

Експертни системи за интелигентно енергийно и топлоснабдяване в промишленото производство, както и в други широко мащабни приложения

**Ръководство за
Топлинни Енергийни одити
по модела
E I N S T E I N**



Ръководство за топлинни енергийни одити по модела EINSTEIN

Версия: 2.4

Последно редактирана: 23/07/2009

Координатор:

Hans Schweiger

energyXperts.NET, Barcelona, Spain

Автори :

Автор(и)	Институция/ Компания	Автор отговорен за глава(и)	E-Mail
Hans Schweiger Stoyan Danov	energyXperts.NET, Spain	1, 2.1-2.4, 3.1-3.4, 3.5.1-3.5.3, 3.5.5-3.5.6, 3.6.1-3.6.4, 3.7.3,3.8, 3.10-3.12, 4.1, 4.4	hans.schweiger@energyxperts.net stoyan.danov@energyxperts.net
Claudia Vannoni Enrico Facci	University of Rome, Italy	1, 2.1-2.4, 3.5.1-3.5.3, 3.6.1- 3.6.2, 3.7.3, 4.2, 4.4	claudia.vannoni@uniroma1.it
Bettina Slawitsch Christoph Brunner	Joanneum Research, Austria	2.5-2.6, 3.5.4, 3.7.1-3.7.2, 3.7.3.6, 3.9, 4.3	bettina.slawitsch@joanneum.at christoph.brunner@joanneum.at
Damjan Krajnc	University of Maribor, Slovenia	3.5.4, 3.6.5	dkrajnc@uni-mb.si
Konstantin Kulterer	Austrian Energy Agency, Austria	3.1	konstantin.kulterer@energyagency.at
Thomas Bouquet Stefan Craenen	COGEN Europe	3.7.3.3	thomas.bouquet@coneneurope.eu stefan.craenen@cogeneurope.eu

Пълно наименование на проекта: Expert-system for an Intelligent Supply of Thermal Energy in Industry

Акроним на проекта EINSTEIN

Договор N°: EIE/07/210/S12.466708

Координатор на проекта: Christoph Brunner

JOANNEUM RESEARCH - Institute for Sustainable Techniques and Systems

Elisabethstrasse 16, A-8010 Graz (Austria)



Този документ е под лиценза: Creative Commons Attribution-Non-commercial-Share Alike 3.0 Unported License. За повече информация посетете:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Вие можете свободно да:

Споделяте — копирате, разпространявате и превеждате документа

Съчетавате — адаптирате за ваши цели

Според следните условия:

Признание. Трябва да посочите авторството на документа по начина, определен от самия автор или носителя на правата (но не по начин, който предполага, че те подкрепят вас или използването на творбата от вас).
Некомерсиална. Вие не може да използвате документа за комерсиални цели.
Споделяне на споделеното. Случай, че промените, видоизмените или надграждате документа, може да го разпространявате само съгласно условията на същия или на подобен на този лиценз.

Отказ от права

Цялата отговорност за съдържанието на тази публикация е на авторите. Той не отразява мнението на Общността. Европейската комисия не носи отговорност за употребата на информацията, съдържаща се в него.

Удостоверения

Методологията за одити на EINSTEIN, както и инструментариума са разработени в рамките на Европейския проект “EINSTEIN (expert-system for an intelligent supply of thermal energy in industry)” с финансовата подкрепа на Европейската Комисия.

Част от разработката е подкрепена и от:

- ^ the *Generalitat de Catalunya* (Spain) Departament d'Educació i Universitats. Grants *Beatriu de Pinòs* No. 2006 BP-B2 0033 and 2007 BP-B2 00012



- ^ the Spanish Ministry for Science and Innovation, Project No. DEX-590000-2008-84



Въведение	9
1 EINSTEIN методология за топлинен одит – основа	11
1.1 Топлинна енергия в индустрията и други широко-машабни приложения	11
1.2 Сфери на приложение.....	12
1.3 Интегриран подход към енергийната ефективност	13
1.4 Предимствата на процедурата за одит EINSTEIN	13
1.5 Инструментариума EINSTEIN.....	15
1.6 Преглед на този наръчник.....	16
2 $E = mc^2$. Теоретични концепции на проекта EINSTEIN.....	18
2.1 Енергия, енергийна ефективност и БЕИ	18
2.2 Енергийни потоци - определения	21
2.3 Температурни нива в топлоснабдяването и охлаждането	30
2.4 Модели на процеси и криви на търсене.....	32
2.5 Топлинна интеграция и пинч анализ.....	37
2.6 Оценка на цялостните разходи - ТСА.....	44
3 Как да осъществим EINSTEIN енергиен одит	49
3.1 Предварителни контакти: мотивирайте	51
3.2 Придобиване на информация преди одита.....	53
3.3 Подготовка на одита: Обработка на предварителната информация.....	55
3.4 „Бърза и приблизителна” предварителна оценка.....	58
3.5 Посещение на място (или получаване на подробни данни от разстояние)	59
3.6 Анализ на съществуващото положение.....	65
3.7 Концептуален дизайн на възможностите за пестене на енергия и планирани енергийни цели.....	74
3.8 Изчисляване на енергийните характеристики и анализ на околната среда	104
3.9 Икономически и финансов анализ	107
3.10 Докладване и презентация	110
3.11 Колективно обучение	112
3.12 Последващи действия	113
4 Примери	113
4.1 Цялостна процедура.....	113

4.2	Проверка за съгласуваност и оценка на данните	122
4.3	Топлинно възстановяване: Пример за мандра	128
Нуменклатура		135
Annex: EINSTEIN Basic Questionnaire.....		136

“Не е достатъчно да разбирате приложната наука, за да увеличите човешката благодат с работата си. Грижата за самия човек и неговата съдба трябва винаги да е в основата на всяка техническа инициатива и грижата за множеството нерешени проблеми на организацията на труда и разпределението на стоки, за да бъде създаденото от умовете ни благословия, а не проклятие за човечеството. Никога не забравяйте това сред вашите диаграми и уравнения.”

Алберт Айнщайн

От реч пред студентите от Калифорнийския технически институт, 1931.

Въведение

Търсенето на топлинна енергия (топлина и студ) в индустрията заема около 20 % от общото крайно търсене на енергия в Европа. Отоплението и охлаждането на сгради допринася още 27 % към крайното енергопотребление. Дори и при подобряването на енергийната ефективност в промишлеността в Европа през последните десетилетия, остава огромен неизползван потенциал за намаляване търсенето на енергия, който може да се постигне чрез интелигентна комбинация от съществуващи решения и технологии. За оптимизиране на снабдяването с енергия, е нужен цялостен интегриран подход, който включва възможности за намаляване на търсенето чрез оползотворяване на отпадна топлина и процес на интеграция, и чрез интелигентна комбинация от съществуващи достъпни технологии за доставка на топлина (и студ), при съществуващите икономически ограничения.

Методологията EINSTEIN за топлинен енергиен одит, описана в този документ, е създадена в рамките на Европейските проекти EINSTEIN и EINSTEIN II (Интелигентна енергия Европа - IEE). Този проект е резултат от предишно сътрудничество на партньорите по проекта AEE INTEC (Австрия), и energyXperts (Испания) в периода 2003 – 2007 год. в рамките на програмата на Международна енергийна агенция - Слънчево отопление и охлаждане (IEA SHC) и програма SolarPACES, задача 33/IV от Слънчева топлина за индустриални процеси (www.iea-ship.org). Основните елементи и концепции, които съставят тази методология, са вече оформени в рамките на европейския проект POSHIP (The Potential of Solar Heat for Industrial Processes, Пета рамкова програма) и австрийския национален проект PROMISE (Produzieren mit Sonnenenergie).

Една от интересните страни на изследователската група от IEA от задача 33/IV беше *междудисциплинарното сътрудничество* на експерти по отношение на *възобновяеми енергийни технологии* (слънчева енергия) от една страна и технолози – от друга. По време на работата върху няколко казуса в индустрията, в рамките на задача 33/IV, стана ясно, че липсва одитен инструмент за оценка на термична енергия в индустрията:

- *сложността* на проблема за оптимизиране доставката на термична енергия изисква събирането на информация относно технологични процеси, процеси на интеграция и техники за оползотворяване на отпадната топлина, и широки познания относно различните енергийно ефективни технологии за доставка на топлина и студ, включително възобновяеми енергийни източници.
- често това е в контраст не само с *липсата на разполагаемо време* за бързи одити, но и с първите приблизителни пред-проектни проучвания набързо и приблизително, както и с *липсата на познания* в участващите техники. Конкретно в случая на проекти за обработка на соларна топлина, както е изследвано в задача 33/IV на Международната енергийна агенция, става въпрос за липса на познания в сферата на слънчевата енергия от страна на участващите експерти в технологичния процес, топлинна интеграция и общите аспекти на доставката на топлина в индустрията. Проблема обаче е по-скоро общ: трудно е само един човек, особено по отношение на младите техники, работещи в сферата на енергийните обследвания, да има поглед върху целия обхват от технологични концепции, изисквани за създаването на цялостни и оптимизирани решения.

Следователно, на база практически опит от голям брой енергийни одити в различни индустриални сектори, и други мащабни приложения, като сгради в обслужващия сектор, методологиите за енергийно обследване, използвани от различните партньори, стават все по-стандартизирани, което създава представената тук методология за одит EINSTEIN.

Също така са създадени няколко инструмента, които позволяват бърз достъп до изискваната информация и частична автоматизация на необходимите изчисления и решения за оформление (експертни системи), от обикновени електронни таблици до софтуерни инструменти, насочени към специфична част от проблема. Повечето от тези инструменти сега са интегрирани в софтуера EINSTEIN, на който се базира методологията за одит на EINSTEIN. Приложението на методологията под формата на пълен инструментариум за провеждане на одит, включващ експертен системен софтуерен инструмент, я прави лесна за употреба, лесна за разпространение, и спомага за

намаляването на време (и следователно разходи) и увеличаване стандартизацията (и следователно качеството) на енергийните одити.

Софтуерът EINSTEIN, заедно с някои допълнителни бази данни, се разработва като безплатен софтуер с отворен код, достъпен на всички езици на проекта¹ на страницата на проекта или от всеки член на консорциума. Надяваме се, че тази форма на разпространение ще доведе до широката му употреба в средите на енергийни одитори, инженери, консултанти и изследователи, занимаващи се с доставка на топлинна енергия за едро-машабни цели, и че настоящата версия ще се подобрява с нов опит и принос от обществеността.

1 EINSTEIN методология за топлинен одит – основа

1.1 Топлинна енергия в индустрията и други широко-машабни приложения

Търсенето на топлинна енергия в индустрията (топлина и студ) (по данни от 2002 г. около 2,300 TWh/8400 PJ) представлява около 28 % от общото крайно търсене на енергия (Табл. 1) и е причината за 21 % от емисиите CO₂ в Европа². Отоплението и охлаждането на сгради допринася още 27 % към крайното енергопотребление [DG INFSO 2008].

² Данните включват производството на енергия в промишлеността. Източник: <http://ghg.unfccc.int>. Общо изгаряне на горива за производствената промишленост и строителството в ЕС през 2002: 583.070 Mio t CO₂

2002	Buildings (residential and tertiary)		Industry		Transport		All final demand sectors	
	Mtoe	% of final demand	Mtoe	% of final demand	Mtoe	% of final demand	Mtoe	% of final demand
Solid fuels	12.2	1.1	38.7	3.6	0.0	0.0	50.9	4.7
Oil	96.8	8.9	46.9	4.3	331.5	30.6	475.2	43.9
Gas	155.6	14.4	105.4	9.7	0.4	0.0	261.5	24.2
Electricity (incl. 14 % from RES)	121.3	11.2	91.2	8.4	6.0	0.6	218.5	20.2
Derived heat	22.8	2.1	7.5	0.7	0.0	0.0	30.3	2.8
Renewables	29.0	2.7	16.2	1.5	1.0	0.1	46.2	4.3
Total	437.8	40.4	306.0	28.3	338.9	31.3	1082.6	100.0

Табл. 1. Разпределение на крайното енергийно търсене в ЕС за 2002 год. Източник: Зелена книга за енергийна ефективност (ЕЕ) на ЕС.

Дори и при подобряването на енергийната ефективност в промишлеността, в Европа през последните десетилетия, остава огромен неизползван потенциал за намаляване търсенето на енергия, който може да се използва чрез интелигентна комбинация от съществуващи решения и технологии. В Зелената книга за ЕЕ на ЕС потенциала за пестене в индустрията (без когенерация) е изчислено, че е до около 350 TWh/1260 PJ [Европейска Комисия (ЕК)]. Плана за действие за ЕЕ на ЕК посочва, че около 40 % от целите на ЕС от Киото трябва да се реализират чрез енергийна ефективност, с цел да бъдат постигнати.

Подобряването на енергийната ефективност води не само до очевидните ползи за околната среда, но е също така и икономически атрактивно за промишлени компании: често пъти може да се получи възвръщаемост в пъти за период от няколко месеца до няколко години. В типичното малко или средно предприятие енергията е от 3 до 12 от оперативните разходи с потенциал за пестене на енергия между 15 % и 30 % [E-Check 2006]. Въпреки това, често пъти съответните инвестиции не се реализират поради някои от следните причини:

- липса на познания от страна на компаниите относно възможните енергийно-ефективни решения.

- разходите за енергия, макар и важни, не са първия приоритет на компаниите. Инвестициите в енергия се конкурират с инвестиции за подобряване на производството и продуктите; това води до ситуация, в която инвестициите в съхраняването на енергия не се извършват, и въпреки че самите те са рентабилни, губят съревнованието за свободни пари.
- също така, повечето индустриални компании не възприемат енергията като отделен въпрос, а като съставна част на по-обща теми като производство, съответствие с екологичните изисквания, сигурност и производителност. Енергийната ефективност се конкурира с други въпроси за ограничените ресурси на компанията. Често пъти най-цитирания източник е капитала, но и времето за работа на персонала може да е със същото или дори от по-голямо значение. Фирмените съкращения водят до по-малко персонал на разположение, който да решава всички тези въпроси.
- малък (никакъв) бюджет на разположение за енергиен одит.
- дори и в случаите, в които се осъществяват енергийни одити, често одиторите имат ограничени технически познания и не смеят или не използват начините да предложат неконвенционални иновативни решения.

Методологията за термален одит EINSTEIN има за цел да преодолее някои от гореспоменатите бариери и да допринесе масовото прилагане на цялостни енергийно ефективни решения за доставка на топлинна енергия.

1.2 Сфери на приложение

Методологията за термален одит EINSTEIN се фокусира върху индустрии с високо търсене на топлинна енергия (топлина и студ) при ниска и средна температура до 400 °C като:

а) Индустриални сектори:

- х хранителна индустрия
- х химическа индустрия
- х хартиена промишленост
- х машиностроене, автомобилостроене, изработка на оборудване
- х обработка на метални повърхности
- х обработка на пластмаси
- х дървопреработвателната промишленост
- х текстилна индустрия
- х много други промишлени сектори

б) не-индустриални приложения

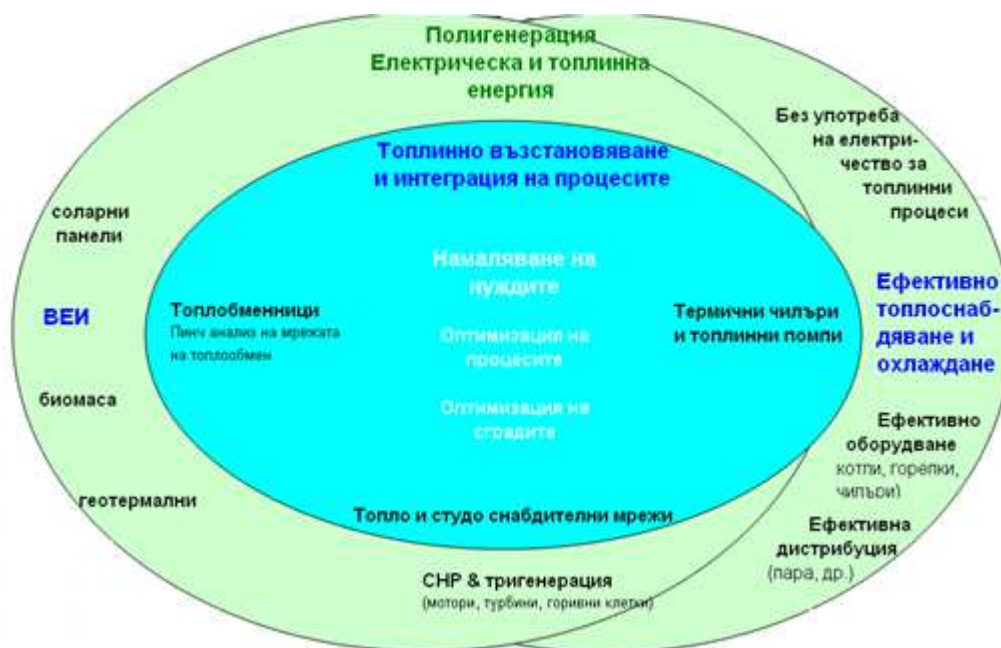
- х отделни мрежи за отопление и охлаждане, включващи интеграция на нуждите под формата на централизирано генериране на мощност от топлинна енергия за групи от предприятия или мрежи, които включват предприятия от други сектори
- х Сгради от третичния сектор, като например големи офис сгради, молове, комерсиални центрове, училища и др.
- х Други инсталации, консумиращи топлинна енергия, като обезсоляване на морска вода, напоителни системи и др.
- х Обработка и др.

Предимството на EINSTEIN е особено високо в малките и средни предприятия, където разходите за обикновен одит, с дълбочина и качество, са значителна бариера за въвеждането на енергийно ефективни технологии.

1.3 Интегриран подход към енергийната ефективност

С цел оптимизиране на снабдяването с топлинна енергия се изисква **цялостен холистичен подход** (Фиг. 1), който да включва:

- възможности за **намаляване на търсенето** чрез оптимизация на процеса и прилагането на конкурентоспособни технологии с по-ниско потребление на енергия.
- **енергийно ефективни мерки** чрез оползотворяване на отпадна топлина и процес на интеграция
- **интелигентна комбинация от достъпните технологии за снабдяване с топлина и студ** (ефективни котли и пещи, когенерация, топлинни помпи), **включително** и употребата на **възобновяеми енергии** (особено подходящи за термична употреба са биомаса и соларна топлинна енергия).
- Вземане под внимание на настоящите икономически ограничения



Фиг. 1: Цялостен подход към топлинните енергийни одити ("през погледа на око на EINSTEIN") чрез комбинация от намаляване на търсенето, оползотворяване на отпадна топлина и интеграция на процеса и интелигентна комбинация от технологии за доставка.

1.4 Предимствата на процедурата за одит EINSTEIN

В противовес на много от страните на енергопотреблението, например от помпи, мотори, осветление и др., където често пъти списък с препоръки и стандартни мерки може да доведе до добри резултати, задачата за оптимизиране на доставката на **топлинна** енергия в промишлеността е по-скоро сложна от техническа гледна точка:

- В много компании и особено в малките и средни предприятия е достъпна много малко обща информация относно реалното потребление на енергия (сметки за гориво,

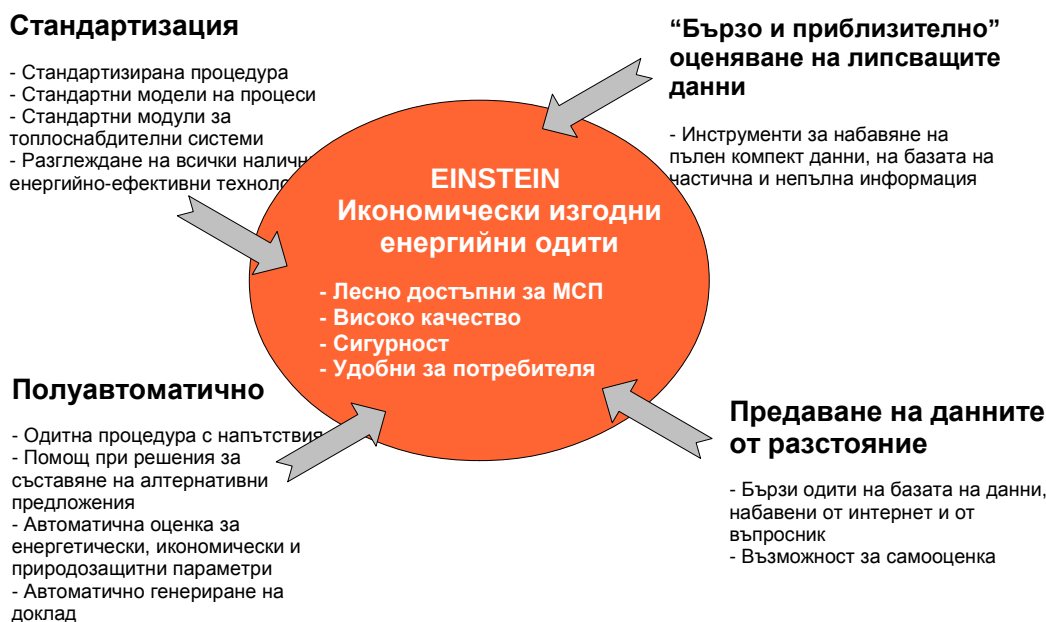
технически данни от котлите и др.). Следователно потреблението от индивидуалните процеси и под-процеси следва да се определя чрез скъпи и отнемащи време измервания.

- Експлоатацията на съществуващия потенциал за оползотворяване на отпадната топлина често изисква въвеждане на няколко процеса с различни температурни нива и различни графици на работа (въвеждане на обмяна и съхранение на топлина).
- Различните достъпни технологии за снабдяване с топлина следва да се комбинират с цел получаване на оптимални решения.

Техническата сложност на проблема, който следва да се реши, контрастира на нуждата от методология с ниска себестойност и следователно бърза оценка. Това е една от основните причини, поради които потенциала за енергийно спестяване от топлинна енергия се използва все още много по-малко, от колкото потенциала за пестене на енергия.

С цел преодоляване на тези ограничения, инструментариума EINSTEIN използва идеите, описани по-надолу, и позволява обработката на данни и създаването на планове в типичните малки и средни предприятия със средна сложност за 4 – 8 часа от работното време на младши експерт. Основните предимства на инструментариума EINSTEIN, представени във Фиг. 2, са следните:

- **стандартизация на проблема и възможните решения:** придобиването на данни и създаването на план се изпълняват чрез стандартизирани модели за единични операции (процеси), представящи общ индустриален процес, приложим за индустриалните клонове и типовете сгради, към които е насочен проекта, и стандартизирани модули за подсистеми за доставка на топлина и студ.
- **изчисления „набързо и приблизително“:** спомага за изчислението и пресмятането на **недостъпни, но необходими данни** по отношение на търсенето на топлина. В много случаи могат да се получат поне приблизителни цифри относно търсенето на топлина при различните процеси чрез комбинирането на няколко различни вида информация - често пъти незавършена, фрагментирана и само понякога качествена – събрана чрез посещения и интервюта на техническия персонал на предприятието. Тези дълги времеемки изчисления, необходими за обработването на данните, могат значително да се съкратят чрез използването на ограничени данни, заложи като входящи в стандартната процедура. По този начин почти винаги по-малко от час изчисления ще са достатъчни да заместят замерванията на място с достатъчна точност, също така и благодарение на вътрешната проверка на данните, поне във фазата на предварителна подготовка.
- **полу-автоматизация на одитната процедура и създаване на предложение:** софтуера EINSTEIN включва база данни, например включва техническите параметри на стандартните компоненти и спомага за вземането на решение, така че и не специално обучени техници да могат да използват този инструмент, за да се справят с по-скоро сложни проблеми. Бенчмаркинг ще спомогне потребителят да оцени състоянието преди и след предложената намеса. Включени са и списъци за бърза проверка и стандартни мерки. Докладите от одита се генерират автоматично от този инструмент, във формат, чрез който могат директно да бъдат предоставени от външен одитор към клиент или от техническия персонал – на самия мениджър на компанията.
- **предоставяне на данни чрез интернет или кратък въпросник:** имайки в предвид, че в много случаи за първото изчисление „набързо и приблизително“ е достатъчно да се обработят малко данни, беше създаден *кратък* въпросник. Той позволява установяването на данни на място и, ако е необходимо, лесно може да се попълни чрез телефонни обаждания. Този въпросник е достъпен чрез уеб-страница за подаване на данни от разстояние.



Фиг. 2: Общ преглед на EINSTein функциите за топлинен одит с цел постигане на бързи и евтини, но висококачествени топлинни енергийни одити

1.5 Инструментариума EINSTein

Методологията за одити на EINSTein се базира на софтуерен инструмент и насоки, които формират цялостна **експертна система**³ за **топлинен енергиен одит**. Този лесен за употреба софтуерен инструмент, заедно с ръководството за одит EINSTein формира **инструментариум за енергиен одит**, който ръководи консултанта през цялата процедура от одита (подготовка на посещенията и събиране на данни), през обработката на данни до разработването, проектиране и количествена (енергийна и икономическа) оценка на алтернативни решения.

Същността на софтуерния инструмент, експертна система и ръководството са достъпни безплатно под формата на **проект за софтуер с отворен код** (www.sourceforge.net/projects/einstein). Този тип разработка на софтуер е описан като много ефективен за разпространението на информация и за бъдещата продължителна поддръжка, поправка на бъгове, обновяване и подобряване на софтуера с принос от потребителя. [FLOSS 2002].

Инструментариума EINSTein позволява създаването на решения за топлинен одит и пестене на енергия от страна на софтуерния инструмент, експертна система с лесен за употреба и насочен към потребителите интерфейс.

Софтуерния инструмент, експертна система, включва следните модули:

а) Блок за получаване и обработка на данни

Получаването на данни се базира основно на кратък въпросник. Допълнителен модул спомага на одитора да получи неразполагаемите данни. Връзка към информационни източници за най-добрите практики и бенчмарк данни ще помогне за установяването на състоянието на компанията.

³ **Експертна система** е “клас компютърни програми (...), съставен от редица правила, които анализират информация (обикновено подадена от потребителя на системата (...), предоставят анализ на проблема(ите) и (...) препоръчват посока за действията на потребителя (...).” (wikipedia.org).

b) Блок за генериране на нови предложения

Този блок се формира от модула за оптимизация на процеса, модул за оползотворяване на отпадна топлина, който спомага за дизайна и оптимизацията на подходяща мрежа за обмяна на топлина с цел оползотворяване на отпадна топлина и интеграция на процеса; и модул за студ и топлина, който спомага да се избере и величината на най-подходящото оборудване за доставка и системи за разпространение на топлина или студ.

c) Блок за оценка на ефективността, икономичността и околната среда на новото предложение

Ефективното действие на системата се определя от стимулационен модул на системата. На база оценката на ефективното изпълнение, икономичността и околната среда, автоматично се генерира икономическия модул за анализ на действителните разходи.

d) Блок за генериране на доклади за представянето на нови предложения на компанията

Автоматични доклади се генерират във формат, който може директно да се представи на компанията. Доклада съдържа информация върху техническия дизайн на новото предложение, инвестиционния разход за мерките и пътна карта за неговото изпълнение.

Експертната система насочва одитора към всяко решение, което ще бъде взето, чрез помощни менюта, предложения за най-добри опции за избиране, и др. Те, заедно с настоящето ръководство за топлинен енергиен одит с препоръки и най-добри практики, ще направят инструментариума достъпен също и за потребители неспециалисти.

1.6 Преглед на този наръчник

Глава 2 от настоящия наръчник за одит дава инструкции за теоретичните концепции, използвани в методологията за одити на EINSTEIN. Тази глава е основна за разбирането на детайлите по процедурите за изчисление и стъпките през които минава един одит.

В глава 3 методологията за одити на EINSTEIN е описана стъпка-по-стъпка в хронологичен ред, от първия контакт до момента на предаване на доклада по одита и последващите събития. За всяка една от стъпките са подчертани основните моменти, на които трябва да се обърне внимание.

В глава 4 е описано приложението на методологията за одити на EINSTEIN за няколко примерни казуса.

В анекса на този наръчник ще намерите основен въпросник за EINSTEIN, който може да се използва за получаване на информация.

Използвана литература за глава 1:

[1] European Commission (2005): “Doing more with Less: Green Paper for Energy Efficiency”, Brussels, p.31.

[2] E-Check in CRAFT-SME (2006): Energy Checks from Small and Medium Craft Enterprises. IEE project EIE/04/066/S07.38641.

[3] FLOSS (2002). Free/Libre and Open Source Software: Survey and Study. Final report. International Institute of Infonomics, University of Maastricht, The Netherlands, Berlecon Research GmbH, Berlin, Germany June 2002 European Project No. IST –29565 (5th FP)

2 $E = mc^2$. Теоретични концепции на проекта EINSTEIN

2.1 Енергия, енергийна ефективност и ВЕИ

2.1.1 Консумация на енергия по типа енергия и типа потребление

Енергията в промишлеността и в големите сгради в сектора на услугите се консумира главно под формата на електричество, под формата на горива(изкопаеми горива, като природен газ, петрол, но също така и на биомаса и биогаз), и в някои случаи под формата на (външно генерирана) топлина или охлаждане от отделно отопление или охлаждане.

Консумацията на енергия може да се изрази чрез крайна енергия и първоначална енергия:

- *Крайна енергия:* е количеството енергия, съдържаща се от различни енергийни източници, чрез които влиза в индустрията, независимо от нейната форма(Съдържанието на енергията от горива в EINSTEIN се отчита според по-ниската стойност на калоричността или LCV).
- *Първична енергия:* цялостното количество енергия, необходимо за генериране на това енергоснабдяване, отчитайки загубите през всичките стъпки от процеса, от минната дейност до преобразуването в енергия и транспорта и. Разликата между количеството на крайната и първичната енергия е особено голяма в случая с електричеството: за текущото ниво на технологиите за електроснабдяване в Европа, от 2.5 до 3 единици от първична енергия са необходими за производството на една единица крайна електрическа енергия.

Енергията може да бъде използвана в промишлеността за топлинни и не-топлинни нужди. Методологията за одити на EINSTEIN по отношение на топлинната енергия се занимава с топлинната част от употребата на енергията. Топлинните употреби на енергия, дефинирани в EINSTEIN са:

- Процеса на загряване и охлаждане (включително енергията за химични реакции, ако те са породени от топлината)
- Отопление и охлаждане на сгради, помещения за производство, офиси и др.
- Санитарни нужди от топла вода (например душове,кухни, ...)

Не-топлинни употреби са:

- Електрическо(и друго) потребление на енергия за осветление, различни машини (например мотори, компресори) и друго ел. оборудване, *изключвайки* климатици, вентилатори и ел. печки, които са включени в статистиката за топлинна енергия.

Не са разгледани в рамките на EINSTEIN, въпреки че са важни за глобалния енергиен баланс следните употреби:

- Не-енергетична употреба на горивата, например суровини за химически процеси
- Енергийна консумация за транспорта на суровини и крайни продукти, както и транспорта на работниците до/от работното място.
- Енергията, съдържаща се в суровините (от предишни стъпки на обработка).

Консумацията на енергия за топлинни нужди в европейската индустрия е почти 70 % от цялостната консумация по отношение на крайна енергия и повече от 50% що се отнася до първична енергия. Също така и в сградите, повече от 50% от крайната енергия е употребена за отопление и охлаждане и санитарни нужди от топла вода.

2.1.2 Възобновяема енергия

Най-важните източници на възобновяема енергия за директно преобразуване в промишлените системи за отопление и охлаждане са:

- Слънчева топлинна енергия (включвайки слънчевото топлинно СНР: електричество и отопление)
- Биомаса и Биогаз
- Геотермална енергия

Всички други технологии за възобновяема енергия са от непряко значение, тъй като те могат да намалят консумираното индустриално електричество в глобален аспект (извън границите на самата промишленост). Това се отнася също и за PV системи, дори да са инсталирани на покрива на предприятие, ако те са свързани към електроразпределителната мрежа и не влияят директно на консумацията на електрическа енергия от предприятието.

Енергията от ВЕИ използвана в индустрията не се отчита за консумация на първична енергия. Въпреки това, трябва да се вземе под внимание разликата между източниците на възобновяема енергия и приноса на различните източници, затова в EINSTEIN те се отчитат отделно:

- Слънчевата топлинна енергия е практически неизчерпаема и напълно възобновяема енергия.
- Биомасата и Биогаза са възобновяеми, но крайни енергийни източници. Употребата на тези материали за топлинни нужди може да се конкурира с употребата им за други системи (например електроцентрали, преобразуване към биогорива), а също така и с употребата на земята за земеделско производство.

2.1.3 Въздействие на индустриалната употреба на енергия върху околната среда

Индустриалната консумация на енергия в Европа е около 28% от общата консумация на енергия (без да се взема предвид консумацията свързана с транспорта свързан с индустриалното производство). Отоплението и охлаждането на сгради допринася още 27 % към крайното енергопотребление.

Въздействието на енергопотреблението върху околната среда се дължи на много различни фактори, като:

- *Емисии* на различни субстанции дължащи се на преобразуване на енергията (CO₂, други емисии на парникови газове (GHG), NO_x, CO, радиоактивни емисии, ядрени отпадъци и др.)
- *Консумация* на крайни и не-възобновяеми източници (изкопаеми горива, суровини)
- *Риск* свързан с доставката на енергия и системите за преобразуване на енергия (например ядрени инциденти, транспорт на горивата и др.)
- *Консумация на вода* (например охладителни кули)
- *Употреба на земя* (например употреба за земя за биогорива или биомаса която може да се употреби за земеделска продукция)

Би било извън обхвата на EINSTEIN да прави изтощителна оценка на въздействието върху околната среда, вземайки предвид посочените горе фактори. Следните параметри се използват като главни индикатори за оценка на околната среда:

- *Главно потребление на енергия* като основен индикатор за оценка на околната среда
- Генериране на CO₂
- *Създаване на високо радиоактивни (HR) ядрени отпадъци* (свързано с консумация на електричество)
- *Консумация на вода*

2.1.4 Стратегии, ориентирани към търсенето и такива, ориентирани към доставката за намаляване на консумацията на енергия

Консумация на енергия в индустрията (и като цяло) не е нужда сама по себе си, но обикновено е средство за постигане на някои цели, като :

- × Поддръжка на чистотата на някаква повърхност или някакво оборудване
- × Разделяне на два флуида чрез дестилация

Същите цели, например почистване, често могат да се постигнат по различни начини, свързани с много различни консумации на енергия. Например някакво пространство или оборудване може да се поддържа чисто чрез:

- × Загрбяване на големи количества вода до 80 или 90 °C за дневно почистване
- × Миене при по-ниски температури, но прилагайки някакви препарати или чрез натиск
- × Избягване на излишно почистване като процесите, генериращи голямо количество прах, се преместят в отделно помещение
- × други

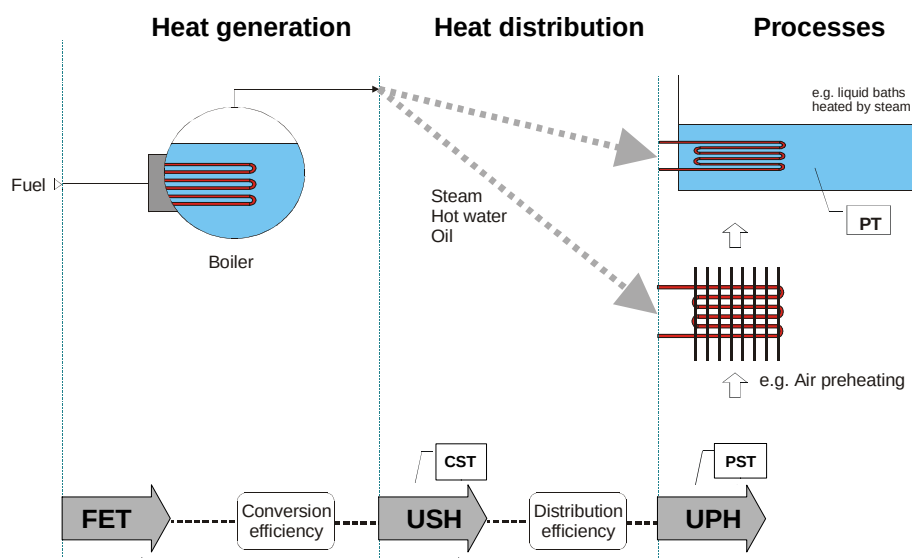
По този начин, както вече подчертахме в част 1.3, в самото начало на всеки EINSTEIN одит трябва да се гледа за възможности за *намаляване на изискванията*. Това като цяло е най-ефективния от икономическа гледан точка начин и същевременно най-благоприятен за околната среда относно пестенето на енергия.

Само *оставащите* нужди от затопляне и охлаждане трябва да се преобразуват чрез енергетично оптимизирана и природо - съобразна отоплителна и охлаждаща система.

2.2 Енергийни потоци - определения

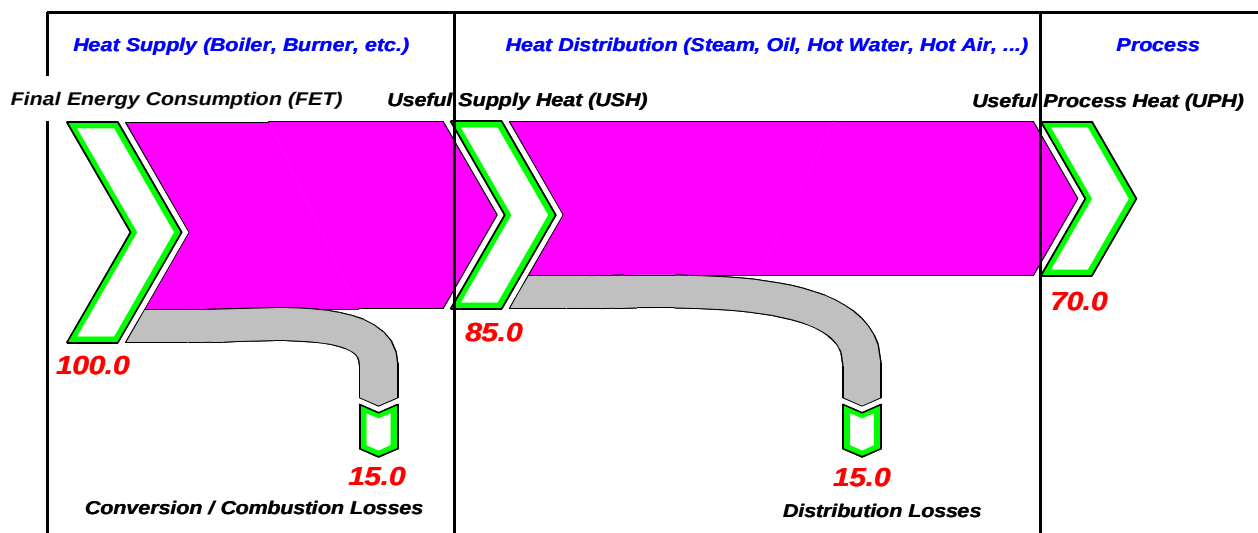
За анализа на нуждата от топлинна енергия, в рамките на методологията на EINSTEIN, са използвани следните основни понятия:

- ▲ **Крайно енергийно потребление (FEC) и крайно енергийно потребление за топлинни нужди (FET):** по-ниско калоричната стойност (LCV) на консумацията на горива, топлина и електричество (за топлинна употреба).
- ▲ **Полезна доставена топлина/охлаждане (USH/USC):** топлинната или охладителната енергия, произведена в отоплителната или охладителна система (котли, горелки, охладители) и разпределена към различните процеси, консумиращи топлина под форма на пара, горещ въздух, топла вода, студена вода и др.
- ▲ **Полезна топлина/охлаждане за даден процес (UPH/USC):** топлинната или охладителната енергия доставена до процес (измервана на входа на топлообменника на процеса).



Фиг 3: Определения в EINSTEIN за енергийни потоци в отоплителна система (аналогично за охладителната система).

Съотношенията на USH/FET (или USC/FET) и на UPH/USH (или UPC/FET) определят ефективността на преобразуването и ефективността на разпределянето на една система. (Фиг. 4).



Фиг 4: Диаграма на Sankey за енергийните потоци с типични ефективности на преобразуване и разпределяне.

Също така, когато се вземат предвид и различните потоци на топлинни загуби или загуби при охлаждане, схемата става доста по комплексна (Фиг 6). Пример за индустриален процес с различни видове възстановяване на загубена топлина са показани на Фиг. 5.

В EINSTEIN определяме като *налична загубена топлина* (Q_{WH}) енергиен поток, създаден от кои да е подсистеми (доставни/разпределителни/различни процеси/други), който не е главен изходен продукт на системата. Топлинни загуби могат да са например:

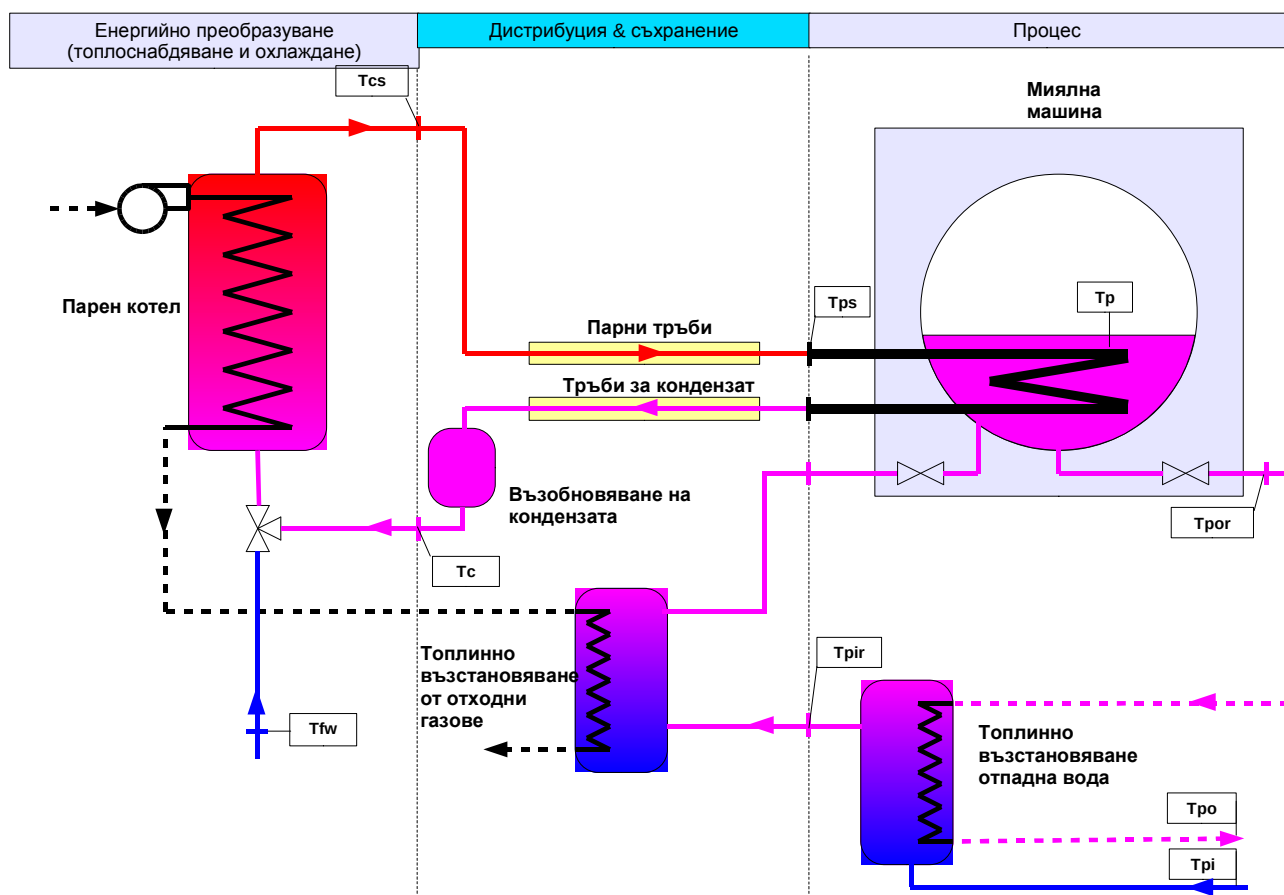
- × Топлината съдържаща се в отходните газове на котел или в отпадния цикъл на охладителна машина
- × Кондензат получен от парни тръби
- × Топлината съдържа в непотребната вода от процеса на миене

По аналогичен начин, може да има отпадна охладителна маса (Q_{WC}) например като отпаден студен въздух от климатизирано помещение и др.

