

VLASTNOSTI KANCELÁŘSKÉHO RECYKLOVANÉHO PAPÍRU

Zpracovala:
Výzkumná chemická laboratoř
Oddělení péče o fyzický stav archiválií
Národního archivu

2005

1 ÚVOD

Ministr životního prostředí Libor Ambrozek požádal v roce 2003 resortní kolegy, hejtmany krajů a předsedy obou parlamentních komor, aby zvážili možnost používat v běžném úředním provozu recyklované papíry z důvodu šetření životního prostředí¹. Ministerstvo životního prostředí České republiky začalo používat recyklovaný papír od roku 2002 a po posouzení všech hledisek se rozhodlo, že ho bude používat dále. K osvětě a medializaci výrazně přispělo i občanské sdružení Arnika kampaní „Šetrné papírování“². Cílem této kampaně je vytvoření silné koalice spotřebitelů recyklovaného papíru. V řadě evropských zemí je podíl recyklace na spotřebě více než 60 %. Konfederace evropského papírenského průmyslu CEPI se zavázala v roce 2005 využít 56 % sběrového papíru ve své výrobě.

Na trh je recyklovaný papír dodáván v širokém sortimentu, tudíž i v různé kvalitě a barevných odstínech. Jeho hlavní oblastí použití je výroba obalů a sulfátového papíru. Zájem o širší využití také v oblasti kancelářských papírů sílí hlavně v posledních letech. Kromě dopisních obálek a papíru na zhotovení vizitek se recyklovaný papír prosazuje pro kopírování a tisk.

Recyklovaný papír se vyrábí převážně z tříděného sběrového papíru. Z připravené vlákniny se nejprve odstraňují metodou deinking tiskové barvy za použití chemikálií, tepla a mechanické energie. Barva se odděluje, disperguje ve vodném médiu a odstraňuje z vláknité suspenze vypíráním, flotací (za použití detergentů) nebo vypíráním a flotací.³ Vláknu ovšem nelze recyklovat donekonečna, většinou po 4–6 recyklaci je vlákno tak nakrácené, že se již nehodí pro výrobu papíru.

Vzhledem k možné archivaci písemností státních i nestátních organizací nás zajímala především kvalita kancelářského recyklovaného papíru ve srovnání s papírem pro dokumenty podle ISO 9706.

Výzkumná chemická laboratoř oddělení péče o fyzický stav archiválií Národního archivu použila pro testy dva typy kancelářského recyklovaného papíru, určeného pro tisk, kopírování a laserové tiskárny. Jeden z nich je požíván na Ministerstvu informatiky České republiky, kde je jeho využití až 90%.

U obou typů papíru byly testovány základní mechanické, chemické a optické vlastnosti i s přihlédnutím k jejich chování po působení umělého stárnutí.

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Specifikace testovaných papírů

Vzorek č. 1: Distributor firma Océ, 80 g/m².

Vzorek č. 2: Označení výrobku „**X recycled**“, výrobce: Document Company Xerox, USA.
Papír vyrobený ze 100% použité odpadové buničiny, deinking bez bělení, bez použití opticky zjasňujících látek, 80 g/m².
Papír je určen pro laserové tiskárny, kopírky a tisk.

2.2 Typy umělého stárnutí

- Dle ISO 5630/3-1981: Stárnutí ve vlhké atmosféře při 80 °C a 65% relativní vlhkosti v klimatizační komoře (Sanyo Gallenkamp PLC, Velká Británie) po dobu 30 dnů.
- Dle ISO 5630/1-1981: Stárnutí v suché atmosféře v komoře (Sanyo Gallenkamp OMT OVEN, Velká Británie) při 105 °C po dobu 15 dnů.

2.3 Stanovení vlákninového složení papíru

2.3.1 Příprava vzorku

Vzorek byl připraven jako průměrný vzorek podle normy ČSN ISO 9184.

2.3.2 Použitá metodika

K mikroskopickému stanovení vlákninového složení papírových vzorků byla použita norma ČSN ISO 9184, a to část 1: Obecná metoda, část 2: Návod k vybarvování.

