokud jsou k dispozici,
 - ◆ údaje po měsících, pokud jsou k dispozici, nebo kvalitativní údaje o sezónnosti poptávky.
- ◆ popis výrobního procesu (schéma toků):
 - ◆ jaké výrobní linky společnost využívá,
 - ◆ jaké jsou toky produktů a kroky procesů.
- ◆ popis jednotlivých procesů:
 - ◆ které z procesů spotřebovávají teplo a chlad,
 - ◆ jaká množství produktů jsou zpracovávána,
 - ◆ jaké úrovně teplot jsou využívány (přívod tepla, samotný proces),
 - ◆ kolikrát je proces spouštěn a na jakou dobu.
- ◆ popis systému dodávek tepla a chladu
 - ◆ technické parametry zařízení (kotle, chladicí věže atd.),
 - ◆ úrovně teplot a tlaků v rozvodu tepla a v procesech.
- ◆ popis budov, výrobních hal a skladů:
 - ◆ údaje o spotřebě vyhřívání a chlazení prostor,
 - ◆ plocha, počet pracovníků.

7.3.2 Příprava auditora

Pracovník provádějící audit energií EINSTEIN obvykle bývá expertem na audit systémů dodávek energií (tepla a chladu), ale nemůže být expertem na všechny průmyslové obory, s nimiž se pravděpodobně setká. Přesto je důležité získat základní přehled o problémech konkrétních oborů, a to ideálně ještě dříve, než kontaktujete společnost, nebo nejpozději před první návštěvou na místě.

O většině průmyslových oborů a dílčích sektorů je k dispozici spousta informací, ale přístup k těm správným informacím je v řadě případů obtížný a zdlouhavý.

Sada nástrojů EINSTEIN v této oblasti pomáhá tím, že poskytuje užitečné odkazy umožňující snadný přístup k základním informacím o většině sektorů, přičemž příslušné znalosti si můžete rozšířit, pokud na to máte čas a pokud to v konkrétních případech potřebujete. Dodatečná dokumentace obsahuje spoustu dalších odkazů na web a bibliografických referencí.

Auditor musí mít základní znalost následujících témat:

- ♦ které jsou nejdůležitější obory v daném sektoru, z hlediska spotřeby energie?,
- ♦ které stávající alternativy k procesním technologiím existují, jaké mají hlavní výhody a nevýhody?.

7.3.3 Základní dotazník pro dálkové získání údajů

Metodologie auditu EINSTEIN využívá základní dotazník pro získání údajů, který lze později doplnit podrobnějšími informacemi („podrobné přílohy“). Tento dotazník lze zaslat společnosti spolu s vysvětlujícím textem, tak, aby jej některý z techniků společnosti mohl vyplnit. Dotazník je k dispozici ve formě vhodné pro tisk i v elektronické podobě. Společnosti by měly dotazník vyplňovat pokud možno v elektronické podobě, protože pak lze data automaticky importovat do softwarového nástroje EINSTEIN.

Je velmi důležité počítat s tím, že první hrubé posouzení lze provést poloautomaticky na základě minima údajů, i když – obecně – platí, že spolehlivost analýzy a z ní plynoucích doporučení je tím vyšší, čím kompletnější údaje jsou k dispozici.

Pokud nástroji EINSTEIN poskytnete neúplná data, pokusí se chybějící parametry odhadnout, jak jen to je možné, a provede ty výpočty, které lze na základě dostupných údajů provést, načež vytvoří kontrolní seznam s nejdůležitějšími údaji, které by auditor měl získat a porovnat.

7.4 Zpracování předběžných informací a dat

7.4.1 Zpracování údajů ve fázi předběžného auditu

Softwarový nástroj EINSTEIN umožňuje jednoduchou předběžnou kontrolu údajů poskytnutých společností. Po zadání dostupných údajů se automaticky vytvoří statistiky a hodnocení, včetně kontroly konzistence údajů.

V této fázi prvního zpracování údajů dostupných ve fázích předběžného auditu lze získat následující informace:

- ♦ seznam vážných nekonzistencí v údajích (např. je zadána spotřeba paliva, které není používáno žádným zařízením, ...),
- ♦ seznam chybějících položek, které je nutno doplnit a které nelze vypočíst ani odhadnout z jiných dostupných informací.

7.4.2 Doplnění informací telefonickými rozhovory

Pokud se během zpracování údajů dostupných ve fázích předběžného auditu zjistí vážné nekonzistence nebo to, že chybí základní údaje, které jsou nezbytné i jen k prvnímu hrubému posouzení, může telefonický hovor se společností pomoci získat další údaje nebo vyjasnit nejasné otázky.

Po úpravě množiny základních údajů lze opakovat kontrolu konzistence (viz předchozí sekce).

Po provedení tohoto kroku by měly být k dispozici přinejmenším níže uvedené informace:

- ♦ identifikace hlavních produktů a vyráběných množství,
- ♦ velikost celkové spotřeby energie ve společnosti pro tepelné účely,
- ♦ identifikace procesů, které spotřebovávají nejvíce tepla a chladu a přinejmenším přibližný odhad energetické spotřeby jednotlivých procesů,

- ♦ identifikace hlavních zařízení dodávajících teplo a chlad a znalost přinejmenším jmenovitých výkonů; přibližné schéma rozvodu tepla a chladu (který kotel napájí teplem, který proces atd.),
- ♦ znalost úrovní teplot na výstupu zdroje tepla a na vstupu procesů, které spotřebovávají teplo.

7.4.3 Získání srovnávacích údajů

V této fázi již máme k dispozici podrobnější informace o oboru, o procesech, které využívá, i o produktech, a můžeme tedy získat referenční hodnoty podobných oborů (srovnávací údaje z databáze EINSTEIN nebo internetových stránek).

7.4.4 Získání základních znalostí konkrétního oboru

S informacemi o konkrétním oboru, které nyní máte k dispozici, můžete prohloubit svou znalost konkrétních typů procesů a zařízení, na které v průběhu auditu možná narazíte, viz přehled již uvedený v předcházejících kapitolách:

- ♦ Získat informace o konkrétních používaných zařízeních a možných technických alternativách,
- ♦ Získat informace o konkrétních používaných systémech dodávky a zdrojích a o možných technických alternativách.

7.4.5 Identifikace možných opatření

S informacemi o konkrétním oboru, které nyní máte k dispozici, můžete pravděpodobně dokončit celý cyklus auditu od získání dat po generování návrhů.

I pokud jsou zatím dostupné údaje značně nekompletní a tím pádem nemůžete očekávat nějak přesné výsledky, přesto byste měli tento krok provést, abyste získali povědomí o řádu možných úspor, přibližné velikosti potřebné investice atd., což se může hodit při první diskusi se zástupci společnosti během auditu.

Přitom neztratíte moc času, protože softwarový nástroj EINSTEIN tento krok zvládne (téměř) automaticky.

Při uvažování o možných zlepšeních byste měli nahlédnout i do dokumentace nejlepších dostupných technologií (BAT) pro konkrétní obor a problematiku. Nástroj EINSTEIN vám pomáhá získat snadný přístup k dostupným informacím.

7.4.6 Seznam priorit dalšího zkoumání a shromažďování dat

Pokud chcete provést rychlý audit, musíte se zaměřit na to, co je zásadní. Pokud chcete provést velmi kvalitní audit nesmíte zapomínat na důležitá data. Tyto cíle mohou být někdy v rozporu. Proto se musíte rozhodnout, co budete chtít společnosti pravděpodobně navrhnout, a pak sestavit seznam priorit, jaké informace budete během auditu především shánět, a v kterých případech musíte na jejich poskytnutí trvat, i pokud to bude obtížné.

Po auditu musíte mít k dispozici všechny informace potřebné k posouzení schůdnosti nasazení technologií a řešení. Může je navrhnout (nebo vyloučit), a pak se nesnažte získávat údaje, které nepotřebujete, zejména pokud je jejich získání obtížné. Příklad: pokud chcete navrhnout solární ohřev procesu, musíte získat veškeré dostupné informace o volných plochách na střeších i na zemi, o problémech s možným zastíněním, konstrukční detaily střechy atd., které jsou potřebné k posouzení této technologie; zatímco pokud budete pravděpodobně navrhovat tepelný výměník pro lepší rekuperaci tepla v určitém procesu, nejspíš nebude dobré obtěžovat zástupce společnosti požadavkem na poskytnutí výkresů detailů střechy...; podobně nemá smysl klást spoustu technických dotazů na detaily procesu, který spotřebovává jen 0,3 % procenta celkové spotřeby energie.

7.5 Rychlé a hrubé předběžné posouzení

Na základě zpracování předběžných informací lze generovat první „rychlé a hrubé“ předběžné posouzení včetně zprávy. Tato zpráva uvádí:

- ♦ identifikaci nejrelevantnějších procesů, které spotřebovávají teplo a chlad, včetně přibližné kvantifikace spotřeby energie,
- ♦ první kvantitativní analýzu poptávky po teple a chladu podle úrovní teplot a časových průběhů, kumulativní křivky poptávky po teple.

A základě této analýzy poptávky po teple a chladu:

- ♦ identifikaci technologických možností efektivní dodávky tepla a chladu,
- ♦ řád dimenzování potřebných zařízení,
- ♦ odhad očekávaných energetických a ekonomických parametrů.

Tento první nástin „toho, co by bylo možné“ může auditorovi i uživateli (společnosti) pomoci se nadále zaměřit na konkrétní informace potřebné k propočtu technologických možností, které budou nejpravděpodobněji nadále zvažovány.

7.5.1 Vytvoření zprávy o „rychlém a hrubém“ posouzení

Zprávu o „rychlém a hrubém“ posouzení EINSTEIN lze generovat automaticky funkcí „zpráva“ v softwarovém nástroji EINSTEIN (volba Generovat zprávu).

Ekonomické odhady navrhovaného systému poskytované softwarovým nástrojem EINSTEIN jsou jen tak kvalitní, jak kvalitní jsou zadané údaje o zařízení a podsystémech v příslušných databázích. Platnost těchto údajů může silně kolísat v závislosti na národních a mezinárodních podmínkách a výsledné výchozí hodnoty je nutno vykládat jen jako přibližné a orientační údaje.

7.5.2 Neslibujte na začátku příliš!

Jak již bylo zmíněno, prezentace první předběžné zprávy může být velmi užitečná k tomu, aby byla společnost informována o dostupných možnostech a v budoucnu potřebných krocích. Orientační údaje mohou technikům nebo místním ředitelům pomoci přesvědčit vedení společnosti, aby podpořilo pokračování auditu s cílem prohloubit analýzu, nebo i pomoci vyžádat další formy financování.

Přesto je nutno vyvarovat se prezentování příliš mnoha údajů (zejména ekonomických!), které ještě nejsou spolehlivě podepřeny. V každém případě společnost upozorněte, že prezentovaná čísla jsou jen odhady řádů, a že se při podrobnější analýze mohou výrazně změnit.

7.6 Místní šetření (alternativně shromažďování údajů na dálku)

7.6.1 Prezentace rychlého a hrubého posouzení a diskuse nad ním

Pokud jste se rozhodli společnosti prezentovat předběžné výsledky rychlého a hrubého posouzení, možná je ta pravá chvíle začít diskutovat o návštěvě. Můžete shrnout zatím získané výsledky a odeslat je, případně včetně svých předběžných závěrů.

7.6.2 Rozhovory a návštěva na místě za účelem získání podrobných údajů

Shromažďování dat v kanceláři

Prvním krokem poté, co dorazíte do společnosti, musí být schůzka v kanceláři, na které se představíte a představíte také, co můžete společnosti nabídnout, a kde získáte základní informace. Pokud je to možné, během první schůzky by již měli být přítomni technici společnosti, kteří znají technické detaily procesů a zařízení využívaných společností.

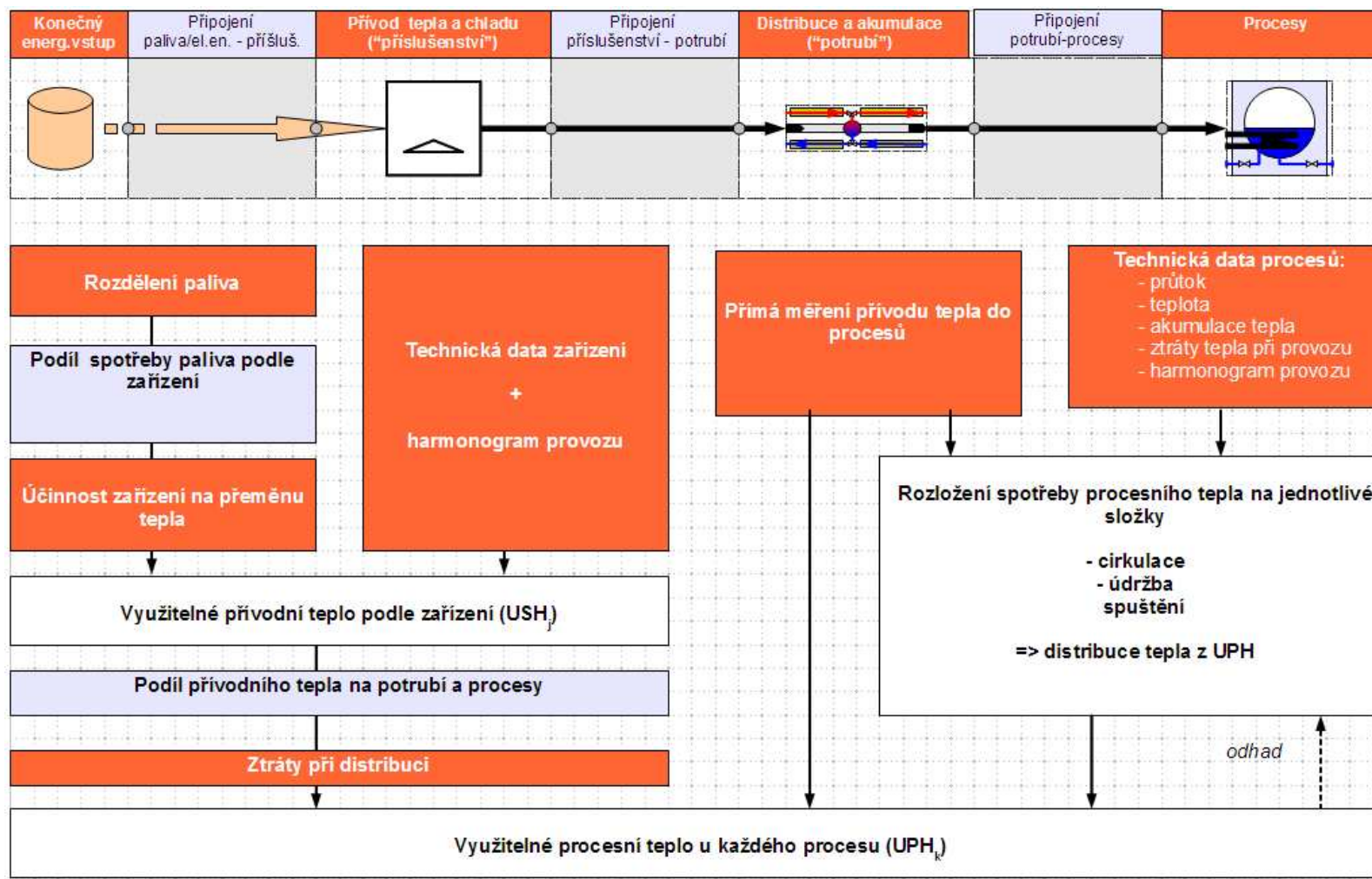
Můžete využít strukturu základního dotazníku EINSTEIN (vezměte si s sebou papírovou kopii, popřípadě už předvyplněnou údaji, které jste získali v předchozích fázích), abyste dokázali rozhovor vést strukturovaně, a ptejte se na následující informace:

- ◆ Obecné informace o společnosti: co vyrábí, kolik toho vyrábí, jaký výrobní proces používá, jaké jsou celkové údaje (obraz, spotřeba energií, počet zaměstnanců); směnnost provozu, dovolené atd. V tomto kontextu je důležité získat i informace o budoucích vyhlídkách společnosti: možných plánech na expanzi, která by zcela změnila údaje o poptávce, nebo naopak riziko uzavření některých výrobních linek, nebo celého závodu v důsledku tlaku konkurence;
- ◆ Účty za palivo a elektřinu a sazby za dodávky energie: snažte se získat informace za několik let a pokud jsou k dispozici, i podrobné informace o podílu jednotlivých zařízení / procesů / výrobních linek na celkové spotřebě;
- ◆ Údaje o procesech: vzhledem k tomu, že v řadě oborů je známa jen celková spotřeba energie, která ale není rozdělena na spotřebu jednotlivých procesů, jsou podrobné údaje o procesech často jedinou možností, jak určit rozdělení poptávky po teple (obecně schůdné možnosti, jak tyto informace získat, uvádí obrázek 20), a proto je důležité, abyste zjistili, jak určitý proces funguje, jaké jsou časové plány operací a teploty v procesu. Navíc je žádoucí získat další informace o různých součástech podílejících se na poptávce procesu po teple:
 - ◆ přítok a odtok kapalin: hmotnostní nebo objemový průtok a úroveň teplot (na vstupu/výstupu),
 - ◆ hmotnost nebo objem, které mají být ohřáty při spuštění procesu, počet dávek nebo odstávek, a výchozí teplota, z níž je nutno zařízení zahřívat,
 - ◆ tepelné ztráty procesních zařízení během provozu: výkon potřebný k udržení dané teploty procesu. Tento výkon může být tvořen výkonem potřebným ke krytí tepelných ztrát, výkonem potřebným k uskutečnění fázové přeměny pracovních kapalin (var, vysychání) nebo výkonem potřebným k průběhu chemických reakcí. To je často nejobtížněji zjistitelný údaj, protože např. koeficienty tepelných ztrát zařízení nebývají známy. Můžete získat jisté nepřímé náznaky umožňující provedení některých výpočtů, například pokud víte, že za dobu Δt (např. přes noc) zařízení vychladne z procesní teploty TP na jistou konečnou teplotu T', můžete odhadnout výsledný koeficient tepelných ztrát, nebo pokud znáte přibližné rozměry zařízení a tloušťku izolace, můžete tuto hodnotu zkusit vypočítat; při procesech sušení lze podle rozdílu obsahu vlhkosti ve vlhkém a v suchém produktu určit, kolik tepla musíte přivést, aby se vlhkost odpařila, atd.

Nástroj EINSTEIN nabízí jisté pomůcky pro tento typ pomocných výpočtů a jejich nejčastější příklady:

- ♦ Údaje o zařízení dodávajících teplo a chlad: proveďte inventuru stávajících zařízení a nejrelevantnějších technických údajů (vč. stáří a stavu zachování, s cílem určit, zda má smysl navrhnout náhradu); snažte se získat přinejmenším přibližné informace nejen o jmenovitém výkonu, ale i o energii (teplo nebo chlad), kterou toto zařízení vydává (provozní hodiny, faktor částečného vytížení), a to i kdybyste měli pracovat s velmi kvalitativními údaji, například „toto zařízení používáme jen pár hodin ročně, slouží hlavně jako záloha“ nebo „tyto dva kotle pracují téměř neustále na plný výkon a někdy i tak nemáme dost páry...“; a nezapomeňte vytvořit přehledné blokové schéma, které zařízení dodává teplo nebo chlad kterému procesu;
- ♦ Údaje o distribuci a ukládání tepla a chladu: délky a průměry vedení a trubek; hodnoty teplot, tlaků a průtoků; jakékoli informace, které seženete, vám pomohou zpřesnit přehled o spotřebách v závodu; pokud se využívá, identifikujte i zařízení pro ukládání tepla (objem, teploty a tlaky, izolace);
- ♦ Stávající systémy pro rekuperaci tepla: identifikujte stávající tepelné výměníky pro rekuperaci tepla, včetně jejich technických parametrů a skutečných (typických) provozních podmínek (průtoky a teploty na studeném a horkém konci);
- ♦ Obnovitelné energie: identifikujte dostupné plochy (střechy a pozemky) pro možné využití sluneční tepelné energie (velikost, orientace, statická nosnost střechy, vzdálenost od strojů nebo procesů); posuďte dostupnost biomasy nebo bioplynu (zbytkové biomasy přímo z procesu nebo od dodavatelů z okolí); zjistěte, zda existuje motivace pro využití obnovitelných zdrojů, kromě ekonomických úspor (např. příspěvek k ochraně životního prostředí, otázky marketingu, ...) ?;
- ♦ Struktura poptávky po teple a chladu: v některých společnostech může poptávka budov po teple a chladu tvořit významnou součást celkové poptávky; proveďte inventuru stávajících budov, používaných systémů ohřevu a klimatizace, shromážděte úrovně teploty a časové plány provozu atd.; pokud možno si vždy vyžádejte náčrty budov;
- ♦ Ekonomické a finanční parametry: jaké náklady na provoz a údržbu společnost má (navíc k účtům za energii); jak jsou financovány investice do systémů dodávek energií (z vnějších nebo z vnitřních zdrojů); jaké jsou požadavky na návratnost nebo splacení.

Obrázek 20: Příklad získání informací o poptávce různých procesů po teple a chladu



Výše uvedené okruhy informací byste měli mít v hlavě jako náhradní kontrolní seznam (a dobré je mít je s sebou i na papíře), abyste závod neopustili, dokud nepoložíte všechny relevantní otázky. Rozhovory, ale ve většině případů neprobíhají v pořadí otázek, jaké si (v hlavě) stanovíte; při neformálním rozhovoru obvykle získáváte nestrukturované a izolované informace.

Abyste neztratili přehled, vyplatí se psát si již během návštěvy strukturované poznámky, seskupené podle výše uvedeného přehledu. Během půlhodiny nebo hodiny neformálního rozhovoru s technikem údržby se jistě dozvíte mnohé o různých procesech a zařízeních, ale také o jeho rodinných vztazích a o problémech s konkurencí, kterým majitel závodu musí čelit. Pokud si vedete strukturované poznámky, v informacích se neztratíte a můžete rychle ověřit, zda jste získali všechny důležité údaje, nebo zda vám něco důležitého chybí (a co to je).

Prohlídka závodu

Jakmile máte dojem, že jste v kanceláři získali všechny informace, které jste získat mohli, vydejte se na prohlídku závodu. Zcela jistě si musíte prohlédnout přinejmenším všechny relevantní procesy a zařízení pro dodávku tepla. Pokud možno jděte s digitálním fotoaparátem a fotografujte, později se vám snáze vybaví detaily.

Návštěvu využijte k prohloubení přehledu o tom, jak různé procesy fungují, a ke kladení podrobných otázek, které vás v kanceláři nenapadly.

Pokuste se předem řešit problémy, které souvisejí s úpravami systémů. Možná už vás napadají:

- ♦ možné body napojení nových rozvodů nebo zdrojů tepla a chladu,
- ♦ dostupné prostory pro nová zařízení nebo zásobníky.

Pokud jste v kanceláři hovořili jen s technickým ředitelem, pokuste se během prohlídky sblížit s pracovníky údržby, kteří vám mohou předat cenné informace z praxe (ptejte se například takto: „... když ráno přijdete do práce, jakou teplotu má tento zásobník“ atd. ...).

7.6.3 Rychlá kontrola úplnosti a konzistence na místě

Pokud jste během návštěvy zadávali údaje do přenosného počítače se softwarovým nástrojem EINSTEIN, můžete volbou „kontrola konzistence“ v softwarovém nástroji EINSTEIN zkontrolovat:

- ♦ zda jsou údaje konzistentní nebo zda jsou informace, které jste získali, rozporné (např. v důsledku nesprávně uvedených jednotek)
- ♦ zda chybí některé relevantní údaje (a které), abyste si mohli vyžádat přímo tyto údaje
- ♦ možná již máte k dispozici dostatek údajů ke spuštění nástroje pro automatické generování návrhů, který poskytne představu o řádu možných alternativních systémů dodávky (např. pokud víte, kolik dodatečných zásobníků u určitého systému potřebujete, můžete ještě během návštěvy závodu ověřit, zda je k dispozici dostatek místa...).

7.6.4 Měření během návštěvy

U řady výrobních procesů je na základě účtů za energie známa roční (a často i měsíční) spotřeba energie, ale nelze ji rozdělit na spotřebu konkrétních zařízení a procesů. Znalost těchto údajů - přinejmenším u základních procesů a u hlavních zdrojů tepla a chladu - je ale základem uplatnění metodologie EINSTEIN.