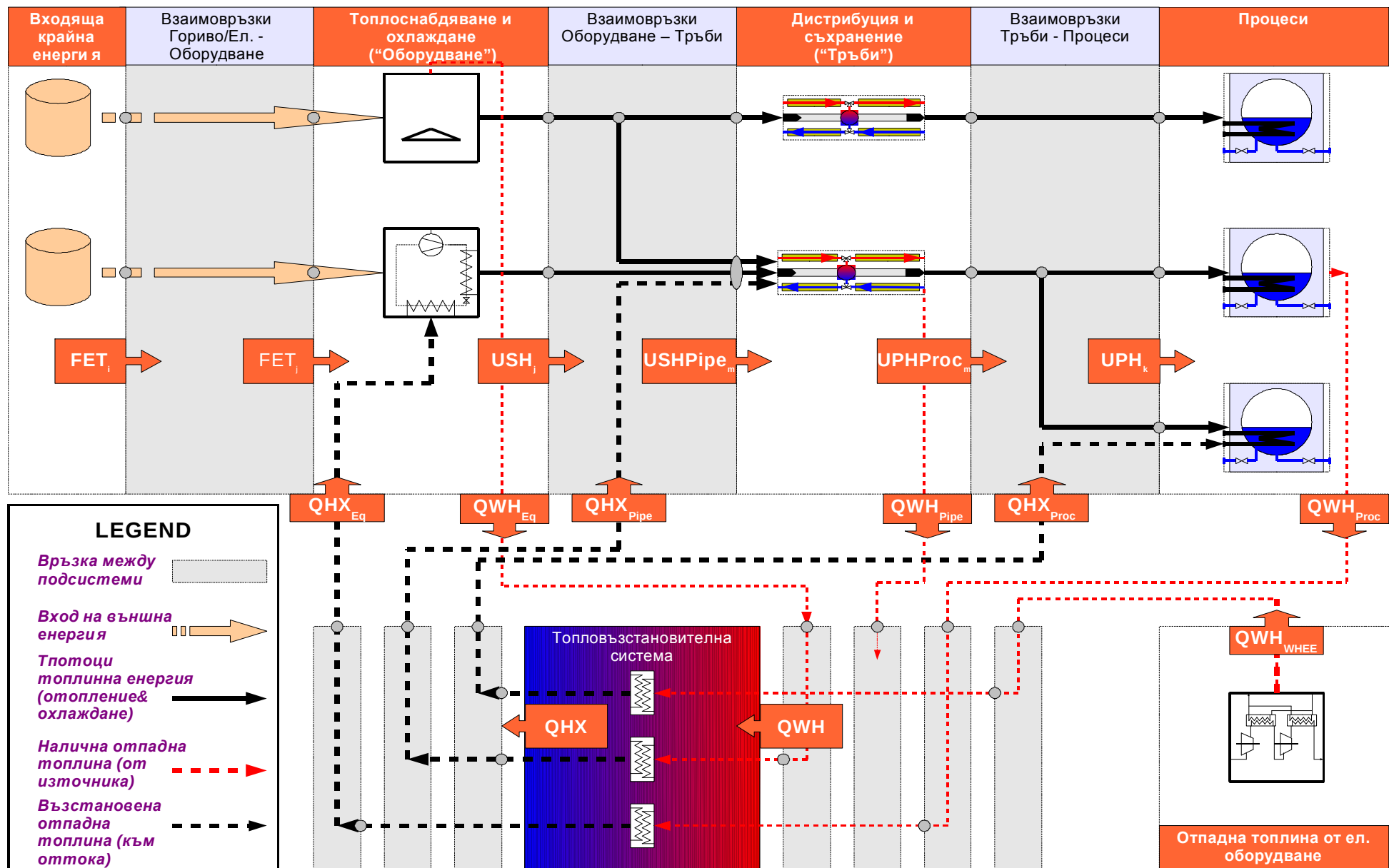
От друга страна, определяме за *възстановена отпадна топлина* (Q_{HX}) или *отпадна охладителна маса* (Q_{CX}) енергиен поток, използван от някоя от подсистемите (доставни/разпределителни/различни процеси/други), който произлиза от системата за възстановяване на отпадъчна топлина (включително заобикалящия въздух и земя). Потоци от възстановена топлина могат да бъдат например:

- × Претопляне на изгорен въздух и/или на захранваща вода в котел
- × Претопляне на вода на входа на процеса на миене
- × Претопляне на върнатата вода от кръговия процес на разпределение на топла вода
- × Преохлаждане на въздух на входа на процеса на никнене при производството на малц

В следните секции, е дадена математическо определение на определенията използвани при енергийния баланс в проекта EINSTEIN .



Фиг. 5: Пример за индустриален процес на миене, представен според модела на EINSTEIN, с различни начини за възстановяване на топлина: от отходен газ на котел за претопляне на вода; възстановяване на топлина от употребена вода за претопляне на вода; възстановяване на кондензат за претопляне от захранваща вода от котел.



Фиг.1: Определения според EINSTEIN в една индустриална отоплителна система с възстановяване на топлината

2.2.1 Крайно енергопотребление и първично енергопотребление

Цялостната крайна консумация на енергия (FEC) се използва за отчитане на тоталната крайна енергия, която влиза в предприятието под формата на горива, електричество и определена топлина.

$$E_{FEC} = E_{FEC,el} + \sum_{i=1}^{N_{fuels}} E_{FEC, fuel(i)} + E_{FEC,heat} \quad (2.1)$$

Първичната консумация на енергия (PEC) се получава от нея, като се приложат различните фактори на преобразуването за всеки вид енергия:

$$E_{PEC} = f_{PE,el} E_{FEC,el} + \sum_{i=1}^{N_{fuels}} f_{PE,i} E_{FEC, fuel(i)} + f_{PE,heat} E_{FEC,heat} \quad (2.2)$$

където $f_{PE,el}$ е първичния преобразователен фактор за електричество и $f_{PE,i}$ е първичния преобразователен фактор за различните видове горива (виж Табл. 2 за стандартни стойности).

Таблица 2. Типични фактори на енерго-преобразуването за различни източници на енергия¹.

Тип гориво	Основен енергийно-преобразователен фактор
Дърва	0.2
Местно отопление при захранване 70 % с природен газ СНР	0.6
Природен газ	1.1
Горивно масло	1.1
Електричество	3.0

¹ Schramek E.-R. (editor), Recknagel, Sprenger, Schramek – Taschenbuch für Heizung- und Klimatechnik 07-08, Oldenburg editions, 2007

Енергията се консумира за топлинни (отопление и охлаждане) и не-топлинни нужди (осветление, моторни задвижвания и др.). Електричеството се ползва в охладителни системи за климатични инсталации и охлаждане, също и в отоплителните системи се отчита като енергия за топлинни нужди.

Съответните количества енергия са определени като:

- × PET/FET: Първична/Крайна енергия за топлинни нужди
- × PEO/FEO: Първична/Крайна енергия за други (не-топлинни) нужди

По следното уравнение се изчислява цялостната крайна консумация на енергия (аналогично и за първичната енергия):

$$E_{FEC} = E_{FET} + E_{FEO} \quad (2.3)$$

Цялостната крайна консумация на енергия за топлинни нужди е сума от енергията, консумирана за отопление и охлаждане от предприятието:

$$E_{FET} = \sum_{j=1}^{N_{eq}} E_{FET, j} \quad (2.4)$$

където N_{eq} е броя на единиците топлинно оборудване във фабриката (котли, охладители, CHP мотори и др.)

Специален случай CHP:

От гледна точка на EINSTEIN, CHP се разглежда като топло-снабдително оборудване (за повече детайли виж част 3.7). Крайната енергийна консумация на CHP оборудването се счита като свързаната консумация, съставена от консумацията на гориво и *отрицателната* консумация под формата на само-генерирано електричество:

$$E_{FET, j} = E_{FET, fuel, j} - E_{FET, elgen, j} \quad (2.5)$$

Забележка: Ако ефективността на електрическото преобразуване на CHP оборудване е по-висока от референтната стойност от електрическата мрежа, консумацията на енергия в това оборудване по отношение на първичната енергия може да е *отрицателна* !!!

2.2.2 Полезна доставена топлина и охладителна енергия (USH/C)

Полезната доставена топлина (USH) или охладителна енергия (USC) е енергията доставена от преобразователното оборудване (котли, горелки и др.) измервано на изхода на оборудването (машинен цех). Енергийният баланс се получава така:

$$\dot{Q}_{USH,j} = \dot{Q}_{USH,eq,j} + \dot{Q}_{QHx,j} \quad (2.6)$$

като $\dot{Q}_{QHx,j}$ е възстановената изразходена вода, употребена в оборудването (например претопляне от изгорен въздух или захранваща вода) и $\dot{Q}_{USH,eq,j}$ е допълнителната топлина генерирана в това оборудване чрез преобразуване от крайна енергия.

Ефективността на така свързаното оборудване се определя :

$$\eta_{conv,j} = \frac{\dot{Q}_{USH,eq,j}}{E_{FET,j}} \quad (2.7)$$

Тоталната топлина, влизаща в различните разпределителни линии, се дава чрез:

$$\dot{Q}_{USH,pipe,m} = \dot{Q}_{USH,m} + \dot{Q}_{QHx,m} \quad (2.8)$$

където $\dot{Q}_{USH,m}$ е полезната доставена топлина от преобразователния процес към тръбата m и $\dot{Q}_{QHx,m}$ е възстановената отпадъчна топлина, захранвана директно към тръбата (например загряване на върнатата вода).

Количеството топлина в топлинните запаси, които не са затворени вериги (например директно подготвяне на топла вода и разпределението и) се дефинира на базата на външна референтна температура (вход за студена вода, въздушен отвор):

$$\dot{Q}_{USH,pipe,m} = q_{m,o} h_o - q_{m,ret} h_{ret} - q_{m,i} h_i \quad (2.9)$$

Където подиндексите се отнасят към изход (o), върнат ресурс (ret) и вход (i), като последния е външна референция за отворени кръгове. За затворени кръгове с $q_m = q_{m,o} = q_{m,ret}$ уравнение (2.9) се опростява така:

$$\dot{Q}_{USH,pipe,m} = q_m (h_o - h_{ret}) \quad (2.9a)$$

Аналогични уравнения се прилагат за полезно доставено охлаждане. (USC)

2.2.3 Полезна работна топлина и охлаждане (UPH/C)

Мрежовото изискване за полезна работна топлина (UPH) е дефинирано като разликата между тоталната нужда от топлина и тази за определения процес (UPH_{gross} , виж част 2.4) и вътрешно¹ възстановената отпадна топлина.

¹ Разграничаването между вътрешно и външно възстановяване на топлина зависи от специфичността на процеса и е трудно да се използва за оборудване с вътрешни топлообменници: например основната нужда от топлина в един пастьоризатор използващ студено мляко ще е за загряване от 4°C до 72 °C, докато мрежовото изискване за топлина ще бъде само остатъчното загряване след топлинното възстановяване, например от 50°C до 72 °C.

$$Q_{UPH} = Q_{UPH, gross} - Q_{HX, internal} \quad (2.10)$$

От друга страна полезната работна топлина също се получава и като тоталната външна топлина, влязла доставена на процеса, или от топло-снабдителната система ($Q_{UPH, Proc}$), или от външно възстановена отпадна топлина, захранена директно в процеса ($Q_{HX, Proc}$):

$$Q_{UPH} = Q_{UPH, proc} + Q_{HX, proc} \quad (2.11)$$

Тук отново, подобни уравнения се прилагат и за изчисляване на полезната работна охладителна енергия (UPC) и възобновената отпадна охладителна маса (QCX).

2.2.4 Възобновяема отпадна топлина/охладителна маса (QWH/QWC) и възобновена отпадна топлина/охладителна маса (QHX/QCX)

За изчисляването на възобновяемия потенциал е важно за да се разграничи цялостното количество отпадна топлина и потоците от такава, които имат потенциал да се използват. За потоци, които се използват за входни към друг процес, възобновяемата отпадна топлина е допълнително ограничена от крайната температура, до която може да се охлади потока, определяйки минималната енталпия h_{min} . Възобновяемата отпадна топлина от определен процес ($Q_{QWH, Proc}$) е дадена чрез:

$$Q_{QWH, Proc} = m_o (h_{po} - h_{min}) \quad (2.12a)$$

Количеството налична топлина от оборудването ($Q_{QWH, Eq}$, например отходен газ) или от тръбопроводите ($Q_{QWH, pipe}$, например кондензати) се изчислява по аналогичен начин, базиран на входната температура на захранващите отворени кръгове като референтна температура.

Извън *потоците* от отпадна топлина, същата може да се съхранява в топлинна маса от работното оборудване или в работна среда, която остава в рамките на процеса. Цялостното количество отпадна топлина може да се изчисли по следния начин, като N_s е тоталния брой на стартирания – и съответно на спириания на процеса:

$$Q_{QWH, Proc} = m_o (h_{po} - h_{min}) + m c_p (T_p - T_{min}) N_s \quad (2.12b)$$

Аналогични уравнения се прилагат и за отпадната охладителна маса.

В една комплексна система за топлинно възстановяване с нужди както от отопление така и от охлаждане може да има възможност за директен топлообмен между топлинните и охладителни потоци. Затова охладителните нужди на всички подсистеми $Q_{D, cooling}$, трябва да са включени като потенциален източник за отоплителен източник за възстановяване на отпадна топлина и обратно топлинните нужди на всички подсистеми $Q_{D, heating}$, да се добавят като потенциален охладителен източник.

Реално възстановената отпадна топлина Q_{QHX} зависи от конфигурацията на системата за възстановяване на топлина и винаги е по-малка от цялостната налична топлина, аналогично за охладителна енергия.

$$\sum_{h=1}^{N_{HX}} Q_{QHX, h} \leq \sum_{source} Q_{QWH, source} + \sum Q_{D, cooling} \quad (2.12c)$$

И цялостният възможен топлинен отток.

$$\sum_{h=1}^{N_{HX}} Q_{QHx,h} \leq \sum_{source} Q_{QWC,source} + \sum Q_{D,heating} \quad (2.12d)$$

2.3 Температурни нива в топлоснабдяването и охлаждането

При анализа в EINSTEIN се взема предвид не само количеството на енергията в отделните подсистеми, но и се отделя специално внимание на определянето на температурните нива (качеството) на енергията (търсене и предлагане).

Въпреки, че това прави анализа на топлинните нужди по-сложен, е абсолютно необходимо за дизайна на енергийно-ефективни решения:

- × Потенциала на топлинно възстановяване и топлинна интеграция много зависи от температурните нива на търсене и предлагане (наличната отпадна топлина или охладителна енергия)
- × Много от енергийно-ефективните методи за преобразуване като CHP и топлинни помпи, и възобновяемите енергийни източници (слънчева топлинна енергия) са (особено) ограничени на ниски и средни температури. Затова дизайна на снабдителна система, която се възползва максимално от ниско-температурни източници е необходимо условие за внедряването на тези технологии.
- × Преобразователната ефективност на конвенционалното топлоснабдително оборудване се повишава и топлинните загуби от пренос, съхранение и обработка се понижават, ако температурните нива се понижат.

Генерирането на охладителна енергия е толкова по-ефективно, колкото са по-високи температурите на които трябва да се достави охладителната енергия и колкото са по-ниски температурите, на които се отхвърля топлинния поток.

Табл. 3.Класификация на възможните топлоснабдителни технологии по температурни нива.

Температурен интервал [°C]	Температурно ниво	Приложими топлоснабдителни технологии
< 60	Ниско	Ниско-температурни топлинни помпи Ниско -температурно затопляне от слънчеви панели
< 90	Средно -ниско	Отпадна топлина от CHP мотори (охлаждаща вода) Практически лимит за плоски слънчеви панели Високо-температурни топлинни помпи
< 150	Средно	Пара под ниско налягане
< 250	Средно – високо	Лимит за средно –температурни слънчеви панели
< 400	Високо	Практически лимит за отпадна топлина от газови турбини , биомаса ...

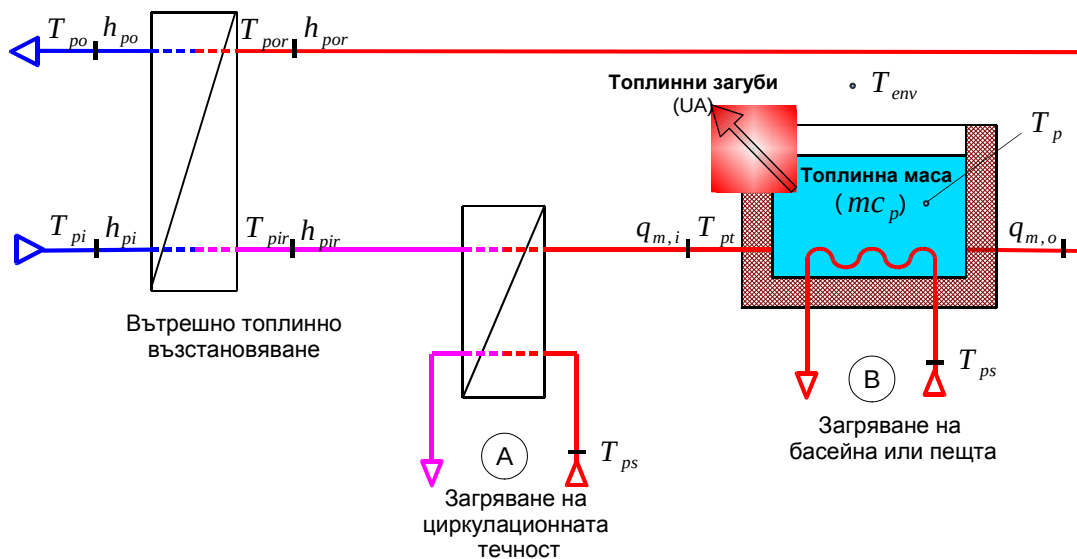
Трябва да разграничаваме следните температури при обработката и топло-снабдителните системи:

- *Работна температура (PT)*: температурата на работната течност в процеса.
- *Топло-снабдителна температура за процеса (PST)*: входната температура от транспортната среда използвана за загряване или охлаждане на процеса (например температурата на парата на входа на топлообменника на процеса).
- *Централна топло-снабдителна температура (CST)*: температурата на топло-преносната среда на изхода на главния топлинен или охладителен източник (например котел или охладителни). Разликата в CST и PST отчита температурните загуби по преносната линия.

2.4 Модели на процеси и криви на търсене

2.4.1 Модели на процеси

Процесите в EINSTEIN се моделират, използвайки общ модел на процес, както е първоначално обяснено в POSHIP² (Фиг. 7). Общият модел на процеса тук е представен за отоплителни процеси, но същият модел, само че с обратен знак се прилага за охладителни процеси. Повечето процеси изискват както отопление/охлаждане чрез поток на някакъв флуид (например топла/студена вода, обновление на водата в баните, ...), така и загряване (охлаждане) от някакъв резервоар. Последните могат да се разделят на процеси за предварително затопляне (охлаждане), преди началото на операцията, и такива за поддържане на температурата (компенсации за топлинните загуби по време на процеса).



Фиг. 2: Общ модел на процес при EINSTEIN с един входящ и един изходящ поток

Цялостните топлинни нужди на един процес могат концептуално да се разделят на три компонента:

а) Циркулираща топлина (UPH_c)

Това е топлината, свързана с входящия поток в средата. Тази топлина е нужна за загряване на входната среда към температурата на процеса, независимо от физическото място, където топлината се добавя (вътрешно или външно за процеса). Циркулиращата топлина може да се дефинира за продължителни и групови процеси, и е концептуално независима от физическия времеви интервал, през който масовият поток циркулира. Времето за циркулация може да бъде различно от оперативното време.

Основното количество топлина свързано с циркулиращия поток може да се изчисли като

$$Q_{UPH,c}^{gross} = m_c c_p (T_p - T_{pi}) \quad (2.13)$$

където m_c цялостното количество работна среда, циркулираща по време на периода, който се разглежда (един ден, една година). Нетната полезна топлоенергия на процеса за циркулиращата течност се получава като извадим вътрешното топлинно възстановяване:

² POSHIP: The Potential of Solar Heat for Industrial Processes. Проект финансиран от Европейската Комисия – Директорат по енергетика и транспорт програма ENERGIE (5-та Рамкова програма за Енергетика и Устойчиво развитие), Проект No. NNE5-1999-0308.

$$Q_{UPH,c} = Q_{UPH,c}^{gross} - Q_{HX,internal} = m_c c_p (T_p - T_{pir}) \quad (2.14)$$

b) Начално загряване при старт (UPH_s)

Топлината, необходима за довеждане на работната маса, *която остава в рамките на оборудването* (не включва топлината, добавена за да доведе входящия поток към работна температура, нито при партиден, нито при продължителен процес) към работна температура след прекъсване на процеса (например пауза през нощта или за уикенда; паузи между различни партии и др.):

$$Q_{UPH,s} = N_s (m c_p)_e (T_p - T_s) \quad (2.15)$$

където $(m c_p)_e$ е ефективната или еквивалентна топлинна маса на процеса, взимайки предвид топлинната енергия не само на средата в рамките на процеса, но също и на околното оборудване и N_s е броя на стартиранията за даден период от време.

c) Експлоатационна топлина (UPH_m)

Топлината, необходима да поддържа температурата на процеса постоянно. Тя е еквивалентна на топлините, получени на границите на процеса към околната атмосфера и към латентния топлинен източник за изпарение или химични процеси.

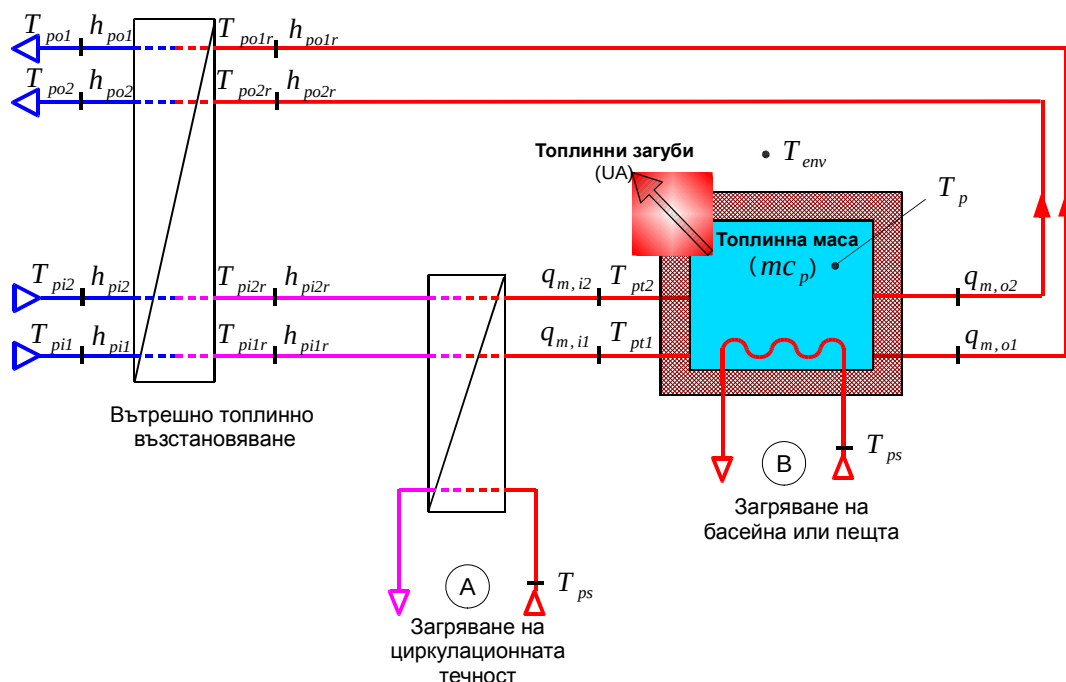
$$Q_{UPH,m} = [(UA)(T_p - T_{env}) + \dot{Q}_L] t_{op} \quad (2.16)$$

където (UA) е коефициента на топлинни загуби на оборудването в процеса, T_{env} е температурата на околната среда за процеса (обикновено температурата на помещението в предприятието), $\dot{Q}_L$ е нужната мощност за смяна на фазата или за химични реакции t_{op} е работното време на процеса.

Накратко, цялостната нетна полезна топлина за процеса може да се изчисли от трите компонента описани по-горе:

$$Q_{UPH} = Q_{UPH,c} + Q_{UPH,m} + Q_{UPH,s} \quad (2.17)$$

Простият модел за процес на EINSTEIN може лесно да се обобщи към процеси с няколко входящи и изходящи работни потока (Фигура 8).



Фиг. 3: Стандартни модели на процес за EINSTEIN- няколко входящи и изходящи работни потока.

2.4.2 Опростени предложения за бърз EINSTEIN одит

За бърз анализ и за намаляване на количеството необходима входяща информация, основните модели на процес в EINSTEIN могат да се опростят по следния начин:

- × Постоянни температурни нива: всички входни, работни и изходни температури (отпадна топлина) се считат за постоянни
- × Времевата зависимост се дава само по график от процеса: Всички компоненти свързани с топлинните нужди се променят пропорционално във времето.

За повечето индустриални процеси това приближение на постоянните температурни нива е достатъчно. Реални процеси с променливи температури могат да се апроксимират, като се раздели процеса на няколко под-процеса в модела.

2.4.3 Стандартни профили на търсене

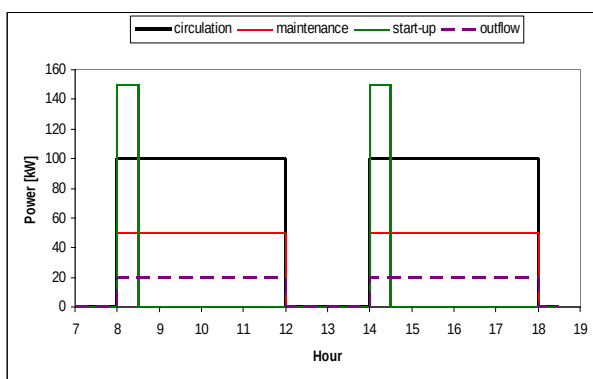
Времевата зависимост на топлинните нужди и наличността на отпадна топлина в общите процеси на EINSTEIN се дава от следните времеви графици:

- × График за работа на процеса: времето, през които трябва да се поддържа константа, предварително заложена температура T_p
- × График за начално загряване при старт: времето, когато става началното загряване при старт
- × График на входящите потоци
- × График на изходящите потоци

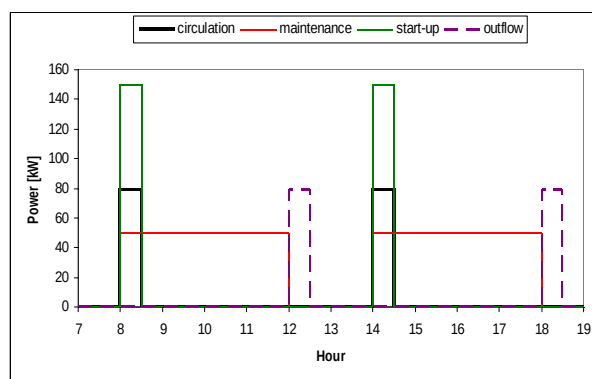
Ако не е даден никакъв подробен времеви график в анекса към основния въпросник на EINSTEIN (виж Анекс), се подразбират стандартните графици, зависещи от това дали процесът е продължителен или партиден (Таблица 3)

Таблица 4. Стандартни графици за процес

	Продължителни процеси	Партидни процеси
циркуляция (входящ поток)	Продължително за време t_{op}	Първите 20 % цялостната продължителност в рамките на t_{op}
Стартиране	Първите 20 % цялостната продължителност в рамките на t_{op}	Първите 20 % цялостната продължителност в рамките на t_{op}
Поддръжка	Продължително за време t_{op}	Продължително за време t_{op}
Изхвърляне на отпадната течност (изходящ поток)	Продължително за време t_{op}	Първите 20 % от цялостното времетраене след t_{op}



(a)



(b)

Фиг 4: Стандартни профили на търсени за (a) продължителни и (b) партидни процеси. Процес: с $t_{op} = 2 \times 4h$.

2.4.4 Отоплителни и охладителни нужди за сгради в EINSTein

Отоплителните и охладителни нужди за сгради могат да се моделират в EINSTein като частен случай на общия модел на процес (Таблица 5).

Таблица 5. Представяне на отоплителните и охладителни нужди на сгради като процеси в EINSTein.

Компонент на процеса на търсенето	Пространствено отопление	Пространствено охлаждане	Топла вода за санитарни нужди
Циркуляция (Входяща)	Загряване на свеж въздух	Охлаждане на свеж въздух. Обезводняване на свеж въздух	Загряване на студена вода

Стартиране	Начално загряване/охлаждане преди периода на заетост	-
Поддръжка	Енергийни нужди за отопление/охлаждане освен за обновяване на въздуха	-
Изходящ поток	отработен въздух (годен за възобновяване само при контролирана вентилационна система)	Отпадна вода
Работна температура	Желана вътрешна температура	Температура на топлата вода (в точките на консумация)
Доставна температура за процеса	Входна температура на топло-преносната среда при отоплителни/охлаждащи системи (например вода, топъл / студен въздух)	Температура на топлата вода (при пренос)

2.5 Топлинна интеграция и пинч анализ

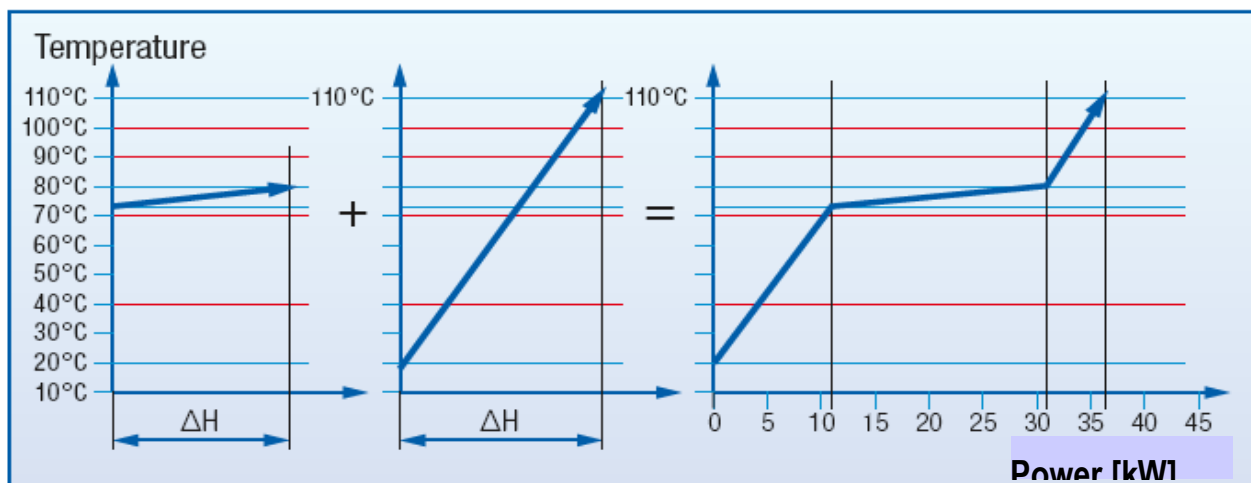
Правилният начин да се употребява топлината в една система е описан в пинч теорията [Ferner, Schnitzer, 1990], която е била развита от Linhoff и др. през 1970-те. С изискванията на пинч анализа за затоплянето и охлаждането от цялата система са показани в една проста диаграма, показваща енергията (затопляне и охлаждане), която се изисква от процеса и за кои температурни стойности тази енергия е необходима. Могат да се извлекат някои много важни изводи от този анализ:

- × Колко енергия теоретично може да се спести от възстановяване на топлината?
- × Колко външно нагряване изисква работния процес? За кои температурни нива тази топлина е необходима?
- × Колко външно охлаждане изисква работния процес? За кои температурни нива това охлаждане е необходимо?

Затова анализът е добър инструмент за първоначално оценяване на енергийно-спестяващия потенциал чрез възвръщане на топлината (което по-късно трябва да бъде пригодно, заради практически и/или икономически причини). На второ място, анализът много добре показва при кои температурни стойности външни нагрявания/охлаждания са необходими – важна информация идеалното използване на новите енергийни източници.

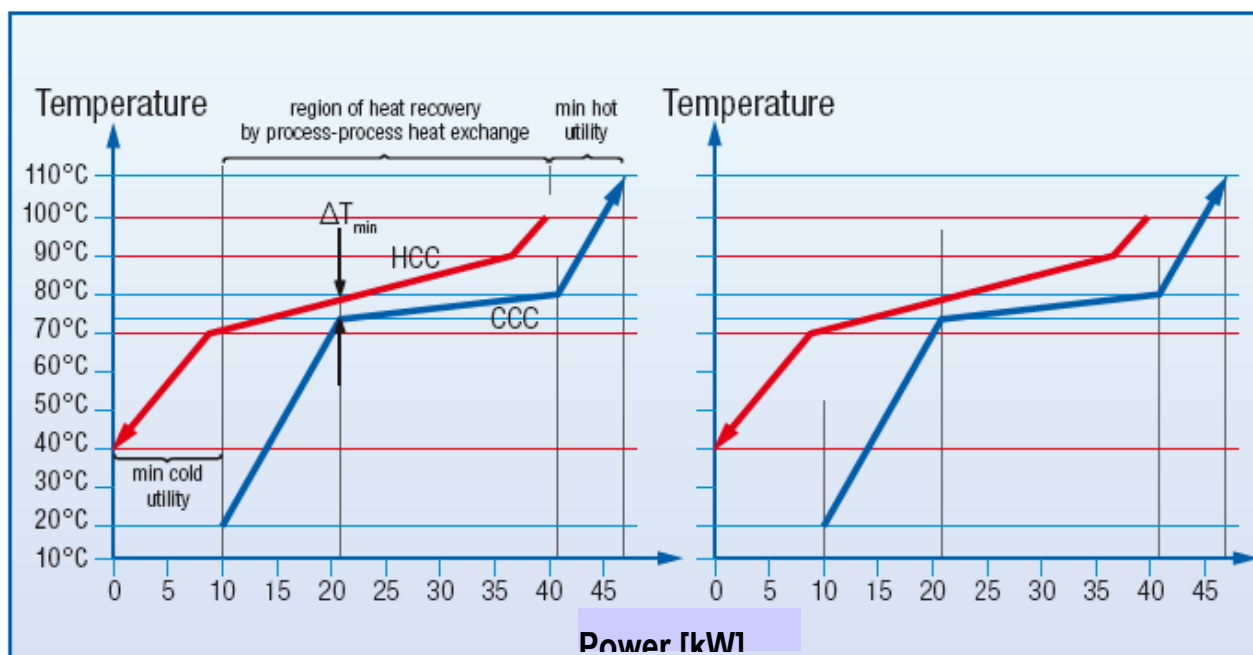
2.5.1 Анализиране на работна система чрез пинч анализ

Пинч теорията разделя топлинните потоци в системата по температурни нива на студена част с излишък на енергия на затопляне и затова – нужда от охлаждане и топла част, която трябва да се нагрее. Този процес е предприет чрез комбиниране на температурните криви на енталпия на всички потоци, които трябва да се нагряят („студена“ съставна крива) и на всички потоци, които трябва да се охладят („топла съставна крива“), за да стигнат до една температура – задължителна диаграма (виж Фиг. 10 за комбинацията на „студени“ потоци). Тези потоци са всички по-масивни течения, които трябва да се нагряят или да се охладят. Към тази категория спадат и потоци, които не са задължителни за процеса (като отпадъчните води), ако се използват като фактор за затопляне или охлаждане на други потоци.



Фиг. 5. Термодинамична комбинация от студени потоци. Съставната крива е конструирана, като се прибавят промените в енталпията на отделните потоци в рамките на всеки температурен интервал

Топлите течения се комбинират по същия начин. После двете криви са начертани на същата диаграма по такъв начин, че студените течения са на по-ниски температури от топлите навсякъде в схемата. Това може да се постигне чрез местене на кривите по протежението на ос на мощността (оста x), тъй като разликата в енталпиите винаги изобразява сходна, а не абсолютна мярка.



Фиг 6. Представяне на комбинацията от топлинните и охладителни съставни криви

С помощта на тези съставни криви е възможно да се решат някои много важни факти за процеса. Кривите са разделени с точка на най-ниска разлика в температурата $\Delta T_{\min}$, която е избрана от потребителя. Тази $\Delta T_{\min}$ определя температурното равнище в системата, което е термодинамичната точка на ограничение (виж фиг.11) на процеса, наречена "пинч".

Пинч температурата разделя системата на две части: зона под пинч температурата (там има топлинен излишък, който трябва да бъде премахнат чрез охлаждане); зона над пинч температурата (там има недостиг на енергия, който трябва да бъде преодолян чрез затопляне). Следните три правила ще ни помогнат на разберем как да постигнем това:

- × Без външно затопляне под пинч температурата (има достатъчно налична отпадна топлина)
- × Без външно охлаждане над пинч температурата (охлаждането се постига като се загряват други работни потоци)
- × Без топлообмен в рамките на пинча: не използвайте (отпаден) топлинен източник над пинч температурата (температурен обхват с топлинен дефицит) за загряване на оттока под пинч температурата (температурен обхват, който вече има топлинен излишък).

Припокриването на кривите в фиг. 11 показва максимално възможното топлинно възстановяване. Минималната нужда от отопление $Q_{H,\min}$ и минималната нужда от охлаждане $Q_{C,\min}$ също могат да се определят от фигурата. Минималната температурна разлика $\Delta T_{\min}$ се определя чрез икономическа оптимизация, колкото е по-ниска $\Delta T_{\min}$ толкова повече се увеличава ефективността на топлообмена, но и се увеличават повърхностите на топлообменника, както и цената му. Стандартните енергийни разлики $\Delta T_{\min}$ за типични процеси в различни индустриални сектори са дадени в Таблица 4.

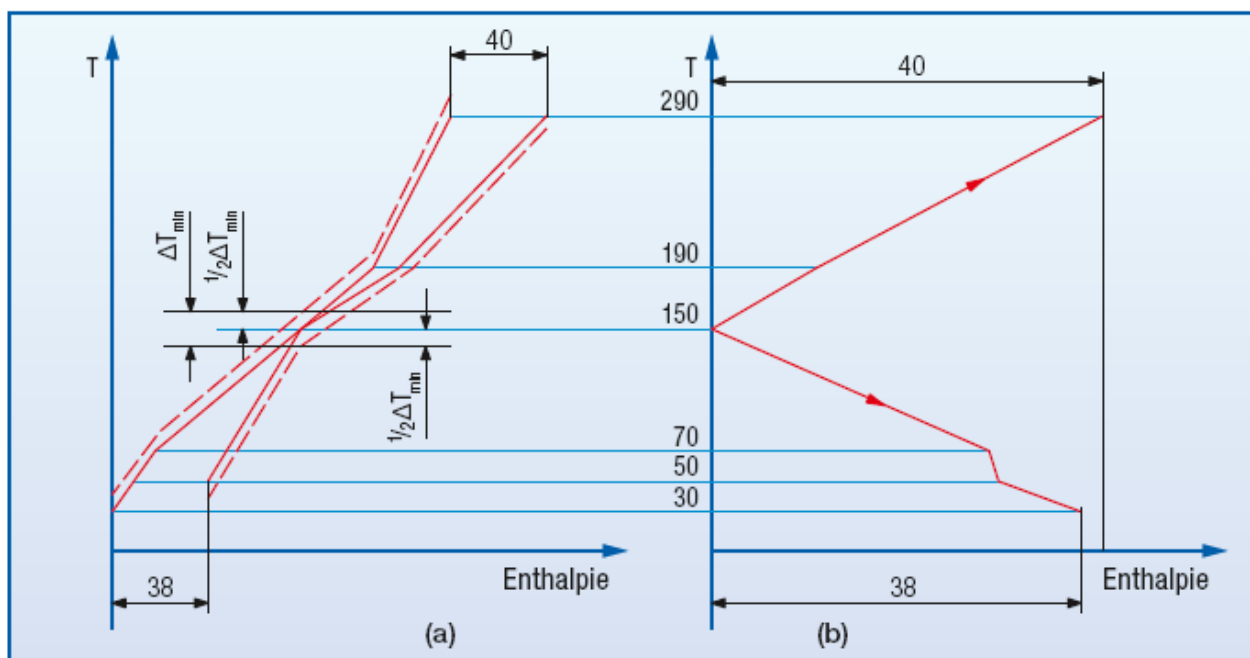
Таблица 6. Стандартни стойности за $\Delta T_{\min}$ за различни видове процеси [Linhoff Март, 1998]

Индустриален сектор	Опитни стойности за $\Delta T_{\min}$
Преработка на нефт	20 – 40 °C
Нефтохимическа промишленост	10 – 20°C

Химически	10 – 20 °C
Ниско-температурни процеси	3 – 5 °C

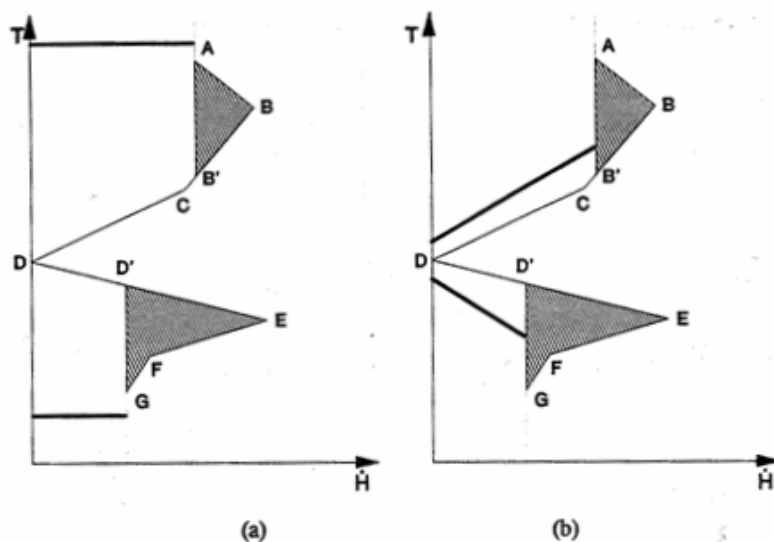
Теоретичните стойности за $Q_{C,min}$ и $Q_{H,min}$ ще са рядко достижими в практиката. Причините за това са трудностите при работа с потоци, които са замърсени, корозирали или просто негодни. Но пинч анализа дава добър поглед на това, което е възможно от термодинамична гледна точка.

Друг начин за демонстриране на топлинните нужди на един процес в една система е **главната съставна крива (GCC)**. За да се построи тя, съставната топлинна крива (HCC) и съставната охладителна крива (CCC) се преместват с $\frac{1}{2} \Delta T_{min}$ една към друга, за да могат да се допрат до точката на пинча. Хоризонталната разлика между кривите се начертава на нова Т-Н графика, която от своя страна дава GCC. Това е друг начин да се покаже топлинният профил „източник/отток“ на един процес. Ако топлинният поток се увеличи с увеличаването на температурата, процеса работи като топлинен отток (има нужда от повече енергия на тази температура, отколкото се дава). Ако топлинният поток се увеличава с намаляване на температурата, то тогава процеса действа като топлинен източник.



Фиг 7: Припокриване на HCC и CCC (a) и дизайн на GCC (b)

Основната цел на GCC е да идентифицира идеалните външни източници на енергия, които са необходими да загряват или охлаждаат различните потоци. Чрез анализиране кои източници на топлина могат да пренасят топлина към топлинните „оттоци“ на процесите, остатъчната нужда от топлина се покрива изцяло от външни енергийни източници, ако не е налична никаква отпадъчна топлина. Също така можем да видим каква трябва да бъде снабдителната температура на външните източници (виж Фиг. 12 и 13). Много е важно да се спомене, че GCC е силно зависима от избора на ΔT_{min} .

