

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta textilní

Katedra chemie a zušlechťování

ANALÝZA A MODELOVÁNÍ KINETIKY

PŘENOSOVÉHO TISKU PLOŠNÝCH TEXTILIÍ

Kandidátská disertační práce

Vědní obor: 39-13-9

Aspirant: Ing.Miroslav Prášil

Školitel: Doc.Ing.Jaroslav Odvárka, CSc.

Liberec, červen 1984

Obsah

	str.
Předmluva	7
Seznam použitých zkratk a symbolů	8
Část I. <u>Přehled o současném stavu problematiky, která je předmětem disertace</u>	10
1 Úvod	10
2 Teorie přenosového tisku	14
2.1 Sublimace a rovnováha mezi tuhou a plynnou fází	14
2.2 Mechanismus a kinetika přenosového tisku	18
2.2.1 Základní modelová představa o přenosovém tisku	18
2.2.2 Fáze přenosového tisku	21
3 Přenosový papír a způsoby jeho potiskování	26
4 Barviva pro přenosový tisk	29
5 Barvitelnost textilií přenosovým tiskem	32
5.1 Barvitelnost polyesterových vláken přenosovým tiskem	32
5.1.1 Vztah mezi strukturou polyesterových vláken a jejich barvitelností	32
5.1.2 Podmínky úspěšného přenosu disperzních barviv na polyesterová vlákna	36
5.1.3 Současný stav barvitelnosti polyesterových vláken přenosovým tiskem	39
5.2 Barvitelnost celulosových vláken přenosovým tiskem	40
5.3 Barvitelnost ostatních vláken přenosovým tiskem	43
5.3.1 Polyamidová vlákna	43
5.3.2 Polyakrylonitrilová vlákna	43
5.3.3 Vlněná vlákna	44
Část II. <u>Cíl disertace</u>	46
Část III. <u>Zvolené metody zpracování</u>	47
6 Experimentální část	47
6.1 Použitý materiál	47
6.1.1 Textilní materiál	47
6.1.2 Barvivo	48
6.1.3 Tiskací pasta	49
6.1.4 Přenosový papír	50

	str.
6.2 Předúprava textilií pro potiskování	50
6.2.1 Předúprava PES pleteniny 1	50
6.2.2 Předúprava PES pleteniny 2	50
6.2.3 Předúprava PES/ba pleteniny a ba pleteniny	51
6.3 Podmínky přenosového tisku	51
6.4 Analytická část	52
6.4.1 Stanovení koncentrace barviva na papíře a ve vlákne	52
6.4.2 Měření remise a objektivní hodnocení barevných diferencí	52
6.4.3 Zkoušky stálosti vybarvení a mechanicko-fyzikálních vlastností	54
6.4.4 Mikroskopické pozorování	55
6.5 Přenosový tisk polyesterové pleteniny	55
6.6 Přenosový tisk směsové pleteniny PES/ba 50/50	62
7 Vyhodnocení experimentálních výsledků	72
7.1 Vyhodnocení kinetické studie přenosového tisku PES pleteniny 1	72
7.1.1 Vyhodnocení úbytku disperzního barviva z papíru v závislosti na době přenosu	77
7.1.1.1 Rovnovážná koncentrace disperzního barviva na papíře ($C_{p\infty}$)	77
7.1.1.2 Matematický model závislosti C_{pt} na době přenosu	78
7.1.1.3 Zpřesnění matematického modelu	80
7.1.1.4 Procento přenosu barviva z papíru	83
7.1.1.5 Aktivační energie sublimace disperzního barviva z přenosového papíru	84
7.1.2 Popis časové závislosti sorpce disperzního barviva polyesterovou pleteninou	87
7.1.2.1 Průměrná koncentrace barviva na vlákne v rovnováze (C_{∞})	87
7.1.2.2 Matematický model závislosti C_t na době přenosu	87
7.1.2.3 Zpřesnění matematického modelu	89
7.1.3 Vyhodnocení závislosti kinetiky přenosového tisku na počáteční koncentraci barviva na papíře	92
7.1.3.1 Rovnovážná koncentrace disperzního barviva ve vlákne	92
7.1.3.2 Matematický model závislosti C_t na době přenosu	95
7.1.3.3 Okamžitá rychlost přenosu	98

	str.
7.1.4 Hodnocení časové závislosti funkce Kubelky a Munka a barevných diferencí	99
7.1.5 Vyhodnocení mikroskopického pozorování penetrace barviva	102
7.2 Vyhodnocení studie přenosového tisku směsové pleteniny PES/ba 50/50	102
7.2.1 Popis časové závislosti sorpce disperzního barviva směsovou pleteninou PES/ba 50/50	103
7.2.1.1 Rovnovážná koncentrace disperzního barviva na papíře	107
7.2.1.2 Aktivační energie přenosového tisku PES/ba pleteniny	107
7.2.1.3 Určení závislosti konstant rovnice 7.2 na teplotě a koncentraci Sokratu 4924	109
7.2.2 Hodnocení časové závislosti funkce Kubelky a Munka a barevných diferencí	109
7.2.3 Hodnocení stálosti vybarvení a změn mechanicko-fyzikálních vlastností	113
7.2.4 Vyhodnocení mikroskopického pozorování	115
Část IV. <u>Výsledky disertace s uvedením nových poznatků</u>	116
8 Diskuse	116
8.1 Výsledky kinetické studie přenosového tisku polyesterové pleteniny	116
8.2 Výsledky studie přenosového tisku směsové pleteniny PES/ba 50/50	119
9 Závěr	123
Literatura	125

P ř e d m l u v a

Vědeckotechnický rozvoj ve všech oblastech materiální výroby se v současné etapě stává klíčovým úkolem pro zvládnutí stále náročnějších podmínek dalšího budování vyspělé socialistické společnosti. XVI.sjezd KSČ a 8.zasedání ÚV KSČ znovu důrazně poukázaly na skutečnost, že ke splnění úkolů hospodářského rozvoje v osmdesátých a devadesátých letech je nutné mnohem rozhodněji využívat vědu a technický pokrok jako základní činitele intenzifikace a trvalého růstu produktivity práce.

Úloha dále rozvíjet poznání, převádět je do řešení výzkumných úkolů a realizovat ve výrobě nejen trvá, ale nabývá dále na významu. Proto se snaží i předkládaná práce svým podílem přispět k dalšímu rozvoji poznání, a to právě v oblasti, kde s ohledem na velmi krátkou historii, stále není dostatek exaktních vědeckotechnických informací.

Na tomto místě si dovoluji poděkovat všem, kteří umožnili radami, přispěním a pochopením vznik této práce. Patří sem zejména Doc.Ing.Jaroslav Odvárka,CSc., který jako školitel odborně řídil základní směr práce. Zároveň děkuji pracovníkům n.p. Tosta Aš za to, že mi umožnili seznámit se s technologií výroby přenosového papíru.

Vedení katedry a svým spolupracovníkům děkuji za vytvoření podmínek pro tuto práci.

Seznam použitých symbolů a zkratk

DB	disperzní barvivo
t	doba přenosu [s]
t ₀	čas, v němž začíná desorpce DB z PES vlákna prodifundováním [s]
T	teplota přenosu [K]
T _c	- " - [°C]
p	poměr lázně
c _{po}	počáteční koncentrace barviva na papíře v čase t = 0 [g.m ⁻²]
c _{pt}	průměrná koncentrace barviva na papíře v čase t [g.m ⁻²]
c _{p∞}	dtto v rovnováze
c _t	průměrná koncentrace barviva ve vláknech v čase t [g.m ⁻²]
c _∞	dtto v rovnováze
Δc _t	koncentrační odchylka v čase t [g.m ⁻²]
n	konstanta, exponent času "delay in time"
K	rychlostní konstanta [s ⁻ⁿ]
K _{kor}	rychlostní konstanta korigovaná na "delay in time" [s ⁻¹]
% R	remise [%]
R	remisní stupeň
R _{líc}	remisní stupeň lící (potištěné) strany textilie
R _{rub}	remisní stupeň rubové strany textilie
$\frac{K}{S}$	poměr koeficientu absorpce světla a koeficientu rozptylu světla ve vztahu Kubelky a Munka
ΔE*	celková barevná diference systému CIE 1976 L*a*b*
ΔL*	odchylka v jasu
Δa*, Δb*	odchylky v barevném tónu
ΔC*	odchylka v měrné čistotě
RV	relativní vybarvitelnost
% W	procento využití barviva [%]
c _s	koncentrace Sokratu 4924 v klocovací lázni [g.l ⁻¹]
E _a	aktivační energie [kJ.mol ⁻¹]
% P	procento přenosu [%]
χ	průměrná relativní chyba [%]

- RK reziduální koncentrace v procentech původní koncentrace [%]
 Q kvantitativnost přenosu DB na PES vlákno [%]
 v_t okamžitá rychlost přenosu v čase t [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]
 α směrnice přímky proložené metodou nejmenších čtverců
 q úsek - " -

Tento způsob tisku spočívá v zvláštně na přenosu DB navrhované papírové nebo jiné nosiči na textilii. Postup výroby je následující:

- nejprve se potiskne speciální barvy pomocí speciálního zařízení;
- poté se potisknutý materiál přivede do styku s textilií, která se má potisknout, a to za vyšší teploty a tlaku.

Principem tohoto způsobu je intenzivní sublimací proces, kdy se barva přenesla z textilii a použije se jako pigment.

Princip potiskování textilii novou technickou pomocí sublimací barvy je znám již mnoho let. První patent je uveden ve dvou britských patentech (7,8) z roku 1909 a 1931, ale zaveden do praxe nakonec až francouzská firma Filatex (Provincy-Montrouge) v roce 1960 tato firma používá potisk (10), který se stal základem pro současnou výrobu potisků.

V průběhu krátkého vývoje zahrnuje nyní pod pojem potiskování textilii jak potisk pomocí speciálních speciálních barv v závislosti na materiálu a obecně tiskací panty (11,12). Nejzákladnější postupy uvádí tato tabulka:

Průběh tisku - podle typu - sublimací - klasický	
- vlnový	
- proudový	
- termoplastický (např. Thermacron)	
- vlnový postup (např. Pantex)	

První vlnový průběh tisku (13) se provádí vlnou z sublimací pigmentu, který je potisknut na papír a poté se přenesl na textilii. Průběh se však nekončí sublimací, protože

1 Ú v o d

Přenosový tisk, jako nová technika vzorování textilií, dosáhl v posledních letech velkého průmyslového rozvoje (1-6). Tento způsob tisku spočívá v podstatě na přesublimování barviv z papírového nebo jiného nosiče na textilii. Postup vzorování je následující:

- nejdříve se potiskne speciálními barvivami pomocný nosič (papír);
- papír se potištěnou stranou přivede do styku s textilií, která se má potisknout, a to za zvýšené teploty a přítlaku.

Během termického působení probíhá intenzivní sublimační proces, kdy se barvivo přeneso na textilii a současně dojde k jeho fixaci.

Princip kolorování textilií metodou termického přenosu sublimujících barviv je znám již mnoho let. První zmínka je uvedena ve dvou britských patentech (7,8) z roku 1929 a 1931, ale zavedení do praxe uskutečnila až francouzská firma Filatures Prouvost-Masurel (9). V roce 1960 tato firma přihlásila patent (10), který se stal základem pro současnou generaci přenosového tisku.

V průběhu krátkého vývoje zahrnujeme nyní pod pojmem přenosový tisk již řadu postupů vzájemně se lišících způsobem fixace barviva v závislosti na materiálu a složení tiskací pasty (11,12). Nejdůležitější postupy uvádí toto schéma:

- Přenosový tisk - suchý postup - sublimační - klasický
- vakuový
 - proudem plynu
 - termoplastický (např. Thermacrome)
- mokrý postup (např. Fastran)

Při vakuovém přenosovém tisku (13) se využívá vakua k zajištění mimořádně těsného styku mezi potištěným papírem a textilií. Protože za vakua se snižuje teplota sublimace, umožňuje

tento postup snížení přenosové teploty a tím šetrnější potiskování textilií.

U přenosového tisku proudem plynu (14) působí horký proud plynu kolmo na potištěný přenosový papír, proniká tímto papírem a unáší s sebou páry barviva k textilii. Tímto postupem se dosáhne vysoké hloubky proniknutí barviva a je vhodný hlavně pro vlasové textilie.

Výhody vakuového tisku a tisku pomocí proudu plynu je možno shrnout takto:

- kratší doba kontaktu, resp. snížení teploty přenosu;
- dosažení lepšího omaku;
- hlubší pronik barviva do vlákna;
- použitelnost pro barviva hůře sublimovatelná.

Anglická firma Thermacrome vyvinula a do provozního měřítka propracovala systém přenosového tisku určený pro tisk na textilie z libovolného druhu vláken (11). Používají se zde pigmentová barviva, která se upevňují termoplastickým pojídkem přechodně na papír a v další operaci na potiskovanou textilii. Působením tepla až do teploty 180°C plastifikuje pryskyřičné pojídlo, které tak lze přenést z papíru na textilii. Tímto přenosem pojídla s pigmentovým barvivem na povrch textilie je tisk ukončen, není nutné praní po tisku. Dosažené stálosti tisku, zejména při mechanickém namáhání, stejně tak jako omak textilie, jsou obdobné jako u klasického pigmentového tisku.

Postup Fastran byl vyvinut pro potiskování vlny (15,16). Tento postup nabízí, na rozdíl od přenosového tisku za sucha, možnost přenášet barvivo z potištěného papíru na předem smočený textilní substrát za současného působení tepla a tlaku. Barvivo přitom migruje z papíru na textilii. Výhodou postupu je možnost použít té třídy barviv, která se vztahuje k potiskovanému substrátu. Tímto systémem lze potiskovat vlněné textilie reaktivními a kyselými barvivy, ale je nutné dostatečné praní po tisku.

Nejdůležitější a dnes také nejužívanější systém přenosového tisku je sublimační přenosový tisk. Disperzní barvivo nanesené na papír přechází za zvýšené teploty intenzívně do plynné fáze, kondenzuje přesně podle vzoru na chladnějším povrchu textilie přiléhající pod mírným tlakem k papíru a vniká pak při termickém působení hlouběji do textilie.¹ Význam tohoto systému,

nazývaného Sublistatic (17), předčí všechny předchozí systémy.

¹ S názorem, že v procesu přenosového tisku dochází ke kondenzaci na chladnějším povrchu textilie, nelze zcela souhlasit. Při teplotách, které se používají při přenosovém tisku (180 - 220°C), přitlaku (2 - 20 kPa) a době přenosu (30 - 60 s) dochází prakticky k prohrátí celé soustavy papír + textilie.

Hlavním důvodem rozhodujícího prosazení sublimačního přenosového tisku jsou tyto jeho výhody (11,18,19):

- jednoduchost a operativnost postupu, tj. možnost dosažení kvalitního tisku bez zdlouhavé technologie a bez náročného strojního vybavení;
- dokonalá fixace barviva na textilií, tj. vyloučení praní potisknutého materiálu a jeho opětového sušení;
- nižší nároky na výrobní prostory a stavební investice v porovnání s výrobní technologií filmového nebo strojního válcového tisku;
- snížení spotřeby provozní vody a snížení znečišťování odpadních vod;
- možnost potiskování tkanin, pletenin, netkaných textilií a různých plošných výrobků všech druhů.

Technologie přenosového tisku má také nevýhody. Je to v současné době především:

- použitelnost převážně pro syntetická vlákna, především polyesterová. Toto omezení vyplývá z podmínek použití disperzních barviv na syntetická vlákna. Podíl různých vlákenných materiálů, na které se v současné době aplikuje přenosový tisk, je uveden v tabulce 1.1;
- nemožnost znovu použít přenosový papír po tisku k výrobě nového přenosového papíru, protože část disperzních barviv při přenosovém tisku z papíru nevysublimuje;
- nutnost použití speciálních, pro přenosový tisk vyvinutých, disperzních barviv.

Dnes se přenosový tisk používá k potiskování přibližně 5 % celosvětové produkce potisknutých textilií (20). Do roku 1980 se množství textilií potisknutých přenosovým tiskem prudce zvyšovalo, v dalších letech se již nezvyšuje a udržuje se přibližně na stejné výši (5,21).

Tabulka 1.1 : Podíl vláknenných materiálů na přenosový a celkový textilní tisk (18,20)

Vlákno	Přenosový tisk [%]	Textilní tisk celkem [%]
polyester	79,0	22
směsi s polyesterem	18,5	9
polyamid	0,5	2
polyakrylonitril	0,4	2
bavlna, vlna	1,3	61
ostatní	0,3	4

Není pochyb o tom, že rychlý vývoj v oblasti syntetických vláken a v oblasti výroby barviv během posledních let umožnil, aby se přenosový tisk stal životaschopnou a praktickou průmyslovou záležitostí pro kolorování textilií. Značná část výroby přenosového papíru byla převedena z papírenského do textilního průmyslu. Tento fakt je především zdůvodňován většími zkušenostmi textilních tiskařů v oblasti módy, nižšími investicemi na stroje a zařízení v textilní technologii, kratšími časy pro výměnu vzoru atd. Rovněž v ČSSR je ve dvou textilních závodech potiskován přenosový papír a v n.p. VCHZ Pardubice se vyrábí dvě barviva pro přenosový tisk; s vývojem dalších barviv se pokračuje (22).

Sortiment výrobků potiskovaných přenosovým tiskem je dnes již značně rozsáhlý. Vedle běžných tkaných a pletených šatovek se stále více objevují jemné kvality zboží potiskované vzory s drobnými detaily. Velké pole působnosti si přenosový tisk zajistil v oblasti bytového textilu. Potiskují se dekorační tkaniny, záclonoviny, tapety i koberce.

Pesimistické předpovědi, které určovaly pouze krátkou módní záležitost přenosového tisku, se nesplnily. Technologie se dále intenzivně rozvíjí a prognózy předvídají postupný dlouhodobý růst výroby přenosového papíru (5,20,21).

2 Teorie přenosového tlaku

2.1 Sublimace a rovnováha mezi tuhou a plynnou fází

Čisté krystalické látky přecházejí při zahřívání do skupenství kapalného při přesně definované teplotě, která se nazývá bod tání. Tato teplota, jež zůstává během tání konstantní, je charakteristická pro každou krystalickou látku a závisí na tlaku. Změna bodu tání s tlakem $\frac{dT}{dP}$ je vyjádřena rovnicí

$$\frac{dT}{dP} = \frac{T (V_l - V_g)}{\Delta H_t}, \quad 2.1$$

kde V_l je objem kapalné fáze [m^3]
 V_g objem plynné fáze [m^3]
 ΔH_t teplo tání [J]

Některé krystalické látky mají poměrně značný tlak nasycených par, který dosahuje barometrického tlaku při teplotě nižší, než při které tyto látky tají. Nelze proto u nich zahříváním za standardního tlaku (101 325 Pa) dosáhnout bodu tání, neboť za tohoto tlaku přecházejí přímo do skupenství plynného. Tuto fázovou přeměnu nazýváme sublimací a teplota, při níž tlak nasycených par nad tuhou látkou dosáhne standardního tlaku, se nazývá sublimační bod (23,24).

Pro závislost tlaku nasycených par na teplotě nad tuhou látkou platí rovnice

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_s}{T (V_g - V_s)}, \quad 2.2$$

kde V_g je objem plynné fáze [m^3]
 V_s objem tuhé fáze [m^3]
 ΔH_s molární teplo sublimace [$J \cdot mol^{-1}$]

Molární objem plynné fáze je mnohem větší než molární objem fáze tuhé

$$V_g \gg V_s,$$

a proto je možno V_s zanedbat. Za nízkých tlaků se plynná fáze

řídí stavovou rovnici ideálního plynu, proto lze psát

$$V_g - V_s \doteq V_g = \frac{RT}{P} \quad 2.3$$

Dosazením rovnice 2.3 do rovnice 2.2 a jednoduchou úpravou dostáváme

$$\frac{d \ln P}{dT} = \frac{\Delta H_s}{RT^2} \quad 2.4$$

Rovnice 2.4 je diferenciálním tvarem tzv. Clausiusovy - Clapeyronovy rovnice, která je základem vztahů vyjadřujících závislost tlaku nasycených par na teplotě. Aby tuto rovnici bylo možné integrovat, je třeba vyjádřit ΔH_s jako funkci teploty. V nejjednodušším případě, za předpokladu, že sublimační teplo není na teplotě závislé, dostáváme po integraci tzv. Augustovu rovnici (24)

$$\log P = \frac{-\Delta H_s}{2,303 RT} + A, \quad 2.5$$

kde A je integrační konstanta, vyjadřující, že $\log P$ je lineární funkcí převrácené hodnoty absolutní teploty

Augustova rovnice je nejjednodušší rovnice pro vyjádření závislosti tlaku nasycené páry na teplotě a může se použít jen na hrubé vyjádření závislosti v úzkém intervalu teplot. K přesnějšímu vyjádření závislosti tlaku nasycené páry na teplotě lze v literatuře nalézt řadu semiempirických rovnic (25,26), v nichž autoři upravují pravou stranu vztahu 2.5. Nejlépe se osvědčila rovnice Antoineova (25), která má tvar

$$\log P = A - \frac{B}{T_c + C}, \quad 2.6$$

kde T_c značí teplotu ve stupních Celsia a

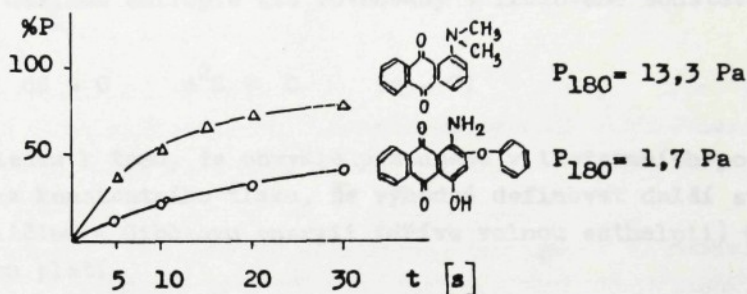
A, B, C jsou konstanty, které je nutno určit z přímých pokusných dat

Pro disperzní barvivo C.I.Disperse Red 60 udává McDowell

(27) tyto experimentální hodnoty závislosti tlaku nasycených par na teplotě:

teplota [°C]	180	190	200	210	220	230	240
tlak nasycených par [Pa]	1,7	3,6	6,3	14,2	23,1	46,2	89,2

To, že tlak nasycených par barviva ovlivňuje množství přeneseného barviva na textilii, je patrné z obr. 1.1.



Obr. 1.1 : Časová závislost procenta přeneseného barviva (%P) pro dvě barviva s různým tlakem nasycené páry

Barvivo s vyšším tlakem nasycené páry (horní křivka) vykazuje vyšší procento přenosu než barvivo s nižším tlakem nasycené páry (28).

Z dosavadních poznatků a praktických prací byla Eiblen (28) vymezena oblast tlaku nasycených par barviv, která jsou vhodná pro přenosový tisk v rozmezí 0,5 - 15 Pa při 200°C.

Rovnovážný stav při sublimaci můžeme popsat na základě makroskopické nebo statistické termodynamiky (29).

Makroskopická termodynamika charakterizuje rovnovážný stav extenzívními parametry - vnitřní energií U , objemem V a počtem molů přítomných složek n .

Jednoznačnou stavovou funkcí je entropie S , která je definována pro vratný děj vztahem

$$dS = \frac{dq_{\text{rev}}}{T} \quad 2.7$$

Změna entropie při přechodu soustavy z počátečního do ko-

nečného stavu nezávisí na cestě, proto tato veličina představuje úplný diferenciál stavových proměnných.

Vztah mezi uvedenými stavovými funkcemi lze vyjádřit výrazem

$$dU = T dS - P dV \quad 2.8$$

O tom, jak se fyzikálně chemické soustavy pohybují do rovnováhy, rozhodují dva faktory. Jedním je snaha po dosažení minima vnitřní energie a druhým snaha po dosažení maxima entropie.

Pro maximum entropie (za rovnováhy v izolované soustavě) platí

$$dS = 0 \quad d^2S < 0 \quad (q = 0) \quad 2.9$$

Vzhledem k tomu, že obvykle pracujeme v izotermních podmínkách za konstantního tlaku, je výhodné definovat další stavovou veličinu - Gibbsovu energii (dříve volnou enthalpii) G , pro kterou platí

$$G = U + pV - TS \quad 2.10$$

Samovolnost děje se projevuje klesáním G až do rovnováhy, kdy je minimální, tj.

$$dG = 0 \quad d^2G > 0 \quad (T = \text{konst.}, P = \text{konst.}) \quad 2.11$$

Statistická termodynamika považuje daný makrostav za souhrn velkého počtu různých mikrostavů a vyjadřuje termodynamické vlastnosti látek pomocí struktury a pohyblivosti molekul. Termodynamická pravděpodobnost soustavy je definována jako počet mikrostavů odpovídajících danému makrostavu soustavy (29).

Entropii je pak možné považovat za součet složek patřících různým formám pohybu částic (posuvný a rotační pohyb molekul, rotace atomových skupin, kmitání jader, pohyb elektronů)

$$S = S_p + S_r + S_{vr} + S_v + S_e \quad 2.12$$

Z toho plyne, že entropie roste při všech procesech způsobených samovolným pohybem částic, při kterých se snižuje celková uspořádanost systému (např. sublimace).

2.2 Mechanismus a kinetika přenosového tisku

2.2.1 Základní modelová představa o přenosovém tisku

Základem kineticko-termodynamických úvah o přenosovém tisku je model, podle něhož se přenos rozděluje na tyto hlavní kroky:

- sublimace barviva ;
- difúze par barviva k substrátu ;
- kondenzace par barviva na substrátě ;
- difúze barviva do substrátu .

Poznatek, že přenos barviva nastává přes parní fázi, pochází již z dřívějších studií tepelných způsobů fixace barviv a zjišťování vlivu tlaku par barviv na sorpci textilními materiály (30).

Výzkumem mechanismu sublimačního přenosového tisku, tj. přechodem disperzního barviva přes plynnou fázi do syntetického polymeru, se zabývala řada autorů (31-40).

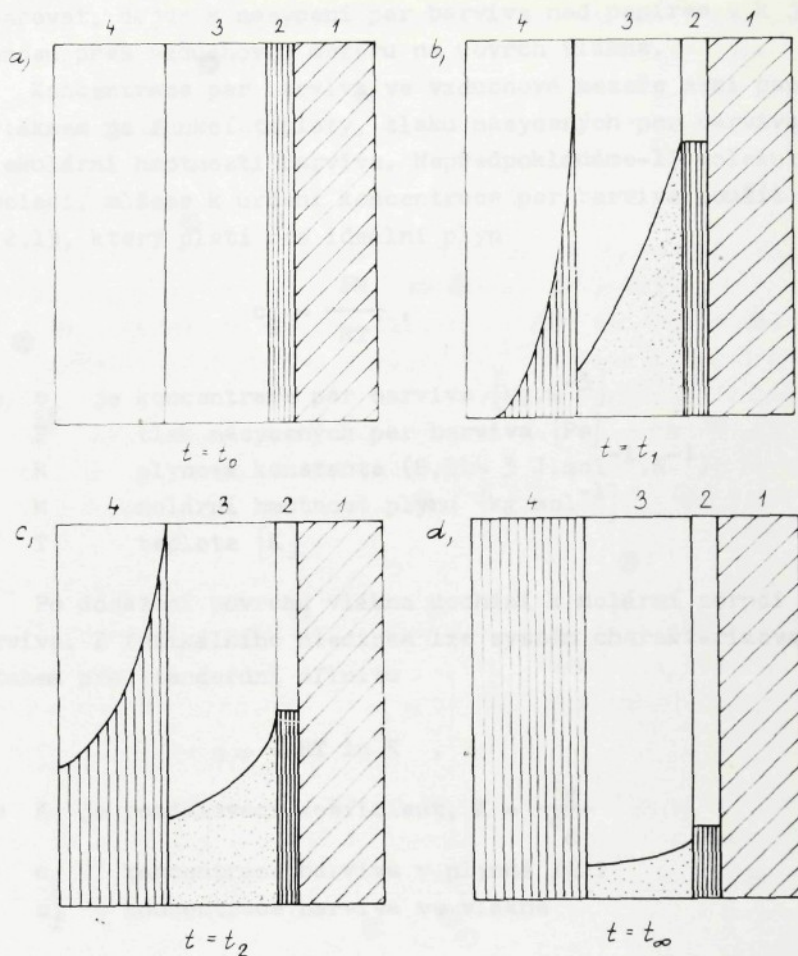
Schematické znázornění modelu navrženého Fenogliem a Gorrondys (35,36) je znázorněno na obr. 2.1 .

Model se skládá z polyesterového vlákna, vzduchové mezery, barviva a papírového nosiče. Přestože textilie je v přímém styku s potisknutým papírem, existuje mezi nimi vzduchová mezera, jejíž velikost je závislá na konstrukci textilie, jemnosti vlákna a mechanickém tlaku vyvinutém během přenosového procesu. V porovnání s tloušťkou barevného filmu a průměrem vlákna je velikost vzduchové mezery stejného řádu.

Na obr. 2.1a je znázorněn stav před začátkem přenosového procesu. Veškeré barvivo je obsaženo v barevném filmu a při teplotě místnosti je tlak nasycených par barviva tak malý, že koncentraci barviva ve vzduchové mezeře můžeme považovat za nulovou.

Při aplikaci tepla na rubovou stranu přenosového papíru vzniká v systému teplotní gradient. Rychlost, jakou bude stoupat teplota soustavy, bude záviset na těchto faktorech:

- použité přenosové teplotě;
- tloušťce a tepelné vodivosti papíru;
- tloušťce barevného filmu;



Obr. 2.1 : Schematické znázornění průběhu sublimačního přenosového tisku

1 - přenosový papír, 2 - tiskací pasta,
3 - vzduchová mezera, 4 - vlákno

- tepelné kapacitě natištěného filmu tiskací pasty;
- sublimační energii barviv;
- velikosti vzduchové mezery mezi vláknem a papírem;
- tepelné kapacitě, hmotnosti a jemnosti vlákna .

V čase $t = t_1$ (obr. 2.1b) se barvivo začne intenzívně vypařovat, dojde k nasycení par barviva nad papírem a k jejich přenosu přes vzduchovou mezeru na povrch vlákna.

Koncentrace par barviva ve vzduchové mezeře mezi papírem a vláknem je funkcí teploty, tlaku nasycených par barviva a molekulární hmotnosti barviva. Nepředpokládáme-li molekulární asociaci, můžeme k určení koncentrace par barviva použít vztahu 2.13, který platí pro ideální plyn

$$c_g = \frac{PM}{RT}, \quad 2.13$$

kde c_g je koncentrace par barviva [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 P tlak nasycených par barviva [Pa]
 R plynová konstanta ($8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
 M molární hmotnost plynu [$\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$]
 T teplota [K]

Po dosažení povrchu vlákna dochází k molární sorpci par barviva. Z fyzikálního hlediska lze systém charakterizovat vztahem pro standardní afinitu

$$\Delta\mu = RT \ln K, \quad 2.14$$

kde K je rozdělovací koeficient, $K = \frac{c_f}{c_g}$
 c_g koncentrace barviva v plynné fázi
 c_f koncentrace barviva ve vlákne

Hodnota rozdělovacího koeficientu K pro disperzní barviva na polyesterovém substrátu při teplotě 210°C je 10^6 až 10^8 (34), tj. existuje vysoký koncentrační gradient barviva mezi parní fází a povrchem vlákna². Jakmile se tento gradient vytvoří, dochází současně k difúzi molekul barviva do vnitřní struktury vlákna. Pro difúzi barviva ve vlákne platí vztah

$$D_f = D_{f_0} \cdot e^{-E/RT}, \quad 2.15$$

kde D_{f_0} je difúzní koeficient barviva pro nulovou aktivační energii [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
 E aktivační energie [$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$]
 R plynová konstanta ($8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
 T teplota [K]

² Rozdělovací koeficient podle Nernsta je rovnovážnou veličinou. V průběhu přenosového tisku ($t < t_{\infty}$) nelze však mluvit o rovnováze, protože veškeré vysublimované barvivo je ihned vázáno na textilní substrát, popř. při delší době přenosu prochází rubovou stranou textilie.

V čase $t = t_2$ (obr.2.1c) se snižuje koncentrace barviva na papíře úměrně se vzrůstem koncentrace barviva na vlákne. Koncentrace barviva v parní fázi zůstává přitom konstantní.

Proces pokračuje, až v čase $t = t_{\infty}$ (obr.2.1d) dosáhne rovnovážného stavu, při kterém se vyrovná sorpce a desorpce molekul barviva nad povrchem vlákna i nad povrchem papíru. Při tomto čase je koncentrační gradient barviva nulový a barvivo ve struktuře vlákna je stejnoměrně rozloženo (11,36).

2.2.2 Fáze přenosového tisku

Přenosový tisk můžeme považovat za tříslučkový systém, který se skládá z potisknutého papíru, vzduchové mezery a textilního materiálu. Každá fáze může být studována odděleně.

Vláknenná fáze

Vláknenná fáze je ze všech tří fází nejvíce prozkoumána. Jestliže srovnáme barvení ve vodném prostředí s přenosovým tiskem, je hlavní předností přenosového tisku to, že objem par barviva, z něhož může být disperzní barvivo absorbováno za bezvodých podmínek, je o mnoho vyšší, než podíl barviva absorbovaný ve vodném barvicím systému (39). Při tepelné fixaci disperzních barviv na PES vláknech byly rovněž zjištěny vysoké saturační hodnoty těchto barviv (41).

Je tedy možné při přenosovém tisku předpokládat, že se rychle dosáhne relativně vysoké koncentrace barviva na povrchu vlákna ³, což vede k vysoké difúzní rychlosti do vlákna (31).

³ S tím, že se vytvoří vysoká koncentrace barviva na povrchu vlákna, nelze souhlasit. Dodáním tepla při přenosovém tisku dochází k vlnění úseků polymerních řetězců a tím k uvolnění struktury vlákna; uplatňuje se volnoobjemový model difúze. Barvivo difunduje do uvolněné struktury a další průběh závisí

na počáteční koncentraci barviva na papíře. Je-li počáteční koncentrace malá, nelze zvyšovat adsorpci na vlákne. S rostoucí teplotou adsorpce barviva na povrchu vlákna vždy klesá.

Griffiths a Jones (39) uvádějí, že hloubka penetrace barviva do vlákna závisí na rychlosti, s jakou může být dosažena vysoká povrchová koncentrace barviva, a na vzdálenosti λ_D , kterou musí plynné barvivo překonat mezi jednotlivými fibrilami substrátu. Hodnotu λ_D definovali rovnicí 2.16

$$\lambda_D = \frac{1}{\sqrt{2} \pi n \sigma_D^2} \quad , \quad 2.16$$

kde n je počet molekul barviva v jednotkovém objemu
 σ_D nejmenší vzdálenost, kdy dojde ke srážce molekul barviva

Z výsledků výzkumu sorpce barviva PES filmem (39) je možno odvodit, že jak páry barviva pronikají mezi jednotlivé fibrily, vlákna se rychle saturují a vybarvení je slabší se zvětšující se vzdáleností. Rovnoměrnost vybarvení a penetrace barviva se zvyšují prodloužením doby procesu, ale to přináší problémy se zvyšující se krystalinitou polymeru a v případě PES v možnosti vzniku těkavých oligomerů, které mohou ovlivnit vzhled povrchu.

Parní fáze (vzduchová mezera)

Vliv tloušťky vzduchové mezery mezi potištěným papírem a polyesterovým substrátem na sorpci disperzních barviv studoval Eibl. V práci (42) je popsáno experimentální zařízení a jsou uvedeny koncentrační podíly disperzních barviv sorbovaných na PES vláknech při různých vzdálenostech přenosového papíru od substrátu při třech přenosových teplotách. Se stoupající teplotou a tloušťkou vzduchové mezery se zvyšovaly ztráty do okolí ⁴.

⁴ Tloušťka vzduchové mezery má vliv na kvalitu potištěné textilie, hlavně na ostrost obrysů vzorů.

Snažíme se, aby byla tloušťka co nejmenší, ale jsme limitováni poškozením omaku a celkového vzhledu výrobku.

Difúzí par barviva vzduchovou mezerou k textilnímu substrátu a určením řídicího děje v mechanismu přenosového tisku se zabývali Fenoglio a Gorondy (35,36). Vycházeli z analogie barvení ve vodném prostředí a používali bezrozměrný parametr L , který je definován rovnicí 2.17

$$L = \frac{D_g r}{D_f K \delta_D} \quad , \quad 2.17$$

kde D_g a D_f jsou difúzní koeficienty barviva vzduchovou mezerou a vláknem

K je rovnovážný rozdělovací koeficient mezi plynnou fází barviva a povrchem substrátu

r poloměr vlákna

δ_D difúzní hraniční vrstva na povrchu vlákna, která ovlivňuje sorpci a desorpci barviva

Pro barvení v plynné fázi zjednodušili tito autoři rovnici 2.17 předpokladem, že difúzní hraniční vrstva δ_D a poloměr vlákna r jsou stejného rozměru a dostali rovnici 2.18

$$L = \frac{D_g}{D_f K} \quad 2.18$$

V rovnováze je bezrozměrný parametr L jednotkový a za těchto podmínek

$$K = \frac{D_g}{D_f} \quad 2.19$$

Rychlost, jakou je plynné barvivo absorbováno syntetickým vláknem, bude záviset na tom, zda řídicím dějem v mechanismu přenosového tisku je rychlost difúze barviva do vlákna, nebo rychlost, kterou páry barviva difundují vzduchovou mezerou.

Je-li rozdělovací koeficient $K < D_g/D_f$, je řídicím dějem difúze do vlákna; je-li $K > D_g/D_f$, je řídicím dějem difúze par barviva vzduchovou mezerou.

V literatuře (40,43) jsou uváděny hodnoty pro rozdělovací koeficient K 10^4 až 10^6 a pro D_f 10^{-9} až 10^{-8} $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Výpočtem z rovnice 2.19 získáme hodnoty pro difúzní koeficient barviva vzduchovou mezerou D_g 10^{-2} až 10^{-5} $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Z porov-

nání hodnot D_g a D_f vyplývá, že řídicím dějem při přenosovém tisku je rychlost sorpce barviva vláknem. Toto platí za předpokladu, že záhustka výrazně nesnižuje rychlost vypařování barviva (39).

Potisknutý papír

Uvolňování par barviva ze suchého filmu záhustky na přenosovém papíru je dosud teoreticky málo prozkoumáno. Hawkyard (44) zkoumal čtyři různé záhustkové systémy a dospěl k těmto závěrům:

- záhustky zpomalují uvolňování par disperzního barviva;
- disperzní barviva mohou v záhustce alginátu sodného agregovat (zvláště při pomalém sušení) a tím se zhoršuje jejich uvolňování;
- uvolňování par barviva lze zvýšit přidáním lakového benzínu do tiskací pasty .

Několik autorů (39,45,46) studovalo vliv přírodních a syntetických záhustek na počáteční rychlost sorpce par disperzního barviva polyesterovým vláknem. Zjistili, že při vysokých koncentracích barviva (hmotnostní poměr barvivo / záhustka 1 : 1) počáteční rychlost procesu není ovlivněna typem použité záhustky. Při nižší koncentraci barviva přírodní záhustky zadržovaly více barviva než syntetické.

Shrnutím dosavadních poznatků (31-46) docházíme k tomuto vysvětlení mechanismu přenosového tisku. Jak roste teplota soustavy papír - vzduchová mezera - textilie, tak roste tlak barviva nad papírem až do nasyceného stavu. Koncentrace par v nasyceném stavu je funkcí teploty, tlaku par barviva a molekulové hmotnosti barviva. V dalším stadiu pak nastává kondenzace par na povrchu vlákna, vytvoří se koncentrační gradient a začíná proces molekulární difúze dovnitř vlákna. Z toho pak plyne, že mechanismus tepelného přenosu disperzního barviva z papírové podložky do syntetického substrátu probíhá čtyřmi fázemi:

1. sublimace disperzního barviva z barevného krystalu
2. relativně rychlá difúze plynné fáze barviva na povrch syntetického vlákna
3. vytvoření vysokého koncentračního gradientu na povrchu syntetického vlákna
4. relativně velmi pomalý difúzní proces z povrchu do vnitřní struktury syntetického vlákna ⁵

5

K uvedenému shrnutí literárních údajů lze navíc dodat:

Při přenosovém tisku dochází působením tepla k uvolnění struktury vlákna a barvivo okamžitě po vypaření, aniž musí nasýtit prostor mezi papírem a vláknem, difunduje do textile.

K adsorpci na povrchu vláken při tak vysoké teplotě (180–220°C) dochází jen nepatrně. Se stoupající teplotou adsorpce na povrchu vlákna musí klesat.

Studium mechanismu přenosového tisku slouží především k poznání důležitých proměnných veličin ovlivňujících výsledný tisk. Neodpovídající výběr těchto hodnot se může projevit ve slabé přenosové účinnosti, špatném omaku, špatné reprodukovatelnosti odstínu, nízkých stálostech apod. Je proto důležité znát optimální podmínky přenosu, aby výsledek odpovídal maximální možností.

3 Přenosový papír a způsoby jeho potiskování

V současné době se průmyslově používá jako jediný nosič barviv pro účely přenosového tisku přenosový papír. Množství vyrobeného přenosového papíru v ČSSR ve srovnání s celosvětovou produkcí je uvedeno v tab. 3.1 (18,20,47).

Tabulka 3.1 : Výroba přenosového papíru

Rok	1974	1976	1978	1980	1982
Světová produkce [mil. m ²]	340	600	800	1000	1000-1500
Produkce v ČSSR [mil. m ²]	-	-	4,8	6,9	7,9

Kvalita papíru je velmi důležitá, neboť bezprostředně ovlivňuje výsledný tisk. Má vliv na egalitu tisku, množství přeneseného barviva, otěr a migraci barviva během skladování. V literatuře se uvádí celá řada požadavků na kvalitu papíru i různé způsoby hodnocení vlastností přenosového papíru (20,48,49). Obdobně jako většina textilií má i papír nehomogenní strukturu, ve které vedle převládajících vláken rostlinného původu (celulóza, hemicelulóza) je určité množství plniv, klíždidel, barviv apod. Pro papír je typické nerovnoměrné, anizotropní rozdělení strukturních prvků, vyplývající z podstaty technologie jeho výroby. Tím je také dáno kolísání a rozptyl takřka všech vlastností, podle nichž se hodnotí kvalita papíru (50).

