

# SO-PRO

## Solární technologické teplo

Příručka pro navrhování zařízení  
pro výrobu solárního tepla pro  
vybrané průmyslové procesy

[www.solar-process-heat.eu](http://www.solar-process-heat.eu)



**Obsah:**

<b>1 Úvod</b>	<b>6</b>
1.1 Výroba solárního procesního tepla má vysoký potenciál	6
1.2 Účel a využití této příručky	6
<b>2 Konkrétní úspěšné příklady</b>	<b>7</b>
<b>3 Předběžná opatření</b>	<b>9</b>
3.1 Analýza podmínek pro instalaci v dané budově a provozu	9
3.2 Analýza vlastností výrobního procesu a tepelné distribuční sítě	9
3.3 Optimalizace procesu a energeticky úsporná opatření	11
<b>4 Návrh solárního systému</b>	<b>12</b>
4.1 Obecné úvahy	12
4.2 Určení vhodného průběhu potřeb tepla	12
4.3 Výpočet potřeby tepla: příklad	13
4.4 Předběžný výpočet plochy kolektorů a výběr typu kolektorů	13
4.5 Návrh velikosti akumulací nádrže	15
4.6 Simulace systému	15
4.7 Nomogramy pro návrh systému	15
<b>5 Návrhy systémů pro čtyři vybrané typy využití</b>	<b>19</b>
5.1 Ohřev vody na mytí/čištění	19
5.2 Předehřev doplňované napájecí vody pro výrobu technologické páry	21
5.3 Ohřev náplní průmyslových van	22
5.4 Konvekční sušení teplým vzduchem	26
<b>6 Pravidla pro navrhování a provoz solárních termických systémů v průmyslu</b>	<b>28</b>
6.1 Připojení k průmyslovému procesu/běžný systém přípravy tepla	28
6.2 Stagnace	28
6.3 Provoz solárně termického systému	30
<b>7 Náklady a dotace</b>	<b>31</b>
7.1 Náklady na běžný systém	31
7.2 Dotační programy	31
7.2.1 Evropské dotace	31
7.2.2 Národní dotace	32
7.2.3 Regionální dotace	32
<b>8 Závěr</b>	<b>33</b>
<b>9 Literatura / další informace</b>	<b>34</b>

# Solární technologické teplo

## 1 Úvod

### 1.1 Výroba solárního procesního tepla má vysoký potenciál

Potenciál pro výrobu solárního procesního tepla je ohromný: v Evropě tvoří teplo spotřebované v průmyslu až 27 % z celkové konečné spotřeby energie. Z toho 30 % tvoří poptávka po teplotách nižších než 100 °C a dalších 27 % je požadováno v teplotách 100 °C – 400 °C [1]. Výrazná část této spotřeby, zejména v teplotách pod 100 °C, může být vyráběna solárními termickými systémy. [Slibnými oblastmi využití solární termické energie jsou potravinářský, textilní, papírenský a chemický průmysl, kovovýroba a obrábění](#) [2].

### 1.2 Účel a využití této příručky

Tato příručka je určena pro solární společnosti, montážní firmy, energetické poradce, projektanty a výzkumné pracovníky. Základní pravidla návrhu pro začlenění solárního termického systému do výrobního procesu jsou zde uvedena pro čtyři vybrané typy průmyslového využití:

- ohřev užitkové vody pro otevřené [mycí/čisticí procesy](#),
- předehřev a ohřev doplňované [napájecí vody](#) pro (částečně) otevřené parní technologické sítě,
- ohřev [náplní průmyslových van](#),
- otevřený systém [sušení](#) v proudícím horkém vzduchu.

Tyto čtyři typy využití byly vybrány vzhledem k jejich příznivě nízkým procesním teplotám a častému výskytu v různých průmyslových procesech.

Příručka, kterou právě držíte v rukou, je [stručným a praktickým dokumentem](#) obsahujícím technické informace o [možnostech začlenění solárního termického systému do zmíněných typů průmyslového využití](#). Hlavním cílem je propojení dvou blízkých oborů: průmyslového a solárně termického inženýrství (nejde o poskytnutí obsáhlých projektových zásad). Jde pouze o letmý náhled do čtyř zmíněných typů využití a také do základů projektování solárních termických systémů. [Detailně jsou vysvětleny některé kroky projektování](#). Obširnější informace ohledně konkrétních projektových prvků mohou být nalezeny v odkazovaných materiálech.

#### **Poznámka:**

Je důležité si uvědomit, že doporučené návrhy systémů a simulované zisky energie jsou platné pouze pro čtyři představované konkrétní příklady. Ačkoliv vybrané příklady jsou reprezentativní pro uvedené typy aplikací, mohou se jednotlivá optimální řešení projektů solárních termických systémů kvůli vysoké variabilitě průmyslových provozů a meteorologických podmínek lišit.

Znamená to, že [výsledky](#) uváděné v této příručce [musejí být individuálně přizpůsobeny](#) odlišnostem jednotlivých průmyslových soustav a meteorologických podmínek, odlišnostem v jejich regulaci a potřebě tepla.

## 2 Konkrétní úspěšné příklady

### Montesano (potravinářství, mytí/čištění)

Jatka v Montesanu vyrábějí masné produkty. V roce 2008 zde byl instalován solární termický systém s plochou kolektorů 290 m<sup>2</sup> (o instalovaném výkonu 203 kW, jde o výkon při zisku 700 W/m<sup>2</sup>) a s akumulací o objemu 23 m<sup>3</sup>. Systém zajišťuje 45 % potřeby teplé vody o požadované teplotě 40 a 60 °C. Původním palivem na výrobu tepla byl ELTO. Díky příznivé poloze a výši požadovaných teplot systém vyrobí 314 MWh tepelné energie/rok (1083 kWh/m<sup>2</sup>). Náklady činily 200 000 EUR.



**Obr. 2:** Plocha s prototypy vylepšených plochých kolektorů (ve stavbě). Kolektory mají dvě krycí vrstvy (solární sklo a plastová fólie) a jsou vybaveny vnějšími reflektory.

### Steinbach & Vollmann (povrchové úpravy, ohřev průmyslových van)

Steinbach a Vollmann, firma zabývající se kovovýrobou, vyrábí zámky, kování a závěsy již více než 125 let. Instalací nového otopného systému v roce 2004 společnost snížila svou spotřebu plynu o 29 %. V roce 2008 byl instalován solární termický systém o ploše kolektorů 400 m<sup>2</sup> (280 kW). Byly použity vakuové trubicové kolektory a systém využívá akumulaci o velikosti 9 m<sup>3</sup>. Systém předehřívá zpětnou větev topného systému pro 16 galvanických van (celkem 21 m<sup>3</sup>) a také konvenční systém ohřevu vody a vytápění. Vany působí v systému na způsob přídavných akumulací. Požadovaná teplota roztoku ve vanách je v rozmezí 60 – 80 °C. Celkové náklady činily 240 000 EUR. Firma získala dotace od oblastní vlády ve výši 300 EUR/m<sup>2</sup> (120 000 EUR). Solární termický systém snížil zbývající potřebu plynu ještě o dalších 30 - 35 %. Doba amortizace je odhadnuta na 7 let (včetně dotací).



**Obr. 1:** Ploché kolektory na střeše výrobní haly v Montesanu na ostrově Tenerife, La Esperanza, Španělsko.

### Laguna (textilní průmysl, úprava a mytí vodou)

Laguna je středně velká prádelna v obchodní čtvrti v Marburgu v Německu. Dva plynové parní kotle (po 300 kW) vyrábějí páru rozváděnou sítěmi do potřebných technologických procesů. Výrazný podíl páry je spotřebován přímo. Kondenzát z nepřímo užívané páry je veden zpět do napájecí nádrže. Pracovní doba je od 7:30 hod. do 15:30 hod., nepracuje se o víkendech, provoz ale běží celých 12 měsíců.

V červnu 2010 zde instalovali solární termický systém s účinnou plochou 57 m<sup>2</sup> (40 kW) a akumulaci o objemu 3,3 m<sup>3</sup>. Systém podporuje částečně otevřenou parní síť prádelny tím, že předehřívá demineralizovanou, přídavnou vodu (20 °C – 90 °C). Je zde také demonstrováno solární předehřívání napájecí vody (90 °C – 120 °C).

Co se týká samotných technologických procesů v prádelně, je zde ohřívána měkká voda na praní (20 °C – 80 °C). Kolektory pracují při teplotách až do 125 °C.



**Obr. 3:** Vakuové trubicové kolektory (400 m<sup>2</sup>) na střeše firmy Steinbach & Vollmann, v Heiligenhausu, Německo.



# Solární technologické teplo



**Obr. 4:** Ploché teplovzdušné kolektory na střeše firmy (ventilační potrubí teplého vzduchu je vpravo).

## Lammsbräu (pivovar, konvekční sušení se vzduchovými kolektory)

Firma Lammsbräu bratrů Ehrenspergerových v Neumarktu v Německu je pivovarem a sladovnou s dlouholetou tradicí. Všechny složky na výrobu piva již od roku 1987 pocházejí z ekologického zemědělství. V roce 2000 zde nainstalovali pole jednovrstvých skleněných teplovzdušných kolektorů. Systém teplovzdušných kolektorů předeřívá čerstvý vzduch na vysoušení ve sladovně. Jelikož vzduch je užíván přímo, není třeba akumulární nádrže a užitná teplota je velice příznivá. Na sušení je potřeba teplot do výše 60 °C.

### 3 Předběžná opatření

Při projektovém záměru instalace solárního termického systému na podporu výroby tepla v průmyslovém objektu je třeba předem vypracovat tři následné analýzy:

- analýza [podmínek pro instalaci v dané budově a provozu](#),
- analýza [vlastností výrobního procesu a tepelné distribuční sítě](#),
- analýza [možností optimalizace procesu a opatření na úsporu energie](#).

Podrobnost analýz musí postupně stoupat od kroku jedna ke kroku tři. Provoz, ekonomika a spolehlivost solárního termického systému velmi závisí na důkladné analýze vlastností výrobního procesu a na důkladném prošetření možností úspor energie. Pouze svědomité zpracování kroků, podrobně popsanych dále, může zajistit vhodnou a spolehlivou průmyslovou energetickou koncepci s předvídatelnými úsporami energie a také zajistí dobrý základ pro zodpovědné osoby k odůvodnění investic do solární energie.

#### 3.1 Analýza podmínek pro instalaci v dané budově a provozu

Obyčejně stačí krátká návštěva podniku, aby se zjistilo, jestli vůbec stojí za to, zabývat se využitím solárního tepla. Schopný technik či inženýr podniku, který zná podmínky výroby, stav budov, systém výroby tepla a distribuční síť, by měl s touto první hrubou analýzou pomoci. Prvním krokem by mělo být vyplnění [Dotazníku SO-PRO pro podniky](#). V případě, že podnik nesplní některé z vyřazovacích kritérií, využití solárního tepla nebude vhodným řešením. Pokud ovšem vyhodnocení dotazníku vyznívá pozitivně, doporučujeme následující kroky:

- Zhotovte nárys budovy s jejími základními charakteristikami jako jsou rozměry disponibilních nezastíněných střešních ploch, jejich orientace a sklon, možnosti přístavení jeřábu (často nutné), data statiky budovy apod.
- Provedte hrubý výpočet velikosti střešní plochy vhodné pro umístění kolektorů, dále velikosti prostoru vhodného pro akumulační nádrži (a jiných zařízení). Spočtete vzdálenost od kolektorů k akumulační nádrži a k prostoru, kde probíhá výrobní proces v němž zamýšlíte využívat solární teplo. Zaneste tato data do návrhu!
- Prodiskutujte s technikem a zástupcem podniku, zda-li se nevyskytují nějaké legislativní požadavky či možná omezení týkající se instalace solárního termického zařízení.

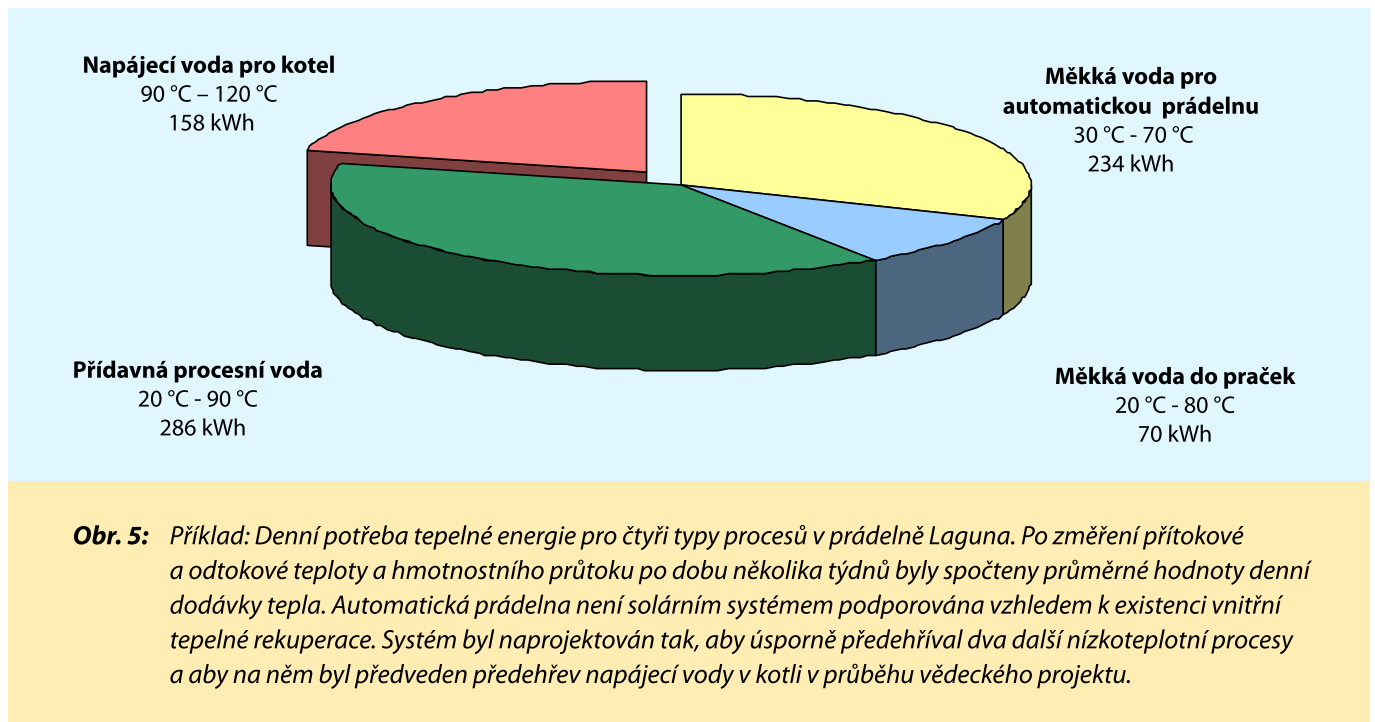
#### 3.2 Analýza vlastností výrobního procesu a tepelné distribuční sítě

Je velice důležité roztrdit si výrobní procesy v podniku, které spotřebovávají tepelnou energii, na [uzavřené a otevřené procesy](#) a na [nepřetržité a přerušované](#). Zvláštní pozornost je třeba věnovat nepřetržitým otevřeným procesům bez rekuperace materiálu či tepla, jelikož poskytují pro využití solární termiky největší potenciál.

