WORKING PRINCIPLES OF SOLAR THERMAL SYSTEMS

How do solar systems work

- Plant components
- Closed and open circuits
- Natural and forced circulation
- Drain back and integrated storage technology
- How to chose the most suitable technology

Plant classification

Fluid

- **Open**: water to final user flows in the collectors
- **Closed**: water to the final user is separated from fluid flowing in the collectors.

Circulation

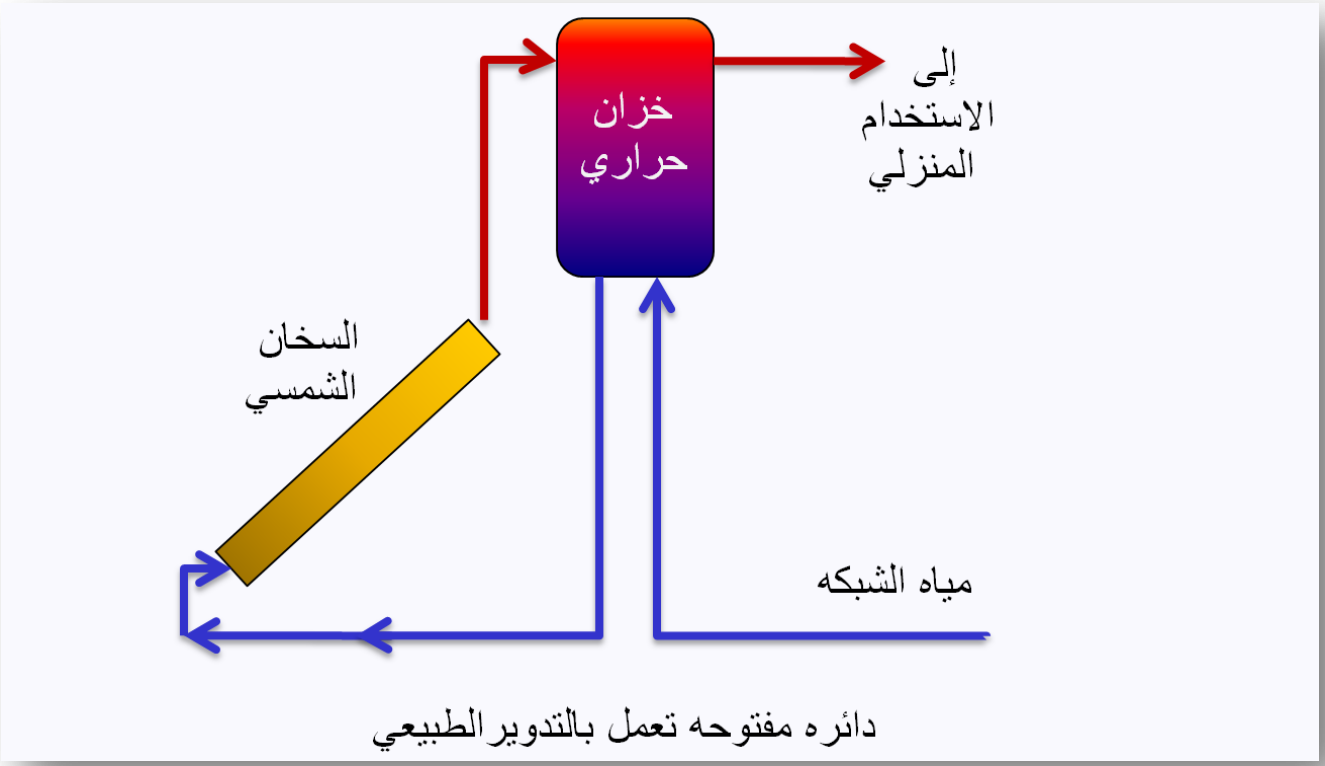
- Natural
- Forced

وتنقسم السخانات الشمسية إلى نوعين اساسين:

1.السخانات ذات الدائرة المفتوحة (تسخين مباشر): تستخدم فى المناطق الدافئة

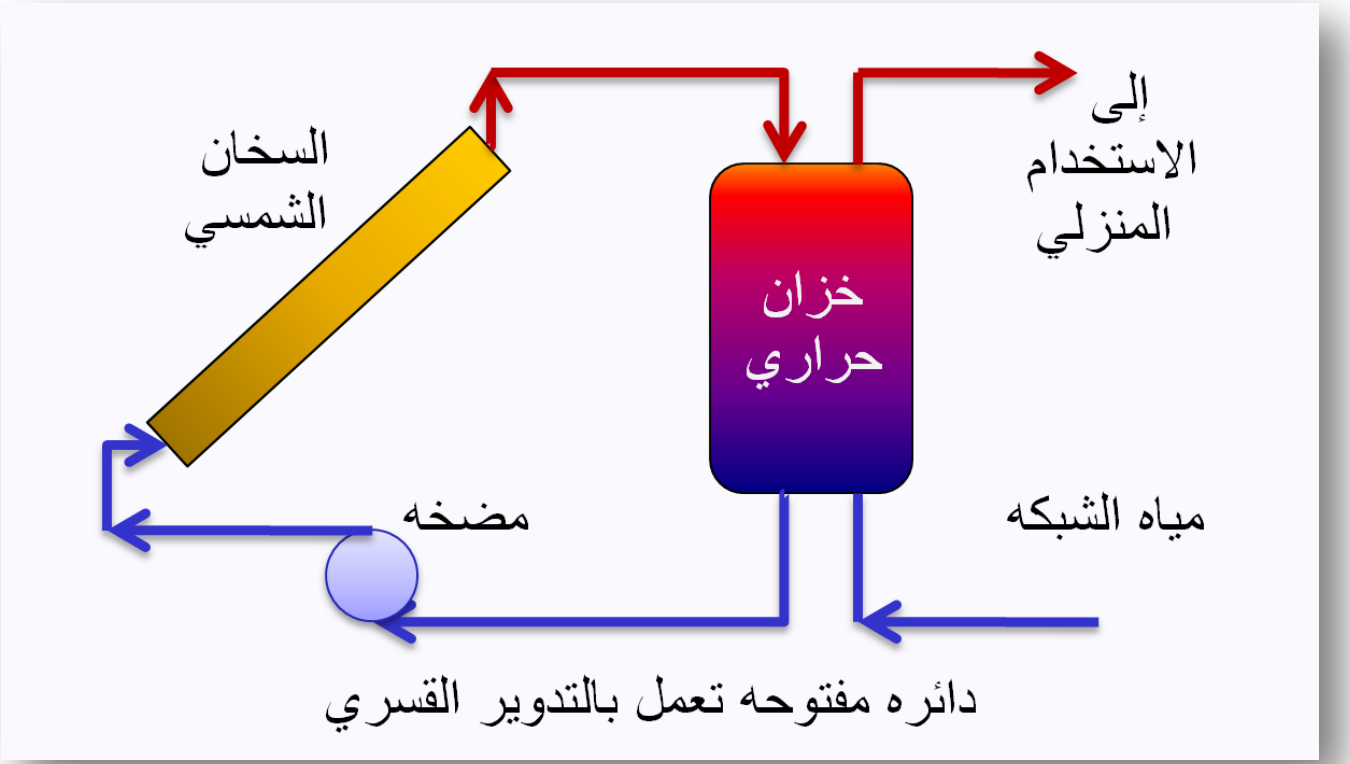
وهى المنظومات التى يمر فيها الماء المراد تسخينه مباشرة خلال المجمع الشمسي ومنه إلى الخزان ويندرج تحت هذا القسم نوعين من المنظومات:

1.1 منظومة التدوير الطبيعى (بدون مضخة)



دائره مفتوحه تعمل بالتدوير الطبيعي

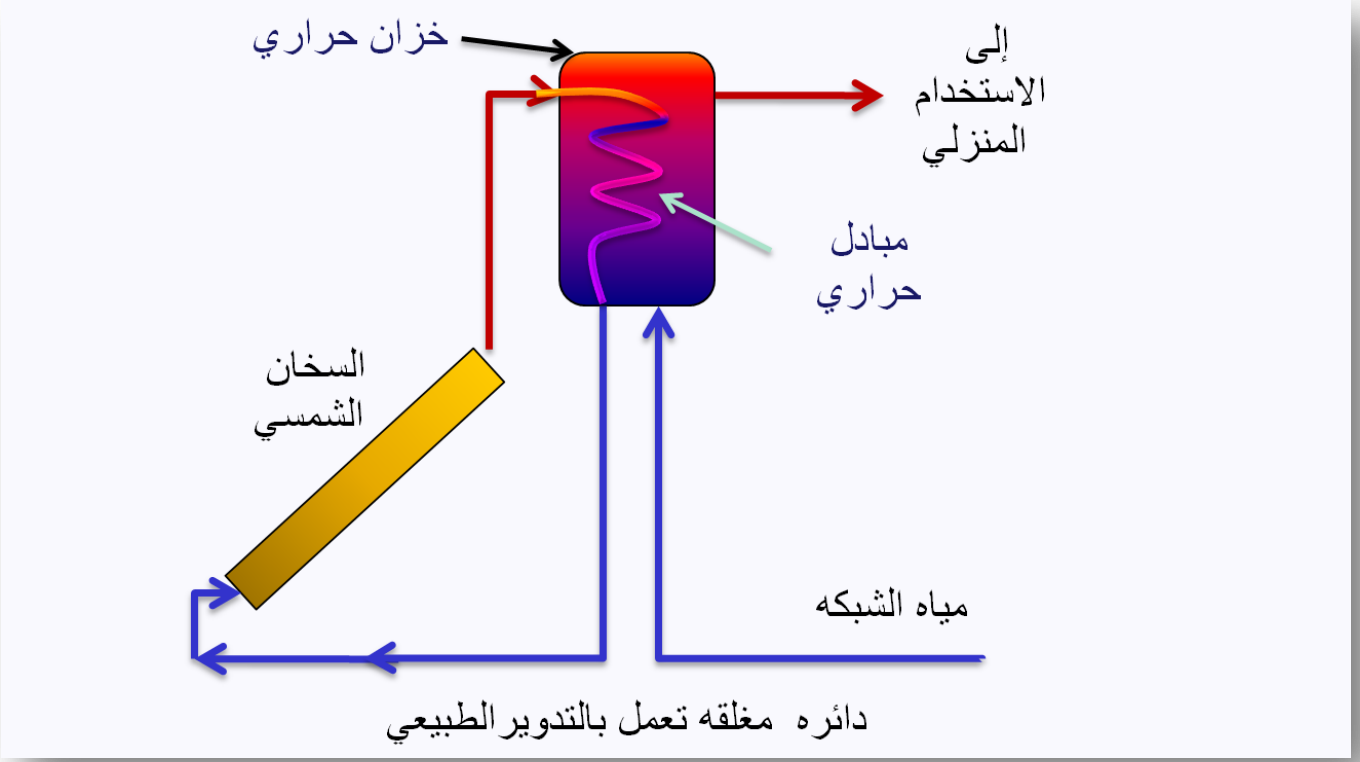
1.2 منظومة التدوير القسري



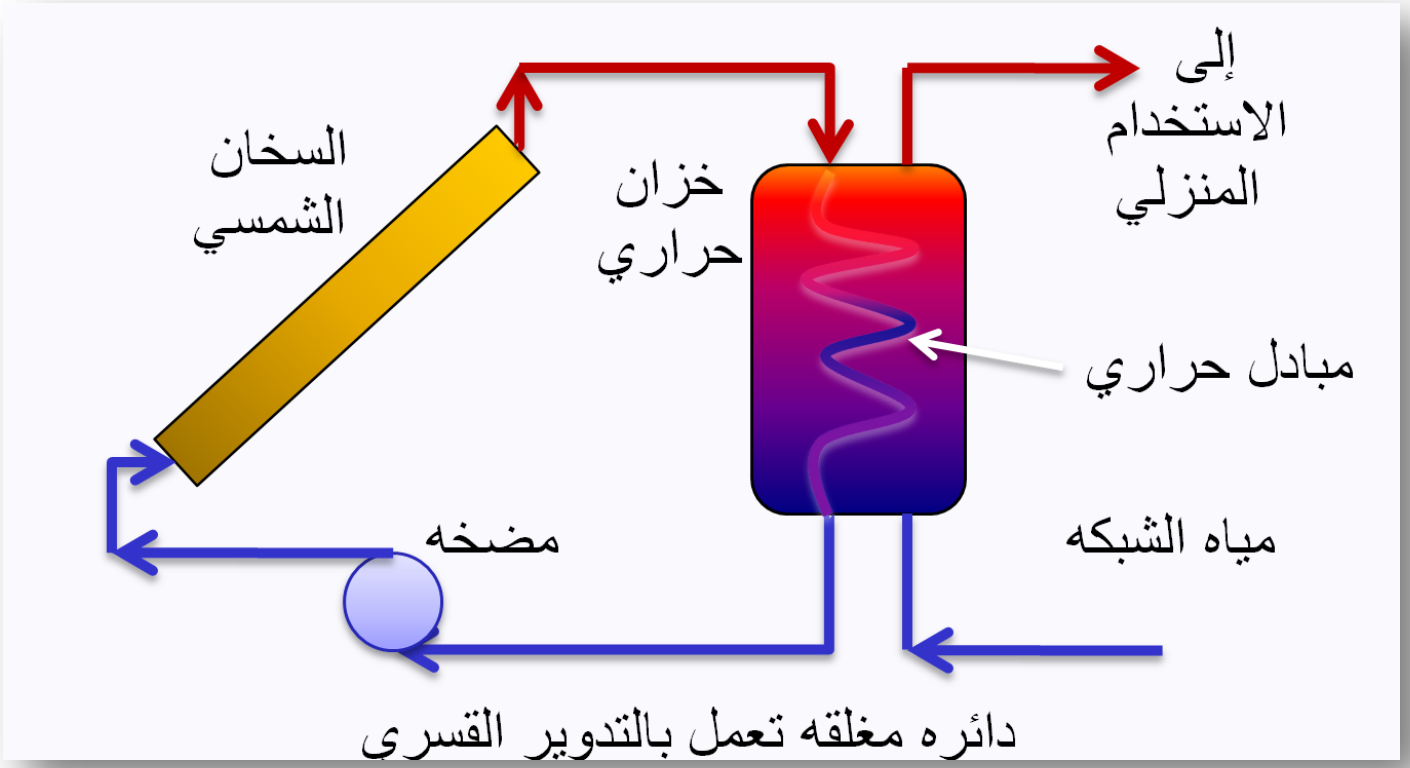
2. ·السخانات ذات الدائرة المغلقة (تسخين غير مباشر عن طريق مبادل حرارى):