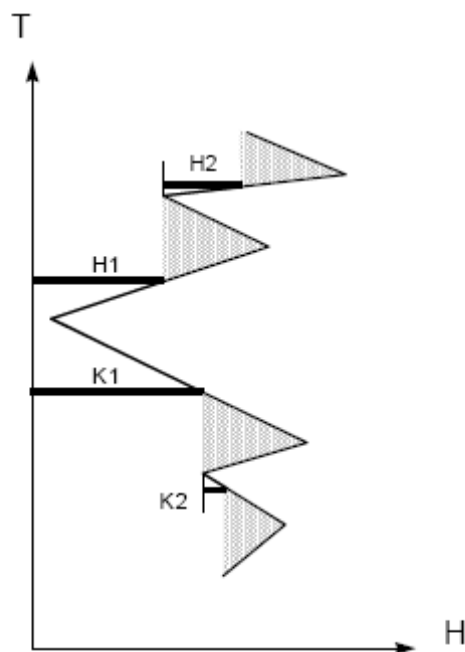


Фигура 8: GCC и анализи на топлинните източници и потоци. Външни енергийни източници (отбелязани с линии) с много високи/ниски температури и поради това големи енергийни загуби (a) и с идеален избор на температура (b)

2.5.2 Някои примери за интеграция на външни енергийни системи, базирани на главната съставна крива

Топлоснабдяване

Най-ефективно топло-снабдителната система трябва да бъде поставена на най-ниското температурно ниво (виж Фиг 9). В случая показан на фигурата, две температурни нива биха били идеални за топлоснабдяване H1 и H2.



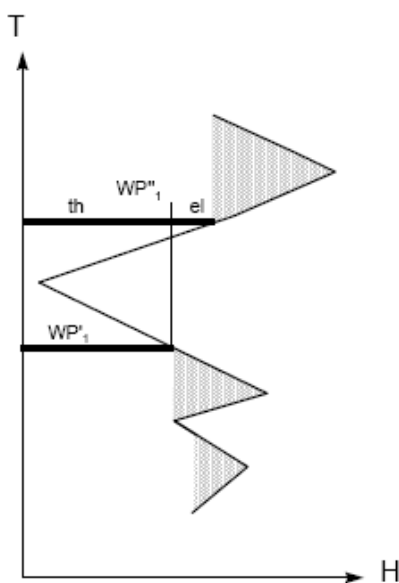
Фигура 9: Интеграция на топлоснабдяване и охлаждане (Източник: Morand и др., 2006).

Охлаждащо оборудване

Подобна ситуация съществува и за охладителните системи за идеалните температурни нива. Охлаждащата енергия трябва да бъде интегрирана на най-високата възможна температура. Затова температурните нива на охлаждащите системи трябва да лежат съответно на K1 и K2. (виж Фиг 9).

Топлинни помпи

Главната съставна крива също показва идеалните възможности от термодинамична гледна точка за интегриране на топлинна помпа. Под пинча има налична топлина, която може да служи като двигателна енергия за топлинната помпа. Компресорът работи за издигане на температурното ниво над температурата на пинча, където е нужна съответната енергия. Компресорът на топлинната помпа както е показан с подробности в подточка 3.7, работи в рамките на пинча. Електрическата енергия се добавя към нискотемпературния поток и по този начин се повишава неговата температура, предавана над пинча. От тези взаимовръзки могат да бъдат намерени идеалните температурни нива за топлинни помпи (виж Фиг. 10). Топлинна помпа работеща на по-висока температура не би се интегрирала идеално в съоръжението и би работила с по-ниско КПД и по-високо електропотребление.

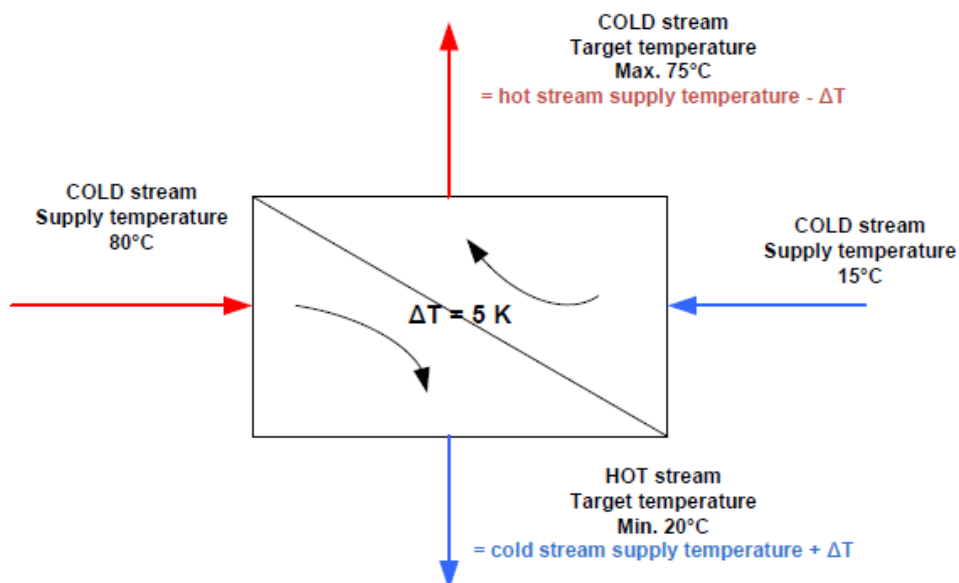


Фигура 10: Интеграция на топлинни помпи (Източник: Morand и др., 2006).

2.5.3 Дизайн на топлообменници

За дизайна на топлообменници в пинч анализа, изборът за $\Delta T_{\min}$ е определящ. Колкото е по-ниска $\Delta T_{\min}$, толкова повече може да се приближи крайната температура на студения поток към началната температура на горещия поток (като се има предвид топлообмена между потоците). Следната фигура пояснява това :

- * В топлообменник с противоположна посока крайната температура на студения поток може максимално да достигне началната температура на топлия поток минус $\Delta T_{\min}$.
- * В топлообменник с противоположна посока крайната температура на топлия поток може минимално да достигне началната температура на студения поток плюс $\Delta T_{\min}$.



Фигура 11: Влияние на ΔT_{min} върху дизайна на топлообменник

Очевидно енергията, обменена между топлия и студения поток трябва да бъде еднаква.

$$H[kW] = m_{hs} * c_{p_{hs}} * (T_{supply_{hs}} - T_{target_{hs}}) = m_{cs} * c_{p_{cs}} * (T_{target_{cs}} - T_{supply_{cs}}) \quad (2.18)$$

Доставчик = Начална температура / Цел = Крайна температура

Индекс hs: горещ поток = топлинен източник

Индекс cs: студен поток = топлинен отток

Основната формула за изчисление на необходимата площ на топлообмен се дава от :

$$\begin{aligned} Q &= k * A * \Delta t_m \\ A &= \text{heat_transfer_area} \\ \Delta t_m &= \text{temperature_difference} \\ k &= \text{heat_transfer_coefficient} \end{aligned} \quad (2.19)$$

2.5.4 Влияние на ΔT_{min} върху пинч анализа

Влияние върху (термодинамичният) топлообмен

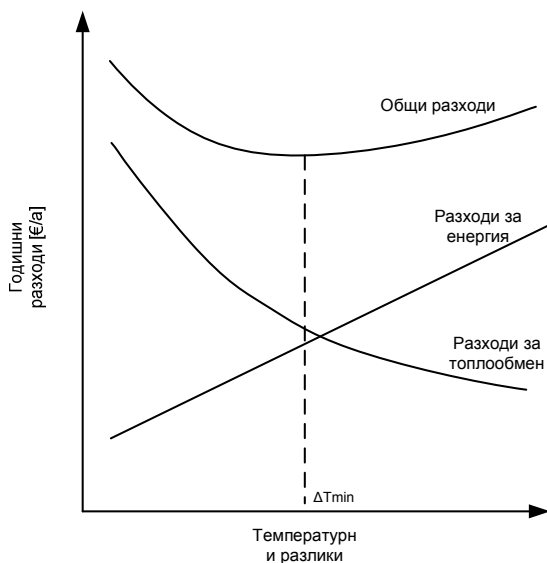
Както е обяснено по-горе изборът на ΔT_{min} е от изключителна важност за дизайна на мрежата на топлообменника. Колкото е по-ниска стойността на ΔT_{min} , толкова по-близко може да стигне крайната температура на студения поток до началната температура на топлия поток. Това става явно от следния пример: Отпадна вода при температура 50°C може да затопля прясна вода до температура (50 - ΔT_{min})°C. Колкото е по-ниска ΔT_{min} , толкова по-близко може да бъде температурата на прясната вода до 50°C след топлообмена. (Този пример, разбира се, е валиден само, ако обема на потока от прясна вода е същия или по-малък от този на отпадната вода.

Става ясно, че промяната на ΔT_{min} може значително да промени дизайна на топлообменника. Разглеждайки отново примера за прясната вода затопляна от отпадна, намираме следното пояснение: Ако нагласим ΔT_{min} на 5 °C, прясната вода може да бъде загрята до 45°C. В случая целевата температура на прясната вода е 60°C, в случая е най-добре да се намери друг топъл поток, който да загрее прясната вода от 45°C до 60°C. Ако ΔT_{min} бъде променено на 7°C, критерият за втория топлинен поток ще се промени, защото в този случай прясната вода трябва да бъде загрята от 43°C до 60°C. Това може значително да повлияе на най-доброто решение за топлинен поток, който да снабдява съответната топлинна нужда. Това е причината, поради която математически мрежата на топлообменника трябва да бъде преизчисляване от начало, ако се промени стойността на ΔT_{min} .

Влияние на площта на топлообменника и цената му

При пинч анализа графиките на съставните криви на загряване и охлаждане обикновено се изобразяват на базата на една централна стойност за ΔT_{min} . В по-късен етап на дизайна на топлообменника стойността на ΔT_{min} се настройва според характеристиките на потоците. Един газов поток ще има по-висока стойност за ΔT_{min} от един течен поток, тъй като течностите обикновено имат по-добър топло-преносен коефициент. В частта „Дизайн на Теплообменници“ е показано, че специфичната стойност на ΔT_{min} на топлообменника оказва влияние на необходимата площ за топлообмена. Това също оказва влияние на стойността на инвестицията.

Обикновено в крайният етап от дизайна, площта на топлообменниците ΔT_{min} се настройва на базата на стойността на инвестицията и спестяванията от работния процес. Колкото по-висока е ΔT_{min} , толкова е по-малка площта на топлообменника и са по-ниски инвестиционните разходи, но също така е по-малко и енергоспестяването (Фиг 17).



Фигура 12: Топалните разходи като функция на ΔT_{min}

2.6 Оценка на цялостните разходи - ТСА

Оценката на цялостните разходи е метод, който позволява традиционен икономически анализ, базиран на макроикономически параметри, но също така може да бъде използван за по-комплексен анализ, отчитащ също така и макроикономическите параметри за по-голяма времева рамка, проблеми свързани с околната среда, безопасността и други. Това означава, че при ТСА могат да се отчитат и други ценови категории освен тези при традиционния анализ и могат да се интегрират макроикономически аспекти (като дълготрайни активи, които стават решаващи за времето на съществуване на инвестиционния обект).

Затова оценката на тоталните разходи притежава следните характеристики, сравнена с традиционния анализ:

- × *Ценови категории:* Освен разходите, които се вземат предвид при традиционния анализ, както и индиректните разходи, спестяванията и приходите като средства и т.н.
- × *Разпределение на разходите:* всички средства са разпределени точно за инвестицията и не се вземат предвид допълнителни разходи.
- × *Времева рамка:* Времето, което се взема предвид при анализа на цялостните разходи не е същото както при традиционните анализи, вземат се предвид и дългосрочните въздействия.
- × *Индикатори:* В ТСА се използват икономически индикатори, чрез които също може да се демонстрира дългосрочната икономическа производителност на инвестицията.

Очевидно е, че ТСА също така може да се използва за традиционен анализ, ако се променят някои от параметрите. Поради този факт EINSTEIN интегрира метода, който е приложим за стандартен анализ, но може да бъде разширен взимайки предвид макро-икономическите параметри, ако е необходимо.

При генералния икономически анализ в EINSTEIN се сравняват разходите на съществуващите процеси (съществуваща топло-снабдителна и охладителна система) с очакваната инвестиция и другите разходи на предложената енергийно-доставна система. Като цяло за времева рамка на икономическото изчисление се взема времето на живот на проекта (експлоатационните срокове на оборудване на енерго-доставната система), но може да бъде променено и за друг период.

Традиционен анализ на разходите в EINSTEIN (микроикономически анализ)

Икономическото изчисление се базира на разходите за замяна на съществуващите топло-снабдителна и охладителна системи с новите предложени алтернативи. Основните категории разходи включват инвестицията, енергийните разходи, разходите за работа и поддръжка и други еднократни разходи.

При непредвидими обстоятелства е възможно да възникнат допълнителни разходи или приходи, които оказват ефект върху икономическия анализ, като например увеличение в пазарния дял и други. Други еднократни разходи включват тези, които възникват веднъж за времето на проекта за времевата рамка на проекта, такива са разходите за правните институции за реализиране на инвестицията.

За всяко едно предложение за нова топло-снабдителна и охладителна система, финансирането ще бъде пресмятано годишно за времетраенето на проекта чрез следното уравнение:

$$CF_t = \sum_{i=1}^n EX_i^t - \sum_{i=1}^n S_i^t \quad (2.20)$$

Където:

t = годината, за която се извършва изчислението

CF_t = финансиране за времето на изчисление

n = брой на разходните категории

EX = нетните разходи на проекта, които се изчисляват от разходите за предложените процеси

S = спестяванията, които ще реализира проекта, изчислявани от разходите на съществуващите процеси, които ще бъдат заменени.

Настоящата нетна стойност на проекта за неговото времетраене се изчислява по следното уравнение:

$$NPV_t = \sum_{i=0}^t \frac{CF_i}{(1+r)^i} \quad (2.21)$$

Където :

t = годината, за която се извършва изчислението

NPV_t = настоящата нетна стойност на проекта за годината t

r = реалната добавена стойност от външно финансиране

Един от най-важните икономически параметри за всеки проект е вътрешната норма на възвръщаемост (IRR). Тя се дефинира като ефективната годишна сложна норма на възвръщаемост, която може да бъде набавена от инвестиция капитал и определена като дисконтовият процент който води до настоящата нетна стойност, равен на нула за серия от парични потоци. За всяко едно предложение, вътрешната норма на възвръщаемост (IRR) се изчислява за всяка една година от времетраенето на проекта след периода на изплащане:

$$\sum_{i=0}^t \frac{CF_i}{(1+IRR_t)^i} = 0 \quad (2.22)$$

Където:

t = годината, за която се извършва изчислението

IRR_t = вътрешната норма на възвръщаемост за годината t

В EINSTEIN TCA изчисленията, преобразуваната вътрешната норма на възвръщаемост (MIRR) се използва за определяне на ефективността от различните алтернативни избори. Като по-значим от IRR параметъра, MIRR взема предвид реинвестиционния потенциал на средните позитивни парични потоци. За всяка алтернатива, MIRR се изчислява годишно за времетраенето на проекта след периода на изплащане:

$$MIRR_t = q_t^{1/t} - 1 \quad (2.22a)$$

Където:

q = стойността за годината t на положителния паричен поток, изчислен според нивото на ре-инвестиция, разделено на настоящата нетна стойност на негативните парични потоци изчислени според финансовата норма (тук вземаме предвид лихвения процент от външно финансиране):

$$q_t = \frac{\sum_{i=0}^t CF_i^+ (1+d)^{t-i}}{\sum_{j=0}^t CF_j^- (1+r)^j} \quad (2.22b)$$

Където:

CF⁺ =положителните парични потоци

CF^- = отрицателните

d = специфичният за компанията процент на отстъпка

r = лихвеният процент от външно финансиране

В TCA модула на EINSTEIN, периода на изплащане (PBP) също е пресметнат за всяка алтернатива. Периода на изплащане се отнася към периода от време, нужен за възвръщане на инвестицията и се изчислява по следната формула:

$$\sum_{i=0}^{PBP} \frac{-CF_i}{(1+r)^i} = 0 \quad (2.23)$$

Друг параметър, който също се отчита за всяка една алтернатива е съотношението на облагаемите разходи (BCR).

Като алтернативен подход, тоталният (годишен) разход на енергия от системата се изчислява като сумата от цената на енергията за горива и електричество, разходите за операция и поддръжка и годишната рента на инвестицията.

$$C_{Total} = C_{el} + C_{fuels} + C_{O\&M} + a I_0 \quad (2.24)$$

Годишната рента за инвестицията се получава от дробта $a = A/I_0$ от (постоянното) годишно плащане A , нужно за възвръщане на дълга и съответните лихви след определен период от време³:

$$\sum_{i=1}^N \frac{-a}{(1+r)^i} = 1 \quad (2.25)$$

Където параметрите означават:

a : Годишната рента на инвестицията

N : Икономическият период на амортизация

Разширение на макроикономическите параметри за TCA

Когато вземаме предвид макроикономическите аспекти за новите енерго-снабдителни системи това може да включва отношението на пазарния дял, както и макроикономическите подобрения на региона към по-устойчива продукция.

Еднократните разходи за текущата енерго-снабдителна система могат да бъдат посредническите дейности за опасностите за околната среда, които биха се появили, ако енерго-снабдителната система не бъде подменена, а бъде оставена както е.

³ Това е все едно да се каже, че настоящата нетна стойност на няколко годишни плащания е идентична към първоначалната инвестиция. Уравнение (2.24) е валидно само ако инвестицията се реализира само за една година (година 0).

⁴ По подобен начин същите доводи се прилагат към останалите механизми за публична поддръжка, като намаление на данъците и други.

Микроикономическата гледна точка на компанията срещу макроикономическата гледна точка на обществото

Една от основните разлики между макроикономическата или социална гледна точка и микроикономическата (или тази на компанията) гледна точка е дали да се вземе предвид или не субсидиите⁴ и външните фактори в икономическите калкулации :

- * Докато от гледна точка на компанията се взема за ценово-изгодния анализ нетната инвестиция (= цялостната инвестиция – субсидиите) е значимият разходен параметър за инвестицията, а от социална гледна точка се взема предвид цялостната инвестиция, като субсидиите са ефективен разход за обществото. В случай на нереализиране на предложената инвестиция, количеството субсидии би могло да бъде предназначено за алтернативно спестяване на енергия или за друга мярка за опазване на околната среда .
- * От друга страна външните разходи (не участват) в ценовия баланс на компанията, но трябва да бъдат взети предвид от социална гледна точка.

Виж таблица 7 и 8 за сравнение между различните гледни точки за оптимизация .

Таблица 7. Най-важните параметри в микро и макро-икономическия анализ

	Микроикономически анализ (гледна точка на компанията)	Макроикономически анализ (гледна точка на публичната администрация)
Инвестиция	нетни инвестиции (основната инвестиция минус субсидии/финансирания)	основната инвестиция (парите за финансиране иначе могат да се използват за други мерки за опазване на околната среда)
Енергийни разходи	енергийни разходи, вкл. очаквано покачване на цените за енергия	
Други разходи за работа и поддръжка	пособия, поддръжка, труд, правни съглашения и др.	
Последствия	напр. положително въздействие на пазарния дял, спестяване на CO ₂ емисии, такси за сертификация и др.	
Еднократни разходи	спестяване на разходи за поддръжка, които биха станали без промяна на енерго-снабдителната система; разходи за авторизация (разрешителни за строеж)	

Таблица 8. Най-важните индикатори и целевата функция обект на оптимизация в микро и макроикономическия анализ

	Микроикономически анализ (гледна точка на компанията)	Макроикономически анализ (гледна точка на публичната администрация)
Основна цел	намаляване на разходите за енергия (годишни разходи и периодичност на собствената/нетна инвестиция)	Пестене от консумация на първична енергия

Значими индикатори	IRR / MIRR Период на изплащане NPV BCR	Допълнителни годишни системни разходи на енергия за единица спестена първична енергия (Минимално необходимо IRR като INPUT)
Влияние на икономическите параметри върху критериите за оптимизация	Максимално абсолютно спестяване vs. Максимално IRR/MIRR	Максимално абсолютно спестяване на първична енергия vs. Минимални допълнителни разходи за единица спестена първична енергия

Източници за глава 2:

R. Morand, R. Bendel, R. Brunner, H. Pfenninger (2006): Prozessintegration mit der Pinchmethode, Handbuch zum BFE-Einführungskurs. Bundesamt für Energie, Bern, 2006.

Schnitzer H., Ferner H. (1990): Optimierte Wärmeintegration in Industriebetrieben DBV Verlag, Graz, 1990.

3 Как да осъществим EINSTEIN енергиен одит

Термичният енергиен одит на EINSTEIN и дизайна на подобрени енергийни системи започва извън компанията с няколко бързи и предварителни действия, които могат да се направят, докато седите в офиса си. Така наречената фаза „**предварителна – подготовка**“ е много важна, защото ви дава възможността да подобрите знанията си за статуквото (за действителната енергия, термичните процеси, оборудването в употреба, сметките за енергия и т.н.) и да се подготвите преди да отидете в компанията. След предварително обаждане на клиент, трябва само да му изпратите електронен въпросник за придобиването на данни. Когато той попълнен, този шаблон може автоматично да се внесе в калкулационния софтуерен инструмент за начални изчисления за изискващата енергия и за местата с възможни подобрения.

Ето защо и това, което трябва да направите е толкова просто и спестява много време: да подготвите себе си и компанията-клиент за **енергиен одит на място**.

Тази фаза включва две стъпки:

- * разходка из обекта – чрез посещение в компанията
- * анализ на резултатите, изчислени с софтуерният инструмент на EINSTEIN

Целта на разходката – чрез проверката в компанията се придобива информацията, която липсва (като се направят интервюта и различни измервания) ; да се разгледа внимателно апаратурата и хидравличните схеми и т.н. Благодарение на предварителната преценка и установяване на приоритетите, посещението на обекта няма да ви отнеме повече от няколко часа.

Когато се върнете вкъщи, трябва просто да влезете в калкулационния инструмент на EINSTEIN. Това ще ви помогне на доразвиете събраната информация и да пресметнете енергията и икономическите спестявания. С помощта на EINSTEIN можете да:

- * можете да проверявате съдържанието и целостта на събраните данни;
- * пресметнете нещата , които все още ви липсват;
- * да изработите подробен статистически анализ на погълнатата топлина по време на процеса,, температурните нива, горивата и т.н.;
- * да анализирате реалната оперативна работа на съществуващата екипировка;
- * сравнителен анализ.

Веднъж, когато имате ясна картина на действителните енергийни потоци и трудностите на компанията, можете да разчитате на EINSTEIN също и за трета фаза в тази проверяваща процедура: **дизайнът и оценяването на алтернативите за ефикасност на енергопотреблението**. Тази задача може да се изпълни следвайки следните стъпки:

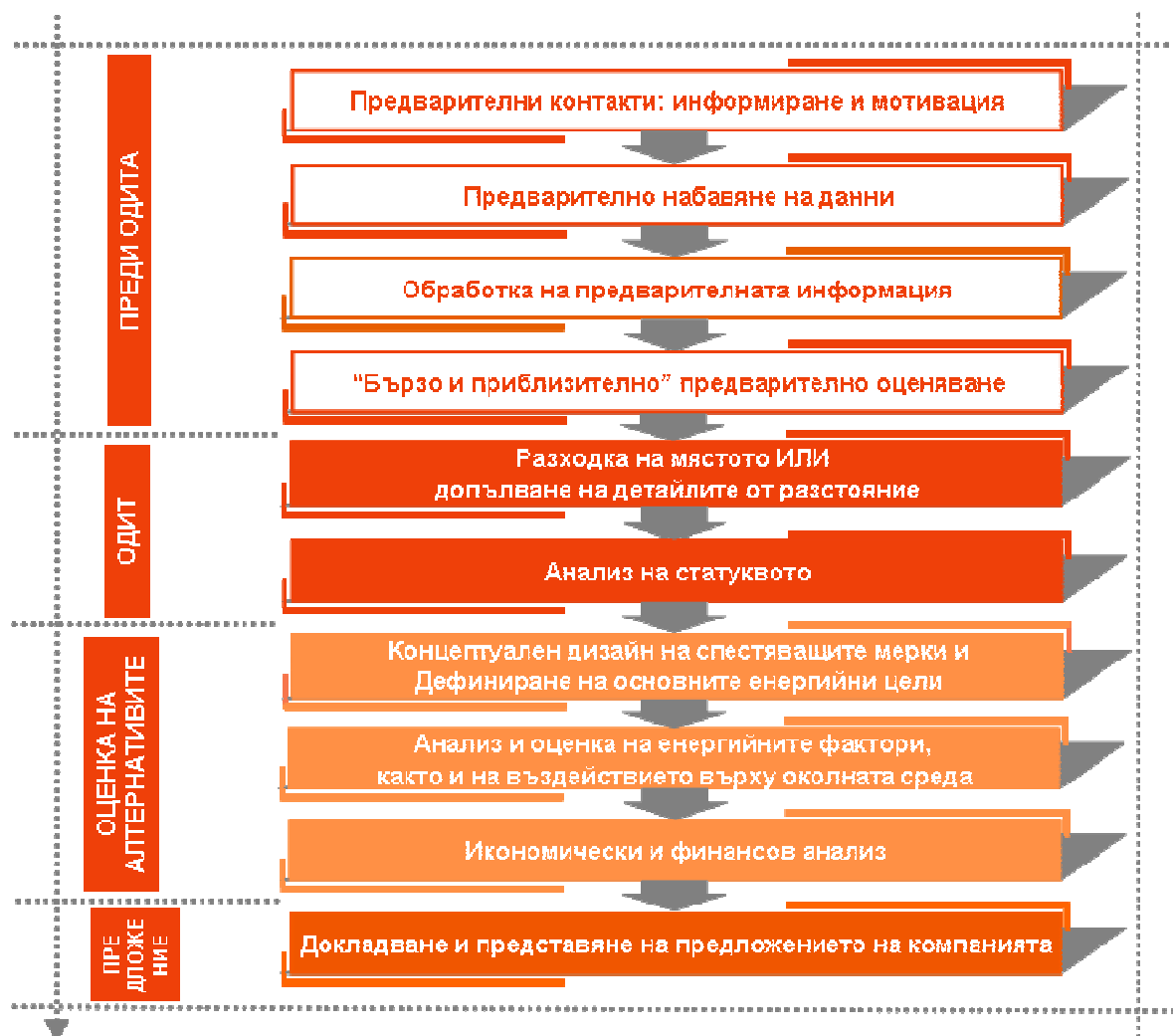
- * предварителен дизайн на цялостната енергия и на спестовните мерки;
- * калкулация на енергийната работа и анализ на възможните решения по проблема с околната среда ;
- * анализ на икономическите и финансовите аспекти.

Накрая ще имате цялата информация на вашия лаптоп, нужна за извършването на чиста и ефективна презентация на резултатите от вашето проучване. **Докладване** чрез EINSTEIN (четвъртата фаза от одита) е лесна за вас и убеждаваща за клиента.



Фигура 13. Фазы на енергиен одит на EINSTEIN

Четириите фази на енергийния одит на EINSTEIN могат да бъдат подразделени на 10 **стъпки за одит на EINSTEIN**, които са показани в Фигура 19. Всяка от тях е описана детайлно. За всяка стъпка можете намерите от какви задачи се състои и как да ги изпълните и кои инструменти на EINSTEIN трябва да използват. За по-подробна инструкция за употребата на софтуерния инструмент на EINSTEIN, моля направете справка с EINSTEIN Софтуерен Инструмент – Наръчник на Потребителя.



3.1 Предварителни контакти: мотивирайте

3.1.1 Пръв контакт

Целта на първия контакт е да събуди интерес в клиента, да получи информация, както и да даде предварителна информация от своя страна, както и да се уговори среща.

Една от най-добрите възможности за събуждане на интерес са личните контакти, които вече имате. Вероятно вече знаете за компании, които искат да подобрят топлоснабдителната си система, или искат да разширят, реструктурират или променят тяхната инсталация.

Също така можете да говорите за EINSTEIN на публични презентации или по време на дискусии, да разпространявате EINSTEIN брошурата и да създавате нови контакти, например на изложения и обучения, на които присъствате, събития свързани с енергоспестяването в промишлеността. Също така можете да се свържете с местни асоциации или търговски камари, ако те проявят интерес към съдействие във вашата работа (например, чрез статия в техните брошури, като изпратят оферта на техни компании-членки и др.)

Трябва да изпратите информационни материали на вашите лица за контакти или енергийни мениджъри на определена група компании (например индустриалните клонове: хранителна промишленост, металургична промишленост, дървопреработвателна, текстилна и др.) Тъй като Одит по модела на EINSTEIN ще е нов продукт предлаган от вашата компания, можете да започнете с редовните си клиенти.

Този информационен материал би трябвало да включва основните аспекти на EINSTEIN (както е споменато в EINSTEIN брошурата, включвайки също така някои статистики касаещи цените на енергията), но също така и възможността за финансова подкрепа, ако е възможна, от ваша страна на подобна оферта, например чрез финансова подкрепа от публични институции, търговски камари и др.

След една или две седмици следва да се свържете с лицето, на което сте изпратили информацията. Целта ви е да убедите компанията да продължи по-напред и да ви даде началната информация, чрез която да проверите дали съответното предприятие е възможен кандидат за EINSTEIN одит. Също така трябва да се опитате да уредите лична среща в компанията и/или да споделите намерението да попълните първоначалния въпросник.

Първо проверете, дали човека, с което контактувате е правилния. Това може да се направи предварително, като съберете информация по Интернет, или от доклади на компанията свързани с бизнеса или околната среда, от статии в пресата и др. Трябва да знаете името, функцията, титлата, телефонния номер на съответното лице, както и предлаганите продукти и размера на индустриалното пространство преди да се обадите.

Трябва да обмислите първите изречения, предимствата и да измислите отговори за контра-аргументи като : „Нямам време. Не съм заинтересован. Моля изпратете по-подробна информация ...”

3.1.2 Предварителна уговорка (опционално)

Ако компанията е сравнително близо до вашият офис, трябва да помислите за предварително посещение на обекта дори само за да осъществите личен контакт и да представите вашата компания и инструментариума на EINSTEIN. В противен случай трябва да поддържате редовна телефонна комуникация. За срещата се уверете, че важните за целта лица ще присъстват (например мениджъра на инсталацията, главния технически инженер и др.). Също така трябва да изпратите първоначалния въпросник предварително. (За повече детайли виж част 3.2)

Обикновено преди първата среща трябва да сте събрали колкото може повече информация за компанията от Интернет. Трябва също така да се опитате да разберете кой всъщност е клиента и какво би очаквал (например неговите технически проблеми, прекалено високи такси за енергия, да разберете изискванията на компанията и да разграничите специфичните и нужди). След това можете

да покажете основните предимства, които предлагате, както и целта на вашата среща: EINSTEIN одита, правейки кратка обиколка на обекта.

На първата среща би трябвало да попитате клиента дали иска първо да представи своята компания или вие да представите вашата. След това попитайте клиента за текущата ситуация, неговите проблеми и очаквания. Можете да започнете с въпроси, за които вече сте се информирали или да запитате например: „Увеличиха ли ви се разходите за енергия?; Защо?; Имате ли технически или организационни проблеми с отоплителната система, например с публични власти, съседни или комунални услуги?; Кой е отговорен за поддръжката?; Колко годишен е а?; Имате ли недостиг на време, бюджет, или техническо познание в областта?; Какви са планове ви за бъдещето?; Кой би бил отговорен за възможен проект? ”

За презентацията на инструментариума на EINSTEIN можете да използвате пътепоказателя на EINSTEIN или промоционалната, както и техническата брошура на EINSTEIN (включени в инструментариума на EINSTEIN). Но също така и резултатите от грубото ви проучване, ако са налични такива.

Някои основни моменти:

- × Започнете с някаква информация която сте получили от уеб страницата на компанията като :
”” Имате много интересна уеб страница, кой отговаря за нея ...”
- × Никога не отговаряйте директно на възражение, а задайте въпрос дали сте разбрали правилно, отбележете си го и помислете върху него. Опитайте се да разграничите другите основни предимства.
- × Опитайте да зададете колкото можете повече въпроси, за да придобиете колкото може повече информация.
- × Не дръжте дълги речи. Просто представете прецизна и кратка информация на основните предимства, които компанията би получила.

EINSTEIN Стъпка 1: Предварителни контакти. Информирайте и

> Промоционални материали

> Възможност за самооценка

3.2 Придобиване на информация преди одита

Преди да започнете енергиен одит в едно предприятие (което обикновено изисква договор между компанията и одитора) е много полезно да съберете предварителна информация. Тя може да ви помогне да разберете дали си струва или не да продължите с процеса на одит.

Подготвяне на потребителя за информацията, за която ще го питате, преди посещението или детайлното телефонно интервю, помага за спестяване на време както от страна на компанията, така и от страна на одитора. По този начин също така е по-вероятно да получите цялостна и детайлна информация.

В много случаи набавената информация от разстояние може да се окаже достатъчна за да направите първата груба оценка и да предложите някои идеи за възможни енерго-спестяващи мерки.

3.2.1 Подготовка на потребителската компания

За да се подготви потребителската компания трябва да им се каже какъв вид информация ви е нужна, за да могат да я набавят предварително. Като първа стъпка сме посочили списък с най-съществената нужна информация:

- × Цялостна ситуация в компанията:
 - икономическа ситуация (минало и настояще)
 - перспективи за бъдещето (предвиждано развитие на работните процеси, и други важни промени или проекти)
- × Сметки за твърди горива и електричество:
 - Направете количествена оценка на настоящата енергийна консумация и тарифите, по които се плаща
 - Ако е налична намерете статистическа информация за минали години
 - Месечна информация, ако е налична или количествена оценка на сезонността на потреблението
- × Описание на работния процес (диаграма):
 - какви продуктови линии за изходящи за компанията
 - какви са работните потоци и различните етапи в производството
- × Описание на различните процеси:
 - кои от процесите консумират топлина или се нуждаят от охлаждане
 - какви количества продукция се обработва
 - какви температурни нива се използват (в топлоснабдяването, за самия процес)
 - колко пъти се повтаря процеса и за какъв период от време
- × Описание на топлоснабдителната и охладителната система
 - техническа информация за оборудването (котли, охладители и др.)
 - нива на температурата и налягането при топло-преноса и в самите процеси
- × Описание на сгради, работни халета и складове:
 - информация за отопление и охлаждане на помещенията, ако е възможно
 - процент на заемане на повърхностната площ

Този списък за предварителен одит също е наличен в инструментариума на EINSTEIN и може да бъде изпратен на компанията. Ако възнамерявате да направите предварително посещение, може да се уверите, че част от горепосочената информация е вече подготвена. Кратко преминаване през тези стъпки е напълно достатъчно на това ниво.

3.2.2 Подготовка на одитора

Обикновено енергийният одитор на EINSTEIN е експерт в енергетиката (топлинаобдителни и охладителни системи), но той не може да бъде експерт във всичките различни индустриални сектори, с които той/тя вероятно ще работи. Независимо от това е важно да получи основна преценка за специфичните проблеми на сектора, най-добре преди да се свърже с компанията или поне преди да отиде на първата среща.

За повечето сектори и подсектори е налично огромно количество информация, но в много случаи достъпа до нужната информация е труден и времеемък.

Инструментариумът на EINSTEIN помага като предоставя полезни линкове за бърз и лесен достъп към повечето сектори, тази информация в последствие може да бъде допълнена в зависимост от наличното време и специфичните нужди чрез големия брой уеб-линкове и библиографски препратки дадени в допълнителната документация.

Одиторът трябва да придобие основни знания по следните въпроси:

- × Кои са най-важните процеси в типична компания от този индустриален сектор или този тип сграда от гледна точка на енергийната консумация ?
- × Кои са наличните възможности за работни технологии (най-добри налични технологии - BAT) и основните им предимства и недостатъци ?

3.2.3 Списък на задачите и основен въпросник за набавяне на информация от разстояние

Методологията за одити на EINSTEIN използва списък на задачите (виж част 3.2.1) и/или основен въпросник за набавяне на информация, който в последствие може да бъде допълнен с по-детайлна информация („детайлизирани анекси“). Този списък на задачите въпросник може да бъде изпратен на компанията заедно с поясняващ текст, за да може съответното техническо лице да попълни информацията. Въпросникът е наличен както на хартиен носител както и в електронен формат (виж Анексите).

Важно е да се отчете, че първата груба оценка може да бъде направена полуавтоматично вече с минимално количество информация, въпреки че според общото правило, надеждността на анализа и съответните препоръки ще се подобряват, колкото по-подробна е информацията.

При попълване на инструментариума на EINSTEIN с непълна информация, той се опитва да изчисли липсващите параметри и до колкото е възможно онези изчисление, които са възможни с наличната информация и генерира списък с най-важната допълнителна информация, която да бъде набавена от одитора (Виж описанието на менюто “consistency check” в ръководството за потребителя).

EINSTEIN стъпка 2: набавяне на информация преди одита

> Подгответе компанията

> Подгответе се сами

> Съберете основна информация от разстояние

3.3 Подготовка на одита: Обработка на предварителната информация

3.3.1 Обработка на предварителната информация

Проста предварителна проверка на информацията предоставена от предприятието може да бъде осъществена с помощта на софтуерния продукт на EINSTEIN. Веднъж въведена наличната информация се генерира автоматично статистика за енергийните нужди и за електроснабдяването, след което информацията се оценява и се проверява за пълнота.

На този етап на първична обработка на пред-одитните данни може да се получи следната информация :

- × Списък от сериозни несъответствия на информацията (например : посочено е потребление на гориво, което не се използва от никакво оборудване ...)
- × Списък от необходимата липсваща информация, която не може да бъде изчислена от останалата налична информация.

3.3.2 Цялостна информация от телефонни, интервюта или е-поща

Ако при обработката на пред-одитната информацията са отчетени сериозни несъответствия или липса на основна информацията, които са абсолютно необходими за първичната група оценка, може да осъществите телефонен разговор с компанията или да изпратите е-писмо, чрез който да допълните информацията или да поясните някои неясни моменти.

След промяна на основния пакет информация, проверката за съответствие (предишната част) трябва да бъде повторена.

След този етап поне следната информация би трябвало да ви е налична:

- × Основната продукция и нейните количества
- × Цялостната енергийна консумация в компанията за топлинни нужди
- × Най-топложемките и студожемките процеси и поне груба оценка на енергийна консумация за всеки един от тях
- × Основното топлоснабдително и охладително оборудване и поне номиналните мощности, при които работи ; трябва да имате груба скица на топло и студо-разпределителните системи (кои котли кои процеси снабдяват и др.)
- × Температурните нива на топлоснабдяването и основните топлостоемки процеси

3.3.3 Придобиване на информация за сравнителен анализ

На този етап вече трябва да имаме по-подробна информация за предприятието, за процесите, които ползва и за крайните му продукти. Може да намерим информация за референтни стойности на горепосочените параметри за други подобни предприятия (benchmarks).

Източниците на информация за тази цел за следните:

- × Софтуерният продукт на EINSTEIN предлага база данни, която ви помага бързо да намерите референтните стойности за много индустриални сектори
- × Допълнителна информация може да намерите в документите показани в EINSTEIN D2.2 доклада (върху практики и инструменти за топлинни одити [Vannoni et al., 2008])

За по-подробна информация върху сравнителния анализ вижте секция 3.6.5.

3.3.4 Придобиване на основни познания за специфичния сектор и тип на компанията

С информацията, която вече имате налична за специфичния индустриален сектор или тип компания, можете да задълбочите вашето познание за специфичните процеси и съоръжения, които ще намерите по време на одита, както вече подчертахме в подточка 3.2.2.

- × Намерете информация за специфичните използвани съоръжения и възможните технологични алтернативи
- × Набавете информация за специфичното снабдително оборудване и системите използвани, както и технологичните им алтернативи

3.3.5 Идентификация на възможните мерки

С информацията, която вече имате за производството, вероятно можете да извършите цялостния цикъл на одита от набавянето на данни до създаването на предложение.

Дори ако данните са все още много непълни и следователно резултатите, които очаквате – не много прецизни, вие трябва да извършите това, за да получите начална идея за порядъка на големината на възможните спестявания, приблизителни размери на възможната необходима инвестиция, и др., които могат да бъдат много полезни за първата дискусия с компанията по време на одита.

Това не ви отнема много време, тъй като софтуерният продукт на EINSTEIN го извършва почти автоматично, съвсем сам.

Когато обмисляте възможни подобрения също така трябва да се посъветвате с наличната документация за най-добрите налични технологии (BAT) за специфичните сектори и проблематики. Инструментариумът на EINSTEIN ви помага да получите лесен достъп до възможната информация.

3.3.6 Списък с приоритетите за по-подробно разследване и набавяне на данни

Ако искате да направите бърз одит трябва да се фокусирате върху най-важното. Ако искате да направите висококачествен одит не трябва да забравяте всичката важна информация. В някои случаи може да има конфликт между двете цели. Затова, щом веднъж знаете какво вероятно ще предложите на компанията трябва да съставите списък с приоритети на информацията, която да търсите първо по време на одита и кога трябва да настоявате, в случай, че достъпът до информацията може да бъде труден.

След одита трябва да имате цялата необходима информация да оцените приложимостта на технологиите и решенията, които бихте предложите (или изключили). Трябва да избягвате събирането на ненужна информация, особено ако достъпът до нея е труден. Например, ако искате да предложите слънчева топлинна система за отопление на работен процес трябва да набавите цялата възможна информация за покривната и земните повърхности, възможни проблеми със засенчване, структурни детайли за покрива и други, необходими за въвеждане на тази технология; докато, ако вероятното решение е топлообменник за подобряване на топлинното възстановяване в някои процеси не би било добре да притеснявате компанията с търсене на архитектурните планове на покрива...; в същият дух не би си струвало да се търсят много технически детайли за процес, който консумира само 0.3 % от totalното енергопотребление.

EINSTEIN Етап 3: Подготовка за одита. Обработка на предварителната информация.

> Обработка на предварителната информация

> Обаждане на компанията за проверка на данните

> Сравнителен анализ

> Разучаване на специфичните процеси/компани

> Определяне на възможни мерки

> Съставяне на приоритети за одита

3.4 „Бърза и приблизителна” предварителна оценка

В резултат на обработката на предварителната информация може да бъде създаден първи доклад за „бърза и приблизителна” предварителна оценка. Този доклад трябва да съдържа информация за:

- × определянето на най-съществените процеси, консумиращи топлинна и охлаждаща енергия и приблизителна количествена оценка на енергийното потребление
- × първия количествен анализ на нуждите от топлинна и охлаждаща енергия по температурни нива и графици; кумулативни криви на търсенето на топлоенергия

и въз основа на този анализ на нуждите от топло- и охлаждаща енергия:

- × определяне на възможните технологични варианти за ефективно доставяне на топло- и охлаждаща енергия
- × оценка на порядъка на величините за оразмеряване на необходимото оборудване
- × прогноза за очакваната енергийна и икономическа производителност

Този първоначален план за това „*какво може да се направи*” в тази индустрия може да помогне както на одитора, така и на компанията-потребител да насочат вниманието си от там нататък върху конкретната информация, необходима за достъп до най-обещаващите технологичните варианти.

3.4.1 Как да създадем доклад за „бърза и приблизителна” предварителна оценка?

Докладът за „бърза и приблизителна” предварителна оценка на програмата „Айнщайн” може да бъде автоматично създаден с помощта на функцията за „доклад” на софтуерния инструмент EINSTEIN.

Икономическите разчети за предложените системни проекти, предоставени от софтуерния инструмент EINSTEIN са достоверни дотолкова, доколкото и данните за оборудването и подсистемните разходи, които са въведени предварително в съответните бази данни. Тези данни могат да варират в голяма степен в зависимост от местните и национални условия и зададените фабрични стойности трябва да бъдат тълкувани само като груби и ориентировъчни такива.

3.4.2 Не обещавайте прекалено много в началото!

