

Vnitřní stínění MULTIFILM® – popis a jak pracuje

V srpnovém čísle SI 8/2014 jsme si přiblížili průhledné stínění MULTIFILM® a základy toho, jak toto stínění, umístěné na vnitřní straně oken, vytváří příjemné vnitřní prostředí. V tomto příspěvku si více popíšeme složení a vlastnosti tohoto pozoruhodného materiálu, který je dlouhodobě účinný a trvanlivý. A ještě se vrátíme k popisu fyziologické podstaty jeho nezvyklého účinkování.

Vnitřní stínění bylo do nedávné doby a vlastně stále ještě je považováno za neplnohodnotný stínicí prvek. Má se za to, že funkčně slouží jen k tomu, aby jím nebylo vidět dovnitř, ani ven, a aby do místnosti nesvítilo ostré slunce. Samozřejmě, že plní také estetickou funkci. Běžné vnitřní stínění nás však nezabaví letního horka. Když se slunce opře do spuštěné, dejme tomu běžné vnitřní žaluzie, rozpálí ji tak, že silně ohřívá interiér. V zimě to nevádí, ale v období veder je to nevídané. Vnitřní stínění, neboli clona MULTIFILM®, přináší podstatnou přidanou hodnotu navíc:

- V plně spuštěné poloze propouští 0,5 % až 2 % světla, což zajistí dobrou vnitřní osvětlenost pro většinu činností.
- Zavřené okno s izolačním dvojsklem a MULTIFILMEM® propustí do místnosti jen 12 % až 25 % sluneční energie, tzn. tepla, které z venku dopadá na okno se slunečním zářením. Bez této clony se dostane dovnitř přes 50 % sluneční energie, což se projeví citelně na vnitřní teplotě.

Produkt pokrokové technologie

Stínicí technika je obecně nositelkou moderních technologií do stavebnictví. Je to dáno tím, že pracuje se zářením – světelným i tepelným, což jsou dva projevy stejné fyzikální entity, elektromagnetického záření. MULTIFILM® je však výjimečný. Je navržen nejen proto, aby stínil světlo, ale také, aby usměrňoval sálavé toky tepla. Aby řídil tepelné nejen zisky a ztráty vyvolané slunečním zářením, ale také sáláním pozemských předmětů, jako jsou budovy, stěny budov, nábytek atp.

To je fyzikální úloha, kterou české i evropské stavebnictví zatím plně nepochopilo a nedocenilo.

Ne všude v Evropě je odmítání neznámých technologií tak nesmlouvané, jako u nás. Proto se MULTIFILM už v roce 1993 objevil a začal být navrhován v Německu, a sice díky firmě MULTIFILM Sonnen und Blendschutz GmbH. Až o 20 let později se zásluhou české firmy FENESTRA střešní okna, s.r.o. objevuje tato technologie i v České republice. A sice zásluhou společnosti FENESTRA střešní okna, s.r.o., která u nás zastupuje jmenovaného německého dodavatele.

Dlouhodobá funkčnost a životnost

MULTIFILM® je dvou nebo třívrstvá lepená fólie. Její nejdůležitější součástí je velmi tenká hliníková vrstva, napařená na základní polyesterovou vrstvu o tloušťce 37,5 μm. Vysoce reflexní hliníkové pokovení je pak chráněno další, stejně silnou polyesterovou vrstvou, přilepenou k napařenému hliníkovému povrchu. Přilepená vrstva obsahuje dále absorber UV záření a je buď čirá, nebo probarvená. Vedle ochranné funkce má i dekorativní roli.

