

Vpliv carrierja in temperature na obarvljivost različnih poliestrov

V članku je raziskana obarvljivost treh različnih poliestrskih vlaken: klasičnih polietilentereftalatnih (PET), novejših polibutilentereftalatnih (PBT) ter novih dvokomponentnih polietilentereftalatnih in politrimetilentereftalatnih (PET/PTT) pri izčrpalnem barvanju z visokomolekularnim disperznim barvilom pod vplivom različnih količin carrierja, primerjalno pri dveh temperaturah: 100 °C in 130 °C. Obarvanja so ovrednotena z globino barve in z barvnimi vrednostmi CIELAB ter z barvnimi obstojnostmi na pranje in svetlobo. Organsko onesnaženje odpadnih voda je ocenjeno z analizo TOC.

Iz barvnometričnih rezultatov je razvidno, da se pri 100 °C brez dodatka carrierja najbolje obarva PBT poliester. S povečevanjem koncentracije carrierja v barvalni kopeli se povečuje obarvljivost PET in PET/PTT poliestrov, vendar pa se hkrati zmanjšuje svetlobna obstojnost obarvanj in povečuje obremenjenost odpadnih voda. Pri barvanju PBT poliestra pa carrier ne deluje kot pospeševalec, temveč kot zaviralec barvanja. Tako se z naraščanjem količine carrierja v barvalni kopeli zmanjšuje globina barve na PBT poliestru. Pri 130 °C se najbolje obarva PET/PTT poliester, ki tudi preseže obarvljivost PBT poliestra. Pri 130 °C se sicer obarvljivost PET močno poveča, vendar ne preseže globine barve na PBT poliestru. Pri 130 °C dodatek carrierja mnogo manj vpliva na obarvljivost poliestrov kot pri 100 °C. Obarvanja vseh poliestrov z visokomolekularnim disperznim barvilom imajo neodvisno od globine barve in uporabe carrierja odlične pralne obstojnosti pri 60 °C, obarvanja, dobljena brez carrierja, pa tudi zelo dobro svetlobno obstojnost.

Ključne besede: poliester, barvanje, disperzno barvilo, carrier, PET, PBT, elasterell-p, globina barve, TOC, barvna obstojnost

Influence of carrier and temperature on dyeability of different polyesters

In this study, the dyeability of three different polyester fibres: a regular polyethyleneterephthalate (PET), a newer polybutyleneterephthalate (PBT) and a new bicomponent polyethylene-terephthalate – polytrimethyleneterephthalate (PET/PTT), is investigated in the exhaust dyeing procedure with a high energy level disperse dye in dependence of different amounts of carrier at two temperatures: 100°C and 130°C, comparatively. The dyeings are evaluated by their colour strength, CIELAB colour characteristics as well as by wash and light colour fastness properties. Organic pollution of waste waters is assessed by TOC analysis.

Colorimetric results show that at dyeing conditions of 100°C in the absence of the carrier PBT polyester exhibits the best dyeability among all investigated polyesters. The increasing concentration of the carrier in the dye bath raises the dyeability of PET and PET/PTT but at the same time lowers the light fastness of the disperse dyeings and increases effluent pollution. At PBT dyeing, the carrier does not act as a dyeing accelerator but as a levelling agent lowering the dye uptake. Because of that the colour strength on PBT gradually decreases with the increasing amount of the carrier. At 130°C, the dyeability of PET/PTT is excellent and exceeds also that of PBT. At 130°C, the dyeability of PET is very much enhanced, however, it does not exceed the colour strength on PBT polyester. At 130°C, the effect of the carrier concentration is not as significant for the dyeability of polyesters as at 100°C. The dyeings on all polyesters with a high molecular weight disperse dye, independently of the colour strength or the use of the carrier, have excellent wash fastnesses to 60°C laundering, the dyeings obtained without the carrier have also very good light fastness.