تتشابه هذه السخانات مع السخانات ذات الدائرة المفتوحة عدا أن الماء المستهلك لايمر مباشرة إلى المجمعات الشمسية بل يتم تسخينه داخل الخزان عن طريق مبادل حرارى مغمور داخل المياه المراد تسخينها كما هو موضح بالرسم التخطيطى . ويمثل المجمع الشمسي والمبادل الحرارى المغمور دائرة مغلقة. وتنقسم هذه المنظومات إلى نوعين :

2.1 منظومات التدوير الطبيعى



2.2 منظومات التدوير القسري



Open cycle

Water to final user flows in the collectors:

- Simple circuit
- less heat exchanges, higher efficiency

Disadvantages:

- **calcification**
- **Freezing**

Calcification

Calcification occurs in hot water (**over i 55÷60 °C**), especially in running water.

Limestone is an **insulating** material: it basically reduces heat transfer efficiency to fluid.

Pressure drops in the hydraulic circuit increase until the pipes are completely blocked.

Freezing

Freezing risk cannot be excluded even in mild climates: short periods at temperatures around 0 °C can cause freezing, but even at temperatures little higher than 0 °C freezing may occur due to radiation towards the sky.

Volume increase of the fluid can damage the pipes inside the collector.

Solutions:

- Use of anti freezing fluid
- **Drain back** at night
- **Recirculation** of hot water inside the collectors at night

Closed cycle (or double circuit)

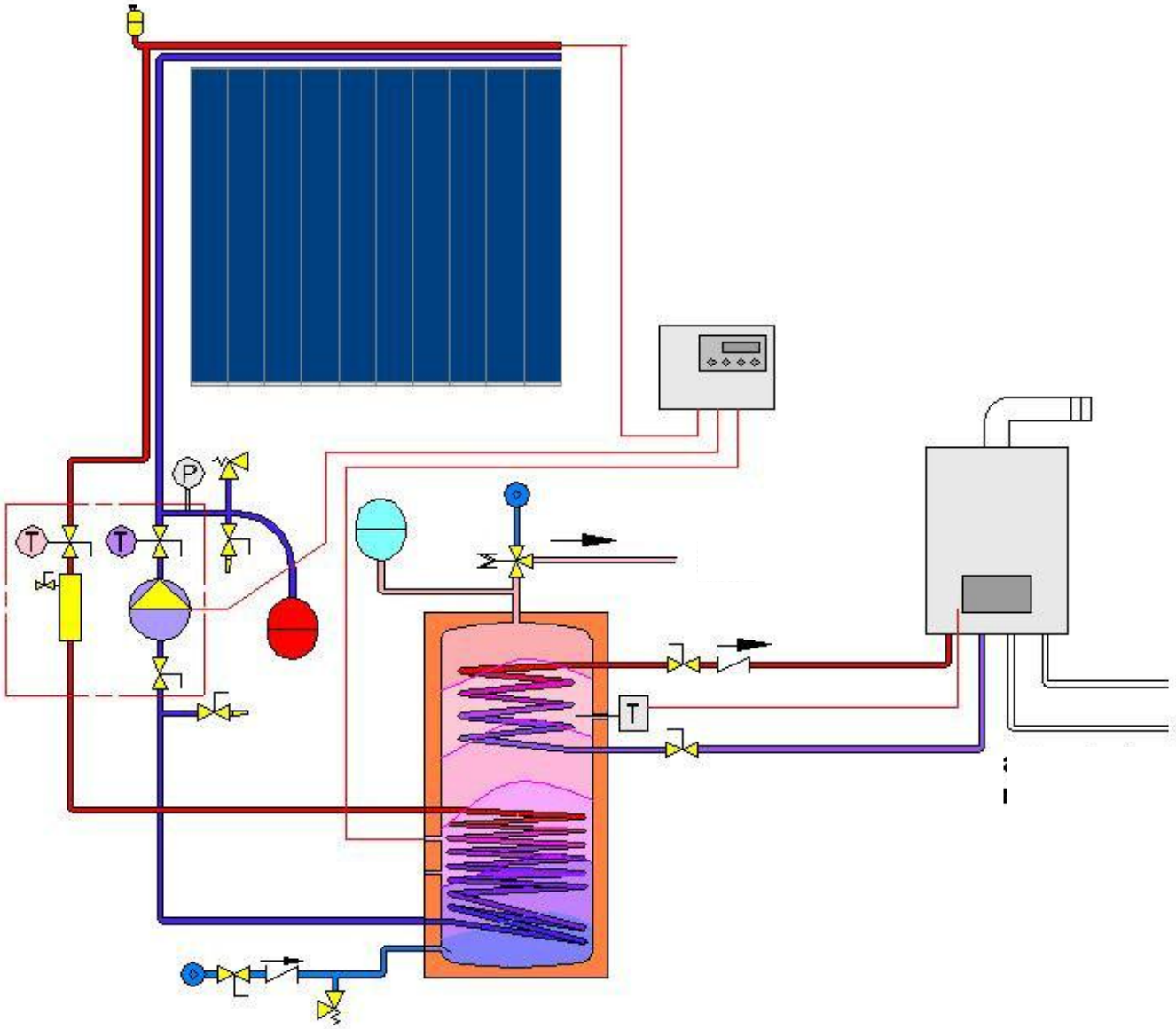
Consist of **primary** circuit and **secondary** circuit
(primary for **heat transfer fluid, secondary for hot water**)