Všechny údaje dostupné z měření na místě, prováděných přímo závodem, mohou pomoci při analýze podrobných energetických profilů včetně časových plánů spotřeby energie i dostupnosti odpadního tepla. Proto je důležité při návštěvě závodu zjistit jaké údaje jsou již sledovány a které kombinace datových množin lze využít k analýze toků energií.

V mnoha závodech budou nutná dodatečná měření k doplnění chybějících údajů. V závislosti na konkrétním stavu procesu lze některá měření provést už během první návštěvy závodu. K rychlým a přesným měřením, která jsou základem výpočtu toků tepla a chladu, a provádějí se během návštěvy závodu, patří:

Měření teploty

Infračervené pistole, kterými se měří teploty (neizolovaných) nádob nebo trubek, mohou poskytnout první odhad teplot za provozu. Pokud se teplota v procesu rychle mění, lze instalovat rychlé termočlánky se záznamníky dat a ukládat údaje během návštěvy. Tyto snímače teploty instalované na neizolované nádoby nebo potrubí poskytují základní údaje pro výpočet tepelných ztrát.

V případě známého hmotnostního toku v potrubí (tok dodávky tepla, tok produktu nebo tok dodávky chladu) lze měřením průtoku a teplot ve zpětném potrubí během několika hodin získat dostatek informací pro výpočet celkového tepla nebo chladu dodaného potrubím.

Měření hmotnostního průtoku

Bezkontaktní měření toku vody/média např. pomocí ultrazvukových sond se snadno instaluje a nijak nenarušuje proces. V kombinaci s měřením teploty lze rychle vypočítat tok energie. Upozorňujeme, že krátkodobá měření (např. po dobu několika hodin) poskytují jen neúplný obraz celé situace, zejména v případě, kdy výrobní proces závisí na čase a není průběžný.

Měření toků energií lze provádět na primární straně dodávky energie (potrubí horké vody, kondenzátu) nebo na sekundární straně (měření procesního média). Volba v konkrétním případě závisí zejména na dostupnosti vhodných bodů měření (přístup k potrubí, izolace potrubí, stav potrubí, regulace atd.). Následuje stručný seznam možných měření (neúplný), který slouží jako vodítko a inspirace pro uživatele:

- ◆ Měření na straně procesního média („sekundární strana“):
 - ◆ Měření procesního média (voda, vzduch, tok produktu) ohříváného v procesu
 - ◆ Měření čerstvé vody přidávané do nádrže, která je trvale ohřívána na určitou teplotu (např. na mycích linkách)
- ◆ Měření na straně dodávky tepla („primární strana“):
 - ◆ Měření dodávky horké vody a teplot před a za tepelným výměníkem (v případě nepřímé dodávky tepla),
 - ◆ Měření teploty přívodu horké vody a teploty horké vody (v případě přímé dodávky tepla),
 - ◆ Měření na potrubí kondenzátu jednoho procesu (nebo více procesů, pokud jsou regulovány tak, že lze měřené údaje později rozdělit na podíly jednotlivých procesů),
 - ◆ Měření čerstvé vody přidávané do zdroje páry (identifikace energie využitá ve formě přímé dodávky páry).

7.6.5 Program měření u uživatele

Pokud narazíte na určitou chybějící informaci, kterou nemůžete ihned získat měřením na místě, můžete firmě zadat „domácí úkol“:

- ♦ Registrace teplot, tlaků nebo údajů počítadel u stávajících snímačů, v pravidelných intervalech;
- ♦ Zanechání měřicího zařízení na místě, se žádosti o zapisování změřených hodnot po určitou dobu;
- ♦ Definice jednoduchých „experimentů“, které může uživatel provést sám (např. určit křivky růstu nebo poklesu teploty určitého zařízení v závislosti na času, atd.).

7.6.6 Diskuse o dojmech z návštěvy

Po návštěvě byste měli společnost informovat o tom, jaký dojem z návštěvy máte a jak budete pokračovat:

- ♦ Spolu se zástupci společnosti rozhodněte a určete, které z možných opatření chcete dále podrobně analyzovat a které možnosti hned vyloučíte;
- ♦ Stanovte časový plán příštích kroků, termín předání dodatečných informací společností; termín předání zprávy z auditu.

7.7 Analýza současného stavu

7.7.1 Kontrola konzistence a úplnosti údajů

Systematická analýza současného stavu je východiskem dalšího hledání možností, jak ve společnosti ušetřit energii. Rozložení spotřeby energie na jednotlivé součásti a definice hlavních toků energie, zdrojů a spotřebičů ale obvykle vyžaduje získání poměrně rozsáhlého souboru údajů. Kromě kvantity má na spolehlivost navržených alternativních řešení vliv i kvalita a konzistence shromážděných údajů.

Jak již bylo uvedeno v předchozí sekci, často existuje více možností, jak získat určité údaje. Pár příkladů (viz Obrázek 20):

- ♦ Spotřeba paliva ve společnosti může být udávána přímo ve formě energie, nebo ve formě množství spotřebovaného paliva (v m³, litrech atd.), z kterého můžete určit spotřebu energie na základě známé výhřevnosti (LCV);
- ♦ teplo generované horkovodním kotlem lze určit buď podle spotřeby paliva, nebo podle odběru horké vody; navíc může být přímo na výstupu kotle instalováno měření horké vody.

Při shromažďování údajů o současném stavu (aktuální spotřeba energie atd.) se můžete setkat s následujícími problémy - které také musíte řešit:

- ♦ Redundance informací a možné konflikty mezi údaji: redundance existuje, pokud máte jako ve výše uvedených příkladech dvě nebo více možností, jak určit nebo vypočítat tentýž parametr. Pokud různými cestami dojdete ke stejnému výsledku, je to dobré - můžete si být ještě více jisti, že získaná hodnota je správná. Pokud je tomu ale naopak, a různé způsoby výpočtu vedou k různým výsledkům, máte problém - musíte se rozhodnout, který výsledek použijete (který je správný, který je nesprávný?) a - nezávisle na tom, jak se rozhodnete - v důsledku nejistoty můžete pochybovat o obou výsledcích;
- ♦ Nedostatek informací. Možná nemáte k dispozici všechny podrobné údaje, které byste k výpočtu potřebovali. Např. můžete znát celkovou poptávku po teple (vypočtenou ze spotřeby paliva) a poptávku procesu, který je největším spotřebičem tepla, ale nemáte žádné informace umožňující rozdělit zbytek spotřeby mezi dva další menší procesy.

Kontrola redundance a úplnosti údajů o složitém systému může být velmi zdlouhavým úkolem. Obecně platí, že k této práci můžete využít následující nástroje:

- ◆ Matematické a fyzikální vztahy mezi různými množstvími na základě fyzikálních zákonů (zákon zachování energie, druhý termodynamický zákon) a fyzikální vlastnosti materiálů:
 - ◆ Energie a hmotnostní zůstatky zařízení a podsystémů (vstup = výstup + ztráty). Ze zákonů zachování vyplývá, že parametry účinnosti nebo poměr hmotnostních průtoků budou v mnoha případech mezi 0 a 1;
 - ◆ Omezení daná druhým zákonem termodynamiky: teplo přechází jen z teplejších míst na chladnější. To vám může pomoci určit minimální a maximální možné hodnoty určitých parametrů (např. teploty);
 - ◆ Fyzikální vlastnosti materiálů, zejména vlastnosti kapalin a paliv. Příklad: energie přenášená kapalinou souvisí s hmotnostním průtokem a rozdílem měrné entalpie na vedení k procesu a zpětném vedení, což je parametr závislý na měrné kapacitě kapaliny, podílu páry a latentnímu teplu vypařování (v případě změny skupenství);
 - ◆ Provozní hodiny procesů a zařízení jsou omezeny délkou dne (24 h) a roku (8 760 h) a specifikovanými obdobími víkendů a dovolených.
- ◆ Technická znalost typických hodnot nebo praktických mezí určitých parametrů:
 - ◆ Z matematického hlediska může být účinnost kotle jen hodnota v rozmezí 0 až 1 (nebo 0 až přibližně 1,1, pokud je referenční hodnotou minimální výhřevnost paliva). V praxi ale těžko narazíte na kotel s velmi špatnou účinností například 0,1, a také dosažení hodnoty 0,999 si lze jen těžko představit. Obvyklé praktické hodnoty u jiných než kondenzačních kotlů jsou 0,7 ... 0,95. Podobně lze posuzovat i účinnost rozvodu pomocí potrubí a vzduchovodů;
 - ◆ Teplotní rozdíl na tepelném výměníku (*LMTD*) musí být teoreticky (jak vyplývá z druhého zákona termodynamiky) vyšší než 0 K. V technické praxi ale bývá vyšší, okolo 3 – 5 K v případě výměníků kapalina/kapalina, a až 10 K v případě výměníků kapalina/vzduch nebo vzduch/vzduch. Podobně lze zdůvodnit i rozdíly teploty potrubí dodávky do procesu a zpětného potrubí: v praxi nikdo nenavrhne okruh s tak vysokým hmotnostním průtokem, aby byl rozdíl teplot dodávky a zpětného vedení například jen 0,1 K. Nejnižší hodnota, s kterou se lze v praxi setkat, je 1 - 2 K;
 - ◆ Tepelné ztráty některých zařízení v procesech se jen těžko přesně určí. Existuje ale jistý horní limit daný celkovou povrchovou plochou (kterou lze odhadnout z rozměrů zařízení) a tím, že celkový přenos tepla (vyzařováním + přirozeným obsahem vzduchu) z neizolovaného tělesa při nepřítomnosti vysokých teplotách (do 100 °C) je nižší než $8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ v místnostech a $20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ venku (vč. ztrát ofukováním větrem), a k tomu je samozřejmě nutno přičíst spotřebu tepla na změnu skupenství nebo průběh chemických reakcí (např. při vaření obsahu nádoby...);
 - ◆ Doba potřebná k zahřátí nebo k naplnění/vyprázdnění zařízení používaných v procesu bude jen výjimečně přesahovat 50 % celkové doby zpracování dávky nebo 2 – 3 hodiny v případě kontinuálních procesů, které běží přes den a na noc se odstaví.

Zatímco matematické limity určují pevné a jasně definované podmínky rozhodnutí ohledně toho, zda je určitá hodnota parametru (v kontextu celé množiny údajů) možná nebo nemožná, v technické praxi jsou limity do určité míry rozostřeny. V případě technických omezení v systému EINSTEIN rozlišujeme:

- ♦ Limity praktických hodnot: jde o široké rozmezí možných hodnot (z technického hlediska), do kterého spadá 99,9 % případů v praxi;
- ♦ Rozsah typických hodnot: mnohem užší rozmezí, do kterého by se mělo „vejít“ 90 % případů v praxi (nesmíme ale zapomínat na to, že 10 % případů může být mimo toto rozmezí).

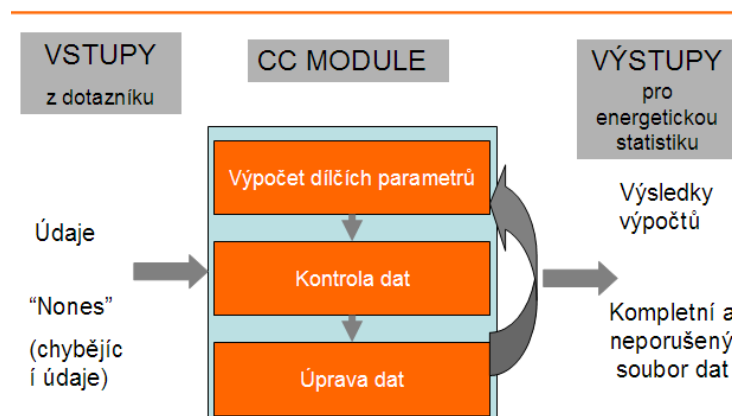
Základní kontrola konzistence v systému EINSTEIN znamená kontrolu, zda datová množina určité společnosti vyhovuje podmínkám konzistence matematických a fyzikálních vztahů a podmínkám limitů praktických hodnot vycházejících z technických znalostí.

Pomocí softwarového nástroje EINSTEIN lze základní kontrolu konzistence provést automaticky. Pokud je mezi zadanou datovou množinou a stanovenými limity konflikt, budou údaje automaticky opraveny a bude zobrazen seznam chybových hlášení.

Základní kontrola konzistence pomocí softwarového nástroje EINSTEIN navíc doplní všechny údaje, které nebyly explicitně uvedeny v dotazníku, ale lze je vypočítat pomocí korelací s uplatněním známých omezení.

Obrázek 21: Schéma základního postupu kontroly konzistence v softwarovém nástroji EINSTEIN. „Žádný údaj“ označuje případy, kdy údaj nebyl zadán (prázdné buňky)

Kontrola konzistentnosti dat



7.7.2 Získání chybějících informací

Množství informací a požadovaná úroveň přesnosti při energetickém auditu závisí na důkladnosti energetického auditu. Při provádění předběžného posouzení (rychlá a přibližná studie) stačí méně informací, ale při podrobné analýze je nutno zvážit mnoho parametrů.

V řadě případů ale není možno snadno získat všechny údaje, které jsou z teoretického hlediska nezbytné. Někdy, zejména v malých společnostech, je obtížné i získání základních údajů, proto i po základní kontrole konzistence a doplnění údajů mohou být v datové množině „díry“, nebo mohou být některé údaje zjištěny jen s velmi nízkou přesností.

V takových případech můžeme parametry, které zůstávají neznámé, nahradit odhady z rozmezí typických hodnot založených na technických znalostech. Pomocí těchto „typických hodnot“ dokážeme vyplnit většinu mezer v údajích, ale je nutno neustále myslet na to, že použitím odhadů činíme předpoklady, které ne vždy musí souhlasit se skutečností.

Pokaždé, když využijeme odhad, musíme to jasně uvést ve zprávách, které předáváme - závěry platí jen pokud platí předpoklady. A vždy, když to je možné, se pokusíme platnost odhadů následně ověřit a zjistit, zda byly předpoklady použité při vypracování zprávy splněny nebo ne.

Pokud ani s veškerými technickými znalostmi, které máte k dispozici, nedokážete odhadnout základní údaje, které nezbytně potřebujete k vypracování analýzy, máte dvě možnosti:

- ♦ Zavolat společnosti a sdělit, že s malým množstvím informací, které máte k dispozici, absolutně nemá smysl pokoušet se předložit praktický návrh;
- ♦ Odvodit chybějící informace z určitých hypotéz nebo scénářů: prostě předpokládat hodnoty, které se zdají být rozumné. Můžete zkusit vypracovat analýzy pro mezní případy: první scénář pro případ, který je velmi výhodný (na systém, který chcete navrhnout), druhý scénář velmi nepříznivých parametrů, a třetí vycházející ze středních hodnot.

To je někdy lepší, než nedělat nic, ale je nutno všechna výše uvedená upozornění ve zprávách předávaných společnosti dvakrát zopakovat a ještě lépe vyznačit tučně.

Kvantita a přesnost údajů potřebných při různých úrovních analýzy

Metodologie EINSTEIN rozlišuje tři úrovně analýzy s tím, že každá další má vyšší nároky na podrobnost a přesnost:

- ♦ Úroveň 1: rychlá a hrubá analýza - k rychlé a hrubé analýze stačí znát s jistou minimální přesností (podmínka minimální přesnosti je odchylka od skutečnosti menší než +/- 50 %) spotřebu energie a úroveň teplot (teploty procesu) v energeticky nejnáročnějších procesech ve společnosti;
- ♦ Úroveň 2: standardní úroveň analýzy EINSTEIN - při standardní úrovni analýzy EINSTEIN musíte znát přinejmenším níže uvedené parametry s minimální úrovní přesnosti:
 - ♦ spotřeba energie hlavními procesy spotřebovávajícími energii včetně rozboru na podíly poptávky po teplu a chladu pro zajištění oběhu, udržování teploty a náběhu procesů po zapnutí,
 - ♦ všechny úrovně teplot (vstup, proces, výstup) a provozní dobu těchto procesů včetně odpovídajících zařízení zajišťujících dodávky tepla a chladu,
 - ♦ toky odpadního tepla z hlavních procesů spotřebovávajících energii.
- ♦ Úroveň 3: podrobná analýza - k podrobné analýze musíte znát přinejmenším všechny informace požadované základním dotazníkem EINSTEIN, a to s požadovanou přesností.

Přesnost dostupných údajů, jak v kvalitativním smyslu úrovně spolehlivosti (údajům věříte nebo nevěříte), tak i v kvantitativním smyslu úrovně přesnosti ($\pm xy \%$), která silně závisí na následujících faktorech:

- ♦ Původ informací. Velké společnosti mohou mít instalováno přímé měření spotřeby energie přesnými měřicími přístroji, s ukládáním údajů do propracovaných systémů správy energií, zatímco malé společnosti často znají jen průměrné pracovní podmínky zařízení a celkovou spotřebu energie na základě účtů za energie. Údaje za jeden rok nebo i za jeden měsíc nemusí příliš přesně vyjadřovat budoucí průměrnou spotřebu;
- ♦ Postup získání údajů. Při vyplňování tabulky nebo kopírování údajů se snadno udělá chyba, stejně tak i při zadávání údajů do výpočetního nástroje apod. (zadali jste nebo zadala společnost údaje do dotazníku správně? Nedošlo k záměně jednotek? Vyplňovali dotazník pracovníci společnosti sami nebo s vaší pomocí? atd.);
- ♦ Úroveň podrobnosti. Čím hlubší je analýza, tím podrobnější a konkrétnější vstupní údaje jsou požadovány a tím roste i riziko, že získané údaje nejsou dostatečně přesné (příklad: Potřebujete údaje za rok? Nebo údaje za hodinu? Zajímá vás celková spotřeba energie? Nebo podíly spotřeby jednotlivých procesů? atd.).

Pokud máte u jakéhokoli parametru pochybnosti o jeho platnosti, musíte to ve zprávě zdůraznit, stejně jako ve scénářích zdůrazňujete odhadnuté hodnoty nebo předpoklady.

7.7.3 Podrobná struktura spotřeby

Rozdělení spotřeby energie na jednotlivé procesy, zařízení, paliva a úrovně teplot je velmi důležitým předpokladem získání přehledu o všech aspektech spotřeby energie v analyzovaném oboru. Výsledné statistické údaje současného stavu jsou výchozím bodem rozhodování o nasazení opatření a technologií umožňujících úsporu energie.

Znalost celkové spotřeby energie umožňuje rychlé seznámení auditora se spotřebou energie a s možností (a priori) úspor, díky srovnání s dostupnými referenčními údaji v příslušném oboru (údaje pro srovnání). Při zvažování různých návrhů alternativ zlepšování účinnosti spotřeby energie slouží současná spotřeba energie a její struktura jako reference pro následnou analýzu dopadů navrhovaných opatření.

Následuje přehled nejdůležitějších energetických statistik s poznámkami k využití příslušných údajů.

- ♦ Struktura spotřeby energie podle procesů, zařízení a typů paliv: odhaluje hlavní spotřebitele energie, procesy, zařízení a typy paliv tvořící největší část účtu za energie. Opatření zaměřená na příslušné položky budou mít největší efekt;
- ♦ Analýza spotřeby energie podle úrovní teplot. Umožňuje vyhodnotit potenciál rekuperace odpadního tepla a uplatnění efektivních nízkoteplotních technologií, jako jsou sluneční zdroje tepelné energie, tepelná čerpadla, chladicí voda z kogeneračních (CHP) jednotek atd.;
- ♦ Analýza spotřeby energie ve smyslu spotřeby primárních energií, emisí CO_2 a dalších plynů: umožňuje hodnocení ekologických dopadů oboru;
- ♦ Rozpis měrných spotřeb energie: energetická náročnost (EI) a měrná spotřeba energie (SEC): umožňuje porovnání s referenčními údaji a stanovení realistických cílů spotřeby energie.

K získání podrobnějšího přehledu jsou neocenitelné energetické statistiky (rozpisy) s různými časovými měřítky:

- ♦ Roční údaje ukáží hlavní procesy a zařízení spotřebovávající energii a typy spotřebovovaných energií a poskytují obecný přehled o tom, kde především jsou nutná opatření k úsporám energie;
- ♦ Měsíční údaje potřebujete ke zvážení sezónních výkyvů ve spotřebě energie nebo ke stanovení změn poptávky podle teploty okolí (například při prostorovém topení, sušení, sezónních změnách objemu produkce, například při výrobě nápojů ...) a podle změn dodávky energie (např. při využití slunečních zdrojů tepla), a potřebujete je rovněž při posuzování praktičnosti nasazení konkrétních technologií;
- ♦ Hodinový vývoj poptávky po teplu a dodávek tepla je důležitý při určování špičkového příkonu, analýze možností rekuperace tepla a zejména při určování požadavků na akumulaci tepla a chladu.

Softwarový nástroj EINSTEIN umožňuje automatické rozdělování poptávky po energii ve společnosti jak pro současný stav, tak i pro scénáře budoucí situace po nasazení různých alternativních návrhů.

7.7.4 Analýza skutečného provozu stávajících zařízení

Technické údaje zařízení jsou při posuzování výkonnosti energetického systému velmi důležitým parametrem. Nejrelevantnějšími výkonovými parametry jsou účinnost přeměny energie a kapacita ohřevu/chlazení.

Ve většině případů jsou v této oblasti známy jen jmenovité hodnoty uvedené v katalogových listech výrobců zařízení nebo na štítcích přímo na zařízení.

Skutečná výkonnost zařízení se ale od těchto údajů může značně lišit v důsledku zanesení nečistotami, poruch, extrémních provozních podmínek při konkrétním použití a také v důsledku mnoha dalších faktorů. Proto vždy, když máte dostatek údajů umožňujících ověření uváděných parametrů, může být zajímavé porovnat skutečně dosahované hodnoty s jmenovitými parametry výkonnosti.

Jednou z možností posouzení skutečné výkonnosti je měření vstupů a výstupů. Například pokud máme změřenou spotřebu paliva a teplo generované kotlem, můžeme vypočítat střední účinnost přeměny.

U zařízení spalujících palivo je další možností, jak posoudit účinnost přeměny energie, měření spalných plynů. Zbytkové teplo a nespálené zbytky paliva odcházející komínem jsou hlavními příčinami ztrát při přeměně energie.

Pokud jsou k dispozici měřené údaje, softwarový nástroj EINSTEIN automaticky provede potřebné výpočet a v případě významných rozdílů mezi jmenovitými a skutečnými parametry zařízení auditora upozorní.

7.7.5 Srovnání s referenčními údaji

Co je to benchmarking?

Benchmarking je označení strukturovaného procesu porovnávání a analýzy oborových postupů, s cílem jejich zlepšování díky identifikaci, sdílení a využívání nejlepších ověřených postupů. Cílem benchmarkingu je umožnit analýzu energetické efektivity společnosti ve vztahu k definovaným srovnávacím nebo cílovým hodnotám.

Zjednodušeně vyjádřeno jedná se o obecnou spotřebu energie, kterou nelze přiřadit konkrétní výrobní lince nebo produktu. Tuto spotřebu je možno zohlednit v poměrném množství odpovídajícím podílu hodnoty konkrétního produktu na celkovém obratu společnosti.

Systém EINSTEIN využívá následující referenční hodnoty:

- ♦ Srovnávací hodnota je rozsah mezi minimální a maximální hodnotou (B_{min} , B_{max}), odpovídající spotřebě energie při špičkovém stavu procesu v daném oboru;
- ♦ Cílová hodnota (B_{tar}) energetické náročnosti nebo měrné spotřeby energie je hodnota, které lze dosáhnout ekonomicky schůdným nasazením nejlepších dostupných technologií. Pokud nejsou stanoveny explicitní cílové hodnoty, považují se za dobré hodnoty spotřeby energie v oboru ty, které spadají do dolních 10 % rozmezí mezi B_{min} a B_{max} ;
- ♦ Zavedené postupy jsou dokumentované strategie a taktiky využívané úspěšnými společnostmi. Lze je poznat díky podrobným rozhovorům se správci energií, z dokumentace společnosti nebo analýzou literatury a sekundárních zdrojů.