Keywords: polyester, dyeing, disperse dye, carrier, PET, PBT, elasterell-p, colour strength, TOC, colour fastness

1.0 UVOD

Polietilentereftalat (PET), ki se izdeluje s polikondenzacijo tereftalove kisline in 1,2-etandiola, se je kot prvo poliestrsko tekstilno vlakno začel tržno uveljavljati leta 1948.^[1] Zaradi odličnih tekstilnih lastnosti je še danes najpomembnejše sintetično vlakno. Dvajset let pozneje je na trg prišlo kemično drugačno poliestrsko vlakno, polibutilentereftalat (PBT), ki temelji na tereftalovi kislini in 1,4-butandiolu, ki pa je večji pomen pridobilo v zadnjih letih, šele z bolj ekonomičnim postopkom izdelave.^[2] Leta 1995 je prišlo na trg novo poliestrsko vlakno, politrimetilentereftalat (PTT), ki temelji na tereftalovi kislini in 1,3-propandiolu.^[3] Štiri leta pozneje so v podjetju DuPont Textiles and Interiors, ki je zdaj Invista, oblikovali novo dvokomponentno vlakno, T-400, ki od leta 2002 pripada novi podskupini poliestrskih vlaken, imenovanih elasterell-p.^[4, 5] T-400 elasterell-p poliestrsko vlakno sestavljata dva kemično različna poliestra: polietilentereftalat (PET) in politrimetilentereftalat (PTT). Prednosti omenjenih novih poliestrov, kot so PBT, PTT in PET/PTT, so mehkejši otip, večja elastičnost in elastična povratnost ter boljša obarvljivost v primerjavi s klasičnim PET.

Poliestrska nemodificirana vlakna so hidrofobna vlakna in se kot taka lahko barvajo le z neionskimi disperznimi barvili. V preteklosti je bilo opravljenih zelo veliko raziskav na področju barvanja PET vlaken,^[1, 3, 6, 7] vendar pa je zelo malo podatkov o barvanju PBT vlaken^[8, 9] in skoraj nič o barvanju novih elasterell-p vlaken. S predhodnimi raziskavami smo proučevali barvanje homopolimernih PBT in bipolimernih elasterell-p vlaken z disperznimi barvili različno velikih molekul v odvisnosti od barvalne temperature.^[10] PBT vlakna imajo zaradi večjega števila metilenskih skupin $-(CH_2)_4-$ med ponavljajočimi se togimi benzenskimi obroči gibljivejše in fleksibilnejše polimerne verige v primerjavi s PET vlakni, zato lahko disperzna barvila hitreje difundirajo v PBT vlakna in jih dobro obarvajo že pri 100 °C. Elasterell-p vlakna, ki kot dvokomponentna vsebujejo tudi PET komponento, pa se z disperznimi barvili velikih molekulskih mas zadovoljivo obarvajo šele pri višjih temperaturah.^[10] V tem članku pa je predstavljeno barvanje PBT in PET/PTT (elasterell-p) novih poliestrskih prej pod vplivom različnih količin carrierja pri 100 °C in 130 °C v primerjavi s standardno PET poliestrsko prejo.

Uporaba carrierjev pri barvanju PET vlaken se sicer zmanjšuje, saj imajo carrierji kar nekaj negativnih lastnosti, kot so npr. neprijeten vonj, poslabšanje svetlobne obstojnosti obarvanj ter ev. toksičnost. Danes se PET poliester barva z izžrpanjem raje pri visoki temperaturi: 125–135 °C brez carrierjev. Barvanje poliestra pri nižjih temperaturah pa je kljub vsemu ustrežnejše, če je ta v mešanicih z drugimi termično nestabilnimi vlakni (PES/WO) ali če želimo ohraniti voluminoznost

in elastičnost poliestrskega substrata. V tem primeru lahko obarvljivost zelo kompaktnega in visokokristalnega PET v homopolimernih in v elasterell-p poliestrskih vlaknih izboljšamo z dodatkom carrierjev. Carrierji so kemično aromatske organske spojine. Zaradi ugotovljene toksičnosti danes naj ne bi več uporabljali carrierje na osnovi klorobenzenov in fenolov. Način delovanja carrierjev (slovensko: nosilcev) kot pospeševalcev barvanja je bil že v preteklosti široko raziskan in postavljenih je bilo tudi več teorij o njihovem delovanju.^[1, 3, 6, 7] Znano je, da carrierji znižajo temperaturo steklastega prehoda vlaken in povečajo hitrost barvanja ter skrajšajo čas, potreben za difuzijo in migracijo disperznih barvil.^[3] Manjše količine carrierjev se lahko uporabljajo tudi pri barvanju pri višjih temperaturah za izboljšanje egaliziranja in prekrivanja neenakosti v substratu.^[1]

