

Odkyselování

Jiří Neuvirt

Úvod

Inspiraci k návrhu vyvíjet tuto metodu odkyselování poskytnul patent a práce publikované v letech 1995-6 /1-3/ a dále naše zkušenosti se sušením pomocí vakuového balení /4/. Publikovaný postup spočívá v tom, že odkyselovaný blok papíru (kniha) se proloží papírem s vysokou alkalickou rezervou (např. papír plněný uhličitánem vápenatým) zhruba za každým šestým listem. Potom se kniha umístí do prostředí o vysoké relativní vlhkosti a stlačí se, aby se zajistil dobrý kontakt mezi listy. Po určité době lze v odkyselovaném bloku prokázat zvýšení hodnoty pH i přítomnost alkalické rezervy. Zmíněná doba závisí na podmínkách experimentu tj. zejména na relativní vlhkosti a stlačení bloku. Dále je zřejmé, že vliv bude mít i teplota, a dokud nebude dosaženo rovnovážného stavu, bude hrát roli i vzdálenost od alkalického listu. Autoři metody ale nezmiňují nebezpečí bujení plísní při uchovávání knihy při zvýšené relativní vlhkosti /2/.

Předpokládáme, že kombinace s vakuovým balením poskytne možnost omezit bujení plísní, dále jednoduchým způsobem realizovat stlačení bloku a v neposlední řadě umožní regulovat a snadno udržovat vlhkost v dokumentu.

Kyselé prostředí katalyzuje hydrolytické štěpení celulóзовé makromolekuly – hlavní složky papírenských vláken. Výsledkem je zkracování řetězců celulózy, které jsou nositeli pevnosti papíru, a papír se dříve nebo později stane nemanipulovatelným. Situace je o to horší, že v průběhu zmíněné hydrolýzy vznikají oxidací kyselá zplodiny, které reakci dále urychlují. To se projeví zejména v těch případech, kdy se tyto zplodiny mohou v dokumentu hromadit jako důsledek špatné ventilace /5/. Analýza degradačních produktů prokázala přítomnost kyselin jako mravenčí, octová, šťavelová, l-jablečná a další /6-7/. Smyslem odkyselování pomocí vakuového balení a vloženého papíru s vysokou alkalickou rezervou je

- zneutralizovat stávající kyselá látky v dokumentu vzájemnou migrací kyselých a alkalických látek v papírovém bloku a zpomalit degradaci
- dodat do papíru minimální alkalickou rezervu

Cílem výzkumného záměru je nalézt pro tyto procesy optimální podmínky.

Úvodní experimenty

V originální práci autoři stlačují papírový blok při odkyselování tlakem do 200 kPa. Když použijeme pro vyvození tlaku vakuového balení, bude maximální tlak působící na uzavřený materiál dán rozdílem mezi atmosférickým tlakem a tlakem uvnitř obalu. V naší nadmořské výšce to bude kolem 90 kPa. První pokusy ukázaly, že k vyvození dostatečného tlaku je vždy nutné uzavřít do vakua silnější blok papírů, aby vyčerpaný objem byl co největší, protože jinak je výsledný podtlak nízký. Pokud se dále popsané experimenty prováděly jen s několika listy bylo odkyselování neúspěšné. Dalším důvodem neúspěchu byla též propustnost folie použité k vakuovému zabalení pro vodní páru, takže po čase se z papíru přidaná vlhkost prakticky ztratila, pokud bylo zabaleno jen několik listů papíru. Otázkami vhodných folií pro

dlouhodobé vakuové balení se zabývá jiná část tohoto výzkumného záměru a vybrané folie budou použity i při odkyselování.

Je zřejmé, že stlačením materiálu zmenšíme volný prostor v jeho struktuře a tím v něm ovlivníme rychlosti transportu vody a vodní páry. Abychom získali praktické poznatky o pohybu vody a v ní rozpuštěných iontů v bloku papíru uzavřeném v evakuovaném obalu, bylo navrženo několik experimentů.

- Difúze vodní páry v papírovém bloku
- Migrace vody v papírovém bloku
- Difúze alkálií v papírovém bloku

Difúze vodní páry v papírovém bloku

Protože při zkoumání difúze vodní páry zatím není vyřešen způsob dokonalého oddělení kapalné vody ze zdroje vody od zkoumaného papírového bloku, byl experiment proveden při teplotě pod bodem mrazu, kdy voda existuje jen v pevné a plynné fázi.