Както вече беше споменато, в някои случаи представянето на първия доклад за предварителна оценка на компанията може да бъде много полезно, за да я информира за възможните варианти и необходимите бъдещи стъпки, които трябва да бъдат предприети. Ориентировъчните цифри от предварителната оценка могат да помогнат на техническия персонал или местните ръководни органи да убедят ръководството на компанията да продължи в одита и да задълбочи анализа или дори да поиска известно финансиране.

Въпреки всичко, трябва да се внимава да не се представят прекалено подробни данни (особено икономически данни!), които все още не са солидно обосновани. Във всеки случай трябва изрично да уведомите компанията, че представените цифри са само прогнози от първи порядък, които могат да се променят до голяма степен в един по-подробен анализ.

EINSTEIN Стъпка 4: доклад за „бърза и приблизителна”

> създаване на доклад за предварителна оценка

> по избор: представяне на компанията

3.5 Посещение на място (или получаване на подробни данни от разстояние)

3.5.1 По избор: представяне и обсъждане на „бързото и приблизително” проучване

Ако сте решили да представите някои предварителни резултати от Вашето първо „бързо и приблизително” проучване на компанията, тогава това е може би подходящият момент да обсъдите едно възможно посещение. Можете да обобщите резултатите, които сте събрали до момента от разстояние, и да обясните Вашите предварителни заключения на компанията.

3.5.2 Разговори и посещение на обекта за събиране на подробни данни

3.5.2.1 Събиране на данни в офиса

Първата стъпка, когато пристигнете в компанията, трябва винаги да бъде да седнете в офиса ѝ, да представите себе си и това, което можете да ѝ предложите, както и да съберете основната информация. По възможност по време на тази първа среща трябва да присъстват представители на техническия персонал, които познават техническите подробности на процесите и оборудването в компанията.

Можете са използвате структурата на основния въпросник на EINSTEIN или на списъка на задачите на EINSTEIN (трябва да вземете със себе си хартиен екземпляр от него, по възможност вече попълнен с информацията, която сте събрали в предходните етапи), за да структурирате интервюто, като задавате въпроси за следната информация:

- × *обща информация* за компанията: какво и колко произвежда; в какво състояние е производственият процес; какви са глобалните стойности (оборот, потребление на енергия, брой работници); какви са смените и почивните цикли и др. В този контекст също така е важно да получите информация за бъдещите перспективи на компанията: планове за възможно разширяване, което може изцяло да промени данните за потреблението, или, обратното, риска от затваряне на някои производствени линии или на цялата фабрика поради натиска на конкуренцията.
- × *сметки за гориво и електричество и тарифи за електроенергия*: опитайте се да получите информация за няколко години и, ако вече е налична, подробна информация за това какъв дял от потреблението съответства на определеното оборудване / процес / производствена линия.
- × *данни за процесите*: както и в много други браншове, известно е само общото енергийно потребление, но не и разбивката му за различните процеси; подробната информация за процесите често е единственият начин да се определи разпределението на нуждите от топлоенергия (обичайните възможни начини да се получи тази информация са представени на Фигура 20). Важно е да придобиете обща представа за това как работи определен процес; какви са графици на работа и температурите на процесите;

В допълнение, желателно е да съберете допълнителна информация за различните компоненти, които допринасят за потреблението на топлоенергия в различните процеси:

- подаваното и изтекло количество флуиди: обем или маса и температурни нива (подаване/изтичане)

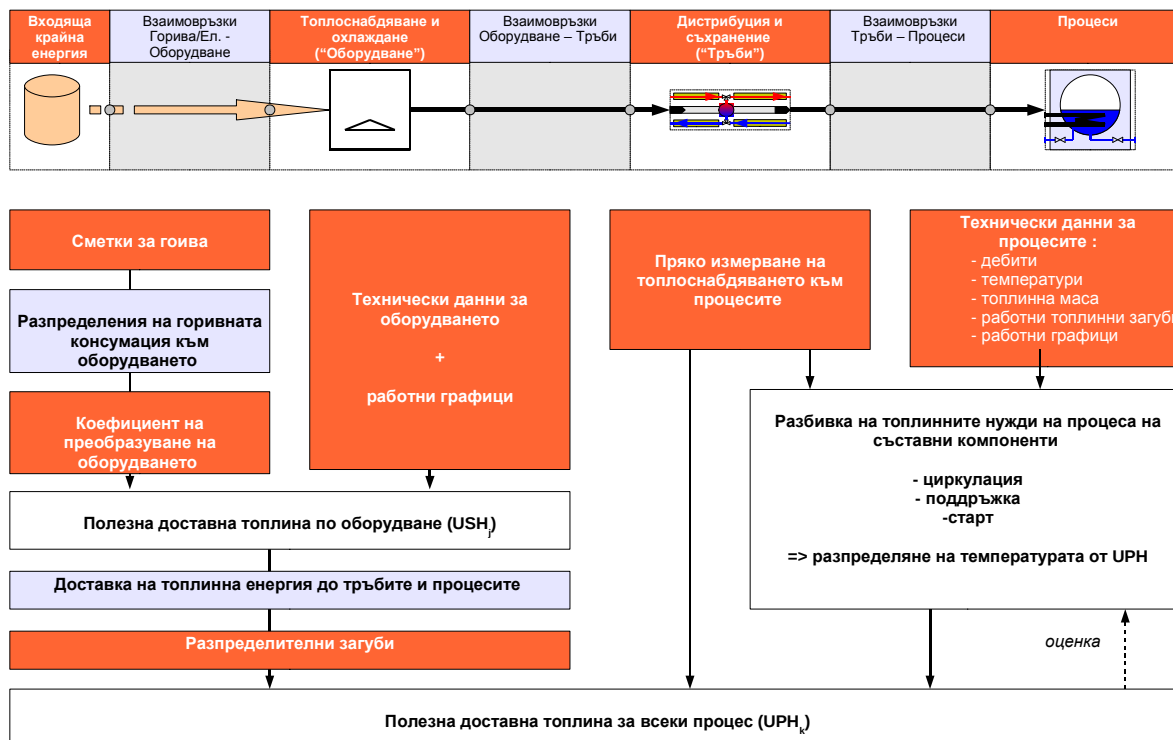
- маса или обем, които трябва да бъдат подгreti или охладени в началото на даден процес, брой операционни цикли или прекъсвания, както и първоначалната температура на оборудването, от която то трябва да бъде подгрято или охладено

- топлинни загуби на оборудването в експлоатация при процесите: необходимото електричество за поддържане на процеса при определена температура. То може да

представлява необходимата електроенергия за компенсиране на топлинните загуби, необходима електроенергия за промяна на фазата на работните флуиди (кипене, изсушаване) или необходима електроенергия за химични реакции. Това често е най-трудната за определяне част, тъй като, например, обикновено коефициентите на топлинните загуби не са известни. Можете да използвате косвена информация, която Ви позволява да направите известни изчисления; например ако знаете, че оборудването се охлажда след някакъв период Δt (например през нощта) от температура на процеса T_P до определена крайна температура T' , можете да предположите съответния коефициент на топлинна загуба; или ако знаете приблизителния размер на оборудването и дебелината на изолацията, можете да се опитате да го изчислите; при процесите за изсушаване разликата между влажността в мокрия и сухия продукт Ви дава идея за това колко топлоенергия трябва да предвидите за изпаряване и др.

Софтуерният инструмент EINSTEIN Ви предоставя помощ при извършването на този вид допълнителни изчисления в някои от най-често срещаните случаи.

- × *данни за оборудването за доставка на топло- и електроенергия:* направете списък на съществуващите инсталации и най-значимите технически данни (вкл. възрастта и запазеността им, за да се реши дали има смисъл да се предлага подмяна); опитайте се да получите най-малко показателна информация не само за номиналната *електроенергия*, а също така и за *енергията* (топлоенергия или за охлаждане), произведена от тези инсталации (часове експлоатация, фактор на частично натоварване), дори и ако е нещо съвсем окачествяващо като „ние я използваме само по няколко часа на ден, тя е основно за резерва“ или „двата котела работят почти винаги на пълна мощност и понякога не ни достига пара...“; и не забравяйте да създадете ясна блок диаграма за това коя инсталация доставя топлоенергия или енергия за охлаждане за определен процес.
- × *данни за разпределението и съхранението на топлоенергия и енергия за охлаждане:* дължина и диаметри на тръбите и тръбопроводите; нива на температура и налягане и скоростта на флуидните потоци; в случаите, когато можете да намерите тази допълнителна информация, тя може да Ви помогне да придобиете по-точна представа за потреблението във фабриката, да определите съхранението на топлоенергия, когато има такова (обем, температура и налягане, изолация).
- × *съществуващи системи за рекулперация на топлината:* определете съществуващите топлообменници за рекулперация на топлина, включително техническите данни и (характерните) реални експлоатационни условия (скорост на флуидните потоци и температура при топлата и студената страна).
- × *възобновяема енергия:* определете наличната площ (покривна или наземна) за възможна употреба на слънчева топлинна енергия (размер, ориентация, статичен капацитет на покрива, разстояние от машинното отделение и / или процесите); оценете запасите от биомаса или биогаз (както остатъчна биомаса от самия производствен процес, така и от други доставчици наблизо); има ли мотивация за употребата на възобновяеми източници на енергия освен възможността за икономически спестявания (напр. допринасяне към опазването на природата, маркетингови аспекти, ...) ?
- × *потребност от топлоенергия и енергия за охлаждане в сгради:* нуждата от топло- и енергия за охлаждане на сгради с някои компании може да представлява важна част от общата потребност; направете списък на съществуващите сгради, използваните системи за отопление и климатизация; температурата и графика за употреба и др.; когато е възможно, изисквайте скици на сградите.
- × *икономически и финансови параметри:* какви са разходите за експлоатация и поддръжка на компанията (в допълнение към сметките за електроенергия); как са финансирани инвестициите в системата за доставяне на енергия (външни, вътрешни източници); какви са изискванията по отношение на възвращаемостта.



Фигура 14: Възможни начини за получаване на информация за нуждите от топлоенергия и енергия за охлаждане на различните процеси

Трябва да имате предвид тези различни пакети данни като списък в главата си (а също така е добре и да ги имате на хартия), за да не напускате фабриката без да сте задали всички уместни въпроси. В повечето случаи, обаче, интервюто не следва Вашия ред (в главата), а обикновено получавате информацията парче по парче и неструктурирана от някой неформален разговор.

За да запазите подредеността, ще Ви бъде от полза да правите записките си по време на посещението във вече структуриран формат, на групи от гореспоменатите пакети данни. По този начин след половин час или един час неформален разговор, в който сте научили много за различните процеси и инсталации, а също така и за роднините на техника по поддръжката и проблемите с конкуренцията, които има собственикът на фабриката, Вие все още ще можете да проследявате и бързо да проверявате дали имате всички необходими данни, или дали (и къде) все още липсва нещо важно.

3.5.2.2 Съвместна разходка

След като придобиете усещането, че сте получили цялата възможна информация в офиса, поканете събеседниците си на разходка сред инсталациите на фабриката. Уверете се, че можете да видите поне най-съществените процеси и оборудване за производство на топлоенергия. Ако е възможно, вземете със себе си цифров фотоапарат и направете снимки, които по-късно ще Ви помогнат да си спомните подробностите.

Използвайте посещението да задълбочите разбирането си за това как се извършват различните процеси и задайте всички въпроси за подробностите, за които не сте помислили по време на разговора в офиса.

Опитайте се да предвидите възможните проблеми, които може да се наложи да се решат за измененията на системите, които вече можете да имате предвид:

- * възможни точки на свързване за нови линии или инсталации за разпределение на топлоенергия или енергия за охлаждане
- * свободно пространство за ново оборудване или съхранение

Ако в офиса сте говорили само с техническия директор, опитайте се да използвате разходката сред инсталациите за контакт с персонала по поддръжката в компанията, който може да Ви даде ценна информация от ежедневната си практика (например, задавайте въпроси като „... *сутринта, когато влязохте във фабриката, каква беше температурата на тази цистерна за съхранение*” и др. ...).

3.5.3 Бърза проверка на място на завършеността и последователността

Ако сте използвали лаптопа си по време на интервюто и сте имали възможността да въведете някои данни в софтуерния инструмент EINSTEIN, можете да използвате опцията „*проверка на последователността*” на програмата EINSTEIN, за да проверите:

- а) ако данните са последователни или има противоречия в информацията, която сте получили (например грешни мерни единици)
- б) ако липсват важни съответни данни (и кои данни), така че можете изрично да попитате за *тези* данни.

Може дори вече да имате достатъчно въведена информация, така че можете да стартирате автоматичната програма за създаване на предложение, което вече Ви дава представа за порядъка на възможните системи за алтернативно снабдяване с енергия (например, ако знаете колко допълнително място за съхранение трябва да имате за дадена система, по време на посещението можете вече да се огледате дали има достатъчно място...).

3.5.4 Измервания по време на посещението

В много производствени процеси общата годишна (и често пъти дори месечна) потребност от енергия става известна въз основа на разходите за комунални услуги на компанията, но потребността не може да бъде свързана с конкретно оборудване или процеси. Все пак, тази информация – поне за някои процеси от особено значение и за основното оборудване за снабдяване с топлоенергия и енергия за охлаждане – е съществена за прилагането на методологията на EINSTEIN.

Всички данни, налични от измерванията на място на самата компания, също могат да помогнат да се анализират подробните енергийни профили, включително потребността от енергия и графиците за налична отпадна топлина. Следователно, важно е да се провери, заедно с компанията, кои данни вече са следени и коя комбинация от множества данни може да бъде използвана за анализирането на енергийните потоци.

В много компании ще са необходими допълнителни измервания, за да се преодолее проблема със съществуващата липса на данни. В зависимост от различните процеси, някои от измерванията могат да бъдат направени по време на първото посещение на компанията. Бързите и лесни измервания за изчисляване на потоците топлоенергия и енергия за охлаждане по време на посещението на компанията включват:

Измервания на температурите

Използването на инфрачервени пистолети за (неизолирани) съдове или тръби може да осигури първата предварителна оценка на температурите по време на експлоатация. В случай че температурата на процеса се променя бързо, могат да се инсталират бързо термодвойки със системи за събиране на данни и да се запишат данните по време на посещението. Приложени върху изолирани съдове или тръби, измерените температури предоставят основа за изчислението на загубите на топлоенергия.

В случай че масовият дебит на тръбите (потоците постъпваща топлоенергия, продукт или енергия за охлаждане) е известен, измерването на потока и температурата на отиване и връщане в тръбите в продължение на няколко часа може вече да осигури достатъчно информация за изчисляване на топлоенергията или енергията за охлаждане, доставяни по тръбата.

Измервания на масовия дебит

Уреди за безконтактни измервания на потоците вода/носител, използващи например принципи за ултразвуково измерване, могат лесно да бъдат монтирани без намеса в процесите. В комбинация с температурните измервания, енергийните потоци могат бързо да бъдат изчислени. Моля, имайте предвид, че краткосрочните измервания (например за няколко часа) Ви дават само ограничена представа за цялото производство, особено ако производствените процеси зависят до голяма степен от времето.

Измерването на енергийните потоци може да бъде извършено както с помощта на първичния продукт на захранването с енергия (гореща вода, кондензат), така и на междинния продукт (междинно измерване в процеса). Обикновено изборът за това зависи от наличността на точки за измерване (достъп до тръбите, изолация, състояние на тръбата, регулировка и др.). един кратък списък на възможните измервания (непълнен) ще даде на потребителя представа за възможните точки за измерване:

1. Измервания от страната на междинния продукт („вторично измерване”):

- * Измерване на *междинния продукт* (вода, въздух, продуктов поток), нагряван по време на процеса
- * Измерване на *прясната вода*, добавяна в даден съд, която е постоянно подгрявана до определена температура (например в измиващите инсталации)

2. Измервания от страната на доставената енергия („първично измерване”):

- × Измервания на линията за доставяне на гореща вода и температурите преди и след топлообменника (за косвено подаване на енергия)
- × Измервания на линията за доставяне на гореща вода и температурата на горещата вода (за пряко подаване на енергия)
- × Измерване на линията за кондензат на един процес (или няколко процеса, ако моделът им на регулиране в такъв, че данните от измерванията могат след това да бъдат определени за всеки процес)
- × Измерване на прясната вода, добавена в системата за подаване на пара (за определяне на енергията, използвана като директен поток)

3.5.5 Програма за измерване за потребителя

Ако забележите, че липсва информация, която не може да бъде получена на момента чрез измервания на място, можете да дадете на компанията малко „домашна работа“:

- × Регистър на температурите, наляганията или броячите на вече съществуващите сензори в няколко периодични интервала време
- × Можете също така да оставите някакъв измервателен уред, който се донесли с Вас и да помолите компанията да отчете измерените стойности през някакъв период.
- × Можете да определите няколко прости „експеримента“, които компанията-потребител може да извърши (например да определи кривите на подгряване и охлаждане на дадено оборудване и др.)

3.5.6 Обсъждане на установеното от посещението

След посещението Вие трябва да предоставите на компанията някаква информация за това какво впечатление сте придобили и какво смятате да направите:

- × Определете и решете заедно с компанията кои от възможните мерки искате да анализирате по-подробно и кои варианти изключвате предварително.
- × Определете някакъв график за бъдещите стъпки: краен срок за предоставянето на допълнителна информация от компанията; краен срок за предоставяне на доклада от одита.

EINSTEIN Стъпка 5: Одит на място със съвместна разходка

> представяне на компанията на бързото и

> провеждане на интервюта и

> бърза проверка на новите данни

> извършване на измервания

> определяне на програма за

> обсъждане на установените

3.6 Анализ на съществуващото положение

3.6.1 Проверка на последователността и пълнотата на данните

Систематичният анализ на съществуващото положение е отправната точка за по-нататъшното определяне на възможностите за пестене на енергия за една компания. Въпреки това, разбивката на общото потребление на енергия на различни компоненти и определянето на главните енергийни потоци, източници и отводни тръби обикновено изисква набирането на доста голям обем данни. Освен количеството, точността и последователността на наличните данни влияят до голяма степен върху надеждността на предвидените алтернативни решения.

Както вече беше споменато в предишния раздел, често пъти има няколко начина да се определи една и съща информация. Ето няколко примера (вж. също и Фигура 20):

- * **разходът на гориво** в една компания може да бъде даден директно под формата на енергия или може да бъде наличен под формата на количество изразходено гориво (в m^3 , литри и др.), в който случай можете да изчислите потреблението на енергия с помощта на ниската калорийна стойност на горивото.
- * **топлоенергията**, произведена от котела за гореща вода, може да бъде определена от една страна от изразходеното гориво и от друга от количеството използвана гореща вода; освен това, може да има и измервателно устройство за топлоенергия, измерващо директно доставената топлоенергия в изходящата от котела тръба.

При събирането на данни за настоящето състояние (настояща потребност от енергия и др.) можете да се сблъскате – и да се наложи да решите – единия или двата следни проблема:

- * **Изобилие** от информация и възможни *несъответствия* в данните: Изобилието от данни е налице ако, както в примерите по-горе, имате два или повече различни начина да определите или изчислите един и същ параметър. Ако различните начини водят до един и същ резултат, това е добре за Вас: това просто Ви дава по-голяма увереност, че получената стойност е правилната. В обратния случай, обаче, ако различните начини за изчисление на някоя стойност водят до различни резултати, тогава сте изправени пред проблема на подбора (кой е верният, кой е грешният?) и – каквото и да решите – в резултат на несигурността Вие можете да се усъмните във всеки един от тях.
- * **Липса на информация.** Подробната информация, която бихте искали да имате за подробни изчисления, може да не бъде налична. Например, може да знаете общата потребност от топлоенергия (изчислена от изразходването на горивото) и това на най-енергоемкия процес, но може да нямате информация за това как оставащата потребност се разделя между два други по-малки процеса.

Проверката на изобилието от информация и пълнотата в една комплексна система може да се окаже една доста продължителна задача. Най-общо Вие имате следните инструменти за извършването на тази задача:

а) *математически и физични отношения* между различните количества, изведени от основните физични закони (запазване на енергията, втори закон на термодинамиката) и *физични свойства* на материалите.

- * **енергийно равновесие и равновесие на масата** в инсталации и подсистеми (входящо количество = изходящо количество + загуби). Параметрите на ефективност или коефициентите на масов дебит в много случаи трябва да бъдат между 0 и 1 поради законите за запазване на енергията.
- * **ограничения на втория закон:** топлината се движи само от топло към студено. Това може да Ви помогне да определите най-малката и най-голямата възможна стойност за определени количества (например температури).

- × *физични свойства на материалите*, особено свойствата на флуиди и горива. Например: енергията, пренесена от флуид, е свързана с масовия дебит и разликата в специфичната енталпия при движението му напред и обратно, която зависи от специфичния топлинен капацитет и частта на парата в микса от вода и пара и латентната топлина от изпарението (в случая на промяна в агрегатното състояние).
- × *времето на експлоатация* на процесите и оборудването е ограничено от продължителността на деня (24 часа) и годината (8760 часа) и от определените празнични периоди и почивните дни.

б) *инженерни знания* за характерните стойности или практическите граници за определени количества:

- × *математически изразена, ефективността* на един котел трябва да бъде между 0 и 1 (или между 0 нещо като 1,1, ако за референтна стойност се използва ниско калорийната такава). Но на практика ще бъде много необичайно да се открие котел с лоша ефективност от порядъка на 0,1, а също така стойността 0,999 на практика може никога да не бъде достигната. Така че, стойност от порядъка на 0,7 ... 0,95 може да се счита за практическа граница за некондензните котли. Подобни основания могат да се приложат за разпределението на ефективността на тръби и тръбопроводи.
- × *температурните спадове* в топлообменниците (логаритмична средна температурна разлика – ЛСТР) на теория (съгласно втория закон на термодинамиката) трябва да бъдат по-големи от 0 K. Но в *инженерната практика* границата е дори по-голяма, от порядъка на 3 – 5 K за топлообменници с потоци течност-течност, и от порядъка на 10 K за топлообменници течност-въздух и въздух-въздух. Подобни аргументи могат да се приложат за разлики между температурите при протичане напред и обратно във флуидните вериги: никой не може да проектира верига с флуид, пренасящ топлоенергия при такъв голям масов дебит, че да има само 0,1 K разлика между потока напред и обратния поток. Практическите граници тук също могат да бъдат от порядъка на 1 - 2 K.
- × *топлинните загуби* на някои от инсталациите за процесите е трудно да бъдат определени с точност. Въпреки това, съществува някаква горна граница, определена от общата площ на повърхността на инсталацията (която може да бъде изчислена лесно от размера) и факта, че общият пренос на топлина (радиация + естествена конвекция) от всяко едно неизолирано тяло и при не толкова висока температура (под 100 °C) е по-малък от около 8 W/m²K на закрито и 20 W/m²K на открито (вкл. при вятър), ако няма допълнителни загуби поради промяна в агрегатното състояние или химични реакции (например завиране ...).
- × *времето за подгряване или пълнене/изпразване* на някоя от инсталациите за процесите рядко ще бъде повече от 50 % от общата продължителност на партидното производство при процеси за производство на партии или повече от 2 – 3 часа за непрекъснати процеси, които се спират през нощта.

Докато математическите граници дават твърда и ясно определена преценка (да/не) за това дали някоя стойност на параметъра (в контекста на цяло множество данни) е възможна или не, границите от инженерните знания са разсеяни в известна степен. За тези инженерни ограничения в АИНЦАЙН ние разграничаваме:

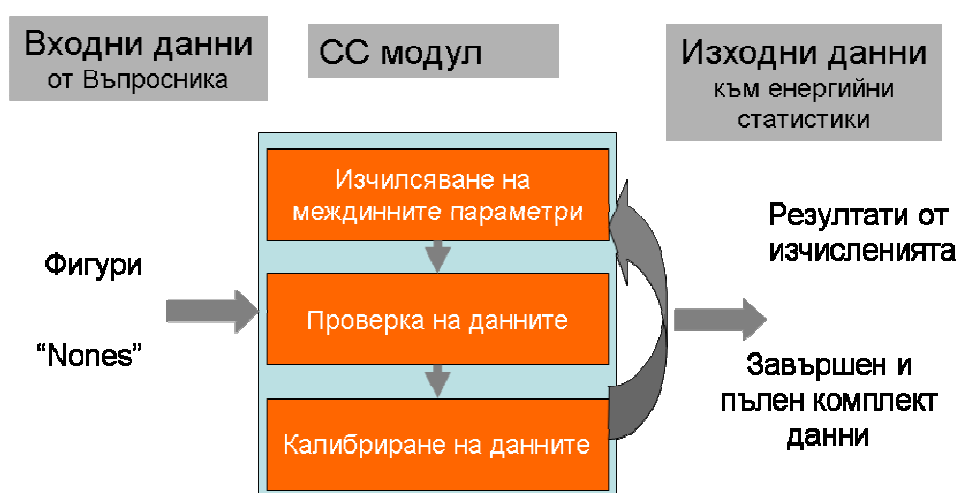
- × *практически гранични стойности*: това е широкият диапазон от възможни стойности (от инженерна гледна точка), който включва 99,9 % от случаите в практиката.
- × *диапазон от типични стойности*: това е един доста по-малък диапазон от стойности, който е в сила за около 90% от случаите в практиката (но трябва да се има предвид, че може да има 10 % ситуации *извън* този диапазон).

Основната проверка на последователността на данните в EINSTEIN се разбира като проверка дали множеството данни на определена компания следва *математическите и физични отношения* и отговаря на *практическите гранични стойности*, определени от инженерните познания.

С помощта на програмния инструмент EINSTEIN тази основна проверка на последователността на данните може да се извърши автоматично. Ако има някакво несъответствие между представеното множество данни и определените граници, данните ще бъдат автоматично коригирани и ще се генерира списък от съобщения за грешки.

В допълнение, основната проверка на последователността на данните с програмния инструмент EINSTEIN *попълва* всички данни, които не са изрично попълнени във въпросника, но могат да бъдат изчислени от техните корелации и ограничения.

Проверка за пълнота на данните



Фигура 15: Схема на процедурата за основна проверка на последователността на данните в софтуерния инструмент EINSTEIN. С „Nones“ са обозначени неизвестните данни (празни кутийки).

3.6.2 Събиране на липсваща информация

Количеството информация и нивото на точност, необходими за един енергиен одит, зависят от задълбочеността на енергийния одит. За целите на предварителните оценки (бързи и приблизителни проучвания) необходимата информация е по-малко, докато за един подробен анализ трябва да се вземат предвид голям брой параметри.

Въпреки това, в много случаи не всички цифри, които са необходими на теория, могат лесно да се установят. Понякога, особено при малки компании, дори най-основните данни могат да се окажат трудни за набиране и следователно след основната проверка на последователността и завършеността им все още може да има пропуски в множествата данни, или данните могат да бъдат определени само с много ниска степен на точност.

Ако случаят е такъв, за все още неизвестните параметри можем да използваме, това, което нарекохме *диапазон от типични стойности*, определен от нашите инженерни познания. С помощта на тези „типични стойности“ ние ще можем също така да попълним повечето от пропуските, които все още съществуват, но трябва да имаме предвид, че използвайки тези *приблизителни оценки*, ние правим *предположения*, които не винаги трябва да съвпадат с реалността.

Така че, когато правим това, ние трябва ясно да го отразим и подчертаем в докладите, които създаваме:

„заключения, които са валидни само при презумпции А, Б и В ...”

Също така, когато е възможно, ние трябва да потвърждаваме, поне впоследствие, дали предположенията, които сме направил, са били правилни или не.

Ако дори при всичките Ви инженерни знания все още не можете да получите поне приблизителни стойности на основните данни, които са абсолютно необходими за Вашия анализ, можете да направите две неща:

а) да се обадите на компанията и да им кажете, че с малкото информация, която имате, е абсолютно невъзможно да направите някакво разумно предложение.

б) да направите някакви хипотези или сценарии за липсващата информация: просто предположете някакви цифри, които поне изглеждат разумни. Можете да се опитате да уловите граничните случаи: един сценарий, който е много добър (за системата, която искате да предложите), един много лош, и един помежду им.

Това понякога е по-добре от нищо, но всички гореспоменати съвети в този случай трябва да се споменат отново, и още повече да бъдат подчертани с **по-тъмен шрифт**.

Количество и точност на данните, необходими за различните нива на анализ

Методологията на EINSTEIN различава три нива на анализ с нарастваща степен на подробност и точност:

× **1 ниво: Бърз и приблизителен анализ**

За бързия и приблизителен анализ е достатъчно да се знае с определена минимална сигурност⁴ потреблението на енергия и основното температурно ниво (температура на процеса) на най-енергоемките процеси в компанията.

× **2 ниво: стандартно ниво на анализ на EINSTEIN**

За стандартното ниво на анализ на EINSTEIN трябва да се знаят с минимална степен на точност поне следните параметри:

- потреблението на енергия от основните енергоемки процеси и нейният разпад при необходимостта от топлоенергия и енергия за охлаждане за циркулация, поддръжка и стартиране

- всички температурни нива (на входа, при обработката, на изхода) и часове на експлоатация за тези процеси и съответното оборудване за подаване на топлоенергия и енергия за охлаждане

- потоците отпадна топлина от основните енергоемки процеси

× **3 ниво: подробен анализ**

За подробното ниво на анализ трябва да имате в наличност пълния набор информация с необходимата точност, предоставен от основния въпросник за анализ.

Точността на наличните данни, както от гледна точка на качеството, по отношение нивото на надеждност (дали им се доверявате или не) и от гледна точка на количеството, по отношение границата на грешката ($\pm$ ху %), зависи до голяма степен от следните фактори:

⁴ За минимум точност ние считаме граница на грешката по-малка от ± 50 % !

- × *Източника на информация.* Понякога в големите компании стойностите на енергийното потребление се измерват пряко от точни измервателни уреди и се съхраняват в сложни системи за управление на енергията, докато, от другата страна, малките компании често узнават само средните експлоатационни условия на инсталациите и глобалното енергийно потребление от сметките за комунални услуги. Данните от една година или дори от един-единствен месец не могат да бъдат представителни за средното потребление в бъдеще.
- × *Процедурата за набиране на данни.* Грешки лесно могат да възникнат при попълване на листа с данните или при преписване на цифри, при въвеждане на данни в изчислителния инструмент и др. (например, правилно ли въведохте/въведе компанията данните във въпросника? Може ли да сте объркали мерните единици? Компанията ли попълни въпросника или Вие ѝ помогнахте? и др.).
- × *Степента на подробност.* Колкото по-дълбоко е нивото на анализа, толкова по-подробни и конкретни са необходимите данни и следователно рискът да се получат по-неточни стойности е по-голям (например, необходими ли са Ви годишни стойности? Или почасови? Интересува ли Ви цялостното енергийно потребление? Или разбивката по отделните процеси? и т.н.).

Ако има някакъв параметър, в чиято валидност се съмнявате, трябва да го подчертаете в доклада, по същия начин, както е показано по-горе за приблизителните стойности и за стойностите, определени чрез допускания във Вашите сценарии.

3.6.3 Подробна разбивка на потреблението

Разбивката на енергийното потребление по процеси, инсталации, гориво и температурно ниво е много важна, за да вземем предвид всички аспекти, свързани с употребата на енергия в анализирания бранш. Произтичащата от нея статистическа информация за настоящето състояние е отправна точка за решения за прилагането на енергоспестяващи мерки и технологии.

Цялостното потребление на енергия позволява бързото ориентиране на одитора по отношение нормата на енергийно потребление и възможностите (предварително) за енергоспестяване, в сравнение с наличните референтни данни за индустриалния сектор (еталони). Когато различните алтернативни предложения за енергийно ефективни подобрения бъдат взети предвид, се използват настоящата енергийна потребност и нейния състав като еталон за анализиране на ефекта от предложените мерки за подобрение.

Тук по-долу е очертана най-важната енергийна статистика и е коментирана употребата на данните.

- × *Разбивка на енергийното потребление по процеси, инсталации и вид гориво:* Разглежда главните енергоемки процеси, оборудване и видове горива, допринасящи най-много за високите сметки за комунални услуги. Усилията за подобрение, насочени към тях, ще имат най-голямо влияние.
- × *Анализ на енергийното потребление по температурни нива.* Позволява оценката на потенциала за рекулперация на отпадна топлина и прилагането на ефективни нискотемпературни технологии като слънчева енергия, топлинни помпи, охлаждаща вода от комбинирани топло- и електроенергийни двигатели и др.
- × *Анализ на влиянието на енергийното потребление по отношение на първичното енергийно потребление, CO₂ - и други емисии:* позволява оценката на влиянието на бранша върху околната среда.
- × *Разбивка по специфични коефициенти на енергийно потребление:* енергоемкост (ЕЕ) и специфично енергийно потребление (СЕП): позволява сравнението с референтни еталонни данни и поставяне на реалистични цели на енергийно потребление.

Енергийната статистика (разбивки) в различни времеви мащаби е много полезна за придобиване на допълнително разбиране на процесите:

- × *Годишните данни* показват основните енергоемки процеси, инсталации и видове енергия и дават общи насоки за това накъде трябва да са насочени на първо място мерките за енергийна ефективност.
- × *Месечните данни* са необходими за отчитане на зависимите от сезоните или температурата на околната среда изменения в потреблението (като отопляване на помещения, процеси по изсушаване, сезонни изменения на производството, както например в хранително-вкусовата промишленост, ...) и в доставките (например системи със слънчева енергия) и се изискват за оценката на осъществимостта на конкретни технологии.
- × *Почасовите данни* за потреблението и доставянето на топлоенергия са важни за определянето на върховото потребление на електроенергия, анализа на възможностите за рекулперация на отпадна топлина и особено за определяне на изискванията за натрупване на топлоенергия и енергия за охлаждане.

Всички тези разбивки на енергопотреблението на компаниите могат да бъдат създадени автоматично с помощта на софтуерния инструмент EINSTEIN, както за настоящето състояние на бранша, така и за бъдещите сценарии, предвид различните алтернативни предложения.

3.6.4 Анализ на действителната експлоатация на съществуващото оборудване

Техническите данни за инсталациите са много важни за оценяването на работата на енергийната система. Най-уместните параметри на работата ѝ са ефективността на преобразуване на енергията и капацитета на отопление/охлаждане.

В повечето случаи единствената достъпна информация за тези данни са номиналните стойности, предоставени в техническите спецификации на производителя на оборудването или данните, предоставени върху самите инсталации.

Въпреки всичко, действителната ефективност на оборудването може да бъде доста различна от тези данни поради замърсяване и повреди, или екстремни условия на експлоатация в конкретни приложения, както и редица други фактори. Следователно, когато наличните данни позволяват това, може да се окаже интересно да се сравни действителната ефективност на инсталациите с данните за номиналната ефективност.

Една от възможностите за оценка на действителната ефективност е измерването на входящия и изходящия поток. Например, ако разходът на гориво и производството на топлоенергия на един котел са установени с измервания, средната ефективност на преобразуване може да се определи чрез изчисление.

За инсталации с вътрешно горене, измерванията на отработените газове са друг начин да получим информация за ефективността на преобразуване на оборудването, тъй като топлината, съдържаща се в отработените газове и непълното изгаряне са доминиращи фактори за загубите при преобразуването на енергия.

Ако има налични данни от измервания, необходимите изчисления се извършват автоматично от софтуерния инструмент EINSTEIN, а в случай на съществени различия между номиналната и действителната ефективност на оборудването, съответните предупредителни съобщения ще уведомят одитора за това.

3.6.5 Сравнение с еталони

3.6.5.1 Какво представлява сравнителният анализ?

Сравнителният анализ¹ се отнася до структуриран процес на сравнение и анализиране на бизнес практиката, за да се подобрят бизнес процесите чрез определяне, споделяне и използване на най-

добрите практики. Целта на сравнителния анализ е да позволи оценката на енергийната ефективност на една компания по отношение на определени еталони или цели.

В EINSTEIN се използват следните еталонни стойности:

- × *Еталон* е диапазонът, определен от минимална и максимална стойност ($E_{\min}$, $E_{\max}$), който описва настоящето потребление на енергия на съществуващите индустрии в даден сектор.
- × *Цел* е целевата стойност ($E_{\text{цел}}$) за енергоемкостта или специфичното потребление на енергия, която може да бъде постигната, ако се използват най-добрите налични икономически осъществими технологии. Ако няма дадени изрични целеви стойности, се предполага, че индустриите с добри практики са тези с енергийно потребление в долните 10 % от диапазона между $E_{\min}$ and $E_{\max}$.
- × *Добри практики*² са документираните стратегии и тактики, използвани от успешните компании. Те могат да бъдат определени от задълбочени интервюта с енергийни мениджъри, щателно преглеждане на документите на компаниите, анализ на литературата и вторични източници.

3.6.5.2 Класификация на индикаторите по еталонно количество

При сравнителния анализ с EINSTEIN систематично се използват три вида еталонни коефициенти в зависимост от количеството, използвано като еталон:

- × *Енергоемкост*: Под енергоемкост разбираме енергийното потребление за парична стойност от продукта. Стойността на продукта може да бъде изразена както чрез оборота (продажната цена), така и чрез производствената себестойност (приблизително продажната цена минус промишлената печалба). Ако не е изрично упоменато, се използва оборотът (продажната цена). Тъй като тези еталони се изразяват в парични единици, валутата и годината на данните трябва да бъдат ясно посочени.
- × *Специфично енергийно потребление за единица продукт*. Специфичното енергийно потребление за количество продукт е енергийното потребление, свързано с анализираната производствена линия, по отношение количеството продукт, произведен него (измерено в единици, тонове, литри и др.; например, общото енергийно потребление за кг концентриран сок, енергийно потребление за литър химичен продукт и др.).⁵
- × *Специфично енергийно потребление за междинни продукти в даден етап на производствения процес*: Освен коефициентите за крайни продукти, коефициентите за енергийно потребление за определен етап на производствения процес също представляват интерес. Специфичното енергийно потребление за количество обработен междинен продукт е енергийното потребление, свързано с етапа на производствения процес по отношение количеството продукт (измерено в единици, тонове, литри и др.; например, енергийното потребление за кг или литър дестилиран разтвор). Когато се намерят тези съотношения, се споменава еталонната база (например при процес за изсушаване енергийното потребление може да бъде изразено за кг мокър продукт или кг сух продукт, което може да доведе до много различни числови стойности).

3.6.5.3 Класификация по видове енергия

- × *Електричество и горива*: В модула за сравнителен анализ данните за енергийното потребление се класифицират като електроенергия и топлоенергия, тъй като тези данни по-лесно се намират на практика (от сметките за електричество и горива на една компания) отколкото разграничението на енергията употребена за топлинни от тази за не-топлинни нужди.

⁵ Общото енергийно потребление в компанията, което не може да бъде свързано с дадена производствена линия или продукт, трябва да бъде отчетено пропорционално по отношение стойността на даден продукт в общия оборот.

- × *Общо крайно енергийно потребление:* Данните за общото крайно енергийно потребление се получават като се съберат крайната енергия, съдържаща се в електроенергията и крайната енергия, съдържаща се в горивата.
- × *Общо първично енергийно потребление:* Общото енергийно потребление на първична енергия. Този параметър трябва да се използва когато е наличен за глобално между-фирмено сравнение.

3.6.5.4 Процедура за сравнителен анализ в EINSTEIN

Сравнението на енергийната ефективност на една компания се извършва като се сравнява действителната стойност на конкретен индикатор I (например специфично енергийно потребление за тон продукт) с еталонна цел $E_{\text{цел}}$, която се основава на определена структура на сектора. Това означава, че и действителният I , и еталонният $E_{\text{цел}}$ са повлияни по подобен начин от промените в структурата на сектора.

Еталонната цел $E_{\text{цел}}$ се определя както е посочено по-горе. Разликата между действителния I и еталонния $E_{\text{цел}}$ се използва като мярка за енергийна ефективност, тъй като тя показва какво ниво на енергийна ефективност би постигнала Вашата компания, когато в технологиите на завода се използват най-добрите практики. Колкото по-малка е разликата, толкова по-добра е енергийната ефективност. Съотношението между действителния I и еталонния $E_{\text{цел}}$ (наричано индекс на енергийна ефективност EEI ; Eq. 3.1) може да бъде сравнявано между различните компании.

$$EEI = \frac{I}{B_{\text{tar}}} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

където I е специфичният индикатор на енергийно потребление, а $E_{\text{цел}}$ е стойността на целевия еталон.

Ако в един сектор се използват само най-добрите заводски технологии, EEI би се равнявало на 100. EEI със стойност 105 означава, че I е средно с 5 % по-висок от еталонното ниво, така че 5 % от енергията може да бъде спестена при дадена структура на процес като се осъществи технология на еталонно ниво.

3.6.5.5 Източници на данни за еталони

Някои данни за еталоните са подбрани от съществуващи референтни документи на BAT (BREFs) и друга литература и източници, за да се оформи база за определяне на индикатори и еталони/цели и могат да се намерят във фабричната база данни на софтуерния инструмент EINSTEIN. За всеки еталон в тази база данни е посочен неговият източник.

Еталони могат също така да се намерят и в литературата за *индустриалните сектори или подсектори*, за определени *продукти*, или за определени *етапи на производствения процес*.

а) класификация по индустриален сектор и подсектор

Фабричната база данни на EINSTEIN включва някои еталони за следните индустриални сектори, определени от техния код по NACE. В бъдеще могат да бъдат включени други сектори или могат да бъдат добавени от потребителя.

б) класификация по етапи на производствения процес

В индустриалното производство на стоки [етапът на производствения процес](#) е основна стъпка в него. Например, при обработката на прясно мляко, [хомогенизацията](#), [пастьоризацията](#), охлаждането и [пакетирането](#) са етапи в производствения процес, които са взаимосвързани, за да създадат цялостния работен процес. Един процес може да има множество етапи, за да се получи желаният продукт.

Използвана литература:

- [1] Референтни документи на BAT (BREFs) за различни индустриални сектори са публикувани от Европейския съюз на <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [2] Vannoni et al. (2008): Редакция на Практиката и инструментите за енергиен одит. IEE Проект EINSTEIN, Deliverable D2.2. 2008. Налично на www.einstein-energy.net

EINSTEIN Стъпка 6: Анализ на съществуващото положение

> проверка за последователността на данните

> приблизителна оценка и/или събиране на липсващата информация

> разбивка на потреблението

> действителна ефективност на оборудването

> сравнение с еталони

3.7 Концептуален дизайн на възможностите за пестене на енергия и планирани енергийни цели

Както вече подчертахме в част 1.3, систематичния анализ на потенциала за енергоспестяване изисква следните етапи:

- × Намаляване топлинните и охладителни нужди за процеса чрез неговата оптимизация
- × Намаляване на нужното топлоснабдяване и охлаждане чрез възстановяване на топлината и работната и интеграция
- × Ко-генерация и поли генерация
- × Снабдяване на оставащите нужди от отопление и охлаждане чрез енергийно ефективни технологии, доколкото е възможно използвайки възобновяеми енергийни източници

Като първа стъпка трябва да се направи дизайн и оразмеряване на алтернативните топлоснабдителна и охладителна системи. Трябва да бъдат разработени различни алтернативи и след това в последващите етапи да бъдат сравнени техните енергетически и икономически показатели, за да се избере оптималното решение.

Анализът на нуждите от отопление и охлаждане и потенциала за топлинно възстановяване/работна интеграция позволява да се приоритизират енергийни цели, които могат да бъдат използвани за сравнение при изчисляването на производителността на реалната система.



Фигура 16: Стъпки при създаването и оценяването на алтернативни предложения (стъпки от EINSTEIN одита 7 – 9).

3.7.1 Списък с препоръки за потенциалните енергийни спестявания

След като информацията за енергийните нужди е събрана и документирана, първата стъпка след анализа и сравнението с други решения е да се покаже на потребителя възможностите за енерго-спестяващи мерки, чрез които работния процес да се подобри.

Съществуват много наръчници и доклади на казуси в областта на енергийна ефективност, които показват различни мерки от страна на намаляване на изискванията, целящи пестене на енергия. В доклада по EINSTEIN „*Energy Auditing Practices and Tools [Vannoni et al. 2008]*” са събрани голям брой ценни документи по темата. В този доклад мерките са сортирани по сектори, както и по топлоснабдителни и охладителни технологии, за да се даде по детайлен поглед върху възможностите за спестяване на енергия.