Metodika stanovení vlastností papíru, důležitých pro přenosový tisk, představuje soubor zkoušek, které svými výsledky umožňují postihnout důsledky vzájemného působení tiskacích past a papíru při jeho potiskování a dále působení papíru a textilního substrátu při vlastním přenosu. Mezi nejdůležitější vlastností přenosových papírů patří hladký povrch, stejnoměrnost a schopnost absorbovat barviva. Z dalších vlastností, které se sledují při výběru vhodného papíru, je možno uvést plošnou hmotnost, vsákavost, vlhkost, obsah popela apod.

V tab. 3.2 jsou uvedeny v přehledu požadované vlastnosti na přenosový papír užívaný pro suchý způsob přenosového tisku sublimujícími disperzními barvivy, potiskovaný konvenční textilní metodou tiskacími pastami z vodného prostředí.

Tabulka 3.2 : Vlastnosti přenosového papíru (20,48)

Vlastnost	Požadovaná hodnota	Jednotka	ČSN
plošná hmotnost	60 - 80	g.m^{-2}	50 0310
vsákavost (Cobb ₃₀)	60 - 90	g.m^{-2}	50 0335
hladkost (Bekk)	60 - 150	s	50 0313
propustnost vzduchu	6 - 12	ml.s^{-1}	50 0321
tržná délka	min. 5 000	m	50 0340
obsah popela	max. 3	%	50 0380

K potiskování přenosových papírů se používají tyto tiskařské techniky: hlubotisk, flexografie, litografie, knihtisk, tisk rotačními šablonami a tisk na válcových tiskacích strojích. V textilním zušlechťování mají největší význam poslední dvě techniky, tj. tisk rotačními šablonami a tisk na válcových tiskacích strojích s barvivy z vodného prostředí. U ostatních technik se pracuje s barvivy z prostředí organických rozpouštědel (51).

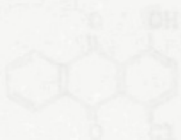
Když byl přenosový tisk zaveden, zdálo se nelogické používat textilní stroje pro tisk papíru, když stejné stroje mohou tisknout přímo textilií. V průběhu dalšího vývoje však došlo ke změně názoru na tuto techniku a po překonání praktických potíží našel tento způsob tisku papíru své uplatnění. Hlavní důvody, které vedly k potiskování papíru v textilních závodech, jsou tyto (52,53):

- textilní tiskaři mají blíže k problematice textilních vzorů;
- náklady na výrobu šablon jsou nižší než u ostatních metod;
- rotační šablony mohou potiskovat větší šíři papíru;
- tato technika může používat vyšší počet barev (lze tisknout až dvanáctibarevné vzory).

Princip metody je stejný jako při tisku textilu, tj. tiskací pasta je protlačována pomocí stěrky skrz šablonu na papír.

V první fázi byla snaha výrobci vyvinout stroj, který by byl schopen potisknout jak textil, tak i papír. Později došlo ke specializaci a pro tisk papíru se nyní používá samostatný stroj, např. firem Reggiani, Buser, Stork (54,55).

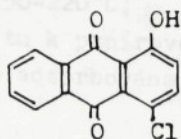
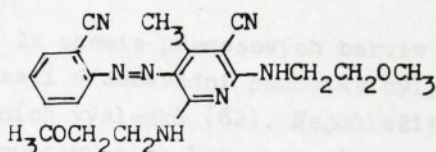
Tisk papíru na válcových tiskacích strojích vyšel, stejně jako tisk rotačními šablonami, ze zkušeností textilního průmyslu. Stroj fy Saueressig zachovává všechny technické výhody hlubotisku, ale pracuje s vodnými tiskacími pastami. Tímto postupem lze dosáhnout dobré reprodukovatelnosti vzoru. Při porovnání s ostatními způsoby potiskování papíru lze označit válcový hlubotisk z vodného prostředí jako nejnáročnější v požadavcích na vlastnosti nosiče barviva (56).



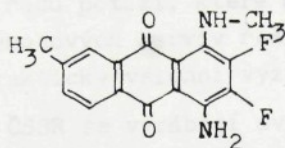
4 Barviva pro přenosový tisk

Schopnost sublimace disperzních barviv, která je nevýhodou při termofixaci, se s výhodou využívá při přenosovém tisku (9).

V patentové literatuře je popsáno více než 100 barviv pro přenosový tisk (57). K dosažení dobrých výsledků by disperzní barviva neměla mít molekulovou hmotnost vyšší než 350 a neměla by obsahovat větší počet polárních skupin (např. $-\text{NO}_2$, $-\text{CN}$, $-\text{SO}_2\text{R}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$). Schopnost barviva sublimovat se snižuje se stoupající molekulovou hmotností a přítomností polárních skupin. Existují ovšem výjimky, např. barvivo o složení 4.1 (58) je výborné barvivo pro přenosový tisk, které obsahuje dvě sekundární aminoskupiny a dvě kyanoskupiny v molekule a molekulová hmotnost je 393. Toto barvivo vybarvuje žlutě polyester, acetat a polyamid s výbornými stálostmi v praní. Barviva s nízkou molekulovou hmotností mohou být použita ve speciálních případech pro jejich vysokou těkavost. Např. barvivo o složení 4.2 potiskuje polyester žlutě za 15 sekund při 150°C (59).

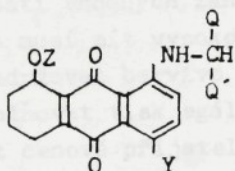


Většina barviv pro přenosový tisk patří mezi monoazobarviva a antrachinonová barviva. Bylo zjištěno, že přítomnost kyanoskupiny v molekule barviva je pro přenos výhodnější než nitroskupiny a rovněž fluorové atomy jsou výhodnější než chlorové (60), např. barvivo 4.3



4.3

Rovněž přítomnost alkylových skupin v antrachinonových barvivech je důležitá; nejčastěji se vyskytují skupiny isopropylové a isobutylové, např. barvivo 4.4 (61). Tato barviva mají nižší bod tání a lepší přenosové vlastnosti než jim odpovídající methyaminoderiváty.



Z = alkyl, H

Y = OH, -NH-alkyl

Q = alkyl 1-3 C

Q' = alkyl 1-2 C

4.4

Lze říci, že chemie přenosových barviv je relativně málo probadanou oblastí a dosavadní poznatky byly získány převážně z experimentálních výsledků (62). Nejdůležitější požadavky na barviva pro přenosový tisk lze shrnout takto (28,39,62):

- musí sublimovat za podmínek, které neovlivňují potiskovaný materiál, tj. 150-220°C;
- nesmí mít afinitu k papírovému nosiči;
- musí být rychle adsorbována vlákny a mít odpovídající stálostí;
- musí sublimovat ve směsi s ostatními barvivy stejnou rychlostí .

Barviva pro potiskování přenosového papíru dodávají barvářské firmy převážně v kapalně formě. Obsah pigmentu se pohybuje kolem 50 %. Množství dispergátoru musí být omezeno na nejmenší míru vzhledem k tomu, že větší obsah negativně ovlivňuje reologické vlastnosti syntetických záhustek (54). Kromě dispergátoru obsahuje kapalná forma barviva ještě další přísady jako neionogenní TPP, odpěňovač, přísady proti mrznutí apod. Důležitou podmínkou pro úspěšný tisk je jemná disperze barviva (49).

Rovněž odolnost vůči otěru stoupá s jemností disperze barviva. I přes řadu potíží, které musely být při přípravě kapalných forem přenosových barviv řešeny, se výrobou těchto produktů zabývají prakticky všichni významní výrobci barviv.

V ČSSR se vyrábějí dvě barviva pro přenosový tisk, Ostacetová červeň TP-B a Ostacetová modř TP-R. Na vývoji některých dalších barviv se pracuje (22).

Ostatní potřebná barviva pro potiskování přenosových papírů dovážíme od fy Ciba-Geigy, Švýcarsko, která vyrábí barviva pro přenosový tisk s názvem Teraprint.

Tiskací pasty pro tisk přenosového papíru obsahují kromě barviva ještě zahušťovadlo, pojídlo a pomocné látky. Požadavky na vlastnosti vhodných záhustek lze shrnout takto:

- záhustka musí mít vysokou zahušťovací schopnost;
- nesmí zdržovat barvivo při přenosovém procesu;
- musí umožňovat tisk egálních ploch a ostrých kontur;
- musí být cenově přijatelná a snadno připravitelná;
- vzhledem k jemnosti používaných šablon je nutná vysoká čistota záhustky .

Pro potiskování přenosového papíru lze použít zahušťovadel na bázi derivátů jadrových mouček, gumy guar, modifikovaných polysacharidů, vysokoviskózních alginátů nebo kombinace těchto produktů. Kromě těchto přírodních zahušťovadel je možné použít syntetická zahušťovadla na bázi kyseliny akrylové a maleinové.

Každá skupina těchto zahušťovadel má své přednosti a své nedostatky. Stejně jako u klasického tisku, tak i u přenosového tisku platí zásada, že žádné z existujících zahušťovadel nesplňuje současně všechny požadavky, které jsou na ně kladeny (63).

Význam pojídla v tiskací pastě spočívá v tom, že během tisku vytvoří na povrchu papíru film, ve kterém jsou částice barviva zapuštěny a tím chráněny proti otírání při další manipulaci. Navíc pojídlo snižuje penetraci částic barviva do dalších vrstev při skladování. Nejčastěji se používá polyvinylalkohol (49).

Mezi pomocné látky, které obsahují tiskací pasty, lze zařadit odpeňovače, emulgátory, dispergátory apod. Jejich význam je specifický a dávkování se uvádí v prospektových materiálech (64).

5 Barvitelnost textilií přenosovým tiskem

5.1 Barvitelnost polyesterových vláken přenosovým tiskem

Polyesterová vlákna předstihla ve svém vývoji jak kvantitativně, tak i kvalitativně všechny ostatní druhy syntetických vláken. Důvod tohoto vývoje lze spatřovat v tom, že vlastnosti polyesterových vláken, které je ještě možné měnit fyzikálními a chemickými modifikacemi, dávají možnost použití v širokém sortimentu textilních výrobků. Dnes obsahuje 75 % veškerých oděvních výrobků polyester a odhaduje se ještě další růst (65).

Kompaktní struktura polyethylentereftalátu, která se vytváří v důsledku značné krystalizační schopnosti a tuhosti řetězce, je příčinou řady vynikajících mechanických vlastností. Negativně však ovlivňuje sorpční vlastnosti, což se v praxi projevuje zejména v obtížné barvitelnosti.

5.1.1 Vztah mezi strukturou polyesterových vláken a jejich barvitelností

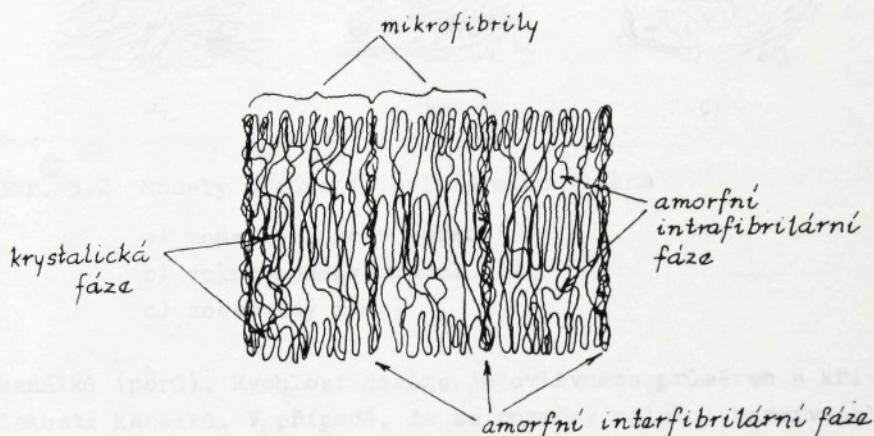
Polymerní vlákna, i když se skládají z makromolekul stejného chemického složení, jsou z hlediska své struktury velmi složitá. Struktura polymerních vláken se obvykle popisuje na čtyřech úrovních (66):

1. submolekulární struktura (uspořádání atomů v molekulách);
2. molekulární struktura (stavba molekulárních řetězců);
3. nadmolekulární struktura (krystalické a amorfí oblasti);
4. makrostruktura (porozita, tvar příčného řezu apod.) .

Dosavadní nemožnost přímého poznání struktury vláken vedla k tvorbě mnoha strukturálních modelů, které sloužily jednak ke znázornění zjednodušených představ o uspořádání strukturních jednotek a jednak jako pomůcka ke studiu vztahů mezi strukturou polymeru a jeho vlastnostmi.

Výsledky zkoumání struktury vláken moderními fyzikálně chemickými metodami napovídají, že nejvýstižnější charakterizuje složitou vlákennou strukturu polymerů trojfázový model, který navrhl Prevorsek (67). Tento model se liší od dřívějších představ dvoufázových modelů v tom, že pokládá vazné molekuly pro-

pojující jednotlivé fibrily za třetí fázi. Tato tzv. amorfní mezifibrilární fáze, nazývaná také přechodnou, je pokládána za rozhodující zejména pro sorpční a mechanické vlastnosti. Vyznačuje se značnou uspořádaností v rozložení řetězců, ale tento stav nelze ještě pokládat za krystalický (obr. 5.1).



Obr. 5.1 Prevorsekův model struktury semikrystalických vláken

Obecně se předpokládá, že sorpční schopnost vláken je úměrná pohyblivosti segmentů makromolekulárních řetězců v nekrytalických oblastech vlákna. Za nekrytalickou oblast je třeba považovat také oblast přechodnou, ve které je uspořádanost v rozložení řetězců značná, ale tento stav nelze ještě považovat za krystalický. V závislosti na změnách v přechodné a amorfni oblasti se mění pohyblivost řetězců, a tím i přístupnost vlákna a difúzní poměry. Velký význam pro difúzní procesy má volný objem polymeru, který se vytváří v důsledku pohyblivosti segmentů makromolekulárních řetězců.

Difúze do polymerního substrátu je popisována třemi typy modelů (68,69):

- a) model difúze v pórech
- b) volnoobjemový model
- c) zobecněný model

Model difúze v pórech (obr. 5.2) je použitelný pro soustavy, ve kterých polymer dostatečně botná. Vlákno je uvažováno jako pevná matrice, ve které existuje spleť vzájemně propojených



Obr. 5.2 Modely difúze do polymerního vlákna

- a) model difúze v pórech
- b) volnoobjemový model
- c) zobecněný model

kanálků (pórů). Rychlost difúze je ovlivněna průměrem a křivolakostí kanálků. V případě, že se rozměry molekul barviva blíží průměru pórů, začíná hrát roli i tvar průřezu kanálků. Původní představa kruhových průřezů platí zřejmě v nedlouženém stavu. Při dloužení dojde k deformaci průřezu a omezení přístupu barviva do vlákna. Model pórovitého vlákna je vhodný pro přírodní hydrofilní vlákna, kde vlivem značné botnavosti ve vodě dochází k dostatečnému zvětšení pórů.

Pro syntetická vlákna vyhovuje lépe volnoobjemový model. Vychází z předpokladu, že sorpční vlastnosti jsou úměrné pohyblivosti segmentů makromolekulárních řetězců v amorfních oblastech. Difúze je zde možná pouze do děr, které statisticky vznikají a zanikají vlivem tepelných fluktuací a tvoří tzv. volný objem. Difúze může probíhat jen v případě, kdy jsou splněny tyto podmínky (70):

- molekula barviva má dostatečnou energii k pohybu;
- polymerní segmenty mají dostatečnou energii k vytvoření volného objemu potřebné velikosti;
- oba tyto procesy proběhnou ve stejném čase a na stejném místě.

Difúzní koeficient je funkcí teploty zesklenní a je dán rovnicí

$$\ln D = \ln D_{T_g} - \frac{A (T - T_g)}{B + (T - T_g)}, \quad 5.1$$

kde D_{T_g} je difúzní koeficient při teplotě zesklennění T_g

Spojením pórové a volnoobjemové teorie vznikl zobecněný model, který nejvíce vyhovuje experimentálním výsledkům (69).

Difúzní koeficient je zde vyjádřen jako funkce afinity barviva, botnání vlákna, teploty zesklennění a dalších faktorů. V logaritmickém tvaru může být tato funkce vyjádřena vztahem

$$\ln D = \ln \frac{\phi_0 \delta^2}{6} + \ln \frac{\theta}{\tau} - \ln K - \frac{\Delta H_H}{RT} - \frac{AB}{B + (T - T_g)} \quad 5.2$$

kde $\frac{\phi_0 \delta^2}{6} = D_0$ je předexponenciální faktor v Arrheniově vztahu

θ/τ

objemový zlomek nabotnalé amorfnní fáze, resp. křivolakost

K

rozdělovací koeficient

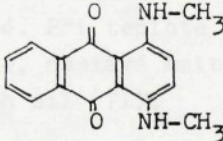
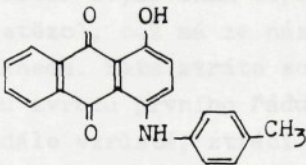
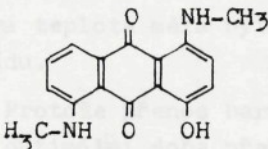
ΔH_H

změna entalpie při tvorbě volného objemu

Difúzním chováním barviv při přenosovém tisku polyesterových vláken se zabývala řada autorů (34,39,42,43).

V tab. 5.1 jsou uvedena tři v praxi používaná přenosová barviva, jejich difúzní koeficienty D_f , molekulové hmotnosti a procento přenosu při teplotě přenosu 200°C a době přenosu 30 s. Je zřejmé, že barvivo s vyšším difúzním koeficientem se vyznačuje také vyšší koncentrací barviva na textilií po přenosu. U barviva č.3 je procento přenosu 46 % a u barviva č.1 s vysokým difúzním koeficientem je tato hodnota 84 % při stejných přenosových podmínkách (43).

Tabulka 5.1 : Difúzní koeficienty, molekulové hmotnosti a procento přenosu některých přenosových barviv (43)

Č.	Barvivo	D_f (200°C) [cm ² .s ⁻¹]	M	%P (200°C, 30 s)
1		$5,3 \cdot 10^{-8}$	242	84
2		$2,5 \cdot 10^{-8}$	329	77
3		$2,2 \cdot 10^{-8}$	298	46

5.1.2 Podmínky úspěšného přenosu disperzních barviv na polyesterová vlákna

Hlavní proměnné veličiny při přenosovém procesu jsou teplota, doba přenosu a přítlak mezi přenosovým papírem a potiskovací textilií (35,36,39).

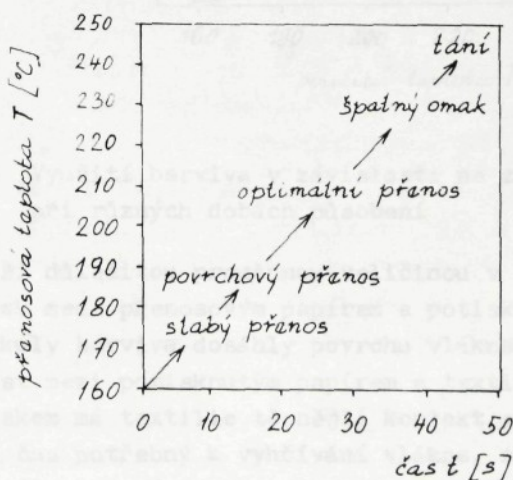
Teplota, při které se přenosový tisk provádí, je velmi důležitou veličinou, která určuje kvalitu tisku. Tepelná energie dodávaná přenosovému systému je potřebná jednak na intenzivní vysublímování barviv a jednak na ohřev vlákna na teplotu, při které se "otvírá" jeho struktura⁶.

⁶ Z toho vyplývá, že pravděpodobně nedochází ke kondenzaci barviva na vlákne.

Polyesterová vlákna obsahují dlouhé polymerní řetězce, které jsou drženy pohromadě silnými intermolekulárními silami. Molekuly disperzního barviva mohou penetrovat do polymerních řetězců pouze tehdy, když soudržné síly jsou sníženy na takovou úroveň, že volné prostory mezi polymerními řetězci jsou větší než molekuly barviva (35). U polyesterového vlákna do 80°C jsou soudržné síly mezi polymerními řetězci prakticky nezměněné. Při teplotě zesklenní, vlivem vzrůstající kinetické energie, nastává kmitání řetězců a dochází k překonávání soudržných sil (71).

Dalším zvyšováním teploty roste intenzita kmitání polymerních řetězců, což má za následek zvětšování volných prostorů ve vláknech. Tato ztráta soudržných sil pokračuje až do teploty bodu zvratu prvního řádu (cca 230°C). Pokud kinetická energie nadále vzrůstá, ztrácí vlákno svou plasticitu, až dosáhne bodu tání. Z hlediska vlákna samotného by tedy optimální přenosová teplota měla být co nejblíže teplotě bodu zvratu prvního řádu.

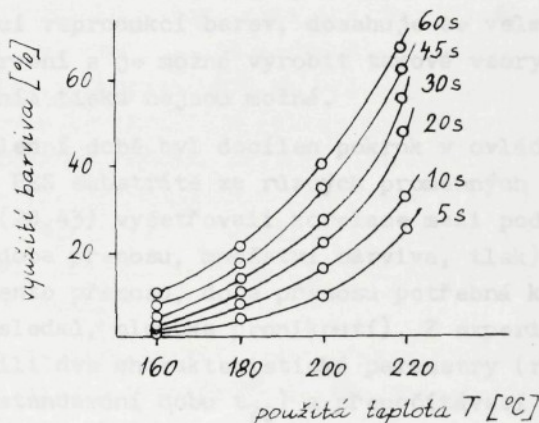
Protože přenos barviva je funkcí teploty a doby přenosu, bude optimální doba přenosu vlastně čas, který je nutný při dané teplotě k dosažení požadovaného přenosu. Obr. 5.3 ukazuje jednotlivá stadia, kterými prochází potiskovaná textilie při zvyšování teploty a doby přenosu (36).



Obr. 5.3 Vliv teploty a přenosového času na potiskovanou textilii

Při nízkých teplotách a časech je přenos slabý v důsledku nedostatečného tlaku par barviva. Pod optimální teplotou a časem dochází k povrchovému přenosu, protože kinetická energie je nízká k dostatečné penetraci barviva do vláken. Nad optimálními podmínkami se zhoršuje omak vlákna a při dalším zvýšení teploty dochází k jeho deformaci.

Na obr. 5.4 je znázorněna závislost využití barviva na zvyšování teploty při různých dobách působení. Hodnoty byly získány na diskontinuálním zařízení a je zřejmé, že za daných podmínek přenosu doba do 20 s je prakticky nepoužitelná. Při 210°C se dosahuje využití barviva z papíru pouze 30 %. Takový způsob přenosového tisku je neekonomický z hlediska sytosti, výsledku tisku a využití barviva na papíře (11).



Obr. 5.4 Využití barviva v závislosti na zvyšování teploty při různých dobách působení

Další důležitou proměnnou veličinou v přenosovém systému je přítlak mezi přenosovým papírem a potiskovanou textilií. Aby molekuly barviva dosáhly povrchu vlákna, musí překonat vzdálenost mezi potisknutým papírem a textilií. Se zvyšujícím se přítlakem má textilie těsnější kontakt s papírem. Tím se zkracuje čas potřebný k vyhřívání vlákna, neboť přenos tepla se děje více vedením než prouděním a zářením. Při vyšším přítlaku se navíc získají ostřejší kontury, protože páry barviva

kondenzuji na povrchu vlákn v těsné blízkosti papíru. Je-li
přítlak nízký a vzdálenost papíru a textilie větší, dochází
k rozptýlu par barviv, což má za následek neostrý vzor (42).

Optimální hodnota přítlaku závisí však značně na struktu-
ře a charakteru textilie, neboť přílišným zvýšením přítlaku do-
chází k poškození omaku a celkového vzhledu výrobku.

5.1.3 Současný stav barvitelnosti polyesterových vláken přenosovým tiskem

Textilie z polyesterových vláken byly od počátku hlavní
oblastí použití přenosového tisku a mají i dnes vedoucí posta-
vení. Očekává se, že současný poměr klasického tisku polyesteru
ku přenosovému tisku, který je přibližně 70 % : 30 %, se ještě
poněkud posune ve prospěch přenosového tisku. Technologie pře-
nosového tisku totiž dovoluje potiskovat textilie z PES vláken
s vynikající reprodukcí barev, dosahuje se velmi dobrých stá-
lostí vybarvení a je možné vyrobit takové vzory, které při pří-
mém textilním tisku nejsou možné.

V poslední době byl docílen pokrok v ovládání přenosového
pochodu na PES substrátě za různých proměnných podmínek. Beck
a Hoffman (20,43) vyšetřovali korelace mezi podmínkami přenosu
(teplota, doba přenosu, množství barviva, tlak) a výsledky pře-
nosu (procento přenosu, doba přenosu potřebná k docílení opti-
málních výsledků, hloubka proniknutí). Z experimentálních vý-
sledků určili dva charakteristické parametry (rovnovážný výtě-
žek A_{00} a standardní dobu t_{70}) a přepočítávací faktory, který-
mi se nechá odhadnout chování barviva při přenosu s přesností
dostačující pro většinu praktických účelů.

Možnostmi intenzifikace přenosového tisku na PES vláknech
se zabývali Michalowski a Mielicki (72). Technologie přenosové-
ho tisku vykazuje běžně určitou ztrátu použitých barviv zadržo-
vaných přenosovým papírem. Přidáním přenašečů do tiskacích past
v koncentraci 10 g.kg^{-1} je možné zkrátit dobu přenosu a zvýšit
procento využití disperzních barviv.

Technický vývoj v přenosovém tisku neustále pokračuje.
Zvláště zajímavý se jeví vývoj rezervového tisku na přenosový
papír (20), kterým se v podstatě zlepši vzhled potištěné texti-
lie. Dosáhne se ostrých kontur a sníží se počet bílých, neobar-

vených míst ve vzorech.

V poslední době byl také řešen problém bludných obrazů (ghosting efekt) při přenosovém tisku. Einsele (73) dosáhl odstranění, resp. omezení tohoto problému pokrytím potištěného papíru filmotvorným polymerem o nízké teplotě zesklenní. Při použití polyakrylesterů dochází ke snížení "ghosting efektu" o 80 %.

Pro další vývoj přenosového tisku bude rozhodující, zda se rozšíří možnost potiskování dalších vláken, hlavně směsí PES/ba, eventuálně také samotných bavlněných vláken, s dostatečnými stálostmi vybarvení.

5.2 Barvitelnost celulosových vláken přenosovým tiskem

Přes dynamický vývoj syntetických vláken, a to i v oblasti potiskování, má stále ještě největší význam potiskování celulosových vláken. Díky vynikajícím užitným vlastnostem připadá v celosvětovém měřítku 75 % celkového objemu potištěných textilií na celulosová vlákna. Dnes je k dispozici několik skupin barviv, kterými lze uspokojit nejrozmanitější požadavky kladené na potištěné textilie. Největší význam mají reaktivní a pigmentová barviva, kterými se dosahuje brilantních odstínů a dobrých stálostí vybarvení.

Přenosový tisk celulosových vláken nedosáhl zatím většího uplatnění (74,75). Důvodem je to, že disperzní barviva nemají k těmto vláknům afinitu. Pro přenosový tisk je tedy nutné upravit schopnost celulosových vláken přijímat disperzní barviva. Současně s dobrým přijímáním barviv musí být zachován příjemný omak, navlhavost textilie a dosaženo dobrých stálostí vybarvení. Znamé možnosti úpravy jsou (20,76):

- impregnace botnacími prostředky;
- chemická modifikace;
- úprava pryskyřicemi.

K impregnaci celulosových vláken se používají vysokovroucí botnadla, např. polyglykol, aminoalkoholy, která působí jako rozpouštědla pro disperzní barviva (77). U takto upravených textilií získáme, po aplikaci přenosového tisku, brilantní vy-

barvení. Nevýhodou ovšem je nízká stálost v praní, a proto tento způsob nemá praktické využití.

Při chemické modifikaci celulosových vláken se acylací upravují vlákna tak, aby měla afinitu k disperzním barvivům (78-84). V tabulce 5.2 jsou uvedeny některé způsoby chemických modifikací.

Podle patentu japonské firmy Shikibo (81) se celulosová vlákna acylují benzoylchloridem nebo jeho deriváty. Ke zvýšení afinity vláken pro přenosový tisk stačí, aby byla acylována pouze 1/30 hydroxylových skupin celulosy (76). Tímto postupem se dosáhne vysoké brilantnosti odstínu a nedojde ke změně omaku textilie. Dochází však ke snížení navlhavosti o 10 - 20 % (85).

Další možnost, která dovoluje potiskovat celulosová vlákna přenosovým tiskem, je úprava pryskyřicemi. Tento způsob je založen na úpravě povrchu vláken polymerním filmem, do kterého disperzní barviva při přenosu difundují (86-89). Výběr vhodných pryskyřic je omezen s ohledem na stálosti vybarvení a omak textilie. V patentu fy BASF (90) se uvádí, že velmi dobrých výsledků se dosáhne aplikací pryskyřičných předkondenzátů derivátů močoviny nebo melaminu. Tímto způsobem se zároveň dosáhne i částečně speciální úpravy a využije se tepla nutného pro přenos barviva (91).

Potiskování textilií ze směsi polyesterových vláken s vlákny celulosovými přenosovým tiskem je možné, bez úpravy textilie, pouze pro směsi, kde podíl polyesterových vláken je vyšší než 65 %. Dosáhne se však světlejších a kalnějších odstínů ve srovnání s tiskem na 100%ní polyester. Při vyšším podílu bavlněných vláken je nutná jejich úprava ke zvýšení afinity k disperzním barvivům (85,92).

Tabulka 5.2 : Chemická modifikace bavlny ke zlepšení přenosového tisku (62)

Modifikace	Chem.substituce	Afinita barviva při přenos.tisku
acetylace	cel-O-C(=O)-CH_3	mírná - dobrá
benzoylace	$\text{-O-C(=O)-C}_6\text{H}_5$	dobrá
kyanoethylace	$\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{N}$	dobrá-velmi dobrá
amidoethylace	$\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C(=O)-NH}_2$	špatná
aminoethylace	$\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$	špatná
esterifikace kys.maleinovou	$\text{-O-C(=O)-CH=CH-C(=O)-OH}$	špatná
acetalyzace benzaldehydem	$\text{-O-C(OH)(H)-C}_6\text{H}_5$	mírná
kyanizace	$\text{-O-C}\begin{matrix} \text{N} \\ \text{N} \end{matrix}\begin{matrix} \text{C-R} \\ \text{C-R} \end{matrix}$	mírná - dobrá
roubování styrenem	$\text{-O-[CH}_2\text{-CH(C}_6\text{H}_5\text{)]}_x$	mírná - dobrá
akrylestery	$\text{-O-[CH}_2\text{-CH(C(=O)OR)]}_x$	mírná - dobrá
akrylonitril	$\text{-O-[CH}_2\text{-CH(C}\equiv\text{N)]}_x$	mírná - dobrá

5.3 Barvitelnost ostatních vláken přenosovým tiskem

5.3.1 Polyamidová vlákna

Potiskování polyamidových vláken přenosovým tiskem je omezo-
váno skutečností, že disperzní barviva při tisku středních a
sytých odstínů dávají nízké stálosti vybarvení za mokra (93).
Přenosový tisk na PAD přichází v úvahu jen tehdy, když nejsou
požadovány vysoké stálosti. Kovokomplexní a kyselá barviva,
která se používají pro barvení PAD, nejsou pro přenosový tisk
vhodná vzhledem k jejich špatné sublimovatelnosti, resp. ne-
schopnosti sublimovat.

Znamé rozdíly při barvení PAD-6 a PAD-6.6 se též projevují
při přenosovém tisku. PAD-6 přijímá barvivo snadněji, odstín je
hlubší a brilantnější. Další nevýhodou přenosového tisku na PAD
je malý teplotní rozdíl (asi 10°C) pro vhodné potiskování. Po-
užívá se přenosové teploty $190\text{--}200^{\circ}\text{C}$. Pro nízký bod měknutí PAD
vláken vyšší teplota není dovolena; při teplotě nižší než 190°C
se značně snižuje procento přenosu barviva (18).

5.3.2 Polyakrylonitrilová vlákna

Při přenosovém tisku PAN vláken existují určité těžkosti,
které se u PES vláken nevyskytují. Jsou to hlavně:

- nízká afinita k disperzním barvivům;
- nízká rozměrová stabilita při teplotě potřebné k přenosu;
- nebezpečí žloutnutí;
- zhoršení omaku.

Tyto těžkosti jsou řešeny jednak výběrem vhodných druhů
polyakrylonitrilu, které jsou více termostabilní a přijímají
v dostatečné míře barvivo (94,95), jednak použitím vakuového
přenosového tisku (96).

Důležitá je také předúprava PAN vláken před potiskováním.
Zbytky zvláknovacích preparací ovlivňují nepříznivě přenosový
tisk PAN vláken v daleko větší míře než u PES vláken (97).

Pro přenosový tisk PAN vláken přicházejí v úvahu disperzní
a kationtová barviva. Počet disperzních barviv, vhodných k po-
tiskování PAN vláken vzhledem k požadovaným dobrým stálostem

na světle a v praní, je malý. Dobrých stálostí se obecně dosahuje pouze u světlých odstínů.

Kationtová barviva, na rozdíl od disperzních, mají dobrou afinitu k PAN vláknům.

Při tisku přenosem s kationtovými barvivami je důležitým kritériem sublimace barviva, která stejně jako u disperzních barviv, závisí na molekulové hmotnosti a chemickém složení barviva. Barvivo s vyšší molekulovou hmotností sublimuje hůře než barvivo s nižší molekulovou hmotností. Ačkoli u kationtových barviv jde většinou o malé molekuly, je sublimace v důsledku základní iontové struktury všeobecně nízká. Se zvyšující se zásaditostí aniontů barviva stoupá sublimace a lepšího přenosu lze dosáhnout při pH = 8-9 (98). Další faktor, který má vliv na sublimaci kationtových barviv, je existence silně polárních skupin. S rostoucím množstvím polárních skupin jako Cl^- , $\text{C}\equiv\text{N}^-$ apod. se zmenšuje sublimační schopnost (18).

Přenosový tisk PAN vláken je stále ve stadiu vývoje, procento potištěných PAN vláken ve srovnání s PES vlákny je nízké (99).

5.3.3 Vlněná vlákna

Potiskování vlněných vláken je obtížné a nákladné, a proto se potiskuje jen asi 1 % z celkové produkce vlněných textilií (100).

Po úspěšném vývoji přenosového tisku na polyesterových vláknech byla snaha použít tento proces také pro vlněná vlákna a směsová vlákna vlna/polyester. Páry disperzních barviv však mají nižší afinitu k vlněným vláknům než k PES vláknům a pouhým teplem se nedá docílit vyšší penetrace barviv dovnitř vlněných vláken (101).

Ke zlepšení je nutná úprava textilie před tiskem. Rusnak (102) uvádí úpravu impregnací benzylalkoholem (10 % z hmotnosti materiálu) a tetramethylamonium jodidem (0,1 % z hmotnosti materiálu), kterým se dosáhne podstatného zlepšení příjmu disperzních barviv. Stálosti vybarvení za mokra jsou ale stále nedostačující.

Podstatného zlepšení bylo dosaženo sublimovatelnými barvivami schopnými tvořit velké komplexní molekuly interakcí s kovem.

Byla vyvinuta Keratrans metoda (103), při které se textilie před tiskem impregnuje kovovou solí (chlorid chromitý) společně se směsí jiných chemikálií. Tato jednoduchá úprava před tiskem nahrazuje obtížně regulovatelnou chloraci v konvenčním tisku. Vlněná textilie se pak uvede do kontaktu s přenosovým papírem (potištěným sublimovatelným kovokomplexotvorným barvivem) a zahřeje. Barvivo se odpařuje a přítomné chemikálie na povrchu vlněné textilie (povrchově aktivní látka, močovina, kyselina mléčná) podporují tvorbu komplexu mezi barvivem a chromem. Po přenosu se textilie paří, aby kovokomplexy penetrovaly do vlákna. Díky své chemické povaze a velikosti mají silnou afinitu ke keratinu, a tak také dobré stálosti v praní. Významnou výhodou je, že potištěné textilie se po paření nemusí prát.

Firmou Dawson International (Skotsko) byl, pod označením technologie Fastran, pro potiskování vlny vyvinut přenosový postup za mokra (104). V první fázi se vlněná textilie naklocuje lázní zahuštěnou vodným roztokem potřebných chemikálií, ve druhé fázi dojde k vlastnímu přenosu barviv stykem vlhkého materiálu s přenosovým papírem za nízké teploty 100 až 110°C.

Po přenosovém tisku je nutné zařadit praní. Lze je však provést s výrazně menším množstvím vody a chemikálií než u přímého tisku (105).

V současné době se vyrábějí dva stroje pro kontinuální mokrý přenosový tisk. Je to stroj Dewprint (fa Dinting Engineering) a Arcamatic (fa S.A.Monk). I když u této technologie je možné použít té třídy barviv, která se vztahuje k potiskovanému substrátu, nedošlo dosud k většímu rozšíření (100).

Z předchozích kapitol vyplývá, že na kvalitu přenosového tisku má vliv celá řada faktorů. Patří k nim vlastnosti přenosového papíru, vlastnosti barviv, záhustek, textilního substrátu a technologické podmínky přenosového tisku. Přes poměrně značné množství dílčích informací o přenosovém tisku není k dispozici ucelená studie, která by se zabývala analýzou a modelovým popisem kinetiky přenosového tisku.

Proto cílem této disertace je studium některých faktorů, které ovlivňují kvalitu textilií potištěných přenosovým tiskem a pokus o matematický popis kinetiky s cílem nalézt optimální podmínky přenosového tisku.

Konkrétní úkoly byly stanoveny, v návaznosti na spolupráci katedry chemie a zušlechťování VŠST v Liberci s Výzkumným ústavem pletářským v Brně při řešení resortního úkolu 023 Racior, takto:

1. Provést kinetickou studii přenosového tisku polyesterové plošné textilie a její analýzu.
2. Odvodit matematický model závislosti koncentrace barviva ve vlákne na teplotě a době přenosu.
3. Vyšetřit vliv úpravy směsové textilie PES/ba 50/50 akrylátovou disperzí na kvalitu potištěné textilie a provést izotermní kinetickou studii.
4. Pokusit se o matematický popis kinetiky přenosového tisku směsové pleteniny PES/ba 50/50 v závislosti na koncentraci použité akrylátové disperze.

Část III Zvolené metody zpracování

Reprezentativní vzorky přenosového papíru a polyesterové pleteniny byly získány z n.p.Tosta AŠ. Přenosový papír jsem vybral na základě podnikové normy (106) a výsledků diplomových prací (107,108). Ke kinetické studii jsem použil zátažnou oboulící polyesterovou pleteninu, která se v n.p.Tosta AŠ používá při vzorování.

Pleteniny pro studium vlivu úpravy akrylátovou disperzí na přenosový tisk byly vyrobeny na katedře tkalcovství a pleťářství VŠST v Liberci z přízí z produkce n.p.Benar Benešov nad Ploučnicí a Ústavu pro zpracování chemických vláken v České Třebové. Jemnost příze i vazba těchto pletenin byla stejná (viz kap. 6.1.1).

6 Experimentální část

6.1 Použitý materiál

6.1.1 Textilní materiál

PES pletenina 1

složení - 100%ní polyethylentereftalát (Slotera NR)

vazba - zátažná oboulící chytová

jemnost hedvábí - 84 dtex / 24 f x 1

hmotnost - 126 g.m⁻²

pevnost - sloupek - 522 N

- řádek - 310 N

tažnost - sloupek - 56 %

- řádek - 200 %

PES pletenina 2

složení - 100%ní polyethylentereftalát (Tesil 12)

vazba - zátažná interloková hladká

jemnost BD příze - 20 tex

pevnost - sloupek - 570 N

- řádek - 370 N

tažnost - sloupek - 115 %

- řádek - 247 %

hmotnost - 260 g.m⁻²

PES/ba pletenina

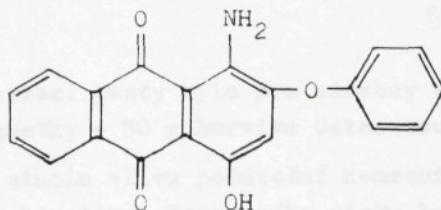
složení - 50 % Tesil 12 + 50 % ba
vazba - zátažná interloková hladká
jemnost příze - 20 tex
hmotnost - 270 g.m^{-2}
pevnost - sloupek - 556 N
 - řádek - 354 N
tažnost - sloupek - 106 %
 - řádek - 265 %

ba pletenina

složení - 100 % ba
vazba - zátažná interlokové hladká
jemnost příze - 20 tex
hmotnost - 280 g.m^{-2}
pevnost - sloupek - 444 N
 - řádek - 342 N
tažnost - sloupek - 121 %
 - řádek - 228 %

6.1.2 Barvivo

Pro všechny pokusy bylo použito barvivo Ostacetová červen 1168, výrobek n.p. VCHZ v Pardubicích. Toto barvivo jsem vybral na základě publikace (109) a výsledků diplomové práce (110). Jde o disperzní barvivo C.I.Disperse Red 60 o strukturním vzorci



Finální úprava barviva byla provedena v n.p.VCHZ v Pardubicích tímto postupem:

na 1 d suchého pigmentu 1-NH₂-20Ph-4-OH antrachinonu
0,1 d Kortamolu NNO (dispergátor)
0,01 d Spolionu 8 (smáčedlo)
0,24 d močoviny
0,3 d vody
0,2 d propylenglykolu
0,02 d formaldehydu

Tato kombinace pomocných látek chrání disperzi velmi účinně proti sedimentaci. Použité barvivo obsahovalo 51 % pigmentu.

Z hlediska množství přesublimovaného barviva v závislosti na teplotě patří Ostacetová červen 1168 mezi normálně sublimující barviva (109,110).