Pokus je uspořádán následovně:

Blok papíru po namočení 24 hodin ve vodě (zdroj vody) je zmrazen a poté obložen vrstvou vzduchosuchého novinového papíru. Vrstva novinového papíru je rozdělena na pět stejných podvrstev očíslovaných 1 až 5 ve směru od mokrého (zmrazeného) bloku. Podvrstvy jsou zváženy a jejich hmotnost je v průběhu experimentu kontrolována. Celý soubor je vakuově zabalen do PE folie a uložen do mrazícího boxu (-18°C). V týdenních intervalech je balík otevřen a jednotlivé podvrstvy zváženy. Souběžně s tímto pokusem je proveden další, který se liší od předchozího tím, že papír podvrstev je perforován, aby vodní páry mohly volně projít skrz soubor podvrstev a jednotlivé podvrstvy byly pro vodní páry přístupny současně a zároveň větší část difúze bude probíhat v rovině papírového listu namísto kolmo na list. Výsledky obou pokusů jsou v [tabulce 1](#). Z uvedených dat je zřejmé, že perforace výrazně urychlí absorpci vodní páry do vrstvy papíru. Pokud odhadneme že nárůst hmotnosti při nasycení je 107,4%, pak procento nasycení jednotlivých vrstev je znázorněno na [obr. 1](#).

Tabulka 1

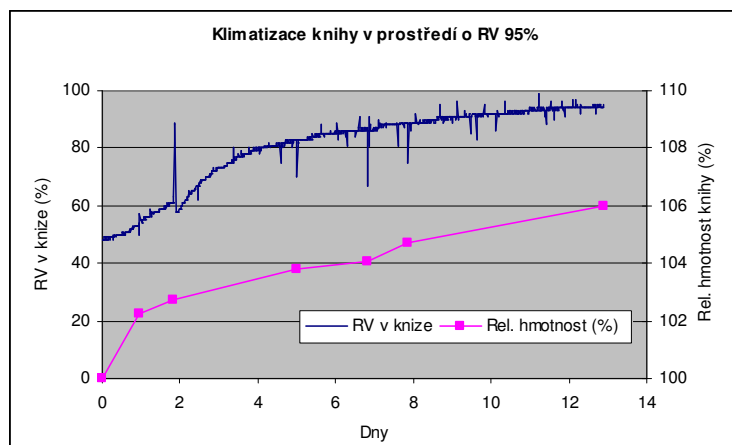
Čas (dny)	Nárůst hmotnosti absorpcí vodní páry (%)							
	5,5		14		21		27	
Podvrstva	Neděrovaná	Děrovaná	Neděrovaná	Děrovaná	Neděrovaná	Děrovaná	Neděrovaná	Děrovaná
1	104,3	105,8	105,2	106,5	105,6	106,8	105,8	107,1
2	101,8	104,2	102,9	105,2	103,4	105,9	103,8	106,3
3	101,0	103,5	102,0	104,7	102,5	105,8	102,9	106,3
4	100,7	102,9	101,6	104,2	102,1	105,7	102,4	106,3
5	100,4	102,3	101,4	103,7	101,8	105,5	102,0	106,3

Poznámka: Hmotnost vzduchosuchého papíru = 100%

To je důležité zejména při aplikaci vakuového balení na sušení dokumentů. Nám to v této fázi výzkumu ukazuje, s jakými časovými hodnotami musíme počítat, než dojde k nasycení zvlhčovaného bloku.

Tento proces bude možné urychlit zvýšením teploty. To bude předmětem dalšího výzkumu, až bude vyřešena separace dokumentu od kapalné vody, kterou je nutné na počátku do systému přidat k dosažení potřebné vlhkosti dokumentu.

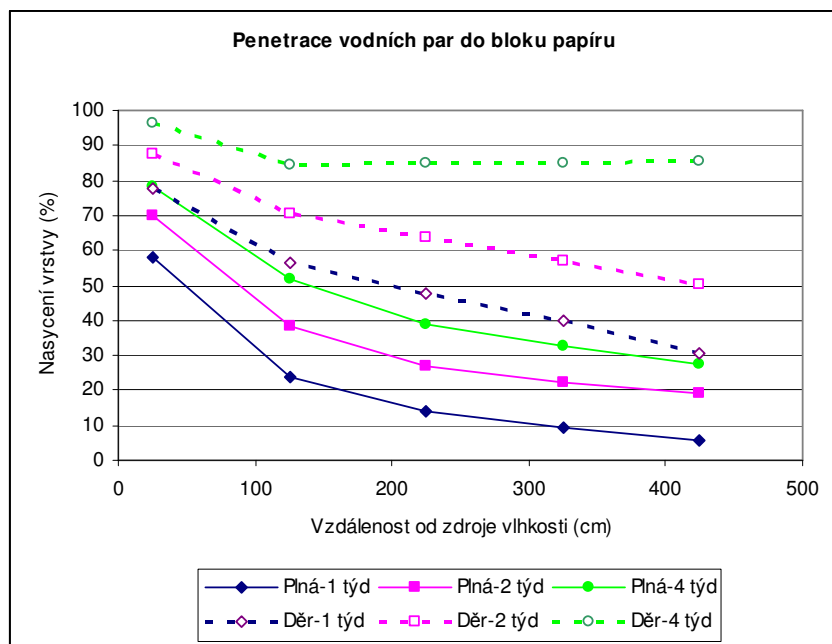
Teoreticky je sice možné odkyselované materiály před vakuovým zabalením klimatizovat při vysoké relativní vlhkosti (minimálně 95%), ale to je myslitelné jen u jednotlivých listů nebo u velmi tenkého bloku. V opačném případě jsou doby potřebné k dosažení rovnováhy vlhkosti vně a uvnitř knihy velmi dlouhé, jak dokumentuje následující pokus.