Klasifikace indikátorů podle referenčního množství

Při benchmarkingu v systému EINSTEIN se systematicky využívají tři typy referenčních poměrů, podle toho, jaké konkrétní množství slouží jako reference:

- ♦ Energetická náročnost: energetickou náročností rozumíme spotřebu energie na jednotku peněžní hodnoty produktu. Hodnotu produktu lze vyjádřit buď velikostí obratu (prodejní cena) nebo výrobních nákladů (přibližně rovno prodejní ceně snížené o oborový příjem). Pokud není výslovně uvedeno jinak, pracuje se s obratem (prodejní cena). Vzhledem k tomu, že tyto srovnávací údaje pojednávají o peněžních jednotkách, musí být jasně uvedena a rok získání údajů.
- ♦ Měrná spotřeba energie na jednotku produktu. Měrná spotřeba energie na jednotku produktu je spotřeba energie související s příslušnou výrobní linkou, dělená objemem produkce na této lince (měřené v jednotkách, tunách, litrech atd.; např. celková spotřeba energie na kg džusu z koncentráту, spotřeba energie na litr vyrobené chemikálie atd.).
- ♦ Měrná spotřeba energie na meziprodukty provozu jednotky: kromě měrných hodnot spotřeby energie na jednotku produkce nás zajímají i poměry spotřeby konkrétních jednotek. Měrná spotřeba na jednotku zpracovaného meziprojektu je spotřeba energie potřebná k provozu jednotky, dělená objemem produkce na této lince (měřené v jednotkách, tunách, litrech atd.; např. spotřeba energie na kg nebo litr destilovaného roztoku). Při zjišťování těchto hodnot se uvádí referenční báze (např. při sušení lze spotřebu energie vztáhnout na kg vlhkého produktu nebo na kg suchého produktu, tyto hodnoty se mohou značně odlišovat).

Klasifikace podle typů energie

Klasifikace podle typů energie

- ♦ Elektřina vs. paliva: v modulu srovnávání se údaje o spotřebě energie vyjadřují jako spotřeba elektřiny a spotřeba tepla, protože tyto údaje lze v praxi snáze získat (z účtů za elektřinu a za palivo);
- ♦ Celková konečná spotřeba energie: údaje o celkové spotřebě energie získáte sečtením konečné energie elektřiny a konečné energie paliv;

- ♦ Celková spotřeba primárních energií: celková spotřeba energie vyjádřená ve formě primární energie. Tento parametr se vždy, pokud je dostupný, využije ke globálnímu srovnání s ostatními společnostmi.

Postup benchmarkingu v systému EINSTEIN

Srovnání energetické účinnosti společnosti se provede porovnáním skutečné hodnoty specifického indikátoru I (např. měrné spotřeby energie na tunu produktu) s referenční cílovou hodnotou B_{tar} založenou na struktuře společností v daném sektoru. To znamená, že skutečná hodnota I i referenční hodnota B_{tar} jsou podobně ovlivňovány změnami struktury sektoru.

Referenční cílová hodnota B_{tar} je definována výše. Rozdíl mezi skutečnou hodnotou I a referenční hodnotou B_{tar} slouží jako měřítko energetické účinnosti, neboť vyjadřuje, jaké úrovně efektivity by společnost dosáhla nasazením nejlepším ověřených technologií. Čím menší je tento rozdíl, tím lepší je stávající energetická účinnost. Poměr mezi skutečnou I a referenční hodnotou B_{tar} (nazývaný index energetické účinnosti EEI ; E_q . 1.31) je parametr, kterým můžeme srovnávat různé společnosti.

$$EEI = \frac{I}{B_{tar}} \cdot 100\% \quad (1.31)$$

kde I je měrný indikátor spotřeby energie a B_{tar} je referenční cílová hodnota.

Pokud závod využívá technologii, která patří k nejlepším v oboru, bude mít EEI hodnotu 100. Index EEI s hodnotou 105 svědčí o tom, že je měrný indikátor spotřeby I závodu průměrně o 5 % vyšší než referenční úroveň, tj. zavedením technologie, která představuje referenční úroveň, lze ušetřit 5 % energie.

Zdroje údajů pro srovnávání

Některé údaje pro benchmarking byly vybrány ze stávajících referenčních dokumentů BAT (dokumenty *BREF* pro různé obory průmyslu publikuje Evropská Unie na serveru <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>) i z literatury a dalších zdrojů a tak vznikl základ pro definici indikátorů a srovnávacích/cílových hodnot, které jsou nyní součástí výchozí databáze softwarového nástroje EINSTEIN. U každé srovnávací hodnoty v databázi je uveden její zdroj.

Srovnávací hodnoty jsou také k dispozici v literatuře věnované průmyslovým oborům nebo podoborům, konkrétním produktům nebo konkrétním provozům - jednotkám.

- ♦ Klasifikace podle průmyslového oboru a podoboru - Výchozí databáze EINSTEIN obsahuje některé měrné údaje pro níže uvedené průmyslové obory, identifikované kódem NACE. Plánujeme rozšíření databáze o další obory a také je může přidat uživatel;
- ♦ Klasifikace podle typu provozu - Při průmyslové výrobě zboží je provoz jednotky základním krokem procesu. Například při zpracování mléka se provádí homogenizace, pasterování, chlazení a balení. Proces výroby finálního produktu může být tvořen mnoha kroky.

7.8 Koncepční návrh možností úspor a stanovení předběžných cílů spotřeby energie

Jak již bylo uvedeno v 3.2, při systematické analýze potenciálu úspor energie je nutno provést následující kroky:

- ♦ Snížení poptávky procesu po teple prostřednictvím optimalizace procesu;
- ♦ Snížení potřebné dodávky tepla prostřednictvím rekuperace tepla a integrace procesů;
- ♦ Kogenerace a polygenerování;
- ♦ Pokrytí zbytku poptávky po teple a chladu energeticky úspornými technologiemi, v maximální míře využívajícími obnovitelné zdroje energie.

V prvním kroku musíte navrhnout a dimenzovat alternativní systém dodávky tepla a chladu. Je nutno vypracovat více alternativ, které poté v dalších krocích procesu porovnáte podle energetické a ekonomické výhodnosti a z výsledného pořadí určíte, která alternativa představuje optimální řešení.

Analýza poptávky po teple a chladu a potenciál rekuperace tepla/integrace procesů umožňují také předem pevně stanovit energetické cíle, které poté poslouží jako reference pro posuzování vypočtené výkonnosti skutečných systémů.

Kroky generování a posuzování alternativních návrhů:

- ♦ Výběr nové technologie a nastínění nového systému;
- ♦ Rozměr přístroje, zařízení;
- ♦ Energetický výkon;
- ♦ Vyhodnocení ekonomické výkonnosti.

Posledním krokem je porovnání a výběr nejlepší navržené varianty.

7.8.1 Optimalizace procesů: seznam efektivních technologií pro konkrétní provozní jednotky, možnosti úspor na straně poptávky

Po shromáždění a dokumentaci údajů o poptávce po energiích je prvním krokem po analýze a benchmarkingu předvést uživateli, jaké možnosti úspor energie má a jak lze vylepšit energetickou účinnost výrobních procesů.

V literatuře najdeme řadu zdrojů popisujících opatření zaměřená na zlepšování energetické účinnosti v mnoha oborech, s výsledky vývoje, který neustále provádějí technici závodů, provozovatelé, dodavatelé technologií a výzkumníci. Evropská unie vypracovala dokumenty (*BREF*), které shrnují dnes nejlepší dostupné techniky v jednotlivých oborech – kromě jiného z hlediska efektivního využívání energie.

Pro náš projekt jsou zajímavé zejména zprávy BREF na téma:

- ♦ Energetická účinnost: Integrovaná prevence a řízení znečištění, návrh referenčního dokumentu k technikám energetické efektivity, červen 2008;
- ♦ Systémy dodávek tepla a chladu:
 - ♦ integrovaná prevence a řízení znečištění (IPPC), referenční dokument k použití nejlepších dostupných technik v oboru průmyslového chlazení, prosinec 200,

- ♦ integrovaná prevence a řízení znečištění, referenční dokument k použití nejlepších dostupných technik v oboru velkých spalovacích zařízení, červenec 2006.
- ♦ Potravinářský průmysl: Integrovaná prevence a řízení znečištění, referenční dokument k použití nejlepších dostupných technik v oboru zpracování potravin, nápojů a mléka, srpen 2006.

Jak již bylo uvedeno výše, existuje řada dalších manuálů věnovaných energetické účinnosti a zpráv o případových studiích, které uvádějí možnosti realizace různých opatření k úsporám na straně poptávky. Rozsáhlý seznam relevantních dokumentů obsahuje zpráva EINSTEIN „Postupy a nástroje energetického auditu“. Tento dokument uvádí opatření seřazená podle oborů, a uvádí také technologie dodávek tepla a chladu formou strukturovaného přehledu potenciálu úspor.

V rámci úkolu IEA 33/IV na téma „Sluneční zdroje tepla pro průmyslové procesy“ byla vypracována matice indikátorů, která slouží jako nástroj k systematickému zahrnutí technických a energetických informací z průmyslových oborů, v nichž lze uplatnit sluneční zdroje tepelné energie. Cílem bylo navrhnout systém podpory rozhodování, který uživateli předkládá rozsáhlou databázi informací o všech krocích, které je nutno provést při návrhu systému slunečního ohřevu průmyslových procesů. K těmto krokům patří přehled procesů, důležité parametry dodávky energie pro provoz jednotek, srovnávací údaje popisující spotřebu energie, konkurenční technologie, hydraulická schémata integrace solárních zdrojů tepla a úspěšné případové studie. V sekci této matice věnované konkurenčním technologiím jsou uvedeny energeticky úsporné technologie využitelné v různých provozních jednotkách.

Nástroj EINSTEIN staví na těchto zdrojích informací (částečně shromážděných během projektu EINSTEIN). Nástroj EINSTEIN obsahuje databázi informací, kterou může uživatel procházet a najde:

- ♦ Obecná opatření v zájmu úspory energie;
- ♦ Konkrétní úsporná opatření, dokumentovaná u provozních jednotek tvořících výrobní systém.

Struktura založená na provozních jednotkách s relevancí v jednotlivých oborech umožňuje hledání efektivních technologií nebo metodologií pro konkrétní provozní jednotku v celé databázi, nebo hledání opatření k úspoře energie pro konkrétní technologie.

Další informace o navrhovaných technologiích a úsporných opatřeních najdete na odkazu „Wiki Web“ věnovaný energetické úspornosti. Tento „Wiki Web“ obsahuje „Matici indikátorů průmyslových procesů (vyvinutou v rámci úkolu IEA 33/IV)“ a má také sekce věnované konkurenčním technologiím, které jsou neustále rozšiřovány tak, aby obsahovaly více údajů o efektivních technologiích a nejlepších dostupných technikách.

Nástroje modulu optimalizace procesů

- ♦ Databáze nejlepších dostupných technologií a opatření k optimalizaci procesů pro různé provozní jednotky;
- ♦ Nástroj k hledání možností optimalizace pro technologie a zařízení použitá v procesech.

7.8.2 Předběžný návrh sítě tepelných výměníků a zásobníků

Po shromáždění všech relevantních údajů a analýze potenciálu úspor energie nasazením energeticky efektivních technologií procesů je dalším krokem metodologie auditu strukturovaná analýza potenciálu dalších úspor energie rekuperací tepla. Tento krok je zásadně důležitý, protože nasazení opatření ke zlepšení energetické efektivity ještě před změnou systému dodávky energií je zárukou celkově efektivní koncepce budoucí udržitelné dodávky energie a vyhnete se tak předimenzování zařízení dodávajících energii.

Integrace tepla je již od sedmdesátých let (Linhoff et. al) dobře rozvinutou metodologií optimalizace tepelných procesů. Analýza seškracení dokáže zobrazit potenciál rekuperace tepla v rámci soustavy toků energií. Na základě shromážděných údajů o procesech a zařízení pro dodávku energií využívaných společnostmi a na základě energetické bilance lze definovat „proudy entalpie“, které zachycují poptávku nebo nabídku energie jednotlivých procesů.

Příkladem je stroj na mytí lahví, s parametry uvedenými v Tab. 7:

- ◆ Objem nádob uvnitř stroje: celkem 5 m³;
- ◆ Teplota studené vody = 10 °C;
- ◆ Teplota vody ve stroji = 60 °C;
- ◆ Přívod studené vody za provozu = 10 m³.den⁻¹;
- ◆ Tepelný příkon při spouštění (ohřev vody, tepelné ztráty, při zanedbatelném výparu) = 90 kW;
- ◆ Časový plán provozu: spouštění v době 6:00 až 6:30 hodin, nepřetržitý provoz od 6:30 do 16:00 hodin;
- ◆ Teplota odpadní vody = 50 °C;
- ◆ Teplota, na kterou lze zchladit odpadní vodu: 5 °C.

Tab. 7 Toky entalpie na příklad myčky lahví

Název	Počáteční teplota °C	Koncová teplota °C	Hmotnostní průtok kg.hod ⁻¹	Požadovaný příkon / odpadní teplo kW	Časový plán provozu hod
Spouštění	10	60	10 000	582	6:00 ÷ 6:30
Průběžný ohřev přitékající vody	10	60	1 053	61	6:30 ÷ 16:00
Dodatečný tepelný příkon na pokrytí tepelných ztrát za provozu	60	60	-	29	6:30 ÷ 16:00
Odpadní voda	50	5	1 053	55	6:30 ÷ 16:00
Odpadní voda po vypnutí stroje	50	5	10 000	524	16:00 ÷ 16:30

Takové toky lze definovat u každého procesu a u každého zařízení. Zaměřujete se na tepelně nejvýznamnější toky. Na základě tabulky toků lze vytvořit složenou křivku tepla a chladu a z ní určit teoretický maximální potenciál rekuperace tepla pro definovanou teplotní ztrátu ΔT_{min} na tepelných výměnících.

Na základě teoretického potenciálu lze navrhnout technicky a ekonomicky schůdnou síť tepelných výměníků. Přitom tímto návrhu je nutno zohlednit některá obecná kritéria:

- ♦ Teplo na určité úrovni teplot se využívá k ohřevu jiných proudů na podobnou teplotu (pokud možno se vyhněte plýtvání vysokoteplotním teplem na ohřev na nízkou teplotu);
- ♦ Výkon tepelného výměníku;
- ♦ Celkovou energii, kterou dokáží předat tepelné výměníky:
 - ♦ časové plány provozu pro jednotlivé procesy – kdy jsou které proudy aktivní a lze je využít k přímé výměně tepla,
 - ♦ skladování – pokud určité výměny tepla mezi dvěma toky vyžadují instalaci zásobníku tepla, jak velký musí být, jaké bude mít ztráty a jakou celkovou energii dokáže zachránit.
- ♦ Prioritu musí mít integrace tepla v rámci jednoho procesu - přímé využití odpadního tepla;
- ♦ Využití tepla, které by jinak muselo být odvedeno chlazením, k ohřevu procesu nejen že zvyšuje objem úspor energie, ale také umožňuje zmenšení chladičů a souvisejících zařízení;
- ♦ Vzdálenost zdroje tepla (horkého proudu) od spotřebiče tepla (studeného proudu);
- ♦ Praktické faktory, například zanášení a usazování, potřeba nepřímého předávání tepla přes teplotnosné médium, otázky teplot a tlaků atd.;
- ♦ Investiční náklady a úspora energie vyjádřená finančně.

Tyto výpočty lze provést ručně, ale u složitých systémů mohou být časově poměrně náročné. Různé výzkumné skupiny již vypracovaly algoritmy automatického návrhu sítí tepelných výměníků, ale zohlednění časových plánů provozu zařízení a konstrukce zásobníku tepla jsou zatím z větší části neřešenými otázkami. Obvykle také nebývá dána vyšší priorita vnitřní rekuperaci tepla v procesu a snaha obecně maximalizovat úspory energie v celé síti.

V rámci metodologie EINSTEIN vyvinuté společností JOANNEUM RESEARCH je strukturovaným způsobem uplatněna většina výše uvedených kritérií a jde tak o základ integrace obnovitelných zdrojů energie, která je logickým dalším krokem.

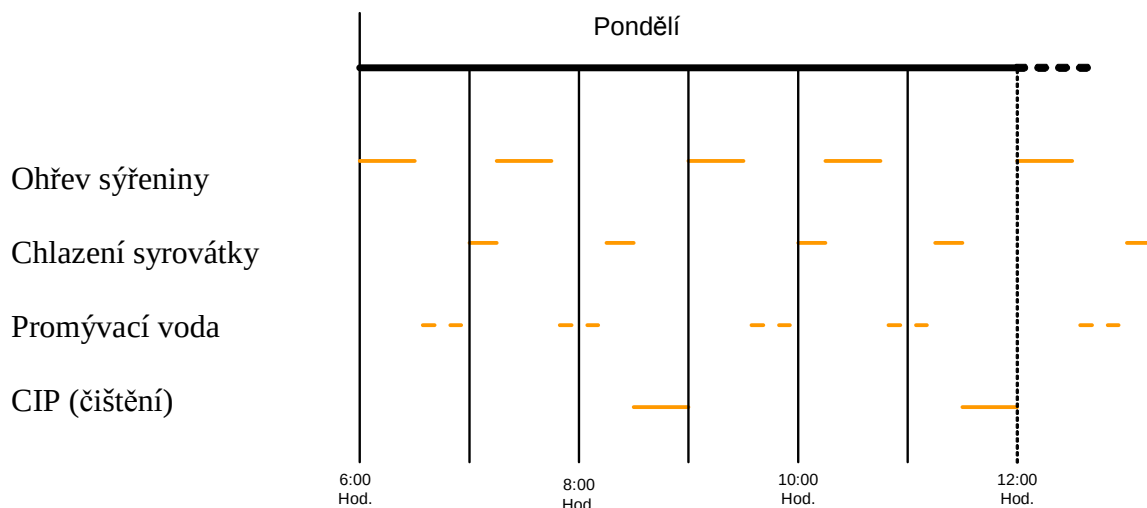
Koncepce skladování

Při vývoji sítí rekuperace tepla v oboru zpracování potravin a zpracování kovů je nutno uvážit dávkový provoz a koncepce skladování. Nejprve je nutno definovat obecné časové plány jednotlivých procesů v typickém pracovním týdnu. Nejde jen o začátek a konec směny, ale i to, kolik dávek se denně zpracuje, jak dlouho trvá zpracování jedné dávky atd. Musí být vytvořen rozpis odpovídající reálnému stavu. Příklad fermentátoru sýra je na Obrázek 22:.

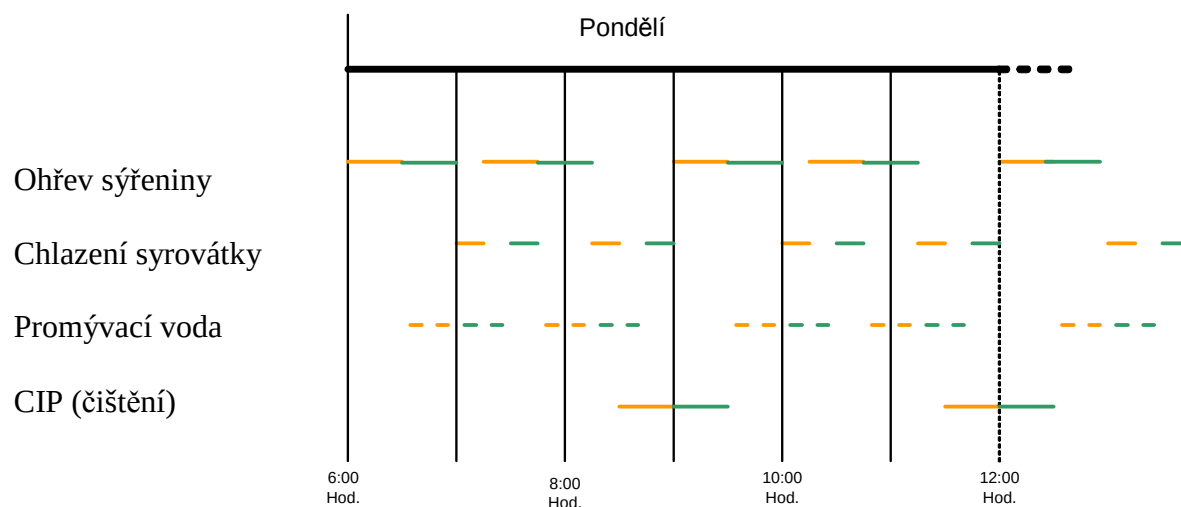
Fermentátor sýra nejdříve ohřeje mléko, pak jej udržuje na určité teplotě, zatímco je přidávána předeřhátá proplachovací voda a na závěr je extrahována syrovátka a probíhá chlazení. U tohoto náročného procesu předpokládáme čištění po každé druhé dávce. V případě souběžného nasazení dvou fermentátorů může být časový plán plynulejší, protože lze jednotlivé fáze procesu vzájemně časově posunout.

Je zjevné, že řízením provozu a inteligentním plánováním poptávky po teple lze nejen snížit špičkový příkon, ale také zlepšit návaznost toků.

Obrázek 22: Časový plán provozu fermentátoru sýra



Obrázek 23: Plán provozu dvou fermentátorů sýra se vzájemným časovým posunem

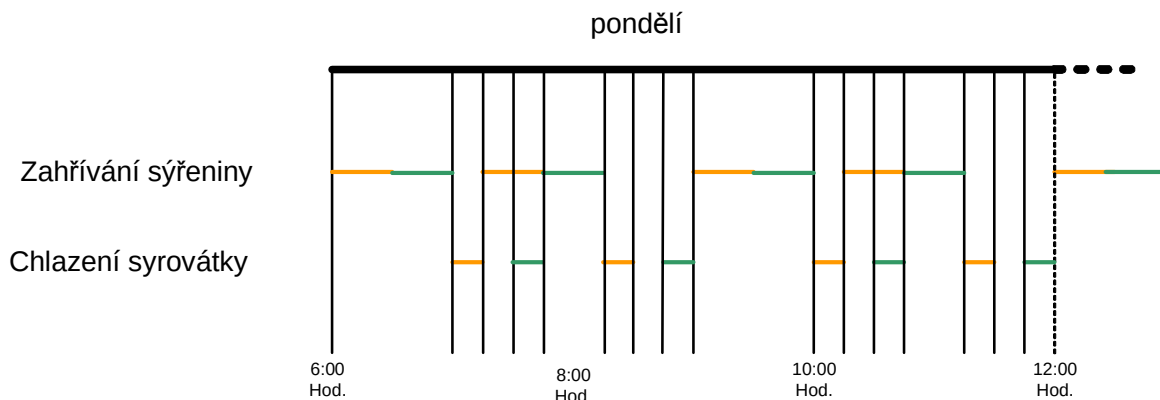


Existuje ale i řada příkladů, kde nelze dosáhnout kontinuity procesu; v našem příkladu fermentátoru sýra vidíme, že v časových plánech provozu jsou mezery. Pokud chceme předejít mléko teplem z chlazené syrovátky, nelze to provést bez skladování tepla.

Nyní lze nasadit model časových řezů. Časové řezy jsou definovány časem zahájení a ukončení operace. Mohou se vyskytnout čtyři typy časových řezů:

- ◆ K dispozici je jen zdroj tepla;
- ◆ K dispozici je jen spotřebič tepla;
- ◆ Zdroj i spotřebič jsou aktivní ve stejnou dobu;
- ◆ Žádný z toků není aktivní.

Obrázek 24: Model časových řezů uplatněný na předehřev mléka a chlazení syrovátky



Existují jisté metodologie, které uplatňují časové řezy na celkovou síť toků a pak vypočtou síť tepelných výměníků pro jednotlivé řezy. Navrhujeme odlišnou metodologii, která na základě výše uvedených kritérií nejprve vybere dva toky pro tepelný výměník, vypočte kapacitu tepelného zásobníku potřebného pro daný model časových řezů, a na závěr vypočte celkové množství energie, které lze předat mezi dvěma toky. Tento výpočet se provede pro mnoho kombinací toků a na závěr je vybráno nejlepší řešení (největší úspora energie s jedním tepelným výměníkem).

V každém časovém řezu lze vypočíst rozdíl mezi potřebnou a dostupnou energií. Tento přebytek energie popř. poptávka po energii jsou základem návrhu zásobníku tepla. Návrh probíhá formou simulace, která zvažuje aktuální kumulaci, vhodnou velikost zásobníku, aktuální využitelný objem zásobníku a ztráty v jednotlivých časových obdobích.