- [Shromážděte dostupná data o dodávkách tepla](#) v podniku. Nejdůležitější hodnoty jsou teploty procesů, které spotřebovávají tepelnou energii a teploty v přívodní a zpětné větvi v již existující tepelné síti. Dále je třeba vědět, o jaký systém dodávající teplo jde, jaký je zdroj tepelné energie (plyn, topný olej, elektřina), jaké jsou ceny energie, hrubý odhad účinnosti topného systému a též hodnoty dodávek tepla do výrobních procesů sestavené na základě dlouhodobějších záznamů.
- [Porovnejte a projděte si všechny tepelné procesy](#), abyste zjistili, zda je reálné, aby byl solární systém zapojen do těchto procesů. [Schémata procesů jsou velmi užitečná](#), zejména pro správné chápání toků materiálů a energie. Je třeba znát průměrné vstupní a výstupní teploty výrobních procesů a celková dodávka tepla by měla být rozdělena dle jednotlivých výrobních procesů. Snažte se v případě potřeby tepla pro jeden proces odhadnout, jak jsou hmotnostní

# Solární technologické teplo

toky vysoké a proměnlivé. Pokud jsou stálé, je to pro využití solárního systému vhodnější. Zaměřte se zejména na procesy s nízkou teplotou (např. ohřev užitkové vody k čištění), jelikož jsou pro rekuperaci tepla a využití solární energie vůbec nejvýhodnější.



c) Určete, zda jsou reálná opatření pro úspory energie či rekuperaci tepla, která by pak mohla mít v podniku přednost. Při odborné návštěvě podniku tomu může pomoci prošetření následujících aspektů:

- Je izolace potrubí, akumuláční nádrže a přístrojů v dobrém stavu?
- Lze nalézt v závodě nějaké procesy, u nichž je nevyužitá odpadní teplá voda či jiné medium?
- Jsou v závodě nějaká opatření na rekuperaci tepla a jaké jsou v tomto ohledu plány do budoucna?
- Pokud je využívána pára jako přenosové medium, jsou nainstalovány okruhy pro vracení kondenzátu? Pokud ano, jsou v podniku stroje, které přímo spotřebovávají část páry?
- Probíhají v závodě nějaké činnosti (např. čištění zařízení nebo podlahy), při nichž nelze využít rekuperaci tepla z technických či ekonomických důvodů?

Když se při první analýze procesu ukáže, že jsou zde vhodné podmínky pro využití solární termiky, musí se potom přikročit k důkladnější analýze. Je třeba vytvořit schémata dodávek tepla na základě denní, týdenní a roční spotřeby (viz kap. 4). Vytvoření schémat je nutné i kvůli níže popsaným energeticky úsporným opatřením.

### 3.3 Optimalizace procesu a energeticky úsporná opatření

Průmyslové procesy se dají optimalizovat mnohými způsoby. Pokud běžně projektanti a inženýři usilují o optimalizaci, jde jim o optimalizaci samotného výrobního procesu a většinou se nejedná o úspory energie, spíše o úspory materiálu či o časovou efektivnost. Takové změny mohou ovšem často mít výrazný vliv i na dodávku tepla. Pokud jsou tedy v podniku plánované zásadní změny výrobních procesů v nejbližších pěti letech, **mělo by se při návrhu solárního systému počítat už s novými a spolehlivými údaji o potřebě tepla.**

Snižování spotřeby tepelné energie (např. rekuperace tepla) jako prostředek optimalizace výroby má velký ekonomický potenciál v mnoha průmyslových odvětvích. Je to ovšem dosti složitá otázka, jelikož opatření na změnu dodávky tepla mohou ovlivňovat samotný výrobní proces. Zvláště prověřeny by měly být následující možnosti – modernizace výrobního zařízení, výměna starého otopného systému, využívání kondenzačního tepla u plynového kotle, rekuperace odpadního tepla. Pokud jsou tato opatření v podniku realizovatelná, měla by být předem důkladně zanalyzována specialistou.

Adekvátní metodologií pro důkladné zhodnocení kroků, které by vedly k využívání odpadního tepla a optimalizaci tepelných procesů, je tzv. **Pinch analýza**. Aby mohla být vypočtena minimální potřeba energie dodávané zvenku do podniku, je třeba stanovit teoreticky optimální propojení výměny tepla mezi všemi procesy spotřebovávajícími teplo. Ohledně instalace solárního termického zařízení je vůbec nejdůležitější přiměřený **odhad minimální použitelné teploty, jíž se dosáhne po optimalizaci tepelného procesu**. Stručná charakteristika Pinch analýzy a informace o solárním teple v energeticky úsporných procesech jsou uvedeny v [3].

Co se týká úspor energií v průmyslu a obnovitelného průmyslového tepla, výborným zdrojem informací je projekt **EINSTEIN** (Expert system for an INtelligent Supply of Thermal Energy In Industry – Odborný systém na inteligentní dodávky tepelné energie v průmyslu) [4]. V jeho rámci byla vyvinuta podrobná moderní softwarová **auditová metodika** k provádění průmyslových auditů. Výsledky mohou výrazně napomoci jak k optimalizaci podnikové energetiky, tak k využití obnovitelné tepelné energie. V projektu je zdokumentováno několik příkladů vhodných realizací opatření na úsporu tepla v průmyslu.



# Solární technologické teplo

## 4 Návrh solárního systému

Z **předběžných analýz** známe všechny důležité podmínky soustavy a možnosti úspor energií byly prozkoumány (viz kapitola 3). Dalším krokem je **vytvoření** skutečných **schémat dodávky tepla** do daných procesů a **výpočet celkové tepelné dodávky**. To bude základem k **hrubému odhadnutí potřebné plochy kolektorů a objemu akumulčních nádrží**. Lze k tomu také použít nomogramy. Konečným krokem k vytvoření návrhu solárního systému je **provedení systémových simulací**, v nichž budou užity parametry dané již předtím jako počáteční hodnoty.

### 4.1 Obecné úvahy

Nejdůležitějším faktorem pro využití solárního systému je většinou **minimální dostupná teplota**. Jde o to, nalézt nejnižší teplotu v procesu, při které je pak do procesu možné vložit významné množství solárního tepla. To ovlivňuje i teploty kapaliny v kolektorovém okruhu, které by měly být co nejnižší, jelikož systém je neúčinnější při nízkých teplotách. **Slibné jsou otevřené procesy** bez rekuperace tepla. Jak již bylo řečeno, minimální dostupná teplota by měla být spolehlivě změřená a než bude tato hodnota použita pro návrh, je třeba vzít v úvahu veškerá úsporná opatření. Nejohospodárněji vycházejí procesy s teplotami pod 50 °C. U procesních teplot nad 100 °C se zvyšuje i hodnota nejnižší dostupné teploty, protože tehdy jsou většinou aplikována rekuperační opatření.

**Solární teplo může být do procesů integrováno přímo** nebo **přes tepelnou distribuční síť**. Integrace přes tepelnou distribuční síť umožňuje nepřímou podporu tepelných procesů (např. předehřevem napájecí vody) a využití více energie, ale nejnižší dosažitelné teploty bývají většinou nižší, když je solární termický systém zapojen do procesu přímo (vyjma částečně otevřených parních sítí).

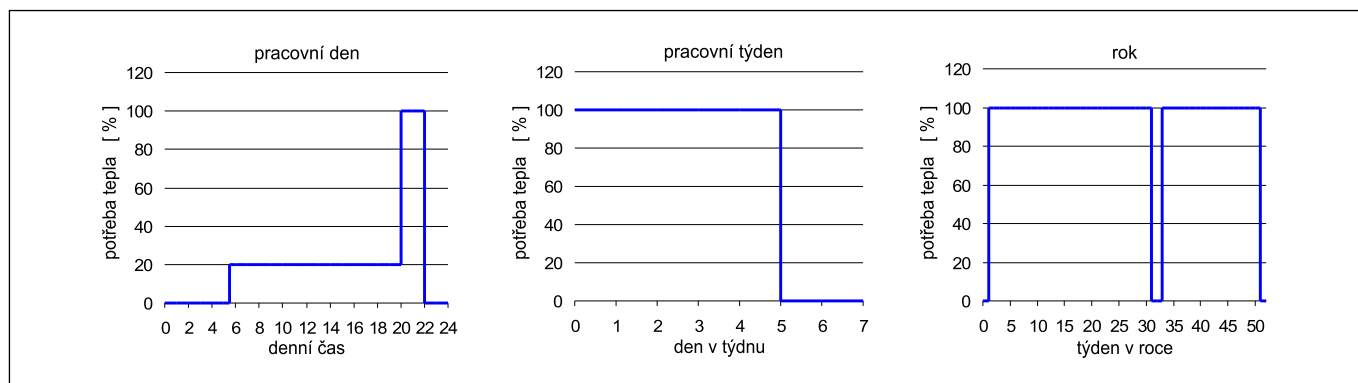
Jelikož solární procesní teplo je často využíváno pro předehřívání, **jsou energetické zisky průmyslových solárních systémů často mnohem vyšší než u solárních systémů v domácnostech**.

### 4.2 Určení vhodného průběhu potřeb tepla

Pro vytvoření návrhu systému je třeba znát hodnoty potřeb tepla v podporovaných procesech, a to pro období jednoho dne, týdne a roku. Základní kritéria pro hodnoty vhodné k využití solárního tepla jsou:

- dodávky tepla probíhají v období delším než tři čtvrtě roku, včetně léta;
- teplo se dodává alespoň 5 dní v týdnu;
- denní potřeba tepla v létě by neměla být nižší než po zbytek roku.

K vytvoření těchto hodnotových schémat obvykle nestačí krátká měření a informace od pracovníků závodu. **Je velice žádoucí provést měření tepelné potřeby**, tj. potřebu tepelné energie a výši teplot všech potenciálně vhodných procesů alespoň během běžného pracovního dne. **Profil potřeby tepla by též měl být upraven odečtením energie, kterou chceme uspořit na základě vybraných úsporných opatření a s uvažováním pouze takové teploty, která nastane po aplikaci daných opatření.**



**Obr. 6:** Schéma přerušované potřeby tepla pro proces čištění výrobních zařízení v malém závodě.

Schéma potřeby tepla na obr. 6 se týká potřeby vody na mytí v menším potravinářském závodě (dvě směny), ve kterém se nepracuje o víkendech, první a poslední týden v roce a tři týdny v srpnu. V době provozu potřebuje závod vždy určité množství teplé vody, ale potřeba není kontinuální, jelikož teplá voda je zapotřebí zejména v čase od 20 h do 22 h, kdy se myjí výrobní zařízení před koncem pracovní doby.

### 4.3 Výpočet potřeby tepla: příklad

Příklad potřeby tepla na obr. 6 odpovídá potravinářskému závodu. Tato společnost potřebuje během pracovního dne  $10 \text{ m}^3$  teplé vody o teplotě  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Měření hmotnostního průtoku ukázala denní distribuci (večerní špička), týdenní a roční potřebu sdělili zaměstnanci podniku. Důležitá je nejnižší dosažitelná vstupní teplota vody ve výši  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , protože voda právě o této teplotě bude ohřívána. Opatření na úsporu energie nelze aplikovat, jelikož voda je používána v různých částech firmy a je výrazně ochlazována čistícími procesy. Pro takovýto ohřev je denní poptávka energie zhruba následující:

$$\text{Poptávka/den} = m \cdot c_{p,\text{stř}} \cdot \Delta T = (10\,000 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 45 \text{ K}) / 3600 \text{ kJ/kWh} = 522,5 \text{ kWh}$$

Denně je distribuováno  $10 \text{ m}^3$  vody podle schématu naznačeného vlevo na obr. 6. Během šestnácti a půl hodinové pracovní doby (5:30 – 22:00) je nejvyšší potřeba vody v době od 20 do 22 hodin. Po zbytek pracovní doby (14,5 hodiny) je potřeba tepla oproti maximu pouhých 20 %. Snadným výpočtem z grafu zjistíme, že v provozní době mimo dobu maximální potřeby se v továrně spotřebuje přibližně 408 litrů za hodinu teplé vody o teplotě  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $21,3 \text{ kWh/h}$ ). Od 20 h do 22 h je potřeba  $2040 \text{ l/h}$  při  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $106,5 \text{ kWh/h}$ ). Za celý týden obnáší spotřeba  $50 \text{ m}^3$  či  $2\,612,5 \text{ kWh/týden}$ . Po započtení 5 týdnů, kdy je továrna v nečinnosti, činí roční spotřeba tepelné energie přibližně  $122,8 \text{ MWh/rok}$ .

K nadimenzování solárního termického systému je důležité znát průměrnou denní potřebu teplé vody, protože dodávka se během týdne a roku mění, protože o víkendech a o svátcích není potřeba tepla pro přípravu teplé vody. Pokud by tedy v našem příkladu byla dodávka během pracovního dne  $10\,000 \text{ l}$ , průměrná denní potřeba v průběhu roku bude činit  $6600 \text{ l}$ .

### 4.4 Předběžný výpočet plochy kolektorů a výběr typu kolektorů

Důležité je rozlišovat mezi hrubou plochou kolektorů a plochou apertury kolektorů.

Hrubá plocha kolektoru je vlastně rozměr kolektoru (výška x šířka), která určuje minimální potřebnou plochu k instalaci kolektorů na střeše.

# Solární technologické teplo

**Plocha apertury (označovaná  $A_a$ )** se rovná ploše, kterou vchází do kolektoru světlo. Je to oblast, kudy vchází do kolektoru sluneční záření a působí na absorbér, ať už přímo či nepřímo přes reflektory. Plocha apertury je tedy vždycky menší než hrubá plocha. **Všechny hodnoty týkající se kolektorů**, např. křivka účinnosti, náklady, průměrný roční zisk, **jsou** většinou udávány na základě plochy apertury.

