

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

І.О. Суходуб, В.І. Дешко, О.І. Яценко

ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З СОНЯЧНИМИ КОЛЕКТОРАМИ

Комп'ютерний практикум

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів
спеціальності 144 «Теплоенергетика»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

Рецензент: Данілін О.В., канд. техн. наук, доцент
Відповідальний редактор: Дубровська В.В., канд. техн. наук, доцент

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 6 від 24.06.2022 р.)
за поданням Вченої ради Інституту енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 10 від 31.05.2022 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

*Суходуб Ірина Олегівна, канд. техн. наук, доцент
Дешко Валерій Іванович, док. техн. наук, професор
Яценко Олена Ігорівна, асистент*

ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З СОНЯЧНИМИ КОЛЕКТОРАМИ

Прикладні задачі енергозбереження: Моделювання системи гарячого водопостачання з сонячними колекторами: Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І.О. Суходуб, В.І. Дешко, О.І. Яценко. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,21 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 56 с.

Видання призначене для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем» під час вивчення кредитного модуля «Прикладні задачі енергозбереження». Дане видання рекомендоване для освоєння спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання систем гарячого водопостачання з сонячними колекторами і використання під час проведення комп'ютерних практикумів. Матеріали, наведені у даному навчальному виданні, також можуть бути використані під час виконання досліджень в рамках магістерських дисертацій та при розробці спеціальних частин дипломних проектів бакалавра.

© І.О. Суходуб, В.І. Дешко, О.І. Яценко, 2022
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. МЕТА ТА ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ РОБОТИ.....	5
2. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ	6
3. ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ПРОГРАМОЮ T*SOL	7
4. ТИП СИСТЕМИ.....	11
5. КЛІМАТИЧНІ ДАНІ.....	13
6. СПОЖИВАННЯ ГАРЯЧОЇ ВОДИ	14
7. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПАРАМЕТРІВ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ	16
8. ПАРАМЕТРИ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО КОНТУРУ	19
9. ПАРАМЕТРИ БАКА-НАКОПИЧУВАЧА ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО НАГРІВАЧА.....	21
10. ПАРАМЕТРИ ЗОВНІШНЬОГО ДЖЕРЕЛА	25
11. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ.....	27
12. ФІНАНСОВИЙ АНАЛІЗ	32
12. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРАКТИКУМУ.....	40
13. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	42
ДОДАТОК А. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ ГВП З СОНЯЧНИМИ КОЛЕКТОРАМИ	43

ВСТУП

T*SOL – це програма динамічного моделювання сонячних теплових систем. До таких систем можуть відноситися як системи нагріву побутової води, опалення, так і системи нагріву басейнів чи для отримання технологічної теплоти. Програма дозволяє визначитися з оптимальною конструкцією сонячної теплової системи, підібравши основні її елементи (масиви колекторів, баки-накопичувачі та додаткові нагрівачі) та визначити енергетичну та економічну доцільність впровадження даної системи.

Програма дозволяє провести динамічне річне моделювання системи ГВП з сонячними колекторами, розраховує температури та теплоспоживання, з кроком від однієї до шести хвилин. За результатами моделювання визначаються такі системні параметри, як ККД та частка сонячної енергії на ГВП. Параметри результатів моделювання, такі як генерація теплової енергії і температура колекторів, можуть бути відображені.

В процесі виконання даного комп'ютерного практикуму студенти матимуть можливість ознайомитися з особливостями моделювання системи сонячних колекторів на базі програмного продукту T*SOL.

Кожен студент для обраної будівлі змоделює власну систему сонячних колекторів для повного або часткового покриття потреб будівлі в гарячій воді.

Методичні вказівки створені для виконання комп'ютерного практикуму «Моделювання системи гарячого водопостачання з сонячними колекторами» при вивченні кредитного модуля «Прикладні задачі енергозбереження». Опанування програмного продукту в рамках комп'ютерного практикуму також може бути корисним при виконанні досліджень для магістерських дисертацій та при розробці спеціальних частин дипломних проектів бакалаврів. Видання призначене для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика».

1. МЕТА ТА ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Мета роботи – закріпити знання, отримані в процесі вивчення дисципліни, засвоїти методику енергетичної та економічної оцінки проектів з енергозабезпечення об'єктів за рахунок встановлення сонячних колекторів для покриття потреб систем ГВП у програмному середовищі T*SOL.

Основні завдання роботи:

- Зібрати дані для об'єкту дослідження про фактичне енергоспоживання теплоти на потреби ГВП.
- Вибрати оптимальну систему з сонячними колекторами.
- Підібрати основні елементи системи (сонячні колектори, бак, додаткове джерело).
- Промодельовати систему для визначення технічних, енергетичних та економічних показників роботи системи;
- Провести аналіз отриманих показників та визначити технічну та економічну доцільність впровадження системи.

2. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Кожен з програмних продуктів, що розроблені компанією Valentin Software GmbH, спеціалізується на моделюванні того чи іншого типу нетрадиційних та відновлюваних джерел. Програмні продукти дозволяють визначити можливості фінансування проектів з чистої енергії з використанням місцевого потенціалу відновлюваних джерел енергії та врахуванням місцевих кліматичних умов.

Програма T*SOL використовується для динамічного моделювання систем сонячних колекторів для покриття потреб ГВП. Використовуючи програму T*SOL можна оптимально спроектувати заплановану сонячну теплову систему, накопичувачі необхідних розмірів і масиви колекторів, а також визначити економічну ефективність встановлення такої системи.



Динамічне річне моделювання дозволяє розрахувати температуру теплоносія в колекторі та генерацію енергії з кроком розрахунку від однієї до шести хвилин. За результатами моделювання розраховуються такі системні параметри, як споживання енергії, що покривається сонячними колекторами в натуральних одиницях та у відсотках, а також показники ефективності системи.

T*SOL містить значну базу даних колекторів (плоскі колектори, трубчасті колектори, повітряні колектори), теплогенераторів (конденсаційні котли, котли на дровах, котли на пелетах, централізоване опалення тощо), резервуарів (комбінованих і буферних, одновалентних, двовалентних тощо). Також є можливість використати значну кількість попередньо визначених профілів навантаження (одно- та багатоквартирні будинки, промислові будівлі, готелі тощо).

3. ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ПРОГРАМОЮ T*SOL

Завантажити програму T*SOL можна з офіційного сайту виробника: <https://valentin-software.com/en/downloads/>. Розробник дає можливість встановити безкоштовну версію програми терміном на 30 днів без реєстрації та оплати. Також для студентів є можливість купити програму зі значною знижкою для використання в навчальних цілях. Для отримання інформації щодо наявності ліцензій студентам необхідно звернутися до відповідального викладача.

Системні вимоги:

- З'єднання інтернет;
- Процесор: 1.5 GHz Pentium PC;
- RAM: 512 MB;
- Пам'ять жорсткого диска: 820 MB;
- Роздільна здатність дисплея: at least 1,024 x 768 pixels;
- Операційна система: Windows 8.1, Windows 10;
- Графіка: 64 MB, OpenGL support (Photo Plan);
- Інше: Microsoft .Net Framework 4.7.2 Redistributable Package.

До навчальних матеріалів включено:

- T*SOL tutorials: <https://valentin-software.com/en/training/tutorials/>;
- детальний посібник користувача.

Офіційна веб-сторінка T*SOL представлена на рис. 3.1.

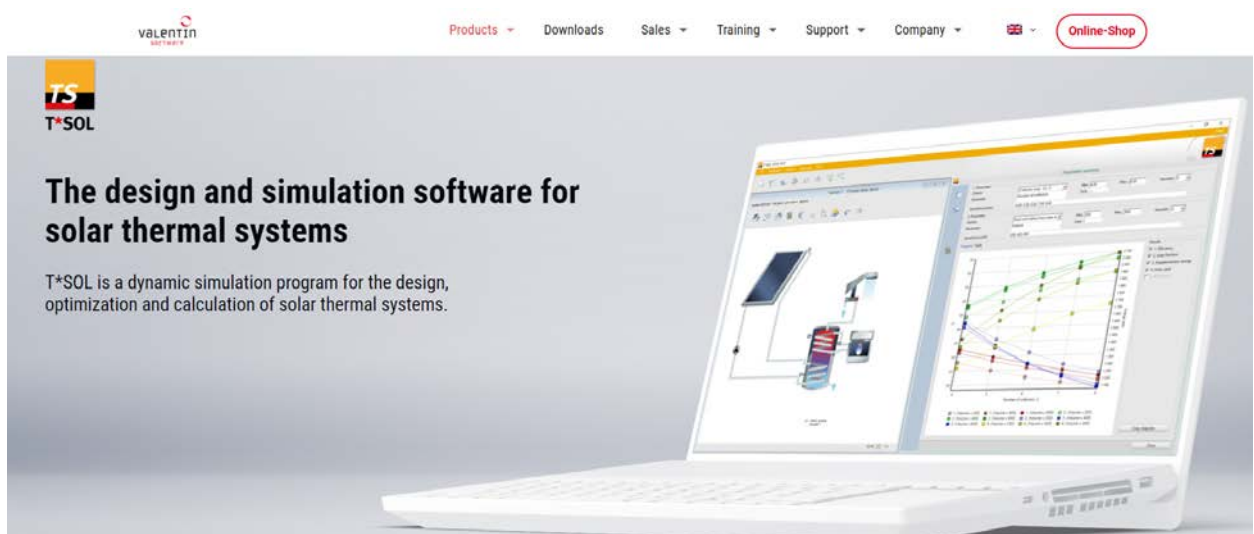


Рис. 3.1. Офіційна веб-сторінка T*SOL

При відкритті програми T*SOL з'являється Welcome page (Стартова або вітальна сторінка), загальний вигляд якої Ви можете побачити на рис. 3.2.

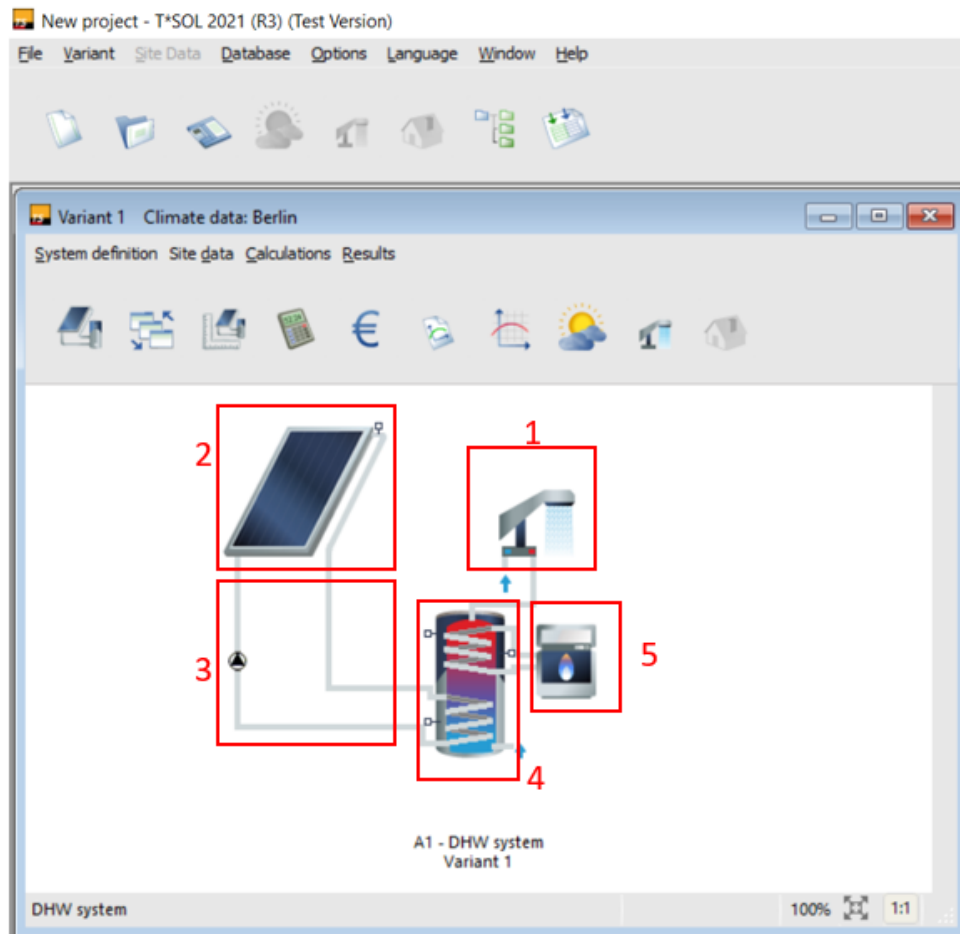


Рис. 3.2. Стартова сторінка T*SOL

У вікні, яке з'являється одразу після запуску програми, зображено основні елементи вибраної системи ГВП (рис. 3.2):

1. Споживання гарячої води
2. Сонячні колектори (на рис. 3.2 плоскі колектори)
3. Циркуляційний контур.
4. Бак-накопичувач.
5. Додаткове джерело (на рис. 3.2 газовий котел).

Для виконання даного комп'ютерного практикуму саме такий тип системи, як на рис. 3.2, і буде розглядатися.

Навігаційна панель в залежності від типу системи яка моделюється може містити елементи, наведені в табл. 3.1.


Таблиця 3.1. Навігаційна панель програми T*SOL

Зображення	Навігаційна сторінка	Опис
	Select new system / Вибір нової системи	Вибір конфігурації системи з вбудованих шаблонів
	System parameter dialog / Задання параметрів системи	Вибір та зміна параметрів системи, наприклад розміщення, потреба у гарячій воді, кількість та модель колекторів, допоміжне джерело, бак-накопичувач
	Design assistant / Помічник при проектуванні	Дозволяє проектувати систему з різною кількістю колекторів та об'ємом бака-накопичувача для різного відсотка забезпечення потреби в енергії на ГВП
	Simulation / Моделювання	Запуск моделювання обраної системи
	Financial analysis / Фінансовий аналіз	Задання параметрів та виведення результатів фінансового аналізу впровадження системи
	Project report / Звіт проекту	Виведення звіту з результатами моделювання
	Graphics / Графіки	Виведення графіків за результатами моделювання системи
	Climate / Кліматичні дані	Вибір розміщення системи та кліматичних даних
	Hot water consumption / Споживання гарячої води	Введення даних щодо споживання гарячої води та розрахунок потреби в енергії на ГВП
	Space-heating / Опалення	Введення даних щодо опалення приміщень та розрахунок потреби в енергії на опалення

Моделювання системи гарячого водопостачання з сонячними колекторами включає наступні етапи:

- Внесення загальних даних щодо об'єкту моделювання / будівлі;
- Вибір відповідного типу системи, місця розташування та кліматичних даних для моделювання;
- Внесення даних по споживанню гарячої води будівлею;
- Внесення даних по кожному компоненту системи: колектори, циркуляційний контур, бак-накопичувач, додаткове джерело;
- Симуляція;
- Аналіз результатів моделювання та фінансовий аналіз;
- Висновки щодо доцільності впровадження проєкту.

4. ТИП СИСТЕМИ

Тип системи можна обрати або змінити натиснувши на значок «Select new system / Вибір нової системи» . Вікно вибору типу системи представлено на рис. 4.1.

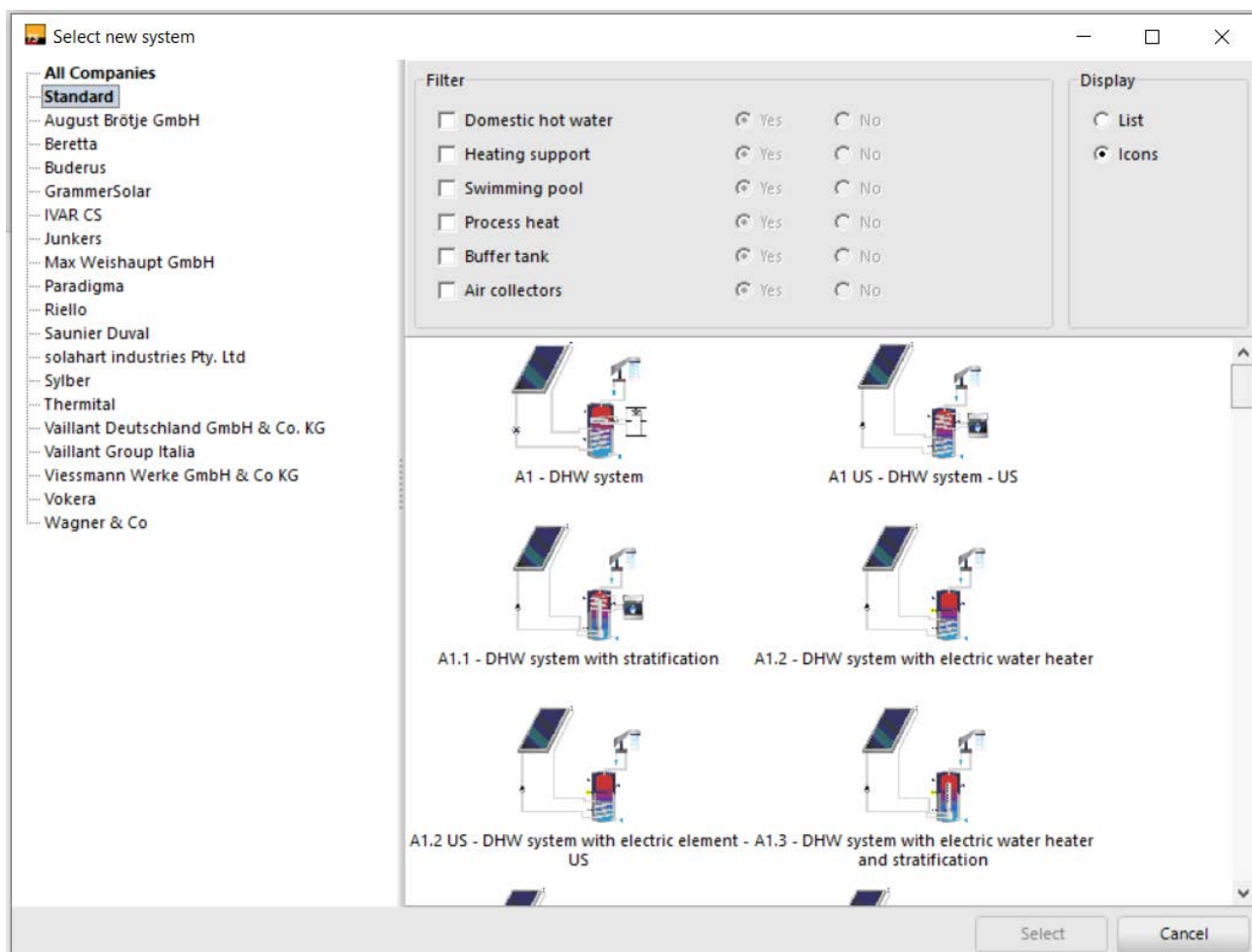


Рис. 4.1. Типи систем

В даному вікні (рис. 4.1) можна скористатися стандартними системами (Standard) або шаблонами систем від виробників обладнання. Також можна «відфільтрувати» системи за наступними типами/потребами:

- Domestic hot water / Гаряче водопостачання;
- Heating support / «Підтримка» системи опалення;
- Swimming pool / Басейн;
- Process heat / Технологічна теплова енергія;
- Buffer tank / Буферна ємність;
- Air collectors / Повітряні колектори.