Приложените действия в домакинствата за енергиен мениджмънт, се правят регулярно на повече от една година. Следните са някои от по-типичните възможности за пестене на енергия:

- Настройте и затегнете връзките между амортизьорите, особено външните въздушни амортизьори, многозоналните амортизьори и байпасите
- Проверете и настройте моторните задвижвания на вентилатори и помпи за опъване на ремъка и привеждане в съответствие на съединителя
- Премахнете въздушните филтри на системите, за да предотвратите затрудненията на въздушния поток
- Изключвайте отдушниците и въздухоотводните системи, когато не са необходими
- Изключвайте осветлението и друго оборудване, произвеждащо топлина, когато не се ползват
- Проверете и калиброваште контролните уреди, като термостати в стаите, контролери за температурата на въздуха и водата, също и сверете настройките на таймерите
- Сменете повредена или липсваща изолация на тръбопроводната и каналната система
- Сменете или поправете повредени или течащи тръби във въздушните системи
- Почистете повърхността на топлообменниците, загряващите уреди и калориферите
- Обмислете правила за ползване на сградното пространство целящи да се намали навлизането на външен въздух
- Настройте минимална и максимална температура за отопление и охлаждане и пренастройте съответните контролиращи устройства
- Настройте нивата на въздушните потоци да подхождат на употребата на сградната площ

Допълнителна литература:

C.Vannoni et al. (2008): EINSTEIN Report: *Review of Thermal Energy Auditing Practices and Tools*. IEE Project EINSTEIN, Project deliverable D2.2. Available for download on www.einstein-energy.net

3.7.2 Оптимизация на процесите: списък от ефективни технологии за специфичните единични операции, възможности за спестявания от страна на търсенето

3.7.2.1 Оптимизация на процесите в производството

EINSTEIN Стъпка 8: Енергетично изчисление на производителността и анализ на околната среда

> Бързо изчисление

> симулация на системата със специфичен външен софтуер

> Енергетична оценка и анализ на околната среда

Следваща по-задълбочена стъпка е да се анализират възможностите за намаляване на енергийните нужди на всеки процес. Всеки обработващ механизъм може да бъде оценен за ефективност. Възможни мерки за подобрене на процесите са:

- Промяна на използваната технология
- Подобрене на процеса с по-добра регулация

Съществуват много литературни източници, които описват енергийно ефективни мерки за различните сектори и непрекъснато продължава тяхното развитие от инженери, оператори, технологични доставчици и изследователи. Европейският Съюз е съставил документи за всеки сектор, които обобщава *най-добрите налични техники*⁶ целящи –освен всичко – ефективно енергопотребление.

Тези BAT референтни документи (BREFs) за различните сектори са публикувани от Европейския Съюз на <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>. От особен интерес в рамките на този проект за докладите на BREF върху:

A. Енергийна ефективност:

- Integrated Pollution Prevention and Control, Draft Reference Document on Energy Efficiency Techniques, June 2008

6

As defined in the in the [Article 2.11](#) of the IPPC Directive “best available techniques” shall mean the most effective and advanced stage in the development of activities and their methods of operation which indicate the practical suitability of particular techniques for providing in principle the basis for emission limit values designed to prevent and, where that is not practicable, generally to reduce emissions and the impact on the environment as a whole. “Techniques” shall include both the technology used and the way in which the installation is designed, built, maintained, operated and decommissioned; “available” techniques shall mean those developed on a scale which allows implementation in the relevant industrial sector, under economically and technically viable conditions, taking into consideration the costs and advantages, whether or not the techniques are used or produced inside the Member State in question, as long as they are reasonably accessible to the operator; “best” shall mean most effective in achieving a high general level of protection of the environment as a whole.

В. Топлоснабдителни и охладителни системи:

- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems, December 2001
- Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants, July 2006

С. Хранителна промишленост:

- Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries, August 2006

Както е посочено по-горе има още много други наръчници и доклади за енергийната ефективност, които показват възможности за различни мерки за спестявания от страна на търсенето. Голям списък от документи по темата е изложен в доклада EINSTEIN D.2.2 *Практики и инструменти за енергийни одити*. В този документ мерките са описани по сектори, както и по отоплителни и охлаждащи технологии, за да се даде структуриран поглед за възможностите за спестяване.

В рамките на IEA задача 33/IV за *Слънчева светлина за индустриални процеси* е създадена матрица от индикатори, която служи като инструмент, който систематично добавя работната инженерна и енергетична информация от индустриалните сектори с потенциал за приложение на слънчеви топлинни системи. Целта бе да се проектира поддържаща система за избор, която предоставя на потребителя голяма информационна база данни за всички важни стъпки, които трябва да бъдат направени, когато се планира слънчева отоплителна система за индустриални процеси. Тези стъпки включват преглед на процесите, важни параметри на енергоснабдителните операции, сравнителна информация за енергийната консумация, **конкурентни технологии**, хидравлични схеми за слънчева интеграция и примери за успешни проекти. В рамките на частта конкурентни технологии от матрицата са изброени енергийно ефективни технологии за различните операции.

Инструментариумът на EINSTEIN надгражда над тези съществуващи информационни източници (частично набавени в рамките на проекта EINSTEIN). Интегрирана е база данни в инструментариума на EINSTEINm където потребителят може да търси :

а) Стандартни енергоспестяващи мерки.

б) Специфични енергоспестяващи мерки, документирани за различните операции, приложени за различната работна система.

Структурата базирана на работни операции и свързана по важност към различни сектори позволява преглеждане на базата данни за специфични технологии и методологии които ще подобрят отделните операции, или за енергоспестяващи мерки, които да се приложат за дадена операция. Таблица 5 дава примерна информация показващи структурата на базата данни (без да се споменават реалните места, където тези технологии са приложени на практика).

Таблица 9: Примерна информация от базата данни на EINSTEIN за общи енерго-спестяващи мерки и най-добри налични технологии в хранителната промишленост

UNIT OPERATION	TYPICAL PROCESS	TECHNOLOGY	ENERGY EFFICIENCY MEASURE
01-CLEANING	0101-Cleaning of bottles and case	General measures	Install heat exchangers to recover thermal energy from condensate in its bottle washing section and fuel oil heater condensate
01-CLEANING	0101-Cleaning of bottles and case Methodology		Cascaded use of wash water
01-CLEANING	0103-Cleaning of production halls	General measures	Low temperature detergents in washing: Use of final rinsing water for pre-rinsing, intermediate rinsing or the preparation of cleaning solution (often used in CIP systems); turbidity detectors can optimize the reuse of water
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Flash pasteurization	Reuse pasteurizing overflow water
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	Use store heat / solar heat for heating system for start up
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	High efficiency pumps, VS drives
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	Preheat incoming containers (ambient air, solar)
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	Local generation of hot water
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	Use of hot water instead of steam (no distribution losses, no HEX losses etc.)
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	Insulating high temperature zones of unit
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	Thinner glass / more conductive materials lower the driving temperature (temp drop across glass now: 5-15°C)
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	Even heating/cooling increase heat transfer and shorten process times
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	Immersion, spraying from below, or other heat transfer systems may increase internal convection and allow process time to be shorter
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	Aiming at very little temperature increase of containers leaving the unit (normally +20°C compared to entrance temp)
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Tunnel pasteurization	Evaporatively cooled water, absorption or ejector cooling with waste heat or other strategies may be used for cooling, if necessary
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Microwave pasteurization	Reuse pasteurizing overflow water
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Mechanical pasteurisation	Possible use in conjunction with heat recovery or at variable basis to achieve specified temperatures where variable heat sources are available or flow rates vary. Efficiency at 90% (conversion from electricity). Power from cogeneration can enhance economic/ecological performance. Reducing pressure drop over filters is decisive. Strategies using centrifuges
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Irridation for pasteurisation	
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Ultrasonic pasteurisation	
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Ultraviolet radiation for sterilization	
05-PASTEURISATION	0501-Pasteurization	Microfiltration for sterilization and clarification	
07-COOKING	0701-Cooking and boiling	General measures	Use of vapour condensers in wort boiling to collect hot water from condensate
07-COOKING	0701-Cooking and boiling	Wort boiling with mechanical vapour recompression	
07-COOKING	0701-Cooking and boiling	Wort boiling with thermal vapour recompression	
07-COOKING	0701-Cooking and boiling	Steineker Merlin wort boiling system	
07-COOKING	0701-Cooking and boiling	Brewing at high specific gravity	

Идеята на базата данни е да обобщи най-добрите налични технологии и възможности за оптимизация на процеси за различните операции от различни сектори. Това позволява на потребителя да научи какви решения са приложени в други сектори за подобни инженерни проблеми.

За по-подробна информация относно предложени технологии и мерки за енергийна ефективност може да видите на линка на *Wiki Web* относно *Енергийната Ефективност*. На него е публикувана *Матрица на индикаторите за индустриалния процес* (разработена за IEA Task 33/IV) и са включени секции за конкурентни технологии и най-добри практики, които непрекъснато се обновяват.

Инструменти на модула за оптимизация на процеси

- ✱ База данни с най-добрите налични технологии и мерки за оптимизация на процеси за различни операции
- ✱ Идентификационен инструмент показващ възможностите за оптимизация на технологиите и оборудването за всеки процес

3.7.2.2 Намаляване на изискванията в сградите

Основните мерки за енергоспестяване в сградите могат да се разделят на НАЧАЛНИ и АКТИВНИ (виж Фиг.23).



Фиг. 23: Две нива на мерки за подобрения – Начални и Активни водят към енергийна ефективност и добра среда за обитание (Допълнителна информация: AEE INTEC)

В зависимост от местоположението на сградите, дали са в топла, умерена или студена климатична зона (считано по най-ниската и средната външна температура по време на отоплителния период; средната и най-високата температура през лятото и слънчевата радиация) могат да се предложат шест основни мерки в областта на отоплението и охлаждането на сградите. (предложени мерки за климатичните зони в Европа [Knotzer и Geier, 2010].

Пълна външна изолация

При всеки климат има нужда от изолация на сградите; широчината на слоя варира от 5 cm в Южна до 40 cm в Северна Европа. Преди да се направи изолацията е много важно да се проучат компонентите на сградата (опорни стени, мазета...) за абсорбиране на влага. Ако има такава трябва да се дехидрати незабавно. Поради физични причини за сградата, изолационни слой трябва да бъде поставен от външната страна на товаро-поддържащата структура. По нататък е по-лесно да се избегнат топлинни мостове, да се покриват рамките на прозорците с изолация, да се буферират складираната топлинна маса и влажността от сградните компоненти в топлинната обвивка на сградата. Вътрешната изолация се използва главно за сгради с историческо значение, но при нея е по трудно да се управляват проблемите от физичен характер. Като се вземат тези мерки топло-преносните загуби се намаляват и се избягват температурни мостове, което води до намаляване на енергийните нужди до 70%. Също така се подобрява и топлинния комфорт в сградата.

Топлинно оптимизирани врати и прозорци

За всеки Европейски климат има нужда от по-добре изолирани врати и прозорци. Това е много важно за умерения и студения климат, но важи и за по-топлите климати. Не само е важно да се изолират вратите и прозорците за да се подобри енергийната ефективност на сградите, но също така е важно да се поставят добре спрямо облицовката- външната изолация трябва да покрива голяма част от рамката на прозорците за да е по-добра топлинната изолация и да са по влагоустойчиви връзките, и др. По този начин се намаляват загубите по

топлопренасяне и се набавя „пасивна” слънчева енергия, което води до намаляване на енергийните нужди до 25%. Вътрешна обстановка с подобрява, като се постига по-голям комфорт, намалени влажни и студени повърхности, както и намален риск от кондензация .

Херметизация

При всички Европейски, но главно при студените и умерени климати, има нужда от херметическа облицовка на сградите. Най-важното е да се определи къде ще бъде тази обвивка (вътрешната страна на външната стена, между новата и старата фасада и т.н.) и как се интегрират вратите, прозорците и сградните кухни в тази херметическа обвивка. С помощта на тези мерки могат да се намалят загубите от просмукване / вентилация и средата на обитание в сградата да се повлияе позитивно чрез намаляване на влажните и студени повърхности, както и намаляване на риска от кондензация.

Външно засенчване

Тази мярка е необходима за да се поддържа вътрешния комфорт по време на топлия сезон. Това разбира се е важно за топлите климати, но значението му за умерените и студени климатични области значително нараства. Има множество причини за това, като по-високо вътрешно топлинно натоварване (техническо оборудване, осветление), големи площи на прозорците с възможност за засенчване и др. С това допълнително засенчване нуждата от охлаждане, както и консумираната мощност за използване на изкуствена светлина, като се комбинира с употребата на дневна светлина ще се намалят. Също така вътрешната обстановка може да се подобри, като се избегнат високите летни температури и като се използва дневната светлина.

Естествено охлаждане

При топлите Европейски климати добре вентилираните и боядисани в светли цветове покриви и фасади са добър начин да се предпазят сградите от топлината. Естествената вентилация и стандартното охлаждане през нощта, комбинирани с външната изолация и вътрешната топло задържаща маса се използват да се поддържа подходящ вътрешен климат през летния сезон дори и при по-студените климати. По този начин може да се намалят нуждите от охлаждане, както и да се избегнат високите летни температури.

Поведение на потребителите

Всеки процес на преоборудване на една жилищна сграда е техническо и организационно усилие, но също така и социална и комуникационна работа да се насочат жителите към енергийна ефективност и висок вътрешен комфорт. Разбирането от страна на жителите на сградата по време на реставрацията и е необходимо за доброто осъществяване на процеса. Важно е да се даде на потребителите информация, за да могат да разберат какво всъщност се прави (сградни услуги, електрически нужди на различните услуги, вентилационни системи и др.) Така се намалява крайното енергопотребление, увеличава се ефективността и вътрешния климат става по-стабилен.

Слънчево отопление на пространства от индустриални сгради

В една промишлена сграда специфичните нужди от отоплителна енергия варира според температурата в сградата, нивото на въздухообмен, качеството на изолацията и др. В рамките на IEA Задача 33/IV AEE INTEC симулира различни сценарии на примерна сграда на фабрика в Австрия (топлинни нужди 70 kWh/(m²a), 1,000 m² площ, 6 m височина, 1 работна смяна, 15 работници и вътрешно генерирана топлина от осветление 5 W/m²). Беше демонстрирано, че спрямо референтната сграда, топлинните нужди се увеличиха с до 105 kWh/(m²a), като се намали изолацията и дори до 150 kWh/(m²a), когато освен това се увеличи нивото на въздухообмен. От вътрешно-генерирана топлина от работа на машини в сградата топлинните нужди могат да се намалят грубо с 50 kWh/(m²a). На базата на работата извършена по този проект топлинната слънчева енергия може да бъде наречена добър източник на отопление за индустриални сгради, ако няма достатъчно налична отпадна топлина от работните процеси в компанията. (за повече информация виж Jähnig and Weiss [2007]).

Допълнителна информация:

Knotzer, A., Geier, S. (2010): *SQUARE - A System for Quality Assurance when Retrofitting Existing Buildings to Energy Efficient Buildings, Energy Improvement Measures and their Effect on the Indoor Environment*, SQUARE project (EIE/07/093/SI2.466701), Work Package 5 Energy Improvement Measures, Deliverable 5.1 report, AEE INTEC, Gleisdorf, Austria

Jähniq, D., Weiss W.(2007): *Design Guidelines – Solar Space Heating of Factory Buildings – With Underfloor Heating Systems*, Booklet prepared as part of the IEA Task 33/IV – Solar Heat for Industrial Processes, published by AEE INTEC, Gleisdorf, Austria

3.7.3 Предварителен дизайн на топлообменника и захранващата мрежа

След като сме събрали цялата значима информация и анализирали потенциала за спестяване на енергия чрез употребата на енергийно-ефективни технологии, идва ред на следващата стъпка от методологията на одита, а именно – структурен анализ за възможни по-нататъшни спестявания на енергия от възобновяема топлина. Това е много важно тъй като приложението на каквито и да е енергийно-ефективни мерки за промяна на енергоснабдителната система е ефективна цялостна концепция за устойчиво енергоснабдяване в бъдеще и по този начин се избягва преоразмеряването на доставното оборудване.

Топлинната интеграция е добре разработена методология за оптимизация на топлинни процеси от седемдесетте години на миналия век [Linnhoff and Hindmarsh 1983]. Чрез пинч анализа (описан по-подробно в част 2.5) може да се покаже потенциала за възстановяване на топлина в енергийните потоци. Базирано на набавената информация за обработващото и доставно оборудване на една компания и на енергийния баланс, могат да се дефинират „енталпични потоци“, които показват енергийните нужди и енергийните възможности на даден процес.

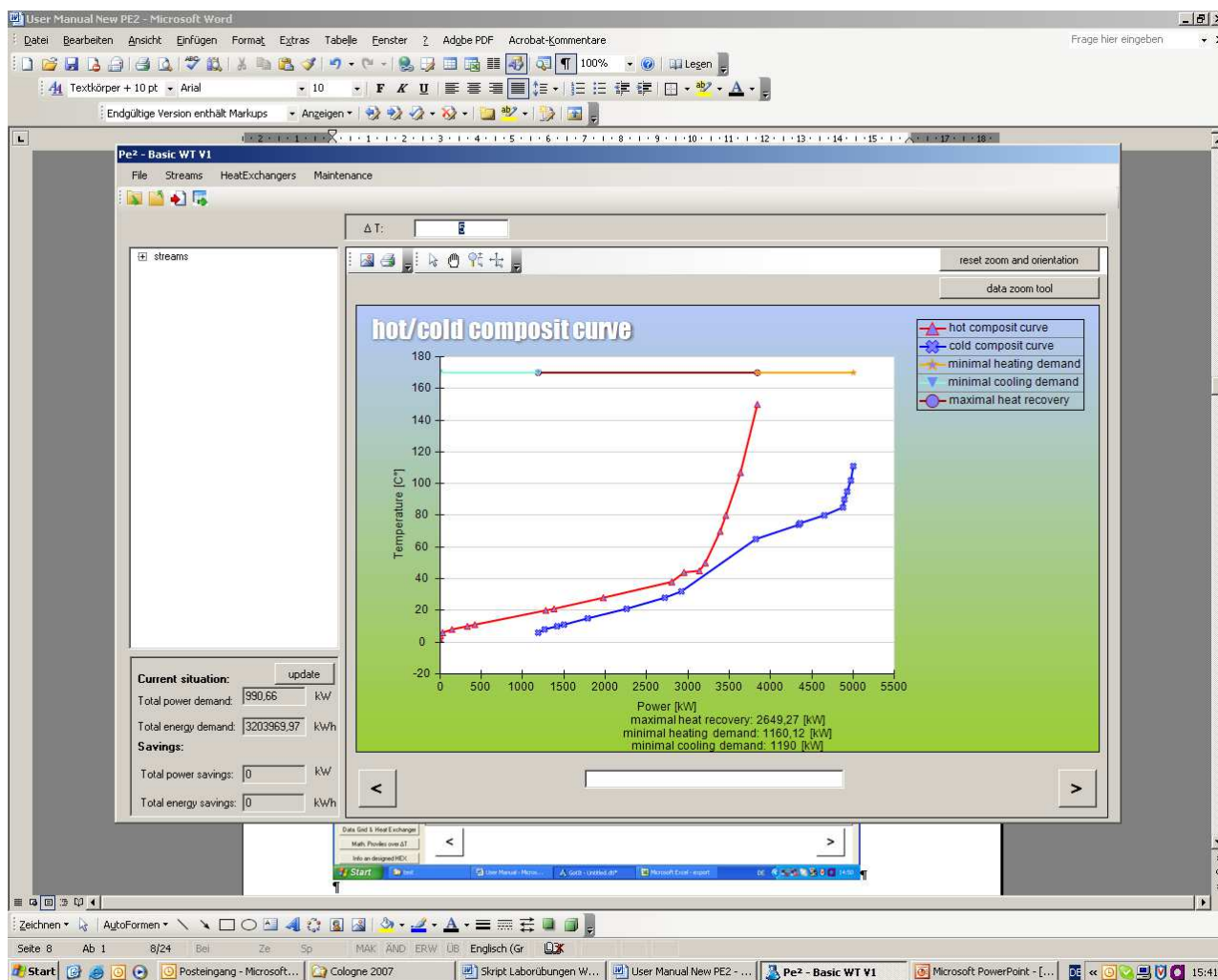
Например, енергийните потоци в една машина за миене на бутилки със следните параметри са дадени в Таблица 6:

- × Обем на съдовете в машината: 5 m³ като цяло
- × Температура на студената вода = 10°C
- × Температура на топлата вода в машината = 60°C
- × Входяща студена вода за продължителна работа = 10 m³/d
- × Входяща топлина по време на работа (загряването на входяща вода и топлинните загуби, изпарението се пренебрегва) = 90 kW
- × Работен график: Стартира от 6:00 до 6:30, продължителна работа от 6:30 до 16:00.
- × Температура на отпадната вода = 50°C
- × Температура, до която може да се охлади отпадната вода: 5°C

Таблица10.: Енталпични потоци за горепосочения пример .

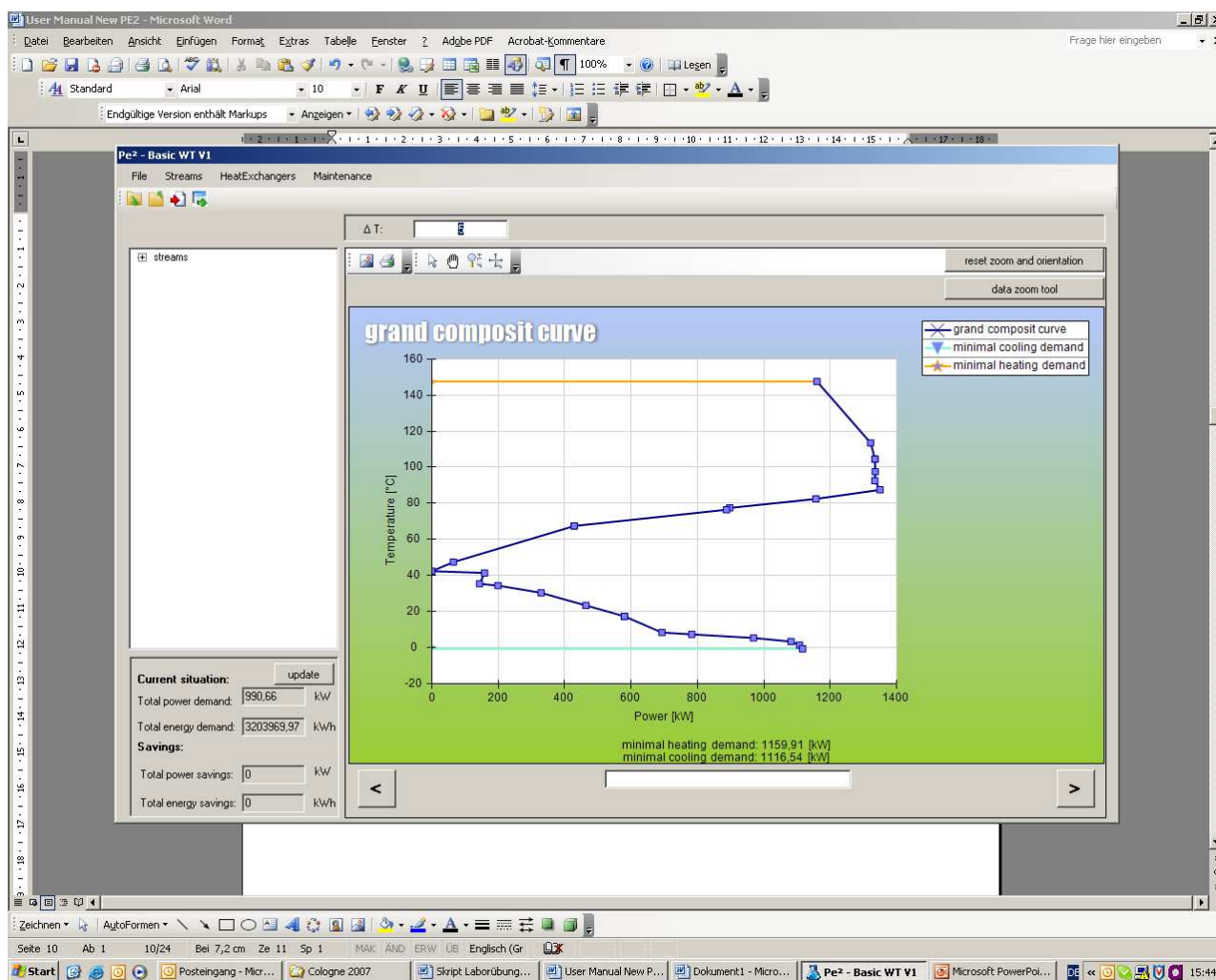
Име	Стартова температура	Крайна температура	Работен поток	Нужна мощност /Отпадна топлина	Работен график
	°C	°C	kg/h	kW	
Стартиране	10	60	10.000	582	6:00 – 6.30
Загряване на продължително влизаща в системата вода	10	60	1.053	61	6:30 to 16:00
Допълнителна входна топлина по време на работа поради топлинни загуби	60	60	-	29	6:30 to 16:00
Отпадна вода	50	5	1.053	55	6:30 to 16:00
Отпадна вода след спиране на машината	50	5	10.000	524	16:00 – 16:30

Такива потоци могат да се дефинират за всеки процес и оборудване. Фокусът ще бъде за най-значимите от топлинна гледна точка процеси. На базата на подобна таблица могат лесно да се начертаят съставните криви за отопление и охлаждане и да се намери теоретичния максимален потенциал за топлинно възстановяване за дадена ΔT_{min} на топлообменниците (виж също част 2.5).



Фиг. 17: Съставни криви на отопление и охлаждане за Мандра (с линии за производство на мляко, сирене и бутер)

Главната съставна крива показва възобновителния потенциал на процеса в малко по-различен вид, но на базата на същата входна информация (виж част 2.5, за детайли). Тук е показана разликата между съставните криви на отопление и охлаждане, и по този начин се показва и необходимостта от топлинна/охладителна енергия на различните температурни нива.



Фиг. 18: Главната съставна крива за Мандра (с линии за производство на мляко, сирене и бутер)

На базата на теоретичния потенциал може да се определи технически- и икономически- чувствителна мрежа на топлообменника. Тук са дадени няколко общи критерия, които да се вземат предвид:

- × Използвайте топлината от определени температурни нива за затопляне на други потоци на близки температурни нива (трябва да се избягва прахосването на ценна енергия – да се използва отпадна топлина от високи температурни нива за загряване на потоци на ниски температурни нива)
- × Силата на топлообмена
- × Тоталната обменима енергия през топлообменниците
 - Работни графици на процесите – Кога кои процеси работят и колко енергия може да се обмени като цяло?
 - Складиране – Необходимо ли е складиране за топлообмен между два потока? Колко големи са загубите при складирането и колко енергия може да се обмени като цяло?
- × Трябва да се даде приоритет на топлинната интеграция в рамките на един и същи процес – директна употреба на отпадна топлина
- × Употребата на топлинна маса, която трябва да се охлади за загряване на даден процес увеличава енергоспестяването от топлообмен, тъй като външния енергиен ресурс за загряване на процеса и изтичането на топлина могат да бъдат избегнати.
- × Разстоянието между топлинния източник (топлият поток) и топлинният „отток“ (студения поток)
- × Практически проблеми като замърсяване, необходимост от непряк топлообмен (чрез междинна среда), температурни аспекти и такива свързани с налягането и др.
- × Инвестиционни разходи и спестявания от разхода на енергия

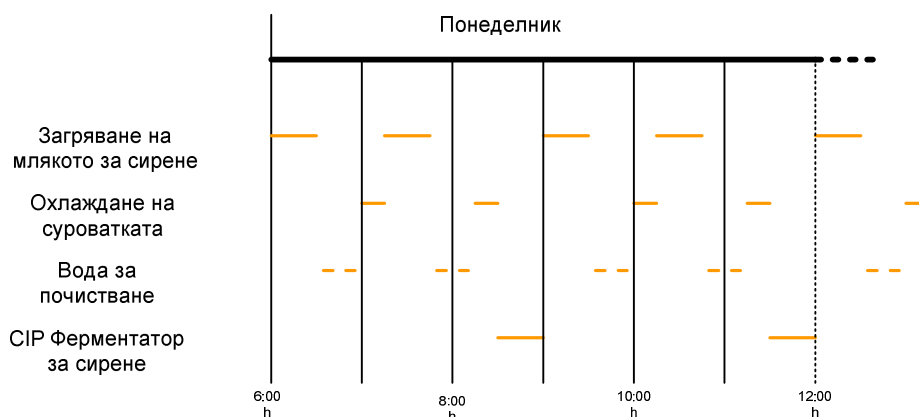
Тези изчисления могат да се направят ръчно, но за по-комплексни системи тази стъпка би била много времеемка. Различни изследователски групи са направили алгоритми даващи автоматично предложение за мрежа на топлообмен, но при тях са слабо засегнати факторите на времевите графици и дизайна на захранването. Също така не е засегнат и въпросът за даване на приоритет на вътре-процесовия топлообмен, както и стремежът за максимално енергоспестяване за цялостната мрежа.

Концепции на складирането

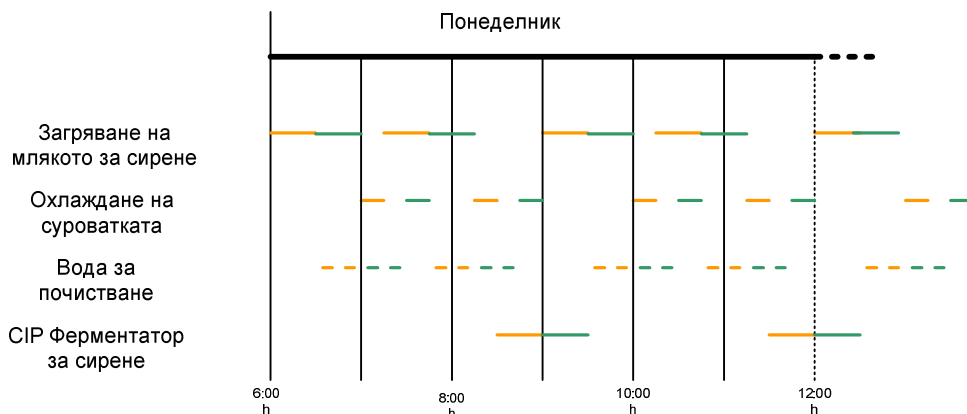
При разработването на топлообменни мрежи е много важно да се вземат предвид концепциите за съхранение и партидните процеси. Първо трябва да се дефинират основните работни графици за различните процеси за една стандартна седмица. Тук не са важни само начало и край на смяната, но и колко партиди се правят по време на работа, времето за изработване на всяка партида за да се определи реалния работен график. Фиг. 25 показва един пример за ферментатор за сирене.

При него първо се претопля млякото, след което то стои във ферментатора, докато се добавя загрята вода за почистване и накрая се слага суроватката и се охлажда. За този процес предполагаме почистване на ферментатора след 2-та партида. В случая, когато има две линии за ферментация, работещи паралелно, графика става по продължителен, тъй като двете поточни линии могат да работят с изместване във времето.

Очевидно е, че правилното управление на работния процес, както и интелигентното планиране на топлинните нужди не само могат да намалят критичните натоварвания, но и да удължат продължителността на работните потоци.



Фиг. 19: Работен график за ферментатор за сирене

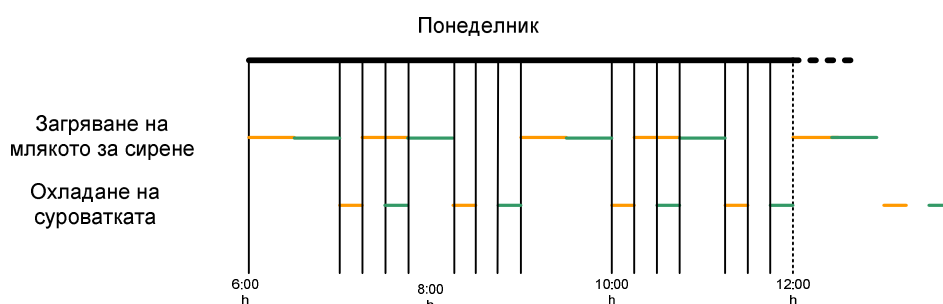


Фиг. 20: Работни графици за два ферментатора за сирене, работещи с изместване във времето.

Но въпреки това съществуват много примери, показващи че не може да се постигне пълна последователност на процеса. Ако погледнем нашия пример за ферментатора, можем да видим че все още има паузи във работните графици. Ако предположим, че можем да обменяме топлина между млякото, което трябва да се загрее и суроватката, която трябва да се охлади, можем да осъществим топлообмена без да използваме топлинни запаси.

Може да приложим модел на времеви периоди. Тези периоди се определят от началните и крайните времена на процесите. Могат да се разграничат четири вида времеви периоди.

1. Наличен е само топлинния източник
2. Само топлинния отток има нужда от енергия
3. Източника и оттока действат едновременно
4. Не действа никой поток



Фиг. 21: Времеви модел на претопляне на млякото за сирене и охлаждане на суроватката

Съществуват някои методологии, които прилагат цялостни времеви модели за мрежи и изчисляват мрежата на топлообмен за всеки времеви отрязък. Тук предлагаме различна методология, която първо избира два работни потока за топлообмен, според горепосочените критерии, след което изчислява капацитета за съхранение по времеви модел и накрая изчислява тоталната обменима енергия между двата потока. Това се прави за много комбинации от потоци и накрая се избира най-добрата (най-голямо пестене на енергия с един топлообменник).

В рамките на всеки времеви отрязък се пресмята разликата на енергийните нужди и наличната енергия. Този излишък или недостиг на енергия оформят основите на дизайна на складирането. Той се прави симулационно, като се вземат предвид натрупването, подходящия размер на хранилището, текущия му обем и загубите за всеки времеви период.

Важно е да се каже, че предварителния дизайн на хранилищата се базира на енергетическа симулация за стандартни запасни резервоари и показва капацитета на запасите предложени за всеки топлообменник. На база на това експерта може да избере колко хранилища и на какви температурни нива да бъдат инсталирани на практика.

Предложени топлообменници и техния дизайн

Целейки най-големия възможен енергиен трансфер, топлообменниците предложени в този концептуален етап ще бъдат противотокови топлообменници.

При първоначалното оценяване на инвестицията трябва да се дефинират зоните на топлообмен в мрежата на топлообменника. Както е обсъдено по горе (виж част 2.5) съществува обмен между спестена енергия и инвестиционни разходи, в зависимост от избора на $\Delta T_{\min}$. Тук са дадени някои стандартни стойности от

литературата на $\Delta T_{\min}$ които могат да се изберат, в зависимост от температурата и физическия статус на потока работна маса (течност, газ, кондензат).

След това трябва да се определи коефициента на топлообмен за изчисление на необходимата площ за топлообмен. При първоначалното изчисление, могат да се вземат средните стойности за различните физични статуси на потоците, но по нататък трябва да се преизчислят, като се вземат реалните им характеристики.

Следната таблица обобщава някои стандартни стойности прилагани в EINSTEIN.

Таблица 11: Стандартни стойности за $\Delta T_{\min}$ и коефициента на топлообмен α

Физичен статус	$\Delta T_{\min}$ [°C]	Коефициент на топлообмен α [W/m²K]
Течност	5	5.000
Газ	10	100
Кондензат	2,5	10.000

В практиката, цялостния коефициент на топлообмен $U = (1/\alpha_1 + s/k + 1/\alpha_2)^{-1}$ зависи от тупа на топлообменника, от създадената турбуленция, както и от материала, от който е направен топлообменника. Средните коефициенти на топлообмен за всеки поток в топлообменника, дадени в горната таблица, са основа за изчисление на цялостните коефициенти на топлообмен за различните видове топлообменници. По нормални стойности може да се избере неръждаемата стомана за стандартен материал за топлообменник.

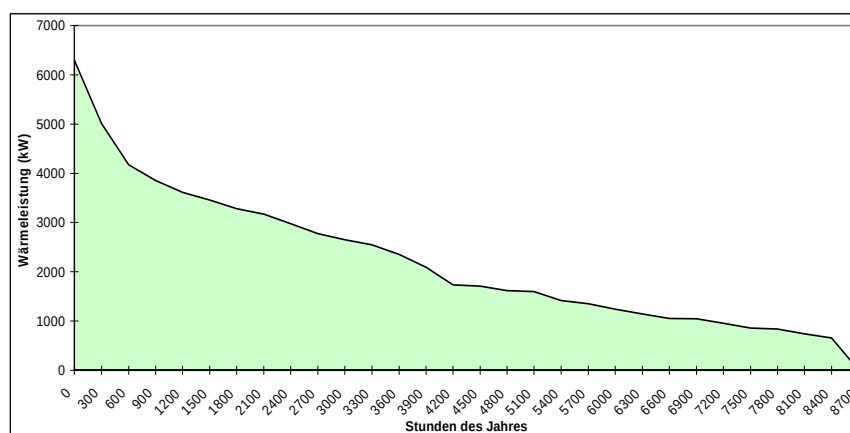
Таблица 12: Видове топлообменници и цялостни коефициенти на топлообмен

Топлообмен	Вид на топлообменника избран в EINSTEIN	Цялостен коефициент на топлообмен (материал = неръждаема стомана) k [W/m²K]	Средни стойности дадени в VDI Heat Compendia [W/m²K]
Течност - Течност	Топлообменник тип купа	2.143	1000 – 4000
Газ – Течност	Тръба с обвивка	97	15-70
Кондензат – Течност	Тръба с обвивка	2724	500 – 4000
Газ – Газ	Тръба с обвивка	50	5-35
Кондензат – Газ	Тръба с обвивка	99	20 - 60

Вижда се, че първоначално се предвиждат само два вида топлообменници – тип купа и тръба с обвивка. След като се изчисли площта за топлообмен е важно да се избере и точния тип топлообменник за да се отрази това при пресмятането на цената. За целта могат да се използват или методи за изчисление взети от съответната литература или данни от доставчиците.

Криви на топлинните нужди и наличната топлина

След като сме изготвили дизайна на топлообменниците и сме определили колко ще пестим от възобновяема топлина, остава да начертаям кривите на топлинните нужди и на наличната топлина за по-нататъшен дизайн на енерго-снабдителната система. Годишните криви на натоварване са добра основа за проектиране на новото снабдително оборудване, тъй като показват какво количество топлина е нужно и за колко часа годишно се употребява. Идеалният вид оборудване и работните му часове трябва да могат да се определят на база на тези криви.



Фиг. 22: Годишна крива на натоварване

На база на данните за енергийните потоци и техния работен график, могат да се изработят подобни криви след пинч анализа. Тъй като температурите също са дефинирани в енергийните потоци, могат да се начертаят криви на натоварването за различните температурни нива. По този начин експерта може да проектира подходящо доставно оборудване според количеството топлина необходима на различните температурни нива. (виж част 3.7.4 за повече информация).

Преструктуриране на мрежата на топлообменника поради промени в енергоснабдителните системи

Може да е важно понякога да реструктурираме мрежата на топлообменника след като се променят енергоснабдителните системи. Това може да е например, когато топлообменника използва отходен газ от котела, който е заменен от комбинация от котел на биомаса и соларна енерго-снабдителна система. При всеки случай експерта трябва да провери предложената мрежа на топлообменника след направените промени при енергоснабдяването. В EINSTEIN е възможно също така и да се възвърне мрежата на топлообменника след като е изчислена наново за новото енерго-преносно оборудване.

Допълнителна литература:

- [1] Brienza, Gandy, Lackenbach (Eds.) (1983): Heat Exchanger Design Handbook. Hemisphere Publishing, New York, 1983.

- [2] Kemp, I.C. (2007): Pinch Analysis and Process Integration. Elsevier, Amsterdam, 2007.
- [3] Linnhoff B., Hindmarsh E. (1983): The Pinch Design Method for Heat Exchanger Networks, Chemical Engineering Science 38, No.5, 745-763.
- [4] Morand R., Bendel R., Brunner R., Pfenninger H. (2006): Prozessintegration mit der Pinchmethode, Handbuch zum BFE-Einführungskurs. Bundesamt für Energie, Bern, 2006.
- [5] Schnitzer H., Ferner H. (1990): Optimierte Wärmeintegration in Industriebetrieben. DBV Verlag, Graz, 1990.
- [6] Richard Turton, Richard C. Bailie, Wallace B. Whiting, Joseph A. Shaeiwitz (1998). Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes. Prentice Hall International Series, Old Tappan, 1998.
- [7] Verein Deutscher Ingenieure (2006). VDI Wärmeatlas

3.7.4 Предварителен дизайн на вариантите за алтернативна доставна система(вкл. промяна на горива и промяна на разпределителната система)

Целта

След като са вече изследвани и приложени възможностите за топлинно възстановяване и модификации в работните температури на процесите (обикновено изискват по-малко капиталовложение отколкото модификации в топлоснабдителните и охладителни системи, а могат да доведат до значително намаляване на енергийните нужди), следващата значима стъпка в методологията за одити на EINSTEIN е създаването и предварителния дизайн на алтернативни варианти за захранване, целящо по-нататъшно намаляване на енергийната консумация.

Алтернативен вариант за оборудване за топлоснабдяване и охлаждане и за разпределителна система могат да заместят съществуващата, като се предлага съответно пестене на енергия и ползи от икономическа и природозащитна гледна точка. Предварителния дизайн на тези алтернативни системи включва избора на подходящо оборудване и оценката на неговото енергетическо представяне, като се вземат предвид нуждите от отопление и охлаждане на процеса, както и разпределението им във времето.

Ето защо началната точка за проектирането на топлоснабдителна и охладителна система е анализа на агрегираните енергийни нужди след оптимизация на процеса, топлинното възстановяване и проектирането на хранилища за енергия, като се вземат предвид следните аспекти:

- × Температурните нива на остатъчната енергийна нужда (след топлинното възстановяване)
- × Необходимото количество топлина и наличната остатъчна топлина
- × Разпределението във времето на топлинните нужди и наличната остатъчна топлина
- × Наличното пространство
- × Наличието на алтернативни енергийни източници и техните цени(биомаса,...)

Методологически подход

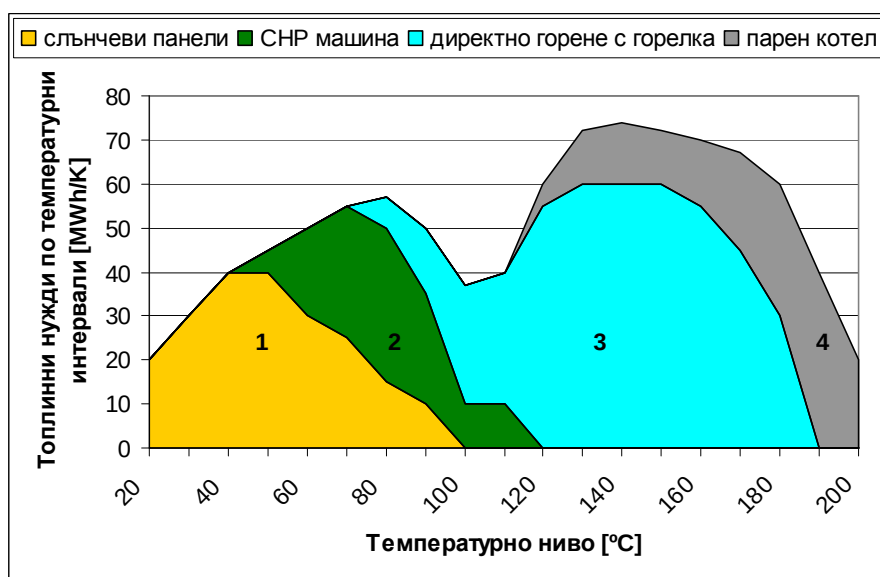
Оптимизацията на цялостната топлоснабдителна и охладителна система се базира на предположението за каскадност на агрегираните отоплителни и охладителни нужди:

- × Най-ефективните оборудвания на базово натоварване(голям брой работни часове) и съответно на ниски температурни нива.
- × Остатъчния пиков товар и/или остатъчните топлинни нужди на високи температури се покриват от не-толкова ефективно оборудване – подходящо за целта.