Obr. 2

Knihy použité k pokusu má vnější rozměry 20 x 14 x 6 cm a rovnovážná RV uvnitř knihy byla 48%. Kniha byla umístěna do klimatizačního boxu s nastavenými podmínkami 27°C a RV 95%. Časový průběh relativní vlhkosti uvnitř knihy a relativní hmotnosti knihy vztahované na vstupní hmotnost je na obr. 2. Z něho je patrné, že zřejmě ani po 13 dnech není dosaženo rovnováhy pokud jde o obsah vody v knize. Tak dlouhá doba není při vysokých RV akceptovatelná vzhledem k existujícímu nebezpečí bujení plísní. Tento proces ale může bez nebezpečí růstu plísní probíhat při vakuovém zabalení. Je zřejmé, že čím vyšší bude vlhkost v papíru, tím příznivější bude prostředí pro migraci iontů a neutralizační reakce.

pečí růstu plísní probíhat při vakuovém zabalení. Je zřejmé, že čím vyšší bude vlhkost v papíru, tím příznivější bude prostředí pro migraci iontů a neutralizační reakce.



Obr. 1

Migrace vody v papírovém bloku

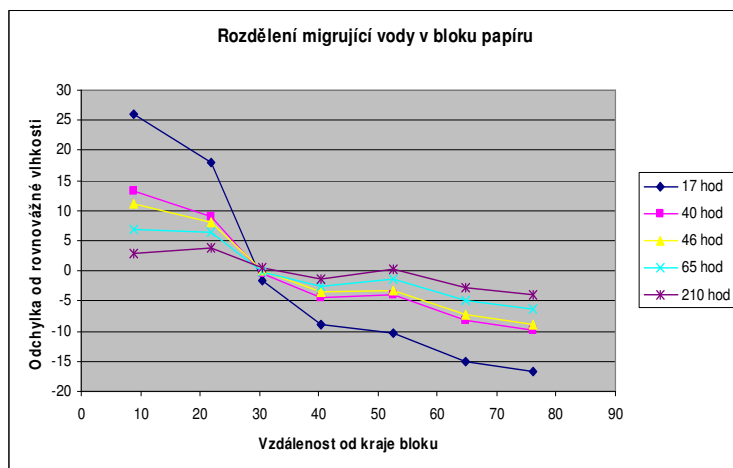
Pokus je zaměřen na zjištění rychlosti průniku kapalné vody do vrstvy papíru, který je původně suchý. Jako zdroj kapalné vody je blok namočeného papíru obsahující známé množství vody. Předpokládáme, že za dostatečně dlouhou dobu po vakuovém zabalení dosáhneme rovnováhy a v jednotlivých částech souboru bude procentický obsah vody stejný a bude dán vztahem

$$V_r = M_v/M_p \cdot 100$$

kde M_v je hmotnost vložené vody, M_p je hmotnost odpovídající veškerému vzduchosuchému papíru (včetně papíru, který byl použit na vnesení vody).

V daných časových intervalech po zabalení soubor rozbaliíme a zjistíme hmotnost jednotlivých podvrstev původně suchého papíru a vypočítáme odchylku D_i od rovnovážné hodnoty V_r

$$D_i = M_i/M_{0i} \cdot 100 - V_r$$



Obr. 3

První podvrstva je mokrá papír. Na obr. 3 je znázorněn průběh odchylek D_i v závislosti na vzdálenosti středu podvrstvy od mokrého okraje. Jednotlivé čáry na obrázku odpovídají době vakuového zabalení. Z jejich průběhu je patrné, že ustavení rovnováhy trvá více než týden. Tato doba bude samozřejmě závislá i na druhu papíru.

