



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE | Pro vodu,
Fond soudržnosti | vzduch a přírodu

Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách u stacionárních zdrojů nespádajících pod BREF

VÝROBA A ZPRACOVÁNÍ SKLA

Konečná verze



OBSAH

1	Předmluva	4
1.1	Zadání pro zpracování dokumentu	4
1.2	Způsob zpracování dokumentu	5
1.3	Struktura referenčního dokumentu	5
2	Oblast působnosti	6
2.1	Stacionární zdroje zahrnuté do referenčního dokumentu	6
2.2	Související procesy a činnosti	6
2.3	Stacionární zdroje nezahrnuté do referenčního dokumentu	7
3	Techniky používané v odvětví a jejich emisní úrovně	8
3.1	Druhy skla a jejich charakteristika	8
3.1.1	Klasifikace typů skel dle chemického složení	8
3.1.2	Dělení dle způsobu výroby	9
3.2	Výroba skla, vláken, sklářských výrobků, smaltovacích a glazurovacích frit a skla pro bižuterní zpracování, kód 5.3	11
3.2.1	Úvod – technologie výroby skla	11
3.2.2	Používané techniky	14
3.2.3	Techniky snižování emisí	18
3.2.4	Základní statistika využívaných technik k omezování emisí v sektoru	23
3.2.5	Dosahované emisní úrovně	23
3.3	Zpracování a zušlechťování skla o projektované kapacitě vyšší než 5 t zpracované skleněné suroviny ročně (kod 5.5)	26
3.3.1	Používané techniky	27
3.3.2	Techniky snižování emisí	27
3.3.3	Dosahované emisní úrovně	28
3.4	Chemické leštění skla (kod 5.6)	30
3.4.1	Používané techniky	30
3.4.2	Techniky snižování emisí	30
3.4.3	Dosahované emisní úrovně	30
4	Nejlepší dostupné techniky	32
4.1	Primární (preventivní) BAT pro obecné použití	32
4.2	Specifické BAT pro kategorii stacionárních zdrojů 5.3 a 5.5 (tavení)	33
4.3	Specifické BAT pro kategorii stacionárních zdrojů 5.5	38
4.4	Specifické BAT pro kategorii stacionárních zdrojů 5.6	38
4.5	Nejlepší dostupné techniky vhodné pro podporu z OPŽP	39



4.5.1	Výroba a zpracování skla (tavení).....	39
4.6	Zpracování a zušlechťování skla.....	40
4.7	Chemické leštění skla	41
	Seznam zkratk	42
	Použité zdroje	43
	Přílohy.....	44
	Příloha č. 1: Příklad technologie kyslíko-palivového spalování v pánvové peci	44
	Příloha č. 2: Příklad určení nákladů na tkaninový filtr.....	45



1 PŘEDMLUVA

1.1 Zadání pro zpracování dokumentu

V oblasti ochrany ovzduší se desítky let kontinuálně provádí analytické a výzkumné práce. Většina z nich se zaměřuje na úroveň znečištění ovzduší, její příčiny a důsledky. Během posledních dekád ale nebyla provedena (až na výjimky) žádná souhrnná a plošná analýza technické úrovně stacionárních zdrojů, které jsou v České republice v provozu, ani obdobná analýza nových technik a technologií dostupných na trhu. Výjimku tvoří skupina spalovacích stacionárních zdrojů, kde se s ohledem na tvorbu evropského právního předpisu pro spalovací stacionární zdroje o jmenovitém tepelném příkonu do 50 MW a revizi Göteborgského protokolu, prováděla rovněž analýza technických a ekonomických aspektů regulace této skupiny stacionárních zdrojů.

Od roku 2007 se ekologizace stacionárních zdrojů staly předmětem masivní podpory z prostředků Evropské unie. Prostřednictvím Operačního programu Životní prostředí (dále také jen „OPŽP“) bylo podpořeno snížení vlivu stacionárních zdrojů na vnější ovzduší prostřednictvím necelých 2 tis. projektů. Do ekologizace stacionárních zdrojů bylo (resp. v řadě případů investice stále je) investováno cca 40 mld. Kč.

Je oprávněným zájmem Ministerstva životního prostředí, aby mělo k dispozici informace o tom, zda je podpora směřována na řešení technicky vyspělá a pokročilá. Ministerstvo životního prostředí zajímá, zda byly podporovány nejlepší dostupné techniky - ve volném významu tohoto spojení [nikoliv ve smyslu definice dle zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a o omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, dále jen „zákon o integrované prevenci“, neboť v řadě případů podporované stacionární zdroje nespádají pod integrovanou prevenci a nejlepší dostupné techniky ve smyslu právní úpravy pro ně nejsou stanoveny.

Podpora ekologizace stacionárních zdrojů má pokračovat i v dalším programovém období prostřednictvím OPŽP 2014+. Finančních prostředků je k dispozici výrazně méně, a proto musí být cíleny maximálně efektivně na velmi účinná technická opatření.

Z tohoto důvodu zadalo Ministerstvo životního prostředí v roce 2015 zpracování studie „Zpracování referenčních dokumentů o nejlepších dostupných technikách u stacionárních zdrojů nespádajících pod BREF“. Předmětem této studie bylo na základě důkladné analýzy trhu zpracovat referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách pro stacionární zdroje neuvedené v příloze č. 1 k zákonu o integrované prevenci, a tím umožnit Ministerstvu životního prostředí u zdrojů znečišťování ovzduší celkové vyhodnocení aplikace nejlepších dostupných technik v rámci prioritní osy 2 OPŽP, a dále pak usnadnit žadatelům o finanční podporu z evropských fondů na oblast ochrany ovzduší orientaci ve volbě nejefektivnějších technik za účelem zvýšení environmentálních přínosů finančních prostředků poskytovaných z OPŽP 2014+.

Z předmětu studie vyplývají rovněž její hlavní dva účely

- a. **efektivnější čerpání finančních prostředků** díky úpravě hodnocení, případně kritérií přijatelnosti v OPŽP 2014+, a
- b. **lepší orientace žadatelů v dostupných technických řešeních** prostřednictvím uceleného dokumentu popisujícího příslušné odvětví (resp. skupinu stacionárních zdrojů dle přílohy č. 2 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů, dále také jen „zákon o ochraně ovzduší“), jehož součástí je i popis a soupis zjištěných dostupných technik pro omezování znečišťování ovzduší.

Tento dokument neslouží k vymezení působnosti zákona o integrované prevenci a nemůže být takto použit. Popisované technologie mohou za určitých okolností spadat do režimu zákona o integrované



prevenci jako zařízení provozující průmyslovou činnost uvedenou v příloze č. 1 tohoto zákona nebo jako přímo spojená činnost.

1.2 Způsob zpracování dokumentu

Proces zpracování standardních BREF dokumentů prováděný dle právní úpravy EU pro oblast integrované prevence je proces několikaletý, založený na rozsáhlých mnohostranných jednáních a výměně rozsáhlých dat o provozu obrovského vzorku zařízení.

Tento postup nebyl s ohledem na vymezený časový rámec řešení projektu (pouze několik měsíců) možný. Fyzická návštěva všech stacionárních zdrojů byla neproveditelná. I při nezapočtení stacionárních zdrojů nevyjmenovaných v příloze č. 2 zákona o ochraně ovzduší, kterých je v České republice statisíce a jejichž výčet není dostupný, existuje skupina stacionárních zdrojů vyjmenovaných v příloze č. 2 zákona o ochraně ovzduší, která zahrnuje cca 46 tis. stacionárních zdrojů. V této skupině zdrojů jsou sice rovněž stacionární zdroje, které nejsou předmětem řešení projektu (jsou uvedena v příloze č. 1 k zákonu o integrované prevenci), ale i tak přesahuje představa fyzické návštěvy každého stacionárního zdroje finanční i časový rámec projektu. Z tohoto důvodu se při řešení projektu vycházelo z informací již dostupných, tj. informací dostupných především u odborných útvarů státní správy, mimo jiné Ministerstva životního prostředí, krajských úřadů, Českého hydrometeorologického ústavu a Státního fondu životního prostředí ČR.

Po zpracování vstupních dat byly dokumenty diskutovány prostřednictvím oborových svazů, mimo jiné Asociace sklářského a keramického průmyslu ČR, Česká sklářská společnost atd. Za účelem získání aktuálních informací o vývoji a dostupnosti technik byli rovněž kontaktováni výrobci technik a technologií používaných u stacionárních zdrojů ke snižování emisí znečišťujících látek.

Klíčovým prvkem přípravy dokumentů a analýzy trhu byla i rozsáhlá rešeršní práce a analýzy projektů podpořených v rámci prioritní osy 2 OPŽP.

Významné okrajové parametry řešení, např. přesné vymezení řešených stacionárních zdrojů a členění na referenční dokumenty, byly závazně odsouhlasovány ze strany zadavatele studie, tj. Ministerstva životního prostředí.

1.3 Struktura referenčního dokumentu

První částí referenčního dokumentu je kapitola *Předmluva*. V rámci této kapitoly je stručně popsáno zadání tvorby a účel referenčních dokumentů, způsob jejich vypracování a jejich struktura.

Druhá kapitola *Oblast působnosti* přesně uvádí, na které stacionární zdroje v členění dle přílohy č. 2 k zákonu o ochraně ovzduší se dokument vztahuje a které související výrobní a další procesy dokument popisuje. Současně jsou zde uvedeny stacionární zdroje, které jsou z oblasti působnosti referenčního dokumentu vyloučeny.

Třetí kapitola *Techniky používané v odvětví a jejich emisní úrovně* tvoří popis technik používaných v provozovaných stacionárních zdrojích a technik dostupných na trhu. Kapitola je tvořena primárně z informací dostupných státní správě, z dotazníkového šetření a z jednání se stakeholdery. Kapitola obsahuje rovněž okrajové podmínky stanovené v právní úpravě (specifické emisní limity, podmínky provozu).

Poslední kapitola *Nejlepší dostupné techniky pro podporu z OPŽP* tvoří souhrnný přehled nejlepších dostupných technik určených pro podporu v rámci prioritní osy 2 OPŽP 2014+.



2 OBLAST PŮSOBNOSTI

2.1 Stacionární zdroje zahrnuté do referenčního dokumentu

Tento referenční dokument zahrnuje následující skupiny stacionárních zdrojů v členění dle přílohy č. 2 k zákonu o ochraně ovzduší:

- Výroba skla, vláken, sklářských výrobků, smaltovacích a glazurovacích frit a skla pro bižuterní zpracování (kód 5.3)
- Zpracování a zušlechťování skla (leštění, malování, mačkání, tavení z polotovarů nebo střepů, výroba bižuterie a jiné) o projektované kapacitě vyšší než 5 t zpracované skleněné suroviny ročně (kód 5.5)
- Chemické leštění skla (kód 5.6)

V České republice se nachází necelých 100 skláren a sklářských provozů, které spadají pod zpracovaný referenční dokument, přičemž v některých provozech je více než jeden zdroj znečištění ovzduší (ZZO).

Typ ZZO	Počet ZZO dle REZZO celkem	Počet ZZO spadajících pod IPPC	Počet ZZO s nižší než IPPC kapacitou
Výroba skla, vláken, sklářských výrobků, smaltovacích a glazurovacích frit a skla pro bižuterní zpracování (kód 5.3)	116	45	71
Zpracování a zušlechťování skla (leštění, malování, mačkání, tavení z polotovarů nebo střepů, výroba bižuterie a jiné) o projektované kapacitě vyšší než 5 t zpracované skleněné suroviny ročně (kód 5.5)	55	5	50
Chemické leštění skla (kód 5.6)	12	4	8
Celkem	183	54	129

Tabulka č. 1: Přehled zdrojů znečištění ovzduší v kategoriích 5.3, 5.5 a 5.6

Vzhledem k tomu, že zařízení na výrobu skla s kapacitou tavení nad 20 t/den včetně souvisejících procesů a činností jsou regulována integrovanými povoleními (IPPC) a musí splňovat Evropské závěry o BAT pro sklářský průmysl, technologie popsané v tomto dokumentu jsou zaměřené na zařízení, jejichž kapacita tavení je nižší než 20 t skla za den.

S ohledem na výše uvedenou kapacitu 20 t/den, jsou popsané technologie zaměřené na střední a malosériovou výrobu užitkového skla, bižuterie, speciálního skla a frit.

Výjimečně mohou být vyráběny malosériově také speciální skleněné obaly. Nicméně jejich kapacita se bude blížit limitu 20 t/den a technologie výroby je stejná či obdobná jako u obalového skla popsaného v Evropském BREFu ve sklářském průmyslu.

2.2 Související procesy a činnosti

Procesy a činnosti související s výrobou skla a sklářských výrobků zahrnují:

- a. manipulaci se surovinami a jejich skladování
- b. mísení a dopravu surovin



- c. povrchové povlaky¹
- d. povrchové zušlechtnění (např. chemické leštění)
- e. vytvrzování a sušení
- f. mletí
- g. strojní opracování, řezání a balení
- h. skladování odpadů, manipulaci s nimi a jejich úpravu

Procesy povrchového zušlechtnění, vytvrzování a opracování spadají pod skupinu 5.5, popř. 5.6 popsané v předchozí části. Ostatní související procesy jsou v následujících částech uvedeny s ohledem na jejich příspěvek ke znečištění ovzduší a možná opatření na minimalizaci tohoto znečištění.

2.3 Stacionární zdroje nezahrnuté do referenčního dokumentu

Tento dokument nezahrnuje skupinu stacionárních zdrojů dle přílohy č. 2 k zákonu o ochraně ovzduší spadajících pod kód 5.4. (Výroba kompozitních skleněných vláken s použitím organických pojiv). Důvodem nezahrnutí tohoto typu výroby je pokrytí všech 4 ZZO režimem IPPC. Tzn., že všechny závody na výrobu tohoto typu skleněných vláken podléhají integrovaným povolením a jsou pokryty evropským BREF ve sklářském průmyslu.

Tento dokument nezahrnuje také další zařízení na výrobu skleněných vláken včetně skleněné vlny, neboť výroba skleněných vláken probíhá v zařízeních s kapacitou tavení nad 20 t/den.

¹ Používají se převážně u výroby obalového skla za účelem zlepšení vlastností výrobků; jedná se o nanášení povrchových povlaků, a to bezprostředně po vytvarování, když mají výrobky ještě teplotu více než 500°C („pokovování za horka“ – často se používá SnO₂), nebo po vychlazení („povlak za studena“ – polymerový povlak). V současné době se tyto procesy používají v ČR ve sklárnách s kapacitou tavení nad 20 t/den a proto nejsou v tomto dokumentu podrobně popsány.



3 TECHNIKY POUŽÍVANÉ V ODVĚTVÍ A JEJICH EMISNÍ ÚROVNĚ

3.1 Druhy skla a jejich charakteristika

3.1.1 Klasifikace typů skel dle chemického složení²

Nejrozšířenější je klasifikace typu skla podle jeho chemického složení, z čehož vyplývají čtyři hlavní skupiny: sodnovápenaté sklo, olovnatý křišťál a křišťálové sklo, boritokřemičité sklo a speciální skla. První tři kategorie tvoří přes 95% veškerého vyrobeného skla. Tisíce speciálních skel vyrobených z velké části v malých množstvích tvoří zbývajících 5%. S několika málo výjimkami je většina skel na bázi křemičitanů, hlavní složkou je oxid křemičitý (SiO_2).

Sodnovápenatá skla

Většina průmyslově vyráběných skel má velice podobné složení a souhrnně se nazývají skla sodnovápenatá. Typické sodnovápenaté sklo je složeno ze 71-75 % oxidu křemičitého (SiO_2 většinou z pisku), 12-16 % oxidu sodného (Na_2O z kalcinované sody Na_2CO_3), 10-15 % oxidu vápenatého (CaO z uhličitanu vápenatého CaCO_3) a z malého množství dalších složek určených k ovlivnění specifických vlastností skla. V některých sklech je část oxidu vápenatého nebo sodného nahrazena oxidem hořečnatým (MgO), resp. draselným (K_2O).

