

ODBORNÉ VZDĚLÁVÁNÍ ÚŘEDNÍKŮ  
PRO VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY  
OCHRANY OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE

# Výroba skla, včetně skleněných vláken

**Ing. Renata Beranová**



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Co se možná dozvíte

- Historie technologie
- Charakteristika skla
- Typy skel
  - dle složení
  - dle výroby
- Popis technologického procesu výroby skla
  - vstupní suroviny
  - hlavní a vedlejší produkty
  - technologická zařízení
  - významné technické parametry, fyzikálně-chemické souvislosti



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Co se možná dozvíte

- Popis vlivu technologie na ovzduší
- Zařízení na snižování emisí
  - primární
  - sekundární
- Legislativa
- Povinnosti provozovatele zdroje
  - provozovat s povolením
  - vedení provozní evidence
  - emisní monitoring
  - dodržování emisních limitů a technických podmínek provozu zařízení



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Přínos pro posluchače

- Budete po absolvování kurzu schopni určit technologii.
- Budete znát základní technologické postupy pro jednotlivé technologie.
- Budete znát technické možnosti na omezování emisí pro jednotlivé emise.
- Budete znát klasifikaci dle platné legislativy.
- Budete znát povinnosti provozovatelů zdroje dle platné legislativy
- Dokážete pracovat se stanovenými emisními limity

# Historie

## Svět

- 3300 př.n.l. - výroba skla Egypt
- 1900 př.n.l. - lahve a sklenice
- Středověk - rozkvět sklářství
- 1688 - 1. továrna s výrobou litého skla Francie



## Česko

- 11. století - počátky sklářství
- 17. století - rozmach za císaře Rudolfa II



# Charakteristika skla

## *Sklo*

Sklo je společný termín pro neomezenou řadu materiálů rozdílného složení ve skelném stavu. Výraz se používá ve vztahu ke stavu anorganické látky, která může být považována za pevnou, ale která má vlastnosti velice viskózní kapaliny.

## *Vlastnosti*

- pevnost skla v tahu – nízká
- špatná tepelná vodivost



# Charakteristika skla

## Klasifikace typů skel

Podle chemického složení

- sodnovápenaté sklo,
- olovnatý křišťál a křišťálové sklo,
- boritokřemičité sklo
- speciální skla.

Dle způsobu výroby

- obalové sklo
- ploché sklo
- nekonečné skleněné vlákno
- domácenské (užitkové) sklo
- speciální (technické) sklo (včetně skla vodního)
- minerální vlna (s dvěma pododvětvími - skleněná vlna a horninová vlna)
- keramické vlákno
- frity



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Technologie výroby skla

Základní výrobní činnosti výroby skla zahrnují přímo navazující procesy, které mohou ovlivňovat emise nebo znečištění.

- manipulace se surovinami a jejich skladování
- mísení a doprava
- tavení a čerění
- Tvarování
- Chlazení
- povrchové vrstvy včetně použití pojiv a lubrikantů
- povrchové zušlechtění
- vytvrzování a sušení
- mletí
- strojní opracování, řezání a balení



# Manipulace se surovinami, skladování, mísení

## Suroviny

- **Sklotvorné materiály**
  - Křemičitý písek,
  - **Střepy** z výroby, střepy ze spotřebitelského sběru
- **Polotovary a modifikátory:**
  - **Kalcinovaná soda** ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), **vápenec** ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomit ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), živec, nefelín, uhličitan draselný, kazivec, oxid hlinitý, oxid zinečnatý, oxid olovnatý, uhličitan barnatý, čedič, bezvodý síran sodný, síran vápenatý a sádra, síran barnatý, dusičnan sodný, dusičnan draselný, materiály obsahující bor (např. borax, kolemanit, kyselina boritá), oxid antimonitý, oxid arsenitý, vysokopecní struska (směs křemičitanu vápenatého, hlinitého a hořečnatého a siřníku železa)
- **Barviva/Odbarviva:**
  - Chromitan železitý ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ), oxid železa ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), oxid kobaltu, selen/seleničitan zinečnatý