Za barvanje treh različnih vrst (PBT, PET/PTT in PET) poliestrskih prej podobne finosti smo uporabili tržno disperzno barvilo visoke molekulske mase in tako slabih difuzijskih in migracijskih lastnosti. Izbrano barvilo je primerno tako za standardno visokotemperaturno barvanje kot tudi za barvanje s carrierji.^[11] Kot carrier pa smo uporabili tržni proizvod z manjšo ekološko oporečnostjo, ki je biološko razgradljiv.^[12] Njegov prispevek k vodnemu organskemu onesnaženju smo ocenili s TOC analizo odpadnih barvalnih kopeli.

Obarvanja poliestrskih prej smo ovrednotili s CIELAB sistemom in Kubelka-Munkovo enačbo kot tudi s preizkušanjem njihovih pralnih in svetlobnih obstojnosti.

2.0 EKSPERIMENTALNI DEL

2.1 Materiali

Uporabili smo tri poliestrske multifilamentne teksturirane preje: polietilentereftalatno (PET) 56 dtex f 24, polibutilentereftalatno (PBT) 56 dtex f 24 (Elite®, Nylstar SpA) in dvokomponentno polietilentereftalatno in politrimetilentereftalatno (PET/PTT) prejo 50 dtex f 34 (elasterell-p T 400, Invista).

Pred barvanjem smo poliestrske preje spirali z vročo deionizirano vodo (40 °C) in jih posušili na zraku pri sobni temperaturi.

Preje smo barvali s tržnim disperznim barvilom Terasil Yellow W-6GS (Ciba Specialty Chemicals) neznane kemične sestave, katerega kromogen temelji na azopiridonu.^[11] Barvilo spada v skupino disperznih barvil visokih molekulskih mas (H-razred), zato sta zanj značilna počasnejše barvanje in visoka obstojnost na sublimacijo. Kot barvilo tržnega imena Terasil W pa ga odlikuje tudi odlična pralna obstojnost.

Kot carrier smo pri barvanju uporabili Sarapol DLU-T (CHT), ki je zmes aromatskih estrov in ogljikovodikov.^[12]

Od tekstilno pomožnih sredstev smo za barvanje uporabili še Univadine TOP (Ciba Specialty Chemicals), ki je anionsko egalizirno in dispergirno sredstvo, za redukcijsko poobdelavo obarvanj pa neionsko pralno sredstvo Eriopon OS (Ciba Specialty Chemicals).

2.2 Barvalni postopek

Barvali smo v barvalniku Mathis Labomat BFA-8. Za barvanje smo vzeli 4,5 gramske vzorce. Barvalno kopel smo pripravili v kopelnem razmerju 1:40 z deionizirano vodo, v katero smo dodali 1,5 % barvila (in v dveh izbarvanjih: 2 % barvila), 1 g/l Univadine TOP ter 1 g/l $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, z 10-odstotno raztopino mravljične kisline pa smo pH vrednost kopeli uravnali na 5. V kopel smo dodali tudi carrier Sarapol DLU-T (CHT) v različnih koncentracijah: 0, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 4 ali 5 g/l, odvisno od vrste poliestrskih vlaken in barvalne temperature. Barvati smo začeli pri 55 °C, kopel smo nato v 65 minutah segreti na optimalno temperaturo 100 °C ali 130 °C. Pri 100 °C smo barvali 60 minut, pri 130 °C pa 30 minut. Po barvanju smo kopel ohladili, preje smo izprali s hladno vodo iz vodovoda in jih nato še redukcijsko čistili, da smo z vlaken odstranili površinsko naneseo barvila. Redukcijsko čiščenje smo izvedli v kopelnem razmerju 1:40 z 3 ml/l NaOH 38°Bé, 2 g/l $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ konc. in 1 g/l Eriopon OS, 20 minut pri 60 °C. Po redukcijskem čiščenju smo preje temeljito sprali v vroči in hladni vodovodni vodi, nevtralizirali z raztopino ocetne kisline in posušili pri sobni temperaturi.