Vláknina byla prohlédnuta pod mikroskopem Nikon Eclipse E 400 při zvětšení 100x a určena podle charakteristických morfologických znaků. Vlákninové složení bylo blíže specifikováno pomocí vybarvovacích roztoků podle ČSN ISO 9184, část 3: Herzbergova vybarvovací zkouška (zvětšení 100x).

2.4 Stanovení mechanických, chemických a optických vlastností

2.4.1 Příprava vzorků pro stanovení odolnosti v přehýbání a tržného zatížení

Vzorky o šířce $15 \pm 0,1$ mm byly před měřením kondicionovány dle ISO 187 při 23 °C a 50% relativní vlhkosti po dobu 24 hodin. Mechanické vlastnosti vzorků byly měřeny v podélném i příčném směru. Vzorky byly zpracovány jako průměrné vzorky.

Výsledky měření mechanických vlastností byly statisticky zpracovány. Byl vypočten aritmetický průměr, směrodatná odchylka a interval spolehlivosti při hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

2.4.2 Stanovení odolnosti v přehýbání

Odolnost v přehýbání vyjadřuje schopnost testovaného materiálu snášet opakované přehýbání při současném namáhání tahem za stanovených podmínek až do přetržení vzorku. Udává se počtem dvojohybů zvláště pro podélný a příčný směr.

Odolnost v přehýbání byla stanovena dle ČSN 50 0305 na zkušební přístroji podle Schoppera (VEB Werkstoffprüfmaschinen Leipzig, Německo) při minimálním a maximálním tahu pružin 3,04–3,97 N.

2.4.3 Stanovení tržného zatížení

Tržné zatížení je zatížení změřené při zkoušce tahem, při němž dochází k přetržení proužku papíru stanovené délky a jednotkové šířky za stanovených podmínek. Udává se v kNm^{-1} . Tržné zatížení bylo stanoveno na přístroji Alvetron TH1 (výrobce Lorentzen & Wettre, Švédsko) podle ČSN EN ISO 1924-2, Papír a lepenka. Stanovení tahových vlastností. Vzdálenost klem byla $100 \pm 0,1$ mm.

2.4.4 Stanovení pevnosti v dotržení metodou dle Elmendorfa

Pevnost v dotržení podle Elmendorfa byla stanovena dle ČSN ISO 1974 pro podélný i příčný směr výroby papíru pouze u vzorku č. 2.

2.4.5 Sledování změn optických vlastností

Barevná diference byla stanovena přenosným spektrofotometrem CM-2600d, (Minolta, Japonsko). Byla sledována celková barevná diference ΔE^* , jasová odchylka ΔL^* a Δa^* , Δb^* znázorňující rozdíly pozic v kolorimetrickém diagramu CIEL*a*b*.

Podmínky měření: úhel pozorovatele 2°, osvětlovací zdroj D65 (teplota chromatičnosti 6 504 K), průměr měřené plochy 8 mm.

Bělost vzorků byla stanovena na přístroji Leukometr (Carl Zeiss, SRN) podle ČSN 50 0241.

2.4.6 Stanovení pH

Hodnoty pH byly stanoveny metodou studeného extraktu podle ISO 6588 na přístroji PerpHecT-metru, model 370 za použití výluhové kombinované elektrody PerpHec Ross 8272 BN (Ati Orion, USA).

2.4.7 Stanovení alkalické rezervy

Alkalická rezerva byla stanovena dle ISO/CD 10716 vyjádřena v % uhličitanu vápenatého.

