

Technická univerzita v Liberci
461 17 Liberec I, Studentská 2
Fakulta strojní
Katedra energetických zařízení

Solární fototermální systémy v extrémních klimatických podmínkách České republiky

Disertační práce

Školitel:
Doc. Ing. Jiří Unger, CSc.

Ing. Dalibor Skácel

Liberec 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou disertační práci zpracoval samostatně a všechny citace jsem zvýraznil a doložil prameny v seznamu použité literatury.

V Liberci dne 13. listopadu 2011

.....

Abstrakt

Disertační práce se zabývá problematikou využití slunečních fototermálních systémů zejména v kombinaci pro ohřev teplé užitkové vody a přitápění v našich klimatických podmínkách. K řešení byly použity zkušenosti z realizovaných solárních systémů. Práce poukazuje na hlavní možnosti zlepšení efektivity nově navrhovaných a realizovaných solárních systémů zejména pro přitápění. V rámci provedených experimentů bylo navrženo a vyzkoušeno konkrétní opatření a zařízení zlepšující solární zisky zejména v extrémní zimní polovině roku, kdy jsou nároky na tepelnou energii nejvyšší.

Klíčová slova

tepelný transformátor, kvalita energie, teorie pasivity

Abstract

The dissertation deals with the use of solar photothermal systems, especially in combination for hot water and heating in our winter climate. The solutions were applied experience in solar systems implemented and this paper examines the main options for improving the effectiveness of newly proposed and implemented solar systems, mainly for house heating. The experiments conducted were designed and tested the concrete measures and improving solar devices will be particularly extreme in winter half year, when demand is highest at thermal energy.

During experiments was designed and tested in concrete measures (disposal) and equipment to optimize the solar gain

Keywords

heat transformer, power quality, passivity theory

1	Teorie přeměny a využívání sluneční energie	1
1.1.	Slunce a jeho přeměny	1
1.2.	Teorie přenosu energie zářením	3
1.3.	Teorie fototermálních solárních systémů	6
1.3.1.	Vnější okrajové podmínky	6
1.3.2.	Vnitřní okrajové podmínky	7
1.3.3.	Provozní okrajové podmínky	7
1.3.4.	Účinnost slunečních kolektorů	8
1.4.	Dimenzování solárních systémů pro přitápění	9
1.4.1.	Dimenzování kolektorové plochy	9
1.4.2.	Dimenzování akumulace solárního tepla	11
2	Solární systémy pro přitápění	13
	Souhrn - úvod do problematiky	13
	Prvky solárních systémů pro přitápění	13
2.1.	Sluneční kolektory a jejich aplikace	15
2.1.1.	Druhy slunečních kolektorů	15
2.1.2.	Aplikace slunečních kolektorů	18
2.1.3.	Umístění slunečních kolektorů	19
2.2.	Akumulace - Zásobníky	21
	Typické zásobníky pro kombinované solární systémy	
2.2.1.	pro přitápění a ohřev TV	22
2.2.2.	Stratifikační zásobníky pro solární systémy	22
2.2.3.	Sezónní akumulace	24
2.3.	Další prvky solárních systémů	26
2.3.1.	Teplonosné látky	26
2.3.2.	Primární potrubí a izolace prvků solárních systémů	27
2.3.3.	Řídící systémy a bezpečnostní prvky	28
	Čerpadlové jednotky, výměníky tepla a další prvky	
2.3.4.	solárních systémů	28
	Typická systémová kombinovaných solárních	
	systémů pro ohřev TV s přitápěním pro malé systémy	
2.4.	v RD	29
	Optimalizace jednotlivých prvků solárních	
3	systémů	35
3.1.	Sluneční kolektory	35
3.1.1.	Optimalizace konstrukčního řešení	36
	Bezrámové a bezvanové konstrukční řešení plochého	
3.1.2.	slunečního kolektoru -užitný vzor	37
3.1.3.	Použité materiály a typy kolektorů	39
3.1.4.	Vakuové versus ploché kolektory a jejich kombinace	39
3.2.	Akumulace solární energie	40
3.2.1.	Zvyšování kapacity	40
3.2.2.	Zvyšování efektivity akumulace (nabíjení/vybíjení)	40
3.2.3.	Snižování investičních nákladů na akumulaci	41
3.3.	Topná soustava	44
3.4.	Vzájemné vazby procesu nabíjení a vybíjení	45

	Řízení nabíjení kombinovaného zásobníku	
3.4.1.	konvenčním zdrojem	45
3.4.2.	Řízené vybíjení zásobníku	46
3.4.3.	Sekundární vazby a prvky fuzzy logiky	47
3.5.	Navrhování kombinovaných sol. systémů pro přítápění a ohřev TV	48
3.5.1.	Dimenzování kolektorové plochy	49
3.5.2.	Dimenzování akumulace	49
3.5.3.	Systémová řešení	50
3.6.	Sekundární využití solárních systémů	52
3.6.1.	Solární chlazení	52
3.6.2.	Solární technologické teplo	54
3.7.	Kvalitní inženýring	55
3.8.	Teorie pasivity	57
4	Tepelná transformace	60
	Kombinované systémy tepelných čerpadel se solárními fototermálními kolektory	60
4.1		60
4.2	Tepelné transformátory versus tepelná čerpadla	63
4.3	Konkrétní schémata solárních systémů s tepelným transformátorem	66
4.3.1.	Tepelný transformátor mezi dvěma zásobníky, varianta -J-	66
4.3.2.	Tepelný transformátor mezi dvěma zásobníky, varianta -K-	67
4.3.3.	Tepelný transformátor mezi dvěma zásobníky, varianta -L-	68
4.3.4.	Tepelné transformátory s přímým napojením na primární solární okruh, varianty -M1,M2-	69
4.3.5.	Tepelný transformátor s jedním zásobníkem a dostatkem připojovacích míst, varianta -N-	70
4.3.6.	Tepelný transformátor s jednobodovým připojením výparníku a kondenzátoru tepelného transformátoru, varianta -O-	71
4.3.7.	Tepelný transformátor s přímou integrací chladicího okruhu do nádrže, s jedním nebo oběma výměníky, varianta -P,R-	72
4.4.	Tepelný transformátor nové generace - „Double TT“, varianta -S-	74
4.5.	Tepelná transformace aneb perpetum mobile ?	75
4.6.	Energetická bilance typického RD s použitím tepelné transformace -vzorový příklad-	75
4.7.	Dimenzování a způsob řízení tepelné transformace	79
4.7.1.	Dimenzování tepelných transformátorů	79
4.7.2.	Způsob řízení tepelných transformátorů	83
4.8.	Ekonomické hodnocení tepelné transformace	83
5	Experimentální část	85

	Základní rozbor měření a sledování tří solárních	
5.1.	systémů pro přitápění	85
5.2.	Solární systém -A-	86
5.2.1.	Popis sol. systému -A-	86
5.2.2.	Popis provozu sol. systému -A-	86
5.3.	Solární systém -B-	87
5.3.1.	Popis sol. systému -B-	87
5.3.2.	Popis provozu sol. systému -B-	87
5.4.	Solární systém -C-	88
5.4.1.	Popis systému -C-	88
5.4.2.	Popis provozu sol. systému -C-	89
5.5.	Popis optimalizace sol. systému -C- na: -C2-	90
5.5.1.	Popis optimalizačního opatření	90
5.5.2.	První etapa optimalizace	91
5.5.3.	Kolektorová plocha versus sněhová přikrývka	91
5.5.4.	Druhá etapa optimalizace	93
5.5.5.	Měření a vyhodnocení optimalizačního opatření solárního systému -C2-	94
5.5.6.	Další návrhy optimalizace -C3-	99
5.6.	Simulace provedené programem PolySun 4.4	101
5.6.1.-8.	Osm variant solárních systémů simulovaných v programu PolySun 4.4	102
6	Ekonomické hodnocení solárních systémů pro přitápění	118
6.1	Teorie ekonomického hodnocení solárních systémů	118
6.1.1.	Investiční náklady solárních systémů	119
6.1.2.	Provozní náklady solárních systémů pro přitápění	120
6.1.3.	Energetické zisky solárních systémů pro přitápění	120
6.1.4.	Cena konvenční energie	121
6.1.5.	Základní výpočtové vztahy ekonomického hodnocení	121
6.2.	Ekonomické přínosy optimalizačního opatření s aplikací TT	122
6.2.1.	Ekonomické hodnocení varianty -A-	126
6.2.2.	Ekonomické hodnocení varianty -B-	128
6.2.3.	Ekonomické hodnocení varianty -C-	131
6.2.4.	Ekonomické hodnocení varianty -D-	133
6.2.5.	Ekonomické hodnocení varianty -E-	136
6.3.	Ekonomické přínosy optimalizačního opatření s aplikací TT	138
7.	Závěr	139
7.1.	Připravované a rozpracované projekty	139
7.2.	Závěrečná úvaha	140
	Vysvětlivky	
	Literatura	

Přílohy:

P01 – Technický list kolektoru H400V	2
P02 – Technický list zásobníku Solarito II	4
P03 – Technický list tepelný transformátor TT01	2
P04 – Technický list sekundární akumulční zásobník ALFA01	2
P05 – Počet hodin chodu solárního ohřevu porovnávaných sol. systémů	2
P06 – Obrazová příloha	3
P07 – Struktura ceny solárních systémů	5
P08 - Hydraulické schéma včetně řízení -C2-	1
P09 – Ukázka měřených dat	5
P10 - Pyranometr RS81	1
P11 - Měřená data 8. týden 2010 -tabulky,grafy	21
P12 - Měřená data 12. týden 2010 -tabulky,grafy	21
P13 - Reálné související ceny	2
P14 - Hydrometeorologická data	6

Solární fototermální systémy v extrémních klimatických podmínkách České republiky

Ing. Dalibor Skácel

Úvod

Uvážíme-li rostoucí ceny fosilních zdrojů energie a zhoršující se životní prostředí, je návrat k jedinečnému a základnímu zdroji energie na Zemi, ke Slunci, logickým řešením. Fototermální přeměna slunečního záření na teplo pomocí slunečních kolektorů patří mezi nejúčinnější transformace obnovitelných zdrojů energie na formu energie užitečnou pro člověka.

Solární systémy v extrémních klimatických podmínkách⁽¹⁾ mohou za dodržení přísných podmínek a při technologické disciplinovanosti krýt nezanedbatelné procento konvenční spotřeby energie na vytápění a přípravu TUV. Solární termální systémy se vyznačují minimálními provozními náklady a dlouhodobou životností, což jsou určující faktory pro pozitivní vývoj tohoto odvětví. I v našich podmínkách dopadá v zimním období dostatek slunečního záření, abychom je mohli využít k vytápění větším podílem než stávajícími solárními systémy.

Výraznému rozvoji tohoto odvětví brání zejména nízké ceny konvenčních energií, ve kterých nejsou započítány externality spojené s devastací životního prostředí a s čerpáním jedinečného nenahraditelného nerostného bohatství v podobě fosilních zdrojů energie. Dalším faktorem negativně ovlivňujícím rozvoj dané problematiky je odklon od sluneční strategie,⁽²⁾ k němuž došlo v době průmyslové revoluce, kdy se člověk výrazně přeorientoval od přirozené současné energie na koncentrované, zejména fosilní zdroje, tím zároveň ustal vývoj v oblasti OZE.⁽⁴⁾ Energetický výzkum a vývoj si zjednodušil zadání a po dobu 150 let přestal řešit některé problémy, které jsou typické zejména pro OZE. Mezi ně patří malá hustota energie, méně tradiční formy transformace energie, náročnější a důležitější akumulace, navyšování **kvality energie**,⁽³⁾ úsporná energetická opatření,⁽⁵⁾ nesoučasnost, přirozená nestabilita⁽⁶⁾ apod.

Shrnutí

Jedná se o rozbor problematiky využití slunečních kolektorů pro přitápění v našich extrémních klimatických podmínkách⁽¹⁾ s vyšší výtěžností a nižší technologickou investicí oproti projektům realizovaným v současnosti.

Hlavními překážkami jsou nízká kvalita a množství slunečního záření v našich zimních klimatických podmínkách, technická nedokonalost technologických prvků solárních systémů a **systémů vázaných**.⁽⁷⁾

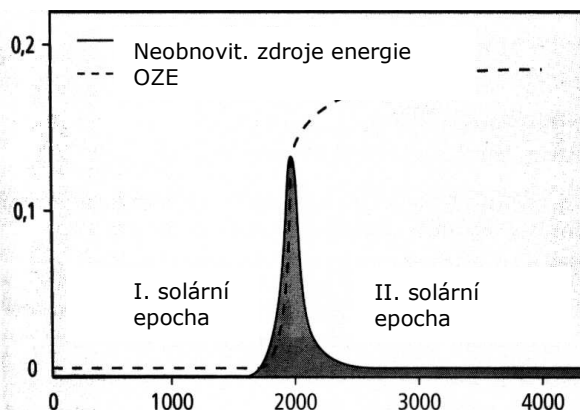
Současný vývoj se zaměřuje zejména na využití termálních systémů koncentračních pro produkci elektřiny, což není vhodné do našich podmínek, a dále na využití tepelné přeměny sl. záření k produkci chladu.

Tato práce si klade za cíl rozebrat tuto problematiku v nových úhlech pohledu, od jednotlivých detailů až po komplexní vazby. V zásadě se snažím hledat originální a nové pohledy na dlouhodobý problém s využitím fototermálních slunečních kolektorů pro přitápění. Vedle typických „moderních“ problémů k řešení, jako jsou stratifikační zásobníky,⁽⁹⁾ účinnější akumulace, inteligentní řízení, se zaměřuji na účinnější využití slunečních kolektorů prostřednictvím snižování střední teploty na kolektoru **aktivními prvky** (odstavec níže), například tepelným čerpadlem, případně jiným systémovým řešením. Oproti realizovaným systémům a rozebírané problematice kombinovaných systémů tepelná čerpadla versus solární systémy, kde dominantní roli hrají tepelná čerpadla a solární systémy slouží jako doplněk, se soustředím primárně na solární systémy a jejich energetické zisky.

- práce-
- práce-
- práce-
- práce-
- práce-
- práce-
- práce-
- práce-

Vysvětlivky

- 1- **Extrémní klimatické podmínky** – Tímto pojmem popisují přirozené zejména zimní meteorologické podmínky ve střední Evropě víceméně z hlediska množství dopadajícího slunečního záření, jeho kvality a venkovních teplot pro využití slunečních kolektorů k vytápění.
- 2- **Sluneční strategie** – Pojem zavedl německý aktivista, politik a předseda společnosti EUROSOLAR Dr. Herman Scheer. Člověk se vyvíjí tisíce let jen díky Slunci a všem jeho transformovaným formám energie, momentální odklon k fosilním a jaderným zdrojům energie je jen dočasný, sluneční strategie nehovoří o krytí podílu z OZE na celkové spotřebě v několika jednotkách či desítkách procent, ale o absolutní nezávislosti na neobnovitelných zdrojích energie.



- 3- **Kvalita energie** – Tento pojem zavádím pro vyšší srozumitelnost zejména neodborné veřejnosti, v zásadě bychom mohli hovořit o vnitřní energii nebo používat další termíny čistě termodynamického charakteru. Kvalita energie jako pojem používaný v tomto dokumentu zaštiťuje ovšem hlubší souvislosti spojené zejména s užitnou hodnotou energie, využitelnost přirozené energie pro člověka. Teplota, množství, stabilita, užitná forma energie a další vlastnosti související s využitelností a vazbou na obnovitelné zdroje energie jsou zahrnuty pod tímto pojmem.
- 4- **OZE** – Obnovitelné zdroje energie – přímé sluneční záření, voda, vítr, biomasa, geotermální energie, energetické zdroje, které se stačí regenerovat v průběhu jejich spotřeby, energetické zdroje eliminující tvorbu skleníkových plynů, jediné zdroje energie na Zemi, na které má člověk přirozené právo.
- 5- **Úsporná energetická opatření** – Rozumíme všechna opatření vedoucí ke snižování spotřeby primárních zdrojů jaderných a fosilních. Světová ekonomika a moderní „demokracie“ je v této oblasti prakticky kontraproduktivní, protože je měřena spotřebou. Veškerý úspěch OZE je neodmyslitelně spjat s úspornými energetickými opatřeními.
- 6- **Přirozená nestabilita** – Konzervativním argumentem skeptiků na OZE je jejich nestabilita den/noc, vichřice/bezvětří, povodně/sucha... Všechny tyto přirozené vlastnosti jsou však jen určitou statistickou funkcí, v přírodě jinak není nic stabilnějšího než konstantní sluneční záření, které se na Zemi transformuje do různých podob, jednou je sucho, méně vody a více přímého slunečního záření, podruhé naopak. Pokud by tato rovnováha nebyla, entropie a chaos přírodních systémů by narůstaly a bránily klidnému rozvoji života na Zemi. S přirozenou nestabilitou zatím jen neumíme pracovat, protože jsme zvyklí na konstantní výhřevnost nafty.
- 7- **Vázané systémy** – Systémy, které bezprostředně ovlivňují výtěžnost solárních systémů pro vytápění, zejména kvalita budov a kvalita topných soustav.
- 8- **Stagnační stav** – Stav kolektoru, při kterém nedochází k odběru energie a ochlazení kolektoru zejména za výborných slunečních podmínek. Tento stav se projevuje zejména přehřátím kolektoru zplyněním teplotně látky a nárůstem tlaku primárního okruhu.

- 9- Stratifikace** – U solárních systémů se tento pojem využívá zejména k popisu teplotního vrstvení v solárních zásobnících. Dobrá stratifikace znamená velké teplotní rozdíly v zásobníku, nedegradaci kvality energie a lepší teplotní poměry na kolektoru, tedy vyšší výtěžnost solárních systémů.
- 10- Pasivní forma** – V tomto bodě myšleno bez využití tepelného transformátoru, běžně se tento pojem využívá ve smyslu tepelných zisků okny a transparentními plochami, více v odstavci: Teorie pasivity.
- 11- Společensko-ekonomický paradox** – Moderní civilizace a společenský rozvoj jsou velmi závislé na spotřebě energie. Čím více energie spotřebujeme, čím více vyrobíme a upotřebíme produktů závislých na energii, tím jsme ze společenského pohledu úspěšnější. Tento model jednoznačně brání prosazování úsporných energetických opatření a výraznému posunu ve využívání obnovitelných zdrojů energie. Užité energie, převážně fosilního původu, je dnes naší nejsilnější drogou a demokratická západní civilizace jejím největším dealerem. Koncentrované fosilní energetické zdroje produkují obrovské ekonomické zisky, tedy prostředky politické vůle. Výraznému rozvoji obnovitelných zdrojů energie dnes nebrání technologické nedostatky, nýbrž politická rozhodnutí a kapitál produkovaný bez přidané hodnoty – drancováním nerostného bohatství.
- 12- Současná technologická úroveň** – V oblasti OZE narážíme jakoby na nepřekonatelné bariéry pro výraznější prosazování čisté současné obnovitelné energie, protože nejsme schopni nových komplexních pohledů. Jednotlivé technologie a jejich účinnost posuzujeme odtažitě v kontextu se současnými konvenčními technologiemi pracujícími s fosilními a jadernými zdroji energie. Účinnost fotovoltaických článků generujících el. energii je sice pouze 15 %, ale jaká byla účinnost přeměny biologických látek na uhlí a jaká je účinnost dalších transformací při přeměně uhlí na „čistou“ elektřinu? Kolik stál první elektronický počítač před padesáti lety, a co uměl v porovnání s dneškem? Používá stejný výchozí materiál – polovodičový křemík. Jak by asi dnes vypadal spalovací motor, kdyby Rudolf Diesel v roce 1913 pokračoval ve vývoji motoru pro spalování arašídového oleje u svých naftových motorů? Technologie pro využití OZE se budou stále vyvíjet, bude stoupat jejich účinnost a klesat jejich cena. Výrazně se ovšem tyto technologie začnou podílet na celkové spotřebě pouze při snižování současné primární spotřeby. Pokud dnes umíme stavět domy s měrnými náklady na vytápění 15 kWh/m²/rok s investičním navýšením okolo 20 % a staví se stále domy s měrnými náklady 100 kWh/m²/rok, asi to není v pořádku.
- 13- Omezené prostředky** – Kvalitní měření vyžaduje profesionální vybavení v podobě čidel a periferních zařízení pro sledování fyzikálních veličin (teplota, průtok, sl. záření) s odpovídající chybou a kalibrací. Dále je nezbytné naměřené hodnoty vyhodnocovat a zpracovávat pro různé lokality a v různých dobách stejnou metodou, může být použito částečně odlišné zařízení pro zpracování signálu (průměrné hodnoty, frekvence měření, způsob připojení...), všechny tyto vlivy přinášejí chyby, které ovlivňují exaktní a objektivní výsledky měření. Eliminace těchto chyb je velmi náročná a pro nekomerční disertační práci mimo rozsah finančních možností. Naměřené hodnoty jsou spíše porovnávací a slouží k základnímu ověření hypotéz a myšlenek představených v této práci.
- 14- Termální W peak** – Zavedením špičkového výkonu termálního kolektoru, pro jehož definici by bylo možné použít standardních podmínek jako pro fotovoltaiku s doplněním střední teploty na kolektoru, navrhuji $T_m=50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Získáme nový jasný parametr pro netechnické pojetí, snazší orientaci a zkvalitnění marketingu v této oblasti.
- 15- Praxe** – Většina vlastních myšlenek a názorů je podložena třináctiletými zkušenostmi s návrhy a realizacemi solárních termálních systémů, přes 200 realizovaných systémů a více než 2 500 m² instalovaných solárních zařízení, v současné době realizují pře 50 instalací ročně
- 16- Chování uživatele** – Každý bydlící zasahuje do řízení topného systému zejména tím, že nastavuje požadavky na vytápění a ohřev teplé užitkové vody, o každý 1 °C vyšší požadavek na teplotu v místnosti znamená až 6%-ní zvýšené náklady na vytápění. Přetechnizovanost dnešní doby nás navádí ke sterilizaci prostředí, k udržování konstantní teploty v průběhu celého roku... Tyto a mnohé další trendy

odklonu od přirozených přírodních podmínek jednak negativně ovlivňují náš zdravotní stav a zároveň zhoršují efektivitu solárních systémů. Pokud bychom se začali chovat více v souladu se slunečním zářením, ovlivníme také výtěžnost slunečních kolektorů. Solární teplo přináší zajímavý paradox: čím ho máme více, tím více jej máme využívat, a tím více jej získáme. Není možné koupat se a topit jen v létě, kdy je slunečního tepla dostatek, a v zimě odletět do teplých krajů, ale do jisté míry se přizpůsobit lze.

- 17- Tepelný paradox** – U solárních systémů, kde účinná přeměna slunečního záření na teplo kopíruje jeden ze základních přírodních jevů umožňující život na Zemi, dochází k zajímavému efektu: „Čím více solární energie využijí ke svému prospěchu, o to více energie ze Slunce získám pomocí identické technologie a s vyšší účinností přeměny. Tohoto poznatku zatím není příliš využíváno.
- 18- SFŽP, Zelená úsporám** – Státní fond životního prostředí spadající pod Ministerstvo životního prostředí vytváří podpůrné programy pro využívání obnovitelných zdrojů energie a prosazování úsporných energetických opatření. Jedním z těchto programů je projekt „Zelená úsporám“, který je zaměřen na domy pro bydlení a podporu instalací slunečních kolektorů, tepelných čerpadel, kotlů na biomasu, zateplování a výměnu nekvalitních oken.
- 19- Tepelný transformátor (TT)** – Tímto pojmem nazývám aktivní výkonový prvek solárních systémů, který se stal hlavním optimalizačním opatřením popisovaným a experimentálně ověřeným v této práci. V zásadě se jedná o chladicí zařízení, kterým zvyšujeme účinnost slunečních kolektorů a zároveň u akumulčních zásobníků zvětšujeme kapacitu a stratifikaci.
- 20- Výkonová cena** – Cena zařízení vztažená na efektivitu, účinnost a přínos. Jinými slovy se jedná o užitnou hodnotu daného zařízení.
- 21- CSP** – Zkratka pro „solární koncentrační elektrárny“ (Concentrated Solar Power). Ty se dělí na: **CST** – koncentrační solární elektrárny tepelné, **CPV** – koncentrační fotovoltaické články a **CPT** – hybridní koncentrační systémy fotovoltaické i fototermální.
- 22- CPC** - Compound Parabolic Concentrator, konstrukční typ slunečního kolektoru s vakuovými trubicemi a parabolickými zrcadly.
- 23- Funkce „Ready“** – Řízené vybíjení solárních zisků pro potřeby praní, mytí nádobí a nadstandardního vytápění, pokud je k dispozici dostatek solárního tepla, je možné ovlivnit spotřebu, a tím získat více solárního tepla uvolněním kapacity zásobníku a snížením provozní teploty na slunečních kolektorech a zvýšenou účinností vlastní transformací slunečního záření na teplo
- 24 - Fuzzy logika** (česky též *mlhavá logika*) – Podobor matematické logiky odvozený od teorie fuzzy množin, v němž se logické výroky hodnotí mírou pravdivosti. Liší se tak od klasické výrokové logiky, která používá pouze dvě logické hodnoty - pravdu a nepravdu, obvykle zapisované jako 1 a 0. Fuzzy logika může operovat se všemi hodnotami z intervalu $<0; 1>$, kterých je nekonečně mnoho. Fuzzy logika náleží mezi vícehodnotové logiky. Fuzzy logika může být pro řadu reálných rozhodovacích úloh vhodnější než klasická logika, protože usnadňuje návrh složitých řídicích systémů. [Wikipedia]
- 25 - Funkce „Not necessary“** – Řízené nevybíjení – šetření, inverzní funkce k funkci „Ready“, kdy při opravdu nepříznivých podmínkách pro „čisté“ neřízené zdroje a aktivaci této funkce pro přípravu TUV nebo vytápění budou omezeny také výdaje omezením našeho komfortu spojeného s přípravou TUV a vytápěním.
- 26 - Pracovní faktor** – popisuje podobně jako u tepelných čerpadel **topný faktor** poměr skutečného přínosu slunečních kolektorů ku elektrické energii potřebné k pohonu oběhových čerpadel primárního okruhu a řídicího systému. Tento faktor je u solárních systému velmi vysoký, u samotízných systémů může dosahovat až nekonečna.
- 27 - Externalita** – Vyjadřuje zpravidla vnější účinek nějakého ekonomického nebo společenského rozhodnutí, činnosti, tzn. část dopadů činnosti, kterou nese někdo jiný než její původce. Jako externality se označují náklady či výnosy jiných subjektů, za které se neplatí: původce si tyto výnosy (tzv. pozitivní externality) nemůže přivlastnit, příp. tyto náklady (tzv. negativní externality) od něj nelze

vymáhat. Příkladem negativních externalit je např. znečištění životního prostředí způsobené ekonomickou aktivitou, těžbou nerostného bohatství, spalováním fosilních zdrojů nebo provozováním jaderných elektráren, jejichž dopad může mít nekonečný vliv na životní prostředí a rizika s tímto spojená nejsou započtena v ceně produkované a prodávané energie (zdravotní rizika, sanace ekologických škod...). Výskyt externalit často vede ke globálně neoptimálnímu rozhodování, neboť tržní subjekty nic nemotivuje k omezení jimi způsobených negativních externalit. Tyto negativní externality však postihují společnost jako celek. [26]

28 - TZB – Technické zařízení budov.

29 - TV – Teplá užitková voda dříve také označována (TUV).

Literatura

- [1] Cenek, M. a kol.: Obnovitelné zdroje energie. FCC PUBLIC 2001, ISBN 80-900759-5-9
- [2] Balák, R.: Nové zdroje energie. SNTL 1989
- [3] Ochrana, L.: Obnovitelné a druhotné zdroje energie. Energetický institut Praha 1991
- [4] Mittermair, Sauer, Weise: Zařizování se slunečními kolektory. HEL Ostrava 1992
- [5] Schultz, H.: Teplo ze slunce a země. HEL Ostrava 1999
- [6] Henze, A., Hillebrand, W.: Elektrický proud ze slunce. HEL Ostrava 2000, ISBN 80-86167-12-7
- [7] Karamanolis, S.: Sluneční energie. MAC, s.r.o. Praha 1996
- [8] Cihelka, J.: Solární tepelná technika. Praha 1994
- [9] Haller, A., Humm, O., Voss, K.: Solární energie, využití při obnově budov. Grada 2001, ISBN 80-7169-580-7
- [10] Ladener, H., Späte, F.: Solární zařízení. Grada 2003
- [11] Kleczek, J.: Sluneční energie. Praha 1981
- [12] Scheer, H.: Sluneční strategie, politika bez alternativy. Nová Země 1999, ISBN 80-902535-0-4
- [13] Humm, O.: Nízkoenergetické domy. Grada 1999
- [14] Ladener, H.: Jak pořídit ze staré stavby nízkoenergetický dům. HEL Ostrava 2001, ISBN 80-86167-16-X
- [15] Láznovský, M., Kubín, M., Fišer, P., Malina T.: Vytápění rodinných domků. Praha 1996
- [16] Mrázek, K., Šustr, K., Janouš A.: Moderní vytápění bytů a rodinných domků. SNTL 1989
- [17] Dufka, J.: Vytápění domů a bytů. Grada 1997
- [18] Tintěra, L. a kol.: Úsporná domácnost. ERA Brno 2002
- [19] Řehánek, J., Janouš, A., Kučera, P., Šafránek, J. Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov. Grada 2002
- [20] Remmers, K.-H.: Velká solární zařízení. ERA21, ISBN: 978-80-7366-110-6
- [21] Žeravík, A.: Stavíme tepelné čerpadlo. ISBN: 80-239-0275-X
- [22] SUN@WIND ENERGY – International issue 4/2007, ISBN: 1861-2741 74714
- [23] Goswami, Y.: Advances in solar energy. Earthscan 2005
- [24] Andrews, J., Jolley, N.: Energy science. Oxford University Press 2007
- [25] Cengel, Y.: Thermodynamics and Heat Transfer. University of Nevada 1997
- [26] Wikipedia, internet- (http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/,...)
- [27] Matuška, T.: články na portálu TZB-INFO
- [28] Chudoba, J.: konzultace, stavební firma
- [29] Štětina, J.: Přednáška - Přenos tepla zařizováním, VÚT Brno

Přílohy

- P01 – Technický list kolektoru H400V
- P02 – Technický list zásobníku Solarito II
- P03 – Technický list tepelný transformátor TT01
- P04 – Technický list sekundární akumulární zásobník ALFA01
- P05 – Počet hodin chodu solárního ohřevu porovnávaných sol. systémů
- P06 – Obrazová příloha
- P07 – Struktura ceny solárních systémů
- P08 – Hydraulické schéma včetně řízení -C2-
- P09 – Ukázka měřených dat
- P10 – Pyranometr RS81
- P11 – Měřená data 8. týden 2010 – tabulky, grafy
- P12 – Měřená data 12. týden 2010 – tabulky, grafy
- P13 – Reálné související ceny
- P14 – Hydrometeorologická data

Originální pojmy a novotvary v souvislostech s problematikou práce:

- **tepelná transformace**
- **kvalita energie**
- **pracovní faktor**
- **tepelný paradox**
- **termální Watt peak**
- **teorie pasivity**

Solární fototermální systémy v extrémních klimatických podmínkách České republiky

Přílohy Disertační práce

1. Teorie přeměny a využívání sluneční energie



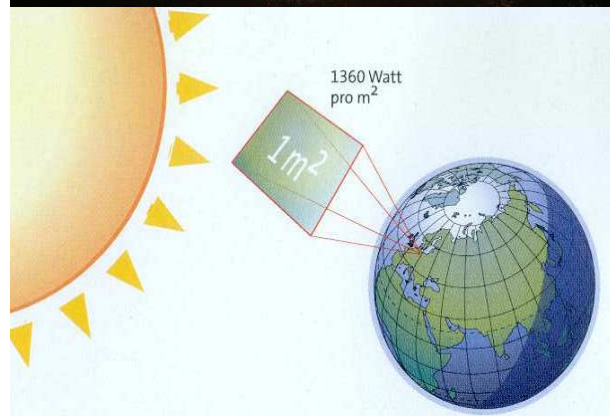
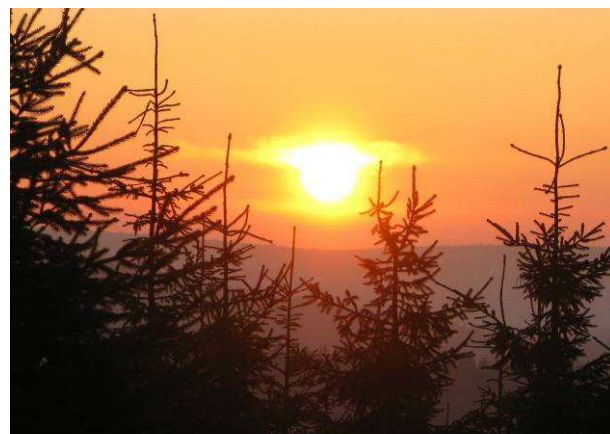
Podstatou a hybnou silou života na Zemi je především Slunce jako jedinečný zdroj energie člověka ve všech konečných formách a transformacích, ke kterým samovolně nebo vlivem samotného člověka dochází. Prvotní příjem obrovského množství sluneční energie je realizován prostřednictvím slunečního záření díky vysokým teplotám na povrchu Slunce. Zásadní a primární transformací je přeměna na teplo díky skleníkovému efektu atmosféry Země. K dalším užitečným transformacím dochází díky jedinečným vlastnostem povrchu Země.

1.1. Slunce a jeho přeměny

Parametry Slunce

Každou sekundu se přemění 560×10^6 t vodíku v hélium termojadernou fúzí, ubude 4×10^6 t hmotnosti. Tato hmota se přemění na zářivý tok dvojího typu – neutrinového (4 % energie) a fotonového (96 % energie). Neutrina jsou hmotné částice a fotony jsou nehmotné částice.

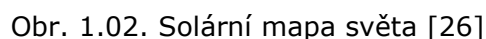
vzdálenost od Země:	150×10^6 km
stáří:	5 miliard roků
životnost:	7 miliard roků
hmotnost:	2×10^{30} kg
hustota:	$100\,000 \text{ kg/m}^3$
tlak v nitru:	2×10^{10} Mpa
teplota v nitru:	13 miliónů K
teplota na povrchu:	6 000 K
zářivý tok:	$3,86 \times 10^{23}$ kW
složení:	4/5 vodík, 1/5 hélium, 1 % ostatní prvky
průměr Slunce:	$1,39 \times 10^6$ km
průměr Země:	$12,75 \times 10^3$ km
sluneční konstanta:	$1\,367 \text{ W/m}^2$



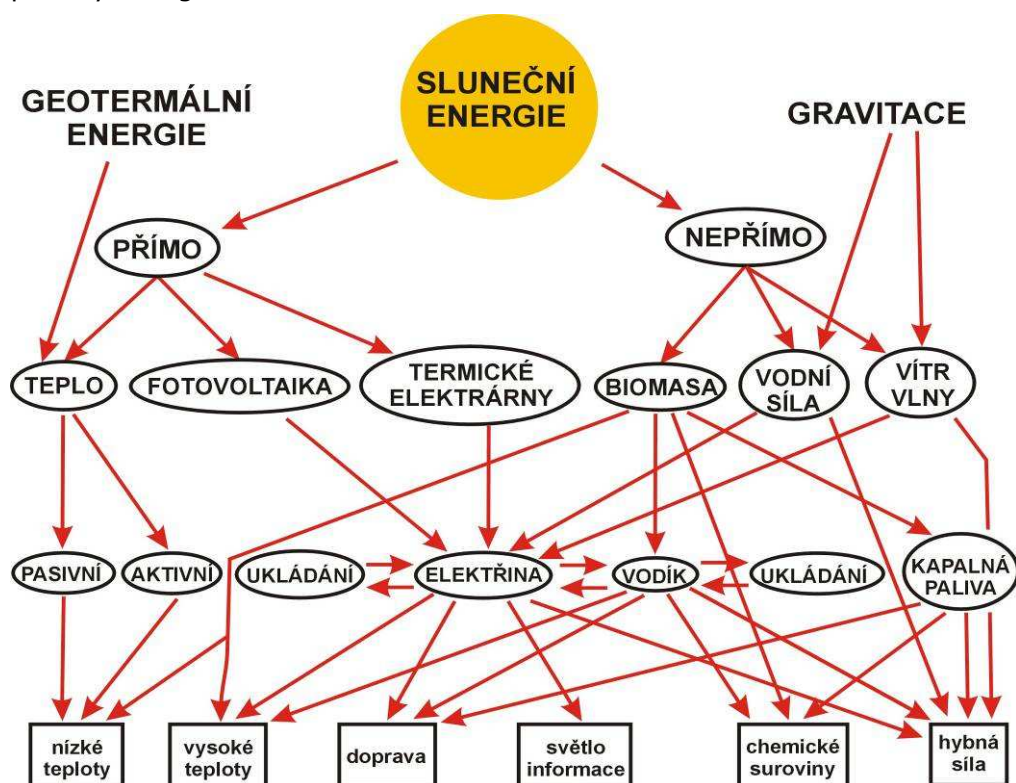
Obr. 1.01. Sluneční konstanta [26]

dopadající záření na povrchu zemské atmosféry:	175 000	TW
roční celosvětová spotřeba energie:	$4,5 \times 10^{20}$	J
průměrná teplota na Zemi:	14,27	TW
průměrná teplota na Zemi bez skleníkového efektu:	+15	°C
teplota na Zemi bez slunečního záření:	-18	°C
	-260	°C

„Na hranici atmosféry planety Země dopadá dvanácttisíckrát více slunečního záření, než kolik potřebuje 6,5 miliardy lidí na celém světě.“



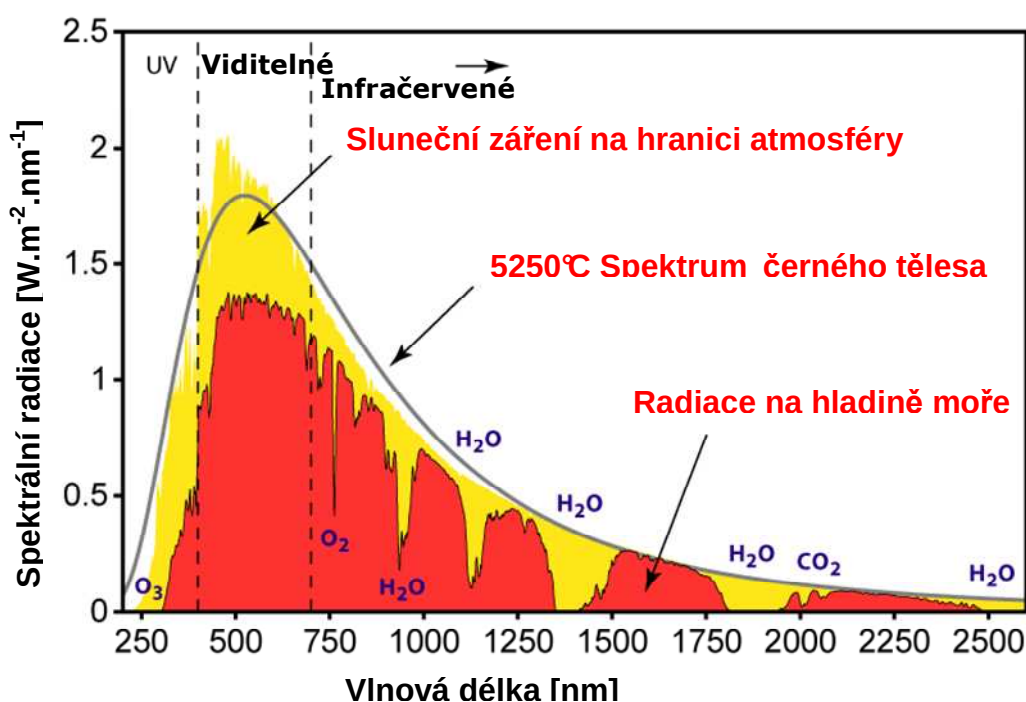
Veškerá sluneční energie dopadající na Zemi se transformuje různými fyzikálními procesy a v konečném důsledku je zpětně vyzářena do vesmíru. Na obr. 1.01. jsou vyjádřeny jednotlivé transformace, formy přeměny a konečné, pro člověka užitečné podoby energie.



Obr. 1.03. Transformace slunečního záření na Zemi

1.2. Teorie přenosu energie zářením

Základním distribučním procesem sluneční energie na Zemi je záření (sálání), které je charakteristické pro všechna tělesa o vyšší teplotě. Dle Maxwellova zjednodušení se jedná o elektromagnetické vlnění. Dle vlnové délky rozlišujeme různé typy záření. Pokud se zářivý tok při dopadu na jiná tělesa mění na tok tepelný, hovoříme o tepelném záření zpravidla v rozsahu vlnových délek (100 nm–1 mm), do této oblasti spadá jak viditelné spektrum záření (350–750 nm), tak částečně ultrafialové a zejména infračervené záření (0,75–1000 μm).



Obr. 1.04. Spektrální charakteristika slunečního záření [26]

Záření se šíří prostředím rychlostí c , závislou na charakteru prostředí, v nehomogenním prostředí se nešíří přímočaře. Důležitým parametrem z hlediska energetického využití je **hustota zářivého toku – zářivost E [W/m²]**, která odpovídá **hustotě tepelného toku q^*** . Při dopadu zářivého toku na povrch různých materiálů dochází k odrazu – **reflexi (R)**, k pohlcení – **absorbci (A)** a propustnosti – **průteplivosti – transmisivitě – diathermibilitě (D)**.

$$\dot{Q} = \dot{Q}_A + \dot{Q}_R + \dot{Q}_D \quad (1)$$

$$1 = \frac{\dot{Q}_A}{\dot{Q}} + \frac{\dot{Q}_R}{\dot{Q}} + \frac{\dot{Q}_D}{\dot{Q}} \quad (2)$$

$$1 = A + R + D \quad (3)$$

A poměrná pohltivost
 R poměrná odrazivost
 D poměrná průteplivost

$A=1$ představuje **absolutně černé těleso**
 $R=1$ představuje **absolutně bílé těleso, zrcadlo**
 $D=1$ dokonale průteplivé (tepelně) transparentní těleso

Vztahy (1,2,3) vyjadřují zákon zachování energie, respektive I. Kirchhoffův zákon. Tyto tři základní vlastnosti chování látek vůči slunečnímu záření včetně zpětného vyzařování – **emisivity** – jsou velmi důležité vlastnosti pro solární techniku.

Další důležitou vlastnost tepelného záření vyjadřuje **Planckův vyzařovací zákon**, hovoří o vlivu teploty na spektrální hustotu zářivého toku. S vyšší teplotou zářivého tělesa roste spektrální hustota zářivého toku černého tělesa a maximální hodnota se posouvá ke kratší vlnové délce; matematicky je vyjádřen vztahem (7) a graficky znázorněn na obr. 1.05.

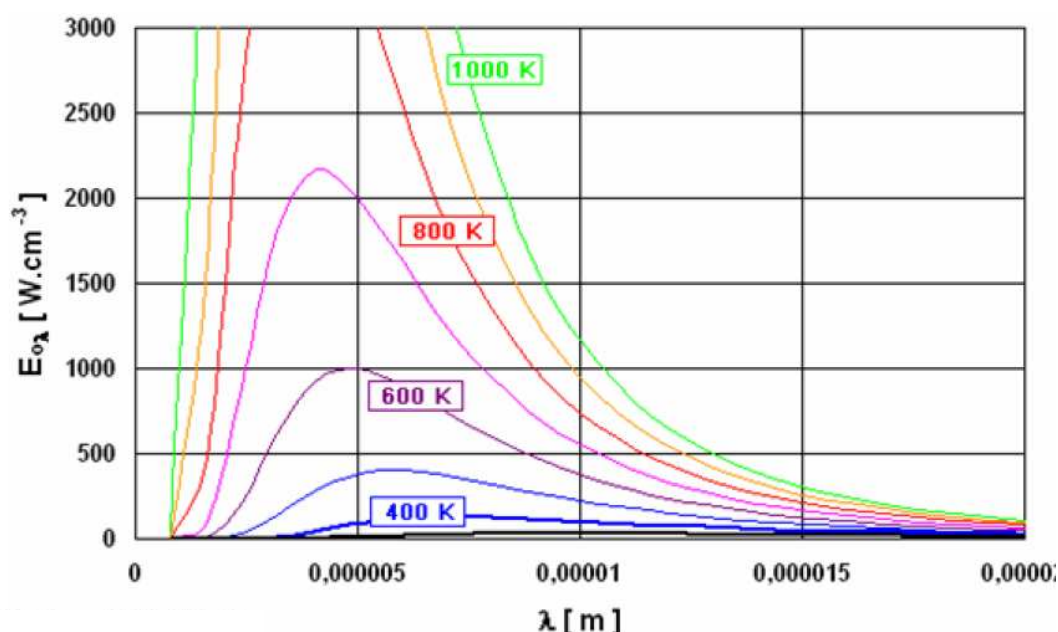
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4)$$

$$e = h \times f = h \times \frac{c}{\lambda} \quad (5)$$

$$E_{0\lambda} = \frac{c_1 \times \lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{c_2}{\lambda \times T}\right) - 1} \quad (6)$$

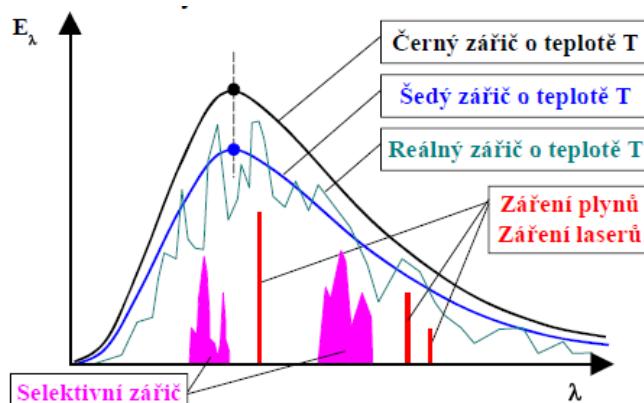
$C_1 = 3,74 \cdot 10^{-16} \text{ [W/m}^2\text{]}$
 $C_2 = 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ [K.m]}$
 $h = 6,6256 \cdot 10^{-34} \text{ [J.s]}$ je Planckova konstanta
 e - kvantum energie
 f - frekvence [1/s]
 T - teplota povrchu [K]
 c - rychlost světla v prostředí [m/s]

$$E_{0\lambda} = f(\lambda, T) \quad (7)$$



Obr. 1.05. Vliv teploty na spektrální energetický obsah [29]

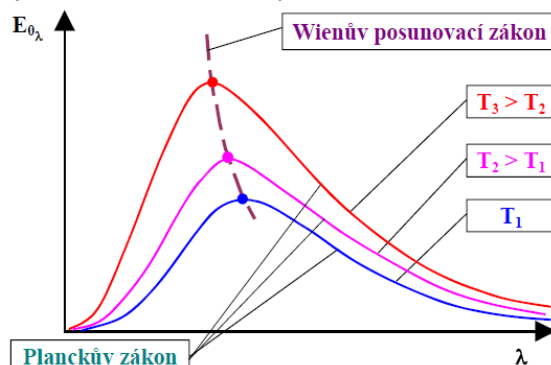
Šedý zářič má E_λ pro každé λ menší než černé těleso, s maximem při stejné teplotě na stejné vlnové délce. Reálný zářič má E_λ v závislosti na λ značně proměnnou. Selektivní zářič září pouze v některých oblastech λ .



Obr. 1.06. Charakter zářiče [29]

Wienův posunovací zákon lze odvodit z Planckova zákona derivací spektrální hustoty zářivého toku černého tělesa $E_{0\lambda}$ dle vlnové délky λ a tuto derivaci položíme rovnu nule. Tím získáme průběh poloh maxim izoterm v diagramu závislosti spektrální hustoty zářivého toku dokonale černého tělesa $E_{0\lambda}$ na vlnové délce λ . S rostoucí teplotou zářivého tělesa se posouvá současně maximální hodnota spektrální hustoty zářivého toku a zkracuje její vlnová délka.

$$\frac{dE_{0\lambda}}{d\lambda} = 0 \quad (8)$$

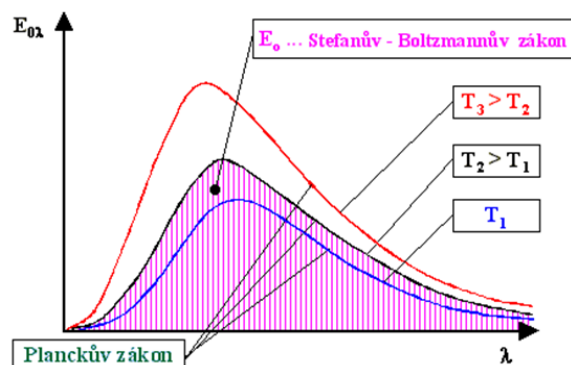


Obr. 1.07. Wienův posunovací zákon [29]

$$\lambda_{MAX} \times T = konst. = 2,8978 \cdot 10^{-3} [m.K] \quad (9)$$

Stefan-Boltzmannův zákon vyjadřuje integraci spektrální hustoty zářivého toku černého tělesa $E_{0\lambda}$ v celém rozsahu vlnových délek λ při konstantní teplotě zářivého tělesa. Hustota (intenzita) vyzařování roste se čtvrtou mocninou termodynamické teploty zářivého černého tělesa.

$$E_0 = \int_0^{\infty} E_{0\lambda} \times d\lambda \quad (10)$$

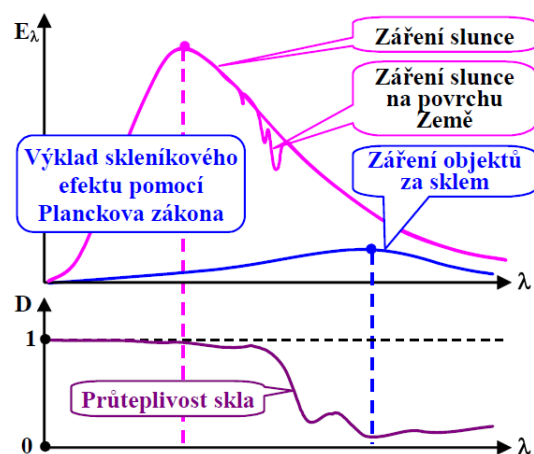


Obr. 1.08. Stefan-Boltzmannův zákon [29]

$$E_0 = \sigma_0 \times T^4 \quad \sigma_0 \text{ (Stefan-Boltzmannova konstanta)} = 5,67 \times 10^{-8} [W.m^{-2}.K^{-4}] \quad (11)$$

Reálnější šedá tělesa mají tepelný tok přeměněný ze zářivého toku menší, poměrná zářivost je definována poměrnou zářivostí – **emisivitou ϵ** , absolutně černé těleso má $\epsilon=1$ a bílé těleso $\epsilon=0$. Reálná tělesa mají emisivitu v rozsahu hodnot ($0 \leq \epsilon \leq 1$), pro různé materiály ji lze dohledat v tabulkách a je zpravidla závislá na úpravách povrchů a často i na směru vyzařování. Emisivita je také důležitou vlastností fototermálních slunečních kolektorů, respektive jejich absorbérů. Absolutně černé těleso záření dokonale vyzařuje, ale zároveň také dokonale pohlcuje, což popisuje **II. Kirchhoffův zákon**, který hovoří o tepelné rovnováze mezi **emisivitou ϵ** a **pohltivostí A** . Slunce se nám jeví jako dokonalý zářič, protože většina související a ověřené teorie se vztahuje právě k tomuto zdroji zářivé energie.

Nejdůležitějším procesem transformace, díky kterému existuje život na Zemi a fungují i sluneční kolektory, je **skleníkový efekt**, který umožňuje nárůst teploty pod povrchem atmosféry, ve skleníku i na absorbérů slunečních kolektorů.



Obr. 1.09. Skleníkový efekt [29]

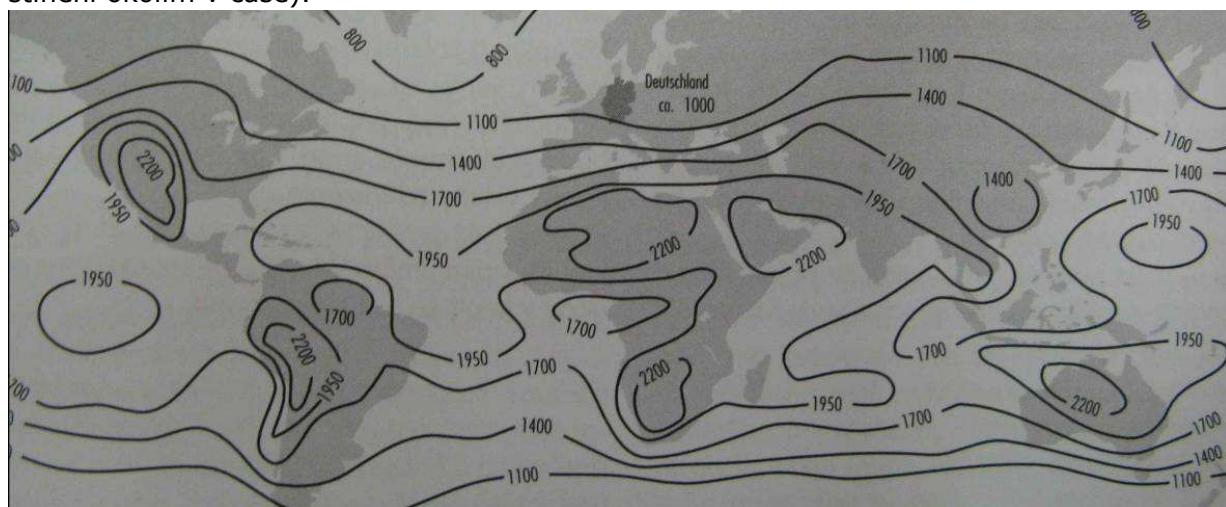
1.3. Teorie fototermálních solárních systémů

Základním aktivním a výkonovým prvkem solárních systémů jsou sluneční kolektory, které využívají skleníkového efektu a transformují sluneční záření na tepelnou energii. V zásadě je tato přeměna závislá na **vnějších (OP_1)**, **vnitřních (OP_2)** a **provozních (OP_3)** okrajových podmínkách.

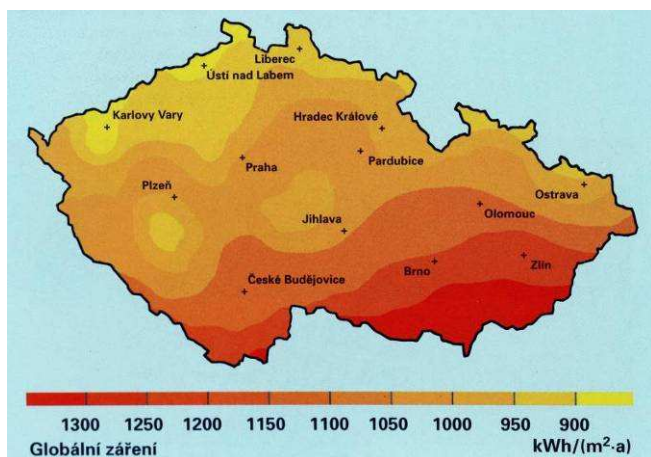
$$SZ_V \xleftarrow{OP_3} SZ_{ST} \xleftarrow{OP_{3-2}} SZ_{PT} \xleftarrow{OP_{2-1}} Q_{SS} \xleftarrow{OP_1} Q_{ST} \quad (12)$$

1.3.1. Vnější okrajové podmínky - OP_1 -

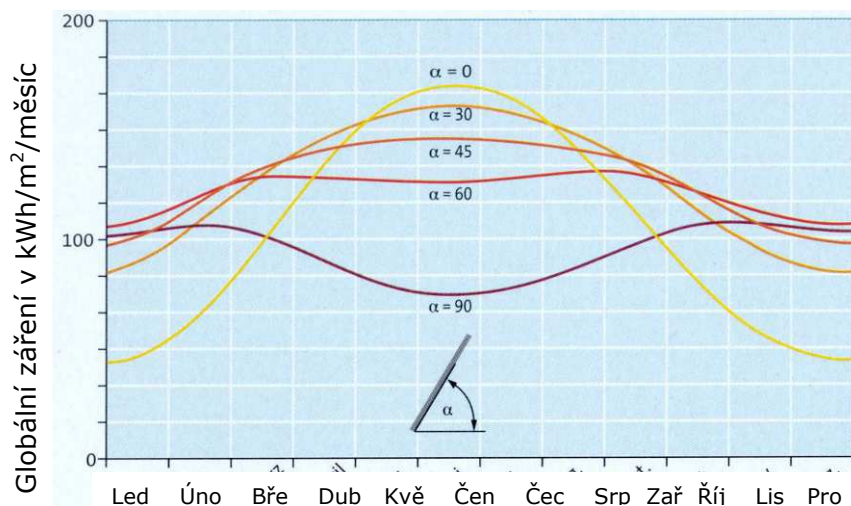
Tyto podmínky představují zejména dopadající globální sluneční záření v dané lokalitě, hydrometeorologická data dané lokality, průměrné venkovní teploty, venkovní teploty v době slunečního svitu, povětrnostní vlivy v dané lokalitě, charakter slunečního záření, podíl difúzního záření, vliv statistických hodnot rozložení záření v průběhu dne apod. Dále pak zahrnují objektivní geometrické podmínky (orientaci kolektorového pole a jeho stínění okolím v čase).



Obr. 1.10. Střední roční globální záření na vodorovné plochy v kWh/m²/rok, opírající se o měřená data Světové meteorologické organizace (WMO)

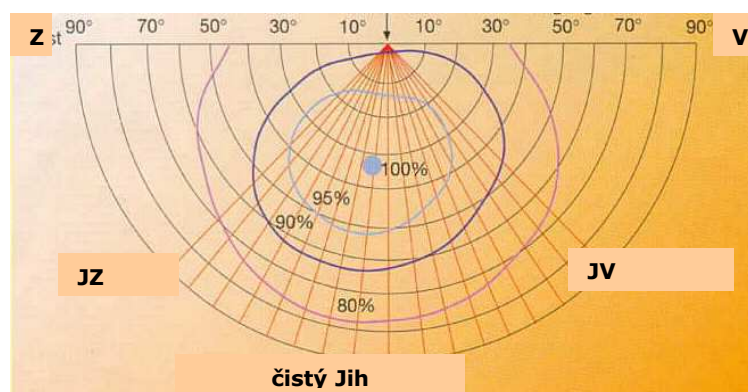


Obr. 1.11. Globální sluneční záření dopadající na území ČR [kWh/m².rok] [26]



Obr. 1.12. Vliv sklonu ozářené plochy vůči vodorovné rovině na energetický zisk v průběhu roku [26]

SZ_V	využitelný solární zisk
SZ_{ST}	sekundární teoretický solární zisk
SZ_{PT}	primární teoretický solární zisk
Q_{SS}	statisticky ověřené solární záření v dané lokalitě
Q_{ST}	teoretické dopadající solární záření (maximální)



Obr. 1.13. Vliv sklonu a orientace kolektorového pole vůči světovým stranám a vodorovné rovině na účinnost transformace slunečního záření.

Charakter diagramu na obr. 1.13. je značně závislý na konstrukčním provedení slunečních kolektorů a ovlivňuje jej tzv. modifikátor úhlu dopadu **IAM**. Oba diagramy na obr. 1.12. a 1.13. jsou pak kombinací jak vnějších, tak vnitřních podmínek, tedy vlivu trajektorie Slunce na obloze v dané lokalitě v čase a použitého slunečního kolektoru a jeho křivky modifikátoru úhlu dopadu. **Vnějšími okrajovými podmínkami** pak rozumíme spíše podmínky, které **nemůžeme ovlivnit**, na rozdíl od podmínek vnitřních, které ovlivnit lze naším rozhodováním při plánování a realizaci solárních systémů. Někdy může být velmi obtížné stanovit správné umístění kolektorového pole, pokud máme k dispozici například JV a JZ střechu nebo pokud jsme z optimální jižní orientace stíněni okolím. Pak je vhodné použít simulační software a zohlednit také statistické údaje týkající se průběhu denní spotřeby energie, případně statisticky ověřené rozložení oblačnosti v průběhu dne, pokud je máme k dispozici. To se liší zejména podle lokality, nadmořské výšky a ročního období. Pro výpočty skutečných solárních zisků jsou velmi důležité zejména **venkovní teploty v době slunečního svitu**,^(P14) tedy v době provozu solárních systémů. Tyto údaje bohužel nejsou příliš k dispozici. Mezi další vnější podmínky pak patří rychlosti proudění vzduchu v okolí kolektorového pole a vlhkost vzduchu, která může lokálně ovlivnit dlouhodobé bilance solárních zisků. Zejména vlhké a mrazivé kotliny, oblasti jezer, nebo naopak v pozitivním smyslu instalace ve vysokých nadmořských výškách mění celkové bilance solárních soustav. Dále lze operovat s albedem (odrazivostí) okolních ploch. Ledovce a vodní plochy pak mohou znásobit solární zisky.

1.3.2. Vnitřní okrajové podmínky –OP₂–

Vnitřními okrajovými podmínkami rozumíme objektivní technické parametry použité technologie, účinnost slunečních kolektorů, jeho opticko geometrické vlastnosti. Mezi tyto podmínky patří definování solární soustavy, konkrétní technické řešení a velikost solární soustavy. Pro dimenzování se hledá optimální řešení z hlediska výše investice a solárních zisků (kap. 3.5.). Konkrétní technické řešení pak ovlivňuje také tepelné ztráty solární soustavy a regulační schopnosti.

1.3.3. Provozní okrajové podmínky –OP₃–

Třetí skupinu okrajových podmínek tvoří reálná vazba solárního systému na odběr solárního tepla. Základním technickým problémem je zejména nesoučasnost poptávky s nabídkou, kterou řešíme akumulací prvky. Předpokládané požadavky po tepelné energii jako funkce množství požadované tepelné energie v čase v denním a ročním cyklu jsou dopředu velmi obtížně předvídatelné. Dále většina řídicích systémů solárních soustav nedokáže reagovat a předvídat chování uživatele ve vazbě na skutečnou spotřebu. Velmi důležitou roli může hrát **řízená spotřeba** (kap. 3.4.).

Dále do okrajových podmínek **OP₃** ovlivňujících skutečný solární zisk **SZ_v** lze řadit údržbu solárních soustav, která se v mnoha případech zanedbává.

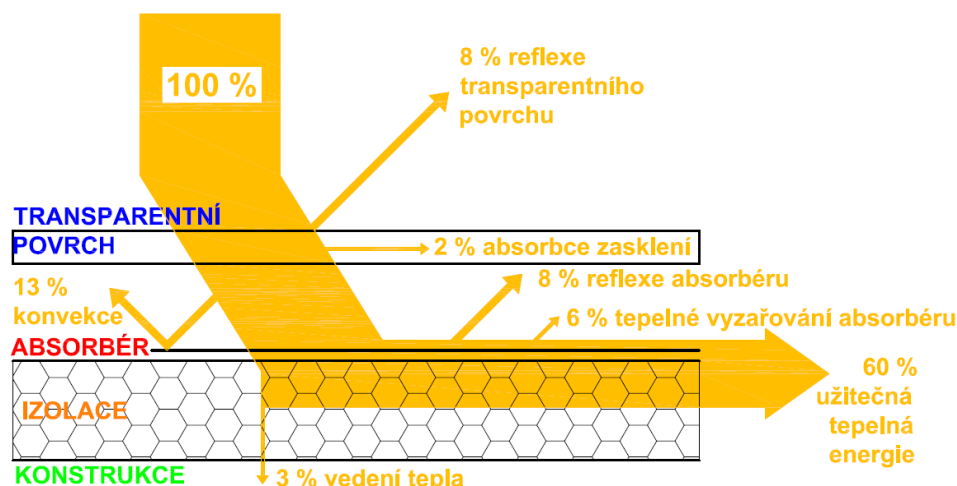
1.3.4. Účinnost slunečních kolektorů

Účinnost slunečních kolektorů je ovlivněna všemi třemi základními typy okrajových podmínek, což vytváří velmi složité vazby při posuzování skutečných solárních zisků. Vnitřní podmínkou je zejména charakteristika sl. kolektoru daná třemi základními parametry: c_1 , c_2 , c_3 , vnější podmínkou je více: dopadající sluneční záření G a venkovní teploty v době slunečního svitu T_a , další vlivy se pro zjednodušení zpravidla neuvažují. Provozní okrajové podmínky pak ovlivňují střední teplotu na kolektoru T_k .

$$\eta_K = c_0 - c_1 \times \frac{T_k - T_a}{G} - c_2 \times \frac{(T_k - T_a)^2}{G} \quad (13)$$

η_K	[-]	účinnost slunečních kolektorů
c_0	[-]	optická účinnost slunečního kolektoru
c_1	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	lineární součinitel tepelné ztráty
c_2	[W.m ⁻² .K ⁻²]	kvadratický součinitel tepelné ztráty
T_k	[K]	střední teplota na kolektorech
T_a	[K]	venkovní teploty v době slunečního svitu
G	[W.m ⁻²]	kolmo dopadající sluneční záření na kolektorovou plochu
IST_{45}	[W.m ⁻²]	střední intenzita slunečního záření na plochu se sklonem 45°

Pro hodnocení energetických bilancí zpravidla uvažujeme s měsíčními průměry teplot a za G dosazujeme I_{ST} , tedy průměrnou střední intenzitu slunečního záření pro typický den v daném měsíci. Střední teplotu na kolektoru lze velmi obtížně stanovit, protože je závislá opravdu na všech typech podmínek, které ovlivňují chování celé solární soustavy, zpravidla se proto zjednodušeně podle typu, velikosti a funkce solární soustavy použije konstantní průměrná teplota T_k v rozsahu 30–60 °C. Střední teplota na kolektoru T_k je **finální hodnota** charakterizující vyrovnané toky energie při samotné transformaci slunečního záření na teplo v kolektorovém poli, protože nejvíce ovlivňuje solární zisky provozními podmínkami, které máme možnost ovlivnit sledováním a řízením optimálního pracovního bodu mimo jiné díky tepelné transformaci⁽¹⁹⁾ popisované v kapitole 5., a dalšími optimalizačními postoji řešenými v kapitole 4.



Obr. 1.14. Problematika energetických toků na typickém plochém kolektoru při transformaci slunečního záření

Jednotlivé nežádoucí transformace a tepelné ztráty na slunečním kolektoru se mohou výrazně lišit podle typů sl. kolektorů, použitých materiálů a způsobu využívání.

1.4. Dimenzování solárních systémů pro přitápění

1.4.1. Dimenzování velikosti kolektorové plochy

Kombinované solární systémy pro přitápění a ohřev TV řeší v zásadě dva odlišné požadavky, jednak na přípravu TV, jejíž roční spotřeba je prakticky neměnná u domů k celoročnímu bydlení, jednak požadavek na podporu vytápění, který se v našich klimatických podmínkách dramaticky mění v průběhu roku. Roční topná křivka je téměř inverzní k charakteru slunečního záření. Poptávka a nabídka se míjejí, což vychází ze samotného požadavku na vytápění. Oba požadavky na podporu ohřevu TV a přitápění solárním systémem bychom mohli řešit odděleně, zpravidla však díky charakteru technického provedení (kombinovaná akumulace) oba požadavky spojujeme.

K dimenzování pak lze přistupovat metodicky různým způsobem, jak je patrné na obr. 1.15.

Dimenzování empirické, zjednodušující a urychlující celý proces navrhování vychází ze zkušeností a technických podkladů jednotlivých dodavatelů technologií a výrobců, kteří vytvářejí monogramy, tabulky a diagramy (obr. 1.16.) usnadňující práci projektantům při navrhování solárních soustav.

Další metoda vychází z požadavku na **procentuální pokrytí celoroční spotřeby**, kdy podle lokality a použitého kolektoru je znám potenciální roční zisk pro danou aplikaci v [kWh/m²/rok] a přes procentuální podíl celkové spotřeby odvodíme zjednodušeně potřebnou kolektorovou plochu.

• DIMENZOVÁNÍ EMPIRICKÉ (TABULKY, DIAGRAMY)

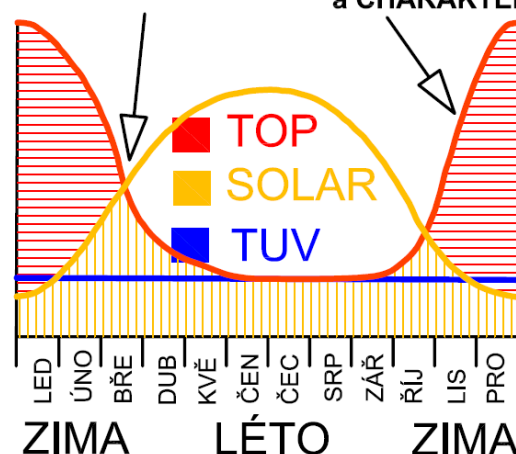
• DIMENZOVÁNÍ PODLE PODÍLU KRYTÍ

$$XX \% = \left(\frac{\text{TOP}}{\text{TOP} + \text{TUV}} \right) \times 100$$

• DIMENZOVÁNÍ PODLE VÝŠE INVESTICE A TRŽNÍ SÍLY

• DIMENZOVÁNÍ NA DEN POKRYTÍ

• DIMENZOVÁNÍ PODLE VELIKOSTI a CHARAKTERU RD



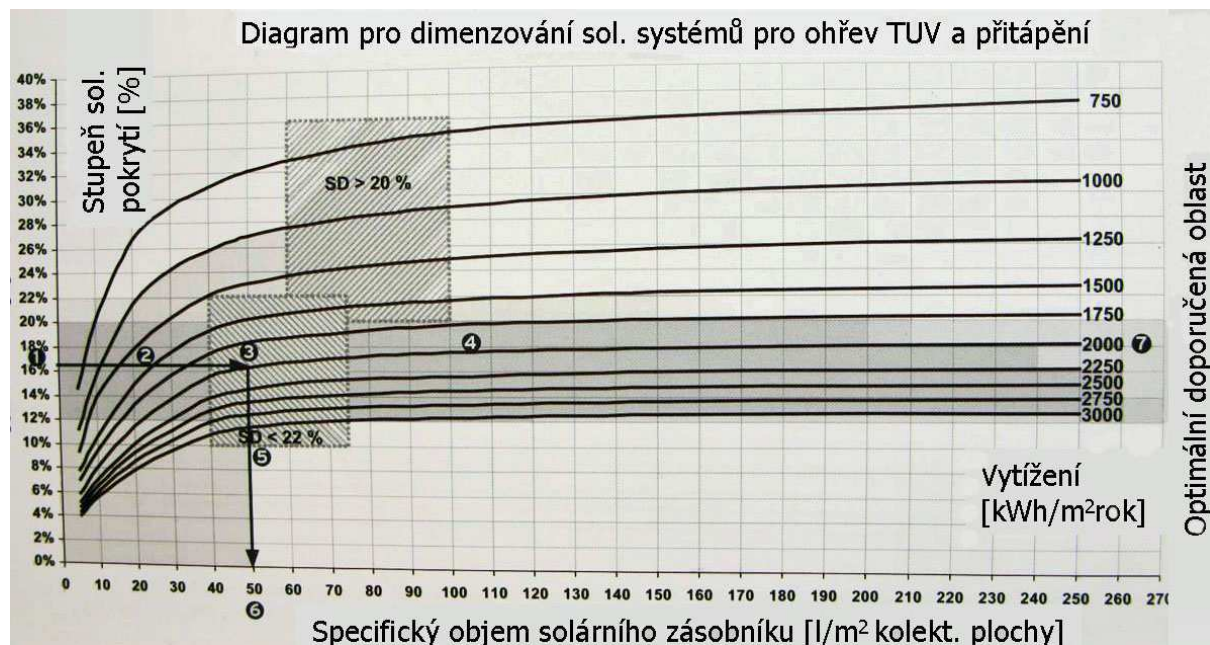
Obr. 1.15. Metodika dimenzování kombinovaných solárních systémů

Plocha kolektorů:
0,8–1,1 m ² plochého kolektoru na 10 m ² obytné plochy
2–3 m ² plochého kolektoru na osobu
0,5–0,8 m ² vakuového trubcového kolektoru na 10 m ² obytné plochy
1,5–2,5 m ² vakuového trubcového kolektoru na osobu
Objem zásobníku:
minimálně 50 l/m ² plochy kolektoru + 50 l na osobu
50–85 l/m ² plochy kolektoru
100–200 l/kW topného výkonu

Tab. 1.01. Empirické dimenzování kombinovaných solárních soustav [10]

Dimenzování **podle výše investice** a tržních pravidel je nejčastějším případem pro běžné komerční instalace na rodinných domech, u kterých se spíše posuzují finanční možnosti investora a aktuální situace z hlediska dotačních titulů z veřejných prostředků. Zpravidla se zohledňuje kvalita stávající topné soustavy a tepelné ztráty objektu a z těchto parametrů se usoudí, zda má finančně dostupný solární systém vůbec šanci se na přitápění podílet. V opačném případě se investorovi doporučí spíše solární systém pro ohřev TV nebo úprava topné soustavy, případně další úsporná opatření vedoucí ke snížení spotřeby energie na vytápění (zateplení objektu, výměna oken..). Tato opatření navíc vedou ke snížení požadavků na teplotu topné vody ve stávající topné soustavě,

čímž se zlepší okrajové podmínky pro instalaci solárního systému. Většina realizačních firem dnes nabízí spíše ucelené solární sety, které bychom mohli spíše charakterizovat stejně jako velikost oděvů: M, L, XL, XXL. Zpětně pak můžeme dopočítat reálné chování solárního systému pro daný případ přes měsíční průměrné hodnoty nebo pomocí simulačních programů.



Obr. 1.16. Monogram pro dimenzování solárních systémů pro přitápění a ohřev TV [SONNENKRAFT]

Odborníci a projektanti v oboru solární techniky používají spíše sofistikovanější propočet, který u malých systémů s kolektorovou plochou 10–15 m² stejně vzhledem k minimální jednotce plochy slunečního kolektoru cca 2,5 m² není úplně relevantní. Výpočty popsané v literatuře, např. [8,27], vyžadují více vstupních údajů.

$$A_K = \frac{Q_{c\text{den}}}{q_{K\text{den}}} = \frac{(1+p) \times (Q_{TOP} + Q_{TUV})}{\eta_K \times H_{T\text{den}}} \quad (14)$$

$$Q_{TUV} = \frac{V \times \rho \times c \times (t_2 - t_1)}{3,6 \cdot 10^6} \quad (15) \quad Q_{TOP} = 24 \times \frac{\varepsilon}{\eta_o \times \eta_r} \times \dot{Q}_Z \times \frac{(t_{ip} - t_{ep})}{(t_{iv} - t_{ev})} \quad (16)$$

$$H_{T\text{denteor}} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} G_T dT \quad (17) \quad G_{T\text{stř}}(I_{ST}) = \frac{1}{\tau_{TEOR}} \int_{\tau_1}^{\tau_2} G_T dT = \frac{H_{T\text{denteor}}}{\tau_{teor}} \quad (18)$$

$$\tau_r = \frac{\tau_{skut}}{\tau_{teor}} \quad (19) \quad H_{T\text{den}} = \tau_r \times H_{T\text{denteor}} + (1 - \tau_r) \times H_{T\text{dendif}} \quad (20)$$

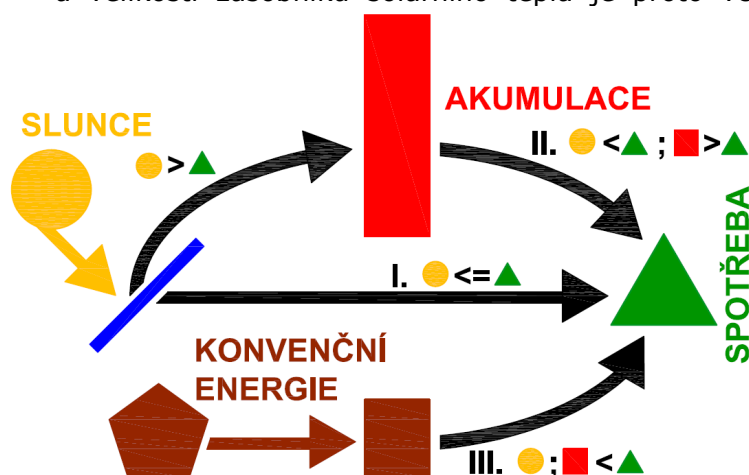
A_K [m²] kolektorová plocha
 $Q_{c\text{den}}$ [kWh/den] celková potřeba tepelné energie za den

q_{Kden}	[kWh/(m ² .den)]	denní měrný tepelný zisk z kolektorů
H_{Tden}	[kWh/(m ² .den)]	skutečné denní množství sl. energie na jednotku plochy
$H_{Tdenteor}$	[kWh/(m ² .den)]	teoretické denní množství sl. energie na jedn. plochy
$H_{Tdendif}$	[kWh/(m ² .den)]	denní množství difúzní sl. energie na jedn. plochy
G_T	[kW/m ²]	sluneční záření
V	[m ³ /den]	průměrná denní potřeba TV
ρ	[kg/m ³]	hustota vody
c	[J/(kg.K)]	měrná tepelná kapacita vody
t_2	[°C]	požadovaná teplota teplé vody
t_1	[°C]	teplota studené vody
t_{ip}	[°C]	průměrná denní vnitřní teplota
t_{ep}	[°C]	průměrná denní venkovní teplota
t_{iv}	[°C]	výpočtová teplota vnitřního prostoru
t_{ev}	[°C]	venkovní výpočtová teplota v dané lokalitě
Q_Z	[kW]	výpočtová tepelná ztráta objektu
Q_{TV}	[kWh/den]	denní energie na ohřev TV
Q_{TOP}	[kWh/den]	denní energie na vytápění
τ_2	[hod]	západ Slunce
τ_1	[hod]	východ Slunce
τ_{TEOR}	[hod]	teoretická doba slunečního svitu
τ_r	[-]	poměrná doba slunečního svitu
ε	[-]	charakter stavby a režim vytápění
η_0	[-]	účinnost obsluhy či regulace
η_r	[-]	účinnost rozvodů vytápění

Největším nedostatkem těchto výpočtů, které by hned vedle kvalitní simulace, měly přinést nejpřesnější výsledky, je zjednodušování a nároky na kvalitní vstupní data, která zpravidla nejsou vždy pro danou lokalitu k dispozici. Zejména se jedná o teplotu v době slunečního svitu, střední teplotu na kolektoru a zpravidla měsíční krok bilancování, který je sice dostačující z hlediska statistických údajů, ale nedostatečný z hlediska vazby solárních zisků akumulace a spotřeby. Komplikace těchto vazeb je zpravidla vyčíslena zjednodušeně systémovými ztrátami. Pokud pracujeme s celoroční bilancí a měsíčními průměry vždy vedle výpočtů energetické potřeby TV a vytápění, je lepší použít skutečné hodnoty, pokud jsou u stávajících domů k dispozici.

1.4.2. Dimenzování akumulace solárního tepla

Každý solární systém pro překlenutí nesoučasnosti poptávky a nabídky tepelné energie vyžaduje doplnění o akumulaci. V předchozí kapitole je definována především kolektorová plocha, která je „výkonovým“ a nejdražším prvkem solárních soustav. Druhým nejdražším prvkem pak je akumulace jakožto „jistící záložní“ prvek. Návrh typu a velikosti zásobníku solárního tepla je proto velmi komplikovaný. V tab. 1.01. jsou



empirické hodnoty kapacity tepelné akumulace kombinovaných solárních systémů pro ohřev TV a vytápění. Velikost zásobníku dimenzujeme zejména vzhledem k velikosti kolektorového pole solárního systému, dále pak s ohledem na další neřízené zdroje, například kotle na tuhá paliva a režimy vytápění (akumulační topení/nízký tarif/časové omezení).

Obr. 1.17. Podstata akumulace solárního tepla

Dalším důležitým parametrem pro dimenzování jsou skutečné spotřeby tepla a z toho pramenící schopnost překlenutí období bez aktuální sluneční energie z akumulace. Dále je dimenzování významně ovlivněno požadavkem na solární podíl solárního krytí. Kapacita, konstrukční řešení akumulace a systémové řešení solárního systému musí zajistit dostatek prostoru pro překlenutí nesoučasnosti solární nabídky a spotřeby tepla v domě. Dále má dimenzování kapacity akumulace významný vliv na nežádoucí stagnační stavy solárních soustav. V procesu využívání solárních systémů dochází k mnoha stavům, které jsou znázorněny na obrázku 1.17. V zásadě je nutnost akumulace solárního tepla vyjádřena obrázky 2.15. a 2.22. a vztahem (21) akumulace v

$$SZ_V(\tau) \neq P_{TOP+TV}(\tau) \quad (21)$$

$$SZ_V(\tau) \leq P_{TOP+TV}(\tau) \quad (22)$$

Pokud jsou solární zisky menší nebo rovny aktuální spotřebě, je důležité zajistit využití i sebemenších solárních zisků pokud možno k přímému užítku bez dalšího zatížení například ztrátovou akumulací.

$$SZ_V(\tau) > P_{TOP+TV}(\tau) \quad (23)$$

V případě, že jsou aktuální solární zisky větší, než je současná poptávka po energii, je nezbytné pokud možno využít veškeré možnosti a kapacitu solárních přebytků k akumulaci a pozdějšímu využití.

$$SZ_V(\tau) = 0_{\text{absolutní}}^{\text{systémová}} \quad (24)$$

Pokud jsou solární zisky nulové, je třeba zvážit, zda absolutně díky absenci slunečního záření zejména v nočních hodinách, nebo jsou nulové díky stavu systému, použité technologii a způsobu řízení. Systémové nulové zisky v reálném čase je třeba eliminovat lepším technickým řešením, dokonalejší akumulací a optimalizačními opatřeními.

$SZ_V(\tau)$ využitelné solární zisky v čase τ
 $P_{TOP+TV}(\tau)$ aktuální spotřeba tepla v čase τ zejména spojená se spotřebou TV a spotřebou tepelné energie na vytápění

Základní rozlišovací parametry akumulace:

- **kapacita akumulace, velikost zásobníku [m³; kWh]**
- **typ a způsob akumulace (fyzikální podstata akumulace, konstr. pojetí)**
- **kvalita nabíjení a vybíjení (efektivita a dynamika procesů)**
- **tepelné vlastnosti akumulace (tepelné ztráty rozvodů a samotného zásobníku)**

O jednotlivých typech solárních zásobníků a problematice akumulace solárního tepla pojednává kapitola 2.2., problematice zvyšování její funkceschopnosti je věnována kapitola 3.2.

Dimenzování akumulace je na spodní mezní hranici omezeno zejména minimálním překlenutím cyklu den/noc a omezením stagnačních stavů sl. Kolektorů; další mezí je velikost, při které se neobejdeme bez stratifikačních prvků pro zamezení degradace solárního tepla a ztráty kvality solární energie⁽³⁾ vlivem mísení a tepelných ztrát akumulace.

2. Solární systémy pro přitápění

Souhrn – úvod do problematiky

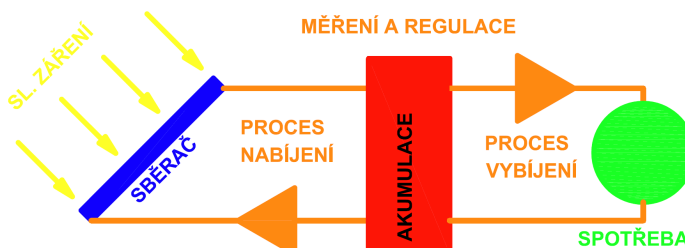
V posledních letech se začaly značně rozšiřovat solární systémy využívané nejen pro ohřev TV, ale také pro přitápění. Hlavním důvodem byla v první řadě marketingová snaha výrobců a dodavatelů tepelné solární techniky prodat více kolektorů, dále pak podmínky státní podpory SFŽP⁽¹⁸⁾ a programu Zelená úsporám,⁽¹⁸⁾ které kombinované systémy zvýhodňovaly a zvýhodňují (TV – 55 000 Kč; TOP – 80 000 Kč), a v neposlední řadě stoupající počet nízkoenergetických až pasivních domů s nízkoteplotními topnými soustavami, kde stoupá podíl využitelnosti těchto systémů. Nejnovější poznatky umožňují vyšší výťažnost solárních systémů a jejich větší užitnou hodnotu.

Rozhodujícím faktorem je množství potřebné energie a požadovaná teplota pro ohřev teplé užitkové vody (TV) a topné vody (TOP) v průběhu roku. Základní prioritou využitelnosti solárních termálních systémů zůstává i nadále ohřev TV. Jednak ohříváme TV z 8–10 °C, což zvyšuje účinnost kolektorů, a za druhé potřebujeme TV vyrovnaně po celý rok, což umožňuje využití převažujících letních zisků. Požadovaná teplota TV okolo 55 °C je naopak relativně vysoká teplota, na kterou se nám v méně příznivém období obtížně slunečními kolektory TV ohřívá. Moderní topné systémy potřebují topnou teplotu se spádem 40/30 °C, tedy přibližně uprostřed využitelnosti solárního systému pro přípravu TV. Sluneční přitápění má hlavní nevýhodu v nesoučasnosti poptávky s nabídkou. Bohužel je v našich klimatických podmínkách minimum slunečního svitu v zimních měsících. Například v Praze je podíl slunečního svitu v zimní polovině roku pouze 22 % oproti letním šesti měsícům, kdy dopadá 78 % slunečního záření. Tento poměr odpovídá přibližně všem lokalitám na našem území. Dále lze uvažovat u současných solárních systémů s průměrnými zisky v kWh/m²/den pro zimu: 0,7; pro jaro a podzim: 3,9; pro léto 8,0. Výhodou se zdá, že pro vytápění vhodným způsobem nám může stačit i teplota kolem 40 °C na rozdíl od TV, kterou ohříváme na vyšší teplotu. Další nevýhodou je potřeba dostatečné kolektorové plochy a akumulace spojená s nejvyššími kolektory s tvrdou charakteristikou, která zaručí přijatelné zisky v extrémních zimních klimatických podmínkách. Výkonný solární systém pak může přinášet komplikace se stagnačními stavy⁽⁸⁾ v letních měsících, kdy se opět nebude krýt poptávka s nabídkou. Ideálním využitím těchto zisků je ohřev bazénu, což by asi nemělo být podmínkou (více v kapitole Dimenzování solárních soustav – sekundární využitelnost). Typické kombinované systémy v RD dnes pracují s kolektorovou plochou 10–30 m². Tyto systémy a jejich úroveň nám dnes reálně přináší krytí okolo 60 % ohřevu teplé užitkové vody (TV) a okolo 10–20 % podpory vytápění (TOP), celkově se podílejí na úspoře tepelné energie v rozsahu 20–30 %.

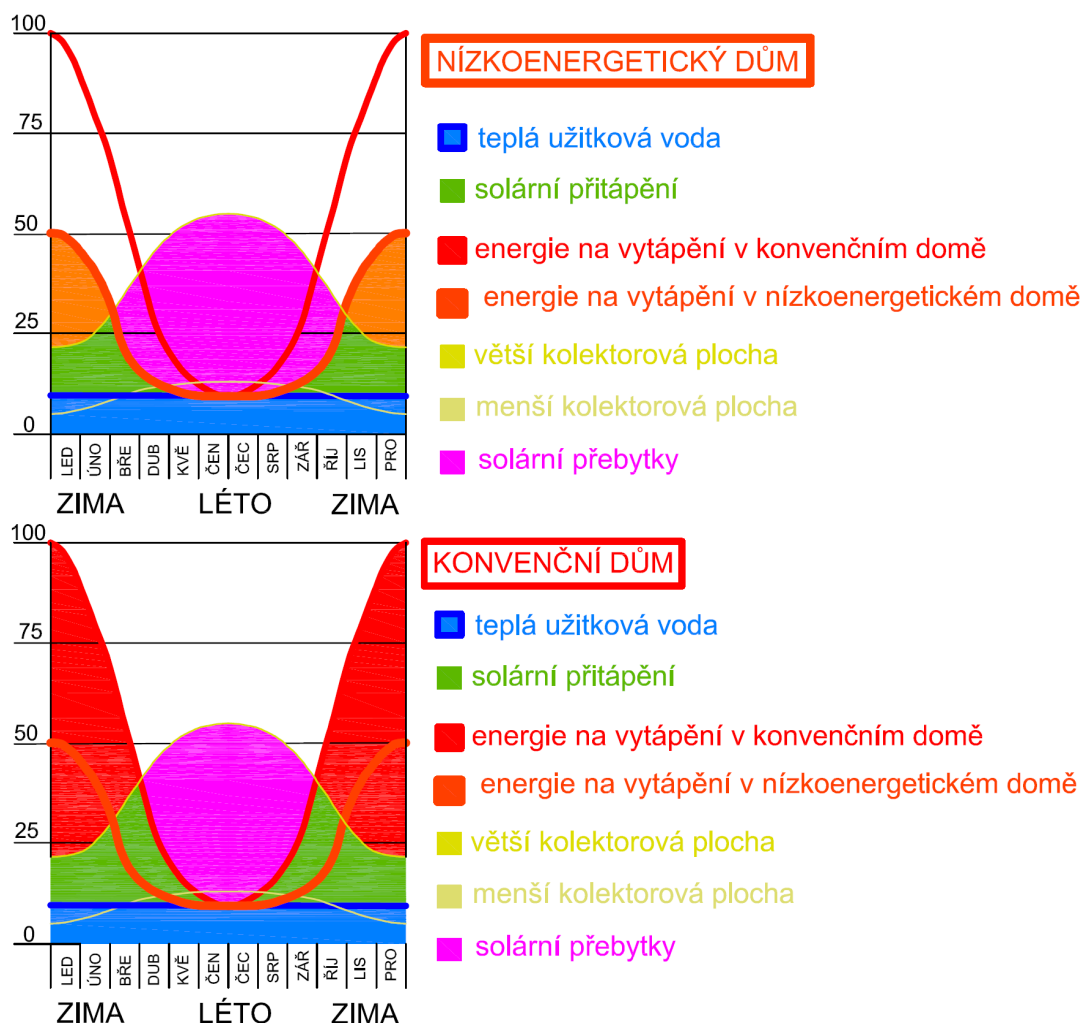
Prvky solárních soustav pro přitápění

Každý solární systém pro přitápění zpravidla disponuje několika základními prvky, které tvoří typickou solární soustavu dnešního pojetí pro extrémní klimatické podmínky. Zjednodušeně lze solární soustavu rozčlenit na:

- sběrač – sluneční kolektory
- akumulace – zásobníky
- procesní prvky
 - primární okruh
 - sekundární okruh
 - čerpadla
 - výměníky
 - armatury
 - měření a regulace
- spotřeba – topná soustava



Obr. 2.01. Solární soustava



Obr. 2.02. Energetická bilance solárních soustav a domů pro bydlení v průběhu roku

Solární termální soustavy pro přitápění a ohřev TV lze nejlépe pozorovat a posuzovat v uzavřeném ročním cyklu, na kterém se uzavírají veškeré toky tepelné energie. Na obr. 2.02. vidíme dvě základní bilance na budovách s různými tepelnými ztrátami, které výrazně ovlivňují podíl solárního krytí, přebytky solárního tepla a podíl potřeby tepelné energie na ohřev TV a vytápění. V obou variantách je znázorněn typický solární systém pro přitápění s kolektorovou plochou 25 m² a malý solární systém sloužící k ohřevu TV s kolektorovou plochou 6 m². V prvním diagramu se jedná o nízkoenergetický dům, ve druhém o konvenční dům s většími tepelnými ztrátami. Svislá osa obou diagramů znázorňuje pouze bezrozměrný číselný podíl toku energie. Z diagramů se zdá, že stejně velká solární soustava může mít lepší využití ve druhém případě, kdy jsou větší nároky na vytápění. Toho lze ovšem docílit pouze v případě, kdy bude dům vybaven adekvátní topnou soustavou a akumulací, aby bylo možné potenciál solární soustavy efektivně využít. Pro nízkoenergetické domy lze naopak optimálně instalovat menší solární soustavy s lepšími ekonomickými výsledky.

Solární systém pro přitápění lze posuzovat pouze společně s konkrétní budovou a charakterem energetických toků v ní. Stejná solární soustava aplikovaná na různých domech s odlišným charakterem energetických potřeb a v odlišných lokalitách bude vykazovat diametrálně odlišné výsledky – solární zisky a vlastní využitelnost. Obrázek 2.02. představuje pouze typické teoretické roční toky energie ve vytápěných objektech se spotřebou TV. Reálné bilance jsou velmi komplikované a zahrnují nesoučasnost poptávky a nabídky, reálné zisky solárních systémů po odečtení ztrát a další vlivy souvisejícího extrémního prostředí.

2.1. Sluneční kolektory a jejich aplikace

Pro zjednodušení jsou sluneční kolektory (sběrače, jímače) nejdůležitějšími prvky solárních systémů, protože slouží k prvotní přeměně slunečního záření na užitečné teplo. Základním principem přeměny slunečního záření na teplo je dokonalé využití skleníkového efektu. Sdružení několika kolektorů pak nazýváme **kolektorové pole**.

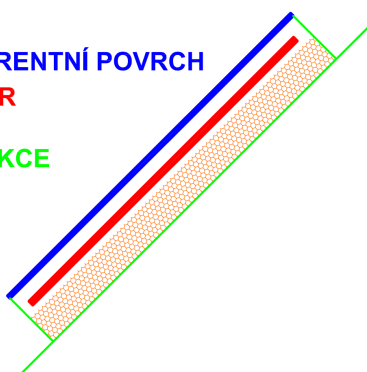
V zásadě rozeznáváme několik základních konstrukčních typů slunečních kolektorů, které jsou použitelné pro různé aplikace, zejména vzhledem k různé účinnosti přeměny slunečního záření na teplo. Tato účinnost je dána konstrukčním řešením slunečního kolektoru a použitými materiály.

2.1.1. Druhy slunečních kolektorů:

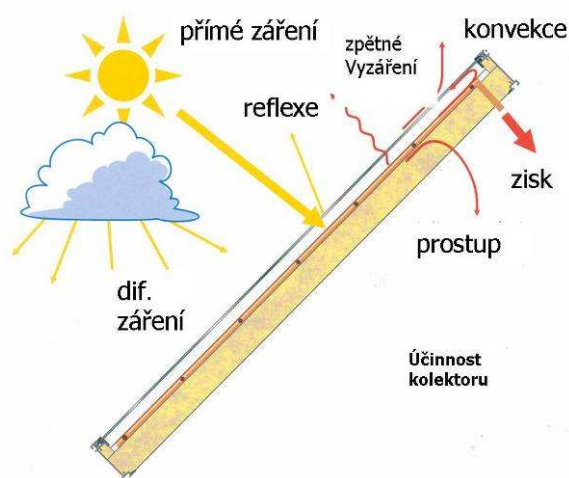
- absorbéry bez transparentní vrstvy
- ploché zasklené kolektory
- vakuové trubicové kolektory
 - o CPC (Compound Parabolic Concentrators)
 - o průtočné
 - o s tepelnou trubicí
- vzduchové kolektory
- ploché vyvakuované
- zvláštní provedení

Typické prvky slunečního kolektoru:

- TRANSPARENTNÍ POVRCH
- ABSORBÉR
- IZOLACE
- KONSTRUKCE



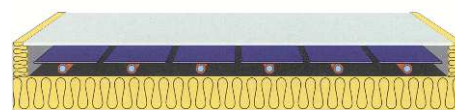
Obr. 2.04. Konstrukce sl. kolektoru



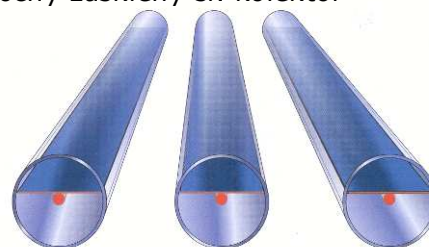
Obr. 2.06. Tepelné ztráty sl. kolektoru



Absorbér bez transparentní vrstvy

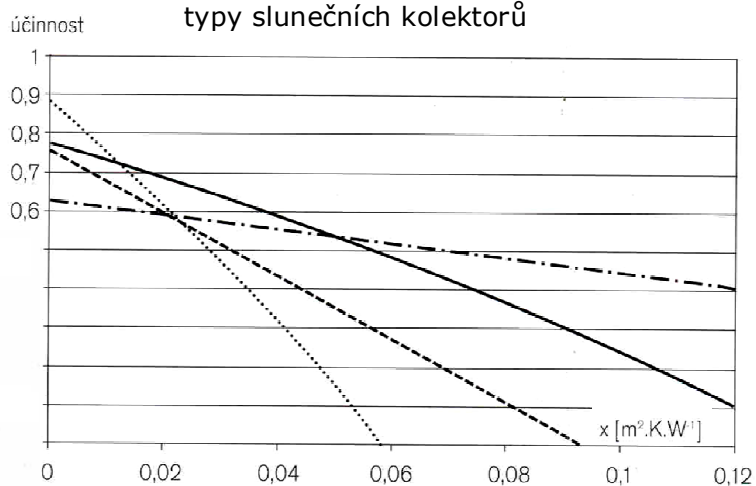


Plochý zasklený sl. kolektor



Vakuový trubicový kolektor

Obr. 2.03. Základní konstrukční typy slunečních kolektorů

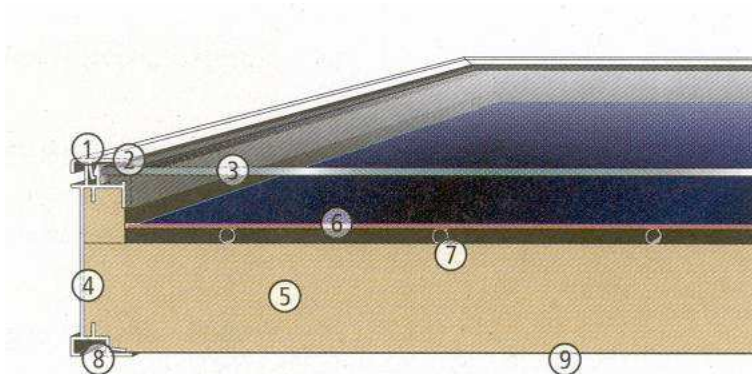


Obr. 2.05. Účinnostní charakteristiky základních typů sl. kolektorů

- kolektor se selektivní vrstvou
- - - kolektor bez selektivní vrstvy
- nekrytý absorbér
- · - vakuový trubicový kolektor

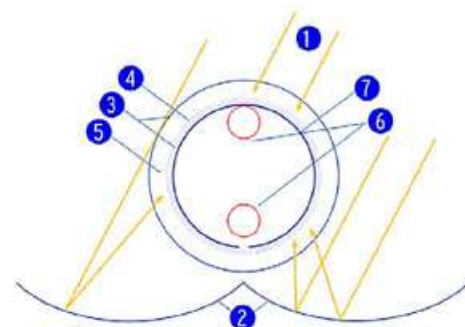
Obr. 2.07. Typický plochý kolektor

1. krycí lišta
2. těsnění
3. solární bezpečn. sklo
4. konst. kolektoru
5. tepelná izolace
6. selektivní absorbér
7. oddělovací fólie
8. rám kolektoru
9. spodní kryt kol.

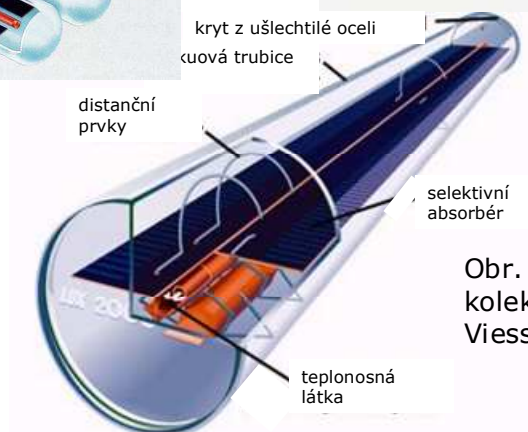


Obr. 2.08. Typický vakuový trubicový kolektor typu CPC s napařenou selektivní vrstvou na skle

1. sluneční záření
2. CPC zrcadla
3. vakuová trubice
4. selektivní povrch
5. vakuum
6. Cu trubka
7. teplotnosný plech



Obr. 2.09. Vakuový trubicový kolektor s tepelnou trubicí Viessmann Vitosol 300

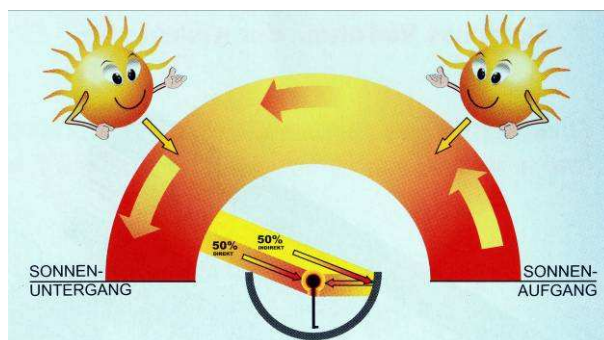
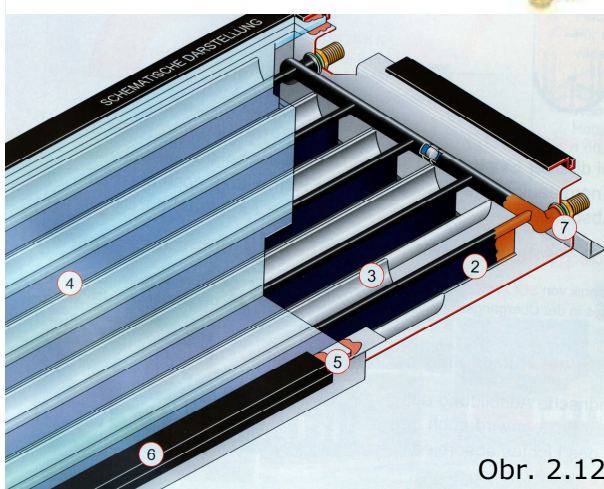


Obr. 2.10. Vakuový trubicový kolektor průtočný Viessmann Vitosol 200T

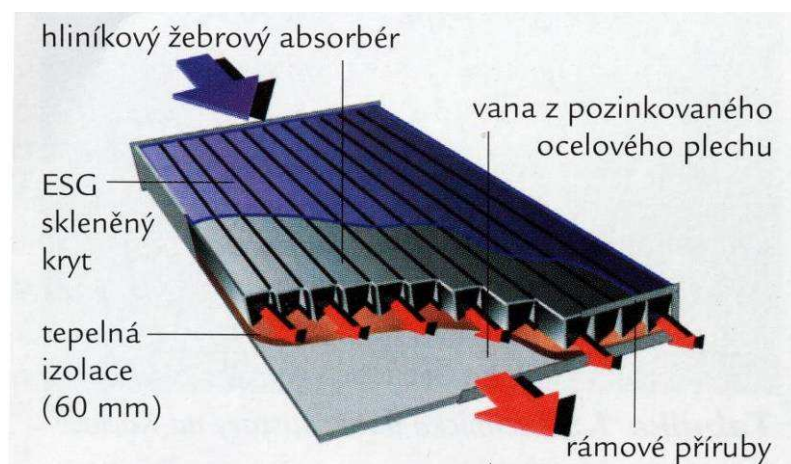
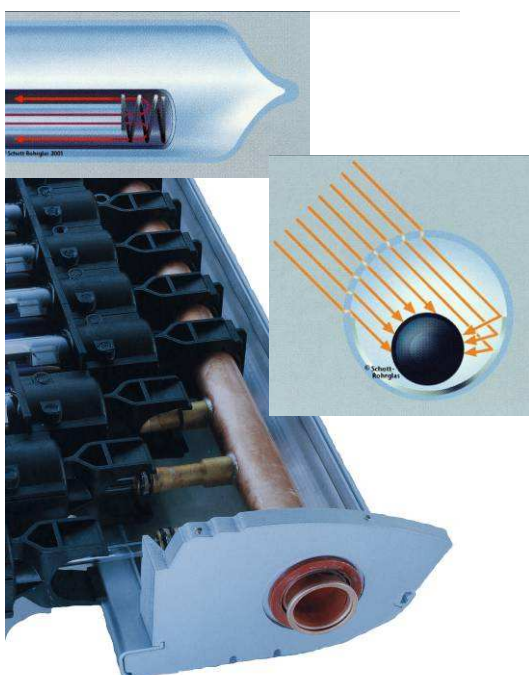
Netradiční konstrukce slunečních kolektorů:



Obr. 2.11. Plochý vakuovaný kolektor ThermoSolar H400V, [ThermoSolar]



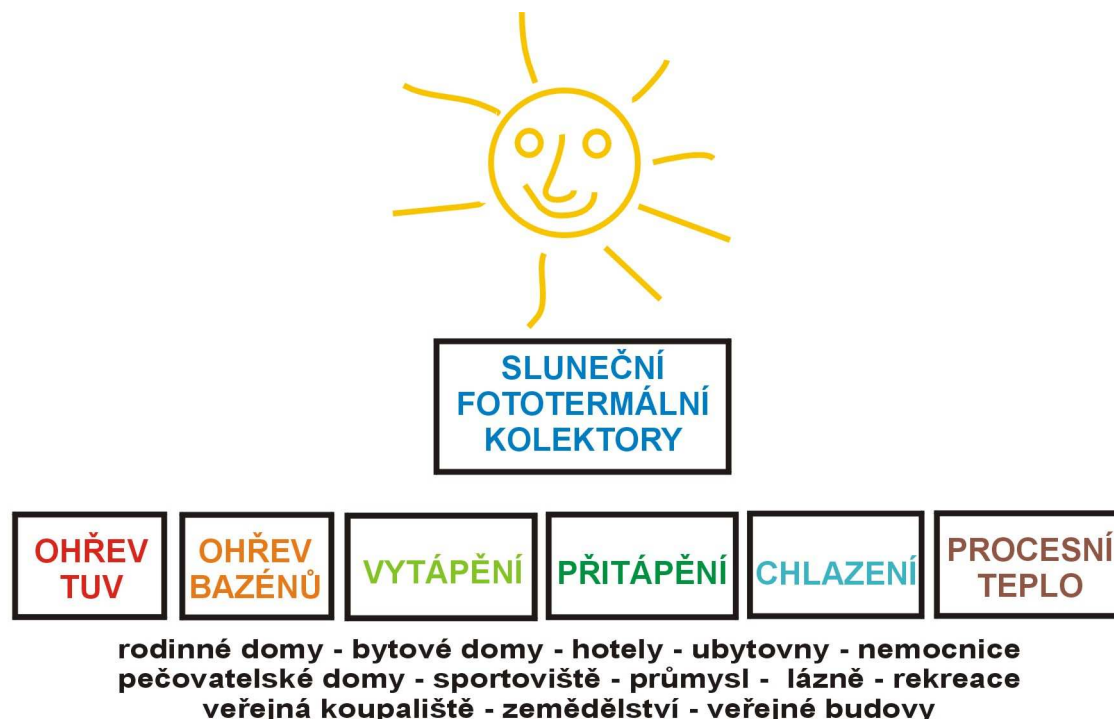
Obr. 2.12. Zrcadlový koncentrační kolektor, [SOLARFOCUS]



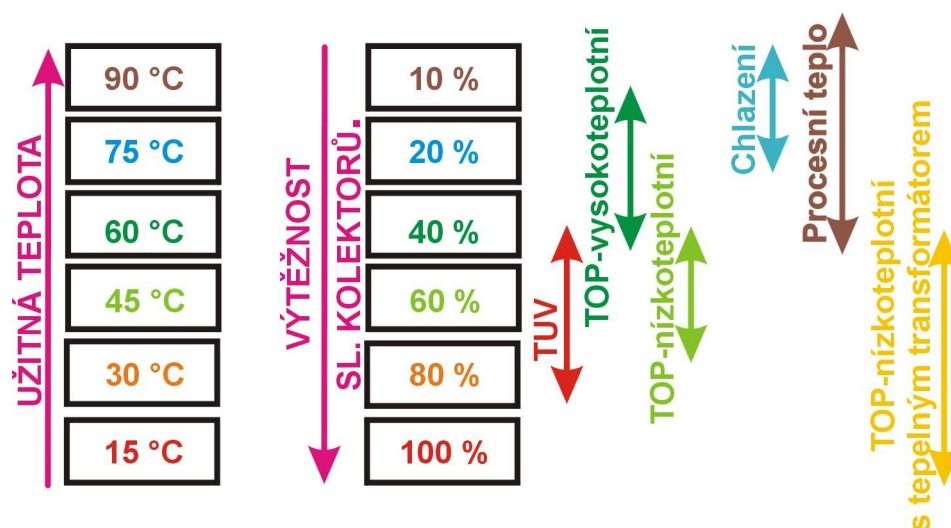
Obr. 2.13. Vzduchový sluneční kolektor, [GRAMMER TWINSOLAR]

Obr. 2.14. Vakuový trubicový kolektor s integrovanou reflexní vrstvou přímo v trubici, [SHOTT]

2.1.2. Aplikace slunečních kolektorů



Obr. 2.15. Základní způsoby využití sl. kolektorů a jejich aplikovatelnost

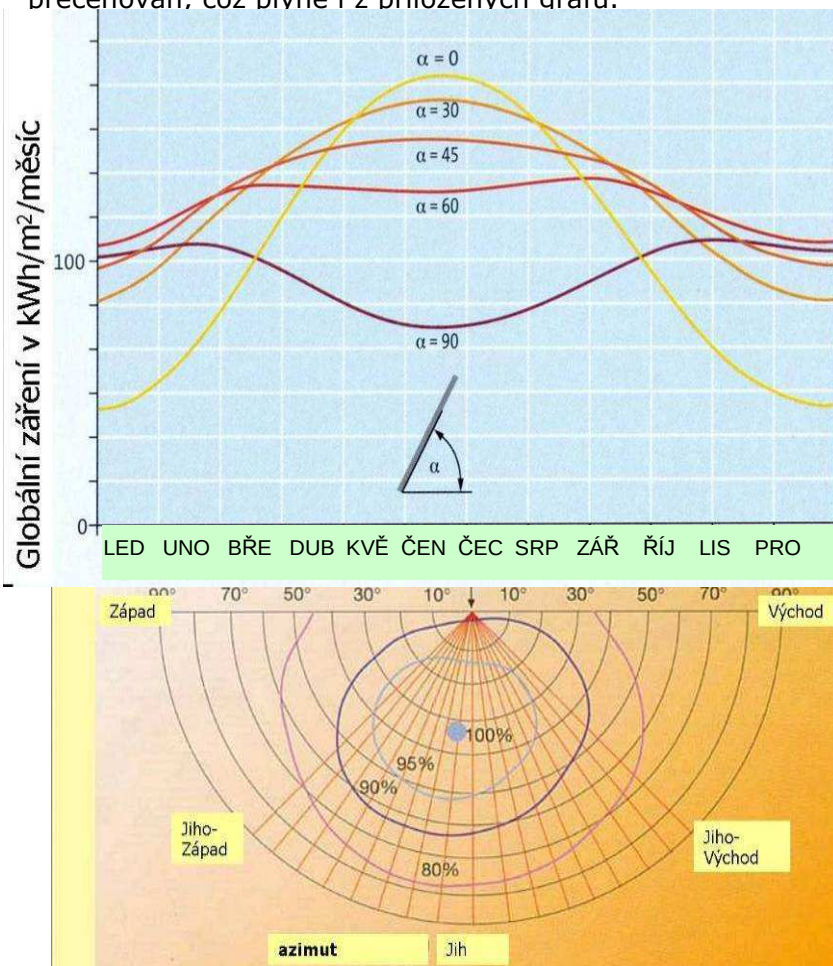


Obr. 2.16. Závislost teploty na skutečné využitelnosti slunečních kolektorů a jejich aplikaci

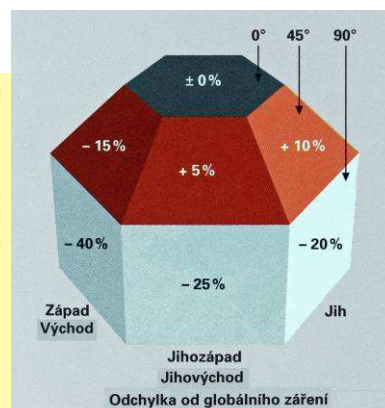
Čím vyšší teploty chceme dosáhnout u slunečních kolektorů, tím méně využíváme jejich potenciál, protože pracují s nižší účinností a jsou závislé na lepších slunečních podmínkách. Obr. 2.16. a obr. 2.15. znázorňují využitelnost slunečních fototermálních kolektorů a jejich výtěžnost pro různé použití. Procentuální znázornění výtěžnosti neznázorňuje jejich účinnost, ale reálnou využitelnost. Čím vyšší užitná, provozní, tedy požadovaná teplota, tím menší je využitelnost slunečních kolektorů.

2.1.3. Umístění slunečních kolektorů

Sluneční kolektory a kolektorová pole instalujeme pro maximální solární zisky v našich klimatických podmínkách pokud možno k jihu pod úhlem 45° od vodorovné roviny. Vzhledem k vyšším odpoledním teplotám je výhodnější azimut spíše k JJZ. Větší roli pak může hrát pravděpodobnost oblačnosti v dopoledních a odpoledních hodinách v dané lokalitě a ročním období. Většinou jsme ovšem limitováni konkrétní stavbou a její orientací a kompozici ovlivňuje více architektonický vzhled než ideální umístění. Pro zimní zisky je efektivnější větší sklon od vodorovné roviny a naopak. Vliv úhlu bývá často přeceňován, což plyne i z přiložených grafů.



Obr. 2.17. Vliv ročního období na optimální sklon sl. kolektorů



Obr. 2.18. Vliv orientace kolektorového pole na solární zisky

Sluneční kolektory skládané a zapojené do sériově paralelního zapojení nazývané kolektorová pole mohou být umístěny:

- Obr. 2.19a. v rovině střechy zakomponované do krytiny
- Obr. 2.19b. v rovině střechy na samostatné konstrukci nad krytinou
- Obr. 2.19c. vykloněny z roviny střechy pro lepší orientaci vůči Slunci
- Obr. 2.19d. na fasády a samostatné vertikální konstrukce
- Obr. 2.19e. na ploché střechy na vlastní konstrukce
- Obr. 2.19f. na povrchu přirozeného terénu





Obr. 2.19c.



Obr. 2.19d.



Obr. 2.19f.



Obr. 2.19e.



Obr. 2.20.

