

Igor Kozjak
Hrvatski državni arhiv
Marulićev trg 21
Zagreb

PREVENCIJA OŠTEĆENJA NA KOŽNIM UVEZIMA UZROKOVANIH ONEČIŠĆENJEM ZRAKA

UDK 686.122.64:504.3.054]:7.025.3
Pregledni rad

Među uzročnike oštećenja arhivskoga gradiva spadaju svjetlo, toplina, vlaga, kukci, glodavci, bakterije i plijesni te onečišćenje zraka. Zrak onečišćen raznim lebdećim česticama i plinovima ima veliki utjecaj na razgradnju kože, papira i drugih organskih materijala. Od lebdećih čestica najopasniji su teški metali koji su izuzetno abrazivni i mogu uvelike oštetiti površinu organskog materijala. Plinovi, ovisno o tome da li su kiseli ili oksidirajući, mogu ubrzati raspadanje organskog materijala ili njegovo starenje. Među najštetnije plinove spadaju sumporov i dušikov dioksid, kao kiseli plinovi i ozon kao oksidirajući plin. Jedno od oštećenja na koži uzrokovano sumporovim dioksidom, iz kojeg uz prisustvo vlage nastaje sumporna kiselina, je takozvana razgradnja kiselošću, odnosno red rot.¹ Kisela razgradnja je nepovratna razgradnja kože koja počinje pretvaranjem površine kože u prah, dok u kasnijoj fazi dolazi do pojave nadražujućeg kiselog mirisa i potpunog raspadanja kože.² Ne može se zaustaviti, već samo usporiti raznim premazima i spremanjem knjiga zahvaćenih red-rot-om u beskiselinske zaštitne kutije. Jedini način prevencije utjecaja onečišćenog zraka na arhivsko gradivo je ugradnja kvalitetne ventilacije i molekulske filtracije u spremišta arhivskoga gradiva.

Ključne riječi: *onečišćenje zraka, lebdeće čestice, plinovi, sumporov dioksid, dušikov dioksid, ozon, kisela razgradnja, ventilacija, molekulska filtracija*

1. Uvod

Emisijski plinovi iz stacionarnih i nestacionarnih izvora u urbanim područjima iznimno su štetni kako za ljudsko zdravlje tako i za arhivsko gradivo. Zbog svojih

¹ *Red rot – or acid decay*, razgradnja uzrokovana kiselošću ili kisela razgradnja. Naziv dolazi od toga što su kože u povijesti štavljene crvenkastim štavama podložnije ovom tipu raspada. *Red rot* može osim crvene biti i žute, narančaste, pa čak i tamnozelene boje.

² Vidler, K. *Care and Handling of Leather Bookbindings*. Skripta s predavanja održanog u HDA 2010, str. 2.

kiselinskih i oksidirajućih svojstava uzrokuju oštećenja organskih materijala. Uz plinove, značajan utjecaj na arhivsko gradivo imaju i lebdeće čestice. Ti onečišćivači zraka nalaze se i u zatvorenim arhivskim prostorijama, a svojom prisutnošću u neadekvatno opremljenim spremištima, u kombinaciji sa svjetlom, toplinom i vlagom, oštećuju pohranjeno arhivsko gradivo. U radu je naglasak prvenstveno na sumporovom i dušikovom dioksidu kao kiselim plinovima te ozonu kao oksidirajućem plinu. Sumporov dioksid može zbog svojih kiselih svojstava prouzročiti pojavu kisele razgradnje kao masovnog nepovratnog oštećenja na koži. Ostala oštećenja uglavnom su mehaničke prirode, a uzrokovana su metalnim komponentama suspendiranih lebdećih čestica. Kako bi se spriječila nepovratna oštećenja, potrebno je uvesti odgovarajuće ventilacijske sustave i molekulsku filtraciju selektivnu na određene štetne plinove i lebdeće čestice.