Difúze alkálií v papírovém bloku

Pokud se vytvoří transportní most mezi jednotlivými listy

papírového bloku a alkalickým listem, dojde v důsledku koncentračního gradientu k migraci iontů ve směru nižší koncentrace. Za dostatečně dlouhou dobu dojde k vyrovnání koncentrací všech iontů v bloku. To se týká nejen alkálií ale i kyselin. U polymerních materiálů ovšem musíme počítat s tím, že kyselé skupiny, které vznikají při jejich degradaci jsou často vázány na polymerní řetězec a proto nemohou volně migrovat a lze je neutralizovat pouze dodáním alkalických iontů přímo k nim.

Vizuálně je možno sledovat postup neutralizace tak, že jednotlivé listy odkyselo vaného papíru jsou v bloku vzájemně posunuty asi o 3 mm jednom směru. Tento bloček je podložen alkalickým papírem tak, aby se kryl s nejspodnějším nejvíce vyčnívajícím listem. Pod alkalickým listem může být umístěna separační vrstva, která brání průniku kapalné vody, a pod ní je zdroj vody. Sestava je schematicky znázorněna na obr. 4. Přes vyčnívající okraje odkyselo vaného papíru je štětcem udělána čára roztokem vhodného acidobázického indikátoru. Celý soubor je vakuově zabalen a poté sledujeme změnu zbarvení indikátoru v čase – nárůst alkality ve hmotě odkyselo vaného papíru.

Na obr. 5 a 6 je zobrazen typický vzhled vzorků při různém uspořádání pokusu. V tomto případě je zdrojem alkality papír plněný $\text{Ca}(\text{OH})_2$, použitý indikátor methylová červeň, která v kyselé oblasti je červená a v alkalické žlutá. Na obr. 5 difundovala přes zdroj alkality do odkyselo vaných papírů kapalná voda, na obr. 6 vodní pára. Rychlost difúze alkality je charakterizována časem potřebným ke změně zbarvení indikátoru dané vrstvy papíru. Na tomto místě je důležité poznamenat, že k odkyselení dochází pouze nad půdorysem alkalického papíru a difúze mimo tuto zónu je ve sledovaných časových dimenzích nepostřehnutelná.

Přehled různých variant experimentů je shrnut v tabulce 2.

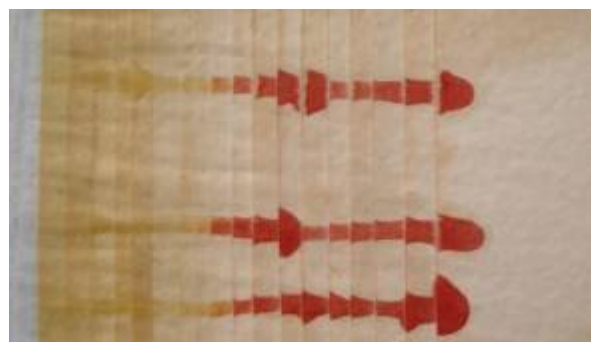
Tabulka 2: Přehled variant experimentů

Pokus	Zdroj vlhkosti	Bariéra	Zdroj alkality	Počet listů	Alkalická rezerva
1	Filtrační papír	není	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	4 + 2	měřena
2	Filtrační papír	není	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	40	měřena
3					Bilance
4	Vzorky	--	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	13 + 13	měřena
5a	Vzorky	--	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	18	Indikátor
5b	Noviny	4x netex	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	18	Indikátor
6	Noviny	Děrovaná deska	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	8	Indikátor
7	Noviny	Děrovaná deska	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	8	Indikátor
8	Noviny	Dlaždice+netex	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	8	Indikátor
9	Noviny	Děrovaná deska	CaCO_3	8	Indikátor
10	Noviny + Fixies	Poloprop.folie	CaCO_3 i $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Kniha	Indikátor
11	Fixies	Poloprop.folie	CaCO_3 i $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Kniha	Indikátor
13	Fixies	Poloprop.folie	CaCO_3 i $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Kniha	Indikátor



- Legenda:
- Odkyselovaný papír
 - Zdroj alkality
 - Bariéra pro kapalnou vodu
 - Zdroj vlhkosti

Obr. 4: Schéma kladu listů při odkyselování



Obr. 5



Obr. 6

Výsledky pokusů

V následujícím textu jsou uvedeny výsledky experimentů shrnutých v tabulce 1.