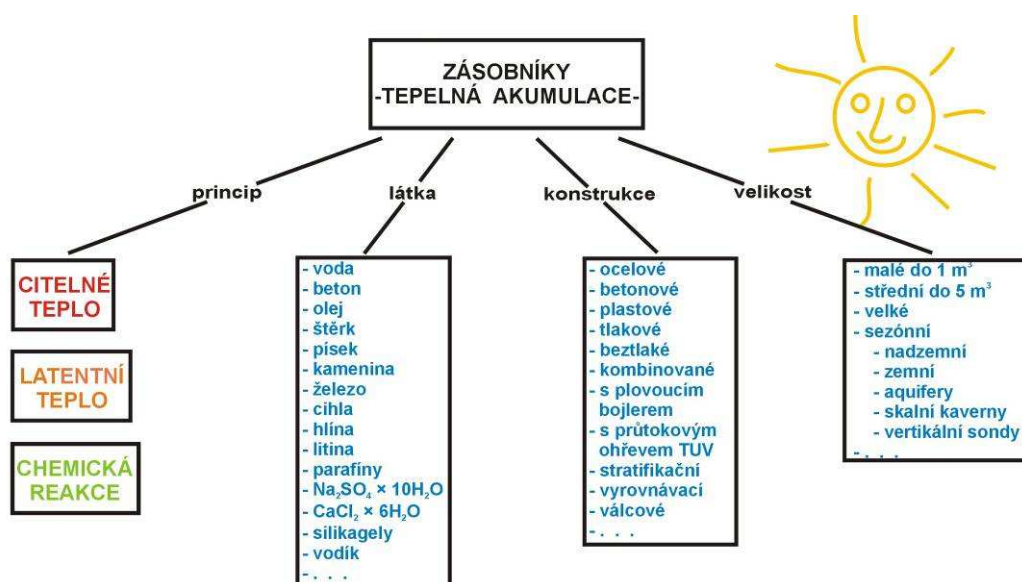
Dalším důležitým kritériem pro kompozici solárních systémů pro přitápění v extrémních podmínkách je samočisticí schopnost vůči sněhové pokrývce. Tu můžeme zajistit delší vertikální kolektorovou plochou (dva a více kolektorů nad sebou) a větším sklonem slunečních kolektorů. Sluneční kolektory a jejich konstrukce není zpravidla dostatečně dimenzovaná, aby byla používána jako sněhová zádrž. V extrémních zejména horských oblastech a u střech s nadstřešní izolací je nezbytné standardní konstrukce zpravidla zpevňovat, více o sněhu v kapitole 5.5.3.

2.2. Akumulace - zásobníky

Nabídka slunečního záření se zpravidla nekryje s poptávkou po energii a to jak v denním cyklu během 24 hodin, tak bohužel ani v periodě roční, jak lze vidět na následujících diagramech. I v našich klimatických podmínkách dopadá v průběhu roku na střechy domů více slunečního záření, než zpravidla celkově během roku potřebujeme. Bohužel dopadá v zimní polovině roku pouze 25 % z celkového ročního množství slunečního záření, a právě toto období je pro nás stěžejní z hlediska požadavků na vytápění budov pro bydlení.

Akumulace je největší technologický problém všech obnovitelných zdrojů energie a její vyřešení bude znamenat definitivní a poslední důležitý krok k návratu k přirozeným energetickým zdrojům za současného zachování kvality života naší společnosti.

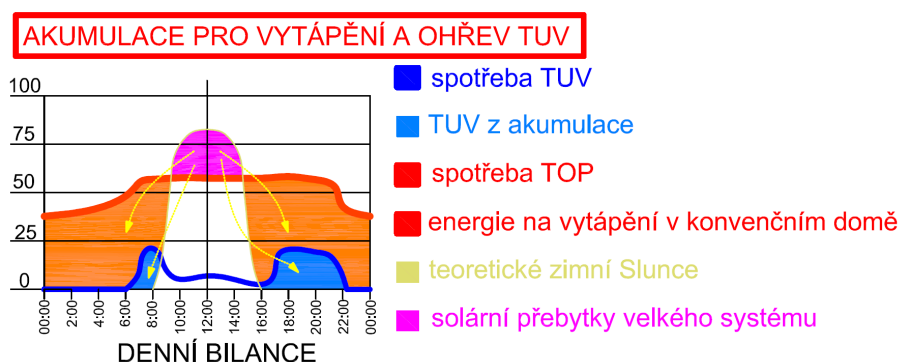
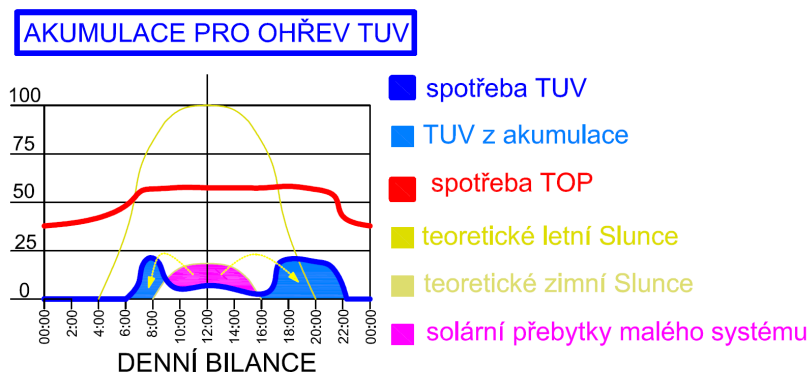
Akumulační zásobníky lze rozdělit podle několika hledisek patrných z následujícího grafického vyjádření na obr. 2.21. Ze všech prvků solárních soustav je právě akumulace nesmírně zajímavým prvkem, nabízejícím nekonečné konstrukční a principiální varianty a možnosti. Na trhu a ve vývoji je tolik variant a konstrukčních řešení zásobníků tepla, že by o tomto mohla být napsána samostatná publikace. Pro malé solární systémy pro přitápění v RD se proto zaměříme spíše na klasické zásobníky malé a střední a jejich konstrukce, které slouží jako kombinované akumulátory pro ohřev TV a zároveň pro přitápění.



Obr. 2.21. Základní rozdělení zásobníků tepelné energie

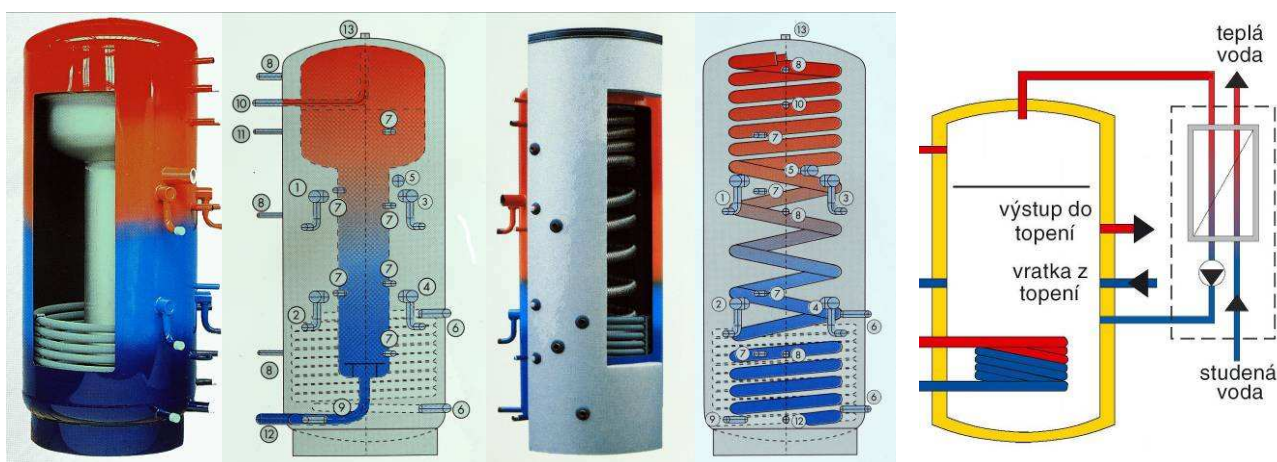
Jak malé solární soustavy pro ohřev TV, tak solární systémy větší pro přitápění vyžadují akumulaci tepelné energie. Na obr. 2.22. lze na prvním grafu pozorovat typický odběr TV v průběhu dne, kdy nejvíce spotřeby TV zaznamenáváme při ranní a večerní hygieně a největší pravděpodobnost solárních zisků při optimálně orientovaném kolektorovém poli máme okolo poledne. Druhý diagram na obr. 2.22. znázorňuje větší solární soustavu v průběhu zimního dne a požadavky na TV podobné jako na předchozím obrázku plus požadavky na vytápění, které se budou pochopitelně lišit na základě venkovních podmínek a tepelné kvality budovy. Většinu budov však vytápíme ve dvou režimech, v denním a útlumovém nočním provozu. Další akumulace znamená překlenutí dní s horšími slunečními podmínkami.

Hlavními parametry akumulačních tepelných zásobníků je jejich **kapacita**, která nejvíce ovlivňuje jejich velikost. Dále jejich **efektivita** nabíjení a vybíjení způsobující účinnější využití solárního systému, zpravidla hodnocená využitelností slunečních kolektorů v procentech (SF-solar fraction).



Obr. 2.22.
Denní bilance
energetické
nesoučasnosti –
poptávka versus
nabídka

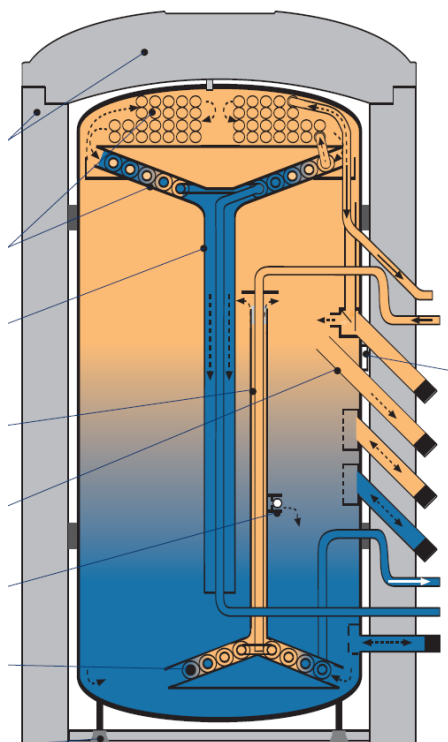
2.2.1. Typické zásobníky pro kombinované solární systémy pro přitápění a ohřev TV



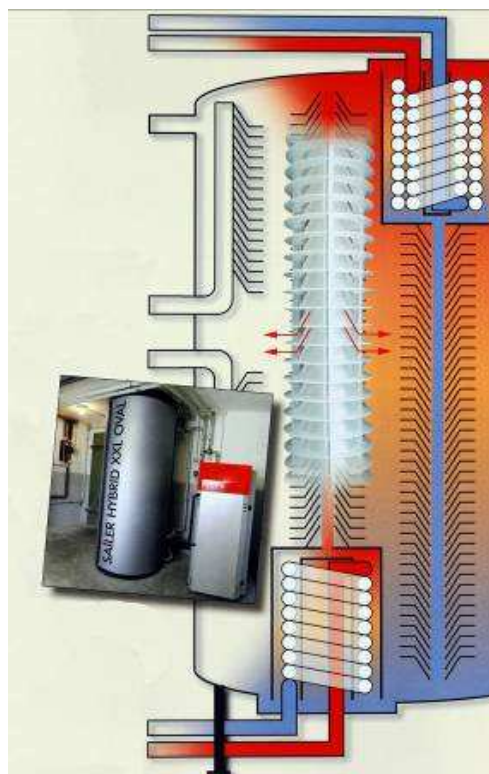
Obr. 2.23. Základní kombinované zásobníky s vnitřním plovoucím bojlerem, průtokovým ohřevem integrovaným v zásobníku topné vody a externím ohřevem přes deskový výměník, [FEURON AG, SONNENKRAFT]

2.2.2. Stratifikační zásobníky pro solární systémy

Pro efektivní využití slunečních kolektorů pro přitápění a ohřev TV je nezbytné účinné vrstvení teplotních hladin v zásobníku, které nazýváme stratifikací. Z tohoto důvodu je na trhu a je vyvíjena řada sofistikovaných a rozmanitých konstrukcí výstrojí moderních zásobníků tepla, díky kterým není degradována kvalita energie a nedochází k míšení již získané teploty na nižší. Vždy je výhodnější udržet vyšší teplotu v menším množství; jednak má vyšší teplota lepší uplatnění a za druhé to znamená nižší nabíjecí teplotu a vyšší účinnost a výtěžnost slunečních kolektorů.

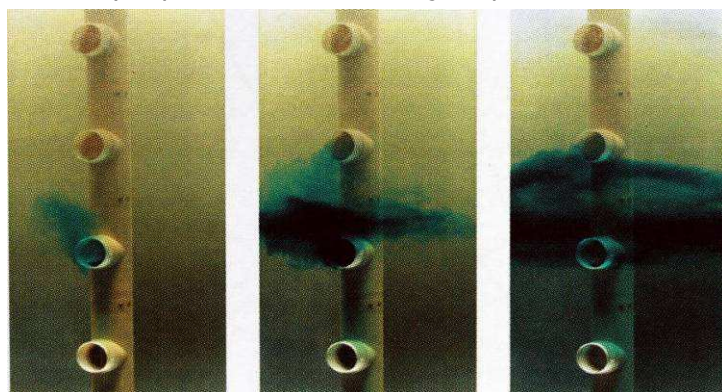


Obr. 2.24. Stratifikační zásobník, [CONSOLAR]

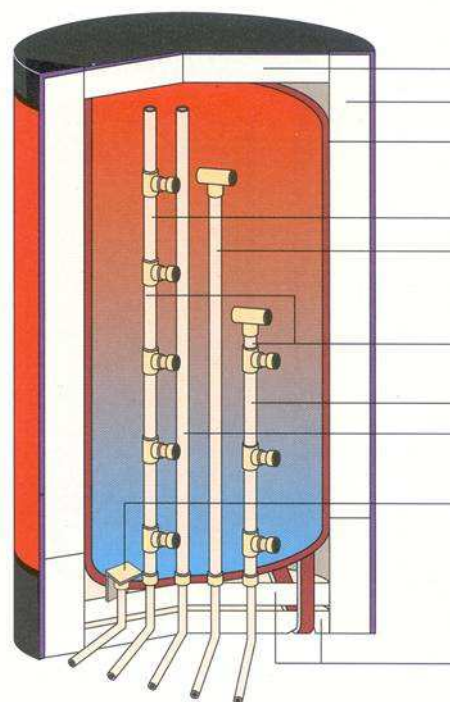


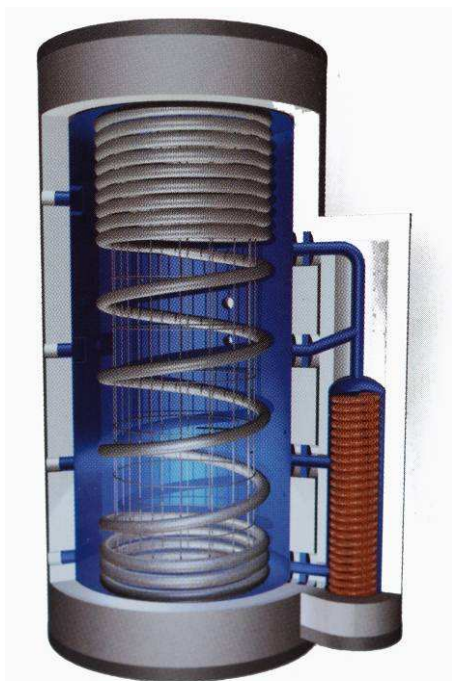
Obr. 2.25. Stratifikační zásobník, [SAILER]

Na předchozích obrázcích jsou typičtí představitelé sofistikovanějších akumulčních zásobníků na trhu využívajícím stratifikačních prvků, jednak pro chlazení spodní části zásobníku při odběru TV, jednak pro přívod solárního tepla. Zásobníky mají řešení ohřev TV průtokovým trubkovým výměníkem v horní části zásobníku. Zásobník na obr. 2.24. má připojovací nátrubky pod úhlem, tak aby nedocházelo k samovolnému vybíjení zásobníku samotíž. V obou případech má solární trubkový výměník opět stratifikační nastavbu pro optimální využití solárního tepla a vrstvení jednotlivých teplotních hladin. Zásobník na obr. 2.25. má stratifikační nastavby také pro zpáteční potrubí z topné soustavy a pro sekundární zdroje tepla.



Obr. 2.26. Funkční princip nabíjení vrstev v zásobníku, [SOLVIS]





Obr. 2.27. Solární zásobník PRO-CLEAN od společnosti [TEUFEL & SCHWARZ]. Tento zásobník má zajímavě řešenou stratifikační nastavbu mimo zásobník pro lepší nabíjení solárním systémem, ohřev TV zajišťuje průtokovým trubkovým výměníkem integrovaným v zásobníku.

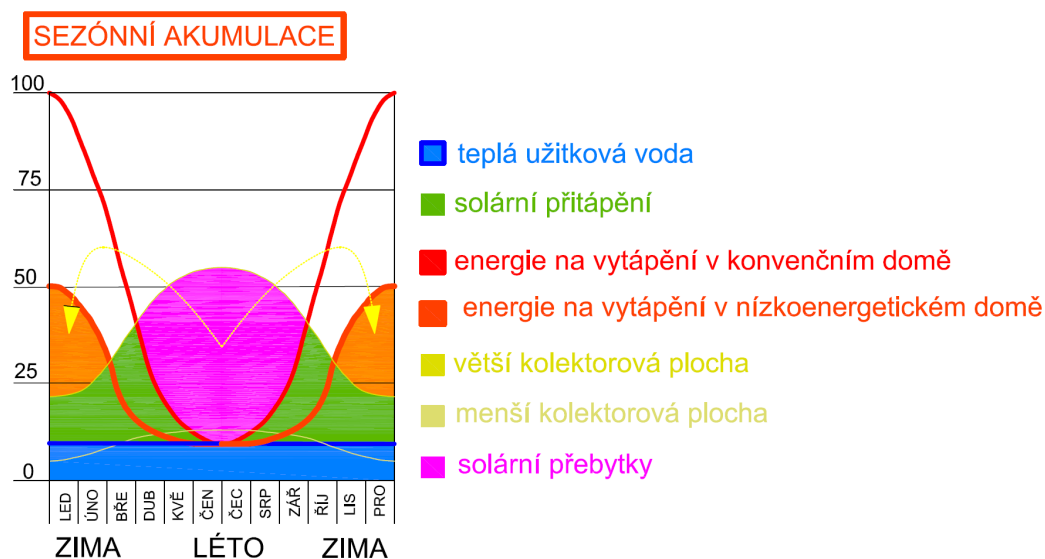


Obr. 2.28. Akumulační zásobník AQUA EXPRESSO od firmy [PARADIGMA]. Tento zásobník řeší ohřev TV přes deskový výměník vně zásobníku a má zajímavý prvek pro zlepšení přenosu tepla samovolnou konvekci na integrované topné patroně.

2.2.3. Sezónní akumulace

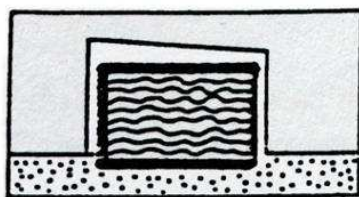
Jak je patrné z následujícího obrázku, lze uchovat letní solární teplo také pro zimní využití. Sezónní akumulace je finančně náročná, ale přesto již dnes ověřená a možná. Ve spojení s dnes prosazovanou pasivní výstavbou, kdy jsou zbytkové nároky na vytápění nízké, se ovšem může stát neekonomickou.

Pro sezónní akumulaci se zpravidla používají vyrovnávací zásobníky velkých rozměrů v kombinaci s akčními nádržemi, ze kterých se přímo připravuje topná a teplá užitková voda.

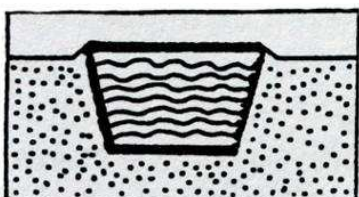


Obr. 2.29. Roční balance energetické nesoučasnosti s možností akumulace z léta na zimu

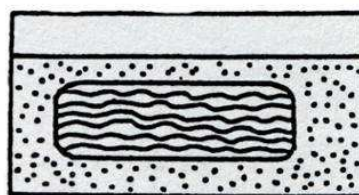
Typy sezónních a vyrovnávacích tepelných zásobníků - akumulátorů:



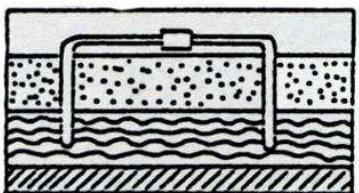
vodní nádrž



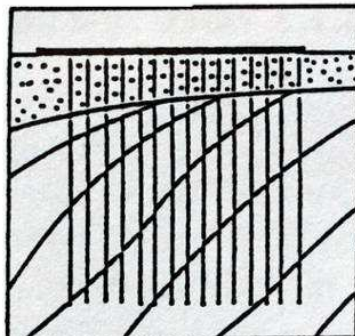
zemní nádrž



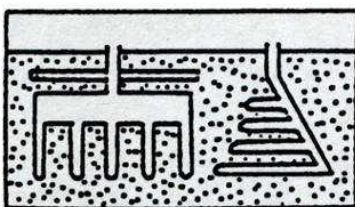
Aquifer



skalní kaverly

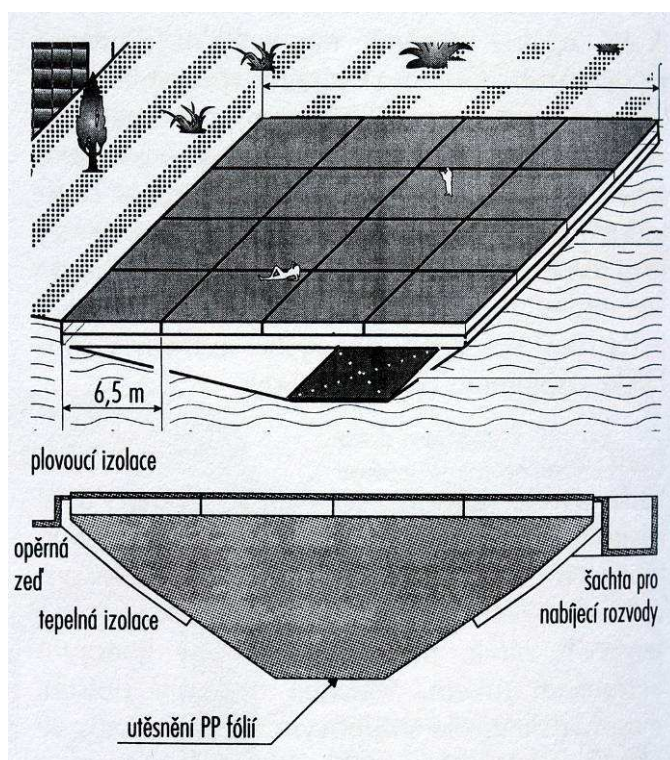


skalní kaverly s vertikálními sondami



zásobník v horizontálních a vertikálních sondách

Obr. 2.30. Stavební forma velkokapacitních sezónních zásobníků [14]



Obr. 2.31. Příklad sezónního zásobníku s plovoucím zakrytím [14]



Obr. 2.32. Velkoplošné kolektorové solární pole a velké tlakové solární akumulční zásobníky [SONNENKRAFT, FEURON AG]

2.3. Další prvky solárních systémů

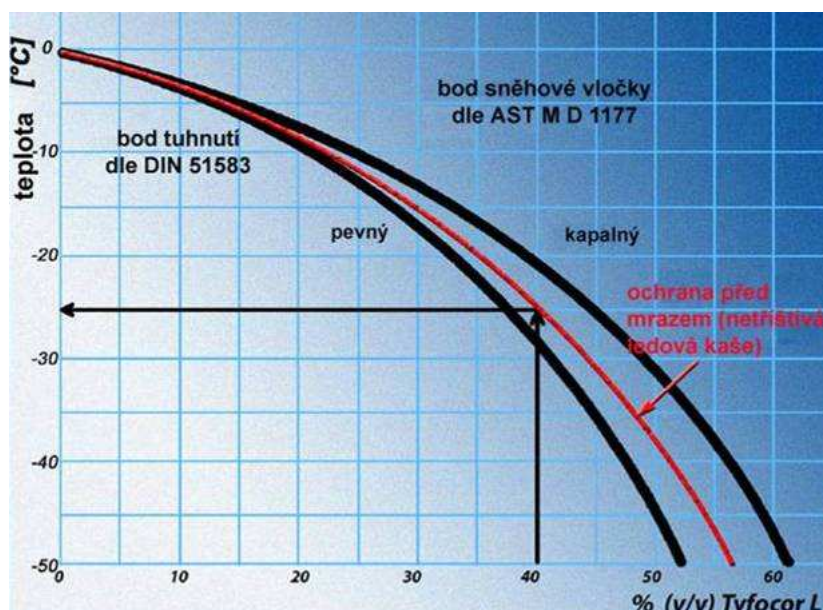
2.3.1. Teplonosné látky

Dalším důležitým faktorem je teplonosné médium, které se používá pro přenos transformovaného tepla ze slunečního záření od kolektorů k zásobníku, respektive ke spotřebě. Teplonosné tekutiny musí splňovat v extrémních klimatických podmínkách základní požadavky:

- vysoká tepelná kapacita
- dlouhodobá spolehlivost a stabilita
- nízká viskozita, zejména při nízkých teplotách
- mrazuvzdornost a vyšší teplota varu mimo rozsah provozních teplot
- další ekologická a bezpečnostní hlediska

Nejčastěji používanou tekutinou v našich klimatických podmínkách je zpravidla směs vody s glykoly s inhibitory koroze a dalšími stabilizátory směsi. U těchto směsí se standardně doporučuje ředění vodou s 40% podílem glykolu. Ve směsi by nemělo být méně než 35 % glykolu. Vyšší koncentrace glykolu nad 50 % znamená vyšší viskozitu směsi, větší čerpací práci a riziko poškození čerpadel a expanzomatů. Kyselost této směsi by se měla pohybovat okolo hodnoty 8 pH, neměla by klesnout pod hodnotu 6,5. Na trhu je řada výrobců a obchodních značek těchto kapalin a je mezi nimi značný kvalitativní rozdíl. Samotná směs vody a glykolu má větší korozní účinky než samotná voda. Nekvalitní směsi mohou způsobovat korozi, ale také velké problémy s funkcí a životností. Z nekvalitní kapaliny se mohou například separovat pevné a vazké částice a uvolňovat nežádoucí plynná složka, čímž dojde k nevratnému zanesení potrubí, výměníků a samotných sl. kolektorů a přerušení průchodnosti potrubí. K tomuto jevu docházelo u některých kapalin a zejména u vakuových sl. kolektorů, které dosahují vyšších stagnačních teplot. Někteří výrobci sl. kolektorů proto pro vakuové sl. kolektory doporučují směsi speciální, odolnější vyšším teplotám. Do solárních systémů lze požívat pouze kapaliny k tomuto účelu vyrobené, nelze je napouštět například jedovatými tekutinami typu Fridex apod.

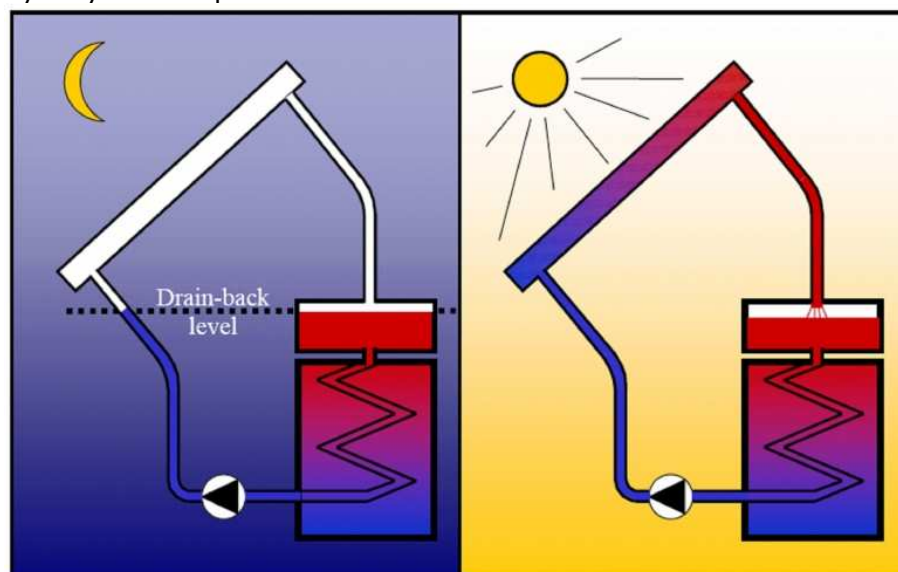
Kapaliny na bázi glykolu jsou agresivní pro řadu materiálů, kterých se v primárních okruzích solárních systémů musíme vyvarovat. Jedná se například o pozinkované potrubí, pryžová těsnění apod. solárním systémem.



Obr. 2.33. Zabezpečení proti mrazu – koncentrace směsi v závislosti na bodu tuhnutí

Drain-Back systém

Na trhu jsou i systémy, kde se používá jako teplonosná kapalina v extrémních podmínkách voda. Tyto systémy se bez běhu čerpadla musí celé zcela vyprázdnit, aby bylo vyloučeno poškození mrazem.



Obr. 2.34. Princip Drain-Back bez použití teplonosných nemrznoucích kapalin

2.3.2. Primární potrubí a izolace prvků solárních systémů



Potrubí pro primární okruhy solárních systémů musí splňovat dva základní předpoklady – musí dlouhodobě odolávat vysokým teplotám, kdy u solárních systémů stoupá stagnační teplota až přes 200 °C, a musí zajistit přenos tepla od kolektorů k zásobníkům. S vysokými teplotami jsou spojeny také nároky na dilatace potrubí, jejich izolaci, způsoby spojování a použitá těsnění. Dalším důležitým faktorem je odolnost vůči korozi a chemická rezistence vůči použitým teplonosným

Obr. 2.35. dvojitá nerez flexibilní potrubí

látkám. Dnes stále převládá použití měděného potrubí a flexibilních nerezových potrubí, která se často prodávají již ve dvojici předizolované s kabelem pro teplotní čidlo. Měděné potrubí se lisuje lisovacími fitinkami se speciálními těsněními vyráběnými pro tento účel nebo se letuje tvrdou pájkou a u malých solárních systému s nevakuovanými kolektory také pájkou měkkou s vyšším obsahem stříbra. Jako izolace je vhodné použít izolace na bázi kaučuku pro vysokoteplotní aplikace a s UV filtrem pro exteriéry. Do interiérů lze požit také izolace na bázi čedičových a skelných vláken. Ty jsou ovšem nasákové a nevhodné pro venkovní použití. U velkých solárních systémů je vhodné potrubí s izolací zabezpečit ještě obalem např. z odolných plastů nebo slabého plechu ze slitin hliníku, tím je potrubí a izolace chráněno proti venkovním vlivům – ptákům, dešti, slunci...

Plastové a pozinkované potrubí zpravidla nebude splňovat požadavky z předchozího odstavce.

2.3.3. Řídicí systémy, bezpečnostní prvky



Obr. 2.36. Solární regulátor, [RESOL]

Solární systémy jsou plně automatická zařízení ovládaná automatickou regulací, která zajišťuje solární ohřev na základě teplotní difference mezi teplotou v kolektorech a zásobnících. Sofistikované regulátory zároveň zajišťují dohřev bivalentním zdrojem, případně řídí také odběr tepla – topnou soustavu. Na trhu je celá řada specializovaných výrobců a výrobců tradičních, kteří do svého sortimentu nebo do svých regulátorů zařazují funkce a výstupy pro solární systémy.

Solární regulátory a řídicí systémy musí vedle provozních funkcí zajišťovat také funkce bezpečnostní, zejména související s přehříváním zásobníků a s omezováním výstupní teploty TV a topné vody do topných soustav.

Další důležitou roli hrají v tlakových okruzích solárních okruhů **bezpečnostní ventily** a **expanzní nádoby** pro eliminaci vysokých tlaků způsobených zejména stagnačními stavy, kterých se u solárních systémů nelze vyhnout.

2.3.4. Čerpadlové jednotky, výměníky tepla a další prvky solárních systémů

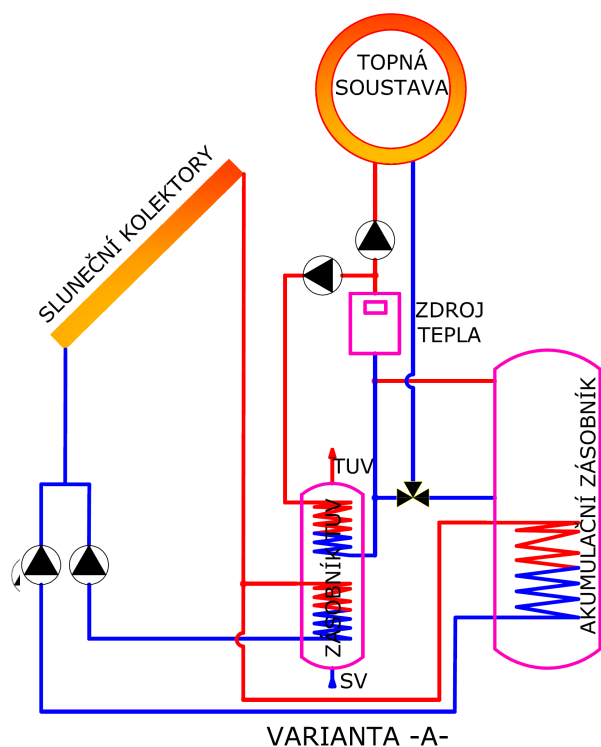


Obr. 2.37. Čerpadlová jednotka RLGPZ2270, [SONNENKRAFT]

Oběhová čerpadla, výměníky tepla a další armatury jsou nezbytnými prvky, bez kterých se solární systémy neobejdou. Zpravidla pro ně platí stejné zásady jako pro běžnou topenářskou praxi. Tyto komponenty však musí odolávat vyšším teplotám a použité těsnící prvky musí být inertní vůči použitým kapalinám v primárních okruzích. U solárních systémů jsou také důležité odvzdušňovací prvky, které musí odolávat vysokým teplotám, protože teplotosné kapaliny mění výrazně svou teplotu a také skupenství, čímž se uvolňuje vázaný vzduch v kapalině.

2.4. Typická schémata kombinovaných solárních systémů pro ohřev TV s přitápěním pro malé systémy v RD:

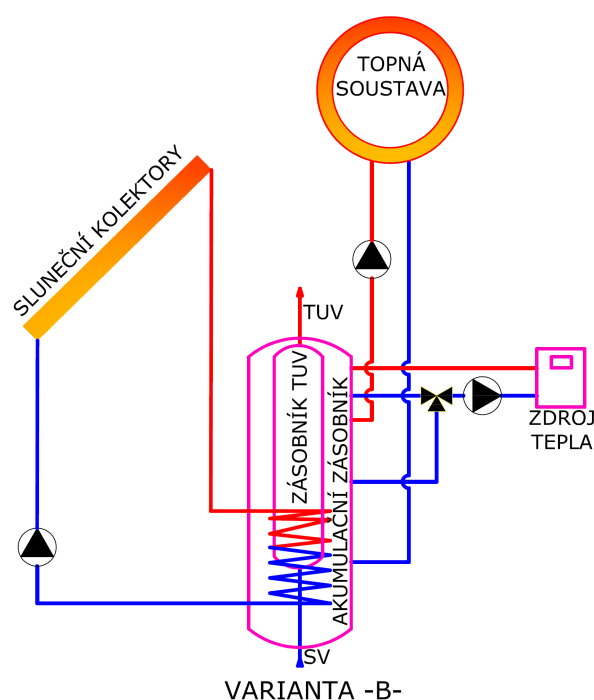
Na následujících schématech lze pozorovat několik základních způsobů zapojení solárních systémů sloužících pro kombinovaný ohřev TV a přitápění v RD a malých bytových domech. Schémat by mohlo být nekonečně mnoho, jednotlivé prvky a užité principy se mohou prolínat. Konstrukční rozmanitost vyráběných a vyvíjených akumulčních nádrží předurčuje také celou řadu zapojení. Přesto lze na následujících devíti schématech zmapovat všechna základní užívaná zapojení, která nám současná praxe nabízí. Pro omezení záměrně neřeší topné soustavy, hydraulické funkční detaily a velké systémy s centralizovaným vytápěním apod. Smyslem těchto schémat a popisů je pouze vytvořit základní průřez základními zapojeními solárních systémů pro přitápění.



Obr. 2.38a.

Varianta -A- Předehřev zpátečky

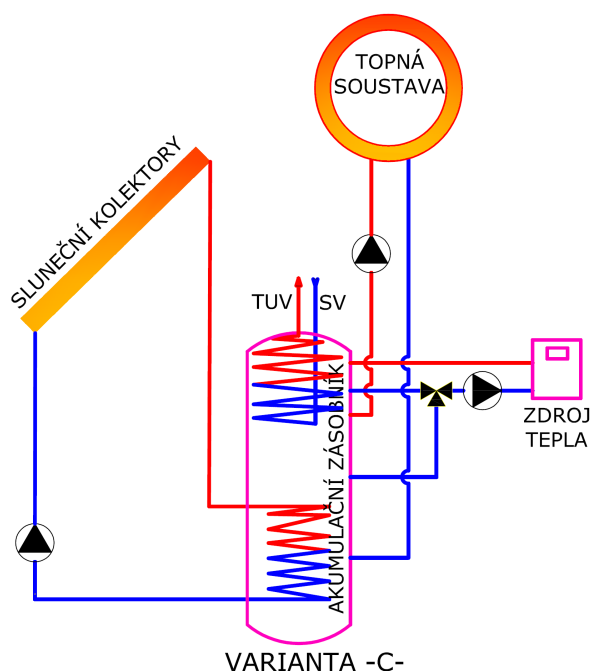
Typické zapojení dvou akumulátorů, bojleru pro ohřev TV a akumulční nádrže pro topení. Pokud je již bojler TV plně nabitý nebo kolektorové pole dodává energii o nižší teplotě, než je zapotřebí pro plné nabití bojleru TV, je nabíjena akumulční nádrž. Pokud je teplota topné zpátečky nižší, než je teplota v akumulční nádrži ohřáté od Slunce, dochází k předehřevu zpátečky z topení a dohřevu v kotli.



Obr. 2.38b.

Varianta -B- Plovoucí bojler v nádrži

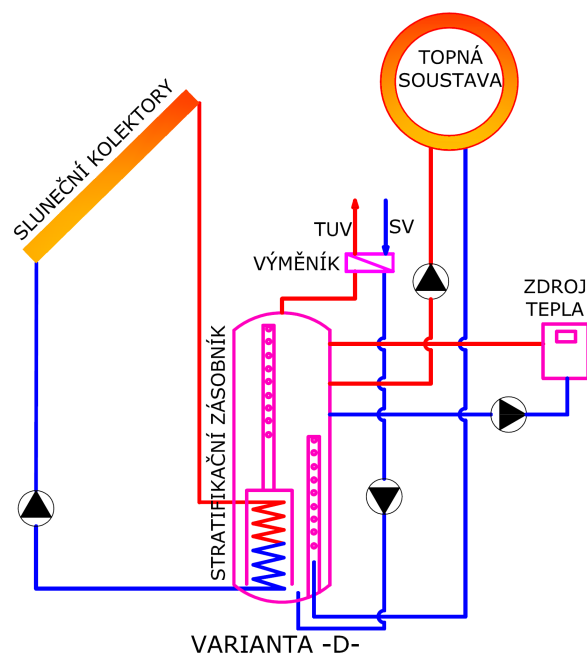
Systém využívá centralizované akumulace tepla v jednom zásobníku, ve kterém je integrovaný vnitřní bojler pro TV obklopen topnou vodou. Vnitřní bojler v horní části akumulční nádrže je dohříván kotlem prostřednictvím obklopující topné vody, která je ohřívána současně solárním systémem. Kotel nahřívá horní část nádrže, odkud se uprostřed odebírá topná voda do topného systému a zároveň se tím ohřívá TV v neslunných dnech. Pokud je dostatek slunečního záření, nádrž se celá prohřeje, kotel nezapíná a nedohřívá nádrž a zároveň dochází k ohřevu TV. Výhodou této varianty je jednoduché hydraulické zapojení a příznivá stratifikace⁽⁹⁾ v zásobníku.



Obr. 2.38c.

Varianta -C- Průtokový ohřev TV v akumulční nádrži

Výhodou tohoto systému je opět jediný zásobník. Průtokový ohřev TV v nejvyšší části nádrže trubkovým výměníkem zhoršuje stratifikaci⁽⁹⁾ tepla v nádrži, vytváří nutnost ohřevu nádrže na vyšší teplotu vzhledem k dalšímu výměníku pro ohřev TV a zároveň eliminuje nevýhody zásobníků TV. V principu se jedná pravděpodobně o nejlevnější variantu kombinované akumulční nádrže. V praxi ovšem zhoršuje podmínky pro vyšší výtěžnost solárního systému.

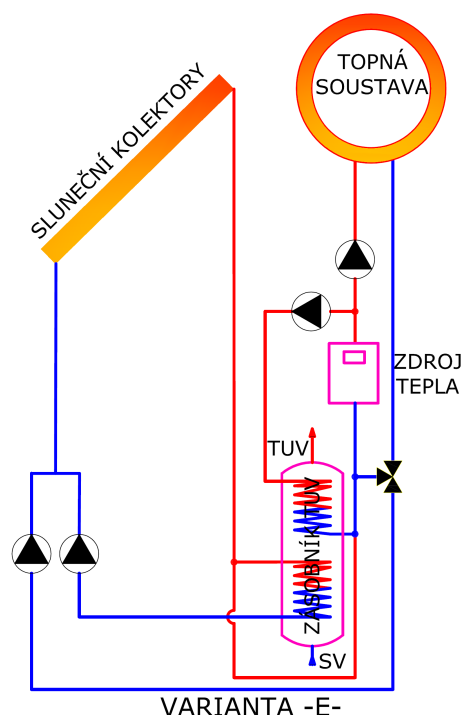


Obr. 2.38d.

Varianta -D- Stratifikační⁽⁹⁾ zásobník

Akumulační zásobník se stratifikací⁽⁹⁾ tepla umožňuje nejlepší využití solárních zisků pasivní formou⁽¹⁰⁾ v porovnání s předchozími řešeními díky vrstvení jednotlivých teplotních hladin v zásobníku. V praxi to znamená, že můžeme mít relativně větší zásobník, aniž bychom přišli o teplotní kvalitu slunečního záření – o maximální možné teploty, tedy aniž bychom degradovali kvalitu energie.⁽³⁾ Pokud kolektorové pole dodává tep. energii o vysoké teplotě po dobu kratší, než stačí k nabití celého akumulčního zásobníku na požadovanou teplotu, pak nám stratifikační zásobník tuto vnitřní energii uchová na rozdíl od zásobníků z variant A, B, C, kde dojde k degradaci teploty míšením. Ve schématu D

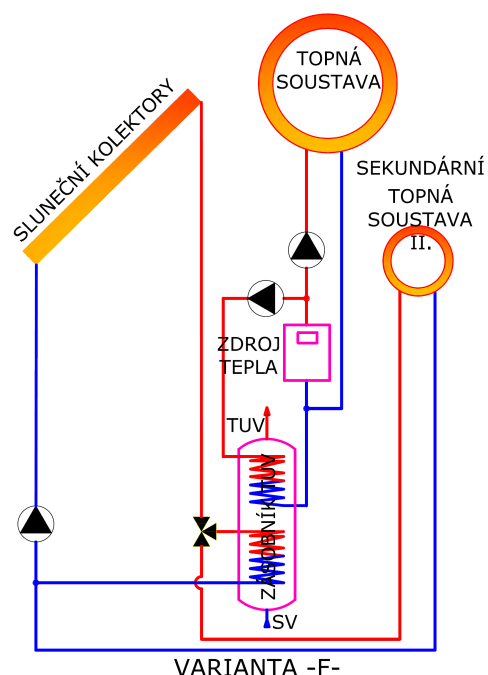
hospodaříme ovšem také s teplotou zpátečky z topení, vrátíme ji do její teplotní hladiny. Stratifikační zásobníky mají velmi pestrou paletu řešení, některé mají integrovaný ohřev TV, jiné řeší ohřev TV externím výměníkem.



Obr. 2.38e.

Varianta -E- přímý ohřev

Tato varianta je vhodná pro menší kolektorové pole a umožňuje maximální využití vnitřní energie primárního oběhu, protože nepoužívá žádný výměník pro topný systém. Nemrznoucí kapalina proudí přímo topnou soustavou, buď s ohřevem konvenčním zdrojem tepla, nebo bez něj. Tato varianta ovšem vyžaduje plnění celého topného okruhu stejnou kapalinou, kterou využívá primární kolektorový okruh. Tato varianta je vhodná například do rekreačních objektů, kde často pouze temperují prostory, a tím mi stačí mnohem nižší teplota topné vody, navíc tímto eliminují rizika spojená se zamrznutím topných okruhů.



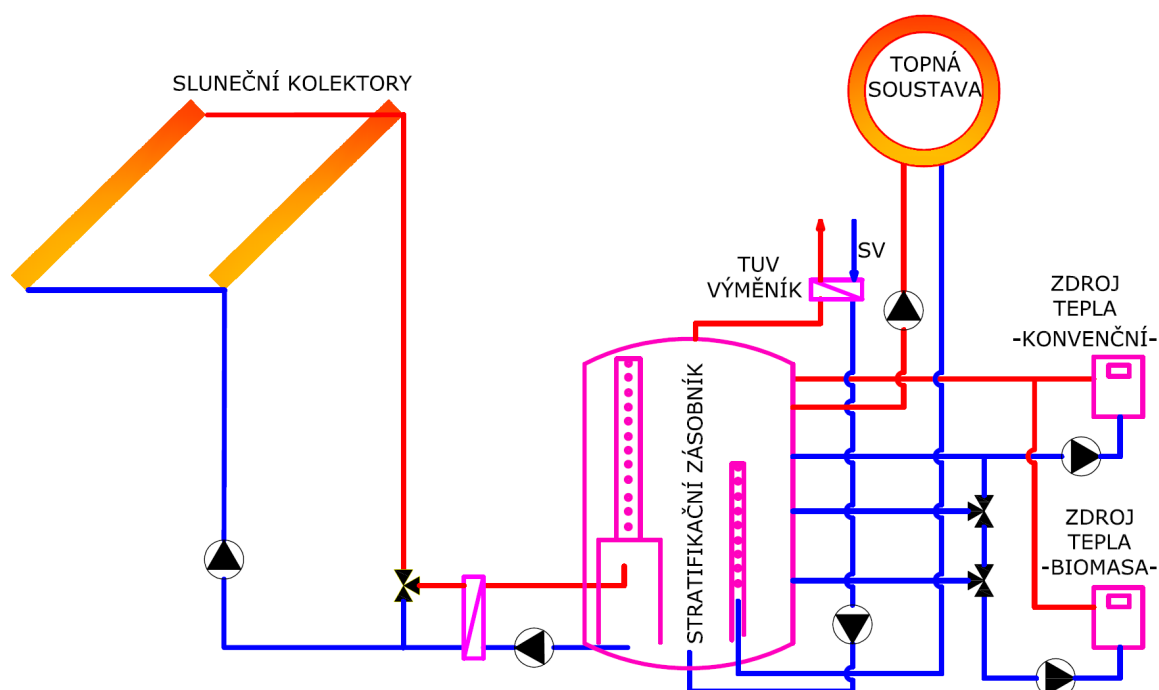
Obr. 2.38f.

Varianta -F- sekundární topná soustava

Tato varianta je vhodná zejména pro malé solární systémy pro ohřev TV, u kterých se systém doplní samostatným nezávislým topným okruhem, například pro temperování koupelen, suterénních bytů, chodeb, dílen a pracoven odvrácených od jihu a bez pasivních solárních zisků. V sekundárním topném okruhu pak proudí opět přímo kapalina primárního solárního okruhu. Tato varianta je užitečnou kombinací zejména tam, kde je zapotřebí vytápět i v letní polovině roku, což vesměs platí pro všechny koupelny pro zvýšení komfortu.

Obr. 2.38g.

Varianta -G- Velkoplošný solární systém s jediným sezónním zásobníkem



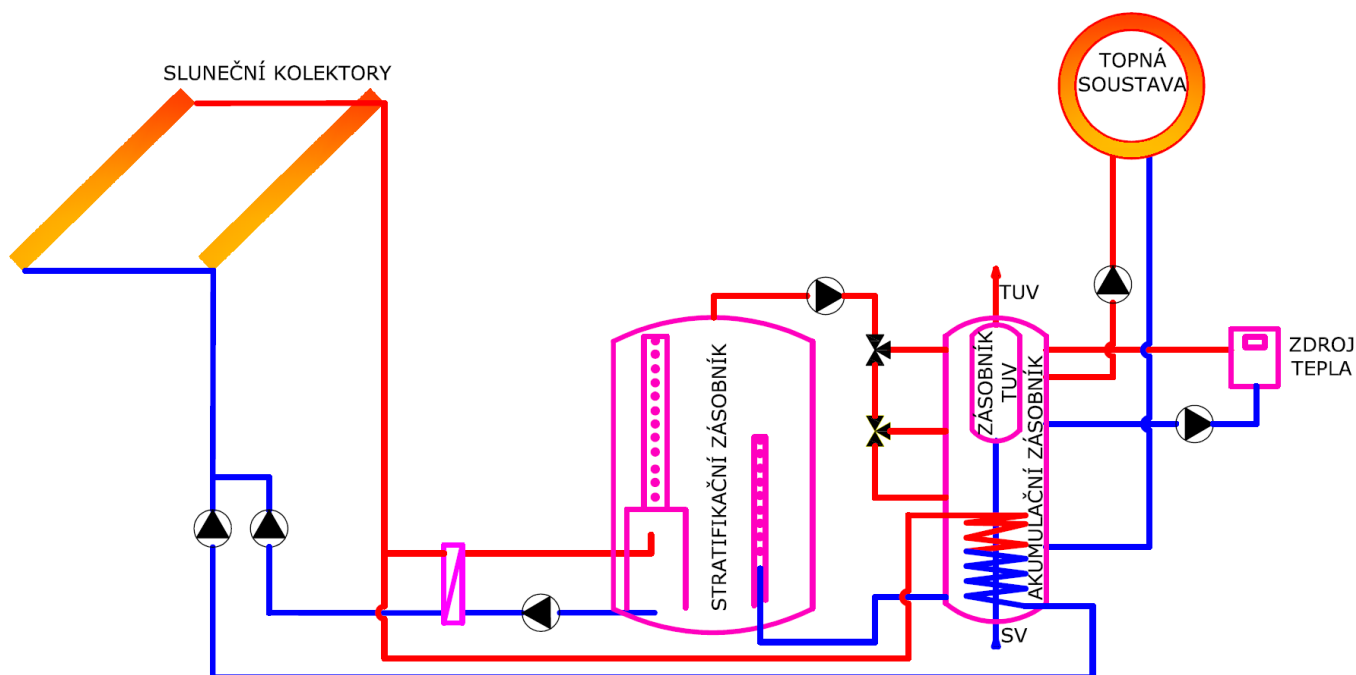
VARIANTA -G-

Pro větší solární systémy pro přitápění je nezbytná větší kolektorová plocha ($> 15 \text{ m}^2$) větší akumulace ($> 1 \text{ m}^3$). Tyto systémy přinášejí větší podíl solárního krytí na přitápění. Tato varianta představuje řešení s jediným velkým tlakovým zásobníkem a lišit se může od varianty D například nepřímým ohřevem z primárního solárního okruhu prostřednictvím externího výměníku, čímž dochází k efektivnějšímu přenosu tepla a zamezení prvotního ochlazování zásobníku před prohřátím primárního potrubí. Zónový ventil na primárním okruhu může zároveň zajišťovat ochranu proti zamrznutí výměníku v případě delšího primárního potrubí, které může obsahovat relativně velké množství teplotně kapalných s velmi nízkou teplotou v extrémních mrazech, a než se dostane teplo z kolektorů k výměníku, může podchlazená kapalina způsobit zmrazení výměníku na sekundárním topném okruhu. Varianta G je také vhodná pro použití kotlů na biomasu, kdy lze akumulaci nádrží postupně natápět z vrchu směrem dolů podle doby spalování biomasy a teplot v nádrži. Lze se tak předzásobit teplem třeba na několik dní dopředu. Akumulační natápění u kotlů na tuhá paliva je výhodné zejména s ohledem na účinnost spalování a delší udržování spalovacích procesů v optimálním režimu.

Akumulace pro kotle na biomasu je často řešena několika nádržemi v sériovo-parallelním zapojení, kde první zpravidla řeší také ohřev TV prostřednictvím plovoucího bojleru nebo průtokově. Výhodou menších akumulacích nádrží je jejich lepší manipulovatelnost a integrace do běžných RD. U kotlů na biomasu je nezbytné řešit ochranu proti přetopení z důvodu výpadku proudu a ochranu proti spalinové kondenzaci u teplovodních kotlů vlivem nízké teploty topné vody. První problém lze řešit chladicí smyčkou v případě, že je v domě tlaková voda z řádu nebo náhradním zdrojem el. energie. Ochrana proti kondenzaci se řeší pomocí termostatického ventilu zabezpečujícího u kotle malý topný okruh a hlídajícího minimální teplotu vstupující do kotle. Oba problémy lze přitom velmi elegantně vyřešit samotížným systémem mezi kotlem a akumulacemi nádržemi, což je dnes realizováno velmi zřídka, jednak z důvodu pohodlnosti realizačních a projekčních firem a jednak nevhodnými konstrukcemi některých nádrží a zejména jejich hrdel. Stratifikační nástavby vyvíjené zejména pro solární systémy by byly čistě u akumulacního vytápění pro kotle na biomasu také velmi užitečné.

Obr. 2.38h.

Varianta -H- Velkoplošný solární systém se dvěma zásobníky



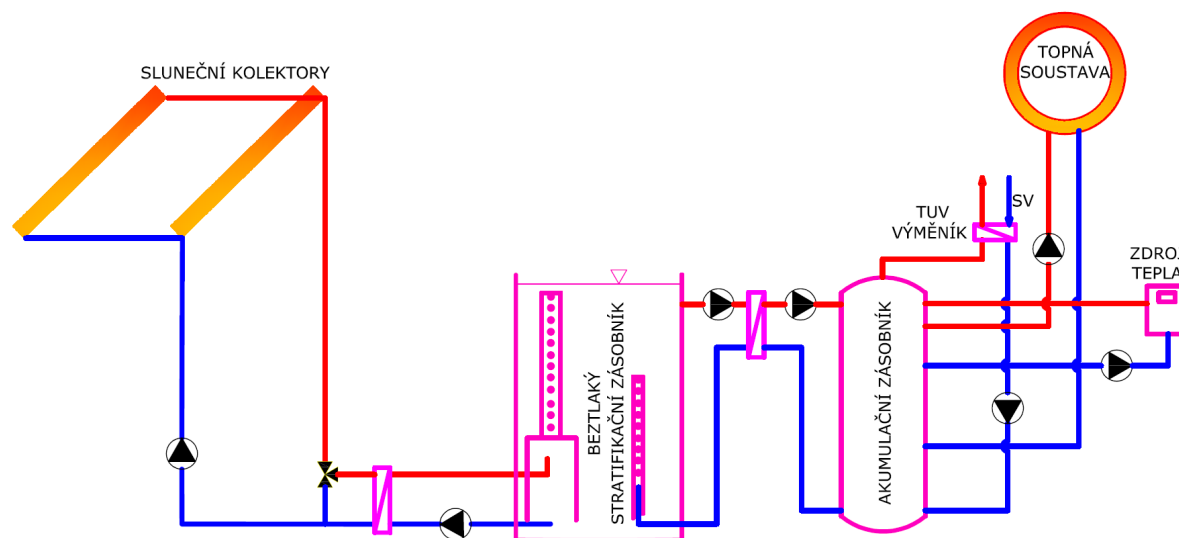
VARIANTA -H-

U větších solárních systémů se často preferuje použití takzvaného vyrovnávacího zásobníku a zásobníku akčního. Toto zapojení je sice komplikovanější a dražší, ale znamená lepší řešení z hlediska tepelných ztrát systému, kdy lze umístit ve vytápěných prostorech třeba pouze akční akumulací zásobník a vyrovnávací nádrž je využívána pouze pro solární zisky, respektive přebytky, a může být umístěna mimo objekt, v podzemí apod. Bivalentní zdroje tepla pracují pouze s akčním zásobníkem. Energie ze Slunce je pak primárně akumulována v akčním zásobníku a přebytky jdou do zásobníku vyrovnávacího, ze kterého jsou v případě potřeby opět čerpány. Varianta H navíc umožňuje natáčet akční nádrž z vyrovnávací nádrže do různých hladin podle stavu teplot v jednotlivých hladinách akčního zásobníku.

U těchto řešení, podobně jako u nabíjení akumulacího zásobníku a venkovního bazénu, je nezbytné sledovat nejen teploty na výstupu z kolektorů a na odběrných místech, ale také sl. záření, případně zajistit funkci regulátoru, která zaručí absolutní prioritu akčního zásobníku. Může totiž dojít k tomu, že regulátor vyhodnotí dostatek tepelné energie ze Slunce pouze pro vyrovnávací zásobník, který se začne ohřívat, a dojde k výraznému zchlazení kolektorového pole. Mezi tím se zvýší sluneční záření a sl. kolektory by byly schopny dotopit také akční zásobník, k čemuž ovšem nedojde, protože kapacita výměníků vyrovnávacího zásobníku nebo bazénu pojme veškerou sluneční energii a nedovolí nárůst teploty na výstupu z kolektorů, čímž regulátor nevyhodnotí primární podmínku difference teplot mezi akčním zásobníkem a výstupem z kolektorů. Inteligentní regulátory proto sledují vedle teploty na výstupu z kolektorů také stagnační teplotu nebo dopadající záření, případně v určitých periodách, pokud běží výstup s nižší prioritou a akční zásobník není plně nabit, zastaví ho a počkají, zda kolektorové pole nezvýší svojí teplotu nad požadavek výstupu s vyšší prioritou. Tato funkce je nezbytná pro optimální využití slunečního záření.

Obr. 2.38I.

Varianta -I- Velkoplošný solární systém s hydraulicky odděleným vyrovnávacím beztlakým zásobníkem tepla

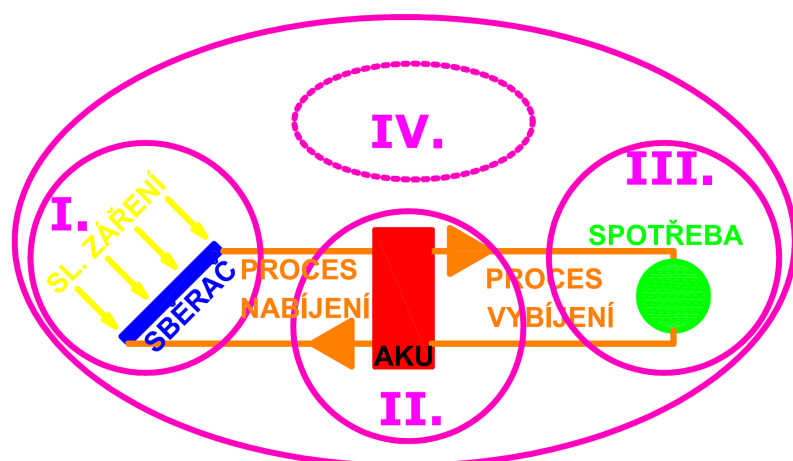


VARIANTA -I-

Tato varianta nabízí uplatnění hydraulicky oddělené akumulace, která může být beztlakou nádrží levnější konstrukce. Podobně jako u varianty H může být umístěna mimo vytápěný objekt, například v podzemí nebo pod základy domu apod. Toto zapojení má opět význam zejména u větších solárních systémů. Výhodou tohoto zapojení je zejména oddělená soustava a menší množství topné vody v sekundární topné soustavě. Nevýhodou se může zdát více hardwarového vybavení – čerpadel, výměníků a dalších armatur – a více čerpací práce a provozních energetických nároků, což eliminujeme při použití tohoto schématu zejména u větších soustav.

3. Optimalizace jednotlivých prvků solárních systémů

Hodnotit solární systémy pro přitápění má smysl pouze jako celek. Samostatné prvky neznamenají z uživatelského hlediska žádný přínos. Pro optimalizaci je ovšem nezbytné systém rozčlenit na jednotlivé komponenty a jejich vzájemné vazby a zabývat se jimi odděleně. Solární systémy pro přitápění lze hodnotit z hlediska jejich výtěžnosti, životnosti, stability, uživatelského komfortu a provozních nákladů. Každého zajímá zejména smysluplnost využívání těchto zařízení. Na jedné straně pak stojí **investiční náklady** a na druhé **energetický a ekonomický přínos s pozitivním environmentálním přínosem**. Z tohoto také plyne, co lze optimalizovat.



Optimalizační kritéria:

- **zlevňování komponent**
- **zvyšování kvality a efektivity komponent**
- **zlepšování vzájemné vazby**

Obr. 3.01. Struktura solárního systému

Ideální je, pokud se podaří docílit optimalizací zlevnění a zároveň zvýšení účinnosti zařízení, což je pochopitelně často neproveditelné. Jakákoli optimalizace uplatňující kritérium snížení ceny na úkor kvality a životnosti je podle mého názoru nepřijatelná a vede zejména k trvale neudržitelnému spotřebnímu přístupu, nepřijatelnému z ekologického hlediska. To lze dnes pozorovat například v záplavě spotřební elektroniky z Číny nebo v automobilovém průmyslu. Mělo by platit alespoň pravidlo, že veškerá optimalizační opatření nevedou ke snížení životnosti a stability technologií a ke snížení jejich spolehlivosti. Pro lepší orientaci lze rozčlenit optimalizační opatření do následujících kapitol podle obrázku 3.01.

- I. **Sběrače – sluneční kolektory**
- II. **Akumulace**
- III. **Topná soustava**
- IV. **Vzájemné vazby – strategie provozu**
- V. **Řízení, regulace**
- VI. **Proces nabíjení**
- VII. **Proces vybíjení**

3.1. Sluneční kolektory

Sběrač – sluneční kolektor je dominantním a výkonným prvkem solárních systémů. V principu se jedná o jednoduché pasivní zařízení využívající skleníkového efektu k přeměně slunečního záření na teplo. Toto zařízení se skládá z několika dílčích prvků, které lze optimalizovat pro docílení lepších parametrů. Lze říci, že prakticky ustal vývoj slunečních kolektorů a na trhu se během několika posledních let nic zásadně nového neobjevilo. Jedinou změnou je zejména rozšíření výroby vakuových trubicových kolektorů v Asii. Roste objem výroby a instalací snižujících výrobní náklady, ale ceny díky nárůstu cen vstupů (materiálu, práce a energie) neklesají. Největší výrobci vyrábějí přes 600 000 m² sl. kolektorů ročně, zlepšila se také automatizace výroby. Dále se sjednotily některé trendy a postupy výroby selektivních povrchů, několik výrobců se spojilo, globálnímu trhu vládne několik významných značek, a ty používá většina velkých výrobců slunečních kolektorů, např. BlueTec GmbH & Co. KG s povrchy (Eta plus_cu a Eta plus_al), dále pak společnost ALMECO-TiNOX GmbH a Alanod-Solar GmbH & Co. KG s povrchy (Sunselect, Mirotherm, Mirosol), někteří vyrábějí také reflexní povrchy pro solární aplikace. Dále je zde řada menších výrobců selektivních povrchů, kteří produkují současně i celé sl. kolektory jako například slovenský výrobce THERMO/SOLAR Žiar s.r.o.

3.1.1. Optimalizace konstrukčního řešení

Největší úsporu u technického řešení slunečních kolektorů vidím ve zjednodušení konstrukčního pojetí. Typický plochý sluneční kolektor SK500N (Sonnenkraft) je složen z 21 dílů:

- zasklení
- těsnění
- rámeček – 4 ks
- vana ze slitin hliníku
- hlavní izolace
- fólie
- boční izolace
- absorbér
- potrubí absorbéru – výměník
- přechody šroubení – 2 ks
- závitový nýt pro uchycení – 4 ks
- krytky výstupů – 2 ks
- trubička pro teplotní čidlo

Vedle samotných slunečních kolektorů musíme uvažovat také upevňovací konstrukci kolektorového pole, která navyšuje cenu aktivního prvku o 15–20 %. Typická nadstřešní konstrukce slunečního kolektoru je složena dokonce z 54 dílů:

- hák – 4 ks
- držák háku – 4 ks
- spojovací profil – 2 ks
- šroub M8 – 12 ks
- matka M8 – 8 ks
- podložka – 16 ks
- vrut – 8 ks

Je to nezbytné? Určitě není, pokud bychom na sluneční kolektor přestali nahlížet jako na strojírenský výrobek a vnímali ho spíše jako stavební součást. Sluneční kolektor je statický prvek, který musí pouze odolávat externím vlivům, musí si zachovat dlouhodobou stabilitu a vysokou účinnost. Inspiraci lze hledat například v automobilovém průmyslu, který je jedním z nejnovativnějších odvětví. Například čelní automobilové sklo je dnes také běžně lepené a musí odolávat extrémní zátěži, součástí konstrukce kolektoru by mohla být zároveň konstrukce příchytňá, alespoň pro většinu aplikací.

U solárních systémů pro přitápění uvažujeme zpravidla s kolektorovou plochou větší než 10 m², přesto se ve většině případů používají moduly o velikosti 2–2,5 m². Velkoplošné kolektory musí být díky lepší implementaci logicky levnější, bohužel často díky marketingu nejsou.



Obr. 3.02. Integrované velkoplošné sluneční kolektory,
[WINKLERSOLAR, SONNENKRAFT]

Další důležitou úsporou velkoplošných systémových kolektorů v rovinách obálek budov musí být zákonitě plnění **sekundární funkce**, tedy funkčního povrchu obálky budovy – **střechy, fasády**. Jeden m² typického slunečního kolektoru včetně konstrukce stojí od 6 000 do 7 500 Kč (u vakuových trubicových kolektorů až 13 000 Kč). K této ceně je nezbytné přičíst cenu montáže sl. kolektoru, která se podle komplikace a expozice pohybuje okolo 1 000 Kč/m². Většina montážních firem u této činnosti navíc ignoruje základní bezpečnostní opatření pro práce ve výškách, a tím ohrožuje životy montážních pracovníků. Bez ohledu na současnou situaci, kdy se velkoplošné moduly příliš neuplatňují a jsou posuzovány jako drahá „specialita“ pro architektonický vzhled, musí se cena v budoucnu pohybovat jednoznačně na spodní hranici, spíše však pod 6 000 Kč/m² včetně montáže. Dalším bonusem velkoplošných řešení je navíc bezpečnější montáž a eliminace amatérských instalací. Vedle funkce obálky by měly sluneční kolektory současně plnit funkci **přídavné izolace**, což u většiny integrací neplní. Kvůli obavám z kondenzace vodní páry a difúzního uzavření pláště budov je většina kolektorů odvětraná a jejich vlastní izolace slouží pouze k ochraně solárních zisků z kolektoru. (Uvedené ceny jsou bez DPH, v ČR září 2010.)

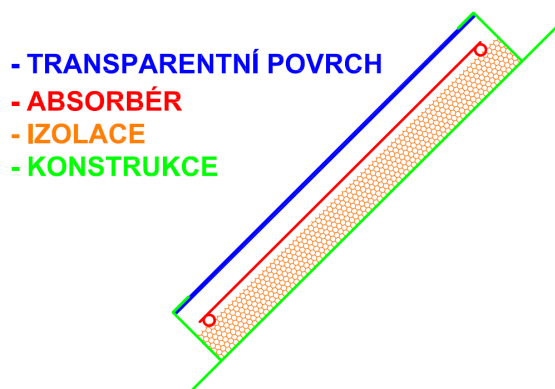
3.1.2. Bezrámové a bezvanové konstrukční řešení plochého slunečního kolektoru – užitný vzor

Základní a originální myšlenka tohoto užitého vzoru tkví v eliminaci základního konstrukčního prvku v podobě konstrukční vany případně rámu se zadní krycí stěnou a rámečku obepínajícího zasklení většiny plochých slunečních kolektorů. Tato typická konstrukce je u nového konstrukčního pojetí nahrazena vlastním absorberem s izolací, která tvoří společně a současně konstrukční prvek slunečního kolektoru.

Nové pojetí zjednodušuje, zlevňuje a odlehčuje konstrukci plochých slunečních kolektorů a předpokládá trivalentní využití slunečního kolektoru – kolektorového pole:

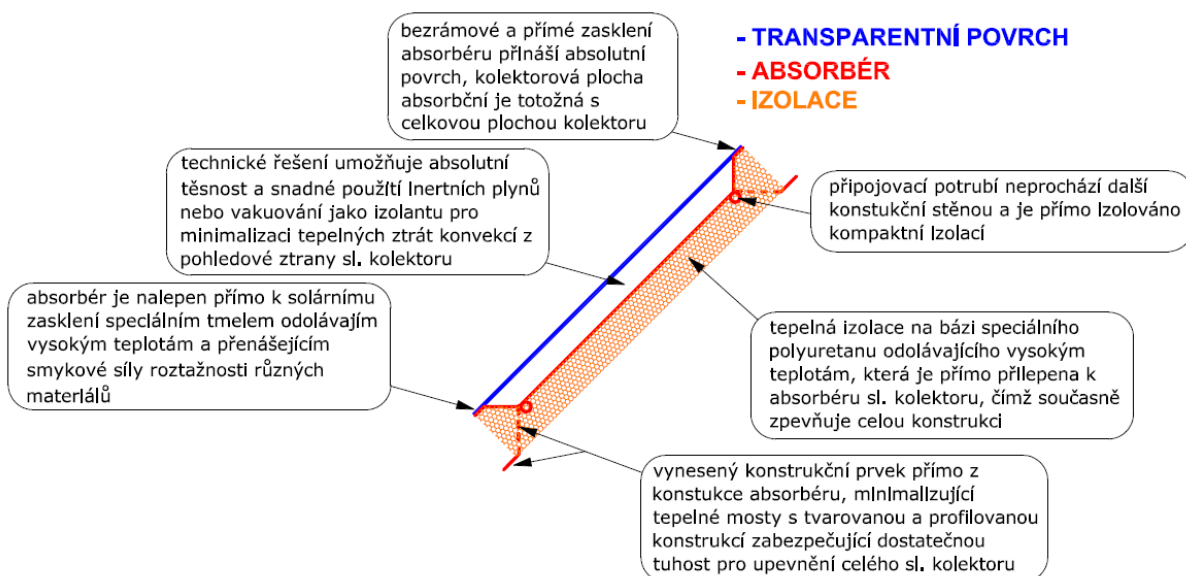
1. generování tepelné energie (původní funkce)
2. plnohodnotná náhrada obálky budov – fasády, střechy (částečně řeší i některé stávající aplikace)
3. sekundární zateplení (využití izolace kolektoru současně pro zateplení části obálky budov)

Zejména dvě doplňující funkce budou efektivně naplněny pouze tehdy, bude-li s kolektorovými poli zacházeno „absolutně“ bez kompromisů a budou vyplňovat ucelené celky, které budou eliminovat další nezbytné přechodové prvky (oplechování, okapové hrany, nároží...) podobně jako na obr. 3.05.



Obr. 3.03. Klasická konstrukce slunečního kolektoru

Na obr. 3.03. je znázorněn schématicky typický řez slunečním kolektorem klasické konstrukce, který má funkční plochu omezenou rámečkem a vlastní konstrukcí, jehož izolace není sekundárně využívána a který je zpravidla atmosfericky otevřený nebo velmi obtížně hermeticky utěsnitelný vzhledem k průstupům potrubí skrz konstrukci slunečního kolektoru. Dále musí být vzhledem k používaným materiálům konstrukce (slitiny hliníku) dražší a těžší.



Obr. 3.04. Bezrámová a bezvanová konstrukce slunečního kolektoru

Na obr. 3.04. je schématicky znázorněno nové konstrukční řešení slunečního kolektoru, které přináší řadu inovativních přístupů. V zásadě zjednodušuje konstrukční pojetí typického plochého slunečního kolektoru eliminací skříňové nebo vanové části slunečního kolektoru. Nové technické pojetí zlevňuje konstrukci slunečního kolektoru a snižuje jeho hmotnost. Nové kompaktní řešení zvyšuje estetickou úroveň díky bezrámečkovému zasklení a eliminuje další konstrukční přichytné prvky, jejichž cena zpravidla není zanedbatelná. Nové konstrukční pojetí zároveň urychluje, zlevňuje a zjednodušuje montáž sl. kolektorů. Nové konstrukční pojetí bude určeno zejména pro fasádní a střešní aplikace, kde bude plnit všechny tři základní funkce popsané v předchozím odstavci (teplo, izolace, obálka).



Obr. 3.05. Různé aplikace slunečních kolektorů, které řeší současně generování tepelné energie, zateplení obálky budovy a zároveň účinně nahrazují část fasády či střechy [vizualizace – Atelier David]

3.1.3. Použité materiály a typy kolektorů

Používání nestabilních a levnějších materiálů se špatnými fyzikálními vlastnostmi pro výrobu slunečních kolektorů za účelem snižování výrobních nákladů na úkor snižování účinnosti transformace slunečního záření na teplo nebo dlouhodobé životnosti není správnou cestou. Sluneční kolektory by měly plnit svou funkci několik desítek let bez zásahů a oprav a se stabilními výsledky.

Další otázkou je použití plochých selektivních versus vakuových trubicových kolektorů, ve většině případů je výkonová cena⁽²⁰⁾ plochých kolektorů nižší, protože ceny vakuových trubicových kolektorů jsou vysoké, pokud jsou vyráběny v Evropě, i když ve většině případů s trubicemi vyrobenými v Asii. V případě použití tepelných transformátorů⁽¹⁹⁾ navrhovaných v této práci pak lze hovořit o smysluplnějším použití plochých kolektorů ve srovnání s vakuovými trubicovými kolektory, které jsou dražší, budou mít kratší životnost a hlavní navrhované optimalizační opatření v této práci prakticky eliminuje jejich jedinou výhodu spočívající ve „tvrdé“ účinnostní charakteristice. V budoucnu lze očekávat sice snižování ceny trubicových vakuových sl. kolektorů, ale konstrukce většiny vakuových trubicových kolektorů je z dlouhodobého hlediska choulostivější a z architektonického hlediska rušivější v porovnání s plochými kolektory.

S vakuovými trubicovými kolektory můžeme ovšem v extrémních podmínkách bez dalších zařízení docílit vyšších teplot, a tedy vyšší využitelnosti, zejména pro přitápění, a současně je například použít v létě pro pohon chladicích a klimatizačních zařízení.

Když už hovoříme o vakuových a koncentračních kolektorech, myslím, že je zde do budoucna prostor pro vývoj slunečního kolektoru, u kterého bude zpřesněna a znásobena koncentrace natolik, že získáme mnohem vyšší teploty podobně jako u velkých solárních zařízení typu CSP.⁽²¹⁾ Vše ovšem v malém měřítku v rámci dimenze velkoplošného slunečního kolektoru, u kterého nebude možné příliš zvětšovat plochy koncentrátorů například u konstrukce typu CPC,⁽²²⁾ ale půjde zmenšovat hmoty absorbérů, čímž docílíme kýženého teplotního efektu. Podmínkou zůstává použití kvalitních a stabilních selektivních povrchů a absorbérů samotných, včetně připojovacích armatur a teplotnosných látek s vysokými teplotními nároky a požadavky na dlouhodobou stabilitu.

3.1.4. Vakuové versus ploché kolektory a jejich kombinace

Typická otázka všech investorů, zda se jim vyplatí investovat do vakuových trubicových kolektorů, nebo zda mají instalovat kolektory ploché selektivní, je velmi obtížně zodpověditelná. V kapitole 6.2. se o to částečně pokouším. Na obr. 3.06. je možné sledovat instalaci obou kolektorů v sérii, kterou jsem úspěšně ověřil již na několika projektech.



Obr. 3.06. Kombinované systémy z plochých i vakuových kolektorů, [SkacelSolar]

Výhodou takového řešení je využití výhod obou rozdílných technologií: vysoké optické účinnosti plochých kolektorů a tvrdší charakteristiky vakuových trubicových kolektorů. V každém v sérii zapojeném kolektoru postupně stoupá jeho střední teplota, tím mohou být na začátku série účinnější ploché kolektory a na konci série kolektory trubicové vakuové, které dostatečně navýší výstupní teplotu a snižují ztráty konvekcí u vyšších provozních teplot. Nevýhodou tohoto řešení je zejména vizuální různorodost a zásah do architektonické podoby budovy.

3.2. Akumulace solární energie

V zásadě lze zkvalitňovat následující vlastnosti a charakter akumulace: zvyšovat efektivitu akumulace (nabíjení/vybíjení), snižovat ztráty zásobníků, zvyšovat kapacitu akumulace a snižovat investiční náročnost akumulace.

3.2.1. Zvyšování kapacity

U solárních zásobníků tepelné techniky lze zvyšovat akumulační kapacitu komerčním využitím stále málo rozšířené akumulace pomocí reverzibilních exotermních a endotermních chemických reakcí, latentního tepla akumulačních látek nebo dalších různorodých fyzikálních vlastností látek. Dále lze stále převládající válcové nádoby nahrazovat nádobami kubickými. Technické místnosti jsou zpravidla kubistické a válcové nádoby v nich vytvářejí mnoho nevyužitého prostoru. Válcová nádrž o kapacitě 1 m³ může mít ve stejném vnějším rozměru a kubické konstrukci o 26 % větší kapacitu. Další navýšení objemu může představovat lepší konstrukční řešení umožňující instalovat akumulační zásobníky přímo ke stěnám nebo do koutů, čímž je lépe využito prostoru technických místností. Souvisí to zejména s lokalizací veškerých připojovacích bodů a armatur. Moderní způsoby výroby a běžné provozní tlaky topných soustav pro kubické nebo pseudokubické nádrže nepředstavují u těchto rozměrů žádný nepřekonatelný technický problém.



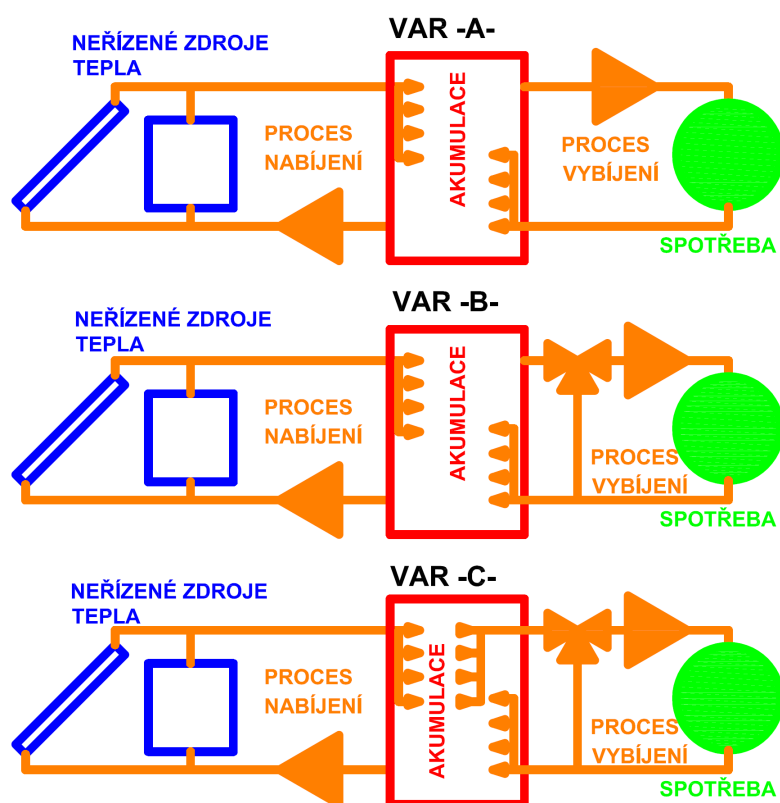
Obr. 3.07. Parafínový zásobník Lamento BW 500XXL NEW prodáváný u nás firmou [Regulus]

Akumulace teplovodních zásobníků větší než 1 m³ je dnes zpravidla realizována sérií válcových zásobníků propojených sériovo-paralelně. Důvodem je špatná manipulovatelnost větších nádrží a jejich integrovatelnost do stávajících nebo nově budovaných objektů. Instalace vyžaduje nadstandardní stavební připravenost – nosnost podloží, výšku místnosti, průchodnost vstupního koridoru jak pro instalaci, tak pro případnou opravu nebo výměnu. Nádrže jsou pak zpravidla relativně drahé a propojovací prvky a armatury jsou předmětem tepelných ztrát, protože se velmi obtížně izolují. Větší akumulace se navíc často instaluje do nevytápěných prostor, kde se tepelné ztráty prostupem a samotíží ještě navyšují. Pro větší akumulaci bude určitě vhodné použít také beztlaké zásobníky umístěné mimo budovy s akumulací spíše v nižších teplotních hladinách a za použití tepelné transformace⁽¹⁹⁾ pro zvýšení efektivity kompletního systému.

3.2.2. Zvyšování efektivitu akumulace (nabíjení/vybíjení)

Stratifikační prvky, vestavby a dostatečné teplosměnné plochy integrovaných výměníků v zásobnících jsou základním předpokladem moderních efektivních solárních systémů. Další důležitou vlastností je způsob nabíjení a vybíjení, zejména zamezení míšení topného média o různé teplotě, ukládání topné vody o různé teplotě z neřízených zdrojů (solar, biomasa) do adekvátní teplotní hladiny v nádrži. Stejně nezbytné je hospodaření se zbytkovým teplem ze spotřebičů a návrat teponosného média podle skutečné teploty do adekvátní vrstvy v zásobníku tepla, jak je patrné z obr. 3.08. Další důležitou vlastností je hospodaření s kvalitou a teplotou topného média při vybíjení a odběru tepla pro spotřebu. Na obr. 3.08. lze u základní varianty –A– vidět běžné vybíjení bez řízení topné vody pouze se stratifikací nabíjení a stratifikací vratné vody z topné soustavy. Varianta –B– umožňuje navíc hlídat teplotu odběru do topného média a omezit tím množství „ostré“ vody pro spotřebu, zásadně ovšem stále čerpáme vyšší teplotu, než je nezbytné pro danou situaci. Varianta –C– proto počítá s čerpáním pouze nezbytné teploty ze zásobníku, což lze technicky řešit velmi komplikovaně buďto soustavou hrdel a zónových ventilů, kterými se elektronicky zvolí potřebná hladina, nebo řízenou vestavbou odběrného místa. Mix pro snížení požadované topné teploty musí být ovšem zachován

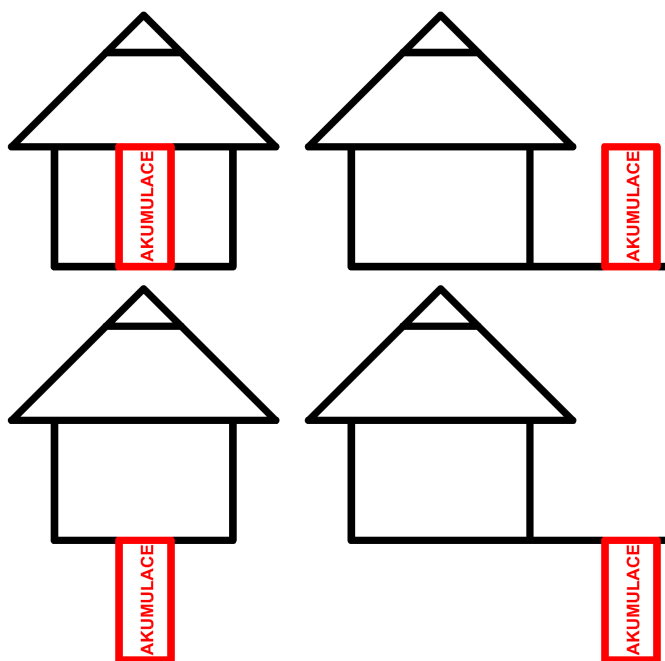
pro případ plně nabitého zásobníku a maximální využití jeho kapacity od přirozených zdrojů tepla.



Obr. 3.08. Základní principy hospodaření s teplotou v solárních systémech při nabíjení a vybíjení

3.2.3. Snižování investičních nákladů na akumulaci

Pro efektivní využití sluneční energie zpravidla potřebujeme větší než obvyklou akumulaci, což zvyšuje nároky na investice. Čím větší zásobník, tím vyšší cena a nároky na jejich integraci. Budoucnost nadstandardní akumulace tkví určitě v beztlakých zásobnících, které budou integrovány pod domem nebo přímo v domě, dále je lze vystavět mimo dům pod úroveň terénu nebo jako nadzemní. První dvě varianty lze realizovat při výstavbě nebo komplikované rekonstrukci. Lze využít běžných stavebních postupů, zásobník může nahradit sklep nebo vyplnit jiný prostor uprostřed domu. Externí nadzemní zásobník mimo objekt je nejdražší a nejméně vhodnou variantou z hlediska provedení, ochrany proti tepelným ztrátám a stavebního řízení. U podzemních zásobníků narazíme na problémy se spodní vodou, která často komplikuje proveditelnost. Velké zásobníky musí být dostatečně tepelně izolované a musí odolávat teplotním a pevnostním zatížením. Až budoucnost ukáže, jaké materiály optimálně splňují všechny provozní podmínky.



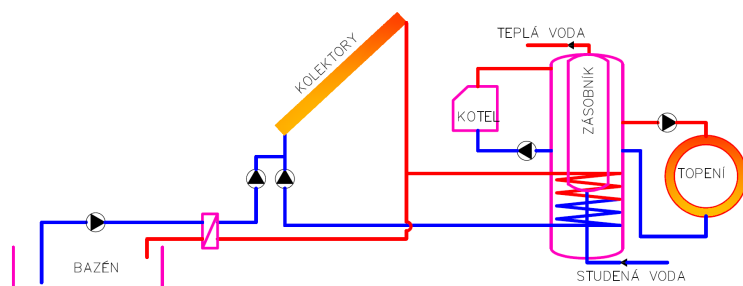
Obr. 3.09. Lokalizace velkých zásobníků tepla

Větší zásobníky ($>1 \text{ m}^3$) lze vystavět klasickými stavebními postupy, mohou být vyzděné, vybetonované nebo mohou být vytvořeny jako samonosné plastové konstrukce podobně jako bazény a čističky odpadních vod. Nevýhodou použití plastů jako konstrukčních a hydroizolačních materiálů je jejich teplotní omezení. Pokud bude ovšem tento zásobník o dostatečné kapacitě používán jako sekundární spolu s akčním zásobníkem a tepelným transformátorem,⁽¹⁹⁾ bude možné ho používat velmi efektivně a bezpečně.

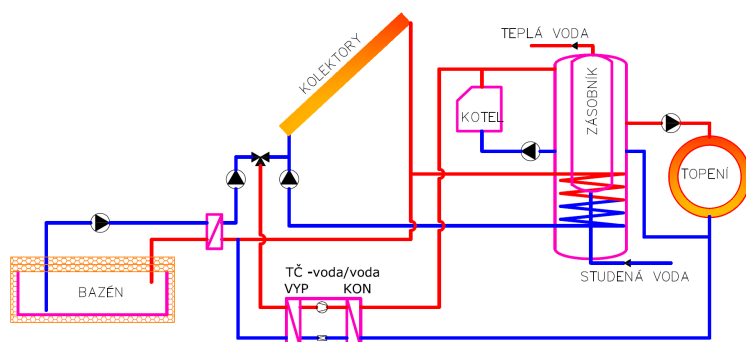
V České republice jsou velmi oblíbené venkovní bazény, za které lidé utratí cca od 100 000 do 500 000 Kč včetně vybavení a nezbytné technologie. Ty by mohly v topné sezóně sloužit jako sekundární akumulátory a v létě k rekreaci. Jedinou podmínkou je jejich nadstandardní zateplení v podzemní i nadzemní části. Zateplení hladiny by bylo možné realizovat například plovoucí izolací. Nejčastěji využívaný a prodáváný bazén má zpravidla rozměry $6 \times 3 \times 1,5 \text{ m}$, což představuje akumulaci o kapacitě 27 m^3 vody! Cena tohoto bazénu se pohybuje okolo 70 000 Kč, což odpovídá ceně tlakového ocelového zásobníku o objemu 2 m^3 .



Obr.3.10. Solární systém pro přitápění a ohřev TV, [SkacelSolar]



Obr. 3.11a. Typické zapojení solárního systému kombinovaného s ohřevem bazénu, který není v zimní polovině roku prakticky vůbec využíván



Obr. 3.11b. Solární systém kombinovaný s ohřevem bazénu se sekundárním využitím jako akumulátoru pro vytápění

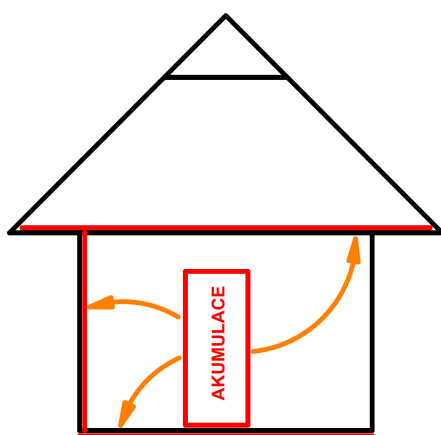
Na obr. 3.11a. jsou nízkoteplotní solární zisky v zimním období prakticky nevyužívány. Akční primární zásobník je natápěn konvenční energií, zpátečka z topné soustavy udržuje i spodní část primárního zásobníku v oblasti solárního výměníku na relativně vysoké teplotní úrovni, čímž jsou solární zisky ze slunečních kolektorů standardních zásobníků eliminovány. Počet hodin solárního ohřevu v topném období je pak omezen pouze na minimum dní s přímým slunečním svitem a v mnoha případech, zejména u menších kombinovaných systémů (10 m^2), by bylo výhodnější solární systém provozovat pouze pro ohřev TV se samostatným zásobníkem TV. Solární systém by pracoval s nižší střední teplotou na kolektorech a vyšší účinností. Na obr. 3.11b. je naznačen způsob, jak lze například efektivně využít bazén jako sekundární akumulátor v době, kdy by jinak nebyl používán a nepřinášel žádný užitek. Solární systém i nadále nabíjí podle nastavení regulátoru s prioritou akční zásobník a přebytky dodává do bazénu, respektive do sekundárního zásobníku tepla. V případě dostatečné teploty v sekundárním zásobníku a požadavku na teplo v primárním akčním zásobníku lze tepelným čerpadlem převést toto solární teplo na úroveň využitelnou pro vytápění a ohřev TV. Tím je vychlazován

sekundární zásobník až k hranici bodu tuhnutí ($1-5\text{ }^{\circ}\text{C}$) a zároveň máme připravené výborné podmínky pro maximální využití slunečních kolektorů, které budou pracovat s minimální střední teplotou na kolektoru a maximální účinností blíží se často úrovni optické účinnosti. Ze schématu na obr. 3.11b. je patrné, že nelze zároveň využívat funkci „přečerpávání“ a solárního ohřevu do sekundárního zásobníku, což platí pouze u tohoto hydraulického zjednodušení, které lze snadno aplikovat u stávajících bazénů se solárním ohřevem bez výrazných stavebních úprav. Jinak by bylo možné instalovat jak potrubí pro nabíjení, tak i vybíjení samostatně. Priorita jednotlivých výstupů a zdrojů je následující: 1.- solar – primární akumulátor; 2.- solar – sekundární akumulátor; 3.- TC – přečerpávání ze sekundárního zásobníku do primárního; 4.- konvenční zdroj – primární zásobník.

Další možností jak zefektivnit akumulaci solárního tepla je například možnost využití akumulačních schopností vlastních konstrukcí RD.

Příklad:

RD s vytápěnou plochou 120 m^2 disponuje akumulačním solárním zásobníkem o objemu 1 m^3 s kapacitou 84 MJ pro průměrnou akumulační teplotní diferenci v zimním období: $\Delta T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jen betonová podlaha o tloušťce 6 cm a ploše 120 m^2 má při $\Delta T=2\text{ }^{\circ}\text{C}$ kapacitu 24 MJ a při $\Delta T=3\text{ }^{\circ}\text{C}$ dokonce 36 MJ . Což představuje $28\text{ }\%$ respektive $36\text{ }\%$ kapacity hlavního tepelného zásobníku. Pokud je RD vybaven v celé ploše teplovodním podlahovým vytápěním, lze v návaznosti na solární zisky částečně „přetápnout“ podlahy s dlouhou tepelnou odezvou, a tím zajistit uvolnění kapacity v akčním zásobníku pro další solární zisky, které by jinak nebyly pro nedostatek akumulační kapacity využity. Podobně lze využívat Obr.



3.12. Terciární akumulace systémů stěnového vytápění.
solárního tepla



Obr. 3.13. Akumulační stěnové vytápění – nepálená cihla, rákos, hlíněná omítka [SkacelSolar]



Obr. 3.15. Akumulační stěnové vytápění v klasické omítce, [SkacelSolar]



Obr. 3.14. Akumulační stěnové vytápění – žulový gabion, [SkacelSolar]

3.3. Topná soustava

Charakter topné soustavy má pro solární systémy pro přitápění velký význam. Zásadní je nátopová teplota a teplotní spád topné soustavy. Dynamika nemá u většiny systémů a objektů pro vytápění výrazný vliv z hlediska efektivity využití solárních systémů.



Obr. 3.16. Podlahové teplovodní topné systémy, [SkaceSolar]

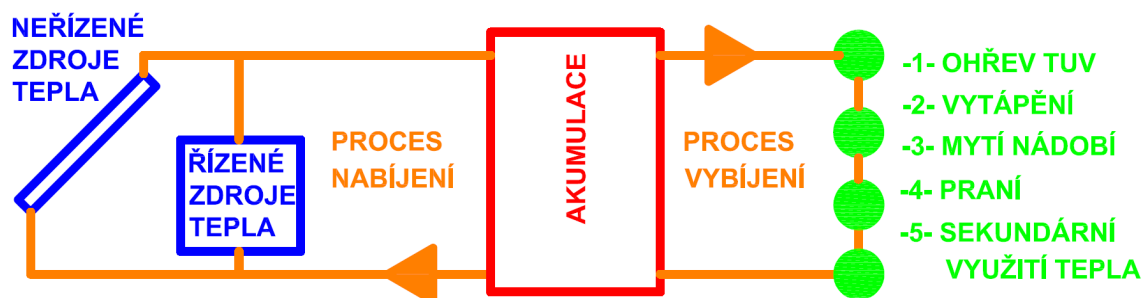


Obr. 3.17. Stěnové teplovodní topné systémy, [SkaceSolar]

Pro optimální využití solárního tepla je nezbytné použití velkoplošných podlahových a stěnových topných povrchů, které vidíme na obr. 3.16. a na obr. 3.17. V případě podlahového topení lze zjednodušeně uvažovat s teplotním spádem 35/30 °C a u stěnového vytápění pak cca 30/25 °C. Tyto teploty nám zaručují velmi efektivní využití slunečních kolektorů pro přitápění i v našich klimatických podmínkách. V případě použití topných těles je nezbytné maximalizovat jejich velikost a teplosměnnou plochu na teplotní spád 55/45 °C a nižší. U běžných topných soustav pro konvenční zdroje tepla nebo u starších topných systémů s navrženými topnými tělesy na teplotní spád 90/70 °C je solární vytápění nerealizovatelné a je nezbytné topné soustavy přetvářet. Částečně nám v tom může pomoci zateplení budovy a výměna oken, přesto je vždy velmi žádoucí pokud je topná soustava alespoň částečně tvořena podlahovým nebo stěnovým systémem vytápění. Zejména stěnové vytápění je stále velmi málo využíváno, přitom u rekonstruovaných objektů s nutností sanace a renovace zdiva a omítek se přímo nabízí. Navíc jsme často limitováni výškou, která omezuje a mnohdy eliminuje použití podlahového vytápění. Tyto topné systémy přinášejí také vizuální efekt – nejsou vidět, což ocení zejména bytoví architekti, samotní uživatelé a investoři. Velkoplošné stěnové a podlahové topné systémy přinášejí díky vyšší teplotě povrchů sekundární úsporu, protože není nutné pro docílení tepelné pohody tak vysoká teplota vzduchu vytápěného prostoru. Každý 1 °C teploty v místnosti představuje až 6 % energetických nároků u standardní výstavby. Lze pak docílit energetických úspor na primárních zdrojích i bez solárních zisků v extrémních podmínkách bez dostatku slunečního záření.

3.4. Vzájemné vazby procesu nabíjení a vybíjení

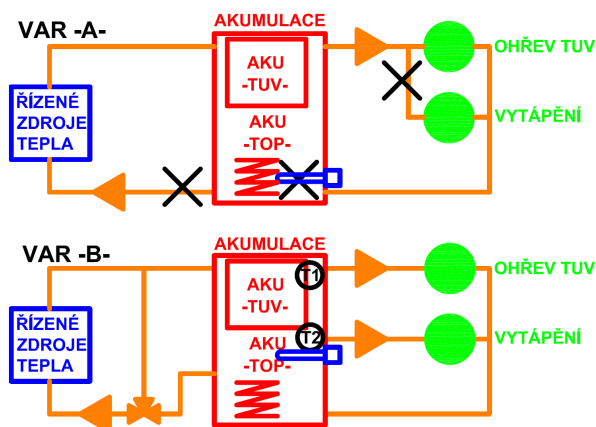
Velmi opomíjené jsou vzájemné vazby mezi tepelnými zdroji, které máme pod kontrolou (elektrokotle, plynové kotle, tepelná čerpadla/kotle na dřevěné pelety – částečně), se zdroji, které jsou neřízené, jako jsou sluneční kolektory a kotle na tuhá paliva spolu s odběrem tepla pro jednotlivé účely.



Obr. 3.18. Základní struktura nabíjení a vybíjení

3.4.1. Řízení nabíjení kombinovaného zásobníku konvenčním zdrojem

Konvenčním zdrojem rozumíme zpravidla plynový kotel nebo elektrokotel používaný u solárních kombinovaných zásobníků pro vytápění a ohřev TV jako řízený a neekologický zdroj tepla. Tento zdroj nám je prakticky kdykoli k dispozici, proto není zapotřebí jím zabírat volnou kapacitu akumulčního zásobníku, což je základní pravidlo, které nebývá vždy dodržováno. Solárnímu zásobníku je omezována volná kapacita pro „čisté“ a neřízené zdroje a zásobník je více ohrožován tepelnými ztrátami prostupem a samovolnou konvekcí připojeným potrubím, nejhůře do primárního potrubí slunečních kolektorů kde vzniká největší teplotní diference, a tedy náchylnost na samovolné proudění a ztráty.



Obr.3.19. Chybná zapojení řízených zdrojů tepla a spotřebičů

Na obr. 3.19. lze u varianty -A- pozorovat základní chyby zapojení běžných kombinovaných soustav: Jednak se čerpá topná voda z horní části zásobníku stejně jako teplá užitková voda, tím je eliminována zásoba teplé užitkové vody, jejíž charakter odběru a komfort určitou zásobu vyžaduje, proto odebíráme topnou vodu v nižší části, čímž nevychlazujeme zásobu tepla pro TV. Dále zpravidla pro vytápění nízkoteplotních topných soustav potřebujeme nižší nátopovou teplotu, než je teplota TV, proto není zapotřebí v místě odběru do akumulčního zásobníku do topné soustavy udržovat vyšší teploty konvenčním zdrojem, než je nezbytné. Toho lze docílit, jak je naznačeno na obr. 3.19. ve variantě -B- řízením zdroje podle dvou teplot: T1 – požadavek na TV a T2 –požadovaná teplota pro vytápění. Jak toho lze dosáhnout u takto zjednodušeného zapojení? Jednoduše lze řídit rychlost proudění a výkon konvenčního zdroje, tím lze nabíjet s různou stratifikací horní polovinu nádrže až na požadované teploty T1 a T2. Dále lze nabíjení zásobníku pro přípravu TV (T1) řídit časovým programem podle potřeby a zásobník zbytečně nepřehřívat, nebo podle skutečného odběru, který lze zaregistrovat změnou teploty a rychlostí této změny v horní části zásobníku. Naopak, pokud není požadavek na vytápění, nemusí se akumulční zásobník nabíjet konvenčním zdrojem v místě odběru do topení vůbec. Běžná praxe je udržování pevné teploty 24 hodin denně jen podle jedné pevné referenční teploty v nádrži. Nabíjení probíhá termostaticky pouze s pevnou nebo nastavitelnou hysterezí, což vede ke zbytečným ztrátám a blokaci akumulční kapacity. Další chybou je nabíjení konvenčním zdrojem v celém rozsahu zásobníku, respektive v dolní části například topnými tělesy, tím je prakticky vyřazen v extrémních podmínkách solární systém z provozu, protože nedosahuje požadovaných teplot, i když by mohl sloužit k předehřevu zpátečky do topení nebo předehřevu TV.

3.4.2. Řízené vybíjení zásobník

Moderní regulátory a řídicí systémy sice mají prvky PID regulátoru, umí citlivě řídit topné systémy i řízené zdroje tepla tak, aby pracovaly s maximální účinností a šetřily primární zdroje energie, dost často se ovšem neřídíme základním rysem solárních systémů: **tepelným paradoxem**.⁽¹⁷⁾ Sluneční energie má diametrálně odlišný charakter, akumulace nám sice může pomoci v základní snaze vyřešit nesoučasnost poptávky s nabídkou, ale mnohem jednoduší a přirozené je částečně se přizpůsobit koloběhu přírody. Jsme přeci stále její součástí. Příroda mění přirozeně svoje podmínky a člověk, jenž se od ní odvrací, má snahu vytvořit konzistentní prostředí, komfort zvyšující „životní úroveň“. Tímto základním omylem a ignorováním určitých přirozených cyklů – teplo/zima, půst/hojnost – si přiděláváme více starostí, než by bylo nezbytné. Většina lidí proto dnes v západním světě umírá na civilizační choroby vlivem přebytku místo nedostatku. Jak tyto poznatky převést do našeho tématu?

Jednoduše je možné neignorovat nabídku slunečního záření a v případě ideálních podmínek řídit alespoň částečně spotřebu podle solárních zisků. Běžně využíváme solární systémy k ohřevu TV a k přitápění, v běžných domácnostech však potřebujeme tepelnou energii také **pro vaření, praní a mytí nádobí** a pro tyto činnosti se solární teplo příliš nevyužívá. Starší pračky umožňovaly připojení jak studené, tak teplé vody a většina dnes prodávaných moderních praček má pouze přípojku pro studenou s tím, že si ohřev TV řeší podle potřeby pračka sama elektricky. Je pochopitelně možné připojit místo studené teplou připravovanou centrálně také solárním systémem a omezit její teplotu ventilem např. na 30 °C, abychom neohrozili prádlo a některé programy praní a máchání, nebo přepínat manuálně mezi studenou a teplou podle naší potřeby. Pro vaření může být použití přehřáté vody ze zásobníku nehygienické, záleží na samotné přípravě TV, která obecně a normativně není považována za pitnou vodu, což určitě u moderní přípravy TV například deskovým nerezovým výměníkem průtokově z akumulčního zásobníku topné vody určitě neplatí. Moderní solární systémy by měly produkovat TV na hygienické úrovni použitelné v kuchyni a veškerá teplá voda používaná k přípravě pokrmů by měla být přehřívána také z centrálního zásobníku, který je ohříván mimo jiné slunečními kolektory. Stejně pravidlo platí také pro myčky na nádobí, kterými je dnes vybavena většina domácností.

Pračky na prádlo a myčky na nádobí nejsou zpravidla využívány každodenně a je možné jejich spouštění částečně řídit podle skutečného stavu „levného“ tepla v zásobníku. Obě zařízení by mohla disponovat funkcí **„Ready“**⁽²³⁾, což znamená máme naloženo – „je možné ale není nezbytné“. Stejnou funkci **„Ready“**⁽²³⁾ bych doporučoval také u řízení topných soustav – zpravidla řídíme vytápění podle venkovní teploty nebo pokojového termostatu a týdenního programu v režimu komfort/útlum. Funkce **„Ready“**⁽²³⁾ by u topných soustav znamenala částečné přetápění objektu s cílem navýšení solárních zisků, pochopitelně by nebyla aktivována v letním období. Řídicí systém musí být schopen vyhodnotit kdy může začít s řízeným vybíjením. Vedle aktivované funkce **„Ready“** u automatizovatelných odběrů tepla (pračka, myčka, podlahové topení) bude záviset na stavu tepla v zásobníku, rychlosti přírůstku tepla slunečními kolektory (slunečním záření), denní době a pravděpodobných solárních ziscích v následujícím dni či hodinách (předpověď počasí). Funkci **„Ready“**⁽²³⁾ může také nosit uživatel v hlavě a sám se podle podmínek přizpůsobit a upravit svou spotřebu tepla.

Příklady typického chování běžných systémů a využití funkce „Ready“⁽²³⁾:

1/ Je krásný mrazivý únorový den, solární systém začíná hned od rána přivádět solární teplo do zásobníku a v poledne je zásobník prakticky nabitý, sluneční kolektory přejdou do stagnačního stavu nebo je jejich provozní teplota natolik vysoká, že jsou jejich zisky a nárůst teploty v zásobníku minimální. Protože je všední den, topná soustava je v útlumovém režimu a pasivní solární zisky udržují teplotu v domě nad požadovanou úroveň, není nezbytné objekt vytápět a spotřebovávat teplo ze zásobníku. Večer dojde k poklesu teploty venku i v bytě pod nastavenou komfortní úroveň, zároveň se vykoupu všichni členové domácnosti a dojde k vybití zásobníku, který začne být nabíjen konvenčním zdrojem, aby zajistil požadovaný komfort.

Pokud bude aktivována a využita funkce **„Ready“**⁽²³⁾ pro nadstandardní vytápění, dojde v poledne k částečnému vybíjení nabitého zásobníku například do podlahového vytápění, dojde k využití sekundární akumulace (popsáno v článku 3.2.3.).

Solární systém pracuje ještě celé odpoledne s vyšší účinností, protože se mu uvolní v zásobníku volná kapacita, a večer, kdy by normálně došlo k vytápění z důvodu změny režimu z útlumu na komfort, je dům natopen a v zásobníku je dostatek tepla pro večerní spotřebu TV. Konvenční zdroj tepla je částečně ušetřen nebo není vůbec využit.

2/ Je sobotní večer a akumulční zásobník je plně nabitý solárním teplem po krásném slunečném dni, nebe je plné hvězd. Vždy v neděli máme ve zvyku prát „velké prádlo“ a koupat všechny děti. V sobotu tedy z akumulovaného solárního tepla v zásobníku nespotřebujeme prakticky nic, celou neděli jsou sluneční kolektory při dalším krásném slunečném dni ve stagnačním stavu s nulovými zisky pro domácnost, večer provedeme plánovanou velkou koupel a praní, čímž vybijeme zásobník. V pondělí přichází fronta a déšť, sluneční kolektory nepřinášejí tento den žádné zisky a zásobník je ohříván konvenčním zdrojem, aby zajistil požadovaný komfort a poptávku po TV.

Pokud bychom v sobotu reagovali na příznivé podmínky a provedli řízenou spotřebu, provedli praní a velké koupání o den dříve, v neděli by solární systém přinesl další solární teplo, které by nám vydrželo i na pondělní spotřebu bez spínání konvenčního zdroje tepla.

3.4.3. Sekundární vazby a prvky fuzzy logiky⁽²⁴⁾

Solární systémy pro přitápění v návaznosti na další tepelné zdroje a využití vytvářejí složité vzájemné vazby, jak je patrné z předchozích odstavců. Základní struktura těchto vazeb je patrná z obr. 3.01., ale ze všeho nejdůležitější jsou reálné podmínky a chování uživatele. Současné řídicí systémy příliš nezohledňují návyky uživatele a skutečné chování jednotlivých spotřeb. Podobně, jako je popsána funkce „**Ready**”,⁽²³⁾ by bylo možné uvažovat o funkci „**Not necessary**”,⁽²⁵⁾ která by zohledňovala naopak příliš velký podíl neekologických zdrojů v případě nepříznivých podmínek pro zdroje „čisté“ a upravila v případě aktivace této funkce naše nároky na teplo směrem k úsporám a snížení našeho komfortu.

Obě inverzní funkce „**Ready**”⁽²³⁾ a „**Not necessary**”⁽²⁵⁾ představují pouze vnímání přírodních podmínek a přizpůsobování se těmto podmínkám, v určitých mantinelech, které ve skutečnosti nepřinášejí nic jiného než pozitivní vliv na životní prostředí a mobilizaci našeho vnímání, které příznivě ovlivňuje i naše zdraví. Člověk žijící stále více v konzistentních, sterilních a v poslední době také virtuálních podmínkách se stává čím dál choulostivější a čím dál víc zatěžuje životní prostředí. V bytě požadujeme stálou teplotu po celý rok, v zimě topíme, v létě chladíme, do práce jezdíme auty a místo schodů používáme eskalátory a pak navštěvujeme sauny, fitcentra a psychiatry.

Další důležitou funkcí je **blokace** jednotlivých konvenčních zdrojů a **priorita** zdrojů čistých a ekologických, podle aktuálních podmínek a ekologické a ekonomické zátěže (1. solární systém, 2. kotel na biomasu, 3. tepelné čerpadlo, 4. plynový kotel, 5. elektrokotel). Zpravidla se například blokují plynové kotle a elektrokotle, pokud je provozován teplovodní kotel na biomasu, pokud ovšem běží čistý „měkký“ zdroj, jako je například solární systém, není považován za rovnocenný a neekologické zdroje zpravidla nejsou blokovány pro zajištění požadovaného komfortu. Pokud ovšem sledujeme konkrétní systém a chování jeho uživatelů, lze vypočítávat například nejčasnější časy, kdy dochází ke spotřebě TV, a v jakém množství, z toho lze také vydedukovat, zda aktuální solární zisky postačí, a **predikce** dalšího vývoje umožní blokovat konvenční zdroje tepla nebo jejich výkon. Zejména **predikce** budoucích podmínek (vývoj počasí a spotřeby energie) nám umožňuje upravit nejen využívání různých zdrojů tepelné energie, ale také řídit **podobu solárních zisků** – kvalitu versus kvantitu. Někdy může být výhodné získat více solárního tepla o nižší teplotě (například nabíjením sekundárního zásobníku nebo ohřevem bazénu) jindy menší množství, ale s vysokou teplotou. Toho lze docílit snížením rychlosti proudění teplotonosné kapaliny slunečními kolektory, zvýšením střední teploty na kolektoru na úkor snížení účinnosti transformace a zvýšení tepelných ztrát.

Babylon řídicích systémů, tak bychom mohli nazvat současnou situaci s řídicí a regulační technikou v tepelné technice na rychle se rozvíjícím trhu. Zpravidla se sejde několik řídicích systémů (ekvitermní regulátor kondenzačního kotle, regulátor solárního systému a další nezbytná elektronika nebo dokonce nadřazené „inteligentní“ systémy), které spolu nekomunikují. Kdo za to může? Zpravidla se vyskytuje nějaký projekt pro

vytápění, který nespecifikuje přesně a jednoznačně způsob řízení. Do toho vstupují názory investorů, ale hlavně dodavatelů technologie, kteří pracují zpravidla ještě s jinou technologií, u větších a složitějších domů a bohatých investorů se zpravidla naváže ještě dodavatel elektroinstalací, který má ve své nabídce takzvané „inteligentní“ řídicí systémy, o kterých tvrdí že vše vyřeší a nic jiného není v domě zapotřebí. Bohužel mají všichni výrobci, dodavatelé a technologie zpravidla odlišná rozhraní a filozofii řízení, každá je trochu jinak zaměřena a vychází z jiného základu a aplikace. Každý výrobce se pak snaží z marketingového důvodu svůj řídicí systém rozšířit o další funkce pro pokrytí většího trhu. V praxi pak zjišťujeme že plynový kotel nebo tepelné čerpadlo sice zvládá také řídit solární systém, už ale neumí řídit rychlost proudění, zpětné chlazení a další užitečné funkce, které mají specifické regulátory přímo pro solární systém, apod. Jak z tohoto ven? Největší odpovědnost a rozhodnutí musí ve finále přinést realizační firma, která technologii dodává, bude provádět servis a ručit za správnou funkci, nejlepší radou je použít pro zdvojující se funkce regulátor, který má **nejsofistikovaněji** vyřešeno **řízení** nejdražší a nejnáročnější technologie (solárního systému, tepelného čerpadla apod.). Druhým pravidlem je „**nepřetechnizovávat**“ řídicí systém, v jednoduchosti je krása a deset různých krabiček na zdi, které o sobě navzájem nevědí a ze kterých má běžný uživatel hrůzu, nejsou ideálním řešením. Třetím pravidlem je **inspirace u dodavatelů regulace** již při hydraulickém řešení systému, neignorovat prověřená a běžná systémová řešení, pro která velcí výrobci regulační techniky mají konkrétní kompaktní, přednastavené regulátory, včetně intuitivního ovládání s uživatelským komfortem.

Samostatnou kapitolou jsou takzvané **nadřazené „inteligentní“ systémy**, u kterých bych čekal funkce popisované například v předchozích odstavcích, místo toho se často jedná o „primitivní“ zařízení, která zaštiťují a obhospodařují veškerou elektroniku v domácnosti, ovládáním žaluzií počínaje a řízením bezpečnostních prvků konče. Po funkcích, které by pomáhaly snižovat energetickou náročnost ani stopy, navíc zpravidla nedisponují ani běžnými funkcemi pro řízení komplikovanějších topných systémů a zdrojů, proto doporučuji tyto systémy použít pouze jako informativní, nechat je systém sledovat, využít jejich zpravidla komfortní zobrazovací prostředí pro informování uživatele o tom, kde je jaká teplota a zda dochází k solárnímu ohřevu či nikoli.

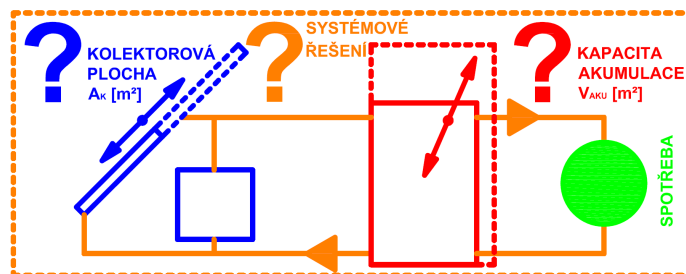
Z praxe je známo několik typů uživatelů z hlediska chování k solárním a topným systémům, podle ochoty sledovat a využívat techniku, její funkce, možnosti a nastavení a podle nároků na kvalitu tepla a spotřebu TV. Mezi populací jsou z hlediska těchto faktorů diametrální rozdíly, které významně ovlivňují spotřebu primární energie a mají také velký vliv na skutečnou výtěžnost slunečních kolektorů a jejich podíl na krytí celkové spotřeby energie. Zjednodušeně – a s trochou nadsázky – je lze rozdělit na: „ignoranty“, „hračičky“, „skrblíky“ a „teplomily“. Podle těchto kategorií je ovšem nezbytné i dimenzovat a navrhovat solární, topné systémy, ale také řídicí systémy a jejich nastavení. Vedle toho je zdrojovou a topnou část systému nutné navrhovat také s ohledem na stáří uživatele, jeho životní návyky a budoucí způsob využívání a provozování objektu.