2. Uzroci oštećenja arhivskoga gradiva

Glavni uzroci oštećenja arhivskoga gradiva su svjetlo, toplina, vlaga, kukci, glodavci, bakterije i plijesni te onečišćenje zraka. Svaki od ovih uzročnika specifično djeluje na arhivsko gradivo. Oštećenja nastala na gradivu posljedica su pojedinačnog ili uzajamnog djelovanja navedenih uzroka.

Svjetlo

Sunčevo svjetlo jedan je od glavnih uzročnika oštećenja kože, a najštetniji dio sunčevog spektra je UV zračenje. Ono uzrokuje fotokemijska oštećenja i razgradnju organskog materijala. Tu vrstu oštećenja teško je otkriti u početnoj fazi, jer postaje vidljivo tek nakon što organski materijal izgubi svoju čvrstoću i promijeni boju. Koža kao organski materijal građena je od polimera čiju depolimerizaciju ubrzavaju UV zrake. Rezultat toga je nastajanje peroksida iz štavila i ulja koji dalje imaju značajnu ulogu u razgradnji. Oštećenja materijala utjecajem UV zračenja očituju se u naboranosti i mrvljenju površine te promjeni pH vrijednosti kože.

Toplina i vlaga

Povišena temperatura uzrokuje isušivanje kože i papira što se očituje tako da organski materijal postane krhak i lako lomljiv. Povišena vlaga u zraku pri normalnim temperaturnim uvjetima uzrokuje bubrenje materijala i njegovu deformaciju. Do oštećenja kože i papira najčešće dolazi kombiniranim djelovanjem povišene temperature i vlage, takozvane vlažne topline. U uvjetima previsoke vlage (iznad 65%) i povišene temperature (više od 18°C) dolazi do pojave mikrobioloških uzročnika oštećenja. Papir i koža zbog vlage postaju podložni mikrobiološkoj infekciji. Iako se bakterije i spore gljivica nalaze i u samom materijalu korištenom pri izradi papira i knjiga, nalazimo ih i u zraku i česticama prašine. Ako je temperatura između 18° i 36°C, a relativna vlaga iznad 65%, velika je šansa da će se plijesan pojaviti na knjizi u roku 48-72 sata. Plijesan izlučuje enzime pomoću kojih razgrađuje, mijenja i oslabljuje organske materijale, a obojene tvari iz plijesni uzrokuju nepovratne mrlje na papiru, platnu i koži knjige.

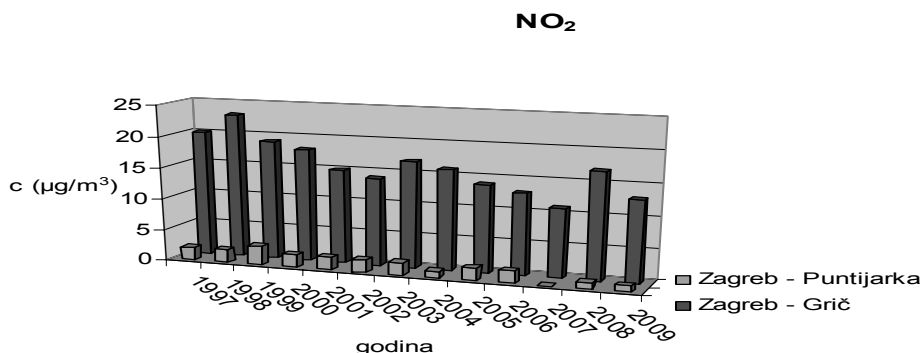
Kukci i glodavci

Insekti i glodavci mehanički oštećuju arhivsko gradivo tako što se hrane organskim materijalom. Glodavci najčešće oštećuju vanjske rubove knjiga dok insekti, hraneći se organskim materijalom, buše rupe kroz cijelu knjigu uništavajući i pisani dio.