**Potenciální plocha apertury kolektorů** může být pro šikmou střechu vypočítána, když vydělíme obsah použitelné nezastíněné plochy obsahem hrubé plochy kolektorů. Výsledný počet kolektorů musí být potom vynásoben plochou apertury kolektoru. V případě ploché střechy je třeba nejdříve vydělit obsah nezastíněné plochy konstantou 2,5, aby byla zahrnuta nezbytná vzdálenost mezi šikmo postavenými kolektory.

K **předběžnému dimenzování kolektorového pole** jsou dva možné přístupy:

- Vynásobte dosažitelnou plochu apertury kolektorů hodnotou  $500 \text{ kWh/m}^2_{Aa}$  a výsledek vydělte množstvím požadovaného tepla v podporovaných procesech za období jednoho roku. Pokud bude výsledný solární podíl v rozsahu 10 – 50 %, začněte se simulacemi.
- Jako počáteční hodnotu použijte **40 % roční tepelné potřeby firmy** a vydělte ji  $500 \text{ kWh/m}^2_{Aa}$ .

Pokud je odchylka od jižního směru do  $20^\circ$ , nemá to na výkon kolektorů výrazný vliv. Sklon kolektorů je vhodný kolem  $35^\circ$ . V jižní Evropě může být sklon o něco nižší, ve střední Evropě zase vyšší, ale záleží to samozřejmě na průběhu potřeby tepla během roku.

Tab. 1: Porovnání plochých a vakuových trubcových kolektorů

Ploché kolektory	Vakuové trubcové kolektory
Nižší náklady Lepší poměr cena/výkon Může nahradit normální střechu Stagnace: lépe se chovají při vyprazdňování a mají nižší stagnační teplotu než vakuové kolektory s trubicemi v U-konfiguraci (viz oddíl 6.2)	Vyšší roční energetické zisky Ke stejným energetickým ziskům potřebují menší plochu kolektorů Vyšší účinnost při vyšších teplotách kolektorů a nízkém záření (v zimě)

Pro procesy o teplotách nižších než  $50^\circ\text{C}$  jsou většinou hospodárnějším řešením **ploché kolektory**. V případech, kdy je tato hodnota vyšší, je vhodné provést srovnávací simulace mezi různými typy kolektorů, v nichž musíme vzít v úvahu užitnou plochu střechy a cenu za plochu apertury. Přehled komerčně dostupných kolektorů pro vyšší teploty se stručnou informací o jejich principech činnosti můžete najít v [5], [13].



V jižní Evropě jsou ploché kolektory často používány pro procesy s teplotami nad 60 °C, jelikož průměrné teploty prostředí a solární záření jsou vyšší. Příklady vlivu procesních teplot a lokality na výběr typu kolektorů najdete v oddíle 5.3.

Nadimenzování kolektorového pole, výběr typu kolektorů a určení sklonu kolektorů by měly být vždy stanoveny na základě simulací různých systémů. Závisí na mnoha faktorech jako je umístění, průběh potřeby tepla, nejnižší dostupná teplota, teplota procesu, objem akumulační nádrže, koncepce systému a další.

#### 4.5 Návrh velikosti akumulační nádrže

Chceme-li provádět simulace různých systémů výroby průmyslového procesního tepla, začínáme u návrhu velikosti nádrže většinou u hodnoty  $50 I_{\text{nádrž}} / m^2_{\text{Aa}}$ . Určení optimální velikosti nádrže závisí na vzájemném vztahu mezi solárními zisky a průběhem dodávek tepla do procesu. Když se jedná o menší podniky, ve kterých není provoz o víkendech, měla by být akumulační nádrž v systému tak velká, aby byla schopna akumulovat solární zisky z víkendu. Pokud je akumulační nádrž příliš malá, má to za následek příliš vysoké teploty kolektorů a to může zapříčinit stagnaci systému (viz oddíl 6.2). V jižní Evropě se instalují většinou větší akumulační nádrže ( $>50 I_{\text{nádrž}} / m^2_{\text{Aa}}$ ) vzhledem k větším solárním ziskům.

Konečné rozhodnutí o výběru akumulační nádrže musí také vycházet z různých simulací systému. Výsledek také závisí na typu a koncepci akumulace (jedna nádrž s kvalitní stratifikací, paralelní nádrže, kaskádové řešení), na způsobu regulace nabíjení a vybíjení a zapojení k procesu.

#### 4.6 Simulace systému

Simulace systémů jsou nezbytné pro kvalitní návrh solárního systému v průmyslovém procesu. Když se využijí nomogramy z 5. kapitoly (vysvětlené jsou v kapitole 4.7), tak se tím sníží počet simulačních variant. Při provádění simulací by měl být měněn pouze jeden parametr, aby se tím ukázal jeho vliv na roční zisky energie a velikost solárního pokrytí (např. velikost akumulační nádrže).

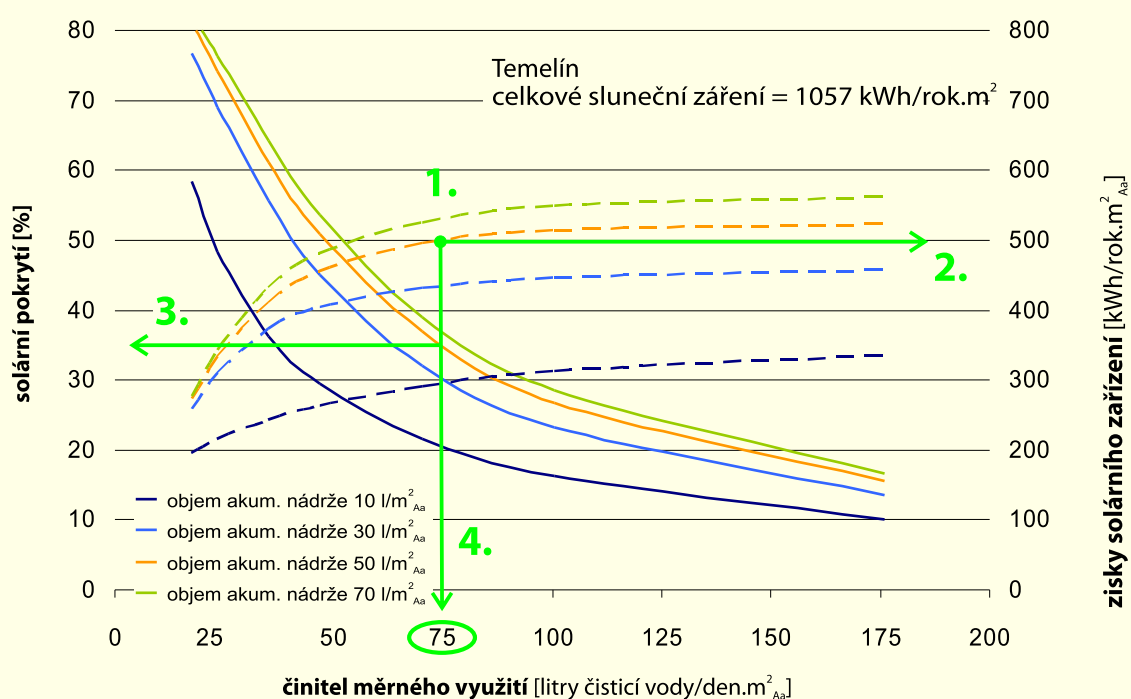
Existuje velké množství softwarových nástrojů, všechny ovšem nejsou vhodné na simulaci termických solárních systémů v průmyslu. Důležitým kritériem je možnost určení vlastní potřeby tepla v nezbytných podrobnostech. Program by měl být také schopen simulovat koncepci systému, který bude co nejbližší naší představě.

#### 4.7 Nomogramy pro návrh systému

Nomogramy jsou výsledkem systémových simulací s různými parametry. Dobře naznačují vlastnosti systému, čímž pomáhají k vytvoření jeho kvalitního návrhu. Samozřejmě, že jeden nomogram je platný pouze pro daný provoz, pro danou koncepci systému, průběh potřeby tepla a určité teploty. Potřeba tepla zůstává stejná, velikost solárního systému se mění. Když uvažujeme o využití solárního termického systému v obdobné aplikaci, mohou být nomogramy také využity, ale jen k předběžnému návrhu, může se tak snížit počet jejich variant. Nomogramy v této příručce jsou nezávislé na velikosti systému. Z toho důvodu byly použity pouze měrné hodnoty.



# Solární technologické teplo



**Obr. 7:** Nomogram solárního systému z obr. 8 pro průběh potřeby dle obr. 6 (zvýšení teploty z 15 °C na 60 °C, jednovrstvené zasklené ploché kolektory, vrstvená akumulace, úhel 35°).

V nomogramu jsou použité čtyři rozdílné barvy korespondující se čtyřmi měrnými velikostmi akumulací nádrže (objem v litrech vztažený na 1 m<sup>2</sup> plochy apertury kolektorů).

Činitel měrného využití (osa x) ukazuje, kolik litrů teplé vody připadá na 1 m<sup>2</sup> instalované plochy apertury kolektorů. Samozřejmě, že mohou být použité také jiné měrné hodnoty potřeby energie vztažené na plochu apertury, jako například potřeba tepla v průmyslové lázni (obr. 16).

Na levé ose y je zobrazeno solární pokrytí (nepřerušované křivky). Solární pokrytí je obecně poměr mezi celkovými využitelnými zisky solární soustavy a celkovou potřebou tepla. Ne ovšem celkovou spotřebou podniku, ale pouze procesu, který chceme podpořit solární energií. Nepřerušované křivky v grafu znázorňují čtyři měrné objemy nádrže.

Na pravé ose y zobrazuje přerušovaná křivka měrné zisky solární soustavy (energie získaná ze systému za rok a na m<sup>2</sup> plochy apertury kolektorů). Co se týká solárního pokrytí, jsou do grafu zaneseny také měrné zisky solárního systému pro určité podíly mezi potřebou, plochou apertury kolektorů a objemem nádrže. Přerušované křivky znázorňují zisky solárního systému pro jednotlivé měrné objemy akumulací nádrže.

Závislosti znázorněné v nomogramech jsou následující:

- Velké solární systémy mají ve srovnání s potřebou tepla nízké měrné využití (levá strana diagramu). Solární pokrytí těchto systémů je velice vysoké, ale měrné zisky solárního systému z m<sup>2</sup> jsou nízké, což snižuje ekonomickou efektivitu systému. U velkých solárních systémů je navíc riziko stagnace o víkendů a v době nízké potřeby tepla.



- **Malé solární systémy vykazují ve srovnání s potřebou tepla vysoké měrné využití (pravá strana diagramu).** Měrné zisky solárního systému jsou výrazné, jelikož potřeba tepla je vždy podstatně vyšší než výkon solárního systému. Naopak solární pokrytí je nízké, což může také snížit hospodárnost projektu, jelikož úsilí vynaložené na projektování a analýzu procesu představuje významný podíl v nákladech při navrhování solárního systému. Nízké solární pokrytí také nevykazuje udržitelnost, poněvadž náklady na energii v podniku jsou stále silně vázány na nákupní ceny energií a investice neumožňují v případě modernizace zdrojů tepla snížit výkon systému výroby konvenčního tepla.
- **Systém s malým měrným objemem akumulací nádrže** nese riziko delších časů stagnace a vysokých pracovních teplot v kolektorovém obvodu, což snižuje výkon kolektorů. Takovýto systém by měl být použit pouze v případě, že solární pokrytí je relativně nízké a potřeba tepla je nepřerušovaná (i o víkendech a prázdninách). Z obr. 7 je zřejmé, že pro příslušnou koncepci systému a schéma potřeby je  $10 \text{ l/m}^2$  i  $30 \text{ l/m}^2$  nedostatečné.
- **Vyšší měrné objemy akumulace** vedou k větším ziskům systému a většímu solárnímu pokrytí. Většinou nepotřebujeme, aby poměr velikosti nádrží a plochy kolektorů byl větší než  $50 \text{ l/m}^2$ , jelikož velikost nádrží se promítá do nákladů a do velikosti plochy zabrané systémem. Příliš velké nádrže mívají nižší teplotu akumulované vody na podporu procesu, takže v některých případech pracuje záložní ohřívač i v době částečné potřeby, což je neekonomické ve srovnání se systémy s menším objemem nádrží. Záleží samozřejmě také na typu nádrže a způsobu regulace (viz oddíl 4.5)

## Příklad

Nomogramy mohou být použity k zobrazení různých metod – žádný standardní postup není. Pokud je nejdůležitějším hlediskem hospodárnost projektu, měli bychom se řídit zejména hodnotou zisků solárního systému. Předběžné dimenzování systému z obr. 8 může být provedeno takto:

- V případě  $50 \text{ l/m}^2_{Aa}$  vyberte oblast na křivce (1), kde jsou jak výrazné zisky solárního systému (2:  $495 \text{ kWh/rok.m}^2_{Aa}$ ), tak velké solární pokrytí (3: 35,5 %).
- **Výslednou plochu apertury kolektorů** spočítejte pomocí činitele měrného využití (4). Např.:

$$\text{Výsledná plocha} = (6600 \text{ l vody/den}) / 75 = 88 \text{ m}^2_{Aa}$$

- **Potřebný objem akumulací nádrží** spočítáte:  
 $\text{Objem nádrže} = 50 \text{ l/m}^2_{Aa} * 88 \text{ m}^2_{Aa} \text{ plochy kolektorů} = 4400 \text{ l}$
- **Vypočítejte roční energetické zisky slunečního zařízení tohoto typu** buď z hodnoty zisků solárního systému nebo z hodnoty solárního pokrytí:

$$\text{Roční zisk energie} = 495 \text{ kWh/rok.m}^2 * 88 \text{ m}^2 = 43,56 \text{ MWh/rok}$$

$$\text{Roční zisk energie} = 122,8 \text{ MWh/rok} * 35,5 \% = 43,59 \text{ MWh/rok}$$

- **Zkuste výpočty změnit.** Pokud například nainstalujete pouze  $66 \text{ m}^2_{Aa}$  kolektorů (činitel měrného využití = 100) se stejným měrným objemem nádrží (oranžová křivka), stoupnou zisky energie na  $515 \text{ l/m}^2_{Aa}$ , ale podíl solární energie klesne na 27,5 % a zisky celého systému se sníží na  $122,8 * 0,275 = 33,77 \text{ MWh/rok}$ . Kdybyste na plochu  $88 \text{ m}^2_{Aa}$  (činitel měrného využití 75) použili nádrže v poměru  $70 \text{ l/m}^2_{Aa}$ , tak zisky ze solárního systému vystoupají na  $530 \text{ kWh/m}^2_{Aa}$  a rok a solární pokrytí bude 37,2 %.