3.5. Navrhování kombinovaných sol. systémů pro přitápění a ohřev TV

Správný návrh solárního systému pro přitápění je základním předpokladem k úspěšné realizaci a provozu. V zásadě lze v praxi vyzkoušet několik základních přístupů k dimenzování a návrhům solárních systémů pro přitápění:

- na základě počítačové simulace (programy PolySun, T-Sol...)
- na základě nomogramů empirických pravidel vycházejících ze zkušeností nebo marketingových sestav výrobců a dodavatelů (vhodné zejména pro menší solární systémy)
- dle požadovaného nebo maximálního podílu pokrytí (případně měsíců pokrytí např. duben/září)
- dle maximální výše investice nebo optimálního řešení z hlediska investice a výnosu
- pro maximální měrnou výtěžnost slunečních kolektorů

Správné dimenzování solárních systémů je ovlivněno tolika faktory a lze při jejich navrhování použít tolik odlišných strategií, že čím více problematice rozumíme, o to se zdá ideální řešení méně jasné. Jedinou útěchou a výhodou se tak zdá u návrhů solárních systémů jejich vysoký **pracovní faktor**,⁽²⁶⁾ poměr mezi užitečnou energií a energií pohonnou, ten nám zajišťuje vysokou rentabilitu i při ne zcela optimálním dimenzování solárních soustav. V zásadě jde o správné dimenzování **kolektorové plochy**, která je určujícím faktorem a výkonovým prvkem všech solárních systémů, sekundárně pak jde o návrh adekvátní **velikosti akumulace**. Třetí neméně důležitou částí navrhování solárních systémů je samotné **systémové řešení** – hydraulické zapojení s řídicím systémem, použité komponenty, typy kolektorů, dimenze potrubí, výměníků a čerpadel.



Obr. 3.20. Dimenzování solárních systémů

V zásadě mohou být solární systémy pro přitápění a ohřev TV, respektive velikost jejich kolektorové plochy a zásobníku navrhovány podle několika kritérií:

- a) **Minimální smysluplné řešení**
- b) **Z hlediska optimálního řešení**
- c) **S maximální snahou solárního pokrytí**

3.5.1. Dimenzování kolektorové plochy

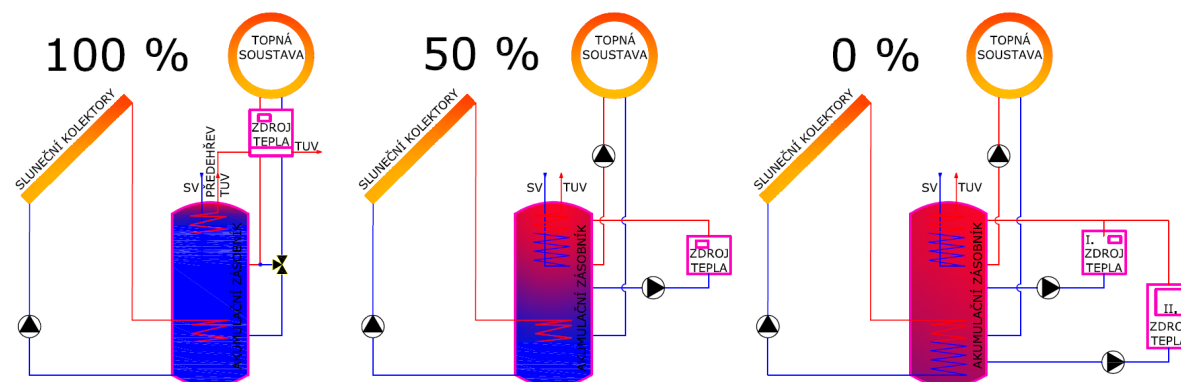
V první řadě by bylo vhodné sjednotit terminologii, co to je kolektorová plocha? Literatura a normy rozeznávají plochu **brutto**, plochu **absorbéru** a plochu **apertury**, pravděpodobně díky alibismu výrobců, aby jejich kolektory a jejich výkonové křivky vypadaly lépe, jsou ve většině případů účinnosti vztažené na menší vnitřní plochu kolektoru, tím dochází ke zmatku při posuzování solárních zisků podle různých metodik. Každého přitom zajímá absolutní kolektorová plocha nejlépe včetně připojovacích armatur, ta je totiž jediná pro praxi důležitá a směrodatná, protože zároveň vymezuje plochu pro instalaci a umístění kolektorového pole.



Obr. 3.21. Optimalizace dimenzování sol. systémů

3.5.2. Dimenzování akumulace

Na obr. 3.22. lze vidět pro tři typická zapojení relativitu skutečné akumulace solárních systémů a jejich volné kapacity čistě pro využití sluneční energie. V prvním případě máme k dispozici 100 % kapacity zásobníku, zásobník slouží čistě pro účely a využití slunečních kolektorů. Ve druhém případě máme k dispozici pouze 50 % kapacity zásobníku, současně je realizována příprava tepla dodatkovým zdrojem. Ve třetím případě slouží zásobník také například kotli na biomasu v plném rozsahu a pro sluneční energii nemáme prakticky žádnou volnou kapacitu v topném období, solární systém je využíván zejména v letní polovině roku, kdy není využíván II. dodatkový zdroj tepla. Ve většině případů realizační firmy a projektanti při návrhu kapacity zásobníku tuto skutečnost nezohledňují.



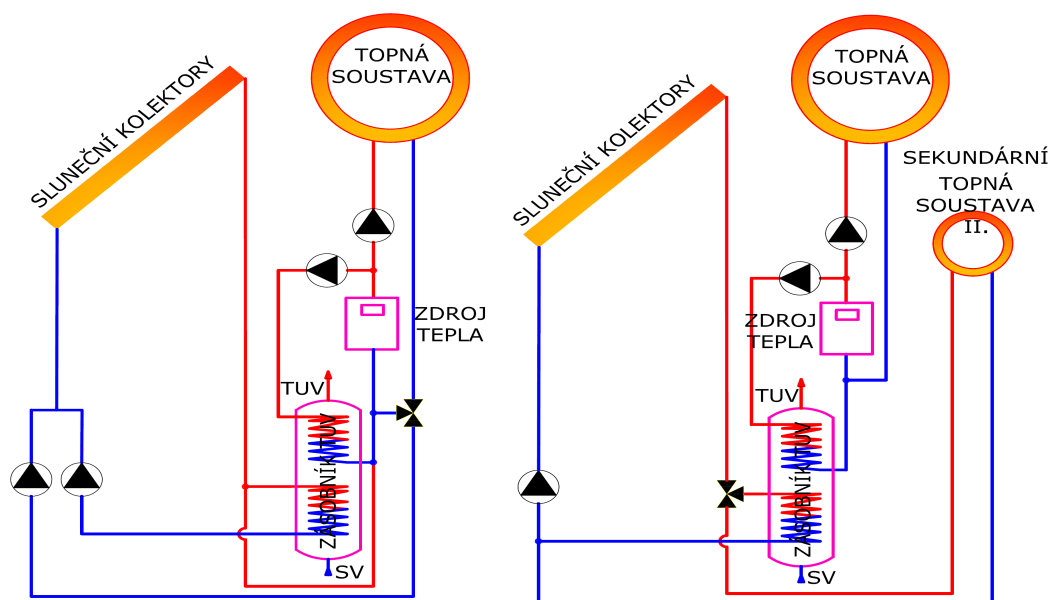
Obr. 3.22. Relativita akumulční kapacity solárních systémů

Z praxe jsou známy natolik odlišné přístupy, že nelze jednoznačně definovat pravidla pro dimenzování kapacity akumulace. Opět je nezbytné přihlížet k několika faktorům, vedle velikosti kolektorové plochy také k prostorovým možnostem a maximální výši investice investora. Dále pak lze přihlídnout k možnostem, které nám nabízí konkrétní projekt (nevyužívaný sklep, pozůstatek akumulčního elektrického vytápění apod.). V zásadě bych doporučoval rozdělovat akumulaci solárních kombinovaných systémů opět do několika základních kategorií – systémových řešení.

3.5.3. Systémová řešení

a) Minimální alibistické řešení (300–750 litrů/7,5–10 m²) – VELIKOST „M“

Akumulace o kapacitě 350–750 litrů s kolektorovou plochou do 7,5–10 m² jsou dnes pro kombinované solární systémy u RD velmi oblíbená a relativně levná řešení, která vznikají zejména z důvodu vyšších dotací pro systémy s přitápěním, ve skutečnosti ovšem slouží zejména k ohřevu TV a podle způsobu zapojení a charakteru topné soustavy napomáhají vytápění v minimální míře, zejména u větších a starších objektů (>30 let, >170 m²), které neprošly výraznější rekonstrukcí obálky budovy a topné soustavy.



Obr. 3.23. Minimalistická řešení solárních systémů pro přitápění – VELIKOST „S“

Pro tento charakter budov a minimalistická solární řešení je lepší použití kolektorové plochy pouze se zásobníkem TV a sluneční kolektory přinesou v absolutním měřítku vyšší solární zisky v zimním období, protože budou pracovat s nižší střední teplotou na kolektorech a absolutní zisky pak stejně odpovídají spíše spotřebě TV.

Minimalistická klasická zapojení pro přitápění mají význam pouze u nízkoenergetických a pasivních domů menší velikosti.

Pro nejmenší solární systémy pro přitápění a nepříliš optimální charakter a velikost budov se nabízí lepší varianta v podobě schémat na obr. 3.23., u kterých eliminujeme velkou a drahou akumulaci, systém pak slouží zejména pro ohřev TV a přímé vytápění. V prvním případě je celá topná soustava plněná stejným médiem jako primární okruh solárního systému a v případě solárních přebytků nebo teplot již pro dohřev TV nevhodných se slunečními kolektory topí přímo do systému nebo s předeřevem hlavního zdroje tepla v domě. Druhá varianta, která se velmi osvědčila, počítá se sekundární topnou soustavou v podobě několika topných těles v koupelnách v suterénních bytech nebo severních místnostech, kde opět topíme pouze Sluncem a přímo. K tomu někdy stačí opravdu minimální teploty na kolektorech. A navíc je mnohdy žádoucí tyto prostory vytápět také v letním období, kdy je více sluneční energie.

b) Klasické standardní řešení (750–1500 litrů/10–20 m²) – VELIKOST „L“

U solárních systémů této velikosti a klasického pojetí by mělo dojít zejména ke zlevnění jednotlivých prvků podle zásad zmiňovaných v předchozích odstavcích kapitoly 3., dále by se měly vždy hledat další sekundární způsoby využití letních solárních přebytků.



Obr. 3.24. Velkoplošná integrace sl. kolektorů do krytiny s kvalitní architektonickou kompozicí

c) S maximální snahou solárního pokrytí (>1000 litrů/>20 m²) – VELIKOST „XL“

Zejména podle hesla „když už, tak pořádně“ je možné instalovat solární systémy na RD maximalisticky, například podle velikosti střechy. Tím lze například naprosto eliminovat náklady na instalaci poloviny střešní krytiny. Větší beztlaké akumulční zásobníky integrované v domě nebo i mimo dům by měly být jednoznačně měrně levnější. Pro takovéto instalace bude typická malá měrná akumulční kapacita vztažená na kolektorovou plochu. Solární systémy se budou chovat velmi dynamicky a velká kolektorová plocha se projeví pozitivně na skutečném podílu na přitápění. Nevýhodou budou významné letní přebytky a podíl stagnačních stavů, které je nezbytné eliminovat mařením například teplovzdušnými saharami nebo zamezením zisků stíněním v letní polovině roku.

d) Sezónní akumulace – VELIKOST „XXL“

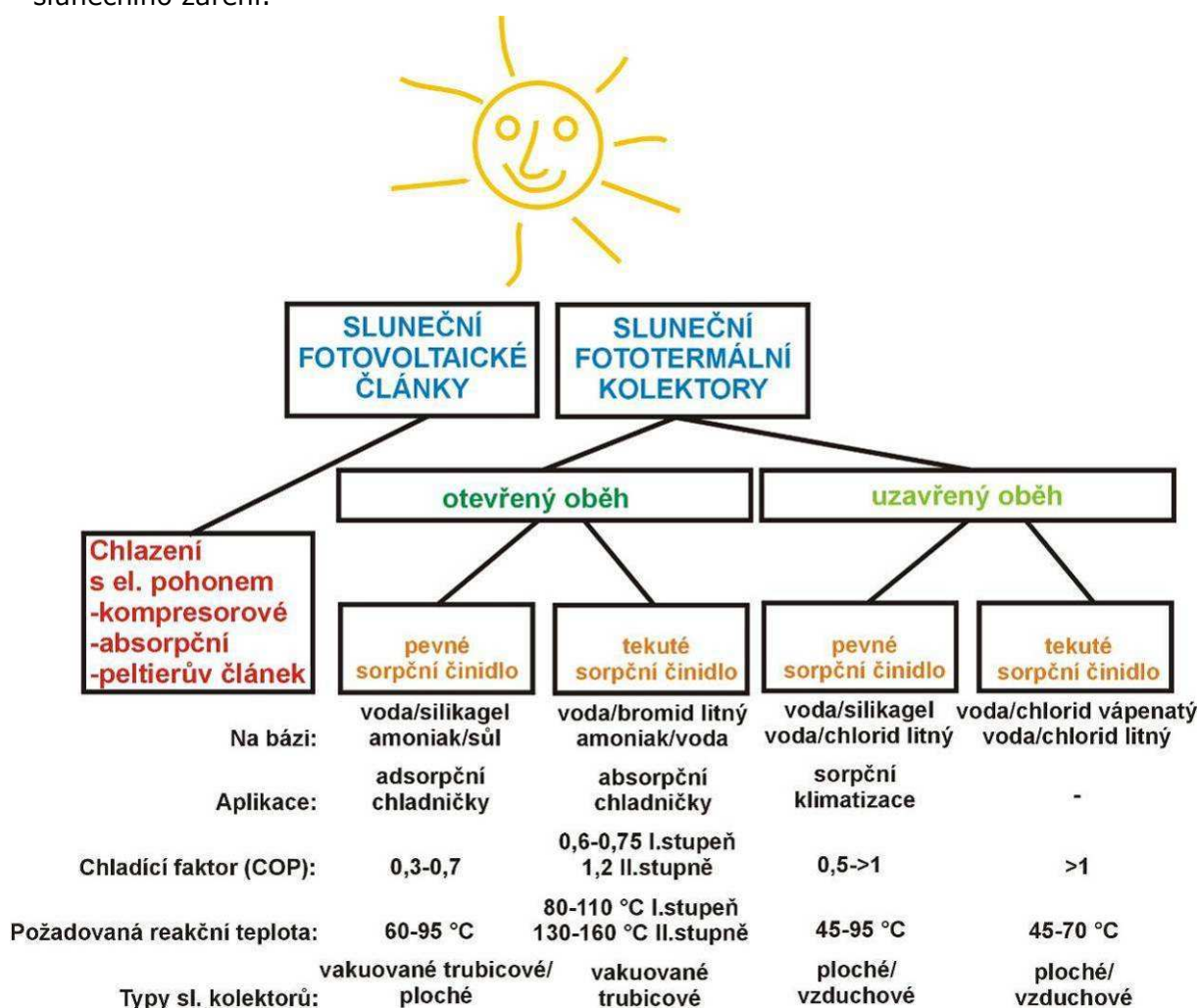
Snahou tohoto projekčního přístupu je skutečné využití letních slunečních zisků pro využití v zimním období. Tyto systémy nepředstavují větší kolektorovou plochu oproti předešlé strategii „XL“, ale disponují dostatečnou sezónní akumulací, která umožňuje uchovat solární teplo pro zimní období. Tato akumulace musí být dimenzována včetně pokrytí tepelných ztrát samotného sezónního zásobníku. Obecně se jedná o investičně velmi náročná řešení, která se aplikují spíše pro větší instalace bytových domů nebo celých sídlišť.

3.6. Sekundární využití solárních systémů

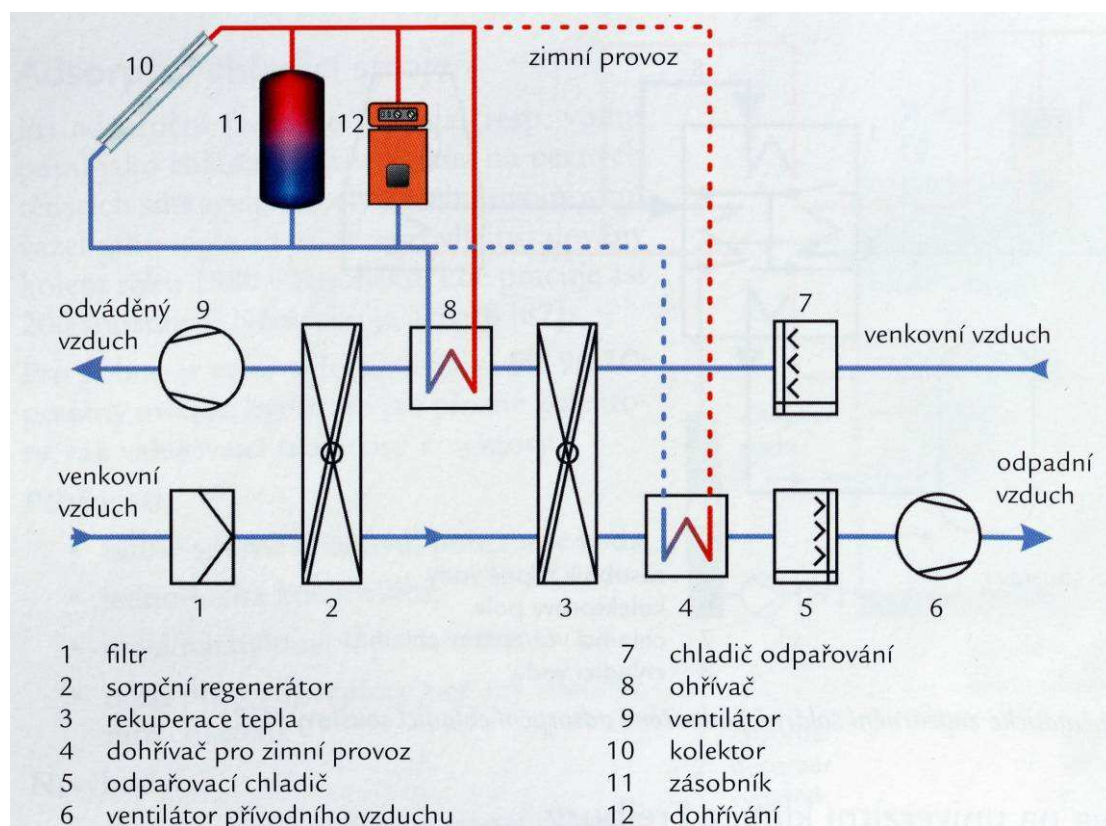
Pro skutečný přínos solárních systémů k vytápění nebo jeho podpoře je zejména nezbytná dostatečná kolektorová plocha, která zajistí smysluplné solární zisky v zimním období. Tato plocha je navíc velkým zdrojem solárního tepla v letním období, pro které obtížně hledáme uplatnění. Vedle ohřevu bazénů, sezónní akumulace, sušení paliva a chlazení by do budoucna bylo ideální najít další využití například v podobě transformace nízkopotenciálního tepla na elektrickou energii nebo k urychlení, případně zkvalitnění dalších procesů pro sekundární využití (elektrolýza, chemická akumulace, urychlení biologických procesů...). Podobně jako vysoušení biomasy Sluncem zvyšuje jeho výhřevnost a snižuje nároky na skladování, by bylo ideální použití této energie jako zdroje energie například pro chemické endotermní reakce umožňující energii akumulovat jinou formou a později ji uvolnit. Letní solární teplo by mohlo rozkládat vodu na vodík a kyslík, mohlo by napomáhat při tvorbě ušlechtlejších biopaliv v kapalném a plynném stavu apod.

3.6.1. Solární chlazení

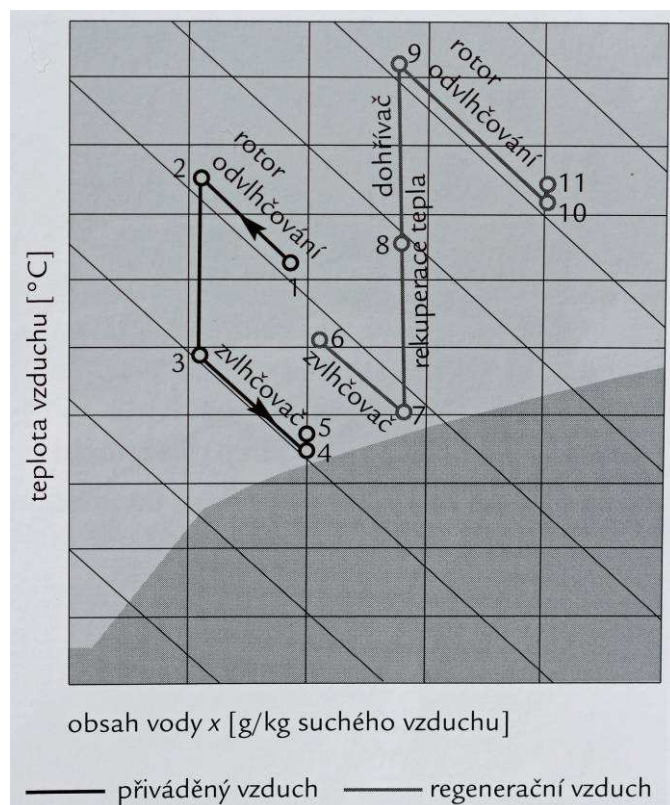
Letní sluneční zisky představují zároveň enormní zátěž budov na chlazení. Solární systémy nabízejí ideální příležitost pro své uplatnění – nabídka se kryje s poptávkou. Osobně se domnívám, že v našich klimatických podmínkách je nutnost chlazení RD způsobena buďto přehnanými nároky uživatelů na nadstandardní komfort, nebo špatným architektonickým řešením s nedostatkem pasivních stínících prvků. Solární termální chlazení může ovšem znamenat významné uplatnění v zemích blíže k rovníku, kde jsou nároky na chlazení mnohdy vyšší než nároky na vytápění v zimní polovině roku. V těchto lokalitách se zpravidla poptávka po energii na chlazení výrazně kryje s nabídkou slunečního záření.



Obr. 3.25. Přehled systémů pro solární chlazení, [20,27]



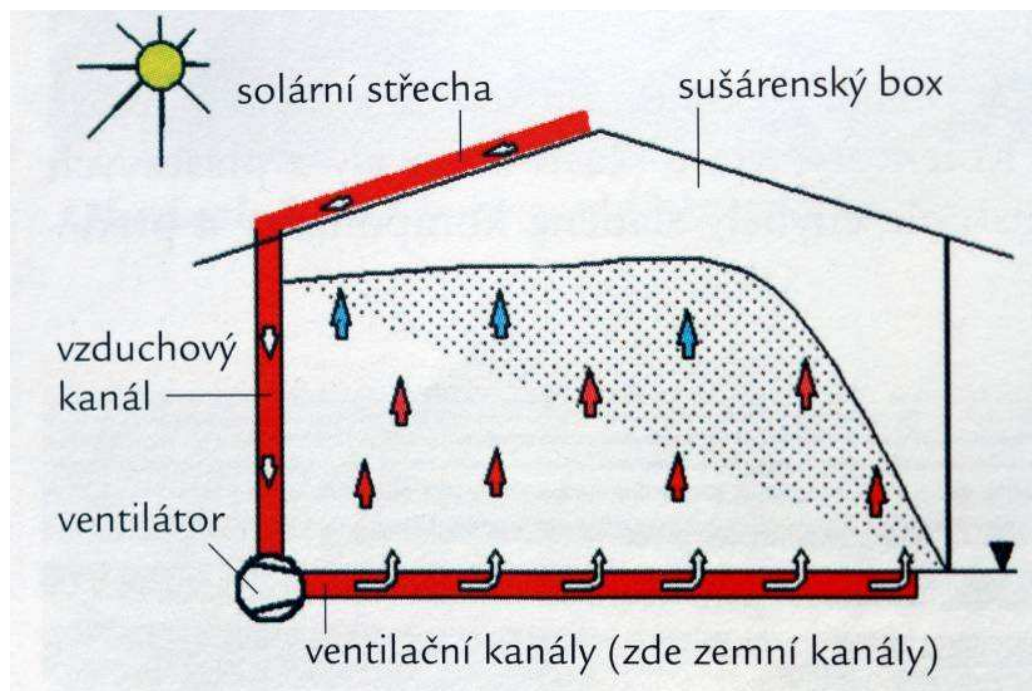
Obr. 3.26. Schématické znázornění konstrukce solárního chlazení DEC soustavy,[20]



Obr. 3.27. Změny stavů vzduchu v h-x diagramu (letní případ) DEC soustavy, [20]

3.6.2. Solární technologické teplo

Nejpříjemnějším využitím solárních přebytků v letním období u RD se zdá být sušení biomasy jako budoucího paliva v RD. Jiné technologické uplatnění se hledá velmi obtížně.



Obr. 3.28. Náčrt principu solárního sušení, [20]



Obr. 3.29. Solární soustava o velikosti 1430 m² pro sušení zelené píce, [20]

3.7. Kvalitní inženýring

Kvalitní inženýrská činnost je jedním ze základních atributů, které stále chybí v solární praxi, i když se v posledních letech udělalo mnoho práce v oblasti propagace a vzdělávání. Stále se jedná o relativně mladý obor, který má svá specifika v porovnání s konvenčním způsobem vytápění, což platí obecně pro všechny obnovitelné zdroje energie, které se prosazují v konkurenci konvenčních zdrojů pochopitelně mnohem komplikovaněji. Jako každé nově a rychle se rozvíjející odvětví má své pochopitelné metodické nedostatky také obor solární techniky. Každý projekt a jeho úspěšnost je závislý zejména na **prvotním návrhu** řešení a jeho zpracování.

Vzdělávání je prvotním předpokladem úspěchu pro zkvalitnění inženýrské činnosti v tomto oboru. V posledních letech sice vznikají nové předměty a obory zejména na úrovni vysokých škol v tomto odvětví, jejich konkrétní podoba a struktura se ovšem stále teprve utváří. Na úrovni středních škol je situace ještě horší, na rozdíl například od Rakouska, kde již přes deset let existuje, mimo jiné, učební obor instalatér „solárník“. V ČR se systémově mnoho neudálo. Vyšší odborná úroveň projekčních kanceláří a realizačních firem by přinesla, a časem také přinese, vyšší úroveň instalací solárních systémů a jejich optimalizací.

Konkrétně se jedná například o **koncepční přístupy**, zjednodušování, a tím i zlevňování. Např. solární stavebnice - zvýhodněné sety jsou toho důkazem, přesto je zde stále velký prostor, který zejména z marketingových důvodů není naplňován. Výrobci, dodavatelé a investoři sledují zejména cenu hlavních komponent, a proto je snaha tuto cenu minimalizovat za cenu polotovaru. K jednotlivým technologiím se musí dokupovat přípojovací sady, celá opláštění, o expanzních nádobách a pojistných armaturách nemluvě, každé takové zařízení má zpravidla identické elektrické připojení a jistící prvky, které opět chybí. Co to celé znamená? Prodražení pro zákazníka a vyšší nároky na inženýring, přípravu a koordinaci staveb. Vedle marketingových strategií za to může také nízká odborná úroveň dodavatelů, dovozců a prodejců vyspělých technologií, která vede k předimenzování oběhových čerpadel, expanzomatů a potrubí. Největšími odborníky se pak zpravidla stávají montéři, kteří suplují projektanty a musí se vyrovnat s nedostatečnými technickými podklady a teoretickými znalostmi. Protiargumenty hovoří o specifičnosti každé instalace, stejně se před lety hovořilo o solárních sestavách, dnes naprosto běžných. Pokud se již objeví koncepční přístup (například výrobce nádrže dodá nezbytné základní armatury k připojení jasně definované nádrže a nazve to „přípojovací sada“), je tato sestava natolik předražená, že ji montážní firma raději neobjedná.

Další důležitou věcí ovlivňující cenu solárních a topných systémů jsou vazby mezi **dodavateli (výrobci) – projekcí – montáží**, většina projektantů TZB pracuje samostatně „nezávisle“. Jejich činnost zpravidla podléhá autorizaci ČKAIT v oboru: „Technika prostředí staveb a technická zařízení staveb“. Moderní technologie pro vytápění jsou natolik komplikované a rozmanité, že prakticky nemůže jedna osoba zaštitit všechny obory související. Přesto tak většina „autorizovaných“ inženýrů a techniků bez ostychu činí, čímž vznikají povrchní návrhy systémů, které ovlivňují nekvalitní realizace, případně kladou nemalé odborné nároky na montážní firmy. To vše komplexně opět negativně ovlivňuje cenu a efektivitu realizovaných systémů. Podobně jako ve stavebnictví je i u TZB hlavní příčinou této situace znevážená míra důležitosti projekční činnosti. Společnost si neváží duševní práce ani morálních hodnot, trh deformoval ceny za poskytované služby v projekční a inženýrské praxi. Projekční služby tím zareagovaly snížením kvality poskytovaných služeb. **Kde hledat východisko?** V první řadě je třeba začít od základu, tedy u vzdělávání a samotné organizace ČKAIT, která by měla nad úrovní dohlížet a na neutěšený stav adekvátně reagovat. Bohužel se však jedná o příliš zkorumpovanou organizaci s monopolním postavením, která nemá konkurenci, což je ke škodě věci. Samotná autorizace je spíše podmíněna schopností zařadit se mezi úředníky než skutečnými odbornými znalostmi, zkušenostmi a praxí v oboru.

Většina nových předpisů a norem je úřednického charakteru, řeší více malicherné definice pojmů a bezpečnostní předpisy než skutečný stav technologické vyspělosti, moderních poznatků a potřeb společnosti. Dále chybí celospolečenský, ucelený a hlavně stabilní energetický koncept pozitivně orientovaný k obnovitelným zdrojům energie, kterého by se také technické předpisy mohly držet a významně jej podporovat.

Návrh řešení

Metodicky zorganizované vzdělávání a školení v oboru na všech úrovních je hlavním předpokladem lepších výsledků v oblasti zvýšené kvality inženýrské činnosti. Je nezbytné zvýšit kvalitu vzdělávání v tomto oboru na všech úrovních, zavést nové mezioborové studijní programy, zpracovat studijní materiály a metodicky zapracovávat nové a nové poznatky.

Dále se domnívám, že je nezbytné propojení projektantů s konkrétními realizačními firmami, kde získají adekvátní zpětné vazby na své návrhy řešení. Řadě projektantů ovšem vyhovuje práce „do šuplíku“, kdy jsou jejich návrhy pro realizační firmy nepoužitelné nebo neakceptovatelné. Dále jsou dnešní projektanti spíše na straně dodavatelů a výrobců, kde se cítí být pod ochranou, v bezpečí technických parametrů a návodů výrobců a kde jsou také často honorováni za „nezávislost“. Pokud pracují blíže k realizaci, je to pro ně mnohem obtížnější, ale smysluplnější. V době globalizační a technologické je „nezávislost“ projektanta a jeho kreativita v oboru TZB mnohem náročnější. Zákazník pak platí inženýring dvakrát: jednou u „autorizovaného“ inženýra a podruhé v podobě přípravy realizační firmy suplující nekvalitní projekci – návrh řešení. Montážní a realizační firma je dnes prakticky vnímána jako jediný zodpovědný subjekt na konkrétním projektu a přebírá odpovědnost projekce.

Projekce moderního vytápění a zejména kombinovaných solárních systémů pro přitápění přináší podobné vazby jako prvotní architektura, musí se zabývat hlubšími souvislostmi, zkoumat investora, jeho představy, návyky a charakter, musí zkoumat lokalitu, ve které se o instalaci solárního systému uvažuje v hlubších souvislostech. Zejména u novostaveb nebo větších instalací solárních systémů je nezbytná kvalitní a pozitivní spolupráce s architekty, stavaři a provozovateli/investory.

Pro správné dimenzování solárních systémů je velmi důležitá skutečná spotřeba tepelné energie v průběhu roku a předpoklad jejího vývoje v následujících dvou desetiletích, což jsou mnohdy obtížně získatelné informace.



Obr. 3.30. Proces návrhu solárních systémů pro přitápění

Pro zkvalitnění inženýrské činnosti by bylo žádoucí:

- zrušení monopolu ČKAIT - zapojení univerzit do jejich pravomoci
- zkvalitnění rozsahu a metodik vzdělávání v oboru úsporných energetických opatření a OZE na všech úrovních
- podmínění autorizace techniků a inženýrů v oboru vzděláním, praxí a aktivní činností
- zajištění zpětné vazby mezi projekcí a realizací, propojení teorie s praxí
- zrušení dotačních titulů ve vědě a výzkumu a podpoření přímého subvencování vědy a výzkumu z průmyslu

„Atestovaný chirurg , který neoperuje není chirurg, ale úředník.“

„Baťův projektant TZB⁽²⁸⁾ by musel projít praxí a zvládat skutečnou montáž vlastních návrhů.“

3.8. Teorie pasivity a její filozofie

Sluneční záření se v přírodě transformuje různými formami a do různých podob a s rozdílnou efektivitou. Teorií pasivity bychom mohli proto popsat veškeré přírodní, ale i umělé transformace, kde hybnou silou jsou přírodní energetické procesy způsobené slunečním zářením samovolně nebo s naší asistencí pomocí námi vytvořených aktivních a pasivních prvků a přístupů. Míra pasivního, respektive aktivního přístupu, cesty k užité energii, zpravidla ovlivňuje dlouhodobou stabilitu, přirozenost, vliv na životní prostředí apod. Čím aktivnější prvky a procesy jsou pro užitečné energetické transformace nezbytné, tím jsou z komplexního hlediska méně atraktivní, účinné a zajímavé pro člověka v hlubších souvislostech – v jednoduchosti je síla.

Teorie pasivity popisuje v našem významu míru samovolnosti využití přirozeného slunečního záření v reálném čase, pokud bychom rádi vyřadili, případně minimalizovali problematickou otázku akumulace (biopalivo, tepelná akumulace...). Čím vyšší míra pasivity, méně aktivních prvků, tím efektivnější projekt. Pokud dnes stavíme „nízkoenergetické“ domy, je to pravděpodobně to nejhorší, co můžeme dělat. Proč? Typický nízkoenergetický dům dnešní doby má zateplenou fasádu, nízkoteplotní teplovodní topnou soustavu a drahý „inteligentní“ výkonný zdroj tepla – kondenzační plynový kotel, tepelné čerpadlo, solární systém. Vše tedy směřuje k úsporám energie, ovšem za velmi vysokých investičních a stále i provozních nákladů. Zlom nastává ve chvíli, kdy se z nízkoenergetického domu stává dům pasivní, dům ve kterém jsou již náklady na vytápění takřka nulové. Takový dům již nepotřebuje typickou topnou soustavu, výkonný zdroj tepla a komplikované řízení a regulaci, přesto jsou i tyto domy často vybaveny nadstandardní topnou soustavou. Žijeme v „přetechnologizované“ době – množství technologie, která je instalována do našich domácností, převyšuje naše potřeby; v oblasti informačních technologií jsme zase nuceni přijímat informace současně tolika kanály, že jsme zahlceni na úkor produktivity a lepší organizace. Člověk není schopen myslet a konat více věcí současně při současném zachování kvality – příliš aktivity přináší nárůst entropie a chaosu – zahlcení a úpadek. I když se naše fyzické a duševní schopnosti diametrálně liší, dokonce ani geniální fotbalista Lionell Messi, čtoucí dokonale pohyb všech hráčů na hřišti, při současném dynamickém vedení míče a nejlepším možném řešení vznikající situace nemůže ještě řešit problém z jiného ranku.

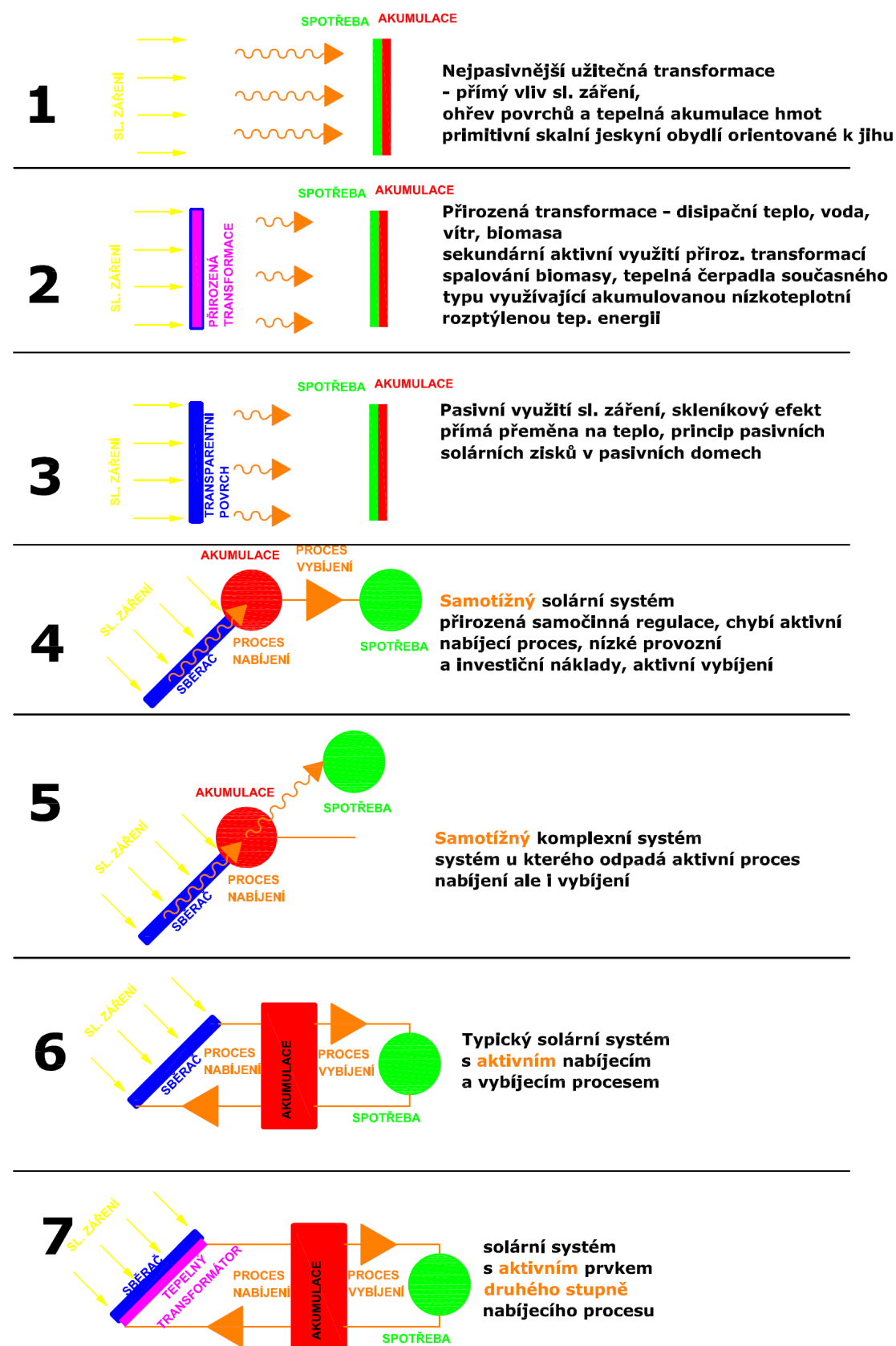
Pasivní řešení jsou v moderní západní civilizaci chápána jako zpátečnická, na rozdíl od východních náboženství a kultur se křesťansky vychovaná civilizace přiklání k neustálému zdokonalování aktivního přístupu na úkor hledání pasivních cest.

Podobné filozofování připouští také zákon chaosu – zákon entropický, který popsala a obdařila pojmem termodynamická věda. Tento zákon a pojmy si vypůjčily i jiné obory; použily a převedly termodynamické zákonitosti do dalších odvětví života a přírody, což je jedno a to samé.

Teorii pasivity bychom mohli aplikovat třeba také na transformaci cukrů na alkohol, jež západní civilizace tak vydatně používá jako „lék“ na uspěchanou a ne příliš pasivní dobu. Ovocná vína, která samovolně kvasí, mají k alkoholu nejpasivnější cestu, stačí jen sluneční záření, vlaha, půda a ušlechtilá rostlina, na rozdíl od piva, které je nutné vařit. Nejméně pasivní transformaci pak prodělávají lihoviny k jejichž výrobě je nezbytná destilace, díky níž získáme největší koncentraci, ale stojí nás sekundární energii zpravidla z konvenčních zdrojů.

Veškerá přirozená solární pasivita byla postupně západní civilizací vytlačena. Největšími skoky bylo asi uplatnění kritického myšlení spolu s rozvojem křesťanství a pak průmyslová revoluce s využitím konvenčních koncentrovaných forem energie (uhlí, ropa) a zvládnutí aktivní a účinné transformace těchto zejména fosilních zdrojů energie. Tím začala devastace přirozeného – přírodního – pasivního vývoje, ke kterému stále více lidí opět inklinuje a který lze hledat například ve východních filozofiích, jež jsou vyspělé, a přesto mnohem jednodušší a trvale udržitelnější. Naše západní výchova bohužel interpretuje charakteristiku výrazu „pasivní“ jako „líný“, a tedy jako něco, co je nežádoucí, neakceptovatelné. Naše civilizace a přístupy jsou příliš radikální, maximalistické a vyhrocené. Čím to je způsobeno, lze jen obtížně dohledat, ale souvisí to zejména se spotřební společností, v níž je úspěch a rozvoj spjatý pouze se zvyšováním produkce.

Dalším příkladem naší tendence k aktivnějšímu přístupu v myšlení je již zmiňovaný rozvoj informačních technologií, které nám mají pomáhat a šetřit náš čas. Místo toho mohou za to, že žijeme rychleji, jsme méně šťastní, máme více duševních problémů a méně „času“.



Obr. 3.31. Teorie pasivity v solární praxi

Aplikovaná teorie pasivity dnes naráží na současný technokratismus, v „inteligentních“ topných systémech se dnes vyskytuje příliš mnoho aktivních prvků, čerpadel, ventilů, pohonů apod. Prakticky přestáváme využívat přirozených fyzikálních vlastností teplosměnných látek, distribuci řešíme motoricky. Vyšší míra pasivity systémů znamená citlivější a přesnější výpočty, vyšší nároky na projekci a samotnou realizaci. Vyšší míra pasivity klade mnohem menší důraz na servis a provozní náklady. Spotřební mechanismy trhu jsou však nekompromisní, je třeba prodávat a vyrábět, a proto zdokonalovat a komplikovat, podobně jako v automobilovém průmyslu, kde není účelné jednodušší řešení z hlediska nabízených užitných funkcí. Je třeba zdokonalovat za každou cenu, aby bylo možné prodávat více a vytvářet tím uměle morální zastaralost. Méně dílů, jednodušší řešení a větší stabilita se spolehlivostí nejsou žádoucí. Moderní typický konvenční spotřebitel chce stále více, nezná a nechápe, že méně může být více.

Stejná pravidla lze pozorovat také u moderního vytápění generujícího přetechnizovaná řešení, proto považuji samotnou filozofii přístupu jako velmi důležitou kapitolu a řadím ji k hlavním optimalizačním procesům. Jakákoli technologická nástavba jednoduchého řešení musí přinášet jen adekvátní navýšení efektivity zařízení, spolehlivosti nebo úsporu primárních zdrojů energie.

4. Tepelná transformace



Obr. 4.01. Kombinace solárních fototermálních systémů s tepelnými čerpadly [SkacelSolar]

4.1. Kombinované systémy tepelných čerpadel se solárními fototermálními kolektory

Kombinace dvou ušlechtilých technologií pro získávání tepelné energie z přírody naráží na racionální ekonomické mantinely. Solární fototermální systémy bez sezónní akumulace v našich extrémních klimatických podmínkách nemohou samy zajistit 100% pokrytí potřeb na vytápění. Tepelná čerpadla všech typů zdrojů, při dostatečném dimenzování, naopak mohou sloužit jako monovalentní zdroje tepla pro vytápění. Zejména díky charakteru TČ a méně omezeného získávání tepla na rozdíl od slunečních kolektorů, které využívají skutečně jen a pouze současné sluneční záření bez přirozené akumulace v přírodním prostředí. Pokud se dnes realizují a kombinují tyto technologie, je to spíše v případě skutečného zájmu investora, dostatku finančních prostředků a snaze maximálního nasazení obnovitelných zdrojů energie. Ekonomická návratnost solárního systému pro vytápění, porovnávaná s cenou tepelné energie z dobře pracujícího tepelného čerpadla, je velmi nereálná.

U kombinovaných systémů má větší smysl instalovat sluneční kolektory spíše pouze pro ohřev TV nebo kombinovat technologie sofistikovaněji viz. obr. 4.02.-B,C-.

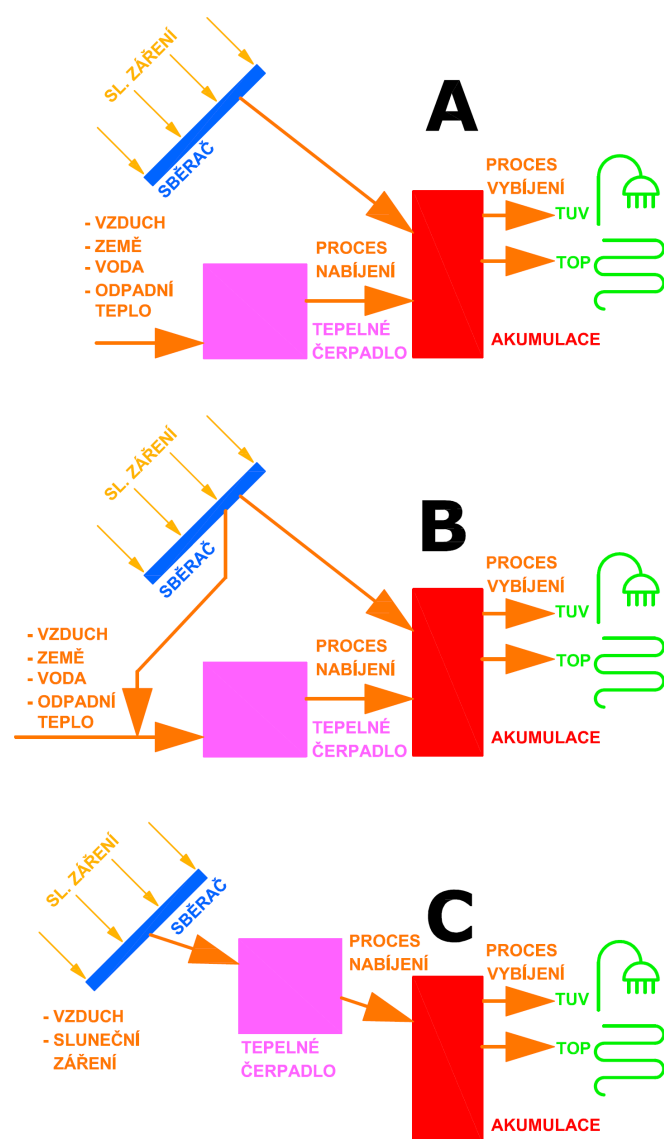
Výhody kombinovaných systémů TČ - SOL:

- úspora provozních hodin kompresoru TČ
- lepší regenerace primárního zdroje TČ u systému země/voda
- u sofistikovanějších zapojení (obr. 4.02.-B,C-) vyšší účinnost obou zařízení

Nevýhody kombinovaných systémů TČ - SOL:

- zdvojená investice
- špatná ekonomika solárního systému
- přetechnizovanost, vzájemná konkurence obou zařízení zejména u zapojení na obr. 4.02.-A-

Kombinovat tyto technologie lze podle obr. 4.02. třemi základními způsoby: A- oba zdroje pracují prakticky nezávisle, využívají svých primárních podmínek a požadavků spotřeby, vzájemně nejsou nijak provázány a oba zdroje nabíjí kombinované zásobníky TV a topení nebo oddělené zásobníky.



Podle obr. 4.02.-A- pracuje většina komerčních zapojení kombinovaných systémů a jejich potenciál tím není maximálně využit, protože si vzájemně nepomáhají. Na obr. 4.02.-B- je znázorněna vazba mezi slunečními kolektory a tepelným čerpadlem, která může být realizována různými způsoby, například je možné solárními nízkoteplotními přebytky, které by jinak nebyly využity, regenerovat primární okruh tepelného čerpadla země/voda nebo zajišťovat navýšení teploty primárního okruhu před vstupem do výparníku. Dále je možné přehřívat vzduch před nasáváním do výparníku tepelného čerpadla systému vzduch/voda. Třetím způsobem je využití solárního tepla ohřevem chladiva přímo v chladicím okruhu mezi výparníkem a kompresorem.

Na obr. 4.02.-C- vidíme přímé využití sběrače jako jediného zdroje primární energie TČ. Absorbér pak pracuje v přímém kontaktu se vzduchem jako výměník TČ vzduch/voda a zároveň je ohříván slunečním zářením. Varianta -C- může být realizována nepřímo s výměníkem na primární straně nebo jako s přímým odparem jako je možné vidět na obr. 4.03.

Obr. 4.02. Základní principy kombinovaných systémů tepelných čerpadel se slunečními fototermálními kolektory

Na obr. 4.03. a 4.04. jsou znázorněny produkty portugalské firmy Energie, která využívá několika systémových řešení, mimo jiné přímé odpařování do absorbérů, které pak pracují za každého počasí, buďto jako solární absorbéry nebo jako konvekční výměníky anebo v kombinaci obou principů. Dále mají některá řešení kondenzátor přímo v zásobníku. Další schémata využívají dokonce akumulace v ledu. Tento princip je však vhodný spíše v jižních státech Evropy, kde venkovní teploty neklesají příliš pod nulu.

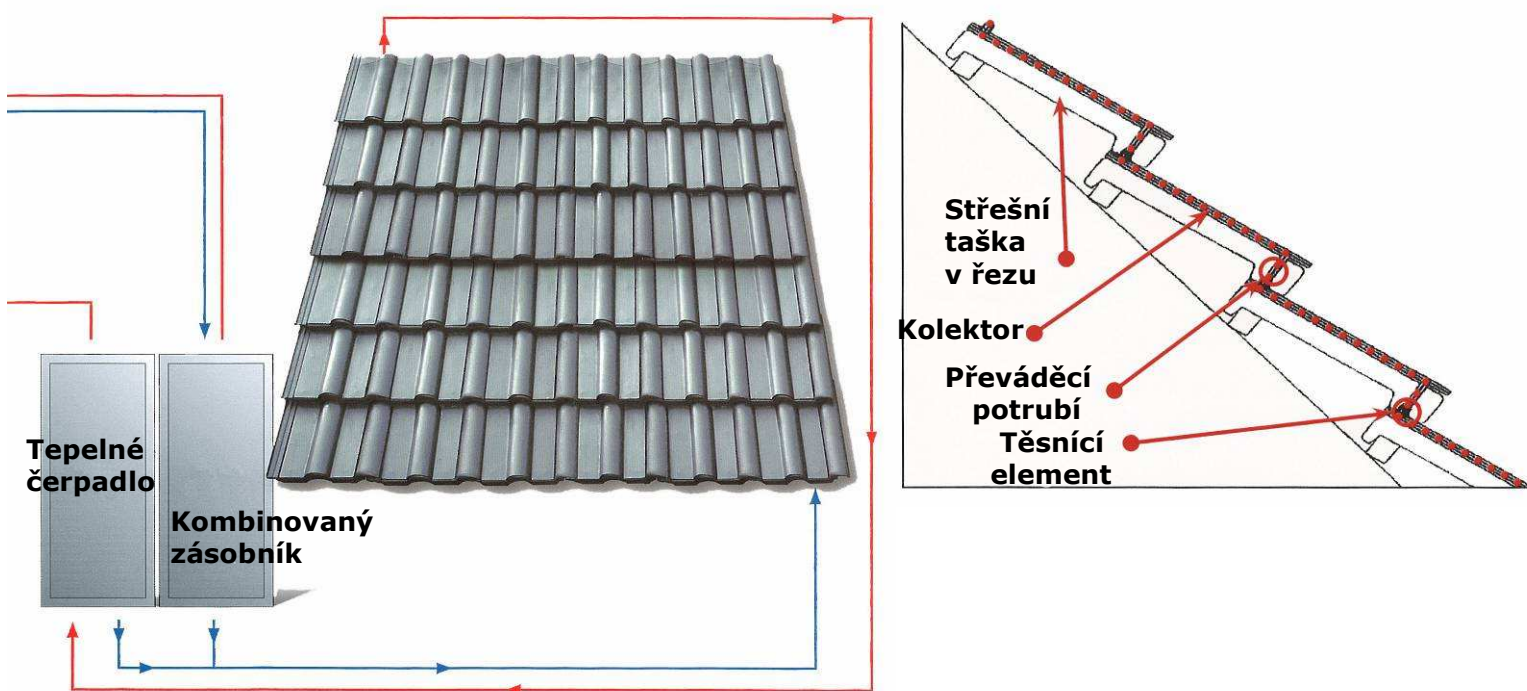


Další způsob kombinace TČ a sol. systémů představil na veletrhu Intersolar 2011 německý výrobce střešní krytiny: firma Nelskamp (obr.4.05.,4.06.). Speciálně konstruované střešní tašky kterými proudí vzduch, slouží jako výměníky tepla a sluneční absorbéry pro vzduchové TČ.

Obr. 4.03. Absorbéry s přímým odpařováním tepelného čerpadla od portugalské firmy: [ENERGIE®], Intersolar 2011 – Mnichov



Obr. 4.04. Hybridní systém od firmy [ENERGIE®], Intersolar 2011 – Mnichov
1-solární absorbéry, 2-primární potrubí chladiva, 3-energetická jednotka, 4-zásobník, 5- výstupní potrubí, 6-vstupní potrubí



Obr. 4.05. Kombinovaný systém TČ vzduch/voda se solárním ohřevem vzduchu od firmy: [NELSKAMP]



Obr. 4.06. Montáž speciálních střešních tašek plnících sekundární funkci solárního absorberu a vzduchového výměníku pro TČ vzduch/voda. [NELSKAMP]

4.2. Tepelné transformátory versus tepelná čerpadla ?

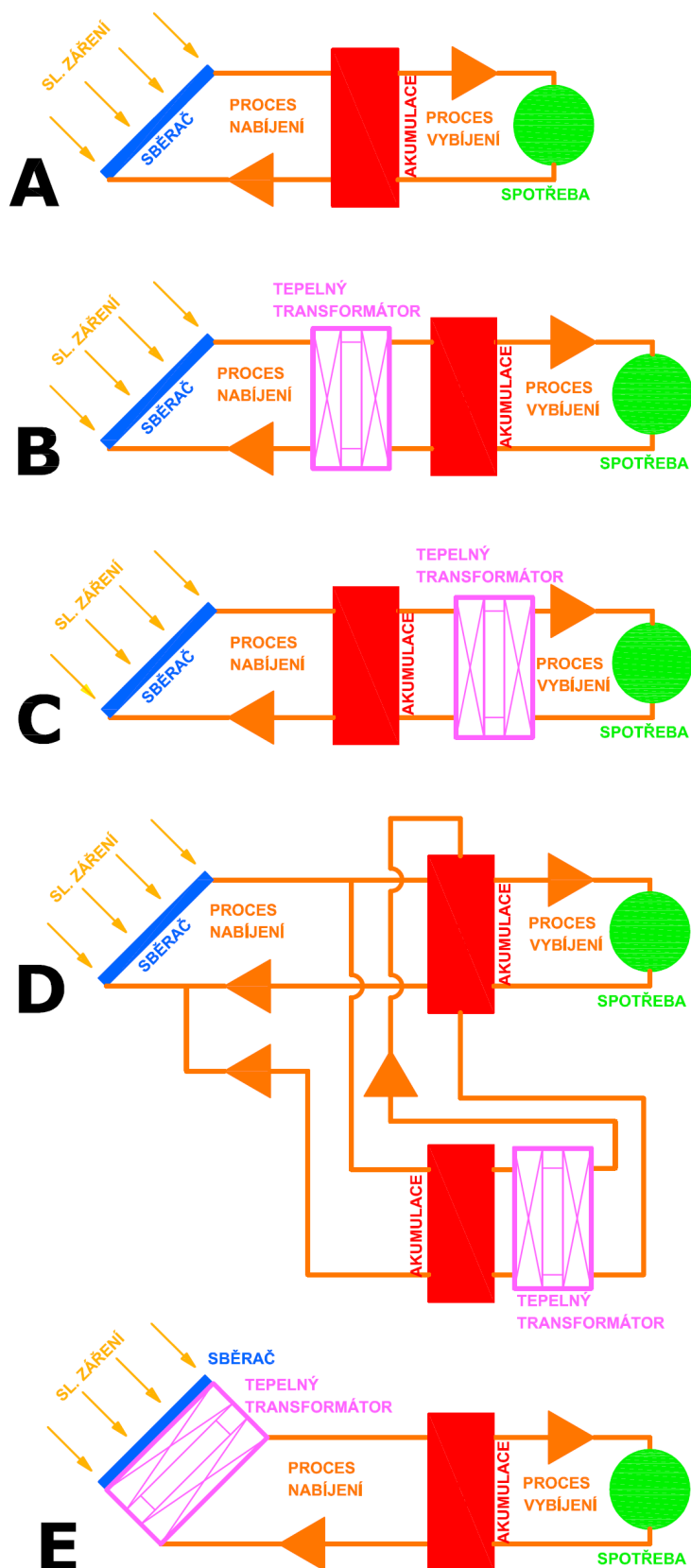
Aktivním prvkem pro zvyšování účinnosti slunečních kolektorů musí být zařízení navyšující teplotní hladinu získaného solárního tepla, respektive zařízení snižující střední teplotu na kolektoru podchlazováním ohřivaného média na vstupu do kolektoru a současným navyšováním teploty topného média na užitečnou hladinu. Záměrně používám pojem tepelný transformátor⁽¹⁹⁾, protože se tímto pojmem snažím vyhnout dosavadním zvyklostem z hlediska systémového zapojení a konstrukčního pojetí zařízení, kterým se snažím primárně zvýšit výtěžnost slunečních zasklených kolektorů na rozdíl od výše popsaných kombinací, které buďto ignorují vzájemné vazby tepelných čerpadel se slunečními kolektory nebo si vzájemnou vazbou jen částečně vypomáhají. Tepelné transformátory by měly v mé úvaze svou konstrukcí, dimenzováním a cenou sloužit primárně solárním fototerminálním systémům pro přitápění. Investice do tepelného transformátoru by měla být ekonomická již vzhledem k samotnému navýšení efektivity

slunečních fototermálních kolektorů a případně z hlediska menších nároků na samotnou konstrukci slunečních kolektorů (menší závislost na tepelných ztrátách vzhledem k nižším provozním teplotám).

Druhým důvodem použití termínu tepelný transformátor je snaha oprostit se od jednoznačného použití typického kompresorového chlazení a drahého výkonového plnohodnotného tepelného čerpadla jako primárního zdroje tepelné energie.

Cílem experimentální části této práce je mimo jiné prověřit hypotézu využití velkoplošného solárního systému s použitím tepelného transformátoru mimo rámec zažitého dimenzování pro použití slunečních kolektorů v extrémních klimatických podmínkách s výraznějším přínosem pro přitápění.

Pro kombinaci solárních systémů s tepelným transformátorem bude možné používat levnější ploché kolektory i s horšími selektivními povrchy s dosažením stejných nebo vyšších energetických zisků v zimním období oproti nejdražším a nejlepší vakuovým trubcovým slunečním kolektorům. Takovéto systémy budou efektivní i při difúzním světle. V porovnání s kombinovanými systémy s absorbéry popsány a znázorněnými na obr. 4.03.-06. je nezbytné počítat s dostatečnou kolektorovou plochou, protože sběrač nebude pracovat jako pouhý konvekční výměník s energií ze vzduchu, ale pouze se současným slunečním zářením. S pomocí tepelného transformátoru zvyšujeme účinnost slunečních kolektorů až na hranici optické účinnosti, tepelný transformátor v tomto pojetí bude sloužit a bude navržen přímo pro funkci solárního systému. Tato úvaha vychází z popisované teorie pasivity v obecnější rovině (odst. 3.8.). Hypotéza staví na přímém využití slunečního záření a její transformaci na užitečné teplo přímo bez dalších přeměn a časové a formální nekoherenci.



Obr. 4.07. Schématické znázornění různých uspořádání systémových řešení s tepelným transformátorem

Na obr. 4.07. jsou bloková schémata základních aplikací tepelného transformátoru:

A – běžný solární systém

Účinnost slunečního kolektoru a jeho tepelné ztráty konvekci a prostupem jsou velmi závislé na stupni nabití zásobníku a zejména na teplotách zpětné vody z topných soustav. Faktické využití solárních systémů pro přitápění v extrémních podmínkách je tím do značné míry omezeno.

B – solární systém s tepelným transformátorem na primárním okruhu

Dochází ke zvýšení účinnosti na kolektoru a ke snížení střední teploty na kolektoru, akumulace je však využívána ve vyšší teplotní hladině, s menší kapacitou a většími tepelnými ztrátami. Dále lze využít tepelného transformátoru jen v reálném čase solárních zisků.

C – solární systém s tepelným transformátorem na sekundárním okruhu

Dochází ke zvýšení účinnosti kolektoru stejně jako u varianty -B-, systémové řešení však umožňuje využití akumulace také samotným tepelným transformátorem, který pak nemusí kopírovat aktuální chování solárního systému v reálném čase. Výkon tepelného transformátoru a jeho nasazení není závislý na reálných potřebách a možnostech solárního systému.

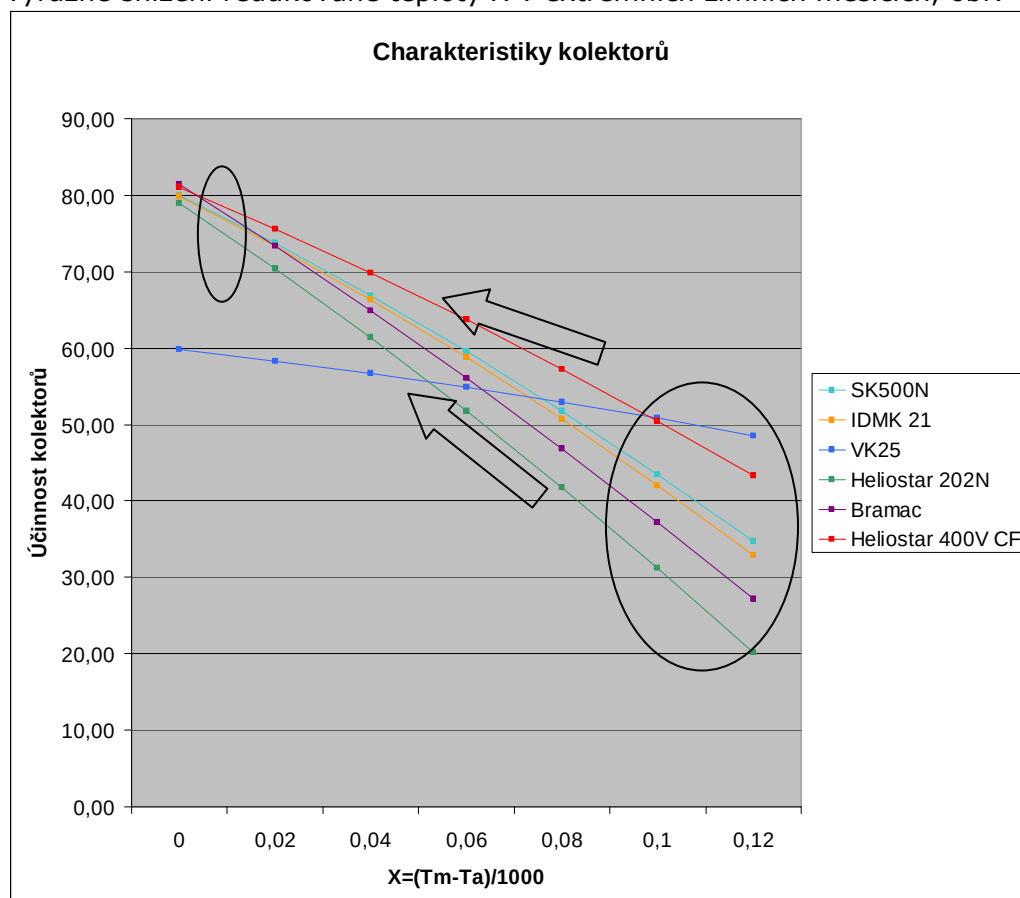
D – solární systém s tepelným transformátorem a dvěma zásobníky

Toto řešení uvažuje s přepouštěním tepla mezi nízkopotenciálním a vysokopotenciálním zásobníkem, tento systém má větší kapacitu akumulace s optimálním využitím slunečních kolektorů za různých podmínek za cenu vyšší investice.

E – tepelný transformátor jako integrované zařízení

Vedle integrace do kolektoru si lze představit integraci přímo do zásobníku, ve kterém chladíme spodní část a ohříváme horní. Pasivním tepelným transformátorem bychom mohli nazvat stratifikační prvky sofistikovanějších solárních zásobníků.

Cílem aplikace tepelného transformátoru je zvýšení účinnosti slunečního kolektoru a výrazné snížení redukované teploty X v extrémních zimních měsících, obr. 4.08.

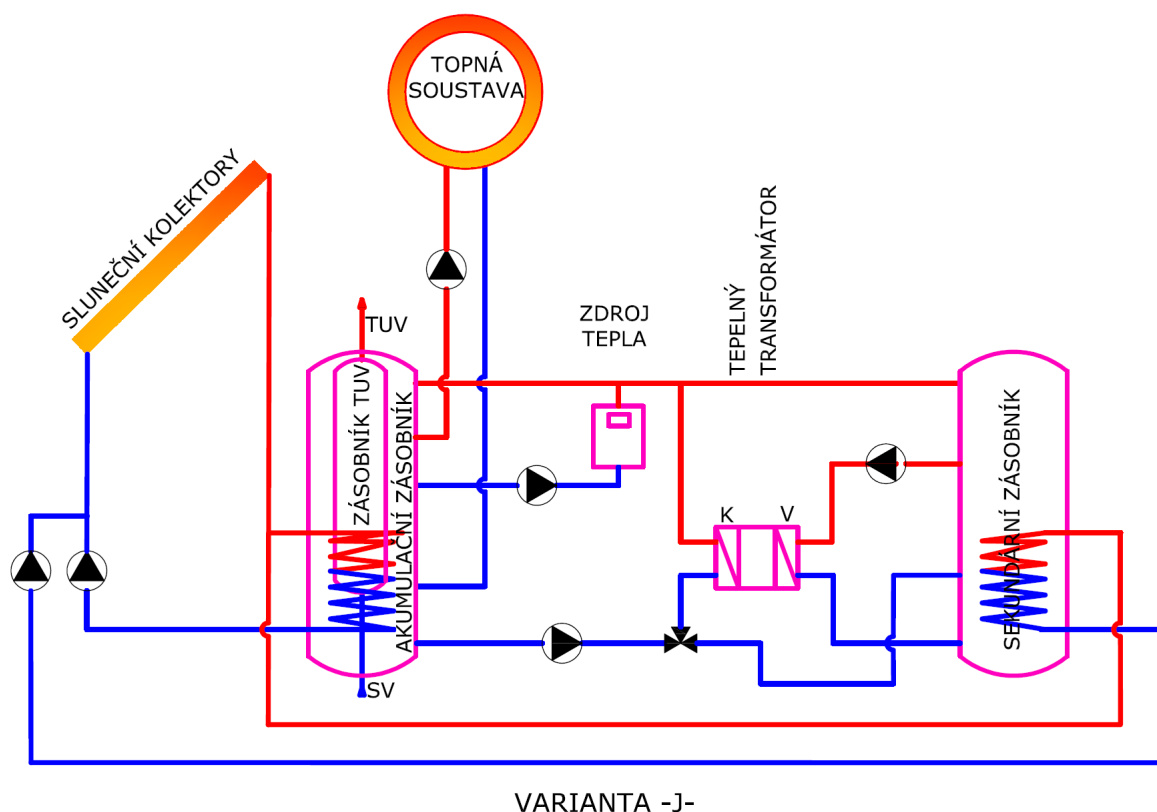


Obr. 4.08. Zvýšení účinnosti slunečních kolektorů s aplikací tepelného transformátoru

4.3. Konkrétní schémata solárních systémů s tepelným transformátorem

4.3.1. Tepelný transformátor mezi dvěma zásobníky, varianta -J-

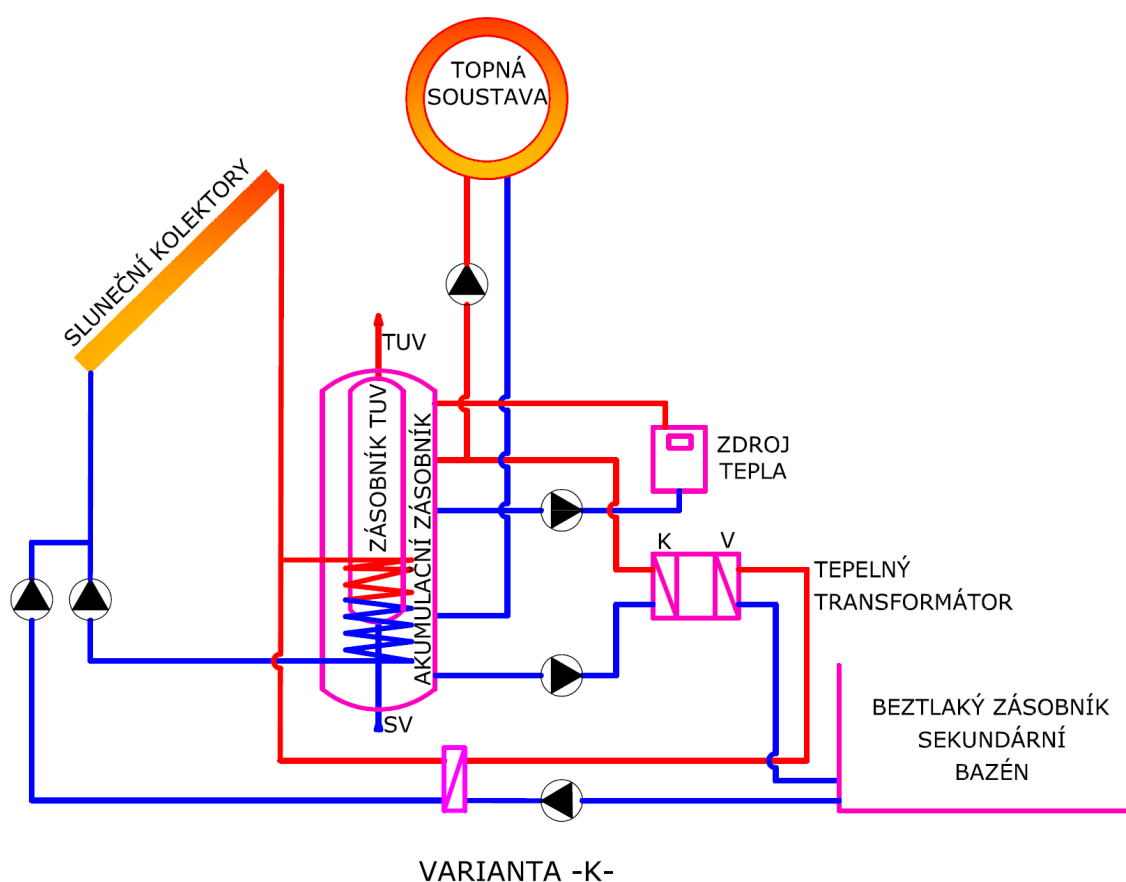
Základní schéma použití tepelného transformátoru naznačené na obr. 4.09. -J- znamená použití sekundárního zásobníku, do kterého akumulujeme solární přebytky a solární zisky s nízkou kvalitou tepelné energie - nízkou teplotou. Tyto solární zisky z extrémních podmínek a minimálního slunečního záření by byly jinak bez užitku. Ze sekundárního zásobníku lze tepelnou energii buďto přecherpat přímo anebo prostřednictvím tepelného transformátoru, kterým ochlazujeme sekundární zásobník a ohříváme akční akumulací zásobník. Tím dochází ke snížení teploty v sekundárním zásobníku a tím k lepšímu využití solárního systému. Účinnost přeměny slunečního záření na kolektorech je vyšší vlivem menších tepelných ztrát způsobených nižší střední teplotou na kolektorech. Další výhodou je větší akumulací kapacita díky sekundárnímu zásobníku a rozsahu akumulací teplot.



Obr. 4.09. Hydraulické zapojení solárního systému s tepelným transformátorem, varianta -J-

4.3.2. Tepelný transformátor mezi dvěma zásobníky, varianta -K-

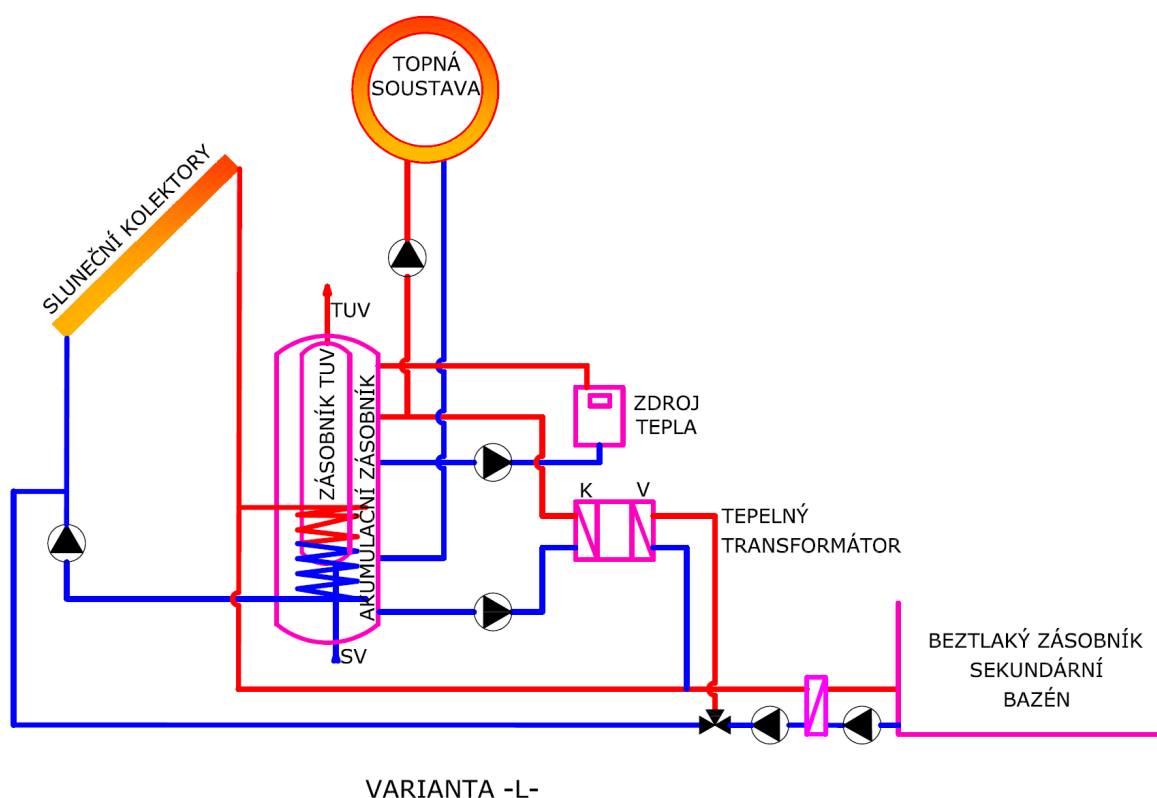
Tato varianta uvažuje s využitím beztlakého sekundárního zásobníku, kterým by mohl být například venkovní bazén, který není v zimním období využíván, momentálně probíhá příprava prvního experimentálního ověření tohoto zapojení. Sekundární zásobník je ohříván pouze solárním systémem. V letním období, kdy není potřeba požadavek na využití solárního systému pro přitápění, je tepelný transformátor nevyužíván a sekundární akumulace může být využívána třeba jen jako sezónní bazén. V zimním a přechodném období jej lze použít jako zdroj tepla pro vytápění. Schéma zjednodušuje hydraulické zapojení, kde jsou na straně sekundárního zdroje výměníky od slunečních kolektorů a výparníku tepelného transformátoru v sérii a v případě potřeby a shody může být prakticky solární teplo rovnou přetransformováno do akčního zásobníku bez použití sekundární akumulace. V České republice se venkovní bazény na zahradách rodinných domů staly velmi populární, jsou velmi často vytápěny slunečními kolektory a svou funkci plní často jen několik měsíců v roce. Tímto způsobem lze zvýšit solární zisky a podíl solárního krytí na vytápění bez velkých investičních nákladů.



Obr. 4.10. Hydraulické zapojení solárního systému s tepelným transformátorem, varianta -K-

4.3.3. Tepelný transformátor mezi dvěma zásobníky, varianta -L-

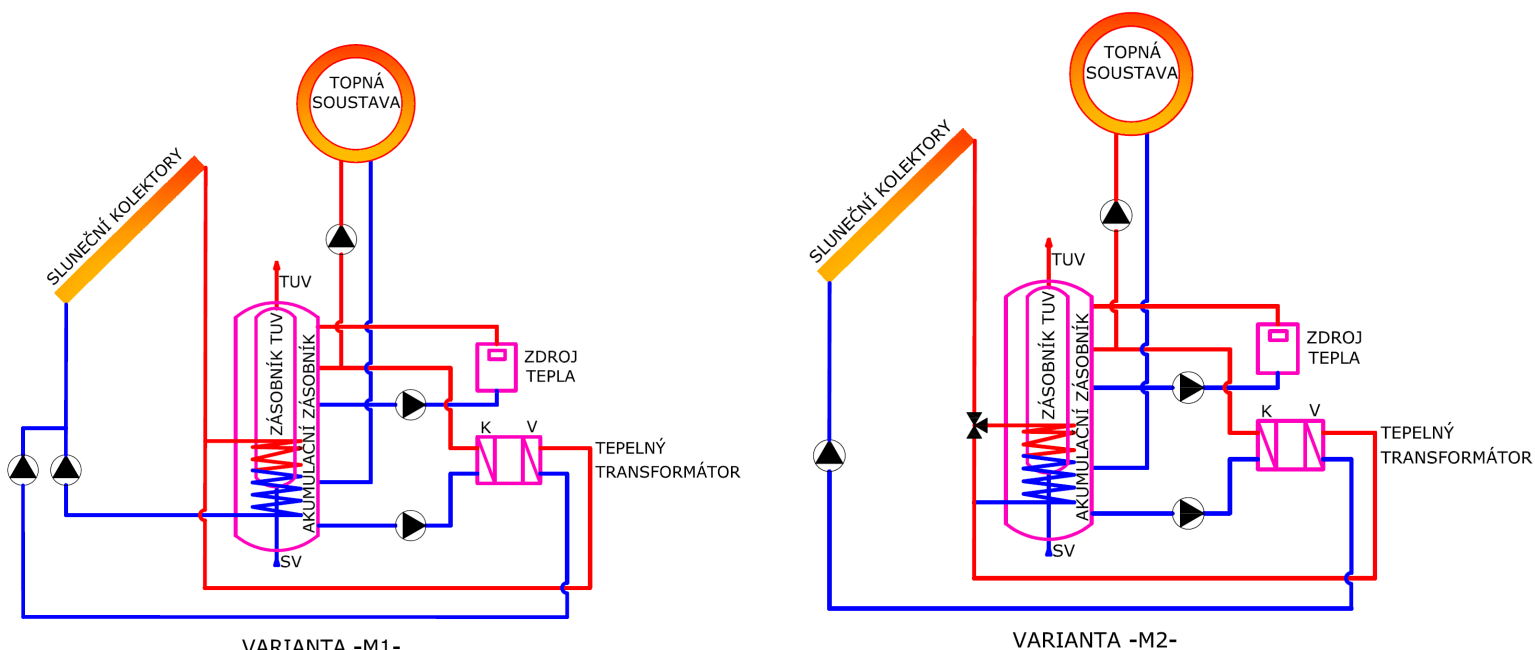
Varianta -L- se liší od varianty -K- pouze způsobem připojení tepelného transformátoru na straně primárního okruhu solárního systému. Z praktických důvodů nám toto zapojení umožňuje použít většinu stávajících bazénů, potenciálních sekundárních akumulátorů bez stavebních zásahů. Ty jsou zpravidla v zahradách již zakomponovány s výměníky pro ohřev a filtrací a lokalizovány přímo u bazénu, přičemž oběhové čerpadlo solárního ohřevu je spolu s akumulčním zásobníkem přímo v domě a lze proto snadno opatření realizovat bez nových výkopů apod. Rozdíl tohoto zapojení je také v tom, že výměníky výparníku tepelného transformátoru a sekundárního zásobníku nejsou v sérii, ale dochází k ohřevu solárního systému sekundárního zásobníku – bazénu nebo k přečerpávání tepelné energie mezi zásobníky prostřednictvím tepelného transformátoru.



Obr. 4.11. Hydraulické zapojení solárního systému s tepelným transformátorem, varianta -L-

4.3.4. Tepelné transformátory s přímým napojením na primární solární okruh, varianty -M1,M2-

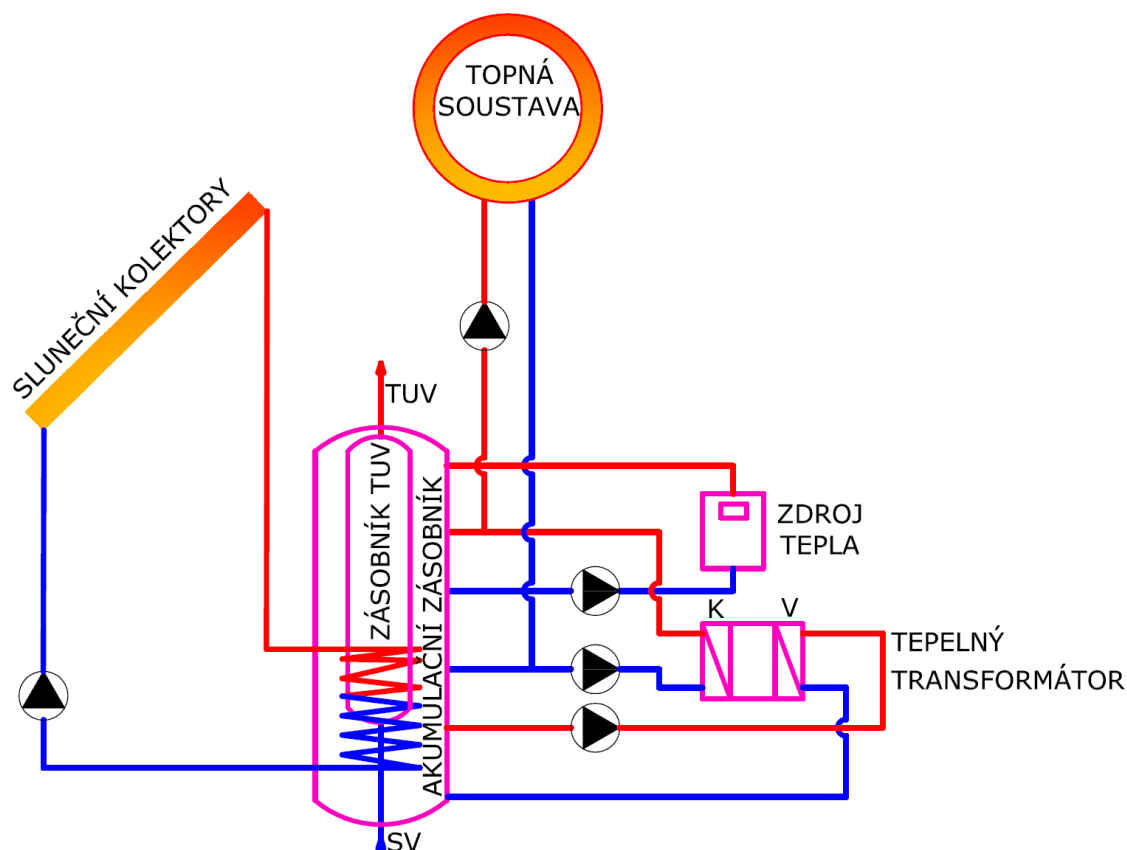
Variety M uvažují s přímou aplikací tepelných transformátorů pro zvýšení účinnosti transformace slunečního záření přímo na primárním okruhu slunečních kolektorů. Varianta -M1- představuje nabíjení nezávisle jak přímo zásobníku tak paralelně druhým čerpadlem nepřímo přes tepelný transformátor. Varianta -M2- naopak umožňuje sériové zapojení, kdy je solární teplo předáno zásobníku a pak je ještě vychlazena zpátečka do kolektorů tepelným transformátorem, anebo jsou menší solární zisky rovnou přetransformovány. Obě tyto varianty nejsou však pro současnou představu o tepelné transformaci na bázi klasického kompresorového chlazení příliš ideální. Tepelný transformátor takto pracuje v reálném čase s příliš dynamickým zdrojem bez akumulační setrvice, což není ideální řešení.



Obr. 4.12. Hydraulické zapojení solárního systému s tepelným transformátorem, varianty -M1,M2-

4.3.5. Tepelný transformátor s jedním zásobníkem a dostatkem připojovacích míst, varianta -N-

Další variantou použití tepelného transformátoru s jedinou akumulací nádrží a dostatkem připojovacích míst je možnost chladit zásobník v dolní části v blízkosti solárního výměníku. Tím natápět horní část zásobníku, odkud je odebráno teplo pro TV i topení, takto docílíme ve stejné nádrži aktivní stratifikace a vyšší akumulací schopnosti vlivem většího teplotního rozsahu akumulace. Nevýhodou zůstává požadavek na dostatek připojovacích míst do nádrže. Ideální by byla také účinná ochrana, například oddělovacími prvky, proti promíchávání v zásobníku.

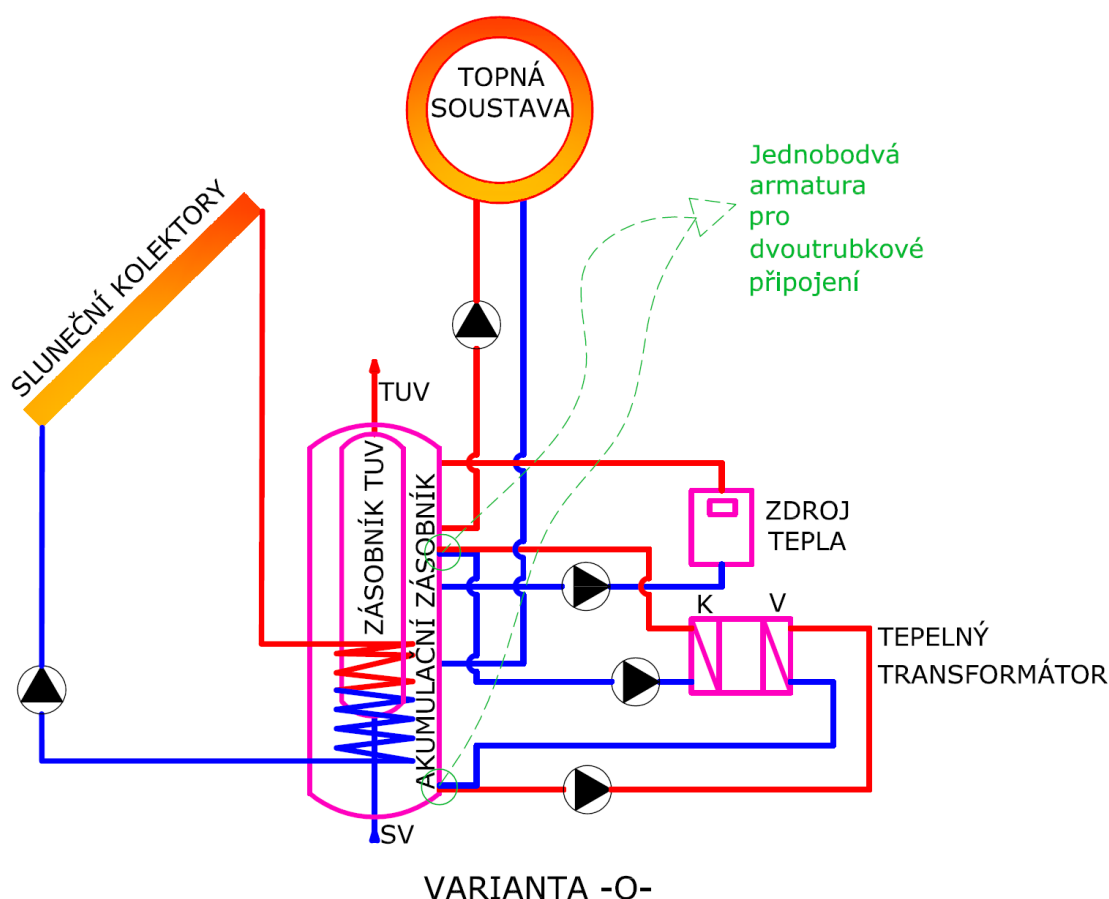


VARIANTA -N-

Obr. 4.13. Hydraulické zapojení solárního systému s tepelným transformátorem, varianta -N-

4.3.6. Tepelný transformátor s jednobodovým připojením výparníku a kondenzátoru tepelného transformátoru, varianta -O-

V případě nedostatku přípojných míst se nabízí možnost použít jednobodové připojení. Jednobodovou armaturu, jako například na obr. 4.14., která je určena pro jednostranné připojení teplovodních koupelňových topných těles. Většina akumulčních nádrží má minimálně 1" připojovací nátrubky a tento způsob by pomohl aplikovat tepelné transformátory na většinu stávajících solárních instalací pro přitápění a tím zvýšit efektivitu těchto solárních systémů.



Obr. 4.14. Hydraulické zapojení solárního systému s tepelným transformátorem, varianta -O-



Obr. 4.15. jednobodová armatura pro připojení tepelných zdrojů

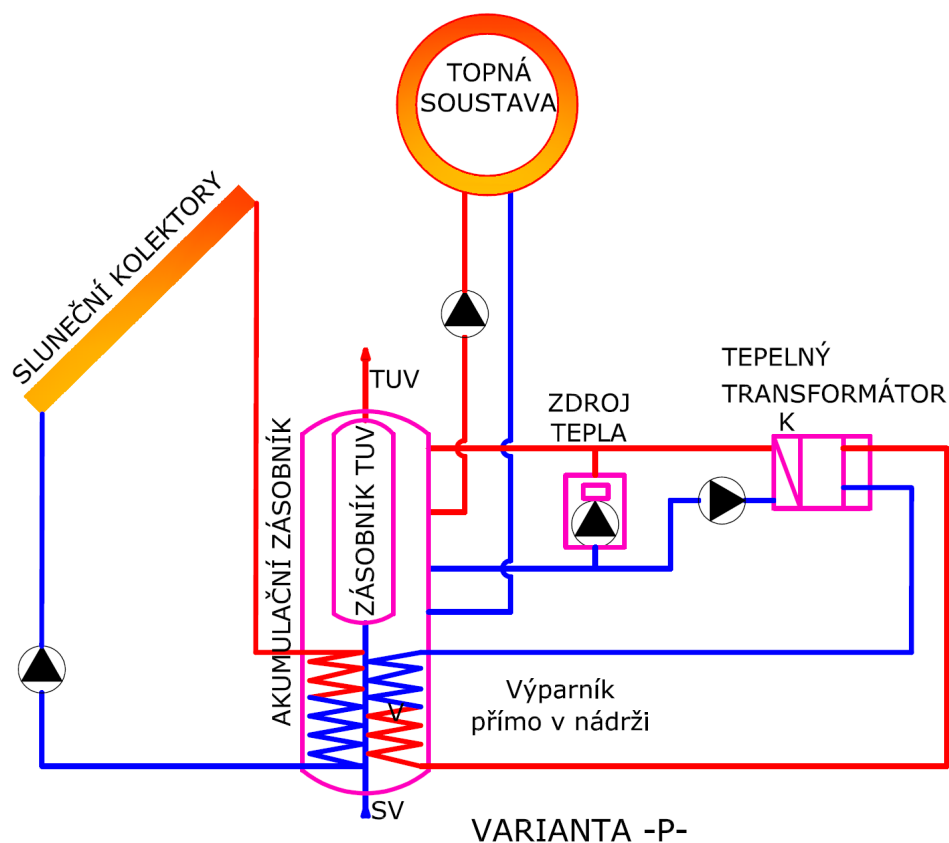
4.3.7. Tepelný transformátor s přímou integrací chladicího okruhu do nádrže, s jedním nebo oběma výměníky, varianta -P,R-

Podobně jako u tepelných čerpadel je možné použít výparník bez výměníku a integrovat přímo výparník chladicího okruhu do nádrže – varianta -P-. Druhá varianta -R- uvažuje dokonce s oběma výměníky v nádrži, jak na straně ohřevu tak i chlazení. Aby mohly být obě varianty úspěšné, a aby zejména výparník nenamrzal, bylo by žádoucí zvýšit proudění v okolí výměníků, jedním ze způsobů může být například průtokový ohřev TV u varianty -R- externím deskovým výměníkem. Ideální by bylo, aby byla konstrukce akumulčního zásobníku řešena tak, že budou výměníky chladicího okruhu TT omývány proudem jednotlivých nasávacích a výtokových nátrubků. Dále se nabízí například umístit výparník na flexibilních hadicích a nechat ho v nádrži vibrovat přidavným zařízením pro zlepšení konvekce mezi akumulční vodou a teplosměnnou plochou výměníku chladicího okruhu tepelného transformátoru. Výhodou těchto variant je zlevnění konstrukce TT a snadnější zakomponování, nejlépe přímo do sestavy k nádrži, podobně jako se k nádrži integrují výměníkové stanice pro ohřev TV nebo čerpadlové jednotky k solárním systémům viz obr. 4.17.

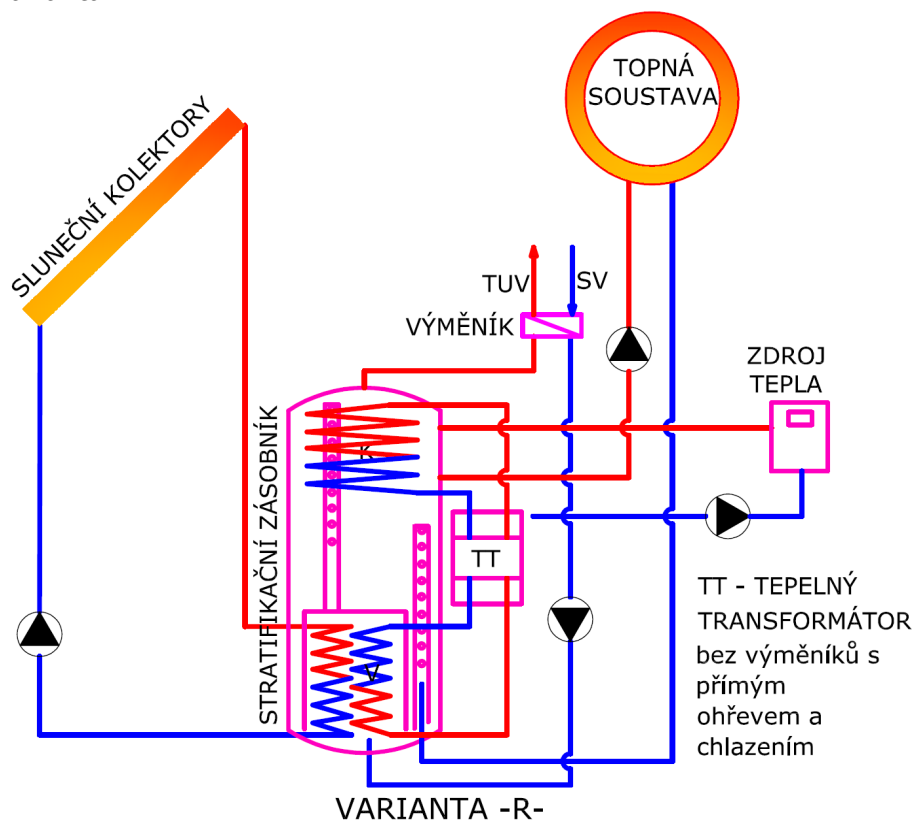
U variant s aplikací tepelného transformátoru v jedné jediné nádrži je nezbytné oddělit a bránit promíchávání oddělovacími prvky mezi dolní a horní částí, kterými se výrazně zostří stratifikační hladiny.



Obr. 4.16. Integrace tepelného transformátoru k nádrži

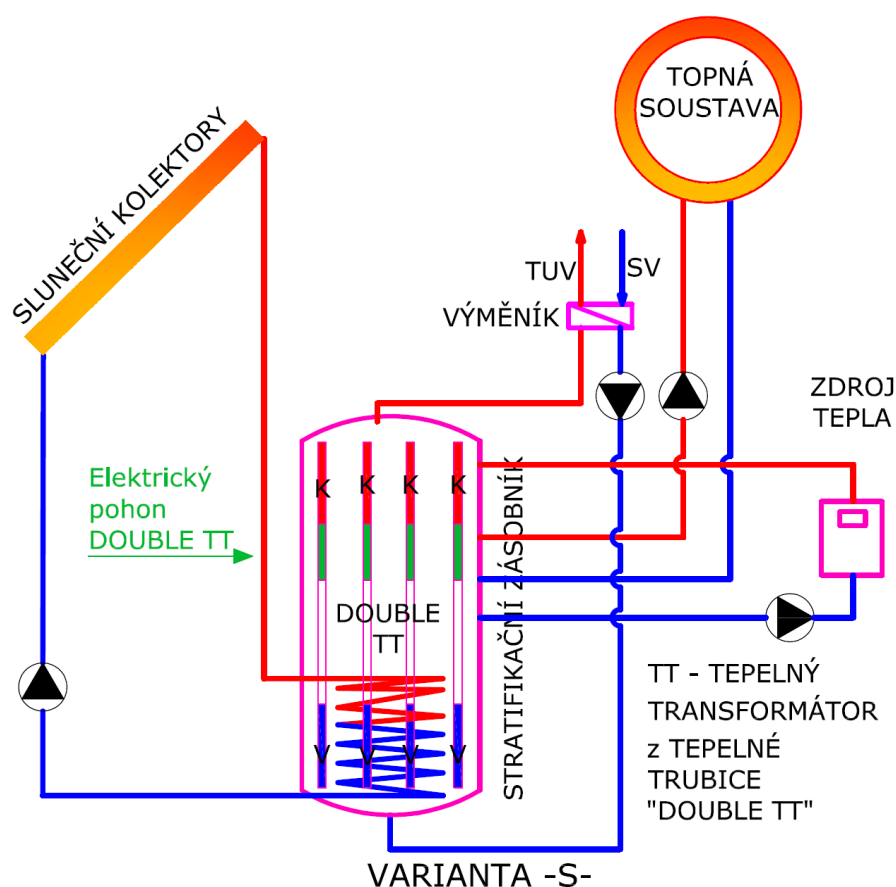


Obr. 4.17. Hydraulické zapojení solárního systému s tepelným transformátorem, varianta -P-



Obr. 4.18. Hydraulické zapojení solárního systému s tepelným transformátorem, varianta -R-

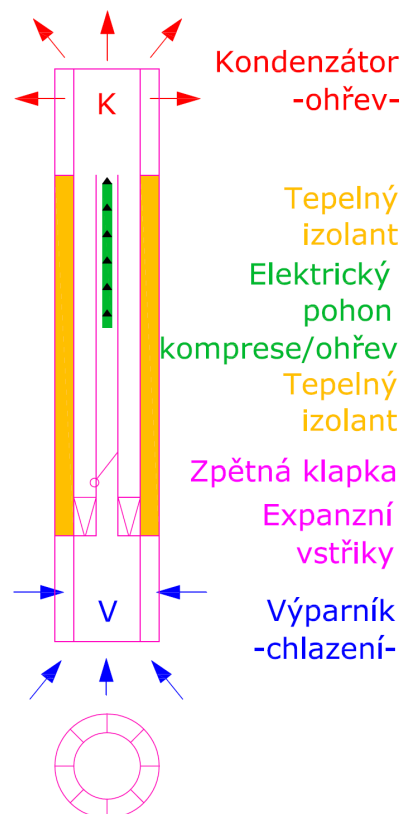
4.4. Tepelný transformátor nové generace – „Double TT“, varianta -S-



Obr. 4.19. Hydraulické zapojení solárního systému s tepelným transformátorem, varianta -S-

Na obr. 4.19. a obr. 4.20. je znázorněna varianta -S-, která zároveň představuje nové pojetí a možné konstrukční řešení experimentálního tepelného transformátoru druhé generace. Tento transformátor nepracuje s klasickým kompresorovým chladícím strojem, ale kombinuje princip tepelné trubice s kompaktním provedením chladicího prvku, vše je integrováno v jedné trubici, těmito trubicemi by pak mohly být vybaveny akumulční nádrže. Zařízení by opět pomáhalo zvyšovat stratifikaci, snižovat střední teplotu na kolektorech a zvyšovat podíl solárního krytí. Podobně jako v předchozích variantách je i zde žádoucí oddělit jednotlivé hladiny účinnými mechanickými vestavbami.

TEPELNÝ TRANSFORMÁTOR TEPELNÉ TRUBICE "DOUBLE TT"



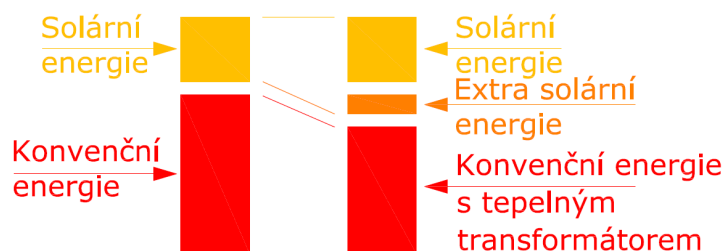
Obr. 4.20. „Double TT“

4.5. Tepelná transformace aneb perpetum mobile ?

Základní otázkou zůstává, zda má smysl uvažovat o využití „tepelného transformátoru“ v různých konstrukčních podobách, o kterých je řeč v předchozích odstavcích. Tato implementace přináší:

- nepatrné navýšení účinnosti slunečních kolektorů
- z toho pramenící navýšení solárních zisků
- další investici do aktivního prvku např. kompresorového chladicího zařízení
- provozní náklady tepelného transformátoru

Tepelný transformátor může mít větší příkon než samotné navýšení solárních zisků a přesto může být smysluplné jeho využití. Solární systém pro přitápění je převážně doplňkovým zdrojem energie a v extrémních podmínkách je zapotřebí dalšího zdroje energie pro zabezpečení tepelných potřeb, kterým je v našem případě částečně i příkon našeho tepelného transformátoru. energii, kterou spotřebuje tepelný transformátor bychom stejně museli systému dodat.



Obr. 4.21. Vliv tepelného transformátoru na změnu poměru primárních energetických zdrojů v systému

Na obr. 4.21. lze pozorovat stále stejnou energetickou potřebu standardního rozložení primárních zdrojů před a po úpravě, u které je určité množství bivalentní konvenční energie použito pro zlepšení vnějších podmínek a navýšení efektivity slunečních kolektorů a tedy i jejich zvýšeného podílu na celkové bilanci při použití tepelného transformátoru.

4.6. Energetická bilance typického RD s použitím tepelné transformace - vzorový příklad -

Pro teoretické ověření předchozích hypotéz uvažuji s roční bilancí RD s vytápěnou plochou cca 150 m² umístěném v Praze, kde máme dostatek statistických údajů. RD má tepelnou ztrátu cca 5 kW a celoroční spotřebu TV 200 litrů/den. U tohoto typického domu uvažuji s instalací solárního systému pro přitápění a v tabulce 4.01. a 4.02. vypočítávám základní toky energií bez systémových ztrát a pasivních energetických zisků. Uvažuji pouze čisté toky energií s použitím deseti klasických plochých selektivních kolektorů nebo vakuových trubcových kolektorů, orientovaných k jihu pod standardním úhlem cca 45 ° od vodorovné roviny :

Varianta -A- typické ploché kolektory se selektivní vrstvou
SK500N (Sonnenkraft)

Základní cena:	17 800,- Kč bez DPH
Účinnostní parametry kolektoru:	$C_0=0,83$, $c_1=3,494$, $c_2=0,017$
Celková plocha kolektoru:	2,57 m ²
Absorpční plocha kolektoru:	2,3 m ²
Celková uvažovaná plocha:	25,7 m ²

Varianta -B- typické ploché kolektory se selektivní vrstvou s využitím tepelné transformace na úroveň optické účinnosti

SK500N (Sonnenkraft)	
Základní cena:	17 800,- Kč bez DPH
Účinnostní parametry kolektoru:	$C_0=0,83$, $c_1=3,494$, $c_2=0,017$
Celková plocha kolektoru:	2,57 m ²
Absorpční plocha kolektoru:	2,3 m ²
Celková uvažovaná plocha:	25,7 m ²

Varianta -C- typické vakuové trubicové kolektory typu CPC

CPC 12 OEM (Ritter Solar)

Základní cena:	27 900,- Kč bez DPH
Účinnostní parametry kolektoru:	$C_0=0,661$, $c_1=0,82$, $c_2=0,001$
Celková plocha kolektoru:	$2,28 \text{ m}^2$
Absorpční plocha kolektoru:	$2,0 \text{ m}^2$
Celková uvažovaná plocha:	$22,8 \text{ m}^2$

Varianta -D- typické vakuové trubicové kolektory typu CPC s využitím tepelné transformace na úroveň optické účinnosti

CPC 12 OEM (Ritter Solar)

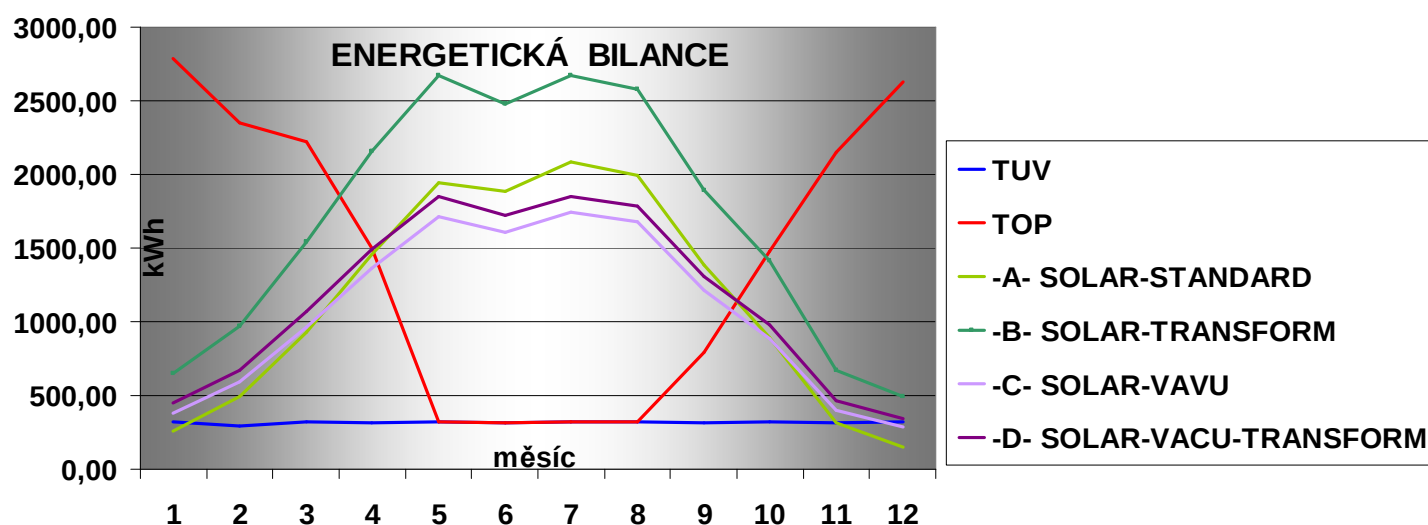
Základní cena:	27 900,- Kč bez DPH
Účinnostní parametry kolektoru:	$C_0=0,661$, $c_1=0,82$, $c_2=0,001$
Celková plocha kolektoru:	$2,28 \text{ m}^2$
Absorpční plocha kolektoru:	$2,0 \text{ m}^2$
Celková uvažovaná plocha:	$22,8 \text{ m}^2$

Ve všech variantách uvažuji s 10 ks kolektorů s absorpční plochou 23 respektive 20 m^2 , což je oproti dnešním standardům spíše naddimenzované řešení. Cílem je docílit skutečně výraznějšího solárního přínosu pro přitápění objektů v zimním období, kdy je poptávka po tepelné energii nejvyšší a zároveň máme k dispozici ty nejextrémnější vnější podmínky (minimální množství dopadajícího slunečního záření, počet hodin slunečního svitu a nízké venkovní teploty). Dnešní pojetí dimenzování hledá optimální řešení z hlediska investice a racionálního přínosu jak je patrné z obr. 3.21., kdy se hledá kompromis mezi stupněm solárního pokrytí a stupněm využití solární soustavy. Velký důraz je kladen na problém stagnačních stavů z letních přebytků a podílu ceny kolektorového pole na celkové ceně solárního systému (viz. příloha P7). V příloze P7 jsem provedl vlastní rozbor mnou instalovaných solárních systémů pro přitápění z hlediska nákladů na jednotlivé prvky, a podle typů soustav vychází podíl slunečních kolektorů včetně mechanického připevnění v rozsahu 36-49 % z celkové ceny díla, stejné výsledky lze dohledat i v literatuře např. [20]. Kolektorové pole však nemusí představovat tak výrazný podíl na celkové ceně solárního systému, pokud bude plnit i další funkce a změnit konstrukční pojetí tak jak zmiňuji v kap. 3.1.

Dnešní instalace kombinovaných fototermálních solárních systémů v RD s kolektorovou plochou $8-15 \text{ m}^2$, což je nejběžnější velikost, nemohou přinést výraznější přínos pro přitápění. V námi uvažovaném příkladu bychom s kolektorovou plochou 10 m^2 například v nejextrémnějších zimních čtyřech měsících (listopad-únor) nebyli schopni získat dostatek energie ani pro ohřev TV v absolutních číslech. Při použití kombinovaných centrálních zásobníků je sluneční energie ve skutečnosti použita částečně na přehřev TV a částečně také na přehřev zpátečky z topných soustav, pokud je topná soustava dostatečně nízkoteplotní, aby solární technologie na tuto úroveň v extrémních podmínkách vůbec dosáhla. Dnes typický instalovaný solární systém s celkovou kolektorovou plochou $10,28 \text{ m}^2$ (4 ks SK500N) a pro nás uvažující RD, bude mít takovýto podíl solárního krytí: listopad-5,9 %, prosinec-2,3 %, leden-3,7 %, únor-8,4 %. Uspokojí tato čísla někoho? Pokud odsunu problematiku letní stagnace a problém s akumulací na druhou kolej, musím především zajistit dostatečnou kolektorovou plochu, ze které mohu získat relevantní zimní solární zisky pro slušné pokrytí poptávky po tepelné energii.

V následujících tabulkách a grafech neuvažuji hledisko akumulace a další systémové ztráty, současně však také zanedbávám pasivní solární zisky RD a vlastní tepelné provozní zisky RD. Dalším zjednodušením uvažuji nejprve s využitím tepelné transformace až na úroveň optické účinnosti slunečních kolektorů, což znamená podchlazení teploty média primárního okruhu až k úrovni venkovní teploty v době slunečního svitu a relativně vysoké nároky na tepelný transformátor.

Na obr. 4.22. a v tab. 4.01. je možné sledovat mnohem větší přínos tepelné transformace u varianty -B- s plochými kolektory, které jsou choulostivější na tepelné ztráty konvekcí a zároveň mají vyšší optickou účinnost oproti vlivu tepelné transformace na vakuové trubicové kolektory u varianty -D-.



Obr. 4.22. Energetická bilance solárního systému pro všechny varianty

Standardní využití vakuových trubicových kolektorů je v extrémních podmínkách výhodnější oproti plochým kolektorům v celoroční bilanci po přepočtu na stejnou kolektorovou plochu cca o 20 %. Pokud bychom uvažovali s vyšší střední teplotou než je uvažovaná teplota (50 °C), tak by tento přínos nadále rostl. V zimní polovině roku (říjen-březen) je tento přínos v uvažovaném příkladu po přepočtu na stejnou kolektorovou plochu dokonce cca 30%-ní. Vakuové trubicové kolektory jsou však cca o polovinu dražší, jejich provozování je náročnější a jsou choulostivější z hlediska odtávání sněhové přikrývky. Jak je patrné z obr. 4.22., ploché kolektory s absolutní tepelnou transformací dosahují lepších výsledků. V letní polovině roku není nezbytné transformaci – podchlazování kolektorů využívat.

ENERGETICKÁ BILANCE		Procentuální podíl solárního krytí TV+TOP:	
ROČNÍ SPOTŘEBA TV	3 819,7 [kWh/rok]		
ROČNÍ SPOTŘEBA TOP	13 361,1 [kWh/rok]		
ROČNÍ SPOTŘEBA TV +TOP	17 180,9 [kWh/rok]		
VARIANTA -A- ploché kolektory			
SOLÁRNÍ ZISK STANDARDNÍHO SYSTÉMU TEOR.	13 805,7 [kWh/rok]		80,4%
SOLÁRNÍ ZISK STANDARDNÍ VYUŽITELNÝ	6 578,7 [kWh/rok]		38,3%
VARIANTA -B- ploché kolektory s transformací			
	navýšení efektivity:		1,4x
SOLÁRNÍ ZISK SYSTÉMU S TRANSFORMÁTOREM TEOR.	20 197,2 [kWh/rok]		117,6%
SOLÁRNÍ ZISK TRANSFORMOVANÝ VYUŽITELNÝ	9 321,1 [kWh/rok]		54,3%
VARIANTA -C- vakuové trubicové kolektory			
SOLÁRNÍ ZISK STANDARDNÍHO SYSTÉMU TEOR.	12 829,1 [kWh/rok]		74,7%
SOLÁRNÍ ZISK STANDARDNÍ VYUŽITELNÝ	6 944,8 [kWh/rok]		40,4%
VARIANTA -D- vakuové trubicové kolektory s transformací			
	navýšení efektivity:		1,1x
SOLÁRNÍ ZISK SYSTÉMU S TRANSFORMÁTOREM TEOR.	13 986,8 [kWh/rok]		81,4%
SOLÁRNÍ ZISK TRANSFORMOVANÝ VYUŽITELNÝ	7 550,2 [kWh/rok]		43,9%

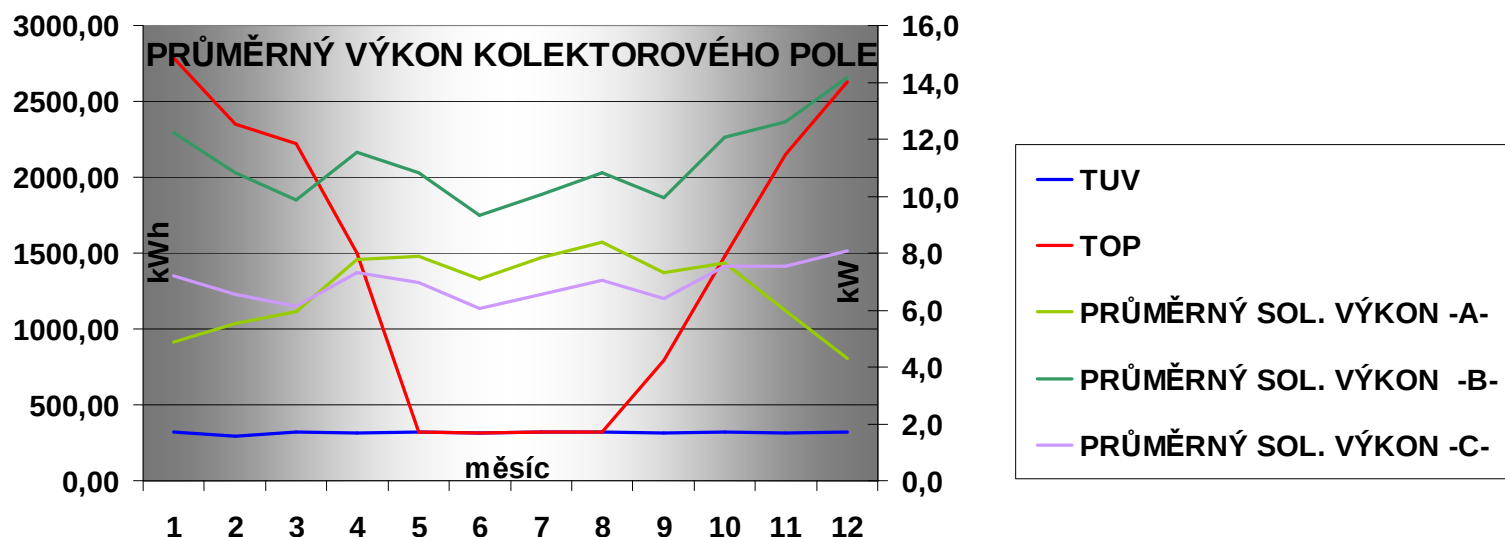
Tab. 4.01. Sumarizace podílů solárních zisků v uvažovaném vzorovém příkladu v kap. 4.6.