В даному комп'ютерному практикумі ми будемо розглядати систему ГВП з плоскими та вакуумними сонячними колекторами та допоміжним нагрівачем/джерелом (системи А1 та А1.2 на рис. 4.2). Для системи А1 газовий котел можна замінити на централізоване теплопостачання (тепломережу).

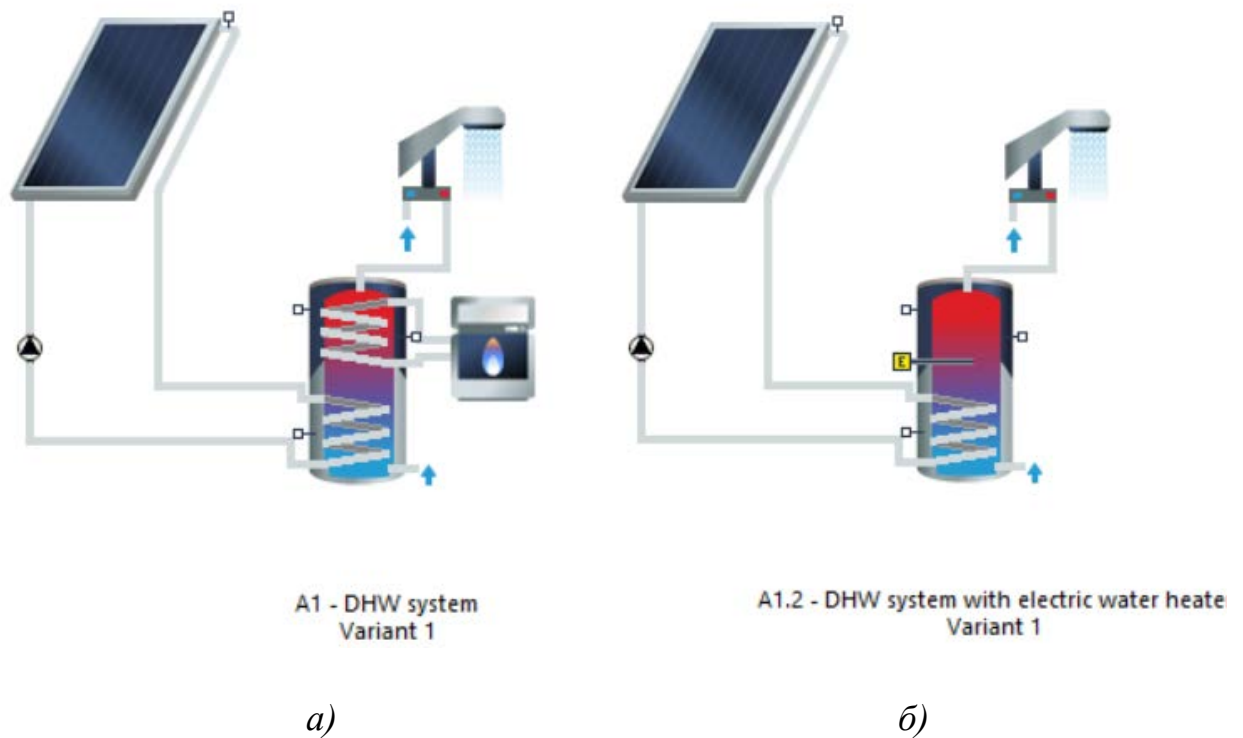



Рис. 4.2. Системи для задоволення потреб ГВП: *а* – з газовим котлом; *б* – з електричним нагрівачем

5. КЛІМАТИЧНІ ДАНІ

Розміщення системи та кліматичні дані можна обрати або змінити натиснувши на значок «Climate / Кліматичні дані» . Опція «Selection» дозволить змінити місце розташування та вибрати відповідну країну та місто. Після вибору міста вікно можна закрити, натиснувши «ОК», тоді основні кліматичні дані стануть доступними:

- Location / Розташування;
- Latitude / Широта;
- Longitude / Довгота;
- Total annual global irradiation / Загальна річна глобальна сонячна радіація;
- Diffuse radiation percentage / Відсоток дифузного випромінювання;
- Mean outside temperature / Середня зовнішня температура;
- Lowest outside temperature / Найнижча зовнішня температура.

Приклад кліматичних даних для міста Києва наведено на рис. 5.1.

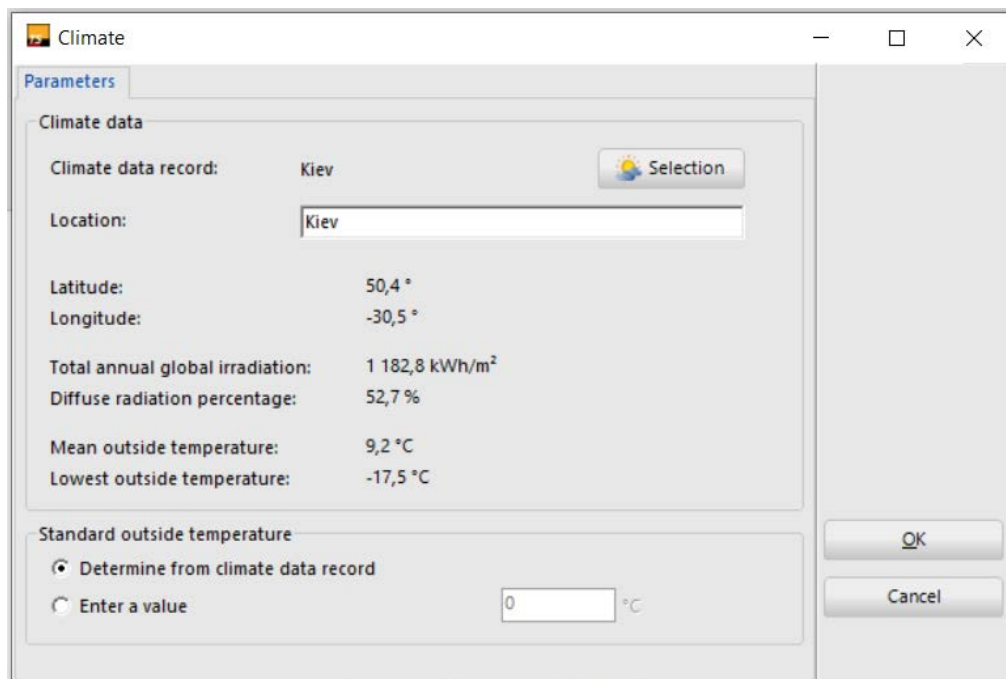



Рис. 5.1. Кліматичні дані для м. Києва

6. СПОЖИВАННЯ ГАРЯЧОЇ ВОДИ

Споживання гарячої води для об'єкту можна задати, натиснувши двічі на значок «Hot water consumption / Споживання гарячої води» , або натиснувши на відповідне зображення на схемі системи (рис. 3.2, поз. 1). Є декілька способів введення даних щодо споживання гарячої води (рис. 6.1):

- Average daily consumption / Середнє добове споживання;
- Annual consumption / Річне споживання.

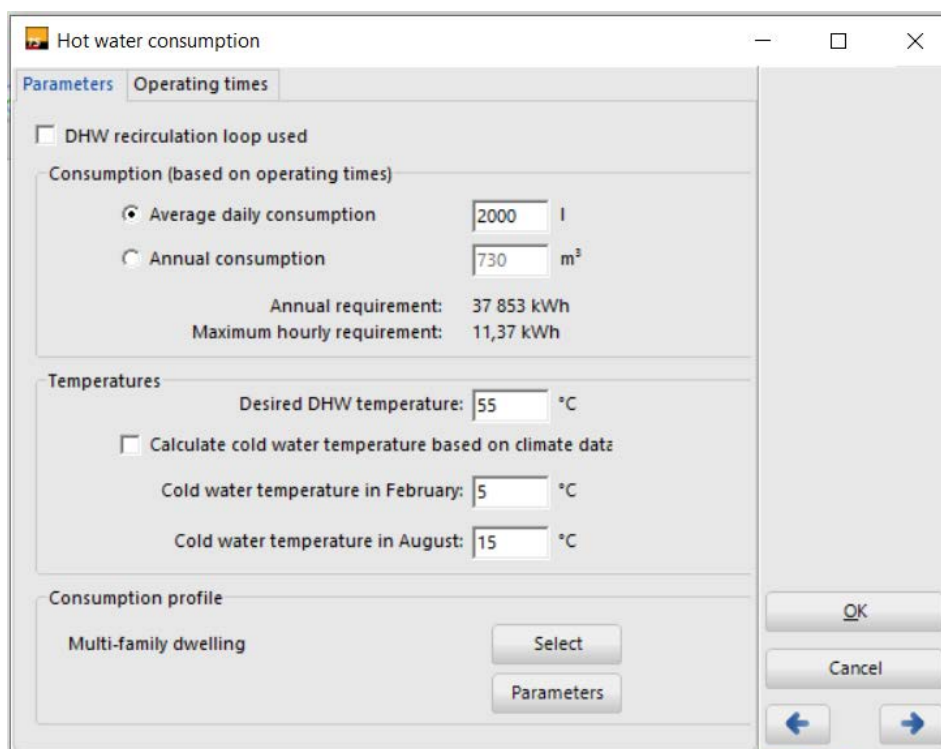


Рис. 6.1. Способи введення даних по споживанню гарячої води

Крім споживання води необхідно задати «бажану» температуру гарячої води (desired DHW temperature) та температуру холодної води в холодний та теплий періоди року. Можна також скористатися опцією автоматичного розрахунку цих температур програмою.

При моделюванні систем ГВП з сонячними колекторами надзвичайно важливо правильно обрати / задати профіль споживання гарячої води (Consumption profile). Для цього необхідно вибрати найбільш близький графік, що відповідає типу будівлі/об'єкту, що розглядається, натиснувши «Select» у вікні на рис. 6.1. Переглянути графік споживання можна скориставшись опцією «Parameters» у цьому ж вікні. Даний графік доступний для кожного дня тижня

(Monday – Sunday), а також у тижневому (throughout week) та помісячному (over year) розрізі (рис. 6.2).

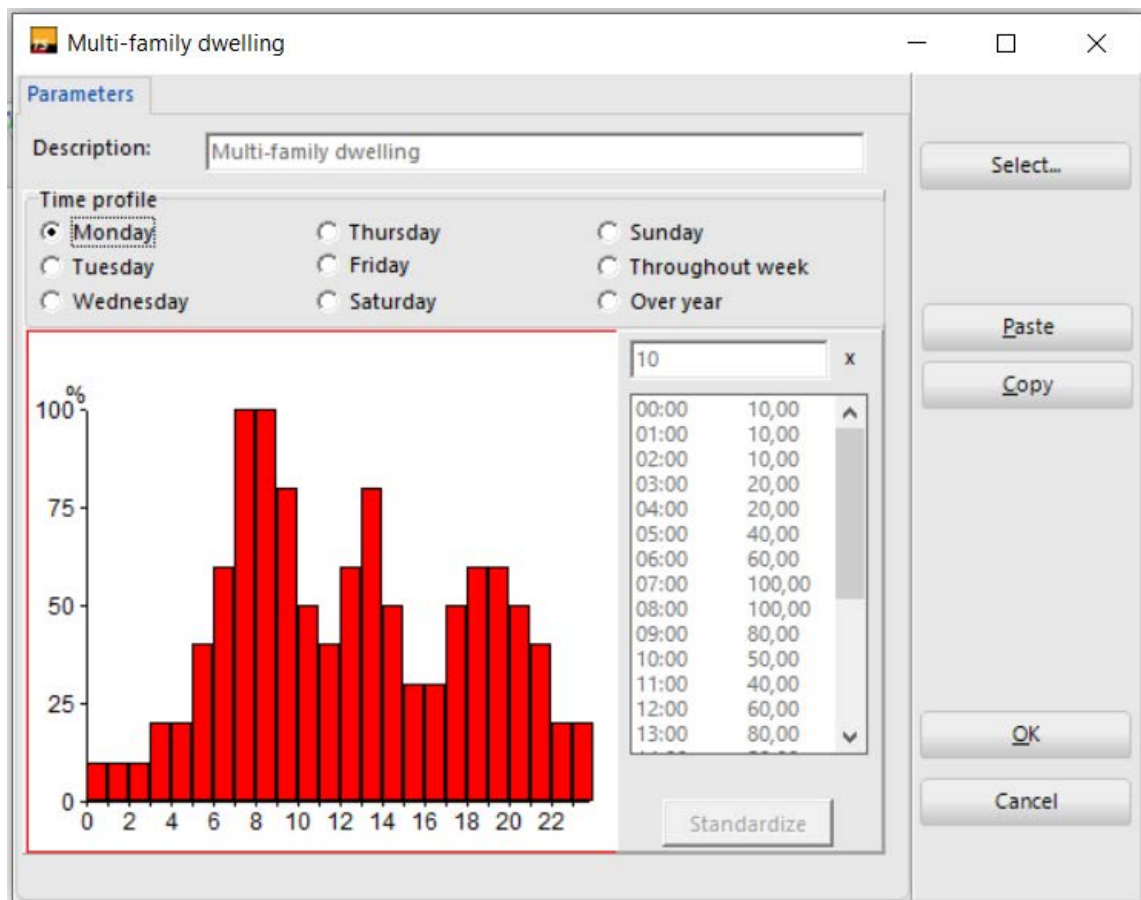


Рис. 6.2. Приклад графіку споживання гарячої води для житлової будівлі

7. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПАРАМЕТРІВ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

Параметри сонячних колекторів можна задавати натиснувши на значок «System parameter dialog / Задання параметрів системи», або натиснувши на відповідне зображення колектору на схемі системи (рис. 3.2, поз. 2).

Для вибору конкретного виробника та моделі колекторів необхідно натиснути «Select» (рис. 7.1). В програмі є значний перелік виробників колекторів. Можна аналізувати як плоскі (Flat-plate collector), так і вакуумні (Evacuated tube collector) колектори.

Кількість колекторів задається в «ручному» режимі при вводі відповідного значення у вікні «Number of collectors», або розраховується в «автоматичному» режимі програмою в залежності від відсотку заміщення потреби енергії на ГВП (Target Solar Fraction). Після вибору відповідного відсотку заміщення необхідно натиснути «Accept».

Також в програмі можна задавати параметри затінення (Shade), але це питання не буде розглядатися в межах даного комп'ютерного практикуму.