U třívrstvého MULTIFILMU® je polyesterová vrstva stejné tloušťky 37,5 μm přilepená i z opačné strany, tj. k nepokovenému povrchu základní dvojrvestvy. Může být čirá, nebo probarvená, její barva se může lišit od základní dvojrvestvy. I tato vrstva obsahu-

Skladba dvovrstvé clony MULTIFILM®

například: SiAt022, SiAt072, SiBc022, SiBk002

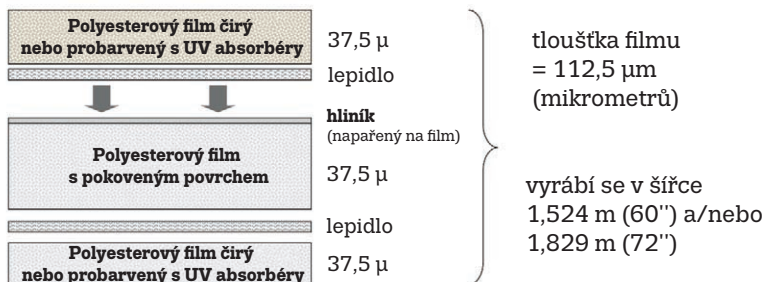


vyrábí se v šířce 1,524 m (60") a/nebo 1,829 m (72")

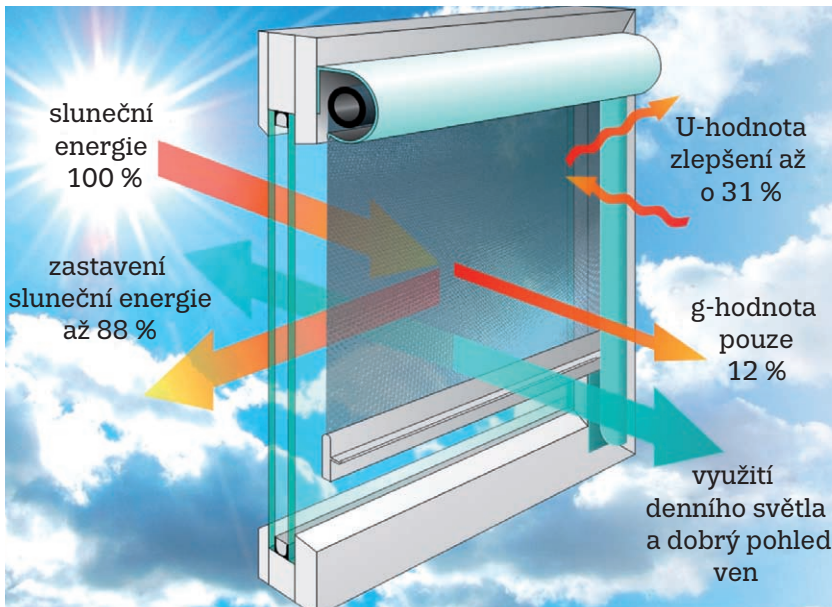
Obr. 1: Skladba dvovrstvého stínění MULTIFILM®

Skladba třívrstvé clony MULTIFILM®

například: SiAt013, SiAt023, SiBc023



Obr. 2: Skladba trojvrstvého stínění MULTIFILM®



je bezbarvé absorbéry ultrafialového (UV). Vedle více barevných kombinací stínění MULTIFILM® nabízí i delší životnost a funkčnost.

Historie MULTIFILMU®

U kolébky MULTIFILMU® stál americký kosmický výzkum, který kdysi začal řešit, jak ochránit posádku přistávajících raketových modulů a raketoplánů před tisícistupňovými teplotami, které vznikají na jejich povrchu při sestupu do atmosféry. Zjistilo se, že tepelnými izolacemi nelze tohoto cíle dosáhnout. K cíli vedlo až použití povrchových materiálů, které neabsorbují velmi horké tepelné záření a které zároveň toto záření nevyzařovaly (nesálaly), byť byly ohřáté na vysoké teploty. Toto řešení se nyní dostává i do běžného života. Ve stavebnictví se podílí na vytváření příjemného vnitřního pobytového prostředí, zejména v létě a v zimě. MULTIFILM® je představitelem této technologie. Je vyráběn ve Švýcarsku podle amerického receptu a prostřednictvím distributorů MULTIFILM Sonnen und Blendschutz GmbH a FENESTRA střešní okna, s.r.o. je nyní dostupný i v České republice.