Подходът с каскадност при топлоснабдяването не води непременно към оптималното решение, нито пък взема предвид особеностите на съответната топло-разпределителна система, но ни дава добра първоначална представа, която може да се промени и оптимизира ръчно за съответния случай според опита на одитора.

Процеса на проектиране на една цялостна топлоснабдителна система става на следните стъпки:

- × Избор на тип оборудване, което да се използва при топлоснабдителната каскада. Тази стъпка се прави ръчно от одитора, въпреки че в софтуерния инструмент на EINSTEIN има няколко препоръчани оборудвания.
- × Оразмеряване на оборудването индивидуално за всеки тип участващ в каскадата. За целта софтуерния инструмент на EINSTEIN предлага така наречените „асистенти в дизайна“ за някои технологии. Този автоматичен и полуавтоматичен дизайн може да се промени ръчно в последствие.
- × Избор на „цялостната“ оптимална комбинация. Тази стъпка става на принципа проба-грешка: прилагат се различни комбинации на технологии и след това се сравняват по техните показатели относно енергийната ефективност, икономичността и влиянието върху околната среда.
- × В много случаи оптимизацията на последователността топлинно възстановяване-топлоснабдяване и охлаждане трябва да се извършва итеративно (една и съща последователност се повтаря много пъти), за да доведе промяната в снабдителната система до промени в наличната отпадна топлина и по този начин до промени в потенциала за топлинно възстановяване.



Фиг 23: Пример: Принос за общите топлинни нужди на различни температурни нива на каскадно оформена система от различни видове оборудване.

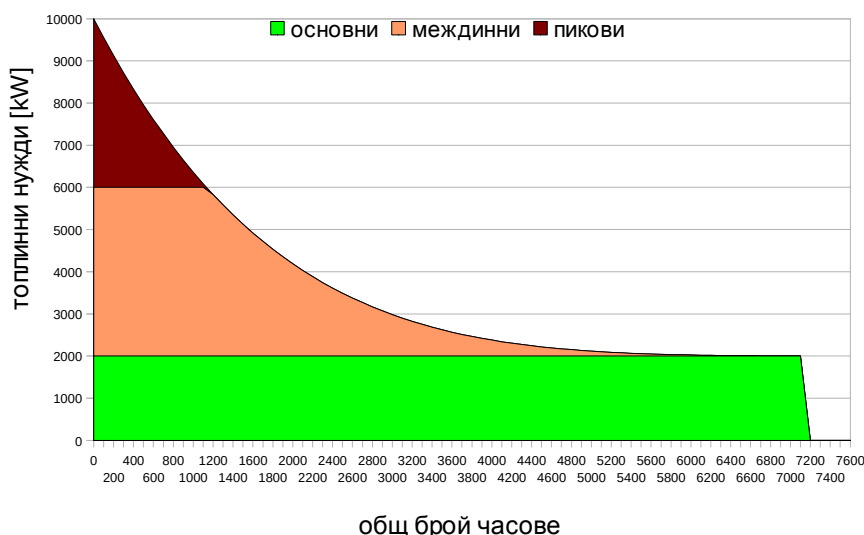
3.7.4.1 Топло и студо-хранилища

Повечето енергийно-ефективни топлоснабдителни охладителни технологии (като когенерация, топлинни помпи, ВЕИ) се различават от „стандартните“ технологии днес по:

- × По-ниска енергийна консумация и съответно по-ниски оперативни разходи
- × Обикновено по-високи цени на първоначалната инвестиция

Докато първоначалната инвестиция е фиксирана стойност(в зависимост само от вида оборудване), спестената енергия се увеличава с нарастване на годишните работни часове на оборудването. Това означава, че икономическата полза от тези технологии зависи силно от продължителността на работа.

Затова този тип оборудване би трябвало да се използва главно за базови процеси, а пиковите товари да се покриват от обикновено по-евтини, но не толкова енергийно-ефективни технологии.



Фиг. 24. Разделянето на оборудването на базово, средно натоварено и пиково

Топло и студо – хранилищата в много случаи могат да се използват за намаляване на пиковия товар и увеличаване на частта на основния товар, като по този начин осигуряват възможност по-голяма част от цялостните енергийни нужди да бъде покрита от енергийно-снабдителна система.

Ето защо оптимизирана система за съхраняване на отоплителна и охладителна енергия не може да се счита за независима технология сама по себе си, а се разглежда като част от възможностите за доставка на енергийно ефективно отопление и охлаждане (НС).

Най-значимите отоплителни и охладителни системи за съхранение са:

- Хранилища за топла и студена вода разумно съхраняване на топлина вода; в напорни резервоари за съхранение при температури до повече от 150°C
- Наситени резервоари за съхранение на пара
- Съхранение на топлинно масло
- Солидни складове (керамика, каменни легла,)
- Латентни топло-хранилища с различни материали с промяна на фазата (PCM складове)
- ледо хранилища и латентни охлаждания в други PCM
- Термохимични хранилища

3.7.4.2 Енергийно ефективно топло и студо-разпределение

В много случаи промяна в топло и студо-разпределението може да помогне за намаляване на потреблението на енергия. Трябва да бъдат анализирани от следните:

- Намаляване на температурното ниво: в разпределителните мрежи може да помогне за намаляване на загубите в тръбопроводите и хранилищата, както и за повишаване на преобразователната ефективност в доставното оборудване(котли и други). Намаляване на температурното ниво също

може да бъде необходимо за прилагането на енергийно ефективни технологии (например CHP двигатели, термопомпи, слънчево отопление).

- Директно изгаряне в например при процеси на сушене, отопление на баня директното изгаряне или директното използване на отработени газове (например от газови турбини) може да повиши ефективността на системата, от една страна чрез елиминиране на разпределителните загуби, а от друга (например при отопление на бани) чрез употребата на кондензирана топлина от водни пари, съдържащи се в обработените газове. Директно изгаряне/ пряко използване на отработени газове е обикновено е възможно е само с доста чисти горива като природен газ или биогаз.

3.7.4.3 Комбинирано отопление, охлаждане и захранване.

Комбинирано производство на топлина и електрическа енергия в момента е най-енергийно ефектния начин за производство на електро енергия (с изключение на производство на електро енергия чрез ВЕИ), тъй като оптимизира процеса на преобразуване на горивото в енергия чрез производство на отоплителната електрическа енергия заедно вместо само на една от тях. От термодинамична гледна точка не е възможно да бъде по-ефективно в сравнение с комбинирано отоплителна и захранваща система, тъй като за всяко количество вложено гориво (независимо дали природен газ, биомаса или някакво течено гориво), високо ефективните комбинирани системи ще произвеждат топлина и електричество с минимални загуби (обикновено в рамките от 10% до 25%). Обикновено само електрическите системи дават загуби при преобразуването най-малко 45%.

За да се увеличи максимално пестенето на енергия, комбинираната инсталация трябва да бъде проектирана да снабдява топлинния товар на промишления обект, където се намира. По този начин ще бъде оптимизирана комбинираната отоплителна и захранваща система. Излишъкът от произведената електро енергия може да бъде изнасяна в обществената мрежа и обикновено получава преференциални цени или сертификати (трябва да се уверите, че националните законодателства често изискват и някакъв минимален процент на собствена консумация на електро енергия. Работата на CHP инсталации за генериране на електричество само чрез разсейване на излишната топлина към околната среда трябва да се избягва от гледна точка на енергийната ефективност освен, ако електрическата ефективност на когенерационната инсталация е по-висока от средната ефективност на преобразуване в референтната електрическа мрежа.

Има много начини да се изчислят икономите на първична енергия, постигнати чрез инсталации за комбинирано производство на топлина и електро енергия: възможно е да се сравни обема на спестената енергия в сравнение с отделното производство на топло енергия и електро енергия и, използвайки същото гориво (например твърда биомаса, ако CHP системата работи твърдо на биомаса), или могат да се използват средните стойности за електрическата мрежа. Поради това че CHP системата произвежда както топлина така и електро енергия така икономите на енергия могат да бъдат разпределени или към произведената топлина или към електричество, а в някои случаи и към двете. В момента може да видим 2 широко разпространени подхода в Европа:

- × Директивата за комбинирано производство на енергия 2004/08/EK представя подход за сравняване на CHP със системи за отделно производство на топлина и електричество (на базата на референтната ефективност за отделното производство). Този подход е "Симетричен" за топло-и електро енергията.
- × Подхода на „еквивалентна енергийна ефективност“ се използва в страни като Испания и Португалия, при които се изважда количеството енергия която ще бъде използвана за производство на топлоенергия в конвенционалната система от цялото входящо количество гориво и след това изчислява теоретичната електрическа ефективност (която може да бъде много висока обикновено над 60%).

Както и в EINSTEIN ние се интересуваме главно от топло снабдителна енергия и –както е посочено по-горе – енергетически оптималното функциониране на CHP централи трябва да се ръководи от собствените енергийни нужди. Специфичното нетно потребление на единица топлинна енергия от комбинирано производство се изчислява по формулата:

$$\frac{\Delta E_{PE}}{\Delta Q} = \frac{f_{PE}}{\eta_{th}^{CHP}} \left(1 - \frac{\eta_{el}^{CHP}}{\eta_{el}^{grid}} \right) \quad (3.2)$$

Тя може дори да бъде отрицателна, ако електрическата ефективност на CHP инсталацията е по-висока от средната електрическа ефективност на електроцентралите от електро преносната мрежа .

В средносрочен план тази ситуация се променя, тъй като ефективността на самата електрическа мрежа се повишава(както се повишава ефективността на електроцентралите и по-голям дял от електричеството се произвежда от ВЕИ). Сравнение с бъдещата по-ефективна електрическа мрежа, относителните спестявания свързани с CHP намаляват .

Както при повечето енергийно ефективни оборудвания икономическата експлоатация на CHP системата изисква голям брой работни часове (обикновено повече от 4000). Поради това тези системи трябва да бъдат проектирани за базовото натоварване и/или в комбинация с топло или студохранилища.

Отделно от топлините нужди на CHP системата охлаждането също може да се покрие от в комбинация с термични охладители (например абсорбиращи охладители, които превръщат топлината в студ.Топлините охладители обикновено изискват входяща топлина на температурно ниво между 80 °C и 180 °C, зависимост от технологията.

Изборът на подходяща технология за комбинирано производство зависи от размера, продължителността и от температурното ниво на топло потребление.

Таблица 13. Налични CHP технологии

CHP технологии	Температурни нива	Ефективност (ел./топлинна)
Двигател на газ или течна гориво	< 95 °C (охлаждаща вода) < 400 °C (отходен газ)	(40% / 45 %)
Газова турбина	< 400 °C	(30 % / 60 %)
Парна турбина	< 250 °C (практически лимит; зависи от обратното налягане)	(20 – 30 % / 65 %)
Комбиниран цикъл (газова турбина + топлинно възобновяем парен генератор + парна турбина)	< 250 °C (практически лимит; зависи от обратното налягане в парната турбина)	(50 - 55 % / 35 - 40%)
ORC (Органичен цикъл на Rankine) турбина	< 250 °C	(27- 50% / 30-55 %)
Двигател Стирлинг	<90 °C	(10-25 % / 60 – 80 %)
Горивна клетка	<80 °C (PEM технология) <400 °C (SOFC технология)	(45-60 % / 30 – 50 %)

Допълнителна литература:

- [1] OPET: Combined heat and power and district heating project. www.opet-chp.net.
- [2] COGENchallenge: The European information campaign on small-scale cogeneration. www.cogen-challenge.org.
- [3] COM 2004/8/EC: Directive on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market. www.managenergy.net/products/R81.htm.
- [4] UK Department for Environment, Food and Rural Affairs: Action in the UK - Combined heat and power. www.defra.gov.uk/environment/climatechange/uk/energy/chp/index.htm.
- [5] American Council for an Energy Efficient Economy: CHP – Capturing wasted Energy. www.aceee.org/pubs/ie983.htm

3.7.4.4 Топлинни помпи

Топлинните помпи се използват за увеличаване на температурното ниво на източника на отпадна топлина (или топлината набавена от околната среда: въздух или земя) към достатъчно високо ниво за да бъдат използвани в топлоснабдителната система.

Топлинните помпи могат да варират по размер и концепция, но най-значимите видове топлинни помпи, използвани в индустрията са:

- × *Механични паро-компресиращи топлинни помпи*, обикновено използващи ел. енергия за задвижване
- × *Абсорбиращи топлинни помпи*, използващи топлинна енергия под формата на топла вода или пара
- × *Парни помпи*, използващи пара за задвижване

Стандартни индустриални приложения са процеси като затопляне и охлаждане на вода, сушене, отопление на помещения, изпарение и дестилационни процеси, както и възстановяване на отпаден топлина.

Важни моменти, които да се вземат предвид относно топлинните помпи са:

- × *Температура на доставяната топлина*. Зависи от типа топлинна помпа и работната течност, но нормално е между 55 и 120 °C. Някои видове компресии, които използват вода като хладилен агент, може да се използват при по-високи температури, обикновено в интервала от 80 - 150°C. Температури до 300°C са достигнат в опитни условия.
- × *Температурен лифт*. КПД на топлинните помпи силно зависи от температурния лифт, т.е. температурната разлика между топлинния източник и доставяната топлина, като по-голямо КПД се получава при по-малка разлика. Обикновено температурните лифтове са в рамките на 20 – 40 K за повечето приложения.
- × *Работни часове*. Топлинните помпи, като другите енергийно ефективни технологии пестят енергия и оперативни разходи, но са значителна начална инвестиция. Ето защо, тяхното прилагане ще е подходящо, където топлинните нужди са продължителни и са на лице големи възможности за приложение.
- × *Пинч температура*. Пинч температурата (виж точка 2.5) разделя агрегираната топлинна нужда на две части: температурни над пинча, при които се налага външно затопляне; и температури под пинча, при които има излишък от (отпадна) топлина. Подходящото поставяне на топлинните помпи е „*върху пинча*“, което значи че използва топлинна енергия на температури под пинча (когато има излишък) и я освобождава на по-високи температури за да снабди нуждата от допълнително затопляне над пинча.
- × *Вида на топлоснабдяването и кривите на топлинните нужди*. Прилагането на топлинни помпи може да е подходящо, ако след използването на топлинно възстановяване все още има агрегирани топлинни нужди и наличие на отпадна топлина.

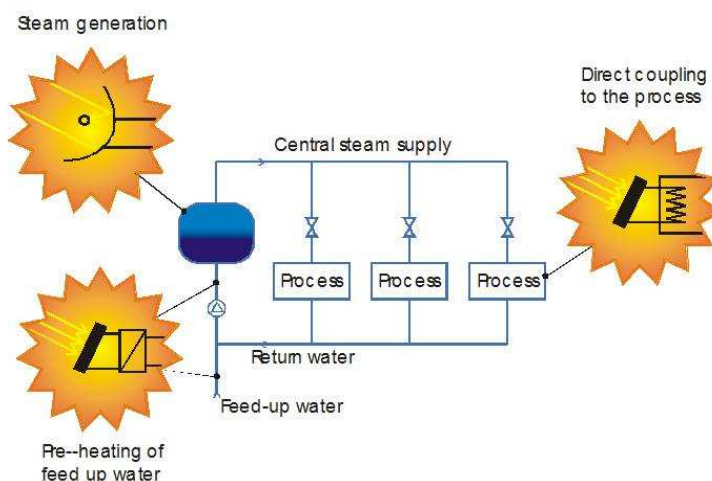
Допълнителна литература:

- [1] Информация относно топлинните помпи има на сайта на IEA Центъра за Топлинни помпи: www.heatpumpcentre.org.

3.7.4.5 Слънчева топлинна енергия

Свързване на слънчевата топлинна система с процесите

Съществуващите системи за отопление на базата на пара или топла вода от котел често са предназначени за много по-високи температури (150-180 °C) в сравнение с тези, необходими в процеса (100 °C или дори по-нисък). Напротив, слънчеви топлинни винаги трябва да е насочена към съществуващата система за доставка на топлинна енергия възможно най-ниска температура. Независимо от това, слънчевата топлина трябва да се предоставят на топлоносителя само след предварително загряване на отпадната топлина. В действителност, комбинацията от двете системи дава по-добри резултати от една слънчева топлинна система на по-ниска температура, но без оползотворяване на топлината. Слънчевата топлинна система може да бъде съчетана с конвенционална топлофикационната система по няколко начина, включително и директно свързване към специфични процеси, подгряване на отпадна вода в централната система.



Фиг. 25. Свързване на слънчева топлинна система с конвенционална топлофикационната система [1]

Когато е възможно, директно свързване на слънчеви топлинни системи към един или няколко процеса, е за предпочитане, тъй като работните температури са по-ниски. Директно свързване към процес може да се направи главно в следните два начина:

- *Предварително подгряване на циркулиращата течност* (напр. преференциални се вода, връщане на затворени схеми, предварително нагряване на въздуха и др.) Като цяло, в това приложение, средната работна температура на слънчевата топлинна система е ниска от необходимата крайната температура на процеса. Ако обръщението бъде прекъснато, трябва да се вземе предвид и резервоар за съхранение.
- *Отопление на бани, съдове и / или горещи камери* (напр. за изсушаване). Топлинната енергия е необходима за загряване на течности на оперативна стартова температура, а също и за поддържане на постоянна температура на процеса. Съществуващите топлообменници интегрирани в процеса на съдовете обикновено са проектирани да работят при температури, които са твърде високи за една слънчева топлинна система. Където промени в машината се промени не са възможни, поради технически ограничения, може да се използва външен топлообменник свързан с циркуляционна помпа. Ако работните бани са добре изолирани, те могат да бъдат използвани за генериране на слънчева топлина за съхранение. Например, при поддържане на температура по време на процеса спиране (обикновено по време на почивните дни) от слънчевата топлинна система може да се намали потреблението на топлинна енергия за стартиране.

Най-подходящи операционни единици за интеграция на слънчевата топлинна система са почистване, сушене, изпаряване и дестилация, бланширане, пастьоризация, стерилизация, готвене, боядисване, изсушаване и охлаждане. В допълнение към производствените процеси, отопление и охлаждането на производствени сгради трябва да бъдат включени сред целевите приложения, които изискват енергия при ниски и средни температури. По-нататък слънчевите топлинни системи могат да бъдат свързани с топлинно задвижвани охладители (слънчево охлаждане).

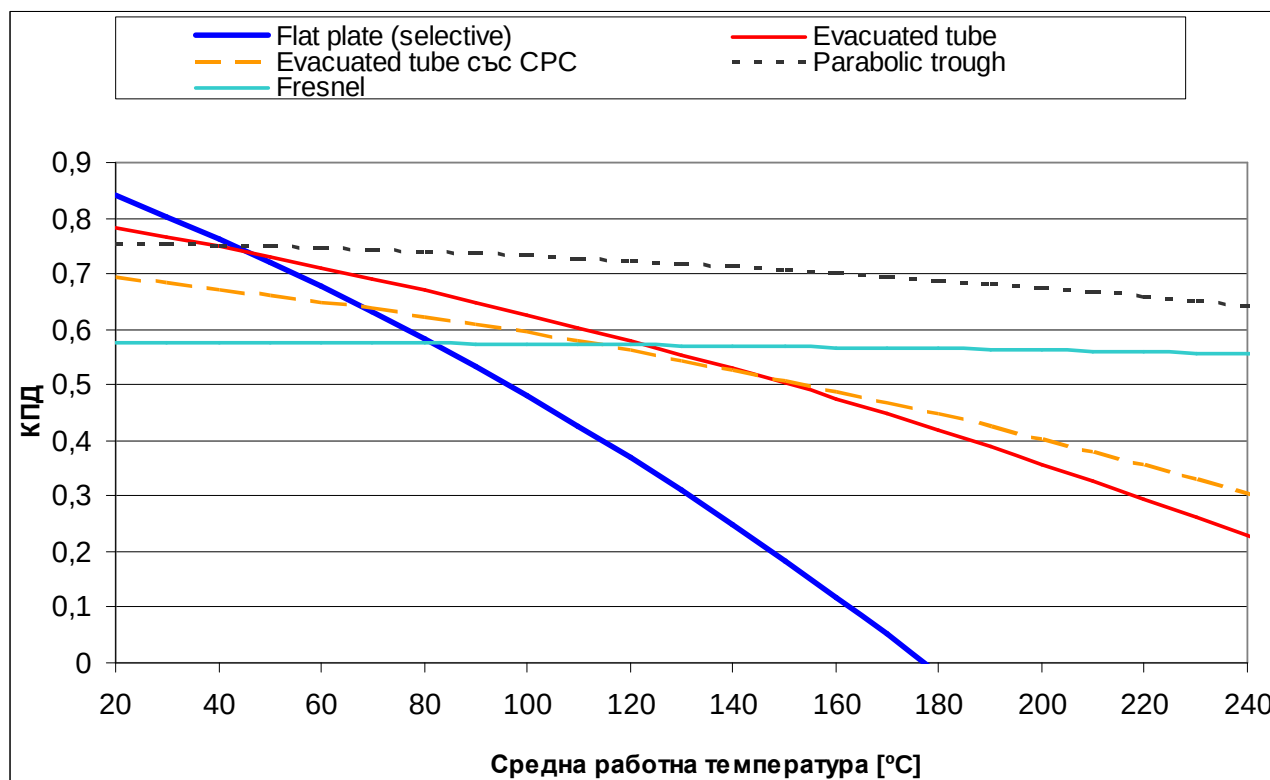
Слънчеви колектори за работна топлинна

Моментната ефективност (η) на слънчев колектор се определя като:

$$\eta = c_0 - (c_1 + c_2 \Delta T) * \frac{\Delta T}{G_T} \quad (3.3)$$

където c_0 е оптичката ефективност, c_1 , c_2 са линейния и квадратния коефициент на топлинните загуби (c_1 [W/K m²]; c_2 [W/K²m²]), ΔT [K] е разликата между средната температура на слънчевия топлоносител и атмосферна температура и G_T [W/m²] е количеството на падащата слънчева радиация, на слънчев колектор.

Въз основа на това определение, то могат лесно да се разбере, че добивът зависи в голяма степен от обекта (т.е. слънчевата радиация на обекта) и от работната температура, дължащи се на топлинни загуби в колектора и в тръбите.

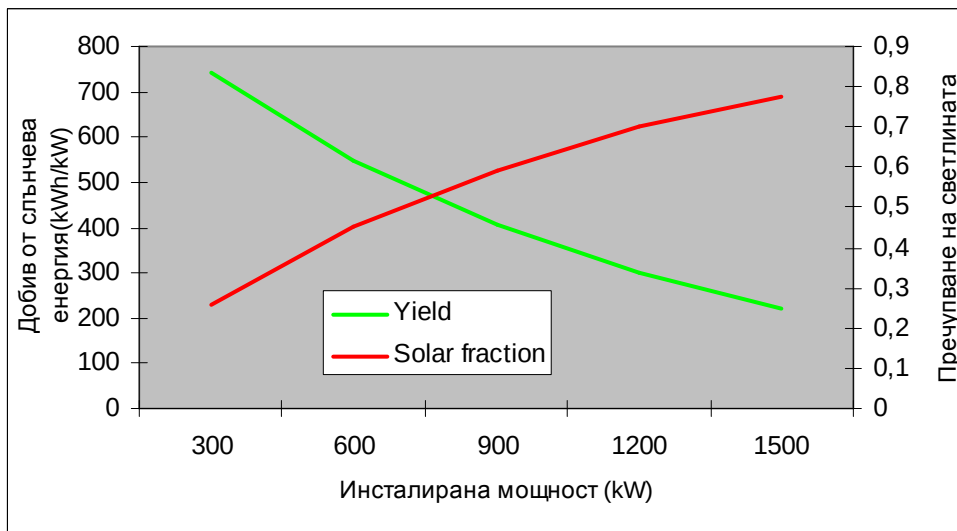


Фигура 32. Моментна ефективност за различни типове соларни колектори (отнасящи се до aperture area beam radiation at normal incidence, $G_T = 1000 \text{ W/m}^2$) [energyXperts 2010]

Понастоящем, за ниски температури (до около 80 °C), плоските колектори (с или без селективен абсорбер) са най-изпълнителното решение. Други типове колектори, които понастоящем се използват основно с температури над тази стойност (до около 250°C), са: високоефективни плоски пластини (напр. с двойно антирефлексно стъкло), вакуумни тръби, стационарни с ниска параболична концентрация, малки параболични жлебове и линии, концентриращи фрезнел колектори. Освен тези, друга концентрираща технология като колектори със стационарен рефлектор понастоящем са в процес на разработка.

Оразмеряване на соларно-топлинната инсталация

За дадено енергийно търсене, оразмеряването на соларно-топлинен панел в по-голяма степен води до увеличаване на соларната фракция, т.е. соларния принос към цялостното търсене на енергия. Средната годишна соларна фракция се препоръчва да не бъде повече от 60% от енергийното потребление. Всъщност, точната получена енергия (получена енергия на инсталирана термална мощност в kW_{th}^7 или на единица площ) от соларно-термална система намалява с увеличаване размера на инсталацията, основно защото работната температура на колекторите се увеличава и следователно топлинните разходи стават по-големи, а и застой може да се получава по-често.



Фигура 33. Соларна фракция и получена соларно-термална енергия за инсталация с различни размери

Натоварването на мрежата и съхранение на соларна топлина

Когато търсенето на топлина е продължително през деня и през седмицата (напр. без паузи през уикендите) соларно-термалната инсталация не се нуждае от никакво съхранение и соларната топлина може директно да се изпраща на крайния потребител (система за обработка или доставка на топлина). Това е най-добрата ситуация, тъй като колкото по-опростен е дизайна на системата, толкова по-висока е получената енергия и толкова по-ниска е стойността на инвестицията. Всъщност не винаги производствените линии са под постоянно натоварване през деня. Често пъти процесите са групирани, т.е. не са постоянни. Всъщност, когато натоварването е продължително през седмицата, но има силни флуктуации в дневното търсене, се препоръчва съхраняване на топлина от колекторите от порядъка на $20 - 80 \text{ l/m}^2$. Ако профила на натоварването показва значителни паузи (напр. през уикенда), тогава препоръчителното количество за съхранение е $80 - 150 \text{ l/m}^2$. Съхранение за по-дълги периоди (сезонно съхранение) може да се прави само при много големи системи ($> 3\,000 \text{ kW}$).

Научени уроци

За изграждане на топлинна инсталация за обработка на слънчева светлина не забравяйте да проверите:

- ┆ Температурата на обработка
- ┆ Натоварване на мрежата (спорадични, постоянни)
- ┆ Наличието на процес за вътрешно съхранение на топлина
- ┆ Възможностите на соларното свързване към съществуващото индустриално оборудване (напр. топлообменници, машини, и др.) и свързване към конвенционалните системи за доставка на топлина
- ┆ Потенциал за оползотворяване на отпадната топлина
- ┆ Наличието на покрив и/или земя за инсталация

⁷ С цел да се преобразува апаратурата $[\text{m}^2]$ в номинална термална мощност $[\text{kW}]$ в стандартни работни условия, се използва следният преобразователен фактор: $1 \text{ m}^2 = 0.7 \text{ kW}$

По отношение на последното, опита показва, че площта за инсталиране, достъпна в индустриалните зони, е един от най-ограничаващия фактор за изграждането на мащабни соларо-термални инсталации.

Така че помнете да проучите всички повърхности, потенциално подходящи за инсталация!

Таблица 14. Критерий за дизайн на соларни инсталации за обработка на топлина.

Критерий	Влияние върху работата на соларно-термалните системи от енергийна и икономическа гледна точка
Работна температура	Температура за работа не по-висока от 200°C, най-добра работа под 100 °C
Климат	Много добри условия в държавите от южна и централна Европа
Продължителност на търсенето	Прекъсванията през лятото намаляват изпълнението на системата. Загубите в топлинни печалби са повече от пропорционални на времеви интервал на паузата.
Годишно изменение	Продължителното търсене или търсенето с пикове през деня са благоприятни. Краткотрайните прекъсвания (от няколко часа) могат да бъдат компенсирани чрез съхраняване на нисък обем с малко повишение в стойността на системата
Дневно изменение	
Размер на инсталацията	Икономическото изпълнение на соларо-термалните системи зависи силно от размера на системата. В резултат стойностите на соларната енергия са до 50 % по-ниски за големи системи в сравнение с малки такива.
Получена енергия годишно	Получената от соларни системи енергия годишно следва да бъде поне 600 kWh/kW, за да се получи икономическа полза.
Соларна фракция	Системите следва да бъдат предназначени за соларни фракции не по-високи от около 60 % (за продължително потребление от топлина).
Разполагаме покрив или земя	Достатъчна площ покрив или земя следва да бъдат на разположение, за да се получат соларни фракции от 5 до 60 %. Ориентация на юг с наклон от около (ширина – 10°) е оптималната за увеличаване на годишното енергийно потребление. Малки отклонения от тези стойности са допустими (±45° от ориентацията на юг, ±15° от оптималния наклон). Дългите тръбопроводи следва да се избягват.
Структура на покрива	Нуждата от подсилване на покривните структури увеличава стойността на системата и следователно намалява икономическата полза. Допълнителното статично натоварване на соларните колектори е 25 – 30 kg/m ² за стандартни колектори.
Оползотворяване на отпадна топлина	Първо, подобряването на възможностите за увеличаване на енергийната ефективност чрез оползотворяване на отпадната топлина следва да се изследва. Соларните системи следва да се изграждат така, че да покрият (част от) оставащата потребност на топлина.

Литература за допълнителна информация относно соларно-термални технологии за обработка на топлина:

- [1] H.Schweiger et al., POSHIP (Project No. NNE5-1999-0308), The Potential of Solar Heat for Industrial Processes, Final Report. Website: www.aiguasol.com/poship.htm
- [2] Process heat collectors. State of the art within Task 33/IV, Editors: W. Weiss, M. Rommel, Публикувано от AEE INTEC с финансовата подкрепа на австрийското Министерство на транспорта, иновациите и технологията, Глайсдорф (Австрия) 2007. Website: www.iea-shc.org/task33/index.html
- [3] D. Jaehnig, W.Weiss, Design Guidelines – Solar space heating of factory buildings. With underfloor heating systems, Публикувано от AEE INTEC с финансовата подкрепа на австрийското Министерство на транспорта, иновациите и технологията, Глайсдорф (Австрия) 2007. Website: www.iea-shc.org/task33/index.html

Къде да намерите добра обосновка на соларно-термалните инсталации:

- [4] Solar Thermal Action Plan for Europe (STAP), Estif. Website: www.estif.org/281.0.html
- [5] Potential for Solar Heat in Industrial Processes, Редактори: C.Vannoni, R. Battisti, S. Drigo, Публикувано от CIEMAT, Мадрид (Испания) 2008. Website: www.iea-shc.org/task33/index.html

3.7.4.6 Биомаса и биогаз

Биомаса и биогаз са ресурси, които имат потенциала да снабдят голяма част от индустриалните процеси с възобновяема енергия. Биомаса, използвана за индустриални пещи, основно включва дървени стърготини и пелети. Използва се и слама, за нея обаче е нужно по-високо технологично оборудване. Всеки друг органичен остатък от производствените процеси може да се използва, неговата употреба обаче ще зависи до голяма от степен от постигнатите стойности калоричност. Това пак зависи значително от водното съдържание и ефективността на процесите за сушене на биомасата.

Като цяло пещите за биомаса с инсталации за гореща вода или инсталации за гореща вода под налягане са най-новото, парни котли, захранвани с биомаса се използват по-малко, но в последните години се прилагат успешно.

Ферментацията на органични отпадъци за биогаз отваря нови възможности за неговата употреба. Едно голямо предимство е, че нуждата от сушене на биомаса преди горенето отпада за биогаз. В случая ефективността зависи от процеса на преобразуване, получения метан във фазата за газ, и нужното почистване на биогаз (особено съществено за употреба с двигатели). Биогаз може да се използва в последствие за производство на топлина в различни технологии като газови (или комбинация от газ-твърд материал) котли КПТЕ, газови турбини и горивни клетки или могат да се използват като гориво за газови двигатели в коли, целеви превозни средства и камиони.

Информация за биогаз

Биогаз е смесица от метан, CO₂, H₂S, вода и със следи от други газове, който се произвежда в анаеробна среда и с помощта на микроорганизми от органичен материал. Процесът на производство на биогаз е сложен и следва няколко стъпки на ферментация. Качеството на продукта зависи от вида суровина, използваните микроорганизми, параметрите на обработка (като температура, pH,...) и обработката на произведения суров биогаз.

В инсталациите за биогаз напоследък се прави комбинация от различни видове суровини (ко-ферментация). Това означава ферментацията на органични торове като течен оборски тор заедно с други органични сурови и отпадни материали. За индустриални цели употребата на тези допълнителни материали има голям потенциал за производството на биогаз на място и за увеличаване независимостта на външни доставки на енергия. В Табл. 11 са изброени суровините от различни източници:

Табл. 15: Суровини за биогаз от различни източници

Agriculture industry	Slaughter houses	Industry (e.g. food)	Canteen kitchen	commune
•Residues of harvesting •Energy plants •Liquid manure •Solid and liquid dung	•Slaughter house waste water (grease,...) •Slaughter house solid waste (bowels)	•mash •Brewer grains •yeast •Fruit pulp	•Food residues •Kitchen waste •Waste grease	•grass •Biogenic waste •Sewage sludge

Табл. 17: Технологии за предварителна обработка на биогаз

Pre-treatment	examples
Mechanical/physical	Milling, chaffing, ultra sonic
chemical	Acids, base, wet oxidation
Bio-technological	Enzymes, fungi,
Thermal	Steam explosion, thermal pressure hydrolysis

Табл. 18: Биогаз, съставен от различни суровини

components	Wood gas		Sewage gas	landfill gas	biogas	Biogas av.
	air	steam				
CH ₄	3 – 6 %	9 – 11 %	60 – 75 %	45 – 55 %	50 – 75 %	55 %
CO ₂	12 – 16 %	20 – 25 %	30 – 40 %	30 – 40 %	25 – 45 %	43,9 %
H ₂ S			< 1 %	50 – 300 ppm	0 – 1 %	0,05 %
H ₂ O			saturated	saturated	saturated	saturated
H ₂	11 – 16 %	33 – 40 %	traces		0 – 1 %	0,5 %
O ₂			< 1 %		0 – 1 %	0,1 %
N ₂	45 – 60 %	< 3 %	< 4 %	5 – 15 %	0 – 3 %	0,4 %
NH ₃					0 – 0,5 %	0,05 %
CO	13 – 18 %	25 – 30 %	traces		-	-
Heating value [kWh/m ³]	1,1 – 1,7	3,3 – 4,2	6 – 7,5	4,5 – 5,5	5 – 7,5	5,5

* Vol% on dry gas

Различни технологии за обработка като ферментация от една или две стъпки, среда на мезофил и термофил и суха или мокра ферментация влияят на качеството и количеството на продукта. Предварителната обработка на суровината има много голямо реално значение за материалите от целулоза или със съдържание на такава при производството на биогаз. Актуални методи за предварителна обработка са показани в Табл. 12.

Средата за суровия биогаз в много случаи е съществена, в зависимост от по-нататъшното приложение на биогаза. Основно премахването на CO₂, H₂S и H₂O ще увеличи калоричността и сферите на приложение. Природния газ има средна калоричност от ок. 10 kWh/m³; Биогаз ок. 6 kWh/m³, което отговаря приблизително на 60 % от калоричността на природния газ.

За допълнително четене:

- [1] Handbook of Biogas Utilization, Second Edition, Ross, Charles C.; T. J. Drake III; Environmental Treatment Systems, Inc. July 1996

3.7.4.7 Енергийно-ефективни котли и горелки

С цел да се оцени като цяло работата на съществуващите котли, по време на кратък одит се препоръчва проверка на: година на инсталацията, технически данни (производител, номинална мощност и др.); състояние на изолацията; възможни течове; начин за контрол на котела.

Някои мерки могат да бъдат изпълнени, за да се намали енергийното потребление на нова или съществуваща система за генериране на топлина (напр. котли, парни котли, кондензиращи котли и т.н). По-конкретно следва да се имат в предвид следните:

- ⊥ Използването на електричество за загряването на процесите е изключително недостатъчно. Ефективността на преобразуване на първичната енергия в електричество, използвано в процеса (включително разпределение и загуби) е около 30 %, в сравнение с повече от 90 % при високо ефективни газови котли или пещи.
- ⊥ Котлите с гореща вода имат по-висока ефективност на преобразуване от парните котли, а за ниски температури дори кондензиращи котли могат да се използват. Също така топлинните загуби при разпределение се намаляват. Още повече, че циркулацията на гореща вода позволява използването на други енергийно-ефективни технологии като КПТЕ, топлинни помпи и соларно-термална енергия.
- ⊥ По-ниско налягане в нивата на парата (и температурата) води до намаление на термичните загуби и разходи.

- † Използването на природен газ или пропан-бутан позволява прилагането на енергийно-ефективни технологии като кондензиращи бойлери, директно изгаряне и др.
- † Ефективността на котела рязко спада, когато той работи с натоварване по-ниско от 30%, следователно би било подходящо да се инсталират два или повече котела за осигуряване на цялото търсене на топлина. Свърх-оразмеряването на котлите следва да се избягва. По-конкретно високоефективни котли следва да се използват като основни, а по-ниско ефективните трябва да покриват върховото търсене.
- † Оптимизацията на контрола може да увеличи ефективността.
- † Ако котлите или пещите се затварят редовно заради промяна в натоварването, топлинната загуба, причинена от ефекта на комина, издърпващ студен въздух през котела, може значително да се намали чрез употреба на амортизтори.
- † Основните фактори, влияещи на ефективността, са загуба на коминни газове и излъчването на защитното устройство. Намаляването в температурата на димните газове и в изолацията на котела винаги води до повишаване на ефективността. Нагласянето на съотношението излишен въздух също така спомага за намаляване на загубата от коминни газове и следователно за подобряване ефективността на котела.
- † Връщането на кондензатите в парния котел позволява възстановяването на енергията, съдържаща се в тях (до 15 % от енергията, нужна за създаването на пара).
- † С цел минимизиране спада на отпадна топлина, потока на спада следва да се намали (чрез предварителна обработка на водата за захранване) и възстановяване на топлината му. Още повече, че обработената свежа вода за захранване намалява отлагането на варовик, като по този начин поддържа добра обмяна на топлина между изгорения газ и течността за затопляне.
- † Инсталацията на икономайзър (допълнителен теплообменник за претопляне на вода за захранване на котела чрез възстановяване на отпадна топлина от коминни газове) и/или въздушен нагревател (рекуператор) увеличава цялостната ефективност, възстановявайки отпадната топлина в отпадните газове.

За допълнителна информация:

- [1] The Energy Research Institute Department of Mechanical Engineering University of Cape Town. *How to save money and energy in boiler and furnaces systems*. Website: <http://www.3e.uct.ac.za>
- [2] Lawrence Berkeley National Laboratory Washington, DC for DOE, *Improving Steam system Performance a sourcebook for industry*. April 2004. Website: <http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/steamsourcebook.pdf>.
- [3] Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. July 2006. Website: <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>
- [4] Ralph L. Vandagriff. *Practical guide to industrial Boiler systems*. 2001. Marcel Dekker, Inc. Website: www.dekker.com
- [5] V. Ganapathy ABCO Industries. *Industrial Boilers and Heat Recovery Steam Generators Design, Applications, and Calculations*. 2003 Marcel Dekker, Inc. Website: www.dekker.com

3.7.4.8 Енергийно ефективно охлаждане

Индустриалните хладилни помещения се използват за контролирано охлаждане на продукти и производствени машини или за осигуряване на охладителна енергия за климатиците в производствените зони. Има две групи охладители съответствие с принципа на хладилния цикъл.

- × При охладителите с паро-компресия използват механична енергия за своето функциониране и са задвижвани от електрически мотори, пара или газови турбини най-разпространени са тези с електрически задвижване. Зависимост от вида на компресора които използват тези охладители могат да бъдат разделени на бутални, с превъртане винтови и центробежни охладители КПД на големи охладители с паро-компресия обикновено е 4 или повече.
- × Топлините охладители използват топлинна енергия за своето функциониране, доставена под формата на пара, топла вода или отработени газове от изгаряне. Най-често използваните топлините охладители са абсорбационите охладители. Тяхното КПД е от 0,5-0,8 (еднократен ефект) до 1.0 – 1.3 (двоен ефект)⁸.

Охладителите освобождават погълнатата енергия към заобикалящата ги среда. Те могат да освобождават енергия във въздуха (с въздушното охлаждане) или във водата (с водно охлаждане). Тези с водно охлаждане използват охладителни кули, които подобряват тяхната термодинамична ефективност в сравнение с въздушното охлаждане, но прибавят допълнителни разходи и потребление на вода в системата.

Важни моменти, които да се вземат предвид при проектиране на охладители:

- × Температура на охлаждането. Преобразователната ефективност на студо- генерацията зависи от температурата на изпарение (или температурата на която се произвежда охладителната енергия). По-високата температура на изпарение ще доведе до по-висока енергийна ефективност. В много приложение едно охладително тяло снабдява различни процеси, ако тези процеси работят на различни температури, те се групират по температури и всяка група се снабдява с най-високата възможна температура.
- × Температурната разлика между изпарението и кондензацията. По-малката температурна разлика означава по-голямо КПД. Подходящо проектиране на охладителната кула и веригата за повторно охлаждане може да подобри ефективността на системата.
- × Наличие на топлинна маса в интервала 80 - 90 °C. Топлинна енергия в този топлинен диапазон може да се получи от топлинно възстановяване от централи с комбинирано производство или от слънчево топлинна система. В тези случаи трябва да се вземе предвид прилагането на охладители с топлинно задвижване, особено при мащабни приложения с голямо потребление.
- × Работно време. Охладителите са скъпи съоръжения и трябва да бъдат използвани интензивно (3000 - 4000 часа на година или повече). Работните часове могат да се увеличат чрез използване на хладилни складове.
- × Възможност за свободно охлаждане. Охладителите трябва да се използват само в случаи когато е необходимата температура на охлаждане не може да се постигне чрез пряко освобождаване на топлина в околната среда. В много климатични зони околната температура може да бъде по-ниска от необходимата за охлаждане за значителен период от време (нощен или през зимата). Съществуват различни видове охладители, които позволяват свободно охлаждане в периоди на ниски външни температури, създавайки

⁸ Take into consideration the absorption chillers use thermal energy instead of electrical or mechanical energy in the case of mechanical vapour compression chillers. Therefore the COP – values can not be directly compared.

директен кръг между средата, която трябва да бъде охладена и външния въздух. Употребата на този вид охладители може да доведе до значителни икономии на енергия. Този вид охладители често намират приложение при процеси с относително постоянно натоварване при климати с ниски зимни или нощни температури.

- × Използване на екологично чисти и естествени хладилни агенти. При избора на оборудване с парна компресия трябва да се разглеждат екологичните аспекти при използване на хладилни агенти, като се има предвид международните споразумения в тази област. За предпочитане е да се използват хладилни агенти с нисък ODP (потенциал за разрушаване на озоновия слой) и GWP (потенциала за глобално затопляне) и природни хладилни агенти като амониак, въглероден диоксид, които също имат отлични термо-физични свойства осигурявайки висока работна ефективност.
- × Използване на отпадна топлина от охлаждане. Отпадната топлина от кондензатора на охладителите, която обикновено се разсейва в охладителните кули, може вместо това се използва за предварително затопляне на течности при ниска температура (до около 50 °C, използвайки охладителя като топлина помпа; възможни са температурни разлики до 40K между температурата на охладената вода и температурата на кондензатора).

Допълнителна литература:

- [1] EU BREF Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems. December 2001. The European Commission.
- [2] ASHRAE Handbook - HVAC Systems and Equipment. ASHRAE, 2008.

EINSTEIN Стъпка 7: Концептуален дизайн на вариантите за спестяване и дефиниране на предварително избраните енергийни задачи

> списък с препоръки за потенциално пестене на енергия

> оптимизация на процесите и странични възможности

> анализ на теоретичния потенциал за топлинно възстановяване potential

> предварителен дизайн на мрежите на топлообмен и топлозахранване

> предварителен дизайн на алтернативни доставни системи

3.8 Изчисляване на енергийните характеристики и анализ на околната среда

За да се оцени потреблението на енергия за предложената охладителна и топло снабдителна система трябва да бъде изготвен модел за изчисляване (симулация). За тази цел в рамките на софтуерния инструмент на EISTEIN има прост изчислителен модел, наличен за всички технологии..