# Prvky používané k ovlivnění barvy

Modrá	Co,
Zelená	dvojchroman, Cu
Ambr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , S, grafit nečeří se antimonem ale sulfátem
Citrín	Ti, Ce
Rubín	Se, Sb, Zn
Červená	Au
Fialová světlá	Ne
Fialová – tmavá	Mn ( nesmí přijít Sb)
Kouř	Ni
Ametyst	Mn
Aquamarín	Co, Cu
Černá	burel MnO <sub>2</sub> , Cr
Kouřová šedá	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , NiO, CuO, MnO
Ametyst	MnO
Montan safír	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , NiO, CuO, CoO
Safír	CoO
Akvamarin	CoO, CuO
Peridot	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CuO, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Emerald	CuO, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Olivín	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Jonkvil	CeO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub>
Kouřový topas	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, CeO <sub>2</sub>
Topas	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , mouka, síra
Roza	zlato
Rubín, granát	CdS + Se

# Odbarvování skla

1. společně Se + Ni + Co
2. Er - moderní a drahé

Materiály obsahující fluor (např. kazivec  $\text{CaF}_2$ ) se používají k výrobě opakních předmětů vytvořením krystalů ve skle, které ho učiní zakaleným a opakním. Fluoridy se rovněž používají při výrobě textilního nekonečného vlákna k optimalizaci povrchového napětí a tekutosti, což podporuje rozvlákňování a snižuje rozbitnost vlákna.

# Technologie

- **Tavení, čerání, sejítí**
- **Tvarování (např. plavicí lázeň, válcování, lisování, foukání, rozvlákňování, chlazení frity),**
- **Chlazení (např. chladicí pece a tvrzení)**

Výroba skla je velice energeticky náročná - hlavní energetické zdroje

- zemní plyn
- topný olej
- elektřina

Tavení, mísení jednotlivých surovin při vysoké teplotě a vytvoření skloviny, je hlavní fází výroby skla. Existuje řada způsobů tavení skla, které závisejí na požadovaném výrobku, jeho konečném použití, na provozu a na komerčních požadavcích. Podle nich se volí složení skla, suroviny, technika tavení, výběr paliva a velikost pece.

# Tavení

Tavení je kombinace chemických reakcí a fyzikálních procesů. Tavení lze rozdělit do několika fází, které vyžadují velice pečlivou kontrolu.

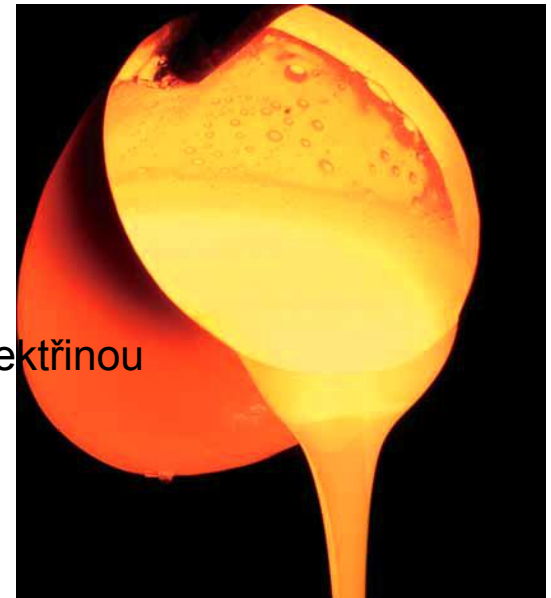
- **Primární tavení** do teplot cca 1300 °C
- **Čeření a homogenizace** do teplot cca 1650 °C dle tytu skla
- **Sejití** teploty cca 900 - 1300 °C

## Typy tavících agregátů

- Regenerativní pece
- Rekuperativní pece
- Kyslíkopalivové otápění
- Elektrické pece
- Kombinované tavení fosilním palivem a elektřinou

## Technologie tavení

- Diskontinuální tavení
- Kontinuální tavení



# EMISE

Hlavním ekologickým problémem jsou pro sklářský průmysl emise do vzduchu a spotřeba energie. Výroba skla je vysokoteplotní energeticky náročná činnost, z níž vyplývají emise produktů spalování a oxidace atmosférického dusíku za vysoké teploty, tj. např. oxid siřičitý, oxid uhličitý a oxidy dusíku. Emise z pecí také obsahují prach a menší množství kovů.