Pokus 1:

Složení: listy 33, 35, 37, 39 + list s Ca(OH)_2 + filtr. papír s 3g vody + listy 43, 45

Papír použitý k „odkyselení“ má určitou alkalickou rezervu. Tím zjistíme jak se pohybují alkalické ionty v systému, aniž by se spotřebovávali na neutralizaci kyselosti. Soubor je vakuově zabalen a po třech dnech změřena alkalická rezerva jednotlivých listů. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2. Vlhkost papíru vztažená na vzduchosuchý papír je u všech listů prakticky stejná v rozmezí 34 až 37%.

Tabulka 2

List	Hmotnost (g)	Alkalická rezerva	
		(mol/kg)	% CaCO_3
33	0,84	0,422	2,11
35	0,78	0,493	2,46
37	0,90	0,519	2,59
39	0,91	0,548	2,74
43	0,86	0,510	2,55
45	0,79	0,455	2,28
41 (srovnávací)	0,85	0,192	0,96

Z výsledků vidíme, že alkalická rezerva se zvýšila 2 až 2,5 krát v závislosti na vzdálenosti od zdroje alkality. Důležité je, ionty Ca a OH nakonec putují i „proti proudu“ vody z filtračního papíru (listy 43 a 45) a výsledek není prakticky ovlivněn pozicí odkyselovaného papíru.

Pokus 2

Složení: 4 listy filtr. papíru nasycené 16g vody, 1 list s Ca(OH)_2 , 40 listů dřevitého papíru

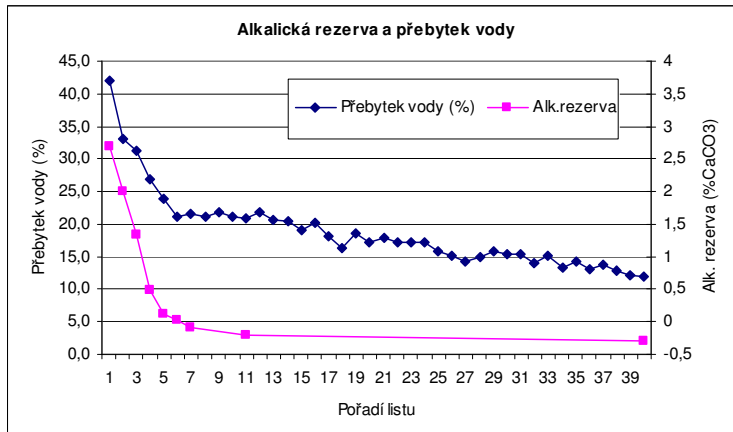
Dřevitý papír je kyselý, jeho alkalická rezerva je záporná -0,284 % CaCO_3 . Obsah vody vztažený na veškerý vzduchosuchý papír je 29,4%. Soubor je vakuově zabalen na 20 hodin a poté je stanoven obsah vody v jednotlivých listech, v prvních sedmi a v posledním 40. listu je stanovena alkalická rezerva. Na obr. 7 vidíme vztah mezi obsahem vody a alkalickou rezervou jednotlivých listů. V relativně krátkém čase 20 hodin je dodaná alkalická rezerva řízena obsahem vody v listu, která difunduje z mokrého filtračního papíru.

Pokus 3

Bilance alkality při koupání odkyselovaného papíru v roztoku nasyceném Ca(OH)_2 .

Ve 100 ml vody je po dobu 15 minut za občasného promíchání loužen papír používaný k odkyselování. Z tohoto roztoku je odebráno 10 ml na stanovení alkalické rezervy. Poté je ve zbylém roztoku smočeno po dobu 5 minut známé množství kyselého dřevitého papíru. Papír

po vyjmutí je zvážen a stanoveno množství nasáklého roztoku a tomu odpovídající alkalická rezerva. Zároveň byla v papíru stanovena skutečná alkalická rezerva. Výsledky jsou v [tabulce 3](#). Vidíme, že dochází k intenzivní sorpci alkálií na vláknech papíru, protože skutečná alkalická rezerva je sedmkrát vyšší než odpovídá absorbovanému roztoku. Celková alkalita dodaná do vzorku včetně neutralizace kyselin odpovídá 0,988 %CaCO₃.