MĚSÍC			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DNY V MĚSÍCI			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
50° NA JIH ZÁŘENÍ STATISTIKA PRAHA		[kWh/(m².měs)]	34	51	81	113	140	130	140	135	99	74	35	26
HORIZONTÁLNÍ ZÁŘENÍ STATISTIKA PRAHA		[kWh/(m².měs)]	21,8	38,3	70,6	110,2	150	147	153	136	86	54,6	22,3	16
VERTIKÁLNÍ ZÁŘENÍ STATISTIKA PRAHA		[kWh/(m².měs)]	31,0	43,0	63,0	76,0	86,0	76,0	82,0	87,0	73,0	62,0	32,0	24,0
Střední intenzita sl. záření IST 45°	IST	[W/m²]	412	490	558	580	600	590	600	580	558	490	412	344
STŘEDNÍ MĚSÍČNÍ TEPLOTA	TSM	[°C]	-1,5	0	3,2	8,8	13,6	17,3	19,2	18,6	14,9	9,4	3,2	-0,2
STŘEDNÍ MĚSÍČNÍ TEPLOTA V DOB. SL. SVITU	TSMS	[°C]	2,2	3,4	6,5	12,1	16,6	20,6	22,5	22,6	19,4	13,8	7,3	3,5
STŘEDNÍ TEPELNÝ VÝKON potřebný pro vytápění	QCS	[kW]	3,31	3,06	2,55	1,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	1,55	2,55	3,10
POTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ	QVM	[kWh/měs]	2459	2059	1895	1184	0,00	0,00	0,00	0,00	476	1152	1834	2303
TV ZA MĚSÍC	QTV	[kWh/měs]	324	293	324	314	324	314	324	324	314	324	314	324
TV+TOP ZA MĚSÍC	QVT	[kWh/měs]	2783	2352	2220	1498	324	314	324	324	790	1476	2148	2627
TÝDENÍ AKUMULACE TOP+TV		[kWh/týden]	642	543	512	346	74,9	72,5	74,9	74,9	182	341	496	606
TÝDENÍ AKUMULACE PŘI ROZDÍLU TEPLOT 30°C		[m³/týden]	18,4	15,6	14,7	9,91	2,15	2,08	2,15	2,15	5,23	9,76	14,2	17,4
STŘEDNÍ TEPLOTA NA KOLEKTORU	TK	[°C]	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
VARIANTA -A- a VARIANTA -B- s kolektorem -SK500N- v počtu 10 ks														
REDUKOVANÁ TEPLOTA	X	[-]	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,10	0,14
účinnost(x) = Co - C1X - C2GkX²	UK	[-]	0,33	0,42	0,50	0,56	0,60	0,63	0,65	0,64	0,61	0,53	0,39	0,25
SOLÁRNÍ ZISK STANDARDNÍHO SYSTÉMU TEOR.	SZST	[kWh/měsíc]	258	495	931	1454	1945	1887	2088	1996	1389	896	316	150
SOLÁRNÍ ZISK SYSTÉMU S TRANSFORMÁTOREM TEOR.	SZTT	[kWh/měsíc]	649	974	1546	2157	2673	2482	2673	2577	1890	1413	668	496
SOLÁRNÍ ZISK STANDARDNÍ VYUŽITELNÝ	SZSV	[kWh]	258	495	931	1454	324	314	324	324	790	896	316	150
SOLÁRNÍ ZISK TRANSFORMOVANÝ VYUŽITELNÝ	SZTV	[kWh]	649	974	1546	1498	324	314	324	324	790	1412	668	496
SOLÁRNÍ PODÍL NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEVU TV - STANDARD		[%]	9%	21%	42%	97%	100%	100%	100%	100%	100%	61%	15%	6%
SOLÁRNÍ PODÍL NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEVU TV - TRANSFORM		[%]	23%	41%	70%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	96%	31%	19%
VARIANTA -C- a VARIANTA -D- s kolektorem -CPC12 OEM- v počtu 10 ks														
REDUKOVANÁ TEPLOTA	X	[-]	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,10	0,14
účinnost(x) = Co - C1X - C2ISTX²	UK	[-]	0,56	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,62	0,62	0,61	0,60	0,57	0,54
SOLÁRNÍ ZISK STANDARDNÍHO SYSTÉMU TEOR.	SZST	[kWh/měsíc]	381	590	962	1367	1718	1609	1742	1677	1216	885	400	283
SOLÁRNÍ ZISK SYSTÉMU S TRANSFORMÁTOREM TEOR.	SZTT	[kWh/měsíc]	450	674	1071	1494	1851	1719	1851	1785	1309	978	466	344
SOLÁRNÍ ZISK STANDARDNÍ VYUŽITELNÝ	SZSV	[kWh]	381	590	962	1367	325	314	324	324	790	885	400	283
SOLÁRNÍ ZISK TRANSFORMOVANÝ VYUŽITELNÝ	SZTV	[kWh]	449	674	1071	1494	324	314	324	324	790	978	463	344
SOLÁRNÍ PODÍL NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEVU TV - STANDARD		[%]	14%	25%	43%	91%	100%	100%	100%	100%	100%	60%	19%	11%
SOLÁRNÍ PODÍL NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEVU TV - TRANSFORM		[%]	16%	29%	48%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	66%	22%	13%

Tab. 4.02. Toky energií a výpočet solárních zisků jednotlivých variant v průběhu ročního cyklu podle uvažovaného příkladu v kapitole 4.6.

V tabulkách 4.01. 4.02. jsou vyčísleny teoretické solární zisky bez ohledu na poptávku, tedy veškerý solární potenciál i v letní polovině roku, který bez speciálních aplikací (sezónní akumulace, chlazení, další formy transformace) nelze využít. Dále jsou v tabulkách solární zisky využitelné, opět však pouze za předpokladu dokonalé akumulace a solární zisky s uvažovaným dokonalým využitím tepelné transformace.

Obr. 4.23. Průměrné výkony kolektorových polí



Na obrázku 4.23. jsou znázorněny vedle spotřeby energie na ohřev TV a přitápění průměrné měsíční výkony kolektorových polí pro jednotlivé varianty z kap. 4.6.. Tyto výkony vycházejí z celkové solární produkce definovaných variant solárních systémů vztahujících se k počtu hodin slunečního svitu v dané lokalitě a měsíci. Z obrázku je patrné jak si vedou zejména ploché kolektory s tepelným transformátorem (varianta -B-), na rozdíl od standardního využití plochých kolektorů (varianta -A-) a vakuových trubcových kolektorů bez transformace (varianta -C-). U plochých kolektorů s tepelným transformátorem (varianta -B-) se dostáváme na srovnatelnou tendenci poptávky a výkonu solárního systému. Z vyrovnaného výkonu vakuových trubcových kolektorů (varianta -C-) bez transformace je patrné jak se tato technologie hodí pro solární systémy s přitápěním. Tyto kolektory mají velmi tvrdou charakteristiku účinnosti a horší optickou účinnost, další výhodou je jejich pozitivní vliv faktoru úhlu dopadu v porovnání s plochými kolektory, pokud jsou správně orientovány a nejsou v zimní polovině roku pod sněhovou přikrývkou.

4.7. Dimenzování a způsob řízení tepelné transformace

Pokud bychom uvažovali se systémovým řešením ověřeným experimentálně v kapitole 5.5. a schématem na obr. 5.10., nebo i jiným podle vzorů na obrázcích 4.9.-14. a 4.17.-19., je třeba vedle konstrukčního řešení samotné technologie a způsobu zapojení nutné řešit dvě základní otázky:

- **dimenzování tepelného transformátoru**
- **způsob řízení tepelného transformátoru**

4.7.1. Dimenzování tepelných transformátorů

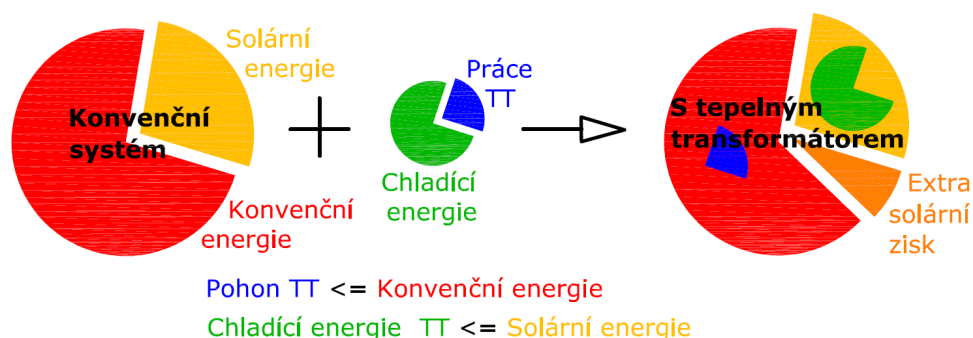
V kapitole 5.5. jsem pro experimentální ověření hypotézy o využití tepelného transformátoru použil chladicí zařízení viz. příloha P3. V zásadě je nezbytné posuzovat potenciál solárního pole v extrémních podmínkách, chladicí výkon tepelného transformátoru, příkon tepelného transformátoru, nezbytný požadovaný topný výkon a akumulační kapacitu tepla a chladu. V zásadě lze rozlišovat dva základní přístupy aplikování tepelného transformátoru, které jsou znázorněny na obrázcích. 4.02.-B,C-.

V prvním případě (obr. 4.02.-B-) tepelný transformátor respektive tepelné čerpadlo využívá jako primární zdroj energie další prostředí a jeho výkon je dimenzován podle požadavků a tepelné ztráty domu, chladicí výkon pak zpravidla přesahuje úroveň solárních zisků v extrémních podmínkách. Ve druhém případě (obr. 4.02.-C-) je obtížné zajistit zařízení s optimálním chladicím výkonem, protože se solární zisky využitelné k požadované transformaci značně liší v extrémních podmínkách. Chladicí práce může proto přesahovat kapacitu solárního systému v určitém časovém období a podmínka vyplývající ze vztahu (26) pak nemusí platit.

$P_{PŘ}$	[kW]	příkon tepelného transformátoru (tepelného čerpadla)
P_{KZ}	[kW]	výkon konvenčního zdroje energie
P_{CH}	[kW]	chladicí výkon tepelného transformátoru (tepelného čerpadla)
P_{SS}	[kW]	aktuální výkon solárního systému
P_{TT}	[kW]	výkon tepelného transformátoru (tepelného čerpadla)
A_{SS}	[m ²]	kolektorová plocha
V_{SS}	[m ³]	akumulační kapacita zásobníků tepla
P_{TOP+TV}	[kW]	požadovaný topný výkon pro zajištění vytápění a ohřevu TV

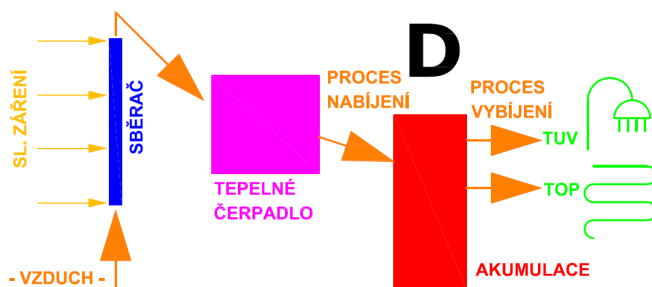
$$\int P_{PŘ} \cdot d\tau \leq \int P_{KZ} \cdot d\tau \quad (25) \quad \int P_{CH} \cdot d\tau \leq \int P_{SS}(G, x, \tau) \cdot d\tau \quad (26)$$

$$P_{TT} = P_{CH} + P_{PŘ} \quad (27) \quad P_{TT} = f(A_{SS}, V_{SS}, P_{TOP+TV}) \quad (28)$$



Obr. 4.24. Základní bilanční vztahy mezi toky energie při využití tepelné transformace

Vztahy (25-28) a obr. 4.24. vyjadřují základní podmínky pro dimenzování tepelných transformátorů, zejména při použití tepelného transformátoru autonomně bez dalšího zdroje energie podle obr. 4.02.-C-. Jak tedy volit požadovaný výkon tepelného transformátoru (tepelného čerpadla)? Odpověď budeme znát až po dalších experimentálních zkušenostech. Dosavadní zjištění ovšem ukazují na fakt, že zařízení klasické konstrukce (tepelné čerpadlo) bude často nevyužité a jeho možnost pracovat s další disipovanou energií z přírody bude nevyužita. Proto se nabízí další technické řešení naznačené na obr. 4.25., které kombinuje tepelné čerpadlo vzduch/voda se vzduchovými slunečními kolektory, čímž se eliminují nevýhody řešení z obr. 4.02.-B,C-.



Obr. 4.25. Kombinovaný systém vzduchových sl. kolektorů s TČ vzduch/voda

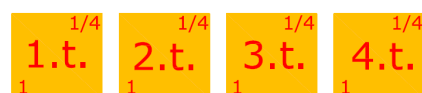
Řešení z obr. 4.25. by bylo dobré dimenzovat tak, aby výkon tepelného transformátoru a kapacita akumulace systému umožňovaly využití zařízení pouze 8 hodin denně v době s maximálními solárními zisky pro zabezpečení celkového množství tepelné energie. Tím by docházelo k maximálnímu využití solárního potenciálu. Trojnásobně dimenzovaný výkon tepelného čerpadla ($3 \times 8 = 24$ hodin) by pak znamenal příkon odpovídající zjednodušeně výkonu potřebného pro přímotopné elektrické vytápění a vyšší investici do technologie, proto bude optimální dimenze určitým kompromisem a bude také záviset na velikosti a efektivitě solárního vzduchového kolektorového pole.

Zařízení by navíc eliminovalo problémy se stagnačními stavy díky použitému médiu a možnosti odvětrání kolektorového pole. Dále by fasádní vzduchový kolektor snižoval nároky na pohon ventilátorů výparníků tepelných čerpadel vzduch/voda. Vlastní samovolné proudění zejména u fasádních slunečních kolektorů v letních měsících by se dalo navíc využít pro pasivní chlazení budov. Veškeré současné vzduchové sluneční kolektory nejsou svou účinností a konstrukcí na úrovni kapalinových slunečních kolektorů, nehledě na možnosti optimalizací popsanych v kapitole 3. Tento fakt znamená značný prostor pro efektivní a novodobé solární aplikace pro vytápění budov včetně přímého vytápění bez použití tepelných čerpadel.

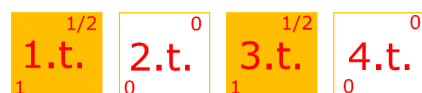
Pokud se vrátíme k původnímu pojetí z obr. 4.02. –B- bude dimenzování vycházet z klasického přístupu pro dimenzování tepelných čerpadel a podmínky ve vztazích (25,26) nemusí platit. Solární systém bude pouze doplňkovým zdrojem a tepelné čerpadlo je možné vždy využít pro jeho maximální zefektivnění.

Budeme-li vycházet z konceptu na obr. 4.02. –C-, z podmínek vyplývajících ze vztahů (25,26), musíme také vycházet z pravděpodobnostních a statistických slunečních podmínek dané lokality a potenciálu akumulační kapacity chladu, respektive tepla konkrétního systému. V zásadě bych doporučoval dimenzovat tepelný transformátor pro autonomní použití solárního systému tak, aby byl schopný přetransformovat veškeré teoretické množství generovatelné energie konkrétním solárním systémem na počátku či na konci topného období a tím maximalizovat solární zisky. Investice do tepelného transformátoru není a nebude v zásadě přímo úměrná výkonu zařízení, což je důležitým argumentem pro dimenzování, zároveň však nemá smysl aplikovat zařízení a nedodržet podmínku (25). Pokud bude poptávka po dodatkové tepelné energii nižší než je příkon tepelného transformátoru, nemá smysl jej využívat a zvyšovat účinnost slunečních kolektorů za každou cenu v danou dobu nebo časovém úseku. Ideální by bylo umět řídit výkon či příkon tepelného transformátoru podle požadavků a solární nabídky.

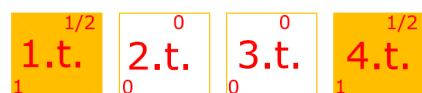
Na obrázku 4.26. lze vidět možnosti rozložení měsíčního množství dopadajícího záření v jednotlivých týdnech konkrétního měsíce, ve kterém se vyskytují čtyři týdny (respektive $52/12 = 4,3333$ týdne). Pro dimenzování soustav, akumulace a tepelného transformátoru je nezbytné počítat se všemi možnými variantami, ke kterým může dojít. První z nich idealizuje rovnoměrné rozložení a kvalitu slunečního záření v průběhu měsíce do čtyřech ucelených period - týdnů.



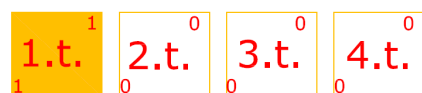
rovnoměrné týdenní rozložení
měsíční solární energie



rovnoměrné čtrnáctidenní rozložení
měsíční solární energie



nerovnoměrné čtrnáctidenní
rozložení měsíční solární energie



nepravděpodobné rozložení měsíční
solární energie v jednotlivých týdnech



nepravděpodobné rozložení měsíční
solární energie v jednotlivých týdnech

Obr. 4.26. Pravděpodobné rozložení
slunečního záření v jednotlivých týdnech
měsíce

Poslední varianta naznačuje nejhorší možnou variantu, ke které může teoreticky dojít, ale statisticky nikoli. Například v říjnu vychází pro Prahu maximální teoretické zisky na cca osm dní vůči měsíčním statistickým průměrům. Během osmi říjnových teoretických „super“ slunečních dnů lze vyčerpávat veškeré solární zisky vztažené k dlouhodobým měsíčním průměrům. V tomto extrémním případě by pak následovalo dvacet tři dnů temna, což je velmi málo pravděpodobné. Pochopitelně mohou vycházet zejména z roční stabilní bilance. Může se vyskytovat v průběhu zimní poloviny roku například velmi špatný říjen, ale zpravidla bude vykompenzován v ohledu na sluneční energii nadprůměrným únorem apod.

Pro náš vzorový případ z kapitoly 4.6. a tabulky 4.02. vyplývá pro říjen, že nám může solární systém u varianty –A- vyprodukovat teoreticky až 104 kWh/den, což při teoretickém počtu hodin slunečního svitu 10,12 hodin v říjnu představuje průměrný výkon 10,27 kW. Pokud bychom tedy chtěli veškeré teoretické špičky sluneční energie přetransformovat, museli bychom aplikovat tepelný transformátor o chladícím výkonu 10 kW, což je jednoznačně nesmyslné vzhledem k výpočtovým tepelným ztrátám uvažovaného domu 5 kW. Pro průměrné měsíční hodnoty v říjnu a daný vzorový příklad pak klesne hodnota chladícího výkonu na 2,47 kW, což představuje výkon $P_{TT}=3,7$ kW, opět bude takovéto výkonné zařízení užitečné zároveň podle schématu na obr. 4.02.-B-. Zkušenosti s experimentálním zařízením naznačují že bude pro podobný případ dostatečné zařízení i o menším výkonu pokud bude standardní řešení pro dané tepelné ztráty využívat kolektorovou plochu řádově poloviční.

Jakékoli méně výkonné zařízení nezajistí jistotu skutečného zefektivnění účinnosti slunečních kolektorů k hranici optické účinnosti. Z těchto úvah vyplývá také logika menších kolektorových ploch a faktického předimenzování kolektorové plochy ve vzorovém příkladu z kapitoly 4.6.

V tab. 4.03. (řádek e), kde pro nejméně příznivý leden a naše podmínky vychází 21 dní „temna“ bez solárních zisků ve statisticky průměrném roce, tedy tři týdny bez solárních zisků jak plyne také z předchozích úvah a obr. 4.26.

K nehorší možné variantě rozložení solárních zisků lze dojít tak, že víme kolik maximální solární energie lze v dané lokalitě na dané ploše teoreticky očekávat za den a tímto množstvím podělíme statisticky ověřené skutečné měsíční množství slunečního záření na stejné ploše v dané lokalitě. Z toho plyne maximální počet dní s ideálními podmínkami bez oblačnosti v dané lokalitě a maximální počet dní takřka bez slunečního svitu.

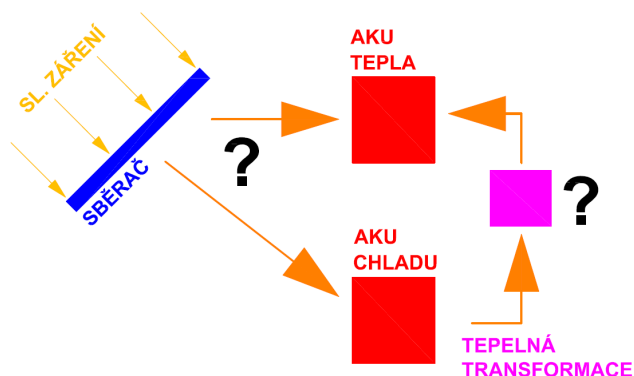
MĚSÍC		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Qsden teor	[kWh/m ²]	3,4	5,0	6,7	8,1	9,4	9,6	9,4	8,1	6,7	5,0	3,4	2,7
50°NA JIH ZÁŘENÍ STATISTIKA PRAHA	[kWh/(m ² .měsíc)]	34	51	81	113	140	130	140	135	99	74	35	26
TÝDENNÍ AKUM. VYUŽ. SOL. ZISKŮ PRO VAR. -B-	[kWh/týden]	150	225	357	346	75	72	75	75	182	326	154	115
TÝDENNÍ AKUM. SOL. ZISKŮ PRO VAR. -B- PŘI ΔT=30°C	[m ³ /týden]	4,3	6,4	10,2	9,9	2,2	2,1	2,2	2,2	5,2	9,4	4,4	3,28
MAXIMÁLNÍ TEORETICKÁ SOLÁRNÍ DÍRA BEZ SL. ENERGIE	[dny/měsíc]	21	17,7	18,9	16	16,1	16,5	16,1	14,3	15,2	16,1	19,7	21,4
MAXIMÁLNÍ SOLÁRNÍ PŘÍNOS V NEJKRATŠÍM MOŽNÉM ČASE	[dny/měsíc]	10	10,3	12,1	14	14,9	13,5	14,9	16,7	14,8	14,9	10,3	9,6
MAX. SOL. PŘÍNOS V NEJKRATŠÍM MOŽNÉM ČASE VAR.-B-	[kWh/den]	44,9	65,6	88,6	106,6	21,8	23,3	21,8	19,4	53,5	65,6	44,9	35,7
PRŮMĚRNÁ SPOTŘEBA TV+TOP ZA DEN	[kWh/den]	89,8	84	71,6	49,9	10,5	10,5	10,5	10,5	26,3	47,6	71,6	84,8
MAX. SOL. PŘEBÝTKY PŘI MAXIMÁLNÍCH ZISCÍCH	[kWh/měsíc]	0	0	205	794	169	173	169	149	401	268	0	0
DENNÍ AKU. MAX. SOLÁRNÍHO ZISKU VAR. -B- PŘI ΔT=30°C	[m ³ /den]	1,29	1,88	2,54	3,05	0,63	0,67	0,63	0,56	1,53	1,88	1,29	1,02
AKUMULACE PŘEBÝTKU VAR. -B- PŘI ΔT=30°C	[m ³ /měsíc]	0	0	5,88	22,76	4,84	4,95	4,84	4,28	11,5	7,68	0	0

Tab. 4.03. Rozložení důležitých parametrů soustavy v průběhu roku

4.7.2. Způsob řízení tepelných transformátorů

Kdy tepelný transformátor spouštět, případně na jaký výkon, bude záviset na velikosti kolektorového pole, chladícím výkonu tepelného transformátoru, kapacitě akumulace tepla a chladu a samotném řešení celého systému.

Jak je vidět na obr. 4.27. v zásadě je nezbytné určit zda dáme přednost nižším absolutním solárním ziskům s vyšší získanou teplotou a kvalitou energie a nebo dáme přednost vyšším solárním ziskům, díky tepelnému transformátoru, za cenu nižší kvality tepelné energie. Solární systém může nabíjet například dvě hladiny jedné nádrže nebo dva samostatné zásobníky. Na řízení lze aplikovat klasické dvou výstupové diferenciální regulátory s nastavitelnou prioritou, tak jak se dnes běžně využívají. Jedinou odlišností je fakt, že nižší priorita akumulátoru chladu je zde také využívána pro vytápění a ohřev TV díky tepelné transformaci a priorita je pak zavádějící. Pokud je v daný okamžik požadavek po tepelné energii z konvenčního zdroje a není dostatek solárního tepla má smysl zapojit tepelný transformátor s předností před konvenčním zdrojem a vychlazovat akumulátor chladu až na minimální hodnoty omezené použitým médiem a možností zamrznutí. V tomto případě má zároveň význam změnit prioritu solárního ohřevu, protože s akumulátorem chladu bude solární systém pracovat s mnohem vyšší účinností.



Obr. 4.27. Řízení tepelné transformace a způsobu nabíjení solárním systémem

Vazby mezi těmito rozhodnutími lze rozšířit o predikci počasí s předpokládanými solárními zisky ze slunečních kolektorů a předpokladem spotřeby tepelné energie, která vychází z týdenního a denního režimu spojeného s venkovní teplotou a chováním uživatele.

Problematické otázky

Úvaha o zvýšené účinnosti přeměny slunečního záření na teplo pomocí podchlazování kapaliny vstupující do slunečního kolektoru bude bezesporu platná do teploty rosného bodu. U otevřených atmosférických plochých kolektorů může docházet ke kondenzaci vodních par na absorbéru a skle nebo případnému namrzání. Další otázkou bude chování současných selektivních povrchů při nízkých teplotách.

4.8. Ekonomické hodnocení tepelné transformace

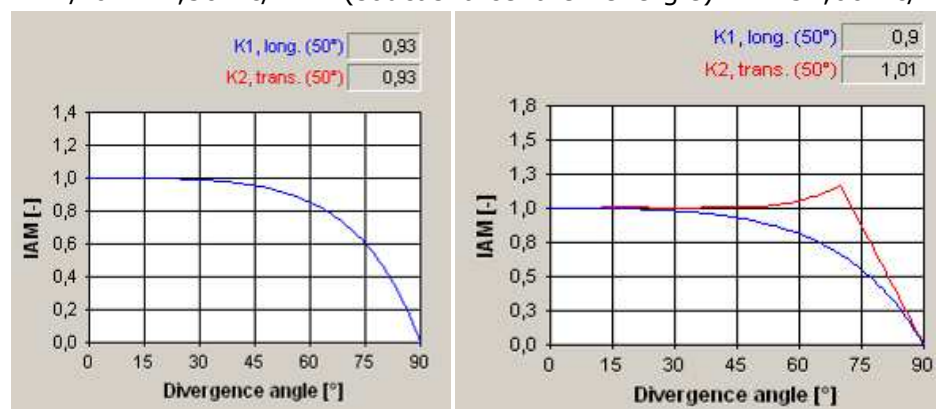
V zásadě musí investice do tepelného transformátoru přinést tížený efekt a jak plyne z tab. 4.01. je možné teoreticky získat, porovnáním využitelných solárních zisků varianty -A- a varianty -B- s tepelnou transformací, zvýšenou výtěžnost 2743 kWh/rok x 2,50 Kč/kWh (současná cena el. energie)= 6 857,50 Kč/rok

Roky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AKTUÁLNÍ CENA ENERGIE [Kč/kWh] s 5% ročním nárůstem cen	2,50	2,63	2,76	2,89	3,04	3,19	3,35	3,52	3,69	3,88
ROČNÍ ÚSPORA [Kč/rok]	6 858	7 200	7 560	7 938	8 335	8 752	9 190	9 649	10 132	10 638,23
KUMULOVANÁ ÚSPORA [suma Kč]	6 858	14 058	21 618	29 557	37 892	46 644	55 834	65 483	75 615	86 252,90
AKTUÁLNÍ CENA ENERGIE [Kč/kWh] s 11,5% ročním nárůstem cen	2,50	2,79	3,11	3,47	3,86	4,31	4,80	5,36	5,97	6,66
ROČNÍ ÚSPORA [Kč/rok]	6 858	7 646	8 525	9 506	10 599	11 818	13 177	14 692	16 382	18 266
KUMULOVANÁ ÚSPORA [suma Kč]	6 858	14 504	23 029	32 535	43 134	54 952	68 129	82 821	99 203	117 469

Tab. 4.04. Maximální teoretické finanční přínosy instalace tepelného transformátoru ze vzorového příkladu z kapitoly 4.6.

Červeně označené řádky vyjadřují, kolik by musel tepelný transformátor stát pro odpovídající návratnost vložené investice při různých nárůstech cen konvenční energie. Tepelný transformátor TT 01 [příloha P3] navržený pro prvotní experiment popsany v kap. 5.5.1. stál 45 000,- Kč. Nutno ovšem podotknout, že úspory plynoucí z výpočtů v tab. 4.02. a 4.04. vycházejí z předpokladů dokonalého podchlazení slunečních kolektorů na úroveň optické účinnosti, což nelze zcela předpokládat.

Podobně lze porovnat variantu -B- s variantou -C- s použitím vakuových trubicových kolektorů, u kterých je investice do sl. kolektorů v našem vzorovém případě o 101 000,- Kč vyšší a využitelné solární zisky má varianta -B- (viz. tab. 4.01.) oproti variantě -C- stále vyšší o 2376,3 kWh/rok. V tomto případě je však nezbytné počítat s odlišným faktorem úhlu dopadu IAM (obr. 4.28.) a menší závislostí vakuových trubicových kolektorů na střední teplotě na kolektoru, tyto faktory hovoří ve prospěch varianty -C- proto výsledný efekt varianty -B- snižují o 20 %, tedy na roční efekt 1901 kWh/rok x 2,50 Kč/kWh (současná cena el. energie) = 4 752,60 Kč/rok.



Obr. 4.28. Modifikátor úhlu dopadu plochého sl. kolektoru SK500N a vakuového trubicového sl. kolektoru CPC120EM

Roky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AKTUÁLNÍ CENA ENERGIE [Kč/kWh] s 5% ročním nárůstem cen	2,50	2,63	2,76	2,89	3,04	3,19	3,35	3,52	3,69	3,88
ROČNÍ ÚSPORA [Kč/rok]	4 753	4 990	5 240	5 502	5 777	6 066	6 369	6 687	7 022	7 373
KUMULOVANÁ ÚSPORA [suma Kč]	4 753	9 743	14 982	20 484	26 261	32 326	38 695	45 382	52 404	59 776
AKTUÁLNÍ CENA ENERGIE [Kč/kWh] s 11,5% ročním nárůstem cen	2,50	2,79	3,11	3,47	3,86	4,31	4,80	5,36	5,97	6,66
ROČNÍ ÚSPORA [Kč/rok]	4 753	5 299	5 908	6 588	7 346	8 190	9 132	10 182	11 353	12 659
KUMULOVANÁ ÚSPORA [suma Kč]	4 753	10 052	15 960	22 548	29 893	38 084	47 216	57 398	68 751	81 410
ÚSPORA NA INVESTICI ZÚROČENÁ 5 %	101 00	106 050	111 353	116 920	122 766	128 904	135 350	142 117	149 223	156 684

Tab. 4.05. Maximální teoretické finanční přínosy instalace tepelného transformátoru ze vzorového příkladu z kapitoly 4.6.

Jak je patrné z tab. 4.05., zdá se varianta ze vzorového příkladu kapitoly 4.6. -B- efektivnější v porovnání s variantou -C- s vakuovými trubicovými kolektory.

Další úspora se nabízí v podobě snížení investičních nákladů do nákladných selektivních povrchů. Pokud bychom skutečně podchlazovali absorbery slunečních kolektorů na úroveň teploty okolí, nepotřebovali bychom spektrálně selektivní povrchy s vysokou absorbitivou a nízkou emisivitou.

Všechny použité výpočty vycházejí z měsíčních statistických údajů z literatury [8,10].

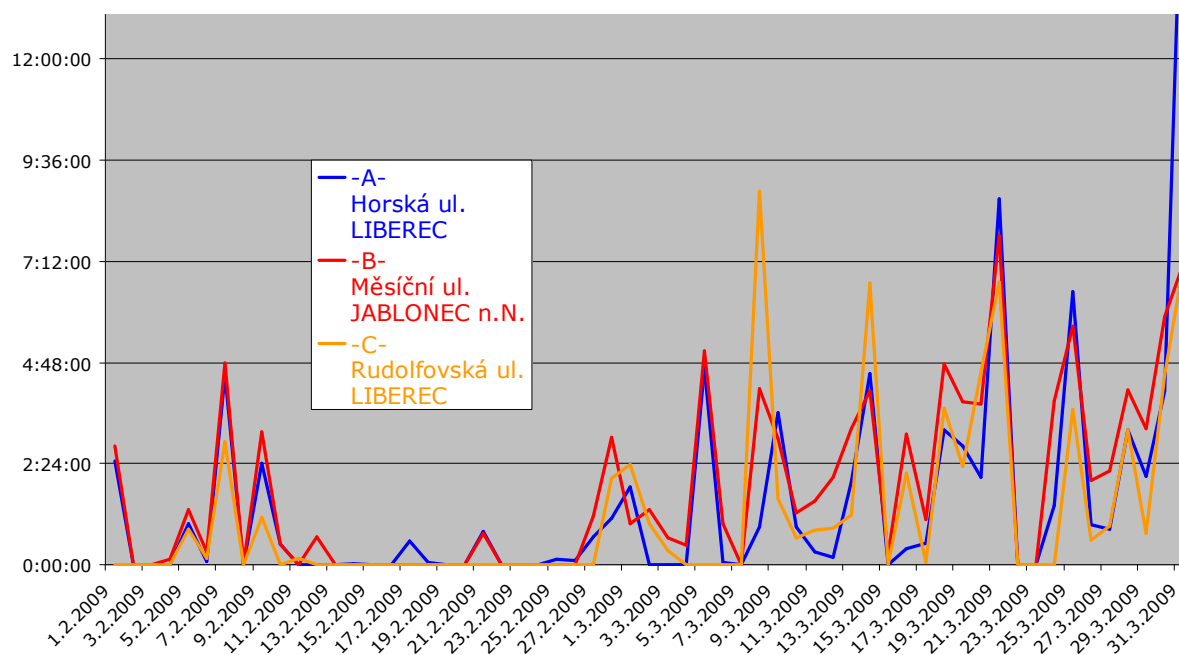
5. Experimentální část

V rámci ověření hypotéz především z kapitol 3. a 4. jsem provedl sledování tří typických realizací solárních systémů pro přitápění RD v zimním období 2009/2010. Dále jsem navrhl pro jednu z těchto aplikací optimalizační opatření v podobě navýšení kapacity akumulace, sestavení malé jednotky tepelného transformátoru s použitím hydraulického zapojení navrhovaného v kapitole 4. na obr. 4.04. -D-. Toto zařízení bylo zkonstruováno a implementováno do původního hydraulického zapojení, pak sledováno a do dnes je úspěšně provozováno.

5.1. Základní rozbor měření a sledování tří solárních systémů pro přitápění

Pro získání relevantních informací o různých skutečně realizovaných a provozovaných solárních systémech by bylo ideální sledování identických domů dlouhodobě a na stejném místě s různými hydraulickými zapojeními, různými typy kolektorů, s různou charakteristikou topných soustav a zároveň s identickým chováním uživatelů se stejnými nároky na energii, což by bylo velmi nákladným experimentem. Pro získání skutečně kvalitních informací by bylo dále nezbytné sledovat dlouhodobě u konkrétních solárních systémů (sluneční záření, venkovní teploty, solární zisky, tok energie od bivalentních dodatkových zdrojů tepla a skutečnou spotřebu TV a energie na vytápění). Další nezanedbatelnou úlohu hraje souhlas provozovatelů a uživatelů domů s dlouhodobým působením v domě, což spolu s nároky na diagnostické vybavení, implementované do jejich topných soustav prakticky brání realizaci kvalitního experimentu.

Proto jsem využil alespoň omezených možností a souhlasu uživatelů k částečnému sledování tří typických solárních systémů pro přitápění v podobných podmínkách (Liberec, Jablonec n.N.), které jsem realizoval v několika posledních letech. Nejprve jsem ověřil, zda jsou systémy porovnatelné z hlediska alespoň počtu hodin aktivního chodu solárního systému, měření bylo provedeno ve dvou měsících únor, březen 2009, a ke sledování byly použity identické diferenciální regulátory SH3, které načítají časový údaj chodu jednotlivých výstupů (výsledky v příloze: P05). Jak je patrné na obr. 5.01. ve všech sledovaných lokalitách, které jsou od sebe vzdáleny cca 6 km) solární systém reaguje podobně a mají i podobné podmínky slunečního svitu. Systémy mají podobný charakter využití a došlo k následujícímu počtu hodin solárního ohřevu: (únor, březen 2009: A-87:26, B-106:12, C-71:45). Za spolupráci a souhlas se sledováním sol. systémů v reálných podmínkách všem zúčastněným provozovatelům, kteří ochotně spolupracovali, zapisovali údaje a byli nápomocni, mnohokrát tímto děkuji.



Obr. 5.01. Graf. porovnání tří sol. systému z hlediska aktivního využití únor-březen 09

5.2. Popis solárního systému –A-

-A- Solární systém – Horská ul. – Liberec – 480 m n.m. –realizace 2008

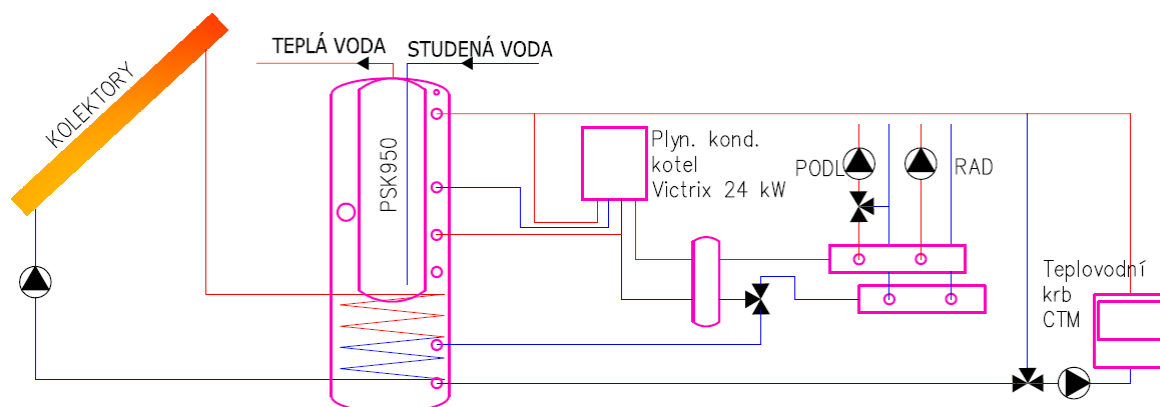


Obr. 5.02. Solární systém –A- lokalizace, fotografie

5.2.1. Popis systému:

Solární systém, s plochými kolektory Bramac se selektivním povrchem s optimální orientací ve fasádní kompozici, je zapojen v kombinaci s teplovodním krbem a plynovým kondenzačním kotlem. Topná soustava je kombinace podlahového vytápění v přízemí s radiátory v patře. Systémové zapojení umožňuje vytápění všemi zdroji samostatně nebo v jejich kombinaci. Teplá užitková voda je připravována ve 250 litrovém zásobníku integrovaném v akumulční nádrži.

- brutto kolektorová pole: 5x BSK- 12,75 m²
- orientace: J/60°, otevřené k jihu bez stínění horizontem
- akumulace: PSK 950(TOP-700, TV-250) I
- RD: 4 osoby, nízkoenergetický dům, velikost „L“, trvalé bydlení –městské



Obr. 5.03. Schéma systému –A-

5.2.2. Popis provozu:

Systémové zapojení umožňuje optimální využití všech odlišných zdrojů energie v systému zapojených s prioritou: solar/krb/plynový kotel. Systém může být plnohodnotně využíván pouze s teplovodním krbem na dřevo, nebo může být energie dřeva a Slunce využívána pouze jako přehřev pro plynový kondenzační kotel s vlastní sofistikovanou ekvitermní regulací. Náročnější technické provedení systémového řešení vyžadovalo od uživatele vyšší úroveň seznámení s provozními stavy, funkcemi a možnostmi jeho využívání. Dnes je již systém několik let úspěšně provozován s minimálními provozními problémy. Uživatel si zejména chválí možnost vyřazení plynového kotle a vytápění pouze dřevem. Lokalizace slunečních kolektorů do štítové strany vzhledem k orientaci domu se zprvu zdála nepřekonatelnou, ale dnes patří k osobitému a výrazovému funkčnímu prvku domu, který výborně reaguje na sněhovou přikrývku a neomezuje solární zisky v zimním období.

5.3. Popis solárního systému –B-

-B- Solární systém – Měsíční ul. – Jablonec n.N. – 540 m n.m. – realizace 2006

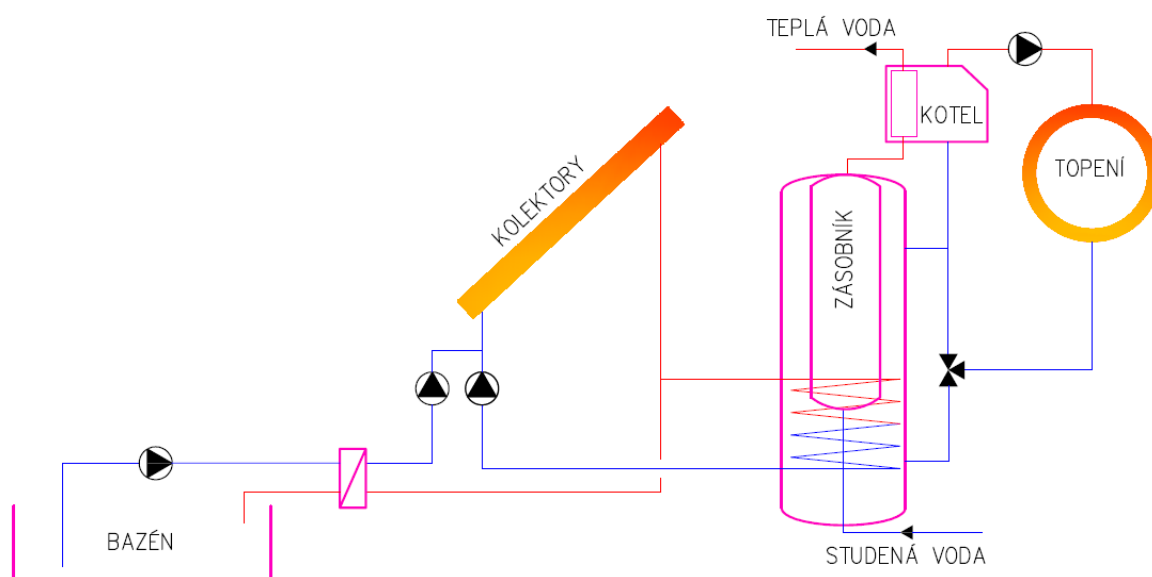


Obr. 5.04. Solární systém –B- lokalizace, fotografie

5.3.1. Popis systému:

Solární systém s vakuovými trubiovými kolektory GreenOneTec se selektivním povrchem s optimální orientací, kolektory jsou vyklopeny z roviny střechy pro vyšší zimní zisky. Hlavním zdrojem tepla je kondenzační plynový kotel s ekvitermní regulací, který zajišťuje také dohřev teplé užitkové vody ve vlastním průtokovém ohřivači. Akumulační zásobník s integrovaným zásobníkem teplé užitkové vody slouží jako přehřívací pro kondenzační plynový kotel. Topná soustava je tvořena nízkoteplotními topnými tělesy. Přebytky solárního tepla jsou využívány pro vytápění vnitřní vřivky.

- brutto kolektorová pole: 6x VK25 - 15 m²
- orientace: JZ-10°/55°, otevřené k jihu bez stínění horizontem
- akumulace: PSK 950(TOP-700, TV-250) I
- RD: 2 osoby, standardní dům, velikost „L“, trvalé bydlení - městské



Obr. 5.05. Schéma systému –B-

5.3.2. Popis provozu:

Po čtyřech letech provozu se nevyskytly žádné problémy s užíváním systému, díky povětrnostním vlivům a blízkému vysokému lesu došlo jednou k poškození třech kusů vakuových trub u kolektorů, které byly vyměněny za nové. Při větších sněhových kalamitách zůstává sníh viset pod kolektory na střešní krytině, a vakuové trubiové kolektory se obecně hůře zbavují sněhové příkrývky z důvodu minimálních ztrát prostupem a samotnému konstrukčnímu řešení.

5.4. Popis solárního systému –C- před optimalizací

-C- Solární systém – Rudolfovská ul. – Liberec – 640 m n.m. – realizace 2003

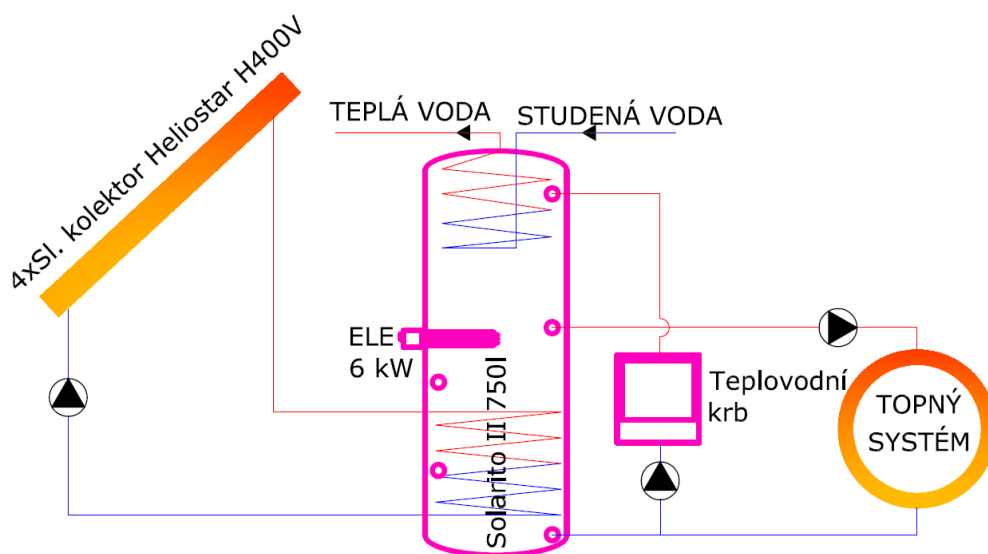


Obr. 5.06. Solární systém –C- lokalizace, fotografie

5.4.1. Popis systému:

V tomto případě se jedná o solární systém s plochými vakuovými kolektory Thermosolar^(P01) se selektivním povrchem, které jsou instalovány nad krytinu v rovině střechy s optimální orientací. Systém je zapojen v kombinaci s teplovodním krbem a integrovanou elektrickou patronou v akumulčním zásobníku^(P02). Teplá užitková voda se ohřívá průtokovým výměníkem z žebrované měděné trubky integrované v zásobníku. Toto zapojení bylo později rozšířeno o tepelný transformátor^(P03) a sekundární akumulční nádrž Alfa01^(P04). Topná soustava je kombinace podlahového vytápění v přízemí s radiátory v patře.

- brutto kolektorová pole: 4xH400V- 8,12 m²
- orientace: JV-10°/45°, otevřené údolí k jihu bez stínění horizontem
- akumulace: Solarito II 750^(P02)
- RD: 2 osoby (plánované čtyři), nízkoenergetický dům, velikost „M“, trvalé bydlení -horské



Obr. 5.07. Schéma systému –C-

5.4.2. Popis provozu:

Původní kolektorová plocha solárního systému byla poddimenzovaná, vzhledem k investiční náročnosti celé stavby RD se investoři rozhodli v první etapě zrealizovat pouze polovinu zamýšlené a navrhované kolektorové plochy. V rámci první etapy však již byla instalována optimální akumulace a dimenze potrubí a čerpadla primárního solárního okruhu. Takto byl systém provozován několik let ku spokojenosti uživatelů, nadstandardní akumulace cca 94 l/m² se vůbec nejevila jako problematická, naopak bylo zaznamenáno podstatně méně stagnačních stavů než je obvyklé.

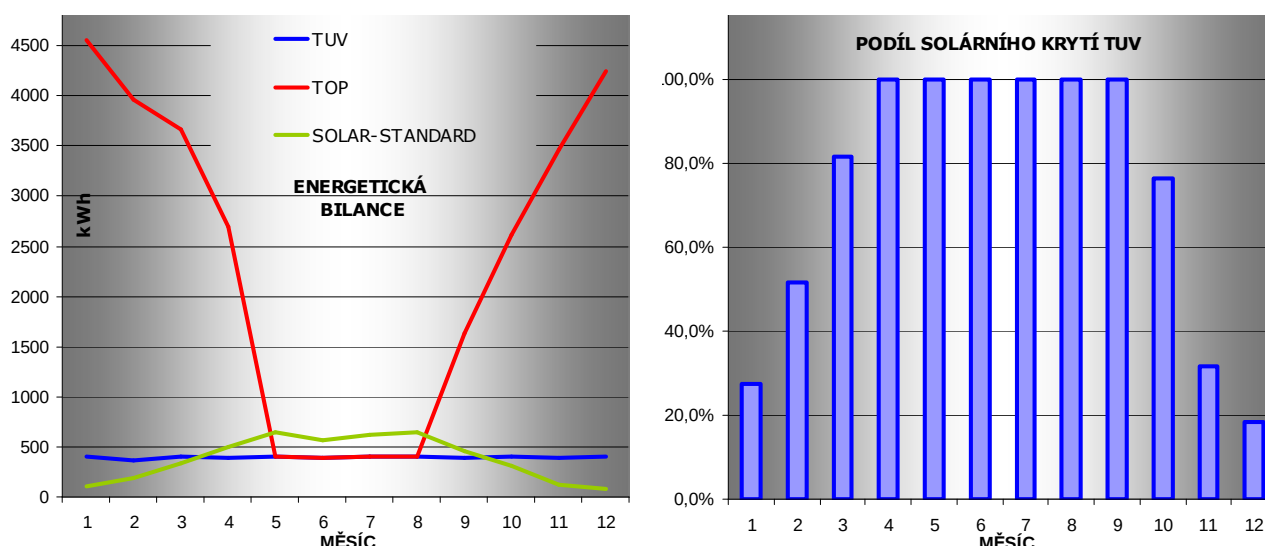
Jako ne zcela ideální se projevila volba teplovodního krbového výměníku jako komínové nadstavby klasické krbové teplovzdušné vložky, která nepřináší dostatečný energetický přínos do vody a tedy do teplovodní akumulární nádrže, tím bylo v zimní polovině roku nezbytné dohřívat TV elektricky i v době spalování biomasy v krbu.

Dalším nežádoucím projevem bylo špatné chování kolektorového pole vůči sněhové přikrývce. Nad-střešní kolektory zadržovali sníh zpravidla v horní části a vytvářely převěj, v dolní části zase sjetý a odtátý sníh ze skleněné plochy zůstával viset na tvarovkách krytiny dobře zaizolované a odvětrané střechy. Z toho vyplývá, že sklon 45° nemusí být pro zimní aplikace v horských oblastech ideální.

Výborně se naopak projevila teplovodní podlahová topná soustava v přízemí dřevostavby, která dotváří chybějící akumulární hmoty a umožňuje perfektní využití sluneční energie v přechodovém období.

Zejména v horských oblastech a ve vyšších nadmořských výškách jsou v našich klimatických podmínkách přechodová období výrazně delší a sluneční podmínky jsou „již“ (jaro) respektive „stále ještě“ (podzim) dostačující pro vytápění, což nahrává solárním systémům pro přitápění v extrémních podmínkách ke smysluplnosti těchto aplikací.

Pro tento účel ovšem posuzovaná **instalace -C-** neměla dostatečnou kolektorovou plochu, aby současně zajistila dostatek TV v zimním období a zároveň přinesla přínos pro vytápění. Počet uživatelů se rozrostl postupně až na 5 osob, čímž stoupla spotřeba TV a jak je vidět na obr. 5.08. solární systém -C- v topném období nepokrývá ani nároky na TV. Solární systém se na přitápění přesto částečně podílí díky kombinovanému zásobníku a nižšímu teplotnímu spádu podlahového vytápění. Zimní solární zisky jsou vhodné prvotně pro přehřev TV (5-25 °C) pak pro přehřev zpátečky z podlahového vytápění (25-45 °C) a teprve poté díky jasným dnům a lepším sl. kolektorům k dohřevu TV (45-55 °C).



Obr. 5.08. Energetická bilance solárního systému -C- a podíl solárního krytí TV

5.5. Popis solárního systému –C- po optimalizaci –C2-

-C2- Solární systém – Rudolfovská ul. – Liberec – 640 m n.m. – realizace 2003
(optimalizace 2008)

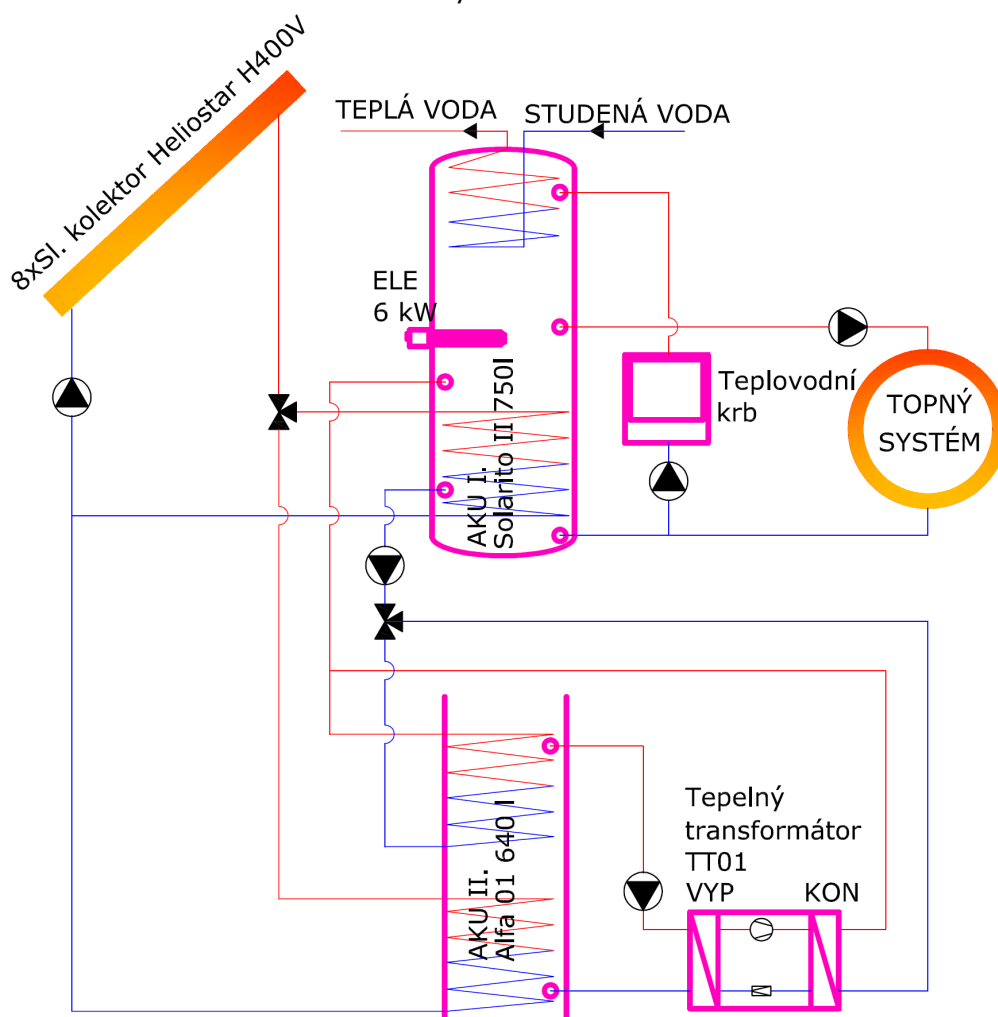


Obr. 5.09. Solární systém –C2- lokalizace, fotografie

5.5.1. Popis optimalizačního opatření:

V rámci optimalizačního opatření **instalace –C- na –C2-** došlo ke zdvojnásobení kolektorové plochy stejnými sl. kolektory, které byly všechny integrovány do krytiny. Původní zapojení bylo rozšířeno o tepelný transformátor^(P03) a sekundární akumulční nádrž Alfa01^(P04) podle blokového schématu na obr.4.07 –D-.

- brutto kolektorová pole: 8xH400V- 16,24 m²
- orientace: JV-10°/45° , otevřené údolí k jihu bez stínění horizontem
- akumulace: Solarito II 750^(P02) + ALFA01 640 I^(P04)
- RD: 5 osob, nízkoenergetický dům, velikost „M“, trvalé bydlení -horské



Obr. 5.10. Schéma systému –C2-

5.5.2. První etapa optimalizace

Celé optimalizační opatření proběhlo ve dvou etapách. V první etapě došlo k navýšení kolektorové plochy se zachováním původní akumulace a k integraci slunečních kolektorů do krytiny, pro lepší vizuální efekt a zlepšení chování kolektorového pole vůči sněhové pokrývce. Takto vylepšený systém byl provozován 1,5 roku. Dvojnásobná kolektorová plocha výrazně zvýšila podíl na vlastním přitápění a v letní polovině roku prakticky odpadl dohřev sekundárním zdrojem pro potřeby TV, systém se sníženou měrnou akumulací: 46 l/m² nevykazoval výrazně zvýšené problémy způsobené stagnačními stavy. Tomu částečně napomáhali jednak horské podmínky s nižšími venkovními teplotami v době slunečního svitu a pak také účinnostní charakteristika použitých kolektorů, která není až tak tvrdá jako mají například vakuové trubkové kolektory.

5.5.3. Kolektorová plocha versus sněhová příkrývka

Samotné zakomponování sl. kolektorů do krytiny a navýšení plochy ovšem nevyřešilo druhý sledovaný problém spojený se samočisticím efektem vůči sněhové příkrývce. Samotné oplechování kolektorů, vnější okrajová lišta zasklených kolektorů a také vakualizace kolektorů stále brání lepšímu samočinnému zbavování se sněhové příkrývky. Dobře zaizolovaná a odvětraná střecha se sklonem 45° s tvarovanou keramickou krytinou, kde se sníh běžně drží, a s kolektory v jediné řadě, nezajišťuje optimální sjíždění sněhu z kolektorového pole. Solárnímu systému tak jsou omezovány zisky zbytečně z optických důvodů. V našich klimatických podmínkách zimní teploty mnohem častěji mění svou hodnotu okolo 0 °C, což přináší změna skupenství vodní vlhkosti, vodních srážek a struktury sněhu, oproti horským oblastem Alp nebo naopak teplejším jižním oblastem Evropy. To se negativně odráží nejen na stavu našich silnic, ale také to negativně ovlivňuje chování kolektorových ploch vůči sněhu a ledu. Jak je patrné např. na obr. 5.11., kde po umělém odstranění sněhového firnu zůstala na povrchu kolektorů tenká vrstva ledu, které se kolektor sám zbavil, pokud je dostatek slunečního záření a není využíván s tepelným transformátorem. Snižování střední teploty na kolektoru je omezeno rosným bodem a ohrožením optických vlastností transparentního povrchu.



Obr. 5.11.
Námraza vzniklá na povrchu zasklení kolektorového pole



Obr. 5.12.
Samočinné odtání ledové krusty vlivem slunečního záření

(termovizní snímky jsou bez přepočítávání emisivit pro různé povrchové materiály)

Charakter zimního počasí v našich klimatických podmínkách má opravdu mnoho podob a to se projevuje také na chování a struktuře sněhové příkrývky vůči kolektorovým polím slunečních kolektorů jak je vidět na obr. 5.13.



Obr. 5.13. Chování sněhové příkrývky vůči sluneční kolektorové ploše

Na základě zkušeností s více jak dvěma sty instalacemi doporučuji dodržování následujících pravidel pro instalace slunečních kolektorů v horských a sněhových oblastech a pro eliminaci nežádoucího vlivu sněhové příkrývky na zimní solární zisky:

- 1. v rovině střech instalovat kolektory pouze pod úhly pod kterými se sníh sám na střeše nedrží**
- 2. zbavit se sněhových zábran v okolí a zejména pod kolektorovými poli**
- 3. omezovat instalace poblíž úžlabí, zejména vakuové trubkové kolektory mohou být poničeny vodorovnými bočními silami vznikajícími sjížděním sněhu úžlabím**
- 4. trubkové vakuové kolektory instalovat spíše pod úhly 60° a vyššími od vodorovné roviny**
- 5. zpevňovat konstrukce svislými profily pro eliminaci nežádoucích ohybových momentů vznikajících působením sněhové masy na kolektorové pole**
- 6. instalovat sluneční kolektory spíše ve vertikální kompozici pro zajištění lepšího sjíždění sněhu**

Na většině našeho území se sníh v zimním období nevyskytuje v takové konzistentní podobě, která by výrazně ovlivňovala celoroční solární zisky solárních systémů pro přitápění, protože v těchto obdobích je minimum slunečních dní a minimum hodin slunečního svitu. Přesto má význam se touto problematikou zabývat zejména v horských oblastech s polohou nad běžnými inverzemi. V Praze dopadá v zimní polovině roku pouze čtvrtina celoročního slunečního záření a poměrná doba slunečního záření je v Praze například v lednu pouze 21 %, ale například na Sněžce je v lednu poměrná doba slunečního svitu 33 % a na Lomnickém štítu dokonce 48 %. Pro aplikace solárních systémů na horských chatách, kde jsou vzhledem k extrémním podmínkám velké nároky na vytápění, je proto nezbytné dodržovat výše zmiňované zásady. Na obr. 5.14. lze vidět solární instalaci, kterou jsme zrealizovali na podzim 2009 na nejvyšše položeném místě v ČR na hřebenech Krkonoš. Lokalizace ve dvou rovinách v blízkosti úžlabí není ideální, ze všech možných variant byla ovšem nejoptimálnější, vedle funkčnosti bylo nezbytné dbát také na estetickou stránku, horská chata se nachází v chráněné krajinné oblasti. Sl. kolektory jsou umístěny v rovinách střech orientovaných na jih a na západ pod úhlem 45° od vodorovné roviny. Pro upevnění byla zvolena vylepšená zpevněná konstrukce s nadstandardním kotvením pro vyšší namáhání od větru a sněhu. Krytina z falcovaného plechu zajišťuje lepší sjíždění sněhu, v okolí kolektorů a zejména ploché nevakuované kolektory lze zbavit sněhu také jejich zpětným ohřevem z akumulací nádrže, tím že sepneme oběhové čerpadlo primárního okruhu – **reverzibilním chodem**, viz obr. 5.16.



Obr. 5.14. Nejvýše instalovaný solární systém v ČR na Friesových boudách v Krkonoších v nadmořské výšce 1217 m n.m., [SKACELSOLAR]



Obr. 5.15. Typická vertikální instalace pro lepší chování kolektorového pole vůči sněhové přikrývce, [SKACELSOLAR]



Obr. 5.16. Samočisticí efekt plochých kolektorů pomocí funkce reverzibilního chodu, [SKACELSOLAR]

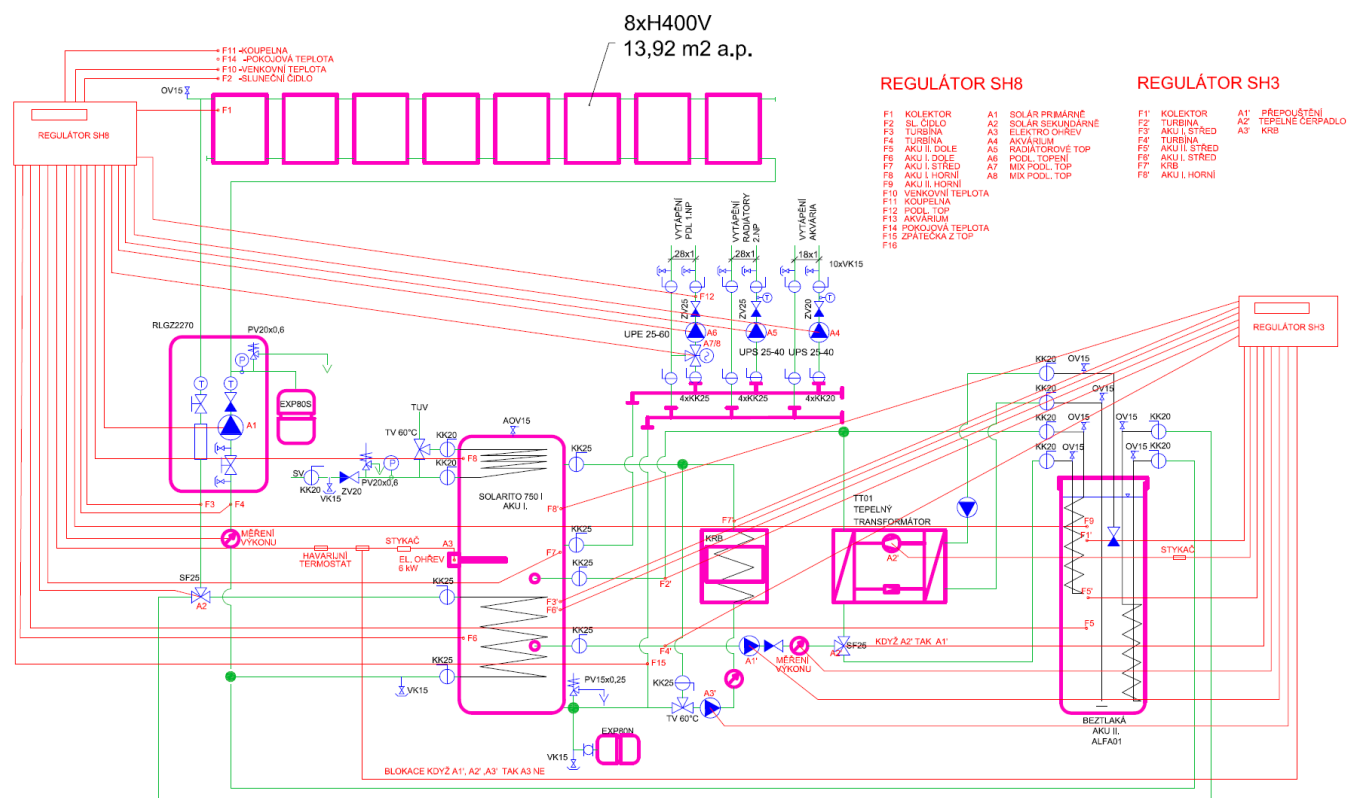
5.5.4. Druhá etapa optimalizace:

V rámci druhé etapy optimalizace a ověření hypotéz z kapitoly 4. byl systém -C- doplněn sekundárním akumulačním zásobníkem ALFA01 (viz. příloha P04), tepelným transformátorem TT01 (viz. příloha P03). Solární systém byl hydraulicky přestavěn, rozšířen a doplněn nezbytnými regulačními a řídicími prvky (viz. příloha P08 a obr. 5.17.). Systém pak byl podrobněji sledován a měřen v běžném provozu v období únor/březen 2010, kde se potvrdily funkce a přínos v podobě zvýšených solárních zisků i ve velmi špatných slunečních podmínkách. Tepelný transformátor výborně vychlazoval sekundární zásobník ALFA01 a ohříval primární zásobník, čímž snižoval střední teplotu na kolektorech a zvyšoval akceschopnost slunečních kolektorů.

Otevřená hladina zásobníku ALFA01 s akumulační vodou ve spojení s atmosférou a bez dokonalého zabezpečení proti odparu se projevila jako nežádoucí. Po roce provozu došlo k výrazným ztrátám akumulační vody odparem a k jejímu kažení, protože nebyla nijak chemicky ošetřena proti přirozeným biologickým procesům, ke kterým dochází u každé stojaté vody. Tento problém by mohl být vyřešen vrstvou bez zápachového parafínu na otevřené hladině nádrže, která by zajistila omezení odparu a přístupu vzdušné vlhkosti.

Další otázkou je správné řízení podobné soustavy, u které je nezbytné rozpoznat, kdy má využití tepelného transformátoru smysl. U prvotního experimentálního zapojení byl TT01 řízen čistě termostaticky na základě minimální teploty v AKU II. a maximální teploty uprostřed AKU I. kam nabíjí TT01. Vnitřní regulátor chladícího okruhu pak občas sám vyřazoval jednotku TT01 z provozu pokud byl zdroj tepla, voda v AKU II., příliš podchlazen. Samotné přímé přepouštění mezi AKU I. a AKU II. bez použití TT01 prakticky nebylo využito v bedlivě sledovaných zimních měsících, kdy byla kapacita primárního

zásobníku AKU I. dostatečná pro lepší sluneční podmínky. Podrobnější rozbor lze nalézt v kapitole 5.2.



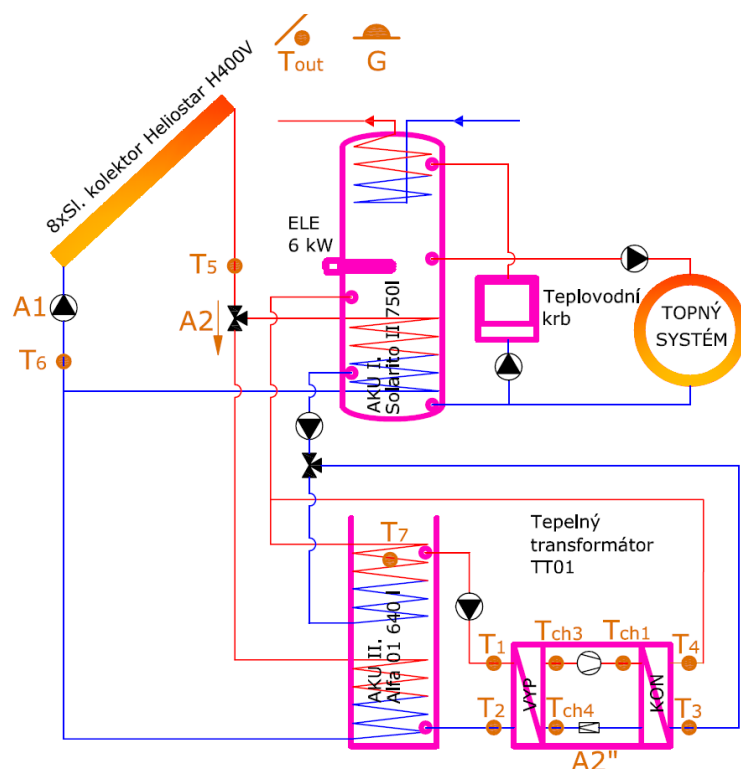
Obr. 5.17. Hydraulické schéma včetně řízení – optimalizace C2 (zvětšené v [P08])

5.5.5. Měření a vyhodnocení optimalizačního opatření solárního systému –C2-

Popis řízení a měření nového vylepšeného systému

Vzhledem k relativně specifickému zapojení a již použité diferenciální regulaci SH8, která ovládala původní zapojení -C- jsem se rozhodl pokračovat na stejné platformě a doplnit systém pouze o tři výstupový regulátor stejné konstrukce SH3, výhodou tohoto řešení byly nízké investiční náklady. Na obr. 5.17. [P08] jsou popsány jednotlivé výstupy a jejich použití. Výhodou regulátorů SH8 a SH3 je možnost připojení jednoho turbínkového průtokoměru a možnost měření aktuálního výkonu a celkové energie přenesené médiem, vodou nebo směsí vody a glykolu, mezi dvěma prvky soustavy, zpravidla je tato funkce využívána pro měření solárních zisků. Této funkce jsem využil u obou regulátorů a měřím jimi celkové solární zisky z kolektorů a zisky transformované z AKU II. do AKU I.. Chyba těchto měření ovšem není specifikována a data nejsou průběžně ukládána. Pro detailní pozorování chování soustavy v průběhu zajímavých dní a v různých režimech provozu byly hodnoty zapisovány ručně, proto je lze použít pouze jako informativní údaje. Dále jsem po dobu několika únorových a březnových týdnů měřil průběžně parametry popsané na obr. 5.18. a v příloze [P09] pro jeden konkrétní den.

Měření bylo prováděno zejména za účelem sledování chování celé soustavy pro budoucí návrhy a nastavení řídicích systémů pro aplikace tepelných transformátorů. Jednotlivé hodnoty byly zaznamenávány v desetisekundových intervalech, ze kterých pak byly vypočítány desetiminutové aritmetické průměry, se kterými se lépe pracovalo v tabulkových editorech. Měření neumožňovalo fundovanější výpočty z hlediska skutečného vyhodnocení solárních zisků a účinností energetických transformací ze dvou hlavních důvodů: 1. neměřil jsem kvalitativně průtoky všech teplotnosných médií mezi jednotlivými prvky soustavy, zejména z důvodů ekonomických (nutnost implantace elektronických průtokoměrů do hydraulického zapojení), 2. nebylo prováděno dlouhodobé měření, které by přineslo kvantitativní parametry hodnocení podobných optimalizačních opatření.

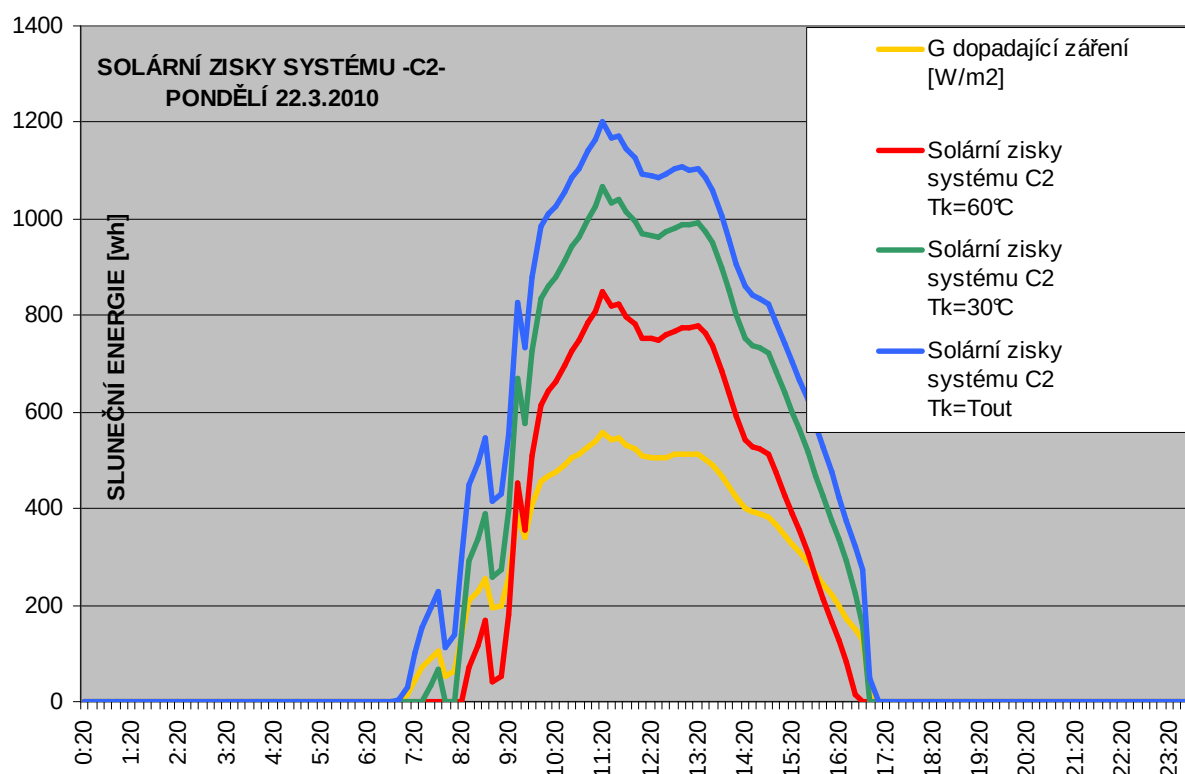


G	Globální dopadající sl. záření měřené pyranometrem RS81[P10]	[W/m ²]
T1	Teplota vody do výparníku	[°C]
T2	Teplota vody z výparníku	[°C]
T3	Teplota vody do kondenzátoru	[°C]
T4	Teplota vody z kondenzátoru	[°C]
T5	Teplota vody ze sl. kolektorů	[°C]
T6	Teplota vody do sl. kolektorů	[°C]
T7	Teplota vody v AKU II.	[°C]
Tout	Teplota venkovní	[°C]
Tch1	Teplota chladiva na vstupu do kondenzátoru	[°C]
Tch3	Teplota chladiva za výparníkem	[°C]
Tch4	Teplota chladiva za expanzním ventilem před výparníkem	[°C]
A2''	Tepelný transformátor TT01	[0/1]
A1	Sl. kolektory - AKU I.	[0/1]
A2	Sl. kolektory - AKU II.	[0/1]

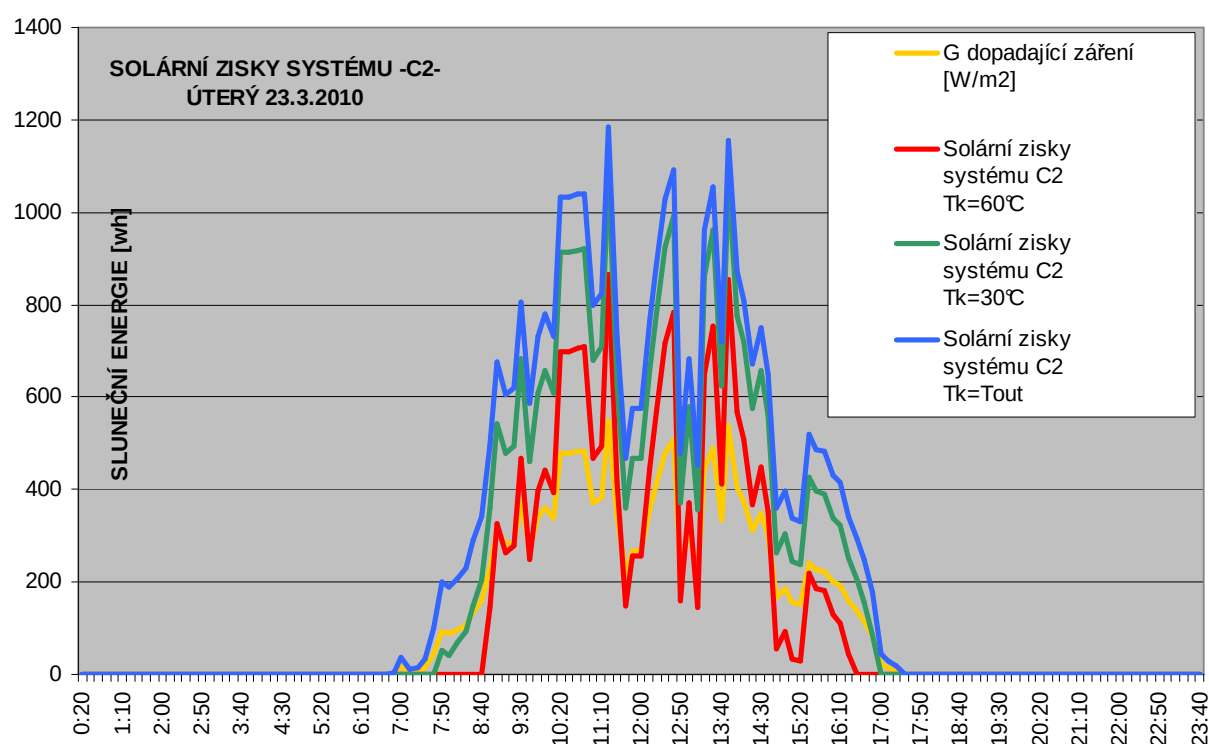
Obr. 5.18. Měření parametrů experimentálního optimalizačního opatření

Den:	Datum:	G -C2- na horizont [kWh/m ²]	E _{DEN} -B- [kWh]	E _{DEN} -C2- [kWh]	SOL -B- [hod]	SOL -C2- [hod]	G -C2- na rovinu kolektorů [kWh/m ²]	Pohon TT01 [kWh]
Pondělí	22.3.2010	3,32	33,7	37,79	8:11	3:19	55,14	1,92
Úterý	23.3.2010	2,60	20,4	29,56	6:52	4:43	43,13	1,32
Středa	24.3.2010	3,18	21	36,22	6:39	6:21	52,85	0,96
Čtvrtek	25.3.2010	2,61	16,6	29,73	5:35	6:39	43,38	0,6
Pátek	26.3.2010	3,31	24,9	37,70	7:35	6:39	55,02	0
Sobota	27.3.2010	0,47	3,7	5,40	1:46	1:21	7,88	7,44
Neděle	28.3.2010	1,00	9,7	11,43	3:35	5:57	16,67	13,2
CELKEM:		16,50	130,00	187,82	40:13:00	34:59:00	274,07	25,44

Tab. 5.01. Porovnání solárních zisků různých systémů, dopadajícího záření a tepelné transformace



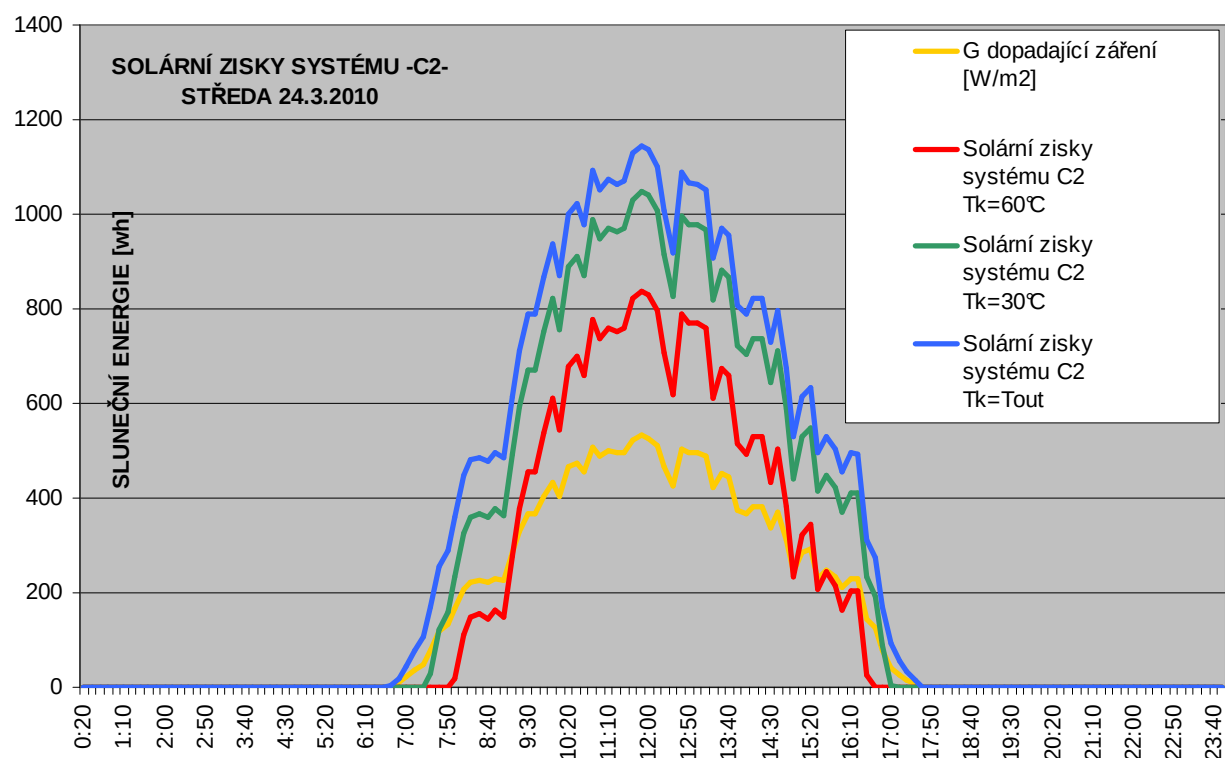
Obr. 5.19. Charakter slunečního záření a potenciál solárních zisků v pondělí 22.3. 2010



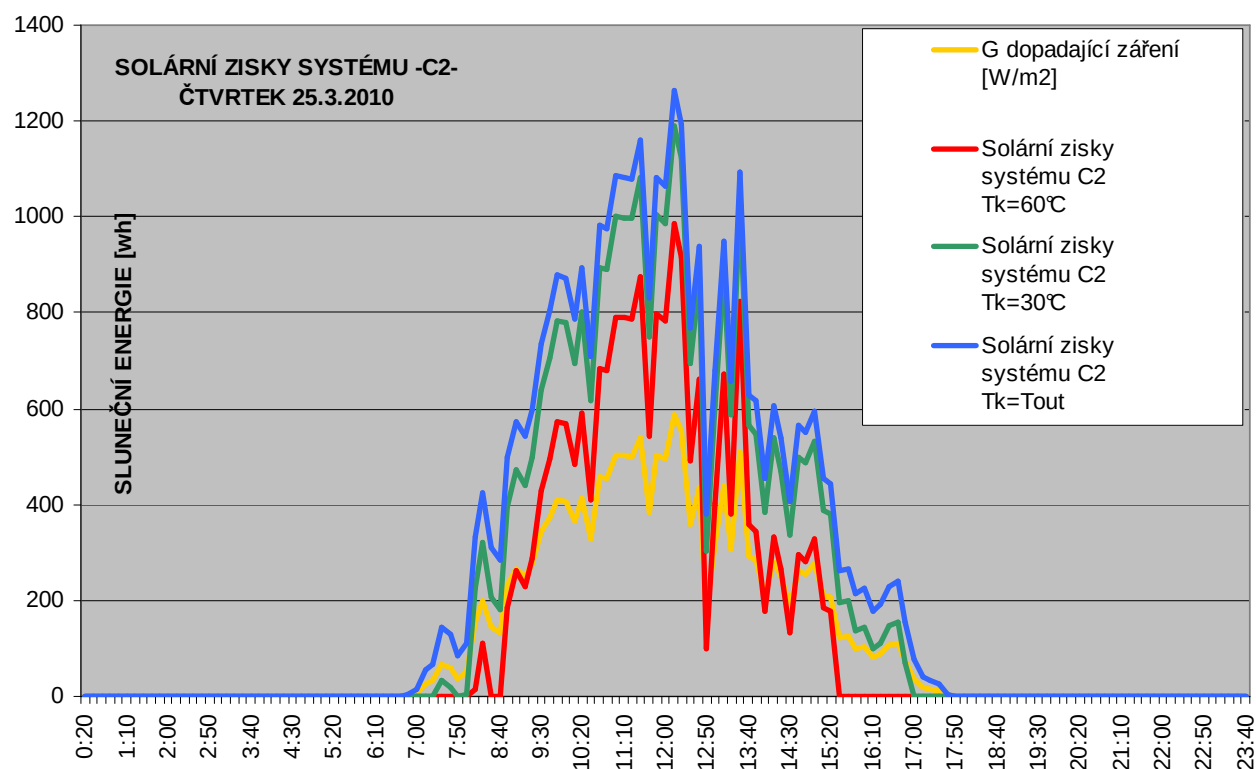
Obr. 5.20. Charakter slunečního záření a potenciál solárních zisků v úterý 23.3. 2010

Z tab. 5.01. a naměřených hodnot ve 12. týdnu 2010 [P12] vyplývá že systém -C2- vykazoval lepší výsledky přibližně o 57,8 kWh/týden ve srovnání se systémem -B-. Samotné nároky na tepelnou transformaci činili pouhých 25,4 kWh/týden. Průměrná účinnost solárního systému -C2- v tomto týdnu činila 68,5 %. Na obr. 5.19.-25. jsou znázorněny skutečné toky sluneční energie v průběhu 12. týdne 2010 na systému -C2-. S teoretickými zisky v případě různé výše střední teploty na kolektoru -Tk. Modré křivky vyjadřují maximální teoretické zisky solárního systému -C2- v případě maximální tepelné

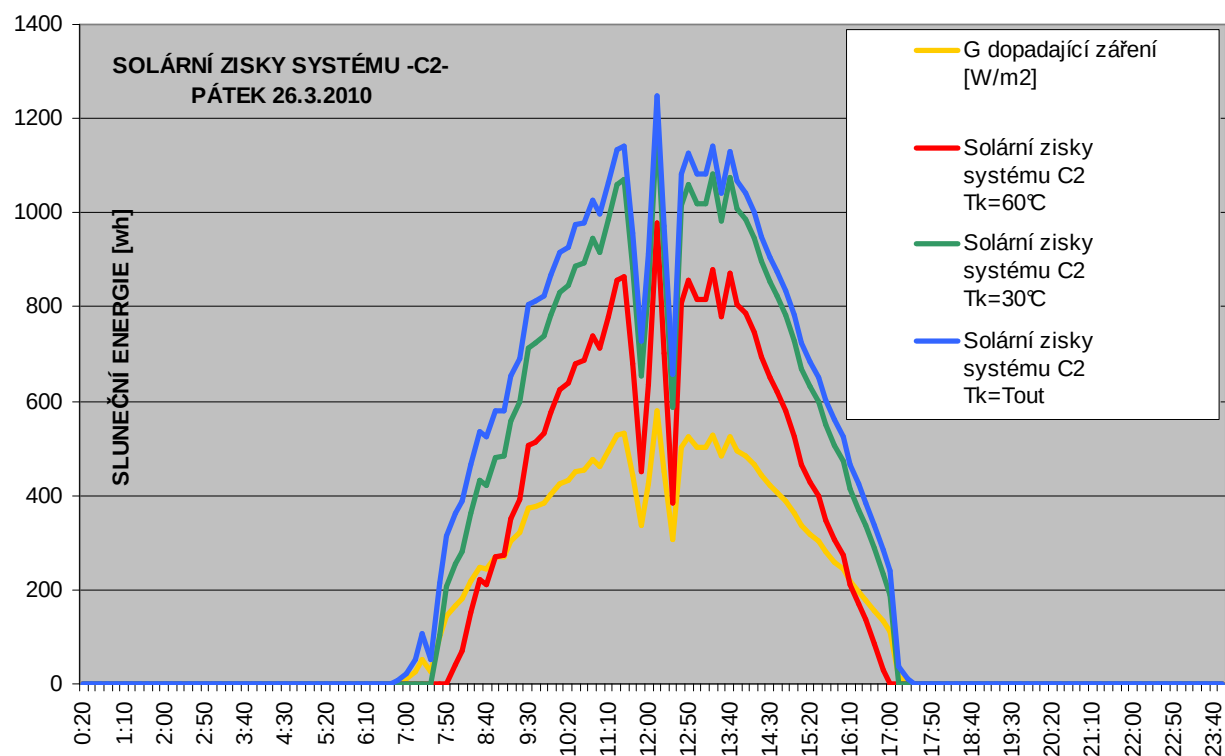
transformace sluneční energie, více údajů o měření na tomto systému lze dohledat v přílohách: [P09,P11,P12]. Reálné solární zisky s použitím tepelného transformátoru budou ležet někde mezi zelenými a modrými křivkami.



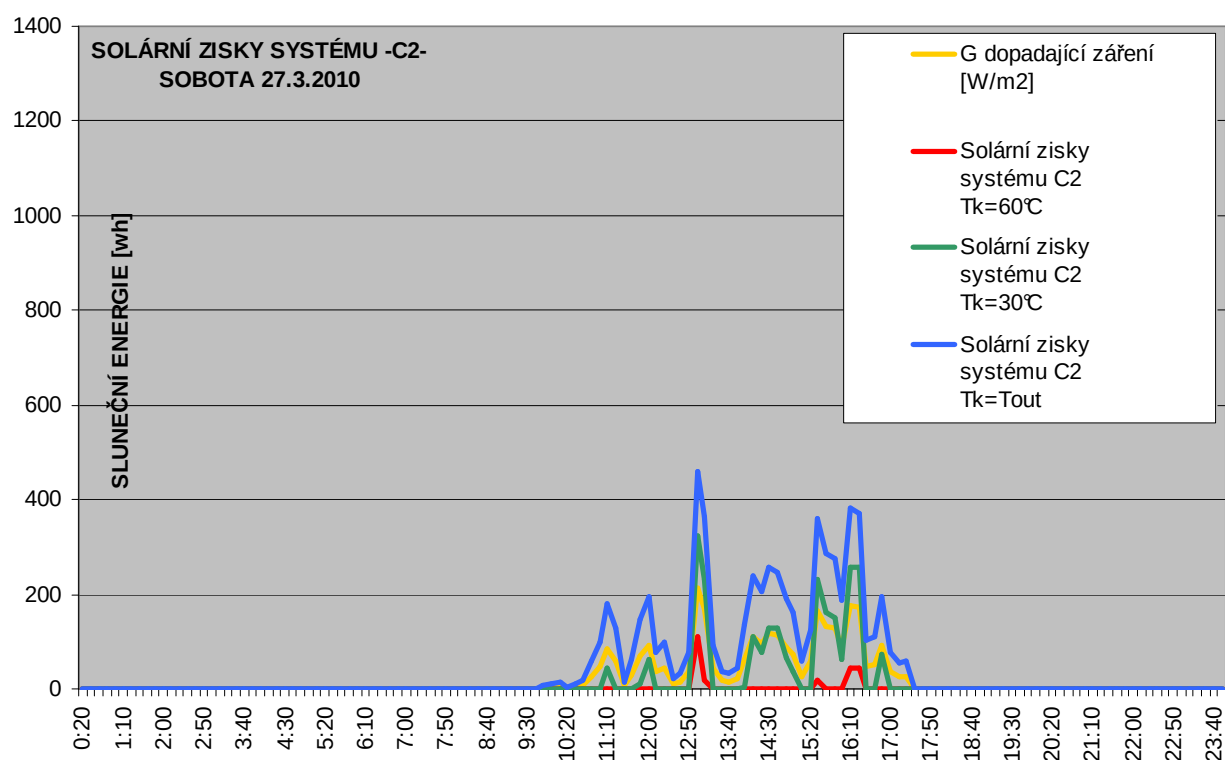
Obr. 5.21. Charakter slunečního záření a potenciál solárních zisků ve středu 24.3. 2010



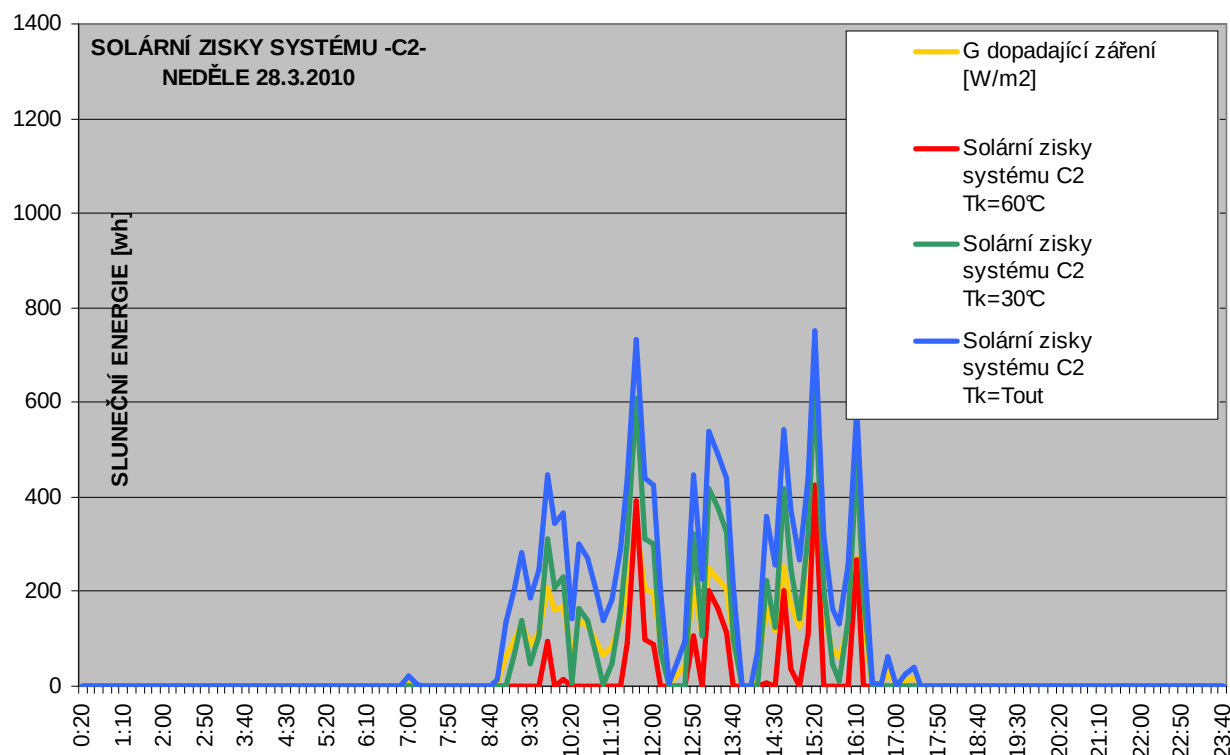
Obr. 5.22. Charakter slunečního záření a potenciál solárních zisků ve čtvrtek 25.3. 2010



Obr. 5.23. Charakter slunečního záření a potenciál solárních zisků v pátek 26.3. 2010



Obr. 5.24. Charakter slunečního záření a potenciál solárních zisků v sobotu 27.3. 2010

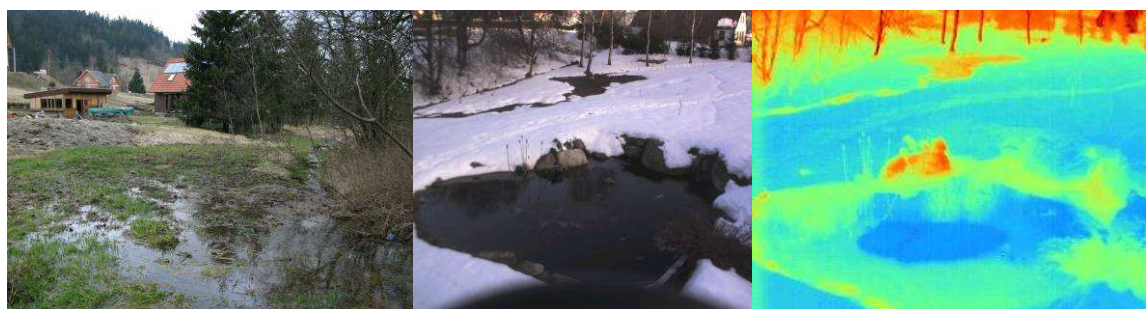


Obr. 5.25. Charakter slunečního záření a potenciál solárních zisků v neděli 28.3. 2010

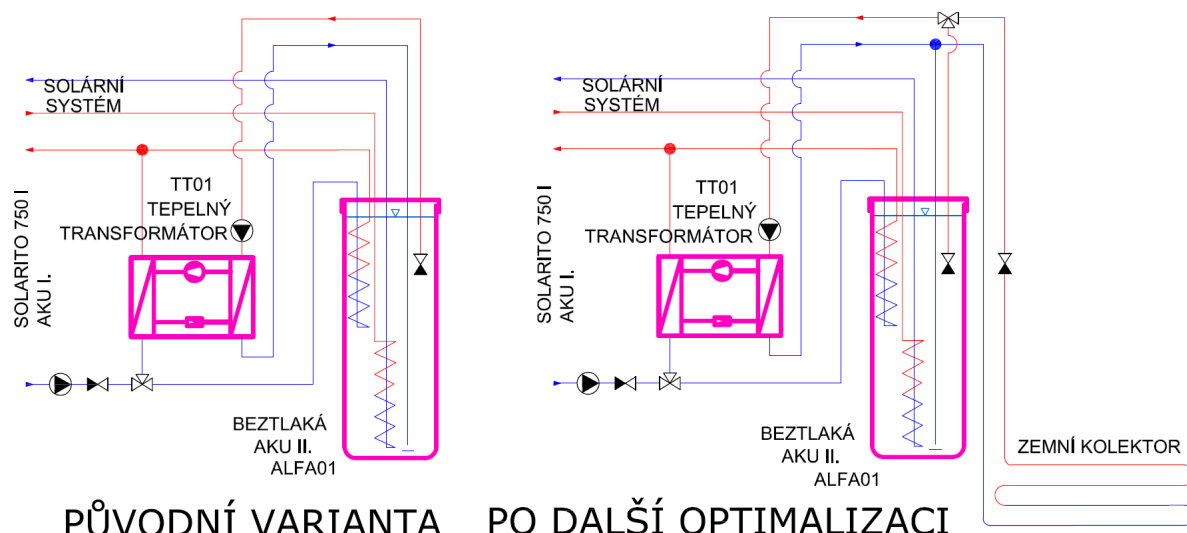
5.5.6. Další návrhy optimalizačních opatření –C3-

Pro další optimalizaci, a nejen z důvodu zvýšení solárních zisků, bude v budoucnu vyměněna krytina z keramických tvarovek za hladký falcovaný plech, který bude mít lepší vlastnosti v extrémních zimních podmínkách a bude zajišťovat 100% sjíždění sněhu z kolektorů a celé střechy.

Dále se nabízí lepší využití již instalovaného tepelného transformátoru o výkonu 2,6 kW s chladícím výkonem 1,85 kW. TT01 slouží pouze k navyšování účinnosti instalovaných slunečních kolektorů, kde jsme stále omezeni skutečnými reálnými slunečními podmínkami v extrémním zimním období. Toto zařízení není plnohodnotně využito a vzhledem ke konstrukčnímu řešení prvotního prototypu tepelného transformátoru TT01 na bázi tepelného čerpadla (voda/voda) s plnohodnotnými deskovými výměníky, které bylo relativně investičně náročné se nabízí sekundární využití znázorněné na obr. 5.27. Podle tohoto schématu lze vedle primárního využití pro vychlazování sekundární nádrže a snižování střední teploty na sl. kolektorech zařízením ještě topit přímo z okolního prostředí podobně jako u tepelných čerpadel země/voda. V lokalitě jsou pro tento účel vynikající podmínky (velmi podmáčený pozemek a přirozený potok, viz. obr. 5.26.). Pro původní účel by bylo vhodné sestavit levnější tepelný transformátor druhé generace podle návrhů v kapitole 4.



Obr. 5.26. Optimální lokální podmínky pro sekundární využití TT01
(termovizní snímky jsou bez přepočítávání emisivit pro různé povrchové materiály)



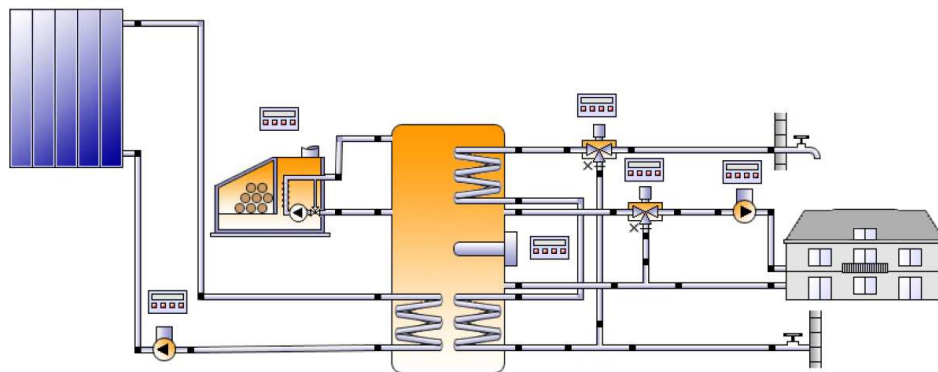
Obr. 5.27. Sekundární optimalizace a využití TT01 jako tepelného čerpadla země voda

Další důležitý problém, který je nezbytné vyřešit u systémového řešení -C2- je odpar a kazící se akumulační voda v zásobníku s otevřenou hladinou ALFA01. Řešením by mohla být chemická úprava akumulační vody, podobně třeba jako se upravuje voda bazénová. Dalším nezbytným opatřením bude striktní používání vrchního krytu, který byl z důvodu měření a vizuálního sledování více méně nevyužíván a nenasazen. Dále se pro snižování odparu a styku akumulační vody s otevřenou atmosférou nabízí použít částečně parafíny nebo oleje - látky, které by bránily odparu vodní hladiny. Dalším zajímavým řešením by bylo použití nemrznoucí směsi na bázi glykolu jako akumulační látky v zásobníku ALFA01, která by umožňovala vyšší stupeň využití TT01 a ještě vyššího stupně využití slunečních kolektorů, u kterých bychom mohli teoreticky docílit nižší střední teploty na kolektoru, než je teplota venkovního okolí, což by sice znamenalo maximální účinnost sl. kolektorů na hranici optické účinnosti, ale zároveň by mohlo docházet na povrchu kolektorů ke kondenzaci vzdušné vlhkosti nebo jejímu namrzání a tím zároveň zhoršování optických vlastností slunečních kolektorů. Tohoto jevu jsem se obával i při optimalizaci -C2- a naštěstí se neprojevila. Z těchto obav byly také použity ploché sl. kolektory vakuované, vůči atmosféře uzavřené, takže u nich nemůže dojít ke kondenzaci nebo namrzání vzdušné vlhkosti na vnitřním povrchu zasklení nebo přímo na povrchu absorbéru, což by se, z dlouhodobého hlediska, mohlo projevit na kvalitě selektivních povrchů absorbérů sl. kolektorů a jejich transparentních povrchů.

Dalším, ne zcela ideálním řešením, se jeví ohřev TV průtokově přímo v zásobníku AKU I.^(P02), kdy pro větší komfort a větší odběr TV musí být v zásobníku okolo 60 °C, kterých při použití TT01 (TT02-výkonější verze), jako hlavního zdroje tepla systému podle obr. xxx., nedosáhneme. Teplosměnná plocha trubkového výměníku pro ohřev TV v AKU I. je pouze 3,3 m², což není ideální, konkurenční zásobníky podobné konstrukce jsou vybaveny výměníky o ploše 5,5 m². Podobně je tomu tak i v případě využití slunečních kolektorů, kdy musí být v mnoha případech realizován dohřev bivalentním zdrojem jen díky pravděpodobně nedostatečné teplotnosné ploše trubkového výměníku ohřevu TV v zásobníku AKU I., řešením by mohlo být použití externího ohřevu přes deskový účinnější výměník. Tímto opatřením bychom snížili požadavky na nátopovou teplotu v akčním zásobníku a zároveň zlepšili stratifikaci teplotních hladin v zásobníku, protože u těchto řešení se vychlazená topná voda po ohřevu TV použije do spodní části nádrže přímo, nečekáme na samovolné proudění, navíc se bez použití tepelných transformátorů jedná o nejnižší systémové teploty u kombinovaných zásobníků tepla, se kterými by měly co nejdříve přijít do styku sluneční kolektory. Tyto zásobníky se pak chovají z hlediska využití slunečních kolektorů spíše jako zásobníky TV, tedy efektivněji. Stejného efektu vyššího stupně se snažím docílit řešením s tepelnými transformátory. Aplikaci s ohřevem TV prostřednictvím deskového výměníku s tzv. FWM (Frisch Wasser Modul) lze najít v obrazové příloze P06 na obr. P0606.

5.6. Simulace solárního systému z kap. 5.4. provedené programem PolySun 4

V rámci ověření solárních zisků byly provedeny simulace stejného základního zapojení solárního systému pro oblast Liberec s charakterem budovy a orientací kolektorového pole podle sledovaného sol. systému v kapitole 5.4., s původním osazením sl. kolektorů před optimalizací, po první etapě optimalizace a pokud by byly použity sl. kolektory ze sledovaného systému z kapitoly 5.3.