3.8.1 Бързо изчисление

Вътрешното изчисление на енергийните характеристики в EISTEIN се базира на агрегираните топлинни нужди и потенциалния изход на доставната апаратура в каскадата. Топлините нужди зависят от температурата и оперативното време в зависимост от характеристиките и работният график на процеса: $\dot{Q}_{D,j} = \dot{Q}_{D,j}(T, t)$.

Потенциалната изходна мощност P_{nom} на различните топло снабдителни оборудвания стандартно зависи от температурните нива на доставка и в конкретния случаи на топлини помпи също от наличната отпадна топлина $\dot{Q}_A = \dot{Q}_A(T, t)$

Полезната топлина доставена от всяко оборудване на дадена позиция j в топло снабдителната каскада може да бъде изчислена от топлините нужди и номиналната мощност:

$$\dot{Q}_{USH,j}(T, t) = \min[P_{nom}(T), \dot{Q}_{D,j}(T, t)] \quad (3.4)$$

където

$$\dot{Q}_{D,j} = \dot{Q}_{D,j}(T, t) = \sum_{connected\ pipes} \dot{Q}_{D,m}^{res}(T, t) \quad (3.5)$$

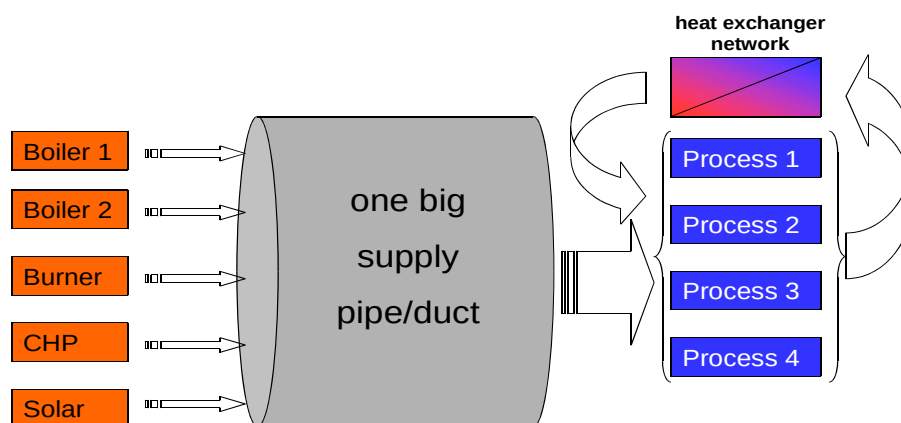
Е оставащата топлина нужда от j -тото оборудване след като част от цялостните топлинни нужди вече е покрита от оборудванията 1 .. $j-1$ които са предходни в топло-снабдителната каскада.

Изчисленията в софтуерния инструмент на EISTEIN обикновено се правят по-подробно на едночасови стъпки за цялата година, вземайки предвид промяната в нуждите във времето и на температурата през различните часове на деня, сезонни вариации, уикенди и почивни периоди.

Основното ограничение на този вътрешен изчислителен инструмент т.нар. подход "всички-през-една-тръба": Детайлите и зависимости на реалната разпределителна система не се взимат предвид в енергийните пресмятания⁹.

За по-детайлни и точни изчисления може да се използва външен стимулационен софтуер.

⁹ Thermal losses in distribution are approximately taken into account in the calculations using an overall average distribution efficiency.



Фигура 26: Подход „всички-през-една-тръба“ използван за топлоснабдителни и охладителни системи в EINSTEIN.

3.8.2 Симулация на система със специфичен външен софтуер

При тези случаи, когато вътрешния модел за бързо изчисляване на EINSTEIN може да не бъде достатъчно точен или в резултат на подхода „всички-през-една-тръба“ могат да се получат дори погрешни резултати. Затова понякога се налага използване на външен софтуер за симулация на системата. Резултатите от тези външни симулации могат да бъдат въведени в софтуерния инструмент на EINSTEIN и използвани за по-нататъшни изчисления. Някои позовавания на съществуващите инструменти за симулация могат да бъдат намерени в доклада от EINSTEIN: Преглед на одиторите практики и инструменти относно топлинната енергия (Project deliverable D2.2).

3.8.3 Анализ на околната среда

Както вече подчертахме в глава 2.1, EINSTEIN използва следните параметри като основни индикатори при оценяването на околната среда :

- × Основната енергийна консумация като главен индикатор при оценяване на околната среда
- × Производство на CO_2
- × Производство на високо радиоактивни (HR) ядрени отпадъци (свързани с електрическа консумация)
- × Консумация на вода

Количеството на параметрите с въздействие върху околната среда се получава пряко от състава на крайното енергопотребление в индустрията, което е резултат от анализа на енергийните характеристики описани в предишните части.

Преобразователните параметри, които се използват могат да бъдат конфигурирани от потребителя в базите данни на EINSTEIN за горивата и сумарната приложена електрическа енергия.

Като цяло може да се каже, че потреблението на първична енергия е предпочитания параметър, използван като основен показател и че трябва да бъде сведен до минимум, тъй като представлява средната стойност на различните видове емисии.

Параметърът на CO_2 емисиите – често се използва като индикатор за околната среда – пренебрегва други видове емисии, като радиоактивни отпадъци и следователно подценява въздействието от преминаването от горива към електричество, особено в страни с висок дял на ядрената енергетика за производството на електричество.

EINSTEIN Стъпка 8: Енергетично изчисление на производителността и анализ на околната среда

> Бързо изчисление

> симулация на системата със специфичен външен софтуер

> Енергетична оценка и анализ на околната среда

3.9 Икономически и финансов анализ

За компанията икономическият анализ на предложеното енергоснабдяване е един от най-важните въпроси. Затова трябва да се акцентира върху тази стъпка и колкото по-подробни са придобитите данни, толкова по-висока ще бъде надеждността на резултатите .

За икономически анализ на нови енерго-снабдителни системи, работните (енергийни) разходи трябва да бъдат съпоставени с настоящото оборудване. Ето защо подходяща методика е да се изчислят всички разходи, които ще настъпят в бъдеще със съществуващите топлоснабдителна и охладителна системи и да се сравнят с тези на очакваната инвестиция и другите разходи по предложената алтернативна енерго-снабдителна система. Разликата в цените дава очаквания паричен поток, който възниква в резултат на промяна на доставното оборудване.

Като цяло трябва да се имат предвид следните ценови категории:

- × **Инвестиционни разходи:**
 - оферти от доставчици или употреба на оборудване втора ръка
 - субсидии и спонсориране
 - проходи, които могат да бъдат постигнати чрез продажба на замененото оборудване
- × **Оперативни разходи:**
 - енергийни разходи вкл. Очаквано повишение в цените на енергията
 - поддръжка, цена на труда, застраховка и др.
- × **Непредвидени разходи**
 - в случай, че настоящата снабдителна система не се подмени: данъчни пречки, разходи по възстановителни дейности, разходи за превеждане в съответствие със законодателството, отрицателни въздействия върху пазарния дял, отражение върху търговията с CO2 емисии и т.н.
 - в случай, че енерго-снабдителната система се подмени : данъчни облекчения, благоприятно въздействие върху пазарния дял, подобрене на имиджа на компанията
- × **Еднократни разходи**
 - ремонти дейности за оборудването, обмен на колектори, нередовна поддръжка, разходи за съдебни разрешителни, разходи по превенции.

При конвенционалните оценки на разходите, фокусът ще бъде върху инвестиционните и оперативните разходи. Въпреки това, при обсъждане на цялостните реални разходи трябва да се вземат под внимание непредвидените и еднократните разходи, тъй като те могат да имат съществено отражение върху крайния резултат. Анализът на разходите трябва да бъде подходящ за откриване на всички параметри, които влияят върху икономическото развитие на енергийна ефективност и инсталирането на системи на енерго-снабдителни системи в промишлените процеси, освен за енергийни разходи.

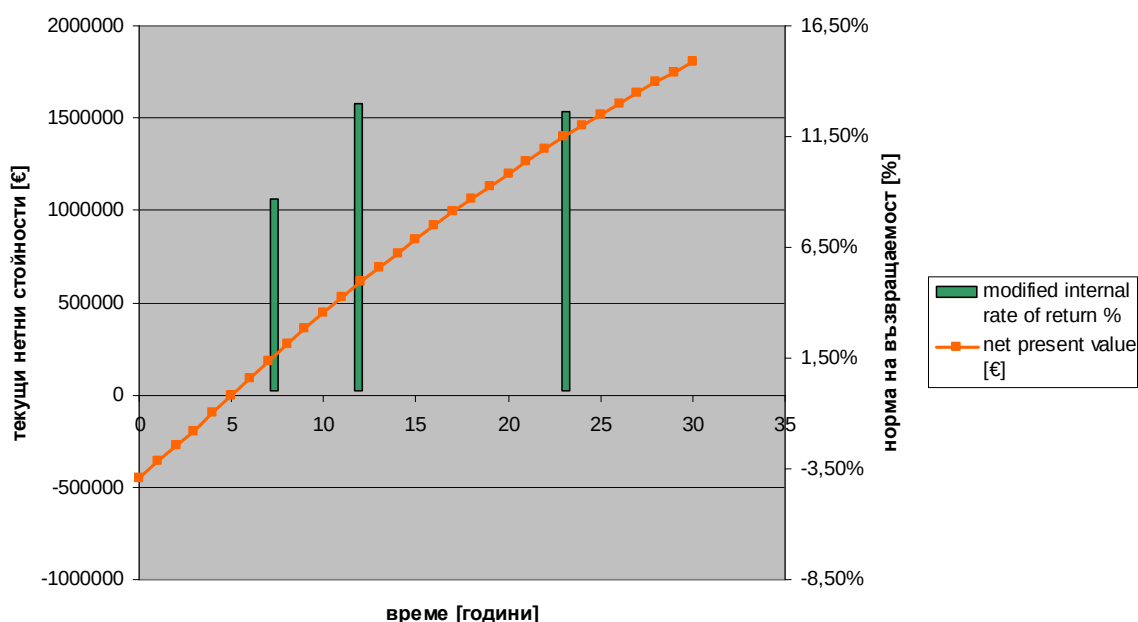
Категориите за общата оценка на разходите (ТСА), когато се разглежда по-дълъг времеви период са макроикономическите параметри, както и непредвидени и еднократни разходи.

Очевидно е, че следните параметри са решаващи за крайния резултат при оценяване на разходите :

- × Номинално ниво на лихвата при външно финансиране
- × Специфична отстъпка за компанията
- × Очаквано развитие на цените на енергията
- × Общо ниво на инфлацията
- × Избрана времева рамка за икономическия анализ

Резултата от икономическия анализ включва инвестициите, периода на изплащане и икономически ползи, но също така трябва да се включват и икономически параметри, които показват финансовите резултати за по-дълъг период от време. Тук, от голямо значение са вътрешното ниво на възвръщаемост и развитието на настоящата нетна стойност през годините. (За подробности относно изчисляването виж раздел 2.6.)

Текуща нетна стойност и вътрешна норма на възвръщаемост



Фиг.27: Резултати от икономическия анализ

EINSTEIN Стъпка 9: Икономически и финансов анализ

> Изчисляване на основните икономически параметри

> оценка на възможностите за финансиране и спонсориране

> изработване на подходяща схема на финансиране

3.10 Докладване и презентация

3.10.1 Съдържание на доклада

След като приключи одита, трябва да бъде написан одитен доклад, като основния документ, произведен по време на този процес.

Този доклада трябва да съдържа (поне) следната информация:

- × Отчет за изпълнението с подчертаване на основните резултати от одита
- × Данните, които са събрани и / или оценявани по време на процедурите по одита и са използвани като отправна точка за анализа. Особено оценки и хипотези, направени от одитора, които не са подкрепени от събраните данни трябва да са ясно подчертани.
- × Разпределението на настоящото ниво на консумация на енергия, както е посочено в глава 3.6 и сравнението му с референтната бенчмарк информация.
- × Описание на различните анализирани алтернативни предложения, като се набляга на необходимите изменения по отношение на сегашното състояние, както и на разликата в характеристиките на всяко едно от тези предложения. Всяко от тях трябва да бъде наречено чрез кратък, но самостоятелно обяснен акроним, които може да се използва за идентификация в сравнителните таблици и графики.

Описанието на алтернативни предложения трябва да бъде най-добре придружено от схематични рисунки (блок схеми и / или хидравлични схеми), които ясно да покажат позицията на новите съоръжения в съществуващата система.

- × Сравнителни таблици и фигури с основните резултати (енергетични, екологични и икономически) на различните проучени алтернативи.
- × Представяне на подробен финансов анализ на окончателно предложеното решение (или решения: в някои случаи може да има смисъл да предложите повече от един "най-добри" алтернативи за дружеството, като се оставя на окончателния избор на тях). Тук трябва да споменем и възможността за финансиране от трети страни за необходимите инвестиции, възможните източници на финансиране и други видове стимули.
- × Ясно формулиран текст и определяне на необходимите несигурности, които все още съществуват след сключване на бързия одит, особено ако те могат да имат важно влияние върху изпълнимостта на предлаганите системи. Маркирайте аспекти, които трябва да бъдат анализирани по-подробно, преди да се вземе решение за промяна в системата.

Софтуерният инструмент на EINSTEIN автоматично генерира стандартен доклад за одита, съдържащ цялата информация. Настоящият доклад е изготвен в електронна таблица (OpenOffice), които можете да редактирате и промените, като добавяте ръчно допълнително съдържание, и т.н.

3.10.2 Представяне на компанията

Представянето на доклада на дружеството трябва да бъде винаги лично, ако е възможно, тъй като така може да има възможност да се обяснят вашите предложения, като се избегнат недоразумения и се изтъкнат предимствата на предложението ви на вземащите решения в дружеството.

Независимо от това, резултатите от доклад по EINSTEIN одита трябва да бъдат достатъчно ясни при който да могат да бъдат изпратени и по пощата или по електронна поща, в случай, при който лично представяне не е възможно (например голямо разстояние до дружеството и нисък бюджет, който не дава възможност за второ посещение, ...).

EINSTEIN Стъпка 10: Докладване и представяне на компанията

> Съставете кратък и ясен одитен доклад

>Представете го на компанията

3.11 Колективно обучение

3.11.1 Споделете вашият опит с общността

Всеки казус който изпълним представлява нов опит, със собствени особености, които трябва да се включим в общия опит, за да може да бъде достъпен от вас или от други одитори в бъдещи одити. Този процес на колективно обучение може да се провежда по различни начини и на различни нива:

- * Споделяне на информация в рамките на Вашата компания, институт или мрежа. Данните, след като бъде въведен в базата данни на EINSTEIN могат да бъдат достъпни за бъдещи одити, например да се използват като допълнителен критерий за подобни индустрии или като източник на идеи за това какъв тип мерки могат да бъдат предложени и т.н.
- * Споделяне на информация с общността на потребителите на EINSTEIN. В последващи актуализации на инструментариума на EINSTEIN, ще бъдат включени нови проекти, разработени от потребителите. Аспекти на поверителност може да се вземат под внимание, като например това да се направят част от данните анонимни (за целта инструментариума на EINSTEIN предлага различни опции / нива на конфиденциалност които автоматично елиминират някои от данните в проекта). Подаването на проекти може да се направи чрез EINSTEIN интернет страница www.einstein-energy.net, или изпращане на копие по пощата на разработчиците на EINSTEIN на: info@energyxperts.net.
- * Потребителите могат да помогнат на други потребители: има имейл форум за потребители на EINSTEIN, където можете да обменяте мнения, получите подкрепа или да подкрепите други. Просто се абонирайте на интернет страницата на инструментариума на EINSTEIN: <https://lists.sourceforge.net/lists/listinfo/einstein-users>

3.11.2 Помогнете за подобряване на методологията и софтуерния инструмент

EINSTEIN е почти перфектен, но не съвсем. Винаги има нещо, което да се подобри: нови технологии или данни които се появяват; неща, които не са били обсъдени; особени случаи, които не могат да се представят добре чрез стандартните схеми на EINSTEIN и др.

Използвайте уеб портала на EINSTEIN (einstein.sourceforge.net) за да съобщавате за бъгове, да давате идеи за подобрения и др.

3.11.3 Станете разработчик на EINSTEIN

Инструментът EINSTEIN се развива допълнително, като свободен проект с отворен код. Можете да изтеглите и променяте изходния код, да го развивате и да дадете своя принос от собствени модули.

След проверка на качеството и съвместимостта от екипа на EINSTEIN тези модули ще бъдат включени в следващото разпределение EINSTEIN.

Как? Само изпратете заявка за получаване на право да бъдете EINSTEIN разработчик на екипа на EINSTEIN на някои на посочените по-горе канали.

3.12 Последващи действия

3.12.1 От одита към инсталирането на новата система

Последващите действия са също толкова важни, колкото и самия одит. Основната цел, разбира се, е да убедим компанията да реализира предвидените инвестиции и да инсталира новите енергийно ефективни системи.

Но също така и от отрицателни отговори можете да научите и да увеличите своя опит: опитайте да получите информация за това защо предложенията, които който ще сте счели енергично и икономически изгодни, не са били реализирани. Ако в този конкретен случай решението не може да се промени, най-малко който ще да имате предвид тази опитност за начина, по който който ще представите следващото си проучване.

3.12.2 Предвидена и реална работа на новите системи

Ако всичко е минало добре и Вие сте свършили добра работа, най-накрая компанията ще подобри своята отоплителна и охладителна система(повече или по-малко). След това можете да се отпуснете и да релаксирате, радвайки се на успеха си и след известно време да се захванете със следващия си одит.

Най-добре е да следите и да се възползвате на този практически опит, най-малко в продължение на няколко години след стартирането на нови системи (някои проблеми на определени технологии могат да се установят само след известно време). Най-добрият начин да направите това е чрез извършване на систематично наблюдение:

- × Най-добре се опитайте да подпишете договор за поддръжка и така да получите пряк контакт с предприятието по време на първите години от експлоатацията.
- × Обаждайте се периодично на компанията и питайте за опитностите, които има.
- × Най-добре е ако можете да направите и измервания за представянето на системата. Използвайте тези данни за да сравните вашите предположения с реалното поведение на системата.
- × Водете регистър на контактите по изпълнението на проекта, докладваните проблеми, вашият поглед за това как тези проблеми могат да бъдат преодоляни, и т.н.

4 Примери

4.1 Цялостна процедура

Исходна позиция:

След презентиране на мерките за енергийна ефективност и възобновяемите енергийни източници в промишлеността проведете кратък разговор с техническия директор на компанията, EINSTEIN Container Washing ООД, г-жа Cleanton. Тя ви казва, че е много заинтересована от потенциала, който възобновяемите енергийни източници предлагат за намаляване на енергийните си разходи, които след последните повишения в енергийни тарифи, са започнали да бъдат значим фактор при формиране на разходите на компанията. Разменят визитни картички и обещава да ви изпрати допълнителна информация.

EINSTEIN Стъпка 1: Мотивирайте

След като пристигнете в офиса си, изпращате кратка електронна поща до г-жа Cleanton с приложени информационни материали на EINSTEIN.

След няколко дни и звъните по телефона, а тя ви казва, че е много заинтересована от енергиен одит на EINSTEIN, и ви предлага да дойде да посетите компанията, която за съжаление се намира в градската железница на около 150 км разстояние от вашия офис. Вие се съгласявате с нея, да изпрати някои данни и някои скици на завода предварително, така че да можете да изработите предварително предложение преди посещението.

4.1.1 EINSTEIN Стъпка 2: Набавяне на данни преди одита

Изпращате “Контролния списък на EINSTEIN за компанията” на г-жа Cleanton, за да и дадете идея, относно информацията, която ще и поискате по време на посещението. Вие изпращате този контролен списък, заедно с основния въпросник на EINSTEIN я молите да попълни данните, които може да получи лесно и да го изпрати обратно към вас по факс или по електронна поща.

Няколко дни по-късно получавате въпросника, попълнен с много малко данни:

някои общи данни за фирмата: административни данни, оборот и др.

Период на работа:	260 дена/год., 10 часа/ден, 2 смени/ден, Само един процес: миене на контейнери
Необходима топла вода:	100 m ³ / ден при 80 °C
Топлоснабдително оборудване:	парен котел, липсват други данни
Използвани горива:	природен газ, няма данни за консумацията

Въпреки че случая на EINSTEIN Container Washing ООД изглежда, да е доста прост, Вие се опитвате да получите някаква информация за подобни отрасли, и проверявате EINSTEIN препоръките за НДНТ дали можете да намерите някои идеи за възможни подобрения. Сред някои други препоръки тези, които най-добре пасват на твоя случай са:

оптимизация на процесите при измиване:

- ☞ “проверете дали консумацията на вода и / или температурата на водата може да бъде намалена чрез използването на други препарати”
- ☞ “проверете дали е възможно повторното използване на отпадъчна вода или създаването на затворен кръг на водата”

препоръки от страна на топлоснабдяването:

- ☞ “проверете възможността за оползотворяване на топлината от отпадъчните води”
- ☞ “подгръване на топла вода при ниска температура е подходящо за прилагане на слънчевата топлинна енергия”

4.1.2 EINSTEIN Стъпка 3: Обработка на предварителната информация

Преди всичко трябва да въведете данните в софтуерния инструмент EINSTEIN, за да видите на какво ниво на детайлност вече може да се покаже нещо с данните, които имате до момента. От вашия опит, Вие знаете, че освен от информацията, която имате от компанията, ще трябва да се направят някои оценки за възможностите за използване на отпадната топлина, а също и да се направят някои предположения за енергийните тарифи. За първо приближение, Вие предполагате следното (въпреки че сте наясно, че тези данни могат да имат голяма грешка и трябва да бъдат потвърдени преди да се направи предложение на компанията):

сз	Количество на отпадъчните води = същото количество консумирана топла вода: 100 m ³ / ден
сз	Температура на отпадъчните води: 50 °C
сз	Приемате следните тарифи на енергия, въз основа на опита, който имате за други отрасли с подобни размери: цената на природния газ: 30 €/MWh; цена на тока: 85 €/MWh
сз	Разпределение на топлинната енергия: пара при 2 бара, температура 140 ° C, температурата на връщащата тръба 60 ° C, 100% регенериране на кондензата

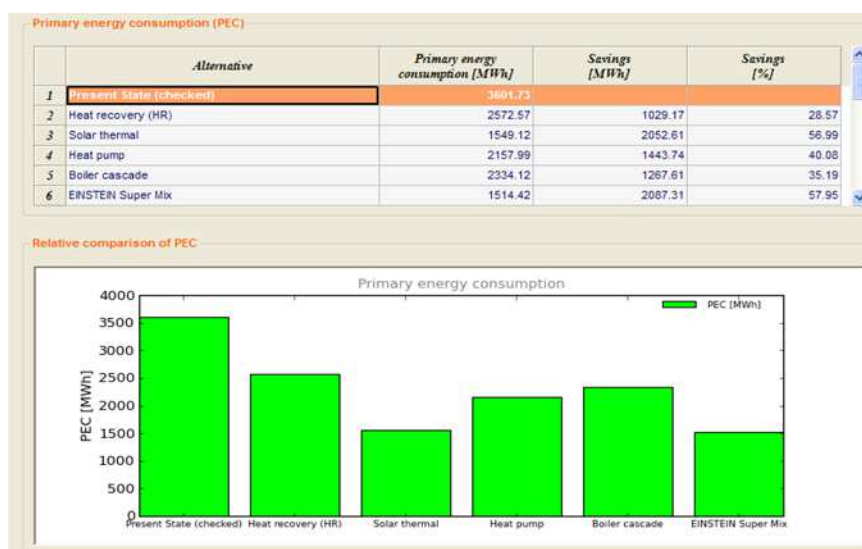
(вижте примерния проект № 41 от Справочника на EINSTEIN, предварителните етапи)

Тъй като искате само много бърза начална ориентация, Вие задавате ниво на точност за проверка на съгласуваността "бърза и приблизителна" и след това да стартирате процедурата за одит EINSTEIN, в автоматичен режим ("Автопилот"):

сз	Имате късмет: данните са достатъчни за бърз и приблизителен анализ и са коректни
сз	За по-подробен анализ, ще е необходима номиналната мощност на инсталирания в момента котел
сз	Прогнозната годишна консумация на процеса на топлообмен е 2,118 MWh и разхода на гориво се очаква да е 2552 MWh; 71 % от топлинните нужди или около 1500 MWh са под 60 °C
сз	Необходимия външен източник на топлина може да бъде намален на 1327MWh при възстановяване на топлоенергията
сз	Като подходящи допълнителни енергийно-ефективни решения можете да получите следните предложения
	a) слънчева топлинна система с номинален капацитет от 693 кВт, които обхващат 51% от остатъчната топлинна консумация
	b) CHP двигател с номинална топлинна мощност от 333 кВт, които обхващат 70% от оставащата нужда от топлинна енергия
	c) топлинна помпа с номинален капацитет от 300 кВт, покриваща 20% от оставащата нужда от топлинна енергия
	d) нови котли с по-висока ефективност

Във всички случаи, старият котел е заменен от по-ефективни. Резултатите са показани на фигура 35.

(вижте примерния проект № 41 от Справочника на EINSTEIN *Резултати от автопилота*)



Фиг. 35: Сравнение на оценката за сегашното състояние на потреблението на първична енергия и редукирания потенциал с различни мерки за енергийна ефективност.

За да потвърдите предварително направените допускания и получените резултати, се обаждайте на компанията и искате номиналната мощност на инсталирания котел. Те ще ви кажат, че имат инсталиран 3 MW парен котел във фабриката.

Тъй като не сте експерт в областта на възобновяемите енергийни източници, се обаждайте на някой колега, който работи в тази област, за да получите допълнителна информация.

Сега като имате приблизителна представа за потреблението на енергия в компанията, можете да погледнете за бенчмарк данни, за да се знае дали сегашната консумация на енергия е в рамките на порядъка посочен за добра практика.

Като резултат от възможните мерки, които се идентифицират по време на бързото и предварително проучване, се определят следните приоритети за по-нататъшното събиране на данни:

- Определяне на температурата на отпадъчните води и степента на замърсяване (евентуални проблеми за възстановяване на топлоенергията)
- Определяне на наличните площи и структурни характеристики на покривите за възможно инсталирането на слънчева топлинна система
- Определяне на ефективността на преобразуване на енергията, възрастта и състоянието на съществуващия котел, за да се вземе решение за евентуална подмяна на парен котел

4.1.3 EINSTEIN Стъпка 4: Бърза и приблизителна предварителна оценка

В конкретния случай наличните данни са достатъчни, за да се направи първоначална бърза и приблизителна оценка и предложение, които могат да бъдат представени и обсъдени с компанията. Ето защо, можете да отпечатате стандартен доклад за одит от софтуерния инструмент на EINSTEIN. Вие решавате да не да го изпратите по електронната поща, но да го представите лично по време на посещението на обекта.

4.1.4 EINSTEIN Стъпка 5: Посещение на място

В компанията, сте посрещанти от г-жа Cleanton, придружена от оператор отговарящ за измиването. Представяте и обяснявате предварителното проучване, и получавате потвърждение, че е налице голям интерес на дружеството за прилагане на предложените мерки за спестяване на енергия,

особено на опциите, които изглежда че предлагат най-висок потенциал за икономия: възстановяване на топлоенергията и слънчевата топлинна енергия.

Следователно, се фокусирате върху това при събирането на допълнителна информация, особено по темите с приоритет във вашия списък. Получавате следната допълнителна информация:

Съществуващият парен котел е много стар, а компанията вече се мисли за евентуална замяна. Г-жа Cleanton в междувременно е успяла да събере информация от сметките за енергия на компанията: потреблението на природен газ през последните три години е между 2700 и 3100 MWh годишно.

Фирмата разполага с плосък бетонен покрив от около 2000 m², без никакви статични проблеми, свързани с инсталирането на една слънчева топлинна система.

Цялата отпадъчна вода се събира в малък резервоар, преди да се третира в пречиствателна станция за отпадъчни води, с цел да се отделят химикали и други замърсявания. Не можете да получите допълнителна информация за температурата и. Научавате, че отпадъчните води не са корозивни и не съдържат значително количество на друго замърсяване, като влакна, които може да бъде проблем за топлообменниците.

(вижте примерния проект № 41 от Справочника на EINSTEIN *Посещение на място*)

Тъй като сте взели своя лаптоп в компанията, за да правите презентация, можете да използвате възможността да съхраните новата информация, която току-що сте събрал в софтуерния инструмент на EINSTEIN и да проверите дали е съвместима с предварителна информация. В този случай се потвърди, че е така. Въпреки това, новите данни за потреблението на енергия, ви позволяват да предположите, че съществуващият котел е много неефективен (Получавате оценка за ефективността на преобразуване на котела 74%!).

По време на разходката през инсталациите в дружеството, измервате температурата на отпадъчните води в колектора за отпадъчни води. Вземате две различни измервания, едно в началото на разходката и още едно в края на посещението, точно преди да напуснете фирмата. Получавате следните стойности:

- Измерваната на температурата на отпадъчните води в резервоара: (а) 51.3 ° C (въпреки че е имало три миялни процеса, протичащи паралелно); (б) 42.8 ° C (в този момент е имало само едно активен миялен процес).

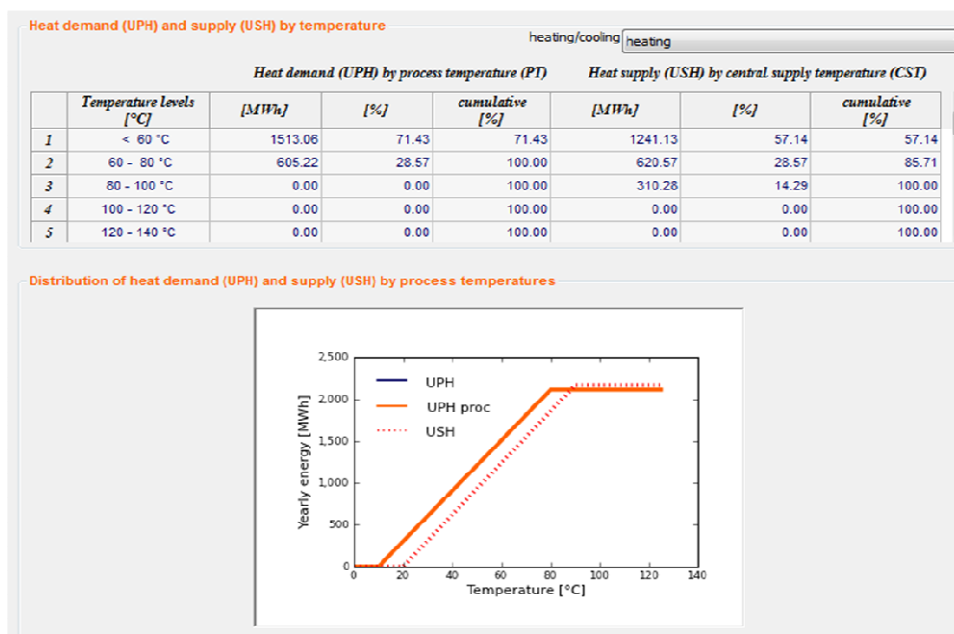
Стойности не са твърде далеч от първоначалната ви оценка. Но така или иначе ви подсказват, че компанията трябва да наблюдава и регистрира тази температура по време на седмицата, заедно с началното и крайното време на цикъла на промиване и потреблението на вода.

След разходката накратко коментирате наблюденията си с г-жа Cleanton. Казвате и, че според вас основните аспекти на първоначално представеното предпроектното проучване продължават да са валидни. Предлагате да изчакаме за липсващите данни от измерванията. Операторът на миялната линия обещава да направи това през следващата седмица, така че обещавате на г-жа Cleanton да предадете окончателния одитен доклад, в рамките на две седмици.

4.1.5 Einstein Стъпка 6: Анализ на статуквото

След анализ на резултатите от измерваната на компанията, които най-накрая са получени по факс, получавате една средна температура на отпадните води на 45,2 ° C, така че решавате да коригирате Вашата първоначална оценка от 50 на 45 ° C в окончателното изследване на компанията. Можете да получите разбивка на процеса на топлинна консумация по температура, както показано на фигура 36.

Освен това получавате потвърждение, че съществуващата система за топлоснабдяване работи с ниска ефективност (около 75%).



Фиг. 36: Разбивка на потреблението на енергия (пример): работна и доставна топлинна енергия по температурно ниво (Забележка: минималната необходима температура е дадена в случая на топлоснабдяването, а не реалната температура на която се доставя парата).

4.1.6 EINSTEIN Стъпка 7: Варианти за идеен проект за спестяване

4.1.6.1 Оптимизация на процесите

След обсъждане в компанията стигате до заключението, че в този случай не съществува възможност за подобряване на самия процес в миялната. Така че решавате да се съсредоточите върху възстановяване на топлоенергията и оптимизация на топлоснабдяването.

4.1.6.2 Възстановяване на топлинна енергия

Като първа мярка за подобряване на енергийната ефективност, вие предлагате на компанията регенериране на топлината от отпадъчните води и от изгорелите газове от котела за подгриване на свежата храняща вода. Можете да използвате софтуерния инструмент на EINSTEIN за количествена оценка на потенциала за възстановяване на топлина. Оставащите нужди от топлинна енергия, след това се използват като основа за всички оптимизационни предложения, за топлоснабдяването.

4.1.6.3 Топлоснабдяване

Тъй както искате да направите само бърз одит, вие решавате да приемете основно някои от автоматично генерирани варианти на софтуерния инструмент на EINSTEIN. Въпреки това, правите някои финни настройки на предложението за комбиниране на възстановяване на топлоенергията, слънчевата термална система и подмяна на съществуващия неефективен и несъразмерен котел с нов и по-малък.

Автоматично създадените оценка и предложение предвиждат 624 kW слънчева топлинна система с колектор с вакуумни тръби. Решавате ръчно да промените това:

- Закръглявате резултатите на 600 kW и 40 m³ хранилище
- Сравнявате различните видове колектори: плосък и колектор с вакуумни тръби
- изучавате 3^{то} предложение за слънчеви колектори за по-малка слънчева система (FPC 300 kW)

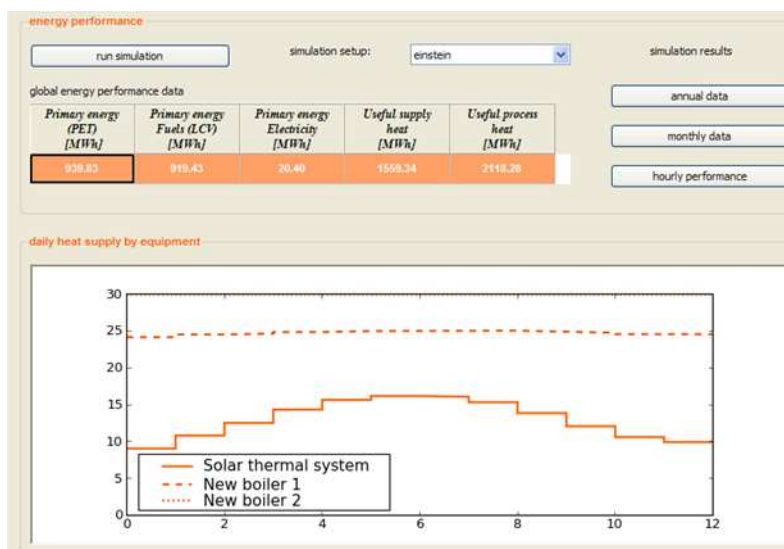
(вижте примерния проект № 41 от Справочника на EINSTEIN *Детайлно*)

Въз основа на авто-дизайн на софтуерния инструмент на EINSTEIN, се предлага нов котел с номинална мощност от 650 kW за всичките три размера на Слънчевата система.



Фиг. 37: Сравнение на сегашното състояние на потребление на първична енергия, и потенциала за намаляване на емисиите, с различни мерките за енергийна ефективност. Всички предложения за слънчеви колектори се основават на алтернативата "топлинно възстановяване" и включват също така и възстановяване на топлоенергията и подновяване на котела.

4.1.7 EINSTEIN Стъпка 8: Изчисляване на енергийните характеристики



Фиг. 38: Седмичен профил на топлоснабдяването от различно оборудване. Вариант "ST-ETC-600".

За да научите повече за сезонната работа на системата, съставяте система за симулация с вътрешния инструмент на за изчисляване на енергийните характеристики на EINSTEIN. От резултатите можете да видите седмичната производителност на системата (фиг. 38).

4.1.8 EINSTEIN Стъпка 9: Икономически и финансов анализ

Накрая съставяте икономическо сравнение на предложените алтернативи. За една бърза оценка вземате автоматично изчислените инвестиции и разходи за работа и поддръжка, с които разполагате

в базата данни на EINSTEIN и добавете ръчно прогнозни стойности на системата за възстановяване на топлинна енергия¹⁰.

В резултат на икономическия анализ получавате данни, посочени на фигура 39, фигура 40 и фигура 41. На фиг. 39 се изобразяват графично стойностите за инвестиционни разходи и субсидии.

	Present state	Heat Rec. + new boiler	FPC 500 kW	ETC 500 kW	FPC 250 kW
Total investment	0	200 000	450 000	550 000	340 000
Funding (50 % of solar thermal)	0	0	125 000	175 000	70 000
Total own investment	0	200 000	325 000	375 000	270 000
Yearly energy cost	124 590	65 730	50 400	46 170	58 020
Yearly O&M cost	2 000	2 500	5 000	5 000	4 000
Depreciation of investment	0	20 600	33 475	38 625	27 810
Total yearly cost (incl. depreciation)	126 590.0	88 830.0	88 875.0	89 795.0	89 830.0
Yearly savings	-	29.8%	29.8%	29.1%	29.0%

Фиг. 39 Сравнение на инвестиционните разходи на различен набор от мерки за енергийна ефективност. Всички предложения за слънчеви колектори се основават на алтернативата "топлинно възстановяване" и включват също така и възстановяване на топлоенергията и подновяване на котела.

Фигура 40 показва общите годишни разходи за енергийната система на различните алтернативи, съставени от енергийните разходи, експлоатация и разходи за поддръжка, както и анюитетни на първоначалната инвестиция. Минимумът на общите годишни разходи за енергийната система се получава за алтернативата "утилизация на топлината" с умерени икономии на първична енергия, като има предвид, че за алтернативите, с големи слънчеви системи и съответните високи първични енергийни спестявания общите разходи енергийната система се повишават отново, благодарение на приноса на анюитета на инвестициите.

¹⁰ Стойностите, използвани за икономически анализ, в този пример са:

разходи за експлоатация и поддръжка за термични цели в базовата система): 1500 евро, годишен процент на инфлация: 2% темп на нарастване на цените на енергията: 4%; номиналния лихвен процент за финансиране на външни инсталации: 8%; време на икономическа амортизация на инсталацията: 15 години. Ръчно добавени очаквани инвестиционни разходи за система за възстановяване на топлоенергията: 50.000 €

Annual cost

	Alternative	Amortization [EUR]	Energy cost [EUR]	Operation and maintenance (O&M) cost [EUR]
1	Present State (checked)		104000.00	1500.00
2	Heat recovery (HR)	5148.14	66753.20	4000.00
3	Boiler cascade	32948.08	67957.13	4000.00
4	ST-ETC-600	58744.07	48498.96	6142.00
5	ST-FPC-600	55208.12	54628.00	6142.00
6	ST-FPC-300	42387.71	60395.85	5071.00

Annual cost comparative

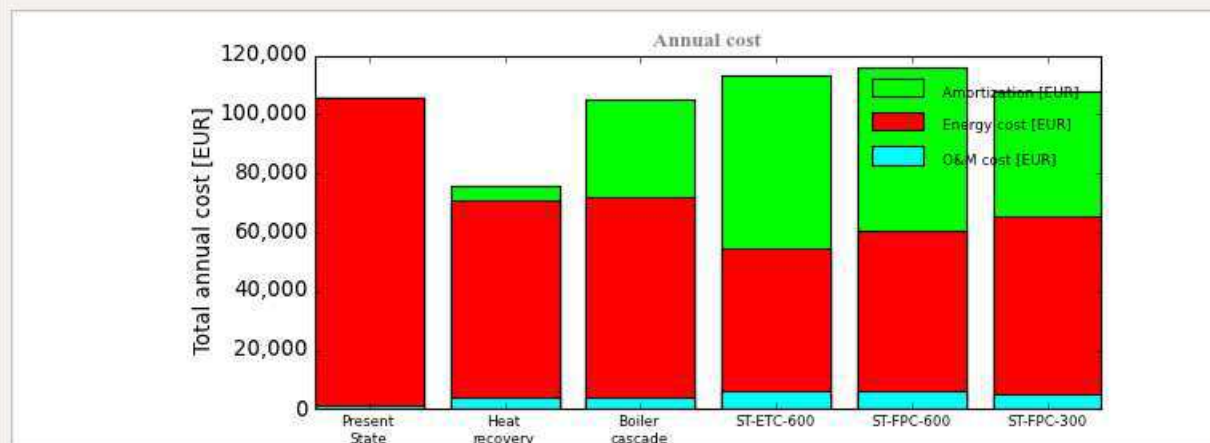


Figure 40: Сравнение на годишните разходи (включително анюитетните от общите инвестиции) на различните мерки за енергийна ефективност. Всички предложения за слънчеви колектори се основават на алтернативата "топлинно възстановяване" и включват също така и възстановяване на топлоенергията и подновяване на котела.

Фиг. 41 показва допълнителните разходи за спестената енергия. Алтернативата за възстановяване на топлина предполага намаляване на потреблението на първична енергия и намаляване на общите годишни разходи за енергийната система. Алтернативните варианти, включително и слънчевите системи (ST) водят до по-високи икономии на първична енергия, но на цената на по-високи годишни разходи. Алтернативната ST-FPC-300 води до много високи икономии на първична енергия които са почти неутрални по отношение на разходите.

Additional cost per saved primary energy (PE)

	Alternative	Total energy cost cl.O&M and invest.) [EUR]	Additional cost [EUR]	Additional cost per saved PE [EUR/MWh]
1	Present State (checked)	105500.00		
2	Heat recovery (HR)	75901.34	-29598.66	-22.07
3	Boiler cascade	104905.21	-594.79	-0.45
4	ST-ETC-600	113385.03	7885.03	3.87
5	ST-FPC-600	115978.12	10478.12	5.80
6	ST-FPC-300	107854.56	2354.56	1.47

Comparative of additional cost per saved primary energy

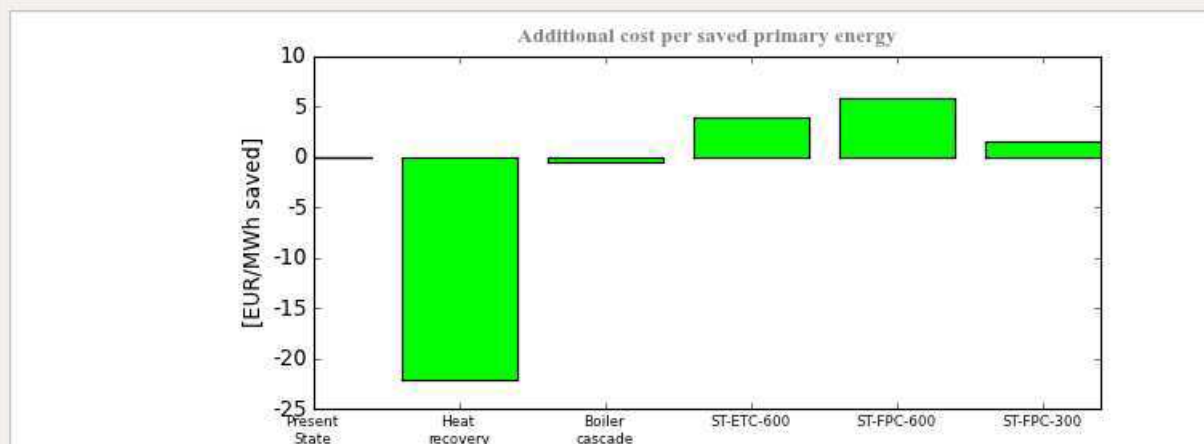


Figure 41: Сравнение на допълнителния общ годишен разход за спестената енергия от различни мерки за енергийна ефективност. Всички предложения за слънчеви колектори се основават на алтернативата "топлинно възстановяване" и включват също така и възстановяване на топлоенергията и подновяване на котела..