Sodnovápenaté sklo se používá na lahve, sklenice, běžné stolní sklo a k výrobě plochého skla. Tento typ skla, zejména výrobky z obalového a plochého skla jsou zpravidla vyráběny ve velkokapacitních tavicích agregátech s kapacitou tavení nad 20 t/d.

Olovnatý křišťál a křišťálové sklo

Oxid olovnatý lze použít k náhradě velké části oxidu vápenatého ve kmeni, vznikne tak sklo známé jako olovnatý křišťál. Typické složení je 54-65% SiO_2 , 25-30% PbO , 13-15% Na_2O nebo K_2O plus další různé minoritní příměsi. Tento typ složení s obsahem oxidu olovnatého nad 24 % dává sklo s vysokou měrnou hmotností a indexem lomu, tudíž sklo s vynikající brilancí a zvukem i s vynikající opracovatelností, která umožňuje vyrábět celou škálu tvarů a dekorů. Typickými výrobky je vysoce kvalitní nápojové sklo, karafy, mísy a dekorované zboží. Oxid olovnatý lze částečně nebo úplně nahradit oxidem barnatým, zinečnatým nebo sodným, čímž vznikne sklo známé jako křišťálové, které má menší brilanci než olovnatý křišťál.

Boritokřemičité sklo

Boritokřemičité skla obsahují oxid boritý (B_2O_3) a vyšší procento oxidu křemičitého. Typické složení je: 70-80 % SiO_2 , 10 – 15 % B_2O_3 , 4-8 % Na_2O nebo K_2O a 2-7% Al_2O_3 (oxid hliníkový). Skla s tímto složením vykazují vysokou odolnost vůči chemické korozi a vůči teplotním změnám (nízký koeficient tepelné roztažnosti). Jejich použití zahrnuje komponenty pro chemické procesy, laboratorní zařízení, farmaceutické obaly, svítidla, nádobí a okénka pro sporáky. Řada boritokřemičitých skel určených v malém rozsahu pro technické účely spadá spíše do kategorie speciálního skla. Dále se boritokřemičité sklo používá k výrobě skleněného vlákna. Kromě chemické odolnosti a nízkého koeficientu tepelné roztažnosti je oxid boritý důležitý pro rozvláknování skloviny.

Speciální skla

Toto je velice rozmanité seskupení, které zahrnuje specializované vysoce hodnotné výrobky vyráběné v malém objemu, jejichž složení se výrazně mění podle požadovaných vlastností konečného výrobku. Některé aplikace jsou: speciální boritokřemičité výrobky, optická skla, skla pro elektrotechnologii a

² Zdroje: <http://www.askpcr.cz/o-skle/jak-se-sklo-vyrabi/> a zdroj č.12, viz použité zdroje



elektrotechniku, obrazovky, výrobky z taveného křemene, zátavy, rentgenky, pájkové sklo, sintrované sklo, elektrody, sklokeramika.

Pro výrobu laboratorního a technického skla se používají zejména následující typy skloviny:

- **Borosilikátové sklo s nízkou teplotní roztažností** - Výrobky se vyznačují vysokou teplotní a chemickou odolností.
- **Borosilikátové sklo se střední teplotní roztažností** - Sklovina s vysokou chemickou odolností je určena zejména pro zdravotnické obaly a zkumavky.
- **Sodnodraselné sklo s vyšší teplotní roztažností** - sklovina je určena pro výrobky, které nejsou extrémně teplotně namáhány. Z této skloviny se vyrábějí např. zkumavky pro jednorázové použití, pipety, zásobní a reagenční láhve, krabice na vatu, apod. Sodnodraselné sklo nemá dostatečnou chemickou odolnost proti dlouhodobějšímu skladování kyselých či zásaditých roztoků.

3.1.2 Dělení dle způsobu výroby

Sklářský průmysl je rozdělen do osmi odvětví:

1. obalové sklo
2. ploché sklo
3. nekonečné skleněné vlákno³
4. užitkové sklo
5. speciální (technické) sklo (včetně skla vodního)
6. minerální vlna⁴
7. keramické vlákno⁵
8. frity

Sklářský průmysl je velice diverzifikovaný, jak pokud jde o výrobky, tak o používané výrobní techniky. Výrobní techniky sahají od malých elektricky i plynem otápěných pecí, ve kterých se taví jen 50 kg skloviny za den až k příčně otápěným regenerativním pecím v odvětví plochého skla vyrábějícím až 700 tun za den. V ČR se dle informací Asociace sklářského a keramického průmyslu (ASKP) většina skla se taví v kontinuálních tavicích agregátech o výkonu od cca 50 t/den.

Obalové sklo je různorodé odvětví a lze zde nalézt téměř všechny výše popsané techniky. Tvarovací proces probíhá ve dvou etapách: v první se vytvaruje baňka buď lisováním pomocí razníku, nebo vyfukováním stlačeným vzduchem, a v druhé se dokončí tvarování vyfouknutím, aby vznikl konečný dutý tvar. Tyto dva postupy se nazývají "liso-foukací" a "dvakrát foukací". Obaly se vyrábějí takřka výhradně na strojích „Individual Section“.

Ploché sklo se vyrábí výhradně na příčně otápěných regenerativních pecích. Základním principem plavení je lití skloviny na lázeň roztaveného cínu a tvarování pásu, jehož vrchní a spodní povrch jsou rovnoběžné vlivem gravitace a povrchového napětí. Na výstupu z plavící lázně prochází skleněný pás chladicí pecí postupně ochlazující sklo, aby se snížilo zbytkové pnutí. Ke zdokonalení výrobku lze použít on-line povlaky (např. nízkoemisní povlak).

³ Není předmětem tohoto dokumentu viz vysvětlení výše

⁴ Není předmětem tohoto dokumentu viz vysvětlení výše

⁵ Není předmětem tohoto dokumentu viz vysvětlení výše

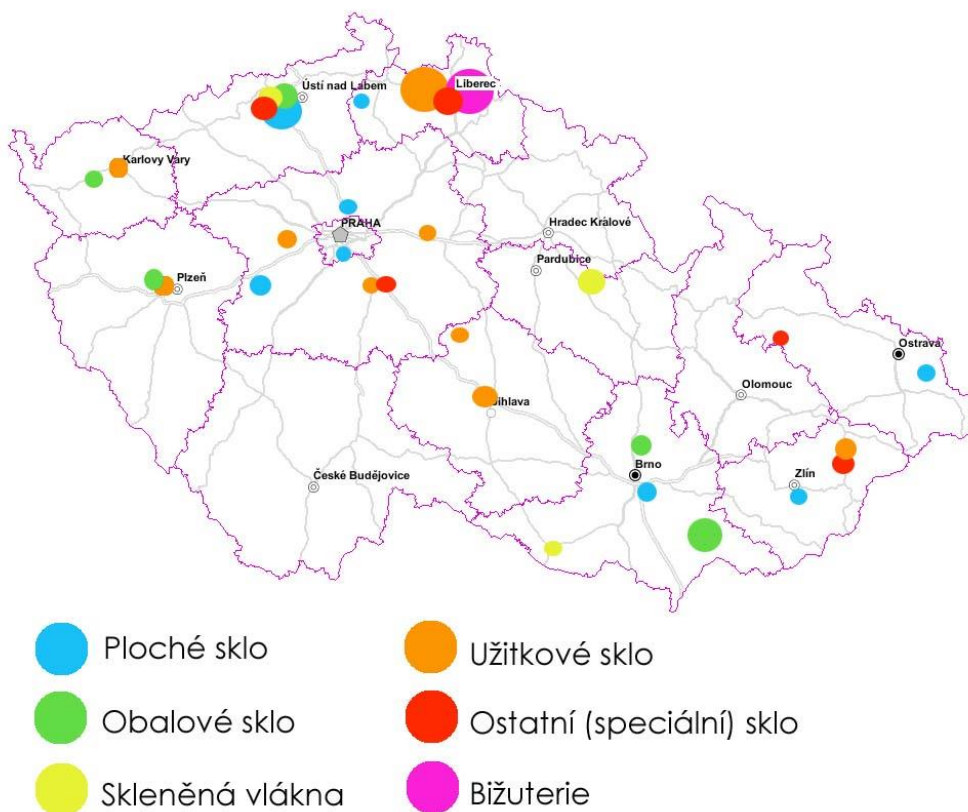


Užitkové sklo je odvětví zahrnující celou řadu výrobků a procesů - od komplikovaného ručně vyráběného křišťálu po velkoobjemové mechanizované postupy používané pro sériovou výrobu stolního skla. V odvětví se používají téměř všechny výše uvedené techniky, od pánvových pecí po velké regenerativní pece. Tvaruje se automaticky, ručně nebo poloautomaticky a po vyrobení mohou být základní výrobky opracovány za studena (např. olovnatý křišťál se často brousí a leští).

Speciální (technické) sklo je odvětví, zahrnující celou řadu výrobků, které se mohou značně lišit složením, způsobem výroby a použitím. Nejběžnějšími technikami jsou rekuperativní pece, kyslíkyplynové pece, regenerativní pece, elektrické pece a denní vany. Široká paleta výrobků naznačuje, že se v odvětví používá hodně technik tvarování. Některé z nejdůležitějších jsou: výroba lisofoukáním; válcování; lisování; stužkový stroj; protlačování; tažení trubic; rozpouštění (vodní sklo).

K výrobě **frity** se používají jak kontinuální, tak vsázkové pece. Je to běžné pro malé vsázky, které se používají pro celou řadu složení. Pece na fritu jsou obvykle otápěné zemním plynem nebo olejem a mnoho závodů na výrobu frity používá kyslíkopalivový otop. Kontinuální pece mohou být příčně otápěné nebo U-plamenné s jedním hořákem. Diskontinuální vsázkové pece jsou boxy nebo válce vyložené žáromateriálem, instalované tak, aby mohly rotovat. Tavenina se může rychle zchladit přímo ve vodní lázni nebo se může ochladit mezi vodou chlazenými válci a vytvořit vločkovitý produkt.

Rozmístění sklářského průmyslu v ČR je zobrazeno v následující mapě.



Obr. 1: Mapa sklářského průmyslu v ČR⁶

⁶ Zdroj: <http://www.askpcr.cz/o-skle/firmy-sklarskeho-prumyslu-v-cr/>



3.2 Výroba skla, vláken, sklářských výrobků, smaltovacích a glazurovacích frit a skla pro bižuterní zpracování, kód 5.3

3.2.1 Úvod – technologie výroby skla

Základní výrobní činnosti výroby skla zahrnují přímo navazující procesy, které mohou ovlivňovat emise nebo znečištění. Následující tabulka ukazuje rozdělení jednotlivých procesů mezi následující kapitoly, rozdělené podle definic ZZO (kódy 5.3, 5.5 a 5.6).

Postupy/procesy výroby skla	Přřazení ke kódu ZZO
1. manipulaci se surovinami a jejich skladování	Související činnost s 5.3
2. mísení a dopravu	Související činnost s 5.3
3. tavení a čeření	5.3 a 5.5
4. tvarování (např. plavící lázeň, válcování, lisování, foukání, rozvlákňování, chlazení frity)	5.3
5. chlazení (např. chladičí pece a tvrzení)	5.3
6. povrchové vrstvy včetně použití pojiv a lubrikantů	Související činnost s 5.3
7. povrchové zušlechťení (např. chemické leštění)	5.5 a 5.6
8. vytvrzování a sušení	5.5
9. mletí	5.5
10. strojní opracování, řezání a balení	5.5
11. skladování odpadů, manipulaci s nimi a jejich úpravu	Související činnost s 5.3

Tabulka č. 2: Rozdělení procesu mezi kategorie ZZO

Výroba skla je velice energeticky náročná a při navrhování pece je hlavním hlediskem výběr energetického zdroje, techniky otápění a způsobu regenerace tepla. Nicméně v malotonážních výrobních (tavicí agregáty s kapacitou do 20 t/den) je energetická náročnost relativně méně významná. Třemi hlavními energetickými zdroji ve výrobě skla jsou zemní plyn, topný olej a 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.

Suroviny pro výrobu skla - kmen

Nejdůležitější sklářskou surovinou je písek, který je hlavním zdrojem SiO_2 . Pro snížení tavicí teploty se přidává obvykle kalcinovaná soda (Na_2CO_3) - zdroj oxidu sodného.

Během tavení se oxid sodný stává součástí taveniny a uvolňuje se oxid uhličitý. Síran sodný se přidává jako čeřivo a oxidační činidlo a je sekundárním zdrojem oxidu sodného. Oxid sodný se včleňuje do skla a tavenina uvolňuje plynné oxidy síry. Uhlíčan draselný (K_2CO_3) působí jako tavivo a používá se v některých procesech zvláště u speciálního skla. Oxid draselný se začleňuje do taveniny a emituje se oxid uhličitý.

Ke zpevnění strukturální mřížky se do skla přidávají další oxidy kovů, aby se zlepšila tvrdost a chemická odolnost. Tento účinek má oxid vápenatý (CaO), který se do skla se přidává jako uhlíčan vápenatý (CaCO_3) ve formě vápence nebo křídly. Rovněž se může přidat jako dolomit, který obsahuje jak uhlíčan



vápenatý, tak uhličitán hořečnatý ($MgCO_3$). Oxid hlinitý (Al_2O_3) se přidává pro zlepšení chemické odolnosti a ke zvýšení viskozity za nižších teplot. Obvykle se přidává jako nefelín ($Na_2O-K_2O-Al_2O_3-SiO_2$), živec nebo oxid hlinitý, ale je rovněž přítomen ve vysokopecní strusce a v živcovém písku.

Oxidy olova (PbO a Pb_3O_4) se používají ke zlepšení zvučnosti a ke zvýšení indexu lomu skla a tím brilance skleněných výrobků, jako je olovnatý křišťál. Oxid barnatý (vznikající z uhličitánu barnatého), oxid zinečnatý nebo oxid draselný se mohou použít jako alternativa oxidu olovnatého, ale výrobky pak mají nižší měrnou hmotnost a zářivost než olovnatý křišťál. Změna se rovněž projeví změnou zpracovatelnosti při ruční výrobě.

Pro některé výrobky je důležitý oxid boritý (B_2O_3), zvláště pro speciální skla (boritokřemičitá skla) a pro skleněná vlákna (skleněná vlna a nekonečné vlákno). Nejdůležitějším účinkem je snížení koeficientu roztažnosti skla, ale u vláken se rovněž mění viskozita, což podporuje rozvláknování a zvyšuje odolnost vůči vodě.

Následující tabulka uvádí některé prvky používané k ovlivnění barvy skla. Barviva lze přidat buď do hlavního kmene nebo do feedru (ve formě barvicí frity).

Prvky používané k ovlivnění barvy	
Modrá	Co
Zelená	dvojchroman, Cu
Ambr	Fe_2O_3 , S, grafit nečeří se antimonem ale sulfátem
Rubín	Se, Sb, Zn
Fialová světlá	Ne
Kouř	Ni
Černá	burel MnO_2 , Cr
Kouřová šedá	Fe_2O_3 , NiO, CuO, MnO
Ametyst	MnO
Montan safír	Fe_2O_3 , NiO, CuO, CoO
Safír	CoO
Akvamarin	CoO, CuO
Emerald	CuO, Cr_2O_3
Olivín	Fe_2O_3 , MnO, Cr_2O_3
Topas	Fe_2O_3 , mouka, síra
Roza	zlato
Rubín, granát	CdS + Se

Tabulka č. 3: Přehled prvků používaných k ovlivnění barvy

Materiály obsahující fluor (např. kazivec CaF_2) se používají k výrobě opakních předmětů vytvořením krystalů ve skle, které ho učiní zakaleným a opakním.