3. Onečišćenje zraka

Arhivi, knjižnice i muzeji najčešće su smješteni u urbanim sredinama. U moderno doba onečišćenje zraka iz automobila, industrije i kućanskih izvora sve je veće. Onečišćenje zraka potječe iz stacionarnih i nestacionarnih izvora. U stacionarne izvore spadaju točkasti i difuzijski izvori kao što su razni dimnjaci, tvornička postrojenja s nekontroliranim ispuštanjem kemijskih tvari, industrijska postrojenja, uređaji, građevine, vulkani i eksplozije. Pod nestacionarne izvore ubrajamo općenito sva prijevozna sredstva koja koriste naftu i naftne derivate.

Upravo zbog toga se posebna pažnja treba posvetiti zaštiti arhivskoga gradiva od negativnog djelovanja lebdećih čestica i plinova koji su glavni onečišćivači zraka.³ Kako je prikazano na slici 1 značajna je razlika između koncentracije štetnih plinova, u ovom slučaju srednje koncentracije NO₂,⁴ u centru grada na urbanoj postaji Grič i na pozadinskoj postaji Puntijarka.



Slika 1: Usporedba onečišćenja zraka plinom (NO₂) na pozadinskoj postaji (Puntijarka) i urbanoj postaji (Grič)⁵

Lebdeće čestice

U lebdeće čestice kao onečišćivače zraka spadaju prašina, čađa, pelud, razne organske kiseline u zraku i elementi u tragovima. Nalaze se u visokim koncentracijama u industrijskim i urbanim sredinama. Lebdeće čestice zbog svoje iznimno male (nanometarske i pikometarske) veličine mogu zrakom dospjeti u bilo koji zatvoreni prostor.

³ Zakon o zaštiti zraka. NN. 178(2004), 110(2007), 60(2008).

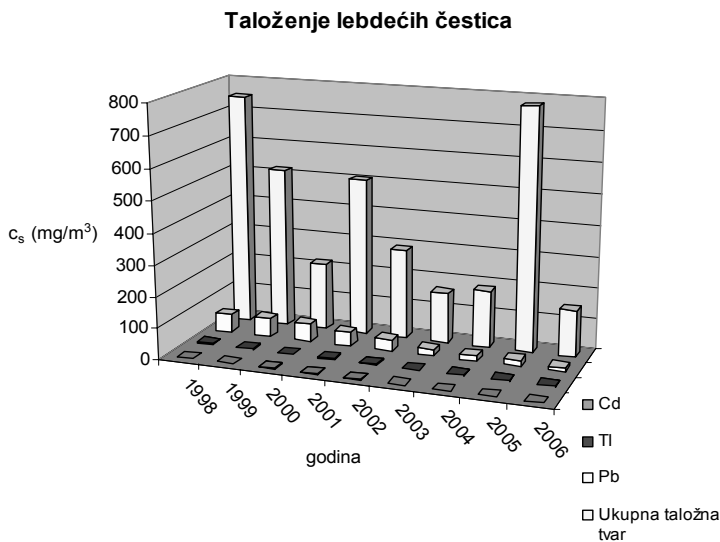
⁴ c (µg/m³) – srednja koncentracija NO₂ u zraku.

⁵ Statističke informacije. Zagreb, 2008. Str. 68.

Elementi u tragovima su najčešće teški metali poput željeza, cinka, bakra, olova, kadmija, talija, silicija, mangana, kroma, nikla i arsena. Teške čestice s metalnim svojstvima su iznimno abrazivne i mogu ogrepsti površinu organskog materijala. Neke od lebdećih čestica kao što je silicij, u dodiru s vlagom i drugim suspendiranim česticama stvaraju određenu vrstu cementa koji se taloži na površini gradiva. Fizička oštećenja koja nastaju na gradivu najčešće su blijeda površina na mjestu taloženja, gubitak boje i mehaničko oštećenje površine uzrokovano agresivnošću tog cementa. Jedna od mogućih posljedica taloženja lebdećih čestica na površinu gradiva zbog njihovih higroskopskih svojstava je i stvaranje tankog vlažnog filma koji je idealna podloga za razvoj mikroorganizama.⁶

Zbog svog heterogenog sastava lebdeće čestice mogu u prisutnosti vlage iz zraka stvarati različite kemijske reagense, kisele ili bazične prirode.