Je důležité uvést, že tento prvotní návrh zásobníků tepla vychází pouze z energetické simulace standardních zásobníků a uvádí zásobní kapacity jednotlivých výměníků. Expert na základě těchto údajů může navrhnout, kolik zásobníků a s jakými úrovněmi teplot bude vhodné instalovat.

Navrhované výměníky tepla a jejich konstrukce

S cílem dosáhnout maximální výměny tepla budou všechny tepelné výměníky v této fázi návrhu protiproudové.

K získání prvního odhadu investičních nákladů na tepelné výměníky je nutno určit jejich plochu. Jak již bylo probráno v předcházejících kapitolách, je nutno dospět ke kompromisu mezi úsporami energie a investičními náklady, podle toho se volí rozdíl teplot na výměníku ΔT_{min} . V literatuře lze najít určité standardní hodnoty ΔT_{min} podle provozních teplot a skupenství protékajícího média (kapalina, plyn, kondenzát).

Dále je nutno definovat koeficient přestupu tepla, pak lze určit potřebnou plochu tepelného výměníku. První odhad lze získat z průměrných hodnot uváděných pro různá skupenství média, přičemž v následujícím kroku je bude nutno přepočítat s uvažováním reálných charakteristik průtoku.

Následující tabulka shrnuje některé standardní hodnoty používané v nástroji EINSTEIN.

Tab. 8 Standardní hodnoty $\Delta T_{\min}$ a koeficientu přestupu tepla

Skupenství	$\Delta T_{\min}$ [°C]	Koeficient přestupu tepla α [W.m ⁻² .K ⁻¹]
Kapalné	5	5 000
Plynné	10	100
Kondenzát	2,5	10 000

Celkové koeficienty přestupu tepla k ($= \alpha^{-1} + s \cdot \lambda^{-1} + \alpha^{-2}$) v praxi závisí na typu tepelného výměníku a vznikající turbulence, a také na materiálu, z kterého je tepelný výměník vyroben. Nicméně výše uvedené koeficienty přestupu u různých proudů lze považovat za dobré odhady hodnot celkového koeficientu přestupu tepla u jednotlivých typů výměníků. Jako standardní materiál pro výrobu tepelných výměníků se používá nerezová ocel.

Tab. 9 Standardní hodnoty $\Delta T_{\min}$ a koeficientu přestupu tepla

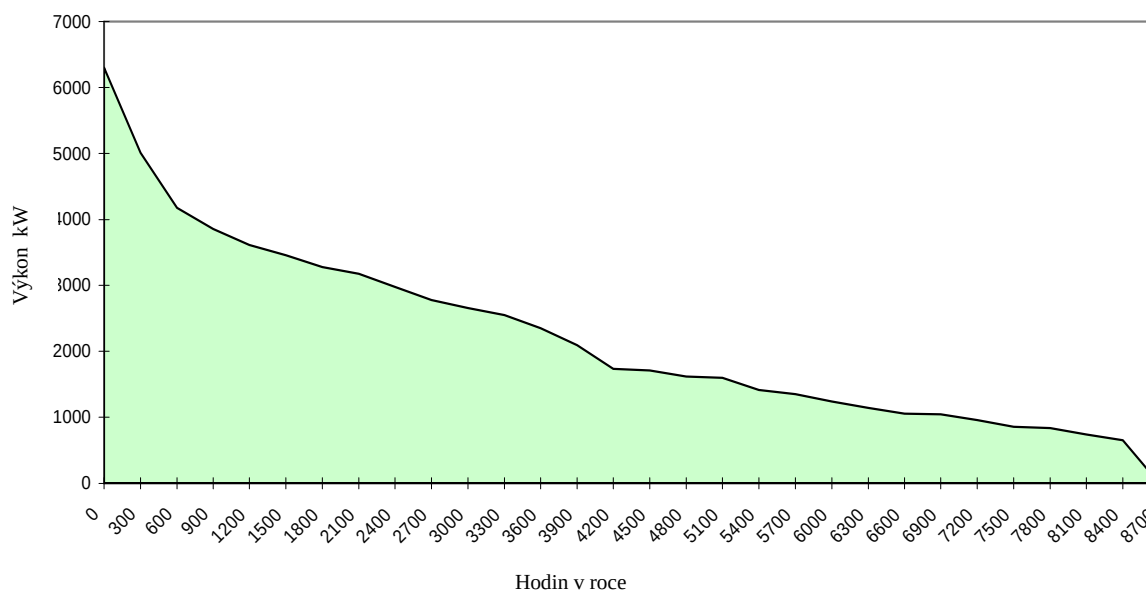
Výměna tepla	Typ tepelného výměníku zvolený systémem EINSTEIN	Celkový koeficient přestupu tepla (materiál = nerez ocel) α [W.m ⁻² .K ⁻¹]	Průměrné hodnoty uvedené v Kompendiu tepla VDI [W.m ⁻² .K ⁻¹]
Kapalina - Kapalina	Deskový tepelný výměník	2 143	1000 ÷ 4000
Plyn – Kapalina	Trubky a plášť	97	15 ÷ 70
Kondenzát – Kapalina	Trubky a plášť	2 724	500 ÷ 4 000
Plyn – Plyn	Trubky a plášť	50	5 ÷ 35
Kondenzát – Plyn	Trubky a plášť	99	20 ÷ 60

Jak je vidět, při prvním odhadu se pracuje jen s deskovými tepelnými výměníky resp. s tepelnými výměníky typu trubky a plášť. Po zjištění teplosměnné plochy ovlivní zvolený typ výměníku i odhad cenu. Lze využít metody výpočtu ceny uvedené v literatuře nebo získat údaje od dodavatelů.

Křivky poptávky po teple a dostupnosti tepla

Po návrhu tepelných výměníků a zjištění dosažených úspor lze vytvořit křivky poptávky po zbytkovém teple a nabídky zbytkového tepla a na jejich základě pokračovat v návrhu systémů zajišťujících dodávku energie. Roční křivky poptávky po energii jsou dobrým základem návrhu nových systémů zajišťujících dodávku energie, protože ukazují, kolik tepla je potřeba kolik hodin ročně. Z těchto údajů lze určit ideální dimenzování zařízení a příslušný počet hodin provozu s plnou zátěží.

Obrázek 25: Roční křivka výkonových požadavků



Křivky poptávky lze vytvořit na základě údajů o tocích energie a časových plánu jejich provozu po analýze seškrčení. Vzhledem k tomu, že toky energií mají také definované úrovně teplot, lze vytvořit křivky poptávky po teple s určitou úrovní teploty. Expert tak podle poptávky po teple s různými úrovněmi teplot může navrhnout vhodná zařízení pro dodávku tepla.

Přepracování návrhu sítě tepelných výměníků po zásahu do systémů dodávky energie

Někdy je po změně systémů dodávky energie nutno znovu navrhnout síť tepelných výměníků. Například pokud byl tepelný výměník napojen na spalné plyny stávajícího kotle a ten je nahrazen kombinací kotle na biomasu a slunečního zdroje tepla. Po změně systémů dodávky energie musí síť tepelných výměníků vždy překontrolovat expert. Systém EINSTEIN rovněž umožňuje nový výpočet sítě výměníků tepla na základě budoucí energetické rovnováhy po instalaci nových systémů dodávky energie.

7.8.3 Předběžný návrh alternativních systémů dodávek (včetně změn paliv a změn rozvodu)

Cíl

Po prozkoumání a uplatnění možností rekuperace tepla a úprav teplot v procesu (což obvykle vyžaduje nižší kapitálové investice než úpravy systému dodávek tepla a přitom to může podstatně snížit poptávku po teple), je dalším zásadním krokem metodologie auditu EINSTEIN vytvoření předběžného návrhu alternativních možností dodávek s cílem ještě dále snížit spotřebu energie.

Alternativní možnost nebo návrh dodávek tepla je sada zařízení pro dodávku tepla a distribuční soustavy, které dokážou nahradit stávající zařízení a rozvod při současném snížení spotřeby energie a ekologických a ekonomických výhodách oproti současnému stavu. Při předběžném návrhu těchto alternativních systémů se vybírá vhodné zařízení a vyhodnocuje jeho energetická výkonnost s uvažováním poptávky po teple, dostupnosti volného tepla v procesech a časového rozložení těchto faktorů.

Výchozím bodem návrhu systému dodávek tepla a chladu proto je analýza (rozložení) celkové poptávky po energii po provedené optimalizaci procesů a předběžném návrhu rekuperace tepla a skladování energie, s uvážením následujících faktorů:

- ♦ Úrovně teplot zbytkových požadavků na teplo (po rekuperaci tepla);
- ♦ Kvantita poptávky po teple a dostupnost odpadního tepla;
- ♦ Časové rozložení poptávky po teple a dostupnosti odpadního tepla;
- ♦ Dostupné prostory;
- ♦ Dostupnost alternativních zdrojů energie (biomasa, ...) a jejich náklady.

Metodologický přístup

Optimalizace celkového systému dodávek tepla a chladu vychází z kaskády dodávek tepla pro celkovou poptávku po teple a chladu:

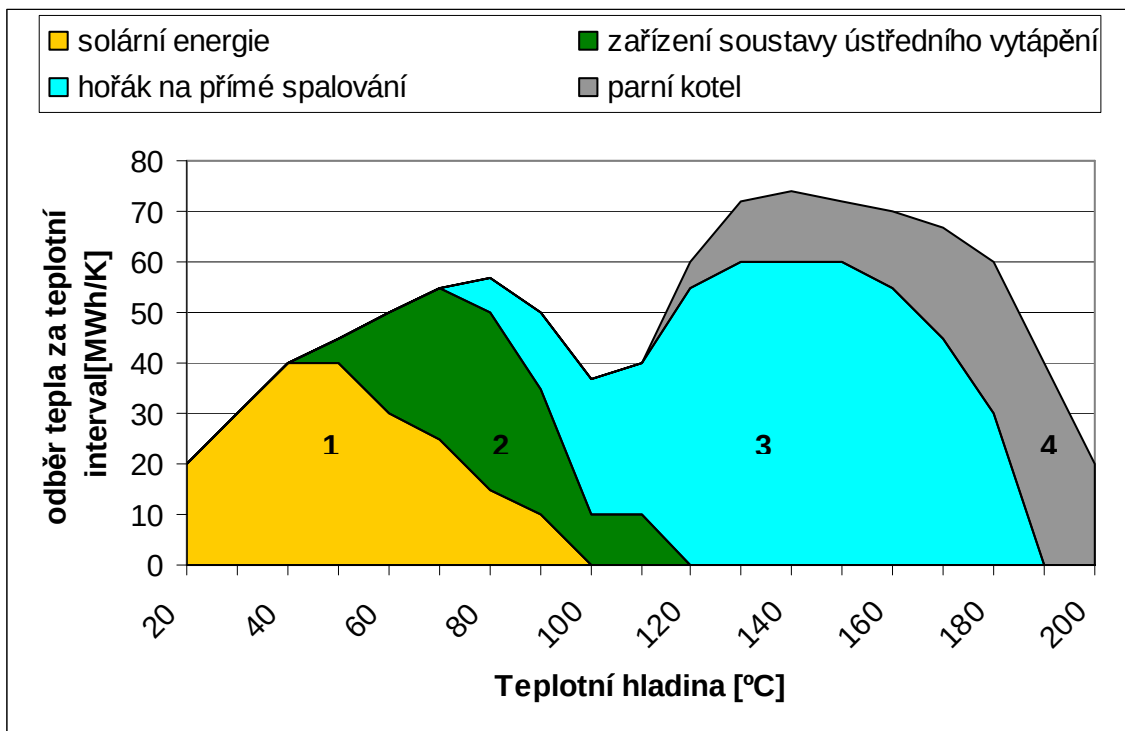
- ♦ Nejúčinnější zařízení dodávají teplo při základním zatížení (největší počet provozních hodin) a při relativně nízkých úrovních teploty;
- ♦ Zbývající špičkové zatížení nebo zbývající poptávka po vysokoteplotním teple je pokryta méně účinnými zařízení, která jsou vhodná právě pro tyto účely.

Přístup k tepelné kaskádě nemusí nutně vést k optimálnímu návrhu a někdy nezohledňuje zvláštnosti konkrétního systému rozvodu tepla, ale poskytuje dobré první přiblížení, které lze později ručně optimalizovat a přizpůsobit konkrétnímu případu, v závislosti na zkušenostech auditora.

Proces návrhu celkového systému dodávek probíhá v následujících krocích:

- ♦ Výběr typu zařízení, které bude použito v tepelné kaskádě, a seřazení do kaskády. Tento krok musí většinou auditor provést ručně, i když softwarový nástroj EINSTEIN poskytne výchozí doporučení;
- ♦ Dimenzování jednotlivých zařízení v kaskádě. Softwarový nástroj EINSTEIN za tímto účelem nabízí tzv. asistenty návrhu pro několik technologií. Tento automatický nebo poloautomatický návrh lze dle potřeby ručně doladit;
- ♦ Výběr „optimální“ celkové kombinace. Tento krok je nutno provést následně, metodou „pokus a omyl“: lze navrhovat různé alternativní kombinace technologií a na závěr porovnat jejich energetické, ekologické a ekonomické parametry;
- ♦ V řadě případů je nutná iterativní (několikrát opakovaná) optimalizace v pořadí rekuperace tepla – zdroj tepla a chladu, protože změna zařízení dodávek tepla může vést ke změnám odpadního tepla a to může ovlivnit potenciál rekuperace odpadního tepla.

Obrázek 26: Příklad - příspěvek k celkové poptávce po teple na různých úrovních teplot s kaskádou dodávky tepla tvořenou různými typy zařízení



Skládování tepla a chladu

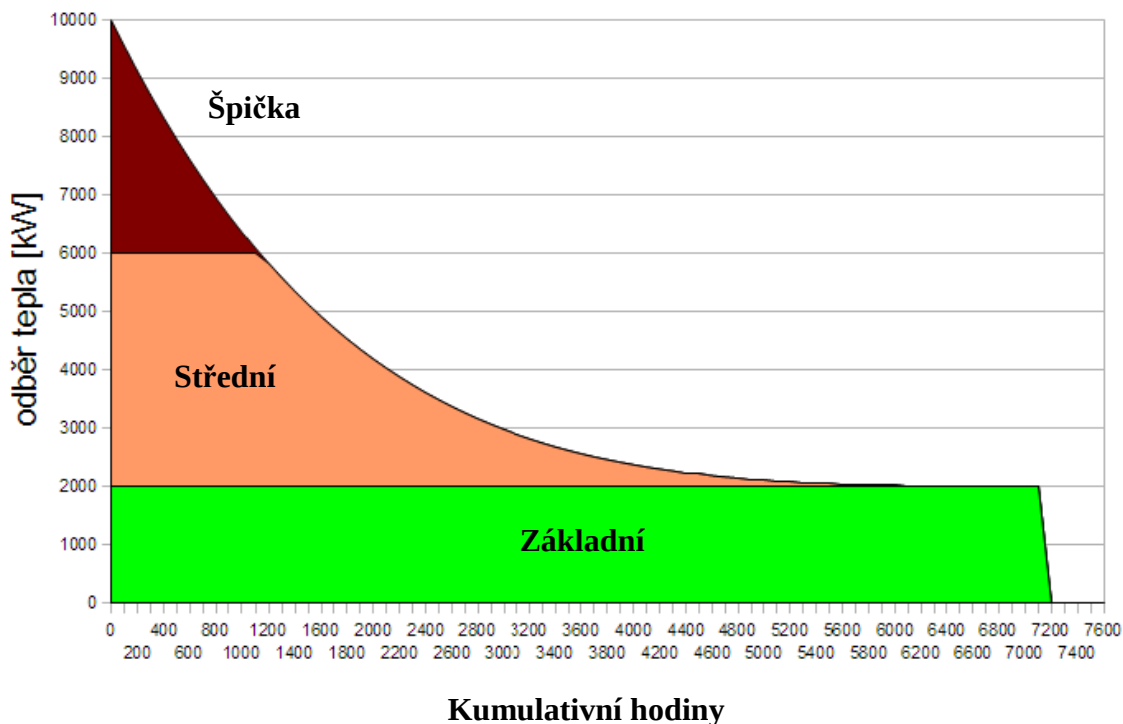
Většina energeticky efektivních zařízení (tepelná čerpadla, kogenerace, obnovitelné zdroje - pro dodávku tepla a chladu) se od dnešních „standardních“ technologií liší v těchto ohledech:

- ♦ Nižší spotřeba energie a tím i nižší provozní náklady;
- ♦ Obvykle vyšší investiční náklady.

Zatímco pořizovací náklady jsou pevné (závisí jen na typu zařízení), úspory energie rostou lineárně s růstem roční provozní doby zařízení. To znamená, že ekonomická schůdnost nasazení těchto zařízení silně závisí na stupni plynulosti provozu (počtu provozních hodin).

Tato zařízení je proto nutno nasazovat na pokrytí základních potřeb tepla a chladu, přičemž špičkové zatížení se efektivněji pokryje levnějšími, i když energeticky méně účinnými technologiemi.

Obrázek 27: Dimenzování zařízení pokrývajících základní zatížení, střední zatížení a špičkové zatížení



Ke snížení špičkového zatížení a zvýšení podílu základního zatížení na celkové provozní době lze v mnoha případech využít zásobníky tepla, a pokrýt tak větší část celkové poptávky energeticky efektivnějšími zařízeními.

Optimalizovaný systém skladování tepla a chladu proto nelze považovat za samostatnou technologii, ale za nedílnou součást možného celkového řešení efektivní dodávky tepla a chladu.

K nejrelevantnějším systémům skladování tepla a chladu řadíme:

- ♦ Rozumné skladování HC ve formě horké/studené vody (v tlakových nádobách lze vodu skladovat při teplotách nad 150 °C);
- ♦ Skladování latentního HC v nádržích nasycené páry;
- ♦ Skladování teplotnosného oleje;
- ♦ Skladování v pevných látkách (keramika, skalní podloží, ...);
- ♦ Skladování ledu a latentního chladu v jiných materiálech se změnou skupenství.

Energeticky efektivní distribuce tepla a chladu

V řadě případů lze změnou distribuce tepla a chladu pomocí snížit spotřebu energie. Je nutno analyzovat následující možnosti:

- ♦ Snížení úrovně teplot: snížením úrovně teplot v rozvodu se sníží ztráty v potrubí a zásobnících a zvýší se účinnost přeměny ve zdrojích tepla (kotle atd.). Snížením úrovně teplot lze také umožnit nasazení energeticky efektivních technologií (např. kogeneračních motorů CHP, tepelných čerpadel, slunečních zdrojů tepelné energie);

- ♦ Přímé spalování: v některých případech (např. procesy sušení, ohřevu lázní) lze účinnost systému zvýšit přímým spalováním nebo přímým využitím spalných plynů (např. z plynových turbín), a to jednak odbouráním ztrát v rozvodu a za druhé (např. při ohřevu lázní) využitím kondenzačního ohřevu, tj. kondenzace vodních par obsažených ve spalných plynech. Přímé spalování / přímé využití kouřových plynů je možné jen při použití poměrně čistých paliv, jako je zemní plyn nebo bioplyn.

Kombinovaná výroba tepla a energie

Kombinovaná výroba tepla a energie je dnes energeticky nejúčinnějším způsobem generování elektřiny (po generování elektřiny z obnovitelných zdrojů), protože optimalizuje proces přeměny paliva na energii tím, že využívá jak elektřinu, tak teplo, a ne jen elektřinu nebo jen teplo. Z hlediska termodynamiky nelze dosáhnout vyšší účinnosti než jakou má systém kombinovaného generování tepla a elektřiny, protože při libovolném množství paliva na vstupu (zemní plyn, biomasa, kapalné palivo) dokáže vysoce účinná kogenerační jednotka generovat elektřinu i teplo při minimálních ztrátách (obvykle v rozmezí 10 až 25 %). Typické systémy, které generují jen elektřinu, mají ztráty při přeměně energie vždy vyšší než 45 %.

V zájmu maximalizace úspor energie je nutno kogenerační jednotku instalovat v místě spotřeby tepla, takže přímo v závodu. Tím se dosáhne optimalizované dodávky tepla a energie. Případný přebytek elektřiny lze dodávat do veřejné sítě a obvykle se tak získá výhodnější tarif nebo certifikát (přitom je nutno dát pozor na národní legislativu, která v mnoha případech vyžaduje jistý minimální podíl vlastní spotřeby). Z hlediska energetické účinnosti by se kogenerační jednotky *CHP* neměly provozovat v režimu s vyzařováním přebytečného tepla do okolí, pokud ovšem elektrická účinnost *CHP* není vyšší než elektrická účinnost referenční elektrorozvodné sítě.

Existuje řada možností, jak vypočítat úspory primárních energií, kterých se dosáhne instalací kombinovaného generování tepla a elektřiny: lze porovnat, kolik energie se ušetří oproti samostatnému generování tepla a elektřiny při použití stejného paliva (například pevné biomasy v případě, že kogenerační jednotka *CHP* běží na pevnou biomasu) nebo můžete využít průměrné údaje poskytnuté provozovatelem elektrorozvodné sítě (například národní mix nebo mix generování *UCTE*). Vzhledem k tomu, že kogenerační jednotka *CHP* poskytuje teplo i elektřinu, lze úspory energie připsat na konto dodaného tepla, dodané elektřiny, nebo rozdělit v určitém poměru. Dnes se v Evropě využívají nejrůznější přístupy:

- ♦ Přístup dle Směrnice 2004/8/ES o kogeneraci, který přirovnává *CHP* jednotky k samostatné produkci tepla a energie (na základě referenčních efektivit samostatné produkce). Tento přístup je „symetrický“ vůči teplu i elektřině;
- ♦ Přístup založený na „ekvivalentní elektrické účinnosti“ využívaný v zemích jako je Španělsko nebo Portugalsko, který od celkového vstupního paliva odečte energii potřebnou ke generování tepla v běžném zdroji tepla a pak vypočte teoretickou elektrickou účinnost (která může být poměrně vysoká, obvykle přes 60 %).

V systému EINSTEIN nám jde hlavně o dodávky tepelné energie a - jak bylo uvedeno výše - energetický optimální provoz *CHP* jednotek musí být založen na poptávce po tepelné energii, proto nás zajímá měrná čistá spotřeba primární energie na jednotku tepla generovaného v *CHP*, která je dána vzorcem:

$$\frac{\Delta E_{PE}}{\Delta Q} = \frac{f_{PE}}{\eta_{th}^{CHP}} \left(1 - \frac{\eta_{el}^{CHP}}{\eta_{el}^{grid}} \right) \quad (1.32)$$

Měrná čistá spotřeba primární energie může být i záporná (!), pokud je elektrická účinnost *CHP* jednotky vyšší než průměrná elektrická účinnost elektráren zapojených do přenosové sítě.

Již ve střednědobém měřítku se ale tato situace změní, protože účinnost výroby přenosu a distribuce stoupá (s růstem efektivity elektráren a - doufejme - také s rostoucím podílem elektřiny z obnovitelných zdrojů). V porovnání s budoucí účinnější elektrorozvodnou sítí relativní úspora zajišťovaná *CHP* klesá.

Stejně jako u většiny energeticky účinných zařízení je provoz *CHP* jednotek úsporný jen při velkém počtu provozních hodin ročně (typicky více než 4000 h.rok⁻¹). Proto by měly jednotky *CHP* pokrývat základní zatížení, popřípadě být kombinovány se skladováním tepla nebo chladu.

Kromě poptávky po teple mohou *CHP* také vykrývat poptávku po chladu (to je tzv. trigenerace: elektřina + teplo + chlad) při instalaci chladičů napájených teplem (např. absorpčních nebo adsorpčních), které mění teplo v chlad. Chladiče napájené teplem v závislosti na technologii obvykle vyžadují úroveň teploty mezi 80 °C a 180 °C.

Výběr vhodné technologie *CHP* závisí na dimenzování, nepřetržitosti provozu a úrovni teplot na straně poptávky po teple.