# Shrnutí emisí, vznikajících při tavení, do ovzduší

- TZL
  - Kondenzace těkavých složek kmene.
  - Úlet jemného materiálu z kmene.
  - Produkt spalování některých fosilních paliv.
- Oxidy dusíku
  - Tepelný NOx způsobený vysokými teplotami tavicí pece.
  - Rozklad sloučenin dusíku v kmeni.
  - Oxidace dusíku obsaženého v palivech.
- Oxidy síry
  - Síra v palivu.
  - Rozklad sloučenin síry v kmeni.
  - Oxidace sirovodíku v šachtových pecích.
- Chloridy/HCl
- Fluoridy/HF
- Těžké kovy  
(V, Ni, Cr, Se, Pb, Co, Sb, As, Cd)
- Oxid uhličitý
- Oxid uhelnatý
- Sirovodík
- Přítomny jako nečistota v některých surovinách, zvláště synteticky připravený uhličitán sodný.
- NaCl použitý jako surovina u některých speciálních skel.

## Shrnutí emisí, vznikajících při tavení, do ovzduší

TZL	Kondenzace těkavých složek kmene. Úlet jemného materiálu z kmene. Produkt spalování některých fosilních paliv.
Oxidy dusíku	Tepelný NO <sub>x</sub> způsobený vysokými teplotami tavicí pece. Rozklad sloučenin dusíku v kmeni. Oxidace dusíku obsaženého v palivech.
Oxidy síry	Síra v palivu. Rozklad sloučenin síry v kmeni. Oxidace sirovodíku v šachtových pecích.
Chloridy/HCl	Přítomny jako nečistota v některých surovinách, zvláště synteticky připravený uhličitan sodný. NaCl použitý jako surovina u některých speciálních skel.
Fluoridy/HF	Přítomny jako minoritní nečistota v některých surovinách. Přidané jako surovina při výrobě smaltových frit k ovlivnění určitých vlastností finálního výrobku. Přidané jako surovina při výrobě nekonečného skleněného vlákna a v některých sklářských kmenech ke zlepšení tavení nebo k ovlivnění některých vlastností skla, např. opalescence. Tam, kde se fluoridy přidávají ke kmeni, hlavně jako kazivec, může být neřízený únik velice vysoký.



## Shrnutí emisí, vznikajících při tavení, do ovzduší

<p>Těžké kovy (V, Ni, Cr, Se, Pb, Co, Sb, As, Cd)</p>	<p>Přítomny jako minoritní nečistoty v některých surovinách, ve střepech ze spotřebitelského sběru a v palivech. Použité v tavidlech a barvivech při výrobě frity (zvláště olovo a kadmium). Použité v některých složeních speciálních skel (např. olovnatý křišťál a některá barevná skla). Selen se používá jako barvivo (bronzové sklo) nebo odbarvivo u některých čirých skel.</p>
<p>Oxid uhličitý</p>	<p>Produkt spalování. Emitovaný po rozkladu uhličitánů ve kmeni (např. kalcinovaná soda, vápenec).</p>
<p>Oxid uhelnatý</p>	<p>Produkt neúplného spálení, zvláště v šachtových pecích.</p>
<p>Sirovodík</p>	<p>Vzniklý ze síry v surovinách nebo palivu v šachtových pecích v důsledku redukčních podmínek v částech pecí</p>

# Snižování emisí

## Částice – tuhé znečišťující látky

- primární opatření
- sekundární opatření
  - elektrostatické odlučovače
  - textilní filtry

## Oxidy dusíku (NOx)

- primární opatření
- sekundární opatření
  - chemická redukce palivem,
  - selektivní katalytická redukce
  - selektivní nekatalytická redukce

## Oxidy síry (SOx)

- primární opatření
  - výběr paliva
  - složení kmene
- sekundární opatření
  - čištění kyselého plynu



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚŠTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Snižování emisí

## Fluoridy (HF), chloridy (HCl)

- primární opatření
  - složení kmene
- sekundární opatření
  - čištění plynu

## Kovy

- sekundární opatření
  - čištění plynu

Kovy II	Kovy I
arsen	antimon
kobalt	olovo
nikl	mangan
selen	měď
chrom	vanad
kadmium	cín

# Snižování emisí - Manipulace se surovinami, skladování, mísení

Míchání kmene bývá odsáváno přes filtry na záchyt TZL, případně bývají odsávána sila

