

Tehnične tekstilije

1.1 OPREDELITEV TEHNIČNIH TEKSTILIJ

- ▶ Tehnične tekstilije so izdelki iz vlaken ali iz različnih nevlaknatih materialov s takšnimi lastnostmi, da lahko nadomeščajo dražje, težje, manj trdne materiale. So vlaknati materiali, prirejeni za funkcionalno (namensko) uporabo. Uveljavljajo se v vseh panogah in na vseh področjih človekovega delovanja v vseh življenjskih obdobjih.
- ▶ Za tehnične tekstilije se je dolgo uporabljal termin »industrijske tekstilije«. Danes ima ta izraz ožji pomen: označuje tisti del tehničnih tekstilij, ki se uporabljajo v industrijskem procesu oz. se vanj vključujejo (učvrstitev električnih in komunikacijskih kablov, tekstilno učvrščeni samolepilni trakovi ipd.). Termin »tehnične tekstilije« je med vsemi preostalimi termini najbolj sprejemljiv. Ostali termini so: funkcionalni tekstil, inženirski tekstil, visokozmogljive tehnične tekstilije (high-tech textiles).

Vlakna za tehnične tekstilije

- ▶ Za tehnične tekstilije lahko uporabljamo večino tekstilnih vlaknotvornih polimerov ali klasičnih vlaknotvornih polimerov, kot so:
- ▶ poliester (PES), poliamid (PA), poliolefini (PO), viskoza (VIS) in akril (PAN), polivinilalkohol (PVA), polivinilklorid (PVC) ter številna tehnična ali visokozmogljiva vlakna, kot so aramidna (AR), ogljikova (CF), politetrafluroetilenska (PTFE), polifenilensulfidna (PPS) in polibenzimidazol (PBI). Povečuje se tudi uporaba steklenih vlaken.

Kompoziti

- ▶ Kompoziti so materiali, ki nastanejo z uporabo dveh ali več snovi; v končni izvedbi dobimo kombinacijo lastnosti, ki se razlikujejo od lastnosti posameznih komponent. Po tej opredelitvi so kompoziti beton, iverne plošče itd.
- ▶ Nadaljnja delitev kompozitov nas privede do termina »plastični materiali, učvrščeni z vlakni«.
- ▶ Glede na tip uporabljenega vlakna razlikujemo plastične materiale, učvrščene z ogljikovimi vlakni, s steklenimi vlakni (Fiberglas), z aramidnimi vlakni in podobnim.