Důležitou surovinou při výrobě skla jsou skleněné střepy. Skoro všechny sklářské procesy recyklují vlastní střepy, ale vysoké kvalitativní požadavky nutné u některých procesů nedovolují zabezpečit dodávky dostatečně čistých cizích střepů tak, aby to bylo ekonomicky únosné. V odvětví obalového skla je někdy ve kmeni použito přes 80 % střepů. Střepy vyžadují k utavení méně energie než suroviny a každá 1 tuna střepů nahradí přibližně 1,2 tuny materiálu.



Tavení

Tavení je kombinace chemických reakcí a fyzikálních procesů. Tavení lze rozdělit do několika fází:

- **Primární tavení** do teplot cca 1300 °C
- **Čeření a homogenizace** do teplot cca 1650 °C dle typu skla
- **Sejítí** 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

Primární tavení

V důsledku nízké tepelné vodivosti kmene je proces tavení zpočátku zcela pomalý, což poskytuje čas k proběhnutí četných chemických a fyzikálních procesů. Protože se materiály zahřívají, vypařuje se vlhkost, některé ze surovin se rozkládají a plyny uvolňující se v surovinách unikají. První reakce (dekarbonizace) probíhá kolem 500 °C. Suroviny se začínají tavit mezi 750 a 1200 °C. Nejprve se začíná vlivem tavení rozpouštět písek. Oxid křemičitý z písku se váže s oxidem sodným z kalcinované sody a s dalšími látkami z kmene a vznikají křemičitany. Zároveň unikají velká množství plynů z rozkladu hydrátů, uhličitánů, dusičnanů a síranů. Uvolňuje se voda, oxid uhličitý, oxidy dusíku a oxidy síry. Sklovina se nakonec stává transparentní a tavící fáze je skončena.

Čeření a homogenizace

Než se sklovina může tvarovat na výrobky, musí být dokonale homogenizovaná a bez bublin. To znamená úplné rozpuštění a stejnoměrnou distribuci všech složek a odstranění všech bublin čeřením.

Síran sodný je nejběžnějším čeřivem při výrobě plochého a obalového skla. Při přibližně 1450 °C (1200 °C, jsou-li přítomna redukční činidla) se síran sodný rozkládá na oxid sodný (který se váže ve skle), plynné oxidy síry a kyslík. Bubliny kyslíku sloučené s jinými plyny, zvláště oxidem uhličitým a vzduchem, nebo jimi absorbované, se zvětšují a stoupají k povrchu. Plynné oxidy síry jsou absorbovány ve skle nebo odcházejí společně s pecními spalinami.

Další čeřiva zahrnují uhlikaté materiály a oxidy arsenu a antimonu. Dusičnan sodný se může rovněž použít jako čeřicí a oxidační prostředek, zvláště je-li požadován vysoký stupeň oxidace. Síran vápenatý a různé dusičnany se někdy používají při výrobě barevného plochého skla.

Homogenizace může být rovněž podpořena zaváděním bublin páry, kyslíku, dusíku nebo běžněji vzduchu vhodným zařízením ve dně vany. To podporuje cirkulaci a míchání skla a zlepšuje přenos tepla.

Maximální teplota klenby ve sklářské peci je: u obalového skla 1600 °C, u plochého skla 1620 °C, u speciálního skla 1650 °C, u nekonečných vláken 1650 °C a u skleněné vlny 1400 °C.

Sejítí

Po prvotních etapách tavení a čeření následuje fáze sejítí za nižších teplot. Během tohoto procesu se všechny zbývající rozpustné bubliny reabsorbují do taveniny. Zároveň tavenina pomalu chladne na pracovní teplotu mezi 900 a 1350 °C.



3.2.2 Používané techniky⁷

3.2.2.1 *Techniky manipulace se surovinami, skladování, mísení*

Všechna odvětví ve sklářském průmyslu zahrnují použití práškovitých, granulovaných nebo prachových surovin. Skladování těchto materiálů a manipulace s nimi představují významnou možnost prachových emisí.

Sypké práškové materiály jsou obvykle skladovány v silách a emise lze minimalizovat uzavřením sil, která jsou odvětrávána do vhodných zařízení na likvidaci, jako jsou tkaninové filtry. Kde to lze, může se sebraný materiál vrátit do sila nebo recyklovat do pece. Jestliže množství použitého materiálu nevyžaduje použití sil, mohou se jemné materiály skladovat v uzavřených obalech nebo utěsněných pytlích. Haldy hrubého práškového materiálu se mohou skladovat zakryté, aby se zabránilo emisím větrem. Tam, kde prach činí zvláštní problémy, mohou některá zařízení vyžadovat čištění vozovek a kroupení.

Vzhledem k tomu, že střepy jsou abrazivní a jejich částice jsou větší, upravují se odděleně od primárních surovin a do pece se zavádějí v odměřeném množství odděleným systémem.

U diskontinuálních procesů je kmenárna mnohem menší a často se obsluhuje ručně. Po smísení se kmen může skladovat v malých mobilních kontejnerech, přičemž každý kontejner obsahuje jednu navážku. Některé navážky, často s rozdílným složením, lze připravit a uskladnit poblíž pece, aby se mohly použít během specifické doby tavení. Stejně jako u velkých tavicích procesů nelze smísený kmen před použitím příliš dlouho skladovat, protože složky se mohou odmístit, což znesnadňuje získání homogenní taveniny. Přítomnost vody v kmeni napomáhá ke zmírnění těchto tendencí.

Míchání kmene je odsáváno přes filtry na záchyt TZL, případně bývají odsávána sila u velkých skláren a vše je řízeno automaticky.

3.2.2.2 *Techniky tavení*

Výběr techniky tavení závisí především na požadované kapacitě, na složení skla, na cenách paliva, na stávající infrastruktuře a na ekologických požadavcích. Jako obecný ukazatel (u kterého nevyhnutelně existují výjimky) se používají následující kritéria⁸:

- Pro malokapacitní zařízení (15 až 100 t/den) se obecně používají rekuperativní unit meltery, regenerativní U-plamenné pece, elektrické pece a kyslíko-palivové pece.
- Pro zařízení s kapacitou méně než 15 t/den se obvykle používají diskontinuální tavicí pece (elektrické či plynové), výjimečně též kyslíko-palivové pece.

Důležitým rysem sklářského průmyslu je skutečnost, že pece mají omezenou provozní životnost, po jejímž uplynutí se musí v určitém rozsahu opravit nebo přestavět. Pece otápěné fosilním palivem vyrábějící speciální a užitkové sklo obvykle pracují nepřetržitě 3 až 8 let. Elektricky otápěné pece mají kratší provozní životnost při všech způsobech použití, tj. 2 až 7 let. Některé další pece, jako jsou kupolové pece a pece s přerušovaným provozem pro výrobu frit, pracují po mnohem kratší dobu, od pár dnů po několik týdnů.

V průběhu kampaně pece je možnost její modifikace omezená. Přesto se často za horka provádějí výměny nebo vyztužení poškozených žáromateriálů a relativně jednoduché mohou být také úpravy nebo výměny hořáků.

⁷ Zdroje: č. 3 a 12 viz seznam použitých zdrojů

⁸ Viz BREF část 2.3



Používané techniky tavení

U každé z uvedených technik je stručný popis technologie a environmentální profil, který se u různých tavicích technik bude značně lišit podle vyráběného typu skla, podle způsobu provozování a podle konstrukce.

Regenerativní pece využívají systémy regenerace tepla. Hořáky jsou obvykle umístěny ve vletech vzduchu a spalin anebo pod nimi. Teplo ze spalin se používá k předehřívání vzduchu před spalováním, a to tak, že spaliny procházejí komorou vyloženou žárovzdorným materiálem, který pohlcuje teplo. Pec je otápěna pouze z jedné strany. Asi po dvaceti minutách se směr otopu reverzuje a spalovací vzduch prochází komorou předtím vyhřátou spalinami. Mohou být dosaženy teploty předehřevu až 1400 °C, což způsobí velice vysokou tepelnou účinnost. U příčně otápěných regenerativních pecí jsou spalovací vlety a hořáky umístěny po stranách pece a regenerátorové komory jsou umístěny na obou stranách pece. U U-plamenné pece jsou principy provozu stejné, ale dvě regenerativní komory jsou umístěny na jednom konci pece.

Vysoké investiční náklady na regenerativní pece znamená, že jsou normálně ekonomicky schůdné jen pro velkoobjemovou výrobu skla (více než 100 tun denně, i když existují příklady menších pecí).

Environmentální profil

- Tyto pece jsou obecně energeticky účinnější než ostatní pece otápěné fosilními palivy⁹ vzhledem k účinnějšímu systému předehřívání spalovacího vzduchu. Nízká spotřeba energie na tunu utavené skloviny vede ke snížení emisí mnoha znečišťujících látek spojených se spalováním. Vyšší teploty předehřívání však podporují větší tvorbu NOx. Tyto pece vykazují velmi dobré výsledky při použití primárních technik řízení emisí, zvláště u NOx. Ze dvou typů regenerativních pecí mívají U-plamenné pece obvykle lepší energetickou účinnost a nižší emise. U příčně otápěných pecí je však možné nastavit umístění ohnisek, aby se dosáhlo výroby skla dobré kvality i u velkých pecí díky lepší kontrole proudění taveniny.

Rekuperativní pece využívají k regeneraci tepla tepelné výměníky (nazývané rekuperátory) spolu s kontinuálním předehříváním spalovacího vzduchu spalinami. U kovových rekuperátorů jsou teploty předehřátí vzduchu omezeny na asi 800 °C. Specifická tavicí kapacita (na jednotku tavicí plochy) rekuperativních pecí je asi o 30 % nižší než u pecí regenerativních. Hořáky jsou umístěny na každé straně pece, napříč prouděním skla, a otápí se kontinuálně z obou stran. Tento typ pece se používá hlavně tam, kde je vyžadována vysoká flexibilita provozu s minimálními počátečními investicemi, zvláště když je rozsah provozu příliš malý na to, aby bylo ekonomicky vhodné použít regenerátory. Je vhodnější pro malokapacitní zařízení.

Environmentální profil

- Tyto pece jsou méně energeticky účinné než pece regenerativní, ale rekuperují značné množství tepla prostřednictvím systému rekuperátorů. Další zlepšení energetické účinnosti je možné např. použitím elektropříhřevu, spalinových kotlů, předehřívání plynu, kmene a střepů. Předehřívací teploty jsou nižší než v regenerativních pecích a primárním řízením NOx lze docílit dobrých výsledků. Přestože rekuperativní pece obecně vykazují nižší úroveň emisí NOx, které jsou vyjádřeny v koncentracích (mg/m³), měrné emise vyjádřené v kg NOx/t skloviny jsou u obou typů pecí srovnatelné, s výjimkou zvláštních konstrukcí rekuperativních pecí (pece LoNOX®).

⁹ V ČR se pro tavicí technologie používá zemní plyn a topný olej (LTO)



Kyslíkopalivové otápění znamená náhradu spalovacího vzduchu kyslíkem (čistota vyšší než 90 %). Vyloučení většiny dusíku ze spalovací atmosféry snižuje objem spalin zhruba o dvě třetiny. To znamená, že je možné ušetřit energii, protože není nutné zahřívát atmosférický dusík na teplotu plamenů. Vznik NO_x je tudíž silně omezen. Kyslíko-palivové pece mají stejnou konstrukci jako rekuperativní pece, s několika postranními hořáky a jediným odtahem spalin. Ale pece navržené ke spalování kyslíku nepoužívají k přehřívání kyslíku před hořáky systémy regenerace tepla.

Environmentální profil

- Kyslíko-palivové otápění je jako primární technika pro snižování NO_x popsána dále. Hlavním ekologickým přínosem této techniky je značný potenciál ke snížení emisí NO_x (ve smyslu emisních faktorů), který bude obecně činit přes 70 % v porovnání s pecí se stejným výkonem používající vzducho-palivové otápění bez jiných primárních nebo sekundárních opatření na snížení emisí.¹⁰

Elektrické pece jsou tvořeny boxem vyloženým žáromateriálem podepřeným ocelovým rámem, s elektrodami vloženými buď ze strany, shora nebo obvykle skrze dno pece. Energie k tavení je dodávána odporovým vytápěním, když proud prochází skrze sklovinu. Technika se obvykle používá v malých pecích, zvláště na speciální sklo. Velikost je limitována ekonomickou vhodností elektrických pecí, která závisí na nákladech na elektřinu ve srovnání s fosilními palivy. Náhrada fosilních paliv elektřinou v peci eliminuje vznik produktů spalování.

Environmentální profil

- Úplné nahrazení fosilních paliv v peci zamezí tvorbě produktů hoření na úrovni zařízení. Zbývající emise pocházejí z unášení pevných částic a rozkladu materiálů v kmene, zejména CO₂ z uhlíčanů, NO_x z dusičnanů a SO_x ze síranů. Když se používá elektrické tavení, ve kmene se používá jen velmi málo síranů, protože se častěji používají jiná čeridla a oxidační činidla (např. dusičnany).
- Rovněž se mohou vyskytovat nízké hladiny emisí halogenů, např. fluorovodíku nebo kovů, pokud jsou tyto látky přítomny v surovinách. Značné emise však mohou vznikat z fluoridů přidaných do složení.
- Emise všech těkavých složek kmene jsou výrazně nižší než v konvenčních pecích díky zmenšenému proudění plynu a absorpci, kondenzaci a reakci plyných emisí ve vrstvě kmene, která obvykle pokrývá celý povrch taveniny.
- Prachové emise lze řídit odtahem do systému odlučování prachu, kterým je vzhledem k malým objemům většinou tkaninový filtr. Z tohoto uspořádání vyplývají velmi nízké prachové emise, a je-li to nutné, je rovněž možná úprava emisí HF suchým čištěním. Skutečně dosažené emise budou záviset na složení kmene a v důsledku nízkých toků odpadních plynů může být porovnávání koncentrací emisí zavádějící. Obecně však lze uvést, že celkové přímé emise se ve srovnání s konvenční vzducho-palivovou pecí s porovnatelným výkonem snížily 10–100x.

¹⁰ Tato technika je využívána min. ve čtyřech českých sklárnách s kapacitou do 20 t/skla za den – viz příloha č. 1



Obr. 2: Elektrická pec

Kombinované tavení fosilním palivem a elektřinou může mít dvě podoby: otápění převážně fosilním palivem s elektrickým přihřevem; nebo otápění převážně elektřinou s podporou fosilního paliva. Elektro-přihřev je způsob přidávání dalšího tepla do sklářské pece průchodem elektrického proudu elektrodami ve dně vany. Méně běžnou technikou je použití plynu nebo oleje jako podpory elektricky otápené pece.

Environmentální profil

- Elektro-přihřev snižuje přímé emise z pece částečnou náhradou spalování elektrickým otápením při stejném výkonu pece. Vysoké náklady spojené s používáním elektropřihřevu znamenají, že se nejedná o obecně upotřebitelné dlouhodobé řešení pro snižování emisí u základní výroby. Elektro-přihřev lze použít ve spojení s technikami, jako jsou hořáky s nízkými emisemi NO_x, aby se zlepšilo tavení a snížily emise, ale není to ekonomické řešení, pokud se používá samostatně. Elektro-přihřev lze také použít na upravení konvektivních proudů v tavenině, což napomáhá přenosu tepla a může pomoci při primárním čerání. Hodnocení celkových ekologických výhod elektropřihřevu by však mělo brát v potaz účinnost výroby elektrické energie v elektrárnách.
- Přitápění fosilním palivem na převážně elektrické peci je méně běžná technika. Umožňuje dosáhnout mnoha ekologických přínosů elektrického tavení překonáním některých technických a ekonomických omezení této techniky. Použití hořáků zvyšuje rychlost tavení surovin.