# Solární technologické teplo

- Porovnejte křivky z nomogramů s vlastními variantami v simulačním programu, abyste zjistili, do jaké míry nomogram odpovídá vašemu procesu. **Nakonec svůj systém navrhnete na základě vašich simulací systému, v úvahu vezměte ještě ceny a dostupnost jednotlivých prvků systému. Jde také o to, udržet dostatečně velké solární pokrytí.**

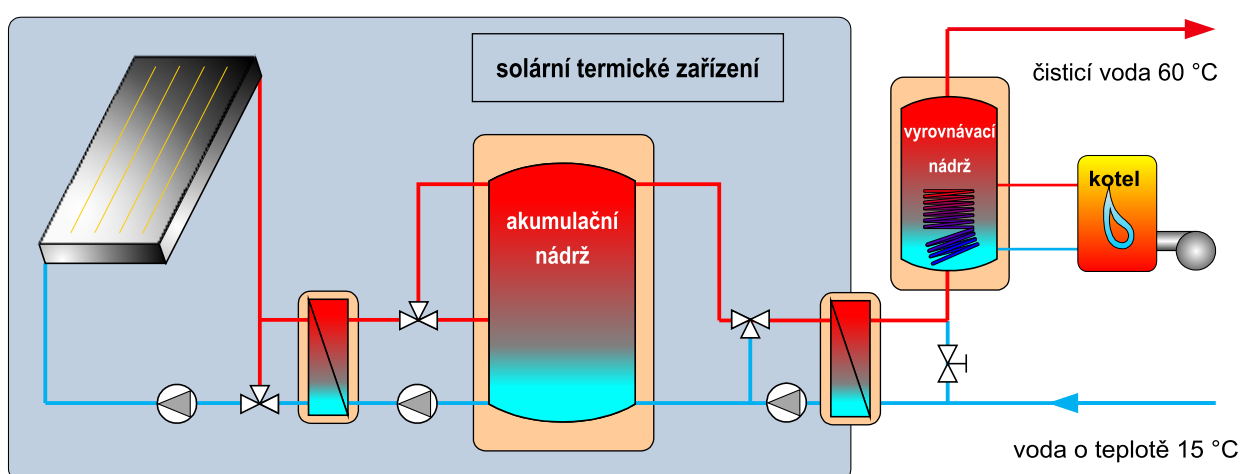
Samozřejmě, že ve skutečnosti jsou také důležité ceny a dostupnost jednotlivých komponentů. V našem případě by mohly být použité předmontované moduly s plochými kolektory o ploše  $10 \text{ m}^2$ , celkem 14 o ploše  $140 \text{ m}^2$ , základní akumulční nádrž o objemu  $2 \text{ m}^3$  a kaskáda dvou paralelních zásobníků po  $2,5 \text{ m}^3$ , takže celkový objem nádrží bude  $7 \text{ m}^3$ .

Na dalších stranách budou popsány **solární systémy pro čtyři zmíněná prioritní využití spolu se schémata potřeby tepla**. Pro tyto systémy a potřeby tepla s příslušnými teplotami proběhly simulace systémů o různých teplotách v TRSYS. **Výsledky jsou prezentovány v kapitole 5 v příslušných nomogramech návrhů.**

## 5 Návrhy systémů pro čtyři vybrané typy využití

### 5.1 Ohřev vody na mytí/čištění

Podporovaný systém na přípravu teplé vody je otevřený systém bez rekuperace tepla, jelikož voda na mytí je během procesu většinou znečištěna a ochlazená. Studená voda (15 °C) se ohřívá na 60 °C. V podnicích s nepravidelnou potřebou teplé vody a vysokým průtokem je doplňkový topný systém většinou vybaven jednou vyrovnávací nádrží vytápěnou z kotle.



**Obr. 8:** Návrh systému s externím výměníkem na studené vodě a s kotlem v sérii (zjednodušené schéma běžného systému na přípravu TUV).

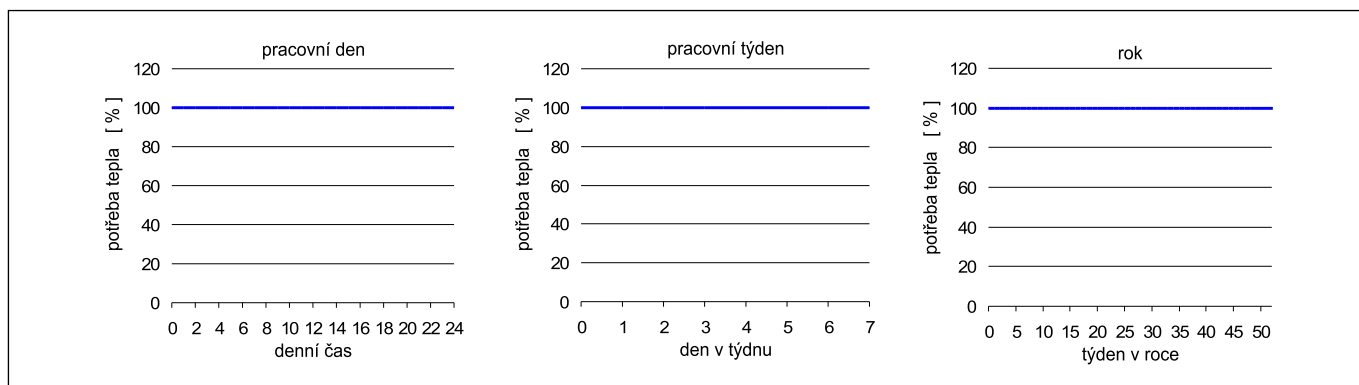
Co se týká schématu z obrázku č. 1, solární systém do něj může být integrován celkem snadno pomocí přídavného výměníku. V případě potřeby teplé vody je voda ohřívána, popř. předehřívána, solárním systémem předtím, než vstoupí do vyrovnávací nádrže. Obtok na výstupu ze solárního zásobníku chrání okruh studené vody před vysokou teplotou, která by se mohla vyskytovat v solárním zásobníku (teploty nad 90 °C). Také výměník v okruhu kolektorů můžeme překlenout pomocí trojcestného ventilu. Obtokem cirkuluje nemrzoucí směs do té doby, než je její teplota vyšší než teplota ve spodní části zásobníku. Jinak by se mohlo stát, že naakumulované teplo by se mohlo ztratit v kolektorovém okruhu a v zimě zamrznout výměník. Nabíjení zásobníku se řídí pomocí jednoho nebo více trojcestných ventilů tak, aby rozvrstvení vody v zásobníku podle teploty bylo co nejlepší. Objem vody může být samozřejmě také vytvořen i z kaskády nádrží. Také je možné nabíjení zásobníku pomocí stratifikační vestavby.

V procesech, kde je vysoká potřeba vody na mytí, může být předehřev vody solárním systémem velice účinný, protože vstupní teplota vody je nízká (minimální dostupná teplota viz oddíl 4.1).

Výsledky simulace (nomogram) systému z obr. 8 a přerušované potřeby teplé vody (viz obr. 6) lze nalézt na obr. 7 a je jim věnován oddíl 4.7.

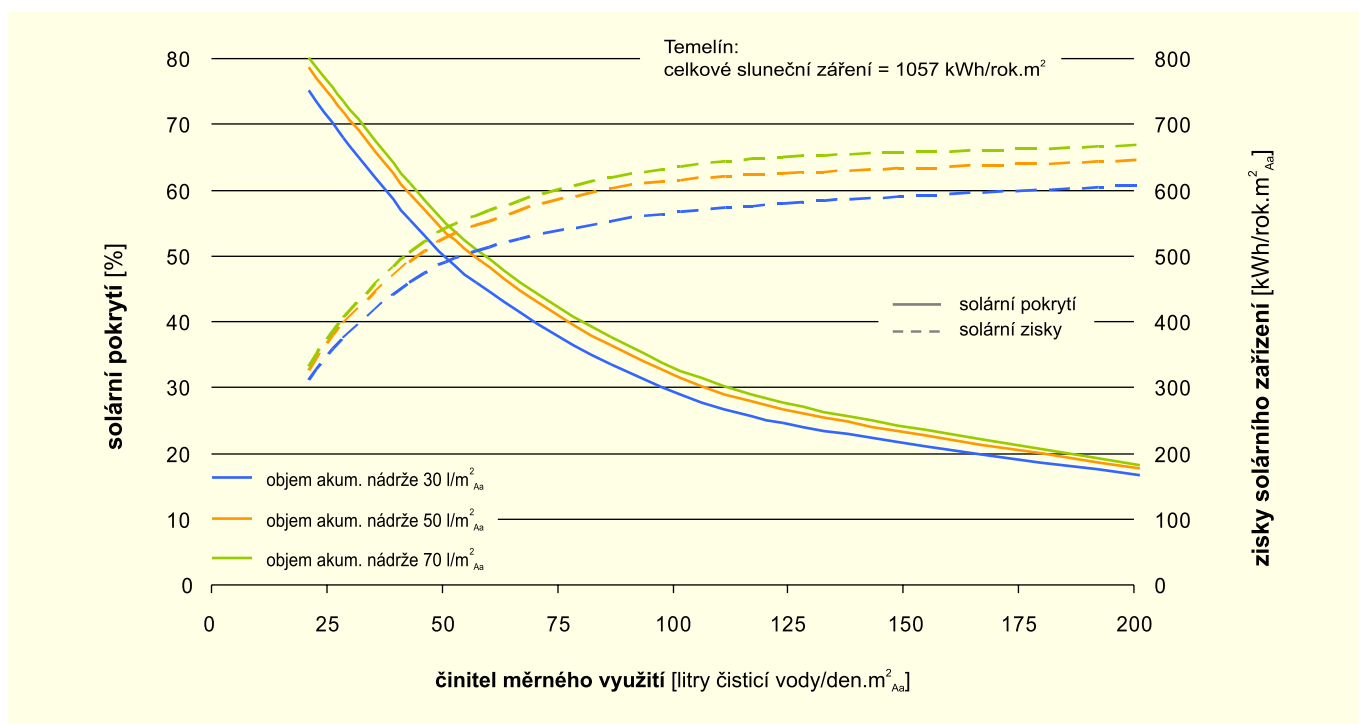


# Solární technologické teplo



**Obr. 9:** Schéma nepřerušované potřeby teplé vody na čištění, jež je součástí výroby ve velkém podniku.

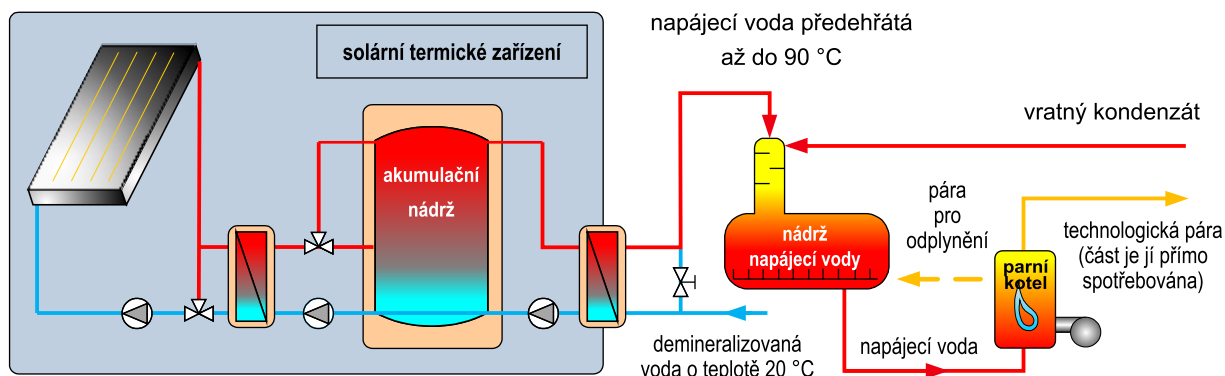
Schéma z obr. 9 platí pro velký podnik, kde se pracuje na tři směny, sedm dní v týdnu po celý rok. Mytí je zde součástí samotného výrobního procesu a potřeba je velmi stálá. Koncepce systému z obr. 8 je také vhodná pro toto schéma, pouze zásobník teplé vody není v některých případech nutný.



**Obr.10:** Nomogram návrhu solárního systému pro proces mytí ve velkém podniku (platný pro systém z obr. 8 a schéma z obr. 9). Stálá potřeba tepla v rozmezí teplot 15 °C – 60 °C, jednovrstevně zasklené ploché kolektory, stratifikační zásobník, úhel sklonu kolektorů 40°.

Ve srovnání s přerušovanou potřebou (z obr. 7) ukazuje nomogram na obr. 10 výrazně vyšší zisky ze solární soustavy a vyšší solární pokrytí, jelikož nedochází k žádným ztrátám vyrobené energie během letních měsíců. Ovšem důležité je nezvolit příliš vysoké solární pokrytí, abychom se vyvarovali nežádoucí stagnace v letních měsících. (Doporučená hodnota solárního pokrytí je 40 %.) Když se jedná o nepřerušovanou potřebu teplé vody, není třeba instalovat akumulaci větší než 50 l/m<sup>2</sup><sub>Aa</sub> plochy kolektorů.

## 5.2 Předehřev doplňované napájecí vody pro výrobu technologické páry

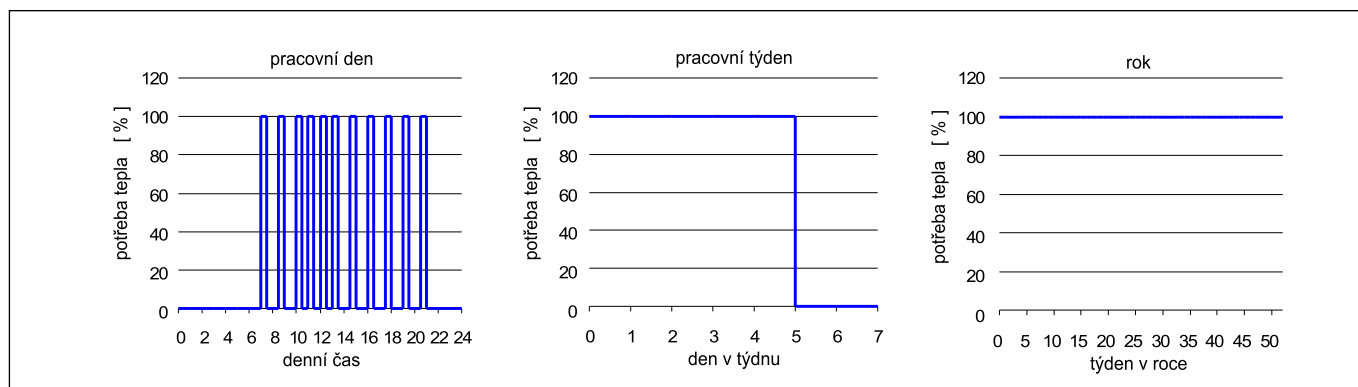


**Obr. 11:** Návrh systému s externím výměníkem předehřívajícím doplňovanou vodu vtékající do napájecí nádrže (zjednodušené schéma parního cyklu).

