

Specializovaná mapa s odborným obsahem

Topografický výzkum exteriérových skleněných mozaik v ČR - odborná mapa se zaměřením na jejich výskyt a poškození

Mozaiková skla – výroba, typy kostek a chemické složení skla

Ing. Zuzana Zlámalová Cílová, Ph.D., Bc. Michaela Kněžů Knížová

VŠCHT Praha

Výroba a typy mozaikového skla používaného v Čechách

První doloženou skleněnou mozaikou na našem území je mozaika Posledního soudu na Zlaté bráně katedrály svatého Víta v Praze datovaná do období středověku. Zda bylo při sesazování obrazu použito sklo vyrobené na našem území nebo ne, není zcela jednoznačné. Avšak na základě chemického složení lze konstatovat [Hetteš 1958; Jurek 2003; Pique, Stulik 2004], že sklo bylo vyrobeno ve střední Evropě a nejedná se o importovaný materiál ze států jižní Evropy (např. v Itálii je dlouhá tradice výroby mozaikového obrazu).

Další skleněné mozaiky pocházejí až z konce 19. století, které zhotovovaly zahraniční firmy, které využívaly hlavně italské mozaikové sklo, s kterým později pracoval i Viktor Foerster (první známý český mozaikář).

V meziválečném období se experimentovalo s výrobou mozaikového skla. Na konci 20. let se vývojem mozaikového skla zabýval Výzkumný ústav sklářský v Hradci Králové i Rücklova sklárna, nicméně jeho výrobu nezavedla. První tavby mozaikového skla údajně prováděl Jaroslav Kopal ve Vlastiboři u Navarova pro dílnu Marie Foersterové (manželku Viktora Foerstera, která po jeho smrti dílnu vedla [Foersterová 1939] a užívala jeho sklo společně s italským). Na počátku 30. let založil mozaikářskou dílnu v Praze Jan Tumpach, ve které se

české mozaikové sklo začalo opravdu systematicky vyvíjet a tavit pod vedením Ing. M. Ajvaze. V roce 1937 vznikají další mozaikářské dílny, které rovněž tavily mozaikové sklo. Po II. světové válce mozaikářské dílny využívaly sklo ze skláren Union – později Borské sklo a z Hostomické sklárny. Po roce 1948 byly mozaikářské dílny znárodněny a spojeny do jedné dílny Česká mozaika, pro kterou vyráběly mozaikové sklo sklárna v Jablonci nad Nisou, později vlastní sklárna Ústředí uměleckých řemesel (ÚUŘ) ve Škrdlovicích. Po roce 1963 se tavily menší objemy mozaikového skla přímo v mozaikářské dílně v Praze 7 Letohradské ulici a subdodavatelem byla sklárna Lučany. Mozaikářská dílna ÚUŘ zanikla po privatizaci provedené koncem roku 1993 Ministerstvem kultury ČR. Tím zaniklo také vybavení této dílny včetně laboratoře na výrobu mozaikového skla. Mozaiková skla se tavia v menších pánvích, lisováním se zpracovávala na desky, z kterých se po vychlazení štípaly kostky požadované velikosti [Foersterová 1939, Čtyroký 1941, Tesař 1988, Langhamer 2003 a 2010, Vicherková 2008, Höferová 2012, Adlerová 2003].

Dalším mozaikářským centrem se na počátku 50. let stal Železný Brod. Výroba skla zde vycházela z technologie výroby používané pro bižuterii (shodné suroviny i způsob tvarování – mačkání kleštěmi). Tyto kostky reprezentuje tzv. prefabrikovaný materiál; velikost kostek 12 x 16 mm [Adlerová 2003].

Konec 50. let 20. století je spojen s výrobou tzv. stavební mozaiky. Malé mozaikové kostky byly sesazovány do větších obkladových prvků, což zjednodušilo/umožnilo rychlé obkládání větších fasádových ploch. V této době byly vyráběny destičky (20 x 16 mm) rotačním mačkáním ze skleněných tyčí [Adlerová 2003].

Další prefabrikované kostky (20 x 20 mm) byly vyráběny na Jablonecku v 60. letech minulého století a označují se jako tzv. sintrovaná mozaika. Tyto kostky vznikaly tvarováním vlhkého skleněného prášku za studena v lisovacích strojích a až následně se vystavily slinovacím teplotám. V 70. letech klesá zájem o stavební skleněnou mozaiku, což vedlo k útlumu výroby [Adlerová 2003].

V současné době se u nás mozaikové sklo nevyrábí a je dováženo především z Itálie (kostky jsou tvarově podobné secesním).