Diskontinuální tavicí pece se používají tam, kde je požadováno menší množství skla, zvláště když se pravidelně mění složení skla (např.: v českém bižuterním průmyslu). V těchto případech se pánvové pece nebo denní vany používají k tavení specifických kmenů. Většina výroby tohoto typu má tavicí kapacitu menší než 20 tun za den.



Popis diskontinuálních pánvových pecí a denních van

Pánvová pec je obvykle vyrobena ze žáruvzdorných cihel ve vnitřních stěnách, z dinasových cihel v klenbě a z izolačních cihel ve vnějších stěnách. V zásadě je pánvová pec tvořena spodní částí, kde se předeheřívá spalovací vzduch (buď regenerativní, nebo rekuperativní systém) a horní částí, která nese pánve a slouží jako tavicí komora. V horní části je šest až dvanáct žáruvzdorných pánví, v nichž lze tavit různé typy skel.

Existují dva typy pánví: otevřené a uzavřené. Otevřené pánve nemají strop a sklo je „otevřeno“ do pecní atmosféry. Uzavřené pánve jsou otevřené jen nabíracími otvory. U otevřených pánví se teplota řídí nastavením otápění pece, u uzavřených pánví je otápění konstantní a teplota se řídí odkrytím nebo zakrytím nabíracího otvoru. Kapacita každé pánve je obvykle v rozsahu 100 až 500 kg, životnost při kontinuálním provozu je 2 až 3 měsíce.

Pec se otápí 24 hodin denně, ale teplota se mění (teplota skla jen u uzavřených pánví) podle fáze výrobního cyklu. Obecně se kmen založí do pánví pozdě odpoledne a večer se taví, teplota se zvyšuje přes noc, aby se sklo vyčeřilo tak, aby se mohlo následující ráno zpracovat. Během tavení se teplota zvýší na 1300 až 1600 °C podle typu skla a během odběru a zpracování skla se teplota pohybuje v rozmezí 900 °C až 1200 °C.

Z pánvových pecí se dále vyvinuly denní vany s většími kapacitami okolo 10 tun za den. Pokud jde o konstrukci, připomínají spíše čtyřúhelníkové konvenční pece, ale kmenem se plní každý den. Tavení probíhá obvykle v noci a sklo se zpracovává následující den. Tyto pece umožňují změnu taveného skla téměř ihned a používají se hlavně na barevné sklo, křišťálové sklo, speciální měkká skla a frity (keramické a smaltéřské).

Environmentální profil

- Na těchto pecích bude v menší nebo větší míře použitelná řada primárních technik na snižování emisí popsaných dále. Nejúčinnějšími technikami budou zřejmě optimalizace receptury kmene a techniky spalování (např. elektrické tavení). Vzhledem ke konstrukci pánvových pecí budou mít obecně tyto techniky lepší výsledky u denních van a polokontinuálních pecí. Tam, kde je možné použití denních van nebo kontinuálního nebo polokontinuálního tavení, bude obvykle dosahována lepší energetická účinnost a nižší emise.

3.2.3 Techniky snižování emisí

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. Následuje přehled primárních a sekundárních technik pro snižování emisí.

Primární techniky ke snížení emisí prachu:

a. Změna surovin - prachové emise vznikají hlavně z těkavých látek, proto se jsou primární techniky zaměřeny k jejich snižování u zdroje. Např. z analýz prachu z pecí na sodnovápenaté sklo lze vyvodit, že sodné sloučeniny jsou hlavními složkami vedoucími ke vzniku prachu ve spalinách (těkání NaCl přítomného jako nečistota v syntetické sodě nevede pouze k prachu síranu sodného, ale také ke vzniku HCl)¹¹.

b. Snižování teploty na povrchu taveniny pomocí opatření, která zlepšují energetickou účinnost a přenos tepla do skla. Hlavní opatření:

- Konstrukce a geometrie pece zlepšující konvekční proudění a přenos tepla. Větší pece jsou energeticky účinnější, z čehož vyplývají také nižší emise na tunu skloviny.
- Elektropříhřev, který pomáhá snižovat teplotu klenby zavedením energie přímo do taveniny a zlepšuje konvekční proudění. Použití elektropříhřevu je obvykle omezeno cenou elektřiny.

¹¹ Podrobný popis vlivu složení surovin na vznik emisí je popsán v kapitole 4.4.1.1 Primární techniky, BREF ve sklářském průmyslu



- Větší podíl střepeň, který sníží spotřebu tavicí energie, čímž umožní provoz při nižší teplotě a sníží spotřebu paliva.

c. Seřízení hořáků - důležitým faktorem pro rychlost tavení je rychlost výměny plynů nad taveninou. Seřízením hořáků lze optimalizovat rychlost a směr spalovacího vzduchu a rychlost a směr paliva.

d. Změna paliva - přechod na elektrické anebo kyslíko-palivové otápění (viz výše uvedený popis v kapitole 3.2.2.2); v případě ekonomické nedostupnosti předchozích typů otápění též přechod na plynové otápění (nebo na otápění oleji s nízkým obsahem síry) - změna otápění z topného oleje na zemní plyn může podstatně snížit prachové emise.

e. Jiné techniky - emise z elektrických pecí se studenou klenbou lze minimalizovat zmenšením proudu vzduchu a turbulence během zakládání a optimalizací zrnitosti surovin a vlhčení. Další obecné primární techniky jako např. údržba pecí jsou uvedeny v kapitole 4.2.

Sekundární techniky ke snížení prachových emisí:

A) Tkaninové filtry

Ve tkaninových filtrech procházejí vypouštěné plyny filtračním vakem tak, že částičky prachu jsou zachycovány na vnější ploše filtru ve formě filtračního koláče. Odlučovače s tkaninovými filtry dosahují vysoké účinnosti při zachycení částic, obvykle přes 98-99 % podle velikosti částic. Regenerace je vykonávána pulzním tlakem z vnitřní strany hadice.

Použitelnost - Tato technika se široce používá na elektrických pecích, pecích na výrobu frit a v menší míře také na pecích na výrobu obalového skla. U některých menších pecí otápěných fosilním palivem byly tkaninové filtry zvoleny jako technika provozovaná ve spojení s čisticími systémy, které jsou instalovány ke snížení emisí kyselých plynů. Mimo to pro menší provozy mohou být velmi zajímavé nižší investiční náklady na tkaninové filtry v porovnání s elektrostatickými odlučovači, které kompenzují vyšší náklady na údržbu a riziko ucpání filtrů.

Instalaci systému tkaninového filtru v kombinaci se suchým nebo polosuchým čištěním plynů může snižovat také emise kovů (Pb, Se atd.) a/nebo plyných emisí (SO₂, HCl, HF atd.). Tkaninové filtry mohou být dobrým řešením, pokud jsou kovy součástí emisí prachu. U těkavých kovů, jako jsou selen a arzen, nižší provozní teploty tkaninových filtrů napomáhají k lepšímu zachytávání kovů.

Informace o nákladech na tkaninové filtry

Odhad nákladů na filtrační systémy tvořené tkaninovým filtrem kombinovaným se suchým čištěním plynů z tavicí pece na užitkové sklo s kapacitou 30t/den s recyklací prachu – celková investice 19,24 mil. Kč, měrné náklady na tunu utavené skloviny 321 Kč (dle údajů BREF z roku 2008).

Z prioritní osy 2 OPŽP byly podpořeny čtyři projekty na snížení emisí TZL. Ve třech případech se jednalo o pořízení nebo rekonstrukci filtračního zařízení. Cena těchto projektů se pohybovala od 5,9 mil. Kč do 7,2 mil Kč. V posledním případě byla předmětem podpory rekonstrukce chladicího i filtračního zařízení v celkové ceně 11,4 mil. Kč. Všechny čtyři projekty byly realizovány podniky s kapacitou tavení větší než 20t/den.

Příklad určení nákladů na tkaninové filtry dostupné v ČR v roce 2015 je uveden v příloze č. 2.

B) Mechanické sběrače

Mechanické sběrače jsou techniky, které využívají k oddělení prachu z proudu plynu mechanickou sílu (přitažlivou, setrvačnou, odstředivou), např.:

- Cyclony – plynu je udělen rotační pohyb a prach se odděluje odstředivou silou.



- Gravitační usazovače – plyn vstupuje do velké komory snižující rychlost plynu a způsobující usazování prachu.
- Usazovací komory – usměrňovače způsobují změnu směru plynu a usazování prachu.
- Žaluziový odlučovač¹² – vrstvy malých usměrňovačů dělí a mění směr proudu plynu a způsobují usazování prachu.

Tyto techniky mají špatnou účinnost sběru malých částic, zejména o průměrech nižších než 10 µm a kvůli malým rozměrům pevných částic obsažených v prachových emisích vznikajících ve sklářství se používají jen zřídka. Výjimku tvoří cyklon, který lze najít u některých zařízení, zejména jako předstupeň jiných technik. Cyklony se nepovažují za účinnou techniku pro pecní emise.

C) Vysokoteplotní filtrační média

Jedním z problémů konvenčních tkaninových filtrů je nutnost zachovávat teplotu spalin v pracovním rozsahu filtračního materiálu. Pokud teplota překročí horní teplotní mez, musí se filtr obejít nebo je třeba chladit plyn, např. ředěním. Konvenční filtrační materiály mají teplotní mez 120–180°C, popř. až 250°C (skleněné vlákno). Náklady na materiál významně rostou u materiálů schopných provozu nad 180°C. Někdy se používají vysokoteplotní média, ale tyto filtry nejsou normální rukávové filtry a obvykle se designem podobají svíčkovému filtru.

Nejčastějšími vysokoteplotními filtry používanými v jiných odvětvích jsou keramické svíčkové filtry nebo svíčkové filtry z vysokoteplotní vaty na odlučování prachu. Tyto filtry jsou vyrobeny z hlinitokřemičitých materiálů a lze je použít při teplotách do 1000 °C. V současnosti je k dispozici nový typ filtru, který kombinuje technologii keramických svíčkových filtrů s vestavěným katalyzátorem na odlučování NOX. Tato technika se stále považuje za nově vznikající techniku.

D) Pračky plynů

Systémy praček plynů mohou být používány k řízení plynných i pevných emisí, i když jejich použití je obecně účinnější při odlučování plynných znečišťujících látek. Zatímco základní technologie je v obou případech podobná, konstrukční kritéria odstraňování pevných částic nebo plynů jsou značně odlišná. Aby se však omezily investiční náklady, používají se pračky plynů často při snižování smíšených emisí pevných částic a plynů. Pračky plynů také mohou mít sklon k zablokování nerozpustnými částicemi a ke tvorbě odpadové břečky.

U některých použití lze uvažovat o Venturiho pračkách. Tyto systémy mají vysoký pokles tlaku a následně vysokou spotřebu energie a vysoké provozní náklady. Tato technika je ve většině případů považována za technicky i ekonomicky nepoužitelnou kvůli rozměrům výroby skla. Odlučování prachu praním plynů však může nalézt uplatnění u některých specializovaných provozů, zejména pokud je rovněž potřeba odstraňovat plynné emise. U většiny sklářských pecí nebudou pračky plynů pravděpodobně vhodnou nebo nejoptimálnější technikou pro ekonomicky výhodné odlučování pevných částic.

Primární techniky ke snižování oxidů dusíku

A) Úprava spalování

Hlavními faktory, které ovlivňují vznik NO_x, jsou teplota plamene, obsah kyslíku v reakční oblasti a zdržení ve vysokoteplotní zóně plamene. Primární opatření ke snižování emisí NO_x se snaží vytvořit nejméně výhodné podmínky pro tvorbu NO_x, tj. zabránit současné přítomnosti dusíku a kyslíku za vysokých teplot. Hlavní techniky minimalizující NO_x ze spalin jsou shrnuty níže.

- a. Snižování poměru palivo/vzduch
- b. Snižování teploty spalovacího vzduchu
- c. Postupné spalování

¹² Tento typ odlučovače se používá v jedné sklárně v ČR, která je regulovaná integrovaným povolením



- d. Recirkulace kouřových plynů
- e. Hořáky s nízkými emisemi NOx
- f. Výběr paliva

B) Kyslíko-palivové tavení

Kyslíko-palivové tavení zahrnuje náhradu spalovacího vzduchu kyslíkem (čistota > 90 %). Technika používá jako palivo zemní plyn nebo topný olej. Odstranění většiny dusíku ze spalovací atmosféry snižuje objem odpadních plynů (skládajících se hlavně z CO₂ a vodní páry) o 70–85 % v závislosti na čistotě kyslíku. Kyslíko-palivové tavení může být velice účinnou technikou k významnému snižování NO_x a s výjimkou níže uvedených použití ji lze považovat za technicky ověřenou.

Vznik NO_x ze spalin je silně omezen, protože hlavní zdroj dusíku v peci je mnohem menší, i když určité množství dusíku je přítomno ve spalovací atmosféře. Ten pochází ze zbytkového dusíku v kyslíku (PSA, VSA/VPSA¹³ 4–6 %, kryogenní < 0,5 %), z dusíku v palivu (zemní plyn se 2–15 % dusíku), z dusíku z rozkladu dusičnanu a z jakéhokoli nežádoucího vzduchu.

Dle informací od dodavatele technologie lze přechodem ze zemního plynu na kyslík snížit emise – NO_x o 80%, TZL o 60-80%, CO₂ o 40-60%.

Průtokové množství odpadních plynů z pece je 4 až 7krát nižší než u vzducho-palivových pecí. Jejich teplota může být dosti vysoká (1200–1450 °C) a obvykle bude vyžadovat chlazení. Vzhledem k vysokému obsahu vody a koncentraci korozivních látek (např. chloridů a síranů) se chladí většinou ředěním vzduchem. Po zředění jsou objemy odpadních plynů v rozmezí 30–100 % objemů odpadních plynů z konvenčních pecí, podle nutného stupně zředění.

Kyslíko-palivové tavení vyžaduje odlišnou konstrukci hořáků než konvenční vzducho-plynové otápění. Používají se nízkoemisní kyslíkopalivové hořáky vyvinuté speciálně pro výrobu skla.

Použitelnost - přestože jsou principy kyslíko-palivového tavení dobře zvládnuty a mohou být považovány za použitelné pro sklárství jako celek, problémy s jejich zaváděním se nesmějí podceňovat. V odvětví užitkového skla se používání kyslíko-palivového otápění setkalo s více problémy kvůli silnému pění, které může ovlivnit kvalitu tohoto typu skla. Některá zařízení však kyslíko-palivové pece úspěšně používají. Příklad použití viz příloha č. 1.

Informace o nákladech na kyslíko-palivové tavení

Odhad nákladů rekonstrukci sklářské pece – přechod na kyslíko-palivový otop – pec na užitkové sklo s tavící kapacitou:

- 1t/den – investiční náklady 1 - 1,5 mil. Kč (orientační cena dodavatele technologie, 2015)
- 10t/den- investiční náklady 4 - 6 mil. Kč (orientační cena dodavatele technologie, 2015)
- 30t/den - celková investice 12,5 mil. Kč (dle údajů z roku 2008).

Provozní náklady závisí na ceně kyslíku. Dle údajů z roku 2015 je cena kyslíku srovnatelná s cenou zemního plynu.

Sekundární techniky snižování NO_x jako např. chemická redukce s použitím paliva, selektivní katalytická redukce a selektivní nekatalytická redukce jsou používány pouze u velko a středně-kapacitních sklářských agregátů, které jsou regulovány integrovanými povoleními.