2.3 Barvometrične meritve

Refleksijske vrednosti suhim redukcijsko očiščenim obarvanim prejam smo izmerili na spektrofotometru Datacolor Spectraflash SF 600® PLUS-CT v območju 360–700 nm z D65 osvetlitvijo in 10° kotom opazovanja z izključeno zrcalno komponento in vključeno UV komponento. Določili smo CIE L*, a*, b*, C*, h barvne koordinate in ustrezne K/S vrednosti obarvanj pri valovni dolžini maksimalne absorbanče. Za vsak vzorec smo naredili vsaj osem meritev. Globina barve (tj. K/S vrednost) je bila določena s Kubelka-Munkovo enačbo iz refleksijskih vrednosti.^[13] Za ustrežnejšo primerjavo globine barve, dosežene z enakim disperznim barvilom na različnih poliestrih, smo od K/S vrednosti obarvanih vzorcev odšteli K/S vrednost samega poliestrskega substrata (tj. obdelanega brez barvila in carrierja pri enakih barvalnih razmerah in razmerah redukcijskega čiščenja).

2.4 TOC analiza

Odpadne barvalne kopeli smo analizirali na TOC analizatorju 5000A (Shimadzu) po standardizirani metodi SIST ISO 8245:2000 določanja celotnega organskega ogljika (TOC).

TOC vrednost je količina organsko vezanega ogljika (izražena v miligramih ogljika na liter) v razgradljivih in nerazgradljivih organskih snoveh, ki so raztopljene ali suspendirane v vodi.

2.5 Barvne obstojnosti

Preskušali smo barvne obstojnosti obarvanj na gospodinjstvo in komercialno pranje v skladu z SIST EN ISO 105-C06:1999 po testu št. C2S, kjer smo uporabili ECE referenčni detergent brez optičnega osvetljevalca. Spremembo barve vzorcev in obarvanje belih spremljevalnih tkanin pri pranju smo ocenili s sivima lestvicama po SIST EN 20105-A02:1996 in SIST EN 20105-A03:1996. Prav tako pa smo preizkusili tudi barvne obstojnosti na umetno svetlobo (preizkus s ksenonsko svetilko) v skladu s SIST EN ISO 105-B02:1999 (metoda 2), kjer za oceno obstojnosti uporabimo referenčno modro lestvico.

3.0 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Barvometrične meritve

Obarvljivost posameznih poliestrskih prej smo ovrednotili z dobljenimi K/S vrednostmi, ki so premerorazmerne koncentraciji barvila v vlaknih. Iz rezultatov v preglednici 1 je razvidno, da se med vsemi proučevanimi poliestri pri 100 °C brez carrierja najbolje obarva PBT. Barva obarvanja, dobljenega na PBT preji, je temnejša in intenzivnejša v primerjavi z barvo obarvanj na drugih prejah. Globina barve PBT obarvanja je 1,4-krat večja kot pri PET/PTT in skoraj 11-krat večja kot pri PET. PET/PTT poliester doseže enako K/S vrednost kot PBT, le če se barva pri 100 °C z dodatkom 2 g/l carrierja, vendar je dosežena barva nekoliko svetlejša, a bolj intenzivna kot barva na PBT. Obarvanja na PET, dobljena le z dodatkom 4–5 g/l carrierja, dosežejo enako globino barve kot obarvanja na PET/PTT poliestru brez dodatka carrierja, čeprav je barva na PET še vedno nekoliko šibkejša.

Iz preglednice 1 je tudi razvidno, da z naraščanjem koncentracije carrierja postaja barva PBT obarvanj nekoliko svetlejša in šibkejša, globina barve pa se zmanjšuje: pri dodatku 1 g/l carrierja za 1,1-krat, pri dodatku 1,5 g/l carrierja 1,5-krat in pri dodatku 2 g/l 1,7-krat. Carrier ne more bolj zrahljati molekulske strukture PBT vlaken (ki imajo temperaturo steklastega prehoda: $T_{sPBT} = 20\text{--}40\text{ °C}$ [6]), v katero lahko že dovolj hitro difundirajo tudi visokomolekularna disperzna barvila, temveč deluje kot zaviralec barvanja oz. egalizirno sredstvo, ki kot manjša molekula hitreje difundira v poliestrska vlakna ter blokira za vezanje barvila ustrezna mesta v vlaknih.