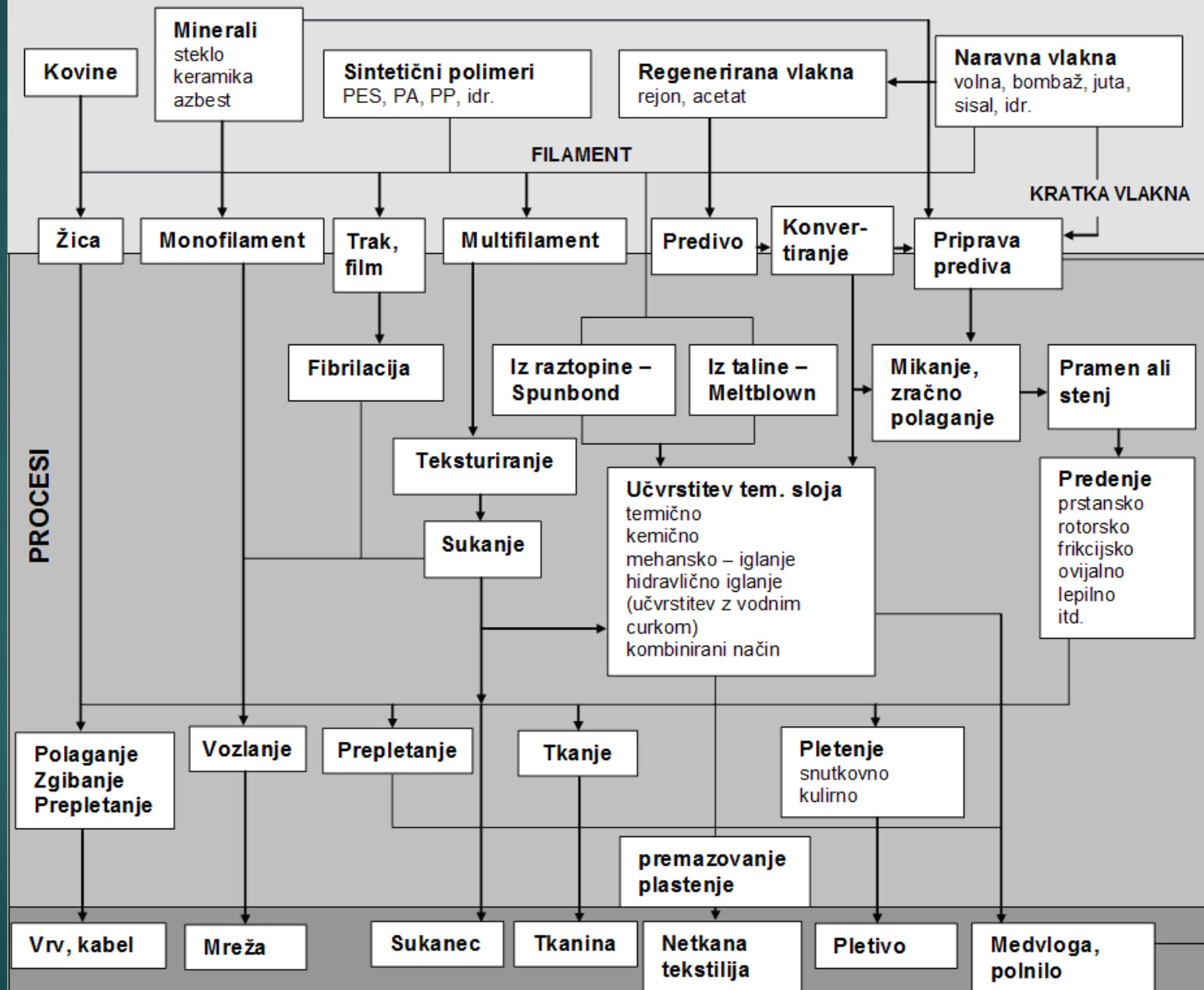
Preglednica 1:

Lastnosti	Primeri
visoka trdnost in togost	p-aramidna, steklena in ogljikova vlakna, polietilenska in anorganska vlakna ter aromatska kopolimerna vlakna
toplotna obstojnost	m-aramidna, politetrafluoroetilenska in anorganska vlakna
toplotna obstojnost in dobre mehanske lastnosti	ogljikova in keramična vlakna
kemijska obstojnost	politetrafluoroetilenska vlakna
druge posebne lastnosti	steklena vlakna (optična vlakna)