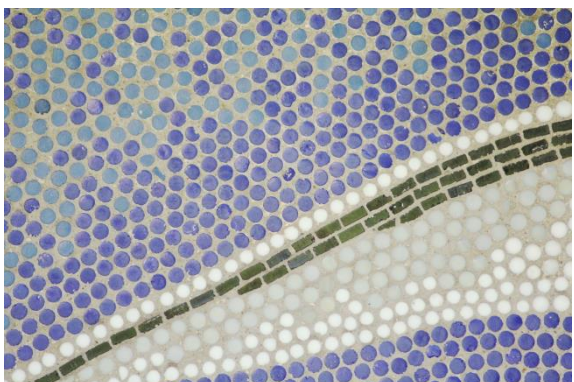
Přehled tvarové typologie používaného materiálu



Obr. 1 Tvarově odlišné středověké skleněné kostky o velikosti cca 10 x 10 mm



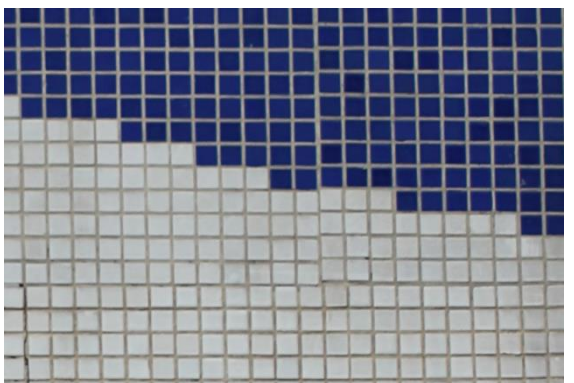
Obr. 2 Kostky používané v období secese o velikosti cca 15 x 10 mm; tvarově nejednotné



Obr. 3 Netradiční tvar skleněných mozaikových komponent; asi 50. léta 20. století; průměr 5 a 10 mm



Obr. 4 Prefabrikované skleněné kostky, převážně transparentní; velikost: 12 x 16 mm



Obr. 5 Sintrované kostky o velikosti 20 x 20 mm



Obr. 6 Skleněné kostky hojně používané v 2. pol. minulého století o velikosti převážně 10-40 mm

Chemické složení používaného skla

Pro složení mozaikového obrazu je nezbytná široká barevná škála skleněných kostek. Barva ve skle může být vyvolána různými barvivy, která ve skle:

- (a) *netvoří vlastní fázi* (podstatou zabarvení jsou kovalentně nebo iontově vázané atomy nebo molekuly)
- (b) *tvoří vlastní fázi* (koloidní nebo krystalické fáze).

V případě, kdy barvivo tvoří vlastní fázi (rozměr částic nad 1 nm) mají tato skla charakteristický rozptyl světla. Pokud je rozměr částic nad 500 nm mluvíme o sklech zakalených [Fanderlik 2009]. V případě mozaikového skla se převážně setkáváme se sklem zakaleným, u kterého byly využity oba způsoby vyvolání barvy (a) i (b).

Dále v textu jsou hodnoceny různé typy skla, některé údaje vychází z literatury, většina je založena na analýzách provedených na našem pracovišti. Skla byla měřena RTG fluorescenční analýzou s cílem zjistit chemické složení (spektrometr ARL 9400) a RTG difrakční analýzou (difraktometr PANalytical X'Pert PRO) s cílem zjistit barviva tvořící vlastní fázi viz text výše. V textu jsou uvedeny základní informace o složení a hodnoty reprezentující většinu skel v dané skupině. Detailnější popis barviv, vliv jednotlivých složek skla i výjimky ve složení skla přesahují rámec tohoto textu a budou zpracovány v jiné formě.

Středověké sklo

Na základě již publikovaných analýz skla z mozaiky Posledního soudu [Hetteš 1958; Jurek 2003; Pique, Stulik 2004] lze konstatovat, že jsou zde zastoupeny tři typy skla:

- (a) sklo draselno-vápenaté - typické pro období středověku a střední Evropu, proto se předpokládá, že použitý materiál mohl být vyroben na našem území. Sklo má velice nízké množství oxidu křemičitého (cca 47 hm. %) a tak i horší chemickou odolnost.
- (b) sklo olovnato-křemičité – sklo/předměty s tímto složením v období středověku na našem území nalézáme, ale předpokládá se, že bylo spíše importováno z Polska nebo Ruska, kde byly nalezeny skleněné předměty s tímto chemickým složením [Hetteš 1958]. Obsahy oxidu olovnatého jsou v mozaikových sklech poměrně vysoké (až 80 hm. %).