- heat transfer fluid can be mixed with antifreezing fluid

Disadvantages:

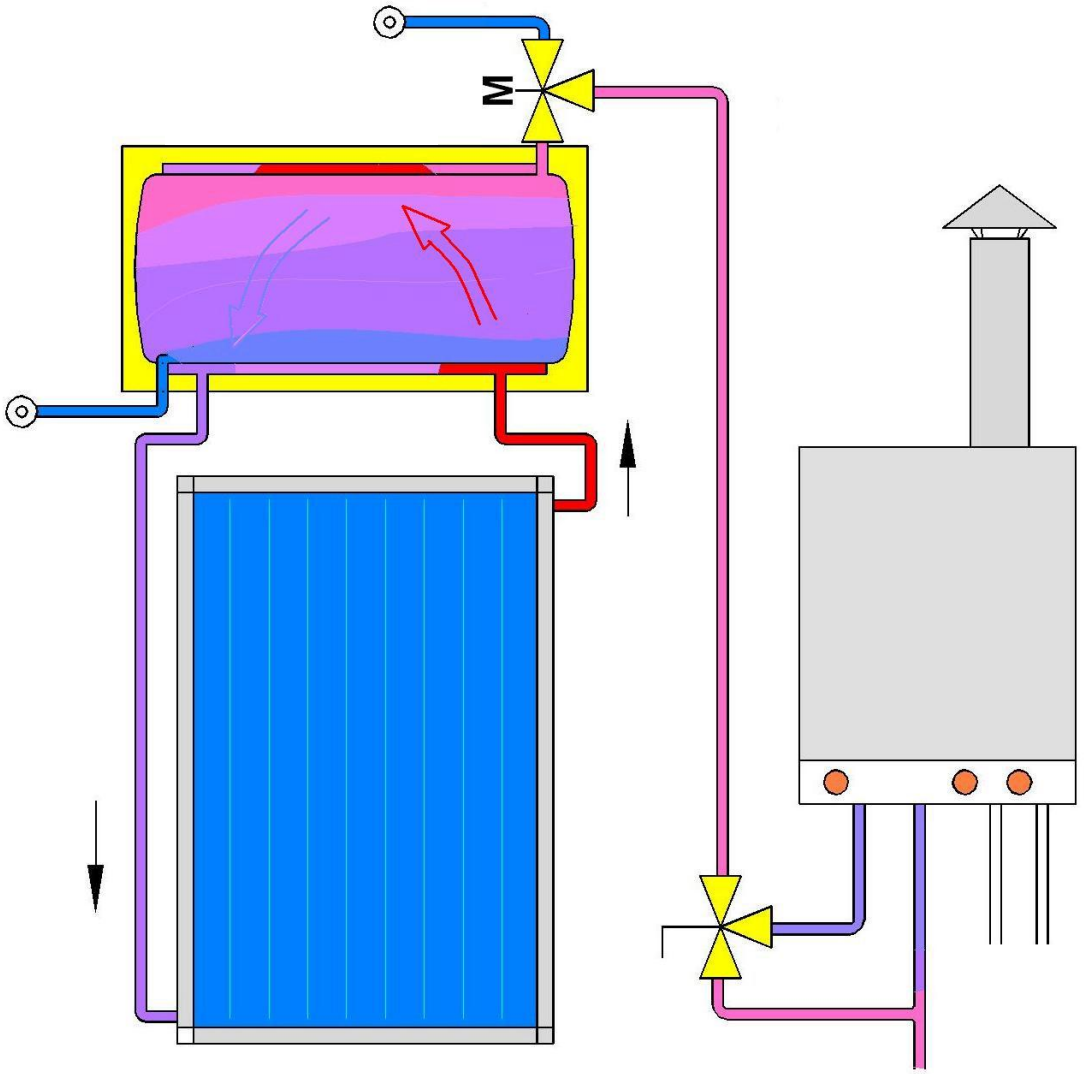
- Complex circuit
- More heat transfer reduce system efficiency

Closed cycle



: GMP Engineering

Closed cycle



Source: GMP Engineering

Which fluid?

The fluid should:

- have a small **volume** (pipings should be as small as possible): **high density** and **high specific heat**

- **not be corrosive**

- be **chemically inert and stable** until 100°C

- not lead to high **calcification**

Which fluid?

1. **WATER** (disadvantages: calcification, freezing)
2. Water and **ETHILENE GLYCOL** (disadvantege: toxic)
3. Water and **PROPYLENE GLYCOLE**

Heat exchangers

Every closed cycle requires a **HEAT EXCHANGER**.

Heat exchangers for solar systems need **high transfer areas**, in order to enable the plants to work with low temperature differences.

Most widespread:

- immersion coil
- tube bundle
- plate

Types of systems

According to the fluid in the collectors:

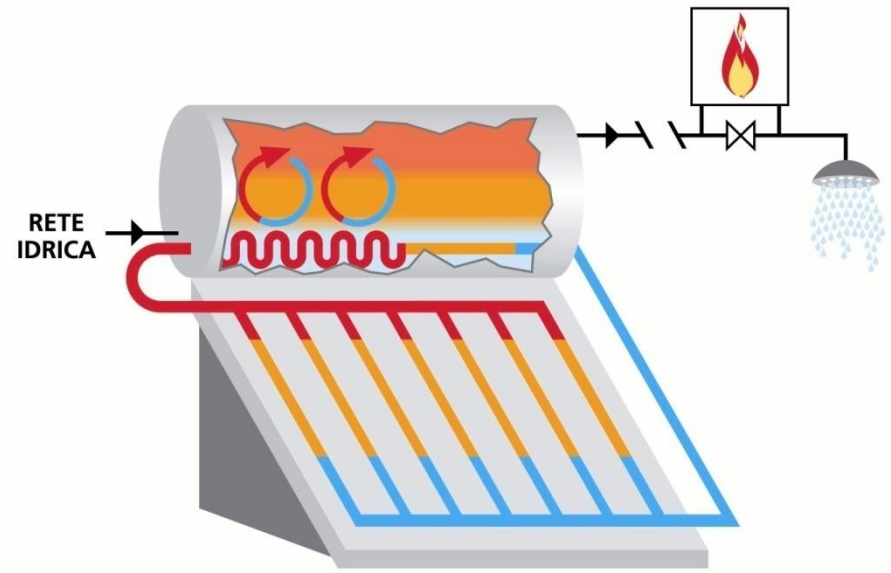
- ***open cycles***
- ***closed cycles***

According to the type of circulation:

- ***natural circulation***: fluid flow is self regulating due to convection
- ***forced circulation***: a pump and a control unit are required.