Příklady použitých filtračních zařízení

- Herding filtrační technika - Filtrační jednotky typ HSL
- ZVVZ a.s. Milevsko - tkaninový filtr FKC 4/140
- Vzduchotechnik Chrastava - Filtr POC 20/30-JET (u menších skláren)



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Snižování emisí - tavení

## Typy filtračních zařízení

### • Záchyt TZL

- Filtry FVU – textilní filtry
- Herding
  - Typ SLF – dřívější výrobní program
  - Filtrační jednotky typ TLF
- ZZN k.p. Praha, strojírna Uhlířské Janovice
  - Filtr FV - 25,

### • Použití kyselého čištění

- Filtry LÜHR
- EWK
- INTERPROJEKT GmbH, Německo



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Snižování emisí

Tabulka pro porovnání měření rok 2005, bez filtrace, ale obě vany, topas (není nitrátové čerění, redukční prostředí), olivín, utaveno 5,104 t sklovin za 24 hodin, 2008 – kyslíkové tavení, filtr FVU, jedna vana, utaveno 2,4 t skloviny

Emise	Limit		Rok 2008		Rok 2005	
	[mg/m <sup>3</sup> ]	[g/hod]	Koncentrace [mg/m <sup>3</sup> ]	Hmotnostní tok [g/hod];	Koncentrace [mg/m <sup>3</sup> ]	Hmotnostní tok [g/hod]
CO	800/800	>5000	9,9	40	65,8	167
NO <sub>x</sub>	1100/1100	2 x Nitrátové čerění	85,3	341	744,3	1886
SO <sub>2</sub>	500/500		7,8	31	83,2	211
HCl	100/100	≥50	5,24	7,4	28,8	73,09
HF	50/50	≥50	9,4	38	20,2	51,26
TZL	60/150	<2500	0,52	2,1	48,4	123

# Snižování emisí

Emise	Limit		Rok 2008		Rok 2005	
			Koncentrace	Hmotnostní tok	Koncentrace	Hmotnostní tok
	[mg/m <sup>3</sup> ]	[g/hod]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[g/hod]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[g/hod]
As			0,0014	0,005	0,121	0,31
Cd			0,0014	0,005	0,023	0,06
Co			0,0014	0,005	0,007	0,02
Cr			0,0015	0,006	0,17	0,43
Cu			0,0034	0,014	0,007	0,02
Mn			0,0055	0,022	0,025	0,06
Ni			0,0011	0,005	0,016	0,04
Pb	5		0,0014	0,005	0,161	0,41
Sb			0,0036	0,014	0,021	0,05
Se			0,0021	0,008	0,096	0,24
Sn			0,0014	0,005	0,005	0,01
V			0,0021	0,008	0,008	0,02
Kovy I (2.22)	10/10	≥50	0,017	0,07	0,227	0,58
Kovy II (2.23)	5/5	≥10	0,009	0,04	0,434	1,1

# Legislativa

Technologie je dle přílohy č. 2 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší (dále jen zákon o ochraně ovzduší) uvedeným zdroje, na jehož provoz se vztahují povinnosti provozovatele stacionárního zdroje uvedené v § 17 zákona o ochraně ovzduší - Vyjmenované stacionární zdroje.

Sloupec A - je vyžadována rozptylová studie podle § 11 odst. 9

Sloupec B - jsou vyžadována kompenzační opatření podle § 11 odst. 5

Sloupec C - je vyžadován provozní řád jako součást povolení provozu podle § 11 odst. 2 písm. d)

kód		A	B	C
	Výroba skla, včetně skleněných vláken			
5.3.	Výroby skla, vláken, sklářských výrobků, smaltovacích a glazurovacích frit a skla pro bižuterní zpracování	X		X
5.4.	Výroba kompozitních skleněných vláken s použitím organických pojiv	X		X
5.5.	Zpracování a zušlechťování skla (leštění, malování, mačkání, tavení z polotovary nebo střepů, výroba bižuterie a jiné) o projektované kapacitě vyšší než 5 t zpracované skleněné suroviny ročně	X		X
5.6.	Chemické leštění skla	X		X