Iz prikaza na slici 2, vidi se srednja koncentracija⁷ najzastupljenijih teških metala i ukupne taložne tvari u Zagrebu kroz razdoblje od devet godina.⁸ Vidljivo je da je udio ukupne taložne tvari značajan te prelazi maksimalnu dozvoljenu granicu od 350 mg/m^3 .⁹



Slika 2: Udio najzastupljenijih teških metala u lebdećim česticama i ukupna taložna tvar za područje Zagreb - Centar u periodu 1998-2006.

⁶ *Molecular Filtration Preserves Artifacts.*

<http://www.filterair.info/literature/Files/Museums,%20Galleries%20&%20Archives.pdf> (2.6.2011)

⁷ c_s - srednja koncentracija teških metala i ukupne taložne tvari.

⁸ *Šesti hrvatski znanstveno-stručni skup : Zaštita zraka '09 : zbornik radova.* Ur. Šega Krešimir. Zagreb : Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka, 2009. Str. 102-105.

⁹ 350 mg/m^3 je maksimalna dozvoljena koncentracija ukupne taložne tvari propisana Zakonom o zaštiti zraka. NN. 178(2004).

Plinovi

Plinovi kao onečišćivači zraka također potječu iz stacionarnih i nestacionarnih izvora, a najzastupljeniji su oksidi sumpora, dušika i ozon. Plinove po njihovom štetnom utjecaju možemo podijeliti na plinove s kiselim svojstvima kao što su sumporov dioksid i dušikov dioksid te plinove sa oksidirajućim svojstvima kao što su ozon, sumporovodik te različiti peroksidi. Osim navedenih plinova u zraku su zastupljene razne organske kiseline i alkoholi koji također agresivno djeluju na ostale organske materijale.¹⁰

Koža apsorbira sumporov dioksid iz atmosfere i u kombinaciji s vlagom iz zraka uz prisutnost oksidansa, tvori sumpornu kiselinu. Sumporna kiselina ubrzava hidrolitičku razgradnju kolagena u koži čime se značajno smanjuje čvrstoća kože i ubrzava korodiranje metalnih dijelova uveza. Osim apsorpcijom SO₂ iz zraka, sumporna kiselina u kožu dospijeva i samim načinom štavljenja. Što je veća koncentracija sumporne kiseline, brža je razgradnja polimernih molekula u koži. U proizvodnji biljno štavljenih koža korištene su velike količine sumporne kiseline zbog koje na njima češće dolazi do pojave kisele razgradnje.

Dušikov dioksid u prisutnosti vlage tvori dušičnu kiselinu koja pospješuje raspadanje organskog materijala i ubrzava korodiranje metala.

Tablica I: Štetni plinovi, njihov izvor, materijali i tip oštećenja koje uzrokuju¹¹

Plinovi	Formula	Izvor	Materijali na koje djeluju	Tip oštećenja
Sumporov dioksid	SO ₂	<i>Vanjski izvor</i> - ispušni plinovi, generatori	metali, mramor, koža, papir, pigmenti	kiselost, pojava kisele razgradnje, korozija
Dušikovi oksidi, posebno dušikov dioksid	NO _x NO ₂	<i>Vanjski izvor</i> - ispušni plinovi	metali, mramor, kamen	kiselost, korozija
Ozon	O ₃	Atmosfera	papir, platno	oksidacija (starenje)
Sumporovodik	H ₂ S	<i>Vanjski izvor</i> - industrija, otpadne vode <i>Unutarnji izvor</i> - sastav kože	stare slike, posebice prirodni pigmenti (organski i anorganski)	crnjenje uzrokovano nastajanjem različitih sulfida
Organske kiseline, posebno metanska i etanska kiselina	HCOOH CH ₃ COOH	<i>Unutarnji izvor</i> - drvo i papir	metali i materijali organskog podrijetla	nagrizanje, slabljenje strukture
Fenol ili formaldehid	C ₆ H ₅ OH	<i>Unutarnji izvor</i> - konstrukcijski materijali	različiti materijali	starenje