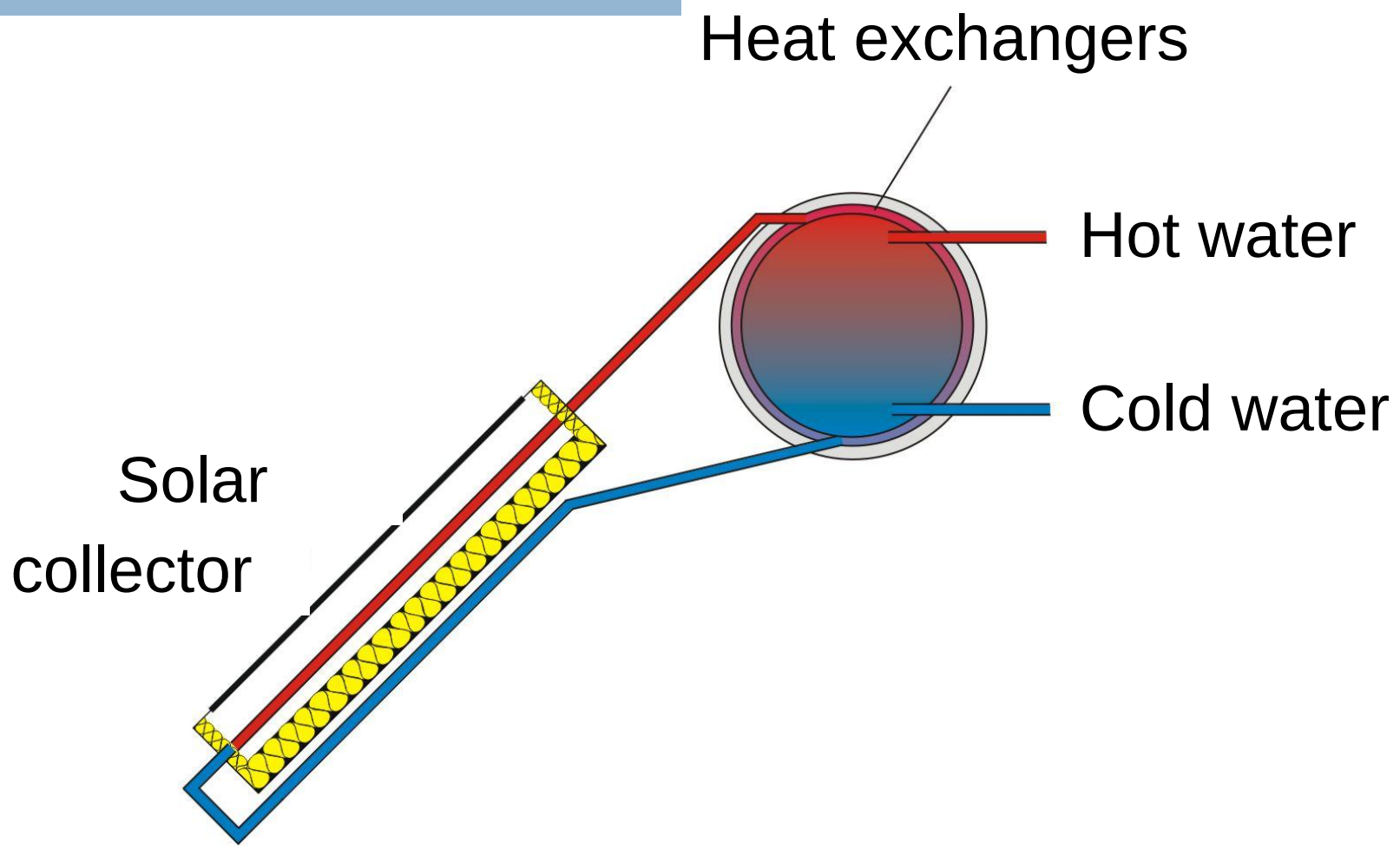
Natural circulation

Tank is higher than the collector.
The fluid inside the collector heats up due to solar irradiation and becomes lighter, thus flowing towards the tank.

