



KINESKOPINIO STIKLO PAVOJINGUMO VERTINIMAS IR PANAUDOJIMO GALIMYBĖS

Lina Svidraitė¹, Aušra Zigmontienė²

VGTU AIF Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra
El. paštas: ¹lina.svidraite@stud.vgtu.lt; ²ausra.zigmontiene@vgtu.lt

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjamas po televizorių perdirbimo gauto priekinio kineskopinio stiklo pavojingumas ir jo panaudojimo galimybės. Eksperimentinio tyrimo metu buvo atliekami 2 bandymai, siekiant nustatyti, ar stiklo mechaninio valymo būgno užpildymas turi įtakos stiklo nuvalymo efektyvumui. Tyrimo metu stiklas buvo tiekiamas konvejeriu į valymo būgną 1500 kg/h ir 500 kg/h greičiu. Po nuvalymo stiklas pagal dydį išskiriamas į 3 frakcijas. Pagal standarto LST EN 12457:2002 1 ir 4 dalis kineskopinio stiklo pavojingumui nustatyti buvo atliekami švino išplovimo tyrimai. Kineskopinio stiklo panaudojimo galimybės buvo vertinamos įmobilizavus stiklą į betono blokus skirtingomis proporcijomis. Pagal LST EN 1744:2002 standartą buvo atlikti išplovimo iš betono blokų tyrimai. Gauti tyrimo rezultatai įrodė, kad po televizorių perdirbimo gautame ir mechaniniu būdu nuvalytame priekiniame kineskopiniame stikle švino išplovimo koncentracija ribinių verčių neviršijo.

Reikšminiai žodžiai: kineskopinis stiklas, švinas, išplovimo tyrimai, atliekų perdirbimas, stiklo įmobilizavimas, betono blokai.

Įvadas

Nuolat besivystančios technologijos televizorių gamybos sektoriuje atvedė į rinką naujus produktus, tokius kaip skystųjų kristalų ekranai (angl. *Liquid Crystal Display* – LCD), LED ekranai (angl. *Light-emitting diode* – LED), plazminiai ekranai (angl. *Plasma Display Panel* – PDP). Naujieji produktai savo patobulintosiomis savybėmis pakeitė įprastus kineskopinio stiklo televizorius, kurie vis dažniau tampa atliekomis. Susidaręs šalinimui skirtų kineskopinių televizorių atliekų kiekis pasiekė aukštumas ir tapo aktualia problema, kurią būtina spręsti (Yao ir kt., 2018).

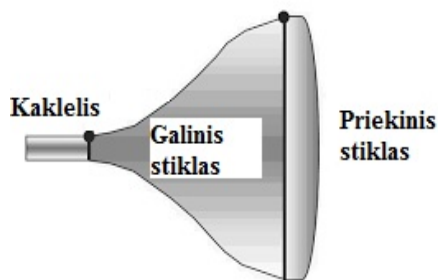
Kiekvienais metais Europoje yra surenkama 50–150 tūkstančių tonų naudoti nebetinkamų televizorių ir, kaip manoma, ateinančiais metais šis skaičius nesumažės (Yu-Gong, Tian, Wu, Zhe-Tan ir Lei-Lv, 2016).

Esant dideliame kiekiui kineskopinių televizorių atliekų, jų perdirbimo metu susidaro dideli kiekiai stiklo. Tinkamai perdirbus kineskopų atliekas galima ne tik apsaugoti aplinką nuo pavojingų medžiagų, tačiau taip pat išgauti antrinių žaliavų, kurias galima panaudoti naujų produktų gamybai ir taip sutaupyti išteklius.

Stiklas – vientisa amorfinė kieta medžiaga, paprastai gaminama labai greitai užšaldžius tąsą išlydytą medžiagą, neleidžiant susidaryti įprastai kristalinei formai. Grynas stiklas yra permatoma, sąlygiškai tvirta, mažai susidėvinti, neveikli, inertiška ir biologiškai neaktyvi medžiaga, iš kurios galima formuoti labai lygius, nelaidžius paviršius. Stiklas yra labai trapus, bet tiek trapumas, tiek ir kitos savybės gali būti pakeistos įdėjus priemaišų ar specifiškai apdorojus karščiu (Chemistry Explained, 2018).