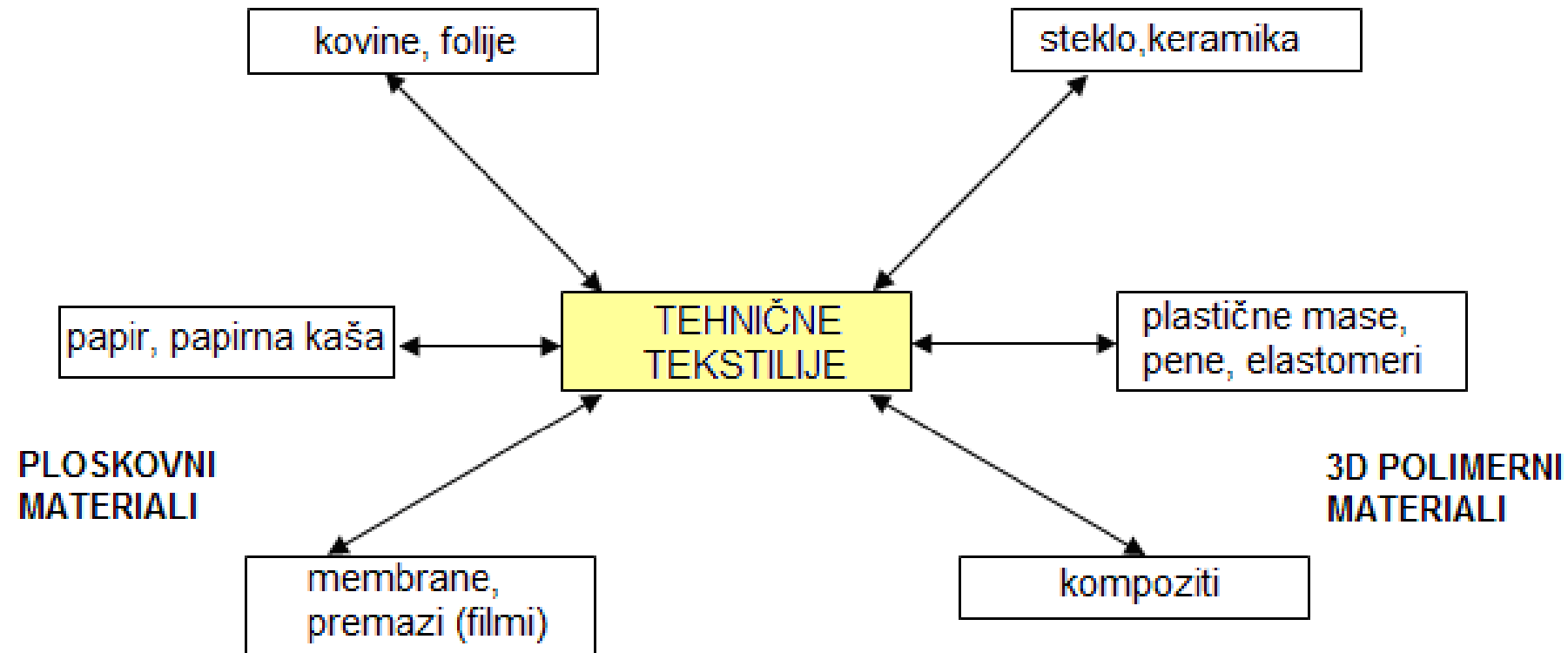
Laminati

- ▶ Laminati so proizvodi, ki jih dobimo s povezovanjem dveh ali več slojev različnih materialov. To so tekstilni ploski izdelki iz dveh ali več med seboj zlepljenih slojev.
- ▶ Tehnični laminati so izdelki v obliki plošč, palic ali cevi, ki so sestavljeni iz osnovnega materiala za učvrstitvev, ki je lahko papir, tkanina, pletenina ali netkana tekstilija, in iz vezivnega sredstva, kar predstavljajo različne smole (fenolne, epoksidne, formaldehidne idr.).
- ▶ Uporaba tekstilij za tehnične namene je v svetu zelo razširjena, in sicer tako količinsko kot po raznovrstnosti izdelkov. V proizvodnji in porabi tehničnih vlaken in tehničnih tekstilnih izdelkov prevladujejo industrijsko razvite države. Te so tudi glavne izvoznice posebnih vlaken in tehničnih tekstilij na nenasičen trg industrijsko manj razvitih dežel. Poraba tehničnih tekstilij v svetu se močno zvišuje (sliki 1-1 in 1-2).

MATERIALI



**MATERIALI ODPORNI NA
VISOKE TEMPERATURE**



STRUKTURA SVETOVNEGA TRGA TEHNIČNIH TEKSTILIJ (2011)