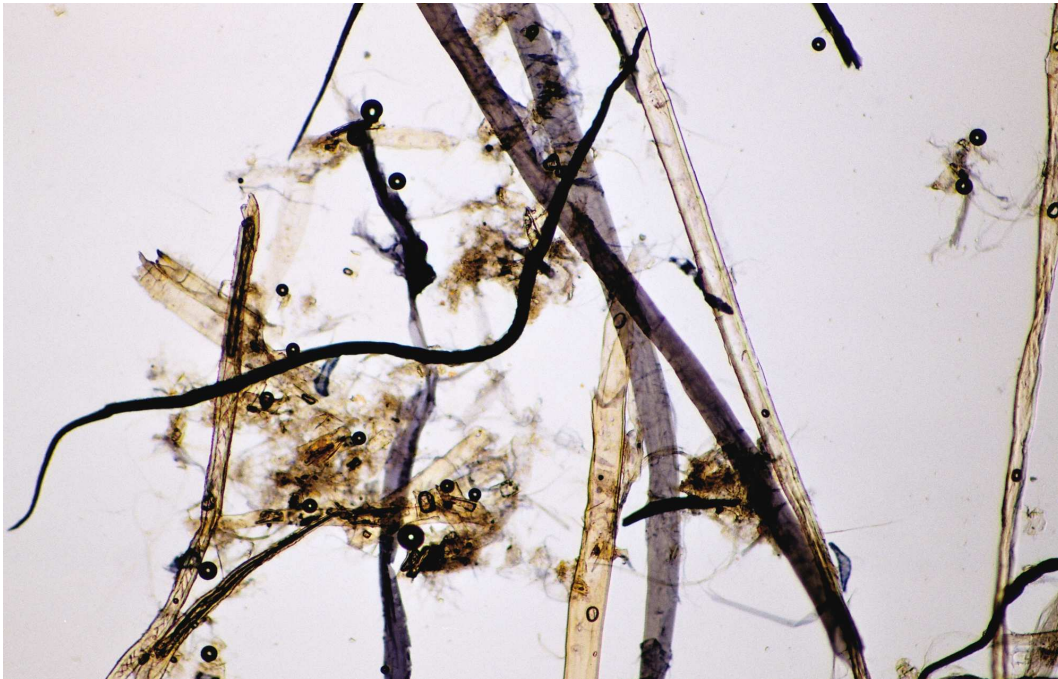
2.4.8 Stanovení Kappa čísla

Kappa číslo bylo stanoveno podle ČSN ISO 302.

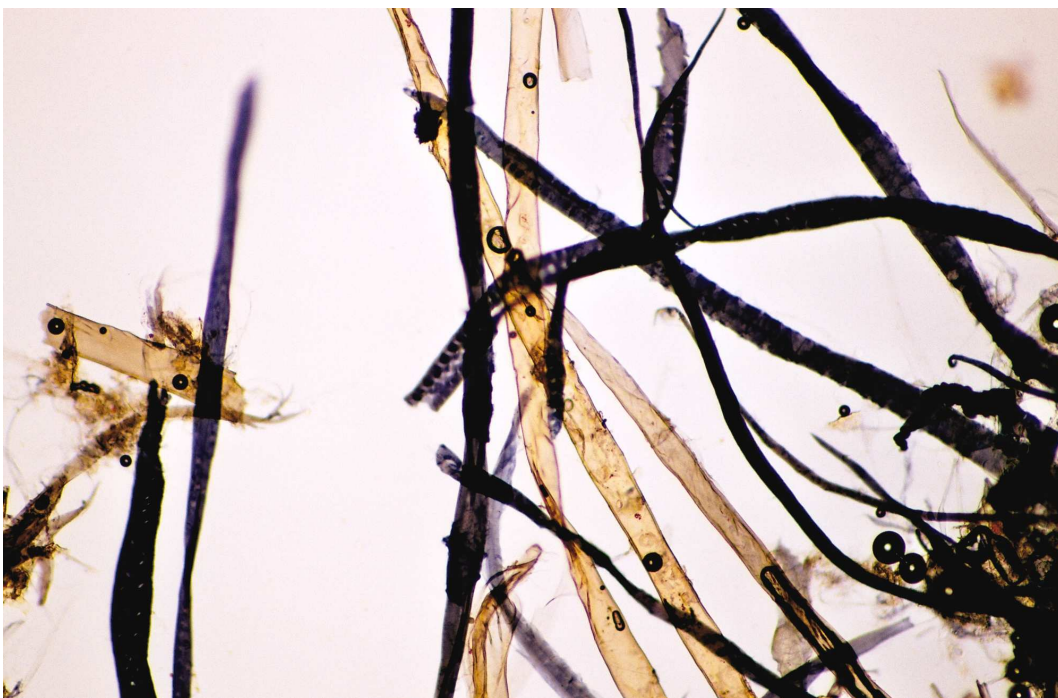
3 VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

3.1 Vlákňinové složení recyklovaného papíru

V obou vzorcích byla identifikována směs vláken různých druhů jehličnanových i listnáčových buničin a mechanické vlákniny, jak je patrné na přiložených obrázcích 1, 2 a 3. Vlákna buničin jsou poměrně dlouhá, málo opracovaná, což se projevuje pozitivně i v hodnotách mechanických vlastností papíru.