Podpora výroby technologické páry je přijatelná pouze v případě, že většina páry je přímo využívána ve výrobním procesu (parní potrubní síť tvoří buď otevřený nebo částečně otevřený systém). Ekonomicky příznivý je pouze ohřev doplňované demineralizované napájecí vody. Ohřev vratného kondenzátu nebo přímý ohřev napájecí vody je dražší v důsledku jejich vysokých teplot.

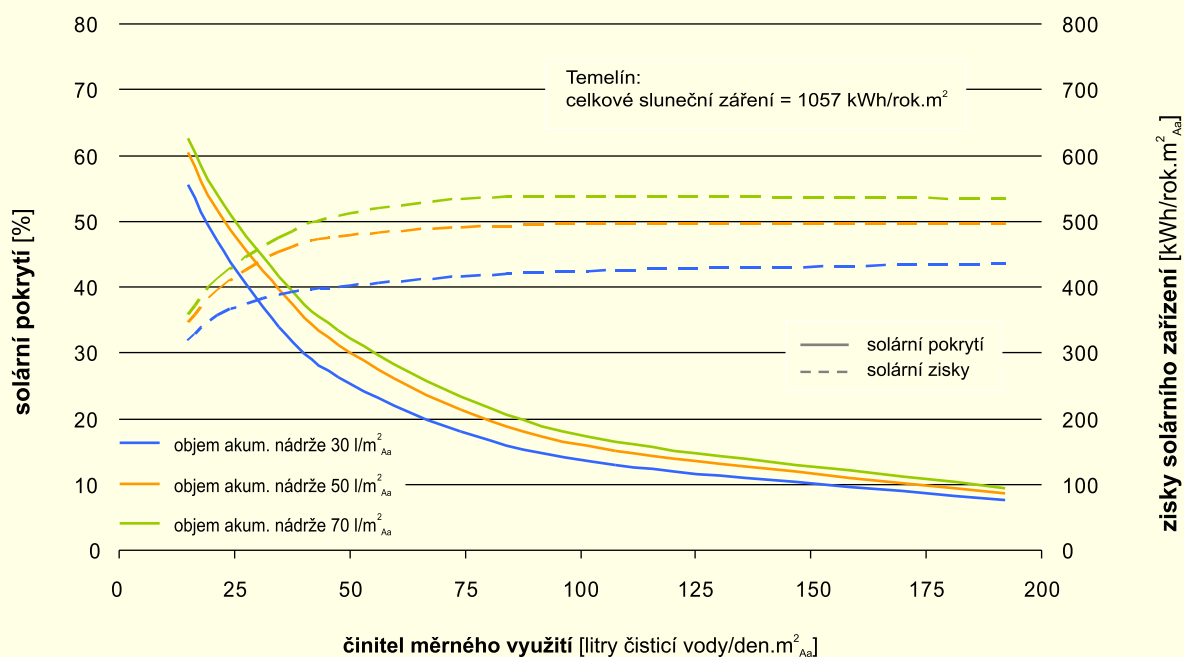
V (částečně) otevřených parních sítích se většinou demineralizovaná čerstvá voda mísí s vratným kondenzátema předtím, než se vpusť do parního kotle, musí být odplyněna. Toto odplynění se většinou provede přivedením tepla (napájecí voda je ohřívána nad 90 °C) pomocí technologické páry z kotle. Demineralizovanou doplňovanou vodu je před jejím smíšením s kondenzátem a následným odplyněním směsi dobré předehřát. Tímto způsobem je spotřebováno na odplynění méně páry a je možno díky solárnímu systému pokrýt významnou část celkové potřeby tepla, a to pouze se zapojením jediného výměníku tepla do stávajícího systému.

Vhodný solární systém pro tuto situaci je podobný jako v případě mytí/čištění z obr. 8. Pro vybíjení solární nádrže je použit externí výměník tepla, aby se nezvyšovalo riziko koroze nádrže. Výměník nemá obtok na straně solárního systému. Vyrovňovací nádrž není instalována, neboť průtok přídavné vody se nemění.



**Obr. 12:** Schéma spotřeby užitkové vody v částečně otevřeném parním procesu v prádelně (dvě směny, celoročně, regulace hladiny napájecí nádrže vpusť konstantní množství vody v intervalech kolem 30 minut).

# Solární technologické teplo



**Obr. 13:** Nomogram návrhu solárního systému pro předehřev vody, platný pro systém z obr. 11 a schéma z obr. 12 (jednoduše zasklené ploché kolektory, vrstvená akumulace, sklon kolektorů 35°).

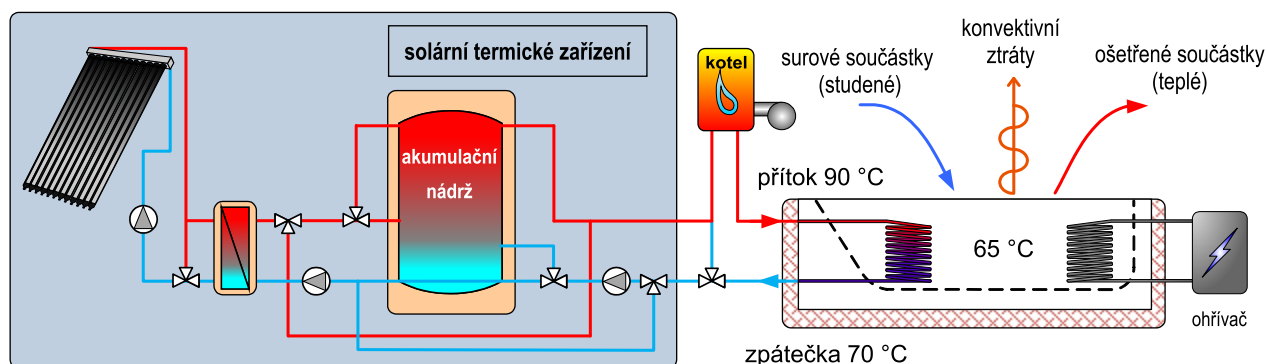
Dosažitelné zisky solárního systému jsou o něco menší než v systému v provozu mytí/čištění, a to kvůli vyšší vstupní teplotě vody 20 °C (u mytí to bylo 15 °C). Voda se totiž mírně zahřívá při procesu demineralizace. Také solární pokrytí bude nižší, protože voda může být ohřátá až na 90 °C (potřeba tepla se vždy vztahuje k nárůstu teploty, který může být zajištěn solárním systémem). Přerušovaný průtok zapříčiněný regulací hladiny v napájecí nádrži by neměl mít velký vliv na výkon solárního systému, jelikož solárně ohřívána voda je akumulována minimálně na dobu jedné hodiny provozu.

Obr. 13 jasně ukazuje, že činitel měrného využití by neměl být vyšší než 75 litrů předehřívání vody/den.m<sup>2</sup><sub>Aa</sub>, jelikož zisky solární soustavy s přiměřenou měrnou akumulací nad touto hodnotou již nenarůstají a solární pokrytí výrazně klesne.

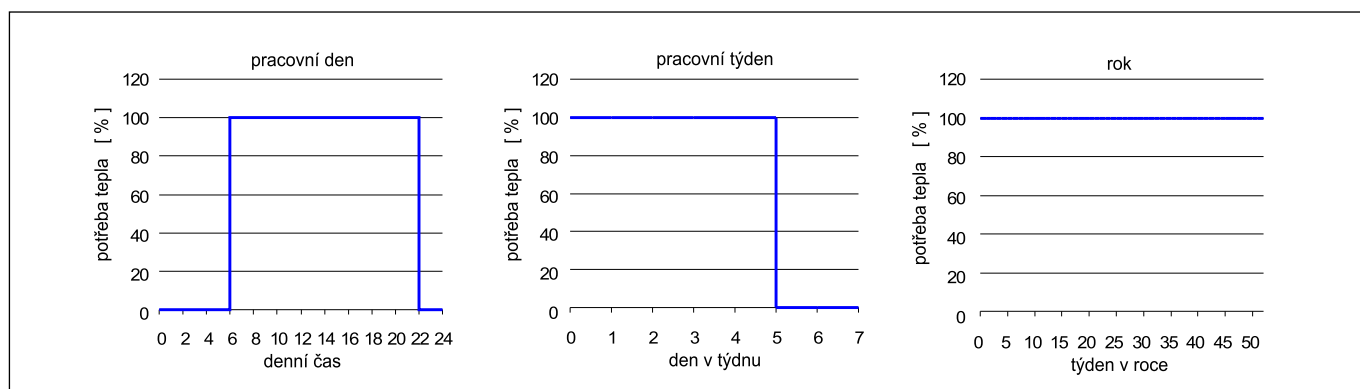
Pokud se využije rekuperace, může v některých případech vystoupat nejnižší vstupní teplota demineralizované vody až na 60 °C a účinnost solárního systému klesá. To je třeba prověřit v každém jednotlivém případě.

## 5.3 Ohřev náplní průmyslových van

Při ohřevu náplní průmyslových van jsou ze solární soustavy většinou menší zisky než při ohřevu čerstvé vody, což souvisí s minimální počáteční teplotou vody před ohřevem. Nevýhodou je, když se náplň vany neobměňuje, nebo jen zřídka.



**Obr. 14:** Návrh systému solárního ohřevu náplní průmyslové vany (možné přímé využití solárního tepla, elektrické vytápění využívané k regulaci teploty ve vaně).



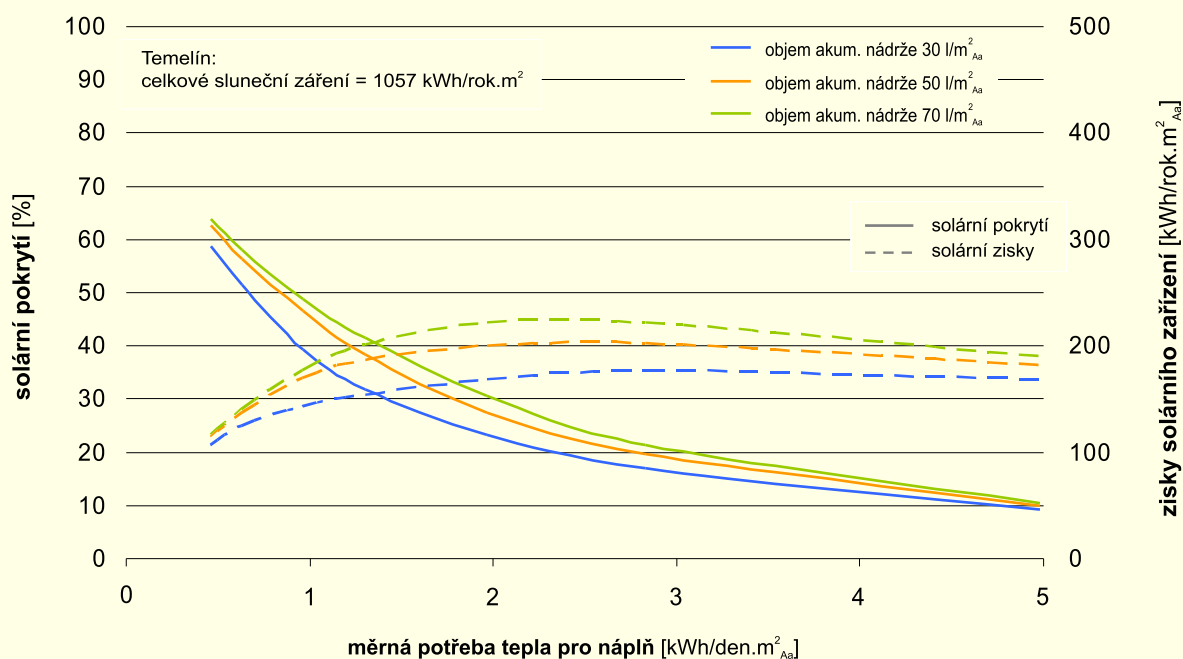
**Obr. 15:** Nepřerušovaná potřeba tepla v průmyslových vanách v menší firmě (např. elektrolyt musí být udržován na určité teplotě).

Schéma potřeby tepla na obr. 15 ukazuje, že firma pracuje na dvě směny a nepracuje o víkendech. Potřeba tepla trvá i v noci a o víkendech ve výši 20 % maxima, kdy nastávají tepelné ztráty vedením. Vany jsou většinou zakryté, ale je v nich neustále udržována teplota 65 °C. Při provozu dochází ke konvekčním ztrátám tepla a upravované díly také spotřebují určité množství tepla. **V tomto konkrétním případě je náplň van stálá.**

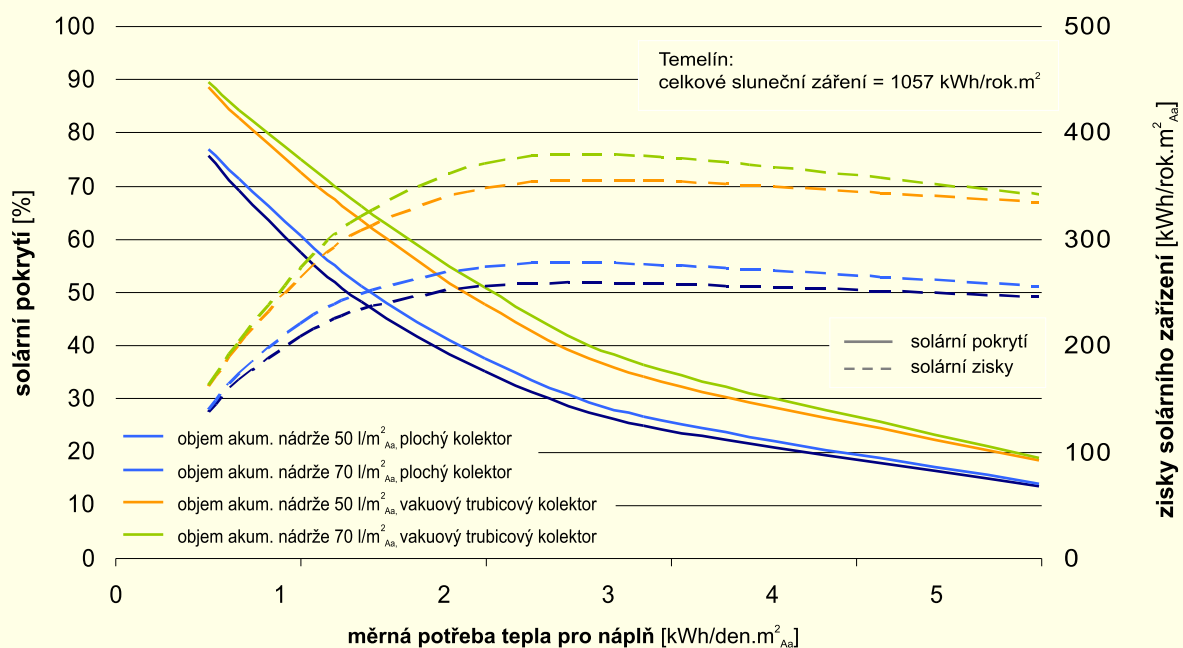
Ve srovnání se dvěma předchozími systémy na ohřev vody vyplývají pro solární soustavy zřetelné rozdíly. Jelikož množství energie produkované solární soustavou bývá obvykle výrazně nižší než je potřeba tepla (výměník tepla je dimenzován na vstupní teplotu 90 °C), je zde možnost obejít zásobník, aby se zabránilo vlivu teploty akumulace na teplotu kapaliny v systému. Pro celý systém je to důležité, jelikož jeho minimální teplota je 70 °C. Při vypouštění vany může být zpátečka z lázně zavedena do zásobníku pomocí trojcestného ventilu, aby se dosáhlo správného teplotního rozvrstvení nádrže, pokud je u dna nádrže teplota nižší než 70 °C. Kotel je připojen do série. Podle typu kotle je vhodné zřídit jeho obtok, pro případ, kdy je mimo provoz.