6.1.3 Tiskací pasta

K potisknutí přenosového papíru byla použita tiskací pasta doporučená firmou Ciba-Geigy, Švýcarsko. Tato tiskací pasta je v provozním měřítku používána v n.p. Tosta AŠ, odkud také byly potřebné chemikálie získány.

Složení záhušky:

816 g voda

22 g Lyoprint TFA (syntetické zahušťovadlo, kopolymer kyseliny akrylové)

4 g Lyoprint 4111 (odpěňovač)

28 g 3,3%ní hydroxid sodný

80 g Vibatex S (polyvinylalkohol)

50 g lakový benzin

1000 g

Složení tiskací pasty bylo pro všechny experimenty stejné:

950 g záhušky + 50 g barviva Ostacetová červen 1168

Pouze při studiu vlivu počáteční koncentrace barviva na papíře (C_{po}) na kinetiku přenosového tisku byla měněna koncentrace barviva v tiskací pastě; ve složení záhušky se měnilo množství vody tak, aby viskozita tiskací pasty zůstala stejná (viz kap. 6.5).

6.1.4 Přenosový papír

Přenosový papír vyrebený v n.p. Západočeské papírny Plzeň měl tyto parametry:

- plošná hmotnost 70 g.m^{-2}
- tržná délka 4 500 m
- vsákavost podle Cobba₃₀ 90 g.m^{-2}
- obsah popela 1 %

Přenosový papír byl potisknut tiskací pastou o složení uvedeném v kap. 6.1.3 dvěma způsoby. Jednak ručním filmovým tiskem šablonou o hustotě 90 mesh a na rotačním filmtiskacím stroji RD IV fy Stork v n.p. Testa Aš šablonou o hustotě 80 mesh. Přenosový papír potisknutý ručním filmovým tiskem byl použit pro kinetickou studii přenosového tisku PES pleteniny 1, k ostatním experimentům jsem použil papír potištěný filmtiskacím strojem.

6.2 Předúprava textilií pro potiskování

6.2.1 Předúprava PES pleteniny 1

Pletenina byla v n.p. Testa Aš zaširoka vyprána v pračce fy Goller, NSR v lázni o složení 1 g.l^{-1} Slovaponu N a $0,5 \text{ g.l}^{-1}$ uhličitanu sodného při 80°C . Dále byla důkladně opláchnuta a pak sušena a fixována na napínacím, sušicím a fixačním rámu fy Famatex, NSR při 195°C .

6.2.2 Předúprava PES pleteniny 2

Pletenina byla v laboratorních podmínkách vyprána v lázni o složení:

- 1 g.l^{-1} Slovaponu N
- $0,5 \text{ g.l}^{-1}$ uhličitanu sodného
- dobu praní 30 min, teplota 80°C

Vypraný materiál byl důkladně opláchnut a sušen na vzduchu při normální teplotě.

6.2.3 Předúprava PES/ba pleteniny a ba pleteniny

Pleteniny byly v laboratorních podmínkách vyprány v lázni o složení:

4 g.l⁻¹ Duoponu 40 N

2 g.l⁻¹ uhličitanu sodného

dobu praní 30 min při 50°C a 45 min při 100°C

Po opláchnutí studenou vodou byly pleteniny běleny chloran-peroxidovým způsobem. Složení chlornanové lázně bylo:

5 g.l⁻¹ aktivního chloru

3 g.l⁻¹ uhličitanu sodného

dobu bělení 2 hodiny, pH 10, teplota 20°C

Peroxidová lázeň obsahovala:

5 ml.l⁻¹ 30 % peroxidu vodíku

dobu bělení 15 min, pH 11, teplota 95°C

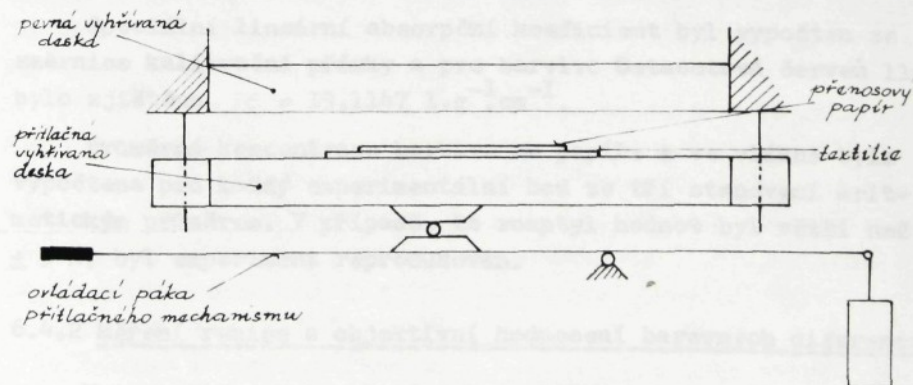
Vybělený materiál byl důkladně opláchnut a sušen na vzduchu při normální teplotě.

6.3 Podmínky přenosového tisku

Přenos barviva z potištěného papíru na textilii jsem prováděl na laboratorním přenosovém lisu (obr.6.1), výrobek VÚP, Brno.

Teplota vyhřívání desek byla regulovatelná do 220°C a byla měřena digitálním teploměrem TM 15 fy Mettler, Švýcarsko. Přenos byl uskutečněn při zvolené teplotě s přesností $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Přítlak byl při všech experimentech stejný - 8 kPa.



Obr.6.1 Schéma přenosového lisu

6.4 Analytická část

6.4.1 Stanovení koncentrace barviva na papíře a ve vlákne

Použitá metoda spočívá ve spektrofotometrickém měření absorbance roztoků barviva získaných přímou extrakcí potištěných vzorků (109).

Z přenosového papíru před přenosem a po přenosu a z potištěné polyesterové pleteniny se raznicí vysekal potřebný počet vzorků o průměru 3 cm. Vzorky se pak extrahovaly ve 20 ml čistého dimethylformanidu při teplotě 100°C v termostatu. Po 60ti minutách extrakce byl získaný extrakt kvantitativně převeden do odměrné baňky. Po vychlazení a doplnění na objem 25 ml byl roztok barviva kolorimetrován na spektrofotometru VSU 2P fy Carl Zeiss Jena, NIR, při vlnové délce absorpčního maxima. Pro Ostacetovou červen 1168 bylo toto maximum zjištěno na spektrofotometru UV-VIS fy Carl Zeiss Jena, NDR a je rovno $\lambda = 522 \text{ nm}$.

Koncentrace barviva byla vypočtena ze vzorce 6.1 odvozeného z Lambert-Beerova zákona (111)

$$C = \frac{m_A}{\varepsilon} \cdot \frac{V}{n} \quad 6.1$$

kde C je koncentrace barviva $/\text{g} \cdot \text{m}^{-2}/$
 m_A modul absorbance $/\text{cm}^{-1}/$
 ε speciální lineární absorpční koeficient $/\text{l} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}/$
 V objem $/\text{l}/$; v němž je vyextrahováno barvivo z plochy vzorku $n / \text{m}^2 /$

Speciální lineární absorpční koeficient byl vypočten ze směrnice kalibrační přímky a pro barvivo Ostacetová červen 1168 bylo zjištěno $\varepsilon = 19,1147 \text{ l} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Průměrná koncentrace barviva na papíře a ve vlákne byla vypočtena pro každý experimentální bod ze tří stanovení aritmetickým průměrem. V případě, že rozptyl hodnot byl větší než $\pm 3 \%$, byl experiment reprodukován.

6.4.2 Měření remise a objektivní hodnocení barevných diferencí

Na potištěných textiliích byla měřena remise (% R) na spektrofotometru SF-18 fy Lomo, SSSR, kde jako standard bělosti

byla použita destička vyliisovaná z prášku síranu barnatého se 100%ní remisí. Měřením byly získány remisní křivky závislosti remise na vlnové délce (λ) v rozmezí 400 až 750 nm. Uváděné hodnoty představují průměrné hodnoty ze tří měření.

Vyhodnocení remisních křivek bylo provedeno:

- zjištěním remise v absorpčním maximu pro různé přenosové podmínky;
- užitím vztahu 6.2 podle Kubelky a Munka (112)

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R)^2}{2R} - \frac{(1 - R_0)^2}{2R_0} \quad 6.2$$

kde R je remisní stupeň ($\%R/100$) potištěné textilie
 R_0 remisní stupeň ($\%R_0/100$) nepotištěné textilie
 K koeficient absorpce světla textilií
 S koeficient rozptylu světla

- výpočtem trichromatických složek X , Y , Z podle systému CIE 1976 $L^*a^*b^*$. Složky X , Y , Z byly vypočteny postupem uvedeným v literatuře (113,114).

Normovaný systém CIE, který označuje každou barvu číselně třemi trichromatickými složkami X , Y , Z , podává obraz o uložení barev v prostoru a jejich eventuální totožnosti, ale neumožňuje kvantitativně určit jejich rozdíl neboli barevnou odchylku.

Jestliže chceme diferencii mezi dvěma vybarveními objektivně určit a vyjádřit číslem, musíme rozdíl CIE trichromatických složek přepočítat vzorcem pro celkovou barevnou diferencii v jedno číslo ΔE . Celková barevná diference ΔE je mírou pro vizuálně vnímanou celkovou odchylku.

K určení celkové barevné difference existuje celá řada vzorců, které jsou založeny na stanovení geometrického rozdílu mezi dvěma místy uvnitř barevného prostoru. Metodika hodnocení barevných odstínů se neustále vyvíjí, a to jak ve směru nových spektrálních zařízení, tak i v oblasti teoretické (115). Od roku 1977 je doporučeno používat pro výpočet celkové barevné difference systému CIE 1976 $L^*a^*b^*$ (116).

Celková barevná diference $\Delta E_{CIE(L^*a^*b^*)}$ byla vypočtena ze vzorce 6.3

$$\Delta E_{CIE(L^*a^*b^*)} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad 6.3$$

Hodnoty X , Y , Z vzorku a typu jsou převedeny na L^* , a^* , b^* pomocí rovnic 6.4 až 6.6

$$L^* = 25 (100 Y/Y_0)^{1/3} - 16 \quad 6.4$$

$$a^* = 500 \left[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3} \right] \quad 6.5$$

$$b^* = 200 \left[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3} \right] \quad 6.6$$

Trichromatické složky X_0 , Y_0 , Z_0 definují barvu bílého sekundárního zářiče, který je jedním z CIE standardních zdrojů osvětlení. V našem případě byl použit zdroj A, který je představován žárovkou s wolframovým vláknem. Za těchto podmínek jsou X_0 , Y_0 , Z_0 trichromatické složky standardního osvětlení s Y_0 rovnajícím se 100.

Veličina L^* je mírou jasu, a proto $\Delta L^* = L^*_{\text{vzorku}} - L^*_{\text{typu}}$ je složkou ΔE způsobující změnu v jasu. Je-li $\Delta L^* > 0$, je vzorek posuzován jako jasnější, je-li $\Delta L^* < 0$, je kalnější.

Odchylka v barevném tónu je posuzována v tomto systému na základě rozdílů Δa^* a Δb^* podle schématu

$$\begin{array}{ll} \Delta a^* > 0 & \text{červenější} \\ \Delta a^* < 0 & \text{zelenější} \\ \Delta b^* > 0 & \text{žlutší} \\ \Delta b^* < 0 & \text{modřejší} \end{array}$$

Nevýhodou tohoto postupu je možnost dvojího vyjádření jedné barevné odchylky v tónu a tedy nutnost zavádět další kritéria pro odstranění tohoto nedostatku.

Veličina $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ je nazvána měrná čistota a odpovídá koloristickým pojmům "sytest", "vydatnost" apod. Je-li $\Delta C^* = C^*_{\text{vzorku}} - C^*_{\text{typu}}$ kladné, je vzorek sytější než typ a naopak.

6.4.3 Zkoušky stálosti vybarvení a mechanicko-fyzikálních vlastností

U potištěných vzorků pletenin předem upravených akrylátovou disperzí byly hodnoceny stálosti vybarvení:

- při mechanickém praní (ČSN 80 0146)

- ve vodě (ČSN 80 0143)
- při otěru (ČSN 80 0139)

Zkoušky byly provedeny na vzorcích potištěných při teplotě přenosu 200°C a době přenosu 30 s.

Dále u těchto vzorků, pro zjištění vlivu úpravy na mechanicko-fyzikální vlastnosti, byla stanovena:

- pevnost a tažnost (ČSN 80 0812)
- mačkovost (PNJ 728-80-71)
- splývavost průmětem (ČSN 80 0835)

Všechny výše uvedené zkoušky byly provedeny ve Státním výzkumném ústavu textilním v Liberci.

6.4.4 Mikroskopické pozorování

Na univerzálním mikroskopu Nu fy Carl Zeiss Jena, NDR, byla pozorována penetrace barviva do PES pleteniny 1 a směsové pleteniny PES/ba. V řezu pletenin a v řezu vláken byl studován vliv přenosových podmínek na probarvení.

Rozložení akrylátového prostředku na PES/ba pletenině bylo zkoumáno rastrovací elektronovou mikroskopií, jejíž rozlišovací schopnost a hloubka ostrosti dává možnost pozorovat rozložení prostředku uvnitř příze v pletenině.

Preparát byl připraven naprášením vrstvičky zlata o tloušťce 100 nm v Ústavu makromolekulární chemie v Praze na zařízení fy Balzers Union, Lichtenštejnsko.

Pozorování bylo prováděno na rastrovacím elektronovém mikroskopu Tesla ES 300 na katedře nauky o textilních materiálech VŠST v Liberci. Pokovené vzorky byly pozorovány v režimu sekundárních elektronů a typická místa byla vyfotografována.

6.5 P ř e n o s o v ý t i s k p o l y e s t e r o v é p l e t e n i n y

Ke studiu přenosového tisku byla použita PES pletenina 1 (viz kap.6.1.1). Z literárních pramenů (11,64) vyplývá, že pro přenosový tisk polyesterových textilií je doporučována teplota přenosu $T = 200-210^{\circ}\text{C}$ a doba přenosu $t = 30-60$ s. Aby bylo možno studovat podrobně kinetiku přenosového tisku a její závislost na teplotě, zvolil jsem tyto přenosové podmínky:

teplota přenosu: 180, 190, 200, 210, 220 °C

doba přenosu : 5, 10, 20, 30, 40, 60, 90, 120, 240, 360, 480,
600 s

Ostatní podmínky přenosového tisku byly stejné jako ad 6.1-6.4.

Experimentálně zjištěné hodnoty C_{pt} , C_t a stupeň remise R v absorpčním maximu jsou uvedeny v tabulkách 6.1 až 6.5. Příklad experimentálně zjištěných remisních křivek je na obr.6.2 a 6.3.

Fotografie řezu pleteniny z pozorování penetrace barviva jsou na obr.6.4 a 6.5.

Kromě výše uvedených experimentů, u kterých byla počáteční koncentrace barviva na papíře $C_{po} = 1,637 \text{ g.m}^{-2}$, byl studován vliv změny této koncentrace na kinetiku přenosového tisku při teplotě přenosu 200°C. Experimentální výsledky spolu s vyhodnocením jsou v kapitole 7.1.3.

Tabulka 6.1 : Časová závislost C_{pt} , C_t a R při přenosovém tisku PES pleteniny 1 ($T = \text{konst.} = 180^\circ\text{C}$)

t [s]	C_{pt} [g.m ⁻²]	C_t [g.m ⁻²]	R_{lfc}	R_{rub}
0	1,637	0	0,980	0,980
5	1,489	0,270	0,220	0,590
10	1,147	0,451	0,151	0,574
20	0,906	0,710	0,113	0,533
30	0,749	0,866	0,101	0,514
40	0,673	0,925	0,098	0,494
60	0,525	1,117	0,085	0,452
90	0,418	1,258	0,085	0,425
120	0,351	1,275	0,082	0,387
240	0,297	1,332	0,082	0,305
360	0,241	1,377	0,085	0,240
480	0,226	1,454	0,085	0,205
600	0,214	1,406	0,090	0,184

Tabulka 6.2 : Časová závislost C_{pt} , C_t a R při přenosovém tisku
PES pleteniny 1 ($T = \text{konst.} = 190^\circ\text{C}$)

t [s]	C_{pt} [g.m ⁻²]	C_t [g.m ⁻²]	$R_{líc}$	R_{rub}
0	1,637	0	0,980	0,980
5	1,273	0,431	0,150	0,556
10	1,022	0,562	0,134	0,545
20	0,821	0,758	0,103	0,510
30	0,606	0,969	0,090	0,467
40	0,556	1,050	0,090	0,460
60	0,447	1,206	0,085	0,416
90	0,344	1,280	0,085	0,400
120	0,308	1,322	0,078	0,368
240	0,236	1,409	0,090	0,288
360	0,212	1,454	0,090	0,237
480	0,185	1,458	0,095	0,196
600	0,170	1,356	0,103	0,174

Tabulka 6.3 : Časová závislost C_{pt} , C_t a R při přenosovém tisku
PES pleteniny 1 ($T = \text{konst.} = 200^\circ\text{C}$)

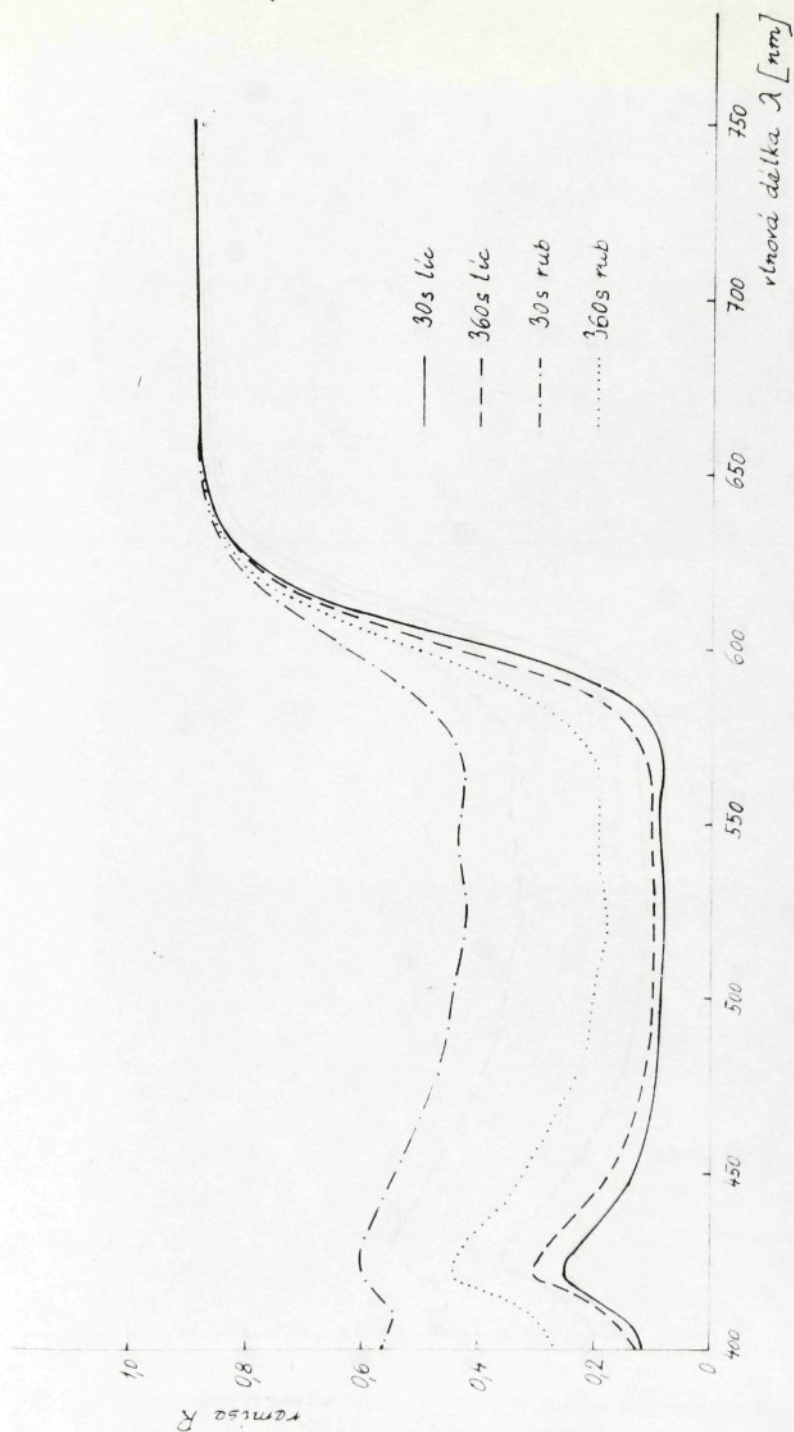
t [s]	C_{pt} [g.m ⁻²]	C_t [g.m ⁻²]	$R_{líc}$	R_{rub}
0	1,637	0	0,980	0,980
5	1,156	0,562	0,125	0,527
10	0,808	0,854	0,106	0,508
20	0,595	1,080	0,090	0,453
30	0,444	1,240	0,087	0,422
40	0,362	1,262	0,086	0,405
60	0,321	1,340	0,086	0,375
90	0,294	1,397	0,082	0,342
120	0,251	1,410	0,086	0,306
240	0,205	1,414	0,087	0,231
360	0,190	1,351	0,099	0,181
480	0,168	1,286	0,100	0,157
600	0,148	1,227	0,110	0,146

Tabulka 6.4 : Časová závislost C_{pt} , C_t a R při přenosovém tisku
PES pleteniny 1 ($T = \text{konst.} = 210^\circ\text{C}$)

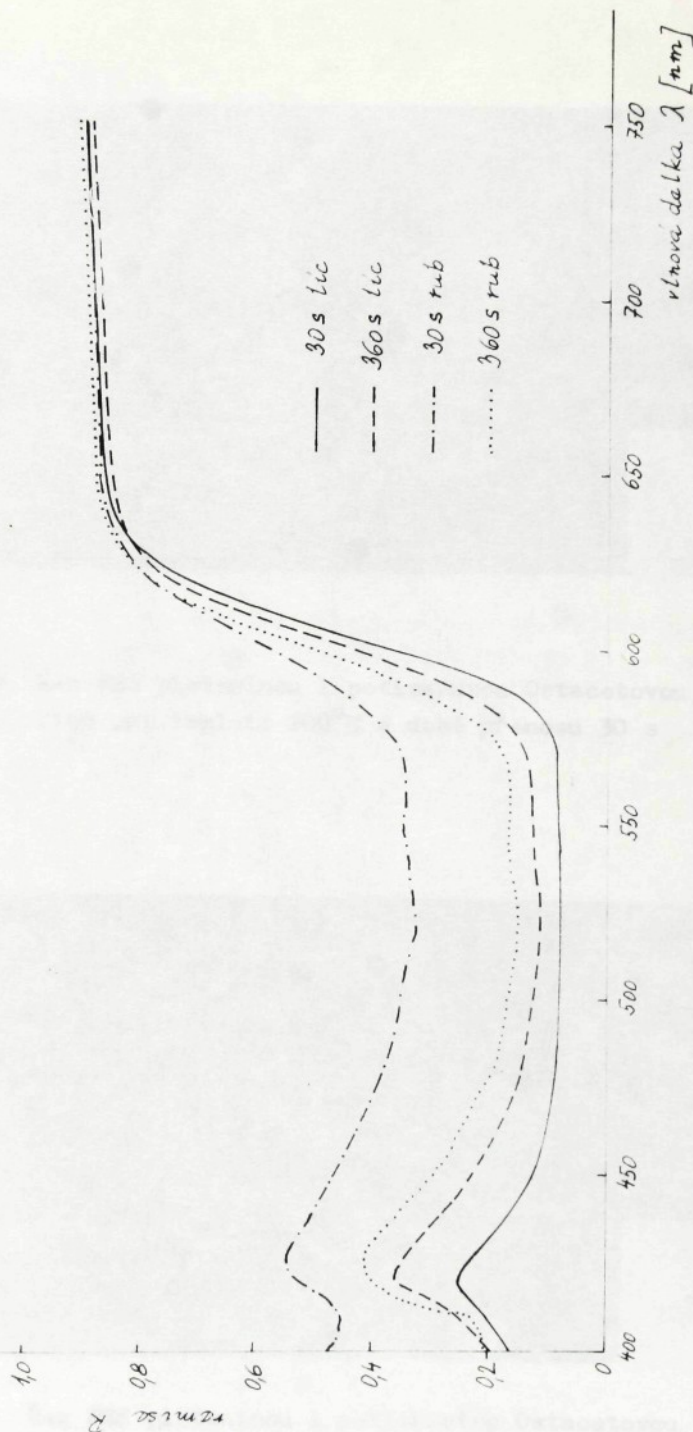
t [s]	C_{pt} [g.m ⁻²]	C_t [g.m ⁻²]	R_{lfc}	R_{rub}
0	1,637	0	0,980	0,980
5	0,867	0,898	0,101	0,480
10	0,621	1,010	0,093	0,450
20	0,375	1,295	0,089	0,388
30	0,299	1,351	0,090	0,367
40	0,271	1,393	0,092	0,305
60	0,229	1,432	0,095	0,279
90	0,199	1,421	0,098	0,231
120	0,190	1,402	0,100	0,206
240	0,140	1,313	0,109	0,165
360	0,134	1,230	0,113	0,149
480	0,128	1,191	0,115	0,146
600	0,121	1,156	0,117	0,137

Tabulka 6.5 : Časová závislost C_{pt} , C_t a R při přenosovém tisku
PES pleteniny 1 ($T = \text{konst.} = 220^\circ\text{C}$)

t [s]	C_{pt} [g.m ⁻²]	C_t [g.m ⁻²]	R_{lfc}	R_{rub}
0	1,637	0	0,980	0,980
5	0,573	1,140	0,088	0,447
10	0,318	1,317	0,084	0,423
20	0,258	1,387	0,078	0,370
30	0,238	1,428	0,080	0,327
40	0,202	1,395	0,086	0,310
60	0,184	1,383	0,089	0,254
90	0,167	1,354	0,093	0,220
120	0,151	1,341	0,100	0,195
240	0,116	1,213	0,107	0,155
360	0,111	1,088	0,116	0,149
480	0,108	0,973	0,126	0,142
600	0,106	0,918	0,128	0,140



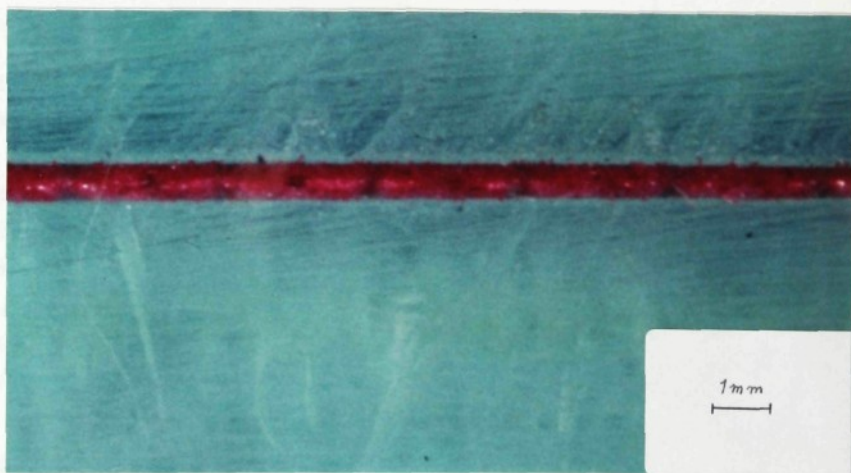
Obr. 6.2 Remisní křivky Ostacetové červeně 1168 při teplotě přenosu 200°C a různých dobách přenosu u PES pleteniny 1



Obr. 6.3 Remisní křivky Ostacetové červeně 1163 při teplotě přenosu 220°C a různých dobách přenosu u PES pleteniny 1



Obr.6.4 Řez PES pleteninou 1 potisknutou Ostacetovou červení
1168 při teplotě 200°C a době přenosu 30 s



Obr.6.5 Řez PES pleteninou 1 potisknutou Ostacetovou červení
1168 při teplotě 200°C a době přenosu 360 s

6.6 Přenosový tisk směsové pleteniny PES/ba 50/50

Pro studii přenosového tisku směsových textilií byla použita PES/ba pletenina (viz kap.6.1.1) skládající se z 50 % PES a 50 % ba. Pro srovnání byly stejným postupem připraveny a potisknuty též pleteniny ze 100 % PES a 100 % ba (PES pletenina 2 a ba pletenina - viz kap.6.1.1).

V dřívější publikaci (117) a v diplomové práci (118) jsou uvedeny výsledky studie úpravy směsové textilie PES/ba 50/50 před vlastním přenosovým tiskem. Na základě těchto výsledků jsem zvolil úpravu klocovacími lázněmi, jejichž složení je uvedeno v tabulce 6.6 .

Tabulka 6.6 : Složení klocovacích lázní pro pleteniny z PES/ba 50/50, PES a ba

Klocovací lázeň číslo	Sokrat 4924 [g.l ⁻¹]	Pryskyřice MH [g.l ⁻¹]	Spolion 8 [g.l ⁻¹]
1	50	15	1
2	100	30	1
3	200	60	1
4	300	90	1

Sokrat 4924, výrobek n.p. Chemické závody Sokolov, byl vyvinut jako pojídlo pro textilní pigmentový tisk. Jde o termoreaktivní samozesíťující kopolymer esterů kyseliny akrylové a styrenu s reaktivními alkoxyethylamidovými a karboxylovými skupinami (119,120). K experimentální práci byla použita vodná disperze o koncentraci 40 %. Po odpaření vody dává Sokrat 4924 hladký, slitý, bezbarvý a transparentní film. Lepší zesíťovatelnosti lze dosáhnout přidávkou Pryskyřice MH. Jde o hexamethoxymethylmelamin, výrobek n.p. Východočeské chemické závody Synthesia, závod Kolín (121).

Spolion 8, výrobek n.p. Spolchemie Ústí nad Labem, byl použit jako smáčedlo k urychlení penetrace lázně do vláken a ke zlepšení rovnoměrnosti rozložení akrylátové disperze (122).

Klocování všech tří výše uvedených pletenin bylo provedeno

na laboratorním fuláru fy Benz, Švýcarsko, s přivažkem 60 % a sušení se uskutečnilo v laboratorní sušárně fy Benz při teplotě 100°C po dobu 120 s. Na takto připravené textilie jsem aplikoval přenosový tisk na laboratorním přenosovém lisu (viz kap. 6.3).

Přenosové podmínky jsem zvolil tyto:

teplota přenosu : 200, 210, 220 °C

doba přenosu : 5, 10, 20, 30, 60, 120 s

Ostatní podmínky přenosového tisku byly stejné jako ad 6.1 - 6.4 .

Experimentálně zjištěné hodnoty C_{pt} a R jsou uvedeny v tabulkách 6.7 - 6.9. Příklad experimentálně získaných remisních křivek je na obr.6.6 a 6.7 .

Vliv úpravy textilií na stálostí vybarvení a na změny mechanicko-fyzikálních vlastností jsou uvedeny v tabulkách 6.10 - 6.13. Zkoušky byly provedeny na vzorcích potištěných při teplotě přenosu 200°C a době přenosu 30 s podle norez uvedených v kap.6.4.3 .

Fotografie ze sledování rozložení akrylátového prostředku rastrovací elektronovou mikroskopií jsou na obr.6.8 a 6.9 .

Tabulka 6.7 : Časová závislost C_{pt} a R při přenosovém tisku
PES/ba pleteniny upravené akrylátovou disperzí

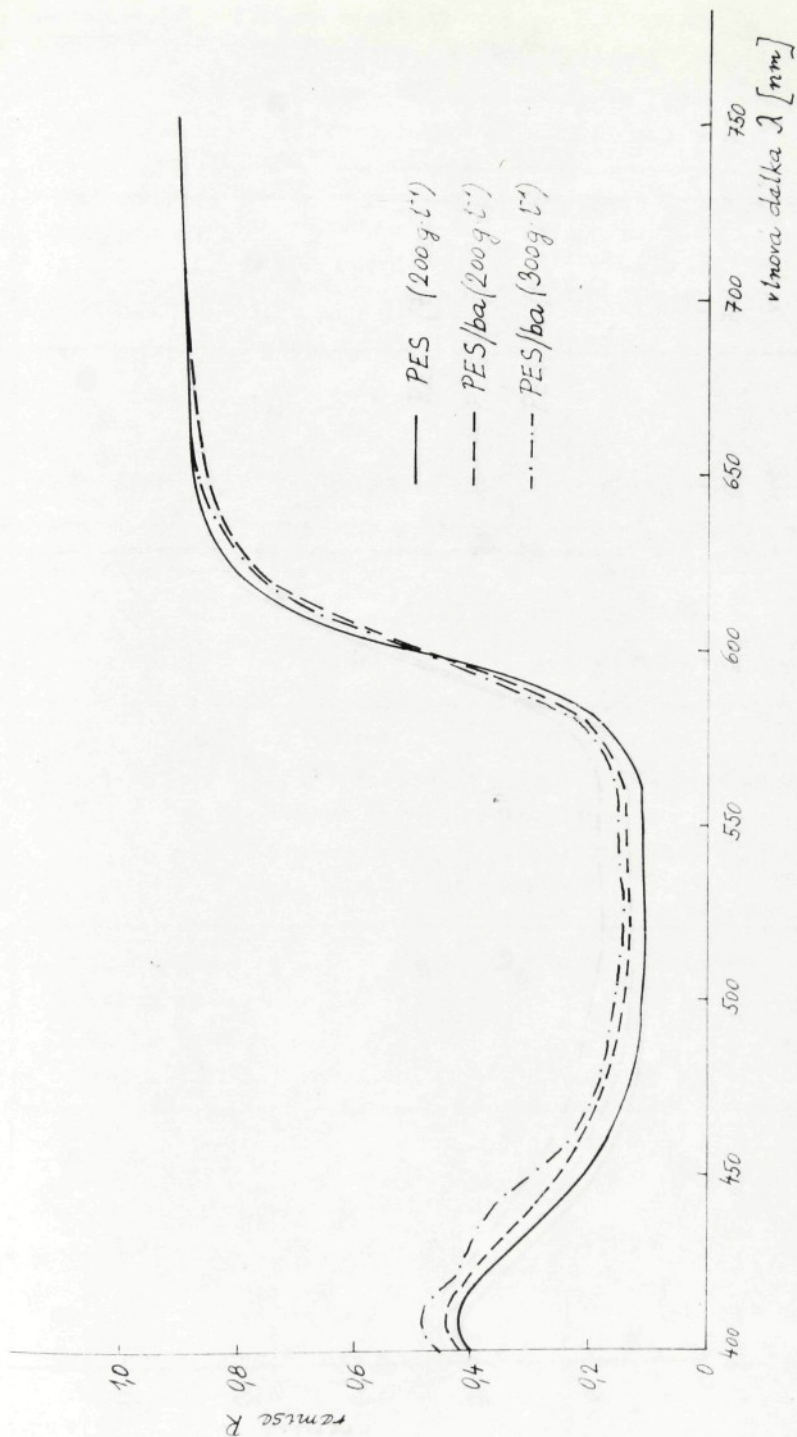
Doba přen. t [s]	Koncentrace Sokratu 4924 [g.l ⁻¹]							
	50		100		200		300	
	C_{pt} [g.m ⁻²]	R	C_{pt} [g.m ⁻²]	R	C_{pt} [g.m ⁻²]	R	C_{pt} [g.m ⁻²]	R
Teplota přenosu T = 200°C								
0	0,718	0,905	0,718	0,905	0,718	0,905	0,718	0,905
5	0,355	0,178	0,360	0,175	0,377	0,155	0,328	0,170
10	0,230	0,174	0,243	0,160	0,247	0,135	0,214	0,145
20	0,153	0,140	0,159	0,145	0,169	0,130	0,139	0,140
30	0,148	0,130	0,146	0,145	0,144	0,130	0,142	0,130
60	0,129	0,148	0,118	0,155	0,120	0,135	0,123	0,135
120	0,120	0,170	0,108	0,185	0,110	0,160	0,114	0,155
Teplota přenosu T = 210°C								
0	0,718	0,905	0,718	0,905	0,718	0,905	0,718	0,905
5	0,285	0,181	0,245	0,175	0,270	0,145	0,275	0,150
10	0,162	0,160	0,158	0,145	0,171	0,130	0,164	0,145
20	0,133	0,140	0,133	0,140	0,147	0,130	0,138	0,140
30	0,122	0,158	0,120	0,139	0,118	0,138	0,120	0,140
60	0,107	0,160	0,105	0,157	0,101	0,145	0,103	0,150
120	0,099	0,170	0,096	0,175	0,092	0,158	0,094	0,160
Teplota přenosu T = 220°C								
0	0,718	0,905	0,718	0,905	0,718	0,905	0,718	0,905
5	0,197	0,153	0,177	0,148	0,177	0,141	0,202	0,137
10	0,134	0,140	0,144	0,135	0,136	0,130	0,138	0,130
20	0,115	0,145	0,116	0,135	0,115	0,130	0,108	0,130
30	0,107	0,175	0,105	0,153	0,105	0,140	0,103	0,140
60	0,099	0,170	0,096	0,165	0,094	0,140	0,088	0,150
120	0,095	0,180	0,092	0,180	0,086	0,180	0,081	0,160

Tabulka 6.8 : Časová závislost C_{pt} a R při přenosovém tisku
PES pleteniny 2 upravené akrylátovou disperzí

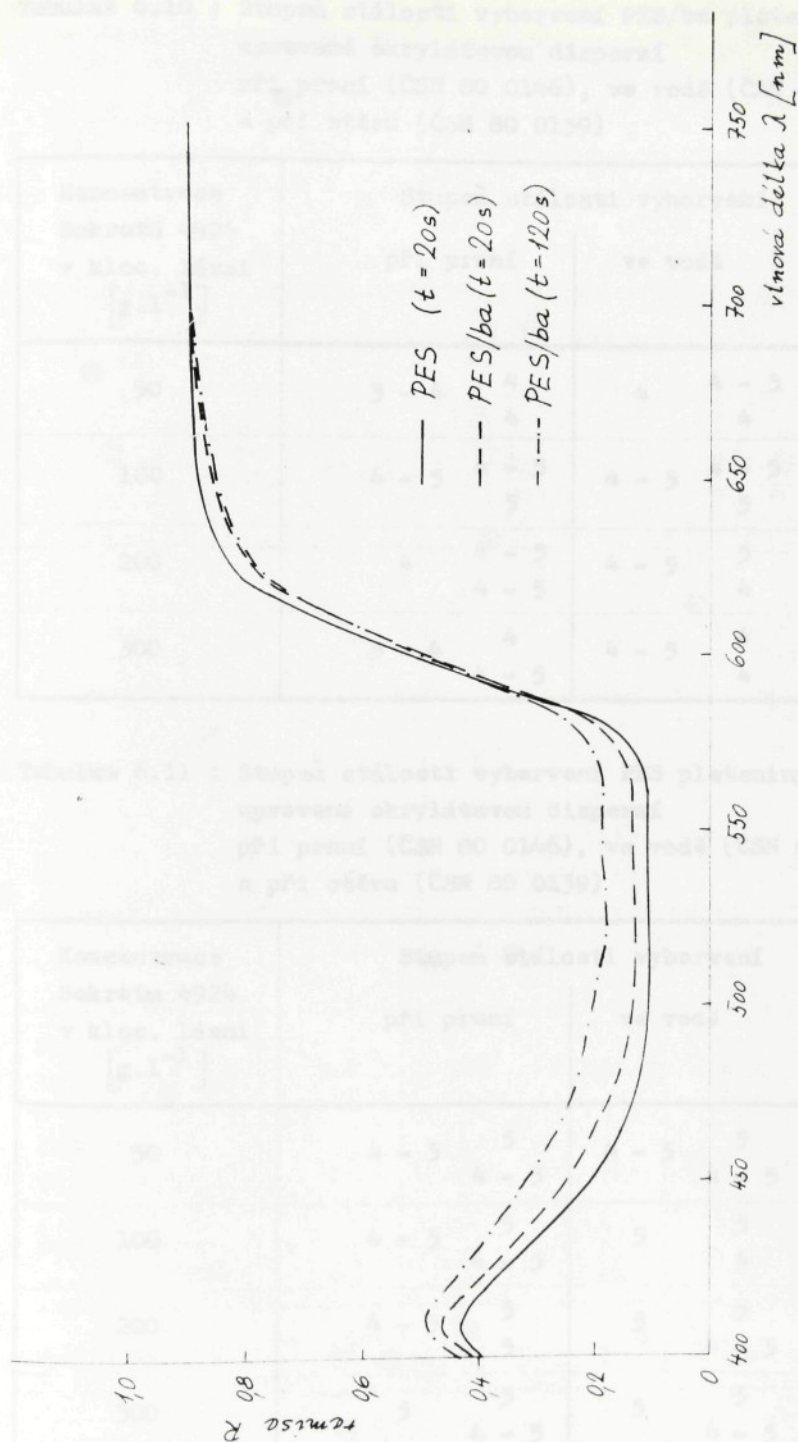
Doba přen. t [s]	Koncentrace Sokratu 4924 [g.l ⁻¹]							
	50		100		200		300	
	C_{pt} [g.m ⁻²]	R	C_{pt} [g.m ⁻²]	R	C_{pt} [g.m ⁻²]	R	C_{pt} [g.m ⁻²]	R
Teplota přenosu T = 200°C								
0	0,718	0,900	0,718	0,900	0,718	0,900	0,718	0,900
5	0,303	0,140	0,278	0,120	0,296	0,130	0,237	0,125
10	0,192	0,120	0,175	0,105	0,183	0,105	0,163	0,117
20	0,133	0,114	0,113	0,105	0,129	0,105	0,118	0,110
30	0,123	0,100	0,108	0,105	0,110	0,105	0,116	0,105
60	0,114	0,105	0,088	0,105	0,096	0,115	0,095	0,106
120	0,105	0,120	0,076	0,115	0,087	0,120	0,088	0,110
Teplota přenosu T = 220°C								
0	0,718	0,900	0,718	0,900	0,718	0,900	0,718	0,900
5	0,153	0,107	0,162	0,110	0,156	0,110	0,166	0,110
10	0,122	0,107	0,145	0,102	0,128	0,108	0,160	0,105
20	0,105	0,106	0,103	0,108	0,100	0,105	0,106	0,110
30	0,093	0,115	0,099	0,110	0,096	0,110	0,094	0,114
60	0,083	0,120	0,089	0,115	0,090	0,110	0,086	0,115
120	0,073	0,125	0,081	0,120	0,083	0,120	0,076	0,125

Tabulka 6.9 : Časová závislost C_{pt} a R při přenosovém tisku
 ba pleteniny upravené akrylátovou disperzí

Doba přen.	Koncentrace Sokratu 4924 $[g.l^{-1}]$							
	50		100		200		300	
t [s]	C_{pt} [$g.m^{-2}$]	R	C_{pt} [$g.m^{-2}$]	R	C_{pt} [$g.m^{-2}$]	R	C_{pt} [$g.m^{-2}$]	R
Teplota přenosu $T = 200^{\circ}C$								
0	0,718	0,930	0,718	0,930	0,718	0,930	0,718	0,930
5	0,403	0,180	0,464	0,170	0,517	0,185	0,385	0,140
10	0,265	0,149	0,268	0,120	0,326	0,130	0,238	0,135
20	0,197	0,135	0,210	0,130	0,214	0,120	0,188	0,130
30	0,184	0,125	0,171	0,115	0,155	0,120	0,162	0,117
60	0,172	0,148	0,158	0,120	0,149	0,135	0,129	0,125
120	0,166	0,155	0,155	0,150	0,142	0,145	0,110	0,145
Teplota přenosu $T = 220^{\circ}C$								
0	0,718	0,930	0,718	0,930	0,718	0,930	0,718	0,930
5	0,261	0,140	0,257	0,135	0,262	0,135	0,237	0,117
10	0,200	0,130	0,192	0,128	0,170	0,123	0,121	0,125
20	0,184	0,130	0,160	0,128	0,142	0,125	0,120	0,135
30	0,167	0,155	0,156	0,142	0,138	0,135	0,116	0,145
60	0,158	0,195	0,141	0,145	0,133	0,140	0,105	0,160
120	0,136	0,210	0,136	0,175	0,126	0,160	0,099	0,160



Obr. 6.6 Remísni křivky Ostacetové červeně 1168 při teplotě přenosu 200°C, době přenosu 20 s u pletenin upravených akrylátovou disperzí



Obr. 6.7 Remisní křivky Ostacetové barvené 1168 při teplotě přenosu 200°C u pletenin upravených akrylátovou disperzí o koncentraci 200 g.l⁻¹ Sokratu 4924

Tabulka 6.10 : Stupeň stálosti vybarvení PES/ba pleteniny
upravené akrylátovou disperzí
při praní (ČSN 80 0146), ve vodě (ČSN 80 0143)
a při otěru (ČSN 80 0139)

Koncentrace Sokratu 4924 v kloc. lázni [g.l ⁻¹]	Stupeň stálosti vybarvení		
	při praní	ve vodě	při otěru
50	3 - 4 4 4	4 4 - 5 4	4 - 5 4
100	4 - 5 4 - 5 5	4 - 5 4 - 5 5	4 - 5 3 - 4
200	4 4 - 5 4 - 5	4 - 5 5 4	4 - 5 3 - 4
300	3 - 4 4 4 - 5	4 - 5 4 4	4 - 5 4

Tabulka 6.11 : Stupeň stálosti vybarvení PES pleteniny 2
upravené akrylátovou disperzí
při praní (ČSN 80 0146), ve vodě (ČSN 80 0143)
a při otěru (ČSN 80 0139)

Koncentrace Sokratu 4924 v kloc. lázni [g.l ⁻¹]	Stupeň stálosti vybarvení		
	při praní	ve vodě	při otěru
50	4 - 5 5 4 - 5	4 - 5 5 4 - 5	4 - 5 4
100	4 - 5 5 4 - 5	5 5 4	4 - 5 4 - 5
200	4 - 5 5 5	5 5 4 - 5	4 4 - 5
300	5 5 4 - 5	5 5 4 - 5	4 - 5 4 - 5

**Tabulka 6.12 : Stupeň stálosti vybarvení ba pleteniny
upravené akrylátovou disperzí
při praní (ČSN 80 0146), ve vodě (ČSN 80 0143)
a při otěru (ČSN 80 0139)**

Koncentrace Sokratu 4924 v kloc. lázni [g.l ⁻¹]	Stupeň stálosti vybarvení		
	při praní	ve vodě	při otěru
50	1 - 2 3 - 4 2 - 3	2 - 3 4 3	4 3
100	1 - 2 4 3 - 4	2 - 3 4 - 5 3 - 4	3 - 4 3
200	2 - 3 4 3 - 4	3 4 3 - 4	3 - 4 2 - 3
300	2 4 3	3 - 4 3 - 4 3 - 4	3 2 - 3

**Tabulka 6.13 : Pevnost a tažnost (ČSN 80 0812),
mačkovost (PNJ 728-80-71)
a splývavost (ČSN 80 0835) PES/ba pleteniny,
upravené akrylátovou disperzí**

	Koncentrace Sokratu 4924 [g.l ⁻¹]				
	0	50	100	200	300
Pevnost ve sloupku [N]	556	550	545	520	490
Tažnost ve sloupku [%]	106	89	88	87	85
Úhel zotavení za sucha [°]	76	-	89	93	101
Splývavost [%]	66	-	59	51	46



Obr.6.8 Pletenina PES/ba (upravená akrylátovou disperzí Sokrat 4924 o koncentraci 200 g.l^{-1})



Obr.6.9 Pletenina PES/ba upravená akrylátovou disperzí Sokrat 4924 o koncentraci 200 g.l^{-1} po přenosovém tisku barvivem Ostacetová červeně 1168 při $T = 200^\circ\text{C}$ a $t = 30 \text{ s}$

7 Vyhodnocení experimentálních výsledků

7.1 Vyhodnocení kinetické studie přenosového tisku PES pleteniny 1

Kinetiku přenosového tisku polyesterové pleteniny jsem studoval těmito způsoby:

- vyhodnocením úbytku disperzního barviva z papíru v závislosti na době přenosu (viz obr.7.1);
- popisem časové závislosti sorpce disperzního barviva polyesterovou pleteninou (viz obr.7.2);
- vyhodnocením vlivu počáteční koncentrace barviva na papíře na kinetiku přenosového tisku;
- hodnocením časové závislosti funkce Kubelky a Munka a časové závislosti spektrálních barevných rozdílů systému $L^*a^*b^*$;
- mikroskopickým pozorováním .

