



**VYSOKÁ ŠKOLA  
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ  
V PRAZE**

## **Vyhodnocení analýz vzorků skel z Kunčic pod Ondřejníkem a Bystré**

Zadavatel:

Mgr. Aleš Knápek

ředitel

Muzeum Novojičínska, příspěvková organizace

28.října 12,

741 11 Nový Jičín

e-mail: [ales.knapek@muzeumnj.cz](mailto:ales.knapek@muzeumnj.cz)

Vypracovala:

**doc. Dr. Ing. Dana Rohanová**

Ústav skla a keramiky

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Technická 5

166 28 Praha 6

Tel.: 220 444 221

e-mail: [dana.rohanova@vscht.cz](mailto:dana.rohanova@vscht.cz)

## Vyhodnocení analýz

Vzorek draselno-vápenatého skla **Bystré - potok (A9, XRF)** byl vyroben **gotickou** technologií a z analyzovaných vzorků je nejstarší. Můžeme jej označit jako typ regionální gotika I (RG I). Vyznačuje se nízkým obsahem  $\text{SiO}_2$  (cca 59 hm. %) a vysokým obsahem alkálií – hlavně  $\text{K}_2\text{O}$ . Druhý analyzovaný vzorek vápenato-draselného skla (**A8, SEM/EDS**) ze **sklářské píšťaly** (patrně sklářská dílna **Kunčice pod Ondřejníkem**) patří k **renesančním** sklům. Zde je obsah  $\text{SiO}_2$  mírně vyšší oproti gotickému sklu (64 hm. %) a ve složení se navíc objevil i oxid sodný (2,5 hm. %  $\text{Na}_2\text{O}$ ), který souvisí s přidavkem kuchyňské soli ( $\text{NaCl}$ ) jako čeriva. Obsah  $\text{P}_2\text{O}_5$  je 0,5 hm. %, což velmi dobře koreluje s výsledky uvedenými v publikaci (Sedláčková, Rohanová et al. 2016, 237). Nejmladším sklem je **barokní** okenní draselno-vápenaté sklo z Bystré (**A1, SEM/EDS**). Obsah  $\text{SiO}_2$  je poměrně vysoký (až 72,3 hm. %). Pro barokní skla je charakteristický přídavek arzeniku. Jednotlivé použité technologie a období, po které byly u nás využívány, jsou popsány níže. Analýzy jsou uvedené v příložené tabulce chemického složení.

## Gotická technologie

**Gotická, draselno-vápenatá skla** (14.–1. pol. 16. století) byla vyráběna v jednoduchém poměru surovin. I když se z tohoto období žádné receptáře nedochovaly, naše výpočty a experimentální tavby s historickými surovinami potvrdily, že na jeden hmotnostní díl písku byl vážen jeden díl alkálií taviv (Pánová et al. 2020). U nás se od počátku systematické výroby (14. století) se používaly dva druhy alkálií: bukový popel<sup>1</sup> a potaš ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ )<sup>2</sup>. Poměr popela a potaše mírně varioval a proto jsme gotická skla rozdělily na dvě podskupiny. U skel, která označujeme jako **regionální gotika I** (dále **RG I**), bylo použito mírně více potaše na úkor popela (Rohanová et al. 2024). U skel, která označujeme jako **regionální gotika II** (dále **RG II**) bylo přidáno méně potaše a více bukového popela, ale poměr hlavních surovin zůstal zachován. Poměr  $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O}$  byl u skel typu RG II většinou blízký jedné. Skla typu RG II se také vyznačují vyšším obsahem  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Toto bylo způsobené jednak vyšším podílem popela, ale v části nálezů to bylo způsobeno **popelem z německých zemí**. V německých zemích se bukový popel vyznačoval vyšším

---

<sup>1</sup> Použití bukového popela v českých zemích jsme s jistotou potvrdili laboratorními tavbami modelových skel s využitím bukového popela a z něj – námi – připravené potaše. Chemická složení modelových a archeologických skel se shodují.

