

Ing. Vladimír JIRKA, CSc.,
Ing. Bořivoj ŠOUREK,
Ing. Jozef KOREČKO,
Ing. arch. Eugen ŘEHOŘ

Lineární Fresnelovy čočky ze skla a jiné optické rastry šetřící energii II

Linear Fresnel Glass Lenses and Other Optical Energy Saving Rasters II

Recenzent
doc. Ing. Karel Brož, CSc.

Popis dvou typů prosvětlovacích fasádních a střešních rastrových systémů, které snižují tepelnou zátěž interiéru od slunečního záření. Oba systémy využívají ploché válcované sklo – optický rast, který se chová jako separátor přímé a difusní složky dopadajícího slunečního záření. Rastrem je pouze ovlivňována složka přímá, která při slunečním svitu tvoří významný energetický podíl, zatímco rozptýlené světlo proniká do vnitřních prostor bez podstatných změn.

Klíčová slova: Fresnelova čočka, optický rast, přímé a difusní sluneční záření, absorber, fototermální přeměna záření, skleník

The article describes two types of transparent façade and roof raster systems reducing the interior heat load due to solar radiation. Both types use rolled sheet glass – an optical raster that acts as a separator of the direct and diffused component of impinging solar radiation. The raster exhibits its influence only on the direct component which constitutes a substantial share of solar energy, while the diffused light penetrates into the internal spaces without substantial changes.

Key words: Fresnel lens, optical raster, direct and diffused solar radiation, absorber, photo-thermal transformation of radiation, greenhouse

První způsob využití je pasivní, kdy optický rast, soustava shodných rovnoběžních hranolů, propouští selektivně paprsky přímého slunečního záření do interiéru v závislosti na jejich úhlu dopadu. Hranoly jsou navrženy tak, aby rast propouštěl přímé sluneční záření do interiéru v zimních měsících podobně jako ploché sklo. Ale od počátku dubna do poloviny září, kdy jsou hodnoty poledních úhlů výšky slunce nad obzorem větší než 45°, rast začíná přímé sluneční záření blokovat. Maxima blokace dosáhne rast v období okolo letního slunovratu, kdy je Slunce nejvýš na obloze, doba a intenzita slunečního svitu nabývá největších hodnot a jsou kladený nejvyšší energetické a tedy i finanční nároky na odvětrání a klimatizaci budov.

Druhý způsob využití rastů je koncentrační kolektorový systém s lineárními Fresnelovými čočkami. Přímé sluneční záření je čočkou soustředováno na absorber, kde je přeměněno na teplo a odvedeno ve formě ohřáté teplonosné kapaliny z interiéru. Rozptýlené světlo proniká do vnitřních prostor bez podstatných změn. Složka difusní osvětuje a ohřívá díky skleníkovému efektu transparentního zastřešení interiér stavby. Jde tedy o kombinaci aktivního a pasivního prvku na využívání sluneční energie, kdy kolektor nepůsobí pouze jako zdroj tepla, ale zároveň zabezpečuje rovnoměrné osvětlení vnitřního prostoru a sniže tepelnou zátěž interiéru.

Od r. 2003 byly v Jižních Čechách postaveny dva zajímavé objekty, na kterých budou prezentovány rastrové systémy a jejich uplatnění v architektuře i pro vytápění. Jedná se o výstavbu technologické haly Ústavu fyzikální biologie Jihočeské univerzity v Nových Hradech a experimentální skleník ENKI, o.p.s., ENVI, s.r.o. a Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Třeboni.

TECHNOLOGICKÁ HALA ÚSTAVU FYZIKÁLNÍ BIOLOGIE JIHOČESKÉ UNIVERSITY V NOVÝCH HRADECH

Skleníková hala je řešena jako hmotově složitější celek, který respektuje historický tvar stavby a nesouměrnou sedlovou střechu. Prosklená jižní střecha i prosklená jižní fasáda jsou charakteristickým prvkem stavby. Je zde použito běžného transparentního prosklení v kombinaci s moderními technologiemi pevných solárních kolektorů a speciálního prosklení s lineárními čočkami ze skla. Budova tím získala specifický ráz solární architektury. V tomto řešení se snoubí historická podstata původní stavby jako skleníku a nejnovější technologie 21. století. Největší pozornost při rekonstrukci byla věnována stávajícímu portálu západní fasády.