Při popisu kinetiky přenosového tisku jsem vycházel z analogie s popisem kinetiky izotermního vytahovacího způsobu barvení, pro kterou je publikována řada modelových vztahů (123-128).

Modely můžeme rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny řadíme modely, které vycházejí z představy, že řídicím dějem je difúze barviva do vlákn a základem jejich odvození jsou Fickovy zákony (123).

Modely druhé skupiny popisují barvicí proces na základě formální kinetiky tzv. rychlostními rovnicemi. Při jejich odvození se vychází z jednoduchých modelových představ, mají semi-empirický, resp. empirický charakter (124-128).

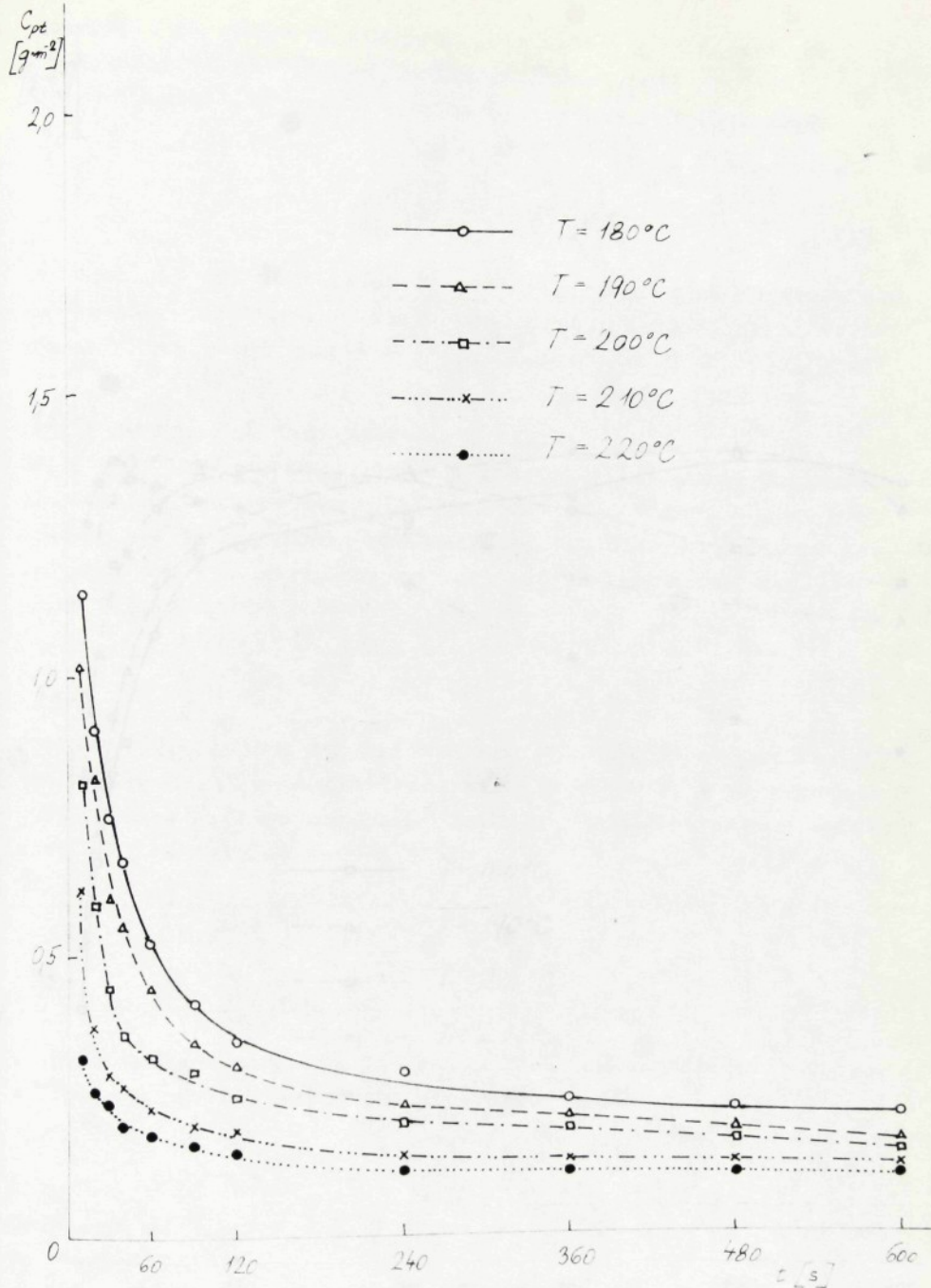
K popisu kinetiky přenosového tisku jsem použil rovnici

$$C_t^2 = C_\infty^2 \cdot K \cdot t^n (1 + K \cdot t^n)^{-1} \quad 7.1$$

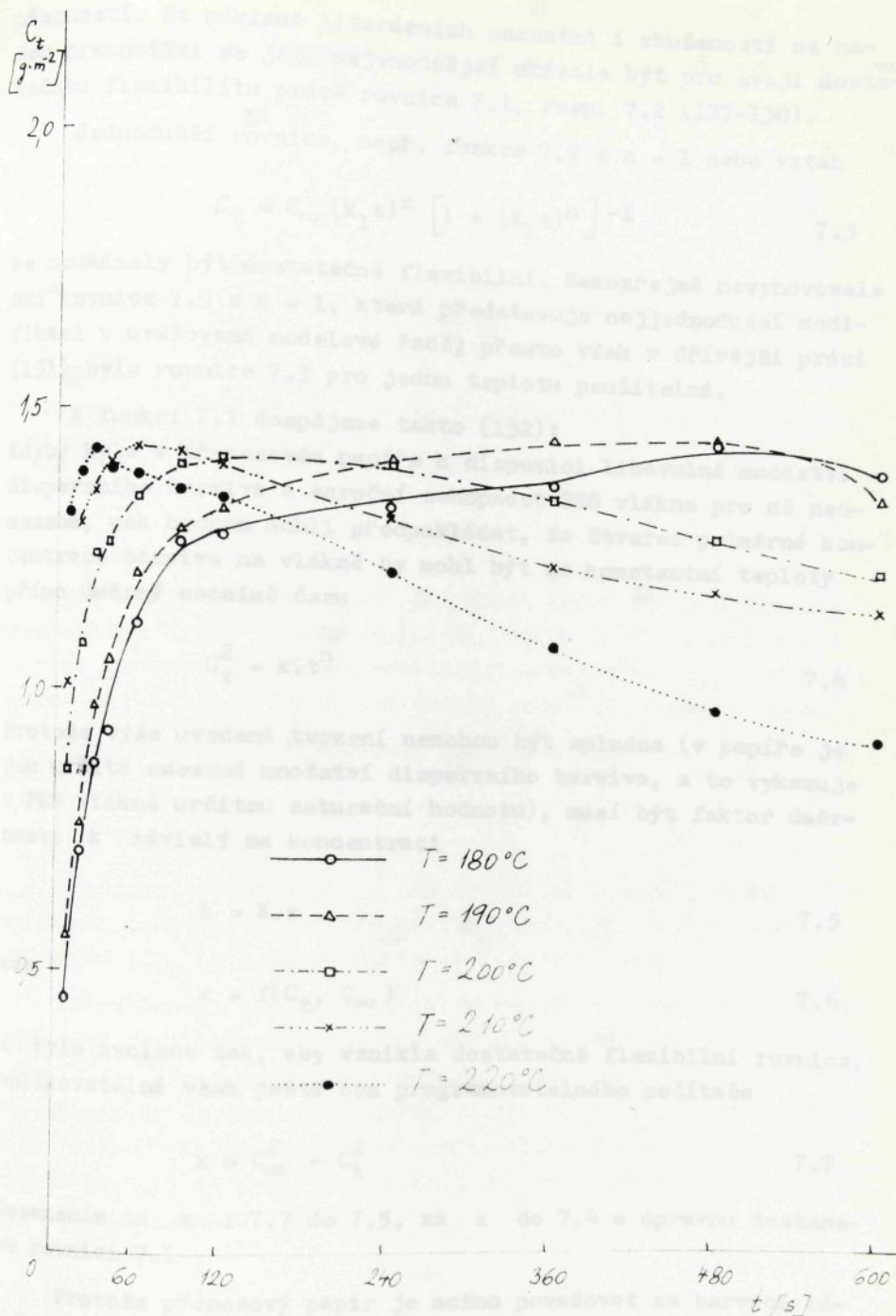
$$\text{resp.} \quad C_t^2 = C_\infty^2 (K_{\text{kor}} \cdot t)^n \left[1 + (K_{\text{kor}} \cdot t)^n \right]^{-1} \quad 7.2$$

Jde o modifikovanou Vickerstaffovu (124) kinetickou rovnici.

Pro vyhodnocení všech experimentálních bodů bylo žádoucí použít jednu kinetickou rovnici. S ohledem na rozdílný charakter získaných kinetických křivek bylo nutné zvolit rovnici dostatečně "statisticky robustní", která by ve všech případech interpretovala experimentálně zjištěná data s dostatečnou



Obr.7.1 Časová závislost úbytku disperzního barviva z papíru



Obr.7.2 Časová závislost sorpce disperzního barviva PES pleteninou 1

přesností. Na základě literárních poznatků i zkušeností na našem pracovišti se jako nejvhodnější ukázala být pro svojí dostatečnou flexibilitu právě rovnice 7.1, resp. 7.2 (127-130).

Jednodušší rovnice, např. funkce 7.2 s $n = 1$ nebo vztah

$$C_t = C_{\infty} (K_1 t)^n [1 + (K_1 t)^n]^{-1} \quad 7.3$$

se neukázaly být dostatečně flexibilní. Samozřejmě nevyhovovala ani rovnice 7.3 s $n = 1$, která představuje nejjednodušší modifikaci v uvažované modelové řadě; přesto však v dřívější práci (131) byla rovnice 7.3 pro jednu teplotu použitelná.

K funkci 7.1 dospějeme takto (132):

Kdyby bylo v přenosovém papíře k dispozici libovolné množství disperzního barviva a sorpční schopnost PES vlákna pro ně neomezená, pak bychom mohli předpokládat, že čtverec průměrné koncentrace barviva na vlákně by mohl být za konstantní teploty přímo úměrný mocnině času

$$C_t^2 = k \cdot t^n \quad 7.4$$

Protože výše uvedená tvrzení nemohou být splněna (v papíře je jen určité omezené množství disperzního barviva, a to vykazuje v PES vlákně určitou saturační hodnotu), musí být faktor úměrnosti k závislý na koncentraci

$$k = K \cdot x \quad 7.5$$

kde

$$x = f(C_t, C_{\infty}) \quad 7.6$$

x bylo zvoleno tak, aby vznikla dostatečně flexibilní rovnice, aplikovatelná však ještě bez programovatelného počítače

$$x = C_{\infty}^2 - C_t^2 \quad 7.7$$

Dosažením za x z 7.7 do 7.5, za k do 7.4 a úpravou dostaneme rovnici 7.1.

Protože přenosový papír je možno považovat za barvicí lázeň DB pro PES vlákna, lze převést vztah 7.1 v závislost C_{pt} na době přenosu, neboť platí

$$C_{pt} = C_{po} - C_t \cdot p^{-1} \quad 7.8$$

$$C_{p\infty} = C_{po} - C_{\infty} \cdot p^{-1} \quad 7.9$$

Po dosazení za C_t a C_{∞} v 7.1 z 7.8 a 7.9 rezultuje vztah 7.10

$$(C_{po} - C_{pt})^2 = (Z_t^0)^2 = K \cdot t^n \cdot (Z_{\infty}^0)^2 [1 + Kt^n]^{-1} \quad 7.10$$

resp.

$$(C_{po} - C_{pt})^2 = (Z_t^0)^2 = (Z_{\infty}^0)^2 (K_{kor} t)^n [1 + (K_{kor} t)^n]^{-1} \quad 7.11$$

Maximální množství uvolnitelného disperzního barviva z přenosového papíru odpovídá

$$C_{\infty} \text{ teor} = C_{po} - C_{p\infty} = Z_{\infty}^0 \quad 7.12$$

Rychlostní konstanta K je přímou mírou celkové rychlosti přenosového tisku; v rovnici 7.1 má rozměr $[s^{-n}]$. Rovnice 7.2 je však korektnější, neboť rychlostní konstanta K_{kor} je korigována na "delay in time", má rozměr $[čas^{-1}]$, konkrétně $[s^{-1}]$.

Pro korigovanou rychlostní konstantu platí

$$K_{kor} = K^{1/n} \quad 7.13$$

Převratná hodnota K_{kor} má fyzikální význam střední doby existence jednotlivé částice barviva, jakožto částice nezávisle pohyblivé (tj. do její imobilizace adsorpcí) (133).

Ke zvládnutí popisu kinetiky přenosového tisku při různých teplotách jsem určoval teplotní závislost konstant rovnice 7.2, resp. 7.11. Získá se tak matematický model, popisující závislost C_{pt} , resp. C_t na dvou proměnných, nejen na době přenosu, nýbrž i na teplotě. Určení závislosti všech konstant matematického modelu na teplotě není vždy jednoduché vzhledem ke složitosti sledovaného procesu.

7.1.1 Vyhodnocení úbytku disperzního barviva z papíru v závislosti na době přenosu

7.1.1.1 Rovnovážná koncentrace DB na papíře ($C_{p\infty}$)

Vyhodnocení úbytku disperzního barviva z papíru v závislosti na době přenosu vyžaduje nejprve výpočet pravděpodobné rovnovážné koncentrace DB na papíru.

Předpoklad, že papír zadržuje určité množství DB v rovnovážném stavu, je korektnější než představa, že DB je schopno z papíru kvantitativně vysublimovat, že v rovnováze by byla koncentrace DB v papíru nulová.

Rovnovážná koncentrace pro $t \rightarrow \infty$ byla pro každou teplotu vypočtena z dvojic posledních pěti experimentálních bodů podle vztahů 7.14 a 7.15

$$C_{p\infty} = C_1 \cdot C_2 \sqrt{\frac{1 - \alpha}{C_1^2 - C_2^2 \alpha}} \quad 7.14$$

$$\alpha = \frac{t_1}{t_2} \quad 7.15$$

Vzorec 7.14 je odvoditelný z funkce 7.2 pro $n = 1$ (132).

Vypočtené hodnoty $C_{p\infty}$, získané z váženého průměru, jsou uvedeny ve 3. sloupci tabulky 7.1 spolu s hodnotou reziduální koncentrace RK, která udává, kolik procent činí $C_{p\infty}$ (při dané teplotě) z počáteční koncentrace barviva na papíru C_{po}

$$RK = \frac{C_{p\infty}}{C_{po}} \cdot 10^2 \quad [\%] \quad 7.16$$

Je zřejmé, že průměrná koncentrace barviva na papíře v rovnováze s rostoucí teplotou klesá. Tato skutečnost svědčí o tom, že zvýšená teplota vede k úplnější sublimaci DB (viz obr. 7.3).

Závislost $C_{p\infty}$ na T jsem se pokusil nahradit přímkou proloženou metodou nejmenších čtverců ($\alpha = -0,00242$, $q = 1,28942$). Vypočtené hodnoty $C_{p\infty}$ jsou uvedeny v 5. sloupci tabulky 7.1, chyba interpretace je v 6. sloupci. Přesnost popisu je poměrně dobrá, průměrná chyba je 3,06 %.

Tabulka 7.1 : Hodnoty rovnovážné a reziduální koncentrace DB na papíru

1	2	3	4	5	6
T_c [°C]	T [K]	$C_{p\infty}$ [g.m ⁻²]	RK [%]	$C_{p\infty \text{ vyp}}$ [g.m ⁻²]	χ [%]
180	453,15	0,197	12,03	0,193	-2,13
190	463,15	0,162	9,89	0,169	4,07
200	473,15	0,148	9,04	0,144	-2,43
210	483,15	0,116	7,09	0,120	3,62
220	493,15	0,099	6,05	0,096	-3,03
prům. $ \chi = 3,06 \%$					

7.1.1.2 Matematický model závislosti C_{pt} na době přenosu

K popisu izotermních křivek úbytku DB z přenosového papíru v závislosti na čase (viz obr. 7.1) byla použita rovnice 7.11. Tuto rovnici můžeme linearizovat vynesním

$$\ln \frac{(z_t^0)^2}{(z_\infty^0)^2 - (z_t^0)^2} = \ln Z \quad 7.17$$

proti $\ln t$. Konstanty získané přímkou 7.18 mají význam

$$\ln Z = \alpha \ln t + q \quad 7.18$$

směrnice

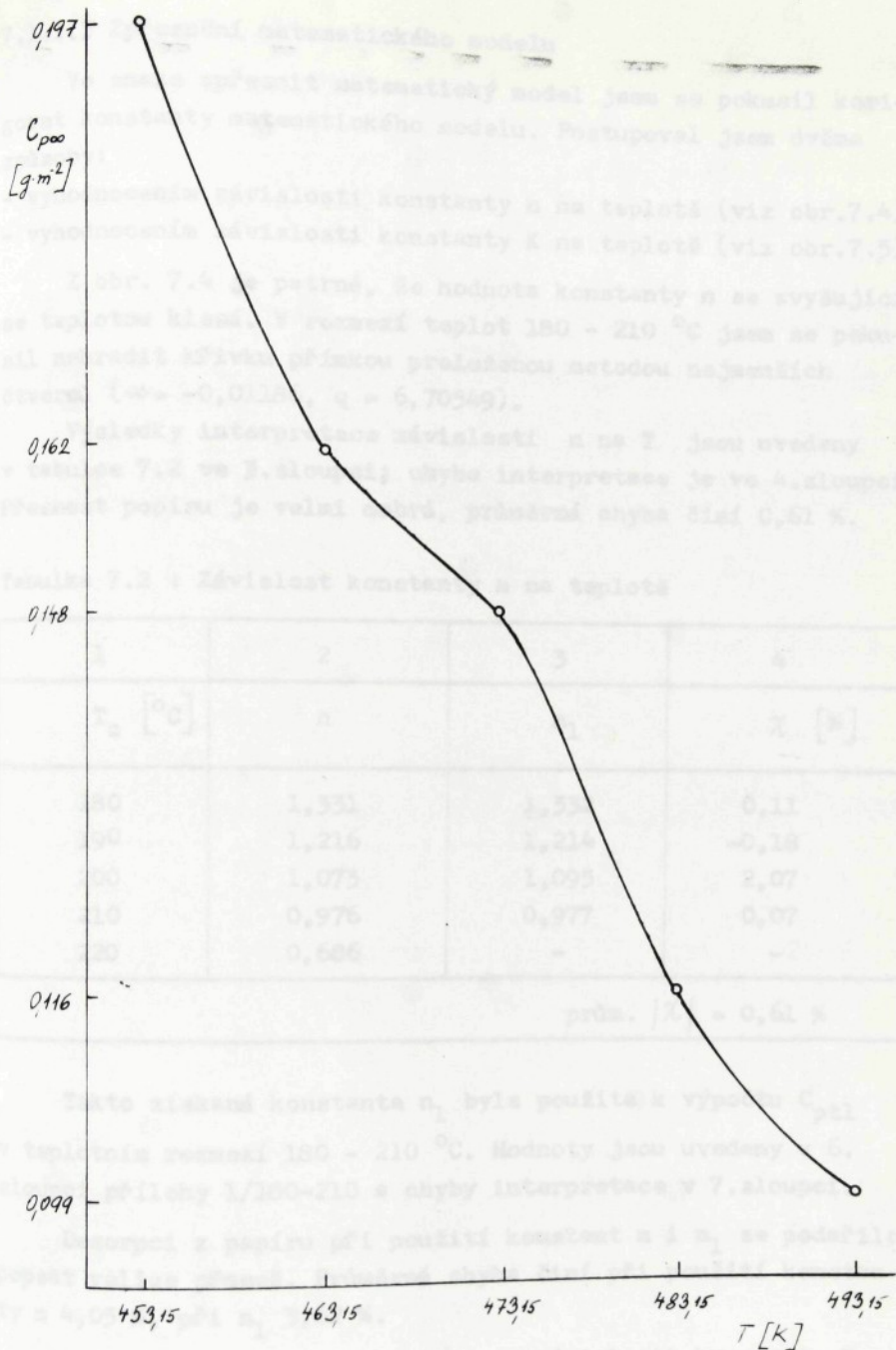
$$\alpha = n$$

úsek

$$q = n \ln K_{kor}$$

Vypočtené hodnoty konstant rovnice 7.11 jsou uvedeny v posledním řádku přílohy 1/180-220. Výsledky interpretace závislosti C_{pt} na t jsou uvedeny ve 4.sloupci přílohy 1/180-220, chyba interpretace je v 5.sloupci.

Vidíme, že přesnost popisu je celkem vyhovující. Nejvyšší přesnosti se dosáhlo při 180°C (1,88 %) a nejvyšší průměrná chyba se objevuje při 220°C (6,14 %).



Obr.7.3 Závislost rovnovážné koncentrace DB v papíru na teplotě

7.1.1.3 Zpřesnění matematického modelu

Ve snaze zpřesnit matematický model jsem se pokusil korigovat konstanty matematického modelu. Postupoval jsem dvěma způsoby:

- vyhodnocením závislosti konstanty n na teplotě (viz obr.7.4);
- vyhodnocením závislosti konstanty K na teplotě (viz obr.7.5).

Z obr. 7.4 je patrné, že hodnota konstanty n se zvyšující se teplotou klesá. V rozmezí teplot 180 - 210 °C jsem se pokusil nahradit křivku přímkou proloženou metodou nejmenších čtverců ($\alpha = -0,01186$, $q = 6,70549$).

Výsledky interpretace závislosti n na T jsou uvedeny v tabulce 7.2 ve 3.sloupci; chyba interpretace je ve 4.sloupci. Přesnost popisu je velmi dobrá, průměrná chyba činí 0,61 %.

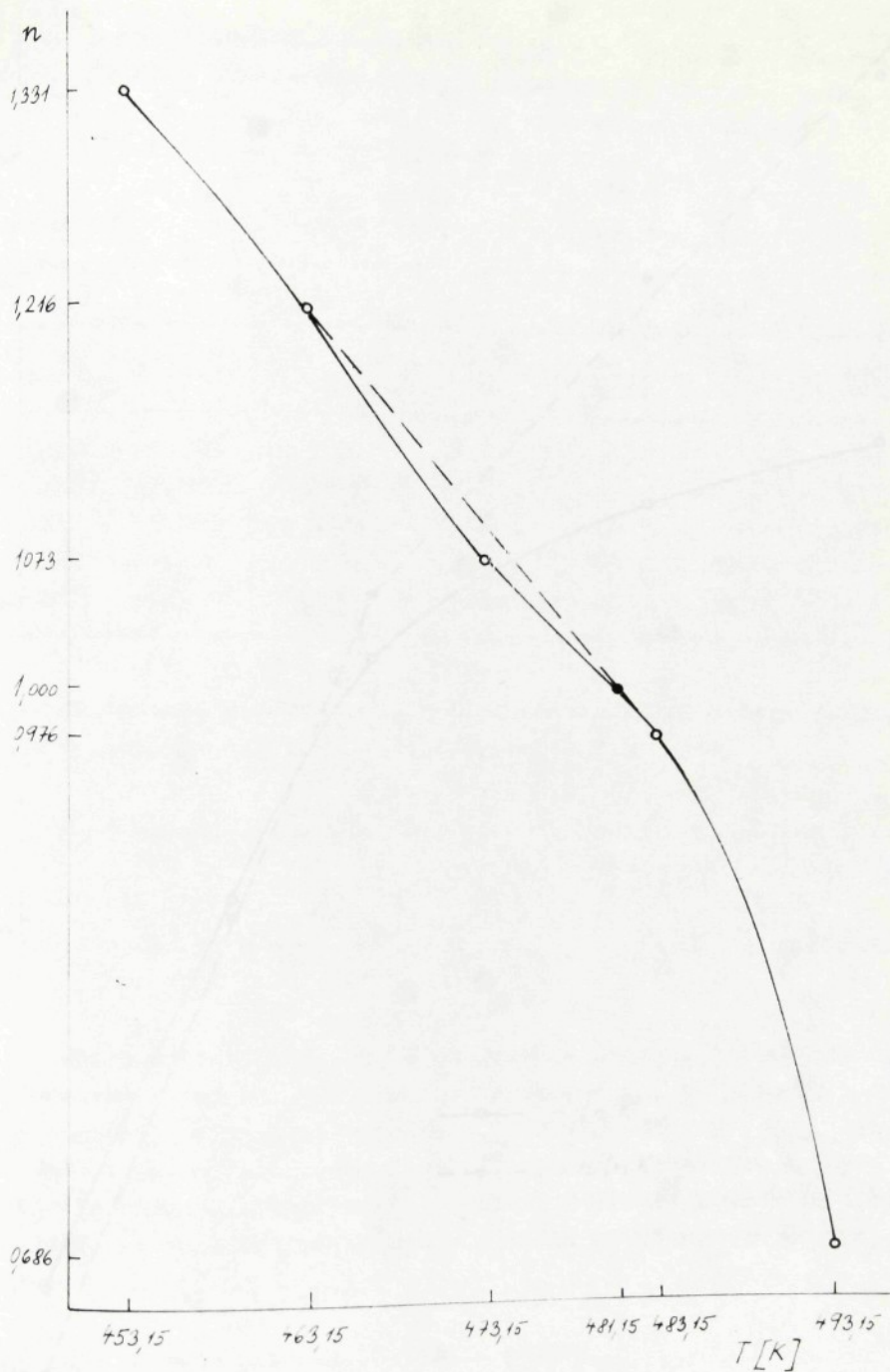
Tabulka 7.2 : Závislost konstanty n na teplotě

1	2	3	4
T_c [°C]	n	n_1	χ [%]
180	1,331	1,332	0,11
190	1,216	1,214	-0,18
200	1,073	1,095	2,07
210	0,976	0,977	0,07
220	0,686	-	-
prům. $ \chi = 0,61 \%$			

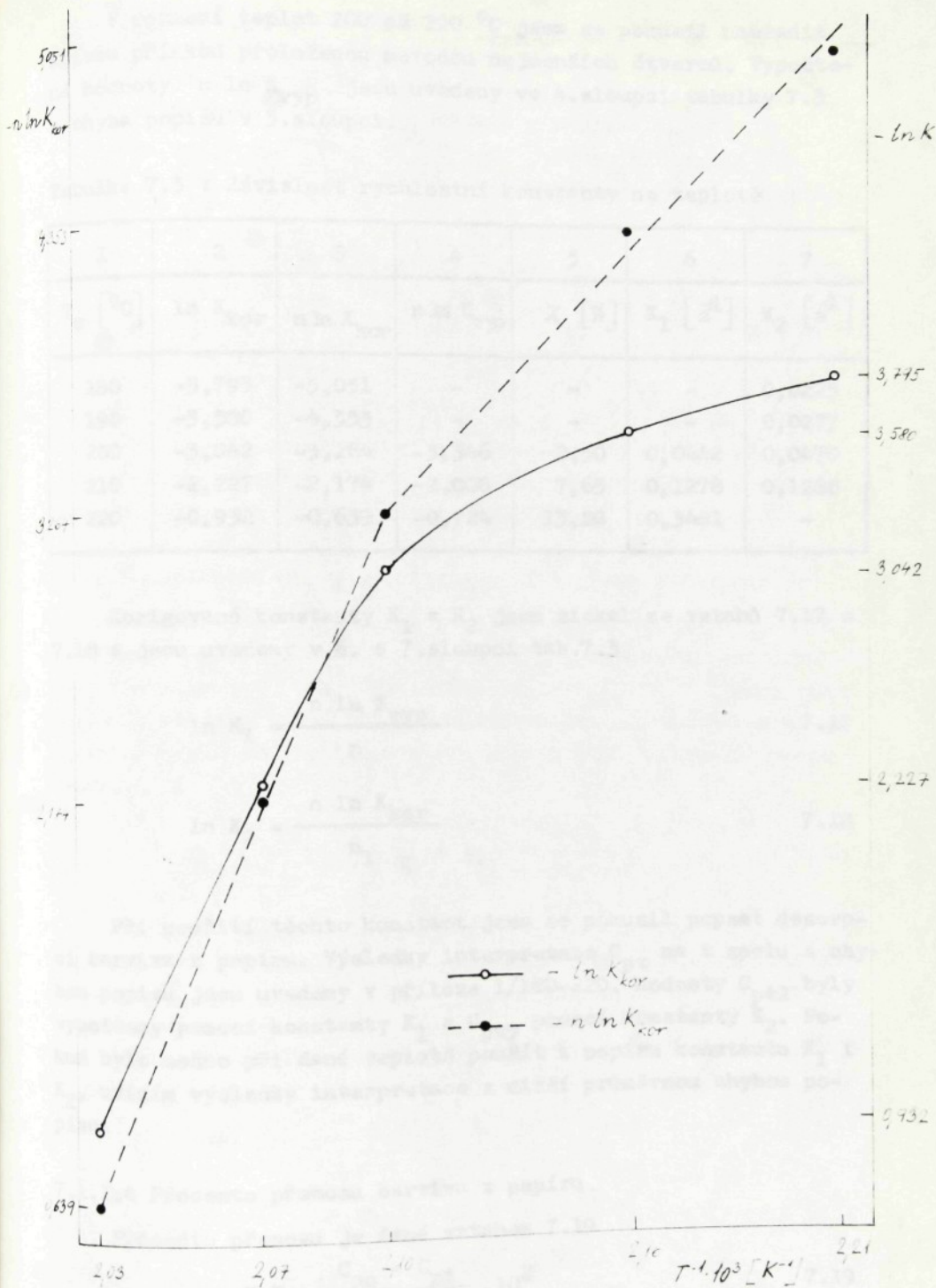
Takto získaná konstanta n_1 byla použita k výpočtu C_{ptl} v teplotním rozmezí 180 - 210 °C. Hodnoty jsou uvedeny v 6. sloupci přílohy 1/180-210 a chyby interpretace v 7.sloupci.

Desorpci z papíru při použití konstant n i n_1 se podařilo popsat velice přesně. Průměrná chyba činí při použití konstanty n 4,05 %, při n_1 3,62 %.

Dále jsem se zabýval sledováním závislosti konstanty K_{kor} na teplotě. Rychlostní konstanta K_{kor} s teplotou roste (viz příloha 1/180-220). Vynesením $\ln K_{kor}$ proti T^{-1} se získá křivková závislost (viz obr.7.5).



Obr.7.4 Závislost konstanty n na teplotě



Obr.7.5 Závislost rychlostní konstanty na teplotě

V rozmezí teplot 200 až 220 °C jsem se pokusil nahradit křivku přímkou proloženou metodou nejmenších čtverců. Vypočtené hodnoty $n \ln K_{\text{vyp}}$ jsou uvedeny ve 4. sloupci tabulky 7.3 a chyba popisu v 5. sloupci.

Tabulka 7.3 : Závislost rychlostní konstanty na teplotě

1	2	3	4	5	6	7
$T_c [^{\circ}\text{C}]$	$\ln K_{\text{kor}}$	$n \ln K_{\text{kor}}$	$n \ln K_{\text{vyp}}$	$\chi [\%]$	$K_1 [\text{s}^{-1}]$	$K_2 [\text{s}^{-1}]$
180	-3,795	-5,051	-	-	-	0,0225
190	-3,580	-4,353	-	-	-	0,0277
200	-3,042	-3,264	-3,346	2,50	0,0442	0,0470
210	-2,227	-2,174	-2,008	7,65	0,1278	0,1280
220	-0,932	-0,639	-0,724	13,28	0,3481	-

Korigované konstanty K_1 a K_2 jsem získal ze vztahů 7.17 a 7.18 a jsou uvedeny v 6. a 7. sloupci tab. 7.3

$$\ln K_1 = \frac{n \ln K_{\text{vyp}}}{n} \quad 7.17$$

$$\ln K_2 = \frac{n \ln K_{\text{kor}}}{n_1} \quad 7.18$$

Při použití těchto konstant jsem se pokusil popsat desorpci barviva z papíru. Výsledky interpretace C_{pt} na t spolu s chybou popisu jsou uvedeny v příloze 1/180-220. Hodnoty $C_{\text{pt}2}$ byly vypočteny pomocí konstanty K_1 a $C_{\text{pt}3}$ pomocí konstanty K_2 . Pokud bylo možno při dané teplotě použít k popisu konstantu K_1 i K_2 , uvádím výsledky interpretace s nižší průměrnou chybou popisu.

7.1.1.4 Procento přenosu barviva z papíru

Procento přenosu je dané vztahem 7.19

$$\% P = \frac{C_{\text{po}} - C_{\text{pt}}}{C_{\text{po}}} \cdot 10^2 \quad 7.19$$

Vypočtené hodnoty procenta přenosu pro všechny sledované časy a teploty jsou uvedeny v tabulce 7.4.

Procento přenosu je vhodným ekonomickým ukazatelem. Nedsáhne 100 % ani v rovnováze, protože v papíru zůstává DB v koncentraci $C_{p\infty}$. Hodnoty % P jsou uvedeny v tabulce 7.4 spolu s kvantitativností přenosu Q, vypočtené podle vztahu 7.20

$$Q = \frac{C_t \text{ exp}}{C_t \text{ teor}} \cdot 10^2 \quad 7.20$$

$$C_t \text{ teor} = C_{po} - C_{pt} = Z_t^0 \quad 7.21$$

Ukazuje se, že kvantitativnost přenosu Q je při kratších dobách přenosu většinou blízká 100 %; se zvyšujícím se prodifundováním DB rubovou stranou textilie klesá.

7.1.1.5 Aktivační energie sublimace DB z přenosového papíru

Na obr.7.5 je znázorněna grafická závislost $\ln K_{kor}$ na T^{-1} . Je zřejmé, že rychlostní konstanta K_{kor} s teplotou roste, nikoli však arrheniovsky (tzn., že závislost $\ln K_{kor}$ na T^{-1} není lineární). V tomto případě lze vypočítat aktivační energii z nekorrigované rychlostní konstanty pro každou teplotu zvlášť podle vztahu 7.22

$$n \ln K_{kor} = n \ln K_{\infty} - \frac{n E_a}{RT} \quad 7.22$$

Vypočtené hodnoty E_a spolu s $\ln K_{\infty}$ a K_{∞} jsou uvedeny v tabulce 7.5. V horním řádku jsou hodnoty vypočtené s použitím konstanty n, ve spodním řádku s použitím konstanty n_1 .

Tabulka 7.4 : Procento přenosu DB z papíru a kvantitativnost přenosu DB na polyesterovou pleteninu

Exp. bod	T [s]	180°C		190°C		200°C		210°C		220°C	
		%P [%]	Q [%]	%P [%]	Q [%]	%P [%]	Q [%]	%P [%]	Q [%]	%P [%]	Q [%]
1	10	29,93	92,04	37,57	91,38	50,64	103,02	62,06	99,41	80,57	99,84
2	20	44,65	97,13	49,85	92,89	65,65	105,65	77,09	102,61	84,24	100,58
3	30	54,25	97,52	62,98	93,99	72,88	103,94	81,73	100,97	85,46	102,07
4	40	58,89	95,45	66,04	97,13	77,76	99,14	83,45	101,98	87,66	97,21
5	60	67,93	100,45	72,69	101,34	80,39	101,82	86,01	101,70	88,76	95,18
6	90	74,47	103,20	78,99	98,99	82,04	104,02	87,84	98,82	89,80	92,11
7	120	78,56	99,14	81,19	99,47	84,67	101,73	88,39	96,89	90,78	90,24
8	240	81,86	99,40	86,13	99,93	87,48	98,74	91,45	87,71	92,91	79,75
9	360	85,28	98,64	88,94	99,86	88,39	93,37	91,81	81,84	93,22	71,30
10	480	86,19	103,05	89,49	99,52	89,74	87,54	92,18	78,93	93,40	63,64
11	600	86,93	98,81	89,62	92,43	90,96	82,40	92,61	76,25	93,52	59,96

Tabulka 7.5 : Aktivační energie sublimace DB z přenosového papíru

T_c [°C]	180	190	200	210	220
E_a [kJ.mol ⁻¹]	- 190,9	- 209,5	236,4 232,2	260,6 260,3	370,7 -
$\ln K_\infty$	- 46,0214	- 50,4946	57,1300 55,9822	62,8079 62,7436	89,3593 -
K_∞	- 9,7024.10 ¹⁹	- 8,5026.10 ²¹	6,4752.10 ²⁴ 2,0548.10 ²⁴	1,8929.10 ²⁷ 1,7750.10 ²⁷	6,4309.10 ³⁸ -
$\frac{E_a}{\ln K_\infty}$	- 4,148	- 4,149	4,138 4,148	4,149 4,149	4,148 -

7.1.2 Popis časové závislosti sorpce disperzního barviva polyesterovou pleteninou

7.1.2.1 Průměrná koncentrace barviva na vlákne v rovnováze (C_∞)

Stejně jako pro úbytek DB z papíru, bylo nutné k popisu kinetiky sorpce DB určit rovnovážnou koncentraci barviva na vlákne v čase $t \rightarrow \infty$.