Obr. 5.28.
Simulační schéma
systému

Simulace:			01	02	03
Typ kolektoru:	-		4xTS400	8xTS400	6xVK25
Velikost akumulace:	[m³]		0.75	0,75	0,75
Podíl solární energie odevzdané systému	SFn	%	34,00	45,80	53,20
Stupeň solárního pokrytí pro ohřev TV	SFnHw	%	44,50	58,30	64,80
Stupeň solárního pokrytí budovy	SFnBd	%	16,70	27,00	34,40
Efektivita systému	ε SYS		0,76	0,91	1,01
Solární energie odevzdaná systému	QSOL	kWh	3 221,1	4 458,3	5 313,2
Přídavná energie odevzdaná systému	QAUX	kWh	6 239,8	5 282,5	4 678,6
Spotřeba energie	QUSE	kWh	8 199,2	8 199,1	8 202,50
Energetický deficit	QDEF	kWh	210,9	208,2	205,5
Koncová energ. odevzd. syst. (palivo a el.en.)	ETOT	kWh	10 741,0	9 048,1	8 081,8

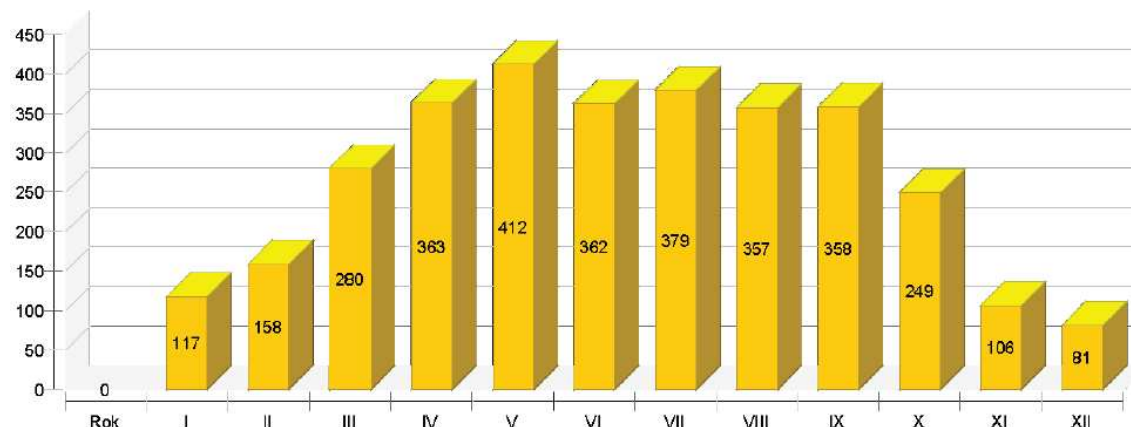
Simulace:			04	05	06	07	08
Typ kolektoru: Velikost akumulace:	- [m³]		6xIDMK25 0,75	26xTS400 0,75	8xTS400 1,39	8xTS400 27	26xTS400 27
Podíl solární energie odevzdané systému	SFn	%	46,30	59,20	48,20	50,70	76,30
Stupeň solárního pokrytí pro ohřev TV	SFnHw	%	58,00	72,20	60,20	74,50	88,40
Stupeň solárního pokrytí budovy	SFnBd	%	26,50	46,70	27,90	49,30	71,60
Efektivita systému	ε SYS		0,91	1,17	0,94	0,86	1,48
Solární energie odevzdaná systému	QSOL	kWh	4 518,1	5 897,3	4 779,8	5 961,0	10 617,50
Přídavná energie odevzdaná systému	QAUX	kWh	5 240,9	4 071,5	5 135,7	5 801,0	3 299,40
Spotřeba energie	QUSE	kWh	8 201,6	8 205,4	8 196,0	7 713,6	7 736,20
Energetický deficit	QDEF	kWh	207,5	205,3	206,40	234,9	200,20
Koncová energ. odevzd. syst. (palivo a el.en.)	ETOT	kWh	8 989,5	7 015,3	8 710,9	8 940,5	5 237,20

Tab. 5.02. Výsledky simulace sol. systémů v osmi variantách v programu PolySun 4.4

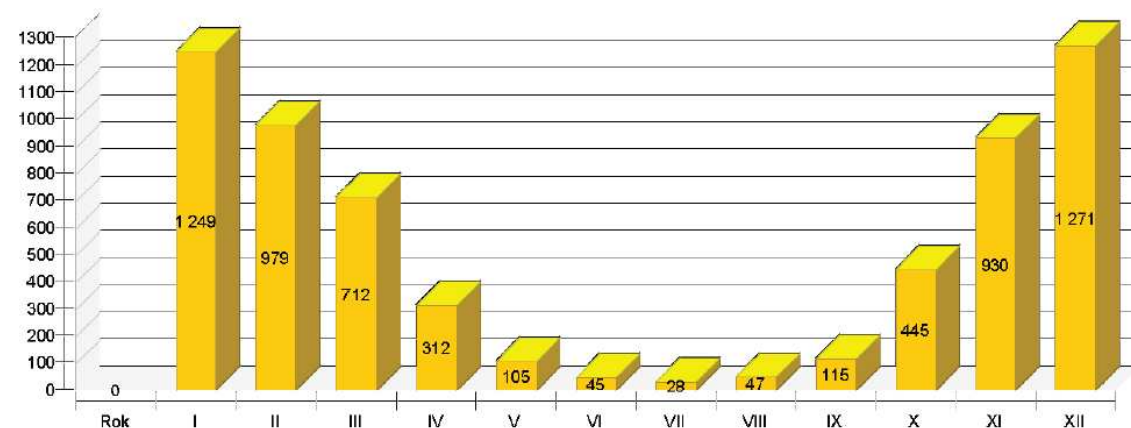
5.6.1. Simulace 01 solárního systému –C- před optimalizací

Původní zapojení solárního systému pouze se čtyřmi sl. kolektory a jedním zásobníkem

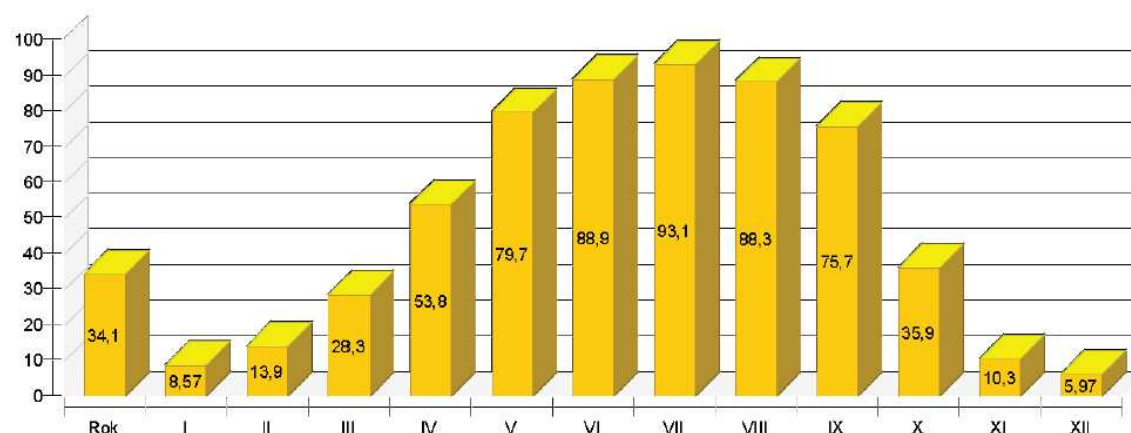
- 4x TS400: 8,12 m²
- 1x AKU: 750 l
- Celkový stupeň solárního pokrytí: 34,1 %
- Zisk kolektorového pole: 3 222 kWh/rok
- Zisk kolektorového pole vztažený na hrubou plochu: 397 kWh/(m².rok)



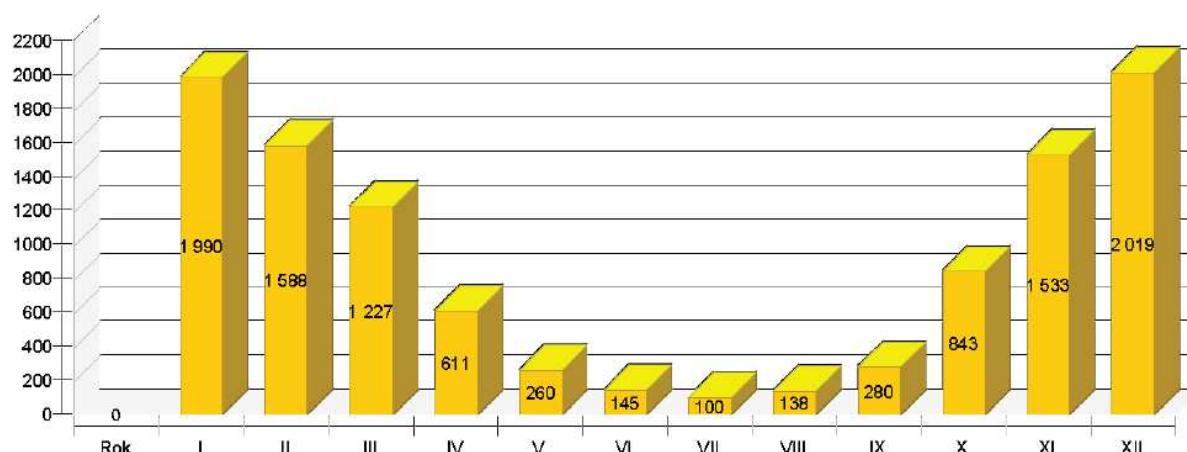
Obr. 5.29. Solární energie odevzdaná systému [Q_{SOL} -kWh]



Obr. 5.30. Přídavná energie odevzdaná systému [Q_{AUX} -kWh]



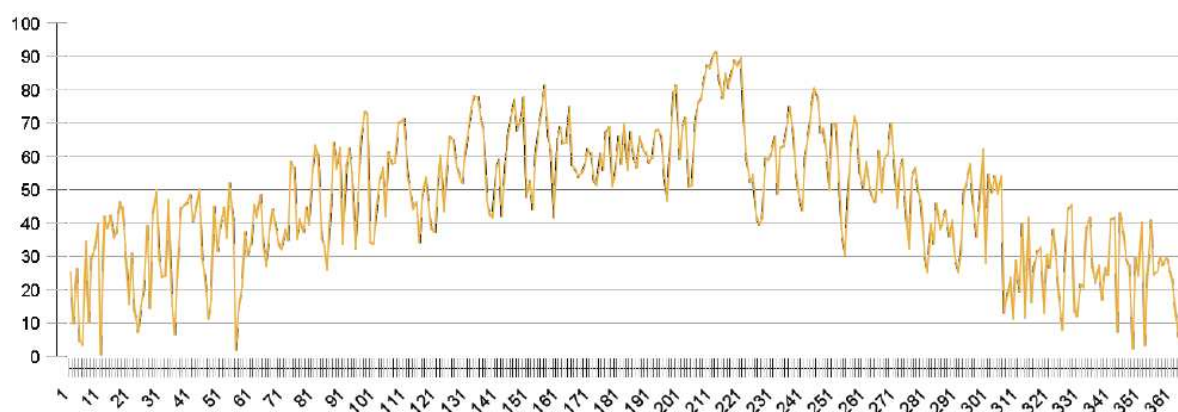
Obr. 5.31. Podíl solární energie odevzdané systému [SF_n -%]



Obr. 5.32. Koncová energie odevzdaná systému (palivo a el energie) [E_{TOT} -kWh]

	Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Solární energie odevzdaná systému [Qsol]													
kWh	3222	117	158	280	363	412	362	379	357	358	249	106	81
Přídavná energie odevzdaná systému [Qaux]													
kWh	6237	1249	979	712	312	105	45	28	47	115	445	930	1271
Podíl solární energie odevzdané systému (netto) [SFn]													
%	34,1	8,57	13,9	28,3	53,8	79,7	88,9	93,1	88,3	75,7	35,9	10,3	5,97
Koncová energie odevzdaná systému (palivo a proud) [Etot]													
kWh	10736	1990	1588	1227	611	260	145	100	138	280	843	1533	2019

Tab.5.03. Výsledek simulace 01



Obr. 5.33. Maximální denní teplota kolektoru simulace 01 [°C]

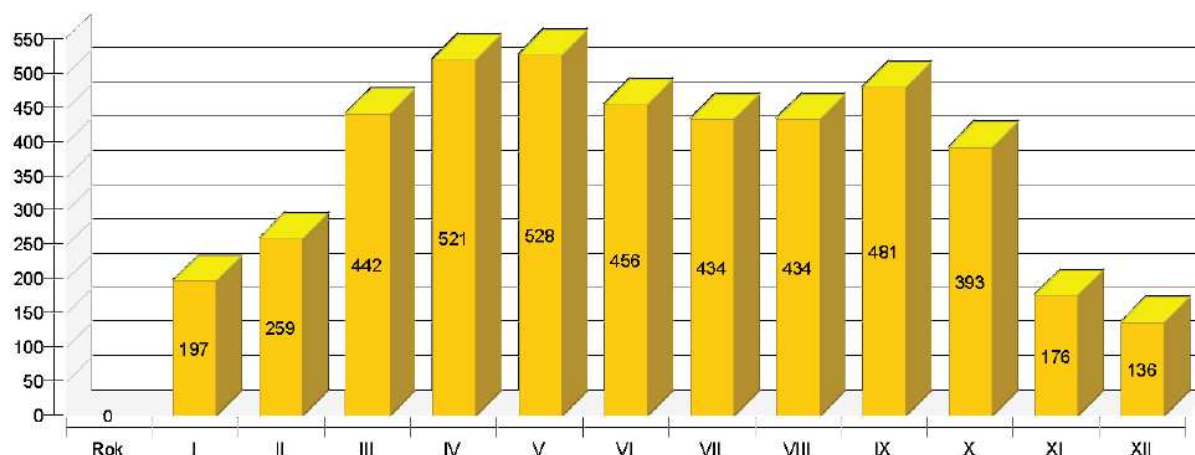
Komentář varianty 01:

Varianta 01 dokazuje výsledky pozorování funkčního systému -C-, kdy byl systém hodnocen pozitivně, jeho stupeň pokrytí nároků na energie byl však nedostačující. Výhodou varianty 01 je také vysoký solární zisk vztažený na jednotku kolektorové plochy a minimální problémy se stagnačními stavy soustavy, ke kterým prakticky nedochází.

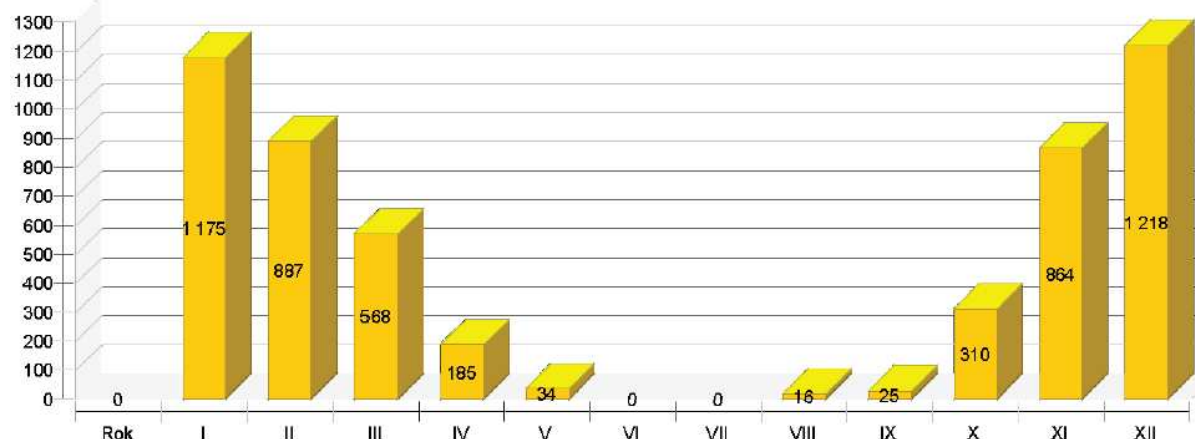
5.6.2. Simulace 02 solárního systému –C1- po rozšíření kolektorového pole

Původní zapojení solárního systému po první etapě optimalizace spojené pouze s rozšířením kolektorového pole na dvojnásobek.

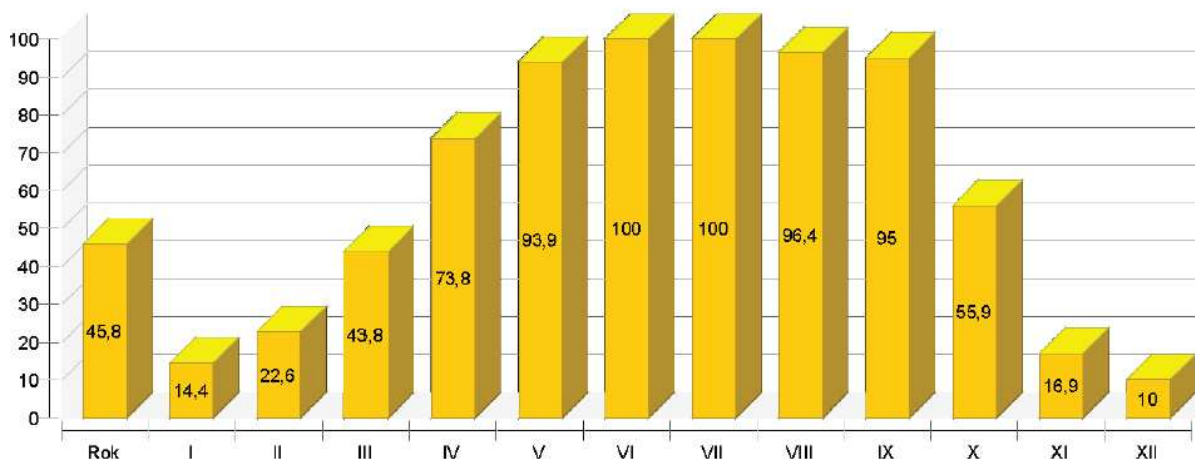
- 8x TS400: 16,2 m²
- 1x AKU: 750 l
- Celkový stupeň solárního pokrytí: 45,8 %
- Zisk kolektorového pole: 4 458 kWh/rok
- Zisk kolektorového pole vztažený na hrubou plochu: 274 kWh/m²/rok



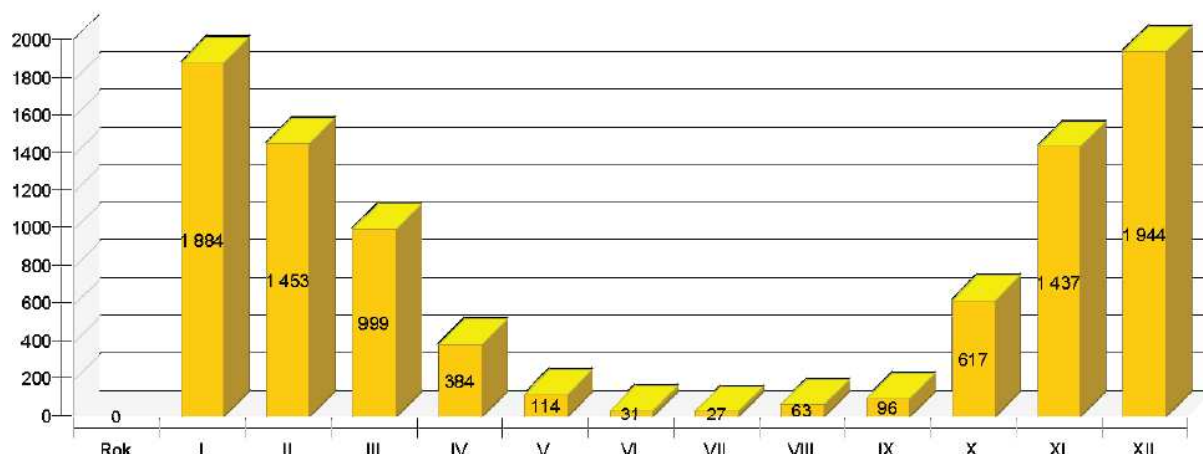
Obr. 5.34. Solární energie odevzdaná systému [Q_{SOL} -kWh]



Obr. 5.35. Přídavná energie odevzdaná systému [Q_{AUX} -kWh]



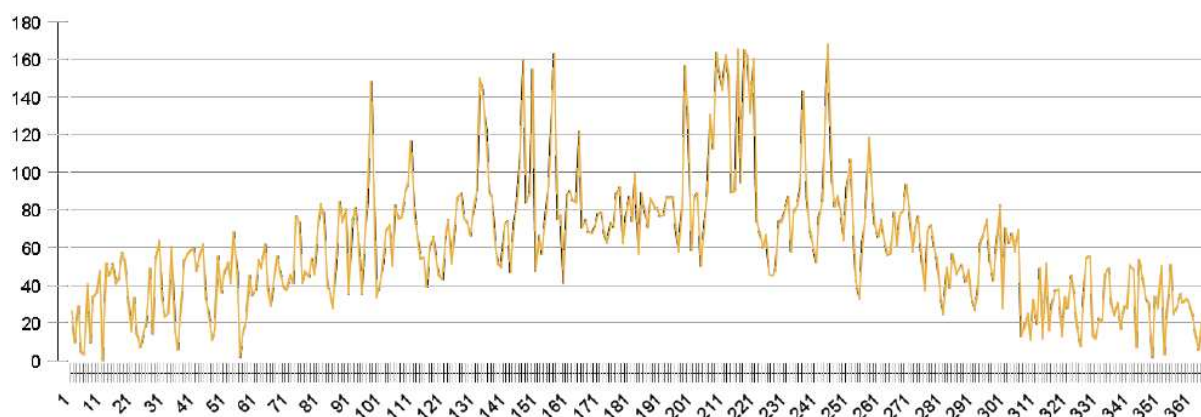
Obr. 5.36. Podíl solární energie odevzdané systému [SF_n -%]



Obr. 5.37. Koncová energie odevzdané systému (palivo a el energie) [E_{TOT} -kWh]

	Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Solární energie odevzdaná systému [Qsol]													
kWh	4458	197	259	442	521	528	456	434	434	481	393	176	136
Přídavná energie odevzdaná systému [Qaux]													
kWh	5283	1175	887	568	185	34	0	0	16	25	310	864	1218
Podíl solární energie odevzdané systému (netto) [SFn]													
%	45,8	14,4	22,6	43,8	73,8	93,9	100	100	96,4	95	55,9	16,9	10
Koncová energie odevzdaná systému (palivo a proud) [Etot]													
kWh	9048	1884	1453	999	384	114	31	27	63	96	617	1437	1944

Tab.5.04. Výsledky simulace 02



Obr. 5.38. Maximální denní teplota kolektoru simulace 02 [°C]

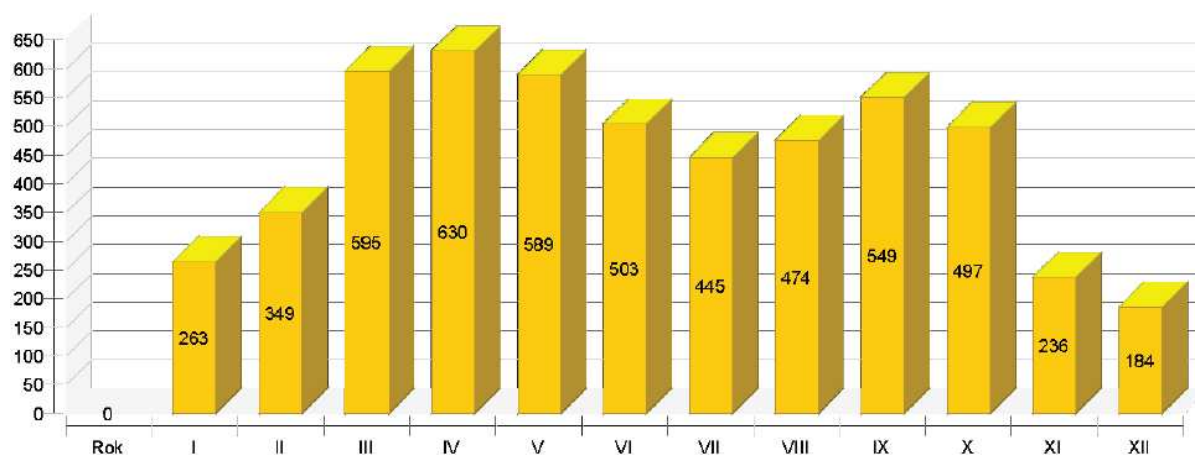
Komentář varianty 02:

Jak je patrné z výsledků, dvojnásobná kolektorová plocha nám nepřináší dvojnásobný solární přínos, ale pouze 38%-ní. Varianta 02 s cca o 30 % větší akumulací kapacitou zásobníku je typickou solární soustavou spíše většího rozsahu dnes realizovaných kombinovaných solárních systémů pro přitápění a ohřev TV v RD v ČR. Podíl solárního krytí 45,8 % vypadá velmi optimisticky a osobně se domnívám, že je přehnaný. Samotná budova i sluneční podmínky lokality jsou programem hodnoceny příliš pozitivně.

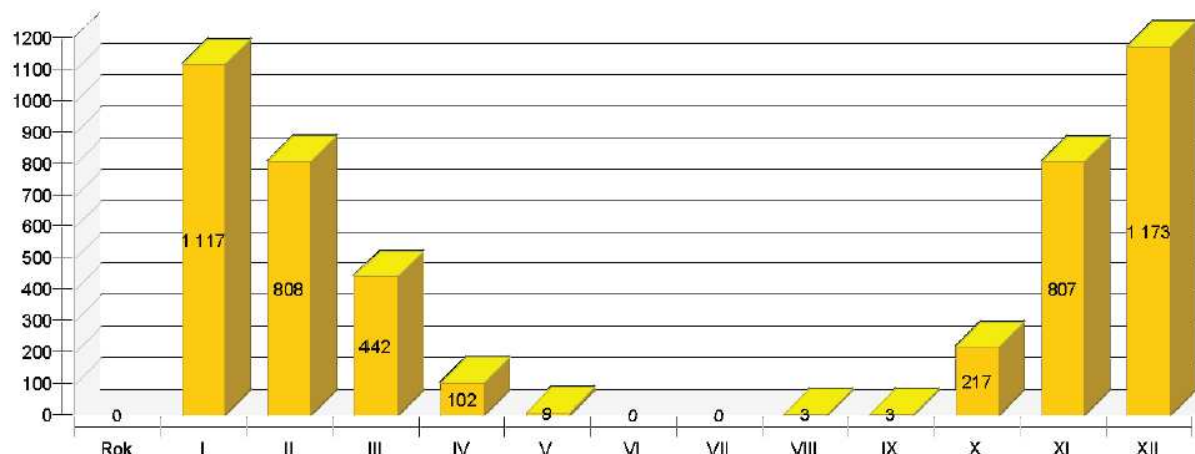
5.6.3. Simulace 03 solárního systému -C+B- se sl. kolektory ze systému B

Původní zapojení solárního systému -C- s použitím vakuových trubkových kolektorů VK25, které byly instalovány na sledovaném solárním systému -B- (kapitola: 5.3.).

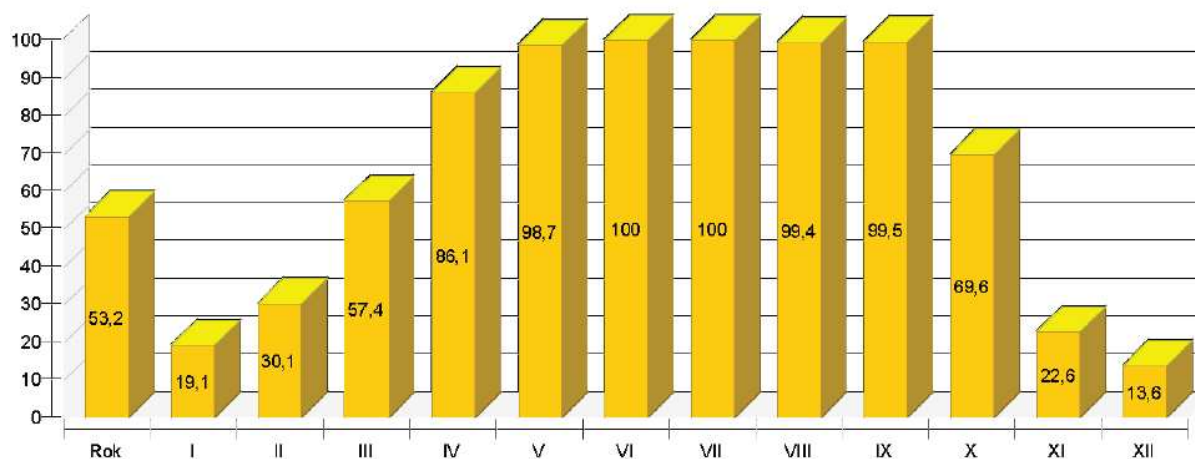
- 6x VK25: 15,4 m²
- 1x AKU: 750 l
- Celkový stupeň solárního pokrytí: 53,2 %
- Zisk kolektorového pole: 5 313 kWh/rok
- Zisk kolektorového pole vztažený na hrubou plochu: 345 kWh/m²/rok



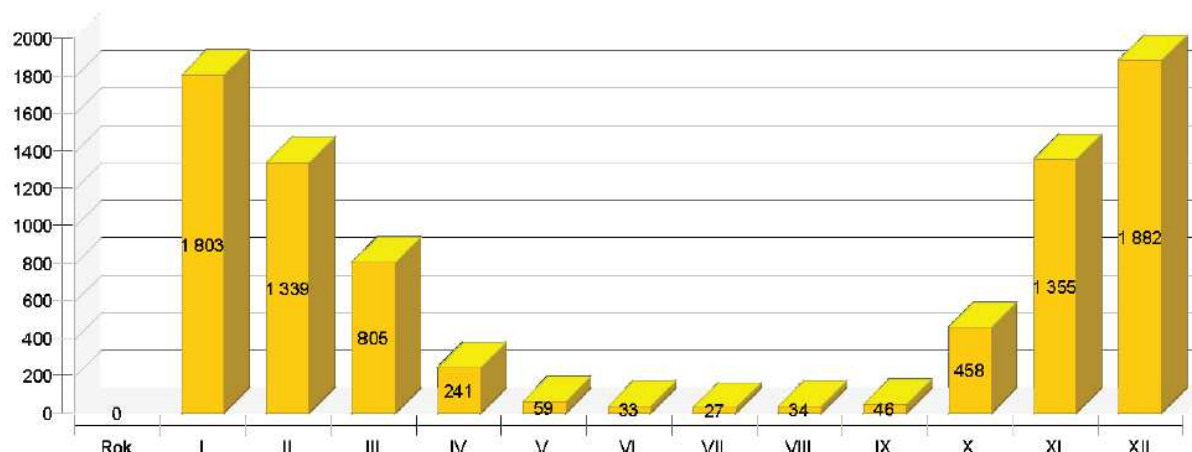
Obr. 5.39. Solární energie odevzdaná systému [Q_{SOL} -kWh]



Obr. 5.40. Přídavná energie odevzdaná systému [Q_{AUX} -kWh]



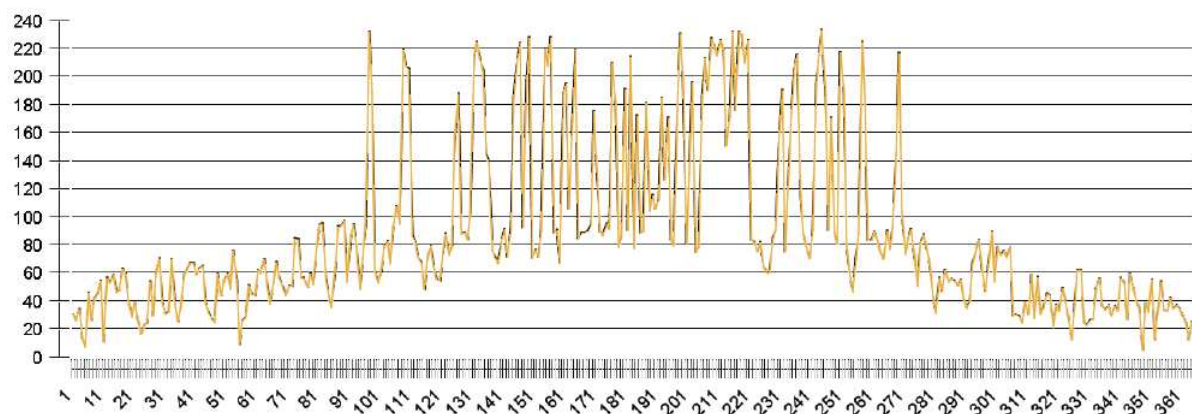
Obr. 5.41. Podíl solární energie odevzdané systému [SF_n -%]



Obr. 5.42. Koncová energie odevzdaná systému (palivo a el. energie) [E_{TOT} -kWh]

	Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Solární energie odevzdaná systému [Qsol]													
kWh	5313	263	349	595	630	589	503	445	474	549	497	236	184
Přídavná energie odevzdaná systému [Qaux]													
kWh	4679	1117	808	442	102	8	0	0	3	3	217	807	1173
Podíl solární energie odevzdané systému (netto) [SFn]													
%	53,2	19,1	30,1	57,4	86,1	98,7	100	100	99,4	99,5	69,6	22,6	13,6
Koncová energie odevzdaná systému (palivo a proud) [Etot]													
kWh	8082	1803	1339	805	241	59	33	27	34	46	458	1355	1882

Tab. 5.05. Výsledky simulace 03



Obr. 5.43. Maximální denní teplota kolektoru simulace 03 [°C]

Komentář varianty 03:

Zajímavé srovnání nabízí výměna slunečních kolektorů za trubicové vakuové, které jsou použity na realizaci -B- ve variantě 03. Simulace nabízejí zajímavé srovnání z hlediska ceny kolektorů a jejich zisků dle simulace v této kapitole:

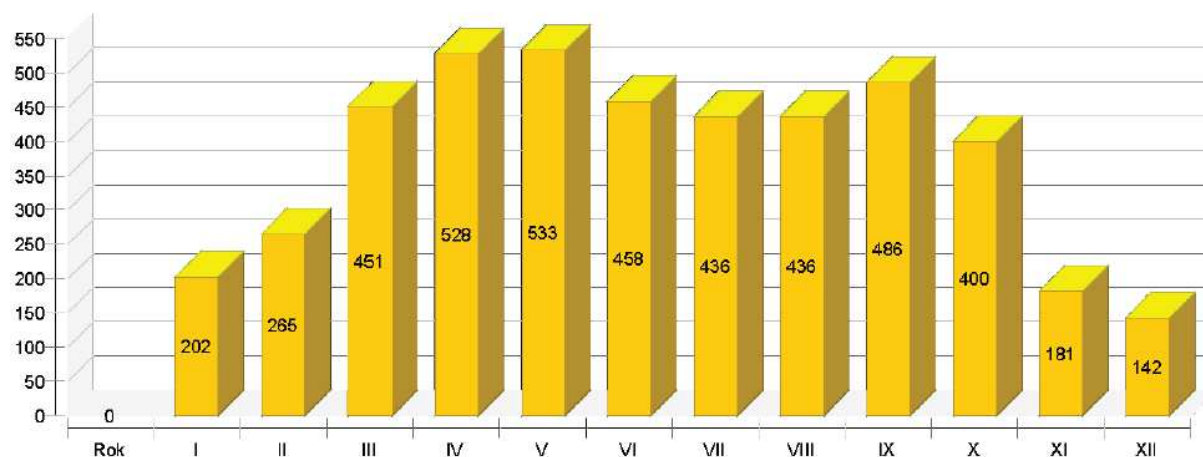
	Použité kolektory:	Cena kolektorů bez DPH v Kč: (12/2010)	Roční přínos kol. pole [kWh/rok]	Vztažná cena kolektoru [Kč/kWh]
Varianta 02	8xTH400	142 640,-	4 458	32,00
Varianta 03	6xVK25	221 400,-	5 313	41,70
Varianta 04	6xIDMK25	96 000,-	4 518	21,30

Tab. 5.06. Výkonová cena sl. kolektorů

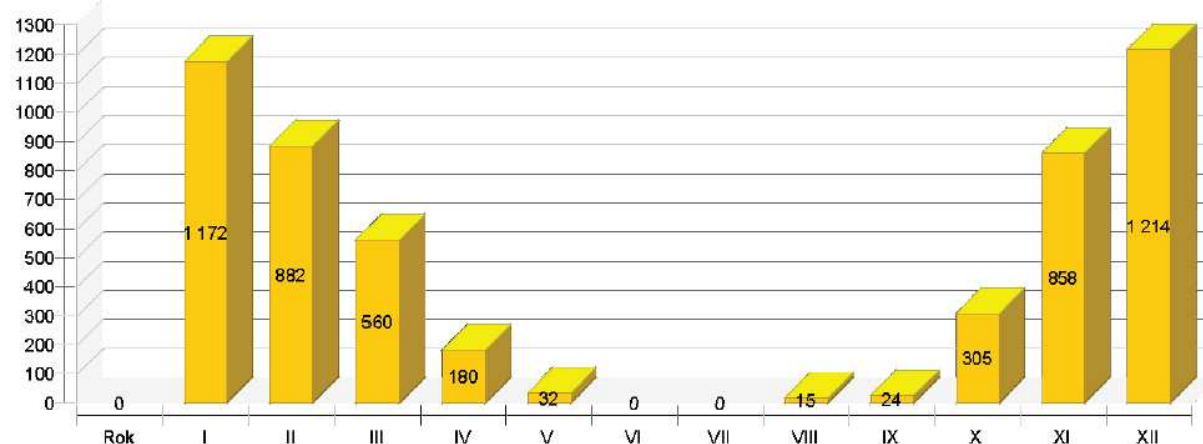
5.6.4. Simulace 04 solárního systému –C – s plochými nevakuovanými kolektory

Původní zapojení solárního systému –C1- s použitím typických nevakuovaných plochých selektivních kolektorů IDMK25 integrovaných do krytiny.

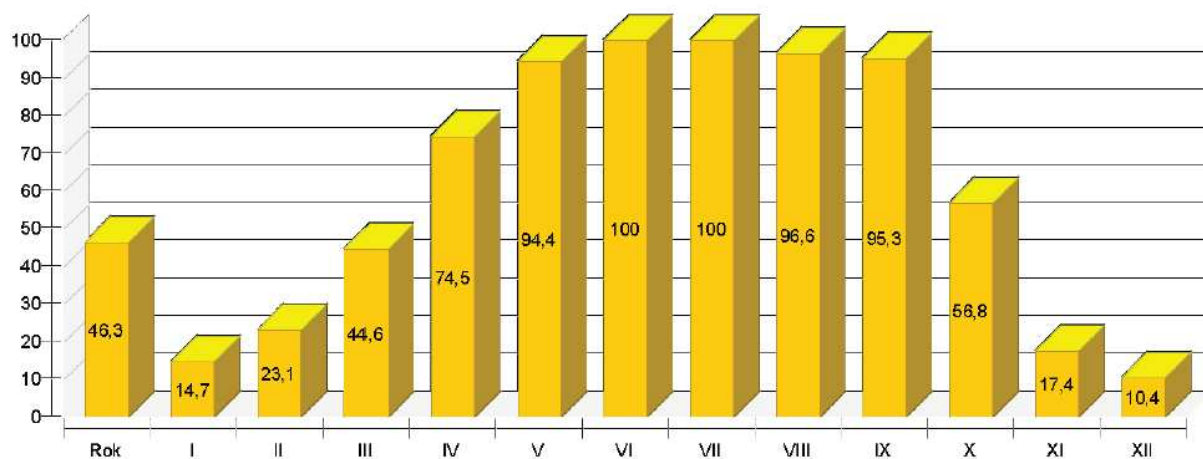
- 6x IDMK25: 15,2 m²
- 1x AKU: 750 l
- Celkový stupeň solárního pokrytí: 46,3 %
- Zisk kolektorového pole: 4 518 kWh/rok
- Zisk kolektorového pole vztažený na hrubou plochu: 297 kWh/m²/rok



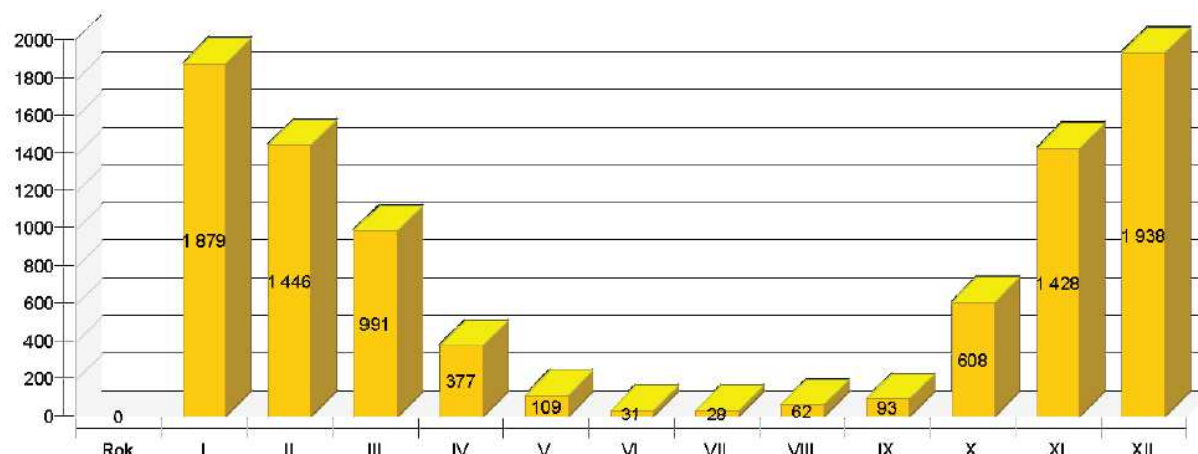
Obr. 5.44. Solární energie odevzdaná systému [Q_{SOL} -kWh]



Obr. 5.45. Přídavná energie odevzdaná systému [Q_{AUX} -kWh]



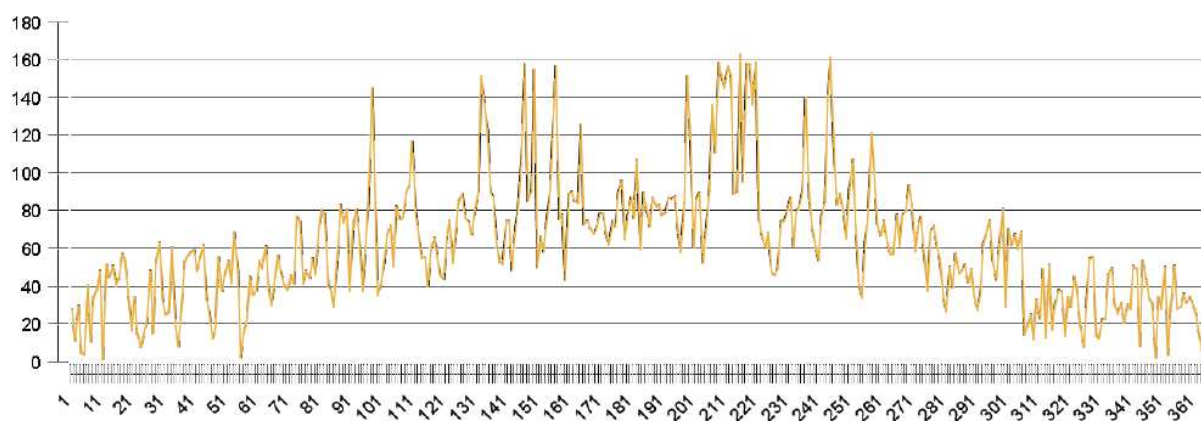
Obr. 5.46. Podíl solární energie odevzdané systému [SF_n -%]



Obr. 5.47. Koncová energie odevzdaná systému (palivo a el energie) [E_{TOT} -kWh]

	Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Solární energie odevzdaná systému [Qsol]													
kWh	4518	202	265	451	528	533	458	436	436	486	400	181	142
Přídavná energie odevzdaná systému [Qaux]													
kWh	5241	1172	882	560	180	32	0	0	15	24	305	858	1214
Podíl solární energie odevzdané systému (netto) [SFn]													
%	46,3	14,7	23,1	44,6	74,5	94,4	100	100	96,6	95,3	56,8	17,4	10,4
Koncová energie odevzdaná systému (palivo a proud) [Etot]													
kWh	8989	1879	1446	991	377	109	31	28	62	93	608	1428	1938

Tab.5.07. Výsledky simulace 04



Obr. 5.48. Maximální denní teplota kolektoru simulace 04 [°C]

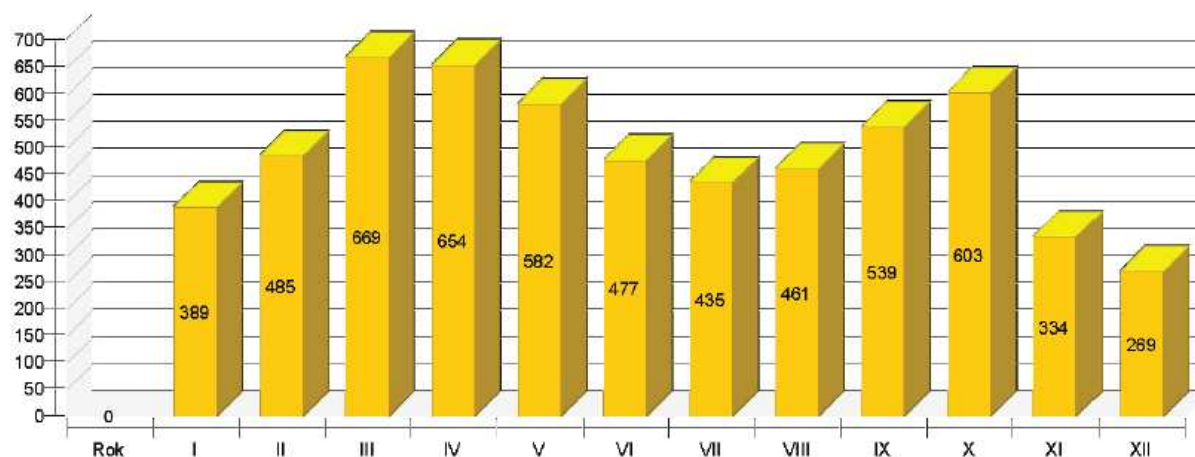
Komentář varianty 04:

Použití kolektorů IDMK25 ve variantě 04 vychází velmi optimisticky, jak je již patrné z tab. 5.07. Nevýhodou použitých sl. kolektorů TS400 na instalaci -C- je jejich menší plocha, což je cenově znevýhodňuje u větších instalací, nejen nutností většího počtu kolektorů, ale také konstrukcí a samotnou montáží. Varianta 04 vychází lépe také proto, že simulovaná budova má velmi příjemný charakter topné soustavy, pokud by bylo nezbytné vytápět na vyšší teploty, varianta 02 s vakuovanými plochými kolektory TS 400 by vycházela pravděpodobně lépe.

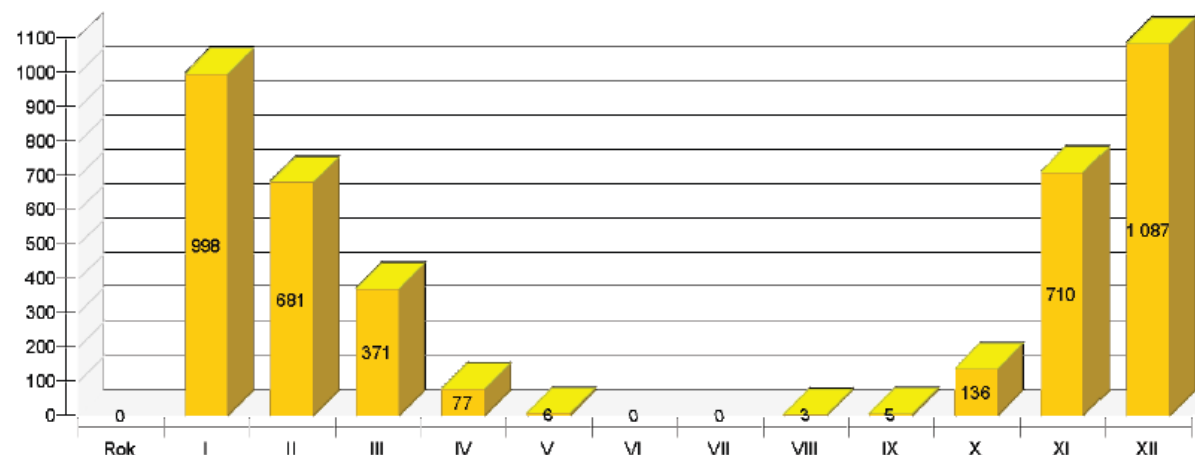
5.6.5. Simulace 05 solárního systému -C - s maximální kolektorovou plochou

Simulace počítá stále se stejnou základní akumulací, ale s maximální kolektorovou plochou, kterou nám nabízí jižní střecha.

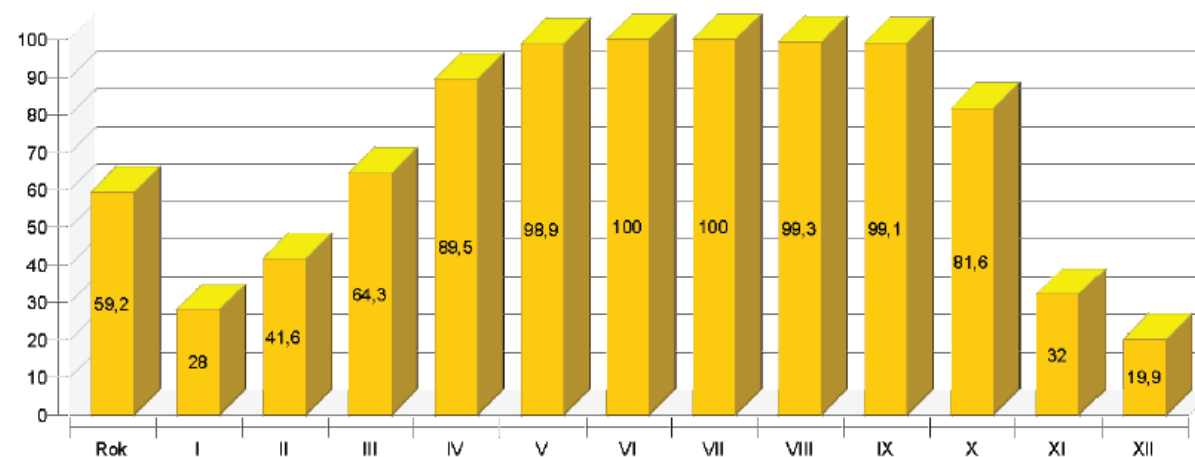
- 26x TS400: 52,8 m²
- 1x AKU: 750 l
- Celkový stupeň solárního pokrytí: 59,2 %
- Zisk kolektorového pole: 5 897 kWh/rok
- Zisk kolektorového pole vztažený na hrubou plochu: 112 kWh/m²/rok



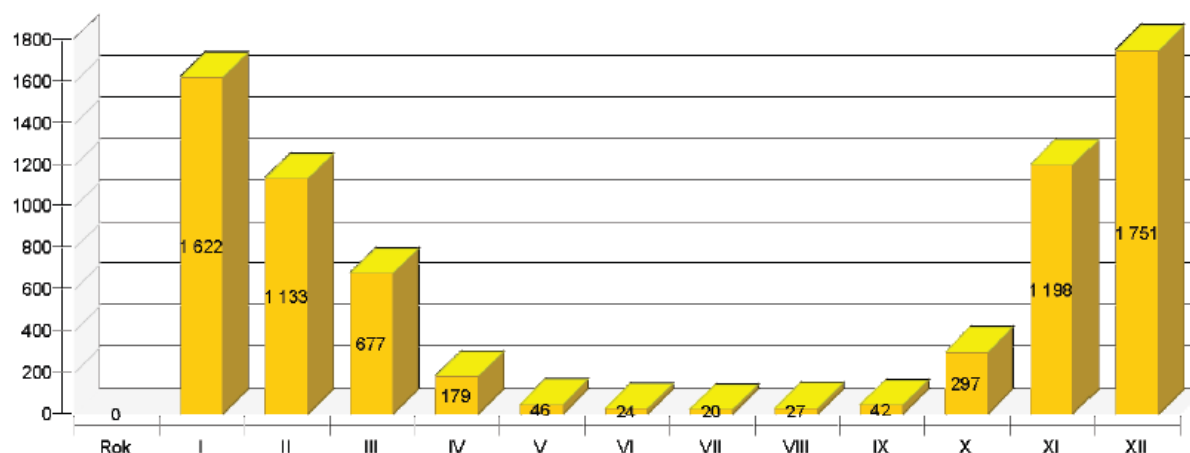
Obr. 5.49. Solární energie odevzdaná systému [Q_{SOL} -kWh]



Obr. 5.50. Přídavná energie odevzdaná systému [Q_{AUX} -kWh]



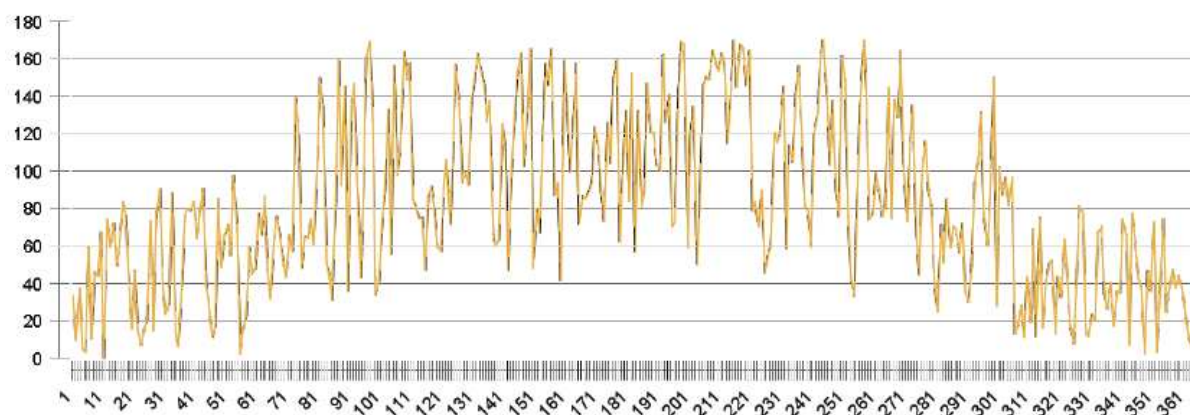
Obr. 5.51. Podíl solární energie odevzdané systému [SF_n -%]



Obr. 5.52. Koncová energie odevzdaná systému (palivo a el energie) [E_{TOT} -kWh]

	Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Solární energie odevzdaná systému [Qsol]													
kWh	5897	389	485	669	654	582	477	435	461	539	603	334	269
Přídavná energie odevzdaná systému [Qaux]													
kWh	4072	998	681	371	77	6	0	0	3	5	136	710	1087
Podíl solární energie odevzdané systému (netto) [SF _n]													
%	59,2	28	41,6	64,3	89,5	98,9	100	100	99,3	99,1	81,6	32	19,9
Koncová energie odevzdaná systému (palivo a proud) [E _{tot}]													
kWh	7015	1622	1133	677	179	46	24	20	27	42	297	1198	1751

Tab.5.08. Výsledky simulace 05



Obr. 5.53. Maximální denní teplota kolektoru simulace 05 [°C]

Komentář varianty 05:

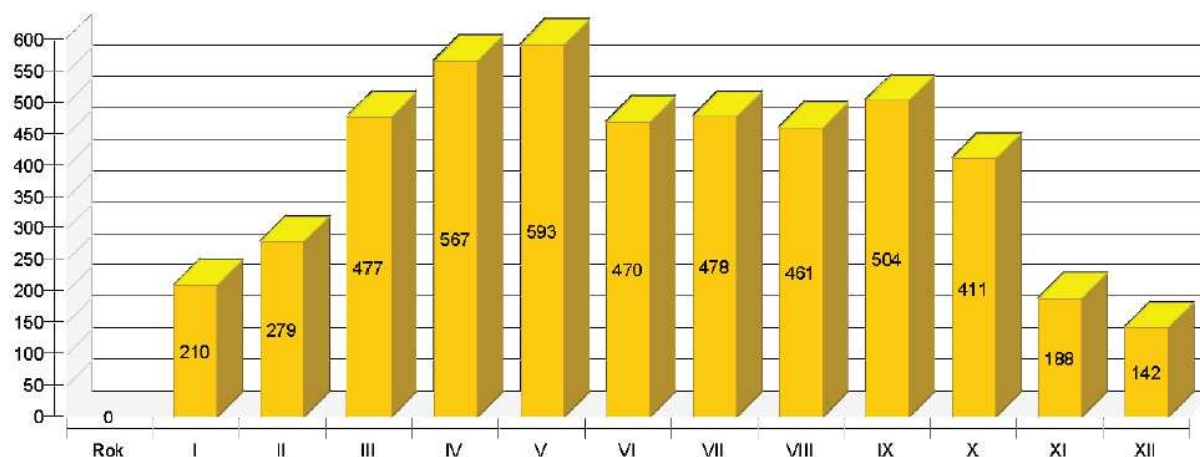
Simulace odvážného řešení dimenzování je proti všem pravidlům solární praxe. Přes 50 m² kolektorové plochy na pouhých 750 litrový zásobník? Proč ne, výsledkem je zatím nejvyšší stupeň solárního krytí: 59,2 % a zároveň minimální měrné využití sl. kolektorů pouhých: 112 kWh/(m².rok). Toto kolektorové pole by ovšem stálo 463 580,- Kč bez DPH.

Dále bychom museli řešit chlazení obrovských solárních přebytků v letní polovině roku, jak je patrné z obr. 5.53. kde převažují stagnační stavy v letní polovině roku. Toto řešení pochopitelně má svou logiku s větší akumulací (varianta 08) a s výrazným zlevněním kolektorového pole, které by mělo plnit sekundární funkce popsané v kapitole 3.

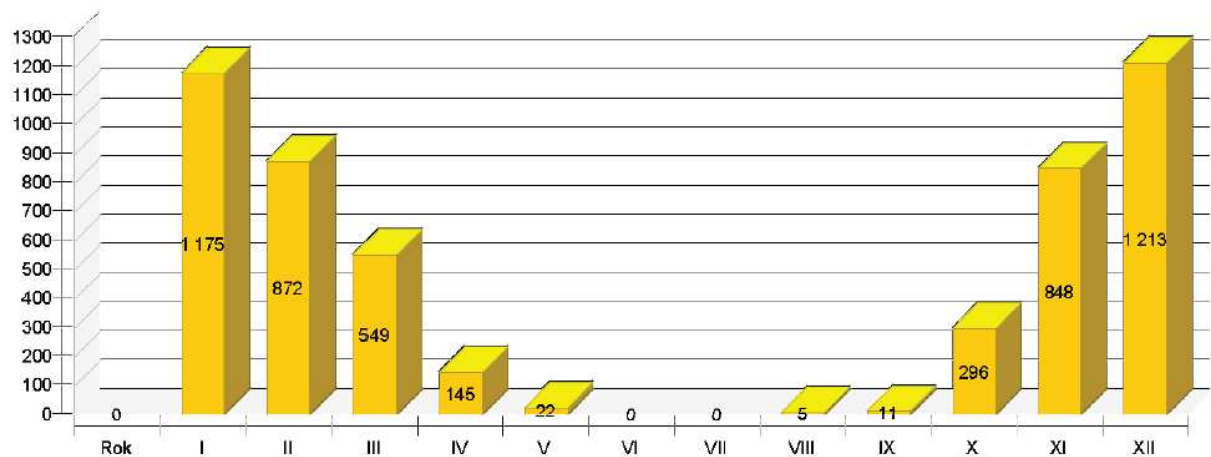
5.6.6. Simulace 06 solárního systému odpovídající optimalizaci –C2-bez TT01

Simulace počítá s kolektorovou plochou a kapacitou akumulace realizované optimalizačním opatřením na sledovaném systému –C-, simulace neuvažuje s využitím tepelného transformátoru pro zvyšování účinnosti sl. kolektorů.

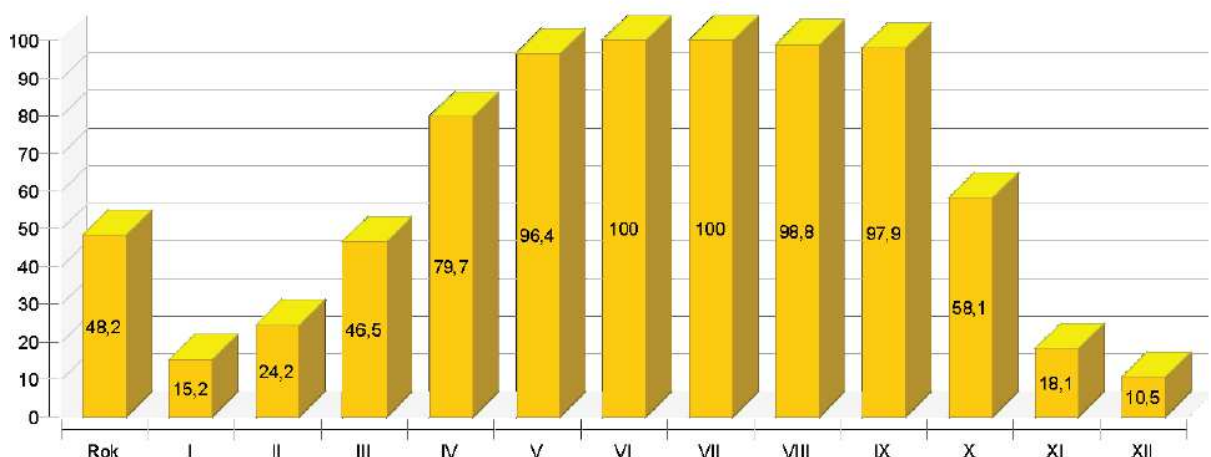
- 8x TS400: 16,2 m²
- 1x AKU: 1390 l
- Celkový stupeň solárního pokrytí: 48,2 %
- Zisk kolektorového pole: 4 780 kWh/rok
- Zisk kolektorového pole vztažený na hrubou plochu: 294 kWh/m²/rok



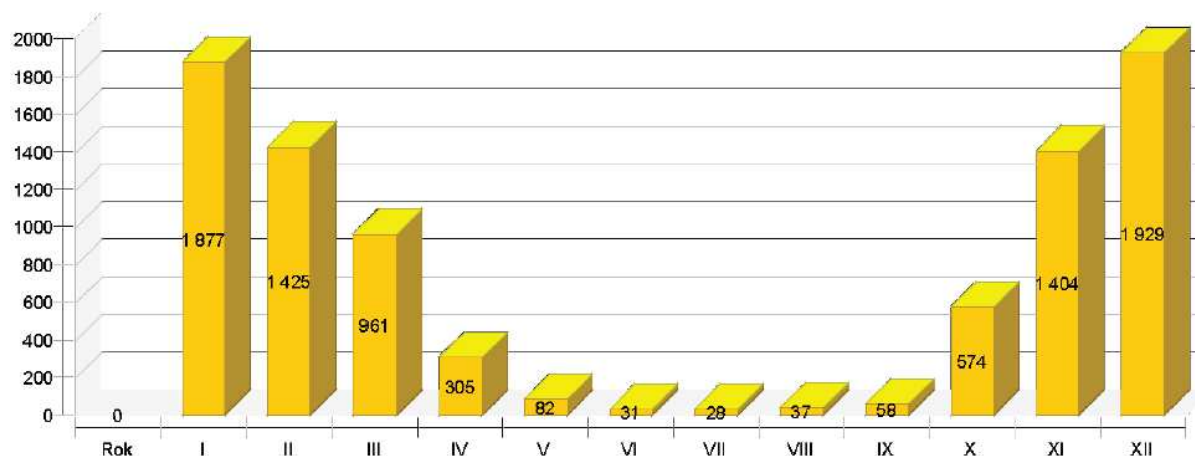
Obr. 5.54. Solární energie odevzdaná systému [Q_{SOL} -kWh]



Obr. 5.55. Přídavná energie odevzdaná systému [Q_{AUX} -kWh]



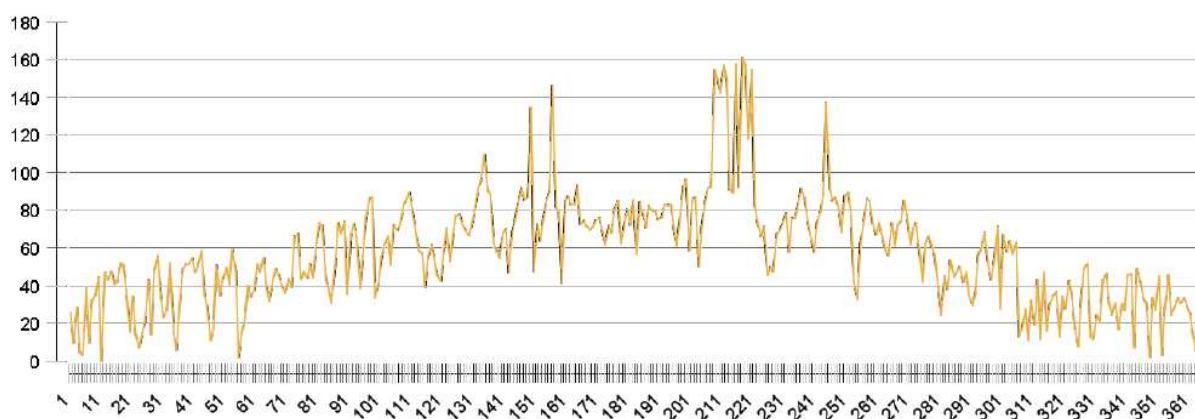
Obr. 5.56. Podíl solární energie odevzdané systému [SF_n -%]



Obr. 5.57. Koncová energie odevzdaná systému (palivo a el energie) [E_{TOT} -kWh]

	Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Solární energie odevzdaná systému [Qsol]													
kWh	4780	210	279	477	567	593	470	478	461	504	411	188	142
Přídavná energie odevzdaná systému [Qaux]													
kWh	5136	1175	872	549	145	22	0	0	5	11	296	848	1213
Podíl solární energie odevzdané systému (netto) [SFn]													
%	48,2	15,2	24,2	46,5	79,7	96,4	100	100	98,8	97,9	58,1	18,1	10,5
Koncová energie odevzdaná systému (palivo a proud) [Etot]													
kWh	8711	1877	1425	961	305	82	31	28	37	58	574	1404	1929

Tab. 5.09. Výsledky simulace 06



Obr. 5.58. Maximální denní teplota kolektoru simulace 06 [°C]

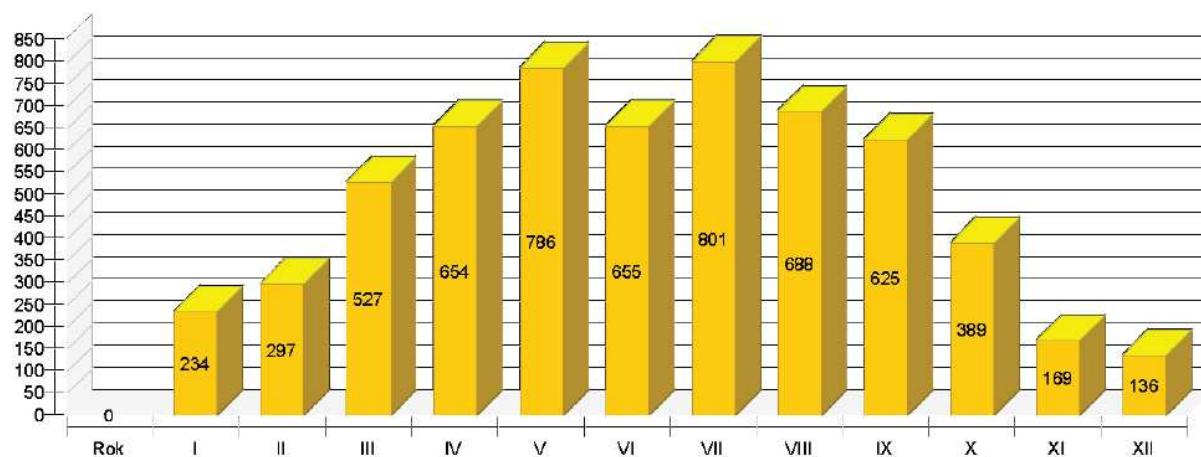
Komentář varianty 06:

Bohužel se mi nedaří simulovat v programu PolySun 4.4. reálné zapojení optimalizačního opatření -C2- včetně tepelného transformátoru, proto varianta 06 přináší alespoň reálný přínos navýšení kapacity původního zásobníku na reálný objem, který tvoří zásobníky Solarito II a zásobník Alfa01. Pouhé zvýšení kapacity zásobníku ze 750 litrů na 1390 litrů přináší zvýšení solárního zisku z 4 458 na 4 780 kWh/rok, a navýšení podílu solárního krytí z 45,8 na 48,2 %. Nový přístup, filosofie a schéma systémového řešení optimalizace -C2- s použitím TT01 bohužel v simulačním programu PolySun 4.4. vytváří chybu, se kterou si zatím program ani já neumíme poradit.

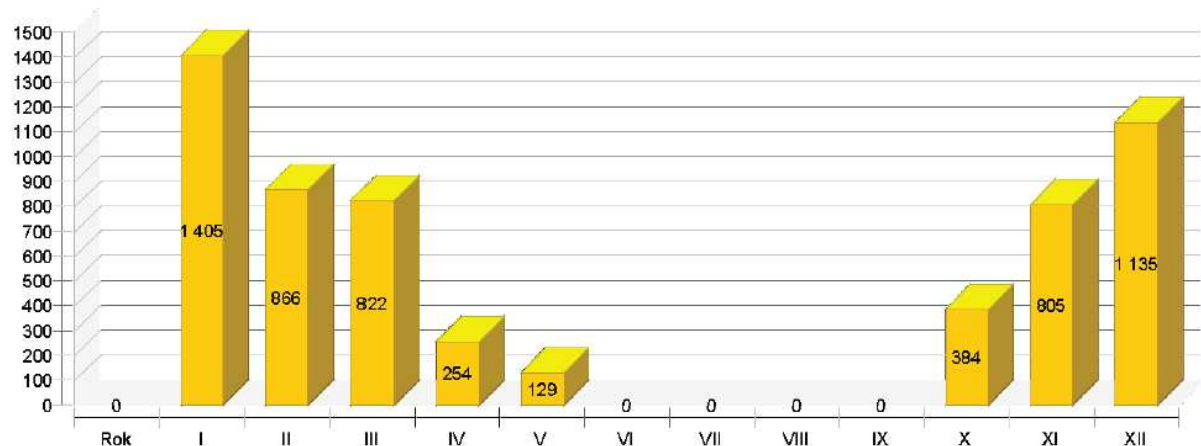
5.6.7. Simulace 07 solárního systému s max. akumulací

Simulace počítá s kolektorovou plochou instalovanou na -C2- s použitím nadstandardní akumulace 27 m³.

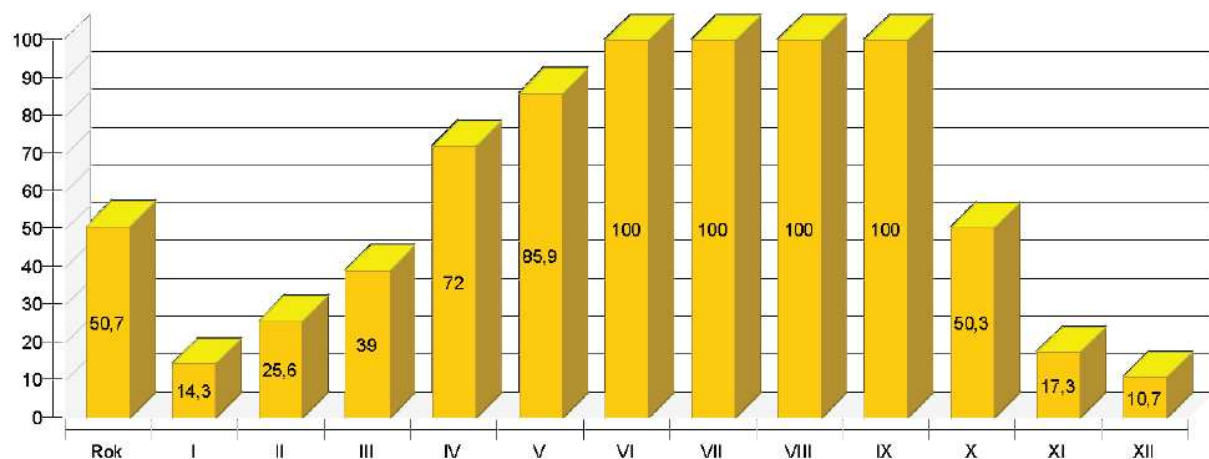
- 8x TS400: 16,2 m²
- 1x AKU: 27 000 l
- Celkový stupeň solárního pokrytí: 50,7 %
- Zisk kolektorového pole: 5 961 kWh/rok
- Zisk kolektorového pole vztažený na hrubou plochu: 367 kWh/m²/rok



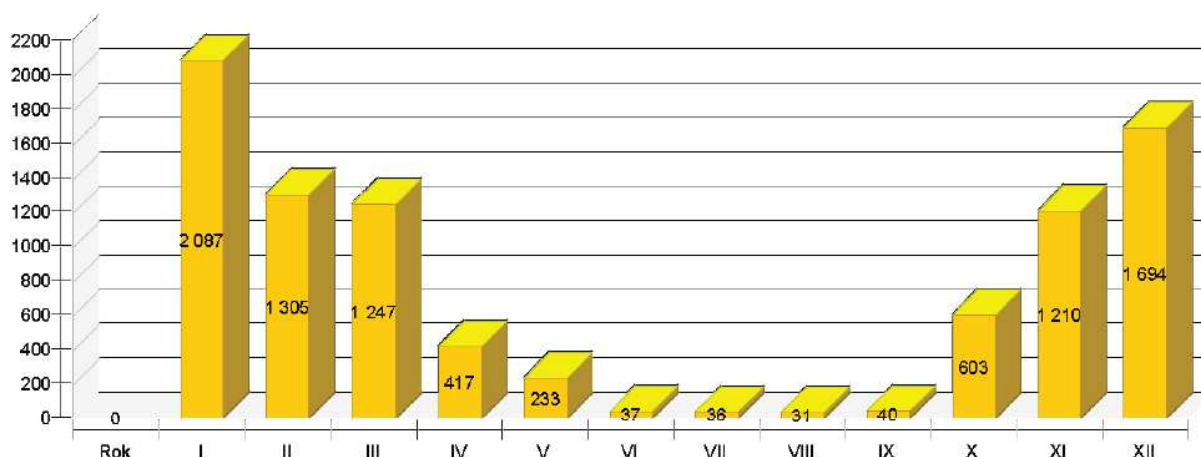
Obr. 5.59. Solární energie odevzdaná systému [Q_{SOL} -kWh]



Obr. 5.60. Přídavná energie odevzdaná systému [Q_{AUX} -kWh]



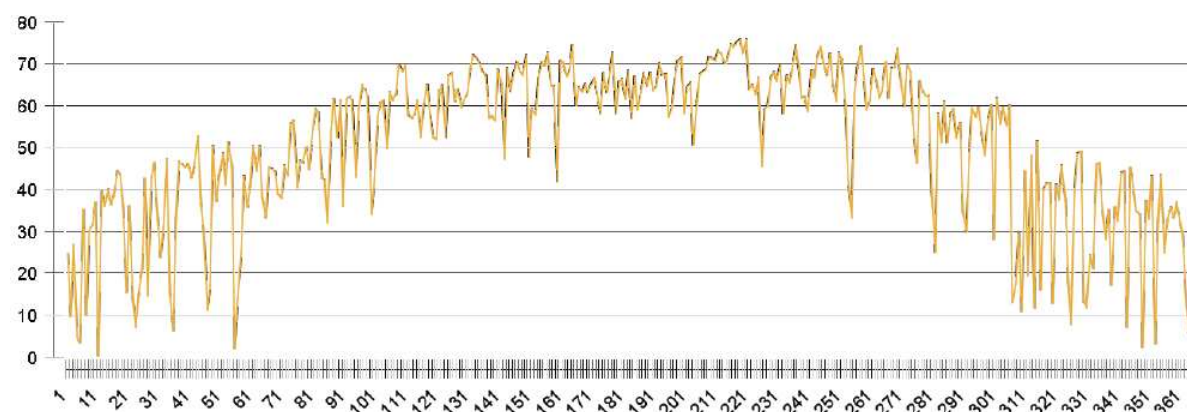
Obr. 5.61. Podíl solární energie odevzdané systému [SF_n -%]



Obr. 5.62. Koncová energie odevzdaná systému (palivo a el energie) [E_{TOT} -kWh]

	Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Solární energie odevzdaná systému [Qsol]													
kWh	5961	234	297	527	654	786	655	801	688	625	389	169	136
Přídavná energie odevzdaná systému [Qaux]													
kWh	5801	1405	866	822	254	129	0	0	0	0	384	805	1135
Podíl solární energie odevzdané systému (netto) [SFn]													
%	50,7	14,3	25,6	39	72	85,9	100	100	100	100	50,3	17,3	10,7
Koncová energie odevzdaná systému (palivo a proud) [Etot]													
kWh	8941	2087	1305	1247	417	233	37	36	31	40	603	1210	1694

Tab. 5.10. Výsledky simulace 07



Obr. 5.63. Maximální denní teplota kolektoru simulace 07 [°C]

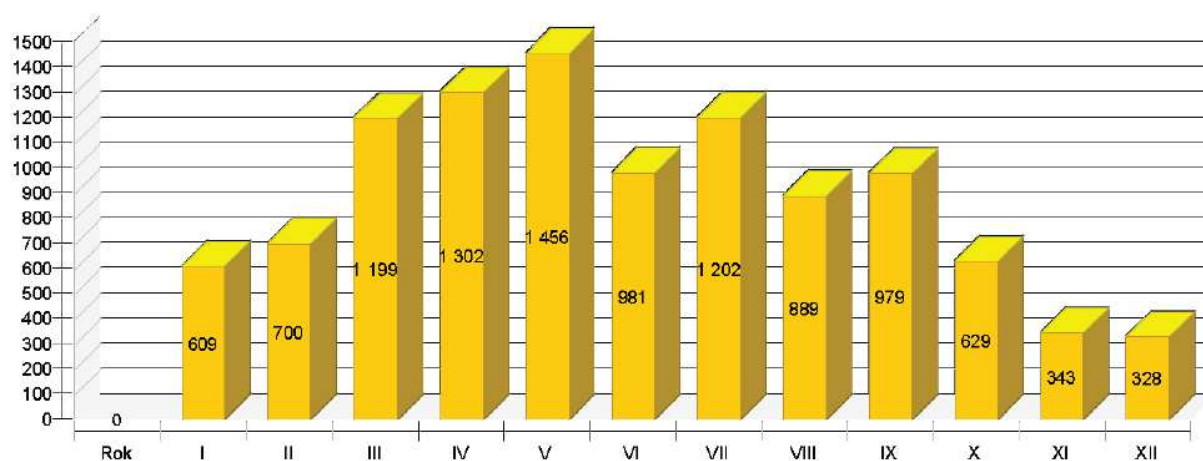
Komentář varianty 07:

Tato varianta uvažuje se standardní kolektorovou plochou a typem kolektoru použitým na instalaci -C2-, ale přesně naopak k variantě 05 je doplněna nadstandardním zásobníkem, který také nemusí stát tak jak jsme dnes zvyklí, což je popsáno v kapitole 3.. Zásobník by mohl vyplňovat např. sklepní prostor o rozměru nejprodávanějšího bazénu v ČR (6x3x1,5 m). Takováto instalace opět dosahuje nadstandardního solárního krytí přes 50 % se standardní kolektorovou plochou 16,2 m².

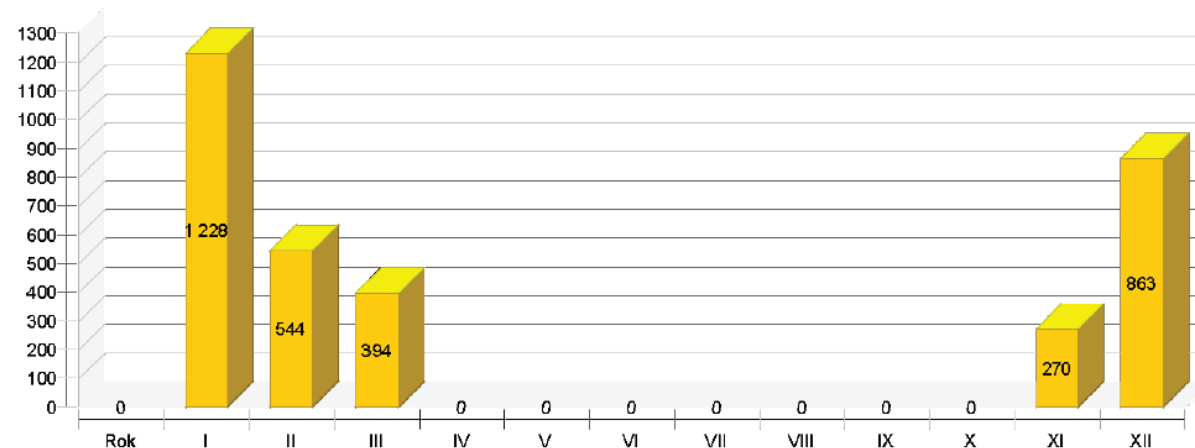
5.6.8. Simulace 08 solárního systému s max. akumulací a max. kol. plochou

Simulace počítá s kolektorovou plochou instalovanou na -C2- s použitím nadstandardní akumulace 27 m³, o které se zmiňují v kapitole 3 (bazén-6x3x1,5 m).

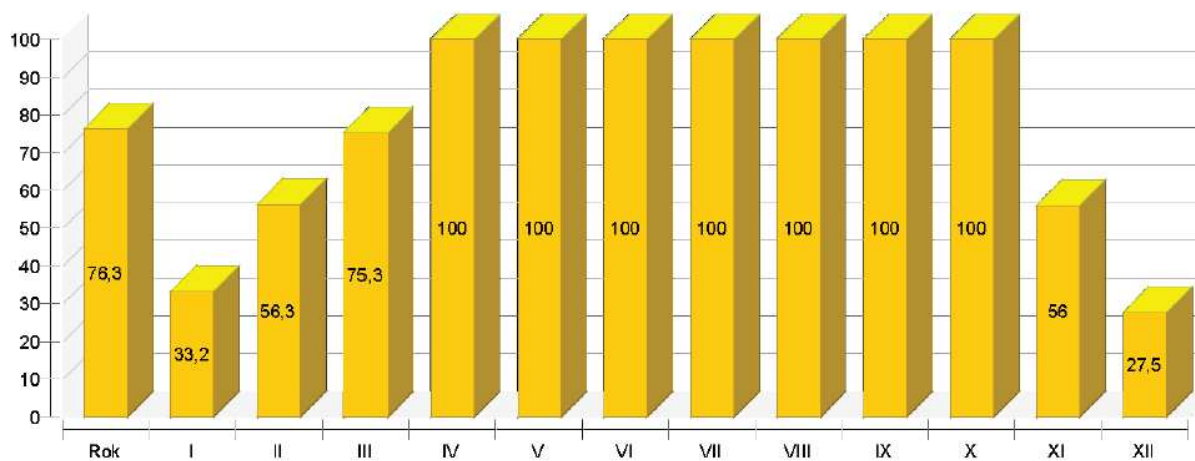
- 26x TS400: 52,8 m²
- 1x AKU: 27 000 l
- Celkový stupeň solárního pokrytí: 76,3 %
- Zisk kolektorového pole: 10 618 kWh/rok
- Zisk kolektorového pole vztažený na hrubou plochu: 201 kWh/m²/rok



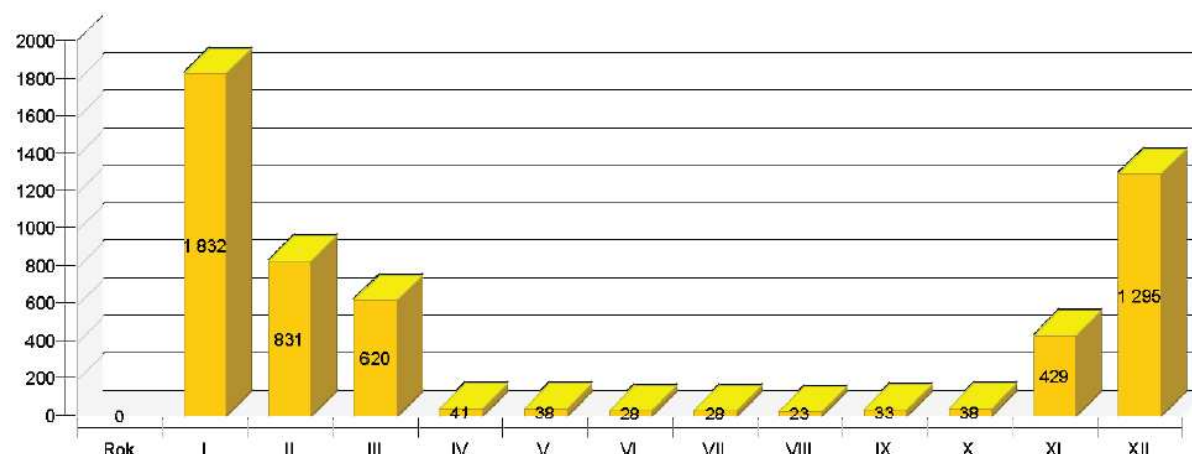
Obr. 5.64. Solární energie odevzdaná systému [Q_{SOL} -kWh]



Obr. 5.65. Přídavná energie odevzdaná systému [Q_{AUX} -kWh]



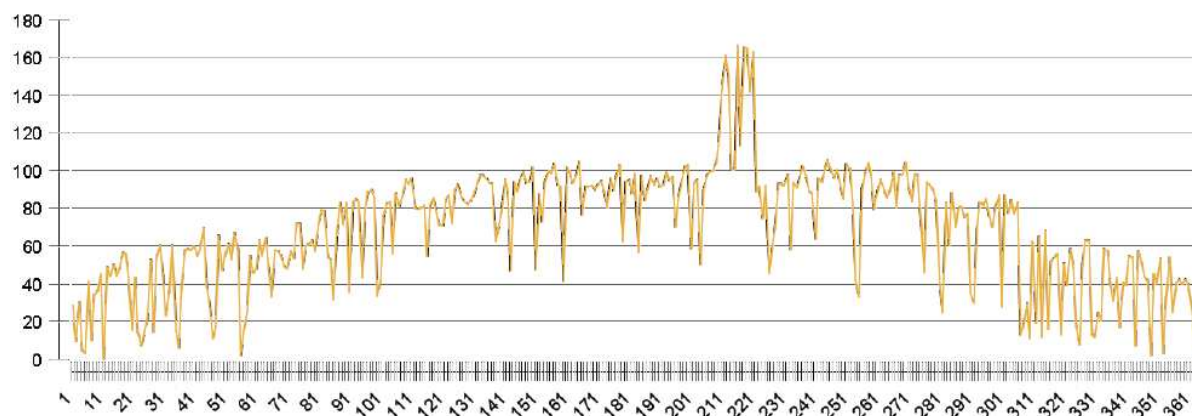
Obr. 5.66. Podíl solární energie odevzdané systému [SF_n -%]



Obr. 5.67. Koncová energie odevzdaná systému (palivo a el energie) [E_{TOT} -kWh]

Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Solární energie odevzdaná systému [Q_{sol}]												
kWh	10618	609	700	1199	1302	1456	981	1202	889	979	629	328
Přídavná energie odevzdaná systému [Q_{aux}]												
kWh	3299	1228	544	394	0	0	0	0	0	0	270	863
Podíl solární energie odevzdané systému (netto) [S_{Fn}]												
%	76,3	33,2	56,3	75,3	100	100	100	100	100	100	56	27,5
Koncová energie odevzdaná systému (palivo a proud) [E_{tot}]												
kWh	5237	1832	831	620	41	38	28	28	23	33	38	429

Tab. 5.11. Výsledky simulace 08



Obr. 5.68. Maximální denní teplota kolektoru simulace 08 [°C]

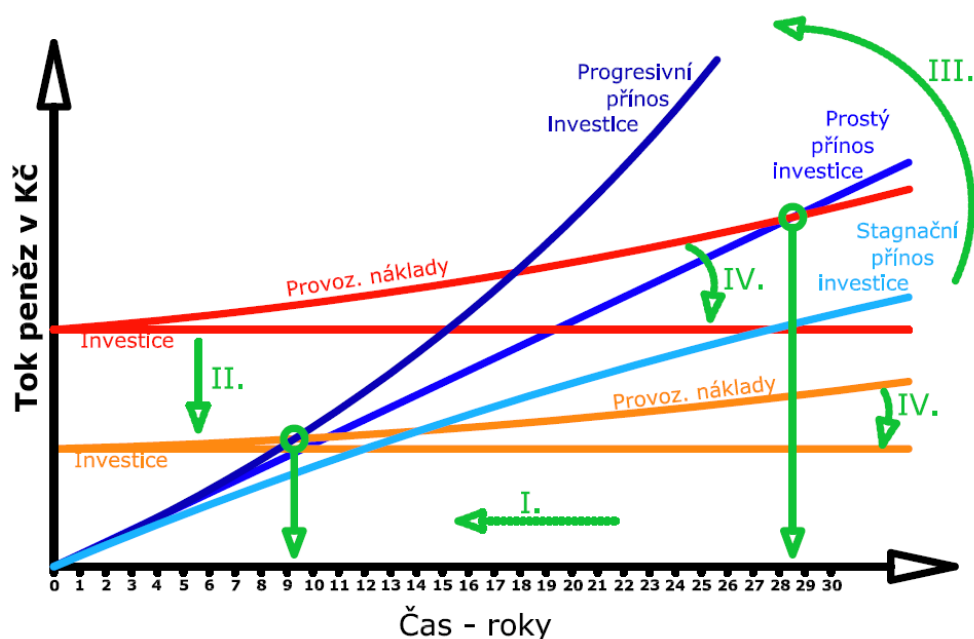
Komentář varianty 08:

Tato varianta, je reálným snem každého „solárníka“, kombinací maximální kolektorové plochy s maximální kapacitou akumulace použité v předchozích variantách získáváme nejlepší výsledek v podobě 76,3% krytí v našem simulačním příkladu. Díky 2 m³ akumulační kapacity na 1 m² kolektorové plochy se prakticky nedostáváme ani do stagnačních stavů. Krytí téměř 80 % spotřeby tepelné energie v RD v extrémních klimatických podmínkách Liberce, vyhodnocené programem PolySun 4.4., bych si ovšem dovolil označit také za teoretické. Nezbývá doufat, než že vše někdy vyzkoušíme.

6. Ekonomické hodnocení solárních systémů pro přitápění

6.1. Teorie ekonomického hodnocení solárních systémů pro přitápění

Ekonomické hodnocení investic do solárních systémů se řídí stejnými pravidly jako jakékoli jiné investice do úsporných energetických opatření. Cílem je vždy prokázat smysluplnost vložených prostředků. U kombinovaných solárních systémů pro přitápění a ohřev TV je ovšem velmi obtížné objektivně zhodnotit skutečný přínos, který se skládá ze dvou hlavních složek, tedy ze samotného energetického zisku solárního systému a sekundárního přínosu sociálně-environmentálního. Obě tyto složky pozitivního přínosu se velmi obtížně kvantifikují. Dále při ekonomickém hodnocení solárních systémů musíme pracovat s cenami konvenční energie a vývojem těchto cen v nadcházejících letech, případně s daňovým zatížením a podpůrnými mechanismy, které stimulují investice do obnovitelných zdrojů energie.



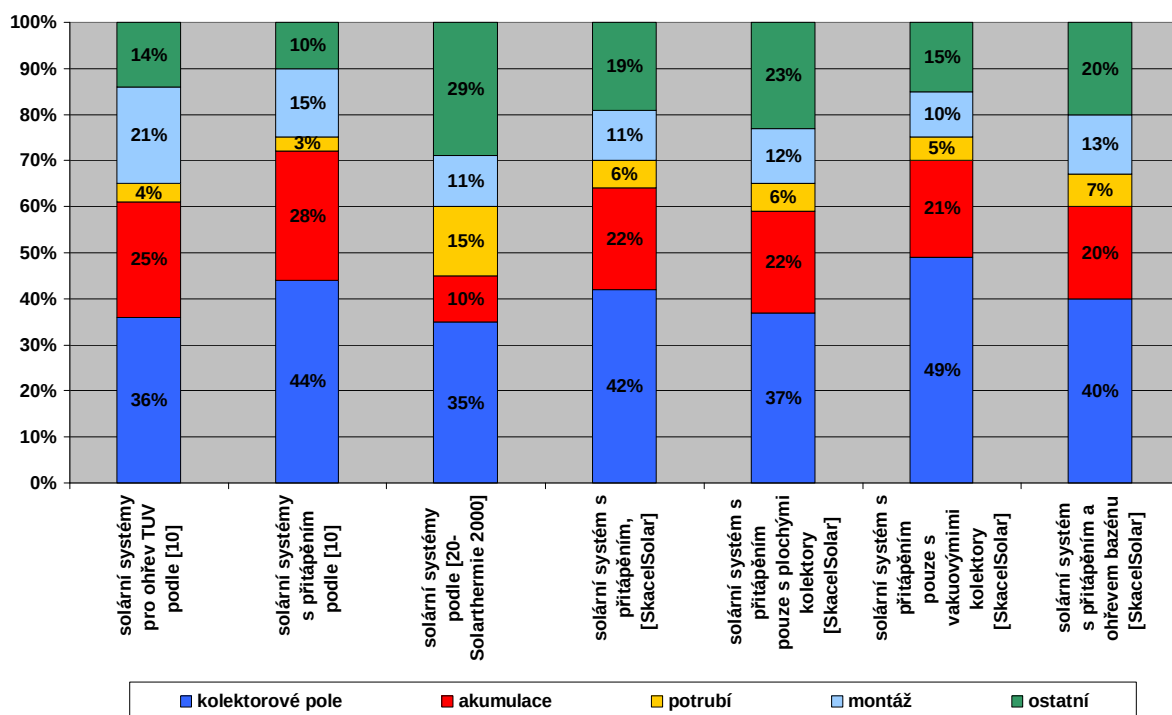
Obr. 6.01. Základní ekonomické hodnocení solárních systémů

Na obr. 6.01. je patrné posuzování solárních systémů z hlediska jejich přínosu. Základním kritériem je **návratnost** vložených **investic**, kterou chceme pochopitelně **co nejkratší (I.)**. Nejdůležitějšími parametry, jak toho lze dosáhnout, je snižování **investičních nákladů (II.)**. Dále lze ovlivnit **provozní náklady (IV.)** použitím kvalitních komponent, správným technickým řešením a kvalifikovaným provozem. Významným a současně nejdůležitějším parametrem jsou solární zisky, úspora primární energie a **cena solárního tepla (III.)**. Tento parametr ovlivňuje jednak opět efektivita použité technologie, správné dimenzování a technické provedení. Do vývoje reálného přínosu je nezbytné započítat skutečný vývoj ceny konvenční energie, včetně porovnání ušlé investiční příležitosti. Stagnační přínos investice do solárních systémů představuje případ, kdy by nerostly reálné ceny konvenční energie a ušlé zisky z investice do jiných příležitostí by nám prakticky degradovaly skutečný přínos solárních systémů v čase, nebo by byly jiné investice ekonomicky přínosnější. Prostý přínos investice vyjadřuje prostou návratnost, kdy jsou možnosti investic do jiných příležitostí vyrovnané s nárůstem cen konvenční energie. Do míry pozitivního přínosu investice do solárních systémů lze započítat také společensko-environmentální přínos. Minimálně bychom nemuseli investice do solárních systémů porovnávat s pragmatickými/materialistickými investicemi, stejně jako neposuzujeme řadu jiných investic do vzdělání, zdraví nebo zábavy, které nás obohacují v jiné dimenzi.

Zejména malé solární systémy pro přitápění v RD představují nejhorší ekonomickou variantu vzhledem k vysokým měrným investičním nákladům a malým využitelným solárním ziskům. Proto je tato práce věnována zejména optimalizačním opatřením ovlivňujícím tuto skutečnost.

6.1.1. Investiční náklady solárních systémů

Do celkových nákladů na instalace solárních systémů je nezbytné započítat veškeré prvky solárních soustav včetně nákladů spojených s projekcí, přípravou a dalšími režijními náklady. Jak snižovat investiční náklady na jednotlivé prvky solárních systémů inovativními přístupy, jsem popsal v kapitole 3., která je věnována optimalizaci



Obr. 6.02. Grafické znázornění struktury ceny solárních systémů z různých zdrojů (podrobnější rozbor v příloze P7)

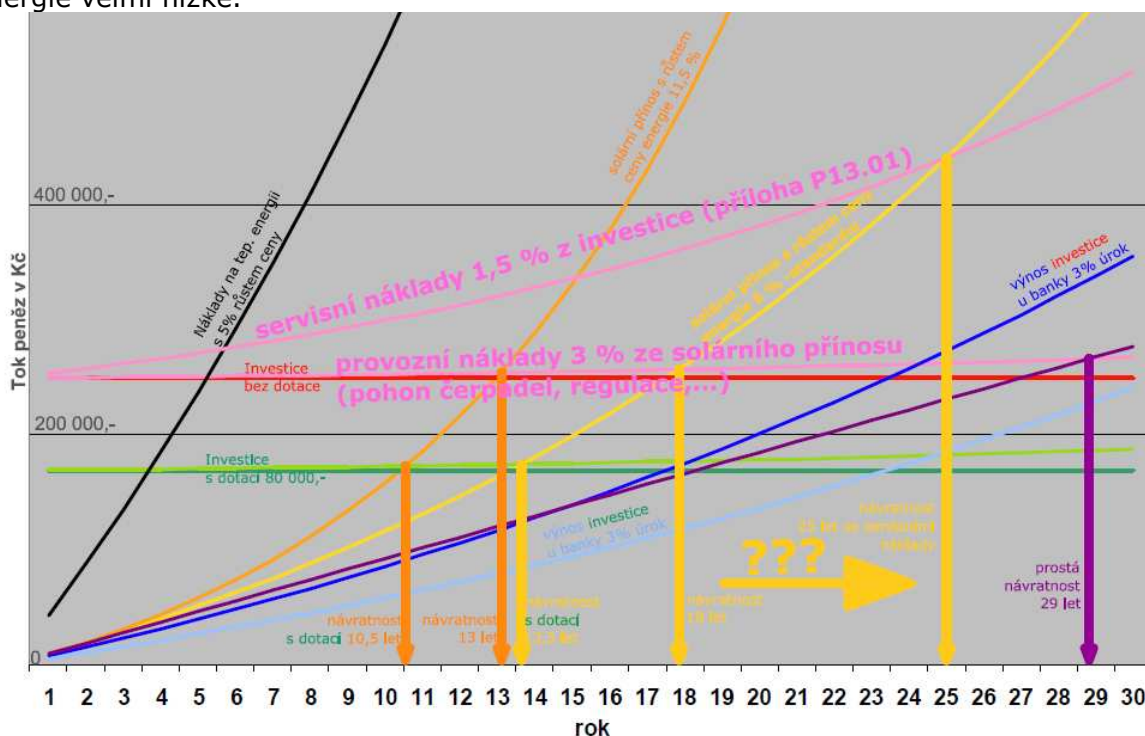
Investice do solárních systémů lze snížit také subvencí – **dotacemi** z veřejných prostředků. ČR, respektive její orgány (SFŽP, PŽP) vytvářejí programy pro tuto podporu, bohužel je chování státu v tomto ohledu velmi nezodpovědné z hlediska pevných a dlouhodobých pravidel, která jediná mohou v tomto odvětví vytvořit seriózní prostředí zejména pro firmy a zaměstnavatele. Dlouhodobá stabilita by zvýšila kvalitu služeb a napomohla lepším ekonomickým parametrům solárních systémů. Vedle přímých investičních podpor se nabízejí další mechanismy podpory v podobě ovlivnění daňového zatížení investorů (DPH, daň z příjmu, spotřební daň). Mnohem smysluplnější podporou OZE⁽⁴⁾ než přímé subvencování a nekompetentní přerozdělování veřejných prostředků by bylo **daňové zatížení konvenční energie** (zelená daň) zohledňující negativní externalitu.⁽²⁷⁾ Tento model není možné prosadit vinou silného lobbyismu dodavatelů konvenční energie a zároveň byrokracie státní zprávy, kterou dotační tituly a s tím spojená administrativa živí a odebírá jí značné prostředky, které by mohly generovat další solární teplo a šetřit naše životní prostředí. Oba základní modely podpory solárních systémů pro přitápění v domech pro bydlení přinášejí řadu sekundárních pozitivních efektů:

- **napomáhají snižovat tvorbu skleníkových plynů a exhalací**
- **zvyšují smysluplné investice již zdaněných prostředků občanů**
- **stimulují ekonomiku**
- **podporují malé podniky, vytvářejí pracovní příležitosti**
- **decentralizují pracovní trh**
- **zvyšují nezávislost na dovážených energetických komoditách**
- **zvyšují počty instalací solárních systémů, a tím zvyšují environmentální uvažování obyvatelstva, které pak adekvátně reaguje i v jiných oblastech (třídění odpadu, další úsporné návyky apod.)**

6.1.2. Provozní náklady solárních systémů pro přitápění

Měrné provozní náklady jsou u menších solárních systémů pro přitápění v RD ve srovnání s ohřevem TV nebo s většími sol. systémy pro předehřev TV relativně vysoké. Hlavní příčinou je zpravidla systémové řešení, technické provedení a větší počet hodin stagnačních stavů, které negativně ovlivňují kvalitu teplosné kapaliny, těsnost spojů a ohrožují další prvky soustavy. V příloze P13 jsem provedl reálný rozbor provozních nákladů solárních systémů, ze kterého vyplývá, že literaturou [20,27] uváděné servisní náklady 0,3–0,5 % z investice za rok mohou být podhodnocené zejména u špatně navržených a nekvalitně realizovaných sol. systémů pro přitápění. Těchto nekvalitních instalací vzniklo zejména v posledních letech více díky nekontrolovanému nárůstu dodavatelů solárních systémů způsobeného zejména dotačním programem „Zelená úsporám“. **Servisní náklady** se pak mohou pohybovat i v řádech několika procent cca 1,5–2,1%^(P13) z investice. Vliv servisních nákladů na ekonomiku provozu je patrný z obr. 6.xx., kde může reálná návratnost investic narůst např. z 18 na 25 let nebo i více. Výše servisních nákladů je nejvíce závislá na vstupní investici (kvalita komponent, montáže a inženýrských prací). Snaha o co nejlevnější řešení vede nejen ke zvýšeným servisním nákladům, ale zároveň významně ovlivňuje solární zisky soustavy.

Další provozní náklady představuje **energie potřebná na řízení a pohon** solárních systémů, kterou lze kvantifikovat v rozsahu 1–5 % ze solárních zisků. Obecně lze považovat solární systémy za velmi efektivní zařízení, která k transformaci sluneční energie na užitečnou tepelnou energii využívají jednoduchých principů bez složitých vazeb, čímž jsou provozní náklady v porovnání s provozními náklady konvenčních zdrojů energie velmi nízké.



Obr. 6.03. Vliv servisních nákladů na ekonomiku solárních systémů
(reálný diagram z hodnocení v kapitole 6.2.1. varianta -A-)

6.1.3. Energetické zisky solárních systémů pro přitápění

Užitečná tepelná energie získaná solárním systémem a zpravidla vyjádřená v [kWh/rok] je nejdůležitějším parametrem při hodnocení solárních soustav a zároveň velmi obtížně stanovitelnou veličinou, která je závislá na celé řadě parametrů. Určení solárních zisků navrhovaných soustav lze provést pouze orientačním zjednodušujícím výpočtem nebo k výpočtu použít simulační výpočtové programy (PolySun, T*Sol...), které ovšem opět pracují se zjednodušujícími algoritmy. Veškerá metodika k určení skutečných sol. zisků selhává na nedostatku skutečných provozních stavů, které ovlivňují vnější (meteorologické) a vnitřní (chování uživatele) podmínky. Tyto podmínky se dopředu velmi těžko specifikují a v průběhu několika let se také mohou měnit (počet osob,

zateplení budovy). Reálné solární zisky u kombinovaných menších solárních systémů pro přitápění se v našich klimatických podmínkách pohybují v rozsahu 200–300 kWh/m²/rok.

Solární zisky jsou také ovlivněny **stárnutím slunečních kolektorů**. Transparentní vlastnosti zasklení, reflexní vlastnosti zrcadel, selektivní povrchy absorbérů a kvalita vakua se vlivem vnějších podmínek zhoršují. O účinnosti degradaci slunečních kolektorů v průběhu několika desítek let není příliš mnoho informací. Mé subjektivní zkušenosti, vycházející spíše z pozorování realizovaných projektů než z kvalitativního měření, přinášejí poznatek, že během prvních několika sezón dojde k největším změnám „**otupění**“, které se pak zhoršuje již mnohem pomaleji. K dalšímu skoku pravděpodobně dojde ke konci životního cyklu a konkrétní degradace prakticky ukončí funkceschopnost slunečních kolektorů.

6.1.4. Cena konvenční energie

Solární zisky je nezbytné posuzovat ve vztahu k cenám konvenční energie, které se vyvíjejí v čase a pro dlouhodobé hodnocení solárních systémů jsou zcela zásadní. Dále je nezbytné do posuzování solárních systémů započítat takzvané negativní externality⁽²⁷⁾ zvyšující cenu konvenční energie a zlepšující ekonomické parametry investic do solárních systémů. Spekulace nad růstem cen jednotlivých konvenčních energetických komodit v následujících 20 až 30 letech jsou velmi hypotetické, v každém případě je třeba si uvědomit, že v ČR stoupaly ceny energií v posledních 15 letech průměrně o 11,5 % za rok!^(P13) Užitečná tepelná energie získaná solárním systémem se zpravidla vyjadřuje v [kWh/rok] a v tomto přínosu zpravidla nejsou započteny provozní náklady.

6.1.5. Základní výpočtové vztahy ekonomického hodnocení

$$T_p = \frac{IN}{RU} = \frac{IN}{SZV \times ACE} \quad (XX) \quad RCE_{t=n} = ACE_{t=0} \times (1+p)^{t=n} \quad (1)$$

T_p	- prostá návratnost	[roky]
IN	- investiční náklady	[Kč]
RU	- roční úspora, solární přínos	[Kč/rok]
SZV	- solární zisk využitelný –solární přínos	[kWh/rok]
ACE	- aktuální cena energie v době investice	[Kč/kWh]

$$\sum_{t=1}^{T_R} RU \times \frac{(1+p)^t}{(1+r)^t} = IN + \sum_{t=1}^{T_R} PN \quad (2)$$

r	- diskontní výnosová míra	[-]
p	- růst cen energie (příloha P13)	[-]
T_R	- reálná návratnost	[roky]
t	- roky provozu	[roky]
PN	- provozní náklady	[Kč/rok]

$$\sum_{t=1}^{T_R} PN = \sum_{t=1}^{T_R} PN_s + \sum_{t=1}^{T_R} PN_e = \sum_{t=1}^{T_R} \left(IN \times \frac{s}{100} \times \frac{RCE^t}{ACE^{t=1}} \right) + \sum_{t=1}^{T_R} \left(SZV \times ACE \times \frac{e}{100} \times \frac{RCE^t}{ACE^{t=1}} \right) \quad (3)$$

Provozní náklady PN ve vztahu (xx) počítají s absolutním vlivem nárůstu cen energie na obě složky provozních nákladů, tedy maximalistickým pojetím, ve skutečnosti budou zejména servisní provozní náklady méně závislé na aktuální ceně, lze předpokládat zlevňování některých položek a zkvalitňování solárních instalací snižujících zejména parametr (s). Ve většině současných rozborů jsou provozní náklady (PN) často optimisticky přehlíženy.

PN_s	- provozní servisní náklady (odvozené od výše investice)	[Kč/rok]
PN_e	- provozní energetické náklady (odvozené od výše solárních zisků)	[Kč/rok]
e	- procentuální vyjádření energetických nákladů na provoz (1–5 % z SZV)	[%]
s	- procentuální vyjádření servisních nákladů na provoz (0,3–2,0 % z IN)	[%]

Dalším způsobem ekonomického hodnocení je vyjádření ceny solárního tepla, tento parametr zpravidla vyjadřuje průměrnou cenu energie produkované solárním systémem jako konstantní parametr, tedy cenu, která nebude v čase růst na rozdíl od konvenčního tepla.

$$CST_{30} = (IN + \sum_{t=1}^{30} PN) / \sum_{t=1}^{30} (SZV_t \times \frac{RCE_t}{ACE_{t=0}}) \quad (4)$$

6.2. Ekonomické přínosy optimalizačního opatření s aplikací TT

Pro posouzení vlivu optimalizačních opatření na solární systémy pro kombinovanou přípravu teplé užitkové a topné vody jsem připravil 5 základních kalkulací a variant s ekonomickým rozbohem. Všechny varianty počítají se stejným objektem ve stejné lokalitě a roční spotřebou energie. Pět variant se postupně vyvíjí z hlediska systémového řešení, dimenzování a optimalizačních opatření. Ve všech případech uvažuji o instalaci plochých slunečních kolektorů standardních parametrů.

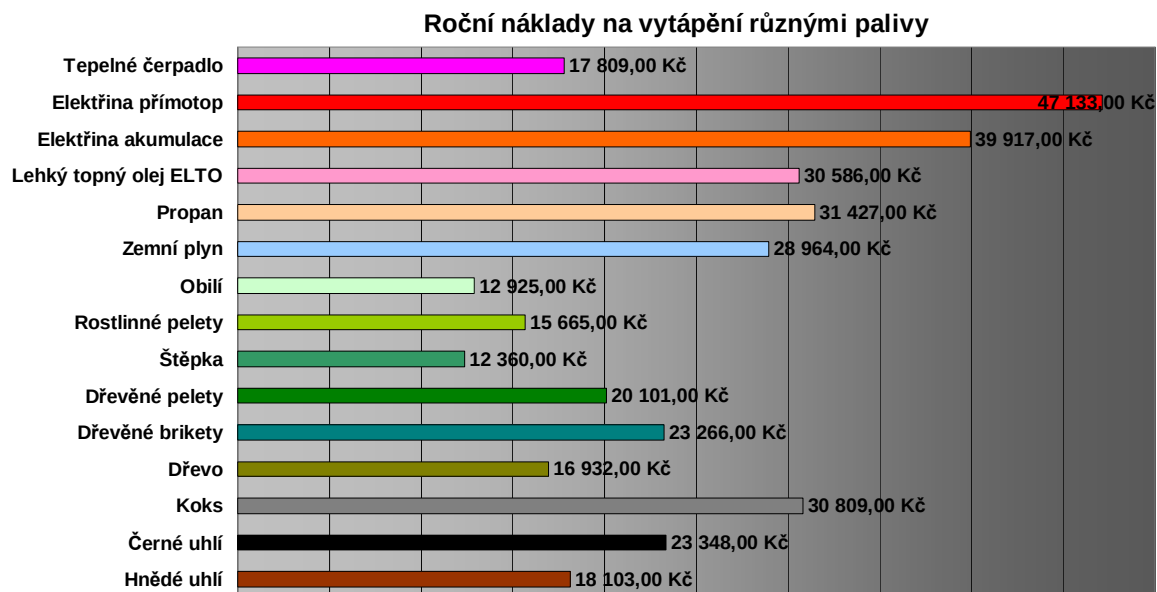
Lokalita:	Praha
Orientace kolektorového pole:	JIH
Sklon kolektorového pole od vodorovné roviny:	50°
Roční spotřeba TV:	3 820 kWh/rok
Roční spotřeba TOP:	13 361 kWh/rok
Roční spotřeba TV+TOP:	17 181 kWh/rok

Pro ekonomické rozvahy posuzuji optimalizační opatření vzhledem k přímotopné elektrické sazbě D45d s uvažovanou výchozí cenou 2,50 Kč/kWh.

V rozvaze pracuji s typickými plochými sl. kolektory se selektivním povrchem o celkové ploše 2,5 m² (c₀= 0,83; c₁= 3,494 W/m².K; c₂= 0,017 W/m².K²; A_A= 2,3 m²).

Uvažovaná spotřeba energie odpovídá RD o tepelné ztrátě cca 6 kW s nenadsazenou spotřebou TV typické, spíše tříčlenné domácnosti (150 litrů/den). Spotřeba odpovídá energeticky úspornému až nízkoenergetickému domu o užitné ploše 220 m² nebo pasivnímu domu s několika byty nebo typické nízkonákladové výstavbě malých RD posledních několika let s nepříliš kvalitními tepelnými vlastnostmi.

V ekonomických úvahách uvažuji s průměrným 5% růstem cen konvenční energie a pro srovnání také uvádím trend vývoje s růstem odpovídajícím posledním 15 letům v ČR,^(P13) tedy 11,5% růstu ceny plynu a elektrické energie. Dále uvažuji s variantami s dotací podle programu SFŽP „Zelená úsporám“ na investici a bez ní. Další modré křivky odpovídají zhodnocení investic jinou bezpečnou cestou s 3% výnosem. Tato úroková sazba (výnosová míra) odpovídá stejně bezpečné investici, jakou bezesporu investice do solárních systémů jsou, dvě křivky pak odpovídají různým výším vkladům odpovídajícím investicím do solárních systémů bez dotace a s dotací. Dále jsou do rozvahy započítány provozní náklady ve výši 3 % ze solárních zisků, tedy pouze složka provozních nákladů na energii (PN_E). Toto optimističtější hodnocení vychází z úvahy, že většina ekonomických úvah nad konvenčním způsobem vytápění také nezohledňuje obnovu technologie, prostě považujeme koupi kotle, stavbu komína, financování plynové přípojky nebo výměnu bojleru za naprosto nevyhnutelnou. Jednoduše řečeno neodečítám z investice možné investiční úspory, a proto v základním hodnocení neuvažuji s provozními náklady servisními (PN_S).



Obr. 6.04. Základní výpočet nákladů na vytápění a ohřev TV dle portálu www.tzb-info.cz

Měsíc	[-]	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	SUMA
D	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
QSS _{50-PRAHA} [10]	[kWh/ m ² /měs]	34	51	81	113	140	130	140	135	99	74	35	26	1058
IST ₄₅ [8]	[W/m ²]	412	490	558	580	600	590	600	580	558	490	412	344	
TP [8]	[-]	0,21	0,32	0,42	0,45	0,51	0,54	0,55	0,55	0,53	0,37	0,21	0,14	
TS [8]	[hod/měs]	53	90	157	187	247	266	266	238	190	117	53	35	
TSM [8]	[°C]	-1,5	0	3,2	8,8	13,6	17,3	19,2	18,6	14,9	9,4	3,2	-0,2	
TSMS [8]	[°C]	2,2	3,4	6,5	12,1	16,6	20,6	22,5	22,6	19,4	13,8	7,3	3,5	
QTOP	[kWh/měs]	2459	2058	1895	1184	0	0	0	0	476	1152	1834	2303	13361
QTV	[kWh/měs]	324	293	324	314	324	314	324	324	314	324	314	324	3820
QWT	[kWh/měs]	2783	2351	2220	1498	324	314	324	324	790	1476	2148	2627	17181
Varianta -A-, TK=60 °C, ZS=0,85														
ηK	[-]	0,2	0,32	0,41	0,47	0,52	0,55	0,57	0,56	0,53	0,43	0,27	0,1	
SZPT	[kWh/měs]	94,8	221,9	455,8	739,5	1012,2	990,2	1104,7	1050,2	718,0	435,6	129,7	35,3	6988
SZST	[kWh/měs]	80,6	188,6	387,5	628,5	860,4	841,7	939,0	892,7	610,3	370,2	110,2	30,0	5940
SZV	[kWh/měs]	80,6	188,6	387,5	628,5	324,4	314,0	324,4	324,4	610,3	370,2	110,2	30,0	3693
F	[%]	2,9%	8,0%	17,5%	42,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	77,3%	25,1%	5,1%	1,1%	
QBIV	[kWh/měs]	2702,8	2162,9	1832,1	869,4	0,0	0,0	0,0	0,0	179,6	1105,7	2037,8	2597,4	13488
Varianta -B-, TK=25 °C, ZS=0,93														
ηK	[-]	0,62	0,66	0,7	0,75	0,78	0,8	0,82	0,82	0,79	0,75	0,67	0,59	
SZPT	[kWh/měs]	288,7	464,4	786,6	1165,5	1505,2	1441,3	1575,1	1519,0	1084,7	761,6	322,1	211,3	11125
SZST	[kWh/měs]	268,4	431,9	731,6	1083,9	1399,8	1340,4	1464,8	1412,7	1008,8	708,3	299,6	196,5	10347
SZV	[kWh/měs]	268,4	431,9	731,6	1083,9	324,4	314,0	324,4	324,4	789,9	708,3	299,6	196,5	5797
F	[%]	9,6%	18,4%	33,0%	72,4%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	48,0%	13,9%	7,5%	
Efekt -B-&-A-	[kWh/měs]	187,9	243,3	344,1	455,4	0,0	0,0	0,0	0,0	179,6	338,1	189,4	166,5	2104
QBIV	[kWh/měs]	2514,9	1919,6	1488,0	414,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	767,6	1848,4	2431,0	11384

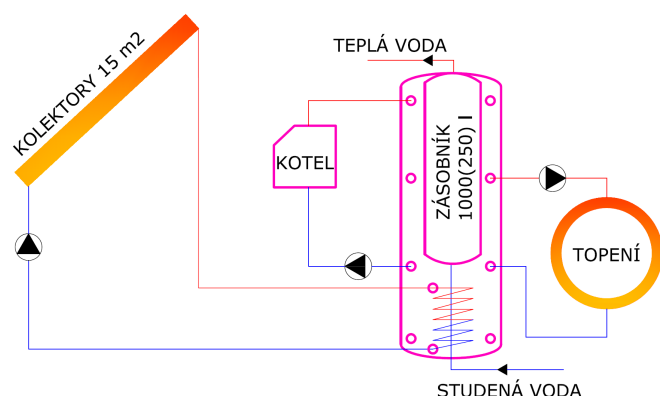
Varianta -C-, TK=60 °C, ZS=0,9														
ηK	[-]	0,2	0,32	0,41	0,47	0,52	0,55	0,57	0,56	0,53	0,43	0,27	0,1	
SZPT	[kWh/měsíc]	236,9	554,7	1139,6	1848,6	2530,4	2475,5	2761,7	2625,4	1795,0	1088,9	324,2	88,2	17469
ZS	[-]	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
SZST	[kWh/měs]	213,2	499,2	1025,6	1663,8	2277,4	2227,9	2485,5	2362,9	1615,5	980,0	291,8	79,4	15722
SZV	[kWh/měs]	213,2	499,2	1025,6	1498,0	324,4	314,0	324,4	324,4	789,9	980,0	291,8	79,4	6664
F	[%]	7,7%	21,2%	46,2%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	66,4%	13,6%	3,0%	
QBIV	[kWh/měs]	2570,1	1852,3	1194,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	495,9	1856,2	2548,0	10517
Varianta -D,E-, TK=20 °C, ZS=0,95														
ηK	[-]	0,67	0,7	0,74	0,78	0,81	0,83	0,83	0,83	0,83	0,78	0,72	0,65	
SZPT	[kWh/měs]	781,2	1235,3	2067,7	3043,1	3911,7	3722,6	4008,9	3865,7	2822,0	2002,7	864,1	582,1	28907
SZST	[kWh/měs]	742,1	1173,5	1964,3	2890,9	3716,1	3536,4	3808,5	3672,4	2680,9	1902,6	820,9	553,0	27462
SZV	[kWh/měs]	742,1	1173,5	1964,3	1498,0	324,4	314,0	324,4	324,4	789,9	1475,9	820,9	553,0	10305
F	[%]	26,7%	49,9%	88,5%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	38,2%	21,0%	
Efekt -D-&-C-	[kWh/měs]	528,9	674,3	938,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	495,9	529,2	473,6	3641
QBIV	[kWh/měs]	2041,2	1178,0	255,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1327,1	2074,4	6876

Tab. 6.01. Roční energetická bilance různých variant solárního systému pro stejnou lokalitu, kvalitu technologie, a vnější podmínky

QSS_{50-PRAHA} dopadající globální záření statisticky ověřené pod
úhlem 50° od vodorovné roviny k jihu
IST₄₅ střední intenzita slunečního záření
TP poměrná doba sl. svitu
TS skutečná doba sl. svitu
TSM průměrná venkovní teplota
TSMS průměrná venkovní teplota v době slunečního svitu
QTOP energie potřebná na vytápění
QTV energie potřebná na ohřev TV
QWT celková spotřeba energie TOP+TV
ηK účinnost slunečních kolektorů
SZPT primární teoretický solární zisk

SZST sekundární teoretický solární zisk
SZV solární zisk využitelný
TK střední teplota sl. kolektorů
ZS koeficient ztrát solární soustavy
F solární podíl na vytápění a ohřevu TV
QBIV dodatková energie bivalentního (konvenčního) zdroje
Efekt zvýšené solární zisky vlivem použití tepelné transformace

6.2.1. Ekonomické hodnocení (varianta -A-) Typický sol. systém pro přitápění a ohřev TV



Typický kombinovaný solární systém pro přitápění a ohřev TV s jedním kombinovaným zásobníkem jako zdrojem tepla s vnitřním bojlerem pro ohřev TV. Solární systém bez optimalizačních opatření.