Kineskopiniai televizoriai sudaryti iš 85 % stiklo, kurį sudaro katodinių spindulių vamzdis (angl. *cathode ray tube* – CRT). Katodinių spindulių vamzdis (angl. *Cathode Ray Tube* – CRT) – elektroninė lempa, elektrovakuuminis prietaisas, kuriame fosforescuojančiame ekrane vaizdą kuria elektronų pluoštelis (elektronai anksčiau buvo vadinami kotodininiais spinduliais (angl. *cathode ray*)) (Yu, Liu ir Li, 2016).

Katodinių spindulių (1 paveikslas) vamzdį sudaro 65 % priekinis stiklas, 30 % galinis stiklas ir 5 % sudaro kolbos kaklelis. Stiklas yra labai svarbi ekrano dalis, nes daugiau nei 90 % stiklo gali būti perdirbamas atliekų perdirbimo įmonėse.



1 paveikslas. Katodinių spindulių vamzdžio kolbos sudėtis (Meng, X. Wang, Yuan, J. Wang ir Song, 2016)

Švinas sudaro 22–28 % galinio stiklo masės ir jo kiekis kiekviename ekrane yra 0,68–2,72 kg (Meng ir kt., 2016) (1 lentelė).

1 lentelė. Cheminė katodinių spindulių vamzdžio stiklo sudėtis (Yu-Gong ir kt., 2016)

Metalų oksidai, masės %	Priekinis stiklas		Galinis stiklas	
	Minimali vertė	Maksimali vertė	Minimali vertė	Maksimali vertė
SiO ₂	58,90	65,40	51,20	63,50
Al ₂ O ₃	1,20	3,70	1,10	5,00
Na ₂ O	6,20	9,80	5,30	8,10
K ₂ O	6,00	9,00	7,20	10,30
Li ₂ O	0,00	0,50	–	–
F	0,00	0,80	–	–
BaO	1,90	14,20	0,00	3,00
SrO	0,00	11,60	0,20	0,70
CaO	0,00	4,60	1,60	4,50
MgO	0,00	2,00	0,90	3,00
As ₂ O ₃	0,00	0,30	0,00	0,20
Sb ₂ O ₃	0,20	0,50	0,00	0,40
TiO ₂	0,00	0,60	–	–
CeO ₂	0,00	0,60	–	–
PbO	0,00	3,30	11,60	24,60
ZrO ₂	0,00	3,50	0,20	0,20
ZnO	0,00	0,70	–	–
Fe ₂ O ₃	0,00	0,00	–	–

Švino kiekis, esantis kineskopinio stiklo viduje ir išorėje, lemia šios atliekos pavojingumą. Švinas – melsvai baltas, minkštas sunkusis metalas. Į augalus, gyvūnus bei žmonių organizmus švinas patenka per maistą. Šis sunkusis metalas, patekęs į organizmą, gali būti kraujo, širdies kraujagyslių, virškinimo trakto, nervų sistemos, medžiagų apykaitos ir endokrininių sutrikimų, daugelio intoksikacijų, tarp jų ir nėštumo, priežastimi (Adomaitis ir kt., 2001).

Televizorių perdirbimas

Kineskopinių televizorių ir monitorių atliekų perdirbimas vykdomas rankiniu būdu. Kineskopinio televizoriaus bei kompiuterio monitoriaus korpusas atskiriamas nuo kineskopo. Naudojantis prietaisais, nuo korpuso nukarpomi laidai, nuo kineskopo nuimamos sudedamosios elektros ir elektroninės įrangos dalys (plokštės, išmagnetinimo kilpos ir kita). Specialiais prietaisais nuo priekinio stiklo nudažomas / atskiriamas galinis kineskopo stiklas. Susidaręs juodasis metalas atskiriamas nuo kineskopo. Nuo kineskopo priekinio stiklo siurbliu nusiurbiamas liuminoformas. Dulketas oras nukreipiamas į valymo įrenginius – rankovinį filtrą.