¹³ non-cryogenic gas separation technologies: PSA ([pressure swing adsorption](#)), VSA (Vacuum swing adsorption), hybrid VPSA system applies pressurized gas to the separation process and also apply a vacuum to the purge gas.



Primární techniky ke snižování oxidů síry

A) Minimalizace obsahu síry ve složení kmene a optimalizace bilance síry

Minimalizací obsahu síry ve složení kmene se snižují emise SO_x vznikající při rozpadu surovin obsahujících síru (obecně síranů) používaných jako čedičidla.

Efektivní snižování emisí SO_x závisí na zadržování sloučenin síry ve skle, které se může výrazně lišit podle druhu skla a optimalizace bilance síry.

B) Používání paliv s nízkým obsahem síry

Používáním zemního plynu nebo topného oleje s nízkým obsahem síry se snižují emise SO_x vznikající oxidací síry obsažené v palivu při spalování.

Sekundární techniky ke snižování SO_x jako např. suché nebo polosuché čištění plynů v kombinaci s filtračním systémem, nebo praní plynů jsou používány pouze u velko a středně-kapacitních sklářských agregátů, které jsou regulovány integrovanými povoleními.

Primární techniky ke snižování emisí HCl a HF

A) Výběr surovin s nízkým obsahem chloru a fluoru do složení kmene

Tato technika spočívá v pečlivém výběru surovin, které mohou obsahovat chloridy a fluoridy jako nečistoty (např. syntetická soda, dolomit, externí skleněné střepy, recyklovaný prach z filtrů), aby se již u zdroje snížily emise vznikající při rozpadu těchto surovin během tavení.

B) Minimalizace obsahu fluoru a/nebo chloru v kmeni a optimalizace látkové bilance

Minimalizace emisí fluoru a/nebo chloru z tavicího procesu lze dosáhnout minimalizací/snížením množství těchto látek přidávaných do kmene na minimum úměrně kvalitě výsledného výrobku. Sloučeniny fluoru (např. fluorit, kryolit, fluorokřemičitan) se používají k dosažení konkrétních vlastností u speciálního skla (např. neprůhledné sklo, optické sklo). Sloučeniny chloru lze používat jako čedičidla.

Sekundární technika ke snižování emisí HCl a HF

A) Suché nebo polosuché čištění plynů v kombinaci s filtračním systémem

Do toku odpadních plynů se zavede a rozptýlí zásadité činidlo v prášku nebo suspenzi/roztoku. Z této látky reakcí s kyselými plyny vznikne pevná látka, kterou je třeba odstranit filtrací (tkaninový filtr).

Primární techniky ke snižování emisí kovů

A) Výběr surovin s nízkým obsahem kovů do složení kmene

Tato technika spočívá v pečlivém výběru materiálů do kmene, přičemž tyto materiály mohou obsahovat kovy jako nečistoty (např. externí střepy); tím se již u zdroje sníží emise kovů vznikající tavením těchto materiálů.

B) Minimalizace sloučenin kovů přidávaných do kmene, pokud je nutné barvení nebo odbarvování skla v rámci požadavků na kvalitu spotřebního skla

Minimalizace emisí kovů z tavicího procesu lze dosáhnout:

- minimalizací obsahu kovových sloučenin ve složení kmene (např. železa, chromu, kobaltu, mědi, sloučenin manganu) při výrobě barevného skla;
- minimalizací množství sloučenin selenu a oxidu ceričitého používaných jako odbarvovací činidla při výrobě čírého skla.

C) Minimalizace obsahu selenu přidávaného do kmene vhodným výběrem surovin



Minimalizace emisí selenu z tavicího procesu lze dosáhnout:

- snížením množství selenu ve složení kmene na minimum úměrně nárokům na výrobek, a
- výběrem surovin s obsahem selenu s nízkou těkavostí, aby se snížilo těkání během tavení.

Sekundární technika ke snižování emisí kovů

Filtrační systémy

Odprašovací systémy (zejména s použitím tkaninových filtrů) mohou snížit emise prachu i kovů, protože emise kovů do ovzduší vznikající při tavení skla mají většinou podobu částic. U některých kovů, které tvoří vysoce těkavé sloučeniny (např. selen) se však účinnost odstraňování může značně lišit podle teploty, za níž filtrace probíhá.

Technika ke snižování kombinovaných plynných emisí (např. SO_x, HCl, HF, sloučeniny boru)

Praní plynů

Při praní plynů se plynné sloučeniny rozpouštějí ve vhodné kapalině (vodě nebo zásaditém roztoku). Po průchodu pračkou se kouřové plyny nasycují vodou a před jejich vypuštěním je nutné oddělení kapiček. Výslednou kapalinu je třeba vyčistit v čističce odpadních vod a nerozpustné látky se zachycují usazováním nebo filtrací.

Technika ke snižování emisí H₂S a těkavých organických sloučenin

Spalování odpadních plynů

Tato technika spočívá v používání hořáku pro dodatečné spalování, který zajišťuje oxidaci sirovodíku (vznikajícího v silně redukčních podmínkách tavicí pece) na oxid siřičitý a oxidu uhelnatého na oxid uhličitý. Těkavé organické sloučeniny se spalují, čímž dochází k jejich oxidaci na oxid uhličitý, vodu a další spaliny (např. NO_x, SO_x).

3.2.4 Základní statistika využívaných technik k omezování emisí v sektoru

Byla provedena základní statistika využívaných technik omezování emisí v sektoru výroby a zpracování skla z údajů v REZZO v roce 2014 (jedná se tedy pouze o zdroje, které v tomto roce ohlašovaly emise).

Technika	Počet instalací
F - s vláknitou vrstvou s automatickým oklepem	10
F - s vláknitou vrstvou	3
S - žaluziový	2
M - hladinový	1

Tabulka č. 4: Počet instalací koncových technik v sektoru výroby a zpracování skla s kapacitou tavení do 20t/den

Z této základní statistiky vyplývá, že v sektoru výroby a zpracování skla s kapacitou tavení do 20t/den jsou používané techniky k odstranění TZL, avšak žádné techniky odstranění NO_x, SO₂ nebo dalších znečišťujících látek. Na základě dostupných informací lze konstatovat, že sekundární techniky k odstranění TZL používá min. 12 % provozů. Tyto techniky byly výše popsány.

3.2.5 Dosahované emisní úrovně

V oblasti tavení a tavicích agregátů je ČR v souladu se světovým vývojem, který sleduje snížení emisí pod přípustné meze a snížení měrné spotřeby energie. Plně se uplatnila tepelná izolace pecí, zlepšila se regenerace tepla a byla instalována zařízení k využití odpadního tepla spalin. Začíná se využívat i



nejmodernější technologické zlepšení - náhrada spalovacího vzduchu kyslíkem, která snižuje investiční náklady na tavicí agregát a především výrazně snižuje emise NOx.

Při výrobě skla vznikají nebo mohou vznikat následující emise do ovzduší:

Emise	Zdroj/Komentář
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	Přítomny jako nečistota v některých surovinách, zvláště synteticky připravený uhličitán 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 v některých sklářských kmenech ke zlepšení tavení nebo k ovlivnění některých vlastností skla, např. opalescence.
Těžké kovy (např. V, Ni, Cr, Se, Pb, Co, Sb, As, Cd)	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.
Oxid uhličitý	Produkt spalování. Emitovaný po rozkladu uhličitánů ve kmeni (např. kalcinovaná soda, vápenec).
Oxid uhelnatý	Produkt neúplného spálení, zvláště v šachtových pecích.
Sirovodík	Vzniklý ze síry v surovinách nebo palivu v šachtových pecích v důsledku redukčních podmínek v částech pecí

Tabulka č. 5: Shrnutí emisí, vznikajících při tavení, do ovzduší

Dosahované emisní úrovně byly analyzovány s využitím dat Registru emisí a stacionárních zdrojů, který je součástí Informačního systému kvality ovzduší podle zákona o ochraně ovzduší. Následující tabulka dává přehled minimálních, maximálních a průměrných hodnot koncentrací hlavních znečišťujících látek ze sklářských pecí otápěných zemním plynem s kapacitou tavení do 20t/den.



	TZL	SO ₂	NO _x	CO
MIN emisní koncentrace [mg/m ³]	0,2	5	0,023	0,012
MAX emisní koncentrace [mg/m ³]	70	66	1396	332
Průměrná koncentrace [mg/m ³]	34	15	370	35
Emisní limity dle vyhlášky č. 415/2012 Sb. [mg/m ³] ⁵⁾	100 ¹⁾ 50 ²⁾	500 ³⁾ 600 ⁴⁾	2000	-

Tabulka č. 6: Dosahované emisní koncentrace zdrojů kategorie 5.3 (s kapacitou do 20t/den) podle REZZO
Poznámky k tabulce:

- 1) Platí při hmotnostním toku nižším než 2,5 kg/h
- 2) Platí při hmotnostním toku vyšším a rovném 2,5 kg/h
- 3) Platí při spalování zemního plynu.
- 4) Platí pro ostatní paliva.
- 5) O_{2R} 13 % - platí pro kontinuální tavicí agregáty

U 37 zdrojů otápěných zemním plynem z celkového počtu 71 zdrojů v této kategorii (viz tabulka č. 1) jsou k dispozici údaje o měření emisí koncentrací tuhých znečišťujících látek. Většina zdrojů (75%) dosahuje emisní koncentrace TZL maximálně 52 mg/m³. Emisní koncentrace u elektrických sklářských pecí dosahují hodnot 0,9 – 2 mg TZL/m³, ale údaje jsou dostupné pouze od 3 zdrojů.

U 31 zdrojů otápěných zemním plynem z celkového počtu 71 zdrojů v této kategorii jsou k dispozici údaje o měření emisí koncentrací oxidu siřičitého. Většina zdrojů (75%) dosahuje emisní koncentrace SO₂ maximálně 28 mg/m³. Emisní koncentrace u elektrických sklářských pecí dosahují hodnot 16,1 a 28 mg SO₂/m³, ale údaje jsou dostupné pouze od 2 zdrojů. Pravděpodobně půjde o kombinaci používaných paliv.

U 37 zdrojů otápěných zemním plynem z celkového počtu 71 zdrojů v této kategorii jsou k dispozici údaje o měření emisí koncentrací oxidů dusíku. Většina zdrojů (75%) dosahuje emisní koncentrace NO_x maximálně 526 mg/m³. Emisní koncentrace u elektrických sklářských pecí dosahují hodnot 25 až 86 mg NO_x/m³, ale údaje jsou dostupné pouze od 3 zdrojů.

U 40 zdrojů otápěných zemním plynem z celkového počtu 71 zdrojů v této kategorii jsou k dispozici údaje o měření emisí koncentrací oxidu uhelnatého. Většina zdrojů (75%) dosahuje emisní koncentrace CO maximálně 27 mg/m³.

Informace o dosahovaných koncentracích těžkých kovů, chloridů a fluoridů z 32 zdrojů otápěných převážně zemním plynem z celkového počtu 71 zdrojů jsou uvedeny v následující tabulce.

	kovy I	kovy II	Pb	HF	HCl
MIN emisní koncentrace [mg/m ³]	0,04	0,2	0,01	2,3	0,3
MAX emisní koncentrace [mg/m ³]	8,1	3,3	2,7	48	18
průměrná koncentrace [mg/Nm ³]	1,01	0,41	0,34	6,00	2,25

Tabulka č. 7: Dosahované emisní koncentrace zdrojů kategorie 5.3 (s kapacitou do 20t/den) podle REZZO

Všechny uvedené hmotnostní koncentrace byly zjištěny prostřednictvím jednorázového měření emisí. Aplikované vztahné podmínky jsou: koncentrace příslušné látky při normálních stavových podmínkách v suchém plynu, někdy s udáním referenčního obsahu některé látky v odpadním plynu, obvykle kyslíku.

Úrovně emisí pro jednotlivé pece mohou záviset na mnoha faktorech, jako je složení kmene, použité techniky pro snižování emisí a stáří pece. Emise fluoridů, olova a jiných kovů přímo souvisí s použitím složek obsahujících tyto látky ve kmeni. Obecně jsou těžké kovy emitovány jako pevné částice a jsou



spojeny se skleněnými výrobky s vysokým obsahem těchto kovů (např. olovený křišťál) nebo méně často s použitím střepek obsahujících těžké kovy. V některých případech se fluorid přidává jako surovina, aby se dosáhlo předepsaného složení skla, jindy je obsažen v některých surovinách jako nečistota. Některé materiály se budou vázat ve skle, ale některé budou nutně emitovány do ovzduší. Fluor je běžně emitován jako HF a kovy mohou být emitovány jako kouř nebo jsou běžněji obsaženy v pevných částicích.

Fugitivní emise

Hlavními zdroji fugitivních emisí specifických pro odvětví užitkového skla jsou zakládací přístavek, žlaby dávkovačů, tvarovací zóna a leštění ohněm. Emise ze zakládací oblasti souvisí s unášením částic kmene (TZL) a se spaliny z pece.

Při používání elektrických pecí, např. při výrobě olovnatého křišťálu nebo opálového skla je zakládací oblast často vybavena odsávacím systémem, který emise odvádí nejčastěji ke tkaninovému filtru.

Ze žlabů dávkovačů se mohou uvolňovat spaliny a výpary. Probíhá-li barvení skla ve feedru, fugitivní emise ze žlabů dávkovačů mohou být důležité kvůli obsahu těžkých kovů.

V tvarovací části se mohou uvolňovat mlhy minerálních olejů a ostatních lubrikantů. Z tepelné úpravy forem a z chladicí pece se mohou uvolňovat spaliny.

Všechny tyto specifické problémy jsou většinou řešeny podle předpisů BOZP a nepředstavují významné emise do ovzduší. V některých zvláštních případech může být potřeba odsávat a čistit fugitivní emise ze žlabů dávkovačů, aby se omezily úrovně expozice těžkým kovům na pracovišti.

3.3 Zpracování a zušlechťování skla o projektované kapacitě vyšší než 5 t zpracované skleněné suroviny ročně (kod 5.5)

Kategorie zpracování a zušlechťování skla o projektované kapacitě vyšší než 5 t zpracované skleněné suroviny ročně zahrnuje jednak:

- Zpracování formou tavení, zpěňování a tvarování z polotovarů nebo střepek ve sklářských pecích (obvykle plynových či elektrických),
- Zušlechťování formou broušení, řezání, leštění, malování, vypalování, mačkání, leptání, matování, potisk, foukání, aj.



Obr. 3: Příklady zušlechťování skla – broušení



3.3.1 Používané techniky¹⁴

3.3.1.1 *Zpracování skla*

Ke zpracování skla (tavení) jsou používány převážně pánvové pece. Tavící pece jsou buďto elektrické nebo se jako palivo se používá zemní plyn. V několika případech se používá propan-butan, popř. topný olej, lze použít i kyslíkový otop. Pro tvarování jsou pece vybaveny kontinuálním tvarovacími linkami, na kterých se vyrábí obalové či stolní sklo.

Proces tavení polotovarů nebo střepe v pecích je obdobný jako u výroby skla a jsou k němu používány stejné techniky jako techniky tavení uvedené výše v kapitole 3.2.2.2. Nejčastěji se používají diskontinuální pánvové pece, ale v několika málo provozech jsou používány též tunelové nebo pásové pece.

Zpěňování namletého skla se provádí v pásových pecích. Pec na zpěňování skla je vybavena speciálním pásem, který je po rozstříknutí nánosové vrstvy ohříván. Na nánosovou vrstvu je nadávkována tenká vrstva mletého skla a poté pás vstupuje do pece. Pec je vyhřívána nejčastěji spalováním zemního plynu na teplotu 850 °C a dochází v ní k zpěňování mletého skla. Na konci zpěňovací pece je pěnové sklo odděleno od pásu a je dopravováno dále do chladicí pece. Vzdušina bývá odváděna buďto přirozeně anebo nuceně odbočkou s ventilátorem.