# Solární technologické teplo



**Obr. 16:** Temelín: Diagram solárního systému pro ohřev průmyslových van, platný pro systém z obr. 14 a schéma z obr. 15 (vakuový trubkový kolektor, vrstvená akumulace, sklon kolektorů 35°, teplota výměníku na vstupu je 90 °C, na výstupu 70 °C, teplota lázně 65 °C).

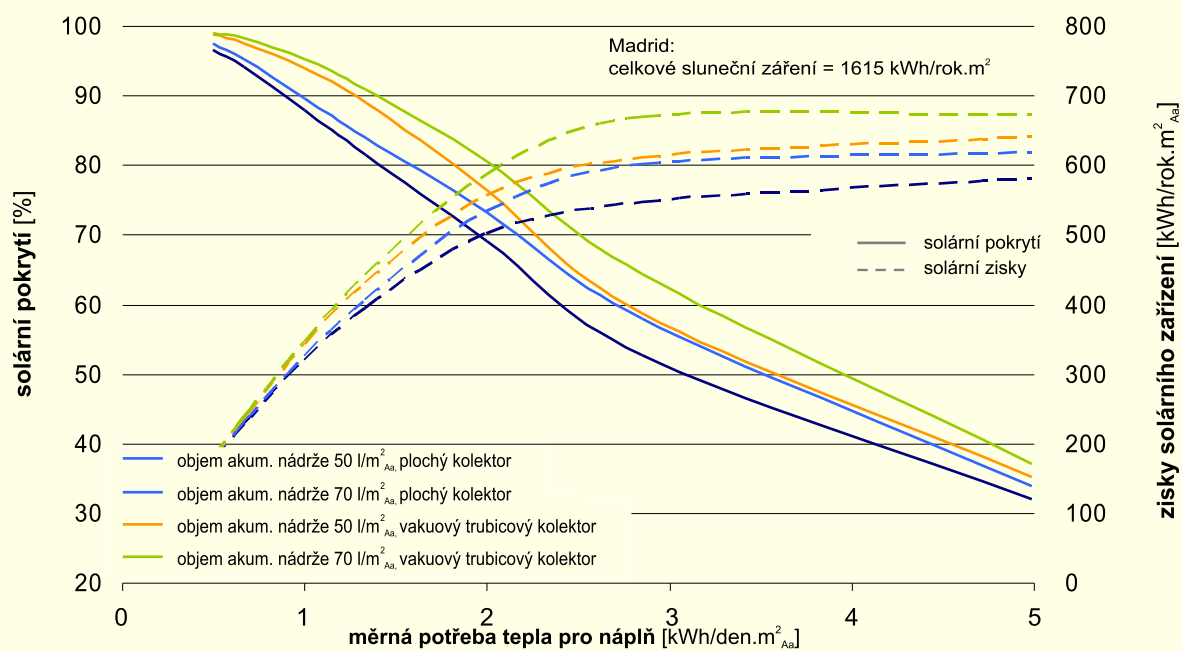


**Obr. 17:** Temelín: Diagram solárního systému pro ohřev průmyslových van, platný pro systém z obr. 14 a schéma z obr. 15 (srovnání různých typů kolektorů, vrstvená akumulace, sklon kolektorů 35°, teplota výměníku na vstupu je 70 °C, na výstupu 50 °C, teplota lázně je 45 °C).

Ze simulací v nomogramu na obr. 16 jasně vyplývá, že velmi vysoká teplota ( $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  – min. dostupná teplota) ve vratném potrubí výrazně snižuje množství energie, kterou může do procesu dodat solární termický systém. Toto samozřejmě **není obecný závěr pro oblast ohřívání van či nádob**, dost záleží na tom, jak často jsou vany vypouštěny a napouštěny či ochlazovány (v tomto konkrétním případě nikdy).

V simulacích na obr. 16 byly použity vakuové trubkové kolektory. Teploty jsou v tomto případě příliš vysoké pro použití standardních plochých kolektorů. Když v lázni snížíme teplotu z  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  na  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , můžeme tím zisky ze solárního systému za použití vakuových trubkových kolektorů téměř zdvojnásobit (viz obr. 17). Na obr. 17 jsou také srovnány solární zisky z plochých a vakuových trubkových kolektorů (se stejnou plochou apertury) pro min. dosažitelnou teplotu  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zde budou hlavními faktory volby typ kolektorů, jejich cena a velikost použitelné plochy na střeše. Obr. 18 ukazuje přesně to samé srovnání, pouze jde o podnik v Madridu. Solární pokrytí je bezmála dvojnásobné. Kvůli vyššímu záření a vyšším teplotám vzduchu je rozdíl mezi výkonem plochých a vakuových trubkových kolektorů mnohem menší. To znamená, že vzhledem k nižší ceně by pravděpodobně byly v Madridu použity ploché kolektory.

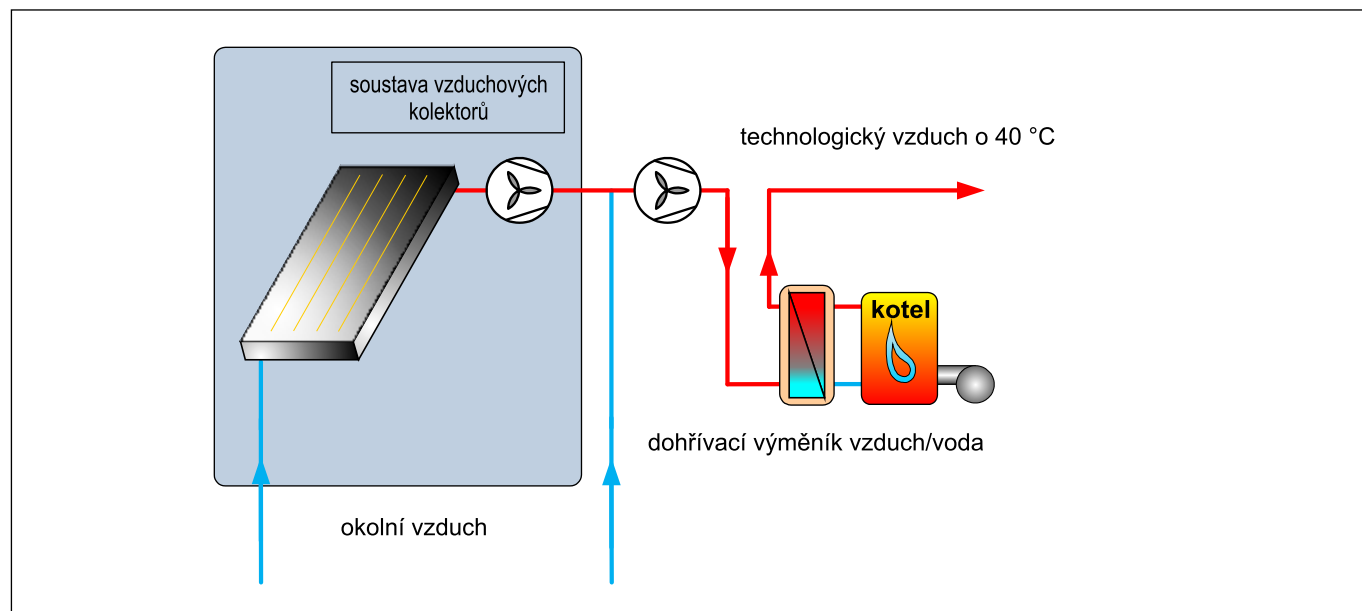
Ze srovnání obr. 17 a 18 je vidět, že **výběr typu kolektoru závisí více na minimální dostupné teplotě než na teplotě procesu** (na čištění a mytí jako na obr. 8 by samozřejmě byly levnějším řešením ploché kolektory). Srovnání obrázků 17 a 18 také ukazuje, že **výběr ovlivňuje celková sluneční radiace a teplota vzduchu**.



**Obr. 18:** Madrid: Diagram solárního systému pro ohřev průmyslových van platný pro systém z obr. 14 a schéma z obr. 15 (srovnání různých typů kolektorů, vrstvená akumulace, sklon kolektorů  $35^{\circ}$ , teplota výměníku na vstupu je  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , na výstupu  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , teplota lázně je  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

# Solární technologické teplo

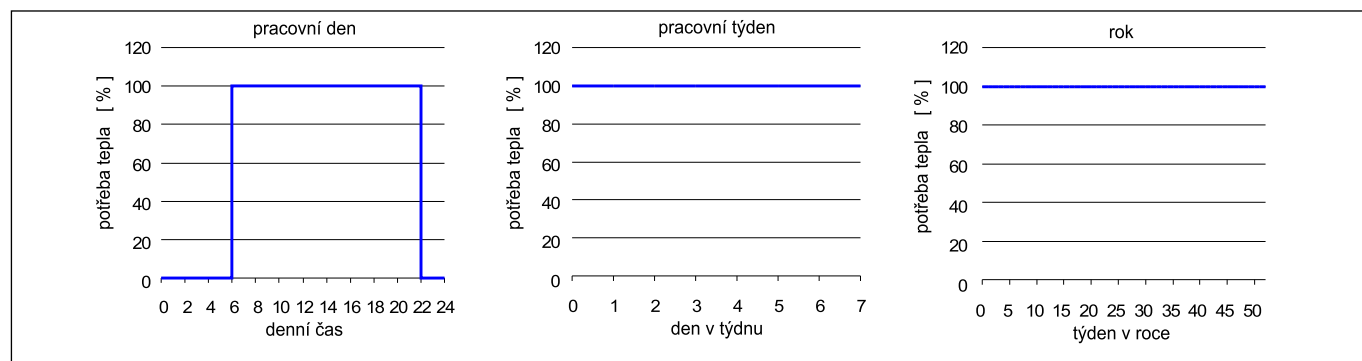
## 5.4 Konvekční sušení teplým vzduchem



**Obr. 19:** Příklad návrhu systému sušení v otevřeném okruhu. Otevřený systém vzduchových kolektorů je sériově dohříván kotlem (solární větrání vlevo, běžné větrání vpravo).

Zde se jedná o sušení s otevřeným okruhem. V tomto příkladu není využita žádná rekuperace z odpadního vlhkého vzduchu. Vzduch je konvenčně ohříván na 40 °C pomocí dohřívacího výměníku vzduch-voda. Solární vzduchový kolektor je naistalován za účelem přehřátí vzduchu. Vzhledem k plynulému průběhu potřeby tepla (viz obr. 20) není třeba instalovat akumulaci. Kolektorový ventilátor je na horké straně vzduchových kolektorů, aby nedocházelo ke ztrátám teplého vzduchu přetlakem netěsnostmi kolektoru.

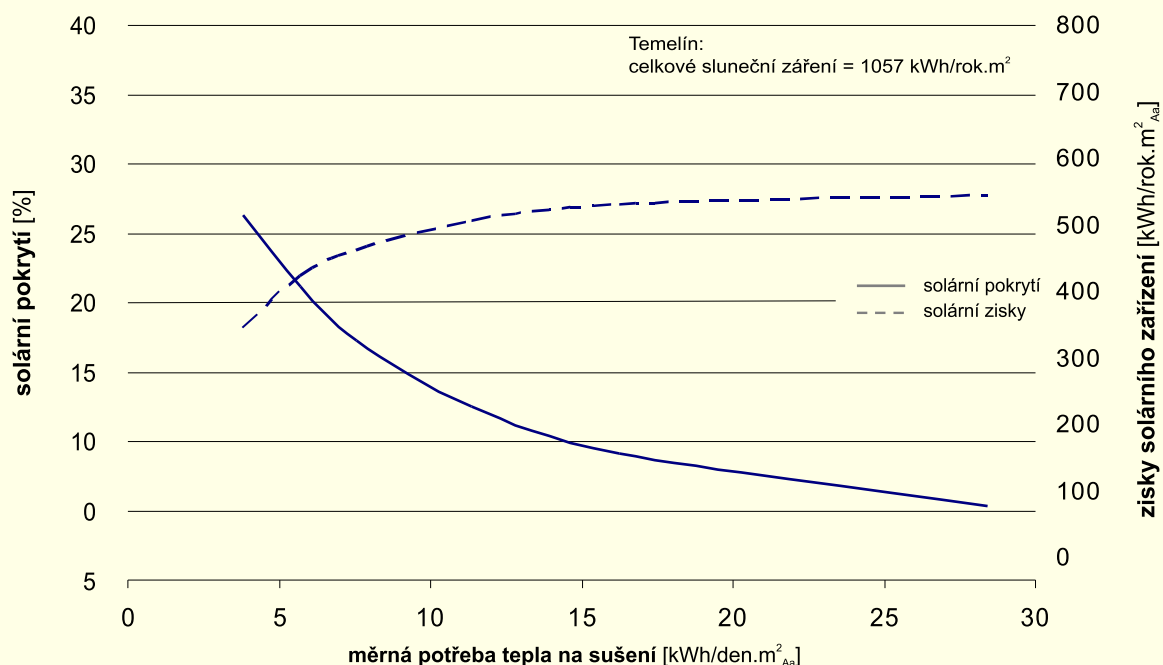
Při srovnání se slunečními kolektory, které jako tepelný nosič používají kapalinu (voda, glykol), **klesá účinnost vzduchových kolektorů, když se zmenšuje hmotnostní průtok** (např. kolektor z příkladu má 70 % účinnost při hmotnostním průtoku  $100 \text{ kg}_{\text{vzduch}}/\text{h}\cdot\text{m}^2_{\text{Aa}}$  a jenom 45 % účinnost při hmotnostním průtoku  $20 \text{ kg}_{\text{vzduch}}/\text{h}\cdot\text{m}^2_{\text{Aa}}$ , přičemž vstupní teplota kolektoru se rovná teplotě okolního vzduchu). **Na druhou stranu, u stejného kolektoru je hydraulický odpor 5-6x větší při vyšším hmotnostním průtoku než při nižším.**



**Obr. 20:** Průběh dodávky u konvekčního sušení (tato aplikace přispívá k rychlé návratnosti vzduchových kolektorů, jelikož teplý vzduch je potřeba vždy, když slunce vysvitne).