Tab. 10 Dostupné technologie *CHP*

Technologie <i>CHP</i>	Úroveň teploty	Účinnost (el./tepelná)
Motor na plyn nebo naftu	< 95 °C (chladičí voda) < 400 °C (výfukové plyny)	(40% / 45 %)
Plynová turbína	< 400 °C	(30 % / 60 %)
Parní turbína	< 250 °C (praktický limit; v závislosti na protitlaku)	(20 ÷ 30 % / 65 %)
Kombinovaný cyklus (plynová turbína + rekuperační generátor páry + parní turbína)	< 250 °C (praktický limit; v závislosti na protitlaku parní turbíny)	(50 ÷ 55 % / 35 ÷ 40 %)
Turbíny ORC (organický Rankinův cyklus)	< 250 °C	(27 ÷ 50% / 30 ÷ 55 %)
Stirlingův motor	< 90 °C	(10 ÷ 25 % / 60 ÷ 80 %)
Palivový článěk	< 80 °C (technologie PEM) < 400 °C (technologie SOFC)	(45 ÷ 60 % / 30 ÷ 50 %)

Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla se používají ke zvýšení úrovně teploty některých zdrojů odpadního tepla (nebo tepla odebíraného z okolí: vzduchu nebo půdy) na úroveň, která umožňuje jejich využití k dodávkám tepla.

Tepelná čerpadla mohou být různých velikostí i koncepcí, ale nejběžnější typy využívané v průmyslovém prostředí jsou:

- ♦ mechanická s kompresí par, obvykle poháněná elektřinou,
- ♦ absorpční, využívající tepelnou energii ve formě horké vody nebo páry,
- ♦ s parní tryskou, poháněná parou.

Typické využití v průmyslu je k ohřevu a chlazení procesní vody, sušení, prostorovému ohřevu, odpařování a destilaci a k rekuperaci odpadního tepla.

Důležité faktory, které je nutno zvážit při nasazení tepelných čerpadel:

- ♦ Teplota na výstupu. Závisí na typu tepelného čerpadla a pracovním médiu, obvykle bývá v rozmezí $55 \div 120$ °C. Některé typy tepelných čerpadel, které jako chladivo využívají vodu, lze využít k získání vyšších teplot na výstupu, obvykle v rozmezí $80 \div 150$ °C. U testovacích jednotek se podařilo dosáhnout hodnoty až 300 °C;
- ♦ Nárůst teploty. Hodnota *COP* tepelných čerpadel silně závisí na dosahovaném nárůstu teploty, tj. rozdílu teploty zdroje tepla a teploty výstupu, Vyššího hodnot *COP* se dosahuje při menším nárůstu teploty. Ve většině aplikací jsou typické hodnoty nárůstu teploty v rozsahu $20 \div 40$ K;
- ♦ Provozní hodiny. Tepelná čerpadla podobně jako ostatní energeticky účinné technologie šetří energii a provozní náklady, ale mají vysoké pořizovací náklady. Proto je vhodnější je nasazovat tam, kde je poptávka po teple trvalá a je tak zajištěno vyšší vytížení;
- ♦ Teplota seškrčení. Teplota seškrčení dělí celkovou poptávku po teple na dvě části: při teplotách vyšších než teplota seškrčení je nutno dodávat vnější teplo, zatímco pod teplotou seškrčení existuje přebytek (odpadního) tepla. Tepelné čerpadlo je vhodné nasadit „přes seškrčení“, tj. tak, aby využívalo teplo s teplotou nižší než je teplota seškrčení (kde je ho přebytek) a vydávalo teplo při vyšší teplotě (nad teplotou seškrčení);
- ♦ Tvar křivek dodávek tepla a poptávky po teple. Tepelné čerpadlo je vhodné nasadit, pokud se i po uplatnění rekuperace tepla překrývá celková poptávka po teple s dostupností odpadního tepla, nebo pokud je rozdíl teplot (požadované zvýšení teploty) dostatečně malý.

Sluneční tepelná energie

Napojení solárních systémů na procesy

Stávající systémy ohřevu založené na páře nebo horké vodě z kotlů jsou často navrženy pro mnohem vyšší teploty ($150 \div 180$ °C) než jsou teploty požadované v procesu (100 °C i méně). Naproti tomu sluneční energii je nutno do stávajícího systému ohřevu vždy zavádět při nejnižší možné teplotě. Sluneční teplo se do teplotnosného média předává jen po jeho předehřátí odpadním teplem. Kombinace rekuperace tepla a slunečního zdroje dává lepší výsledky než samostatný sluneční zdroj bez rekuperace. Sluneční zdroj tepelné energie lze s běžným zařízením pro dodávku tepla kombinovat více způsoby, například přímým napojením na proces, předehřevem vody nebo generováním páry v centrálním systému.

Vždy, když je to možné, se snažíme využívat přímé napojení slunečního termálního systému na proces nebo procesy, protože tak lze využít nižší pracovní teploty. Přímé napojení na proces je možné zejména následujícími dvěma způsoby:

- ♦ Předehřev oběhové kapaliny (např. vstupní voda, zpětné vedení v uzavřených okruzích, předehřev vzduchu atd.). V tomto případě je střední provozní teplota slunečního termálního systému nižší než požadovaná teplota procesu. Pokud není oběh nepřetržitý, je také nutno počítat se zásobníkem;
- ♦ Ohřev lázní, nádob a horkých komor (např. sušení). Tepelná energie je potřebná k zahřívání kapaliny na počáteční teplotu procesu a také k udržení stálé teploty procesu. Stávající tepelné výměníky zabudované do procesních nádob bývají obvykle navrženy pro teploty média, kterých sluneční termální systém nedosahuje. Pokud do zařízení z důvodů technických omezení nelze zasahovat, může být řešením vnější tepelný výměník s oběhovým čerpadlem. Pokud jsou provozní lázně v dobře izolovaných nádobách, lze je využít jako

zásobníky slunečního tepla. Příklad: udržení teploty slunečního tepelného zdroje během odstávky procesu (obvykle přes víkend) lze snížit poptávku po teple při spuštění.

Nejvhodnější kandidáti na napojení na sluneční ohřev jsou například čištění, sušení, odpařování, destilace, blanširování, pasterování, sterilování, vaření, barvení, odmašťování a chlazení. Kromě výrobních procesů lze ušetřit nízko- a středněteplotní energii rovněž při prostorovém ohřevu a chlazení budov.

V téměř všech oborech je také možné napojení slunečního termálního systému na kotel. Přitom lze buď předehřívat vstupní vodu u parních kotlů nebo využít solární generátor páry. V prvním případě lze sluneční energií předehřívat vstupní vodu o nižší teplotě (pokud nelze využít jinou možnost rekuperace tepla) nebo dále zvyšovat teplotu kondenzátu. Solární generátory páry jsou využitelné jen na místech s intenzivním slunečním svitem a musí mít koncentrační kolektory.

Sluneční tepelné kolektory pro procesní teplo

Okamžitá účinnost (η) slunečního kolektoru je definována takto:

$$\eta = c_0 - (c_1 + c_2 \Delta T) \frac{\Delta T}{G_T} \quad (1.33)$$

kde c_0 je optická účinnost, c_1 , c_2 jsou lineární a kvadratické koeficienty tepelných ztrát (c_1 [$W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$]; c_2 [$W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$]), ΔT [K] je rozdíl průměrné teploty tepelnosného média a teploty okolí a G_T [$W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$] je dopadající sluneční záření na solární kolektor.

Z této definice lze snadno odvodit, že zisk silně závisí na lokalitě (tj. dopadajícím záření) a provozní teplotě, to z důvodu tepelných ztrát v kolektoru a v potrubí.

V současnosti jsou v případě nízkoteplotních procesů (do přibližně 80 °C) nejvýhodnějším řešením ploché deskové kolektory (se selektivními absorberými nebo bez nich). K dalším typům kolektorů, které jsou dnes využívány zejména při vyšších provozních teplotách (do 250 °C) patří: plochý deskový se zvýšenou účinností (např. s dvojnásobným antireflexním zasklením), trubkový ve vakuu, stacionární CPC s nízkou koncentrací, malý parabolický žlab a lineární koncentrační s Fresnelovou čočkou. Kromě těchto typů jsou ve vývoji i další typy, například kolektory se stacionárním reflektorem.

Dimenzování slunečního tepelného zdroje

Pro danou poptávku pro energii platí, že zvyšováním výkonových parametrů tepelného zdroje stoupá podíl sluneční energie, tj. příspěvek sluneční energie k pokrytí celkové spotřeby. Doporučuje se, aby průměrný roční podíl solární energie nebyl vyšší než 60 % celkové spotřeby energie. Ve skutečnosti totiž měrný energetický zisk (energetický zisk z kW_{th} instalovaného výkonu nebo plochy) slunečního tepelného zdroje s růstem výkonových parametrů klesá, protože se zvyšuje provozní teplota kolektorů a tím i tepelné ztráty a častěji může nastat stagnační situace.

Profil zatížení a skladování sluneční tepelné energie

Poptávka procesu po teple každý den a po celý týden (bez např. víkendových přestávek) umožňuje instalaci a provoz slunečního tepelného zdroje bez zásobníku tepla, s přímou dodávkou tepla konečnému uživateli (proces nebo systém dodávek tepla). To je nejlepší možný případ, protože čím jednodušší systém, tím vyšší celkový zisk energie a tím nižší investiční náklady.

V praxi to ale není pokaždé možné, protože ne všechny výrobní linky pracují neměnnou rychlostí celý den. Procesy jsou často dávkové, tj. neprobíhají nepřetržitě.

V případě stálého zatížení během týdne, které ale během dne silně kolísá, se doporučuje 20 ÷ 80 l kapacity zásobníku na m² kolektorů. Pokud jsou profily zatížení významné výpadky (např. během víkendu), doporučuje se 80 ÷ 150 l kapacity zásobníku na m² kolektorů. Skladování tepla během delších odstávek (sezónních) se vyplatí jen u největších systémů (> 3 000 kW).

Poznátky - Při ověřování schůdnosti solárního ohřevu zařízení nezapomeňte zkontrolovat:

- ◆ Procesní teploty;
- ◆ Profil zátěže (dávkový/nepřetržitý proces);
- ◆ Dostupnost zásobníků tepla, které jsou přímo součástí procesu;
- ◆ Možnost napojení slunečního zdroje tepla na stávající průmyslová zařízení (např. výměníky, stroje atd.) a napojení na konvenční systémy dodávek tepla;
- ◆ Potenciál rekuperace tepla;
- ◆ Dostupnost ploch na střechách a na zemi pro instalaci zařízení.

K poslednímu bodu: z praktických zkušeností plyne, že volné místo je v průmyslových areálech jedním z nejvíce omezujících faktorů, pokud jde o instalaci velkých slunečních zdrojů. Nezapomeňte proto prověřit všechny plochy, které by přicházely v úvahu k instalaci zařízení!

Tab. 11 Kritéria návrhu slunečních zdrojů tepla pro průmyslové procesy

Kritérium	Vliv na energetickou a ekonomickou výkonnost slunečních tepelných systémů
Provozní teplota	Provozní teplota do 200 °C, nejlepší výkonnost při teplotách do 100 °C
Nepřetržitost poptávky Roční výkyvy Denní výkyvy	Odstávky při letních dovolených snižují výkon systému. Ztráta zisku sluneční energie roste rychleji než přímo úměrně s délkou odstávky. Nejvýhodnější případy jsou ty s trvalou poptávkou nebo se špičkami poptávky ve dne. Krátké výkyvy (několik hodin) lze kompenzovat zásobníky s nízkým objemem, aniž by to příliš zvyšovalo cenu systému.
Dimenzování systému	Ekonomická výkonnost slunečních tepelných systémů silně závisí na velikosti systému. Výsledné náklady na sluneční energii mohou být u velkých systémů až o 50 % nižší než u malých systémů.
Roční energetický zisk	Roční energetický zisk slunečního tepelného systému musí být nejméně 600 kWh.kW ⁻¹ , aby se systém ekonomicky vyplatil.
Solární podíl	Systémy by se měly navrhovat na nejvýše 60 % podíl sluneční energie (při nepřetržité poptávce).
Dostupná plocha na střeše nebo na zemi	K dispozici musí být dostatečná plocha na střeše nebo na zemi umožňující instalaci systému, který zajistí podíl sluneční energie 5 ÷ 60 %. Maximální roční objem energie lze získat při orientaci plochy na jih se sklonem přibližně (zeměpisná šířka – 10°). Malé odchylky od těchto hodnot nevedí (±45° od jižního směru, ±15° od optimálního sklonu). Pokud možno se vyhněte instalaci dlouhých potrubí.
Konstrukce střechy	Nutnost zesílení konstrukce střechy zvyšuje náklady na systém a tím zhoršuje ekonomickou výkonnost. Přídavné statické zatížení představované slunečními kolektory je 25 ÷ 30 kg.m ⁻² u standardních kolektorů.
Rekuperace odpadního tepla	Nejprve je nutno se zaměřit na zlepšení využití odpadního tepla. Solární systém musí být navrhován až k pokrytí (části) zbytku poptávky.

Biomasa a bioplyn

Biomasa a bioplyn mají potenciál pokrýt obnovitelnou energií velkou část poptávky průmyslových procesů. Biomasa používaná k průmyslovému spalování je tvořena většinou dřevěnými štěpkami a peletami. Používá se i sláma, ale vyžaduje technicky složitější systém. Lze použít i jakékoli jiné biogenní zbytky z výrobního procesu, ale jejich použitelnost bude silně záviset na využitelné výhřevnosti. I zde silně záleží na obsahu vody a efektivitě sušení biomasy.

Obecně platí, že dnešní kotle na biomasu generující horkou vodu a přehřátou vodu jsou špičkou technických možností; s parními kotli na biomasu je méně zkušeností, ale i ty už byly v uplynulých letech úspěšně nasazeny.

Možnosti využití biogenních zbytků se rozšiřují díky fermentaci na bioplyn. Výhodou bioplynu je, že před spálením biomasy není nutné její sušení. Efektivita pak závisí na účinnosti přeměny na metan, na obsahu metanu v plynu, a na potřebném čištění bioplynu (zejména pokud má pohánět motory). Bioplyn lze také využít ke generování tepla řadou dalších technologií, například kogenerací *CHP* s plynným (nebo kombinovaným plynným/pevným) palivem, v plynové turbíně nebo palivovém článku, nebo jej lze také použít k pohonu plynových motorů osobních, nákladních a užitkových vozů.

Podrobnosti o bioplynu

Bioplyn je směs metanu, CO_2 , H_2S , vody a dalších stopových látek, které vznikají za anaerobních podmínek (bez přístupu vzduchu) činností mikroorganismů, z organického materiálu. Proces vzniku bioplynu je složitý a probíhá v několika fázích fermentace. Kvalita výsledného produktu závisí na tom, jaký odpad (po jakých zvířatech) je zpracováván, jakými mikroorganismy, jaké jsou parametry procesu (například teplota, pH,...) a jak je vyrobený surový bioplyn zpracováván.

Nově instalované výroby bioplynu využívají špičkovou technologii zpracování odpadů z více druhů zvířat (kofermentace). To znamená fermentaci organických hnojiv (například zkapalněná chlévská mrva) spolu s dalšími biogenními surovinami a odpady. Průmyslové využití těchto přídatných materiálů má velký potenciál přímé místní výroby bioplynu a tím i zvýšení nezávislosti na vnějších dodávkách energií.

Na kvalitu a kvantitu produktu mají vliv technologie procesu, například jedno- nebo dvoustupňová fermentace, mesofilní nebo termofilní podmínky a vlhká nebo suchá fermentace. Předzpracování vstupních materiálů pocházejících od zvířat, zejména celulózových a polocelulózových, má velký vliv na výtěžnost bioplynu.

V závislosti na dalším využití bioplynu je často nutno surový plyn upravit. Výhřevnost se zvýší odstraněním CO_2 , H_2S a H_2O a současně se rozšíří možnosti využití. Výhřevnost zemního plynu je průměrně $10 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$; bioplynu průměrně $6 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$, což znamená, že bioplyn má přibližně 60 % výhřevnost ve srovnání se zemním plynem.

Energeticky účinné kotle a hořáky

K vyhodnocení celkové účinnosti stávajícího kotle během prohlídky na místě - v rámci auditu energií - doporučujeme ověřit rok instalace, technické údaje (výrobce, jmenovitý výkon atd.); stav izolace, možné netěsnosti a strategii ovládní.

Lze realizovat řadu opatření snižujících spotřebu energie novými nebo stávajícími systémy dodávky energií (např. kotle, parní kotle, kondenzační kotle atd.). Zejména je nutno zvážit následující:

- ♦ Použití elektřiny k ohřevu je velmi neefektivní. Účinnost konverze primární energie na elektřinu použitou k ohřevu (včetně ztrát v rozvodné síti) je přibližně 30 %, ve srovnání s účinností více než 90 % u úsporných plynových kotlů nebo hořáků;
- ♦ Horkovodní kotle mají vyšší účinnost přeměny než parní kotle, a v případě nízkých teplot procesu lze použít dokonce i kondenzační kotle. Sníží se i tepelné ztráty v rozvodu. Horkovodní okruh ohřevu navíc umožňuje využít další energeticky efektivní technologie, jako je kogenerace *CHP*, tepelná čerpadla a sluneční tepelná energie;
- ♦ Nižší tlak (a teplota) páry znamená nižší tepelné ztráty a nižší náklady;
- ♦ Využitím zemního plynu nebo *LPG* umožní využití energeticky efektivních technologií, jako jsou kondenzační kotle, přímé spalování atd.;
- ♦ Účinnost kotle prudce klesá, pokud je zatížen na méně než 30 %, proto může být rozumné instalovat dva nebo více kotlů pokrývajících celkovou poptávku. Pokud možno se vyhněte předimenzování kotlů. Kotle s vyšší účinností je nutno využívat zejména k pokrytí základního zatížení a špičkovou poptávku pokrývat méně efektivními zdroji;
- ♦ Optimalizací regulace se může dařit zvyšovat efektivitu;
- ♦ Pokud se kotle nebo pece často vypínají v důsledku změny zatížení, lze ztráty tepla komínem a jeho tahem značně omezit zavřením klapky;
- ♦ Účinnost ovlivňují hlavně ztráty v kouřových plynech a vyzařování z tepelného štítu kotle. Snížením teploty kouřových plynů a zlepšením izolace kotle se vždy zvýší účinnost. Regulací poměru přebytku vzduchu se rovněž může podařit snížit ztráty v kouřových plynech a tím zvýšit účinnost kotle;
- ♦ Návrat kondenzátu do parního kotle umožňuje rekuperaci v něm obsažené energie (až 15 % energie potřebné ke generování páry);
- ♦ V zájmu minimalizace ztrát v dolní části kotle je nutno omezit proud spalných plynů do dolní části kotle (což umožní instalovaný předehřev vody) a rekuperovat jejich teplo. Předzpracování vstupní vody navíc omezí usazování vodního kamene v kotli a tím zajistí zachování dobrého koeficientu přestupu tepla mezi spalnými plyny a ohříváním médiem.
- ♦ Zavedení ekonomizéru (další tepelný výměník pro předehřev vstupní vody kotle odpadním teplem rekuperovaným z kouřových plynů) a předehříváče vzduchu (rekuperátoru) lze zvýšit celkovou účinnost díky rekuperaci odpadního tepla z kouřových plynů.

Energeticky efektivní generování chladu

Průmyslové chladiče slouží k řízenému chlazení produktů a strojního vybavení nebo jako zdroje chladu pro klimatizaci výrobních prostor. Existují dvě skupiny chladičů podle principu chlazení:

- ♦ Chladiče s kompresí par využívají mechanickou energii a jsou poháněny elektromotory, parními nebo plynovými turbínami. Nejběžnější je elektrický pohon. Mohou využívat pístové, lopatkové, šnekové nebo odstředivé kompresory. Typická hodnota *COP* velkých chladičů s kompresí par je 4,0 a více;
- ♦ Tepelné chladiče využívají tepelnou energii předávanou ve formě páry, horké vody nebo spalných plynů. Nejběžnější druh tepelných chladičů jsou absorpční chladiče. Hodnota *COP* absorpčních chladičů je $0,5 \div 0,8$ (jednočinné) až $1,0 \div 1,3$ (dvoučinné).

Chladiče absorbují energii z chlazeného média a vypouštějí je do okolí. energii mohou vypouštět do vzduchu (vzduchem chlazené) nebo do vody (vodou chlazené). Vodou chlazené chladiče využívají otevřené chladicí věže, které mají v porovnání se vzduchovým chlazením vyšší termodynamickou účinnost, ale vyžadují další náklady na instalaci a úpravu vody, kterou spotřebovávají.

Důležité body, které je nutno zvážit při konstrukci a použití chladičů:

- ♦ Teplota zdroje chladu. Účinnost přeměny energie při generování chladu silně závisí na odpařovací teplotě. Vyšší odpařovací teplota znamená vyšší energetickou účinnost. V mnoha případech dodává jeden zdroj chladu pro více různých procesů. Pokud se vyskytují procesy s různými úrovněmi teplot, seskupte je podle teploty a dodávejte každé ze skupin chladu o co nejvyšší teplotě;
- ♦ Teplotní rozdíl mezi odpařováním a kondenzací. Menší teplotní rozdíl znamená vyšší hodnotu *COP*. Účinnost lze zvýšit vhodnou konstrukcí chladicí věže a okruhu opětovného chlazení;
- ♦ Dostupnost nízkoteplotního tepla v rozmezí 80 ÷ 90 °C. Teplo s touto úrovní teplot může být k dispozici z rekuperace, z kogenerace *CHP* (tj. z motorů) nebo ze solárního tepelného zdroje. V tom případě uvažujte o použití chladičů napájených teplem, zejména u velkých aplikací s vysokým faktorem využití;
- ♦ Provozní doba. Chladiče jsou drahá zařízení a musí být vybírány tak, aby byly hodně využity (3 000 ÷ 4 000 h.rok⁻¹ a více). Provozní dobu lze rozšířit využitím zásobníku chladu;
- ♦ Možnost volného chlazení. Chladiče používejte jen pokud nelze požadované teploty chladu dosáhnout přímo, odvodem tepla do okolí. V řadě klimatických pásem se teploty okolí během noci nebo během ročních období pohybují po značnou část roku pod požadovanou teplotou chladu. Existuje řada konstrukcí chladičů, které využívají nízké teploty okolí a vytvářejí při nich přímý spoj mezi chlazeným médiem a venkovním vzduchem. Využitím tohoto typu chladičů lze dosáhnout velkých energetických úspor. Dobrými kandidáty na využití volného chlazení jsou procesy s relativně neměnnou potřebou chladu v klimatických pásmech s nízkou teplotou v noci nebo v zimě;
- ♦ Použití ekologicky šetrných chladiv. Při výběru chladicího zařízení s kompresí par je nutno zvážit ekologické aspekty použitého chladiva, s ohledem na mezinárodní dohody v této oblasti. Preferujte chladiva s nízkou hodnotou *ODP* (potenciál poškozování ozónové vrstvy) a *GWP* (potenciál globálního oteplování) a přirozená chladiva, jako je čpavek a oxid uhličitý, která také mají vynikající termofyzikální vlastnosti a jsou zárukou vysoké provozní účinnosti;
- ♦ Využití odpadního tepla z chladiče. Odpadní teplo z kondenzátorů chladičů se obvykle odvádí přes chladicí věže a přitom by je bylo možno využít k nízkoteplotnímu předehřevu kapalin (na teploty do přibližně 50 °C, použitím chladiče jako tepelného čerpadla; jsou dosažitelné přírůstky teplot mezi chlazenou vodou a kondenzátorem až do 40 K).

7.8.4 Výpočet energetické výkonnosti a ekologická analýza

K posouzení spotřeby energie navrhovaným systémem dodávky tepla a chladu je nutno provést výpočet modelu (simulaci). Za tímto účelem nabízí softwarový nástroj *EINSTEIN* jednoduchý výpočtový model pro všechny technologie.

Rychlý výpočet

Výpočet vnitřní energetické účinnosti nástrojem EINSTEIN vychází z celkové poptávky po teple a potenciálního výkonu zdrojových zařízení zapojených do kaskády. Poptávka po teple závisí na teplotě a času podle charakteristik a časového plánu procesu: $\dot{Q}_D = \dot{Q}_D(T, t)$.

Potenciální výkon P_{nom} jednotlivých zařízení pro dodávku tepla závisí na úrovních teplot dodávky a ve zvláštním případě tepelných čerpadel také na dostupnosti odpadního tepla $\dot{Q}_A = \dot{Q}_A(T, t)$.