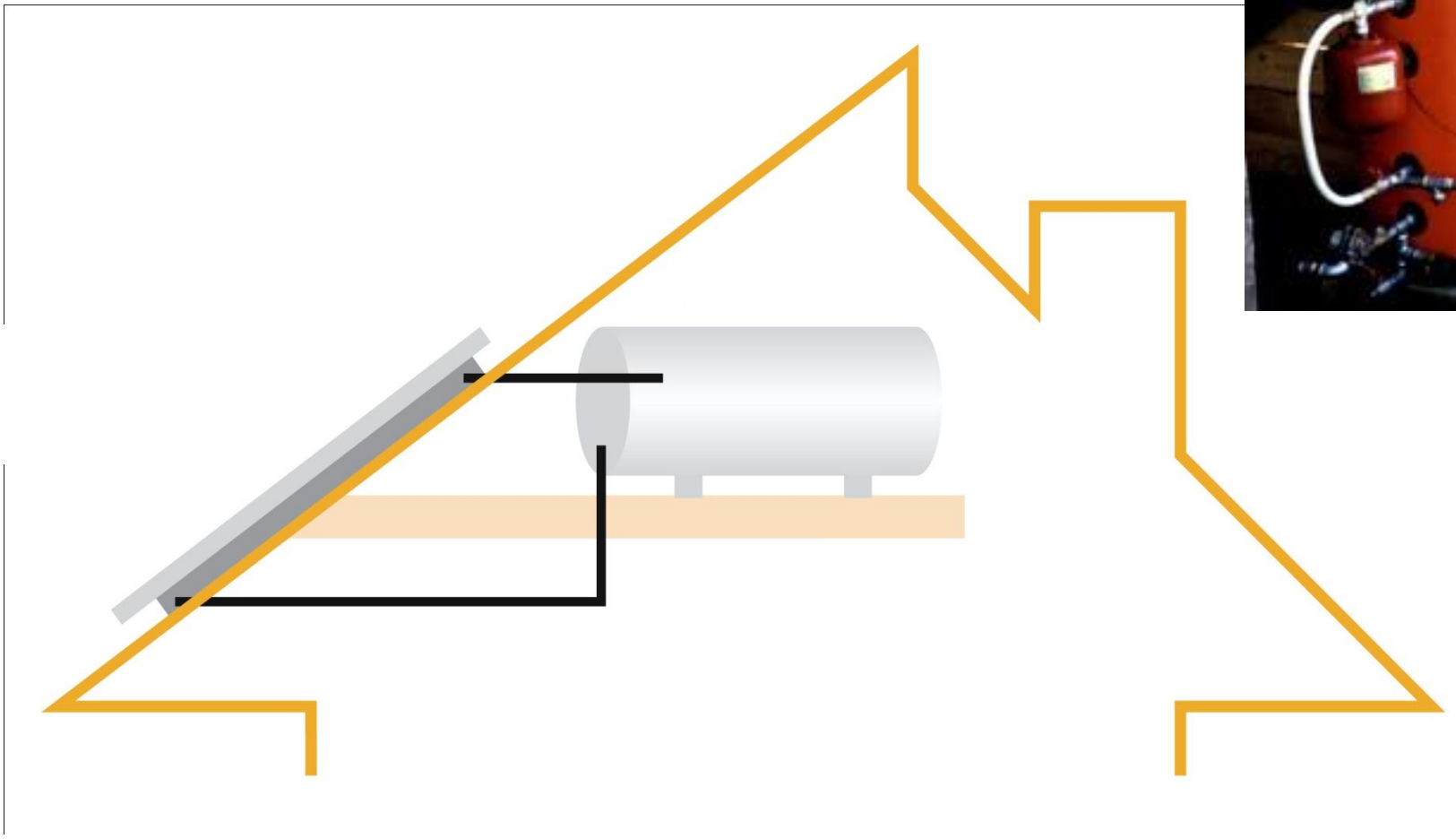


النظام الطبيعي : يمتاز نظام السريان الطبيعي ببساطته ورخص تكاليفه ، فهو يعتمد على المبدأ الفيزيائي الحراري :ارتفاع في درجة حرارة المائع يتبعه انخفاض في كثافته ، ولتطبيق هذا المبدأ في أنظمة التسخين يجب أن يكون أدنى مستوى في الخزان يوازي أو يعلو على أعلى مستوى في السخان ، فعند دخول المائع إلى السخان بدرجة حرارة معينة فإنه يمتص الحرارة من السطح الماص لترتفع درجة حرارته كما ذكر آنفاً ، ويتبع ذلك انخفاض في لكثافة ، أي أن وزن المائع بالنسبة لوحدة الحجم سيقل وبالتالي فإن وحدة حجميه من المائع داخل السخان ستكون أخف من الوحدة الحجميه عند نفس المستوى خارج السخان (داخل الأنبوب الذي يصل مدخل السخان بالخزان) وينتج عن هذا الفرق استمرار صعود المائع داخل السخان باكتسابه للحرارة ودخول المائع البارد القادم من الخزان . وبالطبع سيكون هناك وسيلة لمنع انعكاس اتجاه الدورة في الليل أو عند انعدام الإشعاع الشمسي لأن انعكاس الاتجاه يعني زيادة في المعدل الفقد الحراري من نظام التسخين .