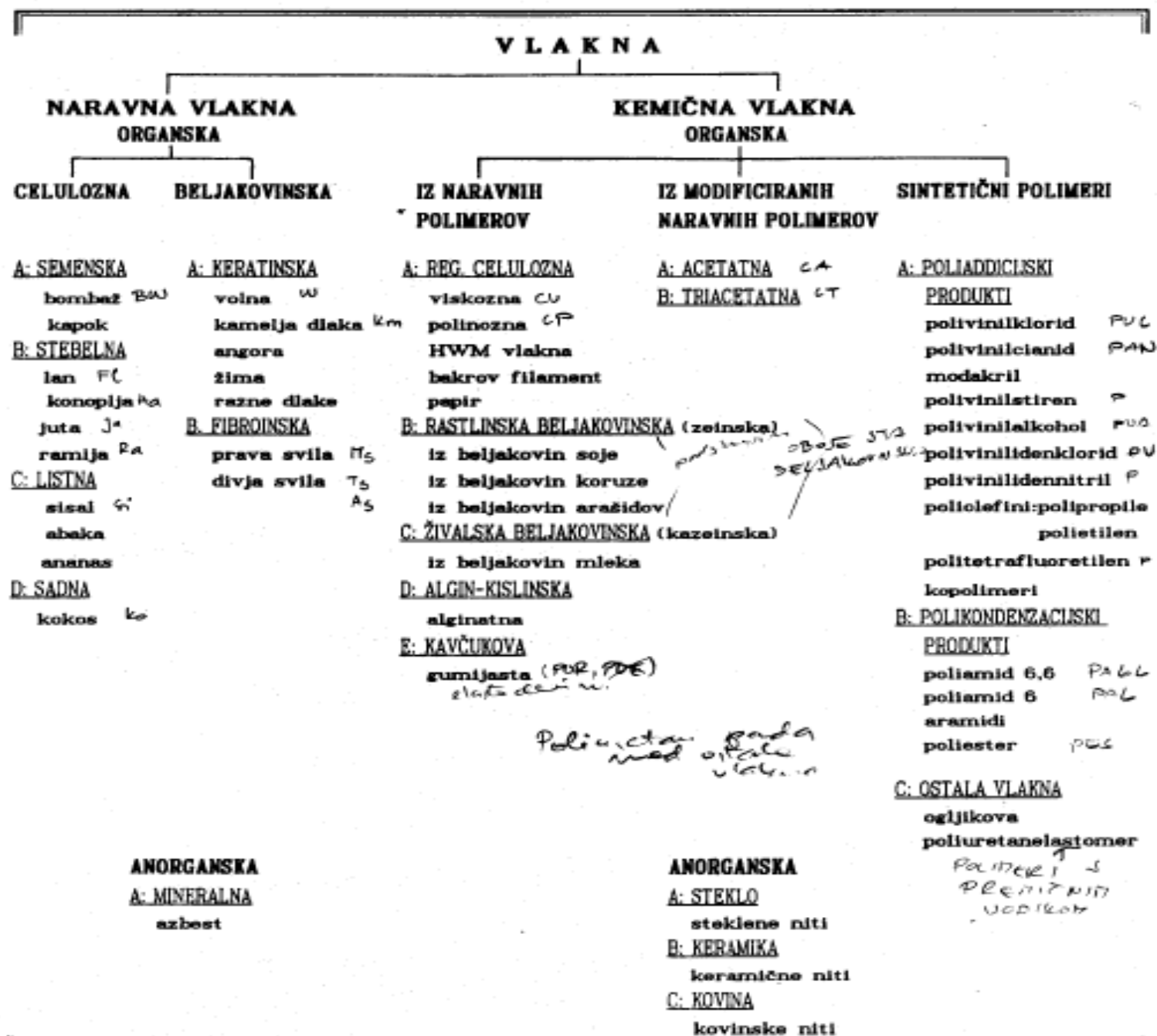
2011	mio ton	mrd USD	Delež EU	Rast
Tehnične tekstilije	25,0	133	20 %	+3,0 %
Netkane tekstilije	7,6	26	25 %	+6,9 %
Sestavljeni materiali	8,0	94	33 %	+6,0 %
Skupaj	40,6	253		

Vir: INDIA, skupina Freedonia, IFAI, JEC

2 DELITEV TEHNIČNIH TEKSTILIJ

- ▶ Tehnične tekstilije lahko delimo glede na:
- ▶ surovine (naravna vlakna, kemična celulozna vlakna, sintetična vlakna, anorganska in visokozmogljiva organska vlakna);
- ▶ namen (tekstilije v kmetijstvu, gradbeništvu in na ostalih področjih uporabe);
- ▶ obliko (kratka vlakna, mono- in multifilamenti, folijski trakovi, tkanine, pletivo, netkani materiali, kombinirani materiali itd.);
- ▶ stroje in postopke izdelave (predenje, tkanje, pletenje, stroji za izdelavo netkanih materialov, stroji za oplemenitenje in dodelavo tehničnih tekstilij itd.).