Vždy, když vznikne potřeba ohřátého vzduchu k sušení, spustí se ventilátor před výměníkem. Pokud nesvítí slunce, kolektorový ventilátor nepracuje a okolní vzduch je ohříván přímo dohřívacím výměníkem. Když vystoupá teplota absorberu vzduchového kolektoru (nebo intenzita solárního záření, záleží na provedení regulace) nad určitou hodnotu, začne pracovat ventilátor za kolektorem a vytvoří maximální hmotnostní průtok  $100 \text{ kg}_{\text{vzduch}}/\text{m}^2_{\text{Aa}}$ . U takového průtoku se teplota v solárním systému příliš nezvýší, ale účinnost je velká. Zbýlý teplotní rozdíl do  $40^\circ\text{C}$ , který je ovlivňován množstvím slunečního záření, je doplněn dohřívacím výměníkem. Když teplota v prostoru za ventilátorem u výměníku vystoupá nad  $40^\circ\text{C}$ , je regulačním zařízením snížen výkon ventilátoru u kolektoru. Tím se sníží průtok solárním polem a k ohřátému vzduchu sluncem se přidá více okolního chladnějšího vzduchu. Tímto způsobem se udržuje teplota  $40^\circ\text{C}$ . V tomto případě se sníží i spotřeba elektřiny kolektorového ventilátoru v důsledku snížení tlakové ztráty kolektoru. Pokud máme pro určité sušicí procesy skutečně přesně nadimenzovaný a dobře regulovaný systém vzduchových kolektorů, je možné dohřívací výměník vzduch/voda během velmi slunečných dnů vyřadit, čímž se dále sníží tlaková ztráta systému.



**Obr. 21:** Nomogram solárního systému pro konvekční sušení, platný pro systém z obr. 19 a schématu 20 (bez akumulace, objem hmotnostního průtoku od  $20 \text{ kg/h.m}^2_{\text{Aa}}$  do  $100 \text{ kg/h.m}^2_{\text{Aa}}$ ).

K pochopení křivek v obr. 21 je třeba mít opět na paměti, že celková potřeba energie (a požadovaný hmotnostní průtok) je stálá. V simulacích se měnila pouze velikost kolektorového pole (tj. měrná potřeba energie).

Pro vysoké specifické potřeby energie (malé kolektorové pole) mohou většinou kolektory běžet při velkém hmotnostním průtoku (při vysoké účinnosti), jelikož výstupní teplota  $40^\circ\text{C}$  není většinou dosažena (kvůli snadnější instalaci je většinou jedna řada vzduchových kolektorů zapojena sériově). Na druhou stranu je solární pokrytí velmi nízké a dohříváč musí být v činnosti. V případě velkých kolektorových polí jsou měrné zisky systému nižší, protože hmotnostní průtok v kolektorech se musí snížit a ve slunečných dnech se tím snižuje účinnost kolektorového pole. Pro tento systém a schéma dodávky se dá uvažovat ve střední Evropě se solárním pokrytím v hodnotách 15 – 20 %, v jižní Evropě díky vyššímu záření a vyšším teplotám to bude 25 – 35 %.

# Solární technologické teplo

## 6 Pravidla pro navrhování a provoz solárních termických systémů v průmyslu

Záměrem této příručky není poskytnout rozsáhlé informace o specifických otázkách projektování, rozvržení systému a technických komponentech velkých solárně termických zařízení. Podrobné [informace o projektování, instalaci a dimenzování technických komponentů solárních tepelných systémů lze najít v \[6\], \[7\] a \[14\]](#).

Tato kapitola pojednává o některých pravidlech navrhování a provozu solárních systémů na využívání technologického tepla, která se mohou lišit od běžných velkých solárně-termických zařízení.

V [\[8\]](#) naleznete doplňkové informace a odkazy k textu obsaženému na následujících stránkách.

### 6.1 Připojení k průmyslovému procesu/běžný systém přípravy tepla

U systémů pro mytí/čištění musí být akumulární nádrž solárního systému připojena na systém dodávky teplé vody prostřednictvím tepelného výměníku (předávací stanice). Je tomu tak ze tří důvodů:

- **Legionella:** Když je pitná voda skladována v objemech větších než 400 l, musí být nádrž jednou denně zahřívána nad 60 °C, aby nedošlo k rozmnožení bakterie legionelly.
- **Tvorba kamene:** Když se čerstvá voda zahřívá na více než 60 °C, dochází k usazování minerálů (v nádržích, tepelných výměnících atd.), což snižuje přestup tepla a průtok.
- **Koroze:** Může nastat v případech, kdy jsou např. běžné ocelové nádrže nebo měděné trubky v přímém kontaktu s užitkovou vodou obsahující velké množství kyslíku.

Tvorba kamene: Usazování vodního kamene a koroze jsou také důvody, proč nemůže být přídavná voda ohřívána přímo v solárním zásobníku (viz obr. 11). V továrnách s nerovnoměrnou potřebou čisticí vody a velmi vysokou průtokovou rychlostí je obvykle nainstalován přídavný vyrovnávací zásobník, protože předávací stanice mohou požadovanou teplotu zajistit pouze do určité míry (viz obr. 8).

### 6.2 Stagnace

Pokud dochází k osvitlu solárních kolektorů při poruše, kdy čerpadlo kolektorového okruhu **není v provozu**, začne se kolektorové pole zahřívát, až dosáhne stagnační teploty. Je to teplota, kdy se energie absorbovaná kolektorem rovná jeho tepelným ztrátám. Může být vyšší než 200 °C v závislosti na typu kolektoru a potrubních rozvodech.

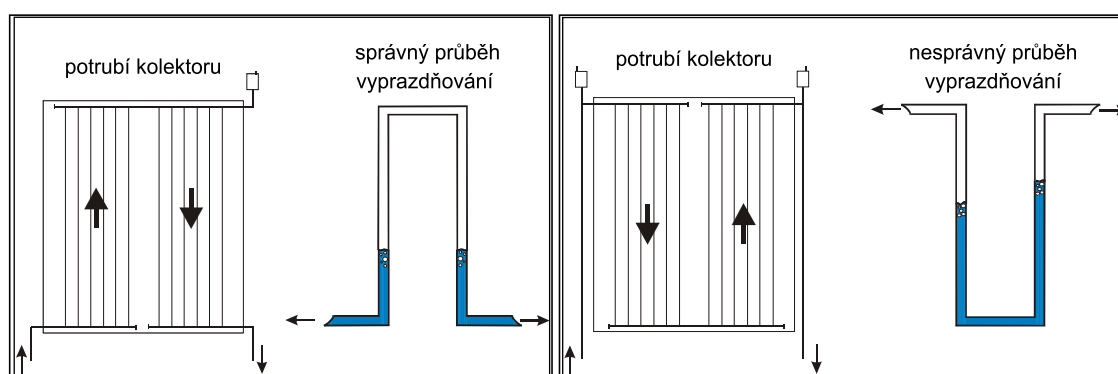
**Jednotlivé fáze stagnace** probíhají následovně: Nejprve se díky stoupající teplotě začne rozpínat kapalina v kolektoru. Když je dosaženo teploty odpařování (v závislosti na tlaku v systému), tvoří se bubliny páry. Tlak v systému rychle stoupá. V závislosti na konstrukci trubkového registru kolektoru může být tekutina vytlačena z kolektorů prvními bublinami páry (viz obr. 22). Pára pronikne do spojovacího potrubí solárního pole a může se dostat do ostatních částí solárního okruhu (podle množství páry vznikající v kolektorech). Zbylá kapalina v kolektorech se vaří při vyšších teplotách v důsledku aktuálního vyššího tlaku v systému. Pára v kolektorech je přehřátá. Když poklesne teplota, je kolektorové pole znovu naplněno kapalinou z expanzní nádrže.

**Možné důvody stagnace** u výroby páry v kolektorech jsou:

- je dosažena maximální teplota v nádržích a čerpadlo se zastaví;
- závada v ovládání nebo jeho čidlech, nebo defekt na čerpadle v okruhu kolektorů;
- netěsnosti v solárním okruhu, snížení systémového tlaku.



**Stagnací mohou být zapříčiněné následující problémy:** Teplonosná kapalina (voda/glykol) může stárnout rychleji nebo může být dokonce zničena. Glykol může být buď poškozen tepelně (dlouhodobé teploty nad 160 °C, v závislosti na typu glykolu) nebo kyslíkem (v případě netěsností). Pokud je glykol zničen při velmi vysokých teplotách, může zablokovat kolektorové vedení. Komponenty solárního okruhu mohou být tepelně poškozeny, zejména membrána expanzní nádrže, armatury, odvzdušňovače, čerpadlo atd. Pokud jsou expanzní nádrž nebo bezpečnostní ventil špatně nadimenzovány, může náplň kolektorového okruhu uniknout. Kromě technických problémů nemůže také být solárně-termickým systémem v případě stagnace využita pohlcená energie, což snižuje hospodárnost systému.



**Obr. 22:** Srovnání příznivého (nalevo) a nepříznivého (napravo) uspořádání proudění v kolektorech. Když se kolektory nebo kolektorové pole vyprazdňují dobře (konfigurace obrácené U), může vzniknout jen malé množství páry, která se nedostane hlouběji do systému. U proudění na obrázku vpravo se veškerá kapalina uvnitř kolektorů musí vypařit a může být teplem znehodnocena.

Problémům se stagnací se lze vyhnout ve fázi projektování. Každý systém musí mít navržen koncept stagnace, protože stagnace je součástí provozního režimu, která se běžně vyskytuje (např. při nulové potřebě tepla o prázdninách).

Jak je možné předcházet problémům se stagnací:

- Instalujte kolektory a kolektorová pole s dobrou vyprazdňovací schopností (konfigurace obrácené U), zároveň se však ujistěte, že i vzduch, který vnikl do kolektorů může být zase zcela odstraněn.
- Zajistěte správné dimenzování expanzní nádrže. Měla by být schopna pojmout celý objem kolektorového potrubního rozvodu. Ochraňte expanzní nádrž před párou (neizolujte spojovací potrubí, popř. použijte pasivní chladiče, pokud je přepokládané množství vzniklé páry velké).
- Neinstalujte zpětný ventil mezi kolektorové pole a expanzní nádrž.
- Zajistěte správné dimenzování pojistného ventilu, aby snesl stagnační tlak (obvykle 6 barů).
- Pokud jsou komponenty v dosahu páry, zvolte takové, které jsou odolné vůči páře a vysokým teplotám. Vyberte také druh glykolu, který může být používán při vysokých teplotách.
- Zejména u vakuových trubcových kolektorů, kde není u potrubí možná konfigurace „obrácené U“, je třeba spolehlivě znát množství vzniklé páry pro dané kolektorové pole. Je to důležité návrhové kritérium např. pro expanzní nádobu.

# Solární technologické teplo

- Zajistěte regulaci oběhového čerpadla tak, že čerpadlo nemůže být znovu spuštěno, když je uvnitř kolektorů pára (nastavením maximální provozní teploty).
- **Nízký systémový tlak snižuje tepelné namáhání kapaliny v kolektorech** (ale musí být vzat v úvahu vyšší vývin páry).
- Pokud je to nutné, **použijte aktivní chlazení**. U plochých kolektorů může být teplo odevzdáno v noci pomocí kolektorů. Při dosažení určité teploty mohou být také připojeny k solárnímu poli aktivní vodní/vzduchové výměníky. Mějte na paměti, že tato opatření snižují měrné zisky a měla by být použita pouze tehdy, když je to nezbytně nutné.
- U malých provozů **se ujistěte, že jsou tam dostatečně velké nádrže**, které by pojmuly veškerou vyrobenou energii o víkendech, kdy je nulová potřeba tepla. Tím se předejde stagnaci a zvýší se efektivnost systému. Pamatujte na to, že **tepelná kapacita nádrží je tím větší, čím nižší je teplota na vstupu**. V případě, že je podporován uzavřený vysokoteplotní proces, je tato teplota vysoká (viz obr. 14).

Více informací o aspektech stagnace můžete najít v [9].

## 6.3 Provoz solárně termického systému

Požadavky na údržbu solárně termických systémů jsou minimalizovány správným návrhem a instalací systému.

**Nejdůležitější pro správný provoz systému je předat zodpovědnost za pravidelné nezbytné kontroly (viz [8]) odborníkovi, který zná průmyslový podnik (obvykle technik) nebo někomu z instalační firmy (v případě „solárního contracting“).**

Pro pravidelné kontroly by měly být k dispozici podrobné nákresy systémů a pokyny k údržbě.