Užitečné teploty dodávané jednotlivými zařízeními, která jsou j-tým členem kaskády dodávky tepla, lze vypočítat z poptávky po teple a jmenovitého výkonu:

$$\dot{Q}_{USH,j}(T, t) = \min[P_{nom}(T), \dot{Q}_{D,j}(T, t)] \quad (1.34)$$

kde

$$\dot{Q}_{D,j}(T, t) = \dot{Q}_{D,j-1}(T, t) - \dot{Q}_{USH,j-1}(T, t) \quad (1.35)$$

je poptávka po zbytkovém teple z pohledu j-tého zařízení poté, co byla příslušná část celkové poptávky po teple již pokryta zařízeními na pozicích 1 .. j-1 v kaskádě dodávky tepla.

Výpočty v nástroji EINSTEIN jsou ve výchozím nastavení prováděny s časovým krokem 1 h pro celý rok, s uvážením časových výkyvů poptávky a změn teploty během dne, ročních období, víkendů a dovolených.

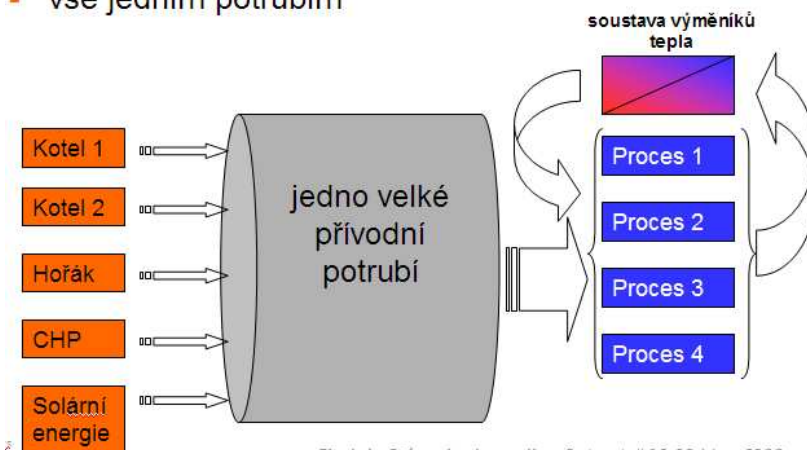
Hlavním omezením tohoto vnitřního výpočtového modelu je přístup „vše jedním potrubím“ (neboli celková poptávka): nemůže samozřejmě pokrýt všechny detaily a zvláštnosti reálné soustavy rozvodů (tepelné ztráty v rozvodu jsou ve výpočtech přibližně zohledněny faktorem celkové účinnosti rozvodu).

K podrobnějšímu a přesnějšímu výpočtu lze využít vnější výpočtový/simulační software.

Obrázek 28: Přístup „vše jedním potrubím“ neboli přístup celkové poptávky, využívání k modelování systému dodávky tepla a chladu v nástroji EINSTEIN

Metoda sdruženého odběru tepla

- odběr zbytkového tepla po rekuperaci
- „vše jedním potrubím“



Einstein 2nd project meeting-Sabadell 19-20 May 2008

Simulace systému pomocí konkrétního vnějšího softwaru

V případech, kdy zabudovaný výpočtový model nástroje EINSTEIN není dost přesný nebo kdy by vlivem přístupu „vše jedním potrubím“ mohl dát nesprávné výsledky, musíte použít vnější simulační software. Výsledky vnějších simulací mohou být do softwarového nástroje EINSTEIN znovu zavedeny a použity k dalším výpočtům. Řadu odkazů na dostupné simulační nástroje najdete ve zprávě EINSTEIN: revize postupů a nástrojů pro audit tepelných energií.

Ekologická analýza

Jak již bylo naznačeno v předcházejících kapitolách, nástroj EINSTEIN využívá jako hlavní indikátory ekologického posouzení následující parametry:

- ◆ Spotřeba primárních energií jako hlavní indikátor ekologického posouzení;
- ◆ Vznik CO₂;
- ◆ Vznik silně radioaktivních (HR) odpadů (souvisejících se spotřebou elektřiny);
- ◆ Spotřeba vody.

Hodnoty parametrů určujících ekologické dopady jsou přímo přebírány z údajů o konečné spotřebě energií v oboru, které jsou výsledkem analýzy energetické účinnosti, popsané v předchozích sekcích.

Použité parametry převodu nastavuje uživatel v databázích EINSTEIN, kde jsou uvedena paliva a reprezentativní energetický mix.

Obecně řečeno preferujeme jako hlavní indikátor spotřebu primární energie a tu je také nutno minimalizovat, protože představuje (do jisté míry vážený) průměr různých typů emisí.

Parametr emisí CO₂ – často používaný ekologický indikátor – vede k podcenění ostatních typů emisí, například radioaktivního odpadu, a proto také podceňuje (obvykle negativní) ekologické dopady přechodu z paliv na elektřinu v zemích, které mají vysoký podíl jaderných elektráren v energetické síti.

7.9 Ekonomická a finanční analýza

Pro samotnou společnost je ekonomická analýza navrhovaného zdroje energie jednou ze zcela zásadních otázek. Proto je nutno na tento krok klást velký důraz a čím podrobnější údaje lze pro tuto analýzu získat, tím spolehlivější budou výsledky.

Při ekonomické analýze nových systémů dodávek energie je nutno porovnat jejich provozní náklady (náklady na energii) se současnými zařízeními. Vhodnou metodologií zde proto je vypočítat všechny náklady, které v budoucnu vzniknou, a porovnat je s očekávanými investičními a dalšími náklady na navrhované alternativní řešení dodávek energie. Rozdíl v nákladech představuje očekávaný cash-flow při změně systému dodávek energie.

Obecně platí, že je nutno zvážit následující kategorie nákladů:

- ◆ Investiční náklady:
 - ◆ nabídky dodavatelů nebo zařízení z druhé ruky,
 - ◆ dotace a financování,
 - ◆ příjmy z možného prodeje původního zařízení.

- ♦ Provozní náklady:
 - ♦ náklady na energie, včetně očekávaného růstu cen energií,
 - ♦ náklady na údržbu, mzdy, pojištění, dodávky médií apod.
- ♦ Nečekané výdaje:
 - ♦ co hrozí, pokud se současný systém dodávek nezmění: daňové znevýhodnění, náklady na nápravná opatření, náklady na zajištění shody s legislativou, negativní dopad na podíl na trhu, vliv obchodování s emisemi CO₂ atd.,
 - ♦ co nastane v případě změny systému dodávek: daňové zvýhodnění, pozitivní dopad na podíl na trhu atd.
- ♦ Jednorázové výdaje
 - ♦ opravy zařízení, výměna kolektorů, nepravidelná údržba, povolení, náklady na právní služby, náklady na prevenci atd.

Při běžném posouzení nákladů se zaměříte na investiční a provozní náklady. Ke zvážení skutečných celkových nákladů je ale nutno započít i nečekané náklady a jednorázové náklady, které mohou mít značný vliv na konečný výsledek. Ke zjištění všech parametrů, které ovlivní ekonomickou výkonnost energetické účinnosti a instalaci systémů dodávek energií, kromě nákladů na energii, se hodí nákladová analýza.

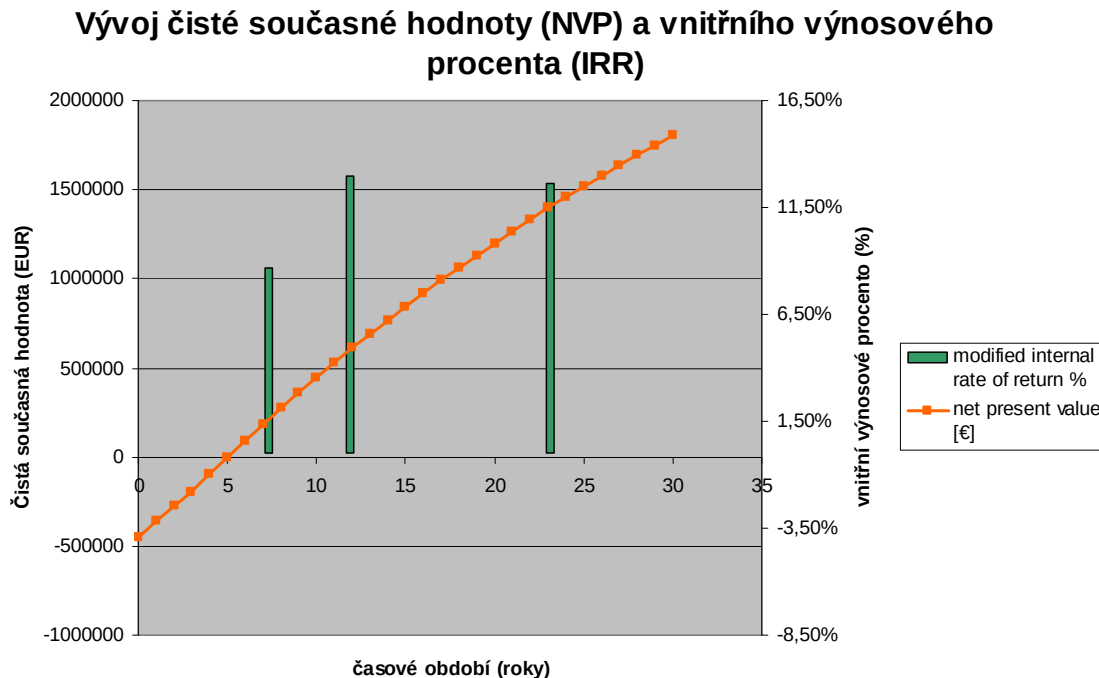
Při posuzování celkových nákladů (TCA) se zaměřujeme na delší časové období a zvažujeme i makroekonomické parametry, musíme zvážít i nečekané a jednorázové náklady.

Je jasné, že výsledky posouzení nákladů závisí na následujících parametrech:

- ♦ Jmenovitá úroková sazba vnějšího financování;
- ♦ Měrná úroková sazba společnosti;
- ♦ Očekávaný vývoj cen energie;
- ♦ Obecná inflace;
- ♦ Zvolený časový rámec ekonomické analýzy.

Výsledkem ekonomické analýzy je výše investice, doba návratnosti a poměr přínosů k nákladům, ale měly by se uvádět i ekonomické parametry prokazující ekonomickou výkonnost v delším časovém horizontu. Velmi důležitá zde je vnitřní návratnost a vývoj čisté aktuální hodnoty během jednotlivých let.

Obrázek 29: Výsledek ekonomické analýzy



7.10 Tvorba zpráv a prezentace

7.10.1 Obsah zprávy

Po dokončení auditu je nutno vytvořit zprávu o auditu, která je hlavním výstupem procesu.

Zpráva o auditu musí obsahovat (přinejmenším) následující informace:

- ♦ Shrnutí pro vedení společnosti zdůrazňující hlavní výsledky auditu;
- ♦ Údaje, které byly shromážděny nebo odhadnuty během provádění auditu a byly použity jako výchozí bod analýzy. Je nutno jasně upozornit zejména na odhady a hypotézy auditora, které nejsou podepřeny shromážděnými údaji;
- ♦ Rozpis spotřeby energie v současném stavu a její srovnání s referenčními srovnávacími údaji;
- ♦ Popis různých navržených alternativ se zvýrazněním potřebných úprav oproti současnému stavu a rozdílů mezi jednotlivými alternativami. Každý alternativní návrh musí být pojmenován krátkou ale výstižnou zkratkou, kterou lze použít k identifikaci ve srovnávacích tabulkách a grafických výstupech.

Popis alternativních návrhů by měl být v ideálním případě doprovázen schématy (blokovými a hydraulickými), která jasně ukazují pozice nových zařízení ve stávajícím systému.

- ♦ Srovnávací tabulky a obrázky s hlavními výsledky (energetické, ekologické, ekonomické parametry) studovaných alternativ;
- ♦ Prezentace podrobné finanční analýzy konečného navrhovaného řešení (nebo více řešení: v určitých případech má smysl navrhnout společnosti více než jednu „nejlepší“ alternativu a nechat konečné rozhodnutí na ní). Měli byste také uvést možnosti financování potřebných investic třetí stranou, možné zdroje financování a další typy pobídek;

- ♦ Jasně označení a identifikace nutných nejistot, které jsou součástí každého rychlého auditu, zejména v případě, že by mohly zásadně ovlivnit proveditelnost navrhovaného řešení. Zvýrazněte aspekty, které by měly být před rozhodnutím o změně systému podrobněji analyzovány.

Softwarový nástroj EINSTEIN automaticky generuje standardní zprávu z auditu, která obsahuje všechny výše uvedené informace. Tato zpráva má podobu tabulky (OpenOffice), kterou můžete upravit, ručně přidávat další informace atd.

7.10.2 Prezentace společnosti

Zprávu je společnosti nutno vždy, když máte tu možnost, prezentovat osobně, protože tak můžete vysvětlit své návrhy, zabránit nedorozumění a zdůraznit výhody vašeho návrhu těm, kteří ve společnosti rozhodují.

Zpráva o auditu EINSTEIN by ale měla být tak srozumitelná, že ji lze zaslat poštou nebo e-mailem, v případě že osobní prezentace není možná (např. z důvodu velké vzdálenosti a omezeného rozpočtu, který nedovoluje druhou návštěvu na místě...).

7.11 Časová náročnost implementace

Souhrn jednotlivých fází, kroků, úkolů a úkonů je uveden v níže uvedené tabulce. Na základě zkušeností implementačního týmu byl k této struktuře tepelného auditu dopracován časový harmonogram. Doba zpracování jednotlivých kroků je závislá na velikosti podniku, identifikovanému potenciálu, vstřícnosti při komunikaci a poskytování údajů a zkušenosti auditora. Z těchto důvodů je u jednotlivých kroků definován časový interval zpracování (viz Tab. 12).

Tab. 12 Časová náročnost implementace

Fáze	Krok	Úkoly	Úkony	Průměrná časová náročnost [počet dnů]			
				Pivovar	Mléčné výrobky	Slévárna	Průměr
Předběžný audit	1	Kontakt, předběžná schůzka, motivace	Propagační materiály, možnost sebehodnocení	3,5	3,0	3,5	3,5
	2	Získání údajů ve fázi předběžného auditu	Připravte společnost, připravte sebe, shromážděte údaje na dálku				
	3	Zpracování předběžných informací a dat	Zpracování údajů ve fázi předběžného auditu, ověření správnosti vstupních dat, proveďte srovnání s referenčními údaji, získajte data o obdobných procesech, identifikujte úsporná opatření, stanovte priority pro audit				
	4	Rychlé a hrubé předběžné posouzení	Vytvořte zprávu předběžného posouzení, předložte společnosti ke zvážení, neslibujte příliš				
Tepelný audit	5	Prohlídka podniku, doplnění dat	Předložte společnosti výsledky hrubého předběžného posouzení, konzultujte zjištěné poznatky a proveďte návštěvu v podniku, rychle proveďte nové údaje, účinně náležitá opatření, definujte plán opatření, prodiskutujte správné porozumění	3,0	2,5	3,5	3,0
	6	Analýza současného stavu	Zkontrolujte správnost údajů, odhadněte nebo získajte chybějící informace, proveďte podrobnou analýzu spotřeby a skutečného provozního stavu nebo procesu, srovnajte se stávajícími standardy				
Vyhodnocení variant	7	Návrh variant řešení a definování energetických cílů	Sestavte seznam doporučení pro možná opatření, vypracujte možnosti pro optimalizaci, zanalyzujte teoretický potenciál rekuperace tepla, navrhnete tepelný výměník a alternativní systém pro dodávky energie	2,5	1,5	3,0	2,5
	8	Výpočet energetické účinnosti a environmentální analýza	Rychlý výpočet, systémová simulace v software EINSTEIN				
	9	Energetická a environmentální analýza	Vypočítejte hlavní ekonomické parametry, posuďte možnost financování a grantů, vypracujte vhodné finanční schéma				
Doporučení	10	Vykazování a prezentace pro společnost	Vypracujte stručnou a jasnou auditorskou zprávu, presentujte audit společnosti	1,0	1,0	1,0	1,0
Náročnost	-	-	-	10,0	8,0	11,0	10,0

8 ZHODNOCENÍ IMPLEMENTAČNÍHO TÝMU

8.1 *Implementační tým*

Pro projekt implementace metodologie tepelného auditu EINSTEIN byl v rámci České republiky sestaven tým odborníků, kteří se specializují na průmyslové procesy a užití energie (energetičtí auditoři vedení v seznamu Ministerstva průmyslu a obchodu nebo energetičtí specialisté). V rámci projektu byla provedena aplikace metodiky u celkem deseti vybraných průmyslových podniků s energeticky náročnějšími technologiemi. Jednotlivé fáze projektu byly realizovány v prvních dvou kvartálech roku 2009, kdy se kladl patřičný důraz na zjištění časové a odborné náročnosti. Ve třetím kvartálu roku 2009 probíhala prezentace výsledků a konzultace se zahraničními partnery. Výstupy a zjištění byly a jsou průběžně zapracovávány do softwarového systému EINSTEIN, což přispívá ke zkvalitňování tohoto nástroje.

8.2 *Pozitiva projektu*

Za pozitiva projektu považujeme zejména:

- ♦ Záměr a podporu EU a ČR snižování energetické náročnosti průmyslu, minimalizace enviromentálních dopadů a využívání obnovitelných zdrojů energie;
- ♦ Přenášení mezinárodních zkušeností;
- ♦ Vytvoření metodologie a softwarové podpory, která by umožňovala širšímu spektru uživatelů možnost posouzení efektivnosti navrhovaných opatření;
- ♦ Volně šířený software s databází vzorových projektů s možností aktualizace z internetového prostředí;
- ♦ Možnost zakomponování zjištěných závěrů, zkušeností, nových technologií a inovací do databáze softwarového nástroje;
- ♦ Vytvoření publikace, která bude dostupná potenciálním uživatelům a umožní jim tak rychlejší adaptaci do metodologie a softwarového prostředí.

8.3 *Negativa projektu*

Mezi negativa projektu lze zařadit:

- ♦ Záměr postihnout variačně velmi rozmanitou oblast průmyslu a užití energie;
- ♦ Specifika pilotního projektu, který se dále zdokonaluje na základě získaných zkušeností;
- ♦ Motivaci klienta pro implementaci metodologie ve vývojové fázi projektu;
- ♦ Komunikaci s vytíženými odpovědnými pracovníky klienta a sběr relevantních údajů;
- ♦ Nutnou kontrolu správnosti výpočtů pro objektivnost hodnocení v softwarovém prostředí;
- ♦ Maximální využití „know-how“ při identifikaci opatření v průmyslových podnicích;

- ♦ Stále se odlaďující oblast překladu a alternativ etapy II a etapy III (viz 9.3.3);
- ♦ Doplnování zařízení do databázového seznamu software např. výměníků, solárních kolektorů a tepelných čerpadel – nutnost aktualizací;
- ♦ Poměrně dlouhou dobu výpočtu v automatickém režimu hodnocení, zatížení systému PC při výpočtu, nestabilitu systému.

8.4 Závěr

Na eliminaci nedostatků v softwarovém prostředí se průběžně pracuje s možností aktualizace databází a vzorových projektů. Proto předpokládáme, že v přijatelném časovém horizontu již bude možno metodologii a softwarový nástroj plně využívat. Tato publikace by měla přispět k motivaci laiků, pokročilých uživatelů i znalých uživatelů k podílení se na dalším rozvoji a zdokonalování software (podněty, příklady). Vybrané exportované výstupy z aplikace systému EINSTEIN, které byly předloženy implementačním týmem (experti v ČR) vývojovému týmu (zahraniční experti) a následně sloužily pro konzultace a odlaďování, jsou uvedeny v elektronické příloze této Publikace na CD nosiči: Mlékárna, Pekárna, Pivovar, Slévárna a Výroba másla (formát „*.xml“, který může být použit při importu do databáze software). Ne vždy se však podařilo dosáhnout tížených výstupů. Vzhledem k citlivosti dat a požadavků klientů nejsou uváděny názvy společností.

9 PŘÍLOHA 1 - PRÁCE SE SOFTWAREM EINSTEIN

9.1 Instalace systému

Instalace softwarového systému vyžaduje alespoň základní uživatelské dovednosti, administrátorská práva pro operační systém PC a podpůrné databázové rozhraní MySQL. Potřebný software je přiložen v elektronické podobě na CD nosiči.

9.2 Postup při hodnocení identifikovaných opatření

Softwarový nástroj EINSTEIN lze využít pro posouzení dílčích nebo komplexní soustavy úsporných opatření. Vzhledem k počtu alternativ si budeme užití tohoto softwarového nástroje demonstrovat na jednodušších dílčích opatřeních (základní popis v kapitole 9.3). Příklady složitějších souborů procesů a možností vyhodnocení potenciálu úspor lze nalézt v příloze nebo na internetových stránkách

www.sourceforge.net/projects/einstein.

Při posuzování opatření doporučujeme vycházet z originální jazykové aplikace, tedy pracovního prostředí v Anglickém jazyce. Mimo zlepšení se v jazykových dovednostech, se uživatel vyvaruje případných procesních a výpočtových komplikací.

Celý proces hodnocení můžeme rozdělit do třech základních etap:

- ♦ První etapa – vytvoření projektu, zadání vstupních údajů a kontrola konzistence dat;
- ♦ Druhá etapa – statistická data a srovnávací test;
- ♦ Třetí etapa – návrh variant, export závěrečné zprávy.

9.3 Využití odpadního tepla z kompresoru

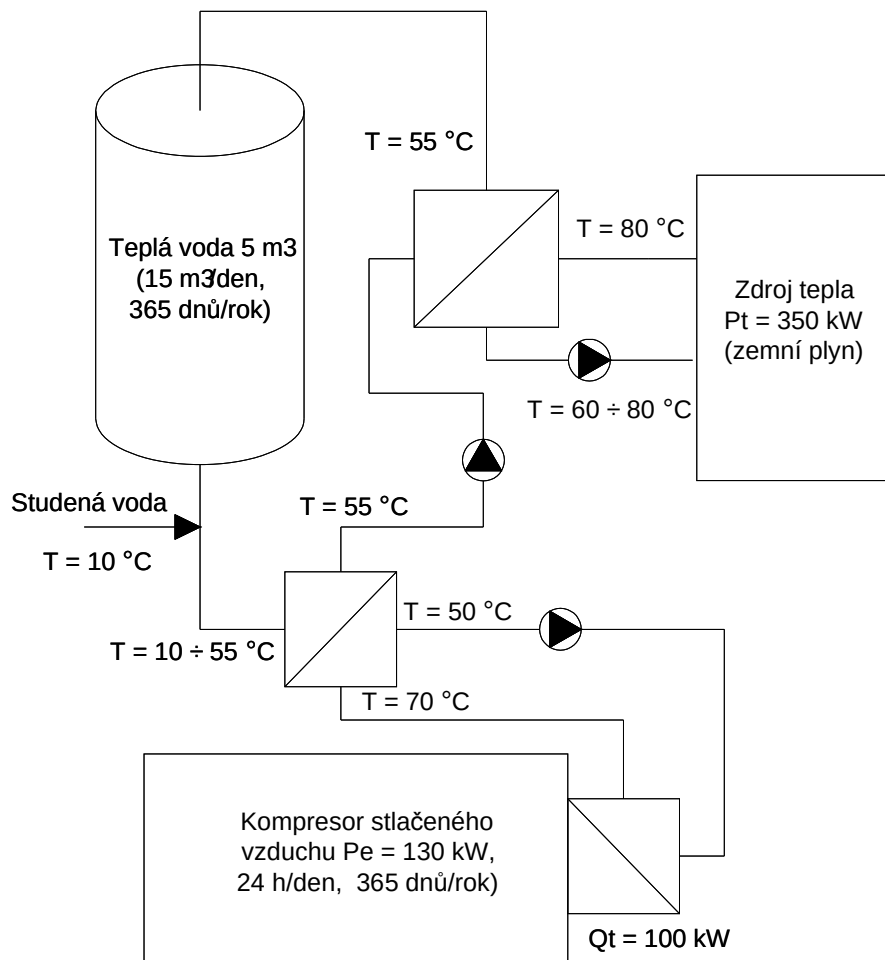
Využití odpadního tepla z kompresoru je standardním a osvědčeným opatřením, které lze aplikovat prakticky ve všech průmyslových podnicích. Limitujícími aspekty jsou v tomto případě pouze:

- ♦ Investiční prostředky (doba návratnosti);
- ♦ Technická úskalí (vzdálenost pro distribuci odpadního tepla, prostorové dispozice apod.);
- ♦ Procesní požadavky (potřeba tepla v daném období, požadavek na tepelný výkon při přípravě média s užitím odpadního tepla atd.).