# Legislativa

Emisní limity [mg/m <sup>3</sup> ]					O <sub>2R</sub> [%]	Vztažné podmínky
TZL	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	jiné		
4.2.1. Výroby skla, vláken, sklářských výrobků, smaltovacích a glazurovacích frit a skla pro bižuterní zpracování o projektované kapacitě tavení vyšší než 150 t/rok (kód 5.3. dle přílohy č. 2 zákona)						
100 <sup>1)</sup> 50 <sup>2)21)</sup>	500 <sup>3)</sup> 1600 <sup>4), 21)</sup>	2000 <sup>5)</sup> 1000 <sup>6)</sup> 1200 <sup>7), 8)</sup>	800 <sup>9)</sup>	5 <sup>10), 11)</sup> 2 <sup>12)</sup> 50 <sup>13)</sup> 30 <sup>14)</sup>	8 <sup>15)</sup> 13 <sup>6), 16)</sup>	A
4.2.2. Výroby skla, vláken, sklářských výrobků, smaltovacích a glazurovacích frit a skla pro bižuterní zpracování o projektované kapacitě tavení nižší než 150 t/rok včetně (kód 5.3. dle přílohy č. 2 zákona)						
100 <sup>1)</sup> 50 <sup>2)</sup>	500 <sup>3)</sup> 1600 <sup>4)</sup>	2000			13 <sup>16)</sup>	A
4.2.3. Výroba kompozitních skleněných vláken s použitím organických pojiv (kód 5.4. dle přílohy č. 2 zákona)						
50 <sup>17)</sup> 75 <sup>18)</sup>	800 <sup>3)</sup> 1600 <sup>4)</sup>	2000		50 <sup>19)</sup>		C
4.2.4. Zpracování a zušlechťování skla (tavení z polotovarů nebo střepeů, výroba bižuterie, aj.) (kód 5.5. dle přílohy č. 2 zákona)						
100 <sup>20)</sup>		500 <sup>20)</sup>	800 <sup>20)</sup>			A



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Legislativa

Povinnosti provozovatelů např.:

- Uvádět do provozu a provozovat stacionární zdroj v souladu s povolením k provozu a s podmínkami pro provoz stacionárního zdroje
- Zjišťovat úroveň znečišťování
- Dodržovat emisní limity, emisní stropy, technické podmínky provozu a přípustnou tmavost kouře
- vést provozní evidenci a zpracovanou SPE zaslat přes ISPOP

Podmínky provozu zdroje jsou dány vyhláškou č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší (dále jen vyhláška).

- Přílohou č.10 vyhlášky dány náležitosti provozní evidence.
- Přílohou č.11 vyhlášky dány náležitosti souhrnné provozní evidence (dále jen SPE).
- Přílohou č.12 vyhlášky dány náležitosti provozního řádu.
- Přílohou č.8 vyhlášky pro Ostatní stacionární zdroje jsou dány specifické emisní limity

Způsob provádění měření je dán § 3 vyhlášky, provádí se jedenkrát za kalendářní rok pro všechny zdroje (vyjma uvedených dále) pro látky, pro které jsou stanoveny emisní limity k plnění.

Jedenkrát za tři roky pro zdroje dle § 3 odst. 2 písm. b) vyhlášky pro body:

8. stacionární zdroje uvedené v příloze č. 8 v části II bodu 4.2.2. (výroba skla s kapacitou  $\leq 150$  t),
9. stacionární zdroje uvedené v příloze č. 8 v části II bodu 4.2.4. (zpracování a zušlechťování skla),
10. u stacionárních zdrojů uvedených v příloze č. 8 v části II bodu 4.2.5. (chemické leštění) s roční projektovanou kapacitou vyšší než 50 tun hotových výrobků

# Legislativa

Vztažné podmínky A pro emisní limit - koncentrace příslušné látky při normálních stavových podmínkách v suchém plynu, někdy s udáním referenčního obsahu některé látky v odpadním plynu, obvykle kyslíku,

Vztažné podmínky C pro emisní limit - koncentrace příslušné látky v odpadním plynu za obvyklých provozních podmínek.

Pro technologii je zpracován BREF

<http://www.ippc.cz/obsah/CF0135>

## 4.2.5. Chemické leštění skla (kód 5.6. dle přílohy č. 2 zákona)

Emisní limit [mg/m <sup>3</sup> ]	Vztažné podmínky
HF	
5	C



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)