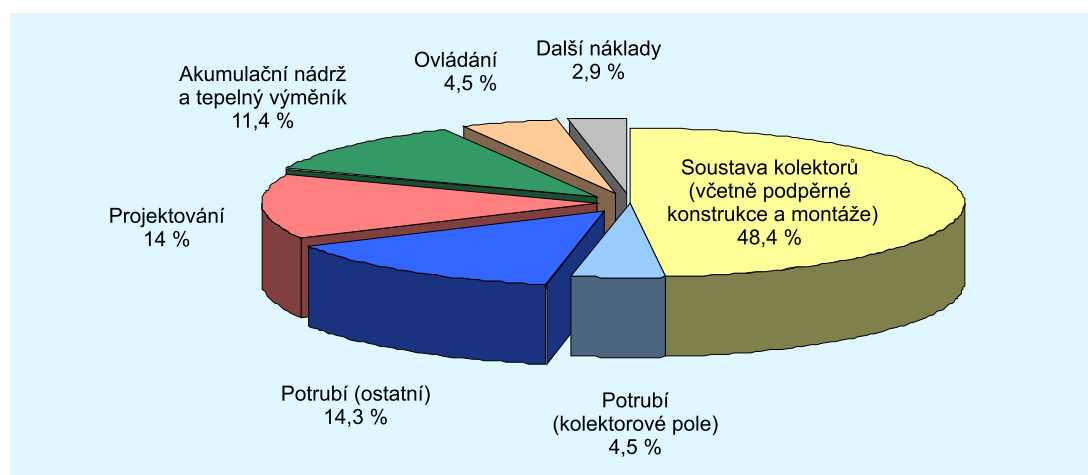
K zajištění maximální účinnosti solárně termického systému by mělo po nainstalování systému následovat odpovídající nastavení regulovaných parametrů podle skutečného chování procesu. Také se doporučuje mít **elektronické sledování** parametrů solárně termického systému a energetických zisků, aby mohly být snadno provedeny optimalizace a omezeny nezbytné kontroly v místě např. po prázdninách.

## 7 Náklady a dotace

### 7.1 Náklady na běžný systém

**Náklady na instalace** solárních systémů na využívání procesního tepla **se pohybují mezi 180 a 500 EUR/m<sup>2</sup><sub>Aa</sub>**. Cena se liší v závislosti na návrhu systému, velikosti systému, vybraných komponentech (např. výběr typu kolektoru) a specifických faktorech daného státu. Instalace na solární sušení mohou být méně nákladné, protože obvykle není nainstalována akumulční nádrž. Obrázek 23 zobrazuje rozdělení investičních nákladů pro větší solárně termický systém v Německu. **Specifické náklady u větších systémů se snižují**, protože např. investice na projekt a regulaci se nezvyšují úměrně s náklady za kolektorové pole.

Jak již bylo zmíněno, **mohou být roční energetické zisky systémů na výrobu solárního procesního tepla dvojnásobné ve srovnání s bytovým sektorem** v závislosti na minimální vstupní teplotě, technologické teplotě a průběhu potřeby tepla. Může to dramaticky snížit dobu návratnosti (v závislosti na tom, jaké palivo je nahrazováno - olej, plyn či elektřina).



**Obr. 23:** Rozdělení specifických investičních nákladů pro větší solárně termické instalace (Solarthermie-2000, zveřejněno v [10]).

Řádně navržený a správně udržovaný solárně termický systém může mít životnost až 20 let. **Náklady na instalaci vhodně navržených zařízení pro výrobu solárního tepla se pohybují mezi 2 – 8 centy/kWh**, především v závislosti na umístění, podpoře procesů a vstupních teplot.

### 7.2 Dotační programy

Pro podporu instalací solárních zařízení pro průmyslové procesy lze využívat dotace a finanční podporu na třech úrovních: na úrovni evropské, národní a regionální.

#### 7.2.1 Evropské dotace

Jedním z dotačních programů EU je tzv. **Operační program Podnikání a inovace (OPPI) 2007 – 2013**, který získává prostředky z Evropského fondu pro regionální rozvoj. Tento program spadá do kompetence Ministerstva průmyslu a obchodu a je spravován agenturou Czechinvest. Solární systémy spadají do prioritní osy 3 - Efektivní energie, s cílem zvýšit účinnost užití energií v průmyslu a využití obnovitelných, případně i druhotných zdrojů energie (vyjma podpory spaloven), **oblast podpory 3.1 - Úspory energie a obnovitelné zdroje energie, název programu podpory: EKOENERGIE**.

# Solární technologické teplo

Program je určen pro žadatele z řad podnikatelských subjektů. Pro podávání žádostí jsou vyhlašovány časově omezené výzvy. Žádosti se podávají dvoukolově, nejprve tzv. registrační žádost, poté plná žádost. Potřebné informace včetně vyhlášených výzev je možno sledovat na [www.czechinvest.org](http://www.czechinvest.org).

Dalším evropským programem je [Operační program Životní prostředí \(OPŽP\) 2007 – 2013](#) spravovaný Státním fondem životního prostředí. V rámci tohoto programu patří solární systémy do prioritní osy 3 v [oblasti podpory 3.1 – Výstavba nových zařízení a rekonstrukce stávajících zařízení s cílem zvýšení využívání OZE pro výrobu tepla, elektřiny a kombinované výroby tepla a elektřiny](#).

Žadatelé v tomto programu mohou být pouze obce a města, jejich příspěvkové organizace a obchodní společnosti a ostatní veřejnoprávní subjekty. Pro podávání žádostí jsou rovněž vyhlašovány časově omezené výzvy. Ostatní údaje včetně vyhlášených výzev je možno sledovat na [www.opzp.cz](http://www.opzp.cz).

## 7.2.2 Národní dotace

Pro rozsáhlý okruh žadatelů je určen dotační [program EFEKT](#) Ministerstva průmyslu a obchodu, který podporuje energetické úspory a využití obnovitelných zdrojů energie v ČR a doplňuje energetické programy podporované ze strukturálních fondů Evropské unie. Je součástí Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie. Dotace jsou poskytovány mj. na osvětovou činnost, energetické plánování, pilotní projekty aj. Podrobnější informace naleznete na [www.mpo-efekt.cz](http://www.mpo-efekt.cz) – sekce Programy podpory.

## 7.2.3 Regionální dotace

Regionální dotace na instalaci solárních kolektorů poskytují i některé obce. Výše podpory je stanovena podle různých kritérií (podpora projektové dokumentace, podpora podle plochy kolektorů, podle instalovaného výkonu, jednorázová podpora, bezúročná půjčka apod.) a odpovídá spíše malým zařízením. V současné době je většina těchto dotací pro nedostatek financí bohužel pozastavena.

## 8 Závěr

Na začátku této příručky bylo uvedeno, jak velký potenciál v sobě skrývá využití solárního tepla v průmyslových procesech. Přesto můžeme zaregistrovat zatím pouze několik desítek takovýchto zařízení realizovaných v rámci Evropy. V řadě podniků na území České republiky jsou rovněž instalována solárně termická zařízení, ale jsou určena vesměs pro hygienickou očistu pracovníků, ne pro vlastní průmyslový proces.

Hlavním měřítkem pro rozhodnutí většiny průmyslových podniků, zda solární termické zařízení v průmyslovém provozu realizovat je hledisko ekonomické. V současném prostředí daném cenami energií a cenou za instalaci zařízení je návratnost bez dotační podpory, měřeno hledisky ekonomiky provozu, těžko přijatelná. Výrazný podíl na tomto výsledku má i geografická poloha naší země a s tím související hodnota celkové sluneční radiace, která nedovoluje překročení limitů pro solární zisky ani při sebevětší snaze. Nemalou roli hraje i skutečnost neustálé přítomnosti odpadního tepla z řady nezbytných technologických procesů.

Jakkoli nelze změnit souřadnice zeměpisné šířky, je možno všestrannou podporou ovlivnit vývoj trhu směrem ke specializovaným výrobkům vhodným pro velká solární termická zařízení, vyráběným ve velkém množství a tedy i levnějším. Je to dlouhodobý úkol, k jehož splnění musí přispět i přiměřené legislativní prostředí. Časové hledisko hraje v současné době pro Slunce, neboť do budoucna se dá očekávat zdražování energie ze standardních zdrojů.

Jednoznačně nejvýhodnějším technologickým zařízením je **sluneční zařízení pro předehřev vody**. V tomto případě se čerstvá voda ohřívá z cca 15 °C na 45 °C a navíc při nízkém solární podílu do 40 %, jsou vykazovány solární zisky až 600 kWh/m<sup>2</sup> a rok, beze ztrát ve formě letních přebytků - oproti standardnímu ohřevu v zásobníku na 60°C s pokrytím 60 %, se solárními zisky cca 350 kWh/m<sup>2</sup> a rok. Návratnost takovéhoho zařízení klesá již dnes (při srovnání s ohřevem elektřinou) pod deset let, a to bez jakékoli podpory.

Příručku, kterou držíte v ruce, vydalo občanské sdružení **Energy Centre České Budějovice (ECČB)**. Toto poradenské středisko funguje již od roku 1998. Poskytuje **bezplatné a nezávislé poradenství** občanům, veřejné správě i firmám. Poradenství se týká např. toho, jakým způsobem lze ekologicky vytápět objekty, jak nejlépe vyřešit stavební detaily v projektech, aby byly minimalizovány tepelné mosty, jaké dotace je možné získat pro energeticky úsporná opatření a zařízení na využívání obnovitelných zdrojů energie atd. Náklady na toto poradenství jsou kryty z veřejných dotací. Další ze služeb, kterou ECČB provádí, je měření termovizní kamerou, jejíž pomocí lze zjistit tepelné mosty a zvýšené úniky tepla obvodovými konstrukcemi budov. Pokud máte zájem o úspory energií a bezplatné energetické poradenství, můžete si domluvit termín vaší konzultace na tel.: 387 312 580 (pro velký zájem je nutno se objednat předem) nebo můžete svůj dotaz zaslat emailem na [eccb@eccb.cz](mailto:eccb@eccb.cz). Další informace naleznete na [www.eccb.cz](http://www.eccb.cz).



# Solární technologické teplo

## 9 Literatura / další informace

### Literatura / další informace

- [1] S. Werner (2007): The European Heat Market, ECOHEATCOOL - Work Package 1. Final Report, IEE ALTENER Project, Euroheat & Power, Belgie
- [2] C. Vannoni, R. Battisti, S. Drigo (2008): Potential for Solar Heat in Industrial Processes. IEA Task 33/IV: Solar Heat for Industrial Processes. Ciemat, Madrid. [www.iea-shc.org/task33/publications](http://www.iea-shc.org/task33/publications)
- [3] C. Brunner, B. Slawitsch et al. (2008): Industrial process indicators and heat integration in industries. IEA Task 33/IV: Solar Heat for Industrial Processes. AEE INTEC, Gleisdorf. [www.energytech.at/pdf/ieatask33\\_4\\_ipi.pdf](http://www.energytech.at/pdf/ieatask33_4_ipi.pdf)
- [4] EINSTEIN: Expert system for an Intelligent Supply of Thermal Energy in Industry. <http://iee-einstein.org/>
- [5] W. Weiss, M. Rommel (2008): Process Heat Collectors. IEA Task 33/IV: Solar Heat for Industrial Processes. AEE INTEC, Gleisdorf. [www.iea-shc.org/task33/publications](http://www.iea-shc.org/task33/publications)
- [6] Planning and Installing Solar Thermal Systems. A Guide for Installers, Architects and Engineers. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS). 2.vydání, květen 2010, ISBN 9781844077601
- [7] VDI 6002 Blatt 1: Solar heating for domestic water - General principles, system technology and use in residential building, Verein Deutscher Ingenieure (VDI), září 2004, německý jazyk/anglický jazyk. K dispozici na [www.vdi.de](http://www.vdi.de)
- [8] A. Aidonis, V. Drosou et al. (2002): PROCESOL II: Solar thermal plants in industrial processes - Design and Maintenance Guidelines. Centre for Renewable Energy Sources, Pikermi. [www.energytech.at/pdf/procesol\\_2\\_english.pdf](http://www.energytech.at/pdf/procesol_2_english.pdf)
- [9] StagSim: Verbundprojekt zu Systemuntersuchungen großer solarthermischer Kombianlagen. [www.solarkombinlagen-xl.info](http://www.solarkombinlagen-xl.info)
- [10] F. Peuser (2002): Große Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung. BINE Themen Info III/2002. [www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Themen-Infos/III\\_2002/themen0302internetx.pdf](http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Themen-Infos/III_2002/themen0302internetx.pdf)
- [11] T. Müller, W. Weiss et al. (2004): PROMISE: Produzieren mit Solarenergie. Final report. [http://www.nachhaltigwirtschaften.at/nw\\_pdf/0401\\_promise.pdf](http://www.nachhaltigwirtschaften.at/nw_pdf/0401_promise.pdf)
- [12] H. Schweiger et al. (2001): POSHIP: Potential of Solar Heat in Industrial Processes. Final report. [http://www.solarpaces.org/Library/docs/POSHIP\\_Final\\_Report.pdf](http://www.solarpaces.org/Library/docs/POSHIP_Final_Report.pdf)
- [13] T. Matuška: Solární tepelné soustavy – Sešit projektanta – pracovní podklady. STP 2009
- [14] K.H. Remmers – Velká solární zařízení – návrh, provoz, realizace. Era Group spol. s r.o. 2007

## Solární technologické teplo

Zatímco využívání solární energie k přípravě teplé vody v soukromém a veřejném sektoru se stalo běžnou záležitostí, systémy na využívání solárního technologického tepla v průmyslu jsou zatím realizovány velmi zřídka. Potenciál je přitom velký: okolo 30 % potřeby tepla v průmyslu v Evropě se pohybuje v oblasti teplot pod 100 °C, je tedy vhodné pro využití sluneční energie.

Evropský projekt Solární technologické teplo (Solar Process Heat, tzv. So-Pro), který byl spuštěn v červnu 2009 v rámci programu Inteligentní energie Evropa, je zaměřen na podporu vybudování trhů pro solární technologické teplo v 6 evropských regionech – Horní Rakousko/Rakousko, Castilla a Madrid/Španělsko, Jihočeský kraj/Česká republika, Severní Porýní-Westfálsko/Německo, Sasko/Německo a Maribor/Slovinsko. Jihočeským partnerem projektu je Energy Centre České Budějovice.

Projektové aktivity zahrnují např. cílený rozvoj trhu, proškolení odborníků, vypracování dotazníku pro průmyslové podniky, Příručky pro navrhování zařízení pro výrobu solárního tepla pro vybrané průmyslové procesy či spuštění 12 pilotních projektů.

Projekt je vhodný zejména pro průmyslové podniky, v kterých se vyskytuje výrobní technologický proces vyžadující teplotu pod 100 °C. Dobré podmínky pro využití solárního technologického tepla mohou být zejména v následujících odvětvích průmyslu: potravinářský, textilní, kovo zpracující, strojírenský, elektronický a chemický průmysl.

Další informace o projektu So-Pro naleznete na [www.eccb.cz](http://www.eccb.cz) v sekci Projekty EU nebo na webových stránkách projektu [www.solar-process-heat.eu](http://www.solar-process-heat.eu) (informace v angličtině).