Obr. 7

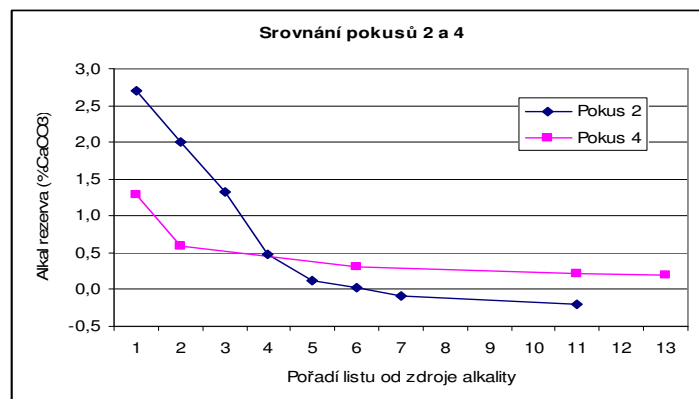
Tabulka 3

Alkalická rezerva odpovídající nasáklému roztoku (%CaCO ₃)	0,100
Skutečná alkalická rezerva (%CaCO ₃)	0,704
Výchozí alkalická rezerva (%CaCO ₃)	-0,284

Pokus 4

Složení: 13 listů dřevitý papír, list s Ca(OH)₂, 13 listů dřevitý papír

V tomto případě na rozdíl od pokusu 2 jsou listy před složením jednotlivě namočený. Přírůstek vody je 88%. Soubor je vakuově zabalen a ponechán zabalený 20 hodin. Alkalická rezerva některých listů souboru v závislosti na vzdálenosti od zdroje alkality je na [obr. 8](#), kde pro porovnání jsou uvedeny výsledky z pokusu 2. Vidíme, že alkalita na rozdíl od pokusu 2 dosahuje hlouběji do bloku ale v prvních listech je nižší (nehromadí se, rychleji postupuje dále do bloku).



Obr. 8

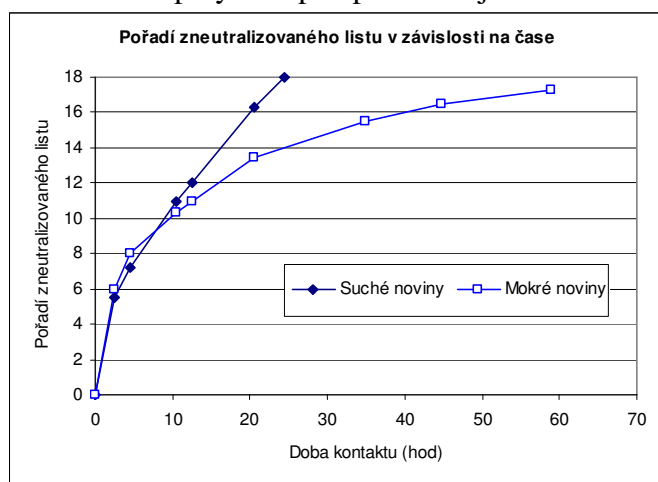
Pokus 5

Složení:

Varianta A: 18 listů navlhčeného dřevitého papíru, navlhčený list s $\text{Ca}(\text{OH})_2$, PE folie, blok suchých novin

Varianta B: 18 listů suchého dřevitého papíru, suchý list s $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 4 vrstvy „netexu“, navlhčený blok novin

Listy dřevitého papíru jsou vzájemně posunuty a označeny indikátorem ke sledování postupující neutralizace, jak je popsáno výše (obr.4 a 5). Porovnání variant A a B mělo ukázat rozdíl v postupu neutralizace v navlhčeném papíru a v papíru, do kterého je vlhkost vnesena pouze účinkem vysoké relativní vlhkosti prostředí. Na **obr. 9** vidíme, že v druhém případě se významně snižuje rychlost postupu alkality do neutralizovaného bloku. Protože oddělení kapalné vody ze zdroje vlhkosti netexem není dokonalé, dostala se i do prvních listů zčásti i kapalná voda a urychlila do nich transport alkality. V dalších pokusech budeme tento problém řešit. Pokud uvedené pořadí není celé číslo, znamená to, že přechod indikátoru do alkalické oblasti není úplný a stupeň přechodu je vizuálně odhadnut.



Obr. 9

Pokus 6

Složení:

8 listů suchého dřevitého papíru, suchý list s $\text{Ca}(\text{OH})_2$, děrovaná dutinková deska, navlhčené noviny

Děrovaná deska dokonaleji oddělila kapalnou vodu od odkyselovaného papíru. Postupující neutralizace je sledována pomocí indikátoru stejně jako v pokusu 5 (**obr. 10**). Je pochopitelné, že v tomto případě, kdy zvlhčení odkyselovaného bloku se děje pouze difúzí vodní páry, je postup neutralizace daleko pomalejší, protože řídicím procesem je právě tato difúze.