Kolektorová plocha: 15 m²
Akumulační zásobník: 1000 litrů
Cena sol. syst.: 249 148 Kč
Podíl solár. krytí: 21,5 %

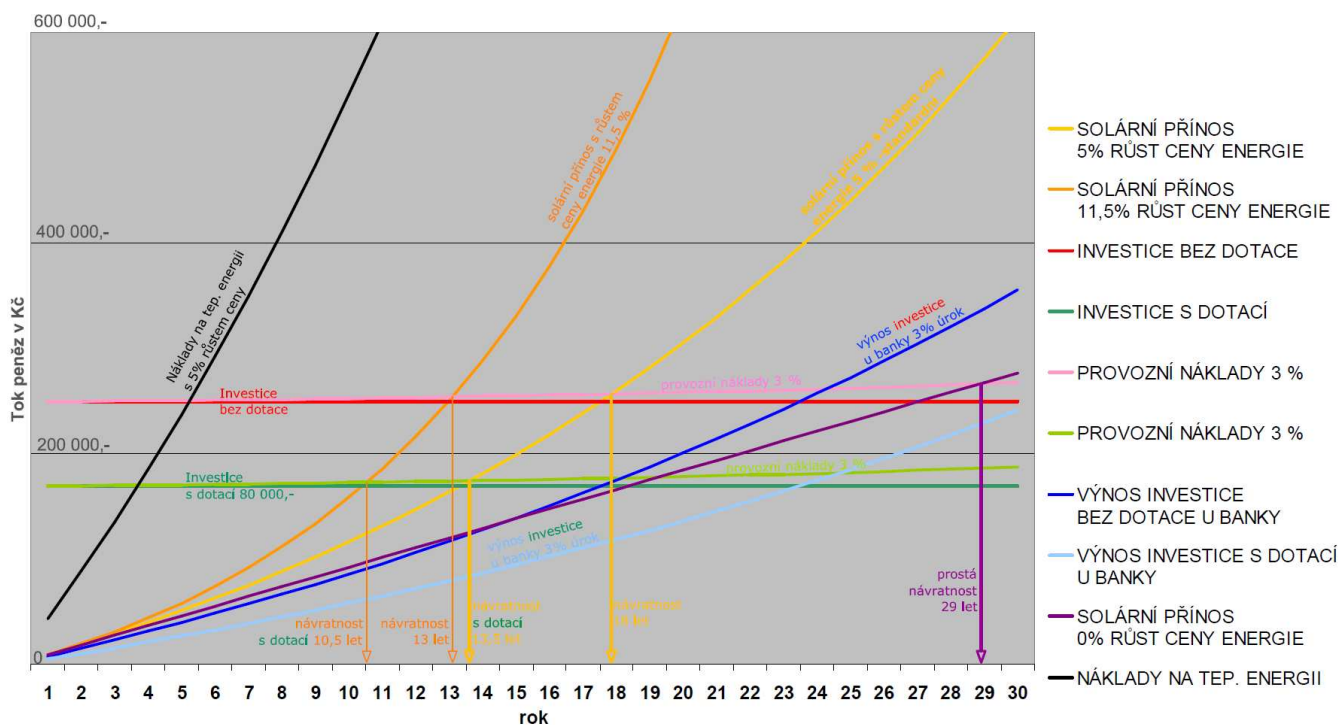
Obr. 6.05. Schéma systémového řešení -A-

Prostá návratnost: 29 let
Návratnost s 5% růstem cen energie bez dotace: 18 let
Návratnost s 5% růstem cen energie s dotací: 3,5 let
Návratnost s 11,5% růstem cen energie bez dotace: 13 let
Návratnost s 11,5% růstem cen energie s dotací: 10,5 let
Solární přínos: 3 693 kWh/rok
Solární přínos vztažený na m² absorpční plochy: 268 kWh/(rok.m²)

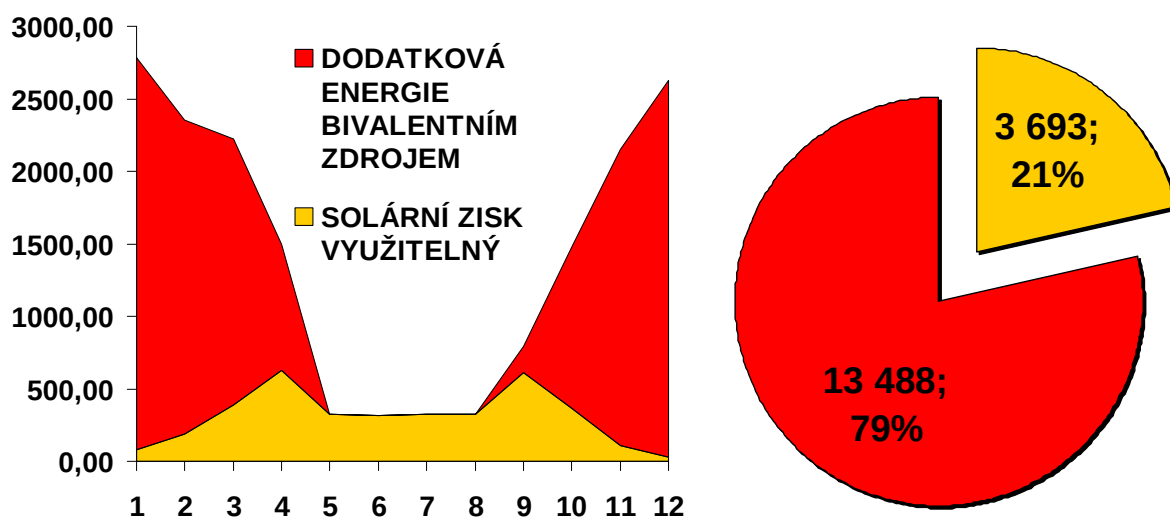
POLOŽKOVÝ ROZPOČET VARIANTA -A-			
Solární systém 15 m²			
SOLÁRNÍ KOLEKTOR 2,5 m ² , na výšku, vana, tinox	16 200,00	6	97 200,00
KONSTRUKCE KE KOLEKTORU	2 300,00	6	13 800,00
NEMRZNOUCÍ KAPALINA DO SOL. SYST. - PLOCHÉ KOLEKTORY	68,00	40	2 720,00
ČERPADLOVÁ JEDNOTKA 1 SMĚR 1 ČERP. 22/70	7 500,00	1	7 500,00
DN 20 primární potrubí s vysokoteplotní izolací	280,00	50	14 000,00
EXPANZOMAT PRO SOL. SYST.	4 920,00	1	4 920,00
EXPANZOMAT NA VODU	1 200,00	1	1 200,00
EXPANZOMAT PRO TOP.	2 900,00	1	2 900,00
VEDLEJŠÍ KOMPONENTY	5 000,00	1	5 000,00
montáž solárního systému, regulace a zprovoznění	18 000,00	1	18 000,00
režie, doprava, přesun hmot	4 000,00	1	4 000,00
Akumulace			
Akumulační nádrž 1000 litrů, 220 litrů vnitřní smaltovaný zásobník užitkové vody, 1x výměník pro solar, 8x nátrubek 1,5 coul, 10 cm pěnová izolace	40 793,00	1	40 793,00
Sada pro připojení aku. zásobníku na OT a solár včetně armatur, pojist. ventilu, manometru, šroubení, vypouštění, odvzdušnění, napojení expanze	4 350,00	1	4 350,00
Sada pro připojení aku. zásobníku na TV včetně uzavíracích armatur, pojist. ventilu, zpětné klapky, manometru, vypouštění	2 600,00	1	2 600,00
Montáž akumulčního zásobníku	4 000,00	1	4 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	4 000,00	1	4 000,00
Zdrojová část a řízení			
Elektrokotel	18 000,00	1	18 000,00
Potrubí pro připojení TOPNÉ SOUSTAVY	421,00	20	8 420,00
potrubí TUV v PPR včetně fitinek	200,00	10	2 000,00
Montáž elektrokotle, elektrické připojení, revize, tlaková zkouška	8 500,00	1	8 500,00
ŘÍDICÍ SYSTÉM 2 VÝSTUPY	6 300,00	1	6 300,00
ELEKTROMATERIÁL	2 000,00	1	2 000,00
Montáž	1 200,00	1	1 200,00
CELKEM bez DPH			273 403,00
DPH		10	27 340,30
CELKEM s DPH			300 743,30
Zdrojová část bez solárního systému			

Elektrokotel	18 000,00	1	-18 000,00
El. zásobník TUV 160 l	8 000,00	1	-8 000,00
Potrubí pro připojení TOPNÉ SOUSTAVY	421,00	5	-2 105,00
Potrubí TV v PPR včetně fitinek	200,00	10	-2 000,00
Montáž elektrokotle a zásobníku TV, elektrické připojení, revize, tlaková zkouška	11 000,00	1	-11 000,00
Sada pro připojení aku. zásobníku na TV včetně uzavíracích armatur, pojist. ventilu, zpětné klapky, manometru, vypouštění	2 600,00	1	-2 600,00
ELEKTROMATERIÁL	2 000,00	1	-2 000,00
Doprava, režie	1 200,00	1	-1 200,00
CELKEM bez DPH			-46 905,00
DPH		10	-4 690,50
CELKEM s DPH			-51 595,50
CELKEM s DPH JEN SOLÁRNÍ SYSTÉM			249 148,00

Tab. 6.01. Položkový rozpočet varianty -A-



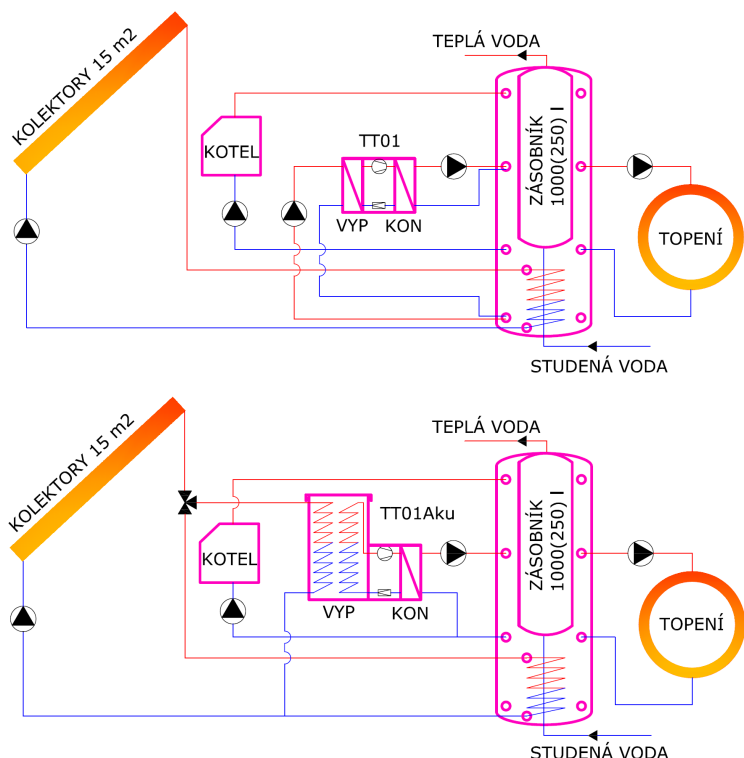
Obr. 6.06. Ekonomická návratnost varianty -A-



Obr. 6.07. Energetická bilance varianty -A-

6.2.2. Ekonomické hodnocení (varianta -B-)

Optimalizovaný solární systém a tepelný transformátor TT01



Obr. 6.08. Schéma systémového řešení -B-

Typický kombinovaný solární systém pro přitápění a ohřev TV s jedním kombinovaným zásobníkem jako zdrojem tepla s vnitřním bojlerem pro ohřev TV. Klasické řešení (varianta -A-) doplněné pouze o zařízení TT01 zvyšující účinnost slunečních kolektorů, zvyšující stratifikaci tepla v akčním zásobníku a zároveň tepelnou kapacitu akumulace. Tato optimalizační opatření a řešení jsou popsána v kapitole 4.3. První varianta uvažuje s využitím pouze původního zásobníku, kde v dolní části zásobníku počítáme s chlazením výparníkem TT01 a v horní části s ohřevem pomocí kondenzátoru a kompresní práce TT01. Druhá varianta uvažuje se sekundární akumulací a přímým odpařováním bez výměníku.

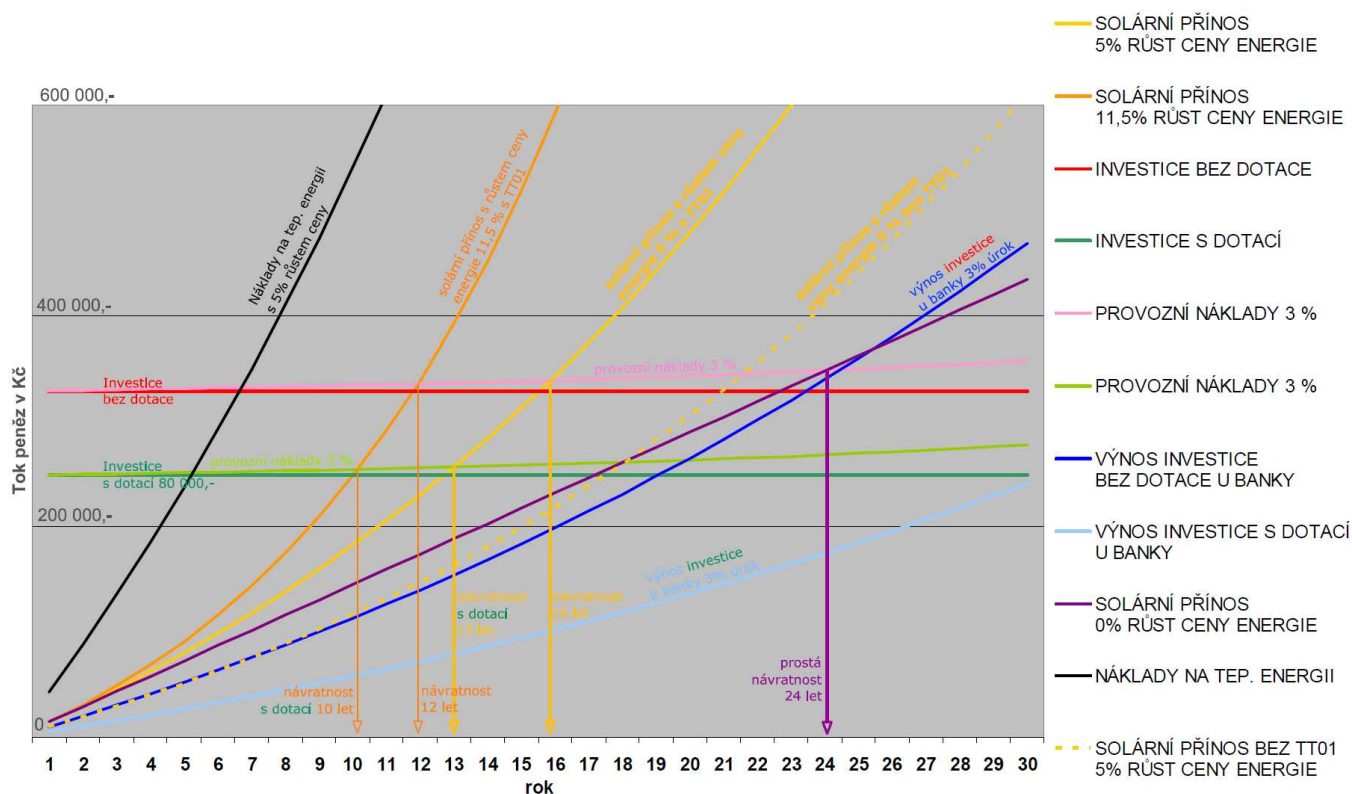
Kolektorová plocha: 15 m²
Akumulační zásobník: 1000 litrů
Sekundární akumulace: (300 litrů)
Cena sol. syst.: 328 748 Kč
Podíl solár. krytí: 33,7 %
TT01 průměrné hodnoty:
P=2,67kW; P_{PR}=0,71 kW; TF(COP)=3,8

Prostá návratnost: 24 let
Návratnost s 5% růstem cen energie bez dotace: 16 let
Návratnost s 5% růstem cen energie s dotací: 13 let
Návratnost s 11,5% růstem cen energie bez dotace: 12 let
Návratnost s 11,5% růstem cen energie s dotací: 10 let
Solární přínos: 5 797 kWh/rok
Solární přínos vztažený na m² absorpční plochy: 420 kWh/(rok.m²)

POLOŽKOVÝ ROZPOČET VARIANTA -B-			
Solární systém 15 m ²			
SOLÁRNÍ KOLEKTOR 2,5 m ² , na výšku, vana, tinox	16 200,00	6	97 200,00
KONSTRUKCE KE KOLEKTORU	2 300,00	6	13 800,00
NEMRZNOUCÍ KAPALINA DO SOL. SYST. - PLOCHÉ KOLEKTORY	68,00	40	2 720,00
ČERPADLOVÁ JEDNOTKA 1 SMĚR 1 ČERP. 22/70	7 500,00	1	7 500,00
DN 20 primární potrubí s vysokoteplotní izolací	280,00	50	14 000,00
EXPANZOMAT PRO SOL. SYST.	4 920,00	1	4 920,00
EXPANZOMAT NA VODU	1 200,00	1	1 200,00
EXPANZOMAT PRO TOP.	2 900,00	1	2 900,00
VEDLEJŠÍ KOMPONENTY	5 000,00	1	5 000,00
Montáž solárního systému, regulace a zprovoznění	18 000,00	1	18 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	4 000,00	1	4 000,00
Akumulace			
Akumulační nádrž 1000 litrů, 220 litrů vnitřní smaltovaný zásobník užitkové vody, 1x výměník pro solar, 8x nátrubek 1,5 coul, 10 cm pěnová izolace	40 793,00	1	40 793,00
Sada pro připojení aku.zásobníku na OT a solár včetně armatur, pojist. ventilu, manometru, šroubení, vypouštění, odvzdušnění, napojení expanze	4 350,00	1	4 350,00

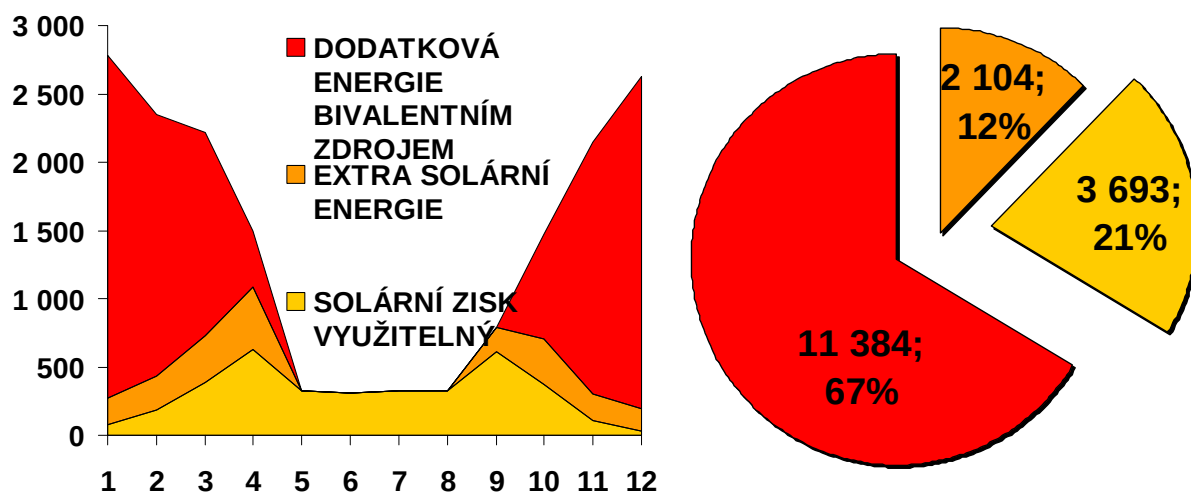
Sada pro připojení aku. zásobníku na TV včetně uzavíracích armatur, pojist. ventilu, zpětné klapky, manometru, vypouštění	2 600,00	1	2 600,00
Montáž akumulačního zásobníku	4 000,00	1	4 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	4 000,00	1	4 000,00
Zdrojová část a řízení			
Elektrokotel	18 000,00	1	18 000,00
Potrubí pro připojení TOPNÉ SOUSTAVY	421,00	20	8 420,00
Potrubí TV v PPR včetně fitinek	200,00	10	0,00
Montáž elektrokotle elektrické připojení, revize, tlaková zkouška bez vrtů	8 500,00	1	8 500,00
ŘÍDÍCÍ SYSTÉM 2 VÝSTUPY	6 300,00	1	6 300,00
ELEKTROMATERIÁL	2 000,00	1	2 000,00
Montáž	1 200,00	1	1 200,00
Doplnění o tepelný transformátor			
Tepelný transformátor TT01	45 000,00	1	45 000,00
Oběhová čerpadla	4 109,00	2	8 218,00
Speciální armatura jednobodového připojení	2 450,00	2	4 900,00
Izolované zdvojené potrubí včetně izolace	678,00	7	4 746,00
VEDLEJŠÍ KOMPONENTY	1 500,00	1	1 500,00
Montáž včetně elektroinstalace	10 000,00	1	10 000,00
CELKEM bez DPH			345 767,00
DPH		10	34 576,70
CELKEM s DPH			380 343,70
ZÁKLADNÍ MINIMÁLNÍ ZDROJOVÁ ČÁST			-51 595,50
CELKEM s DPH JEN SOLÁRNÍ SYSTÉM			328 748,20

Tab. 6.02. Položkový rozpočet varianty –B–



Obr. 6.09. Ekonomická návratnost varianty –B–

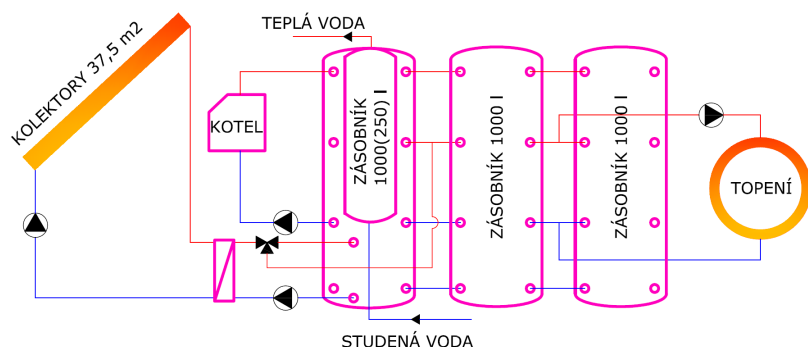
Ve variantě –B– i ve všech následujících je v položkovém rozpočtu uvažováno s odpočtem nejmenší nezbytné investice do konvenčního zdroje, která vychází z tabulky 6.01. Z obr. 6.09. vidíme rychlejší návratnost investice do solárního systému i přes investiční navýšení do optimalizace v podobě TT01. Optimalizační opatření (varianta –B–) se vyplatí a přináší maximální zefektivnění běžného solárního systému pro přitápění.



Obr. 6.10. Energetická bilance varianty -B-

6.2.3. Ekonomické hodnocení (varianta -C-)

Konvenční řešení snažící se o zvýšený podíl solárního krytí



Obr. 6.11. Schéma systémového řešení -C-

Velký solární systém typického zapojení, který umožňuje velké solární zisky, ale bez velkého využití. Drahé konvenční řešení s adekvátní tlakovou akumulací a všemi nezbytnými náležitostmi bude trpět velkým podílem stagnačních stavů v letním období.

Kolektorová plocha: 37,5 m²
Akumulační zásobník: 3000 litrů
Cena sol. syst.: 625 558 Kč
Podíl solár. krytí: 38,8 %

Prostá návratnost:

Návratnost s 5% růstem cen energie bez dotace:

Návratnost s 5% růstem cen energie s dotací:

Návratnost s 11,5% růstem cen energie bez dotace:

Návratnost s 11,5% růstem cen energie s dotací:

Solární přínos:

Solární přínos vztažený na m² absorpční plochy:

>30 let

22 let

20,5 let

15,5 let

14,5 let

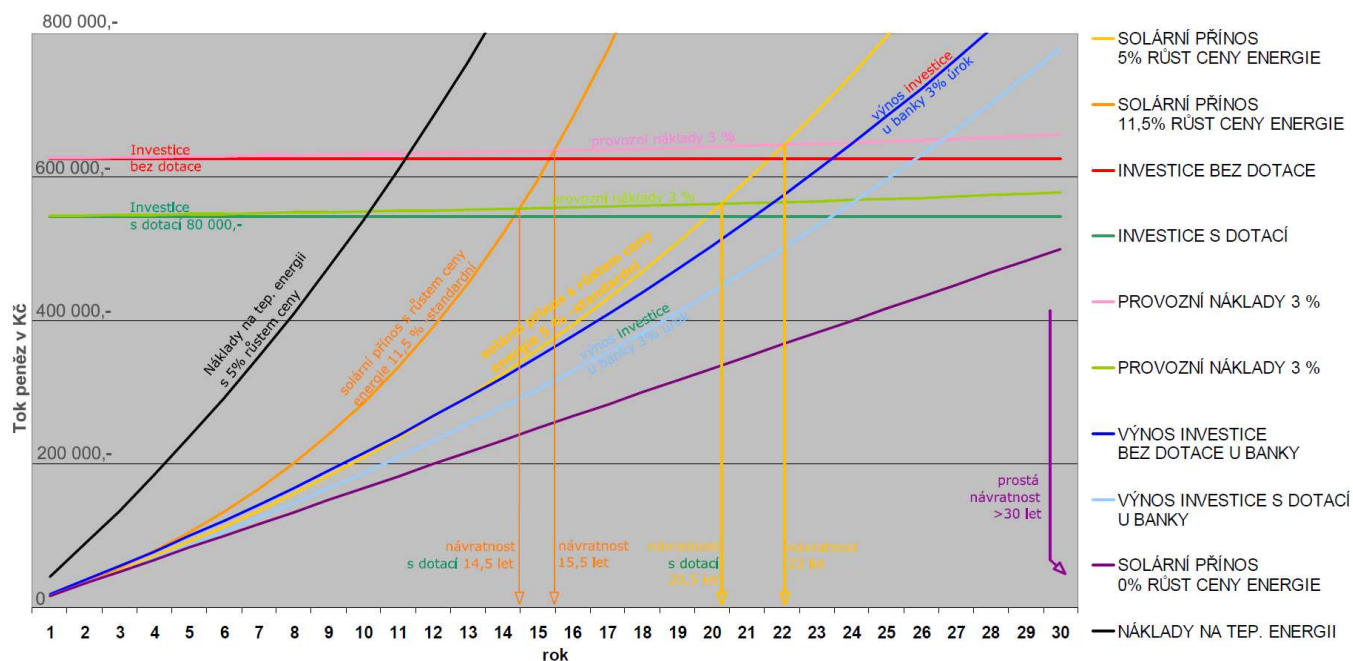
6 664 kWh/rok

193 kWh/(rok.m²)

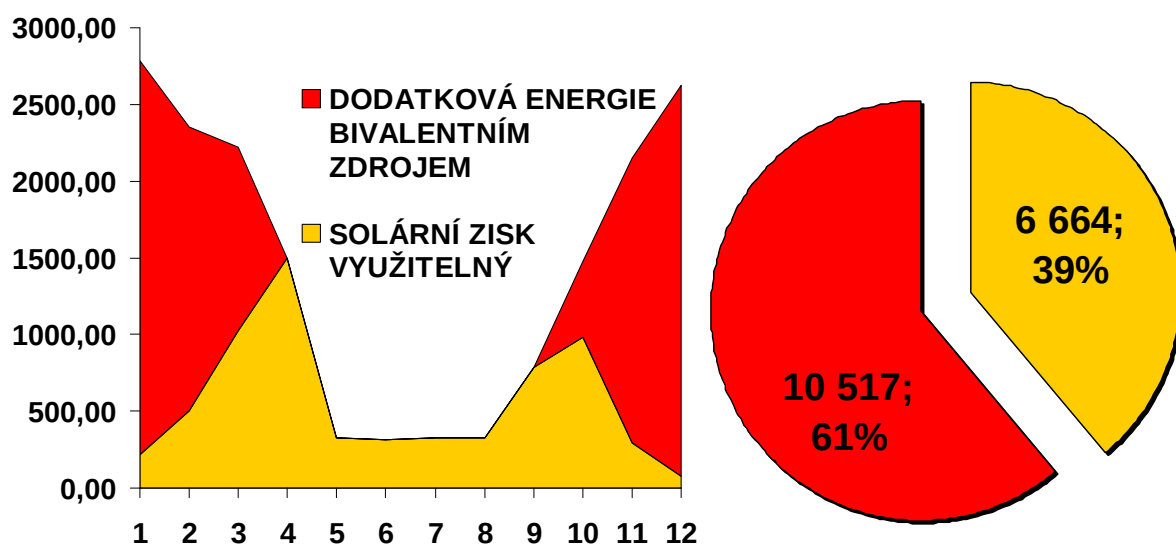
POLOŽKOVÝ ROZPOČET VARIANTA -C-			
Solární systém 37,5 m ²			
SOLÁRNÍ KOLEKTOR 2,5 m ² , na výšku, vana, tinox	16 200,00	15	243 000,00
KONSTRUKCE KE KOLEKTORU	2 300,00	15	34 500,00
NEMRZNOUCÍ KAPALINA DO SOL. SYST. – PLOCHÉ KOLEKTORY	68,00	100	6 800,00
Vrstevní nabíjecí modul	67 700,00	1	67 700,00
DN 20 primární potrubí s vysokoteplotní izolací	280,00	80	22 400,00
EXPANZOMAT PRO SOL. SYST.	4 920,00	2	9 840,00
EXPANZOMAT NA VODU	1 200,00	1	1 200,00
EXPANZOMAT PRO TOP.	2 900,00	3	8 700,00
VEDLEJŠÍ KOMPONENTY	25 000,00	1	25 000,00
Montáž solárního systému, regulace a zprovoznění	35 000,00	1	35 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	10 000,00	1	10 000,00
Akumulace			
Akumulační nádrž 1000 litrů, 220 litrů vnitřní smaltovaný zásobník užitkové vody, 8x nátrubek 1,5 coul, 10 cm pěnová izolace	37 686,00	1	37 686,00
Akumulační nádrž 1000 litrů, 8x nátrubek 1,5 coul, 10 cm pěnová izolace	22 499,00	2	44 998,00
Sada pro připojení aku.zásobníku na OT a solár včetně armatur, pojist. ventilu, manometru, šroubení, vypouštění, odvzdušnění, napojení expanze	4 350,00	3	13 050,00
Sada pro připojení aku.zásobníku na TV včetně uzavíracích armatur, pojist. ventilu, zpětné klapky, manometru, vypouštění	2 600,00	1	2 600,00
Montáž akumulačního zásobníku	3 000,00	3	9 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	4 000,00	1	4 000,00
Zdrojová část a řízení			
Elektrokotel	18 000,00	1	18 000,00
Potrubí pro připojení TOPNÉ SOUSTAVY	421,00	20	8 420,00
potrubí TV v PPR včetně fitinek	200,00	10	2 000,00
Montáž elektrokotle elektrické připojení, revize, tlaková zkouška bez vrtů	8 500,00	1	8 500,00
ELEKTROMATERIÁL	2 000,00	1	2 000,00
Montáž	1 200,00	1	1 200,00

CELKEM bez DPH			615 594,00
DPH		10	61 559,40
CELKEM s DPH			677 153,40
ZÁKLADNÍ MINIMÁLNÍ ZDROJOVÁ ČÁST			-51 595,50
CELKEM s DPH JEN SOLÁRNÍ SYSTÉM			625 557,90

Tab. 6.03. Položkový rozpočet varianty –C–



Obr. 6.12. Ekonomická návratnost varianty –C–



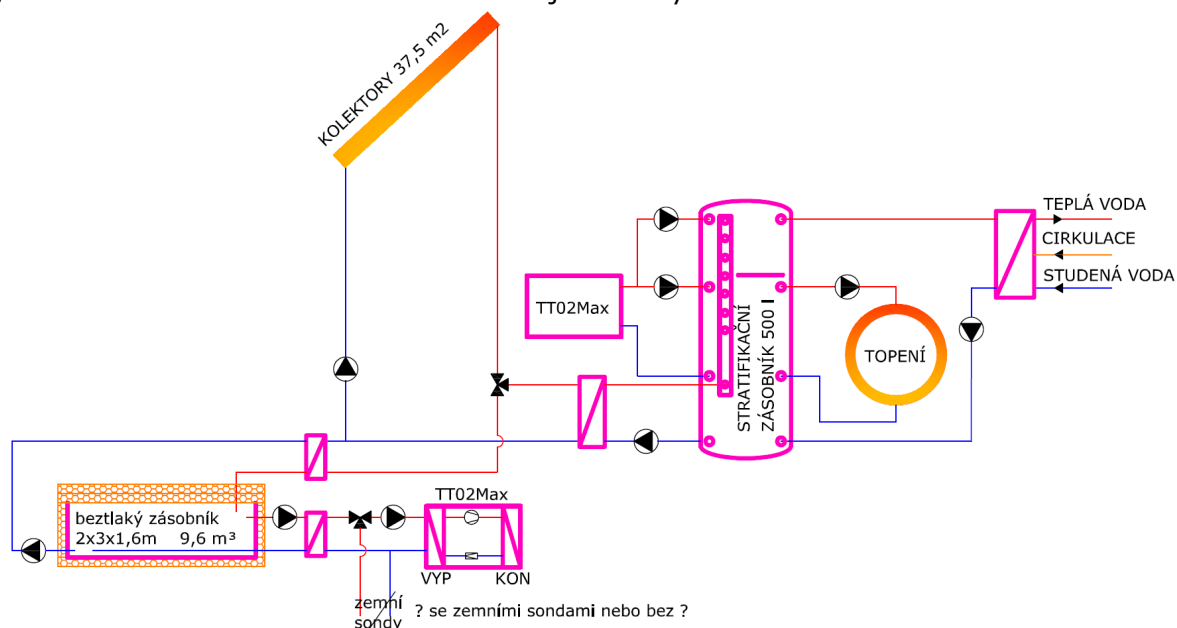
Obr. 6.13. Energetická bilance varianty –C–

Konvenční řešení velkého solárního systému přináší velké problémy s letními přebytky a velmi malou měrnou výtěžností solárního systému. Ekonomicky se systém nemusí vůbec zaplatit a jeho zimní požadované zisky nevyváží vysokou investici.

6.2.4. Ekonomické hodnocení (varianta -D-)

Velkoplošný solární systém s tepelnou transformací pomocí TT02

Velký solární systém vycházející z velikosti kolektorového pole varianty -C- s technickou optimalizací, která nahrazuje bivalentní zdroj tepla (elektrokotel) tepelným čerpadlem (tepelným transformátorem) TT02, který napomáhá zvyšování účinnosti slunečních kolektorů a zajišťuje další významný podíl tepelné energie ze zemních sond nebo zemního kolektoru. Další technickou inovací je použití dostatečně velkého beztlakého zásobníku, který eliminuje přehřívání slunečních kolektorů (stagnační stavy) solárního systému. Kalkulace k tomuto řešení uvažuje s běžnými komerčními tržními cenami.

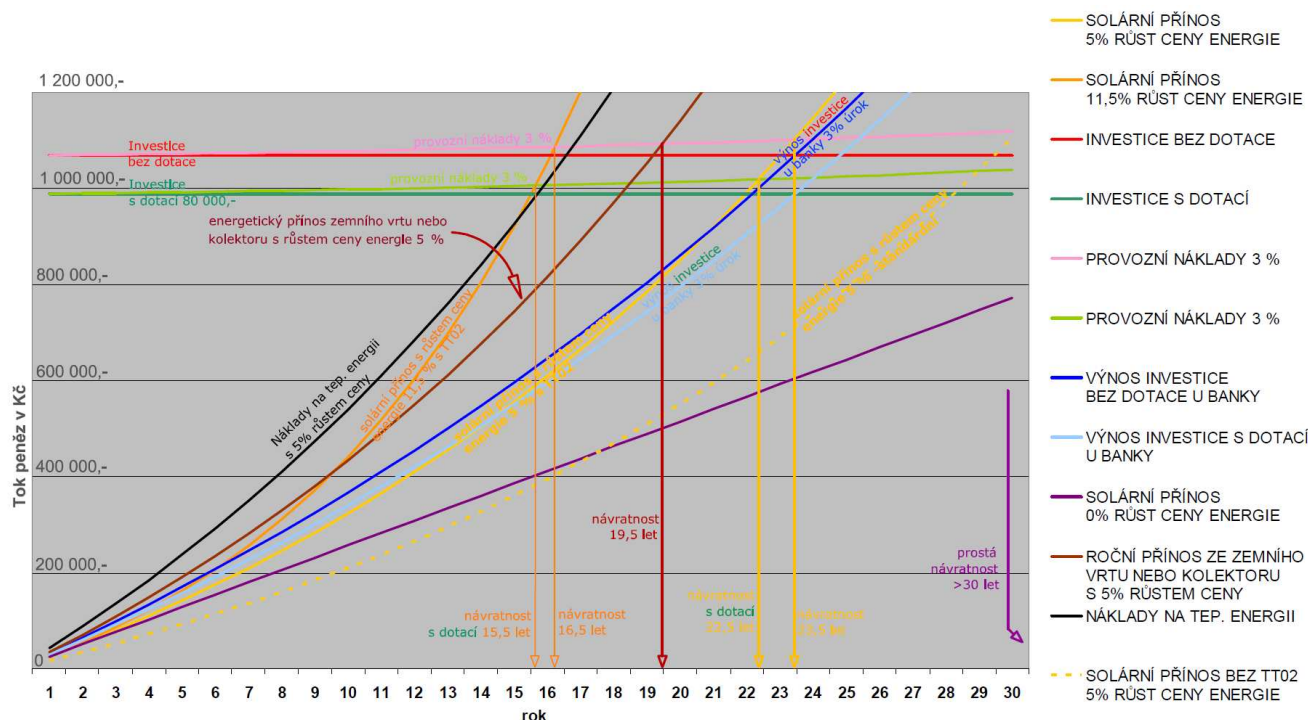


Obr. 6.14. Schéma systémového řešení -D-

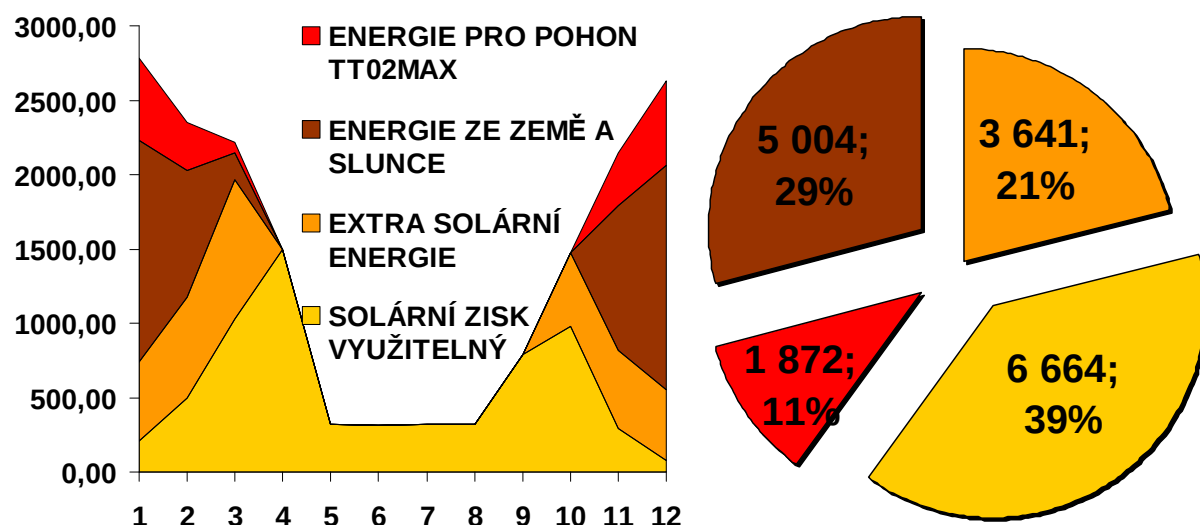
Kolektorová plocha:	37,5 m ²
Akumulační zásobník:	1000 litrů
Sekundární akumulace:	9 600 litrů
Cena sol. syst.:	1 068 547 Kč
Podíl solár. krytí:	60,0 %
TT02 (WPF5-Stiebel Eltron) průměrné hodnoty:	P=6,76kW ; P _{PR} =1,84 kW; TF(COP)=3,7
Prostá návratnost:	>30 let
Návratnost s 5% růstem cen energie bez dotace:	23,5 let
Návratnost s 5% růstem cen energie s dotací:	22,5 let
Návratnost s 5% růstem cen energie bez dotace a se sekund. zisky TT02:	19,5 let
Návratnost s 11,5% růstem cen energie bez dotace:	16,5 let
Návratnost s 11,5% růstem cen energie s dotací:	15,5 let
Solární přínos:	10 305 kWh/rok
Solární přínos vztažený na m ² absorpční plochy:	299 kWh/(rok.m ²)

POLOŽKOVÝ ROZPOČET VARIANTA -D-			
Solární systém 37,5 m²			
SOLÁRNÍ KOLEKTOR 2,5 m ² , na výšku, vana, tinox	16 200,00	15	243 000,00
KONSTRUKCE KE KOLEKTORU	2 300,00	15	34 500,00
NEMRZNOUCÍ KAPALINA DO SOL. SYST. – PLOCHÉ KOLEKTORY	68,00	120	8 160,00
DN 20 primární potrubí s vysokoteplotní izolací	280,00	110	30 800,00
EXPANZOMAT PRO SOL. SYST.	4 920,00	2	9 840,00
EXPANZOMAT PRO TOP.	2 000,00	1	2 000,00
VEDLEJŠÍ KOMPONENTY	25 000,00	1	25 000,00
Montáž solárního systému, regulace a zprovoznění	35 000,00	1	35 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	10 000,00	1	10 000,00
Akumulace			
Akumulační nádrž 500 litrů se stratifikací	32 508,00	1	32 508,00
Modul na čerstvou vodu	36 500,00	1	36 500,00
Podzemní zásobník 2 x 3 x 1,6 9,6 m ³	23 100,00	1	23 100,00
Tepelná izolace zásobníku	800,00	34	27 200,00
Vystrojení zásobníku	8 000,00	1	8 000,00
Krycí fólie	250,00	12	3 000,00
Zemní práce (výkop, základ obetonování)	12 000,00	2	24 000,00
Montáž velkokapacitního zásobníku	12 000,00	1	12 000,00
Přípojovací sada k zásobníku AlfaMax02	15 000,00	1	15 000,00
Vrstevní nabíjecí modul včetně řízení, výměníků a čerpadel	67 700,00	1	67 700,00
Sada pro připojení aku. zásobníku na OT a solár včetně armatur, pojist. ventilu, manometru, šroubení, vypouštění, odvzdušnění, napojení expanze	4 350,00	1	4 350,00
Sada pro připojení aku. zásobníku na TV včetně uzavíracích armatur, pojist. ventilu, zpětné klapky, manometru, vypouštění	2 600,00	1	2 600,00
Montáž akumulačního zásobníku	3 000,00	1	3 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	10 000,00	1	10 000,00
Zdrojová část a řízení			
TT02 (WPF5)	143 170,00	1	143 170,00
Přípojovací sada k WPF5	9 401,00	1	9 401,00
Oběhové čerpadlo UP 25-60	3 574,00	2	7 148,00
Tlakové hadice DN25	1 371,00	4	5 484,00
Oběhové čerpadlo primárního okruhu	5 290,00	3	15 870,00
Deskový výměník zdrojové části s přípojovacími armaturami	11 500,00	2	23 000,00
Zemní sonda primárního okruhu	800,00	80	64 000,00
Propojovací potrubí PE100 RC STRONG d 63 x 5,8	124,00	10	1 240,00
Teplonosná antikorozi kapalina na bázi ethylalkoholu	37,00	70	2 590,00
Potrubí pro připojení TOPNÉ SOUSTAVY	421,00	50	21 050,00
Potrubí TV v PPR včetně fitinek	200,00	10	2 000,00
Zónový trojcestný ventil Siemens	3 600,00	1	3 600,00
ŘÍDICÍ SYSTÉM TT02	10 500,00	1	10 500,00
ELEKTROINSTALAČNÍ MATERIÁL	15 000,00	1	15 000,00
VEDLEJŠÍ KOMPONENTY	3 000,00	1	3 000,00
Montáž TT02 včetně elektrického propojení a plnění primárního okruhu	20 000,00	1	20 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	4 000,00	1	4 000,00
CELKEM bez DPH			1 018 311,00
DPH		10	101 831,10
CELKEM s DPH			1 120 142,10
ZÁKLADNÍ MINIMÁLNÍ ZDROJOVÁ ČÁST			-51 595,50
CELKEM s DPH JEN SOLÁRNÍ SYSTÉM			1 068 546,60

Tab. 6.04. Položkový rozpočet varianty -D-



Graf. 6.15. Ekonomická návratnost varianty -D-



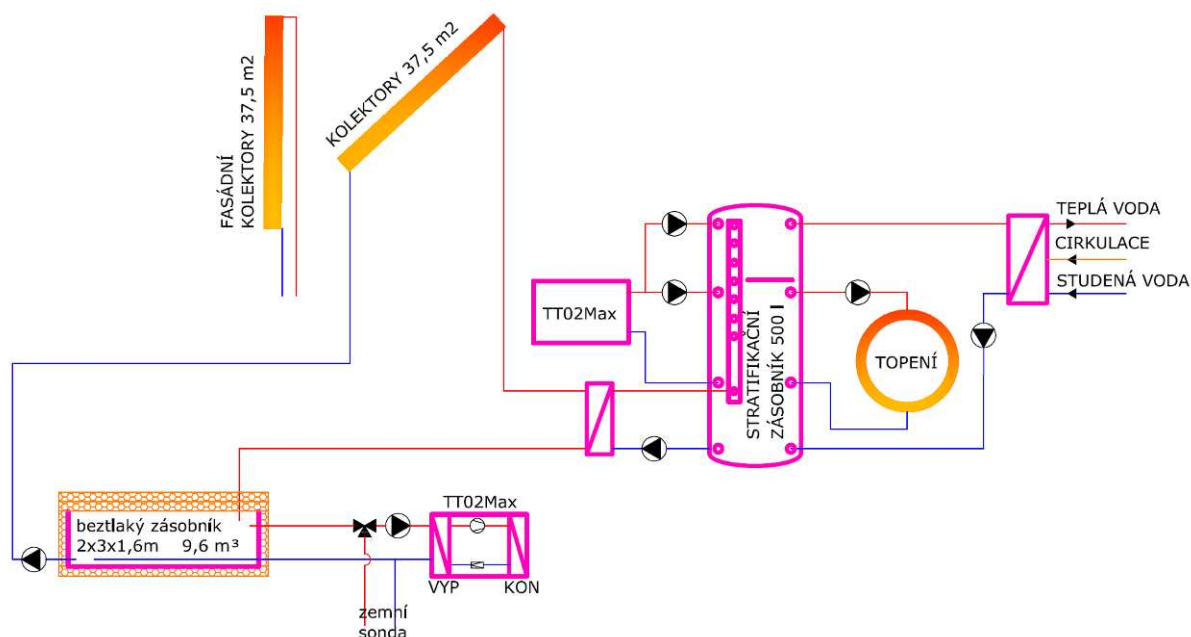
Obr. 6.16. Energetická bilance varianty -D,E-

Technická optimalizace bez vazby na náklady nepřináší dobré ekonomické výsledky z hlediska návratnosti. Samotný výrazný solární podíl krytí není rozhodujícím faktorem. Pouze optimalizace komplexní naznačená na obr. 6.17. a v rozpočtu v tab. 6.05. přináší tížžené ekonomické výsledky.

6.2.5. Ekonomické hodnocení (varianta -E-)

Velkoplošný solární systém s tepelnou transformací pomocí TT02 s další technikou a zejména investiční optimalizací

Tato varianta optimalizuje technické řešení varianty -D- a zároveň počítá s výrazným snížením pořizovacích nákladů kolektorového pole včetně uchycení. Dále varianta -E- uvažuje se sekundární funkcí kolektorového pole, čímž lze odečíst investiční náklady spojené s plněním sekundární funkce. Tato varianta zjednodušuje technické provedení systémem drainback, minimalizací počtu výměníků, eliminací tlakového primárního okruhu a teponosné kapaliny.

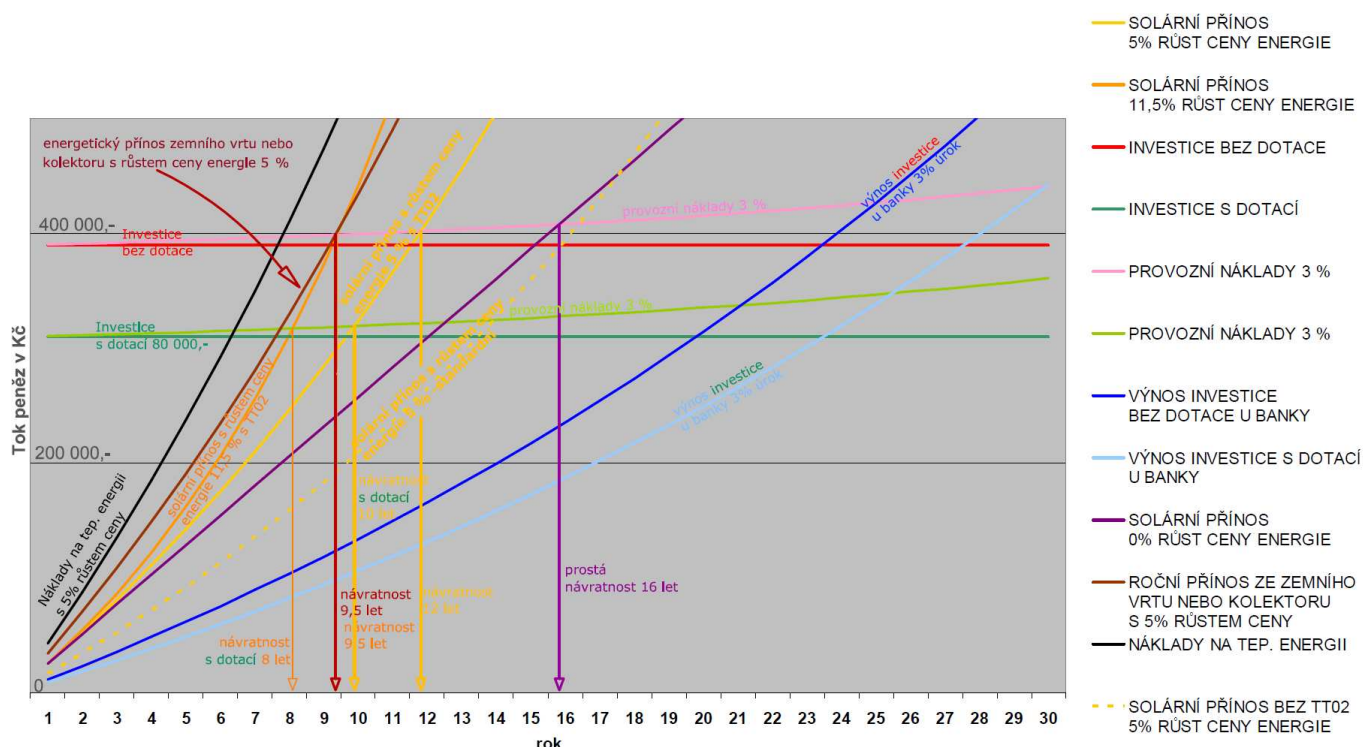


Obr. 6.17. Schéma systémového řešení -E-

Kolektorová plocha:	37,5 m ²
Akumulační zásobník:	1000 litrů
Sekundární akumulace:	9 600 litrů
Cena sol. syst.:	389 653 Kč
Podíl solár. krytí:	60,0 %
TT02 (WPF5-Stiebel Eltron) průměrné hodnoty: P=6,76 kW; P _{PR} =1,84 kW; TF(COP)=3,7	
Prostá návratnost:	16 let
Návratnost s 5% růstem cen energie bez dotace:	12 let
Návratnost s 5% růstem cen energie s dotací:	10 let
Návratnost s 5% růstem cen energie bez dotace a se sekund. zisky TT02:	9,5 let
Návratnost s 11,5% růstem cen energie bez dotace:	9,5 let
Návratnost s 11,5% růstem cen energie s dotací:	8 let
Solární přínos:	10 305 kWh/rok
Solární přínos vztažený na m ² absorpční plochy:	299 kWh/(rok.m ²)

POLOŽKOVÝ ROZPOČET VARIANTA –E–			
Solární systém 37,5 m²			
SOLÁRNÍ KOLEKTOR 2,5 m ² , na výšku, vana, tinox	16 200,00	15	243 000,00
KONSTRUKCE KE KOLEKTORU	2 300,00	15	34 500,00
Alternativní řešení a pojetí sl. kolektorů (kolektor+konstrukce) -50 %	-9 250,00	15	-138 750,00
náhrada další funkce obálky budovy např. zateplená fasáda (Příloha P13) -úspora-	-920,00	38	-34 500,00
NEMRZNOUCÍ KAPALINA DO SOL. SYST. – PLOCHÉ KOLEKTORY	68,00	0	0,00
DN 20 primární potrubí s vysokoteplotní izolací	280,00	110	30 800,00
EXPANZOMAT PRO SOL. SYST.	4 920,00	0	0,00
EXPANZOMAT PRO TOP.	2 000,00	1	2 000,00
VEDLEJŠÍ KOMPONENTY	25 000,00	1	25 000,00
Montáž solárního systému, regulace a zprovoznění	35 000,00	1	35 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	10 000,00	1	10 000,00
Akumulace			
Akumulační nádrž 500 litrů se stratifikací	32 508,00	1	32 508,00
Modul na čerstvou vodu	36 500,00	1	36 500,00
Podzemní zásobník 9,6 m ³	23 100,00	1	23 100,00
Tepelná izolace zásobníku	800,00	34	27 200,00
Vystrojení zásobníku	8 000,00	1	8 000,00
Krycí fólie	250,00	12	3 000,00
Zemní práce (výkop, základ obetonování)	4 000,00	6	24 000,00
Montáž velkokapacitního zásobníku	12 000,00	1	12 000,00
Přípojovací sada k zásobníku AlfaMax02	15 000,00	1	15 000,00
Vrstevní nabíjecí modul včetně řízení, výměníků a čerpadel	67 700,00	1	67 700,00
Kompaktnější a jednodušší provedení -50 %	-33 850,00	1	-33 850,00
Sada pro připojení aku.zásobníku na OT a solár včetně armatur, pojist.ventilu, manometru, šroubení, vypouštění, odvzdušnění, napojení expanze	4 350,00	1	4 350,00
Sada pro připojení aku.zásobníku na TV včetně uzavíracích armatur, pojist.ventilu, zpětné klapky, manometru, vypouštění	2 600,00	1	2 600,00
Montáž akumulačního zásobníku	3 000,00	1	3 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	5 000,00	1	5 000,00
Zdrojová část a řízení			
TT02 (WPF5)	143 170,00	1	143 170,00
Přípojovací sada k WPF5	9 401,00	1	9 401,00
Kompaktnější a jednodušší provedení reálná cena -50 %	-76 285,50	1	-76 285,50
Oběhové čerpadlo UP 25–60	3 574,00	2	7 148,00
Tlakové hadice DN25	1 371,00	4	5 484,00
Oběhové čerpadlo primárního okruhu	5 290,00	2	10 580,00
Deskový výměník zdrojové části s přípojovacími armaturami	11 500,00	0	0,00
Zemní sonda primárního okruhu	800,00	80	64 000,00
Propojovací potrubí PE100 RC STRONG d 63 x 5,8	124,00	10	1 240,00
Teplonosná antikorozi kapalina na bázi ethylalkoholu	37,00	0	0,00
Potrubí pro připojení TOPNÉ SOUSTAVY	421,00	50	21 050,00
Potrubí TV v PPR včetně fitinek	200,00	10	2 000,00
Zónový trojcestný ventil Siemens	3 600,00	1	3 600,00
ŘÍDICÍ SYSTÉM TT02	10 500,00	1	10 500,00
ELEKTROINSTALAČNÍ MATERIÁL	15 000,00	1	15 000,00
VEDLEJŠÍ KOMPONENTY	3 000,00	1	3 000,00
Montáž TT02 včetně elektrického propojení a plnění primárního okruhu snížené náklady vlivem kompaktnějšího řešení	15 000,00	1	15 000,00
Režie, doprava, přesun hmot	4 000,00	1	4 000,00
CELKEM bez DPH			398 545,50
DPH		10	39 854,55
CELKEM s DPH			438 400,05
ZÁKLADNÍ MINIMÁLNÍ ZDROJOVÁ ČÁST			-51 595,50
CELKEM s DPH JEN SOLÁRNÍ SYSTÉM			386 804,55

Tab. 6.05. Položkový rozpočet varianty –E–



Obr. 6.18. Ekonomická návratnost varianty –E–

Varianta –E– v porovnání s variantou –D– nemusí přinést vyšší podíl solárního krytí, a přesto díky technické optimalizaci spočívající v omezení ceny jednotlivých komponent a samotném omezení prvků solární soustavy přináší výrazné zlepšení ekonomických parametrů. V položkovém rozpočtu varianty –E– jsou hlavní změny zvýrazněny. Ze zkušeností s realizací solárních systémů a obchodu v tomto odvětví odhaduji možný reálný vývoj tržní ceny hlavních komponent. Dále snížení nákladů pramení z technického zjednodušení. Marketingové strategie, zejména v období růstu solárního fototermálního odvětví, mohou působit i kontraproduktivně z hlediska snižování cen komponent a zjednodušování technického řešení. V období růstu je snahou prodat sofistikovanější, technicky vyspělejší a dražší technologii. Teprve krize přináší skutečné optimalizace technických řešení, které jsou mnohem silnější než ty, které jsou stimulované pouze tržním a konkurenčním prostředím.

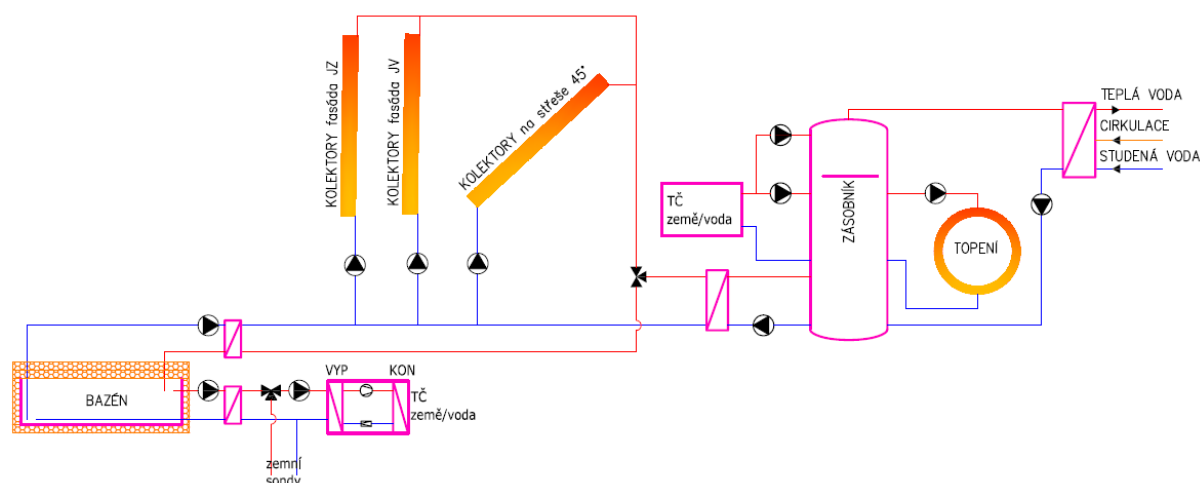
6.3. Ekonomické přínosy optimalizačního opatření s aplikací TT

Z předchozího rozboru a experimentálního ověření plyne, že zvyšování výtěžnosti slunečních kolektorů tepelnou transformací pomocí tepelného čerpadla (tepelného transformátoru) je ekonomické a zvyšuje efektivitu solárních systémů pro přitápění. Zejména kombinované solární systémy pro ohřev TV a přitápění instalované v extrémních klimatických podmínkách výrazně zvyšují svou funkceschopnost navrhovaným optimalizačním opatřením.

7. Závěr

7.1. Přípravované a rozpracované projekty RD – Nová Paka

V rámci ověření optimalizačních opatření navrhovaných v této práci připravuji momentálně realizaci solárního systému na větším RD s využitím tepelného čerpadla a s úpravou venkovního bazénu jako akumulčního zásobníku v zimní polovině roku. Bude se jednat o dům s vytápěnou plochou 350 m², s kolektorovou plochou solárního systému 40 m² a sekundárním alternativním akumulčním zásobníkem v podobě venkovního bazénu o kapacitě 21 m³. Dům se bude stavět v roce 2012 v Nové Pace a solární systém bude kryt potřebu tepelné energie z více než 60 %. Celý dům bude vybaven nízkoteplotním podlahovým teplovodním topným systém AirConomy s nuceným systémem větrání s rekuperací tepla. Na obr. 6.09. lze vidět funkční schéma připravovaného projektu.



Obr. 7.01. Funkční schéma připravovaného projektu v Nové Pace

Alfaprojekt

Pro další uplatnění optimalizačních opatření na zvýšení efektivity solárních systémů pro přitápění realizují experimentální solární vytápění na objektu společnosti Alfaprojekt v Liberci. Celý areál s užitnou plochou přes 680 m² kanceláří, bytů, vzorkové prodejny a skladových prostor bude vytápěn 25 m² vakuových trubcových kolektorů na střeše budovy a fototermální solární fasádou o ploše 50 m², která bude tvořena novým inovovaným prototypem fasádních slunečních kolektorů dle kapitoly 3.1.2. Dále bude pro celý systém použit prototyp akumulčního beztlakého podzemního zásobníku (obr. 7.03.) o kapacitě 13 m³. Systém bude pracovat podle schématu na obr. 7.04.

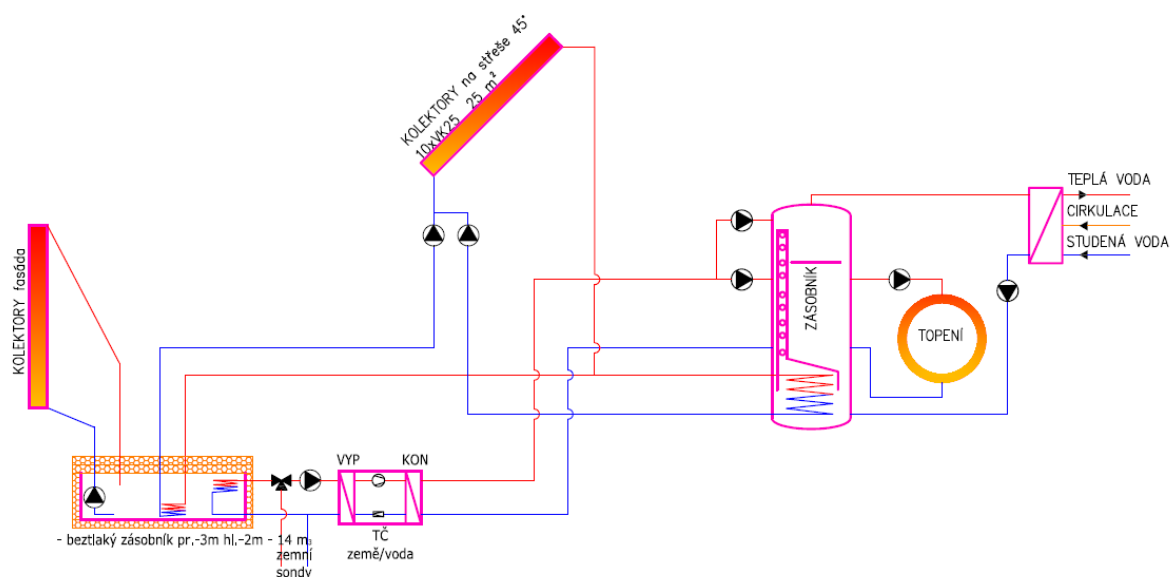
V celé vytápěné části objektu jsou navíc testovány různé teplovodní stěnové a podlahové nízkoteplotní systémy vytápění pro efektivní využívání solárního tepla. Celý koncept by pak měl zajistit skutečně ekonomické solární teplo i v náročných klimatických podmínkách.



Obr. 7.02. budova realizovaného experimentálního systému



Obr. 7.03. Experimentální podzemní solární zásobník o kapacitě 13 m³

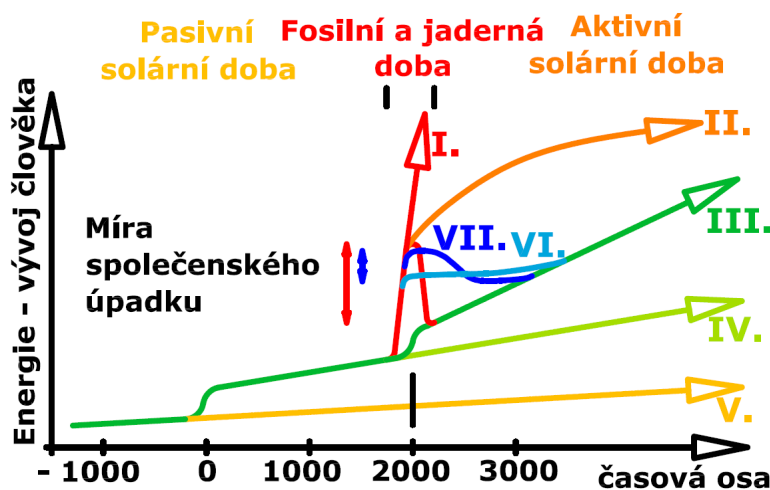


Obr. 7.04. Funkční schéma připravovaného projektu Alfaprojekt

7.2. Závěrečná úvaha

Veškerá snaha člověka vyspělé společnosti – zejména západní křesťanské civilizace – souvisí především s jeho materiálním rozvojem, jehož primárním atributem je produkce spotřebních hodnot spojená s prací a myšlením, které urychlují proces rozvoje. Hlavním urychlujícím faktorem byla geneze moci spojená s výrobou produktů a tvorbou zisků. K výraznému zvýšení produkce je zapotřebí kupní síly a nástrojů, jako je marketing, surovin a energie.

Energie, její transformace a primární původ ovlivňují tento rozvoj, který byl významně urychlen v době průmyslové revoluce, která je bezprostředně spjata s efektivnějším využitím uhlí jako neobnovitelné koncentrované formy energie. Tento trend „I.-červený“ patrný z obr. 7.01. na přelomu 18. a 19. století nastartoval spirálu spotřeby neobnovitelných zdrojů energie, která v současné době vrcholí a přináší řadu ekonomicko-sociálních a zejména environmentálních problémů, které je třeba řešit.

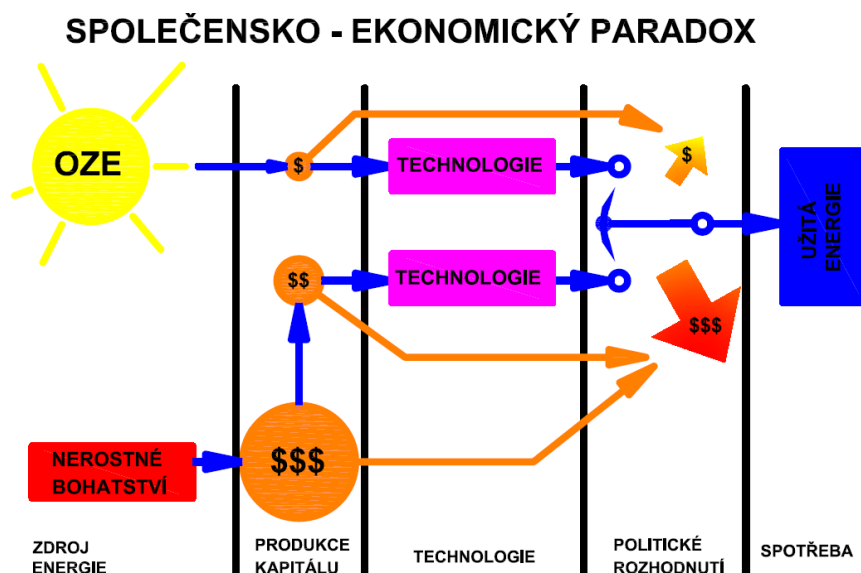


Obr. 7.05. Energetický vývoj člověka

Člověk civilizovaný je dnes na užité energii závislý úplně stejně jako narkoman na heroinu a tato závislost se neustále zvětšuje, přináší uspokojení (snazší poznání, cestování), komfort (teplo) a ekonomický přínos (usnadnění výrobních procesů). Jedinou cestou k trvale udržitelnému rozvoji je snižování závislosti na neobnovitelných zdrojích energie, které vedle vlivu na životní prostředí generují také nežádoucí koncentrovanou moc, která křiví demokratické principy západní civilizace, způsobuje eskalaci násilí a potlačuje svobodu méně „vyspělého“ světa. Na obr. 7.05. lze vypožorovat několik základních trendů vývoje člověka z hlediska jeho energetické závislosti.

Trend „**V.-žlutý**“ představuje vývoj bez kritického myšlení spojeného například se vznikem křesťanství, které přineslo zvýšenou aktivitu člověka – trend „**IV.-světle zelený**“. Pokud by byl včas s výraznou poptávkou po energii započat vývoj technologií pro využívání obnovitelných zdrojů energie, nastal by trend „**III.-zelený**“. Již na Světové výstavě v Paříži v roce 1883 představili Francouzi A. Mouchot a A. Píř solární parní stroj, přesto byl tento vývoj utlumen snazším vývojem technologií pracujících s koncentrovanými formami fosilních a později i jaderných zdrojů energie. Vedle mnohem náročnějších a méně efektivních OZE v té době chybělo zejména environmentální uvědomění, protože chyběla negativní zkušenost s ohrožováním životního prostředí. Neznali jsme hlubší souvislosti vázané na využívání fosilního nerostného bohatství související s ekologií, trvale udržitelným rozvojem sluneční strategií.⁽²⁾ Trend „**II.-oranžový**“ představuje optimistický plynulý přechod na čisté a současné formy energie bez vlivu na rozvoj a ekonomickou stagnaci. Méně optimistické jsou trendy „**modré**“, které představují různá rizika úpadku společnosti spojeného s ropnými válkami, destrukcí společnosti atd. Podobně jako u narkomanů bude muset proběhnout „detoxikace“ civilizace od špatných energetických návyků, které představuje využívání nesoučasných forem energie.

Obecným problémem při prosazování všech obnovitelných zdrojů energie je jejich odlišnost od konvenčních zdrojů energie. Mezi negativní vlastnosti patří zejména: rozptýlenost, malá hustota, nestabilita a odlišné transformační vlivy. Uvědomíme-li si, že se technologie pro využití konvenčních zdrojů energie vyvíjejí 150 let a moderní technologie pro využití OZE pouze několik málo desetiletí, je velmi pravděpodobné, že je naše současná technologická úroveň snadno překonatelná.⁽¹²⁾ Odlišnost vlastností obnovitelných zdrojů energie bude vyžadovat také absolutně odlišný přístup k této problematice. Vedle technických problémů jsou však mnohem závažnější problémy politické, na které poukazuje společensko-ekonomický paradox.⁽¹¹⁾



Obr. 7.06. Společensko-ekonomický paradox

Na obr. 7.06. vidíme logiku mechanismu, který ovlivňuje důvody, pro které je natolik obtížné prosazování obnovitelných zdrojů energie. Vyspělá současná civilizace je dnes řízena zejména ekonomickými pravidly, a ta jsou dnes nadřazena také pseudodemokratickému systému vyspělého západního světa. Tento systém neumožňuje

prosazování vyšších morálních cílů, zájmů, které jsou nadřazeny prioritám jednotlivců a krátkodobému neudržitelnému rozvoji. Čistá cesta k užití energii je méně ekonomicky zajímavá, vedle zakoupené technologie je zapotřebí již jen přirozený zdroj, na kterém již nelze výrazně vydělat. Naopak kapitál tvořený bez přidané hodnoty drancováním fosilních zdrojů energie je hybnou silou přispívající k brzdění rozvoje OZE, tento kapitál generuje spotřební daně, lobby a politickou vůli.

Ekonomika fototermálních solárních systémů je ve srovnání s dalšími technologiemi spíše úspěšná. Sluneční tepelné kolektory jsou velmi účinné při generování nízkopotenciálního tepla, mají dlouhou životnost a minimální provozní náklady. Cena produkované kWh je již dnes konkurenceschopná bez podpůrných mechanismů. Jen v roce 2006 bylo vyrobeno a nainstalováno 177 významnými výrobci ze 41 států světa 5,24 milionů m² plochých kolektorů.[1] Pro letošní rok očekává většina výrobců nárůst o 30 %. V tomto množství nejsou navíc započítány vakuové trubcové kolektory, jejichž největším producentem je Čína. Největším producentem plochých kolektorů na světě zůstává rakouský GreenOneTec, který v roce 2006 vyrobil 684 000 m² plochých kolektorů a v roce 2007 očekává produkci 760 000 m². Solární termální technika je dnes již slibně se rozvíjející průmyslové odvětví, největší počtem instalací plochých kolektorů bylo v roce 2006 realizováno v Číně ($1,95 \times 10^6$ m²), v Německu ($1,35 \times 10^6$ m²), v Turecku ($0,70 \times 10^6$ m²), v Indii ($0,55 \times 10^6$ m²), v Brazílii ($0,43 \times 10^6$ m²), v Izraeli ($0,32 \times 10^6$ m²), v Rakousku ($0,29 \times 10^6$ m²), v Řecku ($0,24 \times 10^6$ m²).[22] Na rozdíl od fotovoltaiky u které se jedná o nejušlechtilější formu snadno obchodovatelné elektrické energie, je však fototermika developersko-investičně méně atraktivním odvětvím. Solární termální systémy jsou investičně levnější, z obchodního hlediska méně zajímavé.

V extrémních klimatických podmínkách se užitná hodnota zužuje zejména na přípravu TV, což se zdá být relativně malý segment trhu na výrazné investice do vývoje a výzkumu zaměřeného tímto směrem.

Pro popularizaci a nárůst solárních systémů je nezbytné vytvořit metodiku a terminologii jasně popisující solární zisky a výkony kolektorů. Zisky a výkony jsou ovšem funkcemi velkého množství parametrů, navrhuji inspirovat se od kolegů „fotovoltaiků“ a použít jejich termín Wp (tedy výkon panelu při kolmém dopadu sl. záření o intenzitě 1 000 W/m² při teplotě okolí 25°C), pro termiku by bylo nezbytné ještě definovat: „při střední teplotě na kolektoru např.: 50 °C.

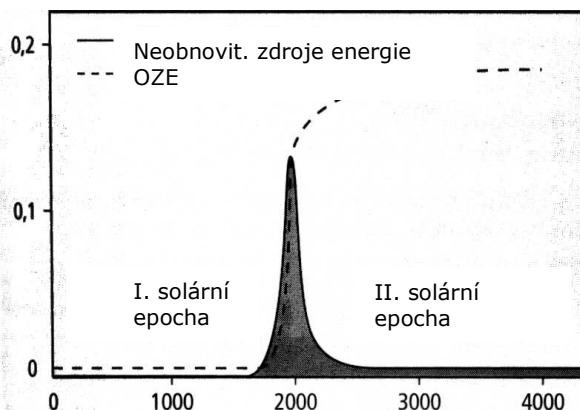
V současné době prakticky ustal vývoj fototermálních kolektorů, trh, který velmi slušně roste, využívá globalizačních výhod; jednotliví výrobci fúzí, snaží se zlevnit výrobu a rostou zejména zisky velkých výrobců a prodejců. Rostoucí prodej se negativně odráží na zájmu o nové přístupy a bádání v této oblasti. Klesající výrobní náklady způsobené zejména velkosériovou výrobou jsou kompenzovány nárůstem cen ušlechtilých kovů a skla. Podobně jako v automobilovém průmyslu je rozhodující zejména cena, inovace jsou velmi pomalé, opatrné a spíše kosmetické, selektivní povrchy absorbérů jsou dnes prakticky doménou několika málo značek a většina výrobců je nucena je používat.

Z ekonomického hlediska by se u tepelného transformátoru nemělo jednat o zařízení v současných cenách tepelných čerpadel, ale spíše o jakýsi malý zdroj transformace, který by mohl současně sloužit například pro využití odpadního tepla, chlazení mrazáku apod. Ve své práci zavádím a definuji několik nových pojmů, které jsem v literatuře neobjevil a které usnadňují chápání složitějších interakcí v dané problematice pro širší veřejnost.

Postupující trend snižující nároky na vytápění rodinných a bytových domů, který je umožněn nadstandardním zateplováním, kvalitou stavebních prvků a nuceným větráním se zpětným získáváním tepla, jednoznačně předurčuje směr vývoje solárních systémů pro přitápění a ohřev TV. Solární systémy pro přitápění a ohřev TV musí být levnější, efektivnější a konzistentnější. Zejména sluneční kolektor, kolektorové pole jakožto nejdražší prvek solárních soustav musí zajišťovat a nahrazovat sekundární funkce (obálka budovy, zateplení), bez tohoto přístupu nebude mít solární aktivní technika pro přitápění u budoucí pasivní výstavby své ekonomické opodstatnění.

Vysvětlivky

- 1- **Extrémní klimatické podmínky** – Tímto pojmem popisují přirozené zejména zimní meteorologické podmínky ve střední Evropě víceméně z hlediska množství dopadajícího slunečního záření, jeho kvality a venkovních teplot pro využití slunečních kolektorů k vytápění.
- 2- **Sluneční strategie** – Pojem zavedl německý aktivista, politik a předseda společnosti EUROSOLAR Dr. Herman Scheer. Člověk se vyvíjí tisíce let jen díky Slunci a všem jeho transformovaným formám energie, momentální odklon k fosilním a jaderným zdrojům energie je jen dočasný, sluneční strategie nehovoří o krytí podílu z OZE na celkové spotřebě v několika jednotkách či desítkách procent, ale o absolutní nezávislosti na neobnovitelných zdrojích energie.



- 3- **Kvalita energie** – Tento pojem zavádím pro vyšší srozumitelnost zejména neodborné veřejnosti, v zásadě bychom mohli hovořit o vnitřní energii nebo používat další termíny čistě termodynamického charakteru. Kvalita energie jako pojem používaný v tomto dokumentu zaštiťuje ovšem hlubší souvislosti spojené zejména s užitnou hodnotou energie, využitelnost přirozené energie pro člověka. Teplota, množství, stabilita, užitná forma energie a další vlastnosti související s využitelností a vazbou na obnovitelné zdroje energie jsou zahrnuty pod tímto pojmem.
- 4- **OZE** – Obnovitelné zdroje energie – přímé sluneční záření, voda, vítr, biomasa, geotermální energie, energetické zdroje, které se stačí regenerovat v průběhu jejich spotřeby, energetické zdroje eliminující tvorbu skleníkových plynů, jediné zdroje energie na Zemi, na které má člověk přirozené právo.
- 5- **Úsporná energetická opatření** – Rozumíme všechna opatření vedoucí ke snižování spotřeby primárních zdrojů jaderných a fosilních. Světová ekonomika a moderní „demokracie“ je v této oblasti prakticky kontraproduktivní, protože je měřena spotřebou. Veškerý úspěch OZE je neodmyslitelně spjat s úspornými energetickými opatřeními.
- 6- **Přirozená nestabilita** – Konzervativním argumentem skeptiků na OZE je jejich nestabilita den/noc, vichřice/bezvětrí, povodně/sucha... Všechny tyto přirozené vlastnosti jsou však jen určitou statistickou funkcí, v přírodě jinak není nic stabilnějšího než konstantní sluneční záření, které se na Zemi transformuje do různých podob, jednou je sucho, méně vody a více přímého slunečního záření, podruhé naopak. Pokud by tato rovnováha nebyla, entropie a chaos přírodních systémů by narůstaly a bránily klidnému rozvoji života na Zemi. S přirozenou nestabilitou zatím jen neumíme pracovat, protože jsme zvyklí na konstantní výhřevnost nafty.
- 7- **Vázané systémy** – Systémy, které bezprostředně ovlivňují výtěžnost solárních systémů pro vytápění, zejména kvalita budov a kvalita topných soustav.
- 8- **Stagnační stav** – Stav kolektoru, při kterém nedochází k odběru energie a ochlazování kolektoru zejména za výborných slunečních podmínek. Tento stav se projevuje zejména přehřátím kolektoru zplyněním teplotněsensitive látky a nárůstem tlaku primárního okruhu.

- 9- Stratifikace** – U solárních systémů se tento pojem využívá zejména k popisu teplotního vrstvení v solárních zásobnících. Dobrá stratifikace znamená velké teplotní rozdíly v zásobníku, nedegradaci kvality energie a lepší teplotní poměry na kolektoru, tedy vyšší výtěžnost solárních systémů.
- 10- Pasivní forma** – V tomto bodě myšleno bez využití tepelného transformátoru, běžně se tento pojem využívá ve smyslu tepelných zisků okny a transparentními plochami, více v odstavci: Teorie pasivity.
- 11- Společensko-ekonomický paradox** – Moderní civilizace a společenský rozvoj jsou velmi závislé na spotřebě energie. Čím více energie spotřebujeme, čím více vyrobíme a upotřebíme produktů závislých na energii, tím jsme ze společenského pohledu úspěšnější. Tento model jednoznačně brání prosazování úsporných energetických opatření a výraznému posunu ve využívání obnovitelných zdrojů energie. Užité energie, převážně fosilního původu, je dnes naší nejsilnější drogou a demokratická západní civilizace jejím největším dealerem. Koncentrované fosilní energetické zdroje produkují obrovské ekonomické zisky, tedy prostředky politické vůle. Výraznému rozvoji obnovitelných zdrojů energie dnes nebrání technologické nedostatky, nýbrž politická rozhodnutí a kapitál produkovaný bez přidané hodnoty – drancováním nerostného bohatství.
- 12- Současná technologická úroveň** – V oblasti OZE narážíme jakoby na nepřekonatelné bariéry pro výraznější prosazování čisté současné obnovitelné energie, protože nejsme schopni nových komplexních pohledů. Jednotlivé technologie a jejich účinnost posuzujeme odtažitě v kontextu se současnými konvenčními technologiemi pracujícími s fosilními a jadernými zdroji energie. Účinnost fotovoltaických článků generujících el. energii je sice pouze 15 %, ale jaká byla účinnost přeměny biologických látek na uhlí a jaká je účinnost dalších transformací při přeměně uhlí na „čistou“ elektřinu? Kolik stál první elektronický počítač před padesáti lety, a co uměl v porovnání s dneškem? Používá stejný výchozí materiál – polovodičový křemík. Jak by asi dnes vypadal spalovací motor, kdyby Rudolf Diesel v roce 1913 pokračoval ve vývoji motoru pro spalování arašídového oleje u svých naftových motorů? Technologie pro využití OZE se budou stále vyvíjet, bude stoupat jejich účinnost a klesat jejich cena. Výrazně se ovšem tyto technologie začnou podílet na celkové spotřebě pouze při snižování současné primární spotřeby. Pokud dnes umíme stavět domy s měrnými náklady na vytápění 15 kWh/m²/rok s investičním navýšením okolo 20 % a staví se stále domy s měrnými náklady 100 kWh/m²/rok, asi to není v pořádku.
- 13- Omezené prostředky** – Kvalitní měření vyžaduje profesionální vybavení v podobě čidel a periferních zařízení pro sledování fyzikálních veličin (teplota, průtok, sl. záření) s odpovídající chybou a kalibrací. Dále je nezbytné naměřené hodnoty vyhodnocovat a zpracovávat pro různé lokality a v různých dobách stejnou metodou, může být použito částečně odlišné zařízení pro zpracování signálu (průměrné hodnoty, frekvence měření, způsob připojení...), všechny tyto vlivy přinášejí chyby, které ovlivňují exaktní a objektivní výsledky měření. Eliminace těchto chyb je velmi náročná a pro nekomerční disertační práci mimo rozsah finančních možností. Naměřené hodnoty jsou spíše porovnávací a slouží k základnímu ověření hypotéz a myšlenek představených v této práci.
- 14- Termální W peak** – Zavedením špičkového výkonu termálního kolektoru, pro jehož definici by bylo možné použít standardních podmínek jako pro fotovoltaiku s doplněním střední teploty na kolektoru, navrhuji $T_m=50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Získáme nový jasný parametr pro netechnické pojetí, snazší orientaci a zkvalitnění marketingu v této oblasti.
- 15- Praxe** – Většina vlastních myšlenek a názorů je podložena třináctiletými zkušenostmi s návrhy a realizacemi solárních termálních systémů, přes 200 realizovaných systémů a více než 2 500 m² instalovaných solárních zařízení, v současné době realizují pře 50 instalací ročně
- 16- Chování uživatele** – Každý bydlící zasahuje do řízení topného systému zejména tím, že nastavuje požadavky na vytápění a ohřev teplé užitkové vody, o každý 1 °C vyšší požadavek na teplotu v místnosti znamená až 6%-ní zvýšené náklady na vytápění. Přetechnizovanost dnešní doby nás navádí ke sterilizaci prostředí, k udržování konstantní teploty v průběhu celého roku... Tyto a mnohé další trendy

odklonu od přirozených přírodních podmínek jednak negativně ovlivňují náš zdravotní stav a zároveň zhoršují efektivitu solárních systémů. Pokud bychom se začali chovat více v souladu se slunečním zářením, ovlivníme také výtěžnost slunečních kolektorů. Solární teplo přináší zajímavý paradox: čím ho máme více, tím více jej máme využívat, a tím více jej získáme. Není možné koupat se a topit jen v létě, kdy je slunečního tepla dostatek, a v zimě odletět do teplých krajů, ale do jisté míry se přizpůsobit lze.

- 17- Tepelný paradox** – U solárních systémů, kde účinná přeměna slunečního záření na teplo kopíruje jeden ze základních přírodních jevů umožňující život na Zemi, dochází k zajímavému efektu: „Čím více solární energie využijí ke svému prospěchu, o to více energie ze Slunce získám pomocí identické technologie a s vyšší účinností přeměny. Tohoto poznatku zatím není příliš využíváno.
- 18- SFŽP, Zelená úsporám** – Státní fond životního prostředí spadající pod Ministerstvo životního prostředí vytváří podpůrné programy pro využívání obnovitelných zdrojů energie a prosazování úsporných energetických opatření. Jedním z těchto programů je projekt „Zelená úsporám“, který je zaměřen na domy pro bydlení a podporu instalací slunečních kolektorů, tepelných čerpadel, kotlů na biomasu, zateplování a výměnu nekvalitních oken.
- 19- Tepelný transformátor (TT)** – Tímto pojmem nazývám aktivní výkonový prvek solárních systémů, který se stal hlavním optimalizačním opatřením popisovaným a experimentálně ověřeným v této práci. V zásadě se jedná o chladicí zařízení, kterým zvyšujeme účinnost slunečních kolektorů a zároveň u akumulčních zásobníků zvětšujeme kapacitu a stratifikaci.
- 20- Výkonová cena** – Cena zařízení vztažená na efektivitu, účinnost a přínos. Jinými slovy se jedná o užitnou hodnotu daného zařízení.
- 21- CSP** – Zkratka pro „solární koncentrační elektrárny“ (Concentrated Solar Power). Ty se dělí na: **CST** – koncentrační solární elektrárny tepelné, **CPV** – koncentrační fotovoltaické články a **CPT** – hybridní koncentrační systémy fotovoltaické i fototermální.
- 22- CPC** - Compound Parabolic Concentrator, konstrukční typ slunečního kolektoru s vakuovými trubicemi a parabolickými zrcadly.
- 23- Funkce „Ready“** – Řízené vybíjení solárních zisků pro potřeby praní, mytí nádobí a nadstandardního vytápění, pokud je k dispozici dostatek solárního tepla, je možné ovlivnit spotřebu, a tím získat více solárního tepla uvolněním kapacity zásobníku a snížením provozní teploty na slunečních kolektorech a zvýšenou účinností vlastní transformací slunečního záření na teplo
- 24 - Fuzzy logika** (česky též *mlhavá logika*) – Podobor matematické logiky odvozený od teorie fuzzy množin, v němž se logické výroky hodnotí mírou pravdivosti. Liší se tak od klasické výrokové logiky, která používá pouze dvě logické hodnoty - pravdu a nepravdu, obvykle zapisované jako 1 a 0. Fuzzy logika může operovat se všemi hodnotami z intervalu $<0; 1>$, kterých je nekonečně mnoho. Fuzzy logika náleží mezi vícehodnotové logiky. Fuzzy logika může být pro řadu reálných rozhodovacích úloh vhodnější než klasická logika, protože usnadňuje návrh složitých řídicích systémů. [Wikipedia]
- 25 - Funkce „Not necessary“** – Řízené nevybíjení – šetření, inverzní funkce k funkci „Ready“, kdy při opravdu nepříznivých podmínkách pro „čisté“ neřízené zdroje a aktivaci této funkce pro přípravu TUV nebo vytápění budou omezeny také výdaje omezením našeho komfortu spojeného s přípravou TUV a vytápěním.
- 26 - Pracovní faktor** – popisuje podobně jako u tepelných čerpadel **topný faktor** poměr skutečného přínosu slunečních kolektorů ku elektrické energii potřebné k pohonu oběhových čerpadel primárního okruhu a řídicího systému. Tento faktor je u solárních systému velmi vysoký, u samotízných systémů může dosahovat až nekonečna.
- 27 - Externalita** – Vyjadřuje zpravidla vnější účinek nějakého ekonomického nebo společenského rozhodnutí, činnosti, tzn. část dopadů činnosti, kterou nese někdo jiný než její původce. Jako externality se označují náklady či výnosy jiných subjektů, za které se neplatí: původce si tyto výnosy (tzv. pozitivní externality) nemůže přivlastnit, příp. tyto náklady (tzv. negativní externality) od něj nelze

vymáhat. Příkladem negativních externalit je např. znečištění životního prostředí způsobené ekonomickou aktivitou, těžbou nerostného bohatství, spalováním fosilních zdrojů nebo provozováním jaderných elektráren, jejichž dopad může mít nekonečný vliv na životní prostředí a rizika s tímto spojená nejsou započtena v ceně produkované a prodávané energie (zdravotní rizika, sanace ekologických škod...). Výskyt externalit často vede ke globálně neoptimálnímu rozhodování, neboť tržní subjekty nic nemotivuje k omezení jimi způsobených negativních externalit. Tyto negativní externality však postihují společnost jako celek. [26]

28 - TZB – Technické zařízení budov.

29 - TV – Teplá užitková voda dříve také označována (TUV).

Literatura

- [1] Cenek, M. a kol.: Obnovitelné zdroje energie. FCC PUBLIC 2001, ISBN 80-900759-5-9
- [2] Balák, R.: Nové zdroje energie. SNTL 1989
- [3] Ochrana, L.: Obnovitelné a druhotné zdroje energie. Energetický institut Praha 1991
- [4] Mittermair, Sauer, Weise: Zařízení se slunečními kolektory. HEL Ostrava 1992
- [5] Schultz, H.: Teplo ze slunce a země. HEL Ostrava 1999
- [6] Henze, A., Hillebrand, W.: Elektrický proud ze slunce. HEL Ostrava 2000, ISBN 80-86167-12-7
- [7] Karamanolis, S.: Sluneční energie. MAC, s.r.o. Praha 1996
- [8] Cihelka, J.: Solární tepelná technika. Praha 1994
- [9] Haller, A., Humm, O., Voss, K.: Solární energie, využití při obnově budov. Grada 2001, ISBN 80-7169-580-7
- [10] Ladener, H., Späte, F.: Solární zařízení. Grada 2003
- [11] Kleczek, J.: Sluneční energie. Praha 1981
- [12] Scheer, H.: Sluneční strategie, politika bez alternativy. Nová Země 1999, ISBN 80-902535-0-4
- [13] Humm, O.: Nízkoenergetické domy. Grada 1999
- [14] Ladener, H.: Jak pořídit ze staré stavby nízkoenergetický dům. HEL Ostrava 2001, ISBN 80-86167-16-X
- [15] Lázňovský, M., Kubín, M., Fišer, P., Malina T.: Vytápění rodinných domků. Praha 1996
- [16] Mrázek, K., Šustr, K., Janouš A.: Moderní vytápění bytů a rodinných domků. SNTL 1989
- [17] Dufka, J.: Vytápění domů a bytů. Grada 1997
- [18] Tintěra, L. a kol.: Úsporná domácnost. ERA Brno 2002
- [19] Řehánek, J., Janouš, A., Kučera, P., Šafránek, J. Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov. Grada 2002
- [20] Remmers, K.-H.: Velká solární zařízení. ERA21, ISBN: 978-80-7366-110-6
- [21] Žeravík, A.: Stavíme tepelné čerpadlo. ISBN: 80-239-0275-X
- [22] SUN@WIND ENERGY – International issue 4/2007, ISBN: 1861-2741 74714
- [23] Goswami, Y.: Advances in solar energy. Earthscan 2005
- [24] Andrews, J., Jolley, N.: Energy science. Oxford University Press 2007
- [25] Cengel, Y.: Thermodynamics and Heat Transfer. University of Nevada 1997
- [26] Wikipedia, internet- (http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/,...)
- [27] Matuška, T.: články na portálu TZB-INFO
- [28] Chudoba, J.: konzultace, stavební firma
- [29] Štětina, J.: Přednáška - Přenos tepla záření, VÚT Brno

Přílohy

- P01 – Technický list kolektoru H400V
- P02 – Technický list zásobníku Solarito II
- P03 – Technický list tepelný transformátor TT01
- P04 – Technický list sekundární akumulární zásobník ALFA01
- P05 – Počet hodin chodu solárního ohřevu porovnávaných sol. systémů
- P06 – Obrazová příloha
- P07 – Struktura ceny solárních systémů
- P08 – Hydraulické schéma včetně řízení -C2-
- P09 – Ukázka měřených dat
- P10 – Pyranometr RS81
- P11 – Měřená data 8. týden 2010 – tabulky, grafy
- P12 – Měřená data 12. týden 2010 – tabulky, grafy
- P13 – Reálné související ceny
- P14 – Hydrometeorologická data

Originální pojmy a novotvary v souvislostech s problematikou práce:

- **tepelná transformace**
- **kvalita energie**
- **pracovní faktor**
- **tepelný paradox**
- **termální Watt peak**
- **teorie pasivity**

Solární fototermální systémy v extrémních klimatických podmínkách České republiky

Přílohy Disertační práce

Příloha 01 – Technický list slunečního kolektoru H400V

Technické údaje kolektoru H400V Výrobce: THERMO/SOLAR Žiar, s.r.o. Slovensko	
Půdorysná plocha	2.03 m ²
Absorpční plocha	1.76 m ²
Skladový rozměr	1040 x 2040 mm
Optická účinnost – a_0	0,81
Lin. souč. tepelné ztráty – a_1	2,61
Kvadr. souč. tepelné ztráty – a_2	0,008
Krycí sklo	bezpečnostní, solární, tloušťka 4 mm
Připojovací vývody	přírubové, Ø 40 mm
Tepelná izolace	vakuum < 100 Pa
Celkový kapalinový obsah	1.30 l
Celková hmotnost	48 kg
Konverzní vrstva	TS 400 – vysokoselektivní na bázi oxidu hlinitého pigmentovaného koloidním niklem TS 400 H – vysokoselektivní vakuově napařovaná vrstva modré barvy
Sluneční absorbivita	minimálně 0.94
Tepelná emisivita při 82°C	maximálně 0.16
Optická účinnost	81 %
Doporučená pracovní teplota	pod 100 °C
Klidová teplota při záření 1000 W/m ² a teplotě okolí 25 °C	219 °C
Maximální přetlak teplonosné kapaliny	600 kPa
Doporučený průtok teplonosné kapaliny	30–100 l/h jeden kolektor
Skříň kolektoru	výlisek z nekorozivního Al-Mg plechu, výška vany 70 mm
Energetický zisk*	800-1200 kWh/rok
* Energetický zisk kolektoru je závislý na způsobu využívání, geografické poloze, orientaci kolektoru a mikroklimatických podmínkách.	



Obr. P0101. Konstrukční provedení kolektoru H400V [Thermosolar]



Obr. P0102. Integrace vanových kolektorů H400V do krytiny

Příloha 02 – Technické list zásobníku Solarito II

TECHNICKÉ PODKLADY

reflex

pro projektanty

Díl 4, část – o



solarito II

**Kombinovaný solární zásobník
vždy čerstvě připravená teplá voda**



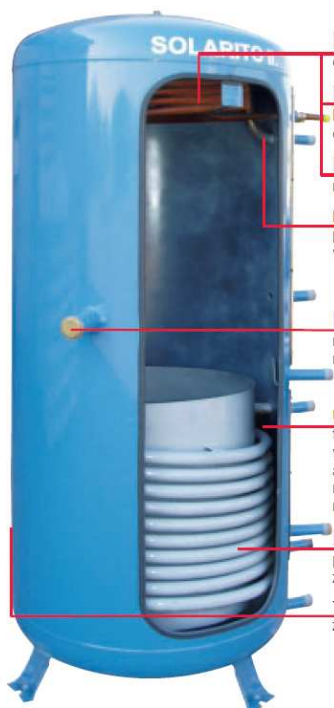
solarito II - bude Vám teplo u srdce

Příjemné teplo a stále k dispozici dostatečně teplá voda, komfort, úspornost a také možnost zapojení alternativních zdrojů energie, to jsou požadavky, které se dnes musí klást na moderní topnou soustavu.

Nově vyvinutý kombinovaný zásobník **solarito II** při tom přebírá centrální funkci. Dodává stále nejen čerstvě ohřátou vodu, ale nabízí rovněž možnost, napojit do topné soustavy různé zdroje tepla, tepelné čerpadlo, krbová kamna nebo kotel na peletky, a samozřejmě solární zařízení a elektrické vytápění.



**Chytré detaily,
které vám určitě udělají radost!**



Příprava TUV průtočným způsobem:
čerstvá voda, bez možnosti tvorby legionel

Nízké nároky na údržbu:

Nekorodující měděná výhřevná plocha, není nutná ochranná anoda, nedochází ani k zanášení

Měděná výhřevná plocha, vnitřně cínovaná:
možnost použití i ve smíšených instalacích se zinkem

Hydraulická optimalizace nátoky topné vody:
protiproud a vysoká turbulence zaručuje vysoký výkon v předávání tepla

Dodatkové elektrické vytápění:
návarek s vnitřním závitem Rp 1 1/2 pro našroubování elektrické topné patrony

Usměrněný odvod horké vody:
topná voda se v omezeném prostoru mezi stěnou válce, na kterém je výhřevná plocha soláru navinuta, a mezi stěnou zásobníku rychle nahřeje a podél stěny stoupá do horní části zásobníku bez zbytečného mísení s chladnější vodou.

Podpora vytápění:
prostřednictvím nepřímého napojení solárního zařízení, předání tepla přes výhřevnou plochu

Tepelná izolace tloušťka 90 mm:
zabrání ztrátám drahocenného tepla

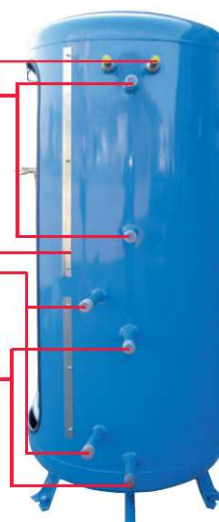
Pitná voda (TUV)

Základní zdroj vytápění:
kotel, nebo jiný tepelný zdroj

Lišta pod izolací
pro uchycení tepelných čidel a vedení kabelů

Podpora vytápění:
prostřednictvím přímého napojení např. tepelného čerpadla, krbových kamen nebo kotle na peletky

Podpora vytápění:
prostřednictvím nepřímého napojení solárního zařízení, předání tepla přes výhřevnou plochu



solarito II – kombinovaný zásobník pro přípravu pitné vody, podporu topení a využití solární energie – to budou zákazníci chtít!

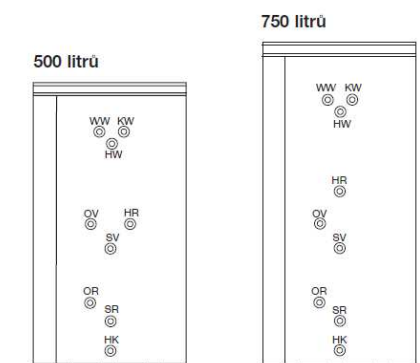
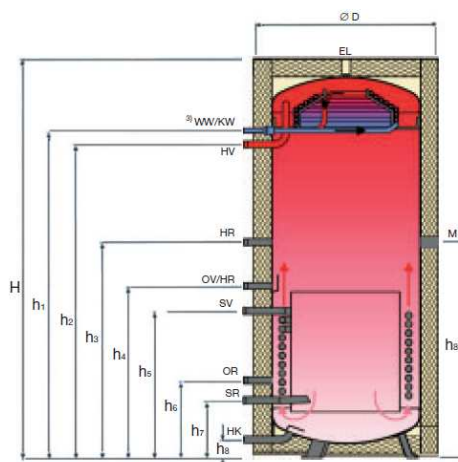
solarito II Technická data

solarito II

- Kombinovaný zásobník pro přípravu TUV a podporu topení v rodinném domě
- WW/KW: příprava TUV průtočným způsobem, výhřevná plocha z měděné žebrované trubky, vnitřně cínovaná
- HV/HR: přímé připojení pro základní zdroj vytápění
- OV/OR: přímé připojení zdroje pro podporu vytápění (např. tepelného čerpadla nebo jiného dodatkového tepelného zdroje)
- SV/SR: nepřímé připojení pro podporu vytápění přes výhřevnou plochu (např. solární zařízení)
- HK: napojení zpátečky topného okruhu (viz také schéma zapojení na str. 4)
- Nucený oběh topné vody kvůli optimálnímu předávání tepla
- M: návarek s vnitřním závitem Rp 1 1/2 pro elektrickou topnou patronu
- EL: návarek s vnitřním závitem Rp 1/2 pro odvodušnění (dodávka stavby)
- Snímatelná izolace z 90 mm silné měkké pěny s bílou plastovou krycí vrstvou
- dovolený provozní přetlak:
horká voda: 3 bary
pitná voda (TUV): 10 barů
solární okruh: 16 barů
- dovolená provozní teplota
horká voda/pitná voda: 95 °C
solární okruh: 110 °C

Typ zásobníku	solarito II	500	750
Celkový objem	Litry	555	750
Průměr	Ø D mm	930 ¹⁾	930 ²⁾
Výška H	mm	1601 ¹⁾	2015 ²⁾
Sklopná výška	mm	1686	2065
Horká pitná voda WW	Ø mm	22 ³⁾	22 ³⁾
	h ₁ mm	1231	1645
Studená pitná voda KW	Ø mm	22 ³⁾	22 ³⁾
	h ₁ mm	1231	1645
Výstup topení HV	G	1	1
	h ₂ mm	1161	1547
Zpátečka topení HR	G	1	1
	h ₃ mm	799	1083
Výstup z dodatkového zdroje OV	G	1	1
	h ₄ mm	799	1083
Zpátečka k dodatkovému zdroji OR	G	1	1
	h ₅ mm	388	388
Zpátečka z topné soustavy HK	G	1	1
	h ₆ mm	90	90
Výstup ze solárních kolektorů SV	G	1	1
	h ₆ mm	738	738
Zpátečka k solárním kolektorům SR	G	1	1
	h ₆ mm	288	288
Návarek M ⁴⁾ pro elektrovytápění	Rp	1 1/2	1 1/2
	h ₇ mm	870	870
Návarek EL pro odvodušnění	Rp	1/2	1/2
Výhřevné plochy TUV	m ²	3,3	3,3
Solar	m ²	2,15	2,15
Trvalý výkon	kW	34	34
	l/h	830	830
Okamžitý výkon dodávky TUV	l/10 min	176 ⁵⁾	213 ⁵⁾
		250 ⁶⁾	288 ⁶⁾
Hmotnost	kg	171	194
Obj. číslo		7781500	7781600

* v horní části zásobníku



- WW Výstup ohřáté TUV
KW Vstup studené TUV
HV Výstupní větev horké vody z kotle
HR Zpáteční větev předehřáté vratné vody do kotle
HK Zpáteční větev z topné soustavy
OV Výstupní větev horké vody od dodatkového tepelného zdroje
OR Zpáteční větev k dodatkovému tepelnému zdroji
SV Výstupní větev horké vody od solárních kolektorů
SR Zpáteční větev k solárním kolektorům
M Návarek pro elektrickou topnou patronu
EL Návarek pro odvodušnění

¹⁾ Bez izolace Ø D = 750 mm, H = 1511 mm

²⁾ Bez izolace Ø D = 750 mm, H = 1925 mm

³⁾ Měděná trubka Ø = 22 mm, např. pro šroubení se svěracím kroužkem

⁴⁾ Při dodávce zaslepeno zátkou, možnost zabudování elektrické topné patrony (3-6 kW), viz str. 4

⁵⁾ Bez přídavného el. topení

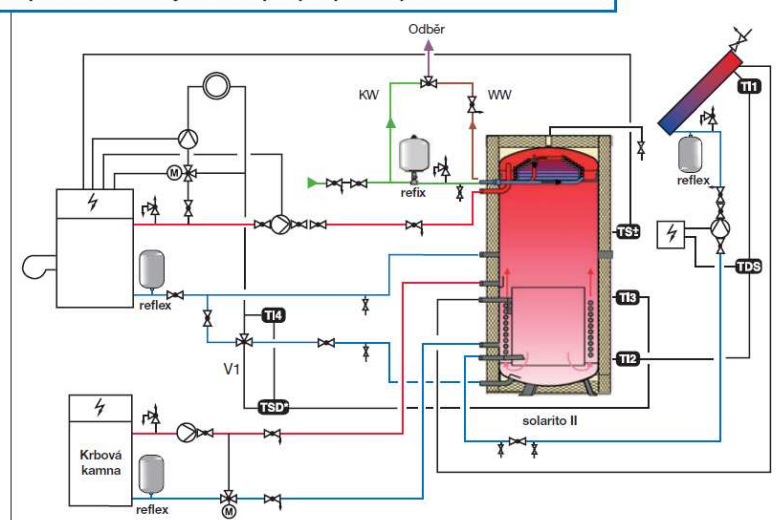
⁶⁾ S trvalým přitápěním 18 kW

reflex

solarito II

Příklad instalace / Příslušenství

reflex solarito II v topné soustavě s dodatkovým zdrojem tepla a solárním systémem pro podporu topení



TS+ Teplotní čidlo (dodávka stavby) zahajuje a ukončuje v závislosti na spínací hysterezi kotlové strany proces nahřívání zásobníku zatížením základního zdroje tepla.

TDS Nahřívání zásobníku solárním zařízením nastane v závislosti na nastavené minimální teplotní diferenci **TDS** v regulaci mezi teplotním čidlem **TI1** a **TI2**. Při dosažení požadované teploty v zásobníku vypíná regulace na základě signálu teplotního čidla **TI2** oběhové čerpadlo solárního okruhu.

TDS* Kontrola teploty zpáteční větve topné soustavy v regulaci porovnává teplotu ve zpátečce topné soustavy **TI4** s teplotou v zásobníku **TI3** a přepíná ventil V1.

Poznámky pro praktiky

- ▶ Při výstupních teplotách pitné vody (TUV) > 60°C je třeba před první spotřebič zařadit centrální směšovač jako ochranu proti opaření.
- ▶ Použití ve smíšených instalacích se zinkem je možné díky vnitřnímu pocínování.
- ▶ Pro důkladné odvzdušnění (dodávka stavby) je na horní části kombinovaného zásobníku připraven návrh Rp 1/2.
- ▶ V kombinaci s plochou slunečních kolektorů cca 10 m² můžete pokrýt až 20% potřeby tepelné energie rodinného domu.

Pro domy s více rodinami je alternativa s akumulčním zásobníkem PHW a solárním zásobníkem SF/2 – viz prospekty Příslušenství a Akumulční zásobníky.

TI3 > TI4

Zpáteční větev topné soustavy je zavedena do zásobníku a díky nahřátí objemu zásobníku se zvýší teplota zpátečky do kotle.

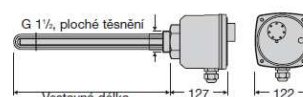
TI3 ≤ TI4

Zpáteční větev topné soustavy je zavedena přímo do kotle.

Instalaci přizpůsobit místním podmínkám

Elektrická topná tělesa EEHR

- ▶ jako dodatkové elektrické přitápění
- ▶ s termostatem do 95°C
- ▶ bezpečnostní omezovač teploty 120°C s kontrolkou
- ▶ krytí IP 54
- ▶ elektricky izolované připojení pro galvanické oddělení
- ▶ elektrické připojení je dodávkou stavby



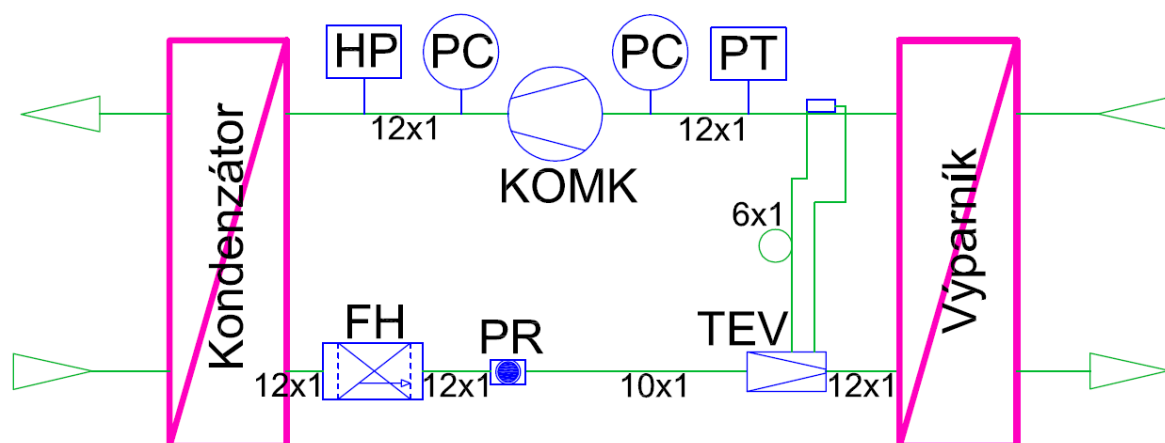
Typ	Obj. číslo	Výkon kW	Napětí V	Vestavná délka mm
EEHR 3,0	7755100	3,0	230	350
EEHR 4,5	7755300	4,5	400	450
EEHR 6,0	7755400	6,0	400	510



REFLEX CZ, s.r.o.
Průmyslová 5, 108 00 Praha 10
tel.: 272 090 311, fax: 272 090 308
e-mail: reflex@reflexcz.cz, www.reflexcz.cz

REFLEX SK, s.r.o.
Rakovo pri Martine, 038 42 Příbovce
tel: 043/423 9154, fax: 043/423 0983
e-mail: reflex@reflexsk.sk

Příloha 03 – Technický list tepelného transformátoru TT01



VÝPARNÍK-KONDENZÁTOR	SWEP B15Hx20/1P-M-S	2x22x2x3/4"
PC	VENTILEK ODMAČ.	7/16x
HP Presostat	SAGINOMIYA	061F7514 7/16-20x42bar
PT Tlakový převodník	CAREL	SPKT33RO 7/16-20"x35bar
KOMP Kompressor 12x8	SANYO	C-1RN60H5D
TEV Expanzní ventil	DANFOSS	TUAE+TRYSKA X 10x12
FH FILTRDEHYDRATOR 12x12	DANFOSS	DML084S
PR Průhledítka	DANFOSS/alt. REFRIGERA	014-0193 12x12 SGN12S
12x1 6x1 10x1	měděné potrubí	
POTRUBÍ FRIGOTEC DIN59753 / 2.0090 DIN1797		
IZOLACE POTRUBÍ PUR TL.6mm		
TVRDÉ PÁJENÍ L-Ag5P DLE BPS002, OCHRANNÁ ATMOSFÉRA N2		
NA VÝPARNÍKU A KONDENZÁTORU TVRDÉ PÁJENÍ L-Ag45P DLE BPS002, OCHRANNÁ ATMOSFÉRA N2		

Obr. P0301 Hydraulické zapojení (schéma) TT01



Obr. P0302 Technické provedení TT01



Obr. P0303 Vnitřní regulátor chladicího okruhu TT01



Obr. P0304 Displej vnitřního regulátoru chladicího okruhu TT01

Popis regulátoru:

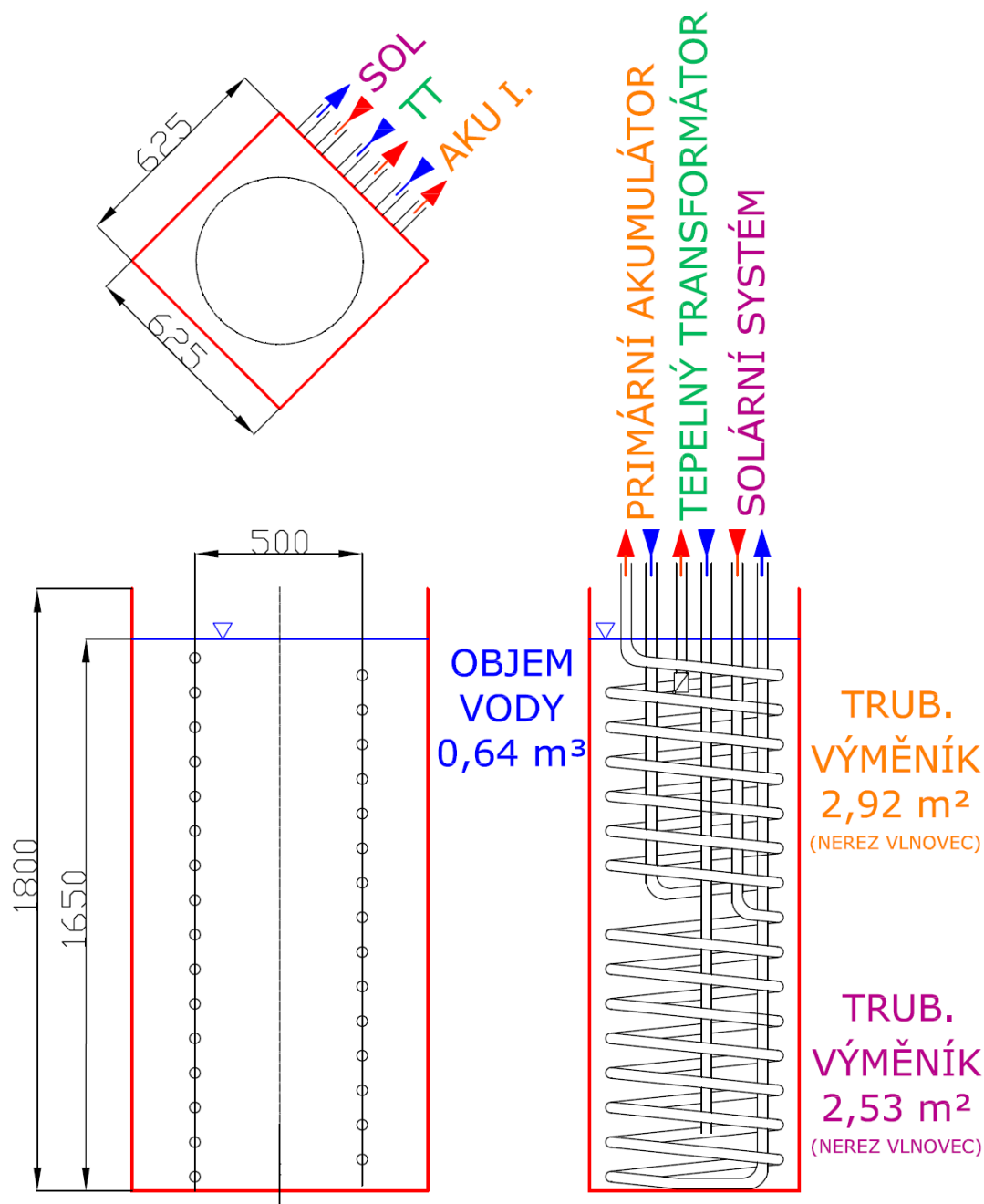
Elektronický digitální regulátor patří do typové řady regulátorů, které mohou ovládat různá jedno i dvoukompresorová chladicí nebo klimatizační zařízení, případně tepelná čerpadla v závislosti na požadované vlastnosti regulované veličiny – kapaliny nebo vzduchu. Při použití tandemových verzí kompresorů – zdvojených kompresorů – může ovládat až čtyři kompresory. Přístroje mohou rovněž řídit i elektronické vstřikovací ventily – max. dva okruhy.