Obr. 1 Vlákniňové složení recyklovaného papíru č. 1 (směs buničin a mechanické vlákniny), vybarveno Herzbergovým činidlem, zvětšení: 100x.



Obr. 2 Vlákniňové složení recyklovaného papíru č. 1 (směs buničin a mechanické vlákniny), vybarveno Herzbergovým činidlem, zvětšení: 100x.



Obr. 3 Vlákninové složení recyklovaného papíru č. 2 (směs buničin a mechanické vlákniny), vybarveno Herzbergovým činidlem, zvětšení: 100x.

3.2 Výsledky mechanických, chemických a optických vlastností

3.2.1 Stanovení odolnosti v přehýbání

V tabulce 1 jsou uvedeny nejdůležitější hodnoty pro charakterizaci odolnosti recyklovaného papíru v přehýbání. Při stejné plošné hmotnosti 80 g/m² obou vzorků je velký rozdíl v mechanických vlastnostech. Vzorek č. 1 vykazuje více jak dvojnásobný počet dvojohybů v podélném směru výroby, vlivem stárnutí ve vlhké atmosféře se hodnoty snižují na 81,2 %, po tepelném stárnutí výrazně pevnost v přehýbání klesá na 42,9 %. Velmi podobný výsledek vykazuje vzorek č. 2. Přestože odolnost v přehýbání je mnohem nižší, chování papíru podrobenému umělému stárnutí je prakticky shodné, pokles počtu dvojohybů po stárnutí ve vlhké atmosféře je na 79,8 %, po tepelném stárnutí na 42,2 % hodnot nestárnutých vzorků.

Tab. 1 Počet dvojohybů v podélném směru výroby

Recykl		nestárnutý	vlhké stárnutí	suché stárnutí
Vzorek č. 1	průměrná hodnota	515,25	418,75	221,75
	střední hodnota	517	415,0	224,5
	směrodatná odchylna	79,37	82,53	69,25
	interval spolehlivosti	44,91	46,69	39,18
Vzorek č. 2	průměrná hodnota	218,6	174,3	92,2
	střední hodnota	216,5	172,0	94,0
	směrodatná odchylna	56,13	55,41	37,3
	interval spolehlivosti	24,59	24,29	16,4

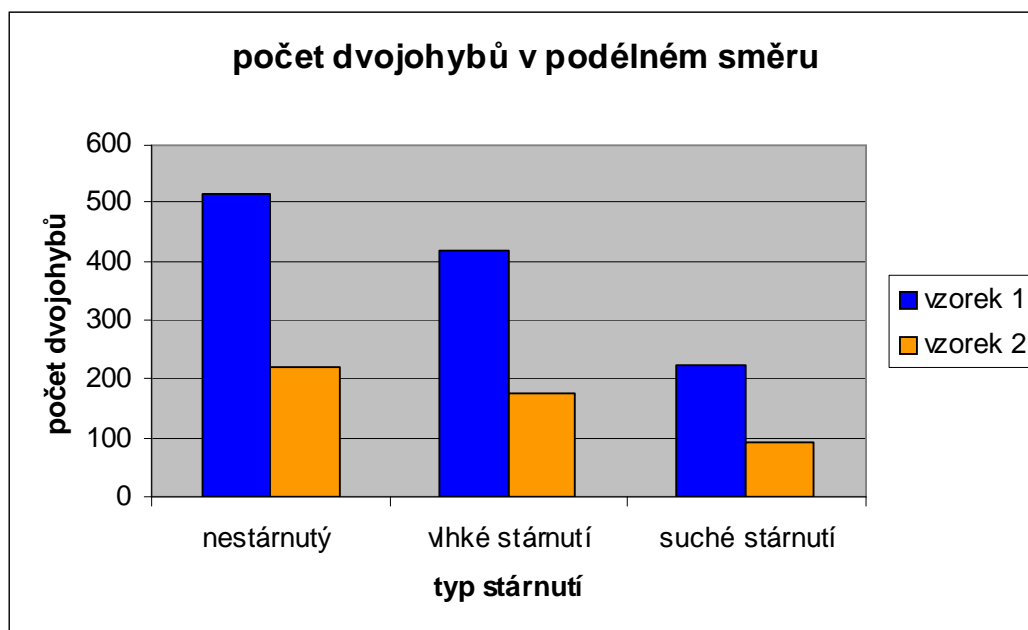
Národní archiv, Praha
Vlastnosti kancelářského recyklovaného papíru