Koncepce celé jižní střechy i fasády je podřízena využití sluneční energie a to jak pasivně (přirozené osvětlení denním světlem a využití skleníkového efektu

pro ohřev či temperování interiéru rozptýlenou složkou slunečního záření), tak především aktivně (kultivace řas, ohřev TUV, příprava technologické vody, vytápění). Koncentrační kolektory jsou doplněny plochými kapalinovými kolektory se selektivní vrstvou.

Řasové kultivace

Ve dvou polích probíhá experiment autotrofní kultivace řas v uzavřeném kultivátoru při intenzivním osvětlení $K = 5$ v provedení šíkmém (střecha) i svíslém (fasáda)*. V místě maximálního ozáření se pohybuje rám s uzavřeným skleněným trubicovým kultivátorem, ve kterém proudí řasová suspenze (primární okruh). Sekundární okruh tvoří vodní hospodářství, kterým je řasová suspenze udržována na teplotě okolo 35 °C, tj. je chlazena či ohřívána v závislosti na okolních podmírkách a charakteru experimentu.

Solární soustavy

Ve zbylých polích jižní prosklené fasády jsou instalovány koncentrační kolektory s lineární čočkou, v jejichž ohništi je běžný absorber pro ohřev vody. Celkem jsou instalovány 3 fasádní (27 m^2) a 3 šíkmá (45 m^2) kolektorová pole.

V šíkmé části jižní fasády je v neprosklené části střechy instalováno ve čtyřech kolektorových polích celkem 16 plochých kapalinových kolektorů se selektivní vrstvou na absorberu s celkovou plochou 32 m^2 .

Sekundární okruh

Srdcem celého tepelného hospodářství objektu je sekundární okruh respektive jeho hlavní část – čtyři akumulační nádoby s celkovým objemem 10 m^3 (A1, A2, A3, A4). K této nádobám je připojena jak soustava řasové kultivace, tak obě solární soustavy. Do sekundárního okruhu je zapojena i otopná soustava objektu technologické haly a laboratoří.

Celý systém je navržen tak, aby tepelné zisky ze solárních soustav ohřívaly akumulační nádrže A3 a A4. Z nich je možné ohřívat řasovou suspenzi, dodávat teplo do otopné soustavy nebo připravovat TUV v trivalentní akumulační nádobě A5.

Nádoby A1 a A2 jsou naopak udržovány na co nejnižších teplotách, aby bylo možné řasovou suspenzi chladit. Jako zdroj chladu je použito tepelné čerpadlo voda-voda (tepelný výkon 3 kW) připojené mezi nádoby A1 (primární strana) a A3, A4 (sekundární strana). Tepelné čerpadlo tak může být zdrojem tepla pro řasovou kultivaci v období, kdy není dostatek slunečního záření.

* Pro zjednodušení je v obr. 2 zobrazeno jen jedno pole autotrofní kultivace



Obr. 1 Jihozápadní pohled na objekt technologické haly

Přebytečná tepelná energie z nádob A3 a A4 může být také využita pro přitápení nebo přípravu TUV v objektu zámku. Oba systémy jsou propojeny potrubím vedeném v zemním kanálu. Bude tak možné temperovat některé prostory zámku, zejména prostory prvního podzemního podlaží u kterých se předpokládá potřeba tepla i v letním období. Tato funkce je však podmíněna rekonstrukcí zámecké otopené soustavy.

Cirkulace vnitřního vzduchu

Vzduch je ohříván dopadajícím slunečním zářením od ploch v interiéru technologické haly a stoupá tak do horní části interiéru. Tím vzniká nevhodný teplotní profil a zvýšení tepelných ztrát přes stavební konstrukce v horní části. Proto je u čtyř podpěrných sloupů instalováno vzduchotechnické potrubí, ve kterém je axiální ventilátor. Ten nasává teplejší vzduch z horní části a dopravuje ho do spodní chladnější části.