Hlavní funkce :

- ☐ Řízení teploty vody nebo vzduchu na vstupu do výparníku
- ☐ Ovládání odtávání na základě časového nebo teplotního impulzu
- ☐ Regulace ventilátoru
- ☐ Řízení krokového elektronického vstřikovacího ventilu
- ☐ Ve funkci tepelného čerpadla ovládání teploty ohřívání látky
- ☐ Úplné zajištění ochrany zařízení pomocí systému hlášení poruch
- ☐ Možnost propojení na nadřazený řídicí systém seriovým výstupem
- ☐ Možnost připojení pomocného terminálu pro kontrolu funkce
- ☐ Kompresor (až 2 tandemy = 4 kompresory)
- ☐ Ventilátory kondenzátoru
- ☐ Čtyřcestný reverzační ventil
- ☐ Elektronický expanzní ventil (až 2)
- ☐ Čerpadlo vody nebo ventilátor výparníku
- ☐ Ohřívač zajišťující ochranu proti zamrznutí v zimním období
- ☐ Hlášení poruch
- ☐ Ovládání přímo tlačítky na čelní straně přístroje
- ☐ Ovládání dálkovým ovladačem – infravysílačem
- ☐ Ovládání nadřazeným počítačem prostřednictvím sítě a seriového připojení přímo, nebo přes modem linku

SANYO		Rotary Compressors – Refrigerant R410a.			
15F	Code	Model	Cooling Cap. kW (1)	Nominal Hp	220-240/50/1
	802 063 45	C-1RN60H5D	1,85	0,75	*
	802 100 35	C-1RN70H5B	2,19	1	*
	802 141 45	C-1RN90H5B	2,77	1,2	*

Příloha 04 – Technické list zásobníku ALFA01



Obr. P0401. Technický výkres akumulčního zásobníku ALFA01

První prototyp kvadratického akumulčního zásobníku s označením Alfa01 je beztlaká ocelová nádoba s otevřenou hladinou vybavená vestavbou z technických plastů, ke které jsou fixovány dva trubkové výměníky z flexibilní vlnovkové nerez oceli. Nádrž je opatřena pouze základním nátěrem a nemá jediné hrdlo, veškeré vývody jsou realizovány vrchem. Se samotnou akumulční látkou pracuje přímo pouze výměník výparníku tepelného transformátoru TT01, zpětná klapka a objemové čerpadlo pod výškovou úrovní hladiny zaručuje bezproblémový chod. Proti odparu je akumulční voda zajištěna vrchním krytem.

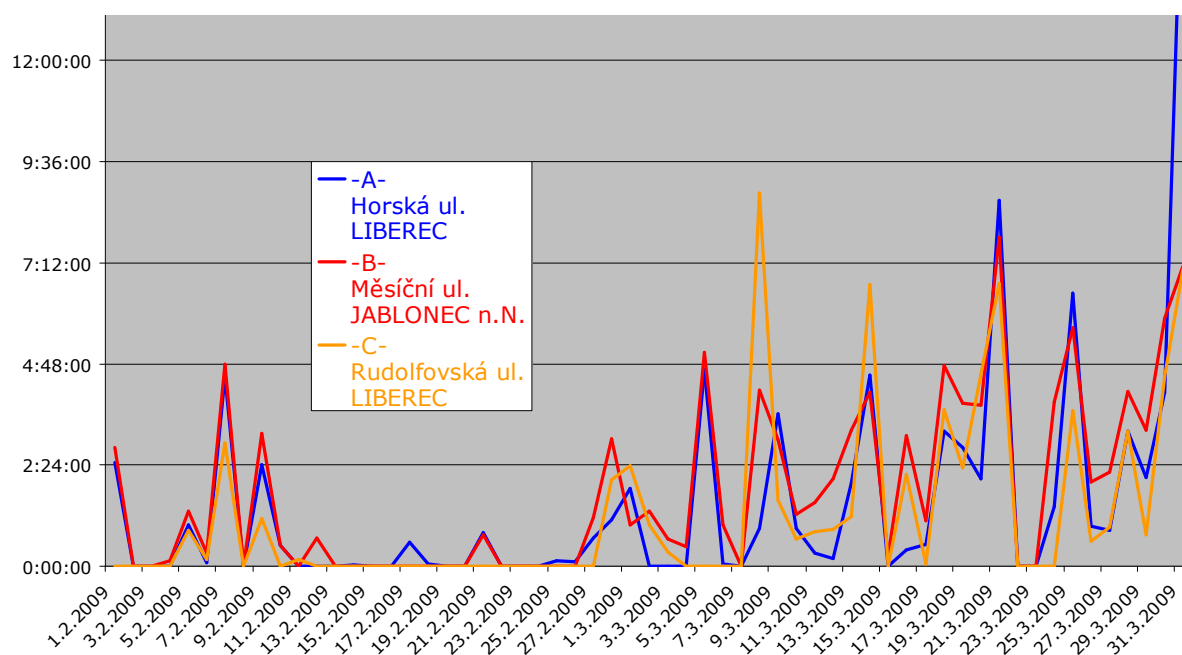


Obr. P0402.-P0407 Fotografie detailního provedení a technického řešení
zásobníku ALFA 01

Příloha 05 – Počet hodin chodu solárního ohřevu porovnávaných sol. systémů od února/března 2009

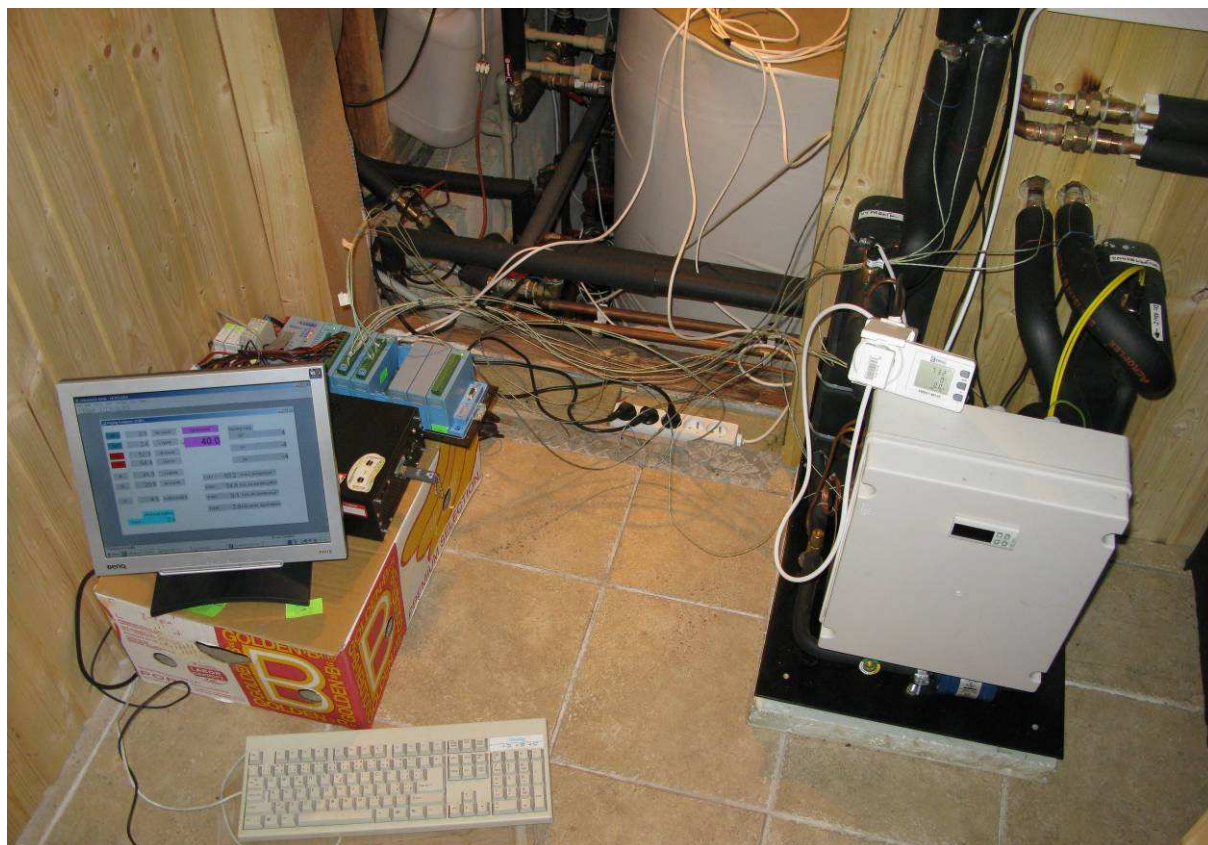
	Počet hodin chodu oběhového čerpadla primárního okruhu		
	-A- Horská ul. LIBEREC	-B- Měsíční ul. JABLONEC n.N.	-C- Rudolfovská ul. LIBEREC
1.2.2009	2:28:00	2:49:00	0:00:00
2.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
3.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
4.2.2009	0:00:00	0:08:00	0:00:00
5.2.2009	0:58:00	1:19:00	0:51:00
6.2.2009	0:04:00	0:18:00	0:09:00
7.2.2009	4:31:00	4:48:00	2:55:00
8.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
9.2.2009	2:24:00	3:09:00	1:07:00
10.2.2009	0:29:00	0:29:00	0:00:00
11.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:09:00
12.2.2009	0:00:00	0:40:00	0:00:00
13.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
14.2.2009	0:01:00	0:00:00	0:00:00
15.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
16.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
17.2.2009	0:34:00	0:00:00	0:00:00
18.2.2009	0:03:00	0:00:00	0:00:00
19.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
20.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
21.2.2009	0:47:00	0:44:00	0:00:00
22.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
23.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
24.2.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
25.2.2009	0:07:00	0:00:00	0:00:00
26.2.2009	0:06:00	0:00:00	0:00:00
27.2.2009	0:40:00	1:09:00	0:00:00
28.2.2009	1:06:00	3:02:00	2:03:00
1.3.2009	1:50:00	0:59:00	2:23:00
2.3.2009	0:00:00	1:18:00	0:58:00
3.3.2009	0:00:00	0:39:00	0:20:00
4.3.2009	0:00:00	0:28:00	0:00:00
5.3.2009	4:40:00	5:04:00	0:00:00
6.3.2009	0:03:00	0:58:00	0:00:00
7.3.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
8.3.2009	0:54:00	4:10:00	8:52:00
9.3.2009	3:37:00	2:59:00	1:34:00
10.3.2009	0:53:00	1:14:00	0:39:00
11.3.2009	0:18:00	1:31:00	0:49:00
12.3.2009	0:11:00	2:04:00	0:52:00
13.3.2009	1:58:00	3:14:00	1:10:00
14.3.2009	4:32:00	4:08:00	6:41:00

15.3.2009	0:00:00	0:16:00	0:00:00
16.3.2009	0:23:00	3:06:00	2:10:00
17.3.2009	0:30:00	1:04:00	0:03:00
18.3.2009	3:12:00	4:46:00	3:43:00
19.3.2009	2:49:00	3:52:00	2:20:00
20.3.2009	2:04:00	3:49:00	4:34:00
21.3.2009	8:40:00	7:48:00	6:42:00
22.3.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
23.3.2009	0:00:00	0:00:00	0:00:00
24.3.2009	1:25:00	3:53:00	0:00:00
25.3.2009	6:29:00	5:39:00	3:41:00
26.3.2009	0:57:00	2:00:00	0:36:00
27.3.2009	0:50:00	2:14:00	0:55:00
28.3.2009	3:12:00	4:09:00	3:12:00
29.3.2009	2:06:00	3:14:00	0:44:00
30.3.2009	4:07:00	5:54:00	4:30:00
31.3.2009	17:28:00	7:07:00	7:03:00
SUMA:	87:26:00	106:12:00	71:45:00



Obr. P0501. Grafické porovnání tří solárních systémů z hlediska aktivního využití
1.2.–31.3. 209

Příloha 06 – Obrazová příloha



Obr. P0601. Měření a ověření chování tepelného transformátoru TT01 v praxi, na stanovišti RD Rudolfov 73, Liberec, kde bylo sledováno chování zařízení přímo v reálných podmínkách v zimě 2009/2010.



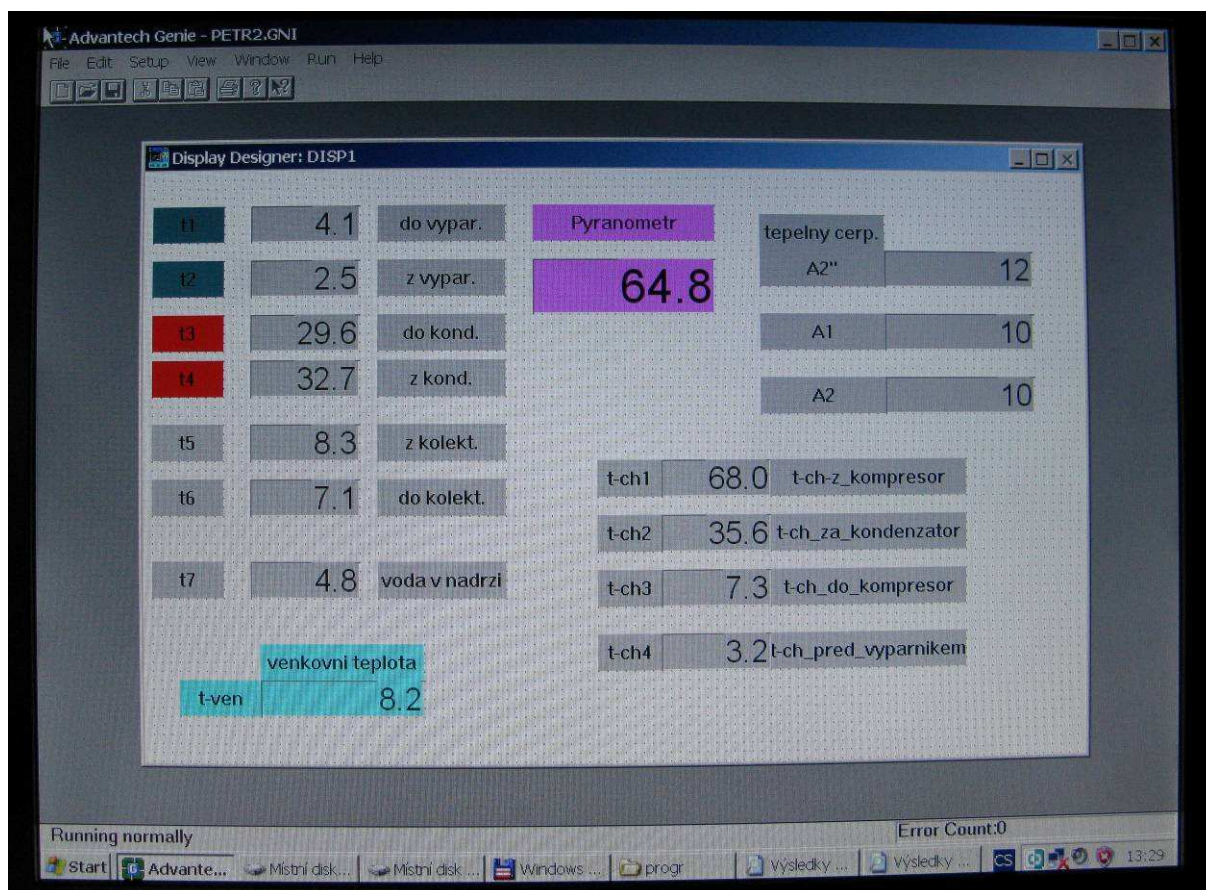
Obr. P0602. Měřící stanoviště pro ověření funkce



Obr. P0603. Experimentální otevřený akumulční zásobník ALFA01



Obr. P0604. Solární systém -C- na experimentálně sledovaném RD s integrovanými slunečními kolektory do krytiny, včetně lovcích Sivenů amerických (*Salvelinus fontinalis*)



Obr. P0605. Typická obrazovka měřicí ústředny ADAM při ověřování funkce optimalizačního opatření



Obr. P0606. Typické kombinované zásobníky pro solární systémy PSK950 s vnitřním plovoucím bojlerem a PSR800 s externím ohřevem TUV deskovým výměníkem (s komplikovaným připojením, s velkým množstvím armatur a dalších prvků a s velkými prostorovými nároky)

Příloha 07 - Struktura ceny solárních systémů

V následující tabulce je rozbor ceny solárních systémů pro přitápění realizovaných v roce 2009/2010 firmou SkacelSolar. Ceny jsou uvedeny bez DPH a jedná se o standardní, typické instalace do rodinných domů.

- a – pořadí systému
- b – lokalizace systému
- c – použití, TUV – teplá užitková voda, TOP – přitápění, BAZ – ohřev bazénové vody
- d – celková kolektorová plocha, brutto v m²
- e – typ použitých kolektorů, vatr – vakuové trubicové kolektory, pl – ploché selektivní kolektory
- f – akumulční kapacita v litrech
- g – celková cena bez DPH a bez sekundárního zdroje tepla a topné soustavy
- h – cena kolektorového pole včetně úchytné konstrukce nebo oplechování při integraci do krytiny
- i – cena zásobníků tepla, u bazénových aplikací není zahrnuta cena bazénů
- j – cena primárního potrubí včetně izolace
- k – montáž celého solárního systému včetně režie a dopravy
- l – ostatní nezbytné prvky solárních systémů – regulace, elektroinstalace, armatury, nemrznoucí kapalina...

Poznámka: V rozboru nejsou zahrnuty náklady spojené s návrhem systému, u malých systémů jsou zpravidla zahrnuty do celkové ceny, pokud je návrh realizován dodavatelem systému.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
						STRUKTURA CENY SOLÁRNÍHO SYSTÉMU					
						CELKOVÁ CENA	KOLEKTORY KONSTRUKCE	AKUMULACE	POTRUBÍ	MONTÁŽ REŽIE	OSTATNÍ
Všechny kombinované solární systémy a ohřev bazénů:											
1	Liberec	TUV/TOP	6,9	vatr	500	253 615	93 300	29 200	11 480	31 250	88 385
2	Český Dub	TUV/TOP	10	pl	750	219 770	74 000	57 800	10 530	36 200	41 240
3	Liberec	TUV/TOP	9,6	vatr	750	247 275	124 400	57 800	14 000	19 400	31 675
5	Pelešany	TUV/TOP/BAZ	9,2	vatr	750	309 000	124 400	57 800	18 000	43 000	65 800
6	Jičín	TUV/TOP	10	pl	500	212 535	74 080	29 200	9 120	20 650	79 485
7	Semily Dvůr	TUV/TOP	13,8	vatr	1250	365 600	186 600	100 210	14 000	38 000	26 790
9	Králové	TUV/TOP	7,5	pl	300	165 216	56 400	26 541	21 000	16 900	44 375
10	Žamberk	TUV/TOP	5	pl	300	139 243	37 400	25 277	14 820	26 000	35 746
11	Cvikov Jablonec	TUV/TOP/BAZ	9,2	vatr	750	297 620	124 400	57 800	31 050	38 600	45 770
12	n.N.	TUV/TOP	7,5	pl	300	164 413	61 210	26 541	7 840	18 000	50 822
13	Chrastava	TUV/TOP	10	pl	550	199 465	78 930	47 500	6 720	35 000	31 315
14	Rtyně	TUV/TOP	13,8	vatr	950	410 820	191 400	68 500	20 160	57 000	73 760
15	Maxov	TUV/TOP	15	pl	950	311 000	118 500	68 500	10 080	28 000	85 920
16	Krámské	TUV/TOP	12,5		900	272 930	92 870	80 000	15 400	32 000	52 660
17	Modřice	TUV/TOP	6,9	vatr	600	210 705	93 300	60 000	6 480	20 000	30 925
18	Žamberk	TUV/TOP	6,9	vatr	600	185 000	95 700	60 000	7 280	14 000	8 020
19	Krkonoše	TUV/TOP	15	pl	1300	300 200	111 000	72 991	21 000	41 000	54 209
20	Michovka	TUV/TOP/BAZ	15	pl	950	306 732	104 330	68 500	14 250	42 000	77 652
21	Liberec	TUV/TOP	7,5	pl	400	192 567	56 310	26 000	16 800	24 500	68 957
22	Rakousy	TUV/TOP	13,8	vatr	1000	322 610	185 400	37 800	13 600	32 000	53 810
23	Jitřava	TUV/TOP	10	pl	750	206 000	81 400	63 580	14 000	14 000	33 020
24	Maršov	TUV/TOP/BAZ	13,8	vatr	950	327 220	166 290	68 500	8 400	35 000	49 030
25	Rychnov	TUV/TOP	12,5	pl	900	204 275	92 780	60 000	7 560	20 000	23 935
26	Hrob	TUV/TOP	10	pl	750	194 795	74 000	57 800	14 000	10 000	38 995
27	Nová Paka	TUV/TOP	2,3	vatr	300	92 000	31 100	26 541	8 400	10 000	15 959
28	Petrovice	TUV/TOP	2,3	vatr	300	121 539	31 100	26 541	9 200	18 000	36 698

29	Mnichovo Hradiště	TUV/TOP	13,8	vatr	2000	292 692	194 520	63 292	8 400	20 000	6 480
30	Vratislavice	TUV/TOP	10	pl	750	216 750	73 120	57 800	5 712	13 950	66 168
31	Liberec	TUV/TOP/BAZ	15	pl	950	283 625	112 200	37 800	28 280	36 000	69 345
32	Liberec	TUV/TOP	10	pl	800	201 973	74 800	34 400	11 200	30 000	51 573
33	Liberec	TUV/TOP	10	pl	1300	165 837	78 850	27 042	14 000	25 000	20 945
34	Liberec	TUV/TOP	7,5	pl	550	203 955	65 400	47 500	21 280	31 000	38 775
35	Liberec	TUV/TOP	10	pl	600	214 737	83 000	60 000	10 440	19 000	42 297
36	Mnichovo Hradiště	TUV/TOP	10	pl	800	205 393	83 000	35 000	14 000	30 000	43 393
37	Hradec Králové	TUV/TOP	9,2	vatr	750	261 000	129 600	57 800	11 760	21 700	40 140
38	Liberec	TUV/TOP/BAZ	12,5	pl	600	269 870	92 500	60 000	28 000	25 000	64 370
Plocha celkem: 364 m²						8 547 977	3 547 590	1 841 556	498 242	972 150	1 688 439

100,0%	41,5%	21,5%	5,8%	11,4%	19,8%
průměrná cena systému:			224 947 Kč		
průměrná cena syst. vztažená na m² kolektorové plochy:			23 483 Kč		

Kombinované solární systémy bez bazénových aplikací:

						STRUKTURA CENY SOLÁRNÍHO SYSTÉMU					
						CELKOVÁ CENA	KOLEKTORY KONSTRUKCE	AKUMULACE	POTRUBÍ	MONTÁŽ REŽIE	OSTATNÍ
1	Liberec	TUV/TOP	6,9	vatr	500	253 615	93 300	29 200	11 480	31 250	88 385
2	Český Dub	TUV/TOP	10	pl	750	219 770	74 000	57 800	10 530	36 200	41 240
3	Liberec	TUV/TOP	9,6	vatr	750	247 275	124 400	57 800	14 000	19 400	31 675
5	Pelešany	TUV/TOP/BAZ		vatr	750						
6	Jičín	TUV/TOP	10	pl	500	212 535	74 080	29 200	9 120	20 650	79 485
7	Semily	TUV/TOP	13,8	vatr	1250	365 600	186 600	100 210	14 000	38 000	26 790
9	Králové	TUV/TOP	7,5	pl	300	165 216	56 400	26 541	21 000	16 900	44 375
10	Žamberk	TUV/TOP	5	pl	300	139 243	37 400	25 277	14 820	26 000	35 746
11	Cvikov Jablonec	TUV/TOP/BAZ		vatr	750						
12	n.N.	TUV/TOP	7,5	pl	300	164 413	61 210	26 541	7 840	18 000	50 822
13	Chrastava	TUV/TOP	10	pl	550	199 465	78 930	47 500	6 720	35 000	31 315
14	Rtyně	TUV/TOP	13,8	vatr	950	410 820	191 400	68 500	20 160	57 000	73 760
15	Maxov	TUV/TOP	15	pl	950	311 000	118 500	68 500	10 080	28 000	85 920
16	Krámské	TUV/TOP	12,5		900	272 930	92 870	80 000	15 400	32 000	52 660
17	Modřice	TUV/TOP	6,9	vatr	600	210 705	93 300	60 000	6 480	20 000	30 925
18	Žamberk	TUV/TOP	6,9	vatr	600	185 000	95 700	60 000	7 280	14 000	8 020
19	Krkonoše	TUV/TOP	15	pl	1300	300 200	111 000	72 991	21 000	41 000	54 209
20	Michovka	TUV/TOP/BAZ		pl	950						
21	Liberec	TUV/TOP	7,5	pl	400	192 567	56 310	26 000	16 800	24 500	68 957
22	Rakousy	TUV/TOP	13,8	vatr	1000	322 610	185 400	37 800	13 600	32 000	53 810
23	Jitrava	TUV/TOP	10	pl	750	206 000	81 400	63 580	14 000	14 000	33 020
24	Maršov	TUV/TOP/BAZ		vatr	950						
25	Rychnov	TUV/TOP	12,5	pl	900	204 275	92 780	60 000	7 560	20 000	23 935
26	Hrob	TUV/TOP	10	pl	750	194 795	74 000	57 800	14 000	10 000	38 995
27	Nová Paka	TUV/TOP	2,3	vatr	300	92 000	31 100	26 541	8 400	10 000	15 959
28	Petrovice	TUV/TOP	2,3	vatr	300	121 539	31 100	26 541	9 200	18 000	36 698
29	Mnichovo Hradiště	TUV/TOP	13,8	vatr	2000	292 692	194 520	63 292	8 400	20 000	6 480
30	Vratislavice	TUV/TOP	10	pl	750	216 750	73 120	57 800	5 712	13 950	66 168
31	Liberec	TUV/TOP/BAZ		pl	950						
32	Liberec	TUV/TOP	10	pl	800	201 973	74 800	34 400	11 200	30 000	51 573
33	Liberec	TUV/TOP	10	pl	1300	165 837	78 850	27 042	14 000	25 000	20 945
34	Liberec	TUV/TOP	7,5	pl	550	203 955	65 400	47 500	21 280	31 000	38 775
35	Liberec	TUV/TOP	10	pl	600	214 737	83 000	60 000	10 440	19 000	42 297
36	Mnichovo Hradiště	TUV/TOP	10	pl	800	205 393	83 000	35 000	14 000	30 000	43 393
37	Hradec Králové	TUV/TOP	9,2	vatr	750	261 000	129 600	57 800	11 760	21 700	40 140
38	Liberec	TUV/TOP/BAZ		pl	600						

Plocha celkem: 289,3 m2					1 491 1 316							
					6 753 910 2 823 470		156 370 262 752 550		472			
					100,0% 41,8%		22,1%		5,5% 11,1% 19,5%			
					průměrná cena systému:			211 060 Kč				
					průměrná cena syst. vztažená na m² kolektorové plochy:			23 346 Kč				
Kombinované solární systémy bez ohřevu bazénů:					STRUKTURA CENY SOLÁRNÍHO SYSTÉMU							
					CELKOVÁ CENA	KOLEKTORY KONSTRUKCE	AKUMULACE	POTRUBÍ	MONTÁŽ REŽIE	OSTATNÍ		
1	Liberec	TUV/TOP	vatr	500								
2	Český Dub	TUV/TOP	pl	750								
3	Liberec	TUV/TOP	vatr	750								
5	Pelešany	TUV/TOP/BAZ	9,2	vatr	750	309 000	124 400	57 800	18 000	43 000	65 800	
6	Jičín	TUV/TOP	pl	500								
7	Semily Dvůr	TUV/TOP	vatr	1250								
9	Králové	TUV/TOP	pl	300								
10	Žamberk	TUV/TOP	pl	300								
11	Cvikov Jablonec	TUV/TOP/BAZ	9,2	vatr	750	297 620	124 400	57 800	31 050	38 600	45 770	
12	n.N.	TUV/TOP	pl	300								
13	Chrastava	TUV/TOP	pl	550								
14	Rtyně	TUV/TOP	vatr	950								
15	Maxov	TUV/TOP	pl	950								
16	Krámské	TUV/TOP		900								
17	Modřišice	TUV/TOP	vatr	600								
18	Žamberk	TUV/TOP	vatr	600								
19	Krkonoše	TUV/TOP	pl	1300								
20	Michovka	TUV/TOP/BAZ	15	pl	950	306 732	104 330	68 500	14 250	42 000	77 652	
21	Liberec	TUV/TOP	pl	400								
22	Rakousy	TUV/TOP	vatr	1000								
23	Jitřava	TUV/TOP	pl	750								
24	Maršov	TUV/TOP/BAZ	13,8	vatr	950	327 220	166 290	68 500	8 400	35 000	49 030	
25	Rychnov	TUV/TOP	pl	900								
26	Hrob	TUV/TOP	pl	750								
27	Nová Paka	TUV/TOP	vatr	300								
28	Petrovice Mnichovo	TUV/TOP	vatr	300								
29	Hradiště	TUV/TOP	vatr	2000								
30	Vratislavice	TUV/TOP	pl	750								
31	Liberec	TUV/TOP/BAZ	15	pl	950	283 625	112 200	37 800	28 280	36 000	69 345	
32	Liberec	TUV/TOP	pl	800								
33	Liberec	TUV/TOP	pl	1300								
34	Liberec	TUV/TOP	pl	550								
35	Liberec Mnichovo	TUV/TOP	pl	600								
36	Hradiště	TUV/TOP	pl	800								
37	Králové	TUV/TOP	vatr	750								
38	Liberec	TUV/TOP/BAZ	12,5	pl	600	269 870	92 500	60 000	28 000	25 000	64 370	
Plocha celkem: 74,7 m2					1 794 067 724 120 350 400 127 980 219 600 371 967							
					100,0% 40,4%		19,5%		7,1% 12,2%		20,7%	
					průměrná cena systému:			299 011 Kč				
					průměrná cena syst. vztažená na m² kolektorové plochy:			24 017 Kč				
					STRUKTURA CENY SOLÁRNÍHO SYSTÉMU							

Kombinované solární systémy jen s plochými kolektory:

					CELKOVÁ CENA	KOLEKTORY KONSTRUKCE	AKUMULACE	POTRUBÍ	MONTÁŽ REŽIE	OSTATNÍ
1	Liberec	TUV/TOP		vatr	500					
2	Český Dub	TUV/TOP	10	pl	750	219 770	74 000	57 800	10 530	41 240
3	Liberec	TUV/TOP		vatr	750					
5	Pelešany	TUV/TOP/BAZ		vatr	750					
6	Jičín	TUV/TOP	10	pl	500	212 535	74 080	29 200	9 120	79 485
7	Semily	TUV/TOP		vatr	1250					
9	Králové	TUV/TOP	7,5	pl	300	165 216	56 400	26 541	21 000	44 375
10	Žamberk	TUV/TOP	5	pl	300	139 243	37 400	25 277	14 820	35 746
11	Cvikov	TUV/TOP/BAZ		vatr	750					
12	Jablonec n.N.	TUV/TOP	7,5	pl	300	164 413	61 210	26 541	7 840	50 822
13	Chrastava	TUV/TOP	10	pl	550	199 465	78 930	47 500	6 720	31 315
14	Rtyně	TUV/TOP		vatr	950					
15	Maxov	TUV/TOP	15	pl	950	311 000	118 500	68 500	10 080	85 920
16	Krámské	TUV/TOP		komb	900					
17	Modřišice	TUV/TOP		vatr	600					
18	Žamberk	TUV/TOP		vatr	600					
19	Krkonoše	TUV/TOP	15	pl	1300	300 200	111 000	72 991	21 000	54 209
20	Michovka	TUV/TOP/BAZ	15	pl	950					
21	Liberec	TUV/TOP	7,5	pl	400	192 567	56 310	26 000	16 800	68 957
22	Rakousy	TUV/TOP		vatr	1000					
23	Jitrava	TUV/TOP	10	pl	750	206 000	81 400	63 580	14 000	33 020
24	Maršov	TUV/TOP/BAZ		vatr	950					
25	Rychnov	TUV/TOP	12,5	pl	900	204 275	92 780	60 000	7 560	23 935
26	Hrob	TUV/TOP	10	pl	750	194 795	74 000	57 800	14 000	38 995
27	Nová Paka	TUV/TOP		vatr	300					
28	Petrovice	TUV/TOP		vatr	300					
29	Mnichovo Hradiště	TUV/TOP		vatr	2000					
30	Vratislavice	TUV/TOP	10	pl	750	216 750	73 120	57 800	5 712	13 950
31	Liberec	TUV/TOP/BAZ	15	pl	950					
32	Liberec	TUV/TOP	10	pl	800	201 973	74 800	34 400	11 200	51 573
33	Liberec	TUV/TOP	10	pl	1300	165 837	78 850	27 042	14 000	20 945
34	Liberec	TUV/TOP	7,5	pl	550	203 955	65 400	47 500	21 280	31 000
35	Liberec	TUV/TOP	10	pl	600	214 737	83 000	60 000	10 440	19 000
36	Mnichovo Hradiště	TUV/TOP	10	pl	800	205 393	83 000	35 000	14 000	30 000
37	Hradec Králové	TUV/TOP		vatr	750					
38	Liberec	TUV/TOP/BAZ	12,5	pl	600					

Plocha
celkem: 220 m²

3 718 124 1 374 180 823 472 230 102 439 200 851 170

100,0%	37,0%	22,1%	6,2%	11,8%	22,9%
průměrná cena systému:			206 562 Kč		
průměrná cena syst. vztažená na m ² kolektorové plochy:			16 901 Kč		

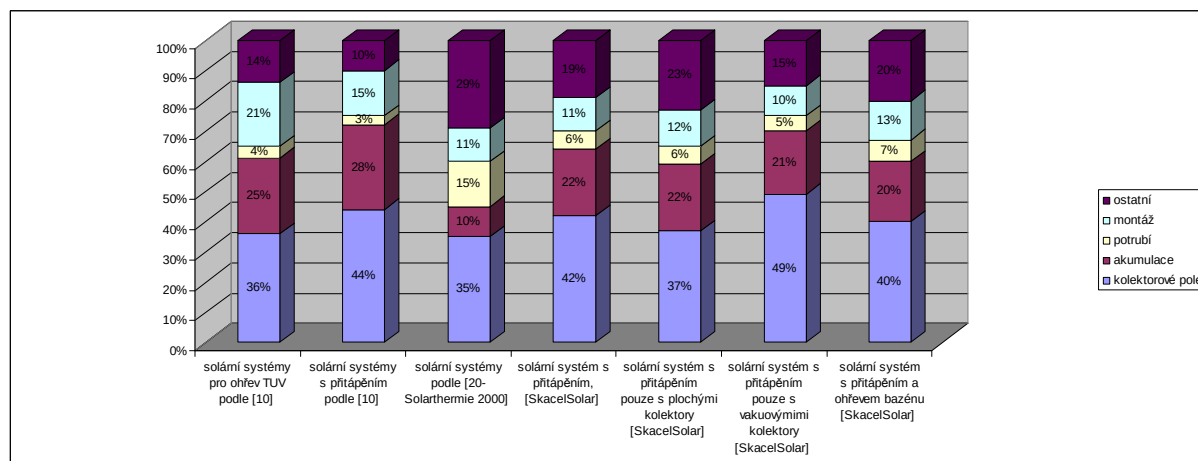
Kombinované solární systémy jen s vakuovými kolektory:

					CELKOVÁ CENA	KOLEKTORY KONSTRUKCE	AKUMULACE	POTRUBÍ	MONTÁŽ REŽIE	OSTATNÍ
1	Liberec	TUV/TOP	6,9	vatr	500	253 615	93 300	29 200	11 480	88 385
2	Český Dub	TUV/TOP		pl	750					
3	Liberec	TUV/TOP	9,6	vatr	750	247 275	124 400	57 800	14 000	31 675
5	Pelešany	TUV/TOP/BAZ		vatr	750					
6	Jičín	TUV/TOP		pl	500					
7	Semily	TUV/TOP	13,8	vatr	1250	365 600	186 600	100 210	14 000	38 000
9	Dvůr	TUV/TOP		pl	300					

10	Žamberk	TUV/TOP	pl	300							
11	Cvikov	TUV/TOP/BAZ	vatr	750							
	Jablonec										
12	n.N.	TUV/TOP	pl	300							
13	Chrastava	TUV/TOP	pl	550							
14	Rtyně	TUV/TOP	13,8	vatr	950	410 820	191 400	68 500	20 160	57 000	73 760
15	Maxov	TUV/TOP		pl	950						
16	Krámské	TUV/TOP		komb	900						
17	Modřice	TUV/TOP	6,9	vatr	600	210 705	93 300	60 000	6 480	20 000	30 925
18	Žamberk	TUV/TOP	6,9	vatr	300	185 000	95 700	60 000	7 280	14 000	8 020
19	Krkonoše	TUV/TOP		pl	1300						
20	Michovka	TUV/TOP/BAZ		pl	950						
21	Liberec	TUV/TOP		pl	400						
22	Rakousy	TUV/TOP	13,8	vatr	1000	322 610	185 400	37 800	13 600	32 000	53 810
23	Jitřava	TUV/TOP		pl	750						
24	Maršov	TUV/TOP/BAZ		vatr	950						
25	Rychnov	TUV/TOP		pl	900						
26	Hrob	TUV/TOP		pl	750						
27	Nová Paka	TUV/TOP	2,3	vatr	300	92 000	31 100	26 541	8 400	10 000	15 959
28	Petrovice	TUV/TOP	2,3	vatr	300	121 539	31 100	26 541	9 200	18 000	36 698
	Mnichovo										
29	Hradiště	TUV/TOP	13,8	vatr	2000	292 692	194 520	63 292	8 400	20 000	6 480
30	Vratislavice	TUV/TOP		pl	750						
31	Liberec	TUV/TOP/BAZ		pl	950						
32	Liberec	TUV/TOP		pl	800						
33	Liberec	TUV/TOP		pl	1300						
34	Liberec	TUV/TOP		pl	550						
35	Liberec	TUV/TOP		pl	600						
	Mnichovo										
36	Hradiště	TUV/TOP		pl	800						
	Hradec										
37	Králové	TUV/TOP	9,2	vatr	750	261 000	129 600	57 800	11 760	21 700	40 140
38	Liberec	TUV/TOP/BAZ		pl	600						

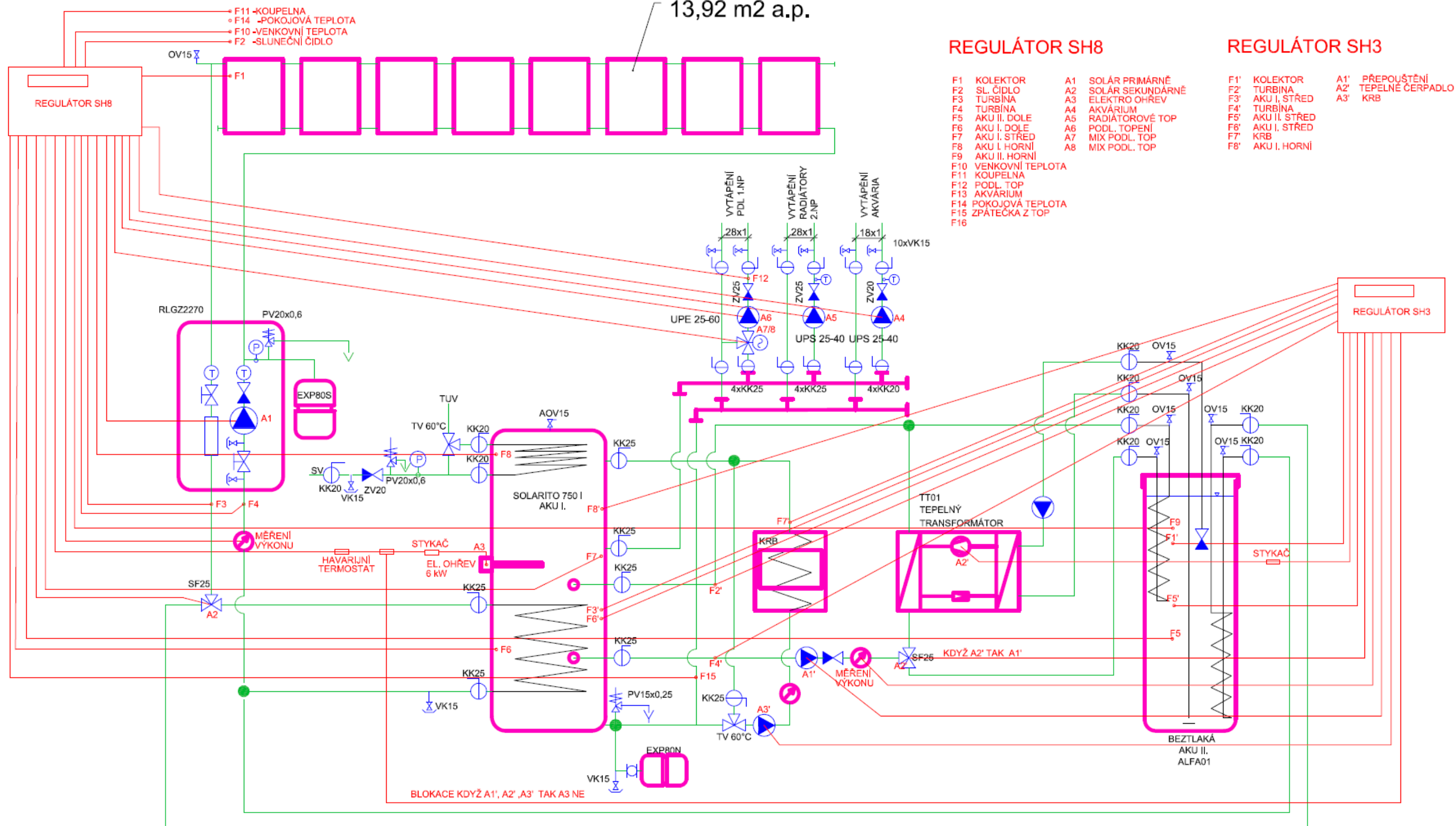
Plocha celkem: 99,3 m²

2 762 856	1 356 420	587 684	124 760	281 350	412 642
100,0%	49,1%	21,3%	4,5%	10,2%	14,9%
průměrná cena systému:			251 169 Kč		
průměrná cena syst. vztažená na m² kolektorové plochy:			27 823 Kč		



Obr. P0701. Grafické znázornění struktury ceny solárních systémů z různých zdrojů

8xH400V
13,92 m2 a.p.



Příloha 09 – Ukázka měřených dat

V následující tabulce a grafech jsou znázorněny měřené veličiny při podrobnějším sledování systému v únoru a březnu 2010 pomocí měřicí ústředny ADAM

G	Globální dopadající sl. záření měřené pyranometrem RS81 ^[P10]	[W/m ²]
T1	Teplota vody do výparníku	[°C]
T2	Teplota vody z výparníku	[°C]
T3	Teplota vody do kondenzátoru	[°C]
T4	Teplota vody z kondenzátoru	[°C]
T5	Teplota média ze sl. kolektorů	[°C]
T6	Teplota média do sl. kolektorů	[°C]
T7	Teplota vody v zásobníku AKU II.	[°C]
Tout	Teplota vody do výparníku	[°C]
Tch1	Teplota chladiva na vstupu do kondenzátoru	[°C]
Tch3	Teplota chladiva za výparníkem	[°C]
Tch4	Teplota chladiva za expanzním ventilem před výparníkem	[°C]
A2"	Tepelný transformátor TT01	[0/1]
A1	Sl. kolektory – AKU I.	[0/1]
A2	Sl. kolektory – AKU II.	[0/1]

Poznámka:

Měření bylo prováděno zejména za účelem sledování chování celé soustavy pro budoucí návrh a nastavení řídicích systémů pro aplikace tepelných transformátorů. Jednotlivé hodnoty byly zaznamenávány v desetisekundových intervalech, ze kterých pak byly vypočítány desetiminutové aritmetické průměry, s nimiž se lépe pracovalo v tabulkových editorech. Měření neumožňovalo fundovanější výpočty z hlediska skutečného vyhodnocení solárních zisků a účinností energetických transformací ze dvou hlavních důvodů: 1. neměřil jsem kvalitativně průtoky všech teponosných médií mezi jednotlivými prvky soustavy, zejména z důvodů ekonomických (nutnost implantace elektronických průtokoměrů do hydraulického zapojení), 2. nebylo prováděno dlouhodobé měření, které by přineslo kvantitativní parametry hodnocení podobných optimalizačních opatření.

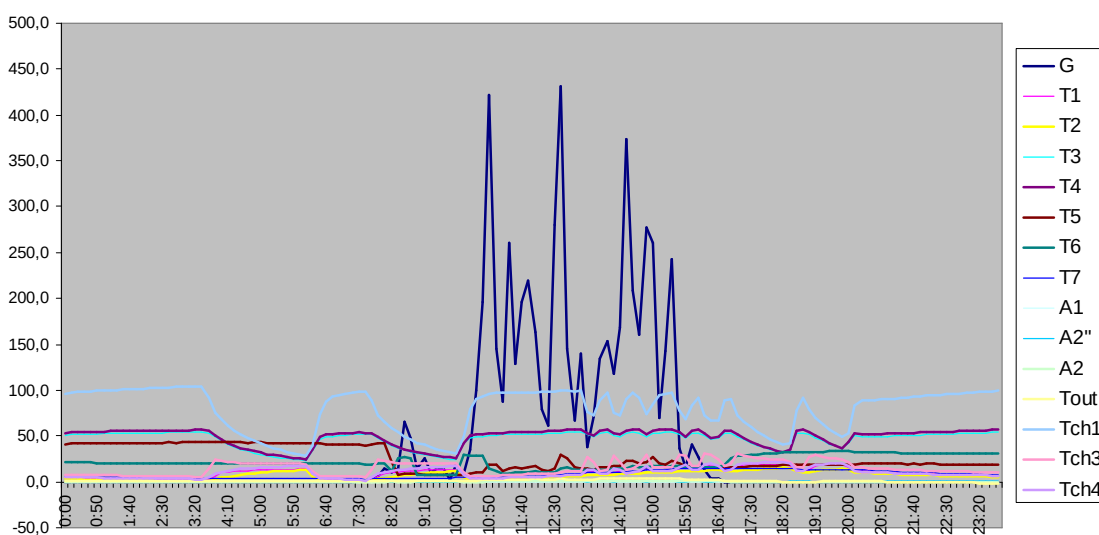
3.3. 2010	Dopadající záření na vodorovnou rovinu [W/m ²]	Teplota vody do výparníku [°C]	Teplota vody z výparníku [°C]	Teplota vody do kondenzátoru [°C]	Teplota vody z kondenzátoru [°C]	Teplota média z kolektorů [°C]	Teplota média do kolektorů [°C]	Teplota vody v zásobníku AKU II. (ALFA01) [°C]	Tepelný transformátor TT01	Sl. kolektory - AKU I.	Sl. kolektory - AKU II.	Teplota venkovní [°C]	Teplota chladiva na vstupu do kondenzátoru [°C]	Teplota chladiva za výparníkem [°C]	Teplota chladiva za expanzním ventilem před výparníkem [°C]
ČAS	G	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	A2"	A1	A2	Tout	Tch1	Tch3	Tch4
0:00	0,0	4,2	3,3	51,0	53,6	41,4	21,1	5,7	1	0	0	1,3	95,3	8,3	4,9
0:10	0,0	4,1	3,3	51,6	54,2	41,5	21,0	5,7	1	0	0	1,3	96,9	8,2	4,9
0:20	0,0	4,0	3,1	51,9	54,4	41,6	20,9	5,6	1	0	0	1,3	97,9	8,1	4,7
0:30	0,0	3,7	2,9	52,0	54,5	41,7	20,9	5,4	1	0	0	1,2	98,4	7,9	4,6
0:40	0,0	3,6	2,8	52,3	54,7	41,6	20,8	5,3	1	0	0	1,2	98,9	7,7	4,5
0:50	0,0	3,4	2,7	52,4	54,9	41,8	20,8	5,1	1	0	0	1,2	99,3	7,6	4,3
1:00	0,0	3,2	2,5	52,6	55,0	42,0	20,8	5,0	1	0	0	1,1	99,7	7,4	4,2

1:10	0,0	3,1	2,4	52,7	55,2	42,0	20,8	4,9	1	0	0	1,2	100,1	7,3	4,1
1:20	0,0	3,0	2,3	52,9	55,3	42,0	20,7	4,7	1	0	0	1,2	100,4	7,1	4,0
1:30	0,0	2,8	2,1	53,0	55,4	42,1	20,7	4,5	1	0	0	1,2	100,8	7,0	3,9
1:40	0,0	2,6	2,0	53,1	55,5	42,3	20,7	4,4	1	0	0	1,1	101,2	6,8	3,8
1:50	0,0	2,6	1,9	53,3	55,7	42,5	20,8	4,3	1	0	0	1,1	101,6	6,7	3,7
2:00	0,0	2,4	1,8	53,4	55,8	42,4	20,8	4,2	1	0	0	1,1	101,9	6,5	3,5
2:10	0,0	2,3	1,7	53,5	55,9	42,4	20,7	4,1	1	0	0	1,0	102,1	6,4	3,4
2:20	0,0	2,1	1,5	53,6	55,9	42,6	20,7	3,9	1	0	0	1,0	102,4	6,3	3,3
2:30	0,0	2,0	1,5	53,8	56,1	42,8	20,7	3,9	1	0	0	1,1	102,9	6,2	3,3
2:40	0,0	1,9	1,3	53,8	56,2	42,9	20,7	3,7	1	0	0	1,0	103,1	6,1	3,2
2:50	0,0	1,7	1,2	53,9	56,3	42,7	20,7	3,6	1	0	0	1,0	103,4	6,0	3,1
3:00	0,0	1,6	1,1	54,0	56,3	43,0	20,7	3,5	1	0	0	1,0	103,7	5,9	3,0
3:10	0,0	1,6	1,1	54,2	56,5	43,0	20,8	3,5	1	0	0	1,1	104,2	5,8	2,9
3:20	0,0	1,5	1,0	54,3	56,6	43,2	20,7	3,3	1	0	0	1,1	104,4	5,7	2,8
3:30	0,0	1,3	0,8	54,4	56,6	43,3	20,7	3,2	1	0	0	1,0	104,7	5,5	2,7
3:40	0,0	1,7	1,2	53,2	55,3	43,3	20,8	3,2	1	0	0	1,0	91,8	14,8	5,5
3:50	0,0	7,1	2,9	48,5	50,0	43,4	20,7	3,2	0	0	0	1,1	75,1	24,6	9,3
4:00	0,0	10,3	4,4	44,8	45,8	43,2	20,8	3,4	0	0	0	1,2	68,3	23,1	11,0
4:10	0,0	11,0	5,6	41,3	42,3	43,1	20,7	3,3	0	0	0	1,1	61,9	22,0	12,2
4:20	0,0	11,7	6,7	38,4	39,5	43,1	20,8	3,4	0	0	0	1,0	56,5	21,3	13,2
4:30	0,0	12,1	7,7	35,8	37,1	43,0	20,7	3,5	0	0	0	1,0	51,9	20,7	14,0
4:40	0,0	12,3	8,5	33,6	35,0	42,8	20,7	3,4	0	0	0	0,9	48,0	20,4	14,6
4:50	0,0	12,7	9,3	31,7	33,3	42,8	20,7	3,5	0	0	0	0,9	44,5	20,2	15,2
5:00	0,0	13,0	10,1	30,1	31,8	42,9	20,7	3,5	0	0	0	0,9	41,6	20,1	15,7
5:10	0,0	13,2	10,7	28,6	30,4	42,6	20,6	3,6	0	0	0	0,8	39,0	20,0	16,0
5:20	0,0	13,3	11,2	27,2	29,1	42,4	20,5	3,6	0	0	0	0,8	36,7	19,8	16,3
5:30	0,0	13,5	11,7	26,1	28,0	42,5	20,4	3,7	0	0	0	0,8	34,7	19,7	16,6
5:40	0,0	13,7	12,1	25,2	27,0	42,4	20,4	3,8	0	0	0	0,8	33,0	19,7	16,9
5:50	0,0	13,8	12,5	24,3	26,1	42,3	20,3	3,8	0	0	0	0,8	31,4	19,6	17,0
6:00	0,0	14,0	12,9	23,6	25,3	42,2	20,3	3,8	0	0	0	0,8	30,0	19,5	17,2
6:10	0,0	14,0	13,2	23,0	24,5	42,1	20,2	3,9	0	0	0	0,7	28,8	19,4	17,3
6:20	0,0	7,2	7,0	33,8	34,9	42,0	20,1	4,1	1	0	0	0,8	39,0	12,1	9,7
6:30	0,0	2,3	1,6	46,9	49,0	41,8	20,0	4,1	1	0	0	0,9	73,4	6,6	3,2
6:40	0,0	2,2	1,4	48,7	51,1	41,2	19,9	3,9	1	0	0	0,9	88,0	6,4	3,1
6:50	0,0	2,0	1,3	49,4	51,9	40,7	19,8	3,8	1	0	0	0,8	92,8	6,2	3,0
7:00	0,0	1,9	1,2	50,1	52,5	40,7	19,7	3,7	1	0	0	0,8	95,0	6,1	3,0
7:10	0,0	1,7	1,1	50,5	52,9	40,8	19,7	3,6	1	0	0	0,8	96,2	6,0	2,9
7:20	0,1	1,7	1,1	51,1	53,5	41,0	19,8	3,5	1	0	0	1,0	97,5	5,9	2,9
7:30	1,7	1,6	1,0	51,6	53,9	41,1	19,7	3,4	1	0	0	1,4	98,3	5,9	2,9
7:40	0,6	0,9	0,0	51,3	53,6	40,1	18,4	2,2	1	0	0	1,4	98,0	4,6	1,4
7:50	0,2	1,7	1,2	51,5	53,7	41,3	19,4	3,3	1	0	0	1,1	88,8	13,9	5,4
8:00	6,7	6,1	2,9	47,2	48,8	41,9	19,5	3,5	0	0	0	1,2	72,5	23,9	9,3
8:10	14,4	9,6	4,3	43,5	44,5	41,8	19,5	3,5	0	0	0	1,4	65,6	22,4	10,7
8:20	10,0	10,2	5,2	39,9	40,6	21,9	12,4	3,3	0	0	1	0,6	58,9	21,0	11,4
8:30	14,8	11,0	6,4	37,2	37,9	7,2	25,8	3,9	0	0	0	0,8	53,8	20,7	12,6
8:40	65,7	11,5	7,3	34,8	35,7	8,5	26,7	4,0	0	0	0	1,0	49,6	20,4	13,5
8:50	47,0	11,9	8,2	32,6	33,7	9,3	25,5	3,9	0	0	0	1,1	45,9	20,2	14,2
9:00	14,3	12,2	8,9	30,8	32,0	8,6	8,0	3,9	0	0	1	0,9	42,8	20,1	14,8
9:10	25,7	12,6	9,6	29,2	30,7	8,1	8,4	4,0	0	0	1	0,9	40,1	20,1	15,3
9:20	10,3	12,8	10,1	27,8	29,3	7,9	8,2	4,1	0	0	1	0,8	37,6	19,9	15,6
9:30	14,1	13,0	10,6	26,6	28,2	7,6	8,0	4,2	0	0	1	0,7	35,4	19,9	16,0
9:40	14,9	13,2	11,1	25,6	27,2	7,7	8,0	4,2	0	0	1	0,8	33,7	19,9	16,4
9:50	1,7	13,4	11,5	24,7	26,3	7,4	7,9	4,3	0	0	1	0,7	32,1	19,9	16,7
10:00	18,8	13,7	11,9	24,0	25,6	7,2	7,8	4,4	0	0	1	0,8	30,8	19,9	17,0
10:10	8,8	5,2	5,0	41,4	42,5	7,8	29,5	4,7	1	0	0	0,9	48,9	10,1	7,3

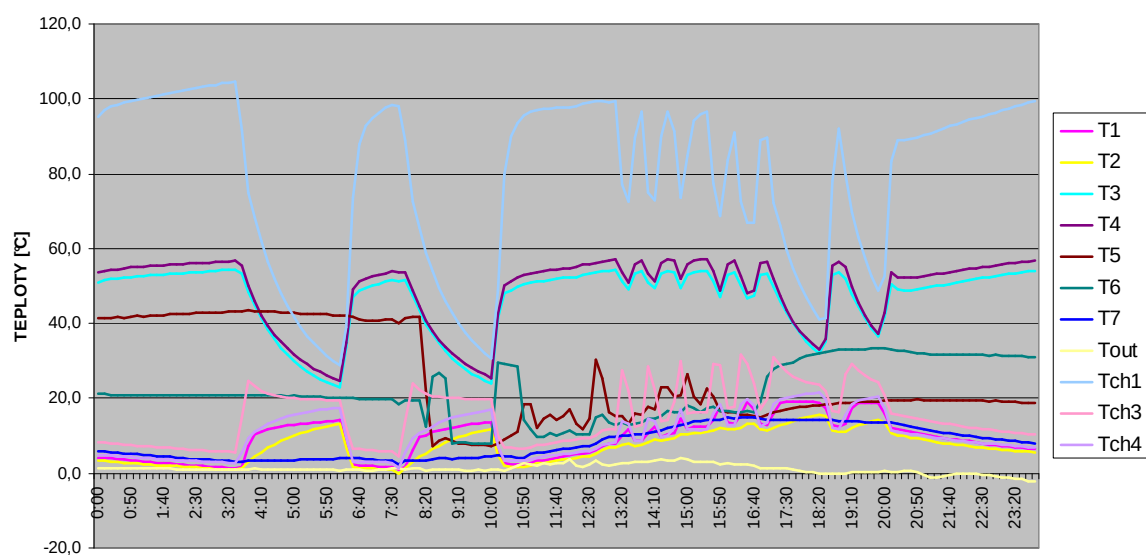
10:20	35,7	2,7	2,0	48,0	50,2	9,0	29,1	4,5	1	0	0	0,7	79,7	6,9	3,5
10:30	99,9	2,5	1,8	48,9	51,4	10,1	28,8	4,4	1	0	0	1,3	89,9	6,8	3,5
10:40	195,7	2,3	1,6	49,7	52,1	10,9	28,5	4,1	1	0	0	1,9	93,4	6,5	3,4
10:50	421,6	2,2	1,6	50,4	52,8	18,3	14,4	4,2	1	0	1	2,7	95,5	6,5	3,4
11:00	145,0	2,7	2,0	50,8	53,3	18,5	11,6	5,1	1	0	1	2,2	96,6	6,9	3,8
11:10	86,9	3,3	2,5	51,1	53,6	12,2	9,7	5,4	1	0	1	2,0	96,9	7,5	4,3
11:20	260,5	3,5	2,7	51,3	53,9	14,5	9,6	5,5	1	0	1	2,6	97,1	7,7	4,4
11:30	128,7	3,8	3,1	51,6	54,2	15,5	10,8	5,9	1	0	1	2,2	97,3	8,0	4,7
11:40	196,6	4,1	3,3	51,9	54,5	14,2	10,2	6,1	1	0	1	2,7	97,6	8,3	4,9
11:50	219,8	4,4	3,7	52,2	54,7	15,3	10,8	6,5	1	0	1	2,8	97,7	8,6	5,2
12:00	163,2	4,7	3,8	52,2	54,7	17,0	11,3	6,5	1	0	1	3,6	97,7	8,6	5,1
12:10	79,7	5,0	4,1	52,4	55,0	13,0	10,5	6,7	1	0	1	1,9	98,1	9,0	5,4
12:20	60,9	5,3	4,5	53,0	55,6	11,8	10,4	7,2	1	0	1	1,7	98,8	9,5	6,0
12:30	280,6	5,4	4,5	53,3	55,9	14,6	10,4	7,3	1	0	1	2,3	98,9	9,4	6,0
12:40	430,9	6,1	5,2	53,6	56,3	30,2	14,8	8,0	1	0	1	3,3	99,3	10,2	6,6
12:50	145,6	7,3	6,3	53,8	56,6	25,3	15,6	9,1	1	0	1	2,5	99,3	11,3	7,5
13:00	66,5	7,8	6,8	54,1	56,9	16,2	13,5	9,6	1	0	1	2,1	99,1	11,8	8,0
13:10	139,5	7,8	6,8	54,3	57,1	15,2	12,8	9,7	1	0	1	2,5	99,3	11,9	8,1
13:20	38,3	9,9	7,5	51,1	53,5	15,1	13,4	9,9	0	0	1	2,5	76,9	27,3	13,7
13:30	70,7	11,9	8,1	49,2	50,9	13,2	12,7	9,9	1	0	1	2,8	72,6	21,8	13,0
13:40	134,7	8,5	7,4	53,3	55,9	15,8	13,3	10,3	1	0	1	3,0	89,5	12,5	8,6
13:50	153,6	8,6	7,5	54,0	56,8	15,8	13,5	10,5	1	0	1	2,9	96,7	12,7	8,7
14:00	117,6	10,9	8,3	50,9	53,2	17,7	14,4	10,8	0	0	1	3,1	75,0	28,5	14,6
14:10	168,1	12,5	9,1	49,6	51,3	16,9	14,4	11,0	1	0	1	3,4	72,8	22,1	13,9
14:20	373,0	9,7	8,5	53,4	56,2	22,8	15,3	11,4	1	0	1	3,9	89,9	13,7	9,5
14:30	208,0	10,3	9,0	54,1	57,0	23,0	16,7	12,0	1	0	1	3,5	96,5	14,3	9,9
14:40	160,5	10,8	9,5	53,8	56,7	20,5	16,2	12,4	1	0	1	3,3	91,2	19,1	12,0
14:50	276,7	14,4	10,4	49,6	51,8	21,0	16,4	12,7	0	0	1	4,0	73,4	29,9	16,9
15:00	260,9	11,8	10,5	53,0	55,7	26,6	18,0	13,3	1	0	1	3,9	84,9	15,9	11,7
15:10	69,5	12,4	10,8	53,7	56,8	20,4	17,4	13,9	1	0	1	3,0	94,2	16,3	11,6
15:20	141,8	12,4	10,8	53,9	57,0	18,5	16,4	13,9	1	0	1	3,0	95,9	16,2	11,6
15:30	243,0	12,5	11,0	54,2	57,3	22,5	17,4	14,0	1	0	1	3,1	96,4	16,4	11,7
15:40	37,3	14,4	11,4	51,4	54,2	20,6	17,8	14,2	0	0	1	3,0	77,3	29,1	16,1
15:50	15,5	18,1	12,1	47,0	48,9	16,8	16,7	14,3	0	0	1	2,2	68,8	28,9	18,3
16:00	41,3	13,4	11,9	53,1	55,8	16,3	16,5	14,8	1	0	1	2,6	83,7	17,4	13,0
16:10	27,4	13,3	11,6	53,7	56,8	16,3	16,2	14,4	1	0	1	2,5	91,1	17,9	12,8
16:20	13,6	15,8	12,2	50,3	52,8	15,6	16,4	14,8	0	0	1	2,5	72,4	31,7	18,5
16:30	3,6	19,0	13,0	46,6	48,2	15,7	16,5	14,9	0	0	1	2,2	66,8	29,2	19,8
16:40	3,7	17,1	13,1	47,4	48,7	15,3	16,4	14,9	1	0	1	1,8	66,9	23,8	17,9
16:50	0,0	13,3	11,7	53,0	56,1	15,0	19,3	14,7	1	0	1	1,4	88,9	17,2	12,5
17:00	0,0	13,0	11,5	53,3	56,5	15,5	25,6	14,4	1	0	0	1,4	89,7	19,7	13,4
17:10	0,0	15,9	12,0	49,7	52,1	16,2	27,8	14,4	0	0	0	1,3	72,3	31,1	18,4
17:20	0,0	18,7	12,7	46,0	47,5	16,7	28,7	14,3	0	0	0	1,3	66,1	28,8	19,6
17:30	0,0	19,2	13,3	42,7	43,6	17,0	29,1	14,2	0	0	0	1,3	59,7	27,1	20,2
17:40	0,0	19,2	13,9	39,9	40,5	17,3	29,7	14,2	0	0	0	0,9	54,7	25,8	20,6
17:50	0,0	19,2	14,4	37,5	38,1	17,6	30,6	14,3	0	0	0	0,7	50,6	25,0	20,9
18:00	0,0	19,1	14,9	35,3	36,0	17,8	31,3	14,2	0	0	0	0,4	46,9	24,4	21,1
18:10	0,0	18,9	15,2	33,4	34,3	18,0	31,8	14,2	0	0	0	0,3	43,8	24,0	21,2
18:20	0,0	18,9	15,7	31,9	32,9	18,2	32,2	14,2	0	0	0	-0,1	41,2	23,8	21,4
18:30	0,0	17,5	15,2	35,2	35,9	18,3	32,4	14,2	1	0	0	-0,2	41,5	22,1	19,7
18:40	0,0	12,7	11,3	52,9	55,5	18,4	32,7	14,1	1	0	0	-0,3	78,1	16,6	12,0
18:50	0,0	12,4	11,0	53,5	56,6	18,6	33,0	13,9	1	0	0	-0,2	92,2	16,3	11,7
19:00	0,0	13,2	11,2	52,1	54,9	18,8	33,0	13,7	1	0	0	0,0	79,8	26,6	15,7
19:10	0,0	17,3	12,0	47,8	49,8	18,9	33,0	13,7	0	0	0	0,2	69,6	29,4	18,5
19:20	0,0	18,6	12,7	44,4	45,7	19,1	33,1	13,7	0	0	0	0,3	63,0	27,6	19,4

19:30	0,0	18,9	13,3	41,4	42,3	19,1	33,2	13,6	0	0	0	0,4	57,4	26,2	20,0
19:40	0,0	18,8	13,8	38,7	39,5	19,1	33,2	13,6	0	0	0	0,3	52,6	25,1	20,3
19:50	0,0	18,8	14,4	36,4	37,3	19,2	33,4	13,6	0	0	0	0,4	48,7	24,4	20,6
20:00	0,0	16,0	13,5	41,8	42,9	19,3	33,4	13,6	1	0	0	0,4	52,6	20,9	17,4
20:10	0,0	12,1	10,6	50,5	53,5	19,4	33,1	13,4	1	0	0	0,3	83,3	16,1	11,5
20:20	0,0	11,8	10,2	49,1	52,4	19,5	32,8	13,1	1	0	0	0,3	88,9	15,6	11,0
20:30	0,0	11,4	9,9	48,9	52,2	19,6	32,6	12,8	1	0	0	0,5	89,1	15,3	10,7
20:40	0,0	11,0	9,5	49,0	52,1	19,6	32,4	12,4	1	0	0	0,4	89,2	14,9	10,4
20:50	0,0	10,7	9,2	49,2	52,3	19,6	32,2	12,1	1	0	0	0,3	89,6	14,6	10,2
21:00	0,0	10,4	8,9	49,5	52,6	19,6	32,0	11,8	1	0	0	-0,3	90,2	14,2	9,9
21:10	0,0	10,1	8,6	49,8	52,9	19,6	31,8	11,5	1	0	0	-1,1	90,7	13,9	9,7
21:20	0,0	9,7	8,3	50,1	53,1	19,5	31,7	11,2	1	0	0	-1,1	91,3	13,6	9,4
21:30	0,0	9,4	8,1	50,3	53,4	19,4	31,6	10,9	1	0	0	-0,8	92,1	13,3	9,2
21:40	0,0	9,1	7,8	50,7	53,7	19,4	31,6	10,6	1	0	0	-0,3	92,6	13,0	9,0
21:50	0,0	8,8	7,6	51,0	53,9	19,4	31,6	10,3	1	0	0	-0,1	93,2	12,7	8,7
22:00	0,0	8,7	7,5	51,3	54,3	19,5	31,7	10,2	1	0	0	0,0	93,9	12,5	8,6
22:10	0,0	8,5	7,3	51,6	54,6	19,5	31,7	9,9	1	0	0	0,0	94,4	12,3	8,4
22:20	0,0	8,2	7,0	51,9	54,8	19,4	31,6	9,7	1	0	0	-0,1	94,7	12,1	8,2
22:30	0,0	8,0	6,8	52,1	55,0	19,4	31,6	9,4	1	0	0	-0,5	95,2	11,8	8,0
22:40	0,0	7,7	6,5	52,4	55,2	19,2	31,5	9,2	1	0	0	-0,6	95,8	11,7	7,9
22:50	0,0	7,6	6,5	52,7	55,6	19,3	31,5	9,1	1	0	0	-0,8	96,4	11,5	7,8
23:00	0,0	7,4	6,3	52,9	55,7	19,2	31,4	8,8	1	0	0	-1,0	96,9	11,2	7,6
23:10	0,0	7,1	6,1	53,2	55,9	19,1	31,3	8,7	1	0	0	-1,1	97,5	11,0	7,4
23:20	0,0	6,9	5,9	53,4	56,2	18,9	31,2	8,5	1	0	0	-1,5	98,0	10,8	7,2
23:30	0,0	6,8	5,8	53,7	56,4	18,9	31,2	8,3	1	0	0	-1,5	98,5	10,7	7,1
23:40	0,0	6,6	5,7	53,9	56,6	18,8	31,1	8,2	1	0	0	-2,2	99,0	10,5	7,0
23:50	0,0	6,4	5,5	54,1	56,8	18,7	30,9	8,0	1	0	0	-2,3	99,5	10,4	6,9

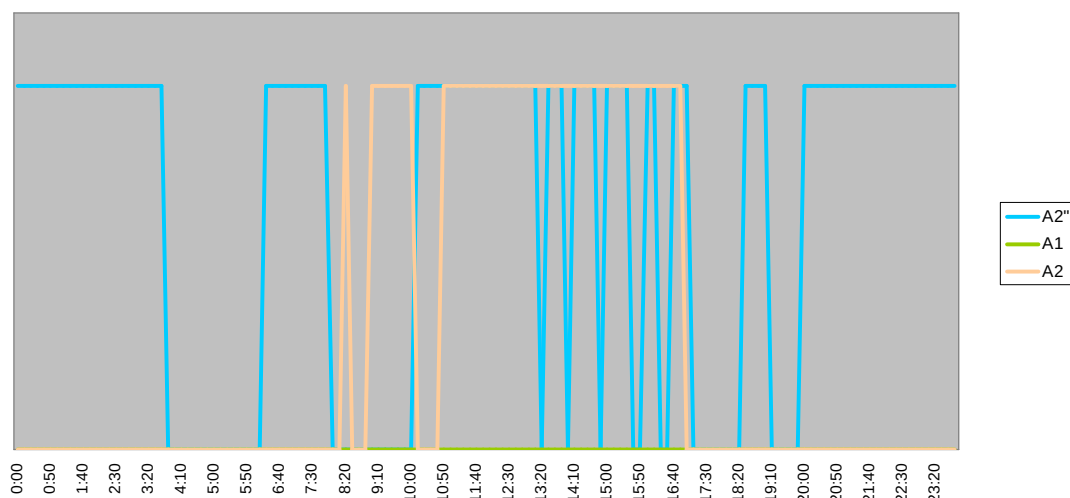
Všechna měřená data



Teploty měřené v systému



Funkce výstupu: 0/1-vyp/zap



Obr. P0901. Grafické znázornění chování sol. systému s optimalizačním opatřením –C2– ze dne 3. 3. 2010

Příloha 10 – Pyranometr RS81

Čidlo slunečního záření RS81-I

Čidlo je určeno k měření intenzity slunečního záření. Měření je založeno na principu teplotní difference vzniklé slunečním zářením na černé a bílé ploše. Na připevněných termočláncích vzniká napětí, které je po zesílení přímo závislé na intenzitě slunečního záření.

Ve spodní části čidla je umístěna výměnná šroubovací vysoušecí vložka s barevným indikátorem účinnosti.

Čidlo se připevňuje na čep o průměru 12 mm a je zajištěno bočním šroubem M4. Elektrické připojení se provádí vodotěsným konektorem, který je součástí dodávky.

Technické parametry:

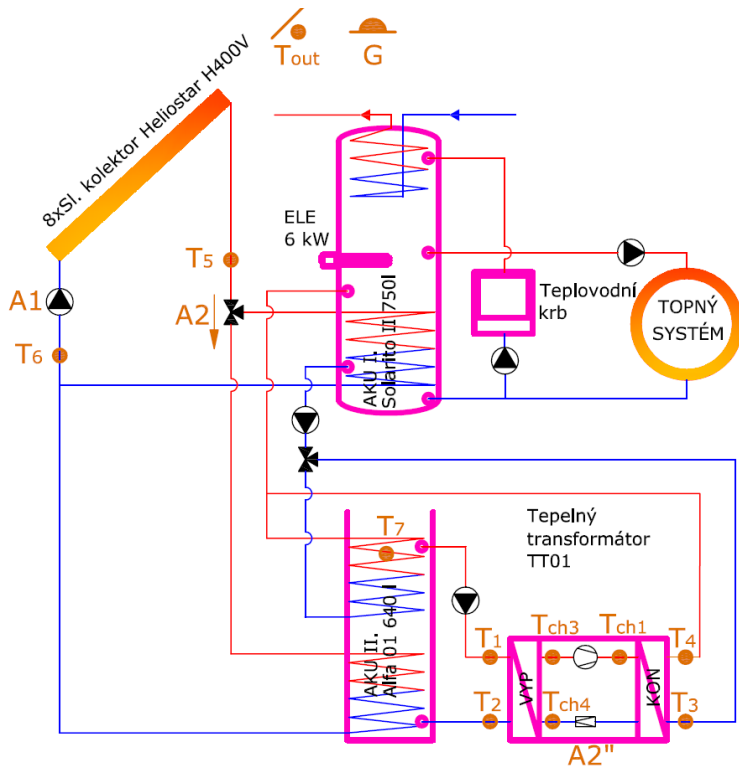
Připojení	dvoudrátové
Měřicí rozsah	0 až 1200 W m ⁻²
Spektrální rozsah	0,3 až 3 μm
Napájecí napětí	15 až 24 V DC
Časová konstanta	50 s pro 95%
Výstupní proud	4 až 20 mA
Max. zatěžovací impedance	500 R
Rozsah pracovních teplot	-30 až +60°C



Příloha 11 – Měřená data 8. týden 2010 na systému -C2- 22.-28. 2. 2010 - tabulky, grafy

V následující tabulce a grafech jsou znázorněny měřené veličiny při podrobnějším sledování systému poslední týden v únoru 2010 pomocí měřicí ústředny ADAM

G	Globální dopadající sl. záření měřené pyranometrem RS81 ^[P10]	[W/m ²]
T1	Teplota vody do výparníku	[°C]
T2	Teplota vody z výparníku	[°C]
T3	Teplota vody do kondenzátoru	[°C]
T4	Teplota vody z kondenzátoru	[°C]
T5	Teplota média ze sl. kolektorů	[°C]
T6	Teplota média do sl. kolektorů	[°C]
T7	Teplota vody v zásobníku AKU II.	[°C]
Tout	Teplota vody do výparníku	[°C]
Tch1	Teplota chladiva na vstupu do kondenzátoru	[°C]
Tch3	Teplota chladiva za výparníkem	[°C]
Tch4	Teplota chladiva za expanzním ventilem před výparníkem	[°C]
A2"	Tepelný transformátor TT01	[0/1]
A1	Sl. kolektory – AKU I.	[0/1]
A2	Sl. kolektory – AKU II.	[0/1]
H _{TDEN}	Celkové množství energie dopadající za den na vodorovnou rovinu	[kWh/m ²]
E _{DEN}	Celková energie vyrobená systémem za den	[kWh]



Obr. P1101. Umístění jednotlivých měřených veličin a sledovaných výstupů

		H _{TDEN} -C2- [kWh/m ²]	E _{DEN} -C2- [kWh]
Pondělí	22.3.2010	1,54	19,31
Úterý	23.3.2010	0,89	11,15
Středa	24.3.2010	0,38	4,80
Čtvrtek	25.3.2010	1,34	16,77
Pátek	26.3.2010	0,16	2,06
Sobota	27.3.2010	2,37	29,73
Neděle	28.3.2010	1,06	13,21
CELKEM:		16,50	97,05

Tab. P1101. Tabulka výsledků měření 8. týden 2010

	Dopadající záření na vodorovnou rovinu [W/m ²]	Teplota vody do výparníku [°C]	Teplota vody z výparníku [°C]	Teplota vody do kondenzátoru [°C]	Teplota vody z kondenzátoru [°C]	Teplota média z kolektorů [°C]	Teplota média do kolektorů [°C]	Teplota vody v zásobníku AKU II. (ALFA01) [°C]	Teplotný transformátor TT01	SI. kolektory - AKU I.	SI. kolektory - AKU II.	Teplota venkovní [°C]	Teplota chladiva na vstupu do kondenzátoru [°C]	Teplota chladiva za výparníkem [°C]	Teplota chladiva za expanzním ventilem před výparníkem [°C]	Energie dopadající na horizontální rovinu [kWh/m ²]	Průměrná venkovní teplota v funkčního solárního systému [°C]
	G	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	A2"	A1	A2	Tout	Tch1	Tch3	Tch4	E _G	
0:20	0	12,8	12,7	16,5	17,1	22,2	17,7	12,4	0	0	0	26,2	18,7	17	16,4	0,000	0
0:30	0	12,8	12,7	16,3	16,8	22	17,6	12,4	0	0	0	26,2	18,4	16,9	16,2	0,000	0
0:40	0	12,8	12,7	16,2	16,7	21,9	17,6	12,4	0	0	0	26,1	18,3	16,9	16,2	0,000	0
0:50	0	12,8	12,7	16	16,5	21,8	17,5	12,4	0	0	0	26,1	18,1	16,8	16,1	0,000	0
1:00	0	12,8	12,7	15,9	16,4	21,7	17,4	12,4	0	0	0	26	17,9	16,8	16,1	0,000	0
1:10	0	12,8	12,7	15,8	16,2	21,5	17,4	12,4	0	0	0	25,9	17,7	16,7	16	0,000	0
1:20	0	12,8	12,7	15,7	16,2	21,5	17,3	12,4	0	0	0	25,9	17,5	16,6	16	0,000	0
1:30	0	12,7	12,7	15,5	16	21,3	17,2	12,4	0	0	0	25,8	17,4	16,5	15,9	0,000	0
1:40	0	12,8	12,7	15,5	16	21,2	17,2	12,4	0	0	0	25,7	17,3	16,5	15,8	0,000	0
1:50	0	12,7	12,7	15,4	15,8	21,1	17,1	12,4	0	0	0	25,6	17,1	16,4	15,8	0,000	0
2:00	0	12,7	12,7	15,3	15,8	21	17,1	12,4	0	0	0	25,6	17	16,4	15,8	0,000	0
2:10	0	12,7	12,7	15,2	15,7	20,9	17	12,4	0	0	0	25,6	16,9	16,4	15,7	0,000	0
2:20	0	12,7	12,7	15,1	15,5	20,8	16,9	12,4	0	0	0	25,5	16,8	16,3	15,6	0,000	0
2:30	0	12,7	12,7	15	15,5	20,8	16,9	12,5	0	0	0	25,5	16,7	16,3	15,6	0,000	0
2:40	0	12,6	12,6	14,9	15,4	20,7	16,8	12,4	0	0	0	25,4	16,5	16,2	15,5	0,000	0
2:50	0	12,6	12,6	14,9	15,3	20,6	16,8	12,4	0	0	0	25,4	16,5	16,2	15,5	0,000	0
3:00	0	12,6	12,6	14,8	15,2	20,5	16,7	12,5	0	0	0	25,4	16,4	16,2	15,5	0,000	0
3:10	0	12,5	12,5	14,7	15,1	20,4	16,6	12,5	0	0	0	25,3	16,3	16,1	15,4	0,000	0
3:20	0	12,5	12,5	14,6	15,1	20,3	16,6	12,4	0	0	0	25,3	16,2	16,1	15,4	0,000	0
3:30	0	12,4	12,4	14,6	15	20,2	16,5	12,4	0	0	0	25,3	16,1	16,1	15,3	0,000	0
3:40	0	12,4	12,4	14,5	14,9	20,1	16,5	12,4	0	0	0	25,2	16,1	16	15,2	0,000	0
3:50	0	12,4	12,4	14,5	14,9	20	16,4	12,6	0	0	0	25,2	16,1	16	15,2	0,000	0
4:00	0	12,4	12,4	14,4	14,8	19,9	16,4	13,2	0	0	0	25,2	16	16	15,2	0,000	0
4:10	0	12,3	12,3	14,3	14,7	19,8	16,3	13,2	0	0	0	25,1	15,9	15,9	15,1	0,000	0
4:20	0	12,3	12,3	14,3	14,7	19,8	16,2	13	0	0	0	25,1	15,8	15,8	15,1	0,000	0
4:30	0	12,3	12,3	14,2	14,7	19,7	16,2	12,8	0	0	0	25,1	15,8	15,8	15,1	0,000	0
4:40	0	12,2	12,2	14,2	14,6	19,6	16,2	12,6	0	0	0	25,1	15,7	15,8	15	0,000	0
4:50	0	12,2	12,2	14,1	14,5	19,5	16,1	12,4	0	0	0	25,1	15,7	15,8	14,8	0,000	0
5:00	0	12,2	12,2	14,1	14,5	19,4	16,1	12,2	0	0	0	25,1	15,7	15,8	14,6	0,000	0
5:10	0	12,1	12,1	14	14,4	19,3	16,1	12,3	0	0	0	25	15,6	15,7	14,6	0,000	0
5:20	0	12,1	12,1	14	14,4	19,3	16	12,2	0	0	0	25	15,6	15,7	14,5	0,000	0
5:30	0	12,1	12,1	13,9	14,3	19,2	16	12,1	0	0	0	25	15,5	15,7	14,5	0,000	0
5:40	0	12,1	12,1	13,9	14,3	19,1	16	12,1	0	0	0	25	15,5	15,7	14,5	0,000	0
5:50	0	12,1	12,1	13,9	14,3	19	15,9	12,1	0	0	0	25	15,5	15,7	14,5	0,000	0
6:00	0	12	12	13,8	14,2	18,9	15,8	12,1	0	0	0	25	15,4	15,7	14,5	0,000	0
6:10	0	12	12	13,8	14,2	18,9	15,8	12,1	0	0	0	25	15,4	15,7	14,5	0,000	0

6:20	0	12,1	12,1	13,9	14,2	18,9	16	12,1	0	0	0	25,1	15,5	15,8	14,6	0,000	0
6:30	0	12,1	12,1	13,9	14,3	18,8	16,1	12,2	0	0	0	25,2	15,6	15,8	14,6	0,000	0
6:40	0	7,6	7,5	17,4	18,3	18,8	16,1	12,2	1	0	0	25,2	21,2	12	9	0,000	0
6:50	0	2	1	24,3	27,4	18,8	16,1	12,2	1	0	0	25,2	45,5	6,3	2,1	0,000	0
7:00	0	1,7	0,7	26,5	29,8	18,7	16	12,2	1	0	0	25,3	57,8	6	2,2	0,000	0
7:10	0	1,3	0,4	26,7	30	18,6	16	12,2	1	0	0	25,3	62,1	5,6	1,9	0,000	0
7:20	0	1,5	0,5	26,1	29,3	18,4	16	12,2	1	0	0	25,3	54,7	10,5	5	0,000	0
7:30	0	2,5	1,7	24,5	27,3	18,3	16	12,1	0	0	0	25,3	45,5	15,6	7,2	0,000	0
7:40	0	3,8	3	23,5	25,9	18,4	16,4	12,2	0	0	0	25,5	41,9	15,6	8,3	0,000	0
7:50	0	4,6	3,8	22,1	24,1	18	16,2	12,2	0	0	0	13,1	36,5	15,9	10,2	0,000	0
8:00	2,4	6,2	5,2	21,9	23,6	18,4	16,7	12,4	0	0	0	1,8	36	15,6	9,9	0,000	0
8:10	11,7	6,4	5,4	20,7	22,2	17,7	16,2	12,7	0	0	0	1,5	33,5	15,9	10,5	0,002	0
8:20	62,4	7	5,9	20	21,3	17,6	16,2	12,6	0	0	0	1,9	31,4	16,1	11,1	0,010	0
8:30	43,2	7,5	6,4	19,3	20,5	17,4	16,1	12,4	0	0	0	2	29,7	16,1	11,6	0,007	0
8:40	41,8	7,9	6,9	18,8	19,9	17,2	16,1	12,1	0	0	0	1,9	28,3	16,1	12,1	0,007	0
8:50	124,9	8,8	7,8	18,7	19,7	14,7	18,2	12	0	1	0	2,3	27,1	16,3	12,5	0,020	2,3
9:00	150,4	9,5	8,6	18,7	19,5	16,9	19,3	11,7	0	1	0	2,6	26,2	16,6	13,1	0,024	2,6
9:10	136,5	9,1	8,1	17,4	18,1	26,5	16	11,6	0	0	1	4,5	24,3	15,8	12,5	0,022	4,5
9:20	95,2	9,3	8,5	16,9	17,6	27,5	18,2	11,5	0	0	1	3,3	23	15,3	12,5	0,015	3,3
9:30	83,5	5,1	4,1	21	23,1	24	11,9	11,5	1	0	1	4	32,6	9,4	5,4	0,013	4
9:40	212,3	4	2,5	22,7	26,1	23,1	11,7	11,5	1	0	1	2,5	51	7,5	3	0,034	2,5
9:50	312,7	4,9	3,4	23,9	27,3	32,9	26	11,4	1	1	0	3	56,2	8,3	4	0,050	3
10:00	297,1	5,6	4,4	25,3	28,8	38,3	17,7	11,5	1	0	1	3,5	59,2	9,2	5	0,048	3,5
10:10	292,1	7,5	6,2	25,9	29,5	30,6	15,1	11,6	1	0	1	4	59,7	10,8	6,4	0,047	4
10:20	310,1	7,6	6,1	25,6	29,3	27,8	14	11,6	1	0	1	3,7	59,3	11,2	6,6	0,050	3,7
10:30	325,4	8,3	6,6	25,9	29,7	32	18,9	11,6	1	0	1	4,1	59,6	11,9	7,1	0,052	4,1
10:40	248,9	8,9	7,2	26,8	30,7	29,5	15,3	11,6	1	0	1	3,7	60,4	12,6	7,8	0,040	3,7
10:50	358,3	9,7	8	27,6	31,6	31,2	16	11,6	1	0	1	4,1	60,9	13,5	8,6	0,057	4,1
11:00	322,2	10,6	8,8	27,9	32	33,5	17,4	11,6	1	0	1	4,1	61,5	14,4	9,4	0,052	4,1
11:10	308	11,6	9,6	28,7	32,9	32,3	17,9	11,6	1	0	1	3,7	62,1	15,4	10,2	0,049	3,7
11:20	337,1	12,6	10,6	29,6	33,9	33,9	18,7	11,6	1	0	1	4	62,8	16,4	11,1	0,054	4
11:30	397,2	13,4	11,4	30,3	34,6	36,7	24,1	11,6	1	0	1	4,3	63,5	17,3	11,9	0,064	4,3
11:40	397,6	13,3	11,3	31,6	35,8	47,4	37,5	11,6	1	1	0	4,7	64,6	17,2	11,9	0,064	4,7
11:50	411,2	12,9	11	34,5	38,5	54,3	42,1	11,7	1	1	0	4,8	67,3	16,7	11,4	0,066	4,8
12:00	384,9	12,6	10,9	37,7	41,5	56,6	44,9	11,7	1	1	0	4,6	71,2	16,4	11,5	0,062	4,6
12:10	272,5	12,1	10,6	40,4	44	54,6	46,2	11,8	1	1	0	4,3	74,7	16	11,3	0,044	4,3
12:20	363,6	11,7	10,3	42,4	45,9	54,3	46,6	11,7	1	1	0	4,2	77,8	15,5	11	0,058	4,2
12:30	308,7	11,4	10,1	44,2	47,6	56,5	48,9	11,7	1	1	0	4,2	80,6	15,3	10,9	0,049	4,2
12:40	215,7	11	9,8	45,8	49,1	51,9	48,3	11,7	1	1	0	4,2	83,1	14,9	10,6	0,035	4,2
12:50	225,2	10,8	9,6	46,8	50,1	52,2	48,7	11,7	1	1	0	4	85,1	14,7	10,5	0,036	4
13:00	249,4	10,5	9,4	47,6	50,9	53,4	49,1	11,7	1	1	0	4,3	86,6	14,4	10,3	0,040	4,3
13:10	290,2	10,2	9,2	48,4	51,6	54,6	50,1	11,8	1	1	0	4,7	87,9	14,2	10,1	0,046	4,7
13:20	352,4	10	9	49,3	52,4	58,6	52,1	11,7	1	1	0	4,9	89,3	14	10	0,056	4,9
13:30	209	9,9	9	50,4	53,6	58,2	53,4	11,6	1	1	0	4,7	90,9	13,8	9,9	0,033	4,7
13:40	301,8	9,7	8,8	51,4	54,4	55,8	51,8	11,8	1	1	0	4,7	92,8	13,7	9,8	0,048	4,7
13:50	203,7	9,6	8,8	52	55,1	55,7	52,8	11,7	1	1	0	4,6	94,1	13,6	9,7	0,033	4,6
14:00	124,6	9,4	8,5	52,6	55,6	53	51,5	11,8	1	0	0	4,5	95,3	13,3	9,6	0,020	0
14:10	145,7	9,2	8,4	53	56	49,4	48,1	11,8	1	1	1	4,4	96,1	13,1	9,3	0,023	4,4
14:20	149,6	8,9	8,2	53,2	56,2	46,9	45,2	13,8	1	1	1	4,5	97	12,9	9,2	0,024	4,5
14:30	146,2	8,7	8	53,5	56,4	45,5	42,8	16,2	1	1	1	4,4	97,6	12,7	9,1	0,023	4,4
14:40	83,3	8,5	7,8	53,7	56,7	45,1	41	18,6	1	1	1	4,3	98,2	12,5	9	0,013	4,3
14:50	31	8,4	7,7	54,1	57	45,1	39,9	20,8	1	1	1	3,9	98,8	12,4	8,8	0,005	3,9
15:00	50,9	8,2	7,6	54,4	57,3	45	38,5	23	1	1	1	4	99,5	12,3	8,8	0,008	4
15:10	54	8,1	7,5	54,8	57,6	44,8	36,9	24,9	1	1	1	4	100, 1	12,2	8,7	0,009	4

15:20	55,4	7,9	7,3	55,1	57,9	44,7	35,5	26,6	1	1	1	4	100,6	12	8,5	0,009	4
15:30	65,2	7,7	7,2	55,4	58,2	44,7	34,2	28	1	1	1	4,1	101,1	11,8	8,4	0,010	4,1
15:40	41,3	7,5	7,1	55,7	58,4	44,6	33	29,3	1	1	1	4,2	101,8	11,7	8,2	0,007	4,2
15:50	18,1	7,3	6,9	55,9	58,7	44,7	32,1	30,3	1	1	1	4,1	102,3	11,5	8,1	0,003	4,1
16:00	10,8	7,2	6,7	56,2	59	44,8	31,4	31,2	1	1	1	4	103	11,3	8	0,002	4
16:10	6,4	7	6,6	56,5	59,2	44,9	30,7	31,9	1	1	1	3,7	103,7	11,1	7,8	0,001	3,7
16:20	0	6,8	6,3	56,7	59,4	44,8	29,9	32,4	1	1	1	3,7	104,2	10,8	7,5	0,000	3,7
16:30	0	6,6	6,3	57	59,7	45,3	29,4	32,9	1	1	1	3,6	105	10,8	7,6	0,000	3,6
16:40	0	6,5	6,2	57,3	59,9	45,9	28,9	33,2	1	1	1	3,5	105,7	10,7	7,4	0,000	3,5
16:50	0	6,3	5,9	57,4	60,1	45,7	28,4	33,5	1	1	1	3,5	106,3	10,5	7,2	0,000	3,5
17:00	0	6,1	5,7	57,6	60,2	45,7	27,9	33,6	1	1	1	3,5	106,7	10,2	7,1	0,000	3,5
17:10	0	5,9	5,6	57,9	60,5	45,8	27,5	33,5	1	1	1	3,4	107,3	10,1	7	0,000	3,4
17:20	0	5,8	5,5	58,1	60,6	45,9	27,1	33,3	1	1	1	3,5	107,6	10	6,9	0,000	3,5
17:30	0	5,7	5,4	58,1	60,6	46,2	26,9	33,2	1	1	1	3,7	108	9,9	6,8	0,000	3,7
17:40	0	5,5	5,3	58,2	60,7	46	26,6	33	1	1	1	3,8	108,2	9,8	6,7	0,000	3,8
17:50	0	5,4	5,2	58,4	60,9	46,1	26,3	32,9	1	1	1	3,8	108,6	9,7	6,6	0,000	3,8
18:00	0	5,3	5,1	58,6	61,1	46	26	32,8	1	1	1	4	109	9,5	6,5	0,000	4
18:10	0	7,2	5,7	55,9	58,1	46,1	25,8	32,6	0	1	1	4,2	87,3	25,7	11,4	0,000	4,2
18:20	0	13,3	7,1	51,3	52,7	46,2	25,6	32,3	0	1	1	4	77,4	28,7	14	0,000	4
18:30	0	15,3	8,4	47,5	48,4	46,2	25,5	32,1	0	1	1	3,8	70,3	26,5	15,5	0,000	3,8
18:40	0	16	9,5	44	44,9	46,2	25,4	32,1	0	1	1	3,5	63,9	25,2	16,6	0,000	3,5
18:50	0	16,2	10,5	41	41,9	46	25,2	32	0	1	1	3,2	58,4	24,3	17,4	0,000	3,2
19:00	0	16,3	11,3	38,3	39,5	45,8	25	32,1	0	1	1	3,1	53,9	23,7	18,1	0,000	3,1
19:10	0	16,4	12,1	36	37,5	45,5	24,8	32,1	0	1	1	3	49,9	23,3	18,6	0,000	3
19:20	0	8,9	7,9	47,8	49,1	45,4	24,9	31,9	1	1	1	3,2	61,1	14,2	11	0,000	3,2
19:30	0	5,6	5,3	55,8	58,2	45,3	24,9	31,8	1	1	1	3,4	92,9	9,8	6,5	0,000	3,4
19:40	0	5,5	5,3	56,4	58,9	45	24,7	31,9	1	1	1	3,5	102,4	9,7	6,5	0,000	3,5
19:50	0	5,4	5,1	56,7	59,3	44,8	24,5	31,4	1	1	1	3,4	105,1	9,6	6,3	0,000	3,4
20:00	0	7,9	5,9	53,5	55,8	44,8	24,4	31,5	0	1	1	3,4	81,7	26,9	12	0,000	3,4
20:10	0	13,2	7,2	49,3	50,7	44,8	24,2	31,5	0	1	1	3,4	74,2	27,5	14	0,000	3,4
20:20	0	14,9	8,4	45,7	46,6	44,7	24,1	31,5	0	1	1	3,5	67,2	25,7	15,4	0,000	3,5
20:30	0	15,5	9,6	42,5	43,2	44,5	24,1	31,5	0	1	1	3,6	61,2	24,5	16,4	0,000	3,6
20:40	0	15,7	10,5	39,7	40,3	44,2	23,9	31,4	0	1	1	3,7	56,1	23,8	17,2	0,000	3,7
20:50	0	15,9	11,3	37,2	38	44,2	23,8	31,3	0	1	1	3,7	51,8	23,2	17,8	0,000	3,7
21:00	0	16	12	35	36,1	44	23,6	31,3	0	1	1	3,8	48,1	22,8	18,4	0,000	3,8
21:10	0	7,6	6,9	48,9	50,3	43,8	23,6	31,3	1	1	1	3,8	63,9	12,6	9,4	0,000	3,8
21:20	0	5,5	5,1	54,7	57,2	43,8	23,4	31,2	1	1	1	3,7	93	9,7	6,3	0,000	3,7
21:30	0	5,3	5	55,4	58	43,8	23,3	31,1	1	1	1	3,5	101	9,6	6,2	0,000	3,5
21:40	0	5,2	4,8	55,8	58,4	43,7	23,1	31,2	1	1	1	3,4	103,2	9,4	6,3	0,000	3,4
21:50	0	8,1	5,8	52,2	54,3	44	23	31,2	0	1	1	3,5	77,9	28,1	12,3	0,000	3,5
22:00	0	13,1	7,1	48	49,4	43,8	23	31,1	0	1	1	3,5	72,2	26,5	13,9	0,000	3,5
22:10	0	14,5	8,2	44,4	45,4	43,8	22,9	30,9	0	1	1	3,5	65,2	24,8	15,2	0,000	3,5
22:20	0	14,9	9,2	41,2	42,1	43,7	22,8	30,8	0	1	1	3,6	59,3	23,7	16,1	0,000	3,6
22:30	0	15,2	10,2	38,5	39,4	43,7	22,8	30,7	0	1	1	3,7	54,4	23	16,8	0,000	3,7
22:40	0	15,4	11	36,1	37,2	43,5	22,8	30,7	0	1	1	3,8	50,3	22,5	17,4	0,000	3,8
22:50	0	15,5	11,6	34	35,3	43,5	22,6	30,7	0	1	1	3,7	46,7	22,1	17,9	0,000	3,7
23:00	0	11,2	9,3	40,4	41,5	43,5	22,6	30,6	1	1	1	3,8	50,2	16,7	13,6	0,000	3,8
23:10	0	5,5	5,1	53,7	55,9	43,4	22,5	30,5	1	1	1	3,8	84,6	9,8	6,2	0,000	3,8

23:20	0	5,4	5	54,6	57,2	43,2	22,4	30,4	1	1	1	3,8	97,9	9,6	6,2	0,000	3,8
23:30	0	5,2	4,9	55	57,6	43,2	22,3	30,4	1	1	1	3,8	98,6	11	7	0,000	3,8
23:40	0	8,9	5,9	51	53,1	43,3	22,2	30,4	0	1	1	3,9	76,3	28,4	12,4	0,000	3,9
23:50	0	13,2	7,2	47	48,4	43,4	22,2	30,4	0	1	1	4,1	70,3	25,8	14	0,000	4,1
0:10	0	14,3	8,3	43,5	44,5	44,1	22,2	30,3	0	0	0	3,9	63,5	24,2	15,1	0,000	0
0:20	0	14,8	9,2	40,4	41,3	44,7	22,2	30,3	0	0	0	3,7	57,9	23,3	16	0,000	0
0:30	0	15	10,1	37,7	38,7	44,9	22,2	30,3	0	0	0	3,7	53,2	22,6	16,7	0,000	0
0:40	0	15	10,9	35,4	36,6	44,9	22,2	30,3	0	0	0	3,5	49,1	22	17,3	0,000	0
0:50	0	5,6	5,3	51,8	53,5	44,6	22,3	30,3	1	0	0	3,7	72,3	10	6,7	0,000	0
1:00	0	5,5	5,1	53,9	56,5	44,6	22,2	30,2	1	0	0	3,7	94,4	9,7	6,2	0,000	0
1:10	0	5,4	5	54,5	57,2	44,6	22,1	30,2	1	0	0	3,7	100,2	9,6	6,1	0,000	0
1:20	0	5,2	4,8	55	57,6	44,7	22,1	30,2	1	0	0	3,6	102	9,4	6	0,000	0
1:30	0	6,9	5,3	52,8	55,2	44,9	22	30,2	0	0	0	3,5	83,3	24,4	10,5	0,000	0
1:40	0	12,5	6,6	48,3	49,9	45	22,1	30,2	0	0	0	3,5	73,2	26,6	13,4	0,000	0
1:50	0	14	7,8	44,6	45,7	44,9	22,1	30,1	0	0	0	3,8	66,2	24,7	14,8	0,000	0
2:00	0	14,7	8,8	41,4	42,4	45	22,1	30,1	0	0	0	3,8	60	23,5	15,7	0,000	0
2:10	0	14,9	9,8	38,6	39,6	45	22,1	30,1	0	0	0	3,7	54,9	22,7	16,5	0,000	0
2:20	0	12,3	9,2	40,1	41,1	44,7	22,1	30	1	0	0	3,6	53,4	18,8	14,4	0,000	0
2:30	0	5,6	5,1	52,6	54,9	44,7	22,1	30,1	1	0	0	3,5	81,9	9,8	6,2	0,000	0
2:40	0	5,4	5	53,8	56,5	44,5	22,1	30	1	0	0	3,7	96,4	9,6	6,1	0,000	0
2:50	0	5,3	4,9	54,4	57,1	44,4	21,9	30	1	0	0	3,7	100,5	9,5	6	0,000	0
3:00	0	5,5	5	53,6	56,2	44,9	21,8	30	1	0	0	3,8	90,7	17,4	8,7	0,000	0
3:10	0	11,3	6,3	49,1	51	45	21,8	30	0	0	0	3,8	74,5	27	12,8	0,000	0
3:20	0	13,7	7,5	45,3	46,6	45	21,8	30	0	0	0	3,9	67,6	24,9	14,2	0,000	0
3:30	0	14,4	8,5	42	43	44,9	21,8	30	0	0	0	3,9	61,2	23,6	15,3	0,000	0
3:40	0	14,7	9,5	39,1	40,1	44,8	21,9	29,9	0	0	0	4,1	56	22,8	16,1	0,000	0
3:50	0	14,9	10,3	36,5	37,7	44,7	21,9	29,9	0	0	0	4,1	51,5	22,2	16,7	0,000	0
4:00	0	5,9	5,6	50,2	52	44,7	21,9	29,9	1	0	0	4,2	71,1	10,4	7,1	0,000	0
4:10	0	5,5	5	53,2	55,7	44,4	21,8	29,9	1	0	0	4,2	93,1	9,6	6	0,000	0
4:20	0	5,3	4,8	53,7	56,4	44,2	21,7	29,8	1	0	0	4,1	98,9	9,4	6	0,000	0
4:30	0	5,4	4,9	53,6	56,3	44,5	21,6	29,7	1	0	0	4	93,7	14,2	7,7	0,000	0
4:40	0	10,2	6,1	49,3	51,3	44,7	21,6	29,7	0	0	0	4,1	74,8	27,2	12,5	0,000	0
4:50	0	13	7,2	45,5	46,9	44,5	21,6	29,7	0	0	0	4,2	68,2	24,9	14	0,000	0
5:00	0	14,1	8,3	42,2	43,2	44,6	21,7	29,7	0	0	0	4	61,8	23,6	15,1	0,000	0
5:10	0	14,5	9,3	39,2	40,2	44,6	21,7	29,7	0	0	0	3,6	56,4	22,8	16	0,000	0
5:20	0	14,8	10,1	36,7	37,8	44,4	21,8	29,7	0	0	0	3,6	51,9	22,2	16,7	0,000	0
5:30	0	7,2	6,3	47,2	48,8	44,4	21,8	29,7	1	0	0	3,6	65,4	12,1	8,6	0,000	0
5:40	0	5,5	5	52,5	55,1	44,3	21,8	29,7	1	0	0	3,7	90,5	9,6	6	0,000	0
5:50	0	5,3	4,9	53,2	55,9	44,1	21,7	29,6	1	0	0	3,2	97,3	9,5	5,9	0,000	0
6:00	0	5,2	4,8	53,7	56,4	44,2	21,6	29,6	1	0	0	3,2	99,6	9,3	5,9	0,000	0
6:10	0	5,1	4,7	54,1	56,8	44,4	21,5	29,6	1	0	0	3,1	100,9	9,2	5,8	0,000	0
6:20	0	6,4	5,1	52,1	54,6	44,4	21,5	29,6	1	0	0	3,6	83,9	21,8	10	0,000	0
6:30	0	12	6,4	47,6	49,3	44,4	21,5	29,6	0	0	0	3,9	72,5	25,9	13	0,000	0
6:40	0	13,7	7,5	44	45,3	44,6	21,7	29,6	0	0	0	3,7	65,6	24,1	14,3	0,000	0
6:50	0	14,2	8,5	40,9	41,9	44,6	21,7	29,6	0	0	0	3,5	59,6	23	15,3	0,000	0
7:00	0	14,5	9,5	38,1	39,2	44,5	21,7	29,6	0	0	0	3,6	54,7	22,4	16,1	0,000	0
7:10	0	14,8	10,3	35,7	37	44,4	21,7	29,6	0	0	0	3,9	50,6	22	16,7	0,000	0
7:20	0,3	12,6	9,8	37,2	38,4	44,2	21,7	29,6	1	0	0	4,2	49	18,7	14,8	0,000	0
7:30	7	5,5	5	50,9	53,2	44,1	21,5	29,5	1	0	0	4,1	77,9	9,7	5,9	0,001	0
7:40	1,3	5,4	4,9	52,5	55,1	43,9	21,4	29,5	1	0	0	4,1	93,7	9,5	5,9	0,000	0
7:50	2,7	5,2	4,8	53,1	55,8	43,7	21,2	29,5	1	0	0	4	97,9	9,3	5,8	0,000	0
8:00	7,4	5,1	4,7	53,5	56,2	44	21,1	29,5	1	0	0	4,4	99,6	9,2	5,7	0,001	0
8:10	25,9	4,9	4,4	53,8	56,4	43,9	20,9	29,3	1	0	0	4,8	100,4	8,9	5,4	0,004	0

8:20	49,6	4,8	4,3	54,2	56,8	43,9	20,8	29,5	1	0	0	4,9	101,4	8,9	5,4	0,008	0
8:30	55,2	4,7	4,3	54,5	57,1	44,1	20,6	29,6	1	0	0	5	102,1	8,8	5,4	0,009	0
8:40	106,9	6,8	5	51,9	54,3	43,8	20,1	29,6	0	0	0	5,1	81,4	24,1	10,6	0,017	0
8:50	61,5	12,4	6,4	47,7	49,3	44,2	20	29,9	0	0	0	5,2	72,5	26	13	0,010	0
9:00	41,5	13,8	7,6	44,1	45,2	44,2	20,3	31,2	0	0	0	5,2	65,7	24,5	14,3	0,007	0
9:10	80,2	14,4	8,7	41,1	41,9	44,3	20,4	31,8	0	0	0	5,3	59,9	23,5	15,4	0,013	0
9:20	80,4	14,7	9,7	38,3	39,1	44,2	20,4	33,5	0	0	0	5,2	54,9	22,9	16,2	0,013	0
9:30	115,5	15	10,6	35,9	36,8	44,2	20,3	34,6	0	0	0	5,3	50,9	22,5	16,9	0,018	0
9:40	95,5	15,2	11,3	33,8	35	41,5	22,4	35,5	0	0	0	5,4	47,3	22,3	17,5	0,015	0
9:50	80,2	7	6,4	45,8	47,4	35,4	44,1	36,5	1	1	0	5,4	61,8	11,9	8,6	0,013	5,4
10:00	54,6	5,2	4,7	48,9	51,6	41,3	45,5	37,5	1	1	0	5,4	85,9	9,4	5,8	0,009	5,4
10:10	27,9	5,1	4,7	49,2	52,1	42,3	46,1	38,4	1	1	0	5,5	91,8	9,4	5,9	0,004	5,5
10:20	163,5	5,1	4,7	49,3	52,2	43,1	46,1	39,8	1	1	0	5,9	93,3	9,4	5,9	0,026	5,9
10:30	243,1	5	4,7	50,3	53,1	51,5	49,3	41,2	1	1	0	6,4	94,3	9,3	5,8	0,039	6,4
10:40	210,9	4,8	4,6	52,1	54,7	50,4	48,7	42,7	1	0	0	6,4	96,6	9,1	5,7	0,034	0
10:50	195,8	4,7	4,6	52,5	55,1	55,4	51,7	44,3	1	1	0	6,6	98,3	9	5,7	0,031	6,6
11:00	237,7	4,6	4,4	53,2	55,8	55,2	36,9	45,5	1	0	1	6,8	99,4	8,9	5,6	0,038	6,8
11:10	299,4	5,6	5,3	53,9	56,6	47,8	17	46,8	1	0	1	7,2	100,5	9,9	6,3	0,048	7,2
11:20	179,2	6,2	5,9	54,4	57,1	42,9	20,3	48,7	1	1	1	7	101,2	10,5	6,9	0,029	7
11:30	217,3	6,1	5,9	54,7	57,4	43,5	21,1	49,3	1	1	1	7,3	99,9	11,3	7,5	0,035	7,3
11:40	212,3	9,8	6,9	51,3	53,5	45,3	45,7	49,8	0	0	0	7,6	76,7	29,3	13,2	0,034	0
11:50	210,9	13,8	8	47,3	48,7	44,6	47,3	50,5	0	0	0	7,5	70,7	27	14,6	0,034	0
12:00	209,5	15,2	9,2	43,9	44,9	46	44,1	51,1	0	0	0	7,8	64,5	25,8	16	0,034	0
12:10	201,6	15,8	10,2	41	41,9	49	48	51,8	0	0	0	8,1	59,1	25	17	0,032	0
12:20	237,1	6,4	6,4	52,7	54,6	52	49,7	52,6	1	0	0	8,4	76,4	11,3	8	0,038	0
12:30	197	6,1	5,9	54,2	56,8	53	48,8	53,7	1	0	0	8,4	95,4	10,6	6,9	0,032	0
12:40	243,2	6,8	6,4	54,8	57,6	43,5	22,4	54,7	1	0	1	8,1	100,3	11	7,3	0,039	8,1
12:50	208,4	8,1	7,6	55,3	58,1	23,5	15,5	55,5	1	0	1	8	101,3	12,4	8,4	0,033	8
13:00	222,1	8,8	8,2	55,5	58,4	22,7	15,5	55,7	1	0	1	8,2	101,6	13	9,1	0,036	8,2
13:10	185,2	9,3	8,7	55,7	58,6	20,8	15,4	56,5	1	0	1	8,1	101,6	13,6	9,5	0,030	8,1
13:20	181,8	9,8	9,1	55,9	58,9	20,3	15,5	57,6	1	0	1	8,3	101,7	14	9,9	0,029	8,3
13:30	159,7	10,1	9,4	56	58,9	19,3	15,5	58,3	1	0	1	8,4	101,8	14,4	10,2	0,026	8,4
13:40	185,9	10,4	9,6	55,8	58,8	20	15,7	59	1	0	1	8,6	101,3	14,6	10,4	0,030	8,6
13:50	121,5	10,7	9,9	55,8	58,9	19,3	15,9	59,4	1	0	1	8,4	101,1	14,9	10,6	0,019	8,4
14:00	94,3	10,9	10	56	59	17,9	15,6	60,4	1	0	1	8,3	101,2	15	10,8	0,015	8,3
14:10	45,5	10,8	10	55,2	58,4	18,2	30,3	61,3	1	0	1	7,7	100,9	15,1	10,8	0,007	7,7
14:20	10,4	10,8	9,9	53,5	56,6	21,6	41,4	61,6	1	0	0	7,1	98,1	15	10,7	0,002	0
14:30	1,2	10,5	9,7	55,1	58,1	21,2	39,1	62,2	1	0	0	6,6	98,4	14,7	10,5	0,000	0
14:40	0	10,2	9,4	56,2	59,1	22,7	37,2	62,6	1	0	0	6,2	100,4	14,4	10,3	0,000	0
14:50	0	9,9	9,3	56,7	59,6	31,9	35,7	62,3	1	0	0	5,9	102,1	14,2	10,1	0,000	0
15:00	0	9,7	9	56,9	59,8	37,7	34,3	62,5	1	0	0	5,8	102,8	13,9	9,9	0,000	0
15:10	0	9,4	8,8	57,2	60	41,2	33,2	62,3	1	0	0	5,7	103,4	13,6	9,7	0,000	0
15:20	0	9,1	8,5	57,4	60,2	43	32,1	62	1	0	0	5,5	104	13,3	9,4	0,000	0
15:30	0	8,9	8,4	57,6	60,4	44,4	31,3	61,9	1	0	0	5,5	104,6	13,1	9,2	0,000	0
15:40	0	8,7	8,3	57,9	60,7	45,2	30,6	61,8	1	0	0	5,5	105,3	12,9	9,1	0,000	0
15:50	0	8,5	8,1	58,1	60,9	45,7	29,9	61,8	1	0	0	5,4	105,9	12,7	8,9	0,000	0