¹⁰ *Molecular Filtration Preserves Artifacts.*

<http://www.filterair.info/literature/Files/Museums,%20Galleries%20%20Archives.pdf> (2.6.2011)

¹¹ *Molecular Filtration Preserves Artifacts.*

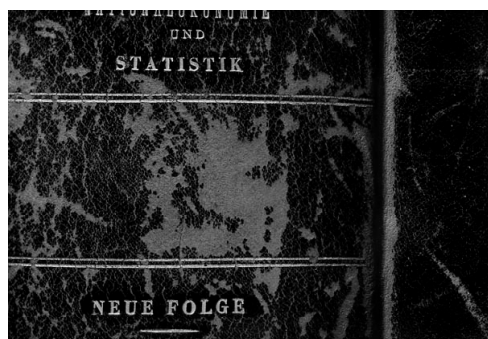
<http://www.filterair.info/literature/Files/Museums,%20Galleries%20%20Archives.pdf> (2.6.2011)

Ozon je jedan od posrednika u pretvaranju sumporovog dioksida u sumpornu kiselinu. On također ubrzava starenje kože i razgradnju vlakana kože jer svojim oksidacijskim djelovanjem prekida dvostruke veze između atoma ugljika u organskim molekulama. Kao posljedica oksidacijske razgradnje kože stvaraju se topljivi amonijevi spojevi. Amonijevi spojevi imaju abrazivno djelovanje te povisuju pH materijala. U nekim slučajevima ozon dovodi do stvaranja karboksilne kiseline u organskom materijalu, koja također ubrzava razgradnju kože i ostalih materijala u njenoj blizini.¹²

Kisela razgradnja

Red rot ili *acid decay* odnosno raspadanje pod utjecajem djelovanja kiselina ili kiselna razgradnja, je ireverzibilan proces oštećenja kože i zbog toga zahtjeva posebnu pažnju. Pojavljuje se uglavnom na biljno štavljenim kožama proizvedenim od kraja 18. stoljeća nadalje. Upravo je pojačano onečišćenje zraka povod pojavi kisele razgradnje na inače prilično kvalitetno proizvedenim kožama prije kraja 18. stoljeća.

Korištenjem sumporne kiseline u štavljenju koža te naknadnom apsorpcijom sumporovog dioksida iz zraka dolazi do kidanja polimernih molekula kože i njihove razgradnje. Kisela razgradnja u ranijoj fazi može se otkriti samo kemijskim analizama, dok se u kasnijoj fazi može primijetiti i prostim okom. Prvo je vidljivo oštećenje prilikom kojeg se površinski sloj kože pretvara u prah (slika 3a). Daljnjim utjecajem kiselosti, koža postaje vrlo krhka i može se doslovno guliti sa površine u većim komadima (slika 3b). U kasnijoj fazi osjeća se izrazito nadražujući miris koji jača povećanjem kiselosti kože. Vrlo je važno ne zamijeniti kiselu razgradnju s mehaničkim oštećenjem površine kože. Upravo su taj specifičan miris i praškasto oštećenje najbolji pokazatelji pojave kisele razgradnje na koži.¹³



Slika 3a: Oštećenje površinskog sloja kože kiselom razgradnjom¹⁴



Slika 3b: Teško oštećenje kiselom razgradnjom površine kože¹⁵

¹² *Guidelines for the conservation of leather and parchment bookbindings*. KB and Netherlands Institute for Cultural Heritage (ICN), 1995. Str. 22-24.

¹³ *Guidelines for the conservation of leather and parchment bookbindings*. KB and Netherlands Institute for Cultural Heritage (ICN), 1995. Str. 23.

¹⁴ Isto. Str. 22.

¹⁵ Isto. Str. 22.