Regulace

Vzhledem k mnohoparametrovým závislostem růstové kultivace, kdy růstové podmínky jednotlivých kultur závisí na intenzitě osvětlení, teplotě, koncentraci CO₂, průtoku, koncentraci suspense atd., je kultivátor reguloval odděleným regulačním systémem, řízeným počítačem, jehož ovládací software se v současnosti dodařuje a to společně pro primární i sekundární okruh a veškeré související funkce – navádění absorbérů do ohnisek, regulace solárních soustav, regulace přítápení do zámku i technologické haly apod.).

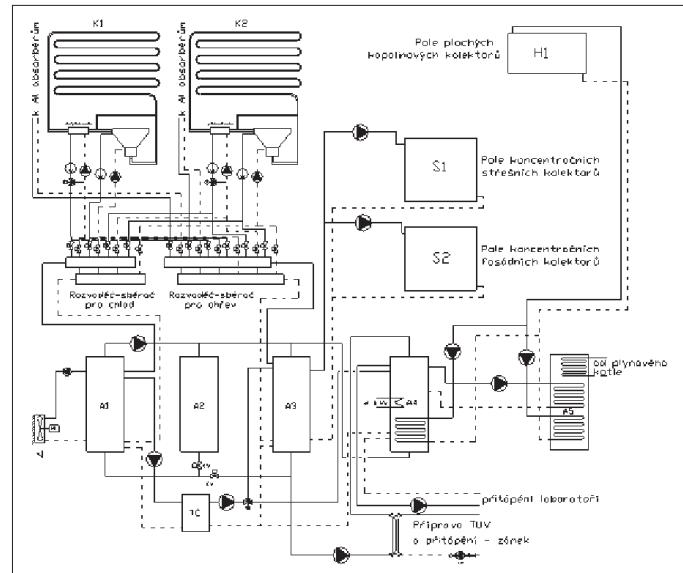
Otopná soustava technologické haly a laboratoří

Celkové tepelné ztráty obou objektů činí 56 kW (27 kW technologická hala, 29 kW laboratoře). Zdrojem tepla jsou dva plynové kotly s nuceným odvodem spalin. Pro vytápění technologické haly slouží parapetní konvektory s ventilátorem, umístěné po celé délce haly (částečně jsou vidět na obr. 3).

V části laboratoří jsou použita převážně desková otopná tělesa.

MODULÁRNÍ SKLENÍK V TŘEBONI

Pokusné pracoviště – modulární skleník ENKI, o. p. s., ENVI, s. r. o. a Zemědělské fakulty Jihoceské University v Českých Budějovicích bude sloužit jednak pro vývoj a proměření optických a fyzikálních parametrů těchto modulů a také k výuce, laboratorním cvičením a měřením. Zařízení se skládá celkem ze šesti čtyřmetrových stavebních modulů. Od západu tvoří stavbu dva moduly věžové, kdy první z nich bude zasklen pasivními odraznými rastry a druhý bude osazen fasádovými kolektory SOLARGLAS SF1, pracujícími jako svítelné a tepelné žaluzie. Třetí čtyřmetrový modul bude technologický. Jeho střecha je pokryta



Obr. 2 Schéma tepelného hospodářství v technologické hale

vakuovými kolektory HELIOSTAR 400V a jako jediný nebude pěstební, ale bude pod ním umístěna veškerá technologie: akumulační nádrže, vzdutotechnická vytápěcí jednotka, čerpadla, armatury, řídicí jednotka atd. Následují tři pěstební moduly střešní, první z nich je s koncentračním kolektorem s lineární čočkou a s fototermálními absorbery, druhý hybridní s vodou chlazenými fotovoltaickými absorbery z monokrystalického křemíku a poslední pasivní s odraznými rastry. Zasklívání i nosné konstrukce jsou shodné, vybavené nejefektivnější z odzkoušených a odměřených technologií a proto se mohou moduly osadit a provozovat po dokončení experimentů.