Pokus 7

Složení:

8 listů suchého dřevitého papíru, suchý list s $\text{Ca}(\text{OH})_2$, děrovaná dutinková deska, navlhčené noviny

Jde o opakování pokusu 6 s tím, že noviny byly méně navlhčeny a vylišovány, aby z nich po stlačení ve vakuu nevytekla přebytečná voda a nevnikla do odkyselovaného papíru. Postupující neutralizace je sledována pomocí indikátoru stejně jako v pokusu 5 (**obr. 10**). Průběh odkyselení se prakticky neliší od pokusu 6.

Pokus 8

Složení:

8 listů suchého dřevitého papíru, suchý list s $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 2 vrstvy netexu, nepolévaná keramická dlaždice, 2 vrstvy netexu, navlhčené noviny

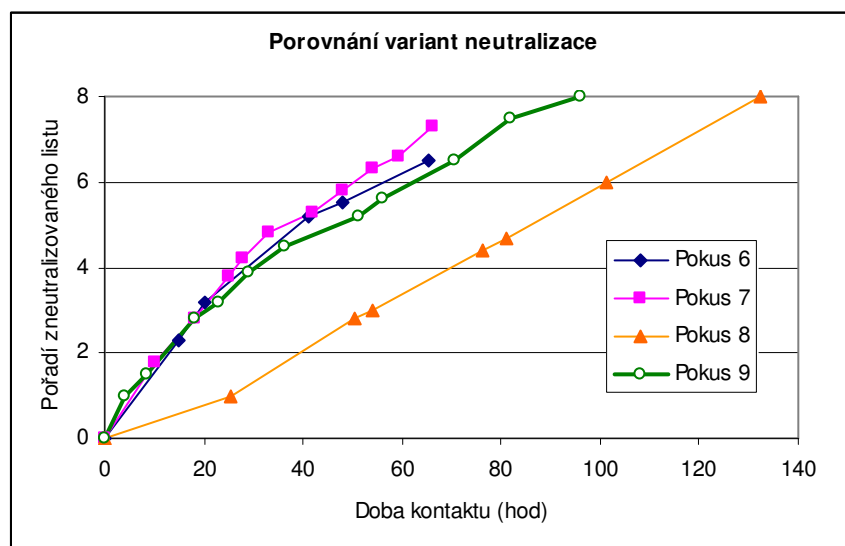
Jde o období pokusu 6 s jiným separačním materiálem kapalné vody. Postupující neutralizace je sledována pomocí indikátoru stejně jako v pokusu 5 (obr. 10). Vidíme, že neutralizace je na počátku zbrzděna o dobu, která je potřebná k nasycení vnitřního povrchu keramické desky vodními parami a teprve potom postupuje vlhkost do bloku a papíru a umožní migraci alkalií. Jak je patrné z obrázku je tato rychlost srovnatelná s rychlostí při použití děrované desky.

Pokus 9

Složení:

8 listů suchého dřevitého papíru, suchý list s CaCO_3 , děrovaná dutinková deska, navlhčené noviny

Období pokusu 7 s tím, že k neutralizaci je použit papír plněný CaCO_3 . Výsledky jsou porovnány na obr. 10. Zde vidíme, že postup neutralizace v bloku je prakticky stejný jako při aplikaci $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ovšem konečná hodnota pH je nižší.



Obr. 10

Pokus 10

Pokus 11

Složení:

Kniha „Dějiny slovenských knižnic“ natištěná na střednějemném papíru, kysele klíženém. Do středu tiskového archu (mezi stránky 184 a 185) jsou vloženy dva různé odkyselovací papíry. Papír s $\text{Ca}(\text{OH})_2$ do horní poloviny a papír CaCO_3 do dolní poloviny. Mezi odkyselovacími papíry je ponechána mezera asi 15 mm. Všechny listy tiskového archu jsou označeny třemi acidobázickými indikátory: Methylovou červení (MČ) (pH barevného přechodu 4,4 – 6,2),

bromkrezolovou zelení (BKZ) (pH barevného přechodu 3,8 – 5,4) a bromfenolovou modří (BFM) (pH barevného přechodu 3,0 – 4,6).

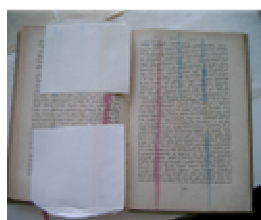
Kniha je vakuově zabalena na 5 dní s vlhkými novinami. Původní hmotnost knihy 321 g se zvýší na 108,9%. Poté je kniha zabalena do „fixies“, které obsahují 61 g vody a celý soubor je vakuově zabalen

„Fixies“ je obchodní název hygienické podložky, která na vnitřní straně obsahuje sorpční vrstvu – směs celulózových vláken a superabsorbentu a vnější stranu tvoří polopropustná folie, která je propustná pro vodní páru, ale nikoliv pro kapalnou vodu. Do této podložky je vneseno známé množství vody, podložka je přiložena na knihu tou stranou, na které je polopropustná folie a celý soubor je vakuově zabalen.