Susidaręs priekinis stiklas nukreipiamas į būgninį smulkintuvą, kuriame, taikant fizinę–mechaninę trintį, yra smulkinamas ir valomas. Dėl trinties stiklas apivalo nuo kenksmingų junginių. Pavojingųjų medžiagų kietosios dalelės nusodinamos filtru.

Šio tyrimo tikslas – įvertinti švino išsiplovimą iš kineskopinio stiklo. Švino išsiplovimo koncentracijos palyginamos pagal kineskopinio stiklo mechaninio valymo metu valymo būgno užpildymą bei stiklo frakcijų dydį. Taip pat įvertinamas švino išsiplovimas iš įmobilizuoto kineskopinio stiklo į betono blokus.

Metodika

Tyrimo metu, siekiant nustatyti, ar būgno pripildymas turi įtakos stiklo nuvalymo efektyvumui, buvo atliekami 2 bandymai. Pirmuoju bandymu stiklas buvo tiekiamas konvejeriu į būgną 1500 kg/h greičiu, antruoju bandymu – 500 kg/h greičiu. Nuo to, koks kiekis stiklo per valandą patenka į būgną, priklauso, koks kiekis stiklo bus būgne ir kiek stiklas trinsis tarpusavyje.



2 paveikslas. Stiklo frakcijų atskyrimo būgnas (autorės nuotrauka)

Išvalytas stiklas būginiu sietu atskiriamas pagal frakcijas (2 paveikslas). Be kietųjų dalelių, kurios surenkamos oro filtre, yra išskiriamos 3 pagrindinės stiklo frakcijos (3 paveikslas):

- 1) smulkus stiklas (<5 mm);
- 2) stambus stiklas (5–50 mm);
- 3) labai stambus stiklas (>50 mm).



3 paveikslas. Stiklo frakcijos: 1) smulki (<5 mm), 2) stambi (5–50 mm), 3) labai stambi (>50 mm) (autorės nuotrauka)

Po abiejų bandymų buvo paimti skirtingų frakcijų stiklo mėginiai po 5 kg (iš viso 6 mėginiai).

Pagal gautą stiklo frakcijų kiekį nustatoma granulio-metrinė stiklo sudėtis.

Siekiant plačiau paanalizuoti švino išsiplovimą iš kineskopinio stiklo, pagal standarto LST EN 12457:2002 1 ir 4 dalis atliekami švino išplovimo tyrimai. Tyrimai buvo atliekami VGTU Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedros Aplinkos chemijos laboratorijoje. Atskirose standarto dalyse tiriamos skirtingų dydžių dalelės. Pirmojoje dalyje imamos dalelės, kurių skersmuo yra mažesnis už 4 mm, ketvirtojoje dalyje tiriamųjų dalelių dydis mažesnis nei 10 mm, tačiau pašalinamos mažesnės nei 2 mm dydžio dalelės.

Ištirus priekinio kineskopinio stiklo sąveiką su vandeniu ir švino judėjimą iš stiklo į vandenį, buvo apskaičiuota, kiek švino gali patekti į aplinką pačiomis nepalankiausiomis sąlygomis.

Atlikus tyrimus, švino išsiplovimo koncentracija nustatoma naudojant atominę absorbcinę spektroskopiją. Gauti tyrimo rezultatai apskaičiuojami kaip išplautų sudedamųjų dalių kiekio ir viso mėginio kiekio santykis, išreikštas mg/kg sausosios medžiagos.

Vertinant kineskopinio stiklo panaudojimo galimybes, buvo atliktas tyrimas, kuriame kineskopinis stiklas buvo panaudotas kaip užpildas betono blokams. Buvo pagaminti betono blokėliai, į kuriuos, užuot įterpus gamtinius išteklius – smėlį ir žvyrą, buvo įmaišytas stiklas. Taip galėtų būti sumažintas gamtinių išteklių naudojimas bei naudingai pritaikytas kineskopinis stiklas po atliekų perdirbimo.

Pagamintų betono blokų dydis – 10×5×4 cm (4 paveikslas). Paruoštas testinis bandinys be stiklo užpildo.