4.1.9 EINSTEIN Стъпка 10: Докладване и презентация

Вие сте щастливи от този резултат. Изглежда, че с алтернативната ST-FPC300 имате атрактивно предложение, което да бъде представено на компанията, даващо възможност за 42,5% икономии на първична енергия. Отпечатвате одитния доклад на EINSTEIN , който се генерира автоматично от инструмента, и се обаждате на г-жа Cleanton, за да си уговорите час за представяне на резултатите.

4.2 Проверка за съгласуваност и оценка на данните

В този раздел ще намерите някои примери за това как да използвате инструмента на Айнщайн за проверка последователността на данните. Ще бъде използван опростен модел на мандра само с три процеса, за да се демонстрират най-важните опции на инструмента EINSTEIN . Описаните примери са включени в стандартната база данни в пакета на EINSTEIN софтуера.

4.2.1 Описание на модела на мандра

4.2.1.1 Процеси

Разгледани са три типични за мандра процеса:

- ├ пастьоризация (процес 1)
- ├ коагулация (съсирване) (процес 2)
- └ образуване на моцарела (процес 3)

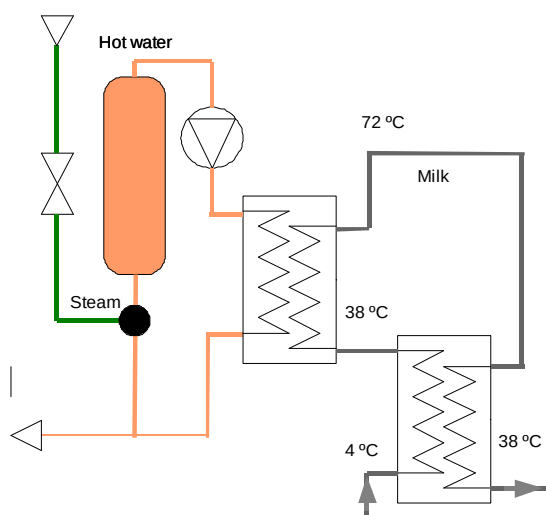
Пастьоризацията е най-енергоемкия процес. Примерната мандра работи 280 дни в годината, произвеждайки основно два продукта: нормално сирене и моцарела. Междинни продукти са: пастьоризирано мляко (от пастьоризация), суроватка и извара (и двата от съсирване)

Пастьоризация

Пастьоризацията е контролиран процес за отопление, използван за премахване , жизнеспособни форми на микроорганизмите, т.е. патоген или разваляне, който могат да присъстват в млякото. Пастьоризация при висока температура за кратко време (HTST), става при температура от 72 до 75 ° C за 15 до 240 секунди. За непрекъсната пастьоризация, се прилагат потокови топлообменници, напр. тръбен, плосък и др. Те са за отопление, държане и охлаждане секции.

Пастьоризацията предвижда вътрешно топлинно възстановяване и външен източник на топлина за отопление и охлаждане на циркулационната течност (мляко). Дневния обем на млякото което е пастьоризирано е 400m³. Процесът е непрекъснат и продължава 5 часа / ден 6:00-11:00. Външната среда на топлоснабдяване е гореща вода.

Млякото постъпва в оборудването при 4 ° C, след което тече през вътрешен противо-поточен топлообменник, където изходящото горещо мляко затопля входящото студено мляко до 38 ° C. Предварително загрялото мляко след това допълнително се загрява до 72 ° C с гореща вода и остава при тази температура за известно време, докато преминава през топлообменника и се охлажда отново до 38 ° C. Енергийните нужди, поради загубите на топлина за пастьоризатора и за стартиране се приемат за незначителни.



Фиг. 42: опростена схема на пастьоризатора

Коагулация

Коагулация се използва в преработката на мляко за отделяне на изварата от суроватката, и се нарича още пресичане. Пресичане се извършва в подходящи вани или резервоари, където пускатели и други съставки се добавят към млякото за производство на коагулат. Изварата се произвежда чрез отделяне на суроватката, която след това е събрана и се изпраща за по-нататъшна обработка в зависимост от случая. Температурата е един от ключовите фактори, който влияят на пресичането на млякото. Необходимата температура се получава, като се използват или топлообменници, или с директно впръскване на пара във ваната за пресичане.

Пресичането е партиден процес, и в този случай, всяка партида е с продължителност 1,5 часа. Изпълняват се 4 партии на ден от 10:00 до 16:00. Топлинната енергия необходима в началото на партидата, за загряване на пастьоризираното мляко от входяща температура (37 ° C) до работна температура (40 ° C). По време на процеса на коагулация, термична енергия е необходима за поддържане на температурата на процеса на постоянно ниво при 40 ° C.

Общият дневен обем на мляко равен на 400 m^3 преминава към коагулация, след като е бил пастьоризиран. Чрез разделяне, като изход от процеса са получени 240 m^3 /ден суроватка при 37°C .

Образуване на моцарела

Правенето на моцарела включва загряване и стапяне. Изварата се поставя в кана за обработка и се смесва с гореща вода при висока температура, обикновено $75 - 95^\circ \text{C}$. Горещата вода се използва главно за топене на коагулума. Определен процент от водата в процеса се абсорбира от изварата с цел повишаване на нейната еластичност. Горещата вода се получава като се използват или топлообменници, или чрез директно впръскване на пара.

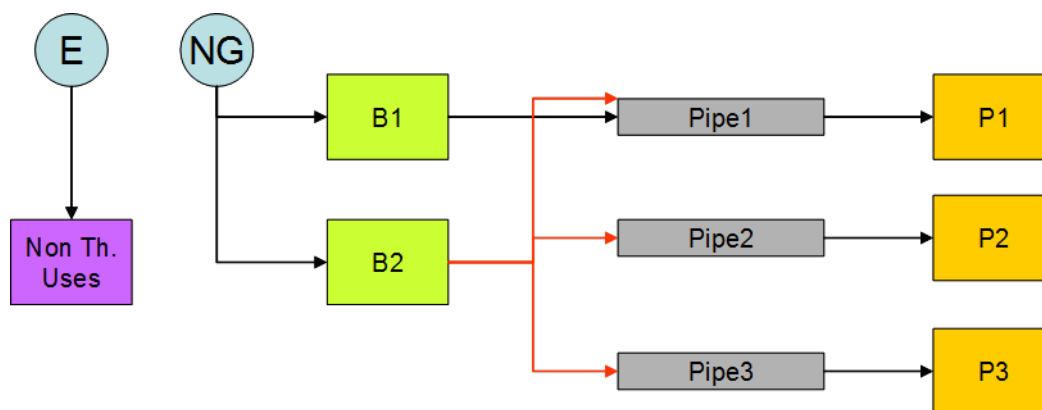
Процеса е също така партиден и в този случай всяка смяна трае 1 час. Стартират се четири партии на ден от 12 до 18 часа. Топлинната енергия е необходима тук, за да се повиши температурата на водата в процеса от 10°C до 90°C . 50% от ежедневно пастьоризираното мляко се използва след коагулация за да се произвежда моцарела. Ако приемем, че 100 л мляко и 26 л топла вода са необходими за производството на 13 кг моцарела, за 200 m^3 /ден пастьоризирано мляко дневно са необходими 50 m^3 вода при 90°C . Изходната температура на отпадната вода е 70°C а дебита се приема да е 80% от входящия поток дневно, т.е. 40 m^3 .

4.2.1.2 Топлоснабдяване и разпространение

Фиг. 43 показва схемата на доставка и разпределение на топлината, образувана от два парни котела на природен газ и три независими тръбопровода за да всеки един от трите процеса.

Котел B1 (номинална мощност 3 MW) захранва само процеса на пастьоризация (P1). Средната му ефективност е 80%, средният коефициент на използване е 80%, а номиналното потребление на природен газ е $301,8 \text{ кг / час}$. Котел B1 работи 6 часа на ден от 5:00 до 11:00.

Котел B2 (номинална мощност 2 MW) захранва и трите процеса (P1: пастьоризация, P2: коагулация на P3: правене на моцарела). Средната му ефективност е 88% средният коефициент на използване е 59.4% а номиналното потребление на природен газ е 182.9 кг / час . Котел B2 работи 8 часа дневно от 10:00 до 18:00.



Фиг. 43: Блокова схема на топлоснабдяването, разпределителната система и термичните процеси в мандрата.

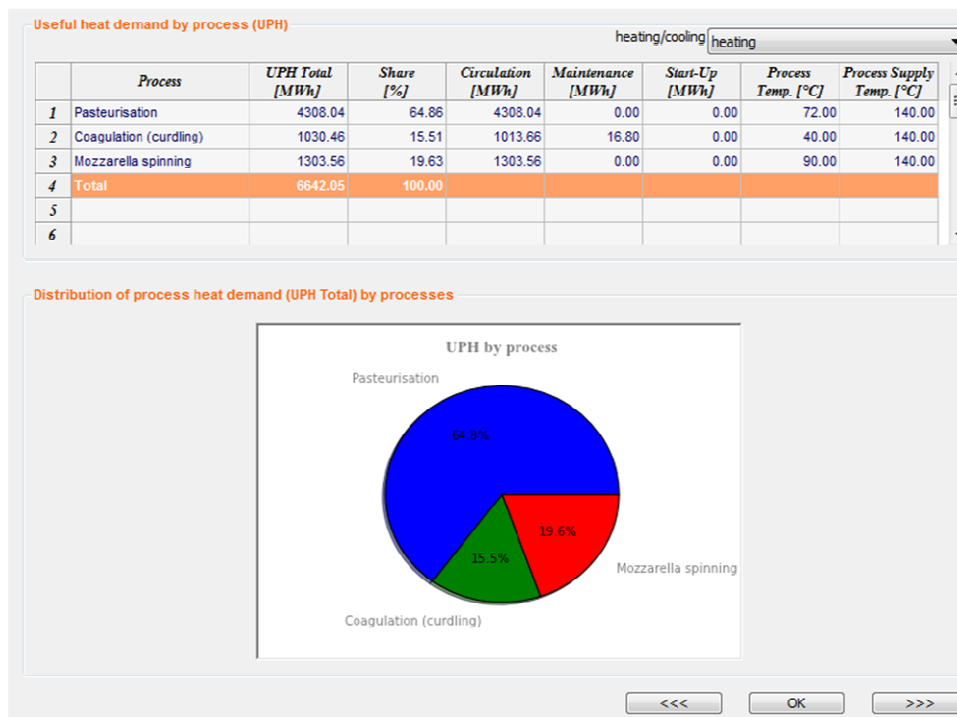
Използваната среда за топлоснабдяването, е пара с ниско налягане (2 бара) при 140°C , а кондензата се връща при 60°C . Дължината на тръбопровода е 200 м (еднопосочно) за тръба 1, докато тръба 2 и тръба 3 са с дължина 100 м .

От сметките за енергия годишното количество на гориво (природен газ) се знае че е 811200 m^3 . Крайното енергийно потребление на природен газ (NG) за термична употреба (т.е. годишното потребление (LCV)) е $8\,063 \text{ MWh}$.

Електричеството служи , само за не-термични цели и потреблението е приблизително. 400 MWh : 300 за работата на машините и 100 MWh за осветление.

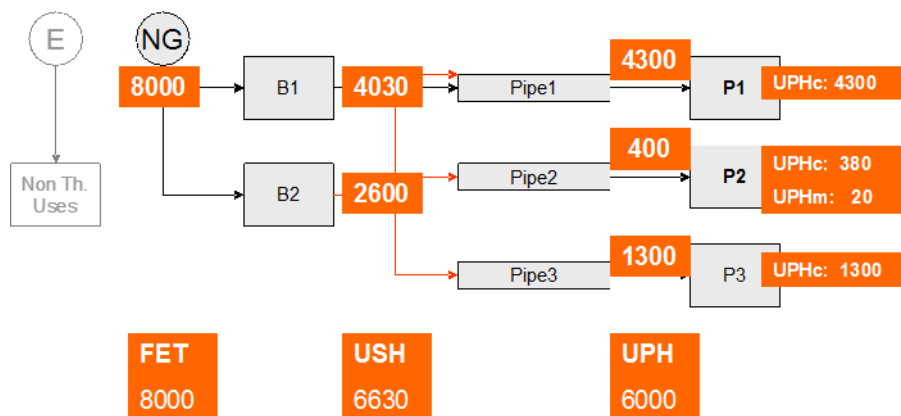
4.2.1.3 Базов случай: разбивка на потреблението на енергия със софтуерния инструмент EINSTEIN

След въвеждане на всички данни в софтуерния инструмент EINSTEIN и провеждане на проверка на съответствието, се получават резултатите, както е показано на фигура 44.



Фиг. 44: Разбивка на потребление на топлинна енергия за модела на процеса на мандра, (Примерен проект "EINSTEIN Audit Guide 42 Base Case").

Ако данните са въведени правилно в софтуерния инструмент на EINSTEIN, можете да получите пълна разбивка на потреблението на енергия с данните, както е посочено по-горе (фиг. 44). Основните енергийни потоци в системата са показани на фигура 45.



Фиг. 45: Енергийните потоци в системата (Базов пример).

4.2.2 Засичане на конфликтни данни

Както вече беше подчертано в глава 2, една от първите стъпки в проверката на данните е да се види дали наличните данни са в съответствие, или дали са налице някои противоречия между данните. Това ще бъде показано в два примера.

4.2.2.1 Конфликт в две различни полета с данни, в които директно се посочва същото количество

Един пример за много прост конфликт във входните данни може да възникне например поради грешки в единици (например използването на kWh, вместо MWh). Общото потребление на енергия от 8063 MWh в нашия пример съответства на потребление на природен газ от около 811200 м3. Ако потребителят, поради някаква грешка в разчитането на единици, въведе 8063 kWh вместо 8063 MWh, то тази грешка ще бъде лесно открита от инструмента на EINSTEIN (фиг. 46).

	parameter (values in conflict)	data group (accuracy)	description (calculated from)
1	FECFuel [kWh/FECFuel]	Fuel[1]	total own fuel consumption (LCV)
2	8000.00	+/- 1.00%	FECFuel;
3	8001700.00	+/- 0.00%	MFuelYear;
4			

Фиг. 46: Съобщение за грешка на софтуерния инструмент на EINSTEIN в случай на противоречиви данни за разхода на гориво (Примерен проект "EINSTEIN Audit Guide 42 1a").

4.2.2.2 Общи конфликти на системни данни

Не всички конфликти на данни са толкова лесни за откриване, като например, споменатите по-горе. Понякога откриването на противоречие изисква изчисляване на баланса на енергийната система или оценка на дебити, температурни нива и др. Като втори пример, можем да въведем общото потребление на гориво, което е много по-голямо от сбора на всички изисквания за процеса на топлообмен (като се вземат предвид разумни стойности за ефективност на преобразуване и разпределение).

	parameter (values in conflict)	data group (accuracy)	description (calculated from)
1	USH[2] [kWh-Matrix]	USH[-]	Useful Supply Heat by equipment
2	4364810.54	+/- 2.27%	FuelConsum; ExcessAirRatio; TExhaustGas; TEnvEq; HPerYearEq; PartLoad; 1; HCGTEfficiency; FECFuel; FEOFuel
3	2367340.66	+/- 35.45%	dUAPipe; TotLengthDistPipe; DTForwLoss2; HPerYearPipe; 1; UPHProc[1][1]; QOpProc; QEvapProc; QLoss; NDays
4	USH [kWh]	USH[-]	Useful Supply Heat for industry (total)
5	6645209.52	+/- 6.50%	FuelConsum; ExcessAirRatio; TExhaustGas; TEnvEq; HPerYearEq; PartLoad; 1; HCGTEfficiency; FECFuel; FEOFuel
6	8000969.68	+/- 2.02%	FuelConsum; ExcessAirRatio; TExhaustGas; TEnvEq; HPerDavEq; NDaysEq; PartLoad; 1; HCGTEfficiency; FECFuel

Фиг. 47: Съобщение за грешка на софтуерния инструмент на EINSTEIN в случай на противоречиви данни за енергийния баланс - обща полезна доставна топлина (Примерен проект "EINSTEIN Audit Guide 42 1b").

4.2.3 Допълване на данни с EINSTEIN

В примера на базовия случай по-горе, е вписан пълен набор от данни в инструмента на EINSTEIN, това означава, че за определянето на няколко параметри, дори е налична излишна информация (което може да доведе до конфликти, както е показано в предишните части).

Но, както вече научихме, Айнщайн е интелигентен човек и няма нужда от всички данни, за да знае какво да прави. Той е в състояние да изчисли какво липсва самостоятелно. Изчислените или прогнозни данни, въпреки това имат само една определена степен на надеждност, която е Ви е показана, в прозореца показващ анализа на проверката за последователност. Преди да ги приемете и продължите с одита, Трябва да оцените и да решите дали нивото на надеждността на данните е приемлива за вашите цели, или не.

В този раздел ще бъде показано как да използвате модула за проверка на последователността на EINSTEIN, за да попълните информацията за производството, въз основа на намален и непълен набор от данни.

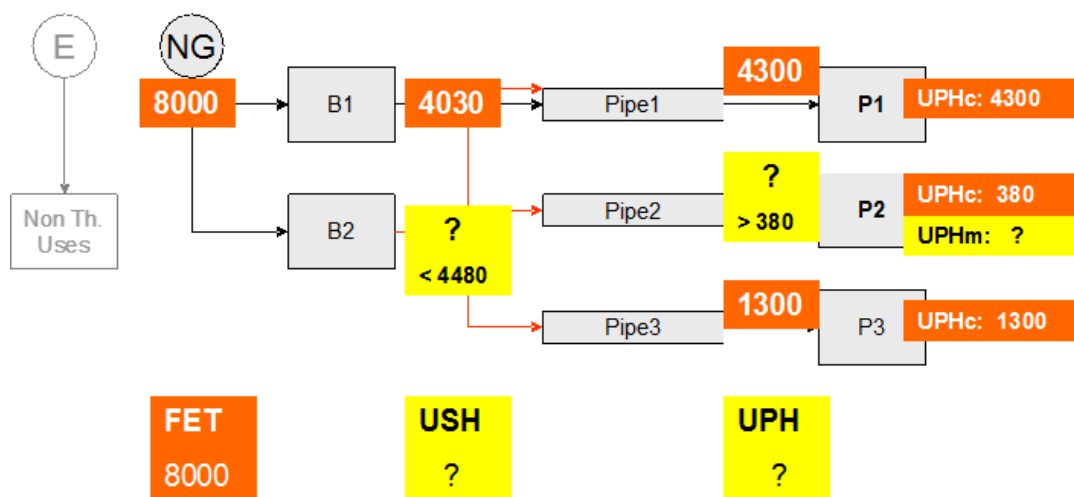
4.2.3.1 Консумацията на работна топлина е известна само за основните процеси

Много често в практиката потреблението на енергия се знае само за основните топлинно консумиращи процеси, но има един или повече незначителни процеса с неизвестна нужда от

топлинна енергия. За да се покаже как да се процедира в този случай, ние променяме нашия пример така, че потреблението на енергия на процес 2 (коагулация) е неопределено:

- Топлинните нужди за циркулация на процеса (дебит на работната среда на входящия поток) не са посочени. Това означава, че Q_{UPHc} може да има произволна – дори много голяма стойност.
- коэффициента на частично натоварване на котела B2 остана неуточнен. Това означава, че и топлинна енергия от котела B2 е неизвестна. Въпреки това в този случай, общото количество топлинна енергия, предоставена от това оборудване е ограничена от общото потребление на енергия - 8,063 MWh, а също и от познатите номинална мощност на котела и от максималния брой часове на работа.
- дължините на тръби 2 и 3 са също неуточнени.

Общата ситуация е малко неопределена: точното решение на проблема не може да се намери, тъй като загубите на топлина в тръбите не са точно известни. Но проблемът е ограничен, тъй като общото потребление на енергия е известно и затова EINSTEIN може да оцени липсващите параметри на потреблението на топлинна енергия за процес 2, чрез намиране на разликата. В този случай търсенето на работната топлина на процес 2 може да бъде определена на 467 MWh, с една много голяма грешка от почти 100%, което се дължи на несигурността в топлинните загуби в тръбите.



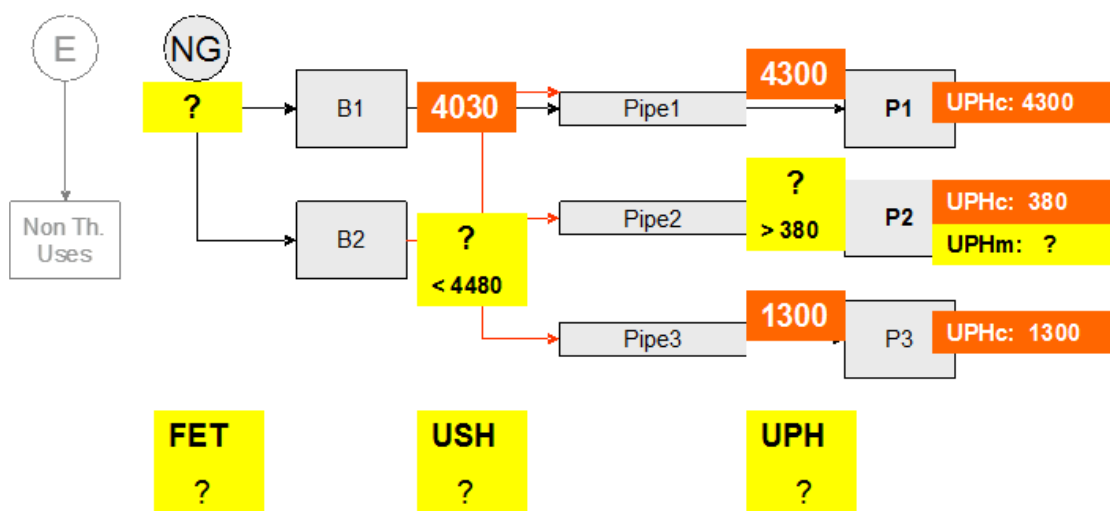
Фиг. 48: Отправна точка за анализ: консумация на енергия, неизвестна за малък процес (Примерен проект "EINSTEIN Audit Guide 42 2a").

Общото количество необходима топлинна енергия е неизвестно

Проблемът става по-неопределен, ако не разполагате с никаква информация за общото крайно потребление на енергия и също като в предишния раздел, потреблението на топлинна енергия за процес 2 е неизвестно. Но и в този случай проблемът е ограничен, тъй като номиналната мощност на котела 2 все още налага абсолютен максимум.

Сега само много груби граници могат да бъдат дадени за работните разходи на топлина за процес 2 в диапазона - 1244 MWh все още с много голяма грешка от близо 100% .

Въпреки това, относителната несигурност в общото потребление на топлинна енергия (USH) е много по-малко (8,342 MWh $\pm$ 32%). Това означава, че дори и разходите за един от процесите да е напълно неопределен, все още могат да бъде направена много разумна оценка на общата нужда от топлинна енергия.



Фиг. 49: Отправна точка за анализ: едновременно общото енергийно потребление и потреблението на енергия за малък процес са неизвестни (Примерен проект "EINSTEIN Audit Guide 42 2b").

4.2.3.2 Общите топлинни разходи и техническите данни за котлите са неизвестни

Ситуацията става напълно неопределена, ако и номинална мощност на котела е неизвестна, и следователно няма разумно ограничение, което може да се направи за нужда от топлинна енергия за процеса 2 (Примерен проект "EINSTEIN Audit Guide 42 2b").

4.2.4 Използване на изчислени данни

Някои от резултатите на примерите от предишния раздел могат да бъдат подобрени, ако с изключение на математическите отношения (енергийни баланси) се използват и изчисления, базиращи се върху инженерни познания.

В нашия случай това може да бъде например:

- † може да се предположи, че коефициентите на частично натоварване на котела са в по-тесен обхват, отколкото от 0 до 100%, тъй като, и двете крайности не са много вероятни на практика.
- † Дори ако липсват данни по отношение на дължината на тръбите може да се изчисли най-малко един порядък.

Използването на данни за оценка - опция в инструмента на EINSTEIN може да се направи автоматично, и в пример 26 разходи на работна топлина за коагулационния процес (процес 2) може да се определи с достатъчна точност (<30% грешка) на 745 MWh. Само разходите за циркулация на топлинна енергия на този процес остават все още неопределени (поради несигурност в тегловният дебит на входящите работни среди) : $Q_{UPHc} = 737 \pm 37\%$.

4.3 Топлинно възстановяване: Пример за мандра

Една мандра е избрала да служи като примерен проект за практическото използване на модула за възстановяване на топлинна енергия.

Като база данни за пинч анализа и дизайна мрежата на топлообменника, данните от процесите се преобразуват в така наречените енергийни потоци, които могат да бъдат или студени (трябва да се нагряват, като по този начин имат нужда от енергия) или горещи (може да се охлаждат, като по този начин служат като източник на енергия за други процеси). Тези потоци са съчетани чрез алгоритъм, който завършва с предложението на топлообменници за системата с цел максимално пестене на енергия през годината.

4.3.1 Схема на потоците и описание на процеса

Примерния проект е за мандра, в която най-интензивните енергийни процеси са, ферментационните процеси и изпаряването на суроватка при производството на суроватка на прах. Фигура 50 показва процесите в схема на потоците. Първоначално студеното мляко се пастьоризира и се съхранява. За производството на сирене, млякото е предварително загрято и се налива във ферментатора, където се добавя гореща вода с температура 65 ° С. Освен това се предоставя външно отопление на ферментатора. Суроватката се извлича и след някои почистващи стъпки, се охлажда от около 45 ° С до температурата на съхранение. За изпарението суроватката се нагрява външно и като следваща стъпка влиза в процеса на изпарение, който е в този случай термичен изпарител с повторна компресия. Суроватката се изсушава от около 6% до 60% сухо тегло в рамките на процеса на изпаряване, като по този начин изходящия суроватъчен концентрат е 1/10 от масата на суроватката, влизаща в изпарителя. Горещият кондензат, събран при 75 ° С е с най-голяма отпадна топлина на процеса в сравнение с топлината, която излиза от процеса, чрез горещият суроватъчен концентрат. Горещият концентрат напуска изпарителя и впоследствие е изсушен до окончателната си суха маса в спрей сушилния

Тъй като пастьоризацията вече е добре оборудвана с вътрешен топлообмен, най-високия приоритет за енергийни спестявания се наблюдава при ферментатора, както и за изпарителя на суроватка. Следователно, само тези процеси се разглеждат в следния пример.

За оползотворяване на топлината е важно да се разгледат времевите графици на потоците. За проекта се приемат следните схеми на работа:

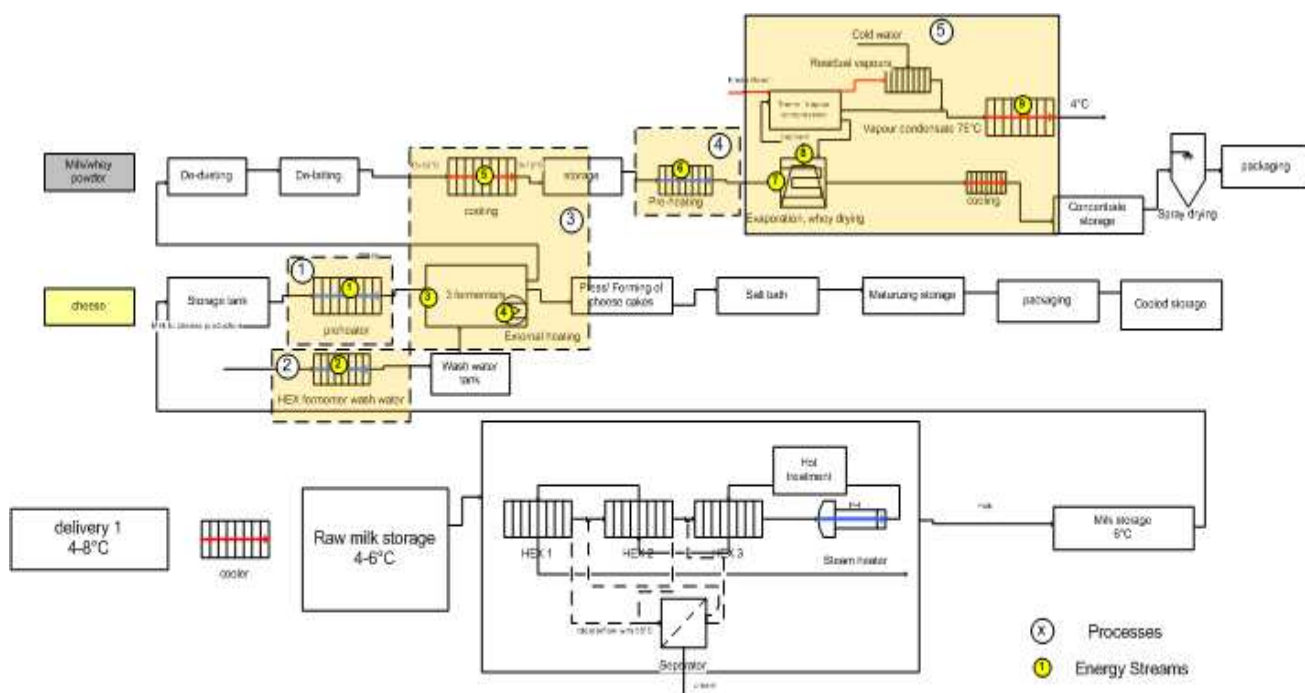
+	Ферментация: 10 партии на ден, по 2 часа всяка, 5 дена седмично
+	Затопляне на млякото: 30 мин за всяка партия
+	Измиване с вода: 20 мин за всяка партия
+	Изпарение: продължителен процес, 14 часа на ден , 5 дена седмично

4.3.2 Входящи данни за процесите в EINSTEIN

В EINSTEIN следните процеси са определени по този начин в модула за въвеждане на данни (Таблица 18):

Таблица19. Обобщени на процесите в примера с мандрата

Процес	Тип на процеса	Входящ за процеса поток	Изходяща отпадна топлина	Захранваща мощност за процеса по време на работа
Затопляне на млякото	партиден	Мляко, от 6°C до 32°C, 180 m³ на ден 10 партии	Няма (горещото мляко влиза във ферментатора)	няма
Затопляне на водата за миене	партиден	Вода, от 10°C до 65°C 18 m³ на ден 10 партии	Няма (горещата вода влиза във ферментатора)	няма
ферментор	партиден	Мляко, от 32°C до 45°C, 180 m³ на ден 10 партии	Гореща суроватка при 45°C, охладена до 8°C ~ 170 m³/ден	200 kW
Загряване за изпарението на суроватка	продължителен	суроватка, от 8°C до 100°C, 180 m³ на ден	Горещ кондензат 75°C, 140 m/ден Суроватъчен концентрат на 50°C, 28 m³/ден	2 400 kW



Фиг. 50: Потокова диаграма на производството на сирене и на суроватка на прах

4.3.3 Оптимизация на процеса

Според методологията за одит и принципа на избягване преди рециклиране общи мерки за спестяване и оптимизация, достигнати чрез нова / най-добри налични технологии, следва да бъдат изпълнени преди съображенията относно топлинната интеграция. В проекта например трябва да бъдат разглеждани възможностите за намаляване на енергията, необходима за изпаряване, като обратна осмоза, или вакуумно изпарение. Намаляването на енергийните нужди ще намали наличната отпадната топлина в същото време, обаче ще доведе до един по-компактен процес с по-малка нужда от енергия. Приложимостта на нови технологии, очевидно зависи от параметрите на процеса и желанието на компанията да се прилагат такива технологични промени.

В този пример не е включен процеса на оптимизация поради причини, свързани с опростяването.

4.3.4 Изчисляване на топлинното възстановяване

Като първа стъпка, изчисляването на оползотворяването на топлината генерира енергийни потоци, базирани на данните на процеса (таблица 19).

Таблица 19. Енергийни потоци, получени като резултат от изчислението:

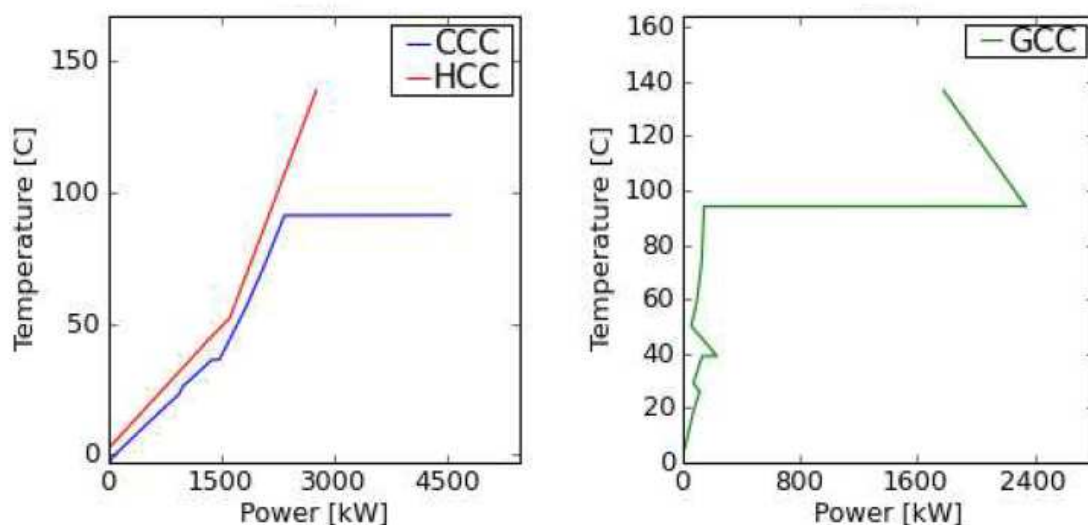
Поток №	Име на потока	Описание	Стартова температура °C	Крайна температура °C	Горещ/студен	Енталпия kW	Работни часове ч/год.
1	Затопляне на млякото		6	32	Студен	529	2600
2	Вода за миене на сиренето		10	65	Студен	115	780

3	Стартиране на ферментатора	Загряване на мляко от 32°C до 45°C	32	45	Студен	203	2600
4	Ферментатора по време на операция	Поддържане на температура от 45°C	45	50 (температурата, поддържаща работната темп. е зададена с 5°C по-висока поради топлообмен)	Студен	100	5200
5	Отпадна вода от ферментатора	Гореща суроватка	45	8	Горещ	-753	2600
6	Затопляне на суроватката		8	100	Студен	1376	3640
7	Изпарение на суроватката, (продължителен загряващ)	Допълнително загряване на суроватката до 100°C	100	100	Студен	2200	3640
8	Кондензат от изпарение на суроватката	Гореща вода, генерирана от кондензата	75	4	Горещ	-826	3640
9	Суроватъчен концентрат от изпарение	Суроватъчен концентрат, напускащ изпарителя	50	8	Горещ	-98	3640
10	Значима отпадна топлина от газовия котел	Отпадна топлина в газовия котел до температурата на кондензата	140	58	Горещ	-138	5200
11	Подгряване на въздуха за горене		25	80	Студен	85	5200

Латентната топлина на котела на газ при температура на кондензация е изключена в този пример за простота.

Топлата и студена съставни криви, в допълнение на всички енталпични / температурни вектори на всички студените потоци (студена съставна крива) и всички горещите потоци (гореща съставна крива), показват обща възможност за топлообмен.

Голямото количество енергия, необходима за изпаряване се вижда ясно в студената съставна крива. Въпреки това все още има доста голямо припокриване между наличната отпадна топлина и студените потоци, които трябва да се загряват. Термодинамичния максимум за топлообмен в съответствие с пинч кривите е около 2,400 kW. Пинч температурата е между 0° C и 4 ° C.



Фиг. 51: Топла и студена съставна крива на гореописаният процес ($\Delta T_{\min} = 5 \text{ K}$)

4.3.5 Резултати

4.3.5.1 Оценка на потенциала за оползотворяване на топлината на базата на пинч анализ

Първата оценка на потенциала за възстановяване на топлина може да бъде получена от пинч анализ с помощта на EINSTEIN оценителен режим за топлинни изчисления за възстановяване (фиг. 52). Очакваните потенциални спестявания на полезна топлинна енергия са 3,815 MWh.

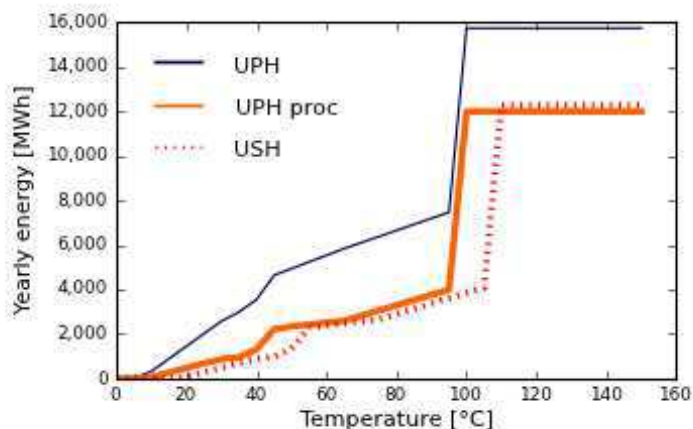


Figure 52: Разход на топлоенергия преди и след топлинното възстановяване Оценка с EINSTEIN (изчислителен режим).

4.3.5.2 Автоматичен режим на мрежата на топлообменника

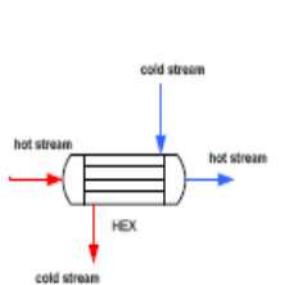
Алгоритъмът за автоматично проектиране на възможните топлообменници в рамките на софтуерния инструмент на EINSTEIN взема предвид критерии като подходящи температури за регенериране на топлината, наличността и съвпадащи потоци за топлинна мощност ($M \cdot CP$). Важно е да знаете, че според термодинамичните критерии мрежата на топлообменника над и под пинча се изчисляват отделно. Резултатът за мрежа на топлообменника може да зависи в много голяма степен от малки промени в работните данни, които могат да повлияят на температурата на пинча. Резултатът, както е показано в таблица 20 се генерира с настройките по подразбиране на помощника за дизайна:

- ⑩ Минимална температурна разлика = 5K
- ⑩ Ниво на енергийните спестявания към общите енергийни разходи > 1%
- ⑩ Ниво на енергийните спестявания към инсталираната мощност на топлообменника > 200 kWh/kW

Оразмеряването на топлообменници включва избора на подходящо топлинно или студо хранилище (в случай на не-едновременни потоци). За правилното оразмеряване на хранилището е важно правилното определяне на времевите графици (виж глава 2.4.3).

Таблица 20. предложени топлообменници¹¹

топлообменници	Мощност	Горещ поток	Thi °C	Tho °C	Студен поток	Tci °C	Tco °C	Необходима площ на хранилището m ³
NewHX Nr.0	529	Отпадна топлина от ферментатора	45	11	Загряване на млякото	6	32	11,3
NewHX Nr.1	722	Кондензат от изпарението на суроватка	75	13	Загряване на суроватката	8	56	0
NewHX Nr.2	73	Изпарение на суроватка	50	15	Вода за миене на сиренето	10	45	1,8
NewHX Nr.3	85	Отходни газове от котела	140	58	Загряване на изгорял въздух	25	80	0,7



Фиг. 53: потоци в топлообменника

Очевидно е, за читателя, че отпадната топлина от процеса на изпарение трябва да бъдат добре интегрирана в потреблението. EINSTEIN предлага за използване на тази топлина топлообменник № 1,

От екзергична гледна точка, е разумно да се използва тази топлина при 75 ° C първо за топлинна обработка, при подобни температурни изисквания. На второ място е смислено да се използва отпадната топлина за подгряване на потоци с подобни потоци по отношение на топлинен капацитет ($M \cdot CP$). Това подчертава вътрешния топлообмен и гарантира, че наличната разлика на температурата се използва по идеален начин. EINSTEIN предлага да използвате горещия кондензат от процеса на изпарение, за подгряване входящата суроватка.

Горещият суроватка напускаща ферментатора е вторият по значение поток, който трябва да бъдат интегриран в мрежата на топлообменника. Използването му е икономически много важно и освен това собствените му разходи за охлаждане могат да бъдат намалени. Това е така, защото суроватката трябва да се охлади за съхранение. Използването му се препоръчва за подгряване на водата за измиване на сиренето до 32 ° C. Това е доста често срещано решение, в мандрите.

¹¹ Резултатите, посочени в Таблица 20, съответстват на авто-дизайна във версия EINSTEIN 1.2. Последните актуализации в отоплителни модули за изчисляване на възстановяване могат да доведат до малко по-различни резултати, в зависимост от избрания режим на изчисление на оползотворяването на топлина.

Горещият концентрат напускащ изпарителя се препоръчва да затопля водата за измиване на сиренето. В сравнение с другите топлообменници, ефективността му е доста ниска, но тя все още отговаря на изискванията на дизайн асистента.

Накрая се препоръчва топлообменник за подгряване на въздуха за горене на котела чрез охлаждане на отработените газове на котела, по-надолу към температурата на точката на оросяване. Практическите възможности на тази мярка и възможността за възстановяване на топлината на кондензата зависи от вида на използваното гориво.

Както е описано по-горе, EINSTEIN прави първото предложение за мрежа на топлообменника насочена към максимално пестене на енергия. Теплообменници, дадени от автоматичния дизайн, трябва да бъдат проверени за съответствие с техническата изпълнимост, в зависимост от регулациите, физическото разстояние между енергийните потоци, необходимото пространство или хигиенните аспекти.

От друга страна, трябва да се провери дали все още има потенциал за ръчна оптимизация и фина настройка на предложената мрежа на топлообменника. В дадения пример, резултатът, получен от предложената мрежа на топлообменник е спестявания при полезна доставна топлоенергия от 4,146 MWh, което е вече с близо 10% по-високо от стойността, предложена от оценителния анализ от предишния раздел.

Нуменклатура

Съкращения и акроними

BCR	benefit cost ratio
CF	cash flow
CST	central Supply Temperature
CHP	combined heat and power
EHD	equivalent heat demand
EEI	energy efficiency index
EX	net expense of the project
FEC	total final energy consumption
FET	total energy consumption for thermal uses
IRR	internal rate of return
LCV	lower calorific value
NPV	net present value
PBP	payback period
PEC	total primary energy consumption
PET	primary energy consumption for thermal uses
PSW	preheating of Supply Water
PT	Process Temperature
QHX	recovered waste heat; heat flow over heat exchangers
QWH	available waste heat
ST	Supply Temperature
UPH/C	Useful Process Heat/Cold
USH/C	Useful Supply Heat/Cold

Symbols

A	area
c_p	specific heat capacity
d	company specific discount rate
E	energy
f	conversion factor
h	specific enthalpy
k	heat transfer coefficient
m	mass
N	number (e.g. fuels)
Q	heat
$\dot{Q}$	heat flow rate
q_m	mass flow rate
r	real interest rate of external financing
S	savings of the project
T	temperature
t	time

U	global coefficient of heat transfer
α	convection heat transfer coefficient
η	efficiency
λ	thermal conductivity

Indices

c	– circulating, condensate
cs	– central supply
e	– effective
el	– electric
elgen	– self-generated electricity
env	– environment
eq	– equipment units
ESources	– energy sources
f	– final
fuels	– fuels
fw	– feed-up water
HX	– heat recovery heat exchanger
i	– inlet, incoming, index used for energy source (fuel type, electricity)
j	– index used for thermal equipment unit
L	– latent heat (used for evaporation (+), condensation (-), endothermal or exothermal chemical reactions)
o	– outlet, outgoing
op	– operating
p	– process
pi	– process inlet
pir	– process inlet after heat recovery
po	– process outlet
por	– process outlet after heat recovery
pt	– process target
PE	– primary energy
PS	– process supply
m	– maintenance
min	– minimum
ref	– reference
ret	– return
s	– start-up
tch	– thermally driven chiller
w	– waste

Анекс: Основен въпросник на EINSTEIN