Pri PET/PTT in PET poliestrih pa carrier deluje kot pospeševalec barvanja, tj. zrahlja visoko kompaktno strukturo PET (ki ima temperaturo steklastega prehoda:

$T_{SPET} = 70-80$ °C), s čimer se poveča hitrost difuzije barvila v vlakna in s tem obarvljivost. Tako se s povečevanjem koncentracije carrierja v barvalni kopeli povečuje globina barve in intenziteta barve obarvanj na PET/PTT in PET. Globina barve na PET/PTT se poveča za 1,3-krat pri uporabi 1 g/l carrierja, za 1,4-krat pri 1,5 g/l carrierja in za 1,5-krat pri 2 g/l carrierja. Seveda pa je povečanje globine barve s koncentracijo carrierja veliko večje pri PET poliestru, tj. za okoli 2,6-krat, 3,7-

krat in 4,3-krat z zgoraj omenjenimi koncentracijami carrierja. V nasprotju s PBT in PET/PTT poliestri se PET pri 100 °C kljub dodatku carrierja obarva z 1,5-odstotno koncentracijo visokomolekularnega barvila le v svetle in srednje barvne tone.

Iz preglednice 2 je razvidno, da je pri 130 °C obarvljivost PET/PTT največja. Globina barve na PET/PTT je 1,1-krat večja kot na PBT in 1,2-krat večja kot na PET. Pri barvanju z dodatkom carrierja pa se K/S vrednost obar-

Preglednica 1: Barvne koordinate in K/S vrednosti obarvanih prej pri 440 nm v odvisnosti od koncentracije carrierja pri 100 °C

	Carrier (g/l)	Barvilo (%)	L*	a*	b*	C*	h (°)	K/S
PBT	0	0	83,33	-0,25	0,39	0,46	123,31	0,11
	0	1,5	78,80	-11,04	84,13	84,85	97,47	21,32
	1	1,5	79,60	-11,45	83,62	84,39	97,80	19,64
	1,5	1,5	79,89	-12,12	78,24	79,17	98,80	14,41
	2	1,5	79,77	-12,48	75,77	76,79	99,35	12,81
PET/PTT	0	0	85,61	-0,65	0,00	0,65	179,88	0,08
	0	1,5	80,58	-11,88	81,90	82,76	98,26	14,98
	1	1,5	81,18	-11,10	87,10	87,80	97,27	19,36
	1,5	1,5	81,72	-11,25	88,41	89,13	97,25	20,29
	2	1,5	81,44	-11,07	89,22	89,90	97,07	21,87
PET	0	0	83,48	-0,80	-0,27	0,85	198,69	0,11
	0	1,5	81,26	-11,04	45,10	46,43	103,76	2,03
	1	1,5	80,06	-12,75	61,88	63,19	101,65	5,22
	1,5	1,5	79,70	-12,85	67,94	69,14	100,71	7,53
	2	1,5	80,03	-12,92	71,07	72,23	100,31	8,82
	2,5	1,5	79,65	-12,88	75,41	76,50	99,70	11,66
	3	1,5	79,55	-12,96	75,93	77,02	99,69	12,18
	4	1,5	78,62	-12,62	76,57	77,60	99,36	13,66
	5	1,5	79,53	-12,99	79,76	80,81	99,26	15,96

Preglednica 2: Barvne koordinate in K/S vrednosti obarvanih prej pri 440 nm v odvisnosti od koncentracije carrierja pri 130 °C

	Carrier (g/l)	Barvilo (%)	L*	a*	b*	C*	h (°)	K/S
PBT	0	0	83,72	-0,32	0,46	0,56	124,55	0,11
	0	1,5	79,12	-10,94	85,87	86,56	97,26	22,86
	0,5	1,5	79,15	-11,23	85,09	85,83	97,52	22,45
	1	1,5	79,65	-11,49	85,20	85,97	97,68	21,77
	0	2	79,05	-9,99	88,48	89,04	96,44	25,67
PET/PTT	0	0	85,70	-0,67	0,34	0,75	152,71	0,08
	0	1,5	79,92	-10,21	90,14	90,71	96,47	25,84
	0,5	1,5	80,76	-10,45	91,05	91,65	96,55	25,92
	1	1,5	80,63	-10,39	91,19	91,78	96,50	26,03
PET	0	0	82,42	-0,73	-0,92	1,18	231,75	0,12
	0	1,5	78,06	-11,48	84,64	85,41	97,73	21,61
	0,5	1,5	78,44	-11,37	85,90	86,65	97,54	22,35
	1	1,5	78,13	-11,44	85,63	86,45	97,61	22,47
	1,5	1,5	78,56	-11,49	85,74	86,51	97,63	21,73
	2	1,5	78,09	-11,61	84,97	85,76	97,78	21,67
	3	1,5	78,21	-11,78	84,86	85,68	97,90	21,65
	0	2	77,52	-10,58	86,98	90,68	96,94	24,76