Natural circulation

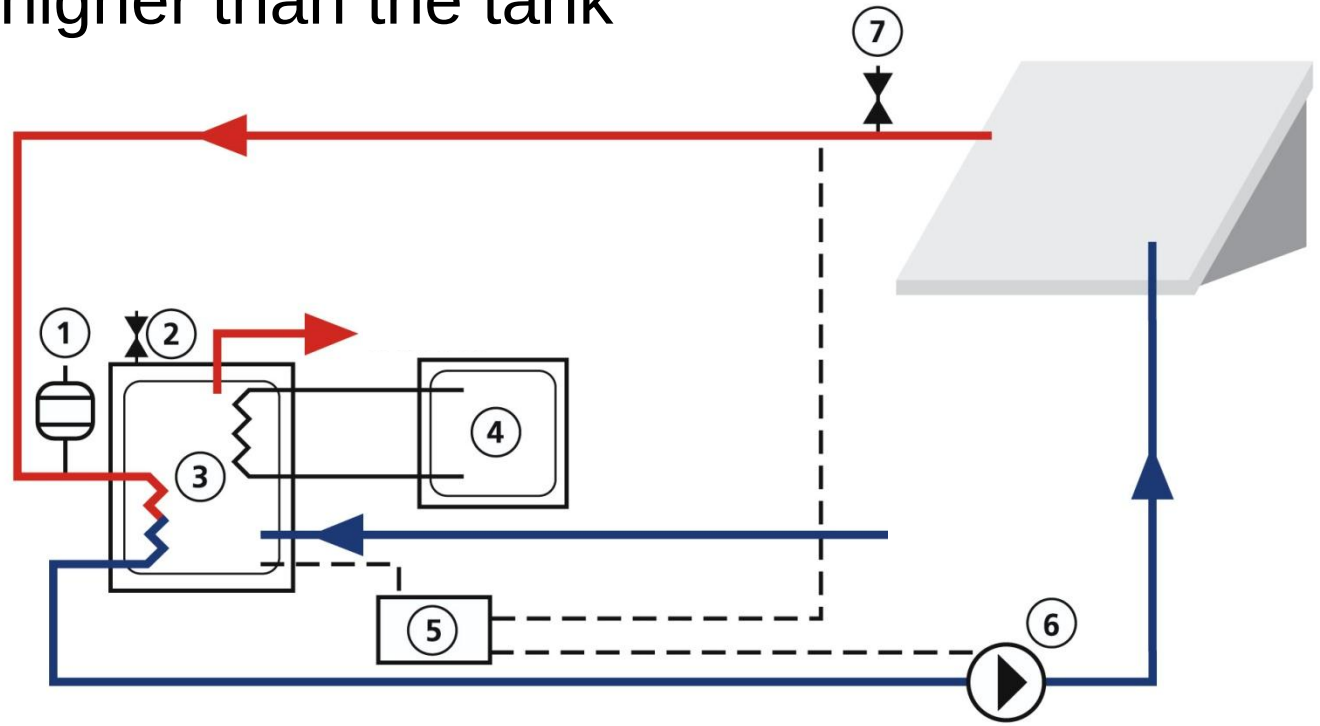


Natural circulation



Forced circulation

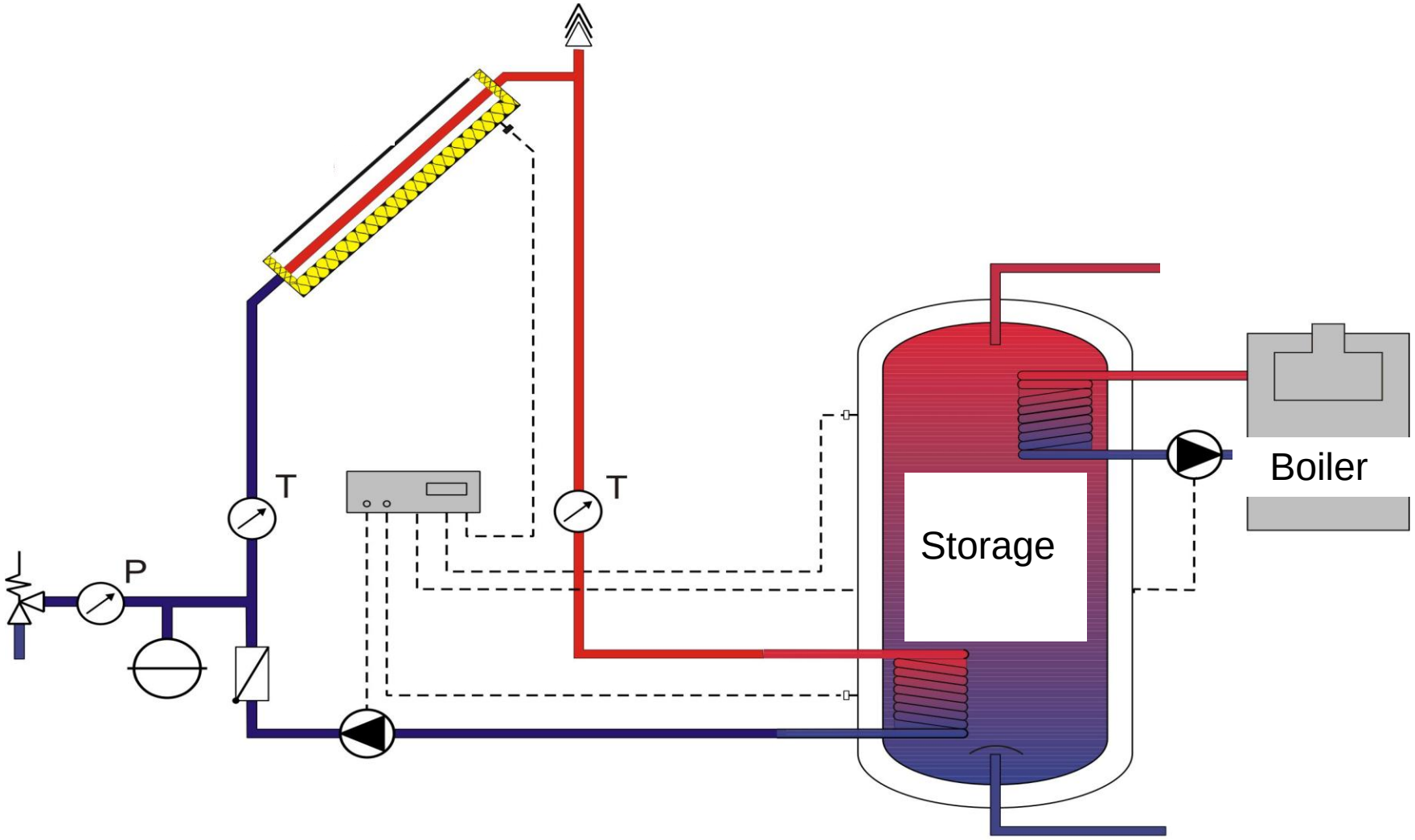
Collectors are higher than the tank



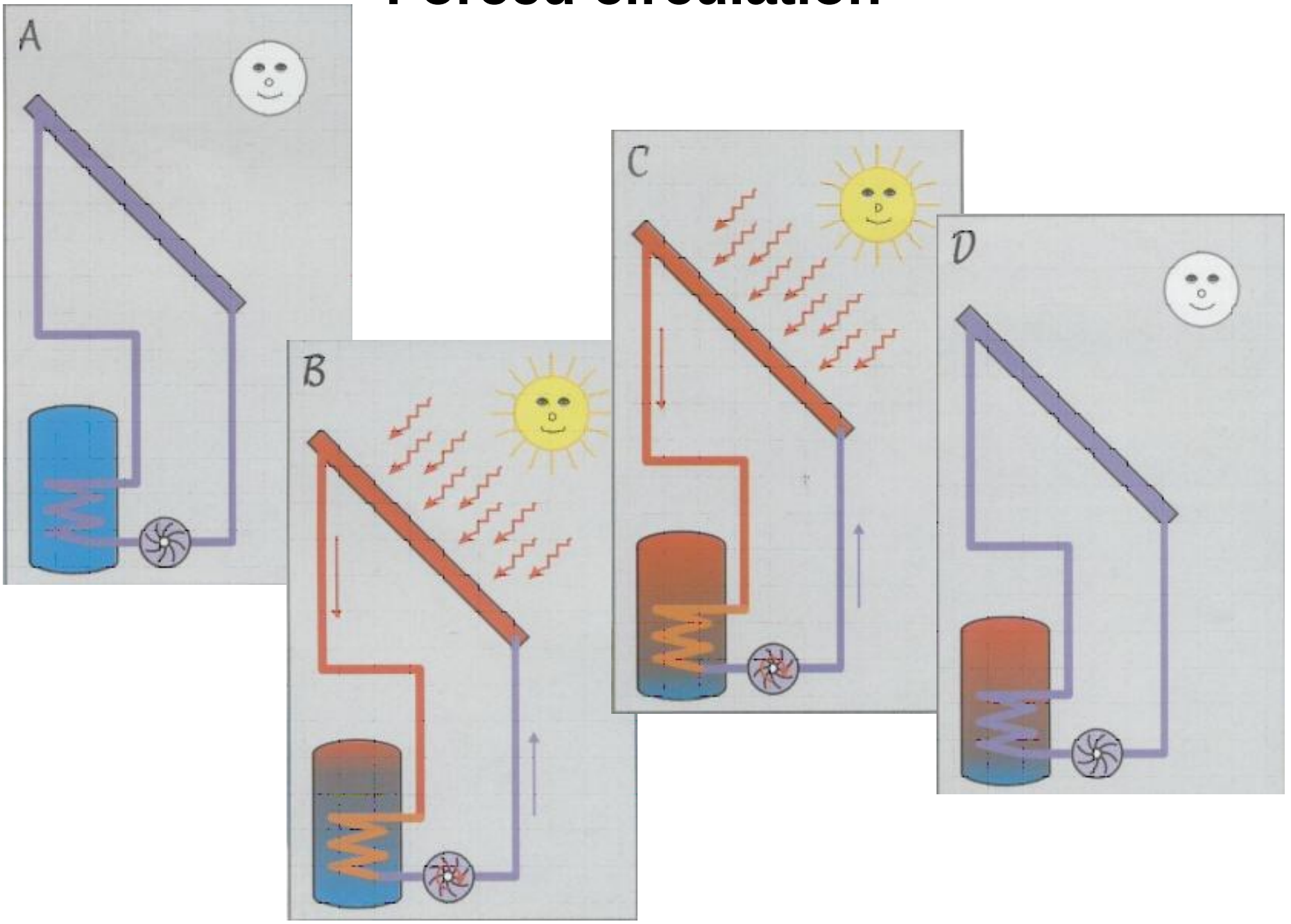
نظام السريان القسري : نظراً الصعوبة تركيب الخزانات فوق مستوى السخانات لكونها خزانات مركزية (أي أن كل وحدة سكنية أو صناعية بها خزان واحد لتجميع الموائع ذات درجة الحرارة العالية لتقليل الفواقد الحرارية) وذلك لاعتبارات الوزن (وللاعتبارات الجمالية أيضاً) فإن المبدأ الذي يقوم عليه السريان الطبيعي سيختل وبالتالي يستعان بمضخة تقوم بتدوير المائع بين الخزان والسخان خلالفترات توفير الإشعاع الشمسي . وحتى لا تستمر الدورة في الليل عند انخفاض أو انعدام الإشعاع الشمسي يضاف محبس يقوم باستشعار حرارة الخزن وآخر باستشعار حرارة المائع الخارج من السخان ووحدة تحكم تفاضلية مهمتها إيقاف المضخة عندما تكون حرارة الخزان بمقدار يتجاوز الفقد في أنابيب التوصيل بين الخزان والسخان .