Mimo technická úskalí lze zbývající základní aspekty účelově postihnout s uceleným hodnocením – úspora energie, ekonomická efektivita, environmentální dopady. Zároveň lze vyhodnotit možnost využití OZE – zejména termických solárních kolektorů (možnost dotačních prostředků).

Orientační schéma zapojení při využití odpadního tepla např. pro potřeby přípravy teplé vody (dříve TUV – teplé užitkové vody) je uveden na Obrázek 30:.

Obrázek 30: Schéma využití odpadního tepla z kompresoru



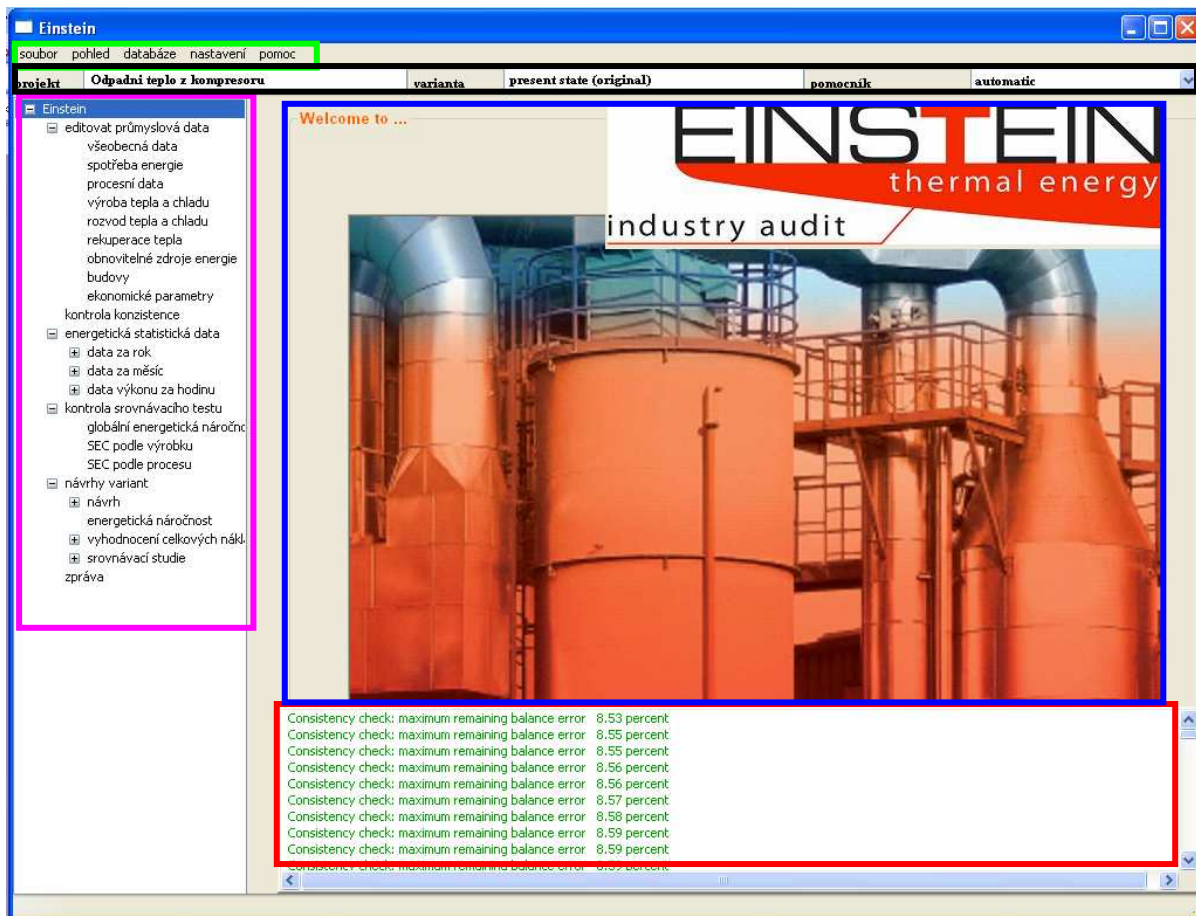
Řešení tohoto případu v softwarovém nástroji EINSTEIN je obsahem dalších kapitol.

9.3.1 Základní popis, vytvoření projektu

9.3.1.1 Základní popis

Úvodní okno v softwaru EINSTEIN jenž definuje základní pracovní prostředí a provází uživatele celým procesem hodnocení je znázorněno na Obrázek 31:.

Obrázek 31: Pracovní prostředí



Pracovní prostředí si můžeme rozdělit na pět základních polí:

- ◆ Pole základního menu pro nastavení – např. vkládání nebo zálohování projektů, správu databáze, nastavení jazykové podpory, pomoc atd.;
- ◆ Informační pole (řádek), kde je uživateli vizualizován:
 - ◆ Aktuální pracovní projekt (editovaný projekt ze seznamu projektů),
 - ◆ Varianta projektu – etapa projektu:
 - Originál – zadávání dat,
 - Checked – kontrola dat,
 - Varianta – navržená varianta opatření (např. OZE, výměník, tepelné čerpadlo, super mix apod.)
 - ◆ Pomocník – lze využít automatické formy výpočtu, tedy bez jednotlivých kroků hodnocení (po zadání požadovaných údajů a kontrole dat je zahájen automatický proces zpracování dat a hodnocení s návrhem všech dostupných variant)
- ◆ Pole menu průvodce celým procesem hodnocení v jednotlivých krocích;
- ◆ Pracovní pole aktivované po založení projektu – zadávání dat, vizualizace výpočtů a výstupů;
- ◆ Pole s vizualizací kontroly pracovních a výpočtových údajů.

V poli **základního menu** pro nastavení si můžeme v položce „Nastavení“ definovat jazykovou podporu. Z nabídky „jazyk“ si můžeme vybrat: katalánštinu, češtinu, němčinu, angličtinu, španělštinu, italštinu, polštinu nebo slovinštinu.

Doporučujeme pracovat s anglickou jazykovou podporou, kterou lze v případě neznalosti nebo nejasnosti textů nebo definic jednoduše přepnout do volitelné jazykové podpory. Výpočty však doporučujeme provádět v anglické verzi. Výsledky je možno si následně opět vizualizovat např. v češtině. Možným komplikacím se můžete rovněž vyhnout používáním diakritických znamének.

9.3.1.2 Vytvoření projektu

Vytvoření projektu můžeme provést:

- ◆ Importem již dokončeného nebo rozpracovaného projektu – posloupnost kroků: v poli **základního menu** „Soubor“ a „importovat Projekt“.
- ◆ Vytvořením nového projektu:
 - ◆ posloupnost kroků: v poli **základního menu** „Soubor“ a „Nový projekt“,
 - ◆ posloupnost kroků: v poli **menu průvodce** „editovat průmyslová data“, v **pracovním poli** „nový projekt“.

Po vyplnění základních informací o novém projektu „Vyuziti odpadního tepla I“ a „Vyuziti odpadního tepla z kompresoru“ potvrdíte „stiskem tlačítka“ OK.

9.3.2 Zadání vstupních údajů

Tuto kapitolu lze rozsahově definovat položkou „editovat průmyslová data“, kterou naleznete v **menu průvodce**.

V rámci ukázkového projektu se budeme zabývat pouze předmětnými informacemi, které přímo souvisí s posuzovaným projektem. Podrobnější vyplnění je možno provést až po kompletaci technicko-ekonomického hodnocení projektu. Je však zapotřebí mít na paměti, že tyto údaje je potřebné získat už při počátečním sběru dat.

9.3.2.1 Všeobecná data

K aktivaci tohoto menu je nutno provést posloupnost kroků v **menu průvodce** „editovat průmyslová data“ a „všeobecná data“.

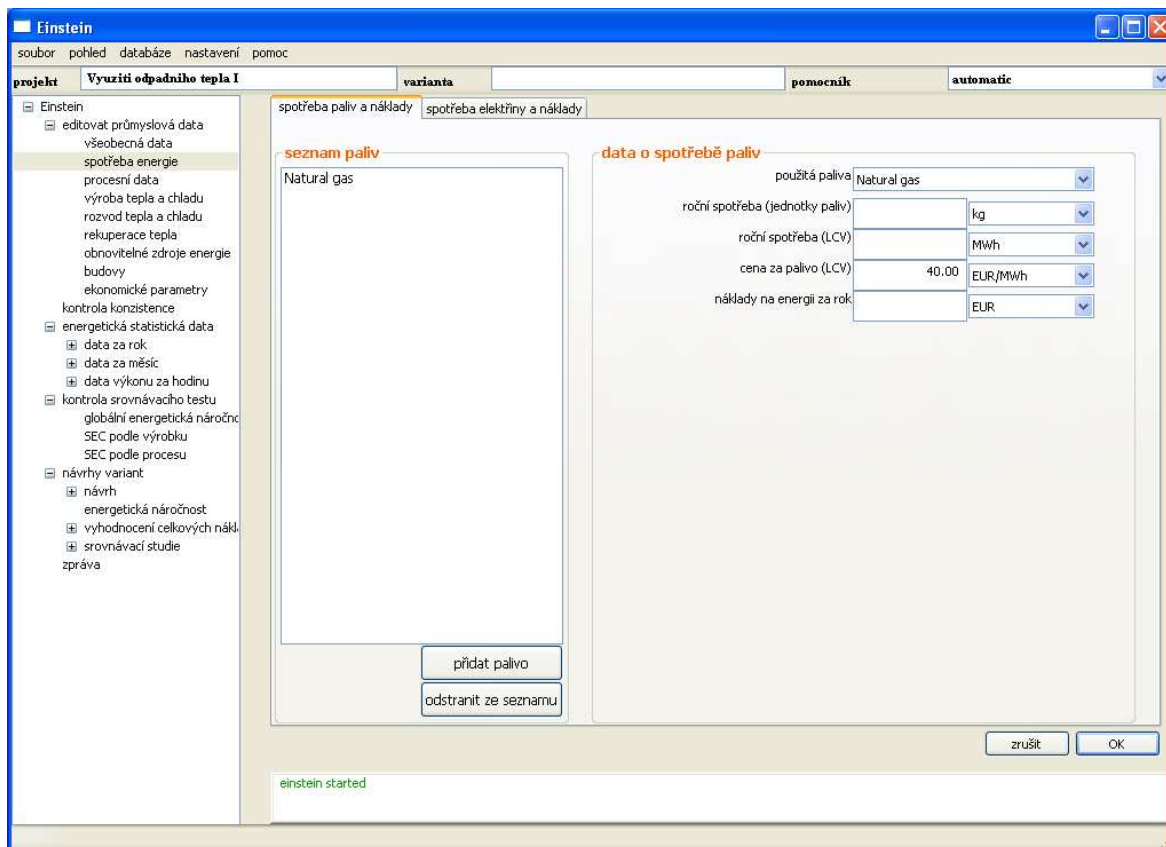
Před definováním všeobecných dat doporučujeme přezkontrolovat správnost editovaného projektu, tedy provést kontrolu v údaje v informačním poli v položce „projekt“. Zde musí být v našem případě uveden „projekt“ „Vyuziti odpadního tepla I“.

Poté můžeme v aktivních záložkách („všeobecné informace“, „statistická a ekonomická data“, „doba provozu“ a informace o výrobcích“) vyplnit požadované údaje. V rámci ukázkového případu není nutno vyplňovat žádnou.

9.3.2.2 Spotřeba energie

K aktivaci tohoto menu je nutno provést posloupnost kroků v **menu průvodce** „editovat průmyslová data“ a „všeobecná data“.

Obrázek 32: Spotřeba energie



V pracovním poli poté klikneme na „tlačítko“ s názvem „přidat palivo“ (seznam paliv), poté vybereme z databáze paliv v menu „data o spotřebě paliv“, „použitá paliva“ např. zemní plyn. V případě, že po rozkliknutí menu „použitá paliva“ nenaleznete použité palivo, je nutno toto palivo v databázi definovat.

K definici nového paliva je nutno provést posloupnost kroků v **základním menu** „databáze“ a „paliva“ přidat řádek s názvem např. „natural gas“. Pro další výpočty je nutno u tohoto paliva minimálně definovat: název, jednotku (kg), zkratku, výhřevnost (kWh.jednotka^{-1}), emisní koeficient (tun.jednotka^{-1}), hustotu (kg.m^{-3}) – viz Obrázek 33:.

Obrázek 33: Definice nového paliva

	Identifier	Fuel name	Unit	Fuel code	Lower calorific value kWh/Unit	Higher calorific value kWh/Unit	CO2ConvFuel	Density kg/m3	OffgasHeatC
1	1	Natural gas	kg	HG	10.5	0.0	0.2	0.8	1.12719
2	8	Zemni plyn	m3	ZP	10.5	0.0	0.2	0.8	1.1
3	2	Liquid petrol	kg	LPG	12.56	0.0	0.25	850.0	1.23
4	3	Heavy fuel oil	kg	HFO	11.0	0.0	0.25	850.0	1.23
5	4	Butane	kg	BUT	12.5	0.0	0.25	1.0	1.23
6	5	Propane	kg	PRO	12.5	0.0	0.25	1.0	1.23
7	6	Gas oil	kg	GO	11.0	0.0	0.25	850.0	1.23
8	9	Koks	kg	Koks	8.06	0.0	1.0	0.6	1.23
9	11	Elen.	kWh	EE	1.0	0.0	1.17	1.0	1.0

Po výběru paliva je z důvodu ekonomického hodnocení zadat jednotkovou cenu zemního plynu. Ta se v současné době (úroveň roku 2008) pohybuje v průmyslových odvětvích v úrovni 40 €. MWh^{-1} . Akceptaci vybraného paliva a zadané hodnoty jednotkové ceny potvrdíme „tlačítkem“ „OK“.

V záložce „spotřeba elektřiny a náklady“ můžeme ponechat nulové hodnoty. Realizací úsporného opatření nebude dosaženo významnějšího potenciálu úspor elektrické energie (zanedbání rozdílu spotřeby mezi příkonem chladicího ventilátoru šroubového kompresoru a oběhovým čerpadlem pro cirkulaci média výměníku odpadního tepla). Na tomto příkladu si můžeme nejprůkazněji demonstrovat univerzálnost a vhodnost použití softwarového nástroje EINSTEIN – není nutno znát všechny spotřeby a proměnné, které vstupují do posuzovaného procesu.

9.3.2.3 Procesní data

Podobně jako tomu bylo u menu „Spotřeba energie“ je nutno k aktivaci menu „Procesní data“ provést posloupnost kroků v **menu průvodce** „editovat průmyslová data“ a „Procesní data“. V tomto menu se popisují a zadávají hodnoty zájmových procesů. V našem případě se bude jednat o pasterizaci mléka a přípravu TV.

V pracovním poli poté klikneme na „tlačítko“ s názvem „přidat proces“ (seznam výrobních procesů), poté můžeme specifikovat vybrané procesy dle Tab. 13. I v tomto případě platí, že je potřeba znát pouze nejnutnější data.

Tab. 13 Data o procesech

	příprava TV	jednotka
Proces	ohřev TV, voda, dávky	-
Výrobek nebo procesní médium	voda	-
Finální teplota procesního média	60	°C
Vstupní teplota procesního média	10	°C
Přívod procesního média za den	15	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
Počet procesů	3	$1 \cdot \text{den}^{-1}$
Doba trvání procesu (dávky)	3	$\text{hodina} \cdot \text{dávka}^{-1}$
Roční využití	365	$\text{dnů} \cdot \text{rok}^{-1}$

Obrázek 34: Příprava TV – data procesu

The screenshot shows the 'Einstein' software interface. The main window is titled 'Einstein' and has a menu bar with 'soubor', 'pohled', 'databáze', 'nastavení', and 'pomoc'. Below the menu bar, there are tabs for 'projekt', 'Využití odpadního tepla I', 'varianta', 'pomocník', and 'automatic'. The left sidebar contains a tree view with categories like 'editovat průmyslová data', 'energetická statistická data', and 'návrhy variant'. The main area is divided into two panes: 'seznam výr.procesů' (list of processes) and 'popis procesů' (process description). The 'seznam výr.procesů' pane shows a list of processes, with 'Ohrev TV' selected. Below this list are buttons for 'přidat proces' and 'vymazat proces'. The 'popis procesů' pane shows the details for the selected process, including fields for 'zkrácený název procesu' (Ohrev TV), 'Popis' (příprava teple vody), 'druh procesu' (continuous), 'druh jednotkové operace' (Washing products), 'výrobek nebo procesní médium' (Water), and various temperature and flow rate parameters. At the bottom of the window, there is a status bar that says 'einstein started'.

Položky „zkrácený název“ a „popis“ jsou pouze informativní. Podstatnými položkami jsou definice procesu a následující data. V případě, že menu u položky „výrobek nebo procesní médium“ nenabízí požadovaný výrobek nebo procesní médium je nutno provést doplnění do databáze. Pro editaci databáze je zapotřebí v **základním menu** provést kroky: „databáze“, „kapaliny“ a „přidat řádek“. Poté je nutno zadat požadované parametry, zejména však: název, měrnou tepelnou kapacitu ($\text{kJ.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$), hustotu (kg.m^{-3}) a entalpii (teplo obsažené v teplotním médiu kJ.kg^{-1}).

Obrázek 35: Databáze výrobků nebo procesních médií (kapaliny)

Edit DBFluid									
	Identifier	Fluid name	Specific heat capacity kJ/kgK	Density kg/m ³	SensibleHeat	LatentHeat	Viscosity	Conductivity	RefrigerantCode
1	1	Water	4.19	1000.0	None	None	None	None	None
2	2	Steam_7bar	20.05	1000.0	700.0	2067.0	None	None	None
3	3	Air	1.012	1.2	None	None	None	None	None
4	4	Thermal Oil	2.0	850.0	None	None	None	None	None
5	5	R134a	1.136	None	26.94	157.52	None	None	R134a
6	6	R717	2.705	None	229.95	1143.16	None	None	R717
7	7	R404a	1.39	None	27.8	113.35	None	None	R404a
8	8	R22	0.904	None	51.5	161.43	None	None	R22
9	9	Milk	3.935	1035.0	None	None	None	None	None
10	10	Steam_2bar	4.19	1000.0	None	2067.0	None	None	None
11	11	aqueous cle	4.18	1000.0	None	None	None	None	None
12	12	Pára 2,7 bar	20.0	1000.0	338.0	2400.0	None	None	None
13	13	mladina	4.194	1000.0	419.0	2256.0	None	None	None
14	14	daught - těst	4.194	550.0	None	None	None	None	None
15	15	Břýdová pára	4.194	1000.0	419.0	2256.0	None	None	None
16	16	Pára 3,5 bar	4.19	1000.0	568.0	2174.0	None	None	None
17	21	Pára 110 C	4.19	1000.0	None	None	None	None	None
18	18	Pára 3.0 bar	4.19	1000.0	100.0	2374.0	None	None	None

Pro proces je nutno specifikovat další vstupní data, která je zapotřebí vyplnit i do aktivních záložek.

V záložce „přívod tepla a odpadní teplo“ je možno specifikovat další procesy, které přímo souvisejí s rekuperací a zásobováním teplem.

V případě procesu přípravy TV se:

- ♦ neprodukuje další užitečné odpadní teplo – proto v části „odpadní teplo (teplo využitelné k rekuperaci)“ vyplníme „ne“;
- ♦ u standardních technologií nevyužívá odpadního tepla ani v procesu – proto v části „rekuperace odpadního tepla pro tento proces“ vyplníme „ne“;
- ♦ data o zásobování teplem definujeme, z důvodu ukázky, v minimálním rozsahu – proto v části „data současném přívodu tepla (nebo chladu) do procesu“ vybereme použité teplonosné médium. V případě absence používaného média v databázi postupujeme dle kroků popsaných v této kapitole a podkapitole „**Procesní data**“ (kroky **základním menu** provést kroky: „databáze“, „kapaliny“ a „přidat řádek“).

Tab. 14 Procesní data – přívod tepla a odpadní teplo

The screenshot shows the 'Einstein' software interface. The main window is titled 'Einstein' and has a menu bar with 'soubor', 'pohled', 'databáze', 'nastavení', and 'pomoc'. Below the menu bar is a toolbar with 'projekt', 'Vyuziti odpadního tepla I', 'varianta', 'pomocník', and 'automatic'. The left sidebar shows a tree view of the software's structure, with 'procesní data' selected. The main area is divided into three sections: 'odpadní teplo (teplo využitelné k rekuperaci)', 'rekuperace odpadního tepla pro tento proces', and 'data o současném přívodu tepla (nebo chladu) do procesu'. Each section contains various input fields and dropdown menus for configuring process parameters.

V záložce „přívod tepla a odpadní tepla“ je rovněž jednou z důležitých položka „přívod tepla“ (teplo nebo chlad přiváděné do procesu potrubím / přípojkou). Tuto položku lze však vyplnit až následně, tedy po definování dostupných distribučních potrubí. **Na tuto okolnost důrazně uživatele upozorňujeme! Z našich zkušeností rovněž vyplývá, že automatické doplnění této položky po definici distribučního potrubí nemusí být softwarem vždy plně zohledněno. Proto doporučujeme zpětnou kontrolu a potvrzení automatického přiřazení.**

Poslední aktivní záložka s názvem „Temperatures and flow rates“ je uvedena pouze jako informativní.

9.3.2.4 Výroba tepla a chladu

Pro editaci tohoto menu je nutno provést posloupnost kroků v **menu průvodce** „editovat průmyslová data“ a „Výroba tepla a chladu“.

Zde s využitím „tlačítka“ „přidat zařízení“ můžeme zadávat zdroje tepla, které v našem případě souvisejí s definovanými procesy. Rovněž vyplňujeme pouze nejnutnější položky pro další kalkulaci.

V záložce „technická data“ můžeme zdroj tepla popsat známými parametry. Pro názornost vyplňujeme pouze nejpodstatnější údaje. Jak je patrné z níže přiloženého obrázku. Jedná se pouze o jmenovitý výkon zdroje a použité palivo. U výběru paliva by již nemělo docházet k tomu, že by nebylo možno palivo ze seznamu vybrat, definice paliv proběhla již na počátku v podkapitole „**Spotřeba energie**“. Za velmi užitečné položky v záložce „Technická data“ považujeme teplotu spalin na výstupu ze zdroje tepla a účinnost zdroje tepla – dostupné hodnoty z měření emisí spalin. Obě hodnoty se sice

s výši zatížení zdroje mění, ale pro základní kalkulaci mohou být velmi užitečné. Jedná se zejména o potenciál v oblasti využití odpadního tepla odváděného ve spalínách nebo náhradou původního zdroje moderním.

Tab. 15 Technická data zdroje tepla a chladu

The screenshot shows the 'Einstein' software window. The 'projekt' (project) is 'Využití odpadního tepla I'. The 'varianta' (variant) is empty. The 'pomocník' (help) is set to 'automatic'. The 'tab' is 'technická data' (technical data). The sidebar on the left shows a tree view of the project structure, with 'výroba tepla a chladu' (heat and cold production) selected. The main area contains the following fields:

- jmennovitý výkon (teplo nebo chlad, výroba): 350.0 kW
- druh paliva: Natural gas
- spotřeba paliva (nominální): kg/h
- přiváděný elektrický výkon: kW
- průměrná celková účinnost tepelné přeměny: -
- průměrný koeficient využití (plná kapacita = 100%): -
- teplota spalin při standardních podmínkách provozu (pouze u kotlů): °C
- podíl zbytkového vzduchu (pouze kotle):
- výroba elektřiny (pouze CHP): kW
- účinnost přeměny elektřiny (pouze CHP):
- chladiivo (pouze HP a chladič):

Buttons 'Cancel' and 'OK' are at the bottom right. A status bar at the bottom left says 'einstein started'.

V záložce „zdroj tepla – akumulátor“ je nejdůležitější položkou „přívod tepla“. Tuto položku lze však vyplnit až následně, tedy po definování dostupných distribučních potrubí. **Na tuto okolnost důrazně uživatele upozorňujeme!**

Položkami v záložce „pracovní plán“ je možno zohlednit provoz zařízení. Nevyplněním hodnot snižujeme riziko křížové kontroly, která zohledňuje množství vyrobeného tepla a potřebu tepla.

9.3.2.5 Rozvod tepla a chladu

Pro editaci tohoto menu je nutno provést posloupnost kroků v **menu průvodce** „editovat průmyslová data“ a „Rozvod tepla a chladu“.