<sup>2</sup> V období praktikování gotické technologie (např. v Čechách od počátku 14. do poloviny 16. století) se potaš ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) přidávala do sklářského kmene přibližně v poměru k bukovému popelu 1:2. Ve složení skla se to projevuje vysokým obsahem  $\text{K}_2\text{O}$  (až kolem 20 hm. %).

obsahem fosforu, oproti popelům z našeho území (Drahotová a kol. 2005, 425–429). Skla typu **RG II** se objevují například v nálezech z Chrudimi nebo Brna, ale v mnohem menší míře oproti sklům RG I (cca 10 % z celkového počtu gotických skel). Více se vyskytují v oblasti západních Čech (Zlámalová Cílová, Gelnar 2018), nebo v německých zemích (Wedepohl 1997; Wedepohl 2012, 129, Tab. 3).

### Renesanční technologie

**Renesanční technologie** převládala ve střední Evropě od poloviny 16. až do konce 17. století. Renesanční skla můžeme charakterizovat jako **vápenato-draselná** s malým obsahem  $\text{Na}_2\text{O}$ . Renesanční technologie plynule navázala na technologii **gotickou**, avšak v renesančním sklářském kmeni se množství **potaše** ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) **zásadně zredukovalo**. Potaš byla **částečně nahrazena vápencem** ( $\text{CaCO}_3$ ). Renesanční sklářský kmen tedy sestával ze **tří základních surovin**: sklářský písek (výjimečně křemenné oblázky), bukový popel a potaš a malý přírůstek vápence. Od konce 16. století byla technologie dále obohacena **přídavkem čeřiva**, chloridu sodného (**NaCl**).<sup>3</sup> Odbarviva zatím nebyla využívána.<sup>4</sup> Hmotnostní **poměr** sklotvorné suroviny ( $\text{SiO}_2$ ) a taviv (alkálie – bukový popel, potaš a vápenec) byl, stejně jako v gotice, udržován na úrovni **1:1**. (Pánová et al. 2020) Renesanční skla se, oproti gotickým sklům, vyznačují vyšším obsahem  $\text{SiO}_2$  (62 - 68 hm. %). Renesanční sklářské kmeny používané ve střední Evropě byly jednotné, měli stejné poměry surovin (Frolík, Musil, Rohanová et al. 2024, 522-524). Chemické složení skel se mírně lišilo hlavně díky použitým lokálním surovinám a samozřejmě i díky mírným odchýlkám v jejich množství.

### Barokní technologie

V období baroka (od konce 17. století až do 1. poloviny 18. století) se na našem území sklářská technologie velmi zásadně změnila. Do sklářského kmene se již nepřidával surový bukový popel, ale pouze jeho výluh – potaš. Přetrval přírůstek vápence, jako druhé alkalické suroviny (Sedláčková, Rohanová et al. 2016, 233). Barokní sklářský kmen byl razantně změněn a podíl alkalických surovin se oproti gotickému a renesančnímu kmenu snížil na polovinu. Tento

---

<sup>3</sup> Čeřivo slouží pro odstranění rozpustných i nerozpustných plynů ze skloviny v závěru tavicího procesu. Přídavek NaCl byl dříve praktikován v německých zemích a do střední Evropy se dostal až v renesanci. Pokud je ve skle kolem 0,3 hm. %  $\text{Na}_2\text{O}$ , sůl byla pravděpodobně již přidána, protože bukový popel  $\text{Na}_2\text{O}$  neobsahuje.

<sup>4</sup> Zajímavé ale je, že samotný bukový popel obsahuje poměrně velké množství manganu. Pokud by bukový popel neobsahoval mangan, skla utavená v období gotiky a renesance by byla tmavě zelená.

poměr byl nastavený na 1 díl písku a 0,5 dílu alkálií<sup>5</sup>. Sklo se i v baroku čeřilo pomocí NaCl. Novinkou byl **přídavek arzeniku** (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), který sklo nejenom čeřil, ale i odbarvoval. V některých barokních sklárnách se do kmene začal přidávat i burel (MnO<sub>2</sub>), tzv. sklářské mýdlo. Burel měl sklo odbarvit, ale velmi často vidíme, že barokní skla mají lehce nafialovělý nádech, protože obdarování nebylo zcela zvládnuté. **Barokní skla** se vyznačují **vyšším obsahem SiO<sub>2</sub>** (kolem 70 hm. %) a poměr CaO/K<sub>2</sub>O mají nižší než jedna, můžeme je charakterizovat jako **draselno-vápenatá**. Skla s přídavkem arzeniku nazýváme **křišťálová**.