Forced circulation

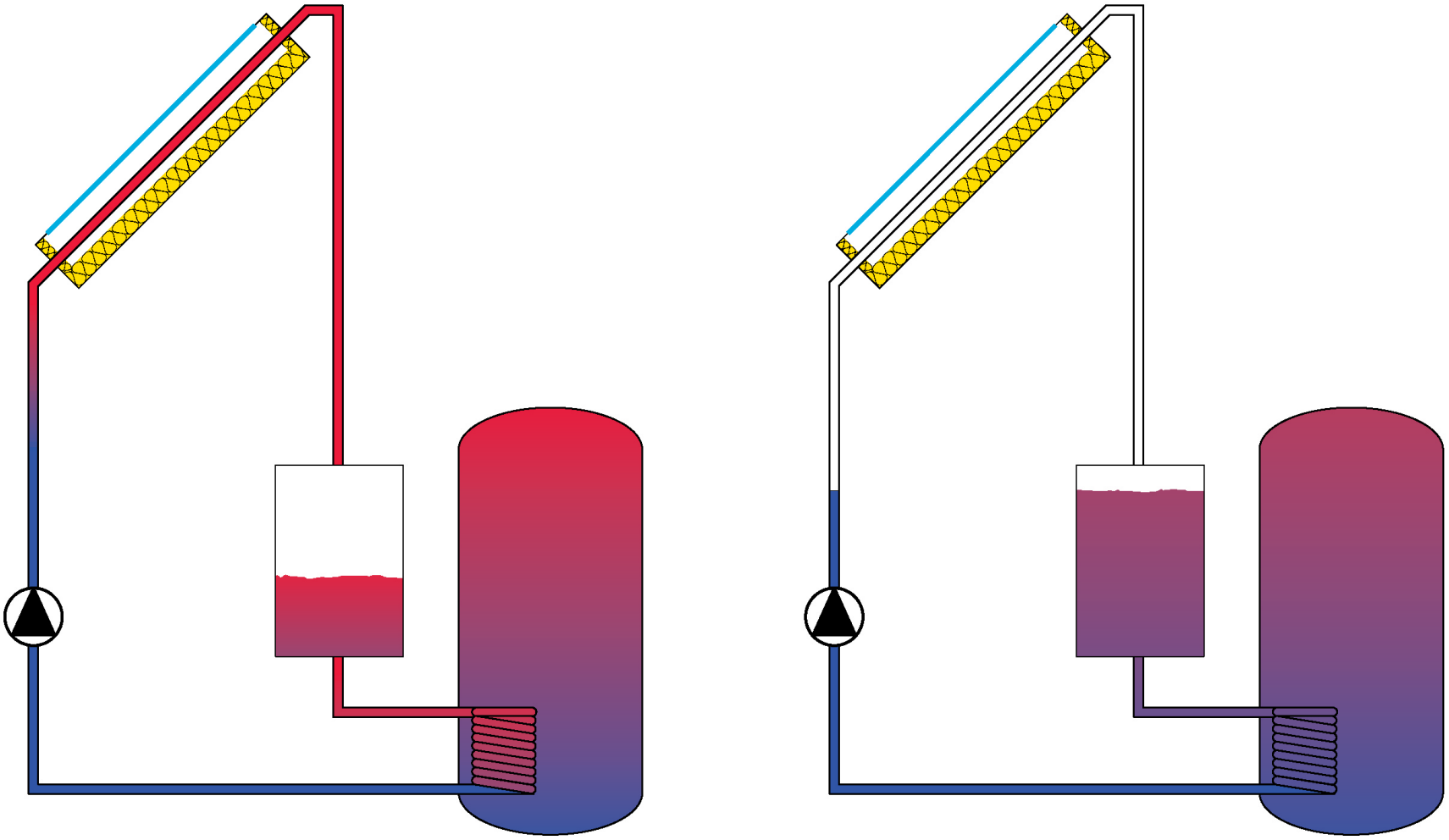
Source: Target/DGS



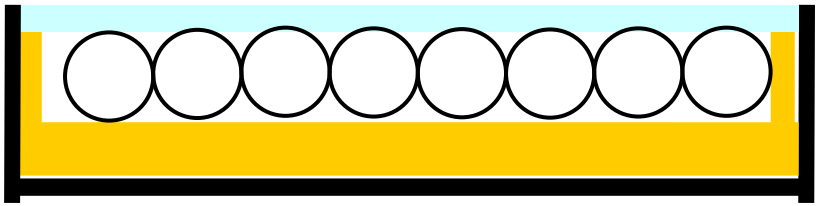
Forced circulation



Drain back



Integrated storage



Integrated storage

Collector and storage in **one single component**:

- flanked pipes (about 10 cm diameter)
- water to end user remains **inside the collector**

Water content: **80 ÷ 100 l/m²**

(0,6 ÷ 2 l/m^2 for collectors with external tank)

Integrated storage

Source: GMP Engineering

Forced circulation vs natural circulation

	Forced circulation	Natural circulation
Advantages	• suits to evey size • flexible hydraulic scheme • easy to integrate in buildings	• easy to install • easy to maintain • no need for external energy
Disadvantages	• higher installation effort required • needs centralised heating system	• higher energy losses • suits to decentralised heating systems

Which system?

CIRCULATION	CYCLE	MAIN APPLICATIONS
Natural	Open	• Small systems for domestic hot water (DHW) in warm climates • Summer based applications (campings, bathing facilities)
Natural	Closed	• DHW systems
Forced	Open	• Summer based applications (campings, bathing facilities) • Pools
Forced	Closed	• Small DHW systems • Collective DHW systems • Pools