Na **obrázcích 11 až 14** je výsledek odkyselení jednotlivých stránek tiskového archu po 26 dnech zabalení a na **obr. 15 až 18** je zobrazen výsledek odkyselení stejných stránek po dalších 56 dnech. Pochopitelně horní polovina stránek, kde působí list plněný $\text{Ca}(\text{OH})_2$ je odkyselená dříve než spodní polovina odkyselovaná listem s CaCO_3 .

Jak je patrné z obrázků odkyselení v neprobíhá rovnoměrně a v rovině listu jsou patrná místa, která se odkyselují dříve. Tato místa jsou zejména na okraji stránky. To lze vysvětlit vyšším obsahem vody po obvodu listu, z toho vyplývající větší tloušťkou knižního bloku. To způsobí, že v těchto místech je i větší stlačení, které podporuje migraci iontů.

Odkyselení v době, která odpovídá **obr. 15 až 18** je možné v okraji listů sledovat až ve 20. listu od odkyselovacího papíru.



Obr. 11



Obr. 12



Obr. 13



Obr. 14



Obr. 15



Obr. 16



Obr. 17



Obr. 18

Zhodnocení a směr dalšího výzkumu

Z dosud provedených experimentů je zřejmé, že nezbytnou podmínkou pro rozumně rychlé odkyselení je dostatečný obsah vlhkosti v odkyselovaném materiálu a dále tlak, který zajistí dobrý kontakt mezi listy odkyselovacího papíru a odkyselovaným materiálem. Tento čas se pohybuje v hodinách u papírů namočených ve vodě, až týdnů v případě papírů, které absorbují vodu z prostředí se 100% relativní vlhkostí. Alkalická rezerva dosáhla u namočených papírů, až 2% a u papírů, které získaly vlhkost sorpcí, byla kolem 1% a méně, což je způsobeno též relativně krátkou dobou kontaktu (vzorky, ve kterých se alkalická rezerva stanovovala). Na tomto místě podotkněme, že v původním záměru vývoje této metody je především odkyselení a možnost získání alkalické rezervy je příjemné překvapení. Tuto možnost nelze přeceňovat, i když předběžné pokusy vypadají slibně, protože dosažená alkalická rezerva bude dána především sorpční schopností odkyselovaného materiálu. Tyto informace nám ovšem chybí.

V následujícím období je nutné vyřešit vhodný způsob dodání vlhkosti do odkyselovaného papíru s využitím polopropustných separačních folií a sledovat vliv modifikace tlaku a změny teploty na kvalitu odkyselení. Ve vzdálenějším horizontu bude možné modifikovat vnitřní prostředí tak, aby se urychlila difúze iontů změnou složení zbytkové atmosféry v obalu. Vzhledem k tomu, že výzkum je teprve na počátku, v průběhu řešení se jistě objeví další možnosti jak odkyselení zdokonalit a přiblížit praktickému použití.

Literatura

1. Page D. H., Scallan A. M., Middleton S. R., Zou X. "Method for the Deacidification of Papers and Books", U.S. Patent 5,433,827, July 18, 1995.
2. Annon. *Paprican's Dry Deacidification Metod*, Abbey Newsletter, Dec. 1995, 19(6-7) (článek převzatý z Alkaline Paper Advocate Oct. 1995)
3. Middleton S. R., Page D. H., Scallan A. M., Zou X. Tappi Jornal 1966, 79(11), 187-95.
4. Hadgraft N., Welch S. *Vacuum Packing and its implications for Conservation and Preservation of Library, Archive and Related Materiále*, Paper Conservation News., Number 89, March 1999. <http://www.conservation-by-design.co.uk/flood.html#>
5. John Havermans. Encapsulation and Ageing of Paper, Proceedings of the International Conference Durability of Paper and Writing, November 16–19, 2004, Ljubljana, Slovenia.
6. Porck H.J. and Teygeler R. Preservation Science Survey. *An Overview of Recent Developments in Research on the Conservation of Selected Analog Library and Archival Materiále*. Council on Library and Information Resources. December 2000. Published in cooperation with the European Commission on Preservation and Access.
7. Shahani, C. J., et al. 2000. Accelerated Aging of Paper. I. Chemical Analysis of Degradation Products. II. Application of Arrhenius Relationship. III. Proposal for a New Accelerated Aging Test. Draft report provided to the Institute for Standards Research of ASTM. Washington, D.C.: Preservation Directorate, Library of Congress.