3.3.1.2 *Zušlechťování skla*

Techniky zušlechťování jsou používány nejčastěji u užitkového skla, frit a speciálního skla.

Broušení a leštění

Polotovary se dekorují broušením a to buď ručně, nebo na poloautomatických strojích. K broušení se používají diamantové nebo korundové nástroje. Po broušení se výrobky obvykle leští pomocí pemzy.

Malování a lakování

Polotovary se dekorují malováním, buď štětcem, nebo nanášením barvy stříkací pistolí. Polotovar s nanesenou barvou se vypaluje ve vypalovacích pecích. Lakování se provádí v lakovacích linkách.

Další způsoby zušlechťování

Polotovary se mohou dále zušlechťovat rytím, matováním resp. pískováním, nanášením sítotisku nebo nanášením obtisků.

Komorové a pásové vypalovací pece malírny - slouží k vypalování barev, které jsou nanášeny stříkáním. Vypalovací pece jsou obvykle otápěny elektrickou energií.

Olařovací pece malírny a brusírny jsou vytápěny elektrickou energií - slouží k přípravě povrchu výrobků před jejich zušlechťováním (malováním a broušením) a jsou otápěny elektrickou energií.

3.3.2 Techniky snižování emisí

Tavení

Zpracování skla formou tavení probíhá obdobně jako při tavení sklářských surovin, ale dosahuje se nižších teplot. Vzhledem k tomu, že jsou tavící pece vytápěny většinou elektrickou energií nebo zemním plynem a způsob výroby je ve velké míře diskontinuální, jsou emise z tavení výrazně nižší než při tavení sklářských surovin.

¹⁴ Zdroj: BREF ve sklářském průmyslu



Primární i sekundární techniky snižování emisí z tavení skla jsou obdobné s technikami uvedenými v kapitole 3.2.3. Z primárních technik jsou aplikovatelné zejména následující techniky:

- Elektrické tavení a kyslíko-palivové tavení pro snižování TZL a NO_x,
- Používání paliv s nízkým obsahem síry pro snižování SO₂,

Jejich podrobnější popis je uveden v kapitole 3.2.3

Vzhledem k výrazně nižším emisím vznikající při zpracování skla formou tavení obvykle není třeba je aplikovat. Dle údajů z evidence REZZO není u žádné tavící nebo zpěňovací pece s kapacitou pod 20 t/den, ani u žádné související tvarovací linky, aplikována sekundární technika na snižování emisí.

Zušlechťování

U většiny zušlechťovacích procesů výroby užitkového a speciálního skla nevznikají významné emise do ovzduší, nicméně z broušení, řezání a leštění mohou vznikat prachové emise. Ty jsou obvykle eliminovány broušením pod kapalinou nebo lokálním odsáváním vzduchu.

K udržení správné teploty skla, k leštění ohněm a v chladících pecích je použito množství hořákových systémů, ale nevytváří se žádné významné emise vyžadující specifické řízení.

Broušení a leštění výrobků z olovnatého křišťálu a křišťálového skla způsobuje emise prachu s olovem. Tyto procesy vyžadují kontrolu potenciálních fugitivních emisí, aby byla zachována ochrana zdraví zaměstnanců.

K chlazení a prevenci vzniku prachových emisí se při broušení používá voda. K odstranění mlhy tvořené chladivem lze použít odsávání. Tam kde se tyto činnosti provádějí pod kapalným chladivem, nejsou žádné znatelné emise do ovzduší. Může být nutné používat odsávací systém vybavený odlučovačem kapek. Provádí-li se řezání nebo broušení za sucha, prach se odsává a prochází účinným tkaninovým filtrem.

Broušení a mletí frit se obvykle provádí za mokra, ale regulace prachu může být nutná při suchém mletí a případně v oblasti balení suchých výrobků. Nejúčinnější technikou je odsávání případně napojené na systém tkaninových filtrů.

Přehled technik na snižování emisí TZL a kovů aplikovatelných pro zušlechťovací procesy:

- Provádění prašných úkonů (např. řezání, broušení, leštění) pod kapalinou.
- Používání systému vzduchotechniky případně s napojením na filtraci pomocí tkaninových filtrů (viz kapitola 3.2.3)
- Mletí za mokra - technika spočívá v drcení frity na požadovanou velikost částic s dostatečným množstvím tekutiny, aby vznikla suspenze. Tento proces většinou probíhá v mlecím zařízení s korundovými koulemi a vodou.
- Mletí a balení produktů za sucha s použitím účinného odsávacího systému ve spojení s tkaninovým filtrem; u mlecího zařízení nebo pracovního místa, kde probíhá balení, se využívá podtlak, který emise prachu odvádí ke tkaninovému filtru (viz kapitola 3.2.3).

Výše uvedené techniky jsou obecně použitelné v závislosti na druhu zušlechťovacího procesu a druhu používaného skla.

3.3.3 Dosahované emisní úrovně

Dosahované emisní úrovně byly analyzovány s využitím dat Registru emisí a stacionárních zdrojů, který je součástí Informačního systému kvality ovzduší podle zákona o ochraně ovzduší. Z celkového počtu



50 zdrojů z kategorie 5.5 s kapacitou do 20 t /den jich 21 používá jako palivo zemní plyn, 5 propan butan, 5 elektrickou energii a 3 topný olej nebo jiné kapalně palivo. Zbylé zdroje představují procesy broušení, řezání, lakování, leptání, matování, lisování a na nanášení barev.

Následující tabulka dává přehled minimálních, maximálních a průměrných hodnot koncentrací hlavních znečišťujících látek z procesů zpracování a zušlechťování skla kapacitou od 5 t/rok do 20t/den.

	TZL	SO ₂	NO _x	CO	VOC
MIN emisní koncentrace [mg/m ³]	0,5	14,76	5	4	9
MAX emisní koncentrace [mg/m ³]	14,9	28	245	1211	23
průměrná koncentrace [mg/m ³]	4,6	21,38	53	114,79	14,75
<i>Emisní limity dle vyhlášky č. 415/2012 Sb.[mg/m³]</i>	100 ¹⁾	-	500 ¹⁾	800 ¹⁾	-

Tabulka č. 8: Dosahované emisní úrovně ze zpracování a zušlechťování skla s kapacitou do 20t/den podle REZZO (zdroje kategorie 5.5)

Pozn.:

- 1) Platí pro tavení z polotovarů nebo střepů, při kterém je zdrojem tepla spalování paliv. Emisní limit na TZL platí pouze tehdy, je-li spalováno jiné palivo než zemní plyn.

U 8 zdrojů z 21 zdrojů, kde se používá palivo zemní plyn, jsou k dispozici údaje o měření emisí koncentrací TZL. 75% zdrojů dosahuje emisní koncentrace TZL méně než 4 mg/m³. Co se týče technologických procesů, představují tyto zdroje temperovací, tunelové či pásové pece.

U 2 zdrojů na zemní plyn z celkového počtu 50 zdrojů v této kategorii jsou k dispozici údaje o měření emisí koncentrací oxidu siřičitého. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce výše. Co se týče technologických procesů, představují olařovací a tunelovou pec.

U 11 zdrojů na zemní plyn z celkového počtu 50 zdrojů v této kategorii jsou k dispozici údaje o měření emisí koncentrací oxidů dusíku. 75% zdrojů dosahuje emisní koncentrace NO_x méně než 67 mg/m³. Co se týče technologických procesů, představují tyto zdroje tunelové a pásové pece, a tvarování.

U 11 zdrojů na zemní plyn z celkového počtu 50 zdrojů v této kategorii jsou k dispozici údaje o měření emisí koncentrací CO. 75% zdrojů dosahuje emisní koncentrace CO méně než 16 mg/m³.

U 4 zdrojů z celkového počtu 50 zdrojů v této kategorii jsou k dispozici údaje o měření emisí těkavých organických látek. 75% zdrojů dosahuje emisní koncentrace VOC méně než 17 mg/m³. Co se týče technologických procesů, představují potisk skleněných výrobků a lakovací linky.

Všechny uvedené hmotnostní koncentrace byly zjištěny prostřednictvím jednorázového měření emisí. Aplikované vztažné podmínky jsou: koncentrace příslušné látky při normálních stavových podmínkách v suchém plynu, někdy s udáním referenčního obsahu některé látky v odpadním plynu, obvykle kyslíku.

Výše uvedené emisní koncentrace byly k dispozici u méně než 50 % zdrojů. Lze očekávat, že zdroje, jejichž emisní koncentrace nejsou k dispozici, mohou dosahovat vyšší koncentrace. Nicméně lze předpokládat, že potenciál uplatnění navržených BAT v kapitole 4.2 v oblasti zpracování skla je malý s ohledem na potenciál snížení emisí.

Informace o dosahovaných emisích z broušení a řezání z dokumentu BREF¹⁵:

- Pokud se u olovnatého křišťálu provádí broušení a řezání, lze předpokládat, že se emise Pb po průchodu čistícím systémem (např. tkaninovým filtrem budou pohybovat mezi 1 – 1,5mg/m³).
- Při řezání nebo broušení za sucha se prach odsává a v případě následného použití tkaninového filtru dosahují emise TZL rozmezí 1 – 5 mg/m³.

¹⁵ BREF, kapitola 4.5.4



3.4 Chemické leštění skla (kod 5.6)

3.4.1 Používané techniky¹⁶

Účelem chemického leštění je získání brilantního, hladkého povrchu výrobku. Leštící zařízení se skládá z vany, do které se ukládají bubny s leštěným sklem a ve které probíhá leštící cyklus. Dalším příslušenstvím jsou obvykle nádrže na hrubý oplach a leštící lázně, čerpadla a potrubí s armaturami. V leštící lázni se obvykle používá roztok 30- 60 % H_2SO_4 a 1 – 3 % HF při teplotě do 62°C. Kyselina HF vyrovnává nerovnosti na povrchu výrobku za vzniku primárních solí, které jsou z povrchu oplachovány kyselinou sírovou při proudění lázně za rotace bubnu. Odstranění zbytku solí je zajištěno hrubým oplachem, tj. kyselou vodou. Nepřetržitá rotace bubnu během leštícího procesu je zajištěna hydraulickou jednotkou. Hrubý oplach se v pravidelných cyklech vypouští do sběrných nádrží v kesonu leštírny. Při střídání cyklu oplachu a leštění dochází k okyselování vody hrubého oplachu a ředění leštící lázně. Proto je nutné doplňovat obě kyseliny na předepsanou koncentraci před započítáním leštícího cyklu a v průběhu leštění. Přebytečná leštící lázeň spolu s hrubým oplachem a primárními solemi se přečerpává potrubím ze sběrné nádrže v leštárně do reakčních nádrží neutralizační stanice. Konečnou fází je čistý oplach a sprchování.

3.4.2 Techniky snižování emisí

Z povrchu leštící lázně se uvolňují výpary HF a SiF_4 . Nejúčinnějším způsobem odstraňování těchto emisí je obvykle praní plynů vodou nebo chemickým roztokem. Během tohoto postupu se tvoří kyselina fluorokřemičitá (H_2SiF_6) (až 35%) a tento kyselý roztok vyžaduje neutralizaci, nebo může být v některých případech rekurvována a použita v chemickém průmyslu. Chemické praní vede k menšímu používání vody, ale brání regeneraci H_3SiF_6 z odpadní vody.

Příklady použitých primárních a sekundárních technik:

- Minimalizace úniku leštícího materiálu zajištěním dobrého utěsnění aplikačního systému.
- Mokré čištění - věžové pračky s cirkulací vody nebo roztokem alkálií (např. hydroxidu sodného).
- Dvoustupňový absorbér s Venturiho trubicí, kde jsou páry odsávány z prostoru leštírny a vlastního leštícího zařízení přes 2. stupňovou absorpční kolonu do ovzduší. V obou stupních kolony jsou dvě patra s 1 m vysokou vrstvou PAL kroužků, které jsou skráceny absorbentem. V cyklu 24 hod je absorbent z 1. stupně přečerpán do sběrných nádrží umístěných v prostoru neutralizační stanice.

Informace o nákladech na absorpci par z leštírny

Absorpce par sloučenin F z chemického leštění s kapacitou 5 000 t/rok; účinnost 98,5 % snížení F; cena v roce 2000 - 9 mil. Kč (dle interního archivu žádostí o vydání/změnu integrovaného povolení, CENIA)

3.4.3 Dosahované emisní úrovně

Dosahované emisní úrovně byly sice analyzovány s využitím dat Registru emisí a stacionárních zdrojů, nicméně dostupná data obsahují pouze celkové emise HF za rok a nikoliv emisní koncentrace.

U 7 zdrojů z celkového počtu 8 zdrojů v této kategorii jsou k dispozici údaje o počtu provozních hodin a celkových emisích za rok. Z těchto údajů vyplývá, že průměrné množství emisí HF vypuštěné do ovzduší je 13 g/h (min. 2 g/h a max. 41 g/h).

¹⁶ Zdroje: č. 1, 3 a 13 viz seznam použitých zdrojů



Podle informací z BREF lze při použití pračky plynů dosáhnout emisní úrovně HF méně než 5 mg/m^3 . Hodnota 5 mg/m^3 je také emisním limitem dle vyhlášky č. 415/2012 Sb.

Z údajů dostupných v interním archivu žádostí o vydání/změnu integrovaného povolení CENIA lze nalézt několik příkladů emisních koncentrací z chemického leštění. Ve všech případech se jedná o údaje z autorizovaného měření emisí vypouštěných pro absorpci ve dvoustupňové koloně. Emisní koncentrace HF se pohybují v intervalu od 2,11 do $3,86 \text{ mg.m}^{-3}$.



4 NEJLEPŠÍ DOSTUPNÉ TECHNIKY

Zpracování tohoto dokumentu ukázalo, že na rozdíl od zařízení ve smyslu zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci představují stacionární zdroje, které jsou předmětem tohoto dokumentu, neuchopitelnou a různorodou skupinu zdrojů, že mnohdy není možné uplatnit obdobnou skupinu nejlepších dostupných technik ve smyslu integrované prevence. Takový přístup by byl v některých případech technicky neřešitelný, ekonomicky neúnosný a v mnoha případech nákladově velmi neefektivní. Navíc nelze uplatnit jednoduchý princip, že čím menší stacionární zdroj, tím menší šance na uplatnění nejlepší dostupné techniky.

Zadání zpracování tohoto dokumentu nicméně směřovalo na vazbu nejlepších dostupných technik a podporu ze strukturálních fondů EU. Ve vazbě na dotační podporu se otvírá širší pole uplatnění nejlepších dostupných technik, neboť se stírá jedna ze základních výše uvedených bariér - ekonomická přijatelnost pro provozovatele (pouze investiční - provozní ekonomická náročnost zůstává). Nicméně u malých a středních podniků nelze (v závislosti na ekonomickém vývoji jednotlivých podniků) očekávat, že po ukončení životnosti podpořené investice již nebude možné uskutečnit následnou prostou reprodukci, protože opakovanou dotaci již pravděpodobně nebude možné realizovat.

Zpracování tohoto dokumentu ukázalo, že je možné, při presumpci podpory z fondů EU, vydefinovat skupinu nejlepších dostupných technik, které je vhodné uplatnit i na stacionárních zdrojích, které nejsou předmětem právní úpravy v oblasti integrované prevence. I tak lze ale nalézt u nejlepších dostupných technik mantinely definované výše uvedenými bariérami (technická neřešitelnost, ekonomická neúnosnost a nákladová neefektivita).