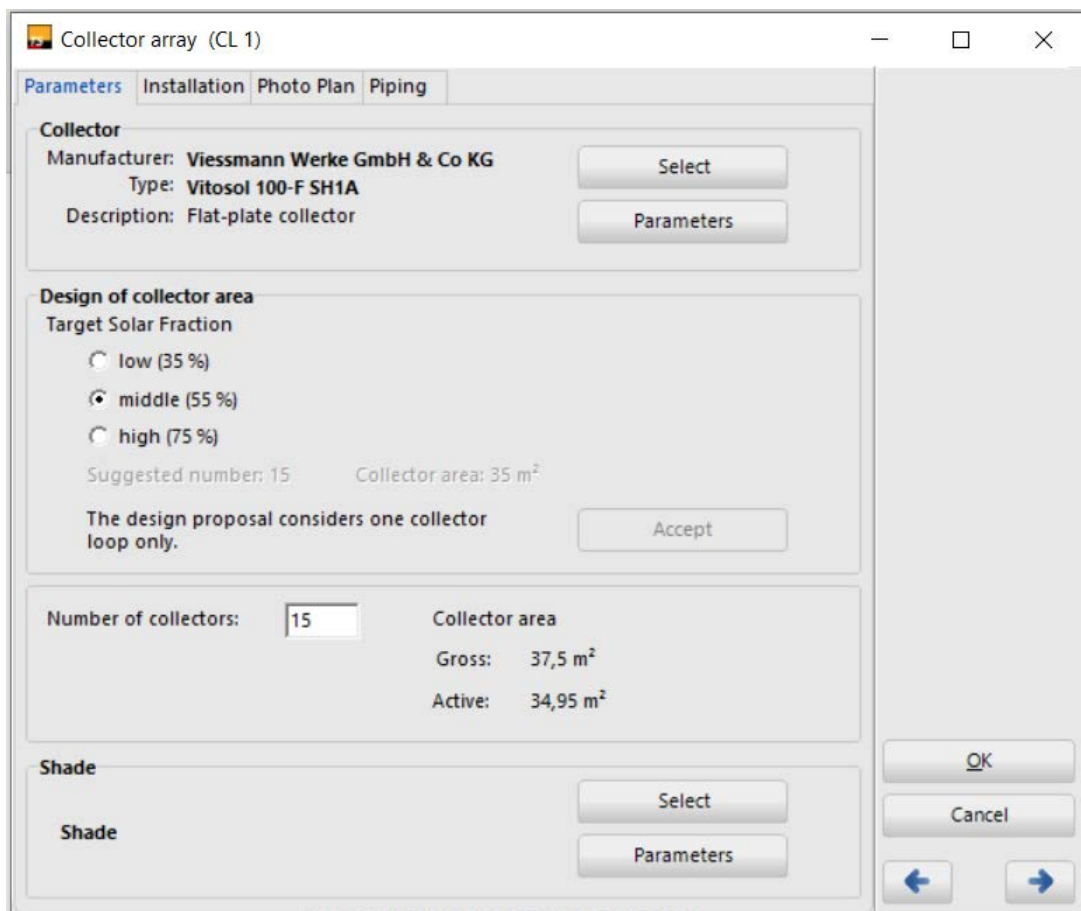


Рис. 7.1. Вибір моделі та кількості колекторів

У вікні «Installation» (рис. 7.2) необхідно задати орієнтацію колекторів у градусах відносно півночі (Orientation), а також кут нахилу колекторів відносно горизонту (Inclination – Tilt angle). Це вікно також можна використати для розрахунку мінімальної відстані між рядами колекторів (Minimum distance between mounted collectors). Використовуючи кліматичні дані місця розміщення системи, програма автоматично розраховує сумарну річну сонячну радіацію на 1 м² та на загальну поверхню колекторів.

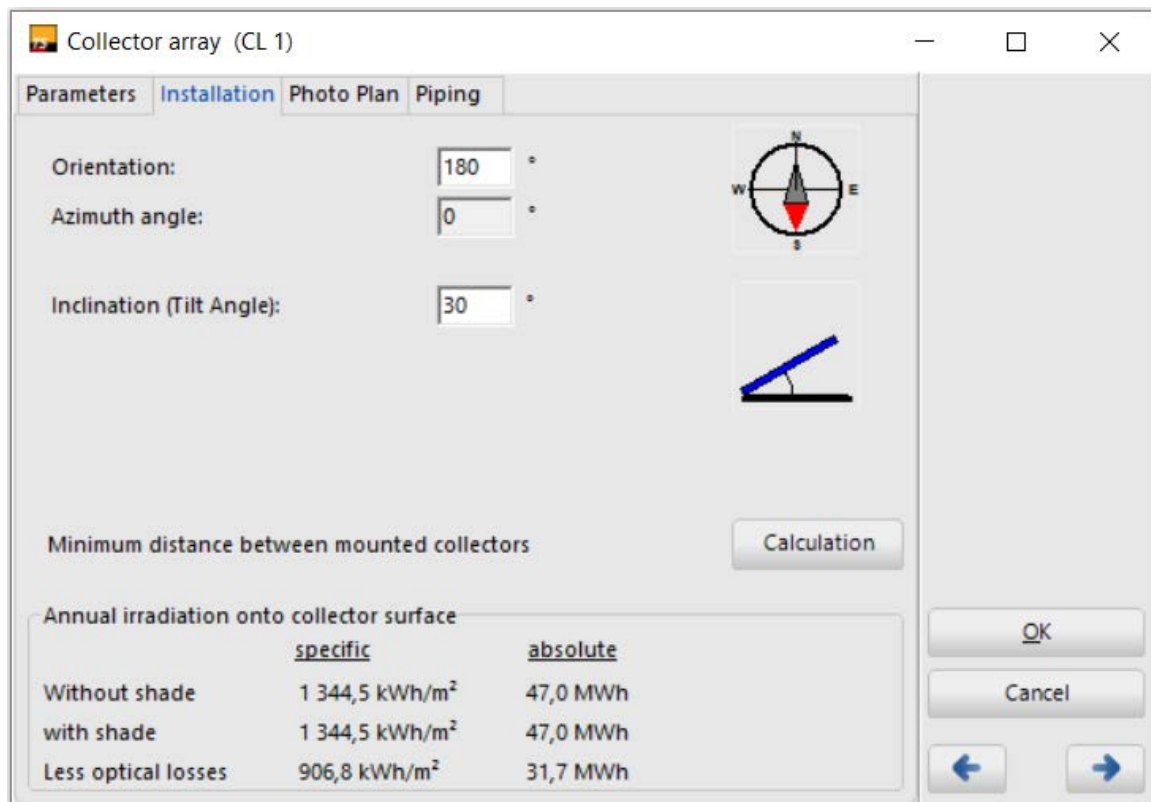


Рис. 7.2. Вибір орієнтації та нахилу колекторів

У вікні «Piping» (рис. 7.3) можна задати довжину трубопроводів всередині (in building) та зовні (outside) будівлі, їх номінальний діаметр (nominal diameter) та товщину теплової ізоляції (insulation thickness). Діаметр трубопроводів може розраховуватися автоматично в залежності від заданої швидкості теплоносія (specific, calculated, using a flow velocity of), а товщина теплоізоляції у відсотковому співвідношенні до діаметру трубопроводу (specific, % of the pipe's nominal diameter).

Collector array (CL 1)

Parameters Installation Photo Plan **Piping**

Piping

	One-way length:	Thermal conductivity of insulation:
in building:	8 m	0,045 W/(m·K)
outside:	1 m	0,045 W/(m·K)
between collectors:	200 mm / Collector	0,045 W/(m·K)

Nominal diameter

fixed Mains: 15 mm between collectors: 10 mm

specific calculated, using a flow velocity of: 0,5 m/s

Insulation thickness

fixed in building: 20 mm between collectors: 20 mm

outside: 20 mm

specific 100 % of the pipe's nominal diameter

OK
Cancel
← →

Рис. 7.3. Задання параметрів трубопроводів

8. ПАРАМЕТРИ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО КОНТУРУ

Параметри циркуляційного контуру можна задавати натиснувши на значок «System parameter dialog / Задання параметрів системи» або натиснувши на відповідне зображення трубопроводів з насосом на схемі системи (рис. 3.2, поз. 3).

У вікні «Collector loop» (рис. 8.1) можна задати загальну витрату теплоносія, або питоме значення на 1 м² поверхні колекторів (Volume flow, per collector area, (l/h)/m²). Також, тут задається тип теплоносія: вода (water), водно-гліколевий розчин (water-glycol) або поліпропіленгліколь (polypropylene glycol). Вибір теплоносія залежить від місця розташування системи та періоду експлуатації протягом року.

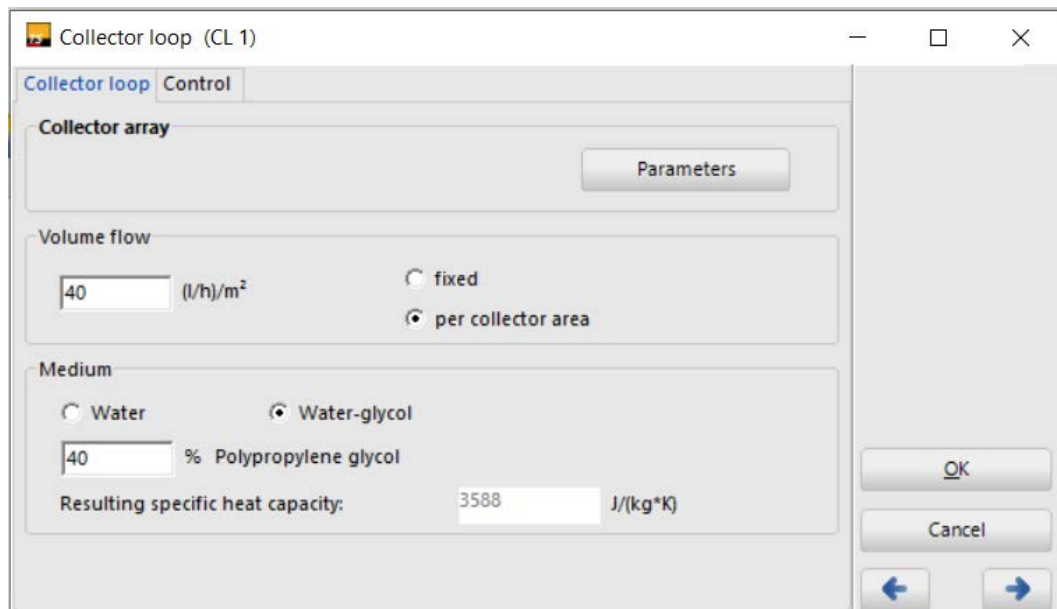


Рис. 8.1. Задання параметрів циркуляційного контуру

У вкладці «Control» (рис. 8.2) можна задавати параметри контролю для циркуляційного контуру, а саме температури «увімкнення/виключення» контуру.

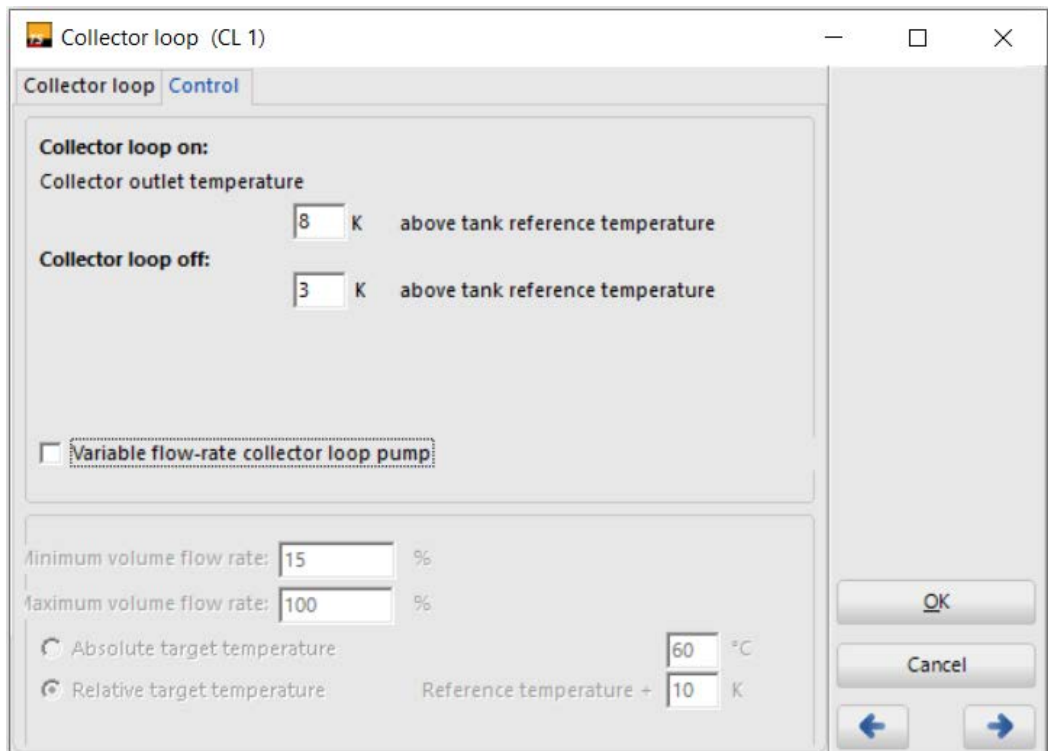


Рис. 8.2. Задання параметрів контролю для циркуляційного контуру

9. ПАРАМЕТРИ БАКА-НАКОПИЧУВАЧА ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО НАГРІВАЧА

Параметри бака-накопичувача та електричного нагрівача можна задавати натиснувши на значок «System parameter dialog / Задання параметрів системи», або натиснувши на відповідне зображення бака-накопичувача на схемі системи (рис. 3.2, поз. 4).

У розглянутому випадку ми аналізуємо бак непрямого нагріву з вбудованим електричним нагрівачем (рис. 9.1). В залежності від заданого споживання гарячої води програма автоматично розраховує необхідний об'єм бака. Для того, щоб програма застосувала автоматично розрахований об'єм, необхідно натиснути «Accept» (рис. 9.1). Можна також задати це значення самостійно: Volume / Об'єм; Number of tanks / Кількість баків. Геометричні параметри та тепловтрати з поверхні бака розраховуються, враховуючи співвідношення між висотою та діаметром бака, а також товщину та теплопровідність теплоізоляційного матеріалу.

Dual coil indirect hot water tank

Parameters Connections Heat exchanger Electric element Control

Manufacturer: Standard

Type: Dual coil indirect hot water tank

Volume: 1500 l Number of tanks: 1

Configure tank volume

Suggestion: 2550 l Accept

Height = 1,80 x diameter

Insulation thickness: 100 mm Losses : 6,36 kWh/Day

Effective thermal conductivity: 0,065 W/(m·K) Thermal loss rate: 7,96 W/K

Select... Load standard OK Cancel

Рис. 9.1. Задання параметрів бака-накопичувача

У вкладці «Connections» (рис. 9.2) задаються параметри підключення до баку та відповідні тепловтрати.

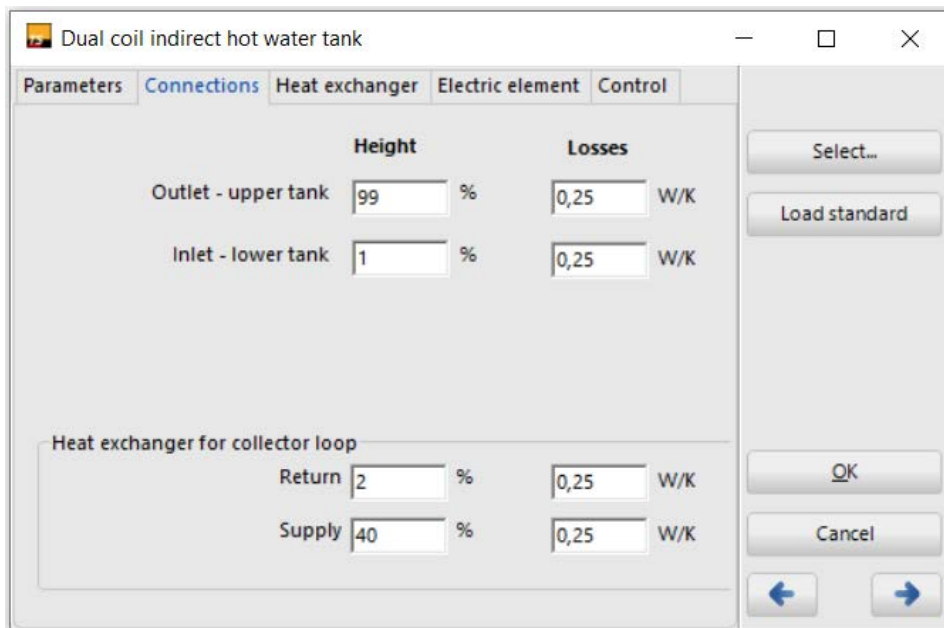


Рис. 9.2. Задання параметрів підключення до бака-накопичувача

Параметри теплообмінника (рис. 9.3) непрямого нагріву можуть задаватися двома методами: коефіцієнт теплопередачі помножений на поверхню теплообміну, kA , Вт/К (fixed), або питоме значення на одиницю об'єму бака (specific). Також в даному вікні можна задати параметри стратифікатора (stratifier).

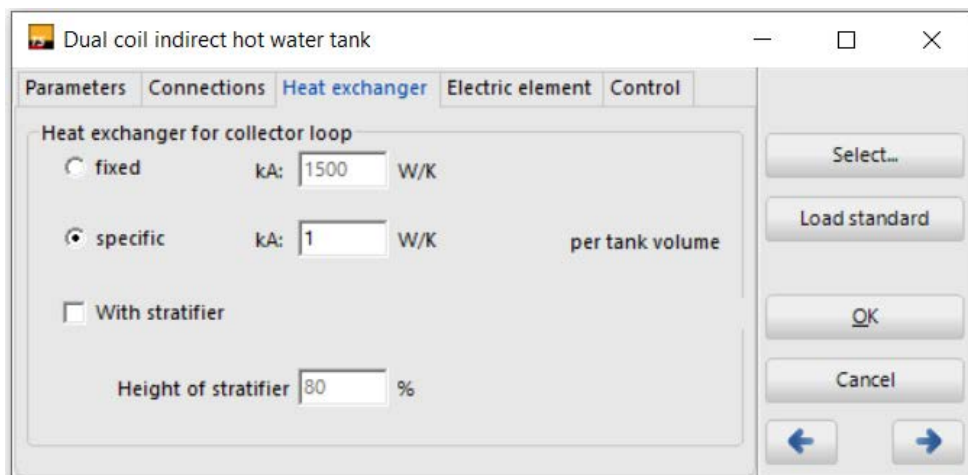


Рис. 9.3. Задання параметрів теплообмінника та стратифікатора

У вкладці «Electric element» (рис. 9.4) потужність теплообмінника може задаватися як абсолютне значення в kВт (absolute), так і питоме (specific) в Вт на одиницю об'єму бака. Також задається місце встановлення нагрівача у відсотках від висоти та режим роботи нагрівача протягом року у помісячному розрізі.