vanja na PET/PTT tako rekoč ne spremeni (se le neznatno poveča). Pri 130 °C pa le PBT, barvan z dvema odstotkoma barvila, dosega enako K/S vrednost kot PET/PTT, barvan z 1,5 odstotka barvila. K/S vrednost obarvanja na PBT poliestru je pri 130 °C le nekoliko večja kot pri 100 °C. Zaradi bolj odprte molekulske strukture se PBT lahko zadovoljivo obarva že pri 100 °C in temperatura ne vpliva na barvanje PBT vlaken tako močno kot pri drugih poliestrih. Pri višjih temperaturah barvanja je barva na PBT sicer nekoliko bolj intenzivna, vendar je enako svetla kot pri nižji temperaturi. Z naraščanjem koncentracije carrierja se globina barve na PBT pri 130 °C manj zmanjšuje kot pri 100 °C, saj višja barvalna temperatura bolj vpliva na hitrost difuzije barvil in posledično na obarvljivost vlaken kot dodatek carrierja.

Pri 130 °C je obarvljivost PET skoraj 11-krat večja kot pri 100 °C brez uporabe carrierja in doseže enako K/S vrednost kot PBT, barvan pri 100 °C. Pri višjih temperaturah je gibljivost polimernih verig v PET vlaknih, kot tudi kinetična energija disperznih barvil povečana, kar vodi do hitrejše in večje difuzije barvil v PET vlakna. Vendar pa je pri enaki temperaturi barvanja obarvljivost PET še vedno manjša kot PBT poliestra. Z dodatkom 0,5–1 g/l carrierja pri 130 °C se globina barve na PET še nekoliko poveča in pri tem doseže globino barve na PBT poliestru. Z dodatkom 1,5 g/l carrierja pa se K/S vrednost obarvanja na PET spet zmanjša na vrednost, doseženo brez carrierja, in ostane nespremenjena tudi, če se koncentracija carrierja še naprej povečuje. Ti rezultati potrjujejo tudi ugotovitve drugih raziskav.^[14]

3.2 TOC analiza

Rezultati TOC analize organskega onesnaženja odpadnih barvalnih kopeli so podani v preglednicah 3 in 4. Na TOC vrednost odpadne barvalne kopeli vpliva količina neizčrpanega disperznega barvila, količina dispergirnega in egalizirnega sredstva, ki je pri vseh izbarvanjih stalna, količina carrierja, kot tudi iz vlaken izločena količina nižjemolekularnih frakcij (oligomerov). Izločeni oligomeri so posebej problematični pri PET vlaknih in so verjetno tudi razlog za nekoliko večjo TOC vrednost slepe kopeli, v primerjavi s PBT in tudi s PET/PTT poliestrom, dobljene po obdelavi poliestrske preje brez barvila in brez carrierja pri barvalnih razmerah.

Preglednica 3: TOC vrednosti odpadnih barvalnih kopeli po barvanju pri 100 °C

Carrier (g/l)	Barvilo (%)	TOC (mg C/l)		
		PBT	PET/PTT	PET
0	0	430	471	517
0	1,5	462,2	526,4	646,7
1	1,5	512,2	838,3	857,3
1,5	1,5	829,7	851,5	994,0
2	1,5	1000	926,2	1297