4 paveikslas. Betono blokėlis su kineskopinio stiklo užpildu

Tyrimas atliekamas gaminant blokėlius dviem būdais. Pirmuoju būdu formuojami blokėliai, įmaišius į juos 2-ojo bandymo metu gautą smulkią frakciją. Ši frakcija pasirinkta todėl, kad ji gaunama įmonėje ir tam nereikalingas papildomas smulkinimas, taip pat todėl, kad šio bandymo metu buvo gautas mažesnis išsiplovimas už pirmojo bandymo. Antruoju būdu gaminami blokėliai, į juos įmaišius 2-ojo bandymo metu visų trijų frakcijų bendrą mišinį. Šis mišinys pasirinktas tam, kad būtų galima įvertinti viso stiklo, kaip užpildo, panaudojimą, nes smulkioji frakcija sudaro tik apie 18 % bendro stiklo kiekio po televizorių perdirbimo.

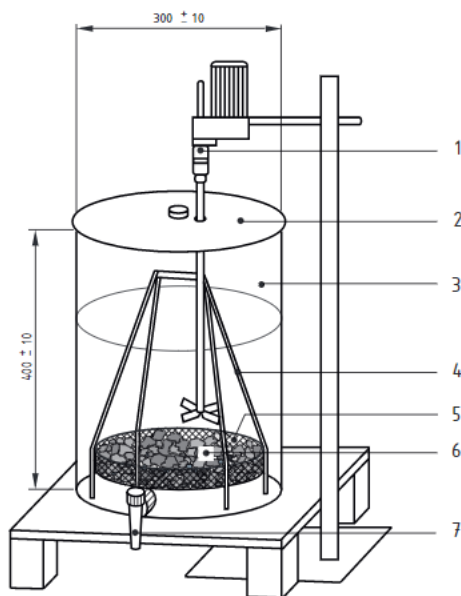
Kiekvienu būdu daromi trys blokėliai su skirtingais stiklo kiekiais (2 lentelė). Stiklo kiekis abiem būdais buvo parinktas vienodai ir atitiko 10, 20 ir 30 % betono mišinio masės.

2 lentelė. Į betono blokėlių mišinį įmaišytas stiklo kiekis

Blokėlio Nr.	Naudojamas stiklas	Stiklo kiekis, %
0	–	–
1	II bandymas, smulki frakcija	10
2		20
3		30
4	II bandymas, visų frakcijų mišinys	10
5		20
6		30

Švino išsiplovimui tirti iš betono blokų, kuriuose imobilizuotas kineskopinis stiklas, eliuato paruošimas vykdomas vadovaujantis standarto LST EN 1744-3:2002 3 dalies nuostatomis. Tyrimo schema pateikta 5 paveiksle.

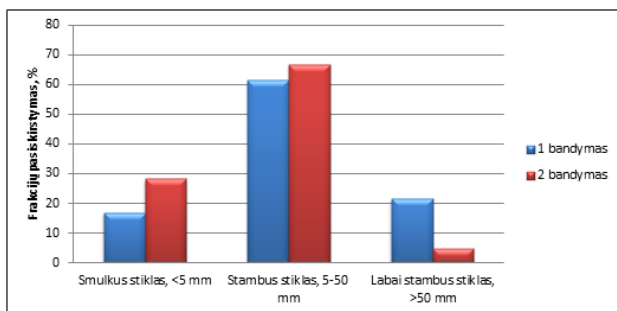
Atlikus tyrimus švino išsiplovimo koncentracija nustatoma naudojant atominę absorbcinę spektroskopiją. Tyrimo rezultatai apskaičiuojami kaip išplautų sudedamųjų dalių kiekio ir viso mėginio paviršiaus ploto santykis, išreikštas mg/m².



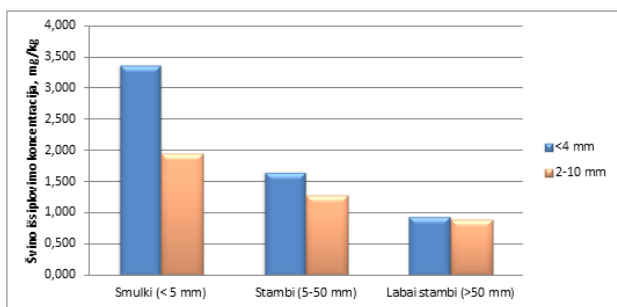
5 paveikslas. Tyrimo schema: 1 – vandens srovės sukimo mechanizmas, 2 – indo dangtelis, 3 – tyrimo rezervuaras, 4 – tinklelio laikiklis, 5 – tinklelis, 6 – mėginys, 7 – išleidimo čiapus (LST EN 1744-3:2002, 2002)