Для моделювання системи також необхідно задати «бажану» температуру всередині бака у вкладці «Control» (рис. 9.5). Вона може задаватися як абсолютна величина в °C (fixed desired temperature), або як відносна до бажаної температури гарячої води в K (°C) (relative to the desired DHW temperature). При виборі температури всередині бака варто враховувати вимоги щодо запобігання розмноження легіонели.

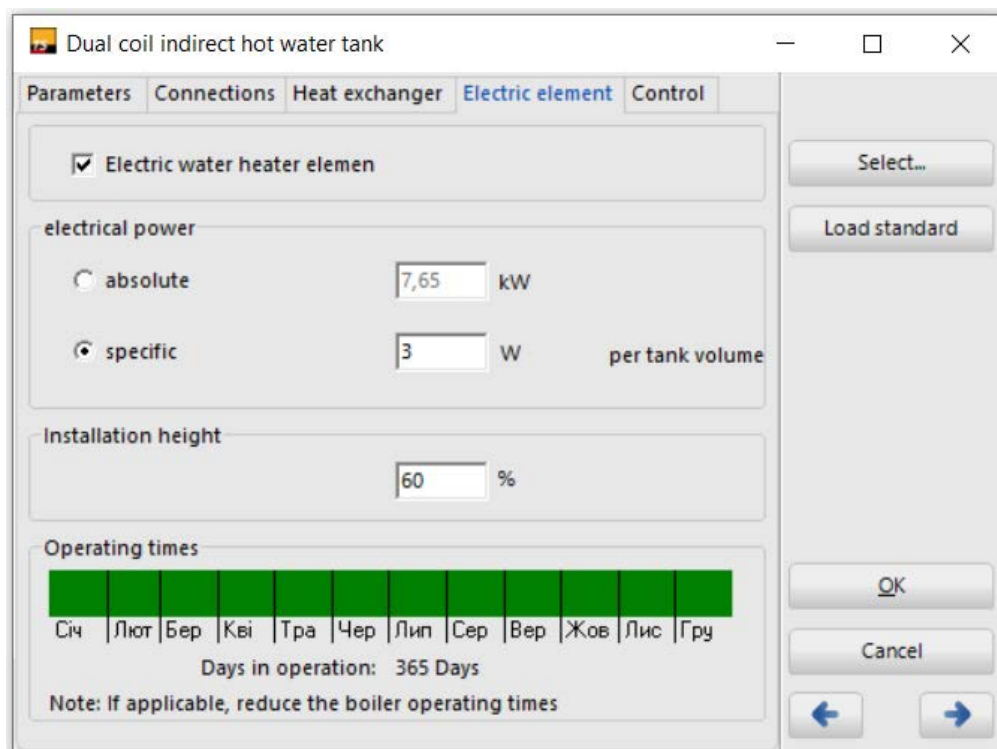


Рис. 9.4. Задання параметрів електричного нагрівача

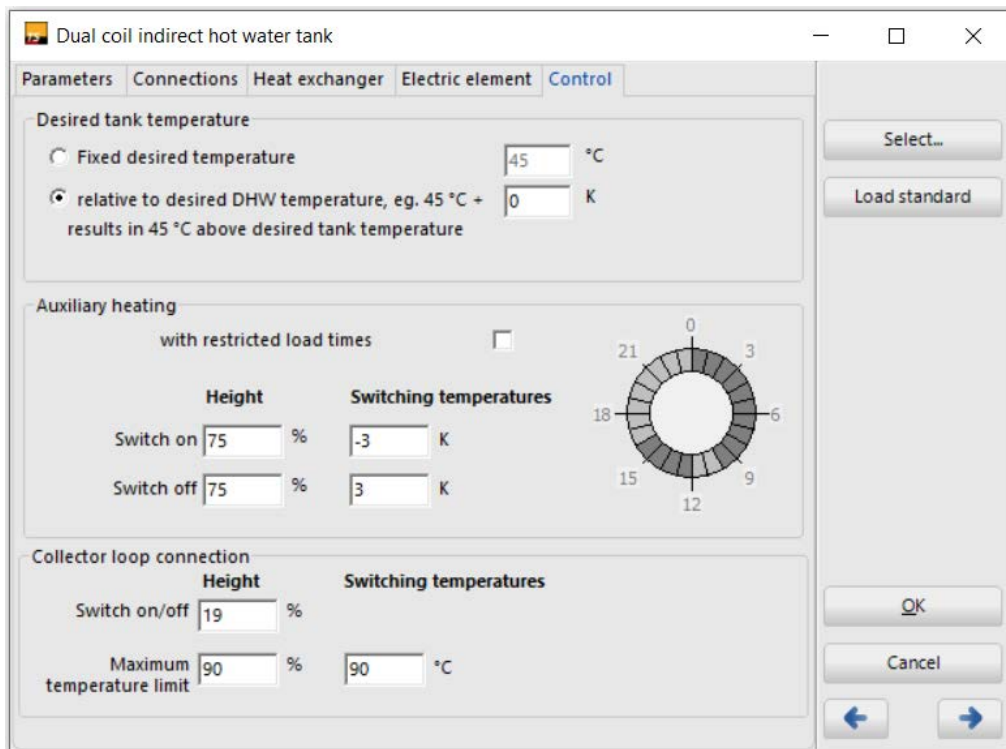


Рис. 9.5. Задання параметрів контролю для бака-накопичувача

10. ПАРАМЕТРИ ЗОВНІШНЬОГО ДЖЕРЕЛА

При моделюванні системи з зовнішнім джерелом, наприклад, з газовим котлом або централізованим теплопостачанням параметри цього джерела можна задавати натиснувши «System parameter dialog / Задання параметрів системи» або натиснувши на відповідне зображення котла/централізованого теплопостачання на схемі системи (рис. 3.2, поз. 5)). Програма може моделювати наступні типи джерел теплопостачання:

- Heat pump / Тепловий насос
- Continuous-flow water heater / Проточний водонагрівач
- Gas-fired boiler / Газовий котел
- Gas condensing boiler / Газовий конденсаційний котел
- Oil-fired boiler / Котел на мазуті
- Oil condensing boiler / Конденсаційний котел на мазуті
- Wood fired boiler / Котел на дровах
- Solid fuel boiler / Твердопаливний котел
- Pellet-fired boiler / Пелетний котел
- District heating / Централізоване теплопостачання
- CHP / Когенераційна установка

Для газового котла (рис. 10.1) програма автоматично розраховує необхідну теплову потужність в кВт. Для того, щоб програма застосувала автоматично розраховану потужність, необхідно натиснути «Accept». В іншому випадку можна задавати це значення самостійно: Nominal output, kW. Аналогічного до роботи електричного нагрівача може задаватися робота газового котла протягом року в помісячному розрізі. Також задається ефективність котла (рис. 10.2) в залежності від температури теплоносія в зворотному трубопроводі.

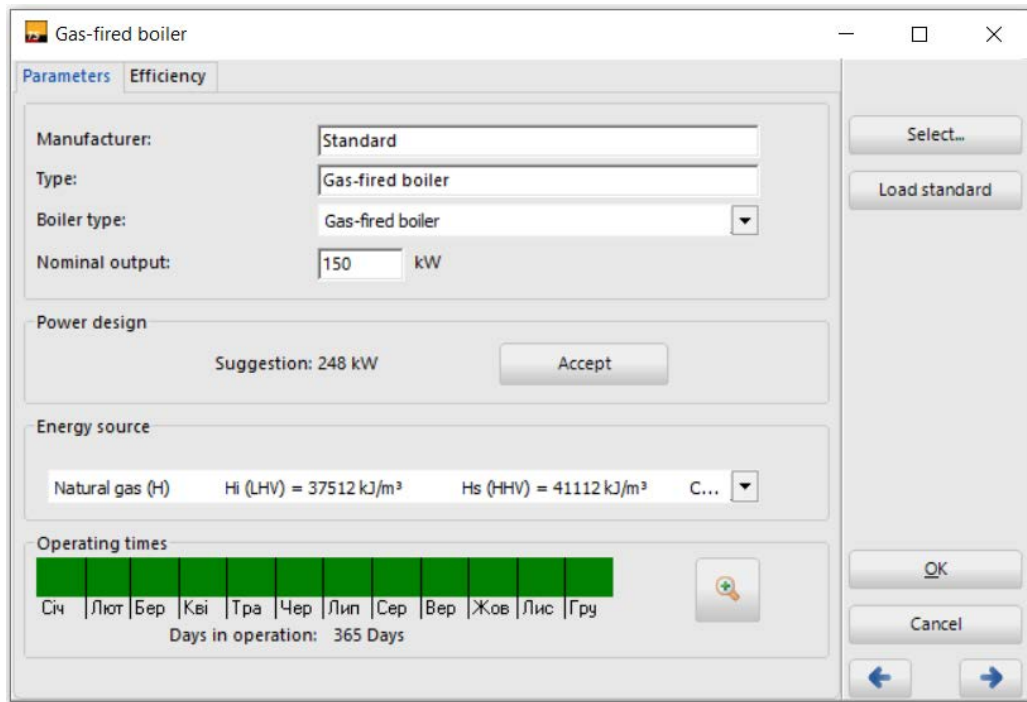


Рис. 10.1. Задання параметрів газового котла

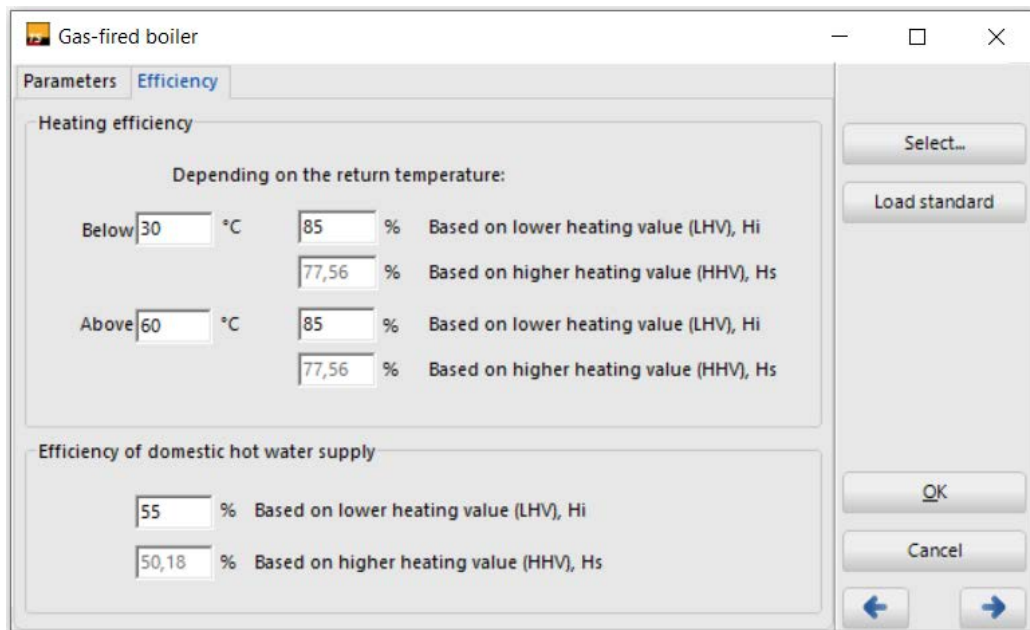



Рис. 10.2. Задання параметрів ефективності газового котла

11. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

Результати моделювання можна переглянути після проведення моделювання (вкладка Simulation  (рис. 3.2)). Після завершення моделювання програма автоматично відкриває результати моделювання у вигляді: звіту проекту (project report), графіків (graphics), фінансового аналізу (financial analysis), порівняння варіантів (compare variants) та енергетичного маркування (energy label) (рис. 11.1). Фінансовий аналіз розглядається в наступному розділі.

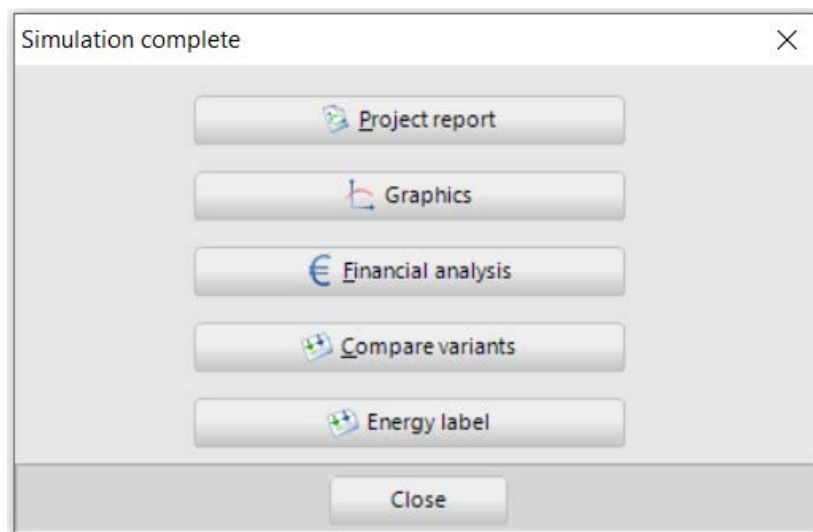


Рис. 11.1. Виведення результатів моделювання

В даному випадку буде аналізуватися звіт проекту (project report). Основними результатами моделювання є такі дані (рис. 11.2):

- Installed collector power / Встановлена потужність колекторів
- Installed solar surface area (gross) / Встановлена площа сонячної поверхні (брутто)
- DHW heating energy supply / Енергопотреба на ГВП
- Solar energy contribution to DHW / Внесок сонячної енергії в ГВП
- Energy from auxiliary heating / Енергія від додаткового джерела теплопостачання
- Natural gas savings / Економія природного газу
- CO₂ emissions avoided / Зниження викидів CO₂
- DHW solar fraction / Частка сонячної енергії на ГВП



Results of annual simulation

Installed collector power:		17,440 kW
Installed solar surface area (gross):		37,5 m ²
Irradiation on collector surface (active):	46 991,42 kWh	1 344,53 kWh/m ²
Energy delivered by collectors:	17 027,62 kWh	487,20 kWh/m ²
Energy delivered by collector loop:	16 673,61 kWh	477,07 kWh/m ²
DHW heating energy supply:		38 088,96 kWh
Solar energy contribution to DHW:		16 419,94 kWh
Energy from auxiliary heating:		22 453,1 kWh
Natural gas (H) savings:		2 423,6 m ³
CO ₂ emissions avoided:		5 125,10 kg
DHW solar fraction:		42,2 %
Relative savings of supplementary energy (DIN EN 12977):		43,5 %
System efficiency:		34,9 %

Рис. 11.2. Основні результати моделювання

Важливо також аналізувати деталізований графік енергопотребности на ГВП та заміщення за рахунок сонячної енергії (рис. 11.3), а також графік максимальної температури на поверхні колекторів протягом року (рис. 11.4). Це дозволить зробити висновок щодо правильного підбору кількості та встановленої потужності колекторів.

Solar energy consumption as percentage of total consumption

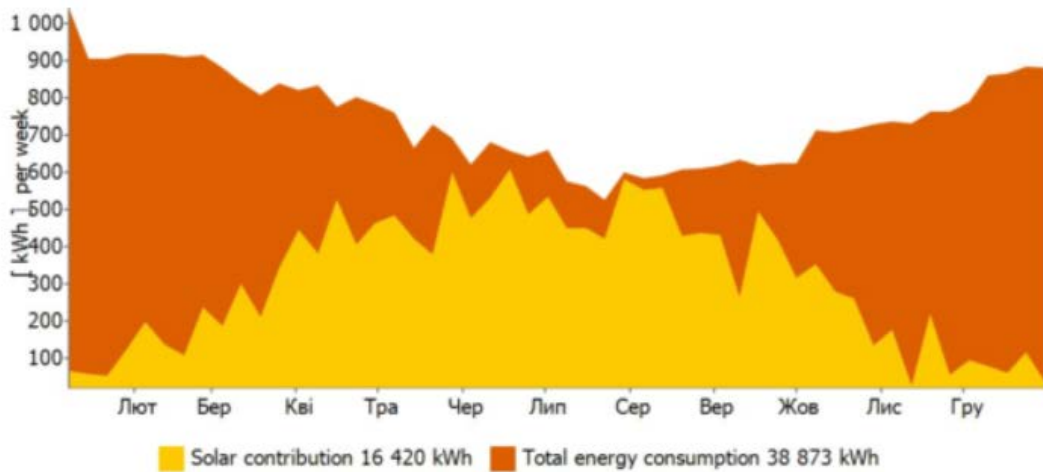


Рис. 11.3. Графік енергопотребы на ГВП та заміщення за рахунок сонячної енергії

Daily maximum collector temperature

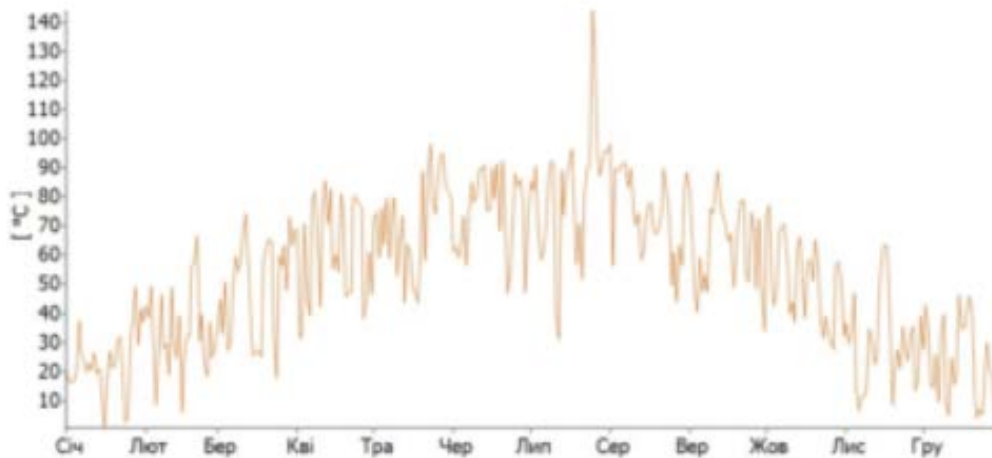


Рис. 11.4. Графік максимальної температури на поверхні колекторів протягом року

Програма також видає результати енергетичного балансу системи, що враховує наступні компоненти (рис. 11.5):

- Irradiation on collector surface / Сонячна енергія на поверхні колектора;
- Optical collector losses / Оптичні втрати колектора;
- Thermal collector losses / Теплові втрати колектора;
- Energy from collector array / Енергія від колекторів;

- Solar energy to storage tank / Сонячна енергія, яка сприймається баком-накопичувачем;
- Internal piping losses / Втрати у внутрішніх трубопроводах;
- External piping losses / Втрати у зовнішніх трубопроводах;
- Tank losses / Втрати з поверхні бака;
- Final energy / Кінцеве енергоспоживання;
- Supplementary energy to tank / Додаткова енергія, яка надходить до бака-накопичувача;
- DHW energy from tank / Енергія для ГВП з бака.