(c) sklo sodno-vápenaté – toto sklo je pravděpodobně spojeno s opravou mozaiky na počátku minulého století a použitým italským materiálem.

Publikované práce o této mozaice nehodnotí zakalení skel a zastoupené fáze.

Sklo používané v dílně V. Foerstera, později M. Foersterové

Sklo používané v tomto období lze klasifikovat jako sodno-vápenaté s vyšším obsahem oxidu olovnatého (obsah je velice proměnlivý 10-30 hm. %). Olovnatá skla jsou snadno tavitelná a vyznačují se vysokým třpytem a jiskrností – tyto vlastnosti se uplatní při velmi členitém povrchu, na kterém se světlo odráží a láme [Smrček, Voldřich 1994]. U některých vzorků byl detekován v menší míře oxid draselný do 5 hm. %. Obsah oxidu křemičitého je již vyšší než u středověkých skel, nicméně jeho hodnoty jsou ve srovnání s dále popisovanými skly nižší (spíše do 60 hm. %), to je však dáno celkovým složením skla. Jako zakalující částice byly v těchto sklech nalezeny nejčastěji fáze na bázi antimonu ($\text{Ca}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$, $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$), dále pak i fluoridů (NaF , CaF_2).

Prefabrikované skleněné kostky (12x16 mm)

Jak již bylo zmíněno, výroba těchto kostek vychází z výroby bižuterní, což se projevuje i ve výsledném složení skla – sodno-draselno-vápenatém. Obsahy oxidu sodného jsou převážně v rozmezí 11-16 hm. %, oxidu draselného do 8,5 hm. % a vápenatého do cca 5 hm. %. Dobrou chemickou odolnost skla zajišťuje oxid křemičitý nejčastěji v rozmezí 67-74 hm. %. Barevnost je dána iontovými barvivy. Při tvorbě mozaik byly používány hlavně mozaikové kameny vyrobené z nezakaleného skla, ale v menší míře se setkáváme i se sklem zakaleným. Zákaly u těchto skel jsou způsobeny rozptýlenými částicemi ve hmotě skla a jsou na bázi fluoridů (fáze jako NaF , CaF_2), fosforečnanů ($\text{NaCa}(\text{PO}_4)$) nebo jejich kombinace ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$).

Sintrované kostky (20x20 mm)

I u těchto kostek lze sklo charakterizovat jako sodno-draselno-vápenaté, ale oproti předchozí skupině je obsah oxidu sodného nižší (kolem 7,5 hm. %). Obsahy oxidu draselného jsou zhruba do 7 hm. %. Vyšší obsah byl stanoven pro oxid vápenatý v koncentracích až 15 hm. %. Tento oxid ve skle působí jako stabilizátor a spolu s oxidem křemičitým a zinečnatým kladně ovlivňuje chemickou odolnost tohoto skla. Množství oxidu zinečnatého ve skle bylo vyšší

(kolem 6 hm. %). Tyto kostky se vyráběly pouze v zakalené formě, nalezenou fází byl fluorid vápenatý (CaF_2). Syté zákaly byly ve skle vyvolány jeho vyšší koncentrací (až 4 hm. %). Ten se do skla vnáší většinou jako kryolit ($\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$) nebo kazivec (CaF_2).

Sklo používané v 2. pol. 20. století

V tomto období byla připravována široká škála barevných skel, jejíž původ je spojen s dílnou ÚÚŘ a českou výrobou. Skla lze rozdělit na dvě základní skupiny podle obsahu oxidu olovnatého: (a) skla obsahující tento oxid v desítkách procent a (b) skla, kde detekován nebyl. Obsahy oxidů alkalických kovů a alkalických zemin jsou velice proměnlivé, zrovna tak obsahy oxidu křemičitého. Je zřejmé, že tato skla jsou výsledkem mnoha experimentálních taveb a nebyl používán jeden převažující typ skla/sklářského kmene jako v případě mozaiky prefabrikované. Rozmanitost byla nalezena i u zakalujících částic, které byly na bázi antimonu ($\text{Ca}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$), fluoridů (NaF i CaF_2), fosforečnanů $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{PO}_4)\text{F}$. Proměnlivé jsou i obsahy oxidu zinečnatého, které jsou nalézány hlavně u skel v odstínech žluté, oranžové a červené, což souvisí se vznikem barevnosti u těchto skel (detekováno kadmium ve formě molekulárních barviv - sulfidů či selenidů kademnatých).