Rezultatų analizė

Tyrimo metu atlikta granulimetrinė kineskopinio stiklo analizė rodo, kad daugiausia (60–70 %) susidaro stambaus stiklo. Smulkaus stiklo susidaro 17–28 %, o labai stambaus stiklo susidaro mažiausiai – tik 5–22 % (6 paveikslas).



6 paveikslas. Kineskopinio stiklo pasiskirstymas po valymo pagal dydį

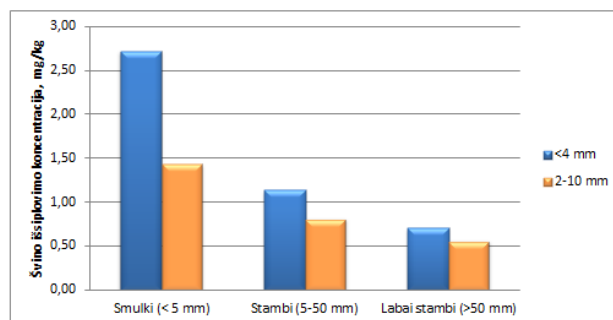


7 paveikslas. Švino išsiplovimo koncentracijų palyginimai tarp <4 mm ir 2–10 mm dalelių pirmojo bandymo metu

Palyginus mažesnių nei 4 mm dalelių ir 2–10 mm dalelių (7 paveikslas) švino išsiplovimą kineskopiniame stikle, matomas skirtumas, kad pašalinus stiklo daleles, kurių dydis iki 2 mm dydžio, švino išsiplovimas smulkiojoje frakcijoje ženkliai sumažėja – nuo 3,374 mg/kg iki 1,941 mg/kg. Švino išsiplovimas iš stambaus (5–50 mm) stiklo sumažėjo 0,389 mg/kg, o labai stambaus (>50 mm) pakito nežymiai.

Didžiausia dalis švino susikaupia stiklo paviršiuje ir valant jį pirmajame būgne švino sluoksniis yra nuvalomas ne tik būgno vidiniame paviršiuje esančiais ašmenimis, tačiau ir stiklo dalims besitrinant vienai į kitą. Besitrinant didesnėms stiklo dalims, jos didesne jėga trinasi viena į kitą, todėl geriau pašalina ant paviršiaus susikaupusias medžiagas.

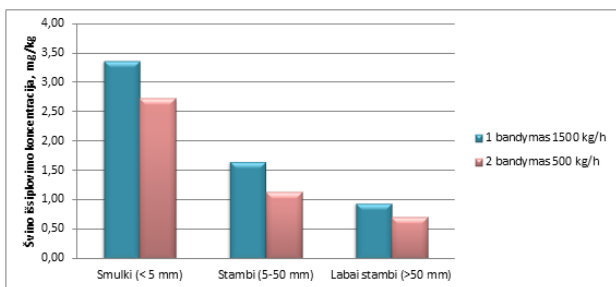
Taip pat galima teigti, kad nors būgne valymo metu veikia oro valymo filtras, ne visos ore esančios dulkės yra surenkamos. Tikėtina, kad dalis didesnės masės dulkių, kurios susidarė valant medžiagas nuo stiklo paviršiaus, kartu su nuvalytu švinu nusėdo ir susimaišė su smulkios frakcijos stiklu. Dėl šios priežasties švino koncentracija smulkioje stiklo frakcijoje gali būti didesnė.