Jednou z možností určení C_∞ je použití hodnot získaných z vyhodnocování úbytku DB z papíru. Podle vztahu 7.23 vypočteme teoretickou hodnotu C_∞ , která odpovídá maximálnímu uvolnitelnému množství DB z přenosového papíru.

$$C_\infty \text{ teor} = C_{po} - C_{p\infty} \quad 7.23$$

Závislost $C_\infty \text{ teor}$ na teplotě je uvedena na obr.7.6. Je zřejmé, že $C_\infty \text{ teor}$ s teplotou roste.

7.1.2.2 Matematický model závislosti C_t na době přenosu

K popisu časové závislosti sorpce DB polyesterovou pleteninou (viz obr.7.2) jsem použil funkci 7.2. Tuto funkci je možno linearizovat vynesním

$$\ln \frac{C_t^2}{C_\infty^2 - C_t^2} = \ln Z \quad 7.24$$

proti $\ln t$. Podobně jako při vyhodnocování úbytku DB z papíru mají konstanty získané přímkou 7.25 význam

$$\ln Z = \alpha \ln t + q \quad 7.25$$

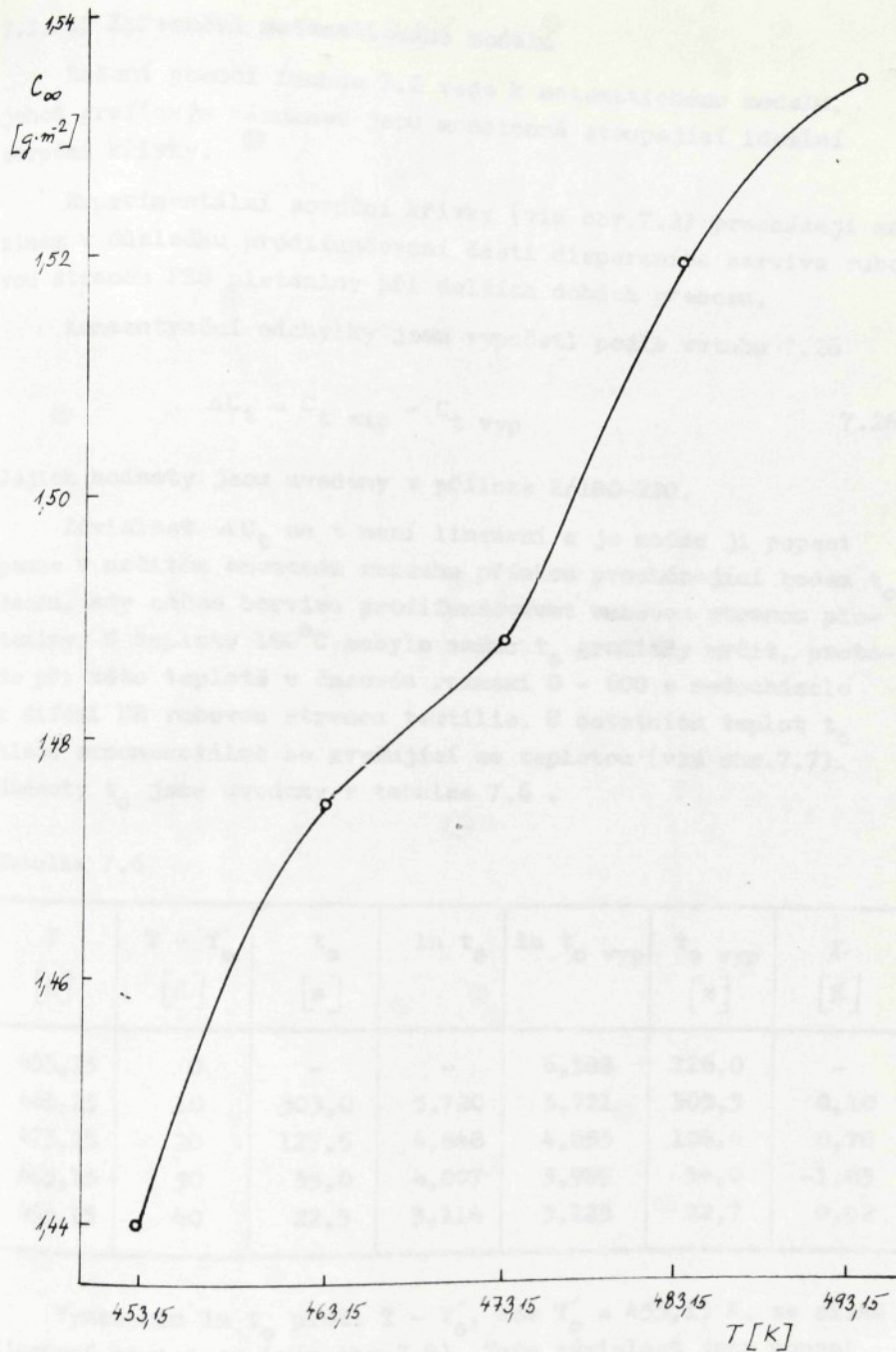
směrnice

$$\alpha = n$$

úsek

$$q = n \ln K_{kor}$$

Vypočtené hodnoty konstant funkce 7.2 jsou uvedeny v 6. sloupci přílohy 2/180-220. Chyba interpretace v 7.sloupci je uvedena pouze pro stoupající část křivek časové závislosti C_t , tj. až do doby, kdy nastane difúze rubovou stranou pleteniny. Přesnost tohoto popisu je výborná, průměrná chyba se pohybuje od 0,94 do 2,41 %.



Obr.7.6 Závislost průměrné koncentrace barviva na vlákne v rovnováze na teplotě

7.1.2.3 Zpřesnění matematického modelu

Řešení pomocí funkce 7.2 vede k matematickému modelu, jehož grafickým záznamem jsou monotonně stoupající ideální sorpční křivky.

Experimentální sorpční křivky (viz obr.7.2) procházejí maximem v důsledku prodifundování části disperzního barviva rubovou stranou PES pleteniny při delších dobách přenosu.

Koncentrační odchylky jsou vypočítány podle vztahu 7.26

$$\Delta C_t = C_t \text{ exp} - C_t \text{ vyp} \quad 7.26$$

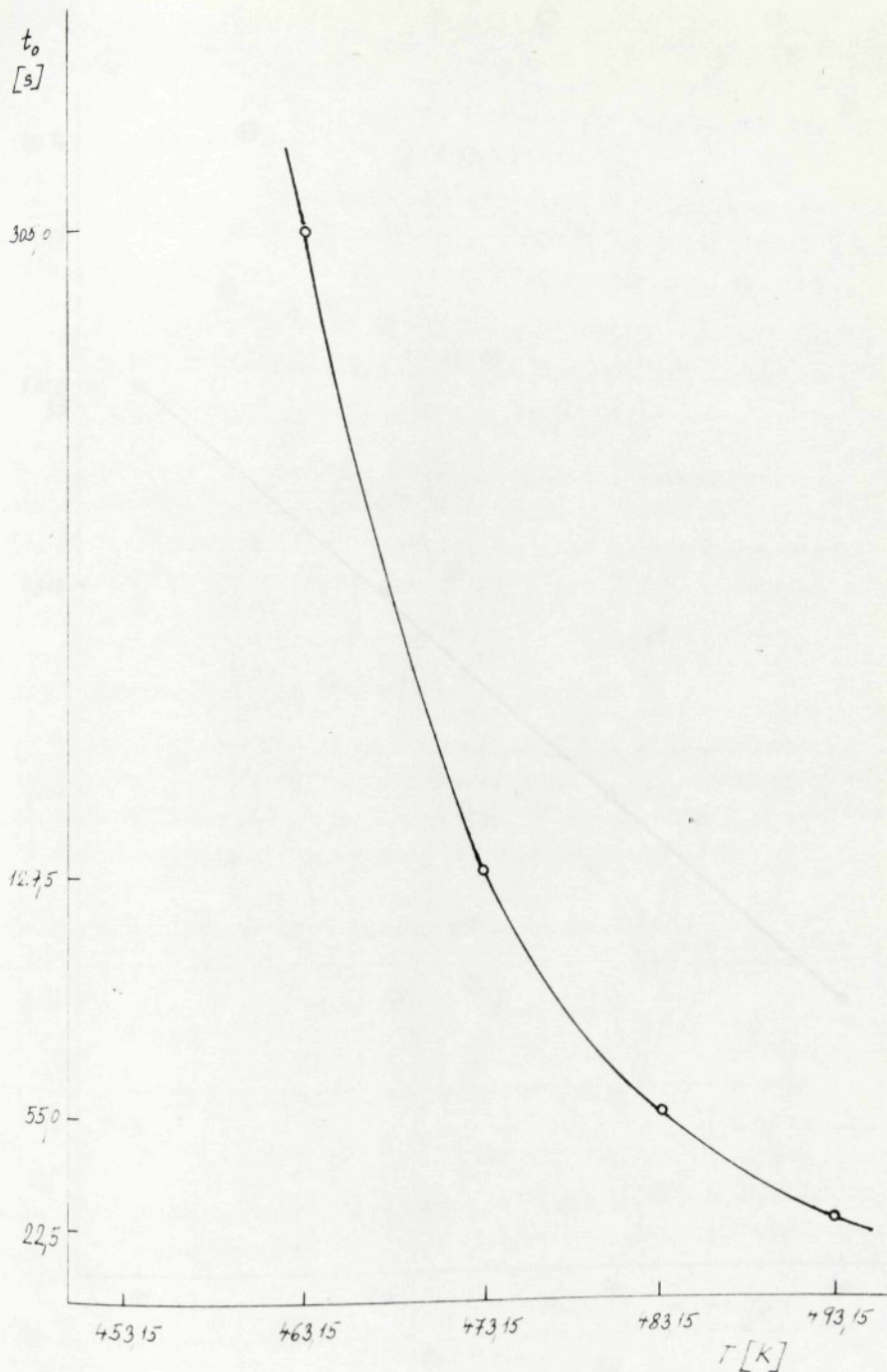
Jejich hodnoty jsou uvedeny v příloze 2/180-220.

Závislost ΔC_t na t není lineární a je možno ji popsat pouze v určitém omezeném rozsahu přímkou procházející bodem t_0 , časem, kdy začne barvivo prodifundovávat rubovou stranou pleteniny. U teploty 180°C nebylo možno t_0 graficky určit, protože při této teplotě v časovém rozmezí 0 - 600 s nedocházelo k difúzi DB rubovou stranou textilie. U ostatních teplot t_0 klesá exponenciálně se zvyšující se teplotou (viz obr.7.7). Hodnoty t_0 jsou uvedeny v tabulce 7.6.

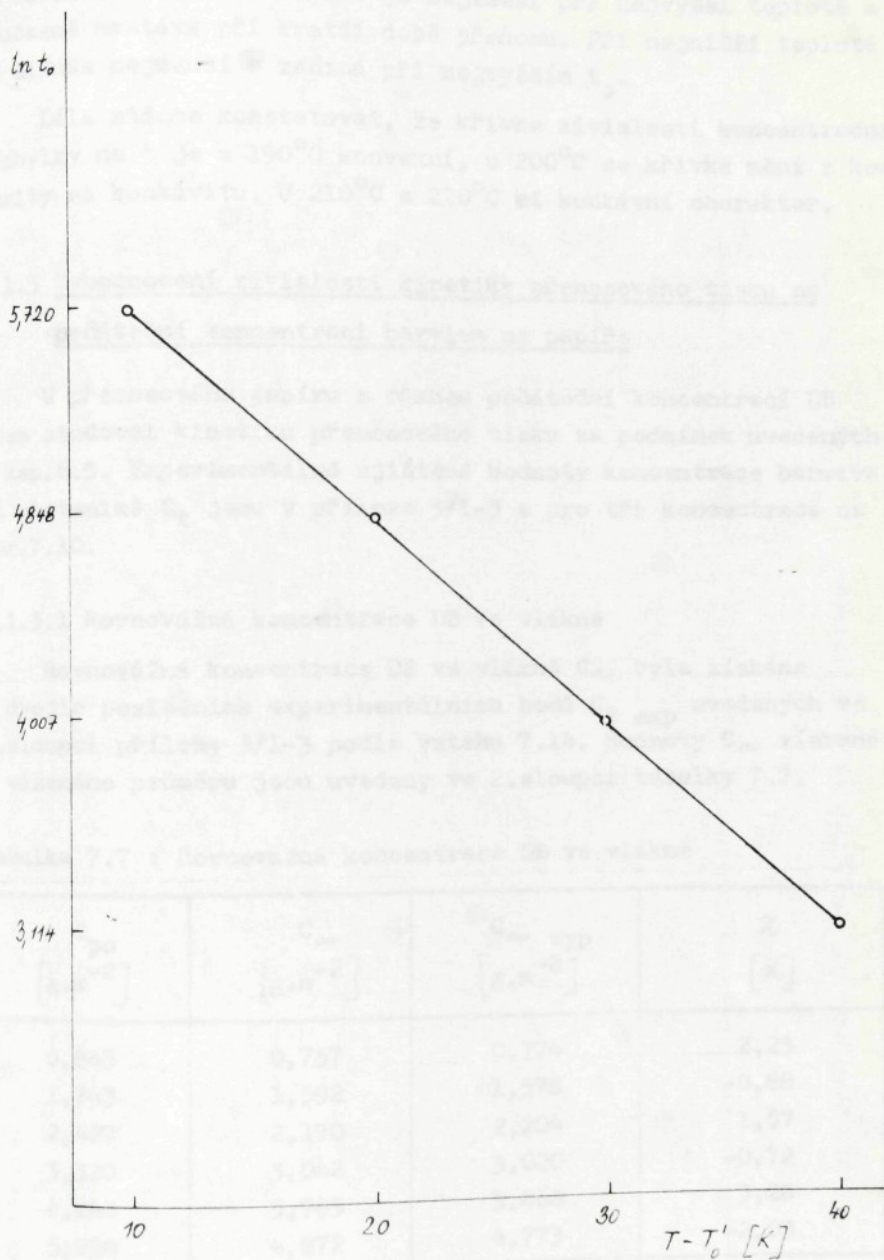
Tabulka 7.6

T [K]	$T - T'_0$ [K]	t_0 [s]	$\ln t_0$	$\ln t_0 \text{ vyp}$	$t_0 \text{ vyp}$ [s]	χ [%]
453,15	0	-	-	6,588	726,0	-
463,15	10	305,0	5,720	5,721	305,3	0,10
473,15	20	127,5	4,848	4,855	128,4	0,70
483,15	30	55,0	4,007	3,989	54,0	-1,83
493,15	40	22,5	3,114	3,123	22,7	0,92

Vynesením $\ln t_0$ proti $T - T'_0$, kde $T'_0 = 453,15$ K, se získá lineární závislost (viz obr.7.8). Tuto závislost jsem popsal rovnicí přímky ($\alpha = -0,08662$, $q = 6,5875$) a vypočítal hodnoty $\ln t_0 \text{ vyp}$ a odtud $t_0 \text{ vyp}$. Hodnoty jsou uvedeny v tab.7.6, chyba popisu je malá.



Obr.7.7 Závislost t_0 na teplotě



Obř.7.8 Závislost $\ln t_0$ na $T - T'_0$

Ze závislosti ΔC_t na t (viz obr.7.9) je zřejmé, že difúze DB rubovou stranou textilie je největší při nejvyšší teplotě a současně nastává při kratší době přenosu. Při nejnižší teplotě je difúze nejmenší a začíná při nejvyšším t_0 .

Dále můžeme konstatovat, že křivka závislosti koncentrační odchylky na t je u 190°C konvexní, u 200°C se křivka mění z konvexity na konkávitu. U 210°C a 220°C má konkávní charakter.

7.1.3 Vyhodnocení závislosti kinetiky přenosového tisku na počáteční koncentraci barviva na papíře

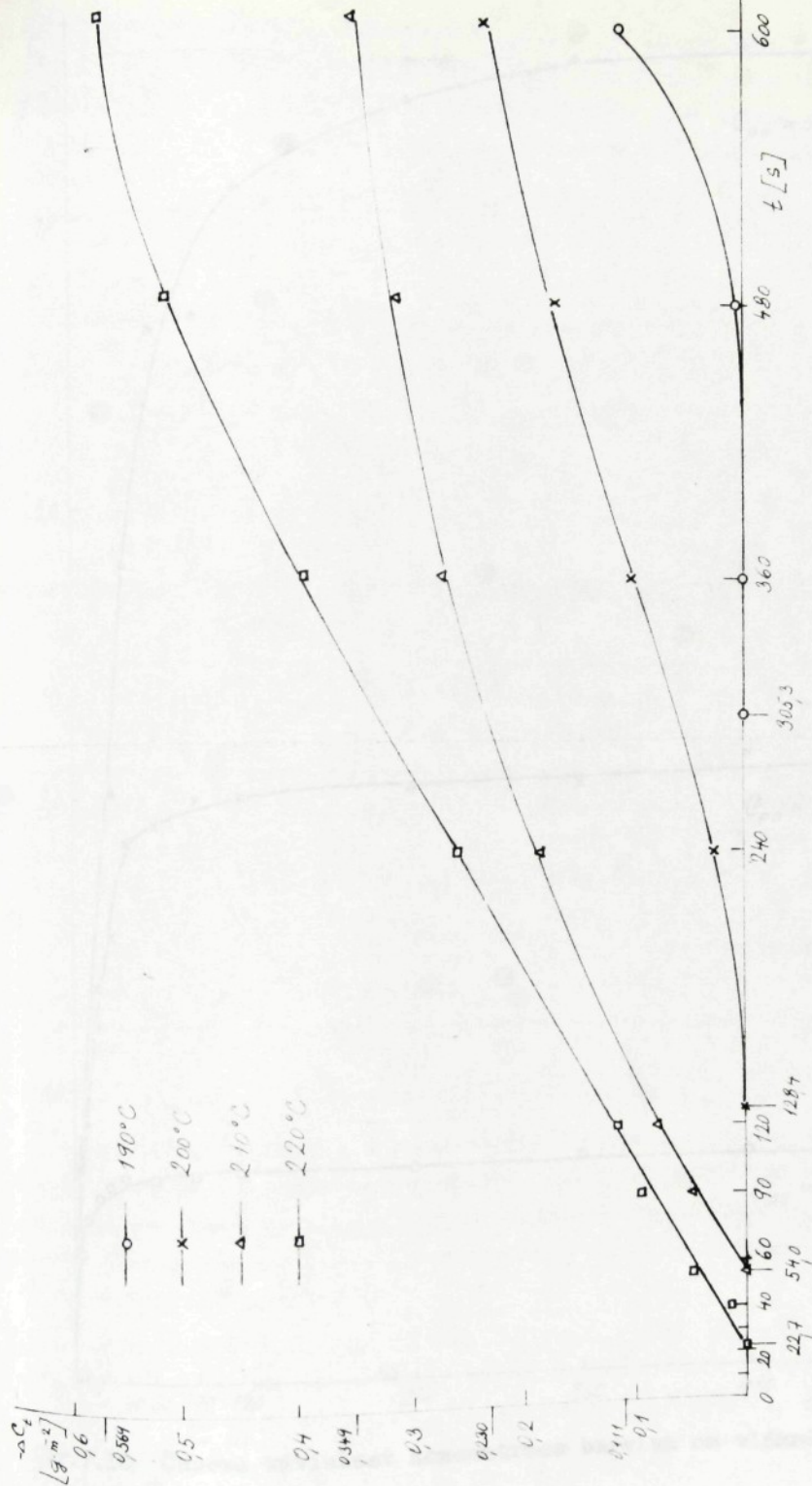
U přenosového papíru s různou počáteční koncentrací DB jsem studoval kinetiku přenosového tisku za podmínek uvedených v kap.6.5. Experimentálně zjištěné hodnoty koncentrace barviva na pletenině C_t jsou v příloze 3/1-3 a pro tři koncentrace na obr.7.10.

7.1.3.1 Rovnovážná koncentrace DB ve vlákne

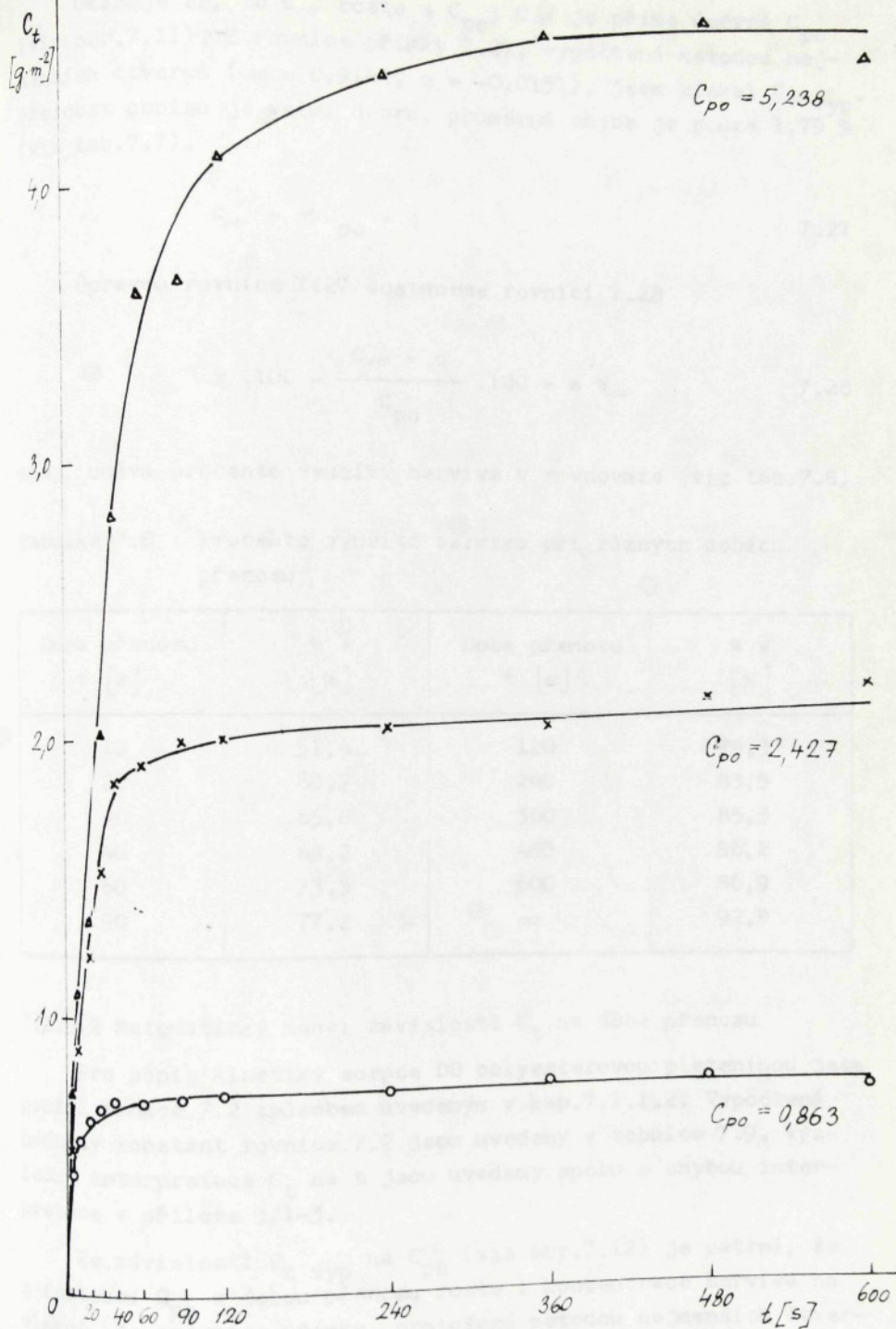
Rovnovážná koncentrace DB ve vlákne C_∞ byla získána z dvojic posledních experimentálních bodů $C_t \text{ exp}$ uvedených ve 2.sloupci přílohy 3/1-3 podle vztahu 7.14. Hodnoty C_∞ získané z váženého průměru jsou uvedeny ve 2.sloupci tabulky 7.7.

Tabulka 7.7 : Rovnovážná koncentrace DB ve vlákne

C_{po} [g.m ⁻²]	C_∞ [g.m ⁻²]	$C_\infty \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]
0,863	0,757	0,774	2,25
1,743	1,592	1,578	-0,88
2,427	2,170	2,204	1,57
3,320	3,042	3,020	-0,72
4,248	3,745	3,868	3,28
5,238	4,872	4,773	-2,03
prům. $ \chi = 1,79$			



Obr.7.9 Závislost koncentrační odchylky na době přenosu



Obr.7.10 Časová závislost koncentrace barviva na vlákne

Ukazuje se, že C_{∞} roste s C_{po} ; C_{∞} je přímo úměrné C_{po} (viz obr.7.11). Z rovnice přímky 7.27, vypočtené metodou nejmenších čtverců ($\alpha = 0,9142$, $q = -0,0151$), jsem získal $C_{\infty \text{ vyp.}}$. Přesnost popisu je velmi dobrá, průměrná chyba je pouze 1,79 % (viz tab.7.7).

$$C_{\infty} = \alpha C_{po} + q \quad 7.27$$

Úpravou rovnice 7.27 dostaneme rovnici 7.28

$$\alpha \cdot 100 = \frac{C_{\infty} - q}{C_{po}} \cdot 100 = \% W_{\infty} \quad 7.28$$

$\% W_{\infty}$ udává procento využití barviva v rovnováze (viz tab.7.8).

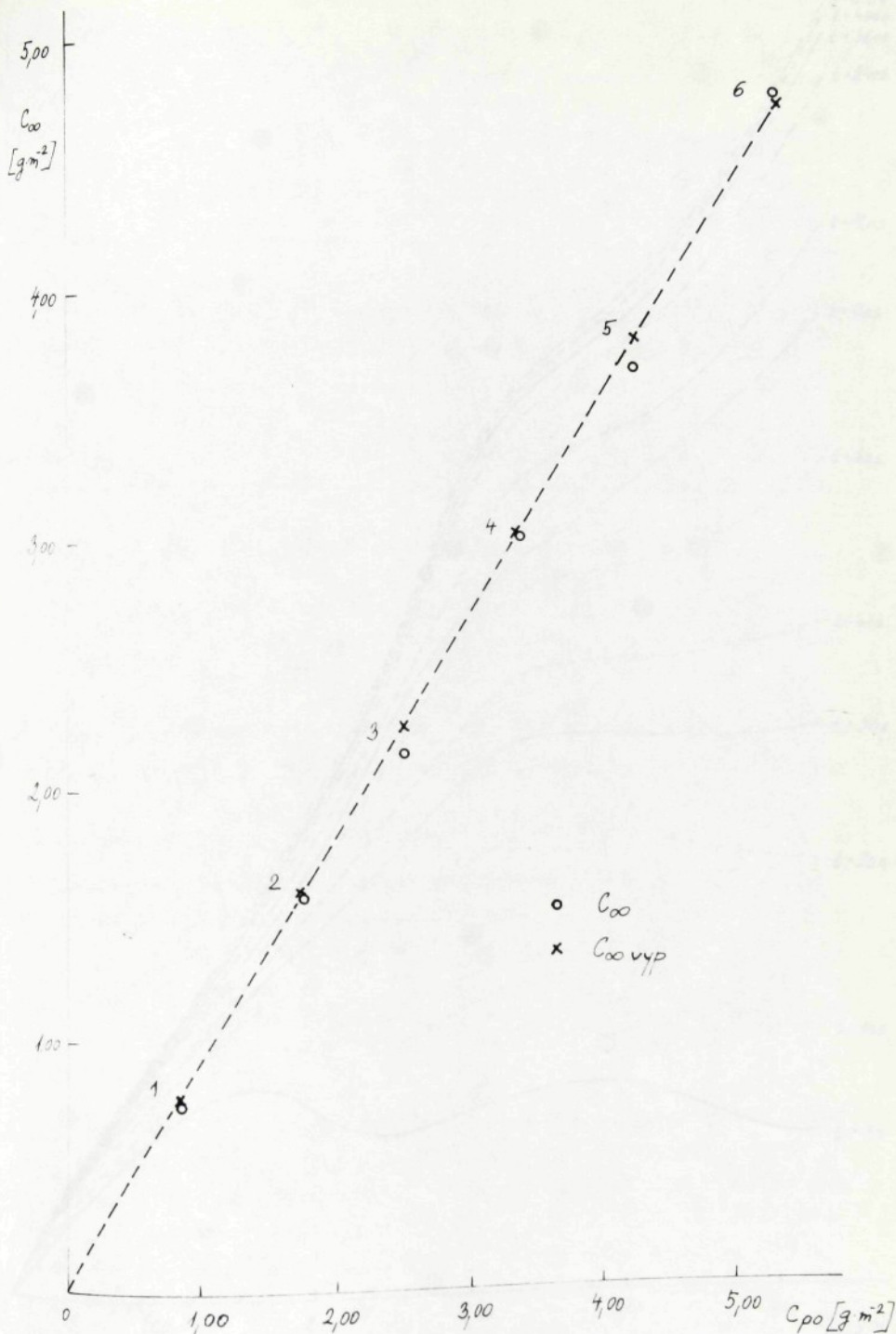
Tabulka 7.8 : Procento využití barviva při různých dobách přenosu

Doba přenosu t [s]	$\% W$ [%]	Doba přenosu t [s]	$\% W$ [%]
10	51,4	120	79,3
20	60,7	240	83,5
30	65,8	360	85,3
40	69,2	480	86,2
60	73,5	600	86,9
90	77,2	∞	92,9

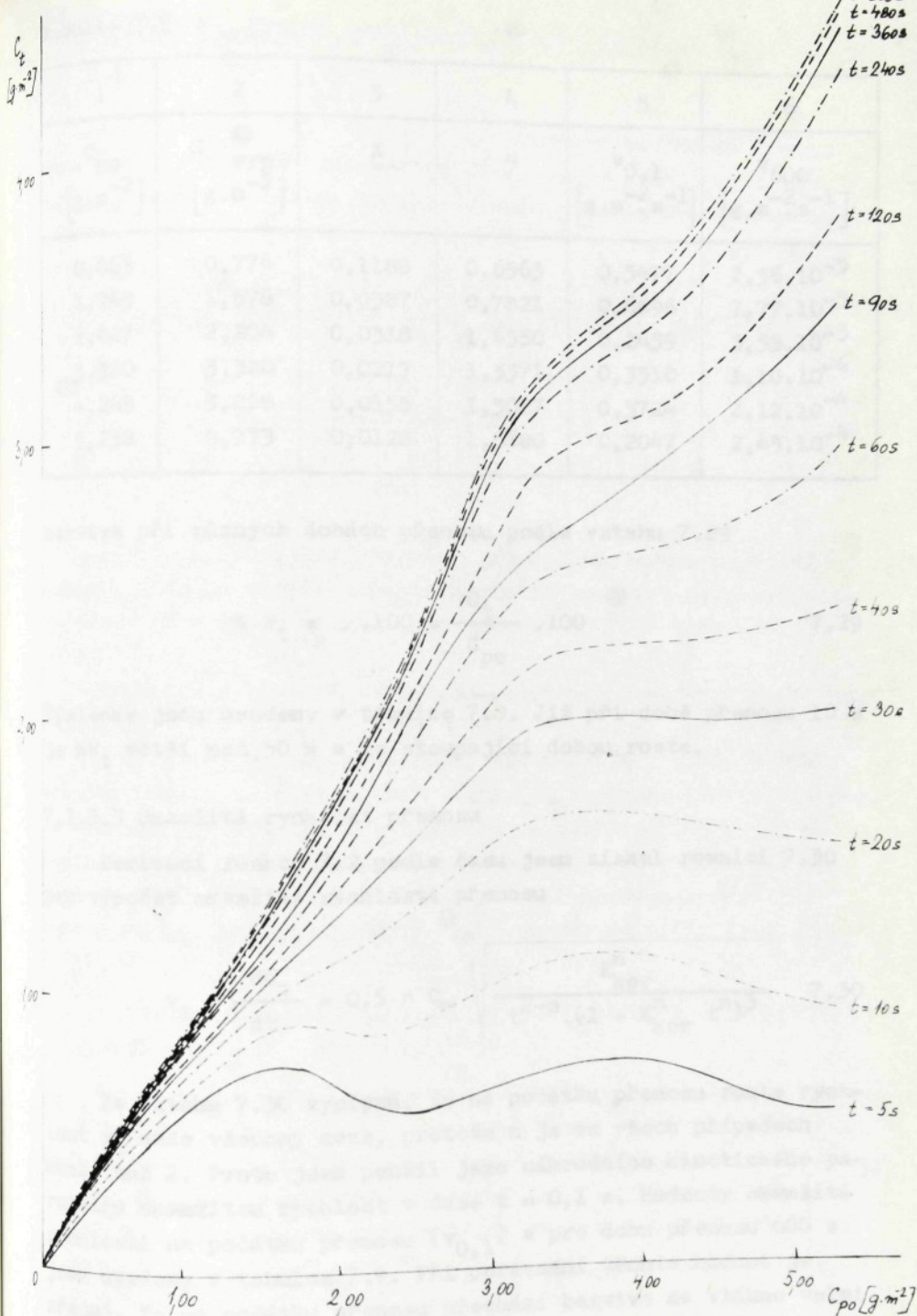
7.1.3.2 Matematický model závislosti C_t na době přenosu

Pro popis kinetiky sorpce DB polyesterovou pleteninou jsem použil funkce 7.2 způsobem uvedeným v kap.7.1.1.2. Vypočtené hodnoty konstant rovnice 7.2 jsou uvedeny v tabulce 7.9. Výsledky interpretace C_t na t jsou uvedeny spolu s chybou interpretace v příloze 3/1-3.

Ze závislosti C_t vyp. na C_{po} (viz obr.7.12) je patrné, že s rostoucí C_{po} a dobou přenosu roste i koncentrace barviva na vlákne. Ze směrnice přímky, proložené metodou nejmenších čtverců a procházející počátkem, můžeme vypočítat procento využití



Obr.7.11 Závislost rovnovážné koncentrace DB ve vlákne na počáteční koncentraci barviva na papíře



Obr.7.12 Závislost koncentrace barviva ve vlákne
na počáteční koncentraci barviva na papíře

Tabulka 7.9

1	2	3	4	5	6
C_{po} [g.m ⁻²]	C_{vyp} [g.m ⁻²]	K_{kor}	n	$v_{0,1}$ [g.m ⁻² .s ⁻¹]	v_{600} [g.m ⁻² .s ⁻¹]
0,863	0,774	0,1188	0,6563	0,5477	$2,36 \cdot 10^{-5}$
1,743	1,578	0,0387	0,7821	0,6896	$7,77 \cdot 10^{-5}$
2,427	2,204	0,0318	1,4550	0,2439	$3,59 \cdot 10^{-5}$
3,320	3,320	0,0217	1,3571	0,3510	$1,10 \cdot 10^{-4}$
4,248	3,868	0,0155	1,3027	0,3724	$2,12 \cdot 10^{-4}$
5,238	4,773	0,0128	1,5620	0,2047	$2,43 \cdot 10^{-4}$

barviva při různých dobách přenosu podle vztahu 7.29

$$\% W_t = \frac{C_t}{C_{po}} \cdot 100 \quad 7.29$$

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 7.8. Již při době přenosu 10 s je $\% W_t$ větší než 50 % a se stoupající dobou roste.

7.1.3.3 Okamžitá rychlost přenosu

Derivací funkce 7.2 podle času jsem získal rovnici 7.30 pro výpočet okamžité rychlosti přenosu

$$v_t = \frac{dC_t}{dt} = 0,5 n C_{\infty} \sqrt{\frac{K_{kor}^n}{t^{2-n} \cdot (1 + K_{kor}^n t^n)^3}} \quad 7.30$$

Ze vztahu 7.30 vyplývá, že na počátku přenosu roste rychlost v_t nade všechny meze, protože n je ve všech případech menší než 2. Proto jsem použil jako náhradního kinetického parametru okamžitou rychlost v čase $t = 0,1$ s. Hodnoty okamžité rychlosti na počátku přenosu ($v_{0,1}$) a pro dobu přenosu 600 s jsou uvedeny v tabulce 7.9. Při porovnání těchto hodnot je zřejmé, že na počátku přenosu přechází barvivo na vlákno velmi velkou rychlostí a naopak v čase $t = 600$ s je tato rychlost nepatrná.

7.1.4 Hodnocení časové závislosti funkce Kubelky a Munka a barevných diferencí

Podle rovnice 6.2 byla z experimentálních hodnot stupně remise R v remisním minimu (pro Ostacetovou červen 1168 při 522 nm) v závislosti na teplotě a době přenosu vypočtena hodnota K/S . Výsledky jsou uvedeny v příloze 4/180-220 a pro tři teploty na obr.7.13.

Relativní vybarvitelnost RV jsem vypočítal podle vzorce 7.31

$$RV = \frac{\left(\frac{K}{S}\right)_{\text{vzorku}}}{\left(\frac{K}{S}\right)_{\text{typu}}} \cdot 100 \quad 7.31$$

Jako typ byl vybrán vzorek, kde bylo dosaženo nejvyšší hodnoty K/S . Za daných experimentálních podmínek byla nejvyšší hodnota $K/S = 5,449$ při teplotě přenosu 220°C a době přenosu 20 s.

Výsledky relativní vybarvitelnosti jsou uvedeny v příloze 4/180-220.

Z výsledků časové závislosti K/S a RV je zřejmé, že maximálních hodnot se dosáhne se stoupající teplotou při kratší době přenosu. Se vzrůstající teplotou se zvětšuje poměr K/S na rubové straně potištěné textilie, barvivo více penetruje. Při teplotě 220°C a době přenosu 600 s se přibližuje hodnota K/S rubové strany hodnotě K/S potištěné strany textilie (viz obr. 7.13).

K hodnocení spektrálních barevných diferencí jsem použil systému CIE 1976 $L^*a^*b^*$ (113,116).