Kao što je već rečeno kisela razgradnja je nepovratna, njeno napredovanje može se samo usporiti, ali ne i zaustaviti. Spremanjem knjiga zahvaćenih kiselom razgradnjom u kutije napravljene od bezkiselinske ljepenke usporava se napredovanje oštećenja. Također se koža može premazati *Cellugel-om*¹⁶ i na taj način usporiti napredovanje oštećenja. *Cellugel* prodire duboko u pore kože te spaja vlakna stvarajući tanki film koji štiti kožu od atmosferskih utjecaja, a pri tome ne tamni i ne skida boju s površine kože. Kao i u većini slučajeva tako je i u ovom najbolja preventivna metoda ugradnjom odgovarajuće ventilacije i molekulske filtracije u spremišta arhiva, knjižnica i muzeja.

4. Ventilacijski sustav i molekulska filtracija

Uloga ventilacijskih sustava i molekulskih filtera je da zaštiti gradivo od štetnih atmosferskih utjecaja. Kao što je prethodno spomenuto, urbane sredine iznimno su onečišćene plinovima, koji osim na zdravlje ljudi, štetno utječu i na arhivsko gradivo. Preporučene koncentracije spomenutih plinova za dugoročnu pohranu gradiva dane su u tablici II. Preporučene vrijednosti su standardizirane po Hrvatskoj normi HRN ISO 11799. British Standard BS5454 2000 i International Centre for the Study for Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM) imaju nešto drugačiji kriterij za dozvoljene koncentracije u spremištima (tablica III).

Tablica II: Preporučene vrijednosti štetnih plinova za dugoročnu pohranu gradiva po normi HRN ISO 11799¹⁷

Plin	Dozvoljena koncentracija u spremištima
Sumporov dioksid (SO ₂)	5 - 10 µg/m ³
Dušikovi oksidi (NO _x)	5 - 10 µg/m ³
Ozon (O ₃)	5 - 10 µg/m ³

Tablica III: Preporučene vrijednosti štetnih plinova za dugoročnu pohranu gradiva po British Standard BS5454 2000 i International Centre for the Study for Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM)¹⁸

Plin	Dozvoljena koncentracija u spremištima
Sumporov dioksid (SO ₂)	< 10 µg/m ³
Dušikovi oksidi (NO _x)	< 10 µg/m ³
Ozon (O ₃)	< 2 µg/m ³

¹⁶ Cellugel – hidroksi propil celuloza pomiješana s izopropanolom.

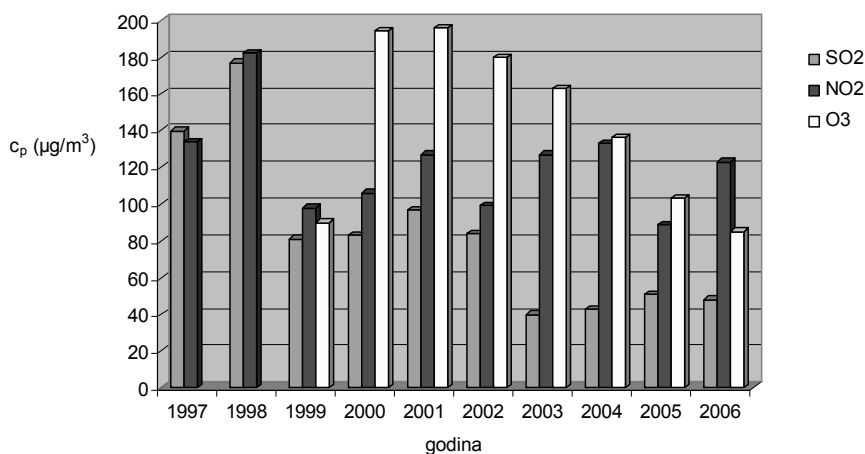
¹⁷ HRN ISO 11799 – Informacije i dokumentacija – Zahtjevi za pohranu dokumenata arhivske i knjižničke grade. Zagreb : Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 2004. Str. 10.