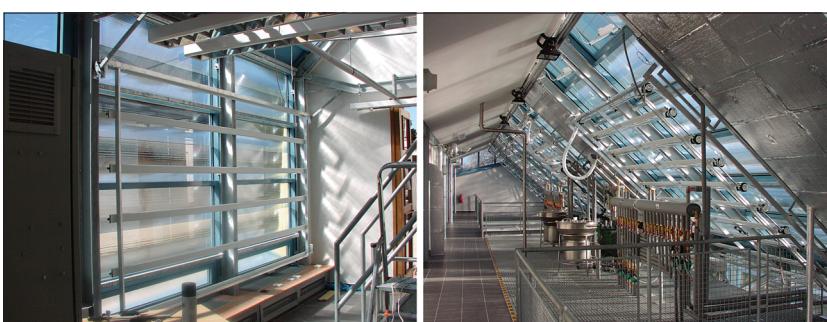
Základní modul

Skleník je koncipován jako asymetrický se sedlovou střechou. Střecha má sklon v klasické střešové části 35° a ve věžové části 15° vždy s orientací hřebene západ-východ. Jižní střecha nebo stěna je zasklena izolačními dvojskly se skleněnými rastry, které tvoří vnější sklo dvojskla s orientací rastru dovnitř. Podle typu modulu budou použity buď rastry aktivní – čočky a plášt potom tvoří kolektoričkový systém s pohyblivými absorbéry – a nebo pasivní odrazné rastry (jak bylo popsáno výše). Nosná konstrukce může být vyrobena z materiálu dvojitého druhu. První klasickou možností jsou nosné prvky svařované ocelové nosníky osetřené žárovým zinkem proti korozi. Na nosné konstrukci je ukotven systém zasklávací konstrukce z hliníkových profiliů s přerušenými tepelnými mosty s větracími prvky v kolmě vertikální části. Druhou moderní možností je nosná konstrukce z dřevěných lepených profilů.

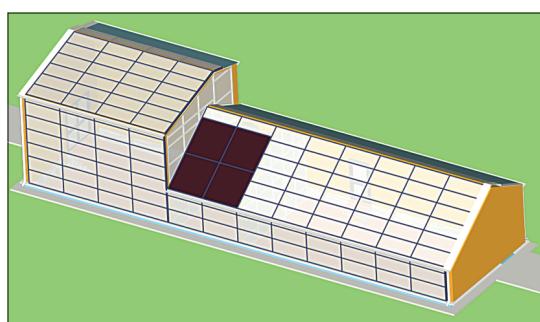
CHARAKTERISTIKY JEDNOTLIVÝCH MODULŮ

1. Energetický modul s koncentračními kolektory a lineární rastrovou čočkou a s pohyblivými fototermálními absorbéry jako světelné a tepelné žaluzie

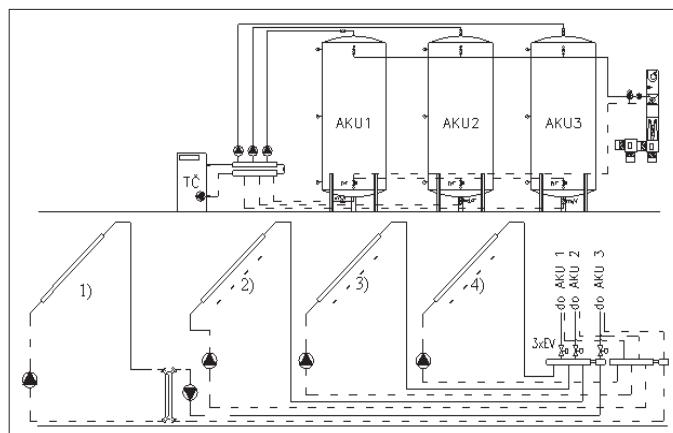
Základ konstrukce obvodového pláště tvoří kolektoričkový systém SOLARGLAS SG1 nebo SF1, kde součástí obvodového pláště je lineární Fresnelova čočka



Obr. 3 Fasádní a střešní kultivátor



Obr. 4 3D vizualizace modulárního skleníku



Obr. 5 Schéma tepelného hospodářství v modulárním skleníku

1) vakuové kolektory, 2) Energetický modul střešní s fototermálními absorbéry, 3) Energetický modul fasádní s fototermálními absorbéry, 4) Energetický modul střešní hybridní s PV-fototermálními absorbéry

zabudovaná v izolačním dvojskale pod ní jsou na nosném pohyblivém rámu umístěny absorbéry slunečního záření.