2: Delitev vlaken po kemični sestavi





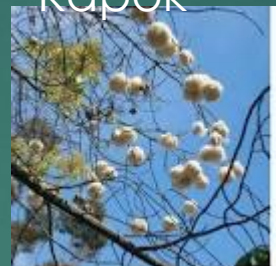
Bombaž



Ramija



Kapok



Sisal



Abaka



Ananas



Kokos

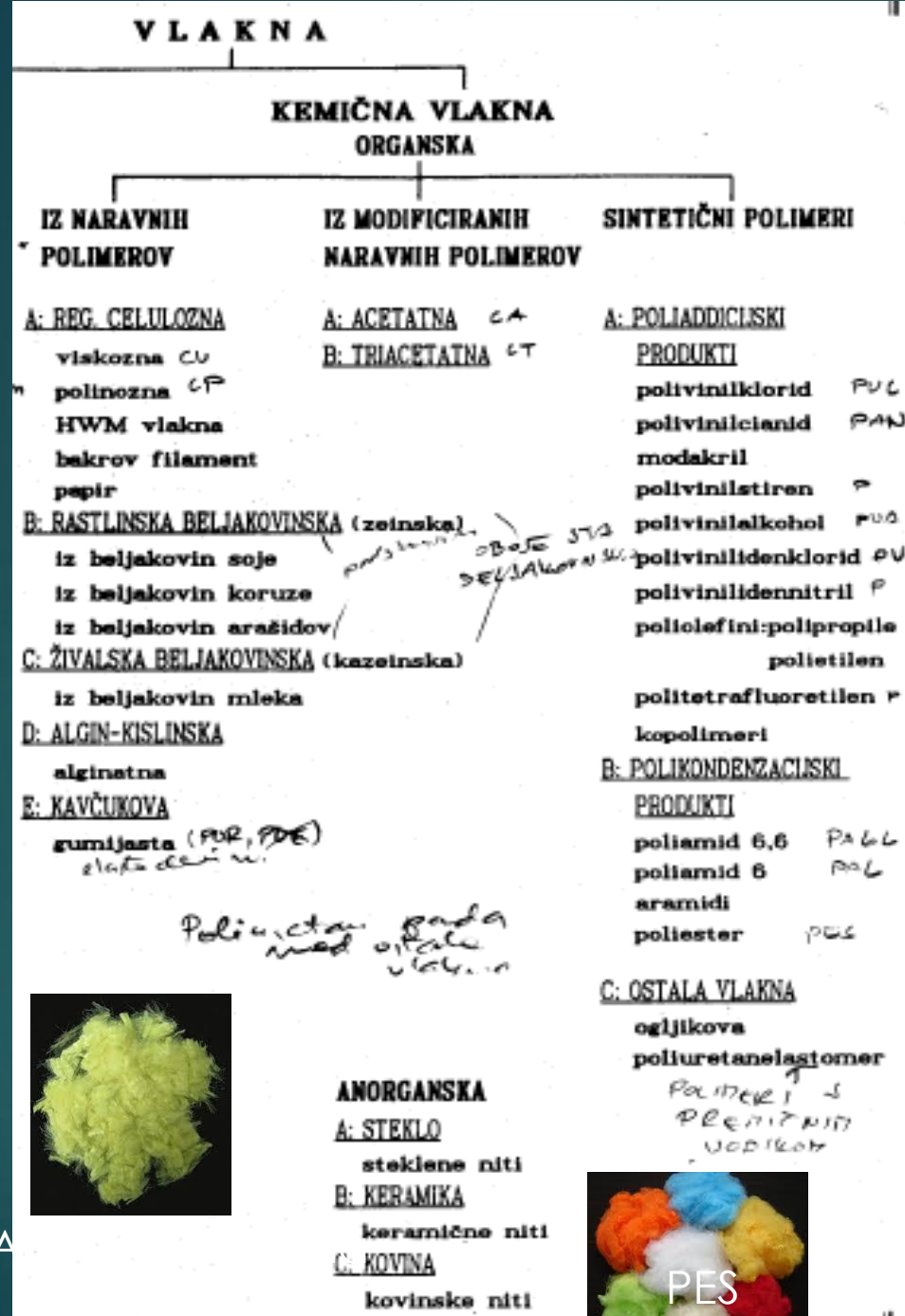


Konoplja

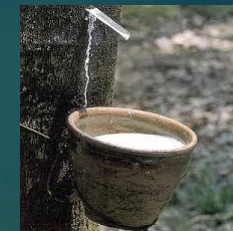


Juta