S povečevanjem koncentracije carrierja v kopeli se sicer močno povečuje obarvljivost PET in PET/PTT poliestrov, vendar pa se hkrati povečuje tudi organsko onesnaženje odpadnih barvalnih voda. Tako se pri barvanju poliestrov z 2 g/l carrierja kar za dvakrat poveča TOC vrednost odpadne kopeli v primerjavi z barvanjem brez carrierja. V povprečju vsak dodatek 0,5 g/l carrierja v kopeli poveča TOC vrednost odpadne vode za 1,2-krat. Pri barvanju PBT poliestra z 2-odstotno koncentracijo barvila pri 130 °C se sicer doseže enaka globina barve kot na PET/PTT poliestru z 1,5-odstotno koncentracijo barvila, vendar pa je tudi TOC vrednost odpadne barvalne kopeli kar 1,1-krat večja kot po barvanju PET/PTT ali PBT poliestra z 1,5-odstotno koncentracijo barvila (preglednica 4). Medtem ko je TOC vrednost barvalne kopeli po barvanju PET z dvema odstotkoma barvila zaradi slabšega izčrpanja barvila kar 1,9-krat večja kot po barvanju PBT poliestra z enako količino barvila in hkrati tudi 1,9-krat večja kot po barvanju PET poliestra z 1,5-odstotno koncentracijo barvila.

Preglednica 4: TOC vrednosti odpadnih barvalnih kopeli po barvanju pri 130 °C

Carrier (g/l)	Barvilo (%)	TOC (mg C/l)		
		PBT	PET/PTT	PET
0	0	411,9	394,3	460,3
0	1,5	488,9	510,4	562,3
0,5	1,5	592,6	618,2	663,3
1	1,5	752,2	747,6	746,2
0	2	559	/	1080

3.3 Barvne obstojnosti

Iz preglednice 5 je razvidno, da je obstojnost obarvanj na gospodinjsko pranje pri 60 °C na vseh proučevanih poliestrih neodvisno od globine barve ali uporabe carrierja odlična. Na odlično pralno obstojnost obarvanj vpliva izbira disperznega barvila velike molekulske mase in zato dobre mokre obstojnosti ter naknadno redukcijsko čiščenje obarvanj. Svetlobne obstojnosti obarvanj, dobljene na vseh poliestrih brez uporabe carrierja, so prav tako zelo dobre. Nekoliko nižjo oceno svetlobnih obstojnosti so pokazala le PET/PTT obarvanja, dobljena pri 100 °C, ki imajo med vsemi preizkušenimi obarvanji najnižjo globino barve oz. najmanjšo količino barvila. Na svetlobno obstojnost obarvanj polimernih substratov vplivajo različni kemijski in fizikalni dejavniki barvila in substrata kot tudi ostanki carrierjev na substratu, ki poslabšajo svetlobno obstojnost disperznih obarvanj.^[1, 6, 7] Iz rezultatov je razvidno, da je svetlobna obstojnost obarvanja na PET, doseženega z uporabo 3 g/l carrierja, kar za 2,5 ocene slabša kot svetlobna obstojnost obarvanja na PET, enake K/S vrednosti, brez uporabe carrierja.

Preglednica 5: Ocene barvnih obstojnosti na gospodinjno in komercialno pranje po SIST EN ISO 105-C06/C2S in na svetlobo po SIST EN ISO 105-B02

Preja	ISO105-C06 C2S				ISO 105-B02
	K/S	Sprememba barve	Obarvanje poliestr. tk.	Obarvanje bombažne tk.	
PBT, barvan pri 100 °C	21,32	5	5	5	7
PBT, barvan pri 130 °C	22,86	5	5	5	7
PET/PTT, barvan pri 100 °C	14,98	5	5	5	6
PET/PTT, barvan pri 100 °C z 2 g/l carrierja	21,87	5	5	5	5-6
PET/PTT, barvan pri 130 °C	25,84	5	5	5	7
PET, barvan pri 130 °C	21,61	5	5	5	7
PET, barvan pri 130 °C s 3 g/l carrierja	21,65	5	5	5	4-5

4.0 SKLEP

Pri 100 °C se z disperznim barvilom visoke molekulske mase brez dodatka carrierja najbolje obarva PBT poliester. Enaka globina barve se na dvokomponentnem PET/PTT poliestru pri 100 °C doseže le s pomočjo carrierja. S povečevanjem koncentracije carrierja v barvalni kopeli se povečuje obarvljivost PET in PET/PTT poliestrov, vendar pa se hkrati zmanjšuje svetlobna obstojnost obarvanj in povečuje obremenjenost odpadnih voda. Pri barvanju PBT poliestra pa carrier ne deluje kot pospeševalec, temveč kot zaviralec barvanja. Carrier, ki sicer zrahlja kompaktno strukturo PET, ne more še bolj zrahljati molekulske strukture PBT, v tem primeru tekmuje z barvilom in upočasnjuje prehajanje barvil v vlakna. Tako se z naraščanjem količine carrierja v barvalni kopeli zmanjšuje globina barve na PBT poliestru.