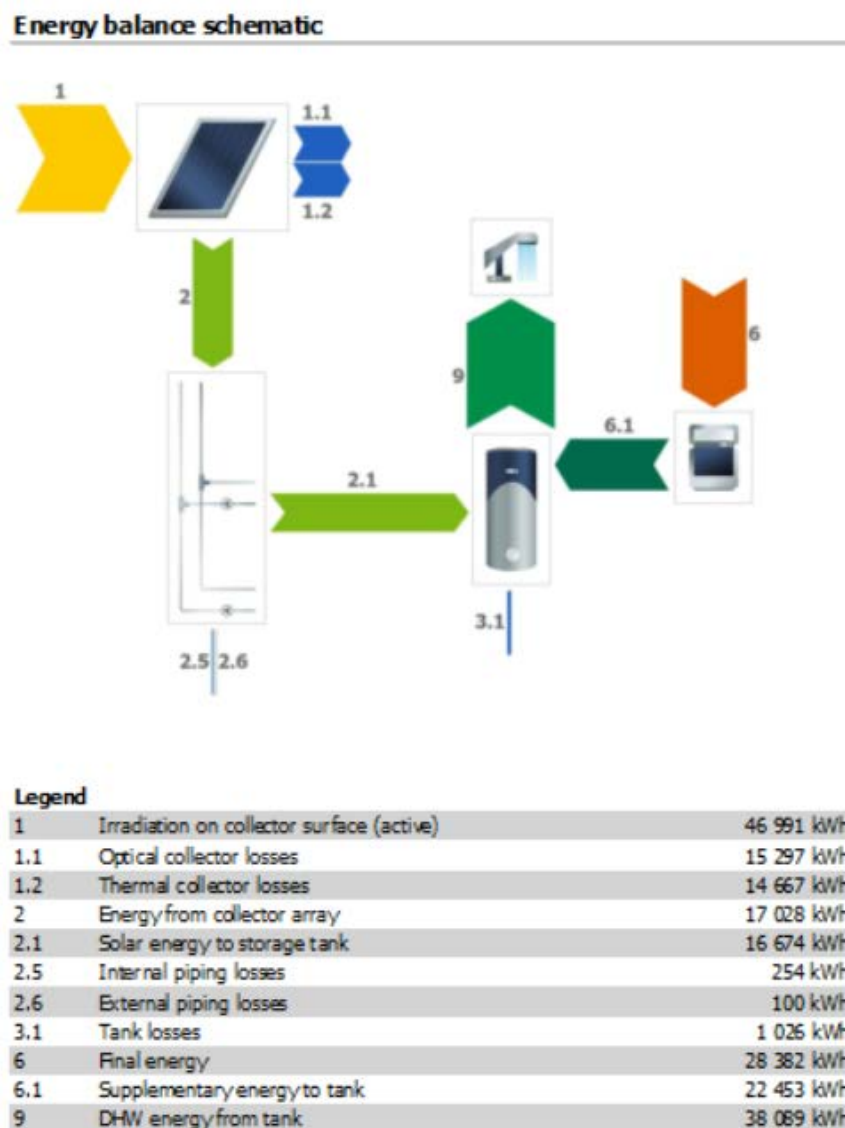


Рис. 11.5. Енергетичний баланс системи

В розглянутому випадку ми бачимо значні втрати енергії за рахунок оптичних та теплових втрат колектора (рис. 11.5).

Також програма наводить словник з розшифруванням основних термінів для розуміння та аналізу результатів моделювання системи.

12. ФІНАНСОВИЙ АНАЛІЗ

Для проведення фінансового аналізу необхідно натиснути на вкладку «Financial analysis». Після цього послідовно заповнити відповідні вихідні дані в різних вкладках. Першими необхідно задати параметри фінансової моделі (Parameters) (рис. 12.1):

- Life span / Термін служби – заявлений виробником період часу, протягом якого система повинна працювати (10-20 років);
- Interest on capital / Відсотки на капітал – базова процентна ставка для визначення вартості капіталу та похідних від неї змінних (період окупності);
- Reinvestment return / Повернення реінвестицій – інвестиційні надлишки (=позиції грошові потоки) приносять відсотки та нараховуються з цією ставкою;
- Specific fuel costs / Питома вартість палива – використовується для розрахунку економії коштів при заміщенні палива / енергії;
- Specific electricity costs / Питома вартість електричної енергії – використовується для розрахунку операційних витрат;
- Cost escalation rate (energy and running costs) / Швидкість зростання витрат (витрати на електроенергію та експлуатацію) – використовується для розрахунку економії коштів та експлуатаційних витрат в часі.

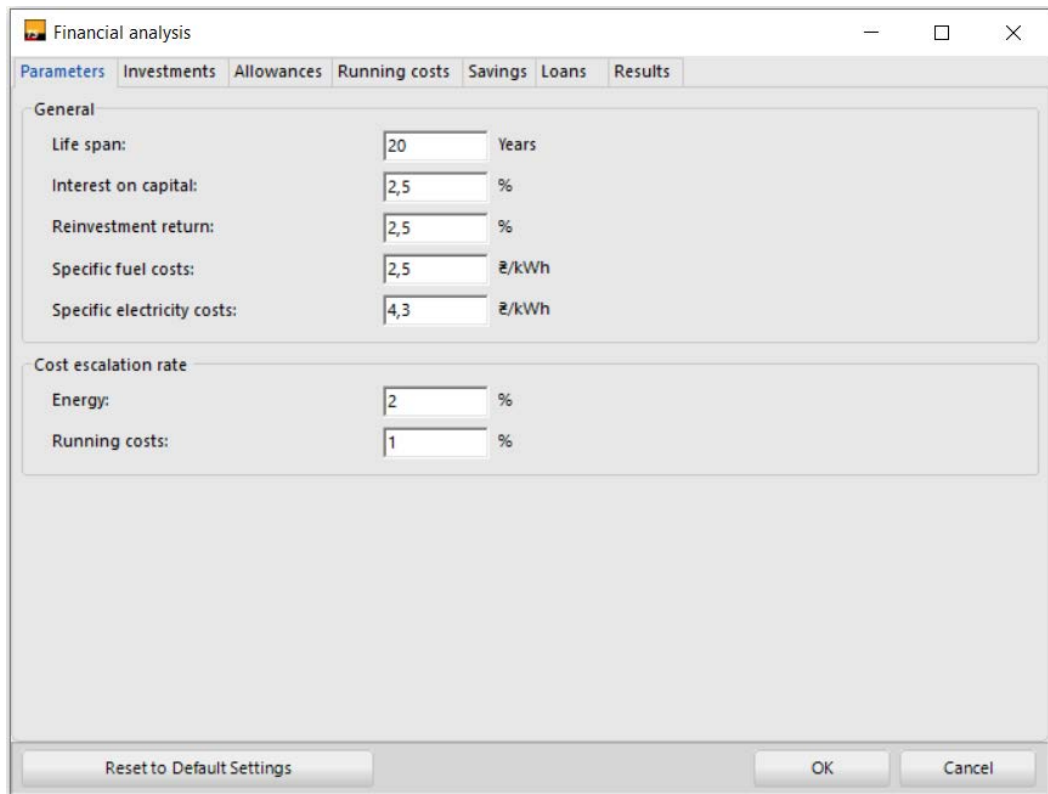


Рис. 12.1. Параметри фінансової моделі

Інвестиційні витрати на вкладці «Investments» (рис. 12.2) можна задавати двома способами:

- Загальні інвестиції в грн (Investments, £)
- Питомі інвестиції в грн на 1 м² поверхні колекторів (Specific investments, £/m²)

Також у цій вкладці можна задати субсидії або грантові кошти, які надаються власнику при встановленні системи ГВП з сонячними колекторами. Це значення можна задавати в абсолютних, питомих та відсоткових величинах. В розглянутому випадку наявність субсидій / грантових виплат не враховувалась. Програма також розраховує середньорічні капіталовкладення (remaining investments annuity).

Category	Parameter	Value	Unit	Result
Investments	Investments:	0	£	0 £
	Spec. Investments:	20000	£/m ²	+ 640 000 £
	Total investments:			640 000 £
Subsidies	Subsidy:	0	£	0 £
	Spec. Subsidy:	0	£/m ²	+ 0 £
	Proportional subsidy:	0	%	+ 0 £
	Total of Subsidies:			0 £
	Less any loans:			0 £
	Remaining investments:			640 000 £
	Remaining investments annuity:			41 054 £

Рис. 12.2. Розрахунок необхідних інвестицій та субсидій/грантів на встановлення системи

У вкладці «Allowances» (рис. 12.3) можна задати параметри щодо надбавки / виплат при генерації енергії від сонячних колекторів: Amount / Величина надбавки/виплати; Payout duration / Тривалість виплати; Adjustments / Коригування. В даному випадку надбавки / додаткові виплати не враховувалися.

Parameter	Value	Unit
Amount:	0	£/kWh
Payout Duration:	0	Years
Adjustment:	0	%/a
Allowances annuity:		0 £
Present value of allowances:		0 £

Рис. 12.3. Розрахунок надбавок / додаткових виплат

Операційні витрати (running costs) складаються з витрат на обслуговування системи (fixed running costs) та операційних витрат за рахунок додаткового споживання електричної енергії (operating costs of auxiliary energy) (рис. 12.4). Витрати на обслуговування системи можуть задаватися як абсолютне значення (грн/рік) або як відсоток від капіталовкладень (%/рік). Для розрахунку операційних витрат за рахунок додаткового споживання електричної енергії необхідно задати потужність циркуляційного насосу для сонячного контуру (Nominal output, W). Таким чином, програма розраховує річні експлуатаційні витрати в перший рік роботи системи (Running costs in first year). Програма також розраховує середні за рік (operating costs annuity) та загальні експлуатаційні витрати протягом періоду роботи системи з врахуванням ставок дисконтування та зростання вартості в часі (present value of running costs).

Financial analysis

Parameters Investments Allowances **Running costs** Savings Loans Results

Fixed running costs

Based on total investment: %/a 6 400 €/a

Amount: €/a + 0 €/a

Operating costs of auxiliary energy

	Full-power hours	Nominal output(W)	Running costs (€/a)
Pump, Collector loop	2267	200	1936

+ 1 936 €/a

Running costs in first year: 8 336 €/a

Operating costs annuity: 9 103 €

Present value of running costs: 141 909 €

Reset to Default Settings OK Cancel

Рис. 12.4. Розрахунок операційних витрат

Розрахунок економії коштів у вкладці «Savings» (рис. 12.5) враховує енергію, яка виробляється та використовується від сонячного контуру (solar yield), ефективність та економію палива / енергії від додаткового джерела (resulting fuel savings), яким може бути централізоване тепlopостачання, газовий котел, електричний нагрівач тощо. Значення розрахункової економії коштів за

перший рік роботи системи можна побачити у полі «Savings in first year». За аналогією з операційними витратами розраховується середня за рік (yearly savings) та загальна економія коштів протягом періоду роботи системи з врахуванням ставок дисконтування та зростання вартості енергії в часі (present value of savings).

Fuel			
Solar yield:	17,352	MWh/a	
Resulting fuel savings:	19,63	MWh/a	x 2,47 €/kWh
Savings in first year:			48 486 €/a
Yearly savings:	57 956 €		
Present value of savings:	903 485 €		

Рис. 12.5. Розрахунок економії коштів

Програма при проведенні фінансового аналізу також дозволяє врахувати наявність кредитних коштів у вкладці «Loans» (рис. 12.6). Для цього необхідно задати величину кредитних коштів (loan capital), термін повернення кредиту (term), пільговий період (grace period), відсоткову ставку (loan interest). В розглянутому випадку кредитні кошти не враховувалися.

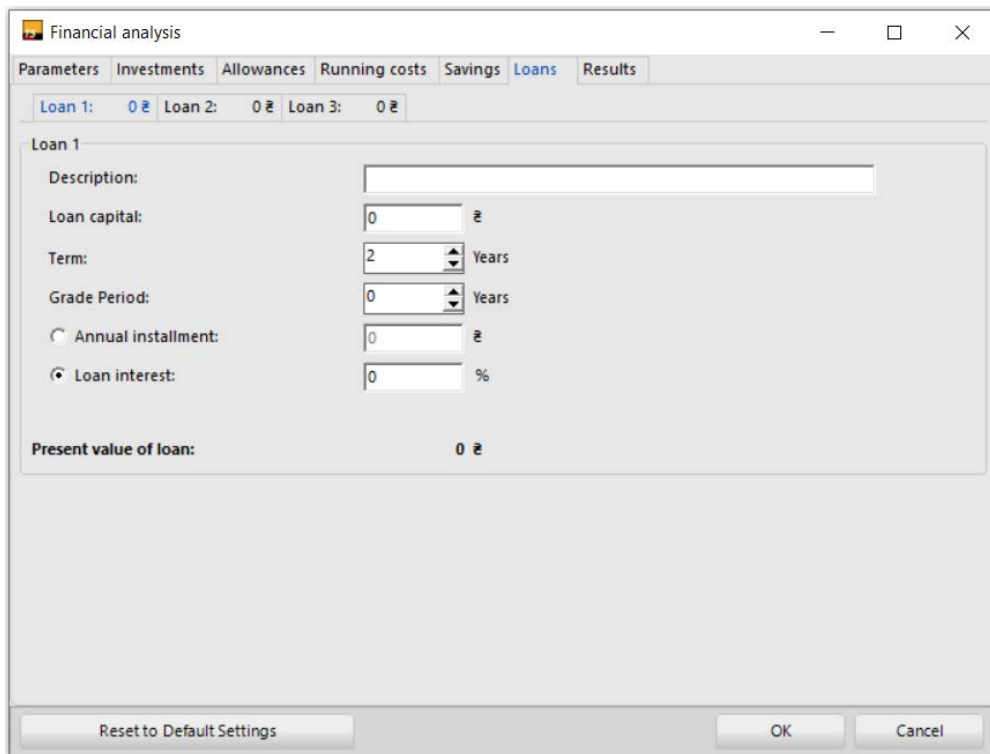


Рис. 12.6. Розрахунок кредитних коштів

Модуль фінансового аналізу дозволяє розраховувати грошові потоки та терміни окупності інвестицій (рис. 12.7).