Vypočtené spektrální barevné difference, o kterých je pojednáno v kap.6.4.2, jsou uvedeny v příloze 4/180-220. Závislost celkové barevné difference na době přenosu je na obr.7.14. Při výpočtu výše uvedených barevných diferencí byl jako typ zvolen potištěný vzorek s nejnižšími trichromatickými složkami

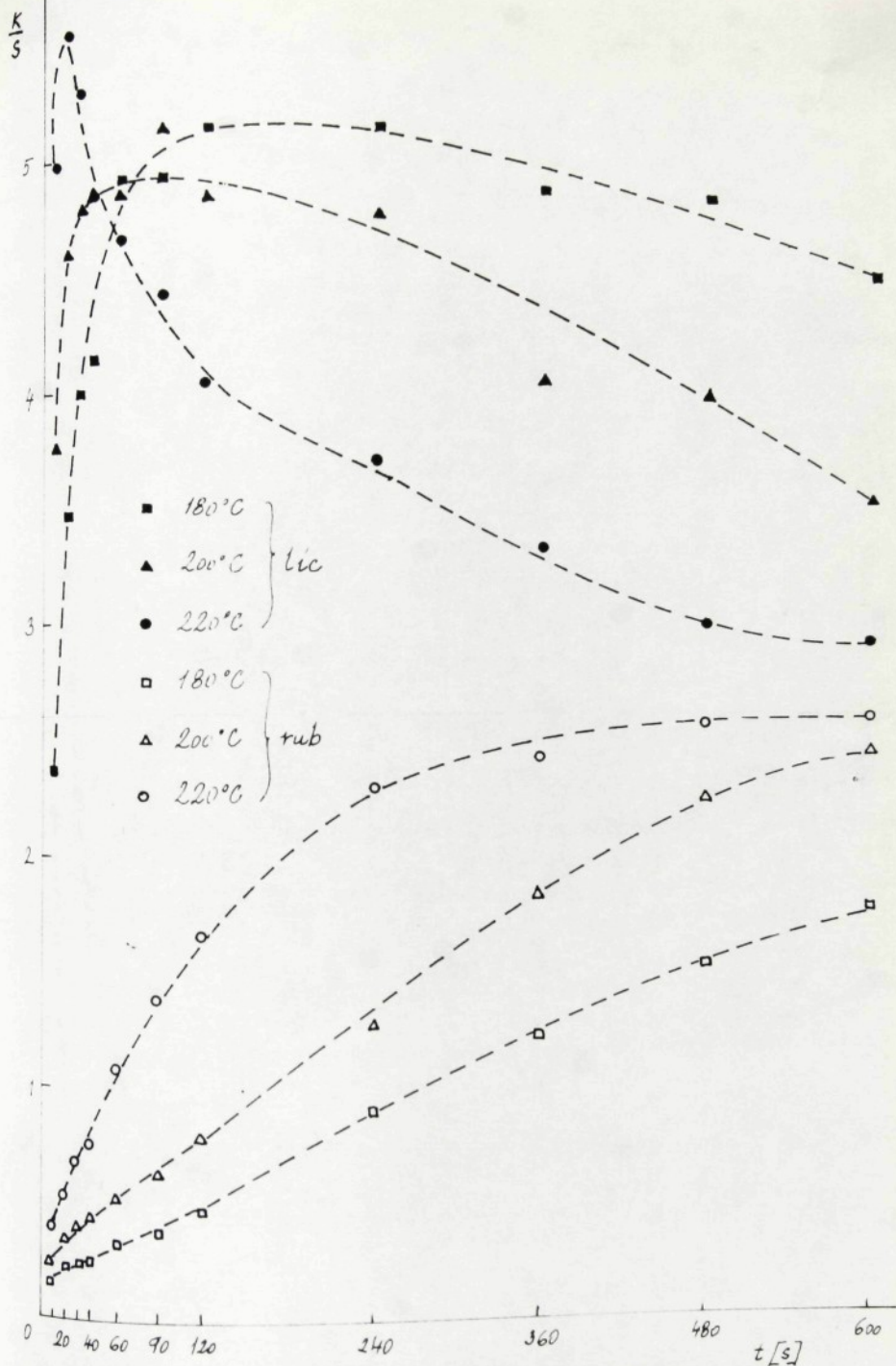
$$X = 45,280$$

$$Y = 25,173$$

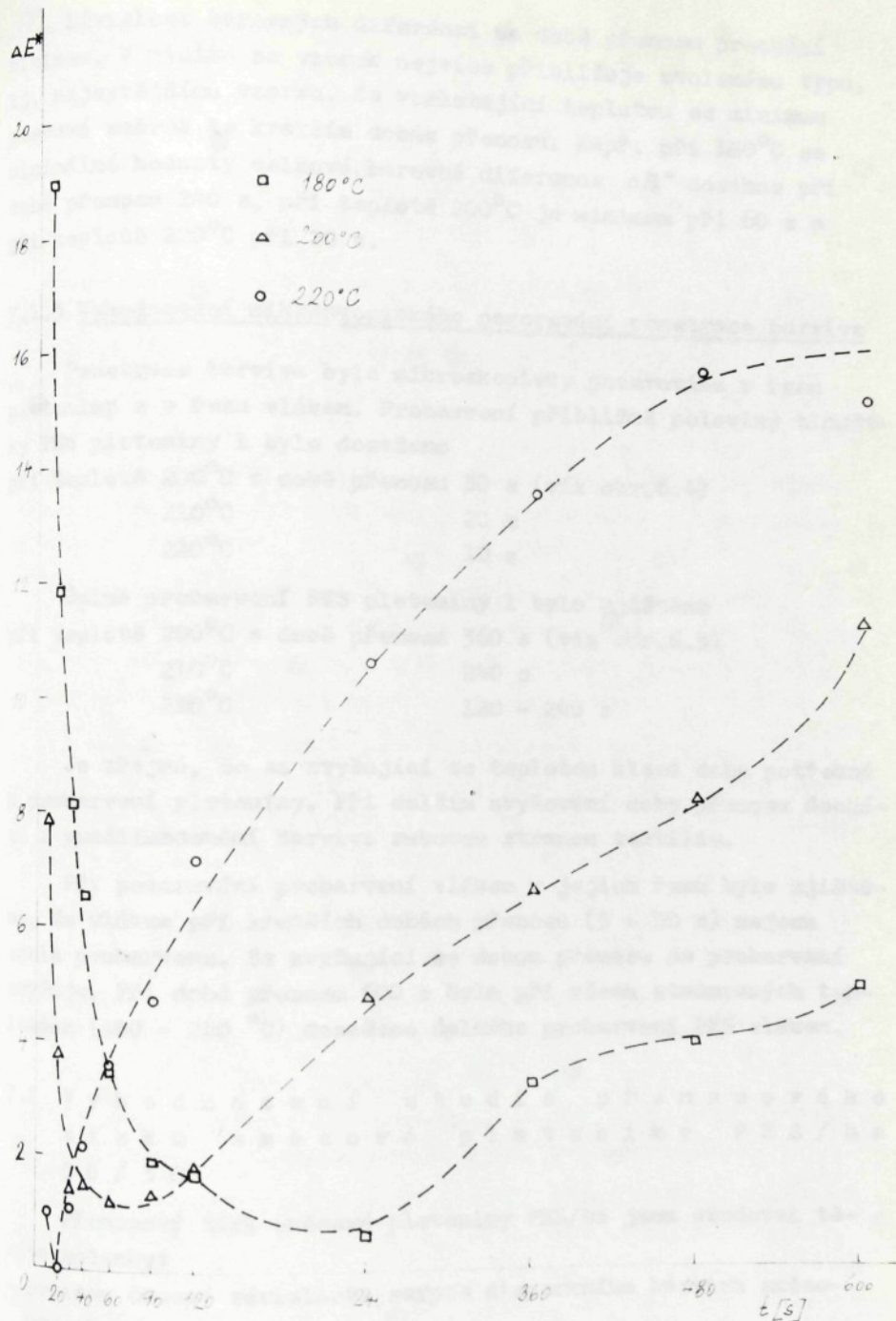
$$Z = 4,476$$

$$\text{doba přenosu} - 20 \text{ s}$$

$$\text{teplota přenosu} - 220^{\circ}\text{C}$$



Obr.7.13 Časová závislost funkce Kubelky a Munka při přenosovém tisku PES pleteniny 1



Obr.7.14 Časová závislost celkové barevné difference při přenosovém tisku PES pleteniny 1

Závislost barevných diferencí na době přenosu prochází minimem. V minimu se vzorek nejvíce přibližuje zvolenému typu, tj. nejsytějšímu vzorku. Se vzrůstající teplotou se minimum posouvá směrem ke kratším dobám přenosu. Např. při 180°C se minimální hodnoty celkové barevné difference ΔE^* dosáhne při době přenosu 240 s, při teplotě 200°C je minimum při 60 s a při teplotě 220°C při 20 s.

7.1.5 Vyhodnocení mikroskopického pozorování penetrace barviva

Penetrace barviva byla mikroskopicky pozorována v řezu pleteniny a v řezu vláken. Probarvení přibližně poloviny tloušťky PES pleteniny I bylo dosaženo

při teplotě 200°C a době přenosu 30 s (viz obr.6.4)	
210°C	20 s
220°C	10 s

Úplné probarvení PES pleteniny I bylo zjištěno	
při teplotě 200°C a době přenosu 360 s (viz obr.6.5)	
210°C	240 s
220°C	120 - 240 s

Je zřejmé, že se zvyšující se teplotou klesá doba potřebná k probarvení pleteniny. Při dalším zvyšování doby přenosu dochází k prodifundování barviva rubovou stranou textilie.

Při pozorování probarvení vláken v jejich řezu bylo zjištěno, že vlákna při kratších dobách přenosu (5 - 30 s) nejsou zcela probarvena. Se zvyšující se dobou přenosu se probarvení zvyšuje. Při době přenosu 600 s bylo při všech studovaných teplotách (180 - 220 °C) dosaženo úplného probarvení PES vláken.

7.2 Vyhodnocení studie přenosového tisku směsové pleteniny PES/ba 50/50

Přenosový tisk směsové pleteniny PES/ba jsem studoval těmito způsoby:

- popisem časové závislosti sorpce disperzního barviva směsovou pleteninou;
- hodnocením časové závislosti funkce Kubelky a Munka a spektrálních barevných diferencí systému $L^*a^*b^*$;

- hodnocením stálosti vybarvení a změn mechanicko-fyzikálních vlastností;
- mikroskopickým pozorováním .

7.2.1 Popis časové závislosti sorpce disperzního barviva směšovou pleteninou PES/ba 50/50

Koncentraci barviva na pletenině PES/ba 50/50 i na ba a PES pletenině 2 jsem stanovil nepřímou jako rozdíl koncentrace barviva na papíře před přenosem a po přenosu. Výsledky jsou uvedeny v příloze 5/1-5 a pro $C_s = 200 \text{ g.l}^{-1}$ též na obr.7.15 a 7.16.

Získané hodnoty C_t jsem se rozhodl popsat stejným matematickým modelem, který jsem použil k popisu sorpce disperzního barviva polyesterovou pleteninou (viz kap.7.1.1.2).

Vypočtené hodnoty konstant rovnice 7.2 jsou uvedeny v tabulkách 7.10 - 7.12. Výsledky interpretace závislosti C_t na době t jsou uvedeny v příloze 5/1-5. Vidíme, že přesnost popisu je poměrně vysoká, neboť nejvyšší průměrná chyba je 2,49 %.

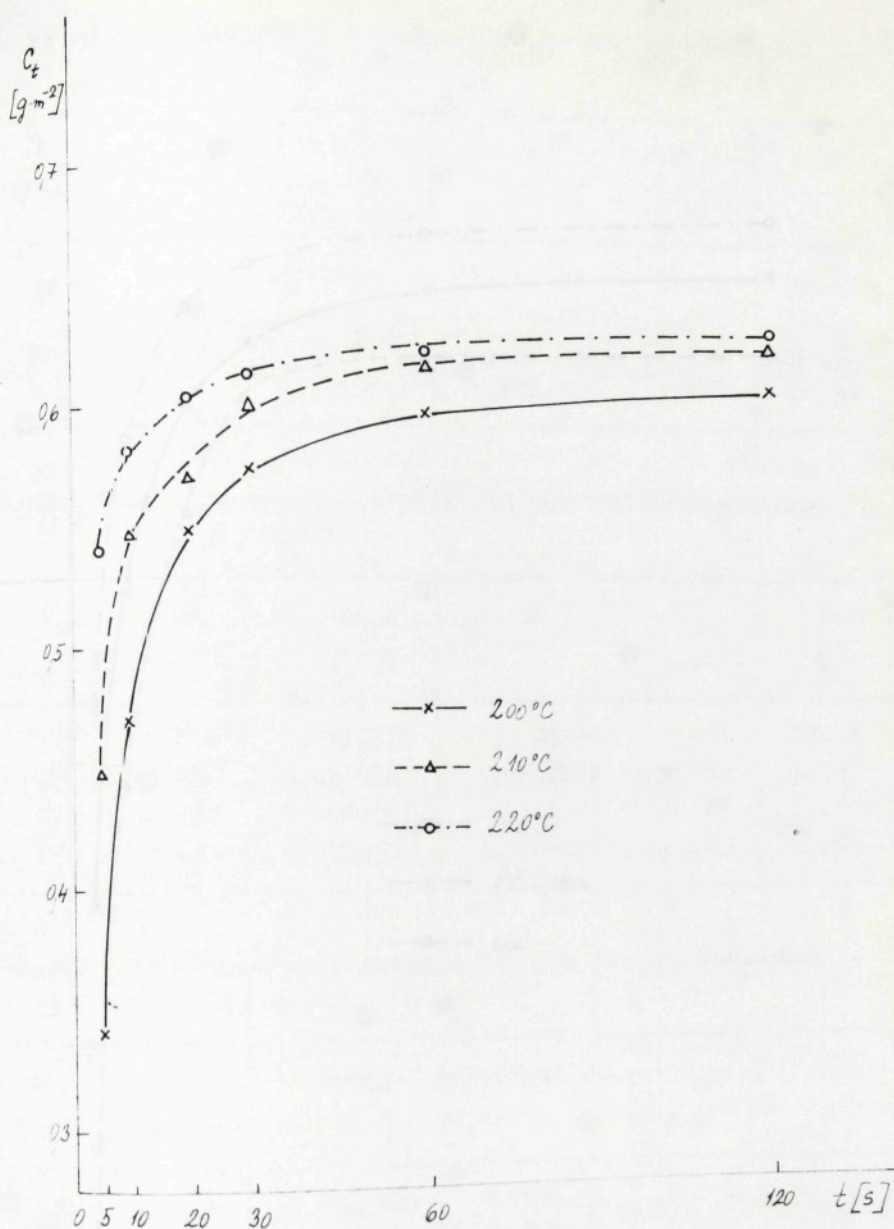
Z tabulek konstant 7.10 - 7.12 vidíme, že pro teploty 210°C a 220°C vyšlo $n \rightarrow 1$. Proto jsem zjistil, s jakou chybou bude interpretováno C_t rovnicí 7.2 pro $n = 1$, bude-li zachováno C_∞ a K_{kor} . Zjednodušená rovnice má pak tvar

$$C_t^2 = C_\infty^2 K.t (1 + Kt)^{-1} \quad 7.32$$

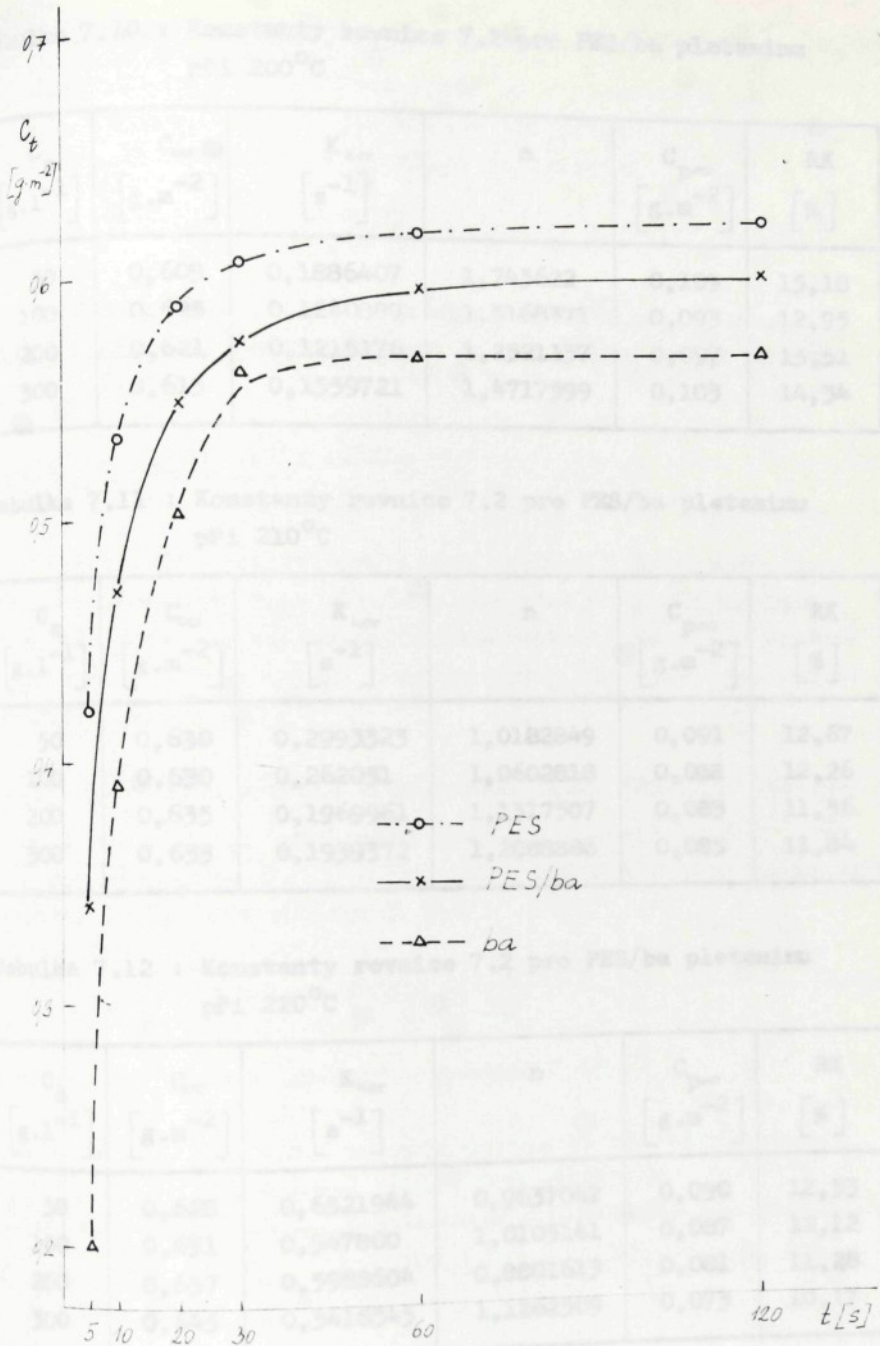
Výsledky interpretace rovnicí 7.32 jsou uvedeny v 6. a 13. sloupci, relativní chyby v 7. a 14. sloupci přílohy 5/1-5.

Rovnicí 7.32 byly kinetické křivky při teplotách 210°C a 220°C popsány s vyhovující přesností, ovšem chyby nebyly rozloženy rovnoměrně; pro 200°C nedává rovnice dobré výsledky.

Čtyři koncentrace Sokratu 4924 při třech různých teplotách vyžadují kinetickou rovnici dostatečně statisticky robustní. Můžeme konstatovat, že model 7.2 je pro popis kinetiky přenosového tisku PES/ba pleteniny velmi vhodný. Přesnost popisu je výše uvedené, neboť nejvyšší průměr relativních chyb byl 2,49 % (u koncentraci $C_s = 50 \text{ g.l}^{-1}$ při teplotě 210°C) a chyba je vyrovnaná, což je jistě uspokojivé.



Obr.7.15 Závislost koncentrace barviva C_t na době přenosu t na pletenině PES/ba při $C_s = 200 \text{ g.l}^{-1}$ při různých teplotách



Obr.7.16 Závislost koncentrace barviva C_t na době přenosu t při $T = 200^\circ\text{C}$ a $C_s = 200 \text{ g.l}^{-1}$ pro pleteniny PES, ba a PES/ba

Tabulka 7.10 : Konstanty rovnice 7.2 pro PES/ba pleteninu
při 200°C

C_s [g.l ⁻¹]	C_∞ [g.m ⁻²]	K_{kor} [s ⁻¹]	n	$C_{p\infty}$ [g.m ⁻²]	RK [%]
50	0,609	0,1886407	1,743622	0,109	15,18
100	0,625	0,1240889	1,5168371	0,093	12,95
200	0,621	0,1215176	1,2521137	0,097	13,51
300	0,615	0,1559721	1,4717599	0,103	14,34

Tabulka 7.11 : Konstanty rovnice 7.2 pro PES/ba pleteninu
při 210°C

C_s [g.l ⁻¹]	C_∞ [g.m ⁻²]	K_{kor} [s ⁻¹]	n	$C_{p\infty}$ [g.m ⁻²]	RK [%]
50	0,630	0,2993323	1,0182849	0,091	12,67
100	0,630	0,262031	1,0602818	0,088	12,26
200	0,635	0,1969961	1,1317507	0,083	11,56
300	0,633	0,1939372	1,2088886	0,085	11,84

Tabulka 7.12 : Konstanty rovnice 7.2 pro PES/ba pleteninu
při 220°C

C_s [g.l ⁻¹]	C_∞ [g.m ⁻²]	K_{kor} [s ⁻¹]	n	$C_{p\infty}$ [g.m ⁻²]	RK [%]
50	0,628	0,6521944	0,9637042	0,090	12,53
100	0,631	0,547800	1,0105141	0,087	12,12
200	0,637	0,5988604	0,8801613	0,081	11,28
300	0,645	0,3418345	1,1262509	0,073	10,17

7.2.1.1 Rovnovážná koncentrace disperzního barviva na papíře

Známe-li počáteční koncentraci DB v přenosovém papíru $C_{po} = 0,718 \text{ g.m}^{-2}$ a C_{∞} , pak můžeme vypočítat $C_{p\infty}$ za předpokladu 100%ního přenosu DB z papíru na textilii

$$C_{p\infty} = C_{po} - C_{\infty} \quad 7.33$$

Výsledky jsou uvedeny v předposledním sloupci tabulek 7.10 - 7.12. V posledním sloupci je pak udáno, kolik procent činí $C_{p\infty}$ z C_{po}

$$RK [\%] = \frac{C_{p\infty}}{C_{po}} \cdot 10^2 \quad 7.34$$

Vidíme, že množství DB, které zůstává v přenosovém papíru a je pro přenosový tisk ztraceno, rozhodně není zanedbatelné. Dá se říci, že obecně reziduální koncentrace RK klesá poněkud s teplotou a s koncentrací Sokratu 4924, neklesne však pod 10 % původního nánosu DB.

7.2.1.2 Aktivační energie přenosového tisku PES/ba pleteniny

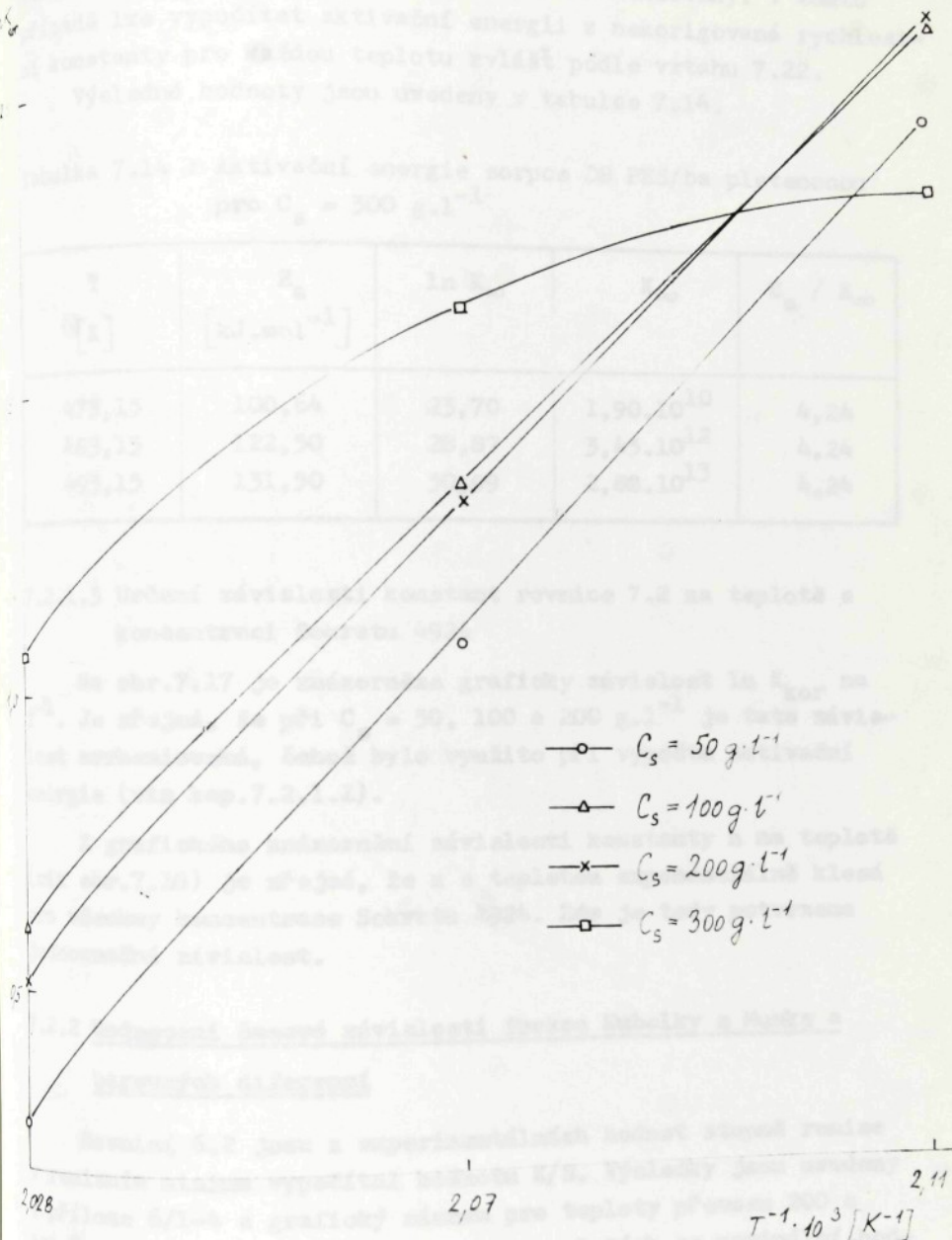
Na obr.7.17 je znázorněna grafická závislost $\ln K_{kor}$ na T^{-1} . Je zřejmé, že při $C_s = 50, 100$ a 200 g.l^{-1} tato závislost vyhovuje Arrheniově rovnici 7.35

$$\ln K_{kor} = \ln K_{\infty} - \frac{E_a}{RT} \quad 7.35$$

Hodnoty E_a jsou uvedeny v tabulce 7.13.

Tabulka 7.13 : Aktivační energie sorpce DB PES/ba pleteninou pro rozmezí teplot 200 až 220 °C

C_s [g.l ⁻¹]	E_a [kJ.mol ⁻¹]	$\ln K_{\infty}$	K_{∞}	E_a / K_{∞}
50	163,36	39,58	$1,55 \cdot 10^{17}$	4,13
100	151,06	36,00	$4,32 \cdot 10^{15}$	4,20
200	158,53	38,16	$3,74 \cdot 10^{16}$	4,15



Obr.7.17 Závislost $-\ln K_{kor}$ na T^{-1} při různých koncentracích Sokratu 4924 v klocovací lázni

U koncentrace Sokratu $C_s = 300 \text{ g.l}^{-1}$ roste rychlostní konstanta K_{kor} s teplotou, nikoli však arrheniovsky. V tomto případě lze vypočítat aktivační energii z nekorigované rychlostní konstanty pro každou teplotu zvlášť podle vztahu 7.22.

Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7.14.

Tabulka 7.14 : Aktivační energie sorpce DB PES/ba pletenou pro $C_s = 300 \text{ g.l}^{-1}$

T [K]	E_a [kJ.mol ⁻¹]	ln K_∞	K_∞	E_a / K_∞
473,15	100,64	23,70	$1,90 \cdot 10^{10}$	4,24
483,15	122,50	28,87	$3,45 \cdot 10^{12}$	4,24
493,15	131,50	30,99	$2,88 \cdot 10^{13}$	4,24

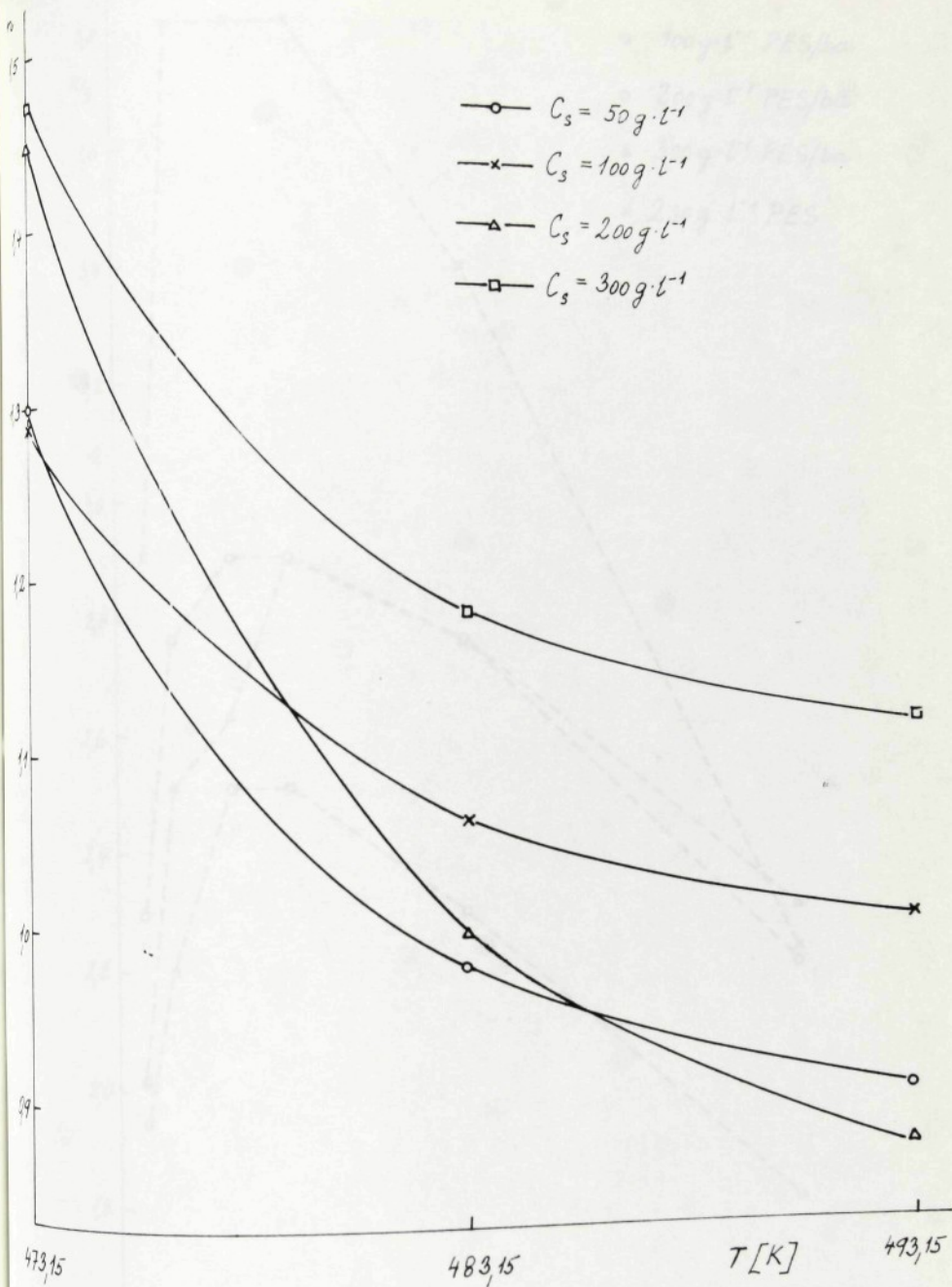
7.2.1.3 Určení závislosti konstant rovnice 7.2 na teplotě a koncentraci Sokratu 4924

Na obr.7.17 je znázorněna graficky závislost $\ln K_{kor}$ na T^{-1} . Je zřejmé, že při $C_s = 50, 100$ a 200 g.l^{-1} je tato závislost arrheniovská, čehož bylo využito při výpočtu aktivační energie (viz kap.7.2.1.2).

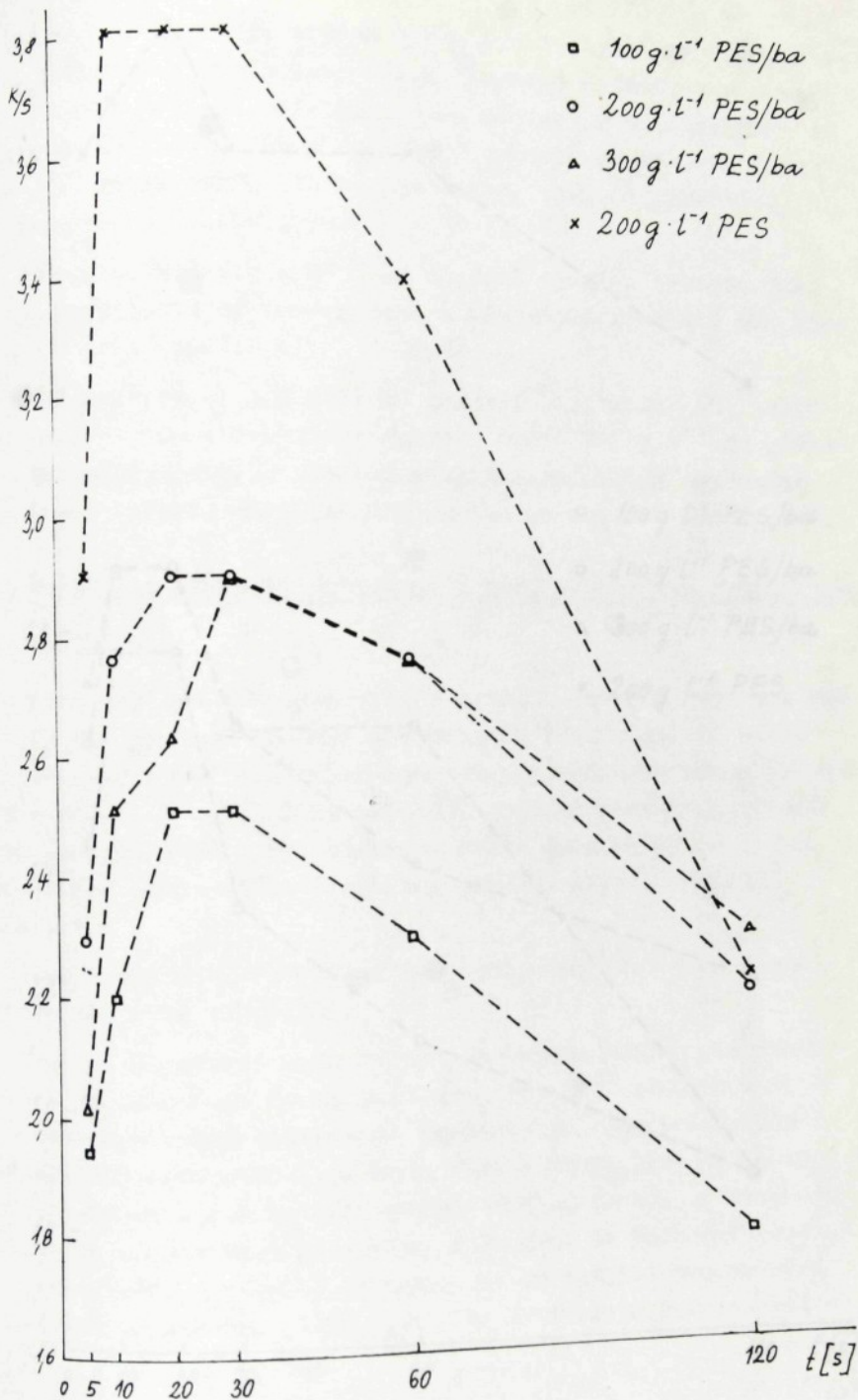
Z grafického znázornění závislosti konstanty n na teplotě (viz obr.7.18) je zřejmé, že n s teplotou exponenciálně klesá pro všechny koncentrace Sokratu 4924. Zde je tedy potvrzena jednoznačná závislost.

7.2.2 Hodnocení časové závislosti funkce Kubelky a Munka a barevných diferencí

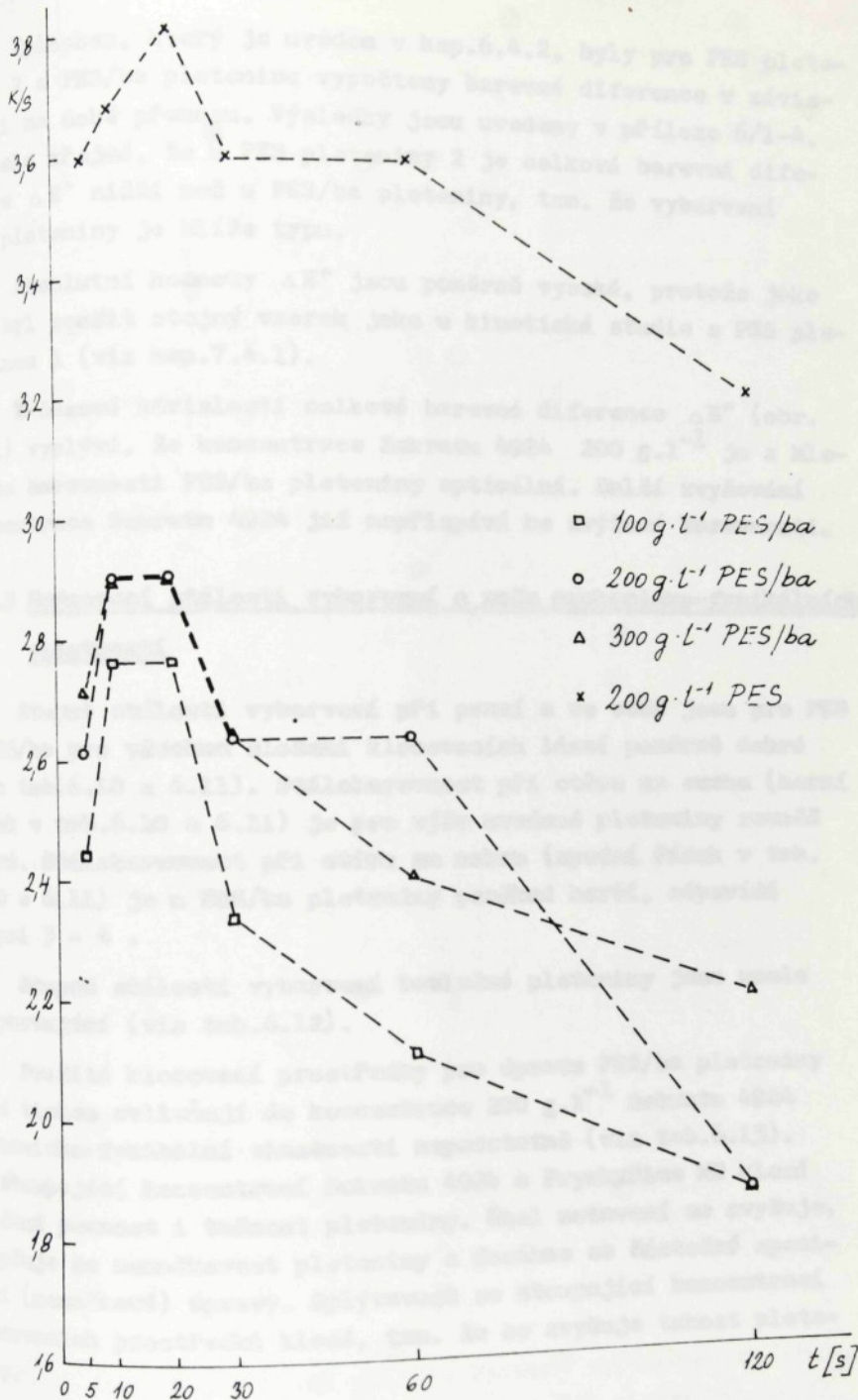
Rovnicí 6.2 jsem z experimentálních hodnot stupně remise v remisním minimu vypočítal hodnotu K/S . Výsledky jsou uvedeny v příloze 6/1-4 a grafický záznam pro teploty přenosu 200 a 220 °C na obr.7.19 a 7.20. Při obou teplotách se maximální hodnoty K/S u pleteniny PES/ba dosáhne při $C_s = 200 \text{ g.l}^{-1}$, další zvýšení koncentrace již nepřispívá ke zvýšení hodnoty funkce Kubelky a Munka.



Obr.7.18 Závislost n na T při různých koncentracích Sokratu 4924 v klocovací lázni



Obr.7.19 Časová závislost funkce Kubelky a Munka při teplotě přenosu 200°C



Obr.7.20 Časová závislost funkce Kubelky a Munka při teplotě přenosu 220°C

Způsobem, který je uveden v kap.6.4.2, byly pro PES pleteninu 2 a PES/ba pleteninu vypočteny barevné difference v závislosti na době přenosu. Výsledky jsou uvedeny v příloze 6/1-4. Je zcela zřejmé, že u PES pleteniny 2 je celková barevná difference ΔE^* nižší než u PES/ba pleteniny, tzn. že vybarvení PES pleteniny je blíže typu.

Absolutní hodnoty ΔE^* jsou poměrně vysoké, protože jako typ byl použit stejný vzorek jako u kinetické studie s PES pleteninou 1 (viz kap.7.4.1).

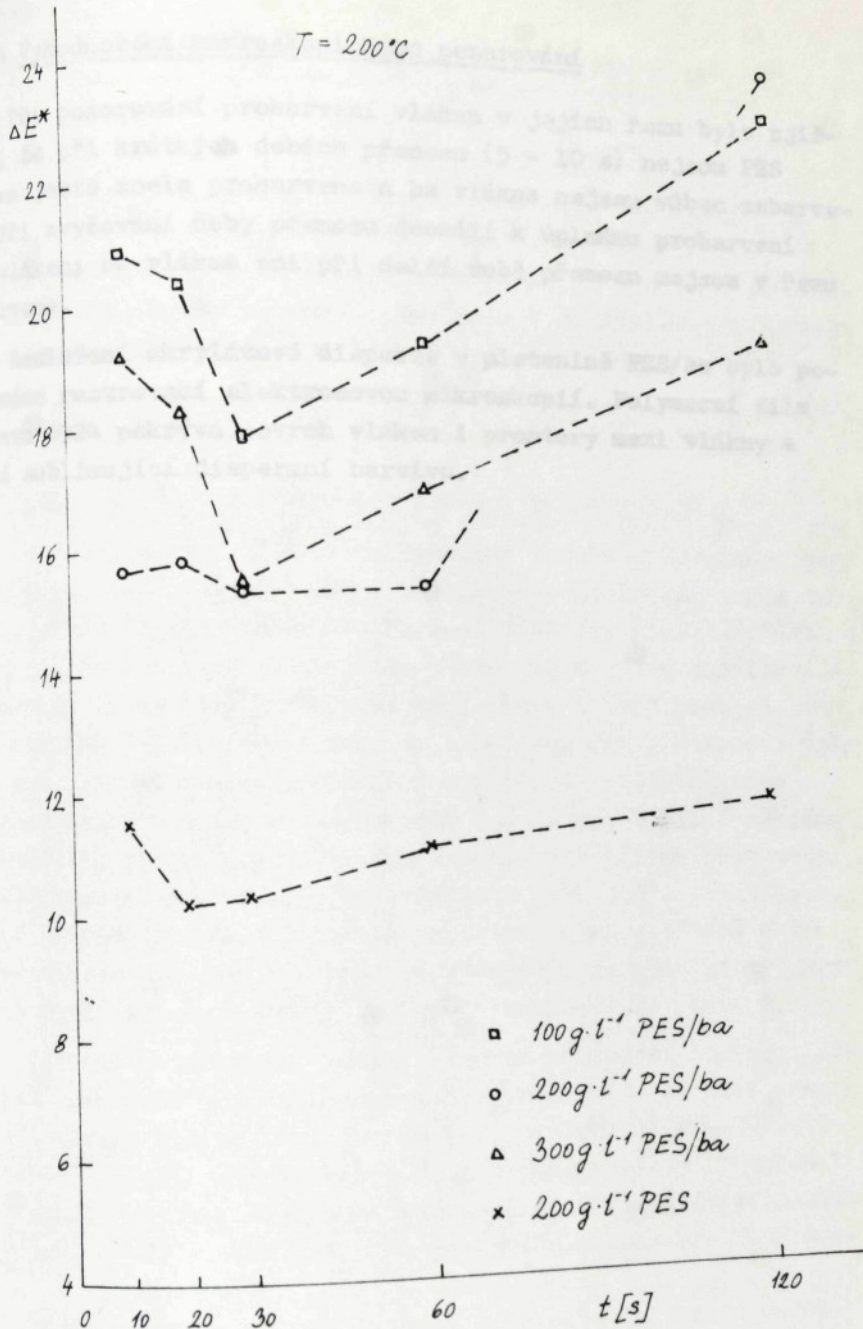
Z časové závislosti celkové barevné difference ΔE^* (obr. 7.21) vyplývá, že koncentrace Sokratu 4924 200 g.l⁻¹ je z hlediska barevnosti PES/ba pleteniny optimální. Další zvyšování koncentrace Sokratu 4924 již nepřispívá ke zvýšení barevnosti.