Závěrečná zpráva výzkumného úkolu

Tabulka 2 obsahuje počet dvojohybů v příčném směru výroby. I v tomto případě se počáteční hodnoty obou vzorků recyklovaných papírů liší, i když ne tak výrazně jako ve směru podélném. Počet dvojohybů působením umělého stárnutí s vlhkou atmosférou se téměř nemění, působení termického stárnutí se projeví poklesem počtu dvojohybů na 72,2 % u vzorku č. 1 a až na 54 % u vzorku č. 2.

Tab. 2 Počet dvojohybů v příčném směru výroby

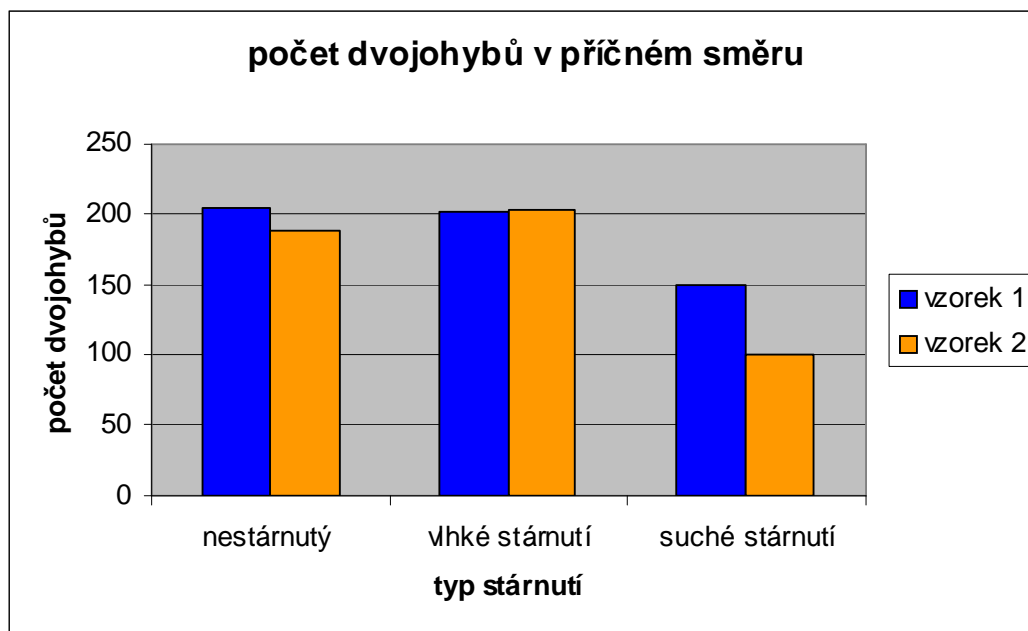
Recykl		nestárnutý	vlhké stárnutí	suché stárnutí
Vzorek č. 1	průměrná hodnota	205,0	201,0	148,6
	střední hodnota	164,5	184,5	142,0
	směrodatná odchylka	87,68	90,12	49,4
	interval spolehlivosti	49,61	50,98	27,8
Vzorek č. 2	průměrná hodnota	187,65	203,85	101,05
	střední hodnota	171	210,5	95,5
	směrodatná odchylka	80,23	60,67	38,98
	interval spolehlivosti	35,16	26,59	16,36



Obr. 4 Počet dvojohybů recyklovaného papíru.

Národní archiv, Praha
Vlastnosti kancelářského recyklovaného papíru

Závěrečná zpráva výzkumného úkolu



Obr. 5 Počet dvojohybů recyklovaného papíru.