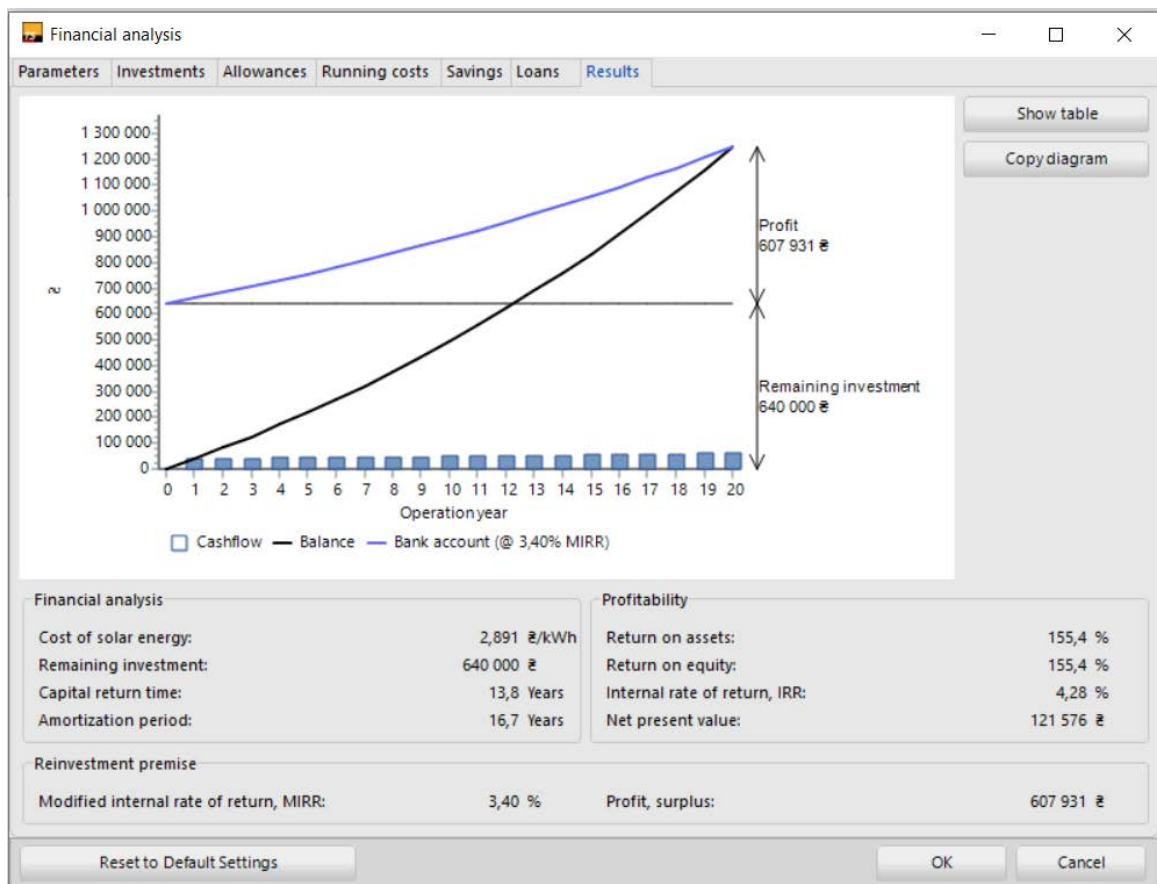


Рис. 12.7. Результати фінансового аналізу

В результаті фінансового аналізу розраховуються наступні показники:

- Cost of solar energy / Вартість сонячної енергії – середньорічна вартість системи поділена на генерацію енергії сонячним контуром;
- Remaining investments / Необхідні інвестиції – вартість системи за вирахуванням грантових і кредитних коштів;
- Capital return time / Термін повернення капіталу – коли акумульований грошовий потік буде дорівнювати необхідним інвестиціям;
- Amortization period / Період амортизації – це передбачуваний термін служби, при якому вартість капіталу стане нульовою;
- Modified internal rate of return / Модифікована внутрішня норма прибутку – це прибуток, який банківський рахунок повинен отримати, якщо необхідні інвестиції будуть внесені на цей рахунок, який досягне кінцевого балансу;
- Return of assets / Повернення активів – враховує повернення капіталу та загальний обсяг інвестицій за вирахуванням грантових коштів;
- Return of equity / Повернення власного капіталу – враховує повернення капіталу та загальний обсяг інвестицій за вирахуванням грантових та кредитних коштів;
- Internal rate of return / Внутрішня норма прибутку – це відсоток на капітал, при якому чиста приведена вартість дорівнює нулю;
- Net present value / Чиста приведена вартість – загальна грошова вартість, що враховує всі дисконтовані платежі протягом терміну дії інвестиції;
- Profit, surplus / Прибуток, надлишок – грошовий потік за вирахуванням необхідних інвестицій.

Грошові потоки, на яких базуються ці розрахунки можна переглянути в табличному вигляді (рис. 12.8).

Year	Savings	Allowances	Operation	Loan capital	Cashflow	Balance	Bank account
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)+(2)-(3)-(4)		
0							640 000 ₺
1	48 486 ₺	0 ₺	8 336 ₺	0 ₺	40 150 ₺	40 150 ₺	661 730 ₺
2	49 456 ₺	0 ₺	8 419 ₺	0 ₺	41 036 ₺	82 190 ₺	684 197 ₺
3	50 445 ₺	0 ₺	8 504 ₺	0 ₺	41 941 ₺	126 186 ₺	707 427 ₺
4	51 454 ₺	0 ₺	8 589 ₺	0 ₺	42 865 ₺	172 206 ₺	731 446 ₺
5	52 483 ₺	0 ₺	8 674 ₺	0 ₺	43 808 ₺	220 320 ₺	756 280 ₺
6	53 533 ₺	0 ₺	8 761 ₺	0 ₺	44 771 ₺	270 599 ₺	781 958 ₺
7	54 603 ₺	0 ₺	8 849 ₺	0 ₺	45 754 ₺	323 119 ₺	808 507 ₺
8	55 695 ₺	0 ₺	8 937 ₺	0 ₺	46 758 ₺	377 954 ₺	835 958 ₺
9	56 809 ₺	0 ₺	9 027 ₺	0 ₺	47 782 ₺	435 186 ₺	864 340 ₺
10	57 945 ₺	0 ₺	9 117 ₺	0 ₺	48 828 ₺	494 894 ₺	893 687 ₺
11	59 104 ₺	0 ₺	9 208 ₺	0 ₺	49 896 ₺	557 162 ₺	924 030 ₺
12	60 286 ₺	0 ₺	9 300 ₺	0 ₺	50 986 ₺	622 078 ₺	955 403 ₺
13	61 492 ₺	0 ₺	9 393 ₺	0 ₺	52 099 ₺	689 728 ₺	987 841 ₺
14	62 722 ₺	0 ₺	9 487 ₺	0 ₺	53 235 ₺	760 206 ₺	1 021 380 ₺
15	63 976 ₺	0 ₺	9 582 ₺	0 ₺	54 394 ₺	833 606 ₺	1 056 059 ₺
16	65 256 ₺	0 ₺	9 678 ₺	0 ₺	55 578 ₺	910 024 ₺	1 091 914 ₺
17	66 561 ₺	0 ₺	9 775 ₺	0 ₺	56 786 ₺	989 561 ₺	1 128 987 ₺
18	67 892 ₺	0 ₺	9 872 ₺	0 ₺	58 020 ₺	1 072 320 ₺	1 167 319 ₺
19	69 250 ₺	0 ₺	9 971 ₺	0 ₺	59 279 ₺	1 158 407 ₺	1 206 952 ₺
20	70 635 ₺	0 ₺	10 071 ₺	0 ₺	60 564 ₺	1 247 931 ₺	1 247 931 ₺
Total	1 178 085 ₺	0 ₺	183 551 ₺	0 ₺	994 534 ₺		

Copy table Close

Рис. 12.8. Таблица з грошовими потоками

12. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРАКТИКУМУ

В якості об'єктів моделювання студенти можуть обирати власні об'єкти, або навчальні корпуси та гуртожитки на території КПШ ім. Ігоря Сікорського (в такому випадку необхідні вихідні дані надаються викладачем).

Наступні вихідні дані необхідні для моделювання:

- розміщення та призначення будівлі;
- дані щодо річного споживання гарячої води;
- орієнтація будівлі/покрівлі;
- питома вартість системи на 1 м²;
- тарифи на енергоносії.

Пропонується промоделювати 6 варіантів системи: плоскі та вакуумні колектори для наступних коефіцієнтів заміщення: low (35%), middle (55%), high (75%).

Після виконання практикуму необхідно зробити висновки.

13. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які типи систем можна моделювати в програмі T*SOL?
2. Які вихідні дані необхідні для моделювання системи ГВП з сонячними колекторами?
3. Які кліматичні дані використовує T*SOL?
4. Які є способи внесення даних щодо споживання гарячої води для будівлі?
5. Яким чином в програмі T*SOL задається графік споживання гарячої води?
6. Які типи сонячних колекторів можна моделювати в програмі T*SOL?
7. Які типи втрат в системі враховуються при моделюванні системи ГВП з сонячними колекторами?
8. Яким чином можна розраховувати кількість та встановлену потужність сонячних колекторів?
9. Які параметри для циркуляційного контуру задаються в програмі T*SOL?
10. Які параметри для бака-накопичувача задаються в програмі T*SOL?
11. Від чого залежать втрати енергії з поверхні бака-накопичувача?
12. Які параметри для електричного нагрівача задаються в програмі T*SOL?
13. Які типи зовнішніх джерел теплопостачання можна моделювати в якості додаткових?
14. Які параметри для газового котла задаються в програмі T*SOL?
15. Які енергетичні та екологічні показники дозволяє аналізувати T*SOL?
16. Які основні результати моделювання необхідно аналізувати для системи ГВП з сонячними колекторами?
17. Які складові враховує енергетичний баланс системи ГВП з сонячними колекторами?
18. Яка мета виконання роботи та основні її етапи?
19. Проаналізуйте основні результати виконання роботи.

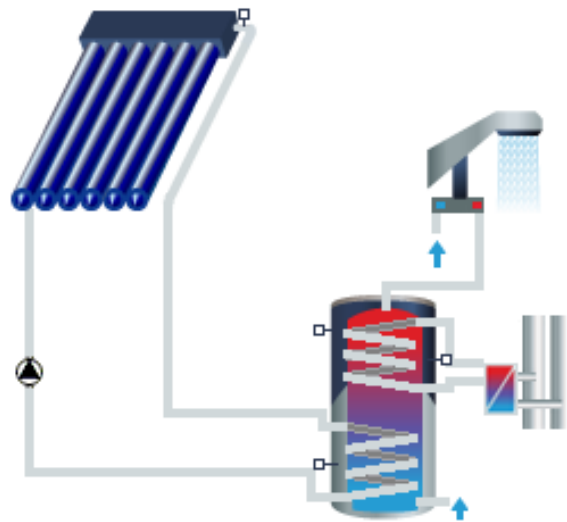
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Соловей О.І. та ін. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: Навчальний посібник / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернянський, Г.В. Курбака; За заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 490 с.
2. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії . Підручник. Національний технічний університет України «КПІ». Київ, – 2012. – 495 с.
3. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії [Електронний ресурс] : курс лекцій / С. О. Кудря ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 6,91 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – Назва з екрана.
4. Сайт розробника програмного забезпечення для завантаження програм та корисні ресурси: <https://valentin-software.com/en/>
5. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
6. Проект наказу Мінрегіону “Про затвердження Вимог до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії” - <https://www.minregion.gov.ua/base-law/grom-convers/elektronni-konsultatsiyi-z-gromadskistyuu/proekt-nakazu-minregionu-pro-zatverdzhennya-vymog-do-budivel-z-blyzkym-do-nulovogo-rivnem-spozhyvannya-energiyi/>
7. КТМ 204 Україна 244–94. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько–побутові потреби в Україні. К.: ЗАТ «ВІПОЛ». 2001. 376 с.
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія». К., 2011. 135с.
9. ДБН В.2.6- 31:2016 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. К.: Мінбуд України, 2016. 64с.
10. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. К. Мінрегіонбуд, 2016. 205 с.

ДОДАТОК А. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ ГВП З СОНЯЧНИМИ КОЛЕКТОРАМИ

В якості прикладу пропонується розглянути встановлення системи сонячних колекторів для часткового покриття потреб ГВП на даху громадської будівлі у місті Києві. Забезпечення потреб системи ГВП до встановлення колекторів відбувалося за рахунок централізованого тепlopостачання. Середньодобове фактичне споживання гарячої води становить 1000 м³.

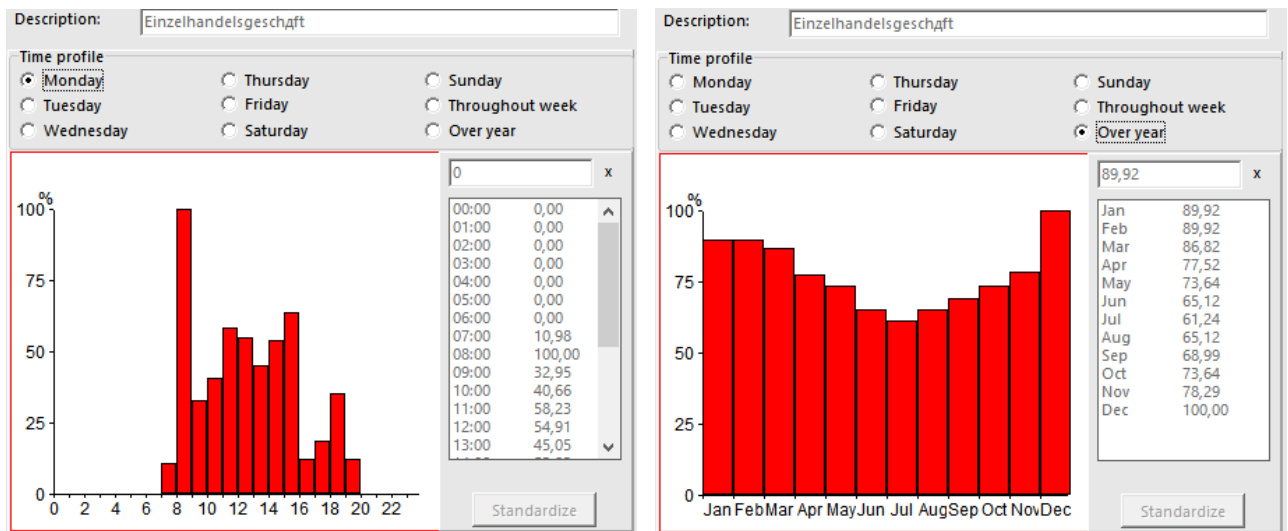
Тип системи. Для даного випадку було обрано систему ГВП з вакуумними сонячними колекторами та централізованим тепlopостачанням в якості допоміжного джерела (A1 - DHW system) (рис. А.1).



A1 - DHW system
Variant 1

Рис. А.1. Система ГВП з вакуумними колекторами

Споживання. Серед запропонованих у програмі профілів споживання гарячої води було обрано Einzelhandelsgeschäft (магазин роздрібної торгівлі), приклади добового та річного графіків якого наведені на рис. А.2.



a)

b)

Рис. А.2. Профіль споживання гарячої води: а – добовий, б – річний

Колектори. Серед запропонованого ряду колекторів було обрано вакуумні трубчасті сонячні колектори Viessmann Vitosol 200-T типу SD2 (площа абсорбера – 2 м²). Відсоток заміщення потреби енергії на ГВП задаємо middle (55%). За даних умов програма автоматично визначила необхідну кількість колекторів – 6 шт., загальну площу колекторів 17,28 м² та активну площу колекторів 12,93 м² (рис. А.3).

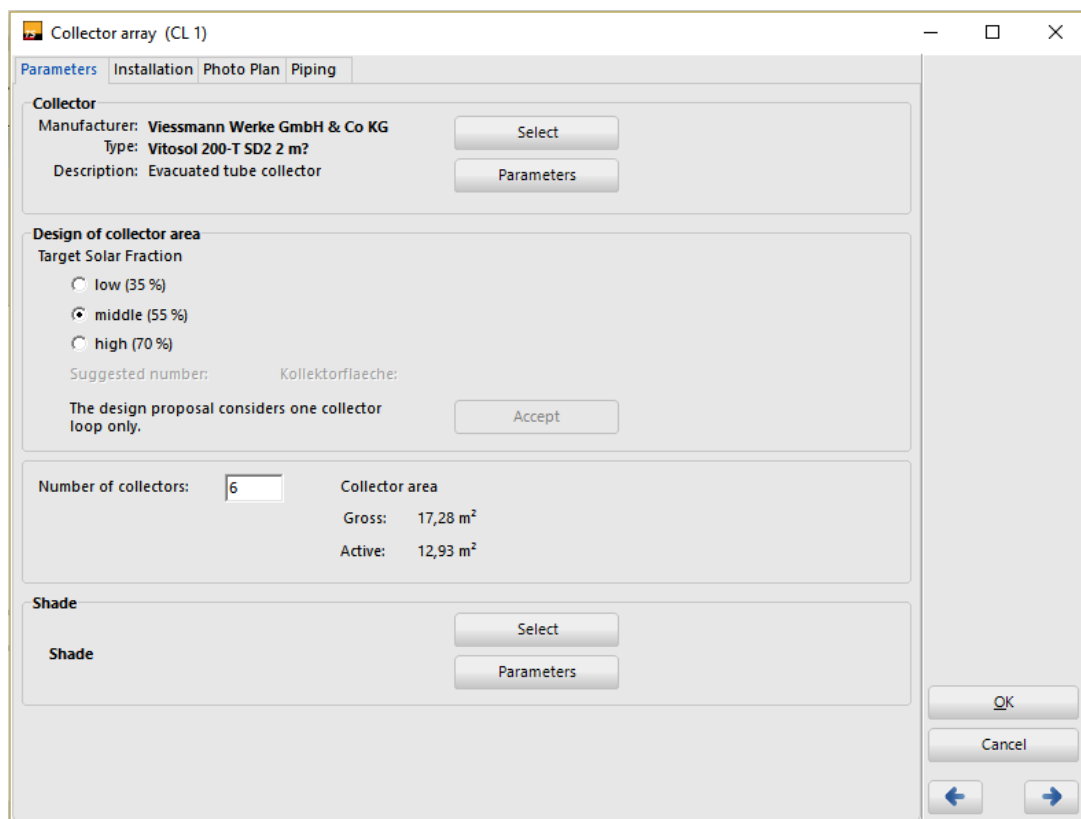


Рис. А.3. Параметри колекторів

Орієнтація колекторів – 180° відносно півночі (південна). Кут нахилу панелей – 30° відносно горизонту.

Для врахування тепловтрат у циркуляційному контурі задаємо довжину трубопроводів всередині будівлі 15 м та зовні 8 м, враховуючи геометричні показники будівлі та розміщення системи (рис. А.4). Діаметр трубопроводів визначається автоматично при врахуванні рекомендованої швидкості руху теплоносія 0,5 м/с. Параметри теплової ізоляції залишаємо ті, що рекомендовані програмою за замовчуванням.