Viskozna vlakna



Kavčukova vlakna



Koruzna vlakna



Acetatna vlakna



Kazeinska vlakna



PAN



PP



Alginatna vlakna



PA6



Ogljikova vlakna



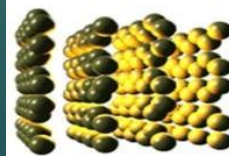
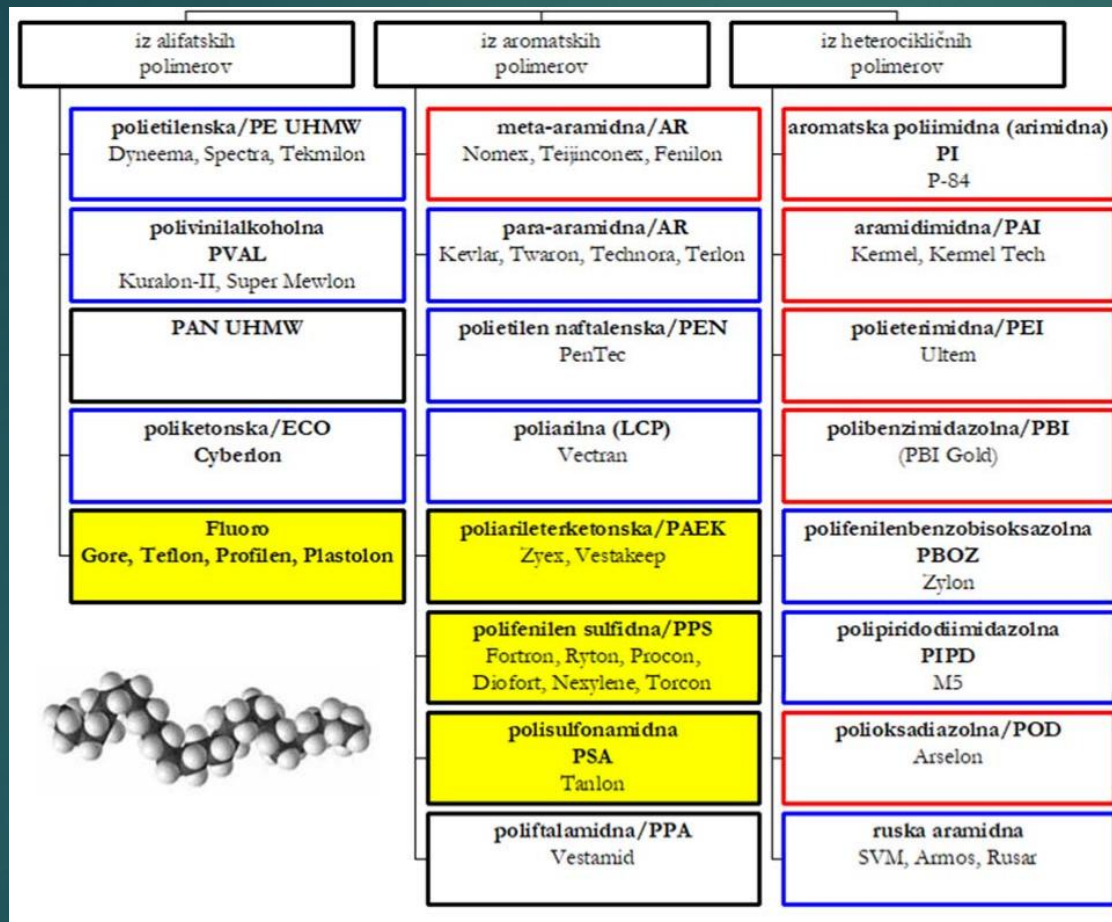
PES