### Seznam literatury

Olga Drahotová et al.: Historie sklářské výroby v českých zemích I.: Od počátků do konce 19. století. Academia Praha 2005. ISBN 80-200-1287-7.

Frolík Jan, Musil Jan, Rohanová Dana et al: Regional glass production and imports in Central Europa in the 13th - 18th centuries. Part II: Chrudim. (Helebrant A., Ježdíková, D., Pánová K., Sedláčková, M., Vaďurová, K., Vepřeková, J.), Univerzita Pardubice, 2023. ISBN 978-80-7560-490-3.

Karolína Pánová, Dana Rohanová, Simona Randáková: Modeling of Bohemian and Moravian glass recipes from Gothic to Baroque periods. Heritage Science 8, 2020, article no. 117. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00459-z>.

Dana Rohanová et al., (Hedvika Sedláčková, Sylwia Siemianowska, Pavel Staněk, Aleksandra Pankiewicz): Regional glass production and Imports in Central Europe in the 13<sup>th</sup> - 18<sup>th</sup> centuries. Part I: Brno and Wrocław. Archaia Brno, UCT Prague 2024.

Hedvika Sedláčková, Dana Rohanová et al.: Renaissance and Baroque Glass from the Central Danube Region. Brno 2016. ISBN 978-80-905546-5-8.

Karl Hans Wedepohl: Chemical composition of medieval glass from excavation in West Germany. Glastechnische Berichte Glass Sci. Technol. 70, 1997/8, 246–255.

Karl Hans Wedepohl: Beispiele von Soda-Kalk-Glas, Soda-Asche-Glas und Holzasche Glas. In: Clemens-Steppuhn 2012, 123–129.

Zuzana Zlámalová Cílová, Michal Gelnar: Chemické analýzy skel z naleziště středověké sklárny na k. ú. Naděje v Lužických horách. Historické sklo 6, 2018, 105–113.

V Praze, 17. duben 2024



---

<sup>5</sup> Jistě musela nastat dramatická změna v konstrukci sklářských pecí a musela se dosahovat vyšší výhřevnost, protože toto sklo se tavilo při vyšších teplotách.

Tabulka chemických složení skel: **Kunčice pod Ondřejníkem a Bystré**, od gotiky po baroko SEM/EDS a XRF [hm. %].

Číslo	Tvar	Obrázek	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	MnO	FeO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O	Typ skla	Datace/ poznámka
A9/ *XRF	Bystré/ potok	?	58,9	1,2	12,3	17,0	0,2	2,1	0,6	0,5*	1,1	n.d.	0,1	0,2	n.d.	K <sub>2</sub> O- CaO- SiO <sub>2</sub>	14. st. – 1. pol. 16. století Regionální gotika I
A8/ SEM/EDS	Kunčice p O./ od píšťaly	?	64,0	2,1	13,5	13,4	<b>2,5</b>	2,4	0,5	0,2	0,5	n.d.	0,2	n.d.	0,6	CaO=K <sub>2</sub> O- SiO <sub>2</sub> /přídavek NaCl	2. pol. 16. – ¼ 17. století Renesanční sklo
A1 SEM/EDS	Bystré/ Okenní sklo	?	72,3	0,5	10,7	12,7	0,2	n.d.	0,3	0,2	n.d.	<b>1,9</b>	0,1	0,6	0,1	K <sub>2</sub> O-CaO- SiO <sub>2</sub> /přídán arzenik	¼ 17. – 1. pol. 18. století Barokní sklo

n.d. - not detected; FeO\* bylo měřeno pomocí XRF a bylo uvedené jako Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> jsem u skel měřených SEM/EDS neuložila, nenachází se tam.