8 paveikslas. Švino išsiplovimo koncentracijų palyginimai tarp <4 mm ir 2–10 mm dalelių antrojo bandymo metu

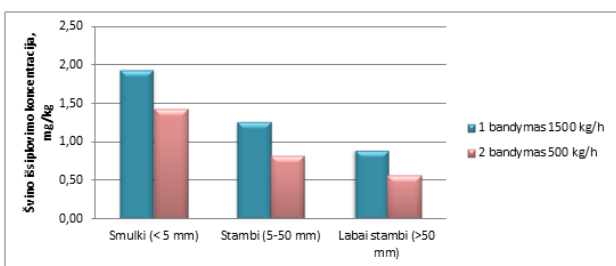
Palyginus antrojo bandymo metu gautus rezultatus (8 paveikslas), tarp <4 mm ir 2–10 mm nuvalyto kineskopinio stiklo dalelių švino išsiplovimo koncentracija daugiausia skiriasi smulkiojoje (<5 mm) frakcijoje. Koncentracija skiriasi beveik dviem kartais ir sumažėja nuo 2,724 mg/kg iki 1,432 mg/kg. Stambioje (5–50 mm) frakcijoje švino išsiplovimas kinta nuo 1,136 mg/kg iki 0,814 mg/kg, o labai stambioje (>50 mm) – nuo 0,704 mg/kg iki 0,561 mg/kg.

Palyginus pirmojo (1500 kg/h) ir antrojo (500 kg/h) bandymo rezultatus, matoma, kad antrojo bandymo metu valytame stikle švino išsiplovimo koncentracija yra mažesnė (9 paveikslas). Antrojo bandymo metu kineskopinio stiklo valymo metu būgne esantis stiklo kiekis buvo tris kartus mažesnis nei pirmojo bandymo metu.



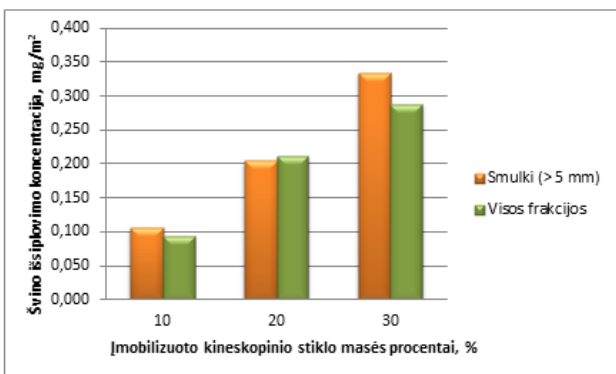
9 paveikslas. Švino išsiplovimo koncentracijų palyginimai tarp pirmojo ir antrojo bandymo, kai dalelių dydis < 4mm

Švino išsiplovimo koncentracija daugiausia skiriasi smulkiojoje (<5 mm) ir stambioje (5–50 mm) frakcijose ir atitinkamai yra 0,650 ir 0,522 mg/kg. Labai stambiose (>50 mm) frakcijose skirtumas mažesnis, tačiau vis tiek akivaizdus ir siekia 0,248 mg/kg.



10 paveikslas. Švino išsiplovimo koncentracijų palyginimai tarp pirmojo ir antrojo bandymo metu, kai dalelių dydis 2–10 mm

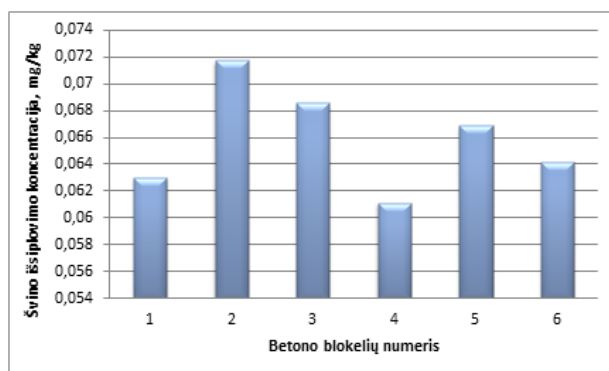
Lyginant gautus rezultatus (10 paveikslas), švino išsiplovimo koncentracija iš nuvalyto kineskopinio stiklo 2–10 mm dydžio dalelių išsiplauna mažiau iš antrojo bandymo metu nuvalyto stiklo. Skirtumas tarp pirmojo ir antrojo bandymų mėginių smulkiosios (<5 mm) ir stambios (5–50 mm) frakcijų yra panašus ir jų vertės atitinkamai yra 0,509 ir 0,456 mg/kg. Labai stambioje (>50 mm) frakcijoje švino išsiplovimo koncentracija antrojo bandymo metu yra 0,333 mg/kg mažesnė už pirmojo bandymo gautus šios frakcijos rezultatus.