¹⁸ *Molecular Filtration Preserves Artifacts.*

<http://www.filterair.info/literature/Files/Museums,%20Galleries%20&%20Archives.pdf> (2.6.2011)

Kako su koncentracije plinova u Zagrebu (slika 4) u posljednjih desetak godina znatno više od graničnih vrijednosti preporučenih standardom za očuvanje arhivskoga gradiva,¹⁹ treba nastojati da se arhivska spremišta opreme kvalitetnim sustavima ventilacije i molekulske filtracije.

Koncentracije plinova u zraku



Slika 4. Koncentracije plinova u Centru Zagreba u razdoblju 1997-2006.^{20,21}

Ventilacijski sustav

Ventilacijski sustav mora održavati relativnu vlagu zraka između 50 i 60%.²² U Hrvatskoj normi HRN ISO 11799 te su vrijednosti još i niže: 30-45 ± 3% RV pri temperaturi od 2-18 ± 1°C u spremištima s optimalnim uvjetima čuvanja gradiva te 35-50 ± 3% RV pri temperaturi od 14-18 ± 1°C u spremištima s gradivom koje se često koristi.²³ Neventilirani zrak pogoduje razvoju plijesni i ostalih štetnih mikroorganizama, stoga ventilacija mora biti tako raspoređena tako, da ne dođe do stvaranja ustajalih zračnih džepova. Valja naglasiti da je poželjan neprekidan rad ventilacijskog sustava tijekom cijele godine. Koliko god to bilo neekonomično, za gradivo je štetnija oscilacija zraka uzrokovana uključivanjem i isključivanjem ventilacije.²⁴

¹⁹ HRN ISO 11799 – Informacije i dokumentacija – Zahtjevi za pohranu dokumenata arhivske i knjižničke grade. Zagreb : Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 2004. Str. 11-12.

²⁰ Peti hrvatski znanstveno-stručni skup : Zaštita zraka '07 : zbornik radova. Ur. Šega Krešimir. Zagreb : Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka, 2007. Str. 54-59.

²¹ Statističke informacije. Zagreb, 2008. Str. 77-78.

²² HRN ISO 11799 – Informacije i dokumentacija – Zahtjevi za pohranu dokumenata arhivske i knjižničke grade. Zagreb : Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 2004. Str. 6.

²³ Isto. Str. 11.

²⁴ Security & Preservation of Rare Materials : Planning an Environmental Building Model, Library administration and management association. ALA Annual Conference, 2008.

Molekulska filtracija

Uz ventilacijski sustav potrebna je i molekulska filtracija zraka koja mora biti izvedena tako, da zadovolji standarde očuvanja gradiva te da ukloni barem 50% lebdećih čestica iz zraka. U ove svrhe koristi se dupla filtracija koja se sastoji od predfiltra i filtra visoke učinkovitosti. Filtri su punjeni adsorbensima koji mogu apsorbirati razne štetne plinove iz zraka. Postoje adsorbensi širokog spektra i adsorbensi koji koriste mehanizme specifične kemijske adsorpcije za ciljane plinove. U tablici IV dani su neki od materijala koji se koriste kao adsorbensi, mehanizmi otklanjanja plinova i ciljani plinovi na koje djeluju.

Tablica IV: Materijali koji se koriste kao adsorbensi, mehanizmi otklanjanja plinova i ciljani plinovi na koje djeluju²⁵

Osnovni materijal	Tip materijala	Mehanizam otklanjanja plinova	Ciljani plinovi
Aktivni ugljik Osnovni materijal	aktivni ugljik proizveden iz ljusaka	široki spektar / fizička adsorpcija	SO ₂ , O ₃ , organske pare
	aktivni ugljik proizveden iz ugljena	široki spektar / fizička adsorpcija	O ₃ , organske pare
	aktivni ugljik proizveden iz ugljena impregniran s koncentriranim KOH	kemijska adsorpcija	O ₃ , organske pare, organski i anorganski kiseli plinovi
Aktivni ugljik Osnovni materijal	aktivni Al ₂ O ₃ impregniran s KMnO ₄	kemijska adsorpcija	SO _x , NO _x , organski i anorganski kiseli plinovi, organske pare, formaldehid
	spoj aktivnog ugljika i aktivnog Al ₂ O ₃ impregniran s KMnO ₄	kemijska adsorpcija / fizička adsorpcija širokog spektra	O ₃ , organske pare, kiseli plinovi, organske kiseline, formaldehid
	spoj koncentriranog impregniranog aktivnog ugljika i aktivnog Al ₂ O ₃ s KMnO ₄	kemijska adsorpcija / fizička adsorpcija širokog spektra	organske pare, O ₃ , kiseli plinovi uključujući SO _x , NO _x , organske kiseline, formaldehid