„Tlačítkem“ „přidat distribuci“ můžeme zadávat distribuční potrubí, která v našem případě souvisejí s definovanými procesy. Každé se zadaných potrubí je nutno přiřadit zdroji, který slouží pro přípravu transportovaného média. Rovněž vyplňujeme pouze nejnutnější položky pro další kalkulaci.

Tab. 16 Rozvod tepla a chladu - distribuce

V případě, že pro položku „distribuční médium tepla nebo chladu“ nebude nabídnut seznam médií doporučujeme „překliknout“ na „výrobu tepla a chladu“, vrátit se do zpět do „rozvod tepla a chladu“ a následně výběr zopakovat.

Položky v záložce „akumulace“ se vyplňují pouze ve výjimečných případech, v převážně většině se teplotnosné médium neakumuluje.

Po ukončení zadávání systému distribuce energetického nositele je nutné se vrátit do menu „procesní data“ a „výroba tepla a chladu“ a přiřadit distribuční potrubí k jednotlivým zdrojům a procesům!!!

9.3.2.6 Rekuperace tepla

Pro editaci tohoto menu je nutno provést posloupnost kroků v menu průvodce „editovat průmyslová data“ a „rekuperace tepla“.

V záložce „rekuperace tepla z tepelného zařízení“ můžeme „tlačítkem“ „add HX“ zadávat výměníky tepla, která v našem případě souvisejí s teplotnosným médiem (parou) a zařízeními (procesy). Rovněž zde vyplňujeme pouze nejnutnější položky pro další kalkulaci.

V záložce „rekuperace tepla z elektrického zařízení“ zadáváme potřebné a dostupné údaje o zdroji odpadního tepla (přidáváme tlačítkem „add WHEE“). Jedná se o šroubový kompresor stlačeného vzduchu, který je chlazen vzduchem (ochlazování oleje) bez využití odpadního tepla. U moderních zařízení v převážně většině případů výrobce nabízí typizovaný výměník pro využití odpadního tepla, v našem případě 100 kW (olej/voda). Ze zkušeností energetických auditorů vyplývá, že přibližné využití odpadního

tepla z kompresorů stlačeného vzduchu je cca $50 \div 65 \%$ z elektrického příkonu. Tato skutečnost by se měla následně provít v návrhu výměníku voda/voda, který bude instalován pro využití odpadního tepla.

Obrázek 36: Rekuperace tepla – elektrické zařízení

9.3.2.7 Obnovitelné zdroje energie

Pro editaci tohoto menu je nutno provést posloupnost kroků v **menu průvodce** „editovat průmyslová data“ a „obnovitelné zdroje energie“.

První záložka „Main motivation“ umožňuje pomocí jednoduchých otázek vyhodnotit dotazník o vhodnosti využití obnovitelných zdrojů. V záložce „Solar thermal energy“ můžeme pomocí tlačítka „přidat plochu“ uvádět vhodná místa pro instalaci termálních solárních kolektorů. Zde pro názornost vyplňujeme podstatné údaje. **Zároveň upozorňujeme na ne úplný překlad a nutnost vyplňovat tečky místo desetinných čárek.** Údaje o průměrné venkovní teplotě a horizontálním slunečním osvitu jsou dostupné na internetových stránkách Českého hydrometeorologického institutu (www.chmi.cz).

V poslední záložce „Biomass“ lze zohlednit možnost využití biomasy, jako paliva pro nový zdroj tepla. Touto záležitostí se v našem projektu nezabýváme. U biomasy upozorňujeme zejména na oblasti: dostupnost, cena, kvalita (výhřevnost, vlhkost) a možnosti skladování.

9.3.2.8 Budovy

Užití energie v oblasti budov je v současné době ve stádiu rozpracovanosti a testování v softwaru EINSTEIN ho zatím nedoporučujeme užívat. Aktuální informace naleznete na internetových stránkách www.sourceforge.net/projects/einstein.

9.3.2.9 Parametry a management

V menu „Parametry a management“ můžeme zohlednit parametry, které následně slouží pro ekonomickou a srovnávací analýzu alternativních variant. Jedná se zejména o:

- ◆ Inflaci cca 4 % za rok,
- ◆ Růst cen energie cca 8 % za rok,
- ◆ Úroková míra např. úvěru cca 7 % za rok,
- ◆ Podíl financování z externích zdrojů 0 ÷ 100 %
- ◆ Diskontní sazba podniku cca 4 ÷ 10 %
- ◆ Amortizace dle zařízení, cca 10 let.

Zde upozorňujeme na předdefinované jednotky u jednotlivých položek.

The screenshot shows the Einstein software interface. The main window is titled 'Einstein' and has a menu bar with 'soubor', 'pohled', 'databáze', 'nastavení', and 'pomoc'. Below the menu bar, there are tabs for 'projekt', 'výhled', 'databáze', 'nastavení', and 'pomoc'. The 'projekt' tab is active, showing a tree view on the left with categories like 'editovat průmyslová data', 'ekonomické parametry', and 'management energetických služeb'. The main area displays the 'parametry a management' window for 'provoz a údržba'. This window contains a section titled 'parametry použité v ekonomické a srovnávací analýze možných variant' with several input fields and dropdown menus for parameters like 'základní míra inflace', 'míra růstu cen energií', 'nominální úroková míra', 'procentuální podíl externího financování instalací', 'měrná diskontní sazba podniku', and 'dobu pro ekonomickou amortizaci instalací'. Below this is a section titled 'management energetických služeb' with two checkboxes: 'systém energetického managementu je již implementován' and 'energetický management je realizován'. At the bottom, there is a status bar with the text 'm?sto / zem?' and a message 'k této funkci nelze přistupovat. Nejdříve vytvořte nebo definujte nový projekt a zadejte hlavní data'.

Využití záložky „provoz a údržba“ doporučujeme pouze u podrobné analýzy, kdy máme k dispozici relevantní údaje a očekávané dopady budou ovlivňovat ekonomické výsledky.

9.3.2.10 Kontrola konzistence

Kontrola konzistence je poslední položkou v menu „editovat průmyslová data“. Účelem kontroly je provést test správnosti a kompatibility dat, které byly poskytnuty za účelem hodnocení. V případě úspěšného testu můžete pokračovat v návrhu úsporných opatření (variant) a jejich ekonomickém hodnocení a srovnání. V případě nesprávnosti zadaných dat nebo negativních výsledků křížového testu budete vyzváni k odstranění zjištěných nedostatků. Pro názornost uvádíme dva případy viz Obrázek 37: a Obrázek 38: . Doporučujeme provést kontrolu konzistentnosti dat s anglickou jazykovou podporou (pole **základního menu**, „nastavení“, „jazyk“). Důvodem je eliminace možných nedostatků v překladu (křížová kontrola).

Pro návrat do menu „editovat průmyslová data“ je po kontrole konzistence (režim projektu v informačním poli „varianta“ „checked“ nutno opět provést přepočít (přepnutí z varianty „checked“ do varianty „original“ – informační pole).

Obrázek 37: Opomenutí propojení zdroje a spotřebiče – distribuční potrubí

rozpory ve specifikaci parametrů

	parametr (rozpom. a hodnoty)	skupina dat (přesnost)	popis (vypočteno z)
1	UPHc [=>UPHc1]	Process[1]	UPH - cirkulace / obnova
2	0.00	+/- 0.00%	UPHProc[1][1]; 1; GHXProc-Con(MAmb)[1]; VinFlowDay; PT; PTInFlowRec; NDaysProc;
3	318614.58	+/- 1.18%	VinFlowDay; PT; PTInFlowRec; NDaysProc;
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			

ok zrušit

Obrázek 38: Řádkové chyby v zadání dat – výkon zdroje tepla (3,5 kW)

conflicts in parameter specifications

	parameter (values in conflict)	data group (accuracy)	description (calculated from)
1	UPHProc[1][1] [=>UPHProc[1][1]]	UPHProc[1]	External heat supply to the process
2	5110.00	+/- 500.00%	1; HCGPhom; HPerYearEq; PartLoad; GHXEq-Con(MAmb)[1]; GHXPipe-Con(MAmb)[1]; UPHProc3;
3	---	+/- 3.2e+051%	UPHProc[1][1];
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			

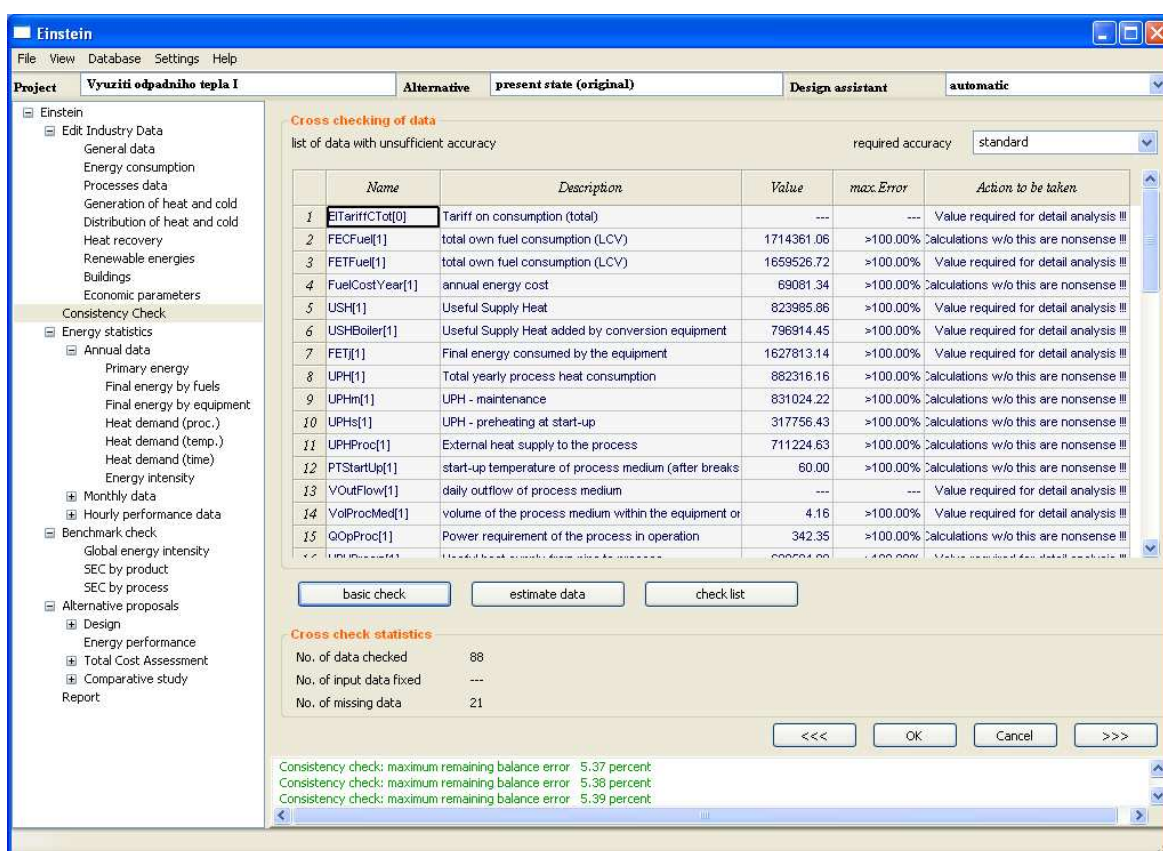
OK Cancel

Za částečně úspěšnou kontrolu můžeme považovat stav, kdy kontrola konzistence dat proběhla v pořádku s vyčíslením chyby, která byla identifikována (viz pole vizualizace, v našem případě 5,37 %). V seznamu nepřesných dat jsou uvedena zjištění, která byla provedena na základě křížové kontroly. Tato zjištění ovšem nejsou z hlediska dalšího výpočtu vylučující. V našem případě se jedná zejména o data, která jsme nevyplnili.

V případě požadavku na zpřesnění výpočtu, můžeme využít funkci odhadu dat.

Akceptací kontroly konzistence dat se projekt překlápí do druhé fáze, kdy dochází ke generaci energetických statistických dat a možnosti srovnání s obdobnými procesy.

Obrázek 39: Kontrola konzistence dat



9.3.3 Statistická data, srovnání test, alternativy

Akceptací kontroly konzistence dat se projekt překlápí do:

- ♦ **I alternativy:** druhé etapy – v případě kdy využijeme aktivní postup při tvorbě, analýze a ekonomickém vyhodnocení variant (v poli s informačními řádky, kolonce pomocník, režim „interactive“),
- ♦ **II alternativy** - v případě kdy využijeme částečně automatický postup při tvorbě, analýze a ekonomickém vyhodnocení variant (v poli s informačními řádky, kolonce pomocník, režim „semi-automatic“),
- ♦ **III alternativy:** druhé a třetí etapy – v případě, kdy využijeme automatického systému (v poli s informačními řádky, kolonce pomocník, režim „automatic“).

I alternativu doporučujeme znalému uživateli v případě hodnocení cílených opatření např. u vyššího stupně užívání softwarové podpory - srovnání s nejlepšími dostupnými technologiemi, definování vlastních výměníků, investičních nákladů, výkonů zdrojů tepla nebo chladu, parametry atd. Znalý uživatel může generovat reporty i jedné varianty.

II alternativu doporučujeme pokročilejším uživatelům, kdy probíhá automatický návrh variant, ale jednotlivé kroky jsou řízeny uživatelem. Pokročilejší uživatel může rovněž generovat reporty jednotlivých variant projektu.

III alternativu doporučujeme všem uživatelům. Tato alternativa poskytuje komplexní hodnocení bez nutnosti zasahovat do dílčích výpočtů. Pro dílčí výpočty jsou využita data z databáze, která je průběžně aktualizována. V databázi jsou uváděna i data o cenách, což nevyžaduje specifické údaje, které nejsou volně dostupné. Samozřejmě software EINSTEIN umožňuje změnu výše investičních prostředků, která může být provedena v závislosti na aktuální cenové nabídce. V automatickém režimu posuzuje software všechny předdefinované oblasti variant a jako poslední variantu z nich vytváří tzv. mix.

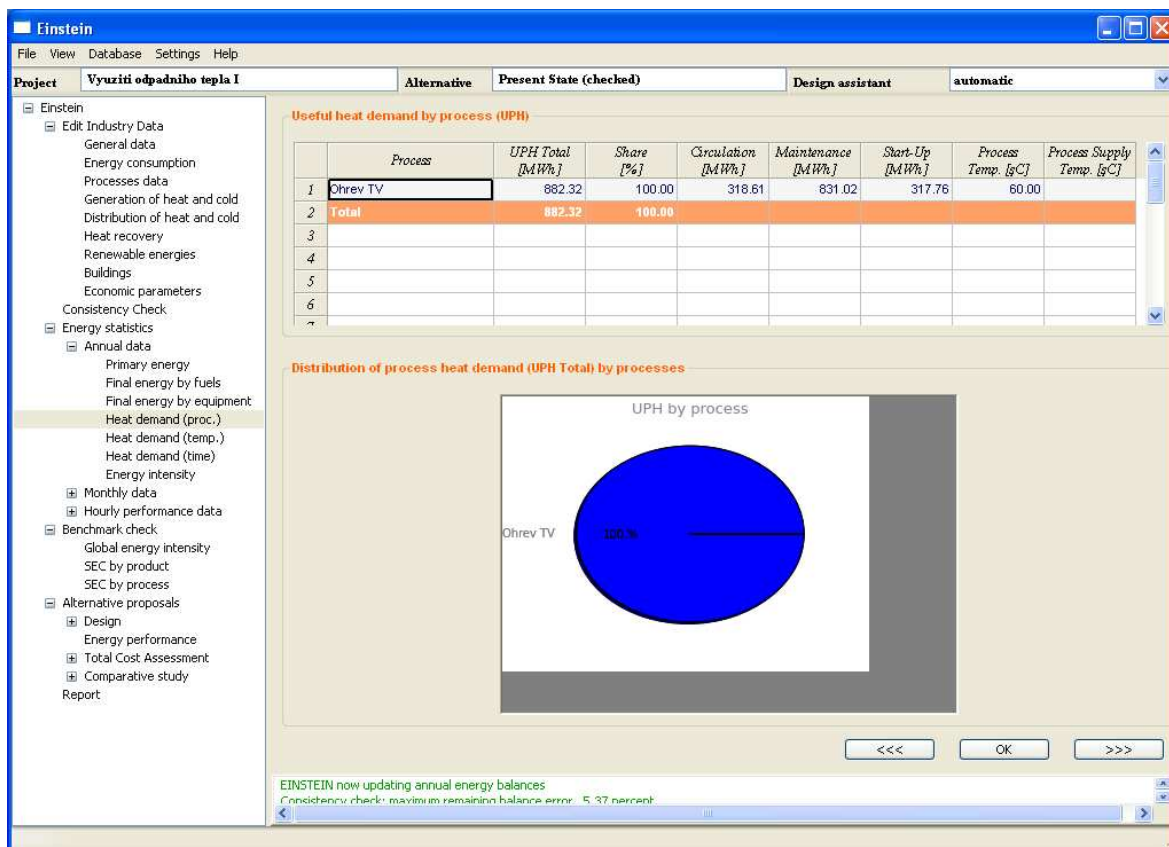
V rámci prvního seznámení uživatele se software EINSTEIN doporučujeme III alternativu. Před zahájením III alternativy ovšem doporučujeme provést kontrolu na základě možnosti vlastní kalkulace potřeby tepla dle vzorce

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) \quad (1.36)$$

kde Q je teplo (kJ), m je hmotnost (kg), c ($\text{kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) je měrné skupenské teplo a T_2 , T_1 jsou teploty pracovní látky. V našem případě můžeme tuto kontrolu povést u ohřevu TV

$$Q = 15000 \cdot 4,1819 \cdot ((273,15 + 60) - (273,15 + 10)) = 3136425 \text{ kJ} = 3136,4 \text{ MJ} = 871,2 \text{ MWh}$$

Obrázek 40: Kontrola konzistence dat – spotřeba energie procesu



9.3.4 Návrhy variant, zpráva

Návrhy opatření ve variantním řešení doporučujeme pro začínající uživatele provádět v režimu „automatic“. Spuštění režimu se provádí postupem: „editovatovat průmyslová data“ a „spustit audit EINSTEIN“. Před spuštěním je nutno provést kontrolu správnosti režimu v informačním poli: „projekt“ – „Využití odpadního tepla I“, „varianta“ - „checked“ a „pomocník“ – „automatic“. Před započítáním operace rovněž doporučujeme provést zálohu projektu – posloupnost úkonů **pole základního menu**, „file“, „Export Project“. Výstupem je výpočet všech potenciálních variant, které jsou obsaženy v softwaru EINSTEIN. Jedná se o:

- ◆ Optimalizaci procesu;
- ◆ Využití odpadního tepla (výměník nebo soustava výměníků);
- ◆ Využití obnovitelných zdrojů energie – termosolární energie nebo biomasa,
- ◆ Využití tepelných čerpadel;
- ◆ Využívání jednotlivých zdrojů tepla (kaskáda);
- ◆ EINSTEIN Super mix – kombinace efektivních variant.

Uživatel má dále možnost definovat investiční náklady jednotlivých variant (navržených opatření) s následnými výstupy ve formě vizualizace toku peněz, emisního zatížení CO₂ a IRR. V případě akceptace výstupů je možno provést vytvoření zprávy (reportu).

V prostředí vytvoření variant může samozřejmě uživatel provést opětovné výpočty navržených variant (zařízení) a definovat jednotlivé parametry.

10 PŘÍLOHA 2 - ZDROJE INFORMACÍ, LITERATURA

- [1] Kontrola energií v CRAFT-SME (2006): Kontroly energií u malých a středních společností. IEE projekt EIE/04/066/S07.38641
- [2] Evropská Komise (2005): „Udělejte více s méně: zelený dokument o energetické efektivitě“, Brusel, str. 31.
- [3] FLOSS (2002). Svobodný a Open Source software: průzkum a studie. Závěrečná zpráva. Mezinárodní institut infonomiky, Universita Maastricht, Nizozemí, Berlecon Research GmbH, Berlín, Německo, červen 2002 Evropský projekt č. IST –29565 (5. FP)
- [4] Referenční dokumenty BAT (dokumenty BREF) pro různé obory průmyslu publikuje Evropská Unie na serveru <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>
- [5] Schnitzer H., Ferner H. (1990), Optimierte Wärmeintegration in Industriebetrieben
- [6] Kemp, I.C. (2006). Analýza seškracení a integrace procesů
- [7] Verein Deutscher Ingenieure (2006). VDI Wärmeatlas
- [8] Brienza; Gandy; Lackenbach (editoři) (1983). Příručka návrhu tepelných výměníků
- [9] Richard Turton, Richard C. Bailie, Wallace B. Whiting, Joseph A. Shaeiwitz (1998). Analýza, syntéza a návrh chemických procesů.
- [10] OPET: kombinované generování tepla a elektřiny a projekt centrálního vytápění. www.opet-chp.net.
- [11] COGENchallenge: evropská informační kampaň ke kogeneraci v malých zdrojích. www.cogen-challenge.org.
- [12] COM 2004/8/ES: směrnice o propagaci kogenerace na základě poptávky po užitečném teple na vnitřním energetickém trhu.
www.managenergy.net/products/R81.htm.
- [13] Britské ministerstvo životního prostředí, potravin a zemědělství: akce ve V. Británii - kombinované generování tepla a elektřiny
www.defra.gov.uk/environment/climatechange/uk/energy/chp/index.htm.
- [14] Americká rada pro energeticky efektivní ekonomiku: CHP – využití jinak ztracené energie. www.aceee.org/pubs/ie983.htm
- [15] Informace o technologiích a dodavatelích tepelných čerpadel je k dispozici na webu střediska tepelných čerpadel IEA: www.heatpumpcentre.org.
- [16] H.Schweiger et al., POSHIP (Projekt č. NNE5-1999-0308), Potenciál solárního ohřevu průmyslových procesů, závěrečná zpráva.
www.aiguasol.com/poship.htm

- [17] Kolektory pro sluneční teplo. Špička v oboru podle Úkolu 33/IV, Editoři: W. Weiss, M. Rommel, Vydala AEE INTEC s finanční podporou rakouského ministerstva dopravy, inovací a technologie, Gleisdorf (Rakousko) 2007.
- www.iea-shc.org/task33/index.html
- [18] D. Jaehnig, W.Weiss, Pokyny k návrhu – Solární prostorový ohřev továrních budov. S využitím podpodlahového topení, Vydala AEE INTEC s finanční podporou rakouského ministerstva dopravy, inovací a technologie, Gleisdorf (Rakousko) 2007. Web: www.iea-shc.org/task33/index.html
- [19] Akční plán solární tepelné energie pro Evropu (STAP), Estif. Web: www.estif.org/281.0.html
- [20] Potenciál solárního ohřevu průmyslových procesů, Editoři: C.Vannoni, R. Battisti, S. Drigo, vydala CIEMAT, Madrid (Španělsko) 2008. Web: www.iea-shc.org/task33/index.html
- [21] Příručka k využití bioplynu, druhé vydání, Ross, Charles C.; T. J. Drake III; Environmental Treatment Systems, Inc., červenec 1996
- [22] Institut energetického výzkumu na strojírenské fakultě Univerzity v Kapském Městě. Jak šetřit peníze a energii u kotlů a pecí. Web: <http://www.3e.uct.ac.za>
- [23] Národní laboratoř Lawrence Berkeley Washington, DC pro Americké ministerstvo energetiky, Zlepšování výkonu parních systémů - kuchařka oborů. Duben 2004. Web: <http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/steamsourcebook.pdf>.
- [24] Integrovaná prevence a řízení znečištění. Referenční dokument k nejlepším dostupným technikám pro velké spalovací provozy. Červenec 2006. Web: <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>
- [25] Ralph L. Vandagriff. Praktická příručka k průmyslovým kotlům. 2001. Marcel Dekker, Inc. Web: www.dekker.com
- [26] V. Ganapathy ABCO Industries. Konstrukce, použití a výpočty průmyslových kotle a generátorů páry s rekuperací tepla, 2003 Marcel Dekker, Inc., Web: www.dekker.com
- [27] EU BREF Referenční dokument k nasazení nejlepších dostupných technik systémů průmyslového chlazení. Prosinec 2001. Evropská Komise.
- [28] Příručka ASHRAE - topná, ventilační a klimatizační systémy a zařízení. ASHRAE, 2008.