Jak MULTIFILM® funguje

MULTIFILM® ovlivňuje teplotu vnitřního prostorového záření, na jehož úroveň se relativně rychle – nejvýše za několik desítek sekund – ohřeje i pokojový vzduch. Cílem je, aby se teplota prostorového záření a teplota vzduchu ustálily na (stejně) hodnotě cca 21 °C v zimě a cca 25 °C v létě.

MULTIFILM® se používá jako stínící předmět na vnitřní straně okna. Jeho účinkování je nejnápadnější tehdy, když stíní velké okno nebo velkou okenní sestavu. Ta někdy může tvořit celou jednu stěnu místnosti nebo dvě. To bývá případ moderních prosklených administrativních budov. Právě u nich je řešení venkovního stínění nákladné a komplikované a doprovázené omezenými možnostmi údržby a seřizování. O případných opravách nemluví. Ukažme si funkci MULTIFILMU® krok po kroku:

1. Slunce svítí do oken, jeho viditelná složka, která nese asi polovinu energie slunečního záření, prochází oknem a dopadá na MULTIFILM®.
2. Druhá polovina slunečního záření, dlouhovlnná a neviditelná infračervená a tepelná složka, je pohlcena venkovní skleněnou tabulí okna. Ta se většinou jen mírně ohřeje, jsou ochlazována vlastním sáláním a větrem.
3. Sluneční světelné záření, které prošlo zasklením okna, se z velké části odráží od MULTIFILMU® a jeho podstatná část projde oknem ven, tedy tam, odkud přišla. Jen malou část tohoto záření – cca 17 %, což představuje jen necelých 9 % celkové energie slunečního záření – MULTIFILM® pohltí a tím se mírně ohřeje.
4. Vnitřní tabule izolačního dvojskla s reflexním pokovením, orientovaným do meziskelní mezery, je nejvíce ohřívána. Ohřívá ji především MULTIFILM® tím, že na ní odráží sluneční záření, které na ní dopadá, a sálá vlastní tepelné

záření. Vnitřní tabule zcela pohltí zejména tepelnou složku, částečně světelnou, avšak nízkoemisivní pokovení jí brání v tom, aby se pohlcené teplo mohla plně zbavit sáláním. Proto se vnitřní sklo okna, na které svítí Slunce, nejvíce ohřívá, až k teplotám cca 50 °C.

5. MULTIFILM®, který má nízkou emisivitu a vysokou odrazivost světelného i tepelného záření, většinu dopadajícího viditelného i neviditelného (tepelného) záření odráží. Tím se málo ohřívá. A nabyté teplo vyzařuje jen slabě. Například typ SiAt012 se světelnou i tepelnou odrazivostí 0,83 = 83 % pohltí jen 17 % dopadajícího světelného i tepelného záření a samo sálá (vyzařuje) jen 17 % tepla, které by sálalo běžné, černé těleso.

Prostorová teplota

Stínění MULTIFILM® ovlivňuje bezprostředně a okamžitě především teplotu prostorového záření. Od prostorového tepelného záření se pak ohřívá vzduch, a sice se zpožděním několik jednotek až desítek sekund. Záření ohřívá celý objem vzduchu v místnosti s výjimkou 30 až 50 cm silné vrstvy přilehlé ke stěnám, stropu a podlaze. V této vzduchové vrstvě se realizuje teplotní spád mezi teplotou centrálního vzduchu a teplotou obklopujících stěn, stropu a podlahy. O tloušťce této vrstvy rozhoduje hlavně schopnost vzduchu absorbovat tepelné záření, a hmotové transportní děje, což je vedení a proudění tepla ve vzduchu.