11 paveikslas. Švino išsiplovimo tyrimo rezultatai iš betono blokelių su stiklo užpildu, mg/m²

Analizuojant gautus rezultatus, kurie pateikti 11 paveiksle, matyti, kad švino išsiplovimo koncentracija tarp pasirinktų kineskopinio stiklo rūšių yra labai nežymi. Betono blokeliuose, kuriuose imobilizuota 10 % masės, kineskopinio stiklo švino išsiplovimas didesnis smulkioje (<5 mm) frakcijoje 0,1060 mg/m² nei visų frakcijų mišinyje, kuris yra 0,0936 mg/m². Betono blokeliuose su 20 % masės kineskopinio stiklo užpildu smulkia frakcija švino išsiplovimo koncentracija – 0,2047 mg/m², o su frakcijų mišiniu – 0,2114 mg/m². Didžiausias švino išsiplovimas 0,3351 mg/m² betono blokelyje su 30 % masės smulkiu (<5 mm) kineskopiniu stiklu, nežymiai mažesnis švino išsiplovimas to paties kiekio kineskopinio stiklo visų frakcijų mišiniu – 0,2887 mg/m².

Atlikus skaičiavimus ir nustačius, kiek švino išsiplauna iš kineskopinio stiklo, imobilizuoto į betono blokus, gauti rezultatai rodo, kad švino išsiplovimas yra 0,063–0,071 mg/kg (12 paveikslas).



12 paveikslas. Švino išsiplovimo tyrimo rezultatai iš betono blokelių su stiklo užpildu, mg/kg

Palyginus švino išsiplovimą iš stiklo ir švino išsiplovimą iš imobilizuoto stiklo, matyti, kad stiklą panaudojus kaip betono blokų įkrovą švino išsiplovimas iš stiklo sumažėja vidutiniškai nuo 2,724 mg/kg iki 0,0659 mg/kg.

Kineskopinį stiklą, kaip nepavojingą atlieką, galima šalinti nepavojingų atliekų sąvartynuose tik tuomet, jei jie atitinka priėmimo į nepavojingų atliekų sąvartynus kriterijus, nustatytus ES Atliekų sąvartynų direktyvoje (1999/31/EB) ir Tarybos 2002 m. gruodžio 19 d. sprendime (2003/33/EB).

Tyrimo metu gautos kineskopinio stiklo išplovimo vertės palygintos su priėmimo į nepavojingų atliekų sąvartyną ribinėmis išplovimo vertėmis. Nei vienu atveju švino išsiplovimo koncentracija neviršijo 5 mg/kg ribinės vertės (7–8 paveiksiai).

Išvados

1. Atliekant paruošto kineskopinio stiklo granulio-metrinės sudėties tyrimą nustatyta, kad kineskopinį stiklą sudaro: 17–28 % smulkaus (<5 mm), 60–70 % stambaus (5–50 mm) ir 5–22 % labai stambaus (>50 mm) stiklo frakcija.
2. Vertinant švino išsiplovimą iš kineskopinio stiklo, nustatyta, kad smulkiroje (>5 mm) stiklo frakcijoje švino išsiplovimas yra 2 kartus didesnis nei stambioje (5–50 mm) frakcijoje ir beveik 3 kartus didesnis nei labai stambioje (>50 mm) frakcijoje.
3. Vertinant kineskopinio stiklo nuvalymo efektyvumą, remiantis švino išsiplovimo tyrimo rezultatais nustatyta, kad kineskopinis stiklas nuvalomas efektyviau, kai kineskopinio stiklo tiekimo greitis į valymo būgną yra 500 kg/h. Kai kineskopinis stiklas buvo tiekiamas 1500 kg/h greičiu, nustatyta kad švino išsiplovimo koncentracijos didesnės 25–40 % nei valant 500 kg/h.
4. Švino išsiplovimo koncentracija iš betono blokelių, į kuriuos įmobilizuotas kineskopinis stiklas, dėsningai kito priklausomai nuo į betoną įmaišyto kineskopinio stiklo kiekio. Švino išsiplovimo koncentracija tarp blokelių su skirtinga kineskopinio stiklo rūšimi skyrėsi iki 14 %.
5. Švino išsiplovimo tyrimai parodė, kad stiklą panaudojus kaip betono blokų įkrovą švino išsiplovimas iš stiklo sumažėja vidutiniškai nuo 2,724 mg/kg iki 0,0659 mg/kg.