7.2.3 Hodnocení stálosti vybarvení a změna mechanicko-fyzikálních vlastností

Stupně stálosti vybarvení při praní a ve vodě jsou pro PES a PES/ba pro všechna složení klocovacích lázní poměrně dobré (viz tab.6.10 a 6.11). Stálobarevnost při otěru za sucha (horní řádek v tab.6.10 a 6.11) je pro výše uvedené pleteniny rovněž dobré. Stálobarevnost při otěru za mokra (spodní řádek v tab. 6.10 a 6.11) je u PES/ba pleteniny poněkud horší, odpovídá stupni 3 - 4 .

Stupně stálosti vybarvení bavlněné pleteniny jsou zcela nevyhovující (viz tab.6.12).

Použité klocovací prostředky pro úpravu PES/ba pleteniny před tiskem ovlivňují do koncentrace 200 g.l⁻¹ Sokratu 4924 mechanicko-fyzikální vlastnosti nepodstatně (viz tab.6.13). Se stoupající koncentrací Sokratu 4924 a Pryskyřice MH klesá poněkud pevnost i tažnost pleteniny. Úhel zstavení se zvyšuje, zlepšuje se nemačkovost pleteniny a dosáhne se částečně speciální (nemačkové) úpravy. Splývavost se stoupající koncentrací klocovacích prostředků klesá, tzn. že se zvyšuje tuhost pleteniny.



Obr. 7.21 Časová závislost celkové barevné difference při přenosovém tisku PES/ba pleteniny a PES pleteniny upravených akrylátovou disperzí

7.2.4 Vyhodnocení mikroskopického pozorování

Při pozorování probarvení vláken v jejich řezu bylo zjištěno, že při krátkých dobách přenosu (5 - 10 s) nejsou PES vlákna ještě zcela probarvena a ba vlákna nejsou vůbec zabarvena. Při zvyšování doby přenosu dochází k úplnému probarvení PES vláken; ba vlákna ani při delší době přenosu nejsou v řezu zabarvena.

Rozložení akrylátové disperze v pletenině PES/ba bylo pozorováno rastrovací elektronovou mikroskopií. Polymerní film Sokratu 4924 pokrývá povrch vláken i prostory mezi vlákny a poutá sublimující disperzní barvivo.

8 Diskuse

Kvalita přenosového tisku je závislá na řadě faktorů. Patří sem vlastnosti přenosového papíru, vlastnosti barviv, záhustek, textilního substrátu a technologické podmínky přenosového tisku. Práce se zabývá analýzou a modelováním kinetiky přenosového tisku PES pleteniny a směsové pleteniny PES/ba.

8.1 Výsledky kinetické studie přenosového tisku polyesterové pleteniny

(a) Ve studii byla sledována kinetika úbytku disperzního barviva Ostacetová červen 1168 z přenosového papíru a sorpce tohoto barviva polyesterovou pleteninou. Výsledky kinetické studie ukazují, že množství přeneseného barviva, a s tím související i kvalita tisku, značně závisí na teplotě a době přenosu. Časový průběh jak desorpce barviva z papíru, tak i sorpce tohoto barviva polyesterovou pleteninou byl popsán modifikovanou Vickerstaffovou kinetickou rovnicí 7.2, resp. 7.11. S ohledem na rozdílný charakter získaných kinetických křivek bylo nutné zvolit rovnici dostatečně "statisticky robustní", která by ve všech případech interpretovala experimentálně zjištěná data s dostatečnou přesností. Jako nejvhodnější se ukázala být pro svoji dostatečnou flexibilitu právě rovnice 7.2, resp. 7.11.

Získaný matematický model s velkou přesností popisuje závislost průměrné koncentrace barviva na papíře na době přenosu při různých teplotách přenosu (viz příloha 1/180-220). Vyhodnocením závislosti konstant K_{kor} a n na teplotě (rovnice 7.11) se podařilo matematický model zpřesnit a průměrná chyba popisu činí 3,62 %. To svědčí o vhodnosti tohoto modelu pro daný účel.

(b) Matematický model vycházející z rovnice 7.2 velmi dobře popisuje sorpci disperzního barviva polyesterovým vláknem až do doby přenosu, kdy barvivo difunduje rubovou stranou textilie. Grafickým záznamem jsou monotonně stoupající ideální sorpční křivky. Přesnost popisu stoupajících částí křivek je výborná (viz příloha 2/180-220).

Ve snaze popsat i klesající část sorpčních křivek jsem vypočetl koncentrační odchylky ΔC_t podle vztahu 7.26. Jejich závislost na době přenosu není lineární. Přesto se podařilo tuto závislost v omezeném rozsahu popsat přímkou nevycházející z počátku, ale procházející bodem t_0 , tj. čas, kdy začne barvivo prodíravovat rubovou stranou pleteniny. Pro teplotu přenosu 180°C byl čas t_0 vypočten pomocí výše uvedené rovnice přímky a je větší než nejvyšší studovaná doba přenosu (viz tab.7.6).

Určení času t_0 má zásadní význam pro optimalizaci přenosového tisku. Ze závislosti ΔC_t na době přenosu t (viz obr.7.9) je zřejmé, že difúze disperzního barviva rubovou stranou textilie je největší při nejvyšší teplotě a současně nastává při kratší době přenosu. Při nejnižší teplotě je difúze nejmenší a začíná při nejvyšším t_0 .

(c) Rychlostní konstanta K_{kor} roste s teplotou, tzn. že rychlost přenosového tisku se zvyšující se teplotou je větší (viz příloha 1/180-220 a obr.7.5). Závislost K_{kor} na T v celém studovaném teplotním rozsahu není arrheniovská (viz obr.7.5). Z tohoto důvodu byla aktivační energie E_a vypočtena zvlášť pro jednotlivé studované teploty přenosu (viz tab.7.5).

Mezi aktivační energií E_a a frekvenčním faktorem K_∞ je velmi silná korelace, což je dáno přímo Arrheniovým vztahem (7.35). Důsledkem této korelace je i poměrná konstantnost poměru $E_a / \ln K_\infty$. Zjištěné hodnoty tohoto poměru jsou vyšší než u aktivačních parametrů sorpce barviva PES vláknem při barvení (128).

(d) Přenosový papír zadržuje určité množství barviva v rovnovážném stavu. Tato rovnovážná koncentrace byla vypočtena podle vztahu 7.14 a s rostoucí teplotou klesá (viz obr.7.3). To svědčí o tom, že zvýšená teplota vede k vyšší sublimaci barviva.

Residuální koncentrace, která udává, kolik procent činí rovnovážná koncentrace $C_{p\infty}$ z počáteční koncentrace barviva na papíru, rozhodně není zanedbatelná. Toto množství DB, které zůstává v přenosovém papíru a je pro přenosový tisk ztraceno, s rostoucí teplotou klesá (viz tab.7.1).

Procento přenosu, které je dané vztahem 7.19, udává množství uvolněného DB z přenosového papíru vztažené k počáteční koncentraci barviva v přenosovém papíru. Je vhodným ekonomickým

ukazatelem.

Při běžně používané době přenosu 30 s a teplotě 200°C bylo zjištěno pro Ostacetovou červen 1168 procento přenosu 72,88 %. Při ceně tohoto barviva 299 Kčs za 1 kg, jsou ztráty na barvivo 0,13 Kčs na 1 m². Se stoupající teplotou procento přenosu roste, a tím se snižují i ztráty (viz tab.7.4). Rovněž s dobou přenosu % P roste; z počátku prudce, od 120 s již nepodstatně. Z toho vyplývá, že z ekonomického hlediska nemá význam zvyšovat dobu přenosu nad 120 s.

(e) Ze sledované závislosti kinetiky přenosového tisku polyesterové pleteniny na počáteční koncentraci barviva na papíře vyplývá, že se stoupající počáteční koncentrací roste i koncentrace barviva ve vlákne (při konstantní teplotě a době přenosu).

Bylo zjištěno, že rovnovážná koncentrace barviva ve vlákne je lineárně závislá na počáteční koncentraci barviva na papíře. Tato závislost byla popsána rovnici přímkou s průměrnou chybou popisu 1,79 %. Směrnice této přímky se rovná procentu využití barviva v rovnováze (viz tab.7.8).

Matematický model závislosti C_t exp na době přenosu t popisuje experimentální výsledky s celkovou průměrnou chybou 4,06 % (viz příloha 3/1-3).

Podle vztahu 7.29 můžeme ze směrnice přímky závislosti C_t na C_{po} vypočítat % využití barviva při různých dobách přenosu. Se stoupající dobou přenosu roste % využití barviva (viz tab. 7.8).

(f) Okamžitá rychlost sorpce DB vláknem v čase t je dána vztahem 7.30. Protože počáteční rychlost potiskování roste nade všechny meze, použil jsem jako náhradního kinetického parametru okamžitou rychlost v čase $t = 0,1$ s. Na počátku přenosu přechází barvivo na vlákno velmi velkou rychlostí a naopak v čase $t = 600$ s je tato rychlost nepatrná (viz tab.7.9).

(g) Z měření remise potištěných vzorků polyesterové pleteniny a vypočtených hodnot funkce Kubelky a Munka a relativní vybarvitelnosti RV je patrné, že hodnoty K/S a tím i RV v závislosti na době přenosu vykazují maximum. Se stoupající teplotou se dosáhne nejvyšších hodnot při kratší době přenosu. Za daných

experimentálních podmínek byla největší hodnota K/S při teplotě přenosu 220°C a době přenosu 20 s. Při delší době přenosu již barvivo více penetruje do pleteniny, popřípadě proniká rubovou stranou. Hodnota K/S rubové strany textilie (viz obr.7.13) se stoupající teplotou i dobou přenosu roste. Při teplotě 220°C a době přenosu 600 s se hodnoty K/S lící a rubové strany textilie blíží.

Přesnějšího hodnocení dosáhneme objektivním měřením barevnosti, při kterém se vyhodnocuje celý průběh ramisních křivek. Z vypočtených barevných diferencí je vidět, jak teplota a doba přenosu ovlivňují výsledné vybarvení potištěné polyesterové pleteniny. Všechny barevné difference v časové závislosti vykazují extrém.

Ze závislosti celkové barevné difference na době přenosu (viz obr.7.14) je zřejmé, že minimální hodnoty ΔE^* bylo dosaženo při 220°C a 20 s (zvolený typ). S klesající teplotou se minimum posouvá směrem k delším dobám přenosu.

8.2 Výsledky studie přenosového tisku směsové pleteniny PES / ba 50 / 50

(a) Potiskování směsových textilií PES/ba přenosovým tiskem nedosáhlo zatím většího rozšíření. Důvodem je to, že bavlněná vlákna jsou neafinní k disperzním barvivům. Jedním ze způsobů, který umožňuje potiskovat směsové textilie přenosovým tiskem, je úprava pryskyřicemi před vlastním tiskem. V práci byla zjišťována vhodnost této úpravy československým výrobkem, akrylátovou disperzí Sokrat 4924. Složení je uvedeno v kap.6.6.

V ČSSR se k úpravě směsových textilií před přenosovým tiskem používají zahraniční akrylátové prostředky, např. Flexitol DV 240, fa Röhm nebo Dicrylan AS, fa Ciba-Geigy (91). Zde byl vyzkoušen postup s naší akrylátovou disperzí Sokrat 4924, který je srovnatelný s obdobnými postupy doporučovanými zahraničními firmami (117).

Současně s úpravou pleteniny PES/ba byly stejným způsobem upraveny pleteniny z PES a ba. Z hodnocení stálosti vybarvení (viz tab.6.10 - 6.12) vyplývá, že stupeň stálosti vybarvení pleteniny při praní ve vodě a při otěru i při nejvyšší koncentraci Sokratu 4924 je nízký. Proto další experimentální

práce se uskutečnily pouze s PES/ba a PES pleteninami.

(b) Byla nalezena matematická závislost průměrné koncentrace barviva v textilií na době přenosu pro různé teploty a koncentrace Sokratu 4924. Výsledky interpretace C_t na t rovnicí 7.2 jsou v příloze 5/1-5. Matematický model 7.2 je pro popis kinetiky přenosového tisku velmi vhodný, neboť nejvyšší průměr absolutních hodnot relativních chyb vyšel 2,49 % (u koncentrace $C_s = 50 \text{ g.l}^{-1}$ při teplotě 210°C).

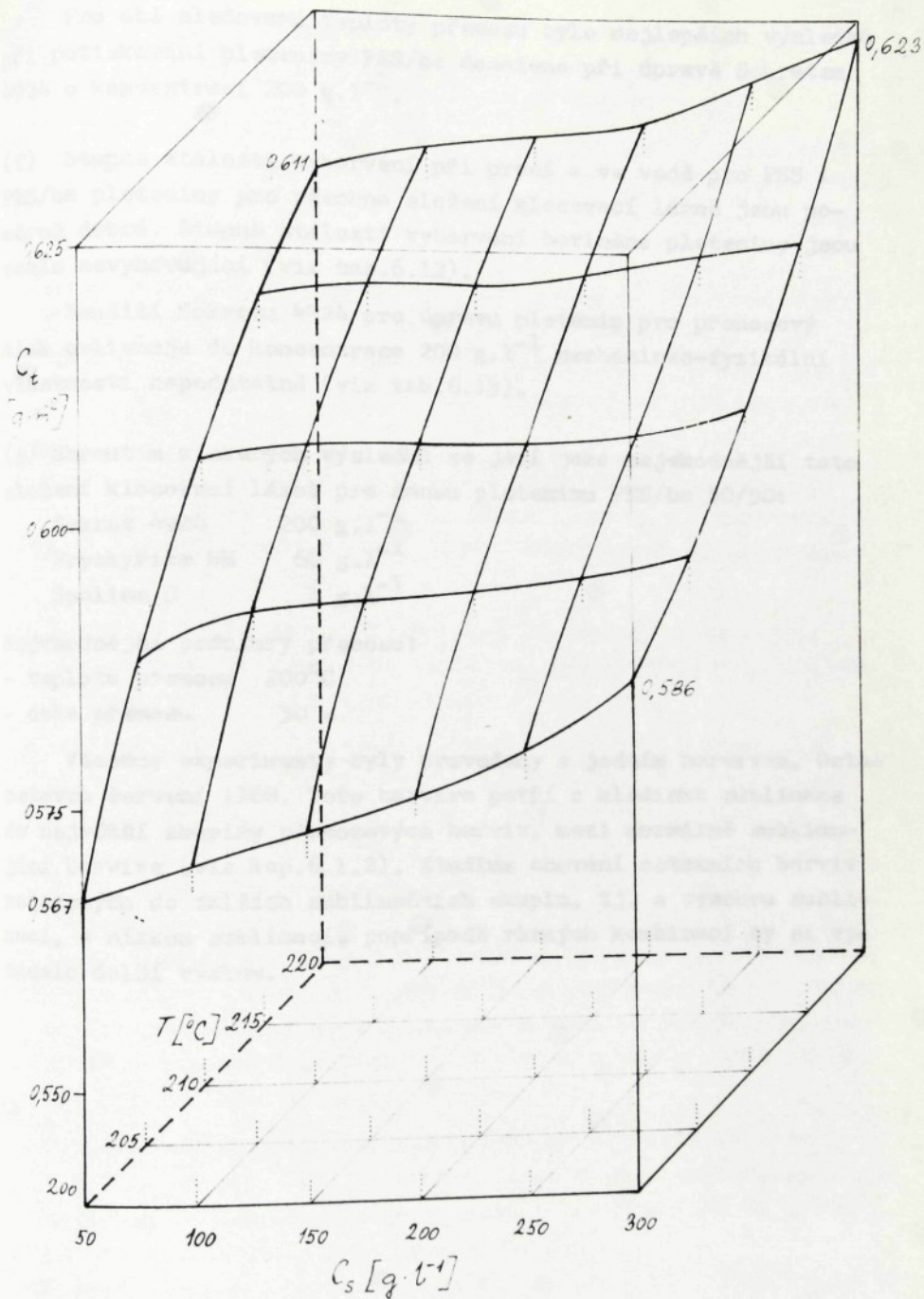
(c) Byla také určena aktivační energie sorpce disperzního barviva PES/ba pleteninou. Ve srovnání s aktivační energií sublimace disperzního barviva z papíru, jsou u sorpce hodnoty o něco nižší (viz tab.7.13 - 7.14).

(d) Pro dobu přenosu 30 s byl sestaven z hodnot vypočtených funkcí 7.2 prostorový model závislosti průměrné koncentrace barviva v textilií na teplotě a koncentraci Sokratu 4924. Model má predikční schopnost a jeho schéma je uvedeno na obr.8.1.

(e) Na základě měření remise potištěné PES/ba pleteniny a využitím vztahu Kubelky a Munka bylo zjištěno, že z hlediska vybarvení je nejlepších hodnot dosaženo při době přenosu 20-30 s. Volba vhodné doby přenosu je velmi důležitá z ekonomického hlediska. U upravené pleteniny PES/ba je zcela postačující doba 30 s. S prodlužující se dobou sice koncentrace v pletenině ještě roste, avšak barvivo proniká hlouběji do pleteniny a částečně přechází až na rubovou stranu. Odpovídají tomu zvyšující se hodnoty remise (viz příloha 6/1-4).

Vliv úpravy Sokratem 4924 na vybarvení je dobře patrný z obr.7.19. Nejlepších hodnot pro pleteninu PES/ba bylo dosaženo při koncentraci 200 g.l^{-1} . Další zvýšení koncentrace Sokratu 4924 na 300 g.l^{-1} již nemělo vliv na velikost hodnoty K/S.

Přesnější výsledky bylo dosaženo objektivním měřením barevnosti, při kterém byl vyhodnocen celý průběh remisních křivek. Z vypočtených barevných diferencí je vidět, jak doba přenosu a koncentrace Sokratu 4924 ovlivňují výsledné vybarvení pletenin (viz příloha 6/1-4). Ze závislosti celkové barevné difference ΔE^* na době přenosu t je patrné, že křivka prochází minimem, které odpovídá optimální době přenosu (viz obr.7.21).



Obr.8.1 Schéma prostorového modelu závislosti C_t na teplotě a koncentraci Sokratu 4924

Pro obě sledované teploty přenosu bylo nejlepších výsledků při potiskování pleteniny PES/ba dosaženo při úpravě Sokratem 4924 o koncentraci 200 g.l^{-1} .

(f) Stupně stálosti vybarvení při praní a ve vodě pro PES i PES/ba pleteniny pro všechna složení klocovací lázně jsou poměrně dobré. Stupně stálosti vybarvení bavlněné pleteniny jsou zcela nevyhovující (viz tab.6.12).

Použití Sokratu 4924 pro úpravu pletenin pro přenosový tisk ovlivňuje do koncentrace 200 g.l^{-1} mechanicko-fyzikální vlastnosti nepodstatně (viz tab.6.13).

(g) Shrnutím získaných výsledků se jeví jako nejvhodnější toto složení klocovací lázně pro danou pleteninu PES/ba 50/50:

Sokrat 4924	200 g.l^{-1}
Pryskyřice MH	60 g.l^{-1}
Spolion 8	1 g.l^{-1}

Nejvhodnější podmínky přenosu:

- teplota přenosu 200°C
- doba přenosu 30 s

Všechny experimenty byly provedeny s jedním barvivem, Ostacetovou červení 1168. Toto barvivo patří z hlediska sublimace do největší skupiny přenosových barviv, mezi normálně sublimující barviva (viz kap.6.1.2). Studium chování ostatních barviv zařazených do dalších sublimačních skupin, tj. s vysokou sublimací, s nízkou sublimací, popřípadě různých kombinací by si vyžádalo další výzkum.

Výsledky předložené práce lze shrnout takto:

1. Na přenosovém papíře zůstává v rovnováze určité množství barviva, které se stoupající teplotou klesá, neboť zvýšená teplota vede k vyšší sublimaci barviva. Tato závislost byla matematicky popsána.
2. Rovnovážná koncentrace barviva na papíře je lineárně závislá na počáteční koncentraci barviva. Tato závislost byla při konstantní teplotě přenosu 200°C matematicky popsána rovnicí přímky. Směrnice přímky je rovna procentu využití barviva v rovnováze.
3. Podařilo se sestavit matematický model úbytku disperzního barviva z přenosového papíru. Přesnost popisu experimentálních hodnot je vysoká, což svědčí o vhodnosti matematických modelů pro tento účel.
4. Procento přenosu (viz vztah 7.19) je vhodným ekonomickým ukazatelem. Se stoupající teplotou, dobou přenosu a počáteční koncentrací barviva na papíře stoupá.
5. Izotermní křivky sorpce disperzního barviva polyesterovou pleteninou vykazují maximum. Při delší době přenosu dochází k prodifundování části barviva rubovou stranou textilie. Matematický model velmi přesně popisuje kinetiku sorpce do doby t_0 , kdy začíná desorpce barviva prodifundováním. Hodnoty koncentračních odchylek ΔC_t od ideální sorpční křivky se zvyšují se stoupající teplotou přenosu. Časovou závislost ΔC_t se podařilo popsat přímkou neprocházející počátkem, ale začínající v čase t_0 , kdy začne barvivo prodifundovávat rubovou stranou textilie. Výpočet času t_0 má zásadní význam při optimalizaci přenosového tisku.
6. Měřením remise potištěné PES pleteniny při různých teplotách a dobách přenosu bylo zjištěno, že za daných experimentálních podmínek se maximální hodnoty funkce Kubelky a Munka dosáhlo při teplotě 220°C a době přenosu 20 s. Časová závislost celkové barevné difference při různých teplotách přenosu vykazuje minimum, které odpovídá nejsytějšímu vybarvení.

7. Podařilo se upravit výrobky československé produkce směšovou pleteninu PES/ba 50/50 tak, aby mohla být potiskována stejnými přenosovými papíry s disperzními barvivy, kterých se používá pro potiskování 100%ních polyesterových textilií. Stupně stálosti vybarvení při praní, ve vodě a při otěru jsou poměrně dobré.

Na základě měření remise a využitím vztahu Kubelky a Munka bylo zjištěno, že nejlepšího vybarvení bylo dosaženo při době přenosu 30 s a koncentraci Sokratu 4924 200 g.l⁻¹. S prodlužující se dobou přenosu sice koncentrace barviva v pletenině roste, avšak barvivo proniká hlouběji do pleteniny a částečně přechází rubovou stranou.

8. Byla vyhodnocena kinetika sorpce disperzního barviva pleteninou PES/ba. Nalezená kinetická rovnice s vysokou přesností popisuje kinetiku přenosového tisku ve všech studovaných případech.
9. Podařilo se získat prostorový model, který pro dobu přenosu 30 s znázorňuje vliv teploty a koncentrace Sokratu 4924 v klocovací lázni na koncentraci barviva v PES/ba pletenině. Model má predikční schopnost ve studovaném rozmezí teplot a složení klocovacích lázní.

L i t e r a t u r a

- (1) Suchecki, S.M.: Textile Ind. 142, 12 (1978)
- (2) Hofstetter, R.: Textilveredlung 16, 129 (1981)
- (3) Salaft, F.: Text.Chem. and Col. 13, 185 (1981)
- (4) Mahé, Y.: Amer.Dyestuff Rep. 70, 15 (1981)
- (5) Topalov, K.A.: Textiltechnik 32, 705 (1982)
- (6) Anonym: Mellianá Textilber. 64, 841 (1983)
- (7) Brit.pat. 293 022 (1929)
- (8) Brit.pat. 349 683 (1931)
- (9) DePlasse, N.: Taintex 37, 675 (1972)
- (10) Franc.pat. 1 223 330 (1960)
- (11) Balla, J.-Pivec, V.-Štěpánek, O.: Potiskování textilií ze syntetických vláken, SNTL, Praha 1981
- (12) Hilden, J.-Schulz, H.: Internat.Textil-Bull. č.4, 328 (1978)
- (13) Schiffer, G.: Textil Praxis 34, 533 (1979)
- (14) Töx, R.: Internat.Textil-Bull. č.1, 73 (1980)
- (15) Anonym: Knitting Int. 84, 102 (1977)
- (16) Bell, V.A.-Lewis, D.M.: Text.Res.Jour. 53, 125 (1983)
- (17) Moore, N.L.: J.Soc.Dyers Colour. 90, 318 (1974)
- (18) Einsele, U.-Fiebig, D.: Mellianá Textilber. 61, 956 (1980)
- (19) Lev, D.: Československý kolorista 18, 31 (1975)
- (20) Beck, U.-Beckmann, W.-Selinger, P.: Chemiefasern/Textilind. 31, 410 (1981)
- (21) Schaub, J.H.W.: Mellianá Textilber. 63, 59 (1982)
- (22) Jákl, J.: 18.celostátní koloristická konference, sborník, Pardubice 1983
- (23) Brdička, R.-Dvořák, J.: Základy fyzikální chemie, Academia, Praha 1977
- (24) Hála, E.-Reiser, A.: Fyzikální chemie, Academia, Praha 1971
- (25) Dykyj, J.-Repáš, M.: Tlak nasýtené pary organických zlúčenín, Veda, Bratislava 1979

- (26) Hála, E.: Úvod do chemické termodynamiky, Academia, Praha 1975
- (27) McDowell, W.: J.Soc.Dyers Colour. 89, 177 (1973)
- (28) Eibl, J.-Diraka, C.-Bergmann, A.: Chemiefasern/Textilind. 29, 357 (1979)
- (29) Kellö, V.-Tkáč, A.: Fyzikálna chémia, Alfa, Bratislava 1977
- (30) Jones, F.-Seddon, R.: Text.Res.Jour. 34, 373 (1964)
- (31) Jones, F.-Leung, T.S.: J.Soc.Dyers Colour. 90, 286 (1974)
- (32) Datye, K.V.-Pitkar, S.C.-Purao, U.M.: Textilveredlung 8, 262 (1973)
- (33) Eibl, J.-Gencer, O.-Kerber, A.-Trauzettel, H.: Melliand Textilber. 54, 161 (1973)
- (34) Gerber, H.: Textilferedlung 8, 449 (1973)
- (35) Fenoglio, R.A.-Gorondy, E.J.: Text.Chem. and Col. 7, 84 (1975)
- (36) Gorondy, E.J.: Text.Res.Jour. 47, 604 (1977)
- (37) Gorondy, E.J.: Text.Chem. and Col. 10, 105 (1978)
- (38) Beck, U.: Bayer Farben Revue 29, 48 (1977)
- (39) Griffiths, J.-Jones, F.: J.Soc.Dyers Colour. 93, 176 (1977)
- (40) Eibl, J.-Tröger, W.-Sender, K.H.: Melliand Textilber. 58, 844 (1977)
- (41) Datye, K.V.: Textilveredlung 2, 263 (1967)
- (42) Eibl, J.-Richter, M.-Hesse, G.: Melliand Textilber. 61, 441 (1980)
- (43) Beck, U.-Hoffmann, F.: Textilveredlung 12, 193 (1977)
- (44) Hawkyard, C.J.: J.Soc.Dyers Colour. 97, 213 (1981)
- (45) Gebrt, P.: 16.celostátní koloristická konference, sborník, Pardubice 1981
- (46) Detscheva, R.-Milkova, A.: Melliand Textilber. 62, 734 (1981)
- (47) Dusík, J.: Ústní sdělení, Až, prosinec 1983
- (48) Štěpánek, O.: Textil 33, 446 (1978)
- (49) Haus, A.: Teintex 43, 399 (1978)
- (50) Souček, M.: Zkoušení papíru, SNTL, Praha 1977

- (51) Mahé, Y.: Amer. Dyestuff Rep. 63, 30 (1974)
- (52) Paulus, H.: IV. celostátní seminář koloristů, sborník, Až 1979
- (53) Stein, H. J.: Textilveredlung 12, 224 (1977)
- (54) Töx, R.: Textilveredlung 12, 214 (1977)
- (55) Schaub, H. H.: Textilveredlung 12, 284 (1977)
- (56) Tenbrüggen, W. B.: Textilveredlung 12, 287 (1977)
- (57) Dawson, J. F.: Rev. Progr. Coloration 9, 25 (1978)
- (58) NSR pat. 2 404 854 (1975)
- (59) NSR pat. 2 432 149 (1976)
- (60) Jap. pat. 74 126 984 (1974)
- (61) Brit pat. 1 404 180 (1975)
- (62) Einsele, U.-Fiebig, D.: Melliand Textilber. 61, 875 (1980)
- (63) Haberreder, P.: J. Soc. Dyers Colour. 96, 321 (1980)
- (64) Vzorkovnice firem Ciba-Geigy, Bayer, ICI, BASF
- (65) Pospíšil, Z. a kol.: Příručka textilního odborníka, SNTL, Praha 1981
- (66) Peperelkin, K. E.: Chem. vlákna 23, 71 (1973)
- (67) Prevorsek, D. C.: Text. Res. Jour. 47, 43 (1977)
- (68) Peters, R. H.: Textile Chemistry, Vol. III, Elsevier, Amsterdam 1975
- (69) Hori, T.-Sato, Y.-Shimizu, T.: J. Soc. Dyers Colour. 97, 6 (1981)
- (70) McDowell, W.: Text. Chem. and Col. 10, 131 (1978)
- (71) Stoy, A.: Úvod do makromolekulární chemie, SNTL, Praha 1973
- (72) Michalowski, W.-Mielicki, J.: Interkolor 1983, sborník, Ivanovo, SSSR, 1983
- (73) Einsele, U.-Sluka, A.-Herlinger, H.: Melliand Textilber. 64, 764 (1983)
- (74) Zimmermann, H.: Textilveredlung 14, 219 (1979)
- (75) Sayle, J. H.: Textilveredlung 15, 395 (1980)
- (76) Bauman, H.-Fuchs, Ch.-Korte, E.: Lenzinger Berichte 50, 92 (1980)

- (77) Švýcar.pat. CH-AS 572 (1973)
- (78) Nishida, K.-Katoh, T.-Takahashi, Y.-Minekawa, K.: Amer. Dyestuff Rep. 63, 36 (1974)
- (79) Blanchard, E.J.-Bruno, J.S.-Gautreaux, C.A.: Amer.Dyestuff Rep. 65, 34 (1976)
- (80) Katoh, T.-Nishida, K.-Tonami, H.: Amer.Dyestuff Rep. 67, 61 (1978)
- (81) Japon.pat. 2 608 083 (1975)
- (82) Einsele, U.-Sadeli, H.-Herlins, H.: Melliand Textilber. 62, 967 (1981)
- (83) Koisi, T.: Amer.Dyestuff Rep. 69, 40 (1980)
- (84) Nishida, K.-Ando, Y.-Tanaka, T.-Iwamoto, I.-Kanamori, T.: Amer.Dyestuff Rep. 72, 30 (1983)
- (85) Anonym: Text.Chem. and Col. 9, 259 (1977)
- (86) Leimbacher, E.: Textilveredlung 12, 209 (1977)
- (87) Vellins, C.E.: Int.Dyer 160, 343 (1978)
- (88) Vellins, C.E.: J.Soc.Dyers Colour. 95, 171 (1979)
- (89) Sayle, J.H.: Textile Praxis 35, 1344 (1980)
- (90) Brit.pat. 1 532 823
- (91) Štěpánek, O.-Pivec, V.: Textil 34, 165 (1979)
- (92) Šulepova, O.I.-Šalimova, G.V.: Textil.promyšlenost č.9, 49 (1980)
- (93) Lev, D.: Inf.přehled VÚP č.4, 17 (1977)
- (94) Steigert, H.: Textilveredlung 14, 48 (1979)
- (95) Berster, K.: Chemiefasern/Textilind. 29, 56 (1979)
- (96) Dawson, J.F.: J.Soc.Dyers Colour. 89, 478 (1973)
- (97) Sayle, J.H.: Chemiefasern/Textilind. 30, 905 (1980)
- (98) Anonym: Text.Chem. and Col. 6, 242 (1974)
- (99) Holme, I.: Rev.Progr.Coloration 13, 10 (1983)
- (100) Bell, V.A.-Lewis, D.M.: Text.Res.Jour. 53, 125 (1983)
- (101) Brady, P.R.-Cookson, P.C.: Text.Chem. and Col. 11, 100 (1979)
- (102) Rusnak, I.-Trézl, L.-Csányi, S.: Textilveredlung 16, 172 (1981)

- (103) Brady, P.R.-Cookson, P.G.-Finscher, K.W.-Lewis, P.M.:
J.Soc.Dyers Colour. 96, 188 (1980)
- (104) Anonym: Knitting Int. 84, 102 (1977)
- (105) Burtonshaw, D.- Wild, K.: Amer.Dyestuff Rep. 66, 50 (1977)
- (106) Podniková norma, Západočeské papírny n.p. Plzeň,
PND 41-128-81 Papír pro přenosový tisk
- (107) Jakubec, P.: Přenosový tisk za použití různých nosičů bar-
viva, diplomová práce, VŠST Liberec, 1982
- (108) Rulíšková, Z.: Vlastností přenosového papíru, diplomová
práce, VŠST Liberec, 1983
- (109) Prášil, M.-Horynová, H.-Odvárka, J.: Hodnocení barviv pro
přenosový tisk, Sborník vědeckých prací VŠST v Liberci,
XIV, 1981
- (110) Haferová, E.: Studium aplikačních vlastností přenosových
barviv, diplomová práce, VŠST Liberec, 1981
- (111) Rais, J.: Základní barvířské výpočty, SNTL, Praha 1968
- (112) Odvárka, J.: Teorie zušlechťování, skripta VŠST v Liberci,
1960
- (113) Buchtová, J. a kol.: Československý kolorista, mimořádné
číslo, SODB, Praha 1976
- (114) Švec, Z.: Textil 36, 323 (1981)
- (115) McLaren, K.: Text.Chem. and Col. 15, 86 (1983)
- (116) Turek, K.: Datakolor, laboratorní zpráva 33/83, SODB
Pardubice, 1983
- (117) Prášil, M.-Schejbalová, H.-Horynová, H.: Přenosový tisk na
směsové materiálech PES/ba, Sborník vědeckých prací
VŠST v Liberci, XV, 1982
- (118) Bakajsová, J.: Přenosový tisk tkanin ze směsi PES/ba,
diplomová práce, VŠST Liberec, 1983
- (119) Šírek, M.: Textil 36, 248 (1981)
- (120) Katalog akrylátové disperze n.p. Chemické závody, Sokolov
- (121) Prospekt n.p. Východočeské chemické závody Synthesia,
závod Kolín

- (122) Zlesák, I.: Finální a speciální úpravy textilních materiálů, VŠCHT Pardubice, 1975
- (123) Crank, J.: The Mathematics of Diffusion, Oxford Univ. Press, 1970
- (124) Vickerstaff, T.: The Physical Chemistry of Dyeing, Oliver and Boyd, London - Edinburgh, 1954
- (125) Cegarra, J.-Puente, P.: Text. Res. Jour. 36, 134 (1966)
- (126) Cegarra, J.-Puente, P.: Text. Res. Jour. 37, 343 (1967)
- (127) Rais, J.-Militký, J.: Chem. prům. 27, 301 (1977)
- (128) Schejbalová, H.: Hodnocení barvitelnosti tvarovaných polyesterových vláken, kandidát. disertační práce, Liberec, 1983
- (129) Schönefeld, H.: Textiltechnik 27, 106 (1977)
- (130) Eppers, J.N.-Urbanik, A.: Text. Chem. and Col. 7, 157 (1975)
- (131) Rais, J.-Práškil, M.: Inf. přehled VÚP, 2/3, 25 (1983)
- (132) Rais, J.-Schejbalová, H.-Práškil, M.: Inf. přehled VÚP, 5/6, 21 (1982)
- (133) Rys, P.-Zollinger, H.: Leitfaden der Farbstoffchemie, Verlag Chemie, Weinheim, 1970

1	2	3	4	5	6	7
Exp. log	α [°]	$C_{pt. exp}$ [a.u. ⁻¹]	$C_{pt. var}$ [a.u. ⁻¹]	β [°]	$\Sigma_{pt. 1}$ [a.u. ⁻¹]	Σ [°]
	0	1.657				
1	10	1.147	1.137	-0.07	1.136	-0.06
2	20	0.906	0.906	0.00	0.907	0.00
3	30	0.749	0.750	0.01	0.750	0.01
4	40	0.673	0.673	0.00	0.673	0.00
5	50	0.625	0.625	0.00	0.625	0.00
6	60	0.618	0.618	0.00	0.618	0.00
7	120	0.351	0.351	0.00	0.351	0.00
8	240	0.200	0.200	0.00	0.200	0.00
9	360			0.00	0.000	0.00
10	480	0.216	0.217	0.01	0.216	0.01
11	600	0.214	0.215	0.01	0.215	0.01
				$\mu_{obs.} [\alpha] = 1.000$ $\mu = 1.000000$ $\mu_{diff} = 0.000000$		
				$\mu_{obs.} [\beta] = 1.000$ $\mu = 1.000000$ $\mu_{diff} = 0.000000$		

PHILONY

Příloha 1/180 : Desorpce DB z přenosového papíru při 180°C

1	2	3	4	5	6	7
Exp. bod	t [s]	$C_{pt \text{ exp}}$ [g.m ⁻²]	$C_{pt \text{ vyp}}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_{pt \text{ l}}$ [g.m ⁻²]	χ [%]
	0	1,637				
1	10	1,147	1,137	-0,87	1,136	-0,96
2	20	0,906	0,908	0,22	0,907	0,07
3	30	0,749	0,759	1,34	0,758	1,17
4	40	0,673	0,655	-2,68	0,654	-2,79
5	60	0,525	0,523	-0,38	0,522	-0,57
6	90	0,418	0,416	-0,48	0,415	-0,63
7	120	0,351	0,358	1,99	0,357	1,68
8	240	0,297	0,268	-9,76	0,267	-9,97
9	360	0,241	0,240	-0,42	0,239	-0,71
10	480	0,226	0,227	0,22	0,226	0,09
11	600	0,214	0,219	2,34	0,219	2,29
				prům. $ \chi = 1,88\%$		
				n = 1,330716		
				$K_{kor} = 0,006405$		
				prům. $ \chi = 1,90\%$		
				n = 1,331805		
				$K_{kor} = 0,006405$		

příloha 1/190 : Desorpce DB z přenosového papíru při 190°C

1	2	3	4	5	6	7
Exp. bod	t [s]	C _{pt exp} [g.m ⁻²]	C _{pt vyp} [g.m ⁻²]	χ [%]	C _{pt 1} [g.m ⁻²]	χ [%]
	0	1,637				
1	10	1,022	1,020	-0,20	1,021	-0,03
2	20	0,821	0,790	-3,78	0,792	-3,55
3	30	0,606	0,652	7,59	0,654	7,89
4	40	0,556	0,560	0,72	0,562	1,04
5	60	0,447	0,446	-0,22	0,448	0,24
6	90	0,344	0,356	3,49	0,358	4,01
7	120	0,308	0,307	-0,33	0,308	0,11
8	240	0,236	0,230	-2,54	0,231	-2,21
9	360	0,212	0,205	-3,30	0,205	-3,21
10	480	0,185	0,192	3,78	0,193	4,24
11	600	0,170	0,185	8,82	0,186	9,24
			prům. χ = 3,16 %		prům. χ = 3,25 %	
			n = 1,216266		n = 1,214012	
			K _{kor} = 0,012872		K _{kor} = 0,012872	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Exp. bod	t [s]	$C_{pt\ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_{pt\ vp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_{pt\ 1}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_{pt\ 3}$ [g.m ⁻²]	χ [%]
	0	1,637						
1	10	0,808	0,806	-0,25	0,792	-2,03	0,815	0,88
2	20	0,595	0,597	0,34	0,580	-2,54	0,602	1,11
3	30	0,444	0,488	9,91	0,471	6,12	0,490	10,34
4	40	0,362	0,421	16,30	0,405	11,87	0,421	16,37
5	60	0,321	0,343	6,85	0,329	2,43	0,341	6,35
6	90	0,294	0,283	-3,74	0,272	-7,55	0,281	-4,42
7	120	0,251	0,250	-0,09	0,241	-3,82	0,249	-0,96
8	240	0,205	0,200	-2,44	0,194	-5,37	0,198	-3,55
9	360	0,190	0,183	-4,21	0,178	-6,32	0,180	-5,01
10	480	0,168	0,173	2,98	0,170	1,23	0,172	2,33
11	600	0,148	0,148	0			0,167	12,72
			prům. $ \chi = 4,71\%$		prům. $ \chi = 4,93\%$		prům. $ \chi = 5,82\%$	
			n = 1,072921		n = 1,095107		n = 1,095107	
			$K_{kor} = 0,038224$		$K_{kor} = 0,038224$		$K_{kor} = 0,047075$	

příloha 1/210 : Desorpce DB z přenosového papíru při 210°C

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Exp. bod	t [s]	$C_{pt\ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_{pt\ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_{pt\ 1}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_{pt\ 2}$ [g.m ⁻²]	χ [%]
	0	1,637						
1	10	0,621	0,542	-12,72	0,541	-12,83	0,499	-19,62
2	20	0,375	0,383	2,13	0,383	2,11	0,352	-6,26
3	30	0,299	0,312	4,35	0,312	4,35	0,287	-4,03
4	40	0,271	0,271	0,02	0,271	0,02	0,250	-7,58
5	60	0,229	0,226	-1,31	0,225	-1,57	0,211	-8,07
6	90	0,199	0,192	-3,52	0,192	-3,90	0,182	-8,54
7	120	0,190	0,175	-7,89	0,174	-8,09	0,166	-12,46
8	240	0,140	0,147	4,83	0,146	4,75	0,142	1,58
9	360	0,134	0,137	2,24	0,136	2,11	0,133	-0,15
10	480	0,128	0,132	3,13	0,131	2,97	0,129	1,17
11	600	0,121	0,128	5,79	0,129	6,40	0,127	4,86
			prům. $ \chi = 4,36\%$		prům. $ \chi = 4,41\%$		prům. $ \chi = 6,76\%$	
			$n = 0,976299$		$n = 0,977008$		$n = 0,976299$	
			$K_{\text{ext}} = 0,113734$		$K_{\text{ext}} = 0,113734$		$K_{\text{ext}} = 0,127836$	