U nejlepších dostupných technik uplatnitelných na definované výduchy dokument uvádí emisní koncentrace dosažitelné uplatněním příslušné techniky, pokud jsou informace o těchto emisních koncentracích dostupné. U technik uplatnitelných na fugitivních emisích tato informace logicky uvedena není. Praxe ale ukazuje, že přínos těchto technik je nezanedbatelný a u některých typů zdrojů rozhodující. Jejich význam se navíc zvyšuje narůstající regulací definovaných emisí z výduchů.

S ohledem na obrovskou různorodost a širokou škálu jmenovitých parametrů (kapacita, výkony) není ve většině případů možné uvést jednotkové náklady na nejlepší dostupné techniky. Tam, kde zpracovatel dokumentu usoudil, že je to relevantní, jsou uvedeny konkrétní příklady nákladů a přínosů uplatnění nejlepších dostupných technik.

4.1 Primární (preventivní) BAT pro obecné použití

Uvedené BAT jsou aplikovatelné pro všechny uvedené zdroje:

- Školení, vzdělávání a motivace pracovníků na všech úrovních;
- Optimalizace řízení procesů;
- Zajištění dostatečné preventivní údržby;
- Systém environmentálního managementu (ISO 14001, EMAS) s jasně definovanými odpovědnostmi, pracovními pokyny a detailně popsány postupy, které mohou ovlivnit kvalitu ovzduší;
- Dodržování technologické kázně a předepsaných pracovních postupů a systém kontroly dodržování;
- Pravidelné provádění emisních bilancí a navrhování opatření k jejich dalšímu omezení;
- Provádět detekci úniků emisí (v rámci možností daných procesů).



V oblasti skladování materiálů a surovin je BAT k zabránění nebo snížení emisí prachu používání jedné nebo několika následujících technik:

- Skladování volně ložených práškových materiálů v uzavřených silech vybavených systémem na zachycování prachu (např. tkaninový filtr);
- Skladování jemných materiálů v uzavřených kontejnerech nebo utěsněných pytlích;
- Zakrývání hrubých prašných materiálů při skladování na hromadách.

V oblasti manipulace se surovinami je BAT k zabránění nebo snížení emisí prachu používání jedné nebo několika následujících technik:

Č.	Technika	Použití techniky
1	U materiálů, které se přepravují nad zemí, používání uzavřených dopravníků, aby nedocházelo k úniku materiálu.	Všeobecné použitelné pro zařízení s kontinuální výrobou nebo s větší kapacitou např. nad 10t/ den.
2	Pokud se používají pneumatické dopravníky, používání utěsněného systému s filtrem, který před vyložením vyčistí vzduch v přepravním prostoru.	
3	Vlhčení kmene	Používání této techniky je omezeno nepříznivými účinky na energetickou účinnost pecí. Pro některá složení kmene, především na výrobu borokřemičitého skla, mohou platit omezení. Použití obvykle u zařízení s vyšší kapacitou např. nad 10t/den.
4	Používání mírného podtlaku v peci	Použitelné jen tehdy, pokud podtlak vzniká jako nedílná součást provozu (např. u tavicích pecí na výrobu frit), vzhledem k nepříznivému vlivu na energetickou účinnost.
5	Používání surovin, které nezpůsobují dekrepitaci (především dolomit a vápenec). Tento jev spočívá v pukání hornin působením tepla, což může mít za následek vyšší emise prachu.	Použitelné v rámci omezení vyplývajících z dostupnosti surovin.
6	Používání odsávání napojeného na filtrační systém u procesů, kde je pravděpodobný vznik prachu (např. otevírání pytlů, míchání kmene na výrobu frit, likvidace prachu z tkaninových filtrů, tavicí pece se studenou horní stavbou).	Všeobecné použitelné pro zařízení s kontinuální výrobou anebo u zařízení s vyšší kapacitou např. nad 5t/ den.

4.2 Specifické BAT pro kategorii stacionárních zdrojů 5.3 a 5.5 (tavení)

Specifické BAT pro výrobu skla, sklářských výrobků, frit a skla pro bižuterní zpracování s kapacitou tavení do 20t/den a pro zpracování skla s kapacitou tavení více než 5 t zpracované skleněné suroviny (včetně střepů) za rok a zároveň méně než 20t/den jsou rozděleny na primární a sekundární.

Obecné primární BAT pro snižování emisí do ovzduší z procesů tavení surovin a skla



Č.	Technika	Použití techniky
1	Pravidelná údržba tavicí pece	Všeobecně použitelné.
2	Optimalizace konstrukce pece a výběr tavicí metody	Použitelné u nových zařízení; u stávajících zařízení je k realizaci zapotřebí celková přestavba pece.
3	Použití metod řízeného spalování	Použitelné u vzducho-palivových a kyslíko-palivových pecí.
4	Používání vyššího množství skleněných střepů pokud jsou k dispozici a je to ekonomicky a technicky realizovatelné	Aplikovatelné pouze pro kategorii 5.3. Nelze použít u frit a malosériových výrob s vysokými požadavky na barvu a čistotu skla (např. umělecké sklo, bižuterie).
5	Předehřívání kmene a skleněných střepů pokud jsou k dispozici a je to ekonomicky a technicky realizovatelné	Aplikovatelné pouze pro kategorii 5.3 – kontinuální výrobu nebo u výrob s vyšší kapacitou, např. více než 10t/den. Použitelné u vzducho-palivových a kyslíkopalivových pecí; použitelnost se obvykle omezuje na složení kmene s více než 50 % podílem skleněných střepů.
6	Pravidelné monitorování kritických provozních parametrů zajišťujících stabilitu procesů, např. teploty, přívodu paliva a proudění vzduchu.	Všeobecně použitelné.
7	Pravidelné monitorování provozních parametrů bránících/snižujících znečištění, např. obsahu O ₂ ve spalinách za účelem regulace poměru palivo/vzduch	Všeobecně použitelné.

Primární a sekundární BAT pro snižování emisí TZL

Č.	Technika	Použití techniky
1	Snižování obsahu těkavých složek úpravou surovin - složení kmene může obsahovat silně těkavé složky (např. bor, fluoridy), což výrazně přispívá ke tvoření emisí prachu z tavicí pece.	Tato technika je všeobecně použitelná v rámci omezení daných druhem vyráběného skla a dostupností náhradních surovin.
2	Elektrické tavení	Nelze použít při výrobě vyžadující velkou variabilitu tavicího výkonu. Ekonomickým předpokladem zavedení je celková přestavba pece.
3	Kyslíko-palivové tavení	Aplikovatelné při celkové přestavbě pece.
4	Tkaninové filtry	Tato technika je použitelná pro kontinuální procesy anebo u zařízení s vyšší kapacitou např. nad 5t/den.

Popisy technik jsou uvedeny v kapitolách 3.2.2.2 a 3.2.3.

Emisní úrovně TZL

Aplikovatelné pro kontinuální výrobu skla nebo jeho zpracování.



Znečišťující látka	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik č. 2, 3, nebo 4 popřípadě s kombinací techniky č. 1	Odpovídající hmotnostní tok
TZL	nižší než 70 mg/m ³	nižší než 2,5 kg/h,
	nižší než 30 mg/m ³	vyšší a rovný 2,5 kg/h

Primární BAT pro snižování emisí NO_x

Č.	Technika	Použití techniky
1	Snížení poměru palivo/vzduch	Použitelné u konvenčních vzducho-palivových pecí; plného účinku se dosáhne při běžné nebo celkové přestavbě pece v kombinaci s optimální konstrukcí a geometrií pece.
2	Snížení teploty spalovacího vzduchu (tzn. např. používání rekuperačních pecí místo regenerativních).	Použitelné pouze za konkrétních podmínek v konkrétních zařízeních vzhledem k nižší účinnosti pece a vyšší spotřebě paliva (tj. používání rekuperačních pecí místo regenerativních).
3	Postupné zavádění paliva	Použitelné u nepřetržitého provozu; lze použít u většiny konvenčních vzducho-palivových pecí.
4	Recirkulace kouřových plynů	Použitelnost této techniky se omezuje na speciální hořáky s automatickou recirkulací odpadních plynů s ohledem na ekonomickou dostupnost.
5	Hořáky s nízkými emisemi NO _x	Tato technika je všeobecně použitelná pro kontinuální proces. Dosažené přínosy pro životní prostředí jsou většinou menší při použití u plynových pecí s příčnými plameny z důvodu technických omezení a menší flexibility pece. Z ekonomického hlediska aplikovatelné při běžné nebo celkové přestavbě pece v kombinaci s optimální konstrukcí a geometrií pece.
6	Elektrické tavení	Nelze použít při výrobě vyžadující velkou variabilitu tavicího výkonu; ekonomickým předpokladem zavedení je celková přestavba pece.
7	Kyslíko-palivové tavení	Aplikovatelné při celkové přestavbě pece.

Popisy technik jsou uvedeny v kapitolách 3.2.2.2 a 3.2.3.



Emisní úrovně NOx

Aplikovatelné pro kontinuální výrobu skla nebo jeho zpracování.

Znečišťující látka	BAT pro snižování emisí NOx	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik nebo jejich kombinací
NOx vyjádřená jako NO2	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik č. 5, 6 nebo 7	nižší než 500 mg/m ³
	Ostatní výše uvedené techniky, nebo jejich kombinace	nižší než 1500 mg/m ³

Primární BAT pro snižování emisí SOx

Č.	Technika	Použití techniky
1	Minimalizace obsahu síry ve složení kmene a optimalizace bilance síry	Minimalizace obsahu síry ve složení kmene je většinou použitelná v rámci omezení daných nároky na kvalitu výsledného výrobku. Optimalizace bilance síry vyžaduje kompromis mezi odstraňováním emisí SOx a snižováním množství pevných odpadů (prach z filtrů).
2	Používání paliv s nízkým obsahem síry	V závislosti na dostupnosti paliva s nízkým obsahem síry.

Popis technik je uveden v kapitole 3.2.3.

Emisní úrovně SO2

Aplikovatelné pro kontinuální výrobu skla nebo jeho zpracování.

Znečišťující látka	Palivo /tavicí technika	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik nebo jejich kombinací
SO2	Zemní plyn	maximálně 300 mg/m ³
	Elektrické tavení	nižší než 100 mg/m ³
	Ostatní paliva s použitím výše uvedených technik	nižší než 600 mg/m ³

Primární BAT pro snižování emisí HCl a HF

Č.	Technika	Použití techniky
1	Výběr surovin s nízkým obsahem chloru a fluoru do složení kmene	Použitelnost může být omezena složením kmene pro druh skla vyráběný v zařízení a dostupností surovin.
2	Minimalizace obsahu fluoru ve složení kmene a optimalizace látkové bilance fluoru Minimalizace emisí fluoru z tavicího procesu lze dosáhnout minimalizací/snížením množství sloučenin fluoru (např. fluoritu) přidávaných do kmene na minimum úměrně kvalitě výsledného výrobku. Sloučeniny fluoru se do kmene přidávají pro dosažení neprůhledného nebo zakaleného vzhledu skla.	Tato technika je všeobecně použitelná v rámci omezení daných požadavky na kvalitu výsledného výrobku.

Popis technik je uveden v kapitole 3.2.3.



Emisní úrovně HCl a HF

Aplikovatelné pro kontinuální výrobu skla nebo jeho zpracování.

Znečišťující látka	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik	Aplikovatelnosti emisní úrovně
HCl	nižší než 20 mg/m ³	V případech, kdy se jako čeridla používají KCl nebo NaCl, je úroveň emisí spojená < 30 mg/m ³
HF	nižší než 10 mg/m ³	Při použití elektrického tavení lze dosahovat hodnot nižších než 5 mg/m ³

Primární BAT pro snižování emisí kovů

Č.	Technika	Použití techniky
1	Výběr surovin s nízkým obsahem kovů do složení kmene	Použitelnost může být omezena druhem skla vyráběného v zařízení a dostupností surovin.
2	Minimalizace obsahu kovových sloučenin přidávaných do kmene vhodným výběrem surovin, pokud je nutné barvení nebo odbarvování skla nebo pokud je třeba dosáhnout u skla zvláštních vlastností	U výroby křišťálového a olovnatého křišťálového skla platí dle Směrnice 69/493/EHS požadavek na obsah olova a jeho sloučenin méně než 0,05% (500ppm) hmotnosti.

Popis technik je uveden v kapitole 3.2.3.

Emisní úrovně kovů

Aplikovatelné pro kontinuální výrobu skla nebo jeho zpracování s výjimkou skla odbarvovaného selenem.

Znečišťující látka	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik
Kovy I	nižší než 5 mg/m ³
Kovy II	nižší než 3 mg/m ³

Primární a sekundární BAT pro snižování emisí olova při výrobě olovnatého křišťálového skla

Č.	Technika	Použití techniky
1	Elektrické tavení	Nelze použít při výrobě vyžadující velkou variabilitu tavicího výkonu. K zavedení je nutná celková přestavba pece.
2	Tkaninový filtr	Aplikovatelné pro kontinuální výrobu skla nebo jeho zpracování.

Popisy technik jsou uvedeny v kapitolách 3.2.2.2 a 3.2.3.

Emisní úrovně Pb

Aplikovatelné pro kontinuální výrobu užitkového skla nebo jeho zpracování v případě, že se při výrobě olovnatého křišťálového skla používají sloučeniny olova.

Znečišťující látka	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik
Sloučeniny olova vyjádřené jako Pb	nižší než 3 mg/m ³



4.3 Specifické BAT pro kategorii stacionárních zdrojů 5.5

Specifické BAT pro zpracování a zušlechťování skla s kapacitou tavení více než 5 t zpracované skleněné suroviny za rok a zároveň méně než 20t/den jsou rozděleny na primární a sekundární. Tato část neobsahuje techniky používané pro zpracování skla formou tavení, neboť tyto techniky jsou shodné s technikami uvedenými v předchozí kapitole.

Primární a sekundární BAT pro snižování emisí TZL a kovů do ovzduší

Č.	Technika	Použití techniky
1	Provádění prašných úkonů (např. řezání, broušení, leštění) pod kapalinou.	Všeobecně použitelné.
2	Používání systému vzduchotechniky případně s napojením na filtraci pomocí tkaninových filtrů	Systém vzduchotechniky je všeobecně použitelný. Tkaninové filtry jsou aplikovatelné s ekonomického hlediska pro provozy s kapacitou zpracování skla více než 5 t skla/den.
3	Mletí za mokra - technika spočívá v drcení frity na požadovanou velikost částic s dostatečným množstvím tekutiny, aby vznikla suspenze. Tento proces většinou probíhá v mlecím zařízení s korundovými koulemi a vodou.	
4	Mletí a balení produktů za sucha s použitím účinného odsávacího systému ve spojení s tkaninovým filtrem U mlecího zařízení nebo pracovního místa, kde probíhá balení, se využívá podtlak, který emise prachu odvádí ke tkaninovému filtru.	Všeobecně použitelné při procesu zpracování frit a navazujících procesech.

Popisy technik jsou uvedeny v kapitolách 3.2.3 a 3.3.2.

Emisní úrovně TZL a kovů

Znečišťující látka	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik nebo jejich kombinací
TZL	nižší než 50 mg/m ³
Kovy I	nižší než 5 mg/m ³
Kovy II	nižší než 3 mg/m ³

4.4 Specifické BAT pro kategorii stacionárních zdrojů 5.6

Specifické BAT pro chemické leštění v provozech s kapacitou výroby nebo zpracování skla méně než 20t/den.

Primární a sekundární BAT pro snižování emisí HF do ovzduší

Č.	Technika	Použití techniky
1	Minimalizace úniku lešticího materiálu zajištěním dobrého utěsnění aplikačního systému	Všeobecně použitelné.
2	Mokrého čištění nebo absorpce emisí	Techniky jsou všeobecně použitelné v závislosti na ekonomické dostupnosti.