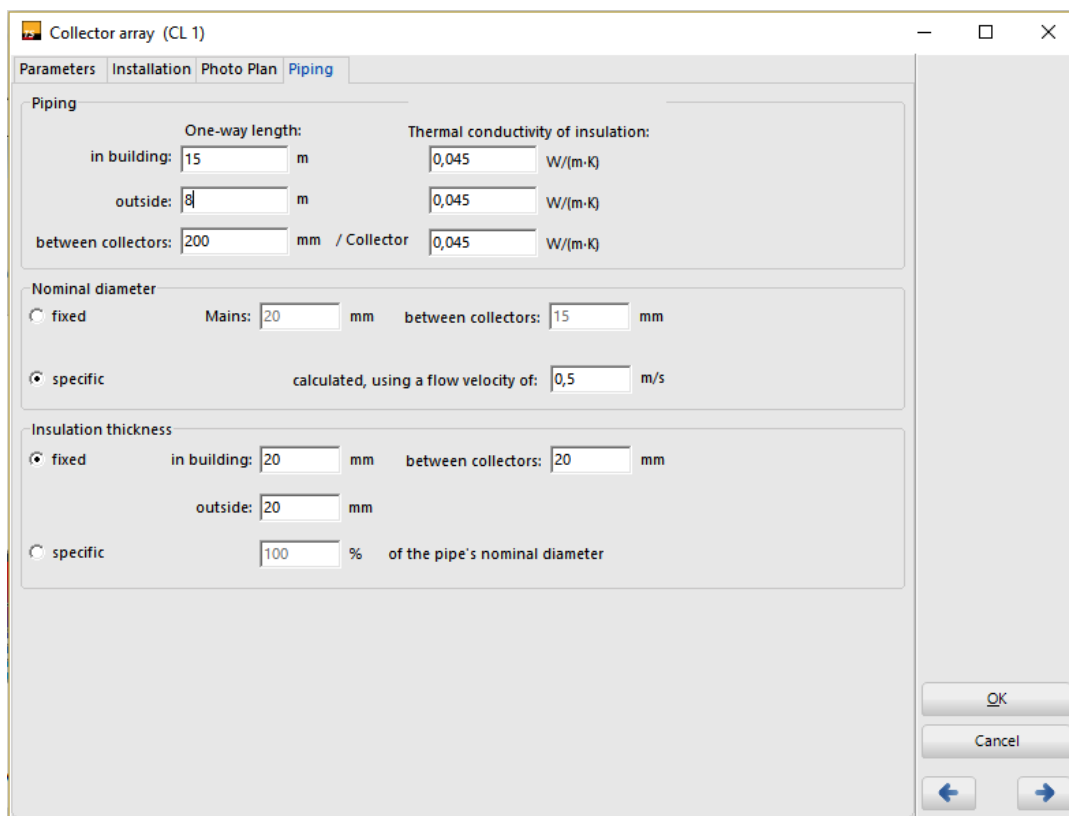


Рис. А.4. Параметри трубопроводів

Циркуляційний контур. Редагуючи параметри циркуляційного контуру, залишаємо рекомендовану програмою витрату теплоносія 40 (л/год)/м^2 та як теплоносієм задаємо розчин поліпропіленгліколю 40%. Параметри контролю для циркуляційного контуру залишаємо рекомендовані за замовчуванням.

Бак-накопичувач. У розглянутому випадку (рис. А.1) ми аналізуємо бак непрямого нагріву з додатковим джерелом тепlopостачання. Об'єм баку задаємо самостійно, значення буде дорівнювати середньодобовому споживанню гарячої води – 1000 л (рис. А.5). Теплоізоляційні характеристики баку залишаємо за замовчуванням. Продуктивність теплообмінника (кА) (контур колекторів) в баку

встановлюємо на рівні 1 Вт/К. Так як у системі присутнє додаткове джерело теплоти – централізоване тепlopостачання, а не електричний нагрівач, прибираємо галочку у вкладці «Electric element». Параметри контролю для бака-накопичувача залишаємо рекомендовані за замовчуванням.

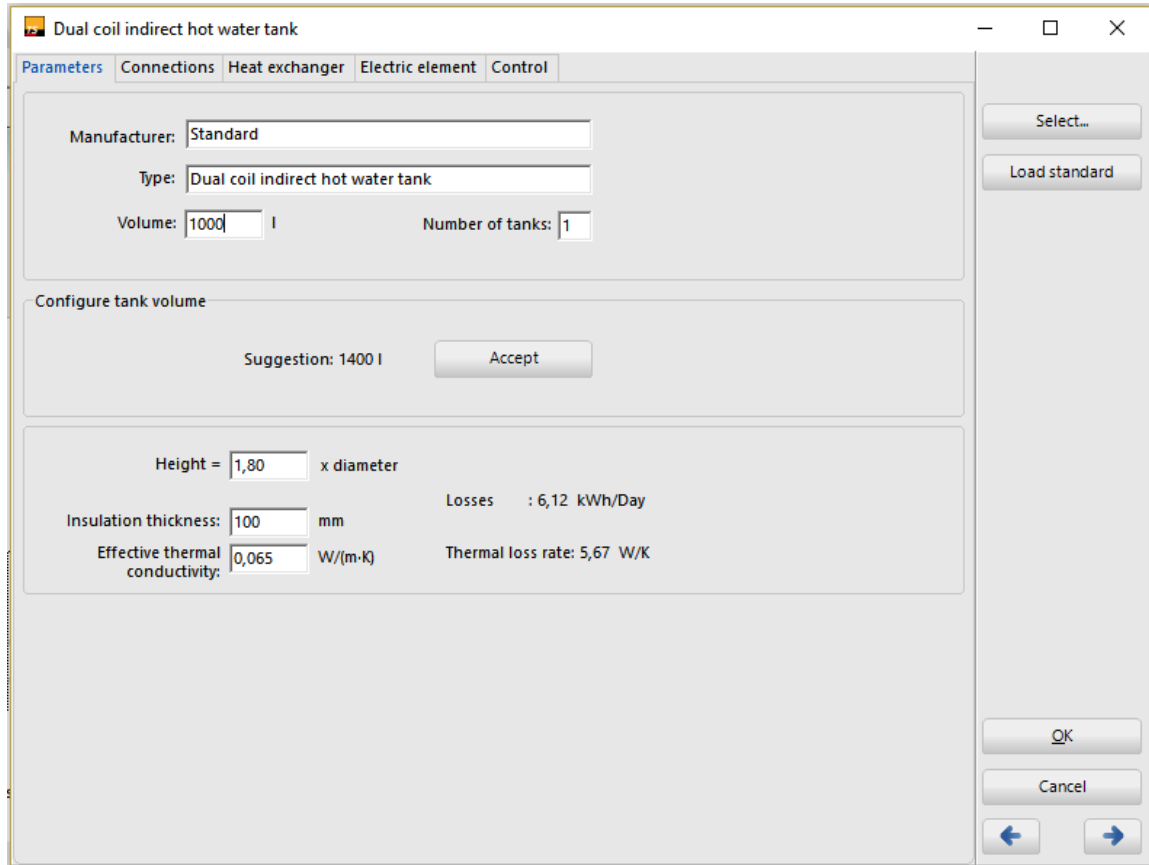


Рис. А.5. Параметри баку

Додаткове джерело. До встановлення колекторів потреби будівлі в гарячій воді забезпечувались за рахунок централізованої системи ГВП, тому в якості додаткового джерела обираємо цю ж систему (рис. А.6). Потужність додаткового джерела зменшимо від того значення, що пропонує програма до 10 кВт, виходячи з міркувань, що вода має прогріватися за 4-5 годин. Показники ефективності централізованого джерела теплоти залишаємо ті, що пропонує програма за замовчуванням.

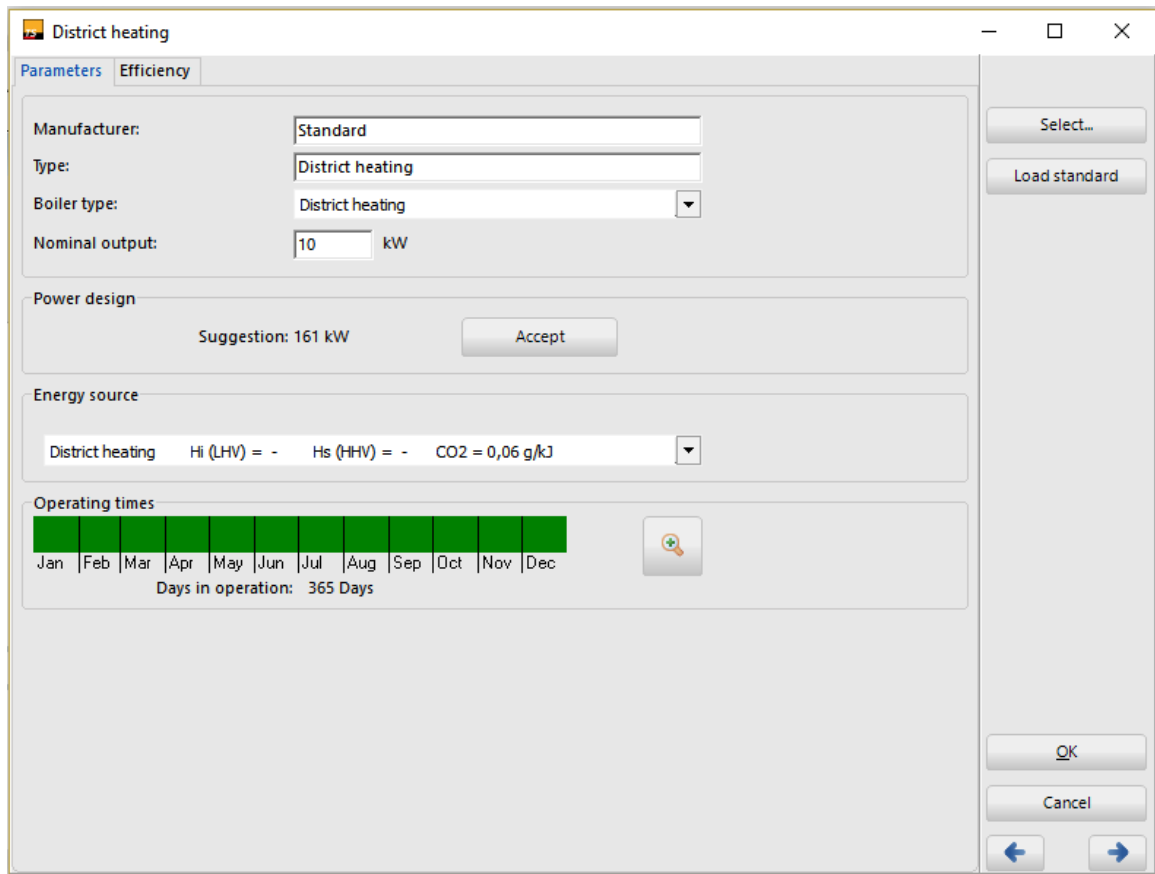


Рис. А.6. Параметри додаткового джерела (централізованого теплопостачання)

Фінансовий аналіз. Після завершення симуляції потрібно налаштувати вкладку «Financial analysis». Налаштовуючи параметри, термін служби вибраної системи колекторів, заявлений виробником, зазначаємо 20 років. Відсотки на капітал та повернення реінвестицій встановлюємо на рівні 0%. Вартість зекономленого палива та електричної енергії зазначаємо згідно діючих тарифів. У розглянутому випадку це тарифи у м. Київ на централізоване теплопостачання для інших споживачів 2,5 грн/кВт·год та на електричну енергію для побутових споживачів 3,6 грн/кВт·год. Темпи інфляції для енергоресурсів та експлуатації встановимо на рівні 2% та 1% відповідно (рис. А.7).

The screenshot shows a software window titled "Financial analysis" with several tabs: Parameters, Investments, Allowances, Running costs, Savings, Loans, and Results. The "Parameters" tab is active and contains two sections: "General" and "Cost escalation rate".

General section:

- Life span: 20 Years
- Interest on capital: 0 %
- Reinvestment return: 0 %
- Specific fuel costs: 2,5 €/kWh
- Specific electricity costs: 3,6 €/kWh

Cost escalation rate section:

- Energy: 2 %
- Running costs: 1 %

At the bottom of the window, there are three buttons: "Reset to Default Settings", "OK", and "Cancel".

Рис. А.7. Параметри фінансового аналізу

Інвестиції задаємо через загальну вартість всієї системи, яка становить 390 тис. грн та включає наступні компоненти:

- 6 вакуумних колекторів;
- 6 комплектів кріплень для колекторів;
- повітровідвідник;
- сонячна станція з регулятором та насосом;
- бак-накопичувач 1000 л з теплообмінниками;
- розширювальний бак;
- термостатичний змішувач;
- контролер управління сонячною системою;
- теплоносій;
- додаткові матеріали для монтажу (труби, крани, муфти, з'єднання, зворотні клапани, ізоляція тощо);
- монтажні роботи;
- транспортування.

Додаткові виплати у вкладці «Allowances» за рахунок використання даної системи не враховуються.

Витрати на обслуговування системи задаємо на рівні 1%/рік від капіталовкладень. Для врахування операційних витрат за рахунок додаткового споживання електричної енергії задаємо потужність циркуляційного насосу для сонячного контуру 150 кВт.

Financial analysis

Parameters Investments Allowances **Running costs** Savings Loans Results

Fixed running costs

Based on total investment: %/a 3 900 €/a

Amount: €/a + 0 €/a

Operating costs of auxiliary energy

	Full-power hours	Nominal output(W)	Running costs (€/a)
Pump, Collector loop	2086	150	1126

+ 1 126 €/a

Running costs in first year: 5 026 €/a

Operating costs annuity: 5 534 €

Present value of running costs: 110 677 €

Reset to Default Settings OK Cancel

Рис. А.8. Операційні витрати

В результаті введених фінансових показників економія коштів за 1-ий рік склала 24 425 грн/рік, а середня за рік – 29 673 грн/рік (рис. А.9).

Результати фінансового аналізу демонструють термін окупності системи 16,8 років (рис. А.10).