A

1.2 Visokozmogljiva vlakna

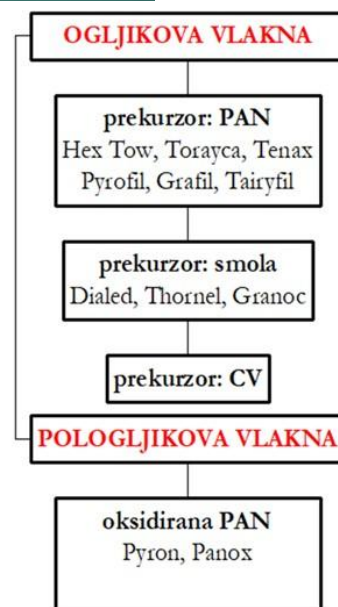
1-D



3-D



2-D



1.3 Tehnična specifikacija vlaken/*Technical specification, data sheet*

Primarne lastnosti/ Primary properties

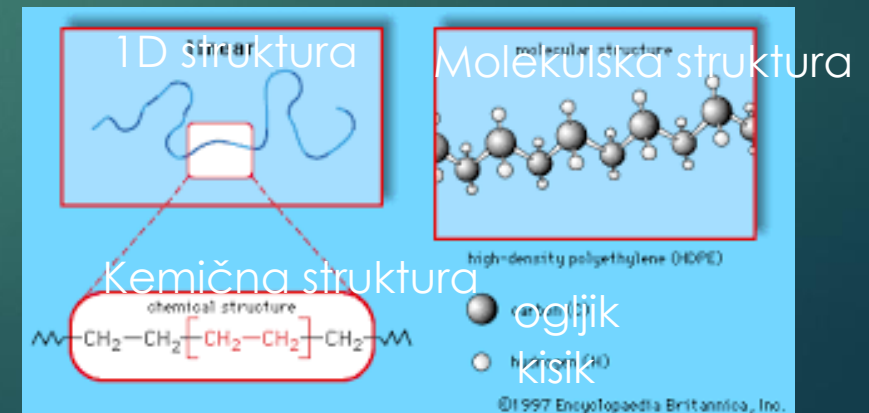
- dolžina/*length*
- dolžinska masa/*linear density*
- natezna trdnost/*tensile strength*



Sekundarne lastnosti/ Secondary properties

- oblika prečnega prereza/*cross section shape*
- lesk/*luster*
- barva/*color*
- aditivi (proti gorenju, UV stabilizatorji)/*additive (flame retardant, UV stabilizer)*