Literatūra

- Adomaitis, T., Antanaitis, A., Eitminavičius, L., Lubyte, J., Matusevičius, K. ir Mažvila, J. (2001). *Sunkieji metalai Lietuvos dirvožemiuose*. Mažvila, J. (Sud.). Kaunas, Lietuvos Žemdirbystės institutas.
- Chemistry Explained. (2018). *Glass – Chemistry Encyclopedia*. Prieiga per internetą: <http://www.chemistryexplained.com/Ge-Hy/Glass.html>
- Europos Sąjungos Taryba. (1999). *Tarybos direktyva 1999 m. balandžio 26 d. Nr. 1999/31/EB dėl atliekų švartynų*. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT-EN/TXT/?qid=1411973859961&uri=CELEX:01999L0031-20111213&from=LT>
- Lietuvos Standartizacijos departamentas. (2002). *Atliekų apibūdinimas. Išplovimas. Iš grūdėtų atliekų išplautų medžiagų ir dumblo sudėties atitikties tyrimas. 1 dalis. Vienpakopis partijos (tyrinio) tyrimas, kai skysčio ir kietosios medžiagos, kurios sudėtyje yra labai kietų medžiagų, santykis 2 l/kg ir dalelių dydis mažesnis kaip 4 mm (dydį mažinant arba nemažinant)* (LST EN 12457-1:2002).
- Lietuvos Standartizacijos departamentas. (2002). *Atliekų apibūdinimas. Išplovimas. Iš grūdėtų atliekų išplautų medžiagų ir dumblo sudėties atitikties tyrimas. 4 dalis. Vienpakopis partijos (tyrinio) tyrimas, kai skysčio ir kietosios medžiagos santykis 10 l/kg ir dalelių dydis mažesnis kaip 10 mm (dydį mažinant arba nemažinant)* (LST EN 12457-4:2002).
- Lietuvos Standartizacijos departamentas. (2002). *Užpildų cheminių savybių nustatymo metodai. 3 dalis. Užpildų išplovų paruošimas* (LST EN 1744-3:2002).
- Meng, W., Wang, X., Yuan, W., Wang, J., & Song, G. (2016). The recycling of leaded glass in cathode ray tube (CRT). *Procedia Environmental Sciences*, 31, 954-960. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.120>
- Yao, Z., Ling, T.-C., Sarker, P. K., Su, W., Liu, J., Wu, W., & Tang, J. (2018). Recycling difficult-to-treat e-waste cathode-ray-tube glass as construction and building materials: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(Part 1), 595-604. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.027>
- Yu, M., Liu, J., & Li, L. (2016). An overall solution to cathode-ray tube (CRT) glass recycling. *Procedia Environmental Sciences*, 31, 887-896. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.106>
- Yu-Gong, Tian, X.-m., Wu, Y.-f., Zhe-Tan, & Lei-Lv. (2016). Recent development of recycling lead from scrap CRTs: A technological review. *Waste Management*, 57, 176-186. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.004>

EVALUATION OF HAZARDOUS AND REUSE POSSIBILITIES OF CATHODE RAY TUBE

L. Svidraitė, A. Zigmontienė

Summary

The huge quantities of CRT glass after recycling are not used properly. CRT glass is potential material which could change natural resources. The use of CRT glass could help to reduce waste amounts and the use of natural resources. It could be one more step forward implementation of circular economy. The paper presents research of cleaning CRT glass by changing parameters of glass speed discharge to cleaning machine. After cleaning CRT glass is sorted by size. Lead leaching was evaluated separately by speed of cleaning and size. The second part of research cleaning CRT glass is used as filler to concrete blocks. Blocks were made with different quantities of two types CRT glass. The results of lead leaching of both researches were compared to each other.

Keywords: CRT glass, lead, leaching behavior, e-wastes, concrete blocks.