Současná skla dovážená z Itálie

Skupinu těchto skel můžeme rozdělit na skla bez zákalu a skla zakalená. Složení vzorků skel analyzovaných v rámci *první skupiny (bez zákalu)* je poměrně rozdílné, zastoupena jsou skla se srovnatelným obsahem oxidu sodného a draselného (kolem 11 hm. %), ale i skla, u kterých je obsah oxidu draselného mnohem nižší - kolem 7,5 hm. % nebo téměř nulový. U skel s obdobným obsahem oxidu sodného a draselného byly nalezeny velmi nízké koncentrace oxidu vápenatého (do 0,5 hm. %). Ten je naopak u skel s nižším obsahem oxidu draselného kolem 6 hm. %. Oxid zinečnatý byl opět nalezen u skel v odstínech žluté, oranžové a červené.

Mezi *zakalenými skly* byla majoritně zastoupena skla s poměrně vysokým obsahem oxidu sodného (14-18 hm. %) a nízkými obsahy oxidu draselného a vápenatého (K_2O často do 1 hm. %, CaO do 2 hm. %). Jako v případě secesního skla (také dováženého z Itálie) je i v tomto skle ve vyšších koncentracích přítomen oxid olovnatý. Zrovna tak jsou skla kalena částicemi

na bázi antimonu (nalezena i skla kalená fluoridy). Lze konstatovat, že složení secesních a těchto současných materiálů italského původu je velmi podobné.

Shrnutí:

Na základě provedených chemických analýz skla a krystalických fází bylo možné vzorky lépe charakterizovat. Potvrdil se předpoklad o souvislosti mezi rozdílným složením skel a jejich tvarovou typologií, kdy prefabrikované mozaiky vykazují užší interval koncentrací pro jednotlivé oxidy. Značná variabilita ve složení byla nalezena u materiálu, který byl používán v 2. polovině minulého století a představuje produkt českých dílen/skláren. Hodnocený materiál pocházející z Itálie (skla používaná dílnou V. Foerster a skla současná) je velice podobný, co se týče tvarů kostek i chemického složení. Tento výsledek je pro restaurování mozaik z období secese velice pozitivní, protože je možné nově vyrobené kostky dobře využít v případě nutnosti doplnění starších mozaik.

Použitá literatura

- 1 Hetteš, K., O původu skla svatovítské mozaiky v Praze. *Zprávy památkové péče* **1958**, 18 (1-2), 22-30.
- 2 Jurek, K.; Peřina, V., Příčina koroze mozaiky "Poslední soud" na chrámu sv. Víta v Praze. In *Historické sklo*, 1st ed.; Černá, E., Ed.; Městské muzeum v Čelákovících: Čelákovice, 2003; 111–117.
- 3 Pique, F.; Stulik, D. (eds.), Conservation of the Last Judgement: Mosaic St. Vitus Cathedral, Prague, GCI, 2004.
- 4 Foersterová, M., Pravda o české mozaice. *Národní listy* 19.8., **1939**, str. 4.
- 5 Čtyroký, V., Česká mozaika. *Sklářské rozhledy* **1941**, 18 (8), 145-153.
- 6 Tesař, F.; Klouda, A., *Mozaikářství : učební text pro 1. až 3. ročník učebního oboru mozaikář: učební text pro střední odborná učiliště* 1. vyd.; SNTL: Praha, 1988; 141 stran.
- 7 Langhamer, A., Minulost a přítomnost skleněné mozaiky v Čechách. *Sklář a keramik* **2003**, 53 (4-5), 72-78.

8 Langhamer, A. Hold sklu 2010.

<https://www.facebook.com/Artproject.for.Future/posts/482069615154199> (staženo 9.4.2015).

9 Vicherková, V. Novodobá česká mozaika jako výtvarný prostředek a společenský výraz. Bakalářská práce, Univerzita Karlova, Praha, 2008.

10 Höferová, J. Technologický vývoj mozaikářského řemesla. Diplomová práce, Univerzita Karlova v Praze, Praha, 2012.

11 Adlerová, A.; Hlaveš, M.; Tesař, M., Skleněná mozaika. In *Historie sklářské výroby v českých zemích*, 1. vyd. ed.; Kirsch, R., Ed.; ACADEMIA: Praha, 2003; Vol. II/2, 404–407.

12 Fanderlík, I., *Barvení skla*, 3. vyd.; Glass centrum SUPŠ sklářská Valašské Meziříčí: Valašské Meziříčí, 2009; 487 stran.

13 Smrček, A.; Voldřich, F., *Sklářské suroviny*, 1. vyd.; INFORMATORIUM: Praha, 1994; 387 stran.