Názorné příklady

Na jednoduchých příkladech si ukažme hlavní myšlenku pro navrhování vnitřního reflexního stínění. Zajímá nás, o kolik stupňů sníží MULTIFILM® teplotu prostorovou v místnosti ve srovnání s běžnými stínidly.

Připomeňme si, že zejména velmi teplé západní slunce, které kolmo svítí





do zavřených, západně orientovaných oken, zásobuje interiér tepelným výkonem až 500 W/m² na každý m² okna.

Tato energetická dodávka (při okení ploše 10 m² až 5 kW), může v případě velkých oken a u dobře izolovaných domů, zejména pasivních, ohřát vnitřek domu až na zcela nesnesitelnou teplotu.

Funkci MULTIFILMU® si přiblížíme na třech příkladech (A až C) pro hypotetický dům tvaru kvádra o půdorysu 5 m × 3 m a výšce 3 m. Jedna ze stěn 5 m × 3 m je tvořena okenní plochou.

A) Tabulka 1 reprezentuje případ, kdy je na okenní ploše našeho domku běžná roleta. Ta tepelně a viditelně sluneční záření neodráží, ale pohlcuje. Tím se ohřívá. Ohřátá roleta pak sálá teplo do místnosti. Sálání běžné rolety popisuje Stefanův – Boltzmannův zákon [1]. Vzorec pro výpočet prostorové teploty T podle [1], aplikovaný na náš domek, je

$$T^4 = \frac{A_{clona} \epsilon_{clona} T_{clona}^4 + A_{stěny} \epsilon_{stěny} T_{stěny}^4}{A_{clona} \epsilon_{clona} + A_{stěny} \epsilon_{stěny}}$$

kde T_{clona} a $T_{stěny}$ jsou termodynamické teploty rolety a stěn v K (kelvinech), dále $A_{clona} = 15 \text{ m}^2$ a $A_{stěny} = 63 \text{ m}^2$ jsou plochy rolety a stěn a konečně $\epsilon_{clon} = 1$ a $\epsilon_{stěny} = 1$ jsou emisivity rolety, resp. stěn. Sluneční záření procházející okenním zasklením ohřívá roletu a teplota rolety okamžitě mění prostorovou tep-

| $\theta_s = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ | | Prostorová teplota |
|--|------------------|---------------------------------|
| $E_{stěna} = 1$ | $E_{roleta} = 1$ | |
| $\theta_{roleta} \text{ }^\circ\text{C}$ | | $\theta \text{ }^\circ\text{C}$ |
| 25 | | 25,0 |
| 30 | | 26,0 |
| 40 | | 28,1 |
| 50 | | 30,3 |
| 60 | | 32,4 |

Tab. 1: Ustálené prostorové teploty pro různé teploty běžné rolety v uspořádání podle textu článku a odstavce (A)

lotu tepelného záření. A se zpožděním až několika desítek vteřin se od záření ohřeje i vzduch. Tabulka 1 ukazuje, na jakou hodnotu stoupne prostorová teplota pro různé teploty rolety:

Uvažovali jsme, že je teplota stěn 25 °C. Vzrůst teploty na 28 °C a více, který způsobuje obyčejná roleta s emisivitou 1, působí uvnitř domu již velmi nepříjemně a překračuje i normovou návrhovou vnitřní teplotu, která by neměla překročit 27 °C. Ta je ale často překračována, izolované pasivní domy nevyjímaje.

Poznámka 1: Při delší expozici rolety sluncem a jejím dlouhodobějším ohřátím pomalu stoupá i teplota stěn a následně i prostorová teplota. Vzrůst teploty stěn vydatně zpomalíme volbou stěn s vysokou akumulací tepla a zároveň tepelnou vodivostí (z materiálů beton, cihly, sádra).