Pri 130 °C pa se najbolje obarva PET/PTT (elasterell-p) poliester, ki tudi preseže obarvljivost PBT. Obarvljivost PBT poliestra se bistveno ne poveča pri povišani barvalni temperaturi. Pri 130 °C se obarvljivost PET močno poveča ter se približa globini barve, doseženi na PBT pri 100 °C, vendar še vedno ne preseže globine barve na PBT poliestru pri enaki temperaturi.

Dodatek carrierja najbolj vpliva na obarvljivost vseh poliestrov pri nižji temperaturi 100 °C, saj višja barvalna temperatura bolj vpliva na hitrost difuzije barvil in posledično na obarvljivost poliestrskih vlaken kot carrier.

Z ekološkega in ekonomskega vidika najmanjše porabe energije, barvila in popolnoma brez carrierja je najustreznejše barvanje PBT poliestrskih vlaken že pri 100 °C. Pri visokotemperaturnem barvanju pa določeno globino barve dosežemo na dvokomponentnem PET/PTT poliestru z najnižjo koncentracijo disperznega barvila v barvalni kopeli, kar pa je tudi pomembna prednost pred drugimi poliestri.

* Raziskovalno delo je bilo opravljeno v okviru raziskovalnega projekta št. L2-6419-1555, ki ga je financiralo Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo Republike Slovenije. Zahvaljujemo se sofinancerju Predilnici Litija d.o.o.

Literatura

- [1] BURKINSHAW, SM. *Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing*. London : Blackie Academic & Professional, 1995, p. 1.
- [2] FRANCALANCI, F. in ADOLFO, FD. New PBT fiber developments. *Chem. Fibres Int.*, 2003, vol. 53, p. 99.
- [3] MOCK, G. *Synthetic Fibre Dyeing*. Edited by C. Hawkyard. Bradford : Society of Dyers and Colourists, 2004, p. 45.
- [4] *Federal Trade Commission. 16 CFR Part 303. Rules and Regulations Under the Textile Fiber Products Identification Act*, <http://www.ftc.gov/os/2002/11/16cfrpart303amend.htm>, [16. 10. 2006]
- [5] RIJAVEC, T. in BUKOŠEK, V. Nova vlakna za 21. stoletje. *Tekstilec*, 2004, let. 47, št. 1-2, str. 13-25.
- [6] BROADBENT, AD. *Basic Principles of Textile Coloration*. Bradford : Society of Dyers and Colourists, 2001, p. 319.
- [7] BROADHURST, R. *The Dyeing of Synthetic-Polymer and Acetate Fibres*. Edited by DM. Nunn. Bradford : Society of Dyers and Colourists, 1979, p. 131.
- [8] TOMASINI, M. PBT – a very special polyester. *Chem. Fibres Int., Man-made Fiber Year Book*, 1997, p. 20-21.
- [9] SALIGRAM, A., SHUKLA, SR. in MATHUR, M. Dyeing of polyester fibres using ultrasound. *J. Soc. Dyers Colour.*, 1993, vol. 109, p. 263-266.
- [10] KLANČNIK, M. Dyeability of new polyesters. *Coloration Technology*, 2006, vol. 122, p. 334-337.
- [11] *Ciba Specialty Chemicals: Terasil W*, Tehnična dokumentacija, 1999.
- [12] *CHT Sarapol DLU-T*, <http://www.saewoo.com/Auxiliaries01/Auxiliaries%2040.htm>, [21. 11. 2006].
- [13] ASPLAND, JR. Color, Color measurement and Control. *Textile Chem. Color.*, 1993, vol. 25, no. 11, p. 34-42.
- [14] ROBERTS, GAF. in SOLANKI, RK. Carrier Dyeing of Polyester Fibre, Part I – The influence of Carriers on the Diffusion of Disperse Dyes. *J. Soc. Dyers Colour.*, 1979, vol. 12, p. 427-431.