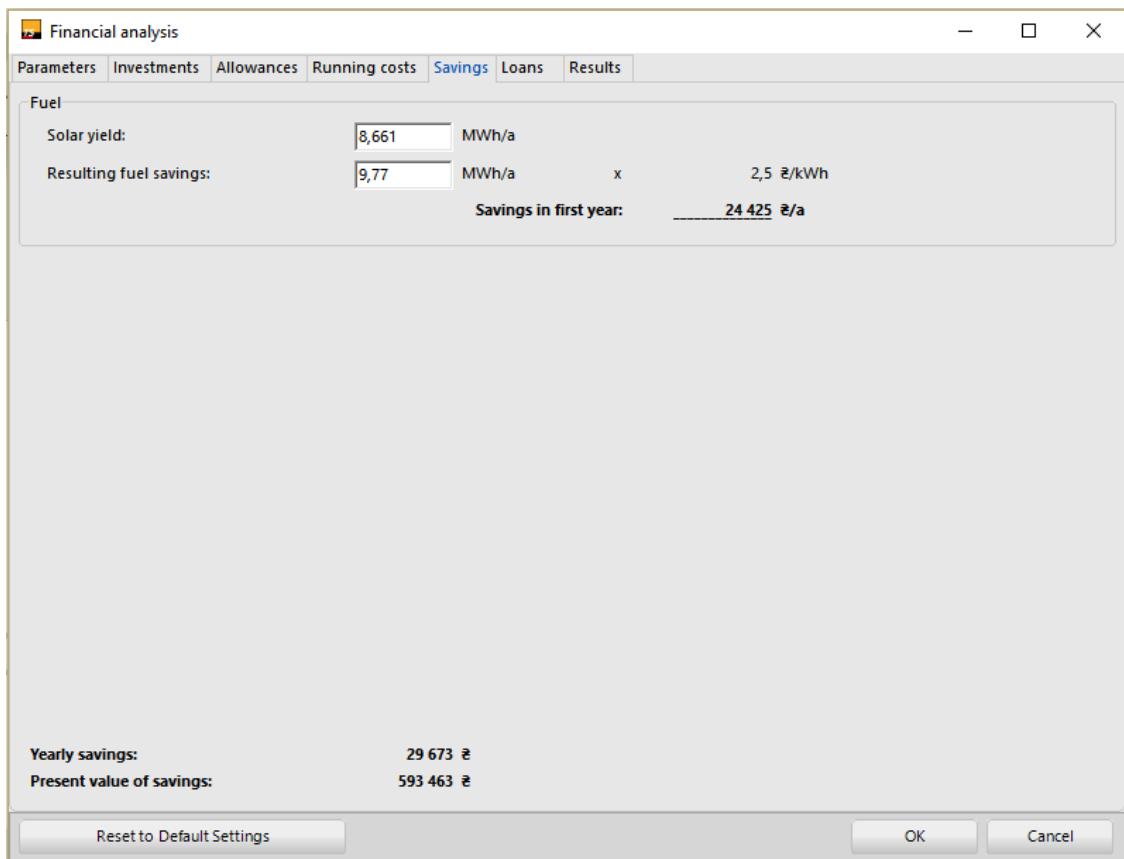


Рис. А.9. Економія енергії та грошових коштів

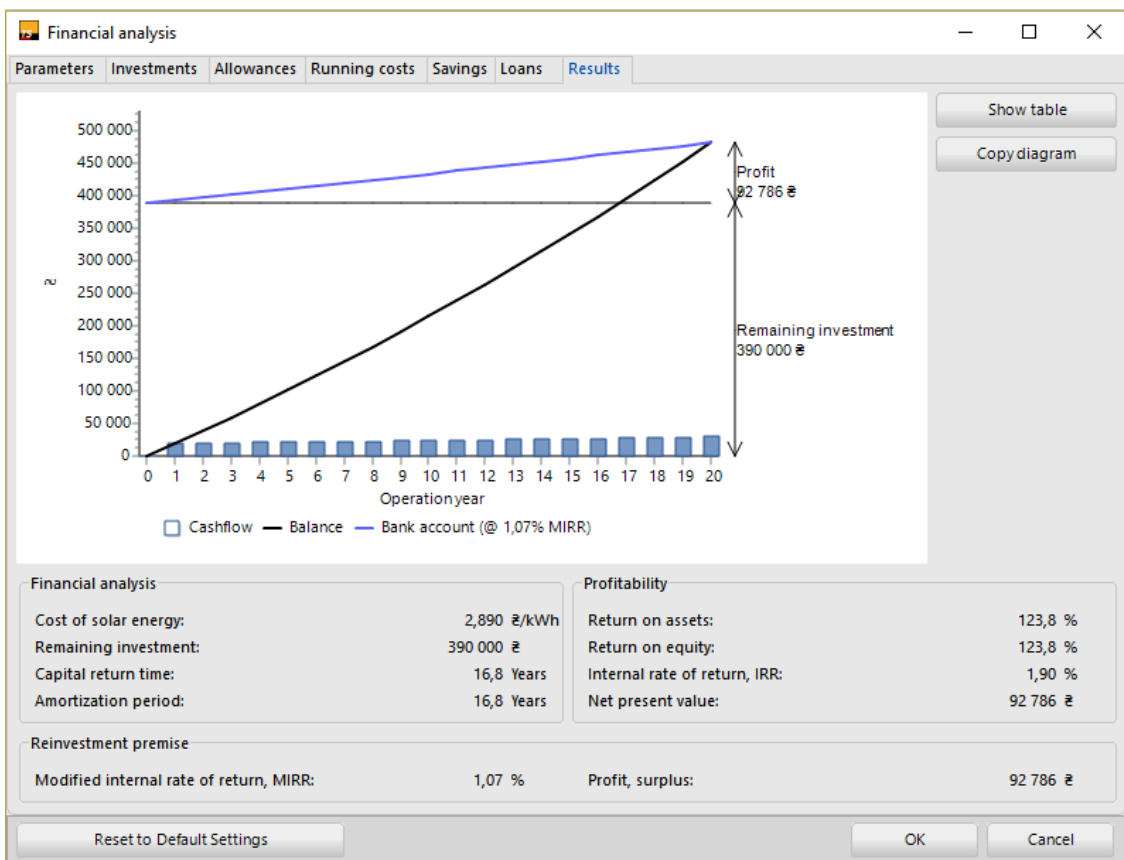
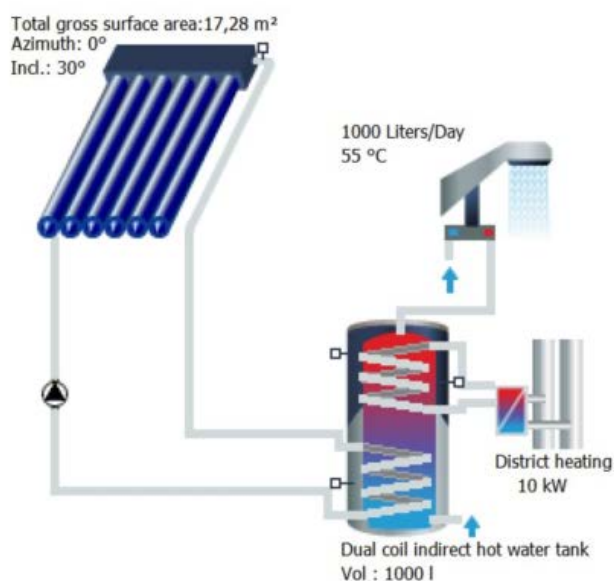


Рис. А.10. Результати фінансового аналізу

Результати моделювання. Після симуляції програма пропонує розглянути звіт, основні компоненти якого представлені на рисунках нижче.



Results of annual simulation

Installed collector power:		7,810 kW
Installed solar surface area (gross):		17,28 m ²
Irradiation on collector surface (active):	17 182,54 kWh	1 328,89 kWh/m ²
Energy delivered by collectors:	9 982,16 kWh	772,02 kWh/m ²
Energy delivered by collector loop:	8 931,28 kWh	690,74 kWh/m ²
DHW heating energy supply:		19 116,09 kWh
Solar energy contribution to DHW:		8 660,52 kWh
Energy from auxiliary heating:		11 171,0 kWh
District heating savings:		9 774,2 kWh
CO2 emissions avoided:		2 111,24 kg
DHW solar fraction:		43,7 %
Relative savings of supplementary energy (DIN EN 12977):		44,9 %
System efficiency:		50,4 %

Рис. А.11. Результати річної симуляції

Site Data

Climate data

Location:	Kiev
Climate data record:	Kiev
Total annual global irradiation:	1171,006 kWh/m ²
Latitude:	50,4 °
Longitude:	-30,45 °

Domestic hot water

Average daily consumption:	1 m ³
Desired temperature:	55 °C
Consumption profile:	Einzelhandelsgeschäft
Cold water temperature:	February: 5 °C August: 15 °C
Circulation:	no

System

Collector loop

Manufacturer:	Viessmann Werke GmbH & Co KG
Type:	 Vitosol 200-T SD2 2 m ²
Number:	6,00
Total gross surface area:	17,28 m ²
Total active solar surface area:	12,93 m ²
Inclination (Tilt Angle):	30 °
Orientation:	180 °
Azimuth:	0 °

Dual coil indirect hot water tank

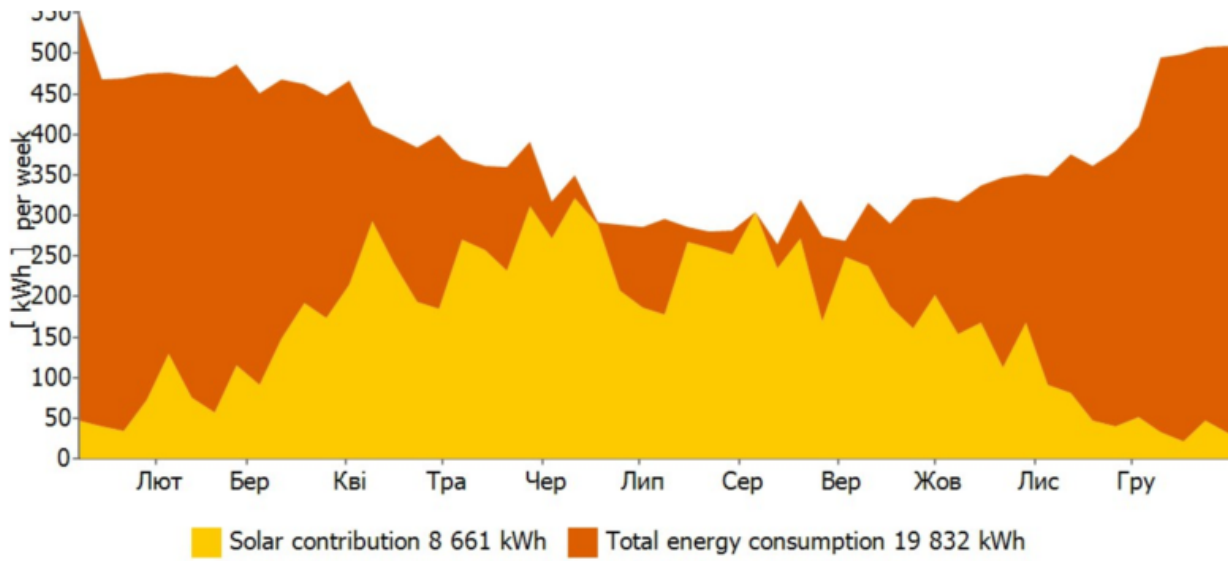
Manufacturer:	Standard
Type:	Dual coil indirect hot water tank
Volume:	1 m ³

Auxiliary heating

Manufacturer:	Standard
Type:	District heating
Nominal output:	10 kW

Рис. А.12. Основні вихідні дані

Solar energy consumption as percentage of total consumption



Daily maximum collector temperature

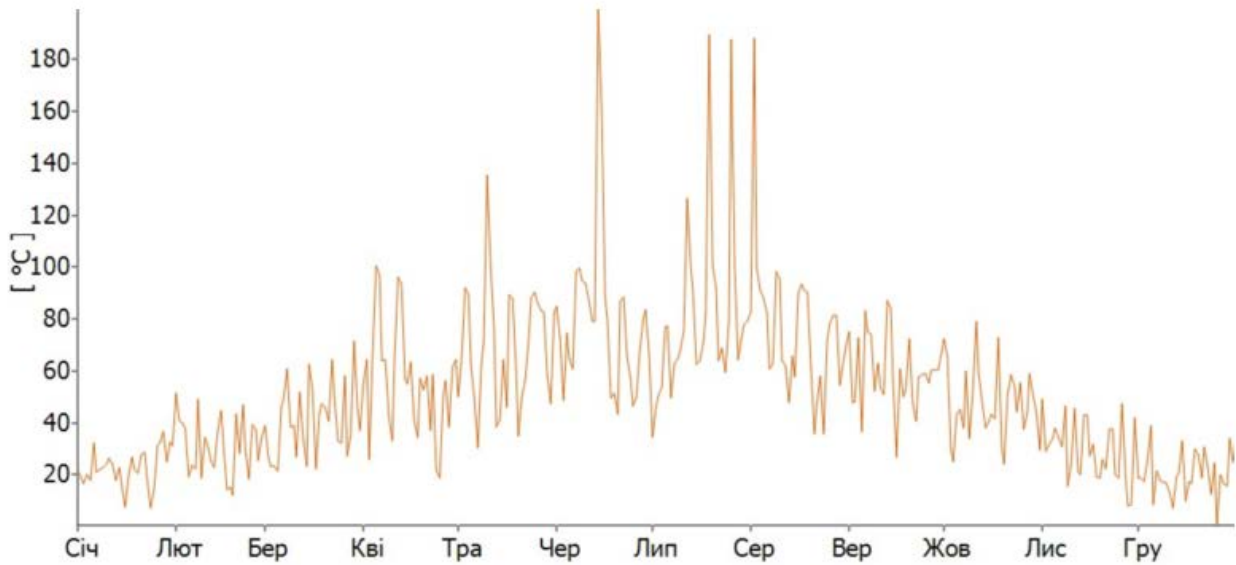


Рис. А.13. Графіки енергоспоживання, генерації енергії та температури колектора

Financial analysis

System

Active solar surface:	12,93 m ²
System yield:	8 661,00 kWh
Annual fuel savings:	9 770,0 kWh District heating

Financial analysis parameters

Life span:	20 Years
Interest on capital:	0,0 %
Reinvestment return:	0,0 %
Energy cost escalation rate:	2,0 %
Running cost escalation rate:	1,0 %

Financing

Total investments:	390 000 €
Subsidies:	0 €
Loan capital:	0 €
Remaining investment:	390 000 €

Running costs in first year:	5 026 €
Savings in first year:	24 425 €

Financial analysis

Cost of solar energy:	2,890 €/kWh
Capital return time:	16,8 Years
Amortization period:	16,8 Years

Profitability

Return on assets:	123,8 %
Return on equity:	123,8 %
Internal rate of return rate, IRR:	1,90 %
Net present value:	92 786 €

Reinvestment premise

Profit:	92 786 €
Modified internal rate of return, MIRR:	1,07 %

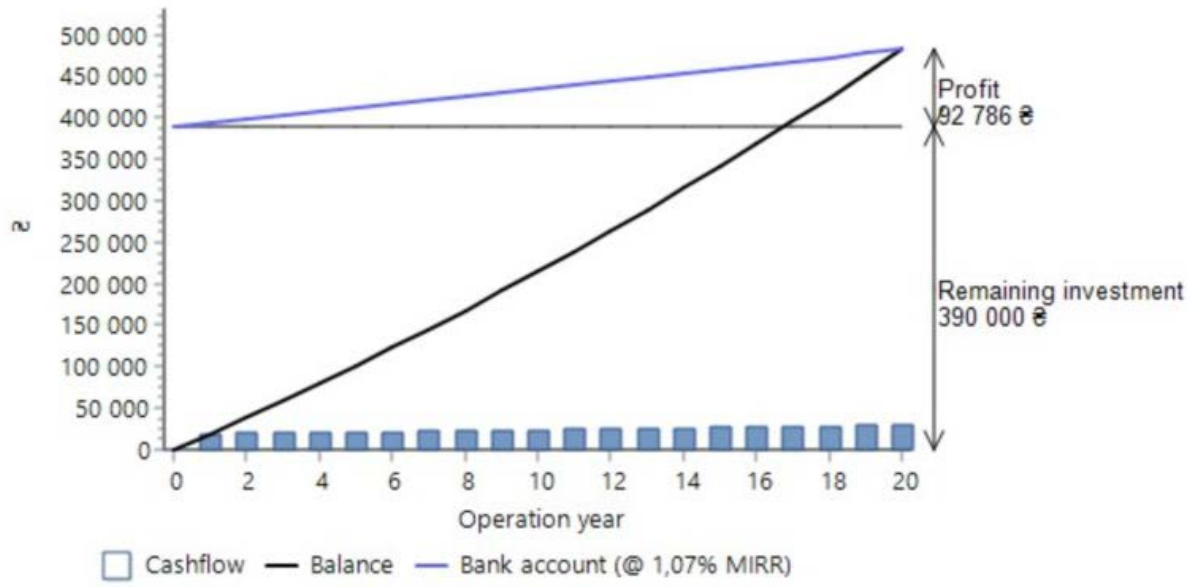
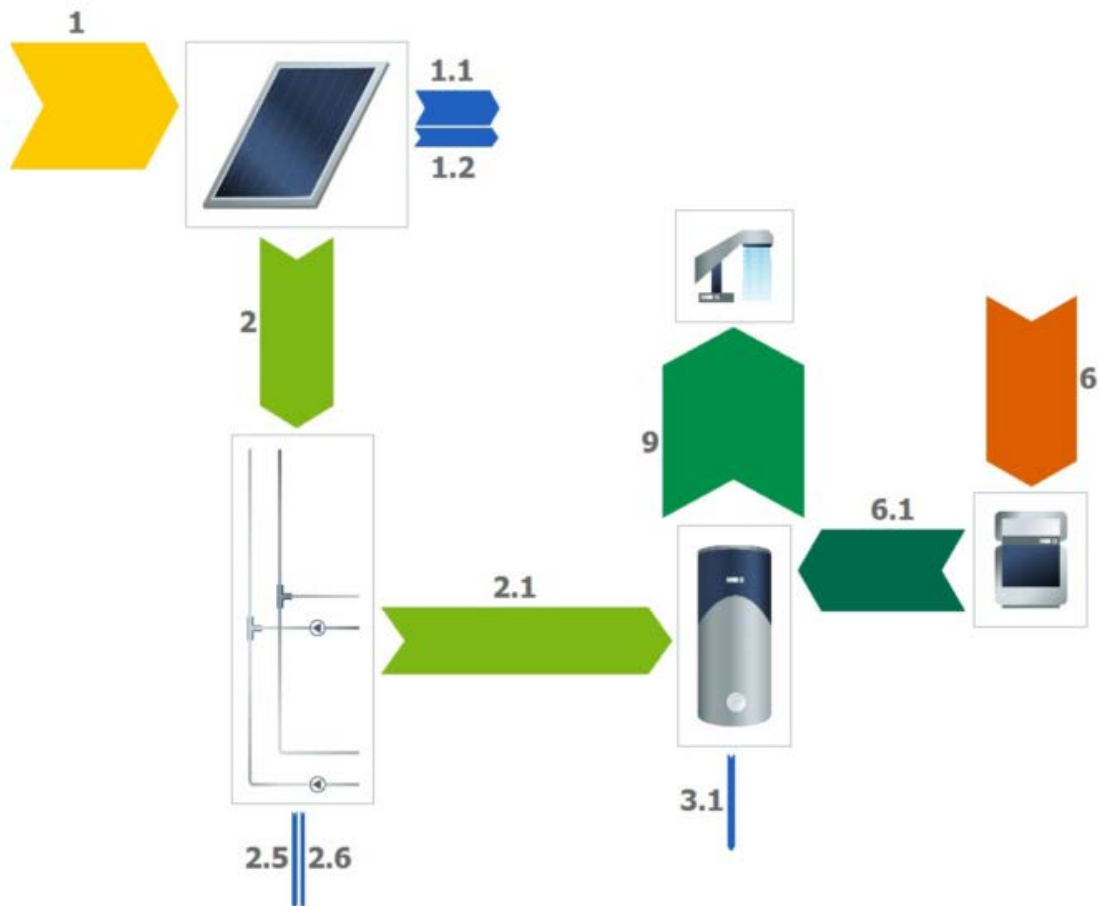


Рис. А.14. Фінансовий аналіз

Energy balance schematic



Legend

1	Irradiation on collector surface (active)	17 183 kWh
1.1	Optical collector losses	4 661 kWh
1.2	Thermal collector losses	2 540 kWh
2	Energy from collector array	9 982 kWh
2.1	Solar energy to storage tank	8 931 kWh
2.5	Internal piping losses	585 kWh
2.6	External piping losses	466 kWh
3.1	Tank losses	992 kWh
6	Final energy	12 130 kWh
6.1	Supplementary energy to tank	11 171 kWh
9	DHW energy from tank	19 116 kWh

Рис. А.15. Схема енергетичного балансу