Popis technik je uveden v kapitole 3.4.2.



Emisní úrovně HF

Znečišťující látka	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik nebo jejich kombinací
HF	nižší než 5 mg/m ³

4.5 Nejlepší dostupné techniky vhodné pro podporu z OPŽP

Kapitola nejlepší dostupné techniky vhodné pro podporu z OPŽP tvoří klíčovou kapitolu celého dokumentu. Nejlepší dostupné techniky definuje zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci jako určitý soubor technologií a know-how o jejich provozování. Tyto nejlepší dostupné techniky se uplatňují pro definovanou skupinu zařízení, u kterých je to možné a vhodné s ohledem na jejich velikost (technickou, kapacitní, ekonomickou i environmentální) za účelem snížení vlivu těchto zařízení na životní prostředí.

4.5.1 Výroba a zpracování skla (tavení)

Mezi nejlepší dostupné techniky pro snižování emisí z odpadních plynů z tavicí pece pro výrobu nebo zpracování skla (kategorie zdrojů znečišťování ovzduší 5.3 a 5.5), které by bylo vhodné podporovat z Operačního programu životní prostředí 2014 – 2020 lze zařadit:

Primární techniky ke snížení emisí znečišťujících látek

Č.	Technika	Znečišťující látky, jejichž emise jsou technikou snižovány
1	Náhrada paliva – zavedení elektrického tavení	TZL, NO _x , SO ₂ , Pb
2	Náhrada paliva – zavedení kyslíko-palivového tavení	TZL, NO _x
3	Snížení teploty spalovacího vzduchu (tzn. např. používání rekuperačních pecí místo regenerativních)	NO _x
4	Postupné zavádění paliva	NO _x
5	Recirkulace kouřových plynů	NO _x
6	Hořáky s nízkými emisemi NO _x	NO _x

Sekundární techniky ke snížení emisí znečišťujících látek

Č.	Technika	Znečišťující látky, jejichž emise jsou technikou snižovány
1	Filtrační systém - tkaninový filtr	TZL, Pb
2	Suché nebo polosuché čištění plynů v kombinaci s filtračním systémem	TZL

Popis výše uvedených technik je uveden kapitole 3.2.3., aplikovatelnost je uvedena v kapitole 4.2.

Použitelnost speciálních hořáků a specifického spalování pro snížení NO_x může být omezena požadavkem na vyšší účinnost spalování. Použitelnost dalších technik může být omezena např. prostorovými požadavky těchto technologií. Ekonomická dostupnost těchto specifických technik bez dotační podpory představuje s ohledem na jejich značnou investiční náročnost kritickou překážku pro jejich použití.



Emisní úrovně dosažitelné technikami doporučenými k podpoře z OPŽP

1. Znečišťující látka - TZL

Emisní úroveň dosažitelná s pomocí jedné z výše uvedených primárních technik č. 1 a 2, a sekundárních technik č. 1 a 2	Odpovídající hmotnostní tok
nižší než 70 mg/m ³	nižším než 2,5 kg/h,
nižší než 30 mg/m ³	vyšším a rovném 2,5 kg/h

2. Znečišťující látka - NOx vyjádřená jako NO2

BAT pro snižování emisí NOx	Dosažitelná emisní úroveň
Jedna z výše uvedených primárních technik č. 1, 2 nebo 6, popřípadě v kombinaci s ostatními primárními technikami	nižší než 500 mg/m ³
Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedenými primárními technikami č. 3, 4, nebo 5, popřípadě jejich kombinací	nižší než 1500 mg/m ³

3. Znečišťující látka – SO2

BAT pro snižování emisí SO2	Dosažitelná emisní úroveň
Výše uvedené primární techniky č. 1, popřípadě v kombinaci s primárními technikami pro snižování SOx uvedenými v kapitole 4.2	nižší než 100 mg/m ³

4. Znečišťující látka – Pb

BAT pro snižování emisí Pb	Dosažitelná emisní úroveň
Výše uvedené primární techniky č. 1, anebo sekundární techniky č. 1	nižší než 3 mg/m ³

4.5.2 Zpracování a zušlechťování skla

Mezi nejlepší dostupné techniky pro snižování emisí z procesů zpracování a zušlechťování skla (vyjma tavení), které by bylo vhodné podporovat z Operačního programu životní prostředí 2014 – 2020 lze zařadit následující techniky. Techniky pro zpracování skla formou tavení jsou uvedeny v kapitole 4.5.

Primární techniky ke snížení emisí znečišťujících látek

Č.	Technika	Znečišťující látky, jejichž emise jsou technikou snižovány
1	Provádění prašných úkonů (např. řezání, broušení, leštění, mletí) pod kapalinou	TZL, kovy
2	Minimalizace úniku lešticího materiálu zajištěním dobrého utěsnění aplikačního systému	TZL, kovy

Sekundární techniky ke snížení emisí znečišťujících látek

Č.	Technika	Znečišťující látky, jejichž emise jsou technikou snižovány
1	Používání systému vzduchotechniky případně s napojením na filtraci pomocí tkaninových filtrů	TZL, kovy

Popis výše uvedených technik je uveden kapitole 3.2.3. a 3.3.2, aplikovatelnost je uvedena v kapitole 4.2.



Použitelnost těchto technik může být omezena např. prostorovými požadavky těchto technologií. Ekonomická dostupnost těchto specifických technik bez dotační podpory představuje s ohledem na jejich značnou investiční náročnost kritickou překážku pro jejich použití.

Emisní úrovně **TZL a kovů** dosažitelné technikami doporučenými k podpoře z OPŽP:

Znečišťující látka	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik nebo jejich kombinací
TZL	nižší než 50 mg/m ³
Kovy I	nižší než 5 mg/m ³
Kovy II	nižší než 3 mg/m ³

4.5.3 Chemické leštění skla

Mezi nejlepší dostupné techniky pro snižování emisí z odpadních plynů z procesů chemického leštění, které by bylo vhodné podporovat z Operačního programu životní prostředí 2014 – 2020 lze zařadit:

Sekundární techniky ke snížení emisí HF

Č.	Technika	Znečišťující látky, jejichž emise jsou technikou snižovány
1	Mokrý čištění (pozn. tato technika vyžaduje zvláštní čištění odpadních vod, popř. recyklaci kalů).	HF
2	Dvoustupňová absorpce emisí	HF

Popis výše uvedených technik je uveden kapitole 3.4.2., aplikovatelnost je uvedena v kapitole 4.2.

Emisní úrovně HF

Znečišťující látka	Emisní úroveň dosažitelná s pomocí výše uvedených technik
HF	nižší než 5 mg/m ³

Použitelnost těchto technik může být omezena např. prostorovými požadavky technologií. Ekonomická dostupnost těchto specifických technik bez dotační podpory představuje s ohledem na jejich značnou investiční náročnost kritickou překážku pro jejich použití.



SEZNAM ZKRATEK

Zkratka	Význam
BAT	Best Available Technique (nejlepší dostupná technika)
BREF	BAT Reference Document (evropský referenční dokument k BAT)
IPPC	Integrovaná prevence a omezování znečištění
OPŽP	Operační program Životní prostředí
TZL	Tuhé znečišťující látky
VOC	Volatile Organic Compounds (těkavé organické látky)
ZL	Znečišťující látka
ZZO	Zdroj znečišťování ovzduší



POUŽITÉ ZDROJE

1. CENIA, česká informační agentura životního prostředí: Interní archiv žádostí o vydání/změnu integrovaného povolení
2. Český hydrometeorologický ústav, datový výstup REZZO 2014
3. European Commission: Referenční dokument nejlepších dostupných technik ve sklářském průmyslu, 3/2012
4. Ministerstvo životního prostředí: IPPC – Integrovaná prevence a omezování znečištění [online] [cit. 2015-08-21] URL: <http://www.mzp.cz/ippc>
5. Štěpán Popovi, Výroba a zpracování plochého skla
6. Asociace sklářského a keramického průmyslu ČR <http://www.askpcr.cz/>
7. Česká sklářská společnost <http://www.czech-glass-society.cz/>
8. <http://www.ajetoglass.com/cs/ajeto/sklarska-hut/>
9. Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší, v platném znění
10. Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, platném znění
11. Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a o omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci), ve znění pozdějších předpisů
12. Příručka ochrany kvality ovzduší, Kolektiv autorů, Sdružení společností IREAS centrum, s.r.o.,
13. Process Guidance Note 3/6 (04) – Guidance for Polishing or Etching Glass or Glass Products using Hydrofluoric Acid
14. www.ild.cz
15. www.filtex.sk
16. www.airproducts.cz
17. www.teplotechna-prima.com



PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Příklad technologie kyslíko-palivového spalování v pánvové peci¹⁷

V roce 2009 společnost Ajeto jako první sklárna na světě s ruční výrobou skla u své sklářské pece nahradila tradiční spalování směsí vzduch–palivo novou technologií kyslíko-palivového spalování.

Kyslíko-palivové technologie spalování se doposud využívaly pouze pro tavení skla v běžných sklářských vanách při výrobě plochého a obalového skla.

Sklo ručně vyráběné se taví v pánvové peci s kapacitou 1,5 t skla/den, která je na rozdíl od sklářské vany otevřená a každá její pánev zpravidla taví jiný druh skloviny. Vzhledem k tomu, že technologie kyslíko-palivového spalování nebyla doposud nikde na světě u pánvové pece realizována, muselo být navrženo zcela nové individuální řešení.

Technické řešení:

Stávající způsob tavení skla ve sklárně Ajeto, založený na spalování směsí vzduch-palivo (zemní plyn), byl nahrazen celokyslíkovým spalováním. Tavící pec je osazena 2 hořáky Cleanfire® HRi TM – jedná se o 3. generaci celokyslíkových hořáků vyvinutých společností Air Products pro sklářský průmysl. Hořáky Cleanfire® HRi TM byly uvedeny na trh v roce 1990 a od té doby jsou neustále zdokonalovány, aby maximálně zlepšily proces tavení skla – jedná se o svítivost, nízkou rychlost plamene a především bezúdržbový provoz. Průtok kyslíku a zemního plynu je automaticky řízen přes regulační řadu, která zajišťuje jejich požadovaný poměr. Výkon je řízen přes termočlánek, což zajišťuje stabilní teplotu v peci během díla a tavba je řízena přes náběhovou teplotní křivku. Systém lze v případě potřeby přepnout do manuálního režimu.

Přínosy:

- Díky kyslíko-palivovému spalování společnost Ajeto v současnosti dosahuje lépe protavené skloviny, větší stability v peci a lepší konzistenci barev.
- Odpadá potřeba předehřevu vzduchu a tím i problémy s rekuperátorem, který musel být každé tři roky měněn.
- Pec je zároveň tišší než v minulosti, nešlehají z ní plameny a teplota je snadno kontrolovatelná.
- Automatický řídicí systém odstranil zbytečnou manuální práci a případná lidská selhání.
- Maximálně flexibilní systém tavení umožňuje dosahovat špičkové kvality konečných výrobků a tak být na špici před konkurencí.
- Největším přínosem je úspora energie o cca 42%, což přináší nemalou finanční úsporu a je mnohem méně zatěžováno životní prostředí.

Pozn. Obdobný systém je aplikován ve sklárně Slavia: „sklářská šestipánvová tavící pec vytápěná z části zemním plynem využívá technologii celokyslíkového spalování“. Tato unikátní metoda tavení umožňuje dosahovat lepší kvality výrobků, uspoří se energie, tavba není tak hlučná a je ohleduplná k životnímu prostředí.

Podle informací od jednoho z dodavatelů¹⁸ této technologie je kyslíko-palivová technologie vhodná pro všechny typy sklářské výroby bez omezení kapacity, tzn. od desítek kg/den (pánvové pece, denní vany) až po stovky tun denně (kontinuální pece).

¹⁷ Zdroj: <http://www.ajetoglass.com/cs/ajeto/sklarska-hut/>

¹⁸ www.airproducts.cz



Příloha č. 2: Příklad určení nákladů na tkaninový filtr

Uvedený odhad nákladů byl proveden za následujících podmínek:

- filtr standardní konstrukce (ocel) s pneumatickým oklepem a standardní výsypkou
- filtrační rychlost (rychlost průchodu vzdušiny tkaninou) 19 mm/s
- dodávka filtru včetně montáže: menší filtry se dodávají celé, u větších filtrů se konstrukce montuje nebo svařuje na místě
- tepelná izolace je volitelná: u odprašování teplých plynů je vhodná, u horkých plynů je nezbytná
- není započítána doprava do místa montáže

Tabulka ceny filtru bez filtrační tkaniny

Objemový průtok plynu		Filtrační plocha		Prodejní cena filtru		Dodávka filtru	Tepelná izolace
m ³ /h		m ²		Kč		včetně montáže	OPTION
min.	max.	min.	max.	min.	max.	Kč	Kč
0	2 500	0	37	0	196 000	392 000	29 000
2 500	5 000	37	73	196 000	265 000	530 000	58 000
5 000	7 500	73	110	265 000	306 000	612 000	88 000
7 500	10 000	110	146	306 000	412 000	824 000	117 000
10 000	12 500	146	183	412 000	498 000	996 000	146 000
12 500	15 000	183	219	498 000	514 000	1 028 000	175 000
15 000	17 500	219	256	514 000	567 000	1 134 000	205 000
17 500	20 000	256	292	567 000	762 000	1 524 000	234 000
20 000	22 500	292	329	762 000	815 000	1 630 000	263 000

Tabulka jednotkové ceny tkaniny relevantní pro emise ze sklářských pecí

Název	Zkratka	Provozní teplota	Špičková teplota	Cena za 1 m ² filtrační plochy (Kč)
m-Aramid	NOMEX	200 °C	(220 °C)	591
Polyphenylensulfid	RYTON	190 °C	(200 °C)	610
Polyimid	P84	240 °C	(260 °C)	1149
Polytetrafluorethylen	PTFE Teflon	250 °C	(280 °C)	1185

Pozn: Ve všech případech se jedná o cenové údaje ze srpna 2015. Jednotkové ceny filtračních tkanin byly přepočteny z EUR kurzem 27,00 Kč/EUR.

Vzorový příklad výpočtu ceny filtru:

objemový průtok vzdušiny filtrem 15 000 m³/h, tepelná izolace, tkanina NOMEX

$$514\,000 + 1\,134\,000 + 205\,000 + 219 \cdot 591 = 1\,982\,429 \text{ Kč}$$

Zdroj informací:

- Podklady dodané firmou ILD cz s.r.o., Kladno
- Podklady dodané firmou FILTEX SK, s.r.o., Košice



Tento dokument byl zpracován v rámci projektu „Zpracování referenčních dokumentů o nejlepších dostupných technikách u stacionárních zdrojů nespádajících pod BREF“.

říjen 2015

Zadavatel:

Ministerstvo životního prostředí ČR

Projektový tým:

Vedoucí projektového týmu: Ing. Petr Honskus

Složení projektového týmu (v abecedním pořadí): Ing. Stanislav Bartusek, Mgr. Petra Borůvková, Ing. Antonín Hlavatý, Ph.D., Ing. Adéla Katrušáková, Mgr. Jan Kolář, Ing. Jaroslav Kreuz, Ing. Jaroslava Malířová, Ing. Jiří Morávek, RNDr. Lubomír Paroha, RNDr. Jan Prášek, Ing. Monika Příbylová, Ing. Ivana Špelinová, Ing. Jan Štejfa, Ing. Jiří Valta, Ing. Miroslav Vlasák, CSc.



Evropská unie

Spolufinancováno z Prioritní osy 8 - Technická pomoc
financovaná z Fondu soudržnosti

Ministerstvo životního prostředí

Státní fond životního prostředí České republiky

www.opzp.cz

Zelená linka 800 260 500

dotazy@sfzp.cz