3.2.2 Stanovení tržného zatížení

Oba vzorky vykazují hodnoty tržného zatížení i po stárnutí bez výrazných poklesů, což znamená, že si papír s velkou pravděpodobností uchová dobrou pevnost v tahu po řadu let. Změny v hodnotách se pohybují v rozmezí 1–4 procenta.

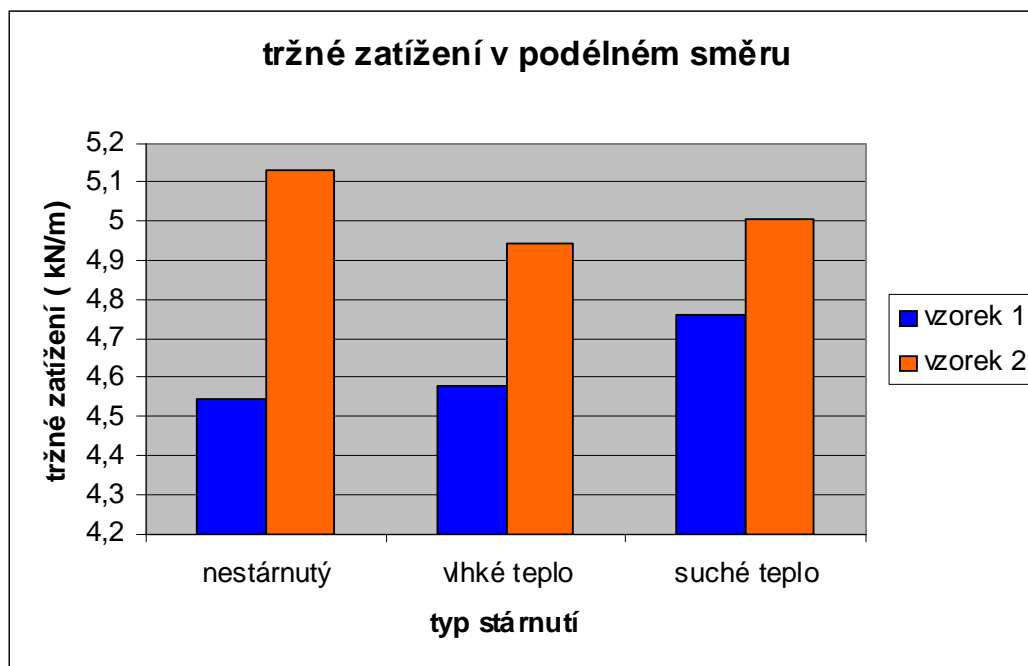
Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4.

Tab. 3 Tržné zatížení v podélném směru výroby

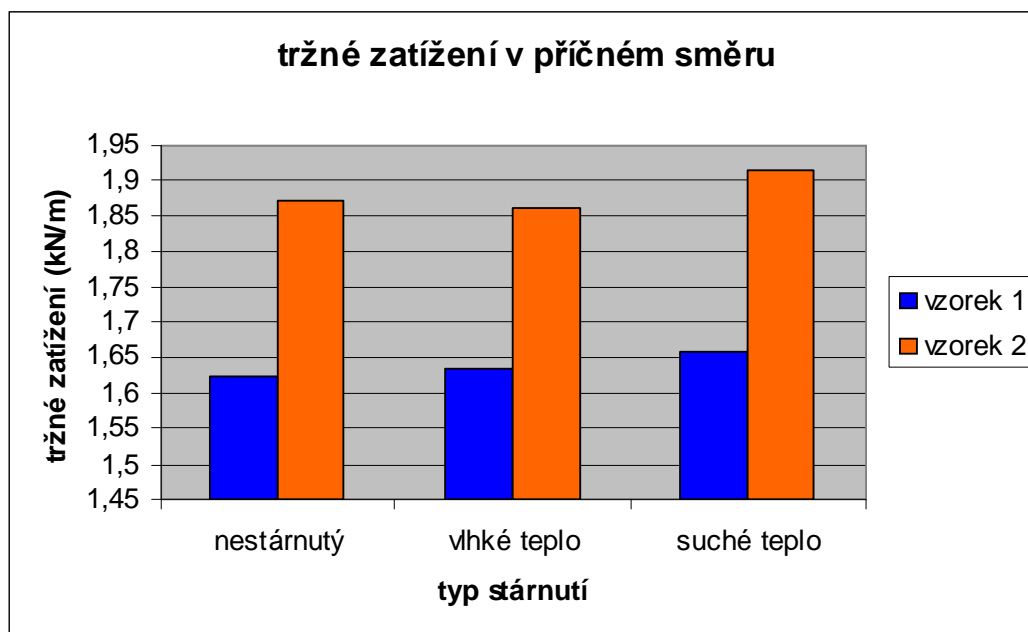
Recykl		nestárnutý	vlhké teplo	suché teplo
Vzorek č. 1	tržné zatížení (kN/m)	4,55	4,58	4,76
	směrodatná odchylka	0,27	0,18	0,17
	interval spolehlivosti	0,15	0,10	0,10
Vzorek č. 2	tržné zatížení (kN/m)	5,13	4,94	5,01
	směrodatná odchylka	0,22	0,32	0,19
	interval spolehlivosti	0,10	0,14	0,09