Poznámka 2: S předešlou poznámkou souvisí otázka, na jakou ustálenou hodnotu vystoupá teplota stěn, rolety a prostorová teplota při dlouhodobé expozici rolety sluncem. To je již otázka velikosti tepelné izolace obvodové zdi, stropu a podlahy. Tomu se budeme věnovat v následujícím článku. Obecně lze říci, že s tepelnou izolací stěn roste i vnitřní ustálená prostorová teplota, která však nikdy nepřekročí teplotu povrchu s nejvyšší teplotou.

B) Nyní do stejného domku instalujeme místo obyčejné rolety clonu MULTIFILMU®. Tato clona má emisivitu 0,17 a to znamená, že do místnosti vyzařuje jen tepelné záření o výkonu pouhých 17 % ve srovnání s běžnou roletou z předcházejícího příkladu. To významně sníží teplotu prostorového záření a tím i vzduchu. Ukazuje to tabulka 2. I při extrémním ohřátí MULTIFILMU® na teplotu 60 °C stoupne prostorová teplota z 25 °C jen o 1,6 °C. To prakticky znamená zachování příjemné pobytové pohody. A nejen to. Reflexní clona MULTIFILMU® odráží sluneční i tepelné záření, a proto se při působení slunečních paprsků ohřeje méně než běžná roleta. To vede k druhotnému snížení vnitřní prostorové teploty, která se tak prakticky dostává na úroveň stěn, tj. 25 °C.

C) Je zajímavá otázka, co to udělá s prostorovou teplotou, když budeme snižovat relativní tepelnou sálavost (emisivitu), a tedy zvyšovat odrazivost (reflexi) tepelného záření vnitřních omítek. Dnes již existují omítkové a fasádní nátěry (založené na patentovaném materiálu Thermoshield – opět jeden z výstupů původně kosmického výzkumu), které mají vysokou difúzní odrazivost nad 80 % ($r = 0,8$), a tedy nízkou sálavost pod 20 % ($\epsilon = 0,2$). Difúzní odrazivost znamená odrazivost do všech stran, podobně jako se odrážejí sluneční paprsky na čerstvě napadlém sněhu, ne jako na zrcadle.

Omítka s nízkou emisivitou a vyšší reflexí méně ovlivňuje svou teplotou prostorové tepelné záření. Výsledkem použití nátěru typu Thermoshield tedy budou teploty z tabulky 3. Podstata tepelnotechnického popisu reflexního povrchového nátěru stěn je v tom, že se

| $\theta_s = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ | | Prostorová teplota |
|--|---------------------------------------|--------------------|
| $E_{stěna} = 1$ | $\theta_{MLF} \text{ }^\circ\text{C}$ | |
| | 25 | 25,0 |
| | 30 | 25,0 |
| | 40 | 25,6 |
| | 50 | 26,1 |
| | 60 | 26,6 |

Tab. 2: Ustálené prostorové teploty pro různé teploty vnitřního stínění MULTIFILMU® v uspořádání podle textu článku a odstavce (B)

| $\theta_s = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ | | Prostorová teplota |
|--|---------------------------------------|--------------------|
| $E_{stěna} = 0,2$ | $\theta_{MLF} \text{ }^\circ\text{C}$ | |
| | 25 | 25,0 |
| | 30 | 25,9 |
| | 40 | 27,7 |
| | 50 | 29,7 |
| | 60 | 31,8 |

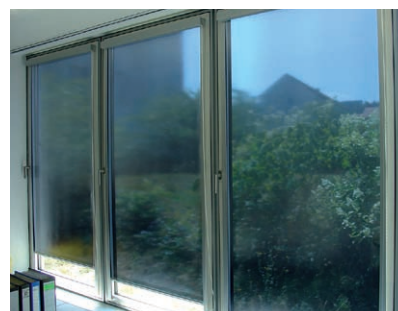
Tab. 3: Ustálené prostorové teploty pro různé teploty vnitřního stínění MULTIFILMU® a nízkoemisivní stěny místnosti v uspořádání podle textu článku a odstavce (C)