2. Modul s pasivními optickými rastry

Konstrukce vnějšího pláště stejně jako větrání a vytápění jsou shodné s předcházejícím základním modulem. Rozdíl je v zasklení. Pro tento modul bylo zvoleno zasklení pasivními rasty. Zasklení tvorí izolační dvojskala se shodnými prvky pro větrání. Tento modul je podstatně jednodušší, neobsahuje žádné technologie. Princip jeho činnosti byl popsán v úvodu článku.

3. Fotovoltaický modul na bází koncentračního kolektoru pro autonomní zásobování skleníku elektrickou energií

Fotovoltaický modul je konstrukčně téměř shodný s prvním energetickým modelem, liší se pouze použitými absorbéry slunečního záření. V současnosti jsou společnosti ENKI, o.p.s. ve spolupráci s dalšími českými výrobci vyvíjeny hybridní absorbéry pro kolektorové systémy SOLARGLAS, které umožňují současně výrobu elektrické energie v PV článcích a ohřev vody. Modul bude osazen témito absorbéry a jeho úkolem bude předehřev vody a výroba elektric-

ké energie, která bude ukládána do akumulátorů a využívána přes elektronický měnič pro ovládání regulačních prvků, případně pro pohon čerpadel. Včlenění takového modulu může ze skleníku vytvořit systém zcela nezávislý na vnějších zdrojích energie.

4. Vysokoteplotní modul pro vývoj absorpčního chlazení nebo destilaci vody s využitím plochých vakuových kolektorů

Modul vychází ze standardního střechového modulu, ale jeho jižní střechu tvoří vakuové ploché kolektory Heliostar 400 V. Jeho hlavní funkcí je ohřev nebo dochřev v ostatních modulech již předehřáté vody či jiné teplonosné látky na vysokou teplotu (90 °C a výšší). Modul není průhledný, a proto slouží pro umístění technologie. Jsou zde akumulační nádrže, čerpadla, expanzní nádoba, akumulátory, měnič a ostatní energetické součásti. Zároveň může sloužit jako sklad nářadí, substrátů, zásoba předehřáté vody na zálivku a pro jiné zahradnické technologie. Vzhledem k tomu, že v leteckém období je v našich klimatických podmínkách přebytek energie ze Slunce, předpokládá se v budoucnu vývoj např. destilačního přístroje nebo absorpčního chladicího stroje a odzkoušení dalších návazných technologií.

Vytápění a větrání skleníku

Součástí konstrukce jsou dva systémy větrání; první je přirozený – aerace, kdy je otevřeno okno ve spodní vertikální části a zároveň proti němu v severní střešní části. Druhý systém je nucený a je zároveň využit pro teplovzdušné vytápění. Z prostoru pod hřebenem skleníku se bude sbírat ohřátý vzduch a bude se k němu přes vzduchotechnickou jednotku přimíchávat čerstvý venkovní vzduch, nasávaný zemním kanálem (v létě chlazení, v zimě předeřev), který se rozvede do výstek u stěn skleníku. Tento systém vytápění je společný u všech modulů. Jeho výhodou je využití ohřátého vzduchu pod střechou skleníku, kterého se u klasických koncepcí byla snaha zbavit.

Tyto projekty byly podpořeny:

- Výzkumným záměrem MŠM 000020001 „Solární energetika přírodních a energetických systémů“;
- GAČR 103/99/056 „Vývoj energetických fasád s využitím optických rastř“ Výzkumný záměr CEZ MSM 21000011;
- VaV/300/05/03 „Modulární skleník s vysokou účinností přeměny sluneční energie a recyklací vody, využívající optické rasty“.

Téma bylo předneseno na Konferenci vytápění Třeboň 2005.