Tab. 4 Tržné zatížení v příčném směru výroby

Recykl		nestárnutý	vlhké teplo	suché teplo
Vzorek č. 1	tržné zatížení (kN/m)	1,62	1,63	1,66
	směrodatná odchylka	0,15	0,12	0,18
	interval spolehlivosti	0,08	0,07	0,10
Vzorek č. 2	tržné zatížení (kN/m)	1,87	1,86	1,91
	směrodatná odchylka	0,08	0,08	0,10
	interval spolehlivosti	0,04	0,04	0,04



Obr. 6 Tržné zatížení recyklovaného papíru.



Obr. 7 Tržné zatížení recyklovaného papíru.

3.2.3 Stanovení pevnosti v dotržení podle Elmendorfa

Pevnost v dotržení dosahuje u vzorku č. 2 hodnot 410 mN v podélném směru a 540 mN ve směru příčném. Po tepelném stárnutí se hodnoty snížily na 350 mN v podélném směru

Národní archiv, Praha
Vlastnosti kancelářského recyklovaného papíru

Závěrečná zpráva výzkumného úkolu

a 470 mN ve směru příčném, což je pokles přibližně o 15 %, stárnutím ve vlhkém prostředí došlo k poklesu o 10–13 % v obou směrech. Dosažené hodnoty pevnosti odpovídají normě ISO 9706, kde je stanovena limitní hodnota 350 mN, a jsou v souladu s ostatními výsledky testů mechanických pevností.

3.2.4 Sledování optických změn

Během umělého stárnutí recyklované papíry žloutnou, a to oba vzorky výrazněji ve vlhkém prostředí. Tepelné stárnutí ovlivňuje změnu barevného odstínu méně. Podobně celková barevná diference dosahuje vyšších hodnot vlivem umělého stárnutí ve vlhké atmosféře. Všechny změny jsou okem pozorovatelné. Změny barevnosti bude souviset především s vlákninovým složením papíru (přítomnost ligninu). Bělost obou typů papíru není vysoká a vlivem stárnutí klesá. Na pokles bělosti má opět vyšší vliv umělé stárnutí se zvýšenou vlhkostí (o 9–10 %).

Tab. 5 Optické změny v hodnotách L, a, b, recyklovaného papíru vlivem stárnutí

Recykl	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Vzorek č. 1 nestárnutý	89,05	-1,13	6,76				
vlhké stárnutí	85,85	-0,31	13,72	-3,2	0,82	6,96	7,7
suché stárnutí	87,92	-1,26	11,2	-1,13	0,12	4,44	4,6
Vzorek č. 2 nestárnutý	84,74	-1,07	7,39				
vlhké stárnutí	82,56	-0,76	13,62	-2,18	0,43	6,23	6,6
suché stárnutí	84,17	-1,28	10,7	-0,54	-0,21	3,31	3,4

Tab. 6 Změna bělosti recyklovaného papíru vlivem umělého stárnutí

Recykl	bělost (%)
Vzorek č. 1 nestárnutý	69,5
vlhké stárnutí	56,2
suché stárnutí	62,9
Vzorek č. 2 nestárnutý	60,2
vlhké stárnutí	51,4
suché stárnutí	56,7

3.2.5 Stanovení pH

pH recyklovaného papíru je upraveno do mírně alkalické oblasti, což pozitivně ovlivňuje jeho životnost. Působením umělého stárnutí nebyla hodnota pH výrazněji ovlivněna.