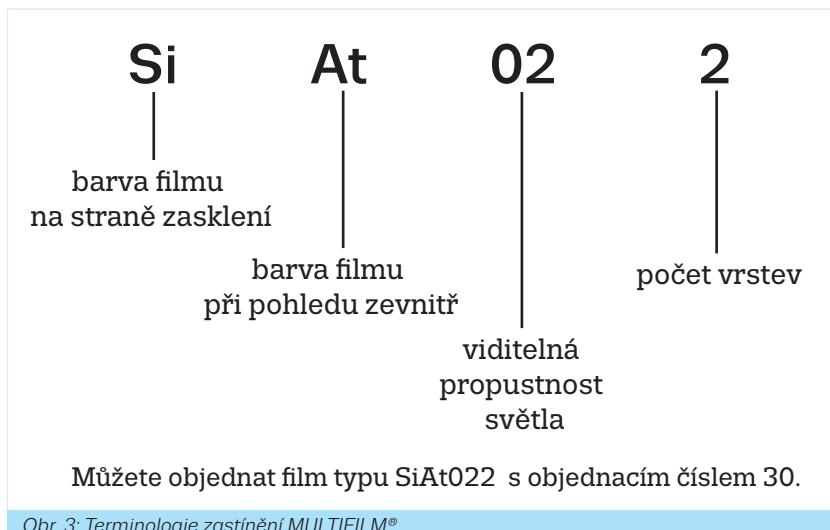
zvýší odpor při přestupu tepla z vnitřního prostoru do stěny. Při nízké venkovní teplotě (tu jsme v předešlých příkladech uvažovali 25 °C) dojde zároveň ke snížení povrchové teploty stěn.

Produktová řada MULTIFILMU®

V poslední části tohoto článku si přiblížíme všech 19 typů stínících filmů MULTIFILMU®, které má zákazník v České republice k dispozici. Každý jednotlivý typ MULTIFILMU® má své jedinečné číslo a zkrácený symbolický popis, jak ukazuje obr. 3. Co se skrývá pod každým číslem výrobku a jeho symbolickým popisem, ukazuje tabulka 4.

Např. MULTIFILMU® typu SiAt012 pohlcuje ze svého okolí jen 17 % zářivé energie. Proto ho okolí ani příliš neohřívá, ani příliš neochlazuje. Zároveň na obě strany – do interiéru a na okno – vyzařuje (sálá) jen 17 % energie, oproti běžným tělesům. Proto ani on své okolí – interiér a vnitřní sklo okna – v létě příliš neohřívá a v zimě nechladí.





Obr. 3: Terminologie zastínění MULTIFILM®

Z praxe

Zkušenosti uživatele střešních oken s běžnými látkovými roletkami a Al-žaluziemi po výměně za multifunkční fóliové roletky MULTIFILM:

Jaká vlastnost nebo přednost rolet MULTIFILM Vás přesvědčila, že jsou pro Vás vhodné?

Zaujala mne schopnost výrazně snížit teplotu místnosti a pokrytí celé plochy skleněné výplně okna.

Co Vás nejvíce přitahovalo na vnitřních roletách MULTIFILM před jejich nákupem? Co jste od nich očekával?

Očekával jsem snížení vnitřní teploty místnosti vůči dosud nainstalovaným vnitřním žaluziím, které nebyly dostatečně funkční a také dobré pokrytí

celé plochy skleněné výplně střešního okna

Splnily vnitřní rolety MULTIFILM Vaše očekávání?

Nainstalované fóliové rolety MULTIFILM nejenom splnily, ale výrazně překonaly moje očekávání, a to bez jakéhokoliv přehánění. Perfektně na oknech sedí, manipulace s nimi je velice dobrá a uvnitř jak malé (20 m²), tak i velké podkrovní místnosti s plochou 56 m² došlo po jejich nainstalování k výraznému snížení vnitřní teploty.