5. Zaključak

Svrha ovog rada bila je prikazati utjecaj atmosferskih onečišćivača na kožne uveze. Opisan je štetan utjecaj lebdećih čestica i pojedinih plinova na organski materijal odnosno kožu. Osim abrazivnog djelovanja lebdećih čestica, naglasak je prvenstveno na kiselim plinovima koji izuzev razgradnje uzrokuju i pojavu takozvanog *red rot-a*, odnosno kisele razgradnje. Potrebno je naglasiti da pojava razgradnje organskog materijala uzrokovane kiselošću nije reverzibilan proces već uzrokuje trajna i

²⁵ *Molecular Filtration Preserves Artifacts.*

<http://www.filterair.info/literature/Files/Museums,%20Galleries%20&%20Archives.pdf> (2.6.2011)

nepovratna oštećenja na arhivskom gradivu. Zbog svega navedenog potrebno je iznimnu pažnju posvetiti ventilacijskim sustavima i molekularnoj filtraciji kao najvažnijoj prevenciji u očuvanju arhivskoga gradiva.

Literatura

Guidelines for the conservation of leather and parchment bookbindings. KB and Netherlands Institute for Cultural Heritage (ICN), 1995.

HRN ISO 11799 – Informacije i dokumentacija – Zahtjevi za pohranu dokumenata arhivske i knjižničke građe. Zagreb : Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 2004.

Peti hrvatski znanstveno-stručni skup : Zaštita zraka '07 : zbornik radova. Ur. Šega Krešimir. Zagreb : Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka, 2007.

Security & Preservation of Rare Materials : Planning an Environmental Building Model, Library administration and management association. ALA Annual Conference, 2008.

Zakon o zaštiti zraka. NN. 178(2004), 110(2007), 60(2008).

Statističke informacije. Zagreb, 2008.

Šesti hrvatski znanstveno-stručni skup : Zaštita zraka '09 : zbornik radova. Ur. Šega Krešimir. Zagreb : Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka, 2009.

Vidler, K. *Care and Handling of Leather Bookbindings.* Skripta s predavanja održanog u HDA 2010.

Molecular Filtration Preserves Artifacts.

<http://www.filterair.info/literature/Files/Museums,%20Galleries%20&%20Archives.pdf> (2.6.2011)

Summary

PREVENTING DAMAGES ON LEATHER BINDINGS CAUSED BY AIR POLLUTION

Sun light, temperature, humidity, insects, rodents, and air pollution are the most common causes of damage to leather used in restoration. Air polluted by a variety of airborne particles and gases has a major impact on the degradation of leather, paper and other organic materials. Airborne particles such as heavy metals are extremely abrasive and can greatly damage the surface of organic material. Gases, whether acid or oxidizing may accelerate the decomposition of organic material or hasten the aging process. Among the most harmful gases, sulfur and nitrogen dioxide are included as acid gases and ozone as an oxidizing gas. Red rot is one type of leather degradation caused by sulfuric acid, indirectly by sulfur dioxide. It is an irreversible degradation of leather that begins with converting the skin's surface to dust, while at later stage leads to the appearance of irritant sour smell and the complete disintegration of the leather. It cannot be stopped but only slowed down with various coatings and storing books infected by red-rot in protective acid-free boxes. The only way to

prevent effects of air pollution in the Archives is to install a good ventilation system and molecular filtration in storages.

Keywords: *air pollution, airborne particles, gases, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, ozone, acidic degradation, ventilation, molecular filtration*