Tab. 7 Hodnoty pH recyklovaného papíru vlivem stárnutí

Recykl	nestárnutý	vlhké teplo	suché teplo
Vzorek č. 1	8,7	8,28	8,18
Vzorek č. 2	8,2	8,2	8,1

3.2.6 Stanovení alkalické rezervy

Výše alkalické rezervy je v obou vzorcích dostatečná, podle požadavku na kvalitu papíru dle ČSN ISO 9706 má být minimálně 2 % CaCO₃. Vliv umělého stárnutí se na její výši neprojevil.

Tab. 7 Alkalická rezerva vyjádřena v % CaCO₃

Recykl	nestárnutý	vlhké teplo	suché teplo
Vzorek č. 1	13,6	13,6	13,7
Vzorek č. 2	11,9	12,4	12,6

3.2.7 Stanovení Kappa čísla

Zvolená metodika podle ČSN ISO 302 neumožnila přesné stanovení hodnoty Kappa čísla. Vzorky papíru vzhledem k vysokému obsahu mechanické vlákniny mají v obou případech **Kappa číslo větší nežli 7**, tudíž nevyhovují požadavkům na trvanlivost podle normy ČSN ISO 9706. Podle výše uvedené normy je tato informace považována za dostačující.

Přesné stanovení Kappa čísla vyžaduje metodiku podle ISO 3260.

4 ZÁVĚR

Použití kancelářského recyklovaného papíru vyráběného pro kopírovací a tiskové stroje, lze akceptovat pro písemnosti určené pro běžnou agendu, s kterou se nepočítá pro dlouhodobou archivaci. Papír má vyhovující mechanické vlastnosti, jeho pH se pohybuje v mírně alkalické oblasti, které se působením umělého stárnutí významně nemění. Vlivem stárnutí dochází ke zdatelnému žloutnutí. Pro krátkodobé archivace je papír možno považovat za vyhovující.

V případě dlouhodobého uchovávání písemností v archivech je třeba přednostně používat papír vysokého standartu kvality. Pro dlouhodobé archivace jsou specifikované dva druhy papíru odpovídající normám ČSN ISO 9706: Informace a dokumentace – Papír pro dokumenty – Požadavky na trvanlivost⁴ a ČSN ISO 11108: Informace a dokumentace – Archivní papír – Požadavky na stálost a trvanlivost⁵. Papíry s podílem mechanických vláknin včetně moderních typů jako jsou chemicko-termicko-mechanické vlákniny nejsou považovány za vyhovující těmto normám kvůli nedostatku vědecké jistoty⁶ v chování během přirozeného stárnutí (možné reakce vláken obsahujících lignin s oxidy dusíku a síry a vliv těchto produktů na degradaci celulózy).

Papír podle normy ČSN ISO 9706 je určen pro dokumenty, záznamy a publikace, u kterých se předpokládá, že budou dlouhou dobu uchovávány v archivech nebo knihovnách.

Archivní papír dle normy ČSN ISO 11108 není doporučen pro běžné použití, primárně je určen pro dokumenty a publikace, u nichž se požaduje dlouhodobé uchování vzhledem k jejich významné historické, právní nebo jiné hodnotě.

Literatura

1. Webová stránka <http://www.env.cz/AIS/web-news.nsf>.
2. Webová stránka <http://papir.arnika.org/>.
3. Josef Korda a kol.: Papírenská encyklopedie. Oborová encyklopedie, SNTL Praha 1992.
4. ČSN ISO 9706: Informace a dokumentace – Papír pro dokumenty – Požadavky na trvanlivost.
5. ČSN ISO 11108: Informace a dokumentace – Archivní papír - Požadavky na stálost a trvanlivost.
6. ČSN ISO 9706: Informace a dokumentace – Papír pro dokumenty – Požadavky na trvanlivost, příloha C.