Příloha 1/220 : Desorpce DB z přenosového papíru při 220°C

1	2	3	4	5	6	7
Exp. bod	t [s]	C _{pt exp} [g.m ⁻²]	C _{pt vyp} [g.m ⁻²]	χ [%]	C _{pt 2} [g.m ⁻²]	χ [%]
	0	1,637				
1	10	0,318	0,333	4,72	0,349	9,89
2	20	0,258	0,259	0,08	0,269	4,64
3	30	0,238	0,224	-5,88	0,234	-1,72
4	40	0,202	0,204	0,99	0,212	5,19
5	60	0,184	0,181	-1,63	0,187	1,88
6	90	0,167	0,162	-2,99	0,168	0,36
7	120	0,151	0,152	0,66	0,157	3,85
8	240	0,116	0,133	14,66	0,136	16,92
9	360	0,111	0,125	12,61	0,127	14,41
10	480	0,108	0,121	12,04	0,122	13,37
11	600	0,106	0,118	11,32	0,119	12,56
prům. χ = 6,14 % n = 0,686156 K _{kor} = 0,527742				prům. χ = 7,71 % n = 0,686156 K _{kor} = 0,348192		

příloha 2/180 : Sorpce DB polyesterovou pleteninou při 180°C

1	2	3	4	5	6	7	8
Exp. bod	t [s]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	Z_t^0 [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$-\Delta C_t$ [g.m ⁻²]
	0	0					
1	10	0,451	0,490	8,65	0,456	1,09	0,039
2	20	0,710	0,731	2,96	0,685	-3,57	0,021
3	30	0,866	0,888	2,54	0,838	-3,28	0,022
4	40	0,925	0,964	4,10	0,946	2,24	0,039
5	60	1,117	1,112	-0,45	1,085	-2,89	-0,005
6	90	1,258	1,219	-3,10	1,197	-4,84	-0,039
7	120	1,278	1,286	0,62	1,258	-1,33	0,008
8	240	1,332	1,340	0,60	1,349	1,31	0,008
9	360	1,377	1,396	1,38	1,377	0,00	0,039
10	480	1,454	1,411	-2,96	1,389	-4,47	-0,043
11	600	1,406	1,423	1,21	1,397	-0,64	0,017
	∞		1,440				
			prům. χ = 2,60%		prům. χ = 2,33%		
					n = 1,399629		
					K_{kor} = 0,004608		

Príloha 2/190 : Srpce DB polyesterovou pleteninou při 190°C

1	2	3	4	5	6	7	8
Exp. bod	t [s]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	Z_t^0 [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$-\Delta C_t$ [g.m ⁻²]
	0	0					
1	10	0,562	0,615	9,45	0,546	-2,68	0,053
2	20	0,758	0,816	7,65	0,810	6,80	0,058
3	30	0,969	1,031	6,40	0,969	0,02	0,062
4	40	1,050	1,081	2,95	1,073	2,15	0,031
5	60	1,206	1,190	-1,33	1,193	-1,08	-0,016
6	90	1,280	1,293	1,02	1,280	0,00	0,013
7	120	1,322	1,329	0,59	1,322	0,00	0,007
8	240	1,409	1,410	0,07	1,380	-2,02	0,001
9	360	1,454	1,456	0,14	1,397	-3,92	0,002
10	480	1,458	1,465	0,48	1,403	-3,77	0,007
11	600	1,356	1,467	8,29	1,407		0,111
	∞		1,475				
prům. $ \chi = 3,00\%$					prům. $ \chi = 2,23\%$ $n = 1,469116$ $K_{kor} = 0,005943$		

Příloha 2/200 : Sorpce DB polyesterovou pleteninou při 200°C

1	2	3	4	5	6	7	8
Exp. bod	t [s]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	Z_t^0 [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$-\Delta C_t$ [g.m ⁻²]
	0	0					
1	10	0,854	0,829	-2,93	0,844	-1,17	-0,010
2	20	1,080	1,042	-3,52	1,086	0,55	0,006
3	30	1,240	1,193	-3,79	1,202	-3,06	-0,038
4	40	1,262	1,273	0,87	1,268	0,48	0,006
5	60	1,340	1,316	-1,79	1,338	-0,14	-0,002
6	90	1,397	1,343	-3,87	1,386	-0,82	-0,011
7	120	1,410	1,386	-1,70	1,409	-0,10	-0,001
8	240	1,414	1,432	1,27	1,441	1,88	0,027
9	360	1,351	1,447		1,450		0,099
10	480	1,286	1,469		1,454		0,168
11	600	1,227	1,489		1,457		0,230
	∞		1,489				
prům. $ \chi = 2,47\%$				prům. $ \chi = 1,02\%$ n = 1,295302 $K_{kor} = 0,025254$			

príloha 2/210 : Sorpce DB polyesterovou pleteninou při 210°C

1	2	3	4	5	6	7	8
Exp. bod	t [s]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	Z_t^0 [g.m ⁻²]	λ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	λ [%]	$-\Delta C_t$ [g.m ⁻²]
	0	0					
1	10	1,010	1,016	0,59	1,012	0,17	0,002
2	20	1,295	1,262	-2,55	1,251	-3,39	-0,044
3	30	1,351	1,338	-0,96	1,347	-0,30	-0,004
4	40	1,393	1,366	-1,94	1,395	0,17	0,002
5	60	1,432	1,408	-1,68	1,442	0,68	0,010
6	90	1,421	1,438		1,470		0,049
7	120	1,402	1,447		1,482		0,080
8	240	1,313	1,497		1,498		0,185
9	360	1,230	1,503		1,503		0,273
10	480	1,191	1,509		1,504		0,313
11	600	1,156	1,516		1,505		0,349
	∞		1,521				
prům. $ \lambda = 1,54\%$				prům. $ \lambda = 0,94\%$ $n = 1,431640$ $K_{kor} = 0,030298$			

Příloha 2/220 : Sorpce DB polyesterovou pleteninou při 220°C

1	2	3	4	5	6	7	8
Exp. bod	t [s]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$Z_t^{(D)}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$-\Delta C_t$ [g.m ⁻²]
	0	0					
1	10	1,317	1,319	0,15	1,283	-2,59	-0,034
2	20	1,387	1,379	-0,58	1,358	-2,07	-0,029
3	30	1,428	1,399	-2,03	1,391	-2,57	-0,037
4	40	1,395	1,435		1,410		0,015
5	60	1,383	1,453		1,432		0,049
6	90	1,354	1,470		1,449		0,095
7	120	1,341	1,486		1,458		0,117
8	240	1,213	1,521		1,475		0,262
9	360	1,088	1,526		1,481		0,393
10	480	0,973	1,529		1,485		0,512
11	600	0,918	1,531		1,487		0,569
	∞		1,537				
			prům. $ \chi = 0,92\%$		prům. $ \chi = 2,41\%$		
					$n = 0,742746$		
					$K_{kor} = 0,457152$		

příloha 3/1 : Sorpce DB polyesterovou pleteninou při 200°C
a $C_{po} = 0,863 \text{ g.m}^{-2}$ a $1,743 \text{ g.m}^{-2}$

1	2	3	4	5	6	7	8
		$C_{po} = 0,863 \text{ g.m}^{-2}$			$C_{po} = 1,743 \text{ g.m}^{-2}$		
Exp. bod	t [s]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]
1	5	0,433	0,495		0,405	0,735	
2	10	0,562	0,562	0,00	0,702	0,896	27,64
3	20	0,619	0,618	-0,16	1,057	1,059	0,13
4	30	0,669	0,646	-3,44	1,147	1,148	0,09
5	40	0,695	0,664	-4,46	1,236	1,207	-2,35
6	60	0,703	0,685	-2,56	1,332	1,281	-3,83
7	90	0,709	0,703	-0,85	1,381	1,345	-2,61
8	120	0,714	0,714	0,00	1,388	1,383	-0,36
9	240	0,729	0,734	0,69	1,447	1,456	0,62
10	360	0,751	0,743	-1,07	1,484	1,486	0,13
11	480	0,750	0,748	-0,09	1,504	1,503	-0,07
12	600	0,725	0,751	1,92	1,536	1,515	-1,37
	∞		0,863			1,578	
prům. $ \chi = 1,47 \%$ $n = 0,6563$ $K_{kor} = 0,1188$					prům. $ \chi = 3,57 \%$ $n = 0,7821$ $K_{kor} = 0,0387$		

Příloha 3/2 : Sorpce DB polyesterovou pleteninou při 200°C
a $C_{po} = 2,427 \text{ g.m}^{-2}$ a $3,320 \text{ g.m}^{-2}$

1	2	3	4	5	6	7	8
		$C_{po} = 2,427 \text{ g.m}^{-2}$			$C_{po} = 3,320 \text{ g.m}^{-2}$		
Exp. bod	t [s]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]
1	5	0,523	0,559		0,819	0,718	
2	10	0,880	0,878	-0,23	1,099	1,109	0,91
3	20	1,236	1,287	4,13	1,641	1,639	-0,12
4	30	1,528	1,531	0,20	2,100	1,987	-5,38
5	40	1,849	1,688	-8,71	2,475	2,232	-9,82
6	60	1,906	1,869	-1,94	2,795	2,547	-8,87
7	90	1,999	1,999	0,00	2,815	2,803	-0,43
8	120	2,019	2,062	2,13	2,869	2,943	2,58
9	240	2,045	2,149	5,09	3,156	3,156	0,01
10	360	2,050	2,173	6,00	3,220	3,212	0,06
11	480	2,155	2,183	1,30	3,197	3,253	1,75
12	600	2,202	2,189	-0,59	3,182	3,270	2,77
	∞		2,204			3,020	
prům. $ \chi = 2,59 \%$ $n = 1,4550$ $K_{kor} = 0,0318$				prům. $ \chi = 2,97 \%$ $n = 1,3571$ $K_{kor} = 0,0217$			

příloha 3/3 : Sorpce DB polyesterovou pleteninou při 200°C
a $C_{po} = 4,248 \text{ g.m}^{-2}$ a $5,238 \text{ g.m}^{-2}$

1	2	3	4	5	6	7	8
		$C_{po} = 4,248 \text{ g.m}^{-2}$			$C_{po} = 5,238 \text{ g.m}^{-2}$		
Exp. bod	t [s]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]
1	5	0,710	0,718	1,13	0,732	0,553	
2	10	0,808	1,101		1,095	0,937	-14,43
3	20	1,193	1,635	37,05	1,347	1,553	15,29
4	30	2,039	2,008	-1,52	2,036	2,039	0,15
5	40	2,498	2,285	-8,52	2,813	2,430	-13,62
6	60	2,915	2,670	-8,40	3,618	3,008	-16,86
7	90	3,133	3,013	-3,83	3,665	3,552	-3,08
8	120	3,517	3,217	-8,53	4,109	3,879	-5,60
9	240	3,554	3,560	0,17	4,409	4,405	-0,09
10	360	3,605	3,677	2,00	4,572	4,567	-0,11
11	480	3,695	3,734	1,06	4,637	4,638	0,02
12	600	3,905	3,766	-3,56	4,507	4,677	3,30
	∞		3,868			4,773	
prům. $ \chi = 6,82 \%$ $n = 1,3027$ $K_{kor} = 0,0155$					prům. $ \chi = 6,93 \%$ $n = 1,5620$ $K_{kor} = 0,0128$		

Príloha 4/180 : Studie prenosového tlaku PES pleteniny I při teplotě T = 180°C

Č.	t [s]	R_{1fc}	$\left(\frac{K}{S}\right)_{1fc}$	RV [%]	R_{rub}	$\left(\frac{K}{S}\right)_{rub}$	X	Y	Z	ΔL^*	Δs^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1	5	0,220	1,383	25,38	0,590	0,142	67,293	44,521	13,988	15,30	-13,76	-20,03	28,71	-19,08
2	10	0,151	2,387	43,81	0,574	0,158	60,501	37,327	10,293	10,26	-6,71	-14,45	18,95	-11,14
3	20	0,113	3,481	63,88	0,533	0,205	55,447	32,591	7,890	6,57	-2,49	-9,56	11,87	-5,78
4	30	0,101	4,001	73,43	0,514	0,230	52,673	30,374	6,731	4,72	-1,23	-6,49	8,12	-3,62
5	40	0,098	4,151	76,18	0,494	0,259	52,329	30,036	6,343	4,43	-0,83	-4,74	6,54	-2,63
6	60	0,085	4,925	90,38	0,452	0,332	47,578	26,684	5,267	1,44	-0,03	-3,13	3,44	-1,29
7	90	0,085	4,925	90,38	0,425	0,389	47,014	26,183	4,930	0,97	0,50	-1,63	1,96	-0,21
8	120	0,082	5,139	94,31	0,387	0,485	46,378	25,982	4,859	0,78	-0,37	-1,45	1,69	-0,94
9	240	0,082	5,139	94,31	0,305	0,792	46,223	25,797	4,662	0,60	-0,03	-0,34	0,69	-0,17
10	360	0,085	4,925	90,38	0,240	1,203	46,372	26,059	5,112	0,85	-0,71	-3,09	3,28	-1,90
11	480	0,085	4,925	90,38	0,205	1,542	46,900	26,336	5,283	1,11	-0,42	-3,80	3,98	-1,90
12	600	0,090	4,601	84,44	0,184	1,809	47,806	27,104	5,578	1,82	-1,11	-4,51	4,99	-2,80

Príloha 4/190 : Studie prenosového tlaku PES pleteniny I při teplotě T = 190°C

Č.	t [s]	R_{lfc}	$\left(\frac{K}{S}\right)_{lfc}$	RV [%]	R_{rub}	$\left(\frac{K}{S}\right)_{rub}$	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1	5	0,150	2,408	44,19	0,556	0,177	60,087	37,116	10,523	10,10	-6,97	-15,71	19,93	-11,65
2	10	0,134	2,798	51,35	0,543	0,190	58,228	35,205	9,149	8,65	-4,94	-12,12	15,69	-8,84
3	20	0,103	3,906	71,68	0,510	0,235	53,248	31,054	6,879	5,30	-2,31	-6,33	8,58	-4,58
4	30	0,090	4,601	84,44	0,467	0,304	49,184	27,810	5,401	2,47	-0,30	-2,24	3,34	-1,19
5	40	0,090	4,601	84,44	0,460	0,317	48,820	27,672	5,388	2,34	-0,70	-2,37	3,40	-1,61
6	60	0,085	4,925	90,38	0,416	0,410	47,718	26,719	5,045	1,47	0,20	-1,56	2,15	-0,46
7	90	0,085	4,925	90,38	0,400	0,450	46,302	25,902	4,764	0,70	-0,25	-0,91	1,17	-0,61
8	120	0,078	5,449	100,00	0,368	0,543	46,300	25,662	4,564	0,47	0,73	0,16	0,88	0,73
9	240	0,090	4,601	84,44	0,288	0,880	47,234	26,605	5,000	1,36	-0,62	-1,43	2,07	-1,16
10	360	0,090	4,601	84,44	0,237	1,228	47,904	27,260	5,297	1,97	-1,47	-2,41	3,44	-2,33
11	480	0,095	4,311	79,12	0,196	1,649	48,144	27,314	5,628	2,02	-1,05	-4,49	5,04	-2,75
12	600	0,103	3,906	71,68	0,174	1,961	48,241	28,224	6,446	2,84	-4,36	-8,09	9,62	-7,10

Příloha 4/200 : Studie přenosového tlaku PES pleteniny 1 při teplotě T = 200°C

Č.	t [s]	R_{1fc}	$\left(\frac{K}{S}\right)_{1fc}$	RV [%]	R_{rub}	$\left(\frac{K}{S}\right)_{rub}$	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1	5	0,125	3,063	56,21	0,527	0,212	55,459	33,131	8,386	7,01	-4,35	-11,30	13,99	-8,06
2	10	0,106	3,770	69,19	0,508	0,238	53,044	30,795	6,692	5,08	-1,87	-5,65	7,83	-3,92
3	20	0,090	4,601	84,44	0,453	0,330	49,090	27,736	5,476	2,40	-0,25	-2,84	3,73	-1,39
4	30	0,087	4,791	87,92	0,422	0,396	47,476	26,595	4,845	1,35	0,06	-0,36	1,40	-0,10
5	40	0,086	4,857	89,14	0,405	0,437	47,199	26,431	4,871	1,20	-0,01	-0,81	1,44	-0,35
6	60	0,086	4,857	89,14	0,375	0,521	47,034	26,347	4,808	1,12	-0,11	-0,50	1,23	-0,31
7	90	0,082	5,139	94,31	0,342	0,633	46,363	25,871	4,476	0,67	0,04	1,16	1,34	0,53
8	120	0,086	4,857	89,14	0,306	0,787	47,011	26,571	4,862	1,33	-1,07	-0,52	1,79	-1,19
9	240	0,087	4,791	87,92	0,231	1,280	47,196	26,616	5,460	1,37	-0,76	-4,52	4,78	-2,49
10	360	0,099	4,100	75,24	0,181	1,848	49,455	28,436	6,087	3,03	-2,03	-5,62	6,70	-4,06
11	480	0,100	4,050	74,33	0,157	2,263	49,754	28,730	6,438	3,29	-2,39	-7,27	8,33	-4,97
12	600	0,110	3,600	66,07	0,146	2,498	50,066	29,132	7,109	3,65	-3,13	-10,47	11,52	-6,65

Príloha 4/210 : Studie prenosového tlaku PES pleteniny 1 při teplotě T = 210°C

Č.	t [s]	R_{1fc}	$\left(\frac{K}{S}\right)_{1fc}$	RV [%]	R_{Rub}	$\left(\frac{K}{S}\right)_{Rub}$	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1	5	0,101	4,001	73,43	0,480	0,282	50,850	29,428	6,538	3,91	-2,26	-6,79	8,15	-4,68
2	10	0,093	4,423	81,17	0,450	0,336	50,180	28,422	5,323	3,02	-0,12	-0,77	3,12	-0,43
3	20	0,089	4,662	85,56	0,388	0,483	48,426	27,257	4,861	1,96	-0,09	0,59	2,05	0,17
4	30	0,090	4,601	84,44	0,367	0,546	48,609	27,404	5,000	2,10	-0,20	-0,16	2,11	-0,24
5	40	0,092	4,481	82,24	0,305	0,792	48,722	27,625	5,136	2,30	-0,77	-0,75	2,54	-1,01
6	60	0,095	4,311	79,12	0,279	0,932	49,199	27,794	5,249	2,45	-0,20	-1,25	2,76	-0,70
7	90	0,098	4,151	76,18	0,231	1,280	49,237	28,123	5,564	2,75	-1,38	-2,81	4,17	-2,41
8	120	0,100	4,050	74,33	0,206	1,530	49,243	28,415	5,581	3,01	-2,50	-2,47	4,63	-3,30
9	240	0,109	3,642	66,84	0,165	2,113	49,675	29,579	6,511	4,04	-5,81	-6,41	9,55	-7,88
10	360	0,113	3,481	63,88	0,149	2,470	49,987	29,624	6,712	4,08	-5,18	-7,50	9,99	-7,67
11	480	0,115	3,410	62,58	0,146	2,498	51,018	29,779	7,521	4,21	-3,15	-11,72	12,84	-7,01
12	600	0,117	3,332	61,15	0,137	2,718	53,243	30,586	7,714	4,90	-0,61	-11,53	12,55	-4,51

Příloha 4/220 : Studie přenosového tlaku PKS pleteniny I při teplotě T = 220°C

Č.	t [s]	R _{lic}	$\left(\frac{K}{S}\right)_{lic}$	RV [%]	R _{rub}	$\left(\frac{K}{S}\right)_{rub}$	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1	5	0,088	4,726	86,73	0,447	0,342	48,042	27,114	5,319	1,83	-0,53	-2,79	3,38	-1,61
2	10	0,084	4,994	91,65	0,423	0,394	46,651	26,079	4,744	0,87	-0,04	-0,47	0,99	-0,23
3	20	0,078	5,449	100,00	0,370	0,536	45,280	25,173	4,476	0	0	0	0	0
4	30	0,080	5,290	97,08	0,327	0,693	45,441	25,323	4,652	0,15	-0,19	-1,05	1,08	-0,61
5	40	0,086	4,857	89,14	0,310	0,768	47,619	26,851	5,043	1,59	-0,59	-1,33	2,16	-1,09
6	60	0,089	4,662	85,56	0,254	1,096	47,711	26,936	5,310	1,67	-0,69	-3,01	3,51	-1,85
7	90	0,093	4,423	81,17	0,220	1,383	48,184	27,416	5,573	2,11	-1,35	-3,98	4,70	-2,83
8	120	0,100	4,050	74,33	0,195	1,662	48,810	28,103	6,094	2,73	-2,41	-6,17	7,17	-4,61
9	240	0,107	3,726	68,38	0,155	2,303	50,321	29,435	6,961	3,91	-3,62	-9,19	10,62	-6,75
10	360	0,116	3,368	61,81	0,149	2,430	50,912	30,276	7,662	4,64	-5,26	-11,72	13,66	-9,05
11	480	0,126	3,031	55,62	0,142	2,592	52,459	31,916	8,347	6,02	-7,35	-12,82	15,96	-11,36
12	600	0,128	2,970	54,51	0,140	2,641	53,138	32,072	8,384	6,15	-6,24	-12,78	15,49	-10,27

Příloha 5/1 : Kinetika přenosového tisku pleteniny PES/ba 50/50 disperzním barvivem
 Ostacetová červeně 1168 při $T = 220^{\circ}\text{C}$ a koncentraci Sokratu 4924
 $C_s = 50 \text{ g.l}^{-1}$ a 100 g.l^{-1}

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Exp. bod	t [s]	$C_s = 50 \text{ g.l}^{-1}$						$C_s = 100 \text{ g.l}^{-1}$			
		$C_t \text{ exp}$ [g.m^{-2}]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m^{-2}]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]
1	5	0,521	0,547	4,91	0,550	5,63	0,541	0,541	-0,03	0,540	-0,26
2	10	0,584	0,582	-0,33	0,585	0,23	0,574	0,581	1,23	0,580	1,04
3	20	0,603	0,603	0,02	0,606	0,42	0,602	0,605	0,45	0,604	0,31
4	30	0,611	0,611	-0,02	0,613	0,29	0,613	0,613	0,02	0,613	-0,08
5	60	0,619	0,619	0,01	0,620	0,20	0,622	0,622	-0,01	0,622	-0,07
6	120	0,623	0,623	0,06	0,624	0,17	0,626	0,626	0,07	0,626	-0,04
		prům. $ \chi = 0,89\%$		prům. $ \chi = 0,14\%$		prům. $ \chi = 0,30\%$		prům. $ \chi = 0,30\%$			
		$n = 0,963704$		$n = 1,0$		$n = 1,010514$		$n = 1,0$			
		$K_{\text{kor}} = 0,652194$		$K_{\text{kor}} = 0,652194$		$K_{\text{kor}} = 0,547800$		$K_{\text{kor}} = 0,547800$			

Příloha 5/2 : Kinetika přenosového tlaku pleteniny PES/ba 50/50 disperzním barvivem
Ostatetová červen 1168 při $T = 220^{\circ}\text{C}$ a koncentraci Sokratu 4924
 $C_s = 200 \text{ g.l}^{-1}$ a 300 g.l^{-1}

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Exp. bod	t [s]	$C_s = 200 \text{ g.l}^{-1}$						$C_s = 300 \text{ g.l}^{-1}$			
		$C_t \text{ exp}$ [g.m^{-2}]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	λ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	λ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m^{-2}]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	λ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	λ [%]
1	5	0,541	0,542	0,20	0,558	3,06	0,516	0,519	0,51	0,499	-3,27
2	10	0,582	0,580	-0,37	0,593	1,94	0,580	0,577	-0,56	0,558	-3,75
3	20	0,603	0,604	0,16	0,614	1,82	0,610	0,610	-0,15	0,597	-2,14
4	30	0,613	0,613	0,05	0,621	1,36	0,615	0,623	1,26	0,612	-0,53
5	60	0,624	0,623	-0,03	0,629	0,80	0,630	0,635	0,72	0,628	-0,36
6	120	0,632	0,630	-0,36	0,633	0,15	0,637	0,640	0,49	0,636	-0,13
		$\text{prům. } \lambda = 0,20\%$ $n = 0,880163$ $K_{\text{kor}} = 0,598860$		$\text{prům. } \lambda = 1,52\%$ $n = 1,0$ $K_{\text{kor}} = 0,598860$		$\text{prům. } \lambda = 0,62\%$ $n = 1,126251$ $K_{\text{kor}} = 0,341835$		$\text{prům. } \lambda = 1,70\%$ $n = 1,0$ $K_{\text{kor}} = 0,341835$			

Příloha 5/3 : Kinetika přenosového tlaku pleteniny PES/ba 50/50 disperzním barvivem
 Ostacetová červeně 1168 při $T = 210^{\circ}\text{C}$ a koncentraci Sokratu 4924
 $C_s = 50 \text{ g.l}^{-1}$ a 100 g.l^{-1}

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Exp. bod	t [s]	$C_s = 50 \text{ g.l}^{-1}$					$C_s = 100 \text{ g.l}^{-1}$				
		$C_t \text{ exp}$ [g.m^{-2}]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m^{-2}]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]
1	5	0,433	0,486	12,23	0,483	11,62	0,473	0,476	0,66	0,466	-1,47
2	10	0,556	0,544	-2,12	0,541	-2,63	0,560	0,540	-3,53	0,530	-5,38
3	20	0,585	0,582	-0,56	0,580	-0,94	0,584	0,582	0,38	0,573	-1,80
4	30	0,596	0,596	-0,01	0,594	-0,32	0,598	0,597	0,11	0,591	-1,24
5	60	0,611	0,611	0,01	0,610	-0,18	0,613	0,614	0,11	0,609	-0,60
6	120	0,619	0,619	-0,01	0,618	-0,12	0,622	0,622	0,01	0,619	-0,41
		$\text{prům. } \chi = 2,49\%$ $n = 1,018285$ $K_{\text{kor}} = 0,299332$					$\text{prům. } \chi = 2,64\%$ $n = 1,0$ $K_{\text{kor}} = 0,299332$				
							$\text{prům. } \chi = 0,80\%$ $n = 1,060282$ $K_{\text{kor}} = 0,262031$				
							$\text{prům. } \chi = 1,81\%$ $n = 1,0$ $K_{\text{kor}} = 0,262031$				

Příloha 5/4 : Kinetika přenosového tlaku pleteniny PES/ba 50/50 disperzním barvivem

Ostacetová červeně 1168 při $T = 210^{\circ}\text{C}$ a koncentraci Sokratu 4924

$C_s = 200 \text{ g.l}^{-1}$ a 300 g.l^{-1}

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Exp. bod	t [s]	$C_s = 200 \text{ g.l}^{-1}$						$C_s = 300 \text{ g.l}^{-1}$			
		$C_t \text{ exp}$ [g.m^{-2}]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m^{-2}]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m^{-2}]	χ [%]
1	5	0,448	0,447	-0,21	0,423	-5,66	0,443	0,443	0,09	0,408	-7,94
2	10	0,547	0,525	4,06	0,498	-9,04	0,554	0,526	-5,08	0,485	-9,48
3	20	0,571	0,577	1,02	0,554	-3,00	0,580	0,579	-0,13	0,544	-6,15
4	30	0,600	0,614	2,26	0,577	-3,77	0,598	0,598	0,07	0,570	-4,74
5	60	0,617	0,616	-0,09	0,604	-2,08	0,615	0,617	0,38	0,599	-2,63
6	120	0,626	0,626	0,05	0,619	-1,12	0,624	0,626	0,33	0,615	-1,41
		$\text{prům. } \chi = 1,28\%$ $n = 1,131750$ $K_{\text{kor}} = 0,196996$					$\text{prům. } \chi = 4,11\%$ $n = 1,0$ $K_{\text{kor}} = 0,196996$				
							$\text{prům. } \chi = 1,01\%$ $n = 1,208889$ $K_{\text{kor}} = 0,193937$				
							$\text{prům. } \chi = 5,89\%$ $n = 1,0$ $K_{\text{kor}} = 0,193937$				

Příloha 5/5 : Kinetika přenosového tlaku pleteniny PES/ba 50/50 disperzním barvivem Ostacetová červen 1166
 při $T = 200^{\circ}\text{C}$ a koncentrací Sokratu 4924 $C_s = 50, 100, 200$ a 300 g.l^{-1}

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14												
Exp. bod	t [s]	$C_s = 50 \text{ g.l}^{-1}$						$C_s = 100 \text{ g.l}^{-1}$						$C_s = 200 \text{ g.l}^{-1}$						$C_s = 300 \text{ g.l}^{-1}$					
		$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]	$C_t \text{ exp}$ [g.m ⁻²]	$C_t \text{ vyp}$ [g.m ⁻²]	χ [%]									
1	5	0,363	0,362	-0,30	0,358	0,357	-0,24	0,341	0,367	7,58	0,390	0,394	0,91												
2	10	0,488	0,489	0,33	0,475	0,476	0,07	0,471	0,465	-1,27	0,504	0,499	-1,02												
3	20	0,565	0,565	-0,07	0,559	0,559	-0,07	0,549	0,538	-1,87	0,563	0,564	0,25												
4	30	0,570	0,586	2,78	0,572	0,586	2,51	0,574	0,567	-1,15	0,576	0,586	1,65												
5	60	0,589	0,602	2,17	0,600	0,611	1,77	0,598	0,597	-0,22	0,595	0,604	1,49												
6	120	0,598	0,607	1,48	0,610	0,620	1,62	0,608	0,610	0,40	0,604	0,610	1,15												
		prům. $ \chi = 1,19\%$ $n = 1,743622$ $K_{\text{kor}} = 0,186641$						prům. $ \chi = 1,05\%$ $n = 1,516837$ $K_{\text{kor}} = 0,124089$						prům. $ \chi = 2,08\%$ $n = 1,252114$ $K_{\text{kor}} = 0,121518$						prům. $ \chi = 0,91\%$ $n = 1,471760$ $K_{\text{kor}} = 0,155972$					

Příloha 6/1 : Studie přenosového tlaku PES/ba pleteniny při teplotě $T = 200^{\circ}\text{C}$
a koncentraci Sokratu 4924 $C_s = 50, 100, 200$ a 300 g.l^{-1}

Č.	C_s [g.l ⁻¹]	t [s]	R	K/S	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1	50	5	0,178	1,893	58,424	35,820	11,461	9,12	-6,53	-21,26	24,03	-12,04
2		10	0,174	1,956	57,469	36,426	10,954	9,58	-10,73	-18,40	23,36	-15,85
3		20	0,140	2,637	53,027	32,597	9,173	6,58	-8,37	-15,81	19,06	-13,04
4		30	0,130	2,906	49,525	30,089	8,230	4,48	-8,10	-14,90	17,53	-12,59
5		60	0,148	2,447	52,488	33,180	9,566	7,05	-11,73	-16,79	21,66	-16,54
6		120	0,170	2,021	53,658	33,257	9,953	7,11	-9,13	-18,41	21,74	-14,27
1	100	5	0,175	1,940	58,992	37,496	11,291	10,39	-10,68	-18,39	23,67	-15,79
2		10	0,160	2,200	55,269	34,507	9,965	8,10	-9,53	-16,75	20,90	-14,37
3		20	0,145	2,516	54,021	34,001	9,526	7,71	-10,81	-15,48	20,39	-15,35
4		30	0,145	2,516	52,996	32,425	8,887	6,44	-7,83	-14,71	17,87	-12,29
5		60	0,155	2,298	53,177	32,712	9,286	6,67	-8,40	-16,17	19,41	-13,15
6		120	0,185	1,790	55,219	35,673	10,282	9,01	-13,55	-16,56	23,22	-18,27

pokračování

Č.	C_s [g.l ⁻¹]	t [s]	R	K/S	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1		5	0,155	2,298	59,548	37,059	10,219	10,06	-8,00	-14,48	19,36	-12,39
2		10	0,135	2,766	55,209	33,507	8,723	7,31	-6,25	-12,43	15,72	-10,19
3	200	20	0,130	2,906	53,437	32,352	8,503	6,38	-6,50	-12,98	15,85	-10,57
4		30	0,130	2,906	52,921	31,999	8,307	6,09	-6,51	-12,50	15,35	-10,46
5		60	0,135	2,766	53,073	32,202	8,323	6,25	-6,86	-12,29	15,41	-10,74
6		120	0,160	2,200	55,585	35,665	10,677	9,00	-12,65	-18,25	23,96	-17,72
1		5	0,170	2,021	60,664	38,401	11,169	11,05	-9,76	-16,75	22,32	-14,60
2		10	0,145	2,516	55,509	34,170	9,618	7,84	-7,81	-15,66	19,18	-12,47
3	300	20	0,140	2,637	54,512	33,294	9,265	7,14	-7,19	-15,26	18,32	-11,78
4		30	0,130	2,906	53,685	32,317	8,482	6,35	-5,77	-12,91	15,50	-9,85
5		60	0,135	2,766	51,613	31,396	8,466	5,59	-7,59	-14,15	17,00	-11,92
6		120	0,155	2,298	54,364	33,591	9,506	7,38	-8,57	-15,95	19,56	-13,28

Příloha 6/2 : Studie přenosového tlaku PES pleteniny 2 při teplotě $T = 200^{\circ}\text{C}$
a koncentraci Sokratu 4924 $C_2 = 50, 100, 200$ a 300 g.l^{-1}

Č.	C_2 [g.l ⁻¹]	t [s]	R	K/S	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1	50	5	0,140	2,636	58,818	35,820	9,933	9,12	-5,62	-14,85	18,31	-10,16
2		10	0,120	3,221	56,226	33,334	8,458	7,17	-3,24	-11,37	13,83	-7,01
3		20	0,114	3,438	55,921	32,771	8,020	6,72	-2,00	-9,97	12,19	-5,43
4		30	0,102	3,947	53,431	30,779	7,250	5,07	-0,86	-8,79	10,18	-3,99
5		60	0,105	3,809	54,020	31,494	7,376	5,67	-2,02	-8,43	10,36	-4,99
6		120	0,120	3,221	54,567	32,056	7,653	6,13	-2,71	-9,10	11,31	-5,85
1	100	5	0,120	3,221	55,653	33,072	8,539	6,96	-3,69	-12,13	14,47	-7,64
2		10	0,105	3,809	52,249	30,529	7,410	4,86	-2,85	-10,01	11,49	-6,26
3		20	0,105	3,809	51,714	30,317	7,282	4,67	-3,40	-9,63	11,24	-6,67
4		30	0,105	3,809	52,247	30,431	7,515	4,77	-2,50	-10,72	11,99	-6,11
5		60	0,105	3,809	53,374	31,014	7,703	5,27	-1,86	-10,85	12,20	-5,54
6		120	0,115	3,400	52,925	31,341	7,850	5,54	-4,14	-11,14	13,11	-7,81

pokračování

Příloha 6/2 pokračování

Č.	C_s [g.l ⁻¹]	t [s]	R	K/S	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1		5	0,130	2,906	56,488	34,077	8,848	7,77	-5,18	-12,23	15,39	-9,11
2		10	0,105	3,809	54,122	31,516	7,652	5,69	-1,85	-9,86	11,53	-5,26
3	200	20	0,105	3,809	54,001	31,363	7,245	5,56	-1,59	-8,45	10,24	-4,59
4		30	0,105	3,809	53,186	31,008	7,277	5,26	-2,30	-8,60	10,34	-5,30
5		60	0,115	3,400	54,708	32,081	7,624	6,16	-2,46	-8,90	11,10	-5,55
6		120	0,120	3,221	53,916	31,901	7,696	6,01	-3,73	-9,54	11,87	-6,96
1		5	0,125	3,057	53,666	32,372	8,782	6,39	-6,01	-14,29	16,77	-10,41
2		10	0,117	3,327	53,920	32,044	8,188	6,12	-4,23	-11,85	13,99	-8,09
3	300	20	0,110	3,595	54,020	31,740	7,973	5,87	-2,90	-11,20	12,97	-6,64
4		30	0,105	3,809	50,603	29,465	6,896	3,94	-3,02	-8,78	10,09	-6,05
5		60	0,106	3,764	51,111	29,880	7,103	4,30	-3,29	-9,31	10,77	-6,47
6		120	0,110	3,595	50,964	29,995	7,147	4,40	-4,09	-9,38	11,14	-7,25

Příloha 6/3 : Studie přenosového tlaku PES/ba pleteniny při teplotě $T = 220^{\circ}\text{C}$
a koncentraci Sokratu 4924 $C_s = 50, 100, 200$ a 300 g.l^{-1}

Č.	C_s [g.l ⁻¹]	t [s]	R	K/S	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1	50	5	0,153	2,340	53,052	34,209	9,946	7,87	-9,04	-17,07	20,85	-13,95
2		10	0,140	2,637	51,143	31,362	9,224	5,56	-8,65	-17,80	20,56	-13,69
3		20	0,145	2,516	50,704	31,344	8,924	5,54	-9,69	-16,43	19,86	-14,46
4		30	0,175	1,940	52,935	33,873	10,501	7,60	-13,02	-19,92	24,98	-18,34
5		60	0,170	2,021	53,097	34,166	10,444	7,84	-13,63	-19,28	24,88	-18,85
6		120	0,180	1,863	54,488	34,689	10,537	8,25	-12,02	-18,97	23,92	-17,21
1	100	5	0,148	2,447	55,212	33,615	9,343	7,40	-6,62	-15,18	18,14	-11,20
2		10	0,135	2,766	54,208	33,156	8,908	7,03	-7,44	-13,78	17,17	-11,69
3		20	0,135	2,766	52,402	31,986	8,885	6,08	-7,74	-15,32	18,21	-12,33
4		30	0,153	2,340	53,515	33,298	9,735	7,15	-9,62	-17,39	21,12	-14,58
5		60	0,165	2,108	53,911	33,931	10,109	7,65	-10,84	-18,16	22,49	-15,91
6		120	0,180	1,863	55,431	35,582	10,621	8,94	-12,75	-18,13	23,89	-17,79

pokračování

Příloha 6/3 pokračování

Č.	C_s [g.l ⁻¹]	t [s]	R	K/S	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1		5	0,141	2,612	55,672	33,590	9,317	7,38	-5,44	-15,09	17,66	-10,03
2		10	0,130	2,906	54,922	33,597	9,153	7,38	-7,25	-14,32	17,67	-11,63
3	200	20	0,130	2,906	53,559	32,780	8,391	6,73	-7,71	-11,82	15,63	-11,42
4		30	0,140	2,637	54,409	33,079	8,596	6,97	-6,69	-12,40	15,72	-10,61
5		60	0,140	2,637	54,632	33,790	8,671	7,54	-8,61	-11,78	16,42	-12,28
6		120	0,180	1,863	58,446	38,174	11,380	10,89	-14,08	-17,89	25,24	-19,06
1		5	0,137	2,713	56,145	34,115	9,192	7,80	-6,12	-13,79	16,98	-10,40
2		10	0,130	2,906	53,770	32,334	8,452	6,36	-5,62	-12,74	15,31	-9,67
3	300	20	0,130	2,906	50,987	31,085	8,246	5,33	-8,04	-13,52	16,60	-12,20
4		30	0,140	2,637	52,245	32,681	9,096	6,65	-10,59	-15,33	19,78	-15,11
5		60	0,150	2,403	52,406	32,835	9,259	6,77	-10,73	-15,87	20,32	-15,37
6		120	0,160	2,200	53,875	33,095	9,325	6,98	-8,04	-15,81	19,06	-12,72

Příloha 6/4 : Studie přenosového tlaku PES pleteniny 2 při teplotě $T = 220^{\circ}\text{C}$
a koncentraci Sokratu 4924 $C_s = 50, 100, 200$ a 300 g.l^{-1}

Č.	C_s [g.l^{-1}]	t [s]	R	K/S	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1	50	5	0,107	3,721	53,681	31,187	7,537	5,41	-1,74	-9,73	11,27	-5,11
2		10	0,107	3,721	52,938	30,805	7,376	5,09	-2,16	-9,43	10,93	-5,43
3		20	0,106	3,764	51,970	30,280	7,201	4,64	-2,63	-9,25	10,68	-5,82
4		30	0,115	3,400	52,212	31,293	7,915	5,51	-5,73	-11,54	14,01	-9,45
5		60	0,120	3,221	52,658	31,229	8,003	5,45	-4,39	-12,08	13,96	-8,31
6		120	0,125	3,057	54,579	32,133	8,235	6,21	-3,03	-11,93	13,79	-6,95
1	100	5	0,110	3,595	53,859	31,552	7,875	5,72	-2,62	-10,96	12,64	-6,30
2		10	0,102	3,947	52,266	30,289	6,751	4,65	-1,93	-6,73	8,41	-4,35
3		20	0,108	3,678	52,866	30,886	7,024	5,16	-2,64	-7,39	9,39	-5,24
4		30	0,110	3,595	52,882	30,898	7,301	5,17	-2,64	-8,89	10,61	-5,72
5		60	0,115	3,400	52,223	30,884	7,833	5,16	-4,22	-11,72	13,48	-8,04
6		120	0,120	3,221	54,182	32,191	8,118	6,25	-4,12	-11,29	13,54	-7,83

pokračování

Příloha 6/4 pokračování

Č.	C_s [g.l ⁻¹]	t [s]	R	K/S	X	Y	Z	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*
1	200	5	0,110	3,595	55,063	32,142	7,573	6,21	-1,83	-8,55	10,72	-4,84
2		10	0,108	3,678	54,567	31,791	7,535	5,92	-1,74	-8,85	10,79	-4,85
3		20	0,105	3,809	52,393	30,621	7,193	4,93	-2,83	-8,71	10,40	-5,85
4		30	0,110	3,595	53,447	31,071	7,298	5,31	-1,89	-8,62	10,30	-4,92
5		60	0,110	3,595	53,393	31,319	7,349	5,69	-3,64	-8,25	10,66	-6,46
6		120	0,120	3,221	54,183	31,664	7,628	10,89	-14,09	-17,89	25,23	-19,06
1	300	5	0,110	3,595	52,303	30,770	7,502	5,06	-3,60	-10,15	11,90	-7,01
2		10	0,105	3,809	51,567	30,085	6,908	4,48	-2,91	-7,92	9,55	-5,67
3		20	0,110	3,595	49,625	29,125	7,140	3,64	-4,23	-10,65	12,02	-7,76
4		30	0,114	3,438	49,995	29,800	7,578	4,23	-5,82	-11,99	13,98	-9,66
5		60	0,115	3,400	50,485	30,368	7,691	4,72	-6,68	-11,74	14,30	-10,42
6		120	0,125	3,057	52,858	31,210	7,960	5,43	-3,83	-11,89	13,62	-7,72