16:00	0	8,3	7,9	58,4	61,1	46,4	29,4	61,1	1	0	0	5,5	106,4	12,5	8,8	0,000	0
16:10	0	8,2	7,8	58,7	61,4	46,7	28,9	61,1	1	0	0	5,5	107,1	12,4	8,7	0,000	0
16:20	0	8,1	8	59	61,2	47	28,5	60,8	1	0	0	5,4	104,2	13,4	9,4	0,000	0
16:30	0	8,1	8,8	59,1	59,1	47,3	28	60	1	0	0	5,9	76,9	25	12,9	0,000	0
16:40	0	8	8,7	58,7	58,7	46,9	27,4	59,4	1	0	0	5,2	68	21	12,4	0,000	0
16:50	0	9,3	9,9	54,8	54,6	47,2	27,4	58,9	0	0	0	5,4	63,9	20,2	13,8	0,000	0
17:00	0	10,3	10,9	50,5	49,9	47,3	27,1	58,8	0	0	0	5,2	59,2	20,2	14,8	0,000	0
17:10	0	11,2	11,9	46,7	46,2	47,4	26,9	58,9	0	0	0	5,2	55	20,6	15,4	0,000	0
17:20	0	11,9	12,7	43,5	43,3	47,3	26,6	58,8	0	0	0	5,1	51,4	20,8	15,8	0,000	0
17:30	0	12,5	13,4	40,6	41	47,3	26,4	58,6	0	0	0	5	48,1	20,9	16,3	0,000	0
17:40	0	13,2	14,1	38,2	39	47,1	26,2	58,4	0	0	0	5,1	45,3	21,1	16,8	0,000	0
17:50	0	9,7	9,5	52	53,3	47	26,1	57,8	1	0	0	5,1	54,7	23,7	14,6	0,000	0
18:00	0	14,3	10,1	49,5	50,5	46,9	26	57,5	0	0	0	5	51,6	28,9	17,9	0,000	0
18:10	0	16,7	11,1	46	45,9	46,7	25,9	57,5	0	0	0	5,1	47,6	27,3	19,2	0,000	0
18:20	0	17,6	12	42,8	42,3	46,5	25,9	57,5	0	0	0	5,1	44,2	26,3	20	0,000	0
18:30	0	17,9	12,8	40,1	39,6	45,7	25,9	57,3	0	0	0	4,7	41,4	25,5	20,5	0,000	0
18:40	0	18	13,5	37,6	37,3	44,8	25,7	57,3	0	0	0	5,1	39	24,8	20,8	0,000	0
18:50	0	18,1	14,1	35,5	35,6	44,2	25,4	56,9	0	0	0	4,8	37	24,2	21	0,000	0
19:00	0	18,2	14,7	33,8	34,2	44,2	25,3	57,2	0	0	0	4,9	35,4	23,9	21,3	0,000	0
19:10	0	18,2	15,3	32,2	32,9	43,9	25,1	57,3	0	0	0	4,9	34	23,7	21,5	0,000	0
19:20	0	18,3	15,7	30,9	31,7	44,1	24,9	57,2	0	0	0	4,9	32,7	23,5	21,6	0,000	0
19:30	0	18,3	16,1	29,7	30,7	43,7	24,8	56,9	0	0	0	4,8	31,6	23,5	21,7	0,000	0
19:40	0	18,4	16,5	28,7	29,7	43,5	24,6	56,7	0	0	0	4,9	30,6	23,4	21,7	0,000	0
19:50	0	18,4	16,8	27,7	28,9	43,5	24,4	56,6	0	0	0	4,9	29,7	23,3	21,7	0,000	0
20:00	0	18,5	17	26,9	28,1	43,4	24,3	56,6	0	0	0	4,8	28,9	23,2	21,8	0,000	0
20:10	0	18,5	17,3	26,3	27,4	43,3	24,2	56,2	0	0	0	4,8	28,2	23,2	21,8	0,000	0
20:20	0	18,5	17,5	25,6	26,7	43,3	24,1	56	0	0	0	4,8	27,6	23,1	21,7	0,000	0
20:30	0	18,5	17,7	25	26,1	43,2	23,9	56,2	0	0	0	4,9	27	23	21,7	0,000	0
20:40	0	18,5	17,8	24,6	25,6	43,1	23,9	56	0	0	0	4,9	26,5	22,9	21,7	0,000	0
20:50	0	18,4	17,9	24,1	25	43,1	23,8	55,9	0	0	0	5,1	26	22,8	21,7	0,000	0
21:00	0	18,4	18	23,6	24,5	43	23,6	55,9	0	0	0	5,2	25,6	22,7	21,7	0,000	0
21:10	0	18,3	18,1	23,3	24,1	42,9	23,5	55,7	0	0	0	5,1	25,2	22,6	21,5	0,000	0
21:20	0	18,3	18,2	22,9	23,7	42,9	23,4	55,4	0	0	0	5,2	24,8	22,5	21,5	0,000	0
21:30	0	18,3	18,2	22,7	23,3	43	23,4	55,2	0	0	0	5,3	24,5	22,4	21,5	0,000	0
21:40	0	18,3	18,3	22,4	23	42,5	23,2	55,1	0	0	0	5,2	24,2	22,3	21,4	0,000	0
21:50	0	18,3	18,3	22,1	22,7	42,5	23,1	55	0	0	0	5,2	23,8	22,1	21,4	0,000	0
22:00	0	18,3	18,3	21,9	22,4	42,5	23	54,8	0	0	0	5,1	23,6	22,1	21,3	0,000	0
22:10	0	18,2	18,3	21,7	22,1	42,3	22,9	54,7	0	0	0	5,1	23,4	21,9	21,2	0,000	0
22:20	0	18,2	18,4	21,5	21,9	42,3	22,9	54,5	0	0	0	5	23,1	21,9	21,1	0,000	0
22:30	0	18,2	18,4	21,3	21,7	42,1	22,8	54,6	0	0	0	5,1	22,8	21,8	21,1	0,000	0
22:40	0	18,2	18,5	21,1	21,5	42,4	22,8	54,4	0	0	0	4,8	22,7	21,7	21	0,000	0
22:50	0	18,1	18,4	20,9	21,3	42	22,6	54,1	0	0	0	4,7	22,5	21,7	20,9	0,000	0
23:00	0	18,1	18,4	20,8	21,2	42,1	22,6	54,3	0	0	0	4,8	22,3	21,6	20,8	0,000	0
23:10	0	18,1	18,4	20,7	21	41,9	22,5	54,5	0	0	0	4,9	22,2	21,5	20,8	0,000	0
23:20	0	18	18,4	20,5	20,9	41,9	22,5	54,1	0	0	0	5,2	22	21,4	20,7	0,000	0
23:30	0	18	18,4	20,4	20,7	41,7	22,4	54,1	0	0	0	4,8	21,8	21,3	20,6	0,000	0
0:00	0	18	18,4	20,3	20,7	42	22,4	54,2	0	0	0	4,9	21,7	21,2	20,5	0,000	0
0:10	0	17,9	18,3	20,2	20,5	42	22,3	54,1	0	0	0	5,2	21,6	21,2	20,5	0,000	0
0:20	0	17,9	18,3	20	20,4	41,8	22,2	54	0	0	0	5,2	21,5	21,2	20,4	0,000	0
0:30	0	17,9	18,2	19,9	20,2	41,9	22,1	54,1	0	0	0	5,4	21,2	21	20,2	0,000	0
0:40	0	11,4	11,2	40,9	41,7	41,7	22,3	53,8	1	0	0	5,3	48,6	15,5	10,5	0,000	0
0:50	0	9,8	8,8	48,1	51	41,5	22,1	53,6	1	0	0	5,3	80,2	13,7	9,4	0,000	0
1:00	0	9,8	8,7	47,7	50,7	40,9	21,8	53,5	1	0	0	5,1	77,1	21,4	12,1	0,000	0

1:10	0	13,6	9,7	43,8	46,2	40,8	21,8	53,5	0	0	0	5	65,5	26,8	15,8	0,000	0
1:20	0	15,6	10,5	40,7	42,5	40,9	21,8	53,4	0	0	0	4,9	59,6	25,2	16,9	0,000	0
1:30	0	16,1	11,3	38	39,4	41,1	21,9	53,4	0	0	0	4,7	54,4	24,2	17,5	0,000	0
1:40	0	16,4	12,1	35,7	36,9	40,9	21,9	53,3	0	0	0	4,8	50,2	23,4	18,2	0,000	0
1:50	0	16,5	12,6	33,5	34,7	40,6	21,9	53,2	0	0	0	4,9	46,6	22,8	18,6	0,000	0
2:00	0	16,6	13,3	31,8	33	40,6	21,9	53,1	0	0	0	4,8	43,7	22,5	19	0,000	0
2:10	0	16,6	13,7	30,2	31,4	40,7	21,9	52,9	0	0	0	4,7	41	22,3	19,3	0,000	0
2:20	0	16,7	14,2	28,9	30,1	40,5	21,9	52,7	0	0	0	4,9	38,7	22,1	19,6	0,000	0
2:30	0	16,8	14,6	27,7	29	40,4	21,9	52,6	0	0	0	5	36,7	22	19,8	0,000	0
2:40	0	16,8	14,9	26,6	27,9	40,3	21,8	52,6	0	0	0	4,7	34,9	21,9	19,8	0,000	0
2:50	0	16,8	15,2	25,7	27	40,3	21,8	52,4	0	0	0	4,9	33,3	21,8	19,9	0,000	0
3:00	0	16,8	15,5	24,9	26,1	40,2	21,8	52,4	0	0	0	4,8	31,9	21,7	20	0,000	0
3:10	0	16,8	15,7	24,2	25,4	40,3	21,7	52,1	0	0	0	4,5	30,6	21,5	20	0,000	0
3:20	0	16,8	15,9	23,6	24,7	40,2	21,7	52,1	0	0	0	4,6	29,5	21,5	20	0,000	0
3:30	0	16,8	16,1	23,1	24,1	40,2	21,7	52	0	0	0	4,8	28,6	21,4	20	0,000	0
3:40	0	16,8	16,2	22,5	23,6	40,1	21,6	52,1	0	0	0	4,8	27,8	21,3	20	0,000	0
3:50	0	16,8	16,3	22,1	23,1	40,2	21,5	51,9	0	0	0	5	27	21,2	20	0,000	0
4:00	0	16,8	16,4	21,7	22,6	40,1	21,5	51,7	0	0	0	4,9	26,2	21	20	0,000	0
4:10	0	16,8	16,5	21,4	22,2	40	21,5	51,4	0	0	0	4,7	25,6	20,9	20	0,000	0
4:20	0	16,8	16,6	21,1	21,9	40	21,5	51,4	0	0	0	4,7	25,1	20,9	20	0,000	0
4:30	0	16,8	16,7	20,9	21,6	39,9	21,4	50,9	0	0	0	4,7	24,5	20,8	20	0,000	0
4:40	0	16,8	16,8	20,7	21,3	39,7	21,4	51,4	0	0	0	4,8	24,1	20,7	20	0,000	0
4:50	0	14,4	14,3	27,5	28,1	39,7	21,4	51,5	1	0	0	4,7	30,4	18,4	16	0,000	0
5:00	0	9,8	8,7	43,9	46,8	39,7	21,2	50,7	1	0	0	4,8	67,9	13,8	9,1	0,000	0
5:10	0	9,5	8,4	46	49,3	39,4	21,1	50,9	1	0	0	4,5	82,4	13,5	9,1	0,000	0
5:20	0	9,2	8,1	47	50,3	39,2	21,1	50,9	1	0	0	4,6	86,3	13,2	8,9	0,000	0
5:30	0	9	7,9	47,9	51,1	39,1	21	50,8	1	0	0	4,6	88,4	12,9	8,8	0,000	0
5:40	0	8,7	7,7	48,6	51,8	39,6	20,9	50,8	1	0	0	4,8	89,8	12,7	8,6	0,000	0
5:50	0	8,8	7,8	48	51,1	39,9	20,9	50,6	1	0	0	4,8	80,4	19,7	11,4	0,000	0
6:00	0	12,9	8,8	44,2	46,6	40,5	21,2	50,5	0	0	0	4,7	67,1	26,4	15,1	0,000	0
6:10	0	14,8	9,7	41	42,8	40,5	21,4	50,4	0	0	0	4,6	61	24,7	16,2	0,000	0
6:20	0	15,6	10,6	38,3	39,8	40,5	21,7	49,7	0	0	0	4,7	55,7	23,7	17	0,000	0
6:30	0	15,8	11,3	35,8	37,2	40,3	21,9	49,3	0	0	0	4,5	51,2	23	17,7	0,000	0
6:40	0	12,2	9,8	33,5	35,9	40,1	22,1	49,5	1	0	0	4,5	52,2	17,5	13,4	0,000	0
6:50	0	8,4	7,2	38	41,4	40,1	22	49,6	1	0	0	4,5	68,9	12,4	8	0,000	0
7:00	0	8,1	7	40,1	43,5	39	21,9	49,6	1	0	0	4,5	76,5	12,1	7,8	0,000	0
7:10	0	7,9	6,8	40,6	44	38,3	21,8	49,7	1	0	0	4,7	78,6	11,8	7,5	0,000	0
7:20	0	7,5	6,4	41,5	44,8	37,5	21,6	49,5	1	0	0	4,5	79,9	11,4	7,2	0,000	0
7:30	0	7,3	6,3	41,8	45,2	37,5	21,6	49,6	1	0	0	4,5	81,2	11,4	7,2	0,000	0
7:40	0	7	6,1	41	44,4	37,5	21,7	49,7	1	0	0	4,9	80,9	11,2	7	0,000	0
7:50	0	6,9	5,9	41,3	44,6	37,6	21,7	49,6	1	0	0	5	80,8	10,9	6,8	0,000	0
8:00	0	6,6	5,7	41,8	45,1	37,6	21,6	49,6	1	0	0	4,9	81,4	10,6	6,6	0,000	0
8:10	0	6,2	5,2	41,8	45	37,4	21,3	49,2	1	0	0	5,8	81,7	10,2	6,2	0,000	0
8:20	0	5,9	5,1	42,2	45,4	37,4	21,3	49,2	1	0	0	4,7	82,4	10,1	6,2	0,000	0
8:30	0	5,8	5	42,8	45,9	37,5	21,4	49,2	1	0	0	5,3	83	10	6,1	0,000	0
8:40	0	5,6	4,9	43,6	46,7	37,6	21,4	49	1	0	0	5	84,1	9,9	6	0,000	0
8:50	0	5,4	4,7	43,6	46,7	37,9	21,4	48,8	1	0	0	4,7	84,8	9,7	5,9	0,000	0
9:00	0,6	5,2	4,5	43,7	46,8	37,9	21,4	48,7	1	0	0	5	85,2	9,5	5,7	0,000	0
9:10	8,4	5,1	4,5	44,6	47,6	10,2	8,9	48,7	1	0	1	5,4	85,7	9,4	5,7	0,001	5,4
9:20	14,9	5,1	4,5	45,4	48,3	9,6	9,3	48,7	1	0	0	5,8	87,2	9,4	5,7	0,002	0
9:30	19,5	5	4,4	46	48,9	11	11,3	48,7	1	0	0	5,8	88,1	9,2	5,6	0,003	0
9:40	16,4	4,8	4,2	46,4	49,2	11,6	9,7	48,6	1	0	1	5,9	88,9	9	5,4	0,003	5,9
9:50	35	4,6	4,1	46,3	49,2	9,1	8	48,4	1	0	1	5,8	89,2	8,7	5,2	0,006	5,8
10:00	36,9	4,6	4,1	46,5	49,4	9,4	8	48,4	1	0	1	6,1	89,6	8,7	5,2	0,006	6,1
10:10	35,7	5,1	4,6	47,1	50	9,7	8,4	48,4	1	0	1	6,3	90,2	9	5,5	0,006	6,3

10:20	22,4	4,6	4,1	46,8	49,6	9,1	7,8	48,3	1	0	1	6	90	8,5	5,1	0,004	6
10:30	26,8	4,4	3,9	46,7	49,6	8,7	7,6	48,2	1	0	1	5,8	90,2	8,5	5	0,004	5,8
10:40	69	4,3	3,8	46,7	49,6	9,3	7,6	48,1	1	0	1	6,1	90,6	8,4	5	0,011	6,1
10:50	36,9	4,3	3,8	47,1	49,9	9,5	7,9	48,2	1	0	1	6,1	91	8,4	5	0,006	6,1
11:00	12,2	4,2	3,8	47,4	50,2	8,9	7,7	48,1	1	0	1	5,9	91,6	8,4	5	0,002	5,9
11:10	23,5	4,2	3,8	47,7	50,5	8,6	7,5	48,1	1	0	1	6,1	91,9	8,4	5	0,004	6,1
11:20	32,5	4,1	3,7	47,8	50,6	8,6	7,5	48,1	1	0	1	5,7	92,2	8,3	4,9	0,005	5,7
11:30	19,6	4,1	3,7	48,2	51	8,7	7,6	48	1	0	1	5,9	92,6	8,2	4,9	0,003	5,9
11:40	33,4	4,1	3,7	48,6	51,3	8,7	7,6	48	1	0	1	5,8	93,1	8,2	4,9	0,005	5,8
11:50	39,4	4,1	3,7	48,9	51,6	9,1	7,8	48	1	0	1	6	93,5	8,2	4,8	0,006	6
12:00	64,2	4	3,6	49	51,8	9,5	7,9	48	1	0	1	6,1	93,9	8,2	4,8	0,010	6,1
12:10	80,1	4	3,7	49,3	52,1	10,3	8,1	47,9	1	0	1	6,1	94,4	8,2	4,8	0,013	6,1
12:20	83,5	4,1	3,8	49,6	52,4	10,7	8,4	47,9	1	0	1	6,5	94,8	8,2	4,9	0,013	6,5
12:30	147	4,3	4	49,4	52,1	12	8,8	47,8	1	0	1	7	89,4	11,9	6,6	0,024	7
12:40	213,1	7,9	5,2	45,9	48,2	15,1	10,7	47,9	0	0	1	7,6	70,7	25,3	11,3	0,034	7,6
12:50	206,3	5,5	5,2	48,1	50,4	19,2	11,6	47,8	1	0	1	7,4	78,8	10,7	7	0,033	7,4
13:00	205,2	5,7	5,2	49,5	52,2	20,3	12	47,8	1	0	1	7,3	90,4	9,9	6,3	0,033	7,3
13:10	202,4	7,3	6,2	47,9	50,5	20,5	13,1	47,6	0	0	1	7,8	76,6	22,1	11,2	0,032	7,8
13:20	127,5	11,4	7,6	44,8	46,6	17,1	13,1	47,5	0	0	1	7,6	67,6	24,1	13,5	0,020	7,6
13:30	104	7,6	7	48,5	51,2	15,6	12,1	47,7	1	0	1	7,6	80,9	11,9	8	0,017	7,6
13:40	103,6	7,7	7	49,3	52,3	14,9	11,8	47,6	1	0	1	7,6	90,3	11,8	7,9	0,017	7,6
13:50	55,6	9,6	7,7	47	49,7	14	12,1	47,6	0	0	1	7,3	72,3	25,7	13,6	0,009	7,3
14:00	15,6	10,3	8,2	46,4	48,6	13	11,9	47,5	1	0	1	7	71,8	18,6	11,7	0,002	7
14:10	21,8	8,2	7,5	48,9	51,9	12,4	11,4	47,5	1	0	1	6,8	86,4	12,4	8,3	0,003	6,8
14:20	25	8,2	7,5	48,8	51,8	12,1	11,2	47,5	1	0	1	6,6	85,3	16,2	10,1	0,004	6,6
14:30	50,4	11,7	8,4	45,4	47,9	12,3	11,6	47,4	0	0	1	6,3	68,9	27,4	14,7	0,008	6,3
14:40	60,8	8,5	8	47,6	50,1	13,4	11,7	47,4	1	0	1	6,9	77,8	13,4	9,4	0,010	6,9
14:50	44	8,4	7,6	48,9	51,9	13	11,6	47,4	1	0	1	6,6	88,8	12,6	8,5	0,007	6,6
15:00	29	8,5	7,6	48,7	51,8	12,5	11,4	47,4	1	0	1	6,4	86,2	15,8	10,1	0,005	6,4
15:10	9,6	11,6	8,5	45,4	47,8	12	11,6	47,4	0	0	1	6,3	69	27,5	14,8	0,002	6,3
15:20	16,2	8,9	8,1	47,2	49,7	11,9	11,4	47,3	1	0	1	6	76,6	14,1	9,7	0,003	6
15:30	37,9	8,4	7,7	48,8	51,8	12,3	11,3	47,3	1	0	1	6,4	88	12,6	8,5	0,006	6,4
15:40	11,3	8,3	7,5	49	52	12	11,1	47,1	1	0	1	6	90,6	12,7	8,7	0,002	6
15:50	0	10	7,3	44,8	47,2	10,1	10,2	47,2	0	0	1	9,1	66,9	25,8	12,2	0,000	9,1
16:00	0	9,2	6,6	44,3	46,4	9	9,1	47,1	1	0	1	7,9	70,2	13,6	7,1	0,000	7,9
16:10	0	9,1	8,2	49,1	51,9	10,9	13,4	47,1	1	0	1	5,8	87,6	12,5	8,5	0,000	5,8
16:20	0	8,5	7,8	49,3	52,3	11,5	21,7	47,3	1	0	0	5,5	90,2	12,3	8,6	0,000	0
16:30	0	8,3	7,6	48,9	51,7	12,4	22,2	47,4	1	0	0	5,3	81,7	18,8	10,9	0,000	0
16:40	0	12,5	8,5	45,1	47,4	13,2	22,4	47,7	0	0	0	5,3	68	26,4	14,6	0,000	0
16:50	0	14,6	9,2	41,9	43,5	15,1	22,2	47,7	0	0	0	5,5	61,6	24,7	15,6	0,000	0
17:00	0	15,3	10,1	39,2	40,4	23,7	22	47,7	0	0	0	5,3	56,4	24	16,7	0,000	0
17:10	0	15,7	10,9	36,9	37,9	32,5	21,9	47,7	0	0	0	5,5	52	23,5	17,6	0,000	0
17:20	0	14,8	11,1	35,8	36,8	34,8	21,8	47,5	0	0	0	5,5	49	21,8	17,1	0,000	0
17:30	0	7,8	7	44,7	47,3	36,4	21,7	47,3	1	0	0	5,3	70,3	12	8	0,000	0
17:40	0	7,5	6,8	46,7	49,7	37,5	21,7	47,3	1	0	0	5,3	84,4	11,7	7,8	0,000	0
17:50	0	7,2	6,6	46,9	49,9	38	21,7	47,1	1	0	0	5,3	88,3	11,4	7,6	0,000	0
18:00	0	7	6,3	47,6	50,5	38,1	21,7	47,1	1	0	0	5,2	89,4	11,1	7,4	0,000	0
18:10	0	6,7	6,1	47,7	50,7	38,8	21,6	47,1	1	0	0	5,2	90,6	10,9	7,2	0,000	0
18:20	0	6,5	5,9	48	50,9	39	21,7	47,1	1	0	0	5,2	91	10,7	7	0,000	0
18:30	0	6,2	5,7	48,2	51,2	39,5	21,6	47	1	0	0	5,1	91,7	10,5	6,8	0,000	0
18:40	0	6	5,4	47,7	50,6	39,7	21,7	47	1	0	0	5,1	91,3	10,2	6,6	0,000	0
18:50	0	5,7	5,2	47,5	50,4	39,8	21,7	46,9	1	0	0	5,2	91,1	10	6,4	0,000	0
19:00	0	5,5	5	47,6	50,5	40,3	21,8	46,9	1	0	0	5,3	91,3	9,8	6,2	0,000	0
19:10	0	5,3	4,8	47,6	50,5	40,5	21,9	46,7	1	0	0	5,1	91,3	9,6	6	0,000	0
19:20	0	5	4,5	47,7	50,5	40,3	21,9	46,7	1	0	0	5	91,2	9,3	5,8	0,000	0

19:30	0	4,8	4,4	47,9	50,7	40,4	22	46,4	1	0	0	5	91,5	9,1	5,6	0,000	0
19:40	0	4,7	4,3	47,7	50,5	40,5	22,1	46,5	1	0	0	5,3	91,8	9	5,5	0,000	0
19:50	0	4,5	4,2	47,9	50,7	40,6	22,2	46,9	1	0	0	5,1	92,2	8,7	5,3	0,000	0
20:00	0	4,4	4,1	48,3	51	40,8	22,2	47	1	0	0	5,2	92,6	8,6	5,3	0,000	0
20:10	0	4,2	3,8	48	50,8	40,8	22,2	46,9	1	0	0	5,1	92,7	8,4	5,1	0,000	0
20:20	0	4	3,6	47,4	50,2	40,7	22,3	46,8	1	0	0	5,1	92,6	8,2	4,9	0,000	0
20:30	0	3,8	3,4	47	49,8	40,6	22,4	46,8	1	0	0	5,1	92	8,1	4,7	0,000	0
20:40	0	3,6	3,3	46	48,9	40,5	22,6	46,8	1	0	0	5,1	91,1	7,9	4,5	0,000	0
20:50	0	3,4	3,1	45,6	48,3	40,1	22,6	46,8	1	0	0	5,1	90,3	7,7	4,4	0,000	0
21:00	0	3,2	2,9	46,4	49,1	39,7	22,5	46,7	1	0	0	5	90,6	7,5	4,2	0,000	0
21:10	0	3	2,8	46,7	49,4	39,6	22,5	46,7	1	0	0	5	91,3	7,3	4,1	0,000	0
21:20	0	2,9	2,6	47	49,7	39,7	22,4	46,5	1	0	0	5	91,8	7,1	3,9	0,000	0
21:30	0	2,7	2,5	47,2	49,8	39,6	22,3	46,3	1	0	0	5,2	92,1	7	3,8	0,000	0
21:40	0	2,5	2,3	47,4	50,1	39,4	22,2	46,4	1	0	0	5,2	92,6	6,8	3,6	0,000	0
21:50	0	2,4	2,1	47,7	50,3	39,7	22,1	46,2	1	0	0	5,3	93,1	6,7	3,5	0,000	0
22:00	0	2,2	1,9	47,9	50,5	39,6	22	46	1	0	0	5,2	93,5	6,5	3,3	0,000	0
22:10	0	2,1	1,8	48,2	50,7	39,8	22	46,1	1	0	0	5,4	93,9	6,4	3,2	0,000	0
22:20	0	1,9	1,6	48,3	50,9	40	21,8	46	1	0	0	5,3	94,5	6,2	3,1	0,000	0
22:30	0	1,7	1,5	48,6	51,1	39,8	21,8	45,9	1	0	0	5,2	95	6	2,9	0,000	0
22:40	0	2,3	2	47,2	49,6	40	21,8	45,8	1	0	0	5,3	80,8	16,6	6,5	0,000	0
22:50	0	6,3	3,6	43,5	45,2	40,1	21,7	46,1	0	0	0	5,2	68,9	22,6	9,5	0,000	0
23:00	0	9,5	4,9	40,5	41,8	40,2	21,7	46	0	0	0	5,2	62,6	22,1	11,2	0,000	0
23:10	0	10,4	6,1	37,8	39	40,3	21,7	46	0	0	0	5,3	57,2	21,8	12,4	0,000	0
23:20	0	11,3	7,2	35,6	36,6	40,1	21,7	45,9	0	0	0	5,4	52,6	21,4	13,4	0,000	0
23:30	0	11,9	8,2	33,6	34,7	40,1	21,6	45,8	0	0	0	5,4	48,8	21,2	14,4	0,000	0
0:20	0	12,4	9,1	31,8	32,9	39,8	21,5	45,8	0	0	0	5,3	45,5	20,9	15,1	0,000	0
0:30	0	12,8	9,9	30,3	31,4	39,9	21,5	45,8	0	0	0	5,2	42,6	20,8	15,7	0,000	0
0:40	0	13,2	10,6	28,9	30,1	39,9	21,4	45,7	0	0	0	5,9	40,2	20,8	16,2	0,000	0
0:50	0	13,5	11,2	27,7	29	39,8	21,4	45,7	0	0	0	6,1	38	20,7	16,7	0,000	0
1:00	0	12,7	11,2	27,8	28,8	39,8	21,3	45,5	0	0	0	6,1	36,2	19,8	16,3	0,000	0
1:10	0	2,3	2,2	44,7	46,5	39,7	21,4	45,6	1	0	0	6,2	62,1	6,5	3,4	0,000	0
1:20	0	2,3	2	46,8	49,2	39,7	21,3	45,6	1	0	0	5,9	84,2	6,4	3,1	0,000	0
1:30	0	2,2	1,9	47,4	49,9	39,3	21,2	45,5	1	0	0	5,3	90,7	6,3	3,1	0,000	0
1:40	0	1,9	1,7	47,9	50,4	39,3	21,1	45,4	1	0	0	5,2	92,9	6,1	2,9	0,000	0
1:50	0	1,7	1,4	48,2	50,7	39,7	20,9	45,3	1	0	0	5,1	94,1	5,9	2,8	0,000	0
2:00	0	2,1	1,9	47	49,3	39,5	20,9	45,2	1	0	0	5,2	80,9	15,8	6,3	0,000	0
2:10	0	5,7	3,3	43,1	44,9	39,8	20,9	45,1	0	0	0	5,1	68,5	22,4	9,4	0,000	0
2:20	0	9,1	4,8	40,3	41,6	40	21	45,3	0	0	0	5,5	62,2	21,6	11	0,000	0
2:30	0	10,2	6	37,7	38,7	40	21	45,2	0	0	0	5,6	56,8	21,4	12,2	0,000	0
2:40	0	11,1	7,1	35,4	36,3	40,1	21	45,1	0	0	0	5,6	52,4	21	13,3	0,000	0
2:50	0	11,6	8	33,3	34,2	39,8	20,9	45,1	0	0	0	6,2	48,5	20,8	14,1	0,000	0
3:00	0	12,2	8,9	31,6	32,6	39,7	20,9	44,7	0	0	0	6,1	45,2	20,6	14,8	0,000	0
3:10	0	12,5	9,6	30	31	39,4	20,9	44,9	0	0	0	5,7	42,4	20,6	15,5	0,000	0
3:20	0	12,9	10,3	28,6	29,7	39,5	20,8	44,8	0	0	0	5,7	39,9	20,4	16	0,000	0
3:30	0	13,1	10,8	27,3	28,5	39,4	20,8	44,8	0	0	0	6	37,6	20,4	16,4	0,000	0
3:40	0	13,3	11,3	26,2	27,4	39,3	20,7	44,7	0	0	0	5,5	35,5	20,2	16,7	0,000	0
3:50	0	13,6	11,9	25,3	26,5	39,3	20,8	44,6	0	0	0	5,4	33,9	20,2	17,1	0,000	0
4:00	0	13,7	12,2	24,4	25,6	39,2	20,7	44,8	0	0	0	5,4	32,3	20,1	17,2	0,000	0
4:10	0	13,9	12,6	23,7	24,8	39,2	20,7	44,7	0	0	0	5,4	30,9	20,1	17,4	0,000	0
4:20	0	14	12,9	22,9	24,1	39,1	20,5	44,7	0	0	0	5,2	29,6	20	17,6	0,000	0
4:30	0	14,2	13,2	22,4	23,5	39,1	20,5	44,7	0	0	0	5	28,6	19,9	17,7	0,000	0
4:40	0	14,4	13,6	22	23	39,1	20,6	44,7	0	0	0	5,5	27,7	19,9	17,9	0,000	0
4:50	0	9,1	9	30,2	30,9	39,1	20,6	44,7	1	0	0	5,5	34,6	14,2	12	0,000	0
5:00	0	2,6	2,3	44,4	46,6	39,1	20,6	44,6	1	0	0	5,9	69,7	6,8	3,2	0,000	0
5:10	0	2,5	2	45,8	48,3	38,9	20,4	44,5	1	0	0	5,6	84,9	6,6	3,3	0,000	0

5:20	0	2,3	1,9	46,5	49,1	38,8	20,4	44,6	1	0	0	5,5	89,6	6,4	3,2	0,000	0
5:30	0	2,2	1,9	47,1	49,7	38,8	20,3	44,6	1	0	0	5,8	91,6	6,3	3,1	0,000	0
5:40	0	2	1,7	47,5	50,1	39	20,2	44,6	1	0	0	5,4	92,7	6,1	2,9	0,000	0
5:50	0	1,7	1,5	47,9	50,4	39,1	20,1	44,5	1	0	0	5,2	93,7	5,9	2,9	0,000	0
6:00	0	2,1	1,8	46,8	49,2	39,5	20,2	44,6	1	0	0	5,3	81,5	15	6	0,000	0
6:10	0	5,3	3,2	42,9	44,7	39,5	20,2	44,6	0	0	0	5,4	68,3	22,3	9,3	0,000	0
6:20	0	8,9	4,6	40	41,3	39,7	20,6	44,5	0	0	0	5,2	61,8	21,3	10,8	0,000	0
6:30	0	10	5,8	37,3	38,5	39,5	20,8	43,6	0	0	0	6	56,3	21,1	12,1	0,000	0
6:40	0	10,8	6,9	35	36,1	39,4	20,9	43,1	0	0	0	5,7	51,8	20,8	13	0,000	0
6:50	0	11,5	7,9	33	34,1	39,4	21,2	43,5	0	0	0	6,1	47,9	20,6	13,9	0,000	0
7:00	0	11,8	8,7	31,1	32,3	39,2	21,1	43,5	0	0	0	6	44,6	20,4	14,6	0,000	0
7:10	0	12,3	9,5	29,6	30,8	39,3	21,3	43,3	0	0	0	5,6	41,8	20,3	15,3	0,000	0
7:20	0	12,6	10,2	28,2	29,5	39,1	21,3	42,9	0	0	0	5,6	39,3	20,2	15,8	0,000	0
7:30	0	12,8	10,7	27	28,2	38,7	21,2	43,4	0	0	0	5,9	37,1	20,1	16,2	0,000	0
7:40	0	13	11,2	25,8	27,1	38,7	21,1	43,5	0	0	0	6,1	34,8	19,8	16,3	0,000	0
7:50	0	13,3	11,7	25	26,2	38,7	21,2	43,5	0	0	0	6	33,3	19,9	16,7	0,000	0
8:00	0	13,6	12,2	24,2	25,5	38,4	21,2	43,6	0	0	0	6,1	31,9	20	17	0,000	0
8:10	0	8,6	8	23,8	25,7	38,2	21,1	43,6	1	0	0	6,2	33,6	14,3	11,1	0,000	0
8:20	0,2	2,1	1,5	31,3	34	37,4	20,7	43,6	1	0	0	6,4	55,5	6,4	2,5	0,000	0
8:30	6,1	2	1,3	35,5	38,3	35,7	20,3	43,6	1	0	0	6,2	69,4	6	2,4	0,001	0
8:40	35,6	1,9	1,2	36,9	39,8	34,3	20,1	43,6	1	0	0	6,4	74,8	5,7	2,3	0,006	0
8:50	42,4	2,4	1,9	35,4	38,1	33,9	19,7	43,5	0	0	0	6,7	63,4	14,8	6,2	0,007	0
9:00	20,3	3,4	2,9	32,4	34,7	21,3	17,3	43,4	0	0	1	7,3	54,2	18,2	7,9	0,003	7,3
9:10	28,1	6,3	5	31,5	33,4	12,8	10,4	43,3	0	0	1	6,6	50,3	18,9	10,1	0,004	6,6
9:20	29,6	8	5,9	29,8	31,4	10,2	8,5	43,3	0	0	1	6,8	46,4	19,2	11,2	0,005	6,8
9:30	35,9	8,9	6,8	28,4	29,7	9,9	8,2	43,3	0	0	1	6,7	43,1	19,7	12,2	0,006	6,7
9:40	9,9	9,7	7,6	27,2	28,3	8,9	7,9	43,3	0	0	1	6,7	40,3	19,7	13,1	0,002	6,7
9:50	14,5	4,5	4	30,9	33,1	8,5	7,1	43,1	1	0	1	6,6	49,3	10	5,9	0,002	6,6
10:00	33,7	3,3	2,7	34,3	37,3	8,1	6,5	43	1	0	1	6,6	66,9	7,4	3,7	0,005	6,6
10:10	79,8	3,2	2,6	35,3	38,3	8,6	6,5	43	1	0	1	6,7	72,6	7,2	3,6	0,013	6,7
10:20	23,3	3,1	2,5	36	39,1	8,7	6,7	43	1	0	1	6,6	74,7	7,1	3,5	0,004	6,6
10:30	29,5	3	2,5	36,8	39,9	7,8	6,4	42,9	1	0	1	6,5	76	7,1	3,6	0,005	6,5
10:40	46,6	3,2	2,7	37,6	40,6	8,2	6,5	42,9	1	0	1	6,5	76,8	7	3,6	0,007	6,5
10:50	62,6	2,9	2,4	37,8	40,8	8,3	6,4	42,7	1	0	1	6,4	77,3	6,8	3,4	0,010	6,4
11:00	63,7	2,8	2,3	38,3	41,2	8,6	6,5	42,7	1	0	1	6,4	78,3	6,8	3,4	0,010	6,4
11:10	83,9	2,8	2,3	38,9	41,8	9	6,5	42,7	1	0	1	6,5	79,2	6,8	3,4	0,013	6,5
11:20	46,2	2,8	2,3	39,4	42,3	8,7	6,6	42,6	1	0	1	6,5	79,7	6,8	3,4	0,007	6,5
11:30	49,3	3	2,6	39,9	42,8	8,8	6,7	42,6	1	0	1	6,6	80,4	6,9	3,5	0,008	6,6
11:40	34,5	2,8	2,3	40,2	43	8,1	6,4	42,6	1	0	1	6,4	81	6,8	3,4	0,006	6,4
11:50	110,7	2,8	2,3	40,6	43,5	8,6	6,4	42,6	1	0	1	6,6	81,5	6,7	3,4	0,018	6,6
12:00	261,1	2,8	2,3	40,8	43,6	12,8	7,4	42,5	1	0	1	7,3	81,8	6,8	3,4	0,042	7,3
12:10	302,9	3,1	2,6	41,2	44,1	19	9,6	42,4	1	0	1	7,9	82,2	7,1	3,7	0,048	7,9
12:20	265,5	3,7	3,1	41,6	44,6	21,2	10,8	42,5	1	0	1	8,1	82,7	7,6	4,1	0,042	8,1
12:30	257	4,3	3,7	41,8	44,8	19,1	10,8	42,3	1	0	1	8,3	82,8	8,3	4,7	0,041	8,3
12:40	380,3	4,8	4,2	42,2	45,2	23,6	11,6	42,3	1	0	1	8,7	83,2	8,8	5,1	0,061	8,7
12:50	411,4	5,9	5,2	42,7	45,8	30,8	14	42,3	1	0	1	8,9	83,4	9,9	6,1	0,066	8,9
13:00	416,7	7,4	6,5	43	46,2	32,8	15,2	42,3	1	0	1	9,4	83,6	11,4	7,3	0,067	9,4
13:10	337	8,8	7,8	43,5	46,8	32,5	16,5	42,2	1	0	1	9,5	83,8	12,9	8,6	0,054	9,5
13:20	274,8	9,8	8,7	43,9	47,2	27,2	16	42,3	1	0	1	9,6	83,5	13,9	9,4	0,044	9,6
13:30	434,9	10,6	9,4	44,2	47,6	29,8	16,5	42,3	1	0	1	10	83,8	14,7	10,1	0,070	10
13:40	417,9	11,8	10,5	44,6	48,1	35,7	18,7	42,2	1	0	1	10,1	83,8	15,9	11,1	0,067	10,1
13:50	379,6	12,9	11,5	44,7	48,3	35,8	19,7	41,9	1	0	1	10,3	83,5	16,9	12	0,061	10,3
14:00	334,7	14,1	12,5	45,2	48,9	35,2	20,4	42,3	1	0	1	10,4	83,1	18	12,9	0,054	10,4
14:10	348,8	15,4	13,8	45,8	49,7	35,5	21,2	43,2	1	0	1	10,2	83,6	19,2	14	0,056	10,2
14:20	333,9	16,2	14,5	45,9	49,8	35,6	21,9	43,9	1	0	1	10,2	83,5	20,1	14,8	0,053	10,2

14:30	302,3	17,1	15,3	46,6	50,6	35	22,6	44,8	1	0	1	10,1	83,8	21	15,5	0,048	10,1
14:40	310,1	17,9	16,1	46,7	50,8	34,6	23,1	45,5	1	0	1	10,2	84	21,8	16,2	0,050	10,2
14:50	262,2	18,6	16,7	47,4	51,5	33,6	23,4	46,1	1	0	1	11,2	84,6	22,5	16,6	0,042	11,2
15:00	251,9	19,1	17,1	47,8	51,9	31,9	23,5	46,6	1	0	1	10	85,6	22,9	16,7	0,040	10
15:10	231,5	19,5	17,5	48	52,1	31,9	23,8	47,1	1	0	1	9,4	86,1	23,3	16,8	0,037	9,4
15:20	207,5	20	17,9	48,7	52,8	31,1	23,9	47,5	1	0	1	9,2	87,1	23,7	16,8	0,033	9,2
15:30	197,4	20,2	18,2	48,9	53	29,3	23,8	47,1	1	0	1	9,1	85,5	25	17,8	0,032	9,1
15:40	210,2	21,7	18,4	45,9	49,3	28,7	24,3	47,4	0	0	1	9	68,6	34,7	24,1	0,034	9
15:50	171,1	22,3	18,9	45,2	48,3	27,6	24,3	47,5	1	0	1	8,9	69,2	29,3	21,7	0,027	8,9
16:00	125,3	20,9	18,8	48,1	52,2	25	23,5	47,4	1	0	1	8,5	81,6	26,3	18,1	0,020	8,5
16:10	60,3	22,4	18,9	45,3	48,8	22,7	22,9	47	0	0	1	8,3	67,7	34,7	24,6	0,010	8,3
16:20	0,8	21,4	19	46,8	50,4	21,7	22,4	46,8	1	0	1	8	75,9	26,4	18,9	0,000	8
16:30	0	20,6	18,4	47,6	51,5	21,1	24,2	47,1	1	0	1	8,1	76,4	29,9	20,2	0,000	8,1
16:40	0	22,9	18,6	44,2	47,3	21,2	26,2	47	0	0	0	7,2	66	33,6	24,7	0,000	0
16:50	0	23,9	18,8	41,5	43,8	21,7	26	46,9	0	0	0	7,3	60,8	31,9	25,2	0,000	0
17:00	0	24,1	19,1	39,2	40,9	23,8	25,8	46,9	0	0	0	6,4	56,1	30,6	25,4	0,000	0
17:10	0	23,8	19,3	37,1	38,4	30,7	25,6	46,8	0	0	0	6,1	52	29,4	25,4	0,000	0
17:20	0	23,6	19,5	35,2	36,4	35,7	25,5	46,6	0	0	0	6	48,5	28,6	25,3	0,000	0
17:30	0	23,3	19,7	33,5	34,7	36,4	25,3	46,6	0	0	0	5,6	45,6	27,8	25,3	0,000	0
17:40	0	23	19,8	32	33,1	37,4	25,2	46,4	0	0	0	5,8	43	27,2	25,2	0,000	0
17:50	0	22,8	20	30,8	31,9	38,4	25,1	46	0	0	0	5,9	40,8	26,8	25,1	0,000	0
18:00	0	22,4	20,1	30	31,1	38,8	25	46,2	0	0	0	6	38,9	26,4	25	0,000	0
18:10	0	20	17,8	43	46,7	39,1	24,9	46,3	1	0	0	5,9	66,2	23,7	15,5	0,000	0
18:20	0	19,3	17,2	46	50	39,2	24,7	46,3	1	0	0	7,4	82	23	15,2	0,000	0
18:30	0	18,6	16,6	47	50,9	39,1	24,3	46,3	1	0	0	6	86,6	22,3	14,3	0,000	0
18:40	0	18,3	16,5	47,6	51,6	39,6	24,6	46,3	1	0	0	5,9	84,9	23,1	16,2	0,000	0
18:50	0	19,9	16,7	45	48,5	40,1	24,5	46,1	0	0	0	5,1	67,7	33	22,2	0,000	0
19:00	0	22	17,2	42,1	44,8	40,4	24,5	45,7	0	0	0	5	62,8	31	23,4	0,000	0
19:10	0	22,4	17,6	39,6	41,7	40,7	24,5	45,8	0	0	0	5	57,7	29,7	23,8	0,000	0
19:20	0	22,4	18	37,4	39,3	40,8	24,5	45,6	0	0	0	5,5	53,5	28,6	24,1	0,000	0
19:30	0	22,4	18,4	35,4	37,1	40,9	24,4	45,7	0	0	0	5,4	49,8	27,8	24,2	0,000	0
19:40	0	22,1	18,6	33,7	35,3	40,7	24,3	45,9	0	0	0	5,6	46,7	27,1	24,3	0,000	0
19:50	0	21,9	18,8	32,2	33,7	40,6	24,3	45,9	0	0	0	5,8	44,1	26,5	24,2	0,000	0
20:00	0	21,8	19,1	31	32,4	40,6	24,3	45,9	0	0	0	5,8	41,9	26,1	24,2	0,000	0
20:10	0	21,7	19,3	29,9	31,3	40,5	24,3	45,8	0	0	0	5,8	39,9	25,9	24,2	0,000	0
20:20	0	21,5	19,5	28,9	30,2	40,4	24,2	45,3	0	0	0	6	38,1	25,7	24,1	0,000	0
20:30	0	21,4	19,6	28	29,4	40,2	24,2	45,2	0	0	0	6	36,6	25,5	24,1	0,000	0
20:40	0	21,3	19,7	27,2	28,5	40,2	24,1	45,2	0	0	0	6,1	35,1	25,3	24	0,000	0
20:50	0	19,4	17,7	32,7	35,1	40,1	24,1	45,2	1	0	0	6,2	44,1	23,4	18,7	0,000	0
21:00	0	17,6	15,6	42,5	46,5	40	23,9	45,2	1	0	0	6,2	73	21,4	14,9	0,000	0
21:10	0	17	15,2	44,1	48,2	39,6	23,9	45,1	1	0	0	6,3	80	20,9	15,1	0,000	0
21:20	0	16,6	14,8	44,8	48,8	39,1	23,9	45,3	1	0	0	6,3	81,6	20,3	14,9	0,000	0
21:30	0	16	14,3	45,2	49,1	38,7	23,8	45,3	1	0	0	6,3	81,9	19,8	14,8	0,000	0
21:40	0	15,5	13,8	45,6	49,4	38,3	23,7	45,2	1	0	0	6,4	82,4	19,3	14,5	0,000	0
21:50	0	15	13,4	46	49,7	38,2	23,6	45,1	1	0	0	6,4	83	18,9	14,2	0,000	0
22:00	0	14,6	13	46,4	50,1	38,4	23,6	44,9	1	0	0	6,4	83,7	18,5	13,9	0,000	0
22:10	0	14,1	12,7	46,9	50,4	38,6	23,5	45	1	0	0	6,5	84,3	18,1	13,6	0,000	0
22:20	0	13,8	12,4	47,3	50,8	38,8	23,5	44,8	1	0	0	6,3	85,1	17,7	13,3	0,000	0
22:30	0	13,5	12,2	47,7	51,2	39,1	23,5	44,9	1	0	0	6,2	86	17,4	13	0,000	0
22:40	0	13,2	12	48,1	51,6	39,5	23,5	44,8	1	0	0	6,4	86,8	17,1	12,8	0,000	0
22:50	0	12,9	11,7	48,5	52	39,6	23,5	44,7	1	0	0	6,3	87,4	16,8	12,5	0,000	0
23:00	0	12,5	11,4	48,8	52,2	39,9	23,4	44,6	1	0	0	6,3	88,1	16,4	12,2	0,000	0
23:10	0	12,2	11,1	49,2	52,5	40	23,5	44,6	1	0	0	6,3	88,7	16,1	11,9	0,000	0
23:20	0	12	10,9	49,5	52,8	40,4	23,5	44,6	1	0	0	6,5	89,5	15,9	11,7	0,000	0
23:30	0	13,2	11,3	47,6	50,6	40,6	23,5	44,6	0	0	0	6,7	73,8	27,5	16,2	0,000	0

23:40	0	16,9	12,1	44,1	46,4	40,7	23,4	44,5	0	0	0	6,6	66,5	28	18,3	0,000	0
0:00	0	18,1	12,9	41,3	43,1	40,9	23,4	44,5	0	0	0	6,5	60,7	26,8	19,3	0,000	0
0:10	0	18,6	13,7	38,9	40,4	40,8	23,4	44,5	0	0	0	6,6	56	26	20,1	0,000	0
0:20	0	18,8	14,5	36,7	38,1	40,9	23,5	44,4	0	0	0	6,7	52,1	25,4	20,7	0,000	0
0:30	0	18,9	15,1	34,8	36,2	40,7	23,4	44,4	0	0	0	6,7	48,8	24,9	21	0,000	0
0:40	0	19	15,6	33,2	34,5	40,7	23,4	44,3	0	0	0	6,6	45,8	24,5	21,4	0,000	0
0:50	0	19,1	16,1	31,8	33,2	40,7	23,4	44,3	0	0	0	6,8	43,4	24,3	21,7	0,000	0
1:00	0	19,2	16,6	30,6	32	40,8	23,4	44,2	0	0	0	6,9	41,4	24,2	21,9	0,000	0
1:10	0	19,3	17	29,5	30,9	40,6	23,4	44,1	0	0	0	6,9	39,4	24,2	22,1	0,000	0
1:20	0	19,3	17,4	28,5	29,9	40,5	23,3	44,1	0	0	0	6,9	37,8	24,2	22,2	0,000	0
1:30	0	19,3	17,7	27,7	29,1	40,6	23,3	44	0	0	0	6,9	36,2	24,1	22,2	0,000	0
1:40	0	19,4	18	27	28,4	40,7	23,3	43,9	0	0	0	6,8	34,9	24	22,3	0,000	0
1:50	0	19,5	18,3	26,3	27,7	40,5	23,3	44	0	0	0	6,9	33,7	24	22,4	0,000	0
2:00	0	19,5	18,5	25,8	27,1	40,4	23,3	43,8	0	0	0	6,8	32,7	23,9	22,4	0,000	0
2:10	0	19,4	18,5	25,1	26,3	40,3	23,1	43,8	0	0	0	6,7	31,7	23,8	22,4	0,000	0
2:20	0	19,3	18,6	24,6	25,7	40,2	23,1	43,7	0	0	0	6,6	30,7	23,6	22,3	0,000	0
2:30	0	19,2	18,7	24,2	25,2	40,2	23	43,7	0	0	0	6,5	29,9	23,5	22,2	0,000	0
2:40	0	19,5	19	24	25	40,3	23,1	43,6	0	0	0	6,5	29,3	23,5	22,3	0,000	0
2:50	0	19,4	19,1	23,6	24,5	40,2	23,1	43,5	0	0	0	6,5	28,7	23,4	22,3	0,000	0
3:00	0	15,2	14,7	35,4	36,6	40,4	23,1	43,5	1	0	0	6,4	43	19,3	15,7	0,000	0
3:10	0	12,1	10,9	46,3	49,4	40,1	22,9	43,5	1	0	0	6,2	76,1	16	11,4	0,000	0
3:20	0	11,7	10,6	47,4	50,7	39,9	22,8	43,5	1	0	0	6,1	84,8	15,6	11,3	0,000	0
3:30	0	11,4	10,3	48,3	51,5	40	22,8	43,5	1	0	0	6,1	87,3	15,3	11,1	0,000	0
3:40	0	11,1	10	48,9	52,1	40	22,8	43,4	1	0	0	6	88,8	15	10,8	0,000	0
3:50	0	10,9	9,8	49,4	52,6	40,4	22,8	43,4	1	0	0	6,1	89,8	14,8	10,6	0,000	0
4:00	0	11	9,9	48,5	51,6	40,6	22,8	43,4	1	0	0	6	80,1	21,7	13,5	0,000	0
4:10	0	14,9	10,8	44,8	47,2	40,8	22,8	43,4	0	0	0	5,9	67,9	27,8	16,8	0,000	0
4:20	0	16,7	11,8	41,9	43,7	40,8	22,8	43	0	0	0	5,8	62,2	26,4	18	0,000	0
4:30	0	17,5	12,6	39,3	40,8	40,9	22,9	43,2	0	0	0	5,6	57,2	25,5	18,9	0,000	0
4:40	0	17,8	13,3	37	38,4	40,8	22,8	43,2	0	0	0	5,6	52,9	24,9	19,5	0,000	0
4:50	0	17,9	13,9	35	36,3	40,6	22,8	42,2	0	0	0	5,6	49,4	24,4	20	0,000	0
5:00	0	18	14,5	33,2	34,6	40,5	22,8	42,8	0	0	0	5,6	46,4	23,9	20,4	0,000	0
5:10	0	18,1	15	31,7	33	40,4	22,8	43,1	0	0	0	5,4	43,7	23,6	20,7	0,000	0
5:20	0	18,2	15,5	30,3	31,7	40,4	22,8	43,1	0	0	0	5,3	41,4	23,5	20,9	0,000	0
5:30	0	18,2	15,9	29,1	30,6	40,4	22,7	43,1	0	0	0	5,2	39,4	23,4	21,2	0,000	0
5:40	0	18,3	16,3	28,1	29,6	40,4	22,7	43,1	0	0	0	5,3	37,6	23,3	21,3	0,000	0
5:50	0	18,3	16,6	27,2	28,6	40,3	22,6	43,3	0	0	0	5,2	35,9	23,2	21,4	0,000	0
6:00	0	18,3	16,8	26,3	27,8	40,2	22,7	43,3	0	0	0	5,2	34,4	23,1	21,4	0,000	0
6:10	0	18,3	17,1	25,7	27,1	40,2	22,9	43,1	0	0	0	5,4	33,1	23,1	21,5	0,000	0
6:20	0	18,1	17,2	25,4	26,6	40,1	22,9	43	0	0	0	5,3	32	22,8	21,4	0,000	0
6:30	0	10,9	9,8	40,8	43,3	40	23	42,7	1	0	0	5,5	58,7	14,8	10,2	0,000	0
6:40	0	10,5	9,4	43,8	47,1	39,8	22,9	42,6	1	0	0	5,5	77,6	14,5	10,1	0,000	0
6:50	0	10,3	9,2	44,6	48	39,5	22,8	42,6	1	0	0	5,5	82,4	14,2	9,9	0,000	0
7:00	0	10	8,9	45,2	48,5	39,2	22,8	42,6	1	0	0	5,5	84	13,9	9,7	0,000	0
7:10	0	9,7	8,7	45,6	48,9	39	22,7	42,5	1	0	0	5,5	84,9	13,6	9,5	0,000	0
7:20	0	9,4	8,4	46,1	49,3	39,2	22,6	42,5	1	0	0	5,7	85,6	13,4	9,3	0,000	0
7:30	0	9,1	8,2	46,3	49,5	39,2	22,6	42,4	1	0	0	6,2	86	13,1	9,1	0,000	0
7:40	0,1	8,9	8	46,4	49,7	39,3	22,6	42,4	1	0	0	6,1	86,8	12,9	8,9	0,000	0
7:50	0,1	8,6	7,7	46,6	49,8	39,5	22,6	42,4	1	0	0	6	87,3	12,6	8,7	0,000	0
8:00	8,7	8,4	7,5	46,9	50,1	39,7	22,5	42,3	1	0	0	6,1	87,6	12,4	8,5	0,001	0
8:10	14	8,2	7,2	47,3	50,3	38,8	21,4	42,2	1	0	0	6,3	88	12,1	8,3	0,002	0
8:20	7,2	7,9	6,6	47,5	50,5	37,8	19,2	42,3	1	0	0	6,3	88,4	11,9	8	0,001	0
8:30	17	7,7	6,4	47	50	38,7	19,7	42,4	1	0	0	6,3	88,8	11,6	7,8	0,003	0
8:40	31	7,4	6,2	46,6	49,5	38,9	20,2	42,4	1	0	0	6,3	88,3	11,4	7,6	0,005	0
8:50	32,1	7,2	6	46,8	49,8	39,1	20,5	42,4	1	0	0	6,4	88,4	11,2	7,4	0,005	0

9:00	36,4	6,9	5,8	47	49,9	39,3	20,8	42,4	1	0	0	6,4	88,7	11	7,2	0,006	0
9:10	16,8	7	5,8	47	49,9	17,6	12,5	41,6	1	0	1	6,4	89	11	7,2	0,003	6,4
9:20	14,4	7,1	5,8	47	49,9	10,8	10,1	41,1	1	0	1	6,5	89	11	7,2	0,002	6,5
9:30	13,4	7,1	5,8	47,1	50	10,4	9,9	40,9	1	0	1	6,4	89,2	11,1	7,3	0,002	6,4
9:40	27,3	7,1	5,8	47,2	50,1	10,3	9,7	41,2	1	0	1	6,6	89,3	11,1	7,3	0,004	6,6
9:50	27,3	7,1	5,8	47,1	50	10,7	9,9	41,3	1	0	1	6,6	89,3	11,1	7,3	0,004	6,6
10:00	35,3	7,1	5,8	47,3	50,1	10,9	9,9	41,5	1	0	1	6,5	89,3	11	7,2	0,006	6,5
10:10	16,2	7,1	5,8	47,5	50,4	10,7	9,9	42,2	1	0	1	6,4	89,4	11	7,2	0,003	6,4
10:20	26,5	7	5,7	47,4	50,3	10,3	9,7	42,5	1	0	1	6,3	89,5	10,9	7,1	0,004	6,3
10:30	75	6,9	5,7	47,4	50,3	11	9,8	42,5	1	0	1	6,3	89,7	10,8	7,1	0,012	6,3
10:40	73,1	6,9	5,7	47,8	50,6	11,8	10,1	42,3	1	0	1	6,5	89,9	10,8	7	0,012	6,5
10:50	85,9	6,8	5,6	47,6	50,4	11,9	10,1	42,3	1	0	1	6,5	90,1	10,6	6,9	0,014	6,5
11:00	102,9	6,8	5,6	47,6	50,5	12,6	10,3	42,2	1	0	1	6,6	90,3	10,7	6,9	0,016	6,6
11:10	79,6	6,8	5,6	47,9	50,8	12,7	10,5	42,2	1	0	1	6,6	90,4	10,7	6,9	0,013	6,6
11:20	76,6	6,8	5,6	47,8	50,6	12,1	10,3	42,1	1	0	1	6,6	90,4	10,8	7	0,012	6,6
11:30	56,8	6,8	5,6	47,8	50,7	11,7	10,2	42,1	1	0	1	6,7	90,6	10,8	7	0,009	6,7
11:40	28,6	6,8	5,6	48	50,9	11,1	10	42,3	1	0	1	6,5	90,6	10,7	6,9	0,005	6,5
11:50	18,9	6,7	5,4	48	50,7	10,3	9,6	42,3	1	0	1	6,7	90,3	10,5	6,7	0,003	6,7
12:00	6,2	6,1	4,8	47,4	50,2	9,5	9,1	42,3	1	0	1	6,4	89,7	9,9	6,1	0,001	6,4
12:10	10,5	6,3	5,2	48,1	50,9	9,7	9,3	41,9	1	0	1	6,5	90,4	10,3	6,6	0,002	6,5
12:20	2,1	6,4	5,2	48,1	50,8	9,7	9,4	41,9	1	0	1	6,7	90,6	10,3	6,6	0,000	6,7
12:30	3	6,3	5,2	48,2	51	9,4	9,1	41,9	1	0	1	6,5	90,9	10,2	6,5	0,000	6,5
12:40	20,5	6,1	5	48,3	51,1	9,5	9	41,9	1	0	1	6,5	91	10	6,3	0,003	6,5
12:50	2,4	5,9	4,8	48,4	51,2	9,4	9,1	41,8	1	0	1	6,4	91,2	9,9	6,3	0,000	6,4
13:00	6,8	5,8	4,7	48,6	51,3	9,4	9,1	41,9	1	0	1	6,2	91,5	9,8	6,2	0,001	6,2
13:10	0	5,7	4,7	48,7	51,4	9,2	9,2	41,9	1	0	1	6,1	91,7	9,7	6,2	0,000	6,1
13:20	0	5,6	4,6	48,8	51,5	9,2	18,6	41,9	1	0	1	6,1	92	9,6	6,1	0,000	6,1
13:30	0	5,4	4,5	49,4	52,1	10,2	24,3	41,9	1	0	0	6,1	92,6	9,5	6	0,000	0
13:40	0	5,2	4,4	49,9	52,5	11,3	24,8	41,9	1	0	0	5,9	93,5	9,2	5,8	0,000	0
13:50	0	4,6	3,7	49,8	52,4	11,7	24,4	41,9	1	0	0	6	93,7	8,6	5,1	0,000	0
14:00	0	5,4	4,4	48,7	51,2	12,8	24,5	41,9	1	0	0	5,8	80,9	19	9	0,000	0
14:10	0,1	10,6	6	45,1	46,9	13,9	24,3	41,9	0	0	0	5,9	68,8	24,9	12,2	0,000	0
14:20	6,6	12,7	7,3	42,1	43,4	17,6	24	41,9	0	0	0	5,9	62,7	24,2	13,7	0,001	0
14:30	17	13,7	8,4	39,5	40,4	25,8	23,7	42	0	0	0	6,1	57,3	23,7	14,9	0,003	0
14:40	2	14,4	9,4	37,1	38	33	23,4	42,1	0	0	0	6,3	53	23,5	16	0,000	0
14:50	9,8	14,8	10,2	35	35,9	35,3	23,2	41,9	0	0	0	6,4	49,3	23,3	16,9	0,002	0
15:00	17,8	14,7	10,5	32,5	33,5	36,6	22,5	41,8	0	0	0	7	45,2	22,3	16,8	0,003	0
15:10	2,5	15,1	11,5	31,2	32,3	38,5	22,6	41,8	0	0	0	6,1	42,9	22,4	17,8	0,000	0
15:20	0,1	15,5	12,4	30,1	31,3	39,3	22,6	41,6	0	0	0	6,1	40,9	22,7	18,5	0,000	0
15:30	0	15,7	13	28,9	30,2	39,7	22,4	41,6	0	0	0	6,2	38,8	22,7	18,9	0,000	0
15:40	0	16	13,6	28	29,3	39,9	22,4	41,6	0	0	0	6,2	37,1	22,7	19,2	0,000	0
15:50	0	16,2	14,1	27,1	28,5	40,2	22,3	41,8	0	0	0	6	35,5	22,7	19,5	0,000	0
16:00	0	16,4	14,5	26,3	27,7	40,5	22,2	41,9	0	0	0	6,2	34,1	22,7	19,8	0,000	0
16:10	0	16,5	14,9	25,7	27	40,4	22,2	42,1	0	0	0	6,2	32,8	22,6	20	0,000	0
16:20	0	16,7	15,3	25,1	26,4	40,5	22,2	42,1	0	0	0	6,2	31,7	22,6	20,1	0,000	0
16:30	0	16,8	15,6	24,7	25,9	40,6	22,3	42	0	0	0	6,2	30,7	22,6	20,3	0,000	0
16:40	0	17	15,9	24,1	25,3	40,6	22,3	42	0	0	0	6,3	29,8	22,5	20,4	0,000	0
16:50	0	17,1	16,2	23,8	24,8	40,8	22,4	40,6	0	0	0	6,2	29	22,4	20,5	0,000	0
17:00	0	17,1	16,4	23,4	24,3	40,6	22,4	41,2	0	0	0	6,1	28,3	22,4	20,6	0,000	0
17:10	0	13,4	13,2	28,2	28,9	40,5	22,4	40,5	1	0	0	6,2	32	18,6	16,5	0,000	0
17:20	0	5,4	4,5	43,2	45,4	40,6	22,5	41,1	1	0	0	6,1	65,5	9,6	5,6	0,000	0
17:30	0	5,3	4,3	45,6	48,2	40,2	22,5	40,9	1	0	0	6	82	9,3	5,6	0,000	0
17:40	0	5,2	4,2	46,4	49,1	40	22,4	41	1	0	0	6	87,2	9,2	5,6	0,000	0
17:50	0	5	4,1	46,8	49,5	39,9	22,4	41	1	0	0	6	88,8	9	5,5	0,000	0
18:00	0	4,9	4	47,7	50,3	40,2	22,4	41	1	0	0	5,8	90,2	8,9	5,4	0,000	0

18:10	0	4,7	3,9	47,9	50,6	40,4	22,4	41	1	0	0	6	91,3	8,7	5,3	0,000	0
18:20	0	4,5	3,8	48,6	51,2	40,6	22,4	40,9	1	0	0	6,2	92,4	8,7	5,2	0,000	0
18:30	0	4,4	3,7	48,8	51,5	40,9	22,4	40,9	1	0	0	6,1	93,3	8,5	5,1	0,000	0
18:40	0	4,2	3,5	48,9	51,5	41	22,5	40,9	1	0	0	6,1	93,7	8,4	5	0,000	0
18:50	0	4	3,4	49,3	51,9	41,2	22,5	40,9	1	0	0	6,1	94,1	8,2	4,8	0,000	0
19:00	0	3,9	3,2	49,4	51,9	41,2	22,5	41	1	0	0	6,2	94,5	8	4,7	0,000	0
19:10	0	3,7	3,1	49,4	52	41,2	22,6	41,2	1	0	0	6,3	94,5	7,8	4,5	0,000	0
19:20	0	3,5	2,9	49,6	52,1	41,2	22,6	41,3	1	0	0	6,4	92,8	8,8	5	0,000	0
19:30	0	6,3	4,3	46,6	48,8	41,5	22,7	41,3	0	0	0	6,4	71,9	25,2	10	0,000	0
19:40	0	10,8	5,9	43,5	45	41,6	22,8	41,4	0	0	0	6,3	66,1	24	11,8	0,000	0
19:50	0	12,2	7,3	40,7	41,8	41,8	22,9	41,2	0	0	0	6,2	60,2	23,8	13,3	0,000	0
20:00	0	13,1	8,5	38,3	39,2	41,8	23	41,3	0	0	0	6,2	55,4	23,5	14,5	0,000	0
20:10	0	13,8	9,5	36,1	37	41,7	23,1	41,3	0	0	0	6,1	51,4	23,2	15,5	0,000	0
20:20	0	14,2	10,4	34,2	35,1	41,5	23,1	41,3	0	0	0	6,1	48	23	16,3	0,000	0
20:30	0	14,6	11,3	32,6	33,5	41,5	23,1	41,2	0	0	0	6,6	45	22,8	17	0,000	0
20:40	0	14,9	12	31,2	32,2	41,4	23,2	41,2	0	0	0	6,5	42,4	22,7	17,6	0,000	0
20:50	0	15,2	12,6	29,9	31	41,4	23,2	41,2	0	0	0	5,8	40,2	22,6	18,1	0,000	0
21:00	0	15,5	13,2	28,8	30	41,2	23,2	41,2	0	0	0	6	38,2	22,5	18,5	0,000	0
21:10	0	15,7	13,7	27,8	29	41,3	23,1	41,2	0	0	0	6,2	36,4	22,5	18,9	0,000	0
21:20	0	15,9	14,2	26,9	28,1	41	23,1	41	0	0	0	6,1	34,8	22,4	19,2	0,000	0
21:30	0	16,1	14,6	26,2	27,4	40,9	22,9	40,9	0	0	0	5,9	33,4	22,3	19,4	0,000	0
21:40	0	16,2	14,9	25,5	26,6	41	22,9	40,4	0	0	0	6	32,1	22,2	19,6	0,000	0
21:50	0	16,4	15,3	24,9	26	40,9	22,9	40,3	0	0	0	6	31,2	22,2	19,8	0,000	0
22:00	0	16,7	15,7	24,5	25,5	40,8	22,9	40,2	0	0	0	6,1	30,3	22,3	20	0,000	0
22:10	0	16,7	15,8	23,9	24,9	40,6	22,7	40,2	0	0	0	5,9	29,3	22,1	20,1	0,000	0
22:20	0	16,8	16,1	23,5	24,4	40,5	22,7	40,2	0	0	0	6	28,5	22	20,2	0,000	0
22:30	0	17	16,4	23,2	24,1	40,7	22,7	40,2	0	0	0	6	28	22,1	20,4	0,000	0
22:40	0	16,3	16,1	23,7	24,3	40,6	22,6	40	0	0	0	5,9	27,6	21,5	19,9	0,000	0
22:50	0	4,5	4	42,2	44	40,5	22,5	40,1	1	0	0	6	57,8	8,7	5	0,000	0
23:00	0	4,5	3,7	45,5	48,1	40,3	22,3	40	1	0	0	5,8	80,7	8,4	4,8	0,000	0
23:10	0	4,4	3,6	46,6	49,2	39,9	22,2	40	1	0	0	5,6	88,1	8,3	4,7	0,000	0
23:20	0	4,3	3,5	47,5	50,1	40	22,1	39,8	1	0	0	5,5	90,9	8,2	4,7	0,000	0
23:30	0	4,1	3,3	48,1	50,7	40,1	21,9	39,8	1	0	0	5,4	92,5	8,1	4,7	0,000	0
0:00	0	4	3,2	48,8	51,4	40,5	21,8	39,7	1	0	0	5,2	93,8	8	4,6	0,000	0
0:10	0	3,7	3	49,3	51,9	40,5	21,7	39,7	1	0	0	5,1	94,8	7,8	4,4	0,000	0
0:20	0	4,8	3,7	47,3	49,6	40,9	21,6	39,8	0	0	0	5,1	76,9	20,9	8,9	0,000	0
0:30	0	9,6	5,2	43,6	45,3	41,1	21,7	39,8	0	0	0	5	67,9	23,5	11,2	0,000	0
0:40	0	11,4	6,5	40,7	42	41,3	21,8	39,8	0	0	0	5	61,7	22,8	12,6	0,000	0
0:50	0	12,4	7,7	38,1	39,2	41,2	21,8	39,7	0	0	0	4,9	56,4	22,4	13,8	0,000	0
1:00	0	13	8,7	35,7	36,8	41,1	21,8	39,6	0	0	0	4,6	51,9	21,9	14,7	0,000	0
1:10	0	13,4	9,6	33,7	34,8	41,3	21,8	39,6	0	0	0	4,4	48,1	21,6	15,5	0,000	0
1:20	0	13,8	10,4	31,9	33,1	41,1	21,8	39,6	0	0	0	4,4	45	21,4	16,1	0,000	0
1:30	0	14,1	11,2	30,4	31,6	41	21,8	39,6	0	0	0	4,3	42,2	21,2	16,6	0,000	0
1:40	0	14,4	11,8	29,1	30,4	41	21,8	39,5	0	0	0	4,3	39,8	21,1	17,1	0,000	0
1:50	0	14,6	12,3	27,8	29,2	41	21,8	39,5	0	0	0	4,2	37,6	21	17,5	0,000	0
2:00	0	14,8	12,9	26,8	28,1	40,8	21,7	39,5	0	0	0	4,2	35,7	20,9	17,8	0,000	0
2:10	0	15	13,3	25,8	27,2	40,6	21,7	39,4	0	0	0	4,1	34	20,8	18	0,000	0
2:20	0	15,1	13,7	25	26,4	40,6	21,6	39,4	0	0	0	4,2	32,5	20,8	18,3	0,000	0
2:30	0	15,3	14,1	24,3	25,6	40,5	21,6	39,4	0	0	0	4,2	31,2	20,8	18,5	0,000	0
2:40	0	15,4	14,4	23,7	24,9	40,5	21,5	39,4	0	0	0	4,2	30	20,7	18,6	0,000	0
2:50	0	15,5	14,7	23,1	24,3	40,5	21,4	39,3	0	0	0	4,2	28,9	20,7	18,7	0,000	0
3:00	0	15,5	14,9	22,6	23,6	40,4	21,4	39,3	0	0	0	4,2	28,1	20,6	18,8	0,000	0
3:10	0	15,7	15,1	22,2	23,2	40,3	21,4	39,3	0	0	0	4,2	27,4	20,7	19,1	0,000	0
3:20	0	15,7	15,3	21,7	22,7	40,4	21,3	39,2	0	0	0	4,3	26,6	20,6	19,1	0,000	0
3:30	0	15,7	15,4	21,3	22,2	40,2	21,2	39,2	0	0	0	4	25,8	20,4	19,1	0,000	0

3:40	0	15,8	15,6	21	21,8	40,1	21,2	39,4	0	0	0	4,1	25,3	20,4	19,2	0,000	0
3:50	0	8,3	8,3	34,6	35,3	40,1	21,1	39,3	1	0	0	4,2	40	12,9	10,2	0,000	0
4:00	0	4,5	3,5	45,6	47,9	40,2	21,1	39,2	1	0	0	4,1	74,2	8,4	4,6	0,000	0
4:10	0	4,4	3,4	46,7	49,3	39,8	20,9	39,2	1	0	0	4,2	86,1	8,3	4,6	0,000	0
4:20	0	4,2	3,2	47,6	50,2	39,5	20,7	39,1	1	0	0	4,2	89,9	8,2	4,6	0,000	0
4:30	0	4,1	3,2	48,3	50,9	39,7	20,6	39,1	1	0	0	4,1	91,8	8,1	4,5	0,000	0
4:40	0	4	3	48,9	51,5	39,9	20,5	39,2	1	0	0	4,2	93,1	8	4,4	0,000	0
4:50	0	4	3,1	49	51,5	40,2	20,5	39,1	1	0	0	4,1	88,1	11,9	6	0,000	0
5:00	0	7,1	4,3	45,3	47,3	40,5	20,5	39	0	0	0	4,1	70,3	24,2	10,3	0,000	0
5:10	0	10,6	5,6	41,9	43,3	40,8	20,5	38,9	0	0	0	4,1	64,1	22,5	11,8	0,000	0
5:20	0	11,7	6,8	39	40,1	40,9	20,6	39	0	0	0	4	58,2	21,8	13	0,000	0
5:30	0	12,4	7,8	36,4	37,4	40,8	20,6	39	0	0	0	4	53,4	21,3	13,9	0,000	0
5:40	0	12,8	8,7	34,1	35,1	40,8	20,6	39,1	0	0	0	4	49,3	21	14,7	0,000	0
5:50	0	13,1	9,5	32,1	33,2	40,7	20,6	39,1	0	0	0	3,9	45,8	20,7	15,3	0,000	0
6:00	0	13,5	10,4	30,5	31,7	40,8	20,9	39,2	0	0	0	3,8	42,8	20,6	15,9	0,000	0
6:10	0	13,8	11,1	29,1	30,4	40,7	21,2	38,8	0	0	0	3,8	40,2	20,6	16,4	0,000	0
6:20	0	14	11,6	27,8	29,1	40,5	21,3	38,8	0	0	0	3,8	38	20,5	16,9	0,000	0
6:30	0	14,2	12,2	26,7	28,1	40,5	21,4	38,8	0	0	0	3,7	36	20,5	17,2	0,000	0
6:40	0	7,9	7	32,3	34	40,2	21,4	38,7	1	0	0	3,7	43,1	13	9,5	0,000	0
6:50	0	4,2	3,1	41,2	43,7	40,2	21,3	38,6	1	0	0	3,6	69,9	8,2	4,3	0,000	0
7:00	0	4	2,9	42,9	45,6	39,1	21,1	38,5	1	0	0	3,4	80,5	7,9	4,1	0,000	0
7:10	0	3,9	2,8	43,4	46,1	38,5	21,1	38,7	1	0	0	3,5	83,8	7,7	4,1	0,000	0
7:20	0	3,7	2,6	43,7	46,4	38,4	21	38,7	1	0	0	3	85	7,5	3,9	0,000	0
7:30	0	3,6	2,5	44	46,7	38,4	20,9	38,8	1	0	0	3,1	85,8	7,4	3,8	0,000	0
7:40	1,4	3,3	2,3	44,1	46,8	38,6	20,8	38,8	1	0	0	2,9	86,4	7,1	3,6	0,000	0
7:50	42,4	3,1	2	44,3	46,9	38,5	20,7	38,7	1	0	0	3	86,9	6,9	3,4	0,007	0
8:00	143,7	2,9	1,9	44,5	47,1	38,2	20,2	38,8	1	0	0	3	87,2	6,7	3,3	0,023	0
8:10	117,9	3,2	2,3	45,3	47,9	23,1	11,9	38,7	1	0	1	3,6	87,8	6,9	3,6	0,019	3,6
8:20	132,7	3,4	2,3	45,4	47,9	14,7	9,1	38,6	1	0	1	5,2	87,5	6,8	3,3	0,021	5,2
8:30	190,5	2,6	1,4	44,1	46,7	16	8,8	38,5	1	0	1	4,7	86,8	6,3	2,7	0,030	4,7
8:40	230,8	3,6	2,5	44,9	47,6	21,8	11,2	38,6	1	0	1	3,9	88	7,7	4,1	0,037	3,9
8:50	247,2	4,7	3,5	45,2	48,1	25,1	12,4	38,7	1	0	1	4,4	87,9	8,5	4,8	0,040	4,4
9:00	268,6	5,7	4,2	41,4	44,5	28	13,6	38,6	1	0	1	4,3	84,5	9,6	5,5	0,043	4,3
9:10	284	7,7	6,3	45,5	48,4	31,2	15,5	38,6	1	0	1	5,1	85,5	11,2	7,1	0,045	5,1
9:20	280,7	9,6	8,1	46,3	49,3	33,7	17,1	38,7	1	0	1	5,6	86,4	12,7	8,4	0,045	5,6
9:30	311,2	11	9,4	47,2	50,2	34,6	18	38,4	1	0	1	5,7	86,7	13,9	9,4	0,050	5,7
9:40	325,4	12,2	10,4	47,1	50,3	36,1	19,1	38,6	1	0	1	5,7	86,8	15,1	10,4	0,052	5,7
9:50	341,2	14,2	12,1	48,1	51,2	37,1	20,3	38,7	1	0	1	6,3	87,2	16,9	11,9	0,055	6,3
10:00	363,9	14,2	11,6	47	50,2	40	29,8	38,7	1	0	1	8,8	85,1	16,5	10,9	0,058	8,8
10:10	336,4	13,7	11,4	47,1	50,3	54,3	47,2	38,5	1	1	0	5,7	85,8	16,7	11,3	0,054	5,7
10:20	344,7	13	11,3	49,2	52,3	61,2	51,3	38,4	1	1	0	5,6	87,8	16,8	12,1	0,055	5,6
10:30	313	13,9	11,5	46,7	49,8	60,7	52,4	38,3	0	1	0	5,4	70,9	27,9	16,9	0,050	5,4
10:40	412,8	17,7	13	43,9	46,3	62,2	36	38,1	0	0	1	6,3	65	28	18,7	0,066	6,3
10:50	289,3	19,4	14,3	41,7	43,6	40,2	24,4	38,1	0	0	1	6,7	60,1	27,4	19,9	0,046	6,7
11:00	351,1	20,4	15,5	39,7	41,2	40,5	25	38,1	0	0	1	7,3	55,9	26,7	20,8	0,056	7,3
11:10	430	20,4	16	37,5	38,9	42,8	26,3	38,1	0	0	1	7,1	51,8	25,9	21,1	0,069	7,1
11:20	390,7	20	16,1	35,2	36,6	44,1	27,5	37,8	0	0	1	6,9	47,8	25,1	21,1	0,063	6,9
11:30	453,1	19,5	16,2	33,2	34,6	45,1	28,6	38	0	0	1	6,8	44,5	24,4	21,2	0,072	6,8
11:40	446,5	20,3	17,4	32,5	33,9	48,3	30,8	38,1	0	0	1	7,2	42,6	24,7	21,8	0,071	7,2
11:50	470,5	19,2	16,7	30	31,3	48	31,1	38,1	0	0	1	8	38,9	23,5	20,5	0,075	8
12:00	424,5	19,5	17,4	29,3	30,7	47,4	32,9	38	0	0	1	7,2	37,8	23,8	21,4	0,068	7,2
12:10	429,2	20,4	18,6	29,3	30,6	48	34,6	38	0	0	1	7,3	36,9	24,5	22	0,069	7,3
12:20	280,2	20,1	18,6	28,3	29,6	46,6	35,5	38	0	0	1	7,1	35,3	24,5	21,9	0,045	7,1
12:30	226,8	23,6	21,3	31,5	33,2	38	33,8	37,9	1	0	1	6,4	39,7	27,6	20	0,036	6,4
12:40	365	33,8	29,7	43	47,3	41,8	33,8	37,9	1	0	1	7,5	79,1	36,7	18	0,058	7,5

12:50	465,7	34,2	30,1	43,9	48,5	47,3	34,7	37,8	1	0	1	7,9	89,8	37,1	18,5	0,075	7,9
13:00	542,5	33,9	29,8	43,1	47,8	50,6	35,6	37,9	1	0	1	8,2	91,7	37,3	18,3	0,087	8,2
13:10	465	35	30,9	44	48,7	52,4	36,9	37,8	1	0	1	8,1	92,9	38,3	18,3	0,074	8,1
13:20	382,4	35,7	31,6	44,4	49,1	50,9	37,4	37,3	1	0	1	8,2	94,2	39,1	18,6	0,061	8,2
13:30	404	36,7	32,5	44,6	49,3	50,8	38,3	36,9	1	0	1	8,4	95,3	40	18,7	0,065	8,4
13:40	419,3	37,5	33,2	45,1	49,7	50,8	38,8	36,5	1	0	1	8,5	96,3	40,6	18,7	0,067	8,5
13:50	370,5	38,3	34	45,7	50,3	51,3	39,3	35,8	1	0	1	8,6	97,3	41,2	18,9	0,059	8,6
14:00	197,1	39	34,6	46,1	50,7	45,1	39,1	35,2	1	0	1	8,3	98	41,7	18,9	0,032	8,3
14:10	269,5	39,1	34,8	47	51,5	44	38,1	34,5	1	0	1	8,3	98,7	41,7	19,1	0,043	8,3
14:20	268,1	38,8	34,6	48,6	53	50,1	42,3	33,8	1	0	1	8,7	100,5	41,5	19,2	0,043	8,7
14:30	249,2	39,2	34,8	47,5	52	48,1	39,3	33	1	0	1	9,9	100,1	41,5	19,1	0,040	9,9
14:40	278,6	38,5	34,2	47,1	51,5	47,7	38,3	32,9	1	0	1	9,8	99,6	41,1	18,2	0,045	9,8
14:50	234,4	38,5	34,3	47,3	51,7	46,5	38,7	32,4	1	0	1	8,5	100,7	41,3	18,2	0,038	8,5
15:00	233,3	38,7	34,5	47,3	51,8	44,4	38,9	31,8	1	0	1	8,8	100,5	41,6	19,2	0,037	8,8
15:10	219,9	38,5	34,1	45,7	50,5	43,4	38,5	31,4	1	0	1	8,6	99	41,4	19,1	0,035	8,6
15:20	172,9	37,7	33	38	43	41,2	37,7	30,8	1	0	1	8,2	92,1	40,9	18,2	0,028	8,2
15:30	140,5	37,4	32,8	39,7	44,5	39,4	37,2	30,5	1	0	1	7,8	90,3	40,5	18,2	0,022	7,8
15:40	128,7	36,9	32,5	43,3	48	37,2	36,9	30,9	1	0	0	7,7	92,8	40,1	18,7	0,021	0
15:50	111,7	36,2	31,9	44,3	49	35,9	35,7	31	1	0	0	7,5	94,3	39,3	18,7	0,018	0
16:00	26	35,6	31,3	45,2	49,8	35,1	34,9	31,2	1	0	0	7,5	95	38,6	18,7	0,004	0
16:10	8	34,6	30,5	45,6	50	33,5	37,2	31,4	1	1	0	8,6	95,1	37,5	17,2	0,001	8,6
16:20	8,1	33,8	29,9	43,9	48,4	36,3	40,6	31,5	1	1	0	7,5	96,2	36,9	16,5	0,001	7,5
16:30	2	33,5	29,5	44	48,6	36,6	40	31,6	1	0	0	7,4	94,2	36,6	17,8	0,000	0
16:40	0	32,9	28,9	45,1	49,7	35,3	38,4	31,6	1	0	0	6,9	93,5	36	18,2	0,000	0
16:50	0	32,1	28,3	45,4	50	35,2	37,1	31,6	1	0	0	6,4	93,5	35,3	18,2	0,000	0
17:00	0	31,4	27,6	45,7	50,2	37,1	36,1	31,6	1	0	0	5,9	93,1	34,7	18,2	0,000	0
17:10	0	30,7	26,9	45,5	50,1	38,3	35	31,6	1	0	0	5,3	92,8	34	18,1	0,000	0
17:20	0	30,1	26,3	45,9	50,3	38,4	33,9	31,6	1	0	0	5,9	92,7	33,2	17,1	0,000	0
17:30	0	29,7	26,1	46,5	50,9	38,7	33,3	31,6	1	0	0	6	92,6	32,9	17,8	0,000	0
17:40	0	29,6	26	47,3	51,7	39,4	32,7	31,6	1	0	0	6,3	92,7	32,7	18,1	0,000	0
17:50	0	28,8	25,3	47,5	51,9	39,5	31,8	31,6	1	0	0	6,3	92,5	32,2	18,3	0,000	0
18:00	0	28,7	25	45,7	49,5	39,8	31	31,4	0	0	0	6	73,1	39,3	28	0,000	0
18:10	0	29,7	24,9	42,9	45,9	40,2	30,4	31,6	0	0	0	5,9	67,9	37,1	29,6	0,000	0
18:20	0	29,5	24,8	40,5	43	40,2	29,9	31,7	0	0	0	5,5	62,5	35,6	29,6	0,000	0
18:30	0	29,1	24,8	38,4	40,5	40,2	29,4	31,6	0	0	0	5,5	57,9	34,3	29,5	0,000	0
18:40	0	28,6	24,7	36,5	38,4	40,1	28,9	31,7	0	0	0	5,5	53,9	32,9	29,2	0,000	0
18:50	0	28,1	24,6	35	36,7	40,1	28,5	31,7	0	0	0	5,4	50,6	32	29,1	0,000	0
19:00	0	27,7	24,6	33,6	35,2	40	28,1	31,5	0	0	0	5,1	47,6	31,2	28,8	0,000	0
19:10	0	27,2	24,5	32,4	33,9	39,9	27,7	31,6	0	0	0	4,8	45	30,5	28,6	0,000	0
19:20	0	26,9	24,5	31,3	32,8	40	27,4	31,5	0	0	0	5	42,8	30,1	28,3	0,000	0
19:30	0	26,6	24,5	30,4	31,9	40	27,2	31,6	0	0	0	5,1	40,8	29,8	28,1	0,000	0
19:40	0	26,1	24,3	29,5	30,8	39,8	26,8	31,7	0	0	0	4,8	38,9	29,3	27,7	0,000	0
19:50	0	25,7	24	28,6	29,9	39,7	26,5	31,7	0	0	0	4,6	37,2	28,8	27,3	0,000	0
20:00	0	25,4	23,9	28	29,2	39,5	26,3	31,6	0	0	0	4,7	35,7	28,4	27	0,000	0
20:10	0	27,2	23,9	36,6	40	39,5	26,1	31,6	1	0	0	4,3	56,5	30,5	18	0,000	0
20:20	0	26,6	23,2	43,9	48,2	39,4	25,9	31,6	1	0	0	4,3	82,5	30,3	16,8	0,000	0
20:30	0	25,9	22,6	45,7	50	39	25,9	31,6	1	0	0	4,5	88,1	29,5	17,1	0,000	0
20:40	0	25,1	21,9	47	51,2	38,7	25,7	31,6	1	0	0	4,5	89,7	28,8	17	0,000	0
20:50	0	24,4	21,4	48	52,2	38,8	25,6	31,7	1	0	0	4,4	90,7	28,1	17	0,000	0
21:00	0	23,8	20,9	48,7	52,9	39,2	25,5	31,6	1	0	0	4,5	89,6	28,3	17,5	0,000	0
21:10	0	24,8	20,9	45,8	49,5	39,4	25,4	31,5	0	0	0	4,3	71,1	36,8	25,7	0,000	0
21:20	0	26,3	21,2	42,9	45,7	39,8	25,3	31,6	0	0	0	4,3	65,8	34,7	26,8	0,000	0
21:30	0	26,5	21,4	40,3	42,7	40	25,3	31,7	0	0	0	4,4	60,6	33,3	26,9	0,000	0

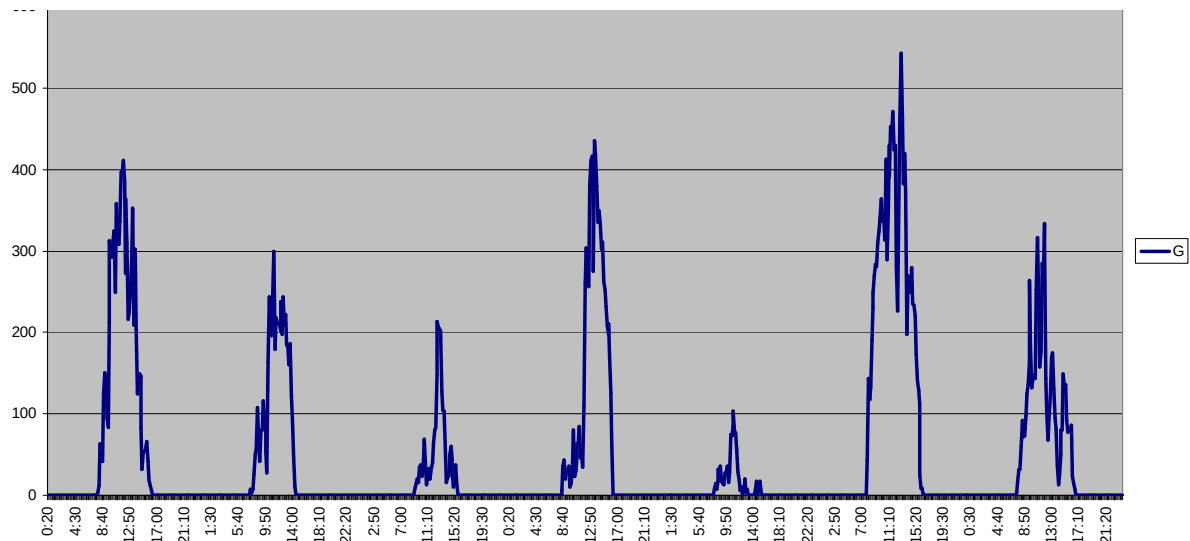
21:40	0	26,3	21,7	38,2	40,3	40	25,3	31,6	0	0	0	4,5	56,3	32	26,9	0,000	0
21:50	0	26	21,8	36,2	38,1	40,1	25,2	31,6	0	0	0	4,3	52,3	30,9	26,9	0,000	0
22:00	0	25,6	21,8	34,4	36,2	40	25	31,6	0	0	0	4,3	48,8	29,9	26,8	0,000	0
22:10	0	24,3	21,3	41,8	44,5	40	25	31,7	1	0	0	4,3	61,5	28,2	20	0,000	0
22:20	0	23	20,2	48,1	52,2	40	25	31,5	1	0	0	4,2	86,5	26,8	16,5	0,000	0
22:30	0	22,3	19,6	49,2	53,3	40	24,9	31,6	1	0	0	4,3	90,7	26	16,5	0,000	0
22:40	0	21,7	19	49,8	53,9	40,2	24,9	31,5	1	0	0	4,4	91,6	25,4	16,4	0,000	0
22:50	0	21,2	18,6	50,3	54,4	40,4	24,9	31,6	1	0	0	4,5	91,8	24,9	16,4	0,000	0
23:00	0	20,6	18	50,7	54,6	40,5	24,9	31,6	1	0	0	4,2	92	24,3	16,4	0,000	0
23:10	0	20,1	17,5	51	55	40,8	24,8	31,6	1	0	0	4,2	92	23,8	16,2	0,000	0
23:20	0	19,7	17,2	51,5	55,4	41,1	24,9	31,6	1	0	0	4,4	91,9	23,5	16,2	0,000	0
23:30	0	19,3	16,8	51,9	55,7	41,4	24,9	31,5	1	0	0	4,4	91,9	23	16,2	0,000	0
0:30	0	18,9	16,4	52,3	56,1	41,8	24,9	31,5	1	0	0	4,5	92,1	22,6	16,1	0,000	0
0:40	0	18,4	16,1	52,6	56,4	41,9	24,8	31,6	1	0	0	4,4	92,4	22,2	16,1	0,000	0
0:50	0	18	15,8	52,9	56,6	42,4	24,8	31,5	1	0	0	4,4	92,6	21,8	16	0,000	0
1:00	0	17,6	15,5	53,3	56,9	42,5	24,8	31,6	1	0	0	4,5	92,9	21,4	15,9	0,000	0
1:10	0	17,2	15,2	53,7	57,2	43	24,9	31,6	1	0	0	4,5	93	21	15,8	0,000	0
1:20	0	16,8	15	54	57,4	43,2	24,9	31,5	1	0	0	4,6	93,1	20,7	15,7	0,000	0
1:30	0	18,3	15,3	51,1	54,1	43,4	24,8	31,5	0	0	0	4,6	74,2	32,7	21,1	0,000	0
1:40	0	21,5	16,1	47,4	49,5	43,4	24,8	31,4	0	0	0	4,7	68,1	31,7	22,5	0,000	0
1:50	0	22,4	16,8	44,3	46	43,6	24,9	31,5	0	0	0	4,9	62,2	30,2	23,3	0,000	0
2:00	0	22,5	17,4	41,5	43	43,6	24,8	31,5	0	0	0	4,8	57,2	29	23,8	0,000	0
2:10	0	22,5	18	39,2	40,5	43,7	24,8	31,5	0	0	0	4,7	53,1	28,1	24,1	0,000	0
2:20	0	22,3	18,4	37	38,3	43,6	24,7	31,6	0	0	0	4,5	49,5	27,4	24,2	0,000	0
2:30	0	22,2	18,8	35,1	36,6	43,6	24,7	31,5	0	0	0	4,6	46,5	26,9	24,4	0,000	0
2:40	0	22,2	19,2	33,6	35,1	43,8	24,7	31,5	0	0	0	4,7	43,9	26,6	24,5	0,000	0
2:50	0	22,1	19,5	32,2	33,8	43,5	24,7	31,5	0	0	0	4,8	41,7	26,4	24,5	0,000	0
3:00	0	22,1	19,9	31,1	32,7	43,6	24,8	31,5	0	0	0	5	39,9	26,3	24,6	0,000	0
3:10	0	22	20,1	30	31,6	43,4	24,7	31,5	0	0	0	5	38,1	26,2	24,5	0,000	0
3:20	0	21,9	20,2	29,1	30,6	43,4	24,6	31,5	0	0	0	5,1	36,6	26	24,5	0,000	0
3:30	0	21,8	20,4	28,3	29,8	43,3	24,6	31,5	0	0	0	5,2	35,3	25,9	24,5	0,000	0
3:40	0	21,8	20,6	27,5	29	43,1	24,6	31,4	0	0	0	5,1	34,1	25,8	24,4	0,000	0
3:50	0	21,7	20,8	26,9	28,4	43,2	24,6	31,5	0	0	0	5,2	33,1	25,7	24,3	0,000	0
4:00	0	21,3	20,6	27,6	28,7	43,3	24,6	31,5	0	0	0	5,2	32,6	25,4	23,9	0,000	0
4:10	0	17,4	15,4	47,2	50	43	24,5	31,4	1	0	0	5,1	67,2	21,3	14,4	0,000	0
4:20	0	16,6	14,7	50,2	53,5	42,9	24,5	31,4	1	0	0	5,1	84,8	20,5	15,4	0,000	0
4:30	0	16,2	14,3	51,3	54,6	42,5	24,5	31,4	1	0	0	5	88,4	20	15,2	0,000	0
4:40	0	15,8	14	52,1	55,3	42,5	24,5	31,4	1	0	0	4,9	90	19,6	14,9	0,000	0
4:50	0	15,4	13,7	52,7	55,9	42,8	24,5	31,5	1	0	0	4,9	91,2	19,2	14,6	0,000	0
5:00	0	15,1	13,5	53,2	56,4	43	24,5	31,4	1	0	0	4,9	92,3	18,9	14,4	0,000	0
5:10	0	14,8	13,2	53,6	56,8	43,3	24,5	31,4	1	0	0	4,8	93,2	18,6	14,2	0,000	0
5:20	0	14,5	13	54	57,1	43,5	24,6	31,4	1	0	0	4,9	93,9	18,3	14	0,000	0
5:30	0	15	13,1	52,6	55,5	43,6	24,6	31,3	1	0	0	4,8	81,3	27,2	17,4	0,000	0
5:40	0	19,2	14,1	48,6	50,6	44	24,6	31,3	0	0	0	4,8	70,6	31,1	20,4	0,000	0
5:50	0	20,7	15	45,2	46,6	44	24,7	31,3	0	0	0	4,8	64,3	29,5	21,4	0,000	0
6:00	0	21,1	15,8	42,3	43,3	44	24,7	31,4	0	0	0	4,7	59	28,4	22,1	0,000	0
6:10	0	21,2	16,5	39,7	40,6	43,9	24,7	31,4	0	0	0	4,7	54,7	27,5	22,6	0,000	0
6:20	0	21,3	17,1	37,5	38,4	43,7	24,7	31,3	0	0	0	4,8	51	26,9	23	0,000	0
6:30	0	21,2	17,6	35,5	36,6	43,8	24,7	31,3	0	0	0	4,7	47,8	26,5	23,3	0,000	0
6:40	0	21,3	18,1	33,9	35	43,7	24,7	31,3	0	0	0	4,7	45,2	26,3	23,5	0,000	0
6:50	0	21,2	18,5	32,3	33,6	43,6	24,6	31,3	0	0	0	4,7	42,9	26,2	23,7	0,000	0
7:00	0	21,3	18,9	31,1	32,5	43,5	24,7	31,3	0	0	0	4,6	40,9	26,1	23,8	0,000	0
7:10	0	21,3	19,3	30,1	31,5	43,6	24,6	31,3	0	0	0	4,5	39,1	26	23,9	0,000	0
7:20	0	21,3	19,5	29,1	30,6	43,3	24,6	31,3	0	0	0	4,4	37,5	25,8	23,9	0,000	0
7:30	0	21,2	19,7	28,2	29,7	43,1	24,4	31,2	0	0	0	4,5	35,9	25,7	23,9	0,000	0

7:40	2,9	17,4	15,9	37	38,9	24,5	35,2	31,2	1	1	0	4,3	47,8	21,6	17,3	0,000	4,3
7:50	17,7	14,6	12,6	44,7	47,9	26,7	37,1	31,2	1	0	0	4,4	74,7	18,6	13,5	0,003	0
8:00	31,8	14,1	12,2	48	51,2	26,4	35,4	31,1	1	0	0	4,5	83,3	18	13,3	0,005	0
8:10	31,8	13,8	12	49,1	52,4	27,4	34,1	31,2	1	0	0	4,4	86,5	17,7	13,1	0,005	0
8:20	60,6	13,4	11,7	50,1	53,2	33,4	32,8	31,1	1	0	0	4,5	88,2	17,4	12,8	0,010	0
8:30	91,6	13,1	11,5	50,8	54	36	31,7	31,1	1	0	0	4,6	89,7	17	12,6	0,015	0
8:40	72,1	12,7	11,2	51,5	54,6	38,4	30,7	31,1	1	0	0	4,7	91	16,6	12,3	0,012	0
8:50	72,8	12,4	10	51	54	38,3	28,4	31,1	1	0	0	6,5	90,5	15,1	9,9	0,012	0
9:00	97,7	13,3	10,5	51,9	54,7	38,6	26,8	31,2	1	0	0	6,3	93,1	15	9,1	0,016	0
9:10	124,6	13,3	11,7	53,7	56,5	40,9	27,2	31,1	1	0	0	5,6	95,3	16,2	11,8	0,020	0
9:20	135,7	12,7	11,3	53,9	56,9	41,7	26,6	31,1	1	0	0	5,5	95,1	16,1	12	0,022	0
9:30	164,2	12,1	10,8	54	56,9	42,1	25,7	31,1	1	0	0	5,5	95,4	15,7	11,7	0,026	0
9:40	263,4	11,7	10,4	53,4	56,4	42,3	35,2	31	1	0	0	5,8	95,4	15,4	11,4	0,042	0
9:50	182,8	11,4	10,1	53,2	56,2	43,7	41,6	31,1	1	0	0	5,8	94,5	15,1	11,2	0,029	0
10:00	131,6	11	9,7	54	56,9	43,7	39,2	31	1	0	0	5,7	95,6	14,8	10,9	0,021	0
10:10	143,5	10,7	9,4	54,2	57,1	44,6	37,1	31	1	0	0	6	96,5	14,5	10,7	0,023	0
10:20	147,1	10,4	9,2	54,3	57,2	44,8	35,4	31	1	0	0	6	97,1	14,3	10,5	0,024	0
10:30	143,1	10,4	9,2	53,6	56,4	44,8	34	31	1	0	0	6,2	89,4	19,8	12,4	0,023	0
10:40	251,4	14,7	10,2	49,6	51,7	44,8	37,6	31	0	0	0	6,5	73,7	29,6	16,6	0,040	0
10:50	316,7	17,5	11,3	46,1	47,7	50,9	48,4	31	0	1	0	7,1	67,6	27,9	18	0,051	7,1
11:00	237,9	18,2	12,3	43,1	44,4	52,9	50	31	0	0	0	7,1	61,8	26,8	18,9	0,038	0
11:10	157,8	18,4	13,2	40,4	41,6	51,9	49,6	31	0	0	0	7	57	26	19,7	0,025	0
11:20	176,6	18,7	14	38	39,4	48,3	46,1	31	0	0	0	7,1	53,1	25,5	20,3	0,028	0
11:30	285,3	18,8	14,8	36	37,4	48,7	45,9	30,9	0	0	0	7,5	49,6	25	20,8	0,046	0
11:40	257,5	18,9	15,4	34,2	35,8	47,4	45,5	31	0	0	0	7,7	46,6	24,8	21,2	0,041	0
11:50	333,8	19	16	32,7	34,4	52,9	49	31	0	1	0	7,8	44,1	24,6	21,5	0,053	7,8
12:00	315,6	19,1	16,5	31,4	33,2	58,4	53,1	31,3	0	1	0	7,8	41,9	24,5	21,8	0,050	7,8
12:10	143,9	19,2	16,9	30,3	32,1	52,7	50,8	31,9	0	0	0	7,2	39,9	24,5	22	0,023	0
12:20	100,5	19,3	17,4	29,3	31,1	49,5	47,7	32,2	0	0	0	7,1	38,1	24,5	22,2	0,016	0
12:30	66,7	19,3	17,7	28,4	30,1	47,7	45,1	32,4	0	0	0	6,9	36,6	24,3	22,3	0,011	0
12:40	101,9	19,4	18	27,6	29,3	46,7	42,5	32,3	0	0	0	6,9	35,2	24,3	22,4	0,016	0
12:50	120,9	19,4	18,3	26,9	28,5	46,1	40,2	32,1	0	0	0	6,9	33,9	24,2	22,4	0,019	0
13:00	168,6	19,4	18,5	26,3	27,8	45,5	38,1	32,3	0	0	0	7,1	32,9	24,1	22,5	0,027	0
13:10	175,2	19,4	18,7	25,7	27,2	44,9	36,1	32,3	0	0	0	7,2	31,9	24	22,5	0,028	0
13:20	130,9	19,5	18,6	24,8	26,2	44,2	34	32,5	0	0	0	7,1	30,3	23,2	21,7	0,021	0
13:30	94	16,8	16,3	33,7	34,5	38,9	25,1	32,5	1	0	1	7,3	37,8	20,4	17,6	0,015	7,3
13:40	81,9	12,9	11,3	48	50,8	20,4	16,8	32,6	1	0	1	7,7	75,6	16,8	12	0,013	7,7
13:50	36,4	12,8	11,1	48,8	51,7	16,6	15,3	32,2	1	0	1	7,2	85,2	16,7	12	0,006	7,2
14:00	12,3	12,7	11	50,3	53,4	15,2	14,8	32,3	1	0	1	7	88,7	16,4	11,9	0,002	7
14:10	25,8	12,5	11	51,1	54,2	14,6	14,6	32,3	1	0	1	7	90,6	16,3	11,9	0,004	7
14:20	49,6	12,2	10,8	51,9	54,9	14,9	14,6	32,3	1	0	1	6,9	91,9	16,1	11,7	0,008	6,9
14:30	80	12,1	10,6	52,4	55,4	15,6	14,7	32,2	1	0	1	7	92,9	15,9	11,6	0,013	7
14:40	80,2	12	10,5	52,8	55,8	16,1	15	32,1	1	0	1	7,1	93,8	15,9	11,6	0,013	7,1
14:50	148,3	12	10,6	53,2	56,2	17,3	15,3	32,1	1	0	1	7,5	94,4	15,8	11,5	0,024	7,5
15:00	133,3	11,8	10,4	53,3	56,2	18,1	15,6	31,5	1	0	1	7,6	94,6	15,7	11,4	0,021	7,6
15:10	136,6	11,8	10,4	53,4	56,4	18,8	15,8	31,9	1	0	1	7,6	94,8	15,8	11,5	0,022	7,6
15:20	91,2	12	10,6	53,7	56,8	17,9	15,9	31,7	1	0	1	7,8	95,3	16	11,7	0,015	7,8
15:30	77,3	12,3	10,9	54,2	57,2	17,2	15,9	32,2	1	0	1	7,8	95,8	16,2	11,9	0,012	7,8
15:40	82	12,3	10,9	54,3	57,3	17,2	15,8	32,2	1	0	1	7,8	94,1	17,2	12,6	0,013	7,8
15:50	79,9	15,3	11,7	50,8	53,2	17,2	16,2	32,2	0	0	1	8	73,8	31,6	17,9	0,013	8
16:00	85,4	13,3	11,7	52,5	54,8	17,8	16,3	32,1	1	0	1	8,4	81,4	18,7	13,8	0,014	8,4
16:10	22,3	12,7	11,3	54,1	57,1	16,6	16,1	32,1	1	0	1	8,5	93,2	16,6	12,2	0,004	8,5
16:20	14,4	14,8	11,9	51,4	53,9	15,9	15,9	32	0	0	1	8,7	74,8	30,7	17,9	0,002	8,7
16:30	7,2	13,6	11,8	52,2	54,6	15,6	15,8	32	1	0	1	8,8	80,3	19,6	14,2	0,001	8,8
16:40	0,5	12,7	11,3	52,9	55,9	15,3	15,6	32	1	0	1	8,4	92,1	16,7	12,2	0,000	8,4

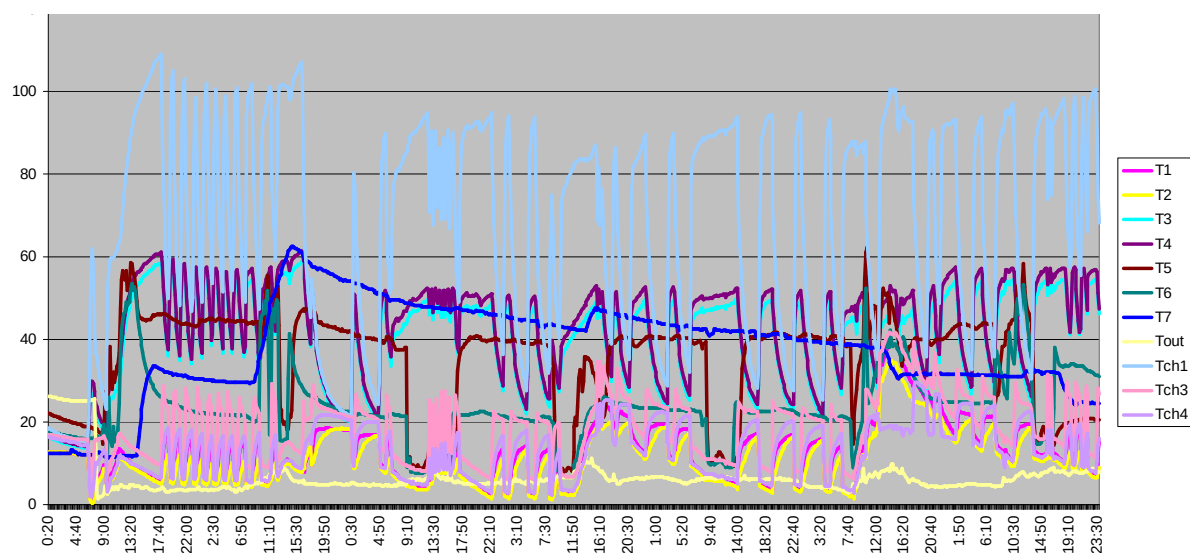
16:50	1,5	12,5	10,6	51,7	54,8	14,5	23,3	32	1	0	1	8,9	92,4	15,7	11	0,000	8,9
17:00	0	12,3	10,8	52,2	55,2	15,3	37,9	32	1	0	0	8	93,2	16	11,5	0,000	0
17:10	0	12	10,7	53	56	16,5	36,6	31,9	1	0	0	8	93,9	15,9	11,6	0,000	0
17:20	0	11,7	10,4	53,4	56,4	17,2	35,4	31,9	1	0	0	8,1	94,6	15,6	11,4	0,000	0
17:30	0	11,4	10,2	53,6	56,5	17,7	34,3	31,9	1	0	0	8,2	95,2	15,3	11,2	0,000	0
17:40	0	11,2	10	53,9	56,8	18,3	33,8	31,6	1	0	0	8	95,9	15	11	0,000	0
17:50	0	10,9	9,7	54,1	57	18,6	33,4	30,5	1	0	0	8	96,5	14,8	10,7	0,000	0
18:00	0	10,6	9,5	54,3	57,2	18,9	33,4	29,7	1	0	0	8,2	97,1	14,6	10,6	0,000	0
18:10	0	10,3	9,3	54,3	57,1	19,2	33,3	29,1	1	0	0	8,3	97,5	14,3	10,3	0,000	0
18:20	0	10,1	9	54,4	57,2	19,4	33,4	28,2	1	0	0	8,2	97,9	14	10,1	0,000	0
18:30	0	9,8	8,7	54,5	57,3	19,5	33,4	28,3	1	0	0	7,8	98,2	13,8	9,9	0,000	0
18:40	0	9,7	8,7	54,3	57	19,7	33,7	27,7	1	0	0	7,5	92	18,1	11,4	0,000	0
18:50	0	13,9	9,8	50,3	52,4	19,8	33,6	27,2	0	0	0	7,5	74,5	29,9	16	0,000	0
19:00	0	17	10,9	46,8	48,2	19,8	33,6	26,8	0	0	0	7,3	68,3	28	17,4	0,000	0
19:10	0	17,9	11,8	43,7	44,6	19,8	33,6	26,3	0	0	0	7	62,3	26,8	18,4	0,000	0
19:20	0	18,4	12,8	41	41,8	19,9	33,9	25,8	0	0	0	7,3	57,5	26,2	19,4	0,000	0
19:30	0	14,5	11,7	45,2	46,3	20	34	25,4	1	0	0	7,7	60,4	20,6	15,9	0,000	0
19:40	0	9,6	8,7	53,5	56,1	20,1	34,1	25	1	0	0	8	87,9	13,8	9,8	0,000	0
19:50	0	9,4	8,4	54,4	57,1	20,2	34,1	24,6	1	0	0	8,3	96,4	13,4	9,6	0,000	0
20:00	0	9,2	8,3	54,8	57,5	20,4	33,9	24,1	1	0	0	8,3	99	13,3	9,5	0,000	0
20:10	0	9,4	8,4	54,2	56,9	20,6	33,7	24	1	0	0	8	90,1	20,3	11,8	0,000	0
20:20	0	14,4	9,6	50,2	52,1	20,7	33,5	24,3	0	0	0	8,1	74,9	29,7	16	0,000	0
20:30	0	16,9	10,8	46,8	48	20,7	33,4	24,5	0	0	0	7,9	68,4	28,1	17,4	0,000	0
20:40	0	17,9	11,8	43,8	44,5	20,7	33,4	24,5	0	0	0	7,8	62,6	27	18,5	0,000	0
20:50	0	18,3	12,8	41,2	41,7	20,7	33,6	24,6	0	0	0	7,7	57,7	26,4	19,4	0,000	0
21:00	0	16,3	12,7	42,1	42,6	20,8	33,6	24,8	1	0	0	7,7	55,6	23,2	18	0,000	0
21:10	0	9,1	8,2	53	55,3	20,7	33,5	24,7	1	0	0	7,6	82,7	13,3	9,4	0,000	0
21:20	0	8,9	7,9	53,9	56,6	20,8	33,5	24,7	1	0	0	7,5	95,3	13	9,1	0,000	0
21:30	0	8,7	7,8	54,5	57,2	20,8	33,2	24,7	1	0	0	7,8	98,7	12,8	9	0,000	0
21:40	0	10	8,3	52,6	55	20,9	32,9	24,6	0	0	0	7,9	82,1	25,6	13,4	0,000	0
21:50	0	15,2	9,6	48,6	50,3	20,9	32,6	24,6	0	0	0	8,2	72,4	28,6	16,1	0,000	0
22:00	0	16	10,7	46,1	47,1	20,9	32,5	24,7	0	0	0	8,2	66,2	26,3	17,1	0,000	0
22:10	0	8,8	7,9	52,5	54,8	20,9	32,3	24,7	1	0	0	8,2	82,6	12,9	9,2	0,000	0
22:20	0	8,5	7,5	53,2	55,9	20,8	32,4	24,6	1	0	0	8,4	94,9	12,6	8,8	0,000	0
22:30	0	8,2	7,2	53,4	56,1	20,8	32,3	24,6	1	0	0	8,4	97,7	12,3	8,5	0,000	0
22:40	0	8	7,1	53,6	56,3	20,8	32,2	24,6	1	0	0	8,4	98,7	12,1	8,3	0,000	0
22:50	0	7,8	6,9	53,8	56,5	20,8	32	24,7	1	0	0	8,6	99,3	11,9	8,2	0,000	0
23:00	0	7,6	6,7	54,1	56,7	20,8	31,8	24,6	1	0	0	8,7	99,9	11,8	8,1	0,000	0
23:10	0	7,4	6,6	54,3	56,9	20,7	31,6	24,6	1	0	0	8,3	100,1	11,5	7,8	0,000	0
23:20	0	7,2	6,4	54,4	57	20,7	31,4	24,6	1	0	0	7,8	100,6	11,3	7,7	0,000	0
23:30	0	7,5	6,6	53,7	56,2	20,6	31,3	24,5	1	0	0	7,8	90,1	19,2	10,3	0,000	0
23:40	0	12,8	7,9	49,6	51,4	20,6	31,2	24,6	0	0	0	8	74,8	28,3	14,4	0,000	0
23:50	0	15,3	9,1	46,1	47,4	20,5	31	24,6	0	0	0	7,9	68,3	26,9	16	0,000	0
SUMA:									86,4	14,9	42,1	[hodin/TÝDEN]				7,75	
PRŮMĚR:		12,8	11,0	40,7	42,9	35,3	23,6	38,0				6,6	67,5	18,6	13,4	1,11	5,13

Tab. P1102. Měřené veličiny a desetiminutové průměry v 8. týdnu 2010

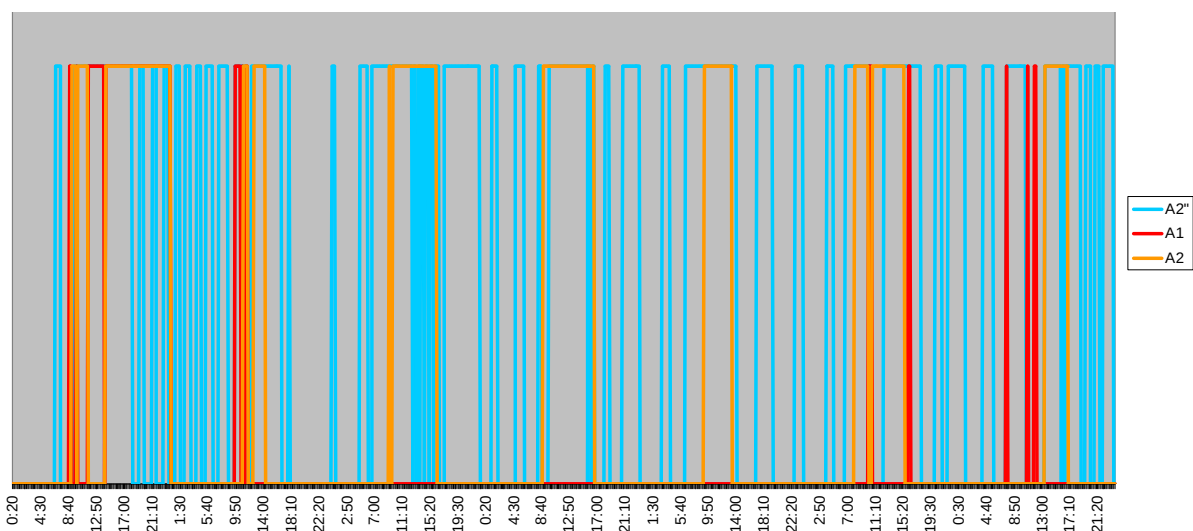
Grafické znázornění naměřených hodnot od 22.-28. 2. 2010 na solárním systému –C2– po optimalizačním opatření:



Obr. P1102. Dopadající globální sluneční záření na vodorovnou rovinu v lokalitě C2 [W/m^2]



Obr. P1103. Měřené teploty systému podle obr. P1101 v lokalitě C2 [$^{\circ}\text{C}$]



Obr. P1104. Provozní stavy systému podle obr. P1101 v lokalitě C2 [0-vypnuto,1-zapnuto]