Jaké jejich vlastnosti nejvíce oceňujete poté, co s nimi získáváte praktické zkušenosti?

Jsem velice spokojen jak s funkcí zajišťující výrazné snížení vnitřní teploty v průběhu horkých a slunečných dnů, tak s jejich designem i ovládáním.

Kdy pro Vás vnitřní rolety MULTIFILM nejlépe slouží s ohledem na denní dobu a roční období?

Zkušenost mám zatím jenom s jarním a letním sluncem, ale i při vysokých okolních teplotách nad 30 °C, kdy s původními vnitřními žaluziemi byla vnitřní teplota téměř nesnesitelná, dnes je výborná a výrazně nižší, než teplota venkovní. Pro podporu funkčnosti roletek MULTIFILM používám také předokenní markýzu. I při použití obou originálních doplňků není místnost „úplně“ tmavá, takže není nutno v průběhu dne svítit, jako u použití posuvných předokenních rolet.

Jak hodnotíte jejich účinky coby interiérového funkčního a dekorativního prvku?

Roletky MULTIFILM jsou velice elegantní a vkusné. I při jejich použití je zajištěna dostatečná „průsvitnost“ ven skrze střešní okna. Skvěle plní svoji funkci, výrazně snižují jak pocitovou, tak skutečnou vnitřní teplotu místnosti při intenzivním slunečním svitu. Při regulaci vnitřní teploty, zejména při omezení letního přehřívání je perfektní! Pobytová pohoda v podkrovních místnostech se výrazně zlepšila, a to díky snížení teplot místností. Střešní okna zároveň vypadají lépe, než při použití dřívě nainstalovaných vnitřních žaluzií.

Literatura a zdroje:

- [1] Hejhálek, Jiří: Tepelné záření a navrhování reflexních fólií do staveb, strana 27, vzorec (2.7). Vega 2014. □

| obj. | zkratka | barva vnější/vnitřní | propustnost světla T _{vt} | počet vrstev | dostupné šířky | |
|------|-----------|----------------------|------------------------------------|--------------|----------------|---------------|
| | | | | | 60" (1,524 m) | 72" (1,829 m) |
| 73 | SiAt012N | stříbrná/antracit | 1 | 2 | | x |
| 74 | SiAt013N | stříbrná/antracit | 1 | 3 | | x |
| 70 | SiAt022N | stříbrná/antracit | 2 | 2 | x | x |
| 30 | SiAt022 | stříbrná/antracit | 2 | 2 | x | x |
| 71 | SiAt023N | stříbrná/antracit | 2 | 3 | x | x |
| 31 | SiAt023 | stříbrná/antracit | 2 | 3 | x | x |
| 32 | SiAt072 | stříbrná/antracit | 7 | 2 | x | x |
| 79 | SiAt023SN | stříbrná/antracit | 2 | 3 | | x |
| 36 | SiAt1V2 | stříbrná/antracit | 2/6 | 2 | | x |
| 20 | SiBc022 | stříbrná/bronz | 2 | 2 | x | x |
| 21 | SiBc023 | stříbrná/bronz | 2 | 3 | | x |
| 22 | SiBc092 | stříbrná/bronz | 9 | 2 | | x |
| 51 | GyGy033 | šedá/šedá | 1 | 3 | | x |
| 50 | GyGy073 | šedá/šedá | 7 | 3 | x | x |
| 10 | SiSi022 | stříbrná/stříbrná | 2 | 2 | x | |
| 11 | SiSi182 | stříbrná/stříbrná | 15 | 2 | x | |
| 80 | SiBk002 | stříbrná/černá | 0,01 | 2 | x | |
| 81 | SiWt002 | stříbrná/bílá | 0,10 | 2 | x | |
| 93 | CiCi862 | čirá/čirá | 86 | 1 | x | |

Tab. 4: Základní vlastnosti systému MULTIFILM®