aka



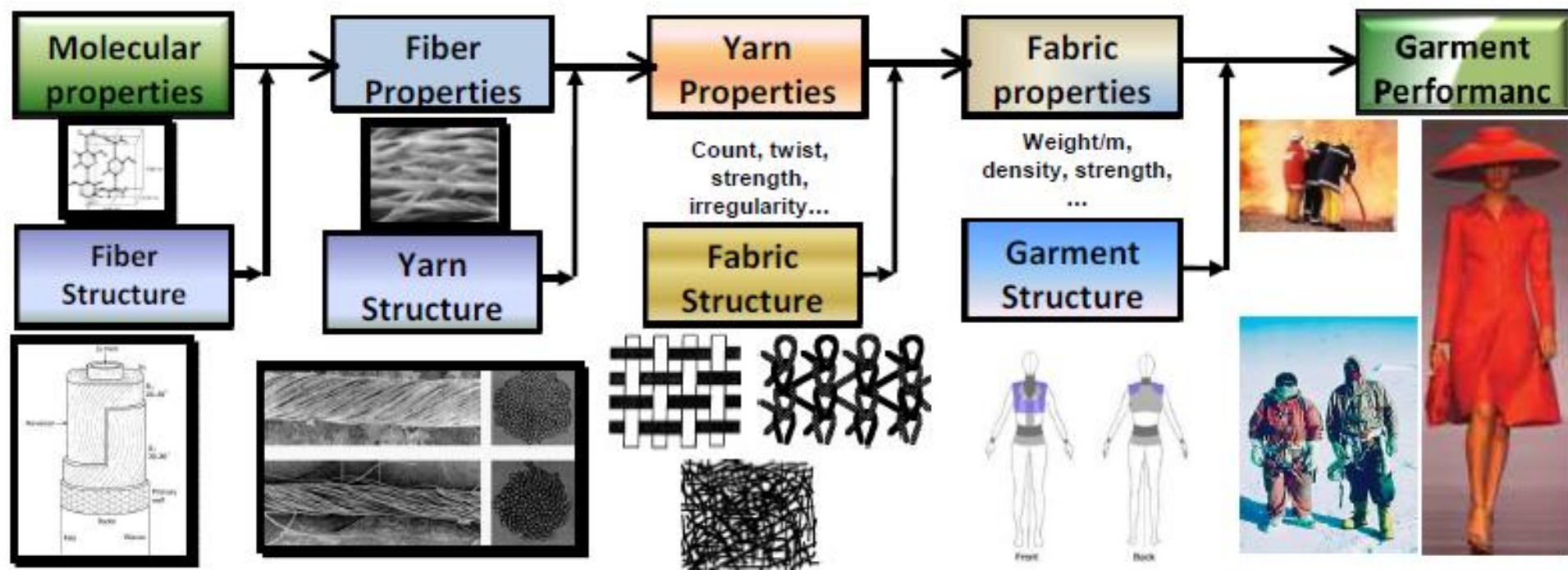
Vlakno

Lastnosti vlaken

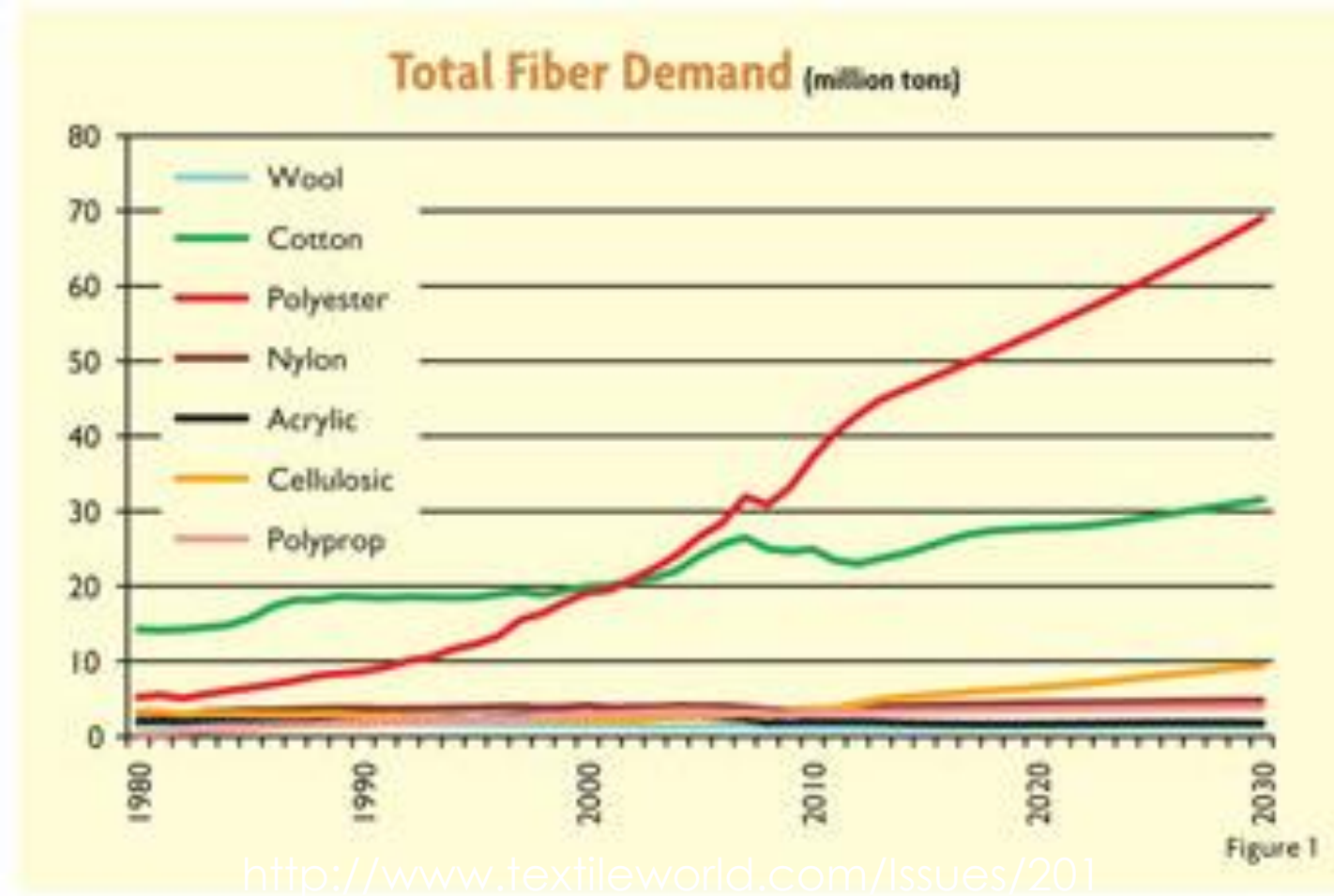
Preja
Lastnosti preje

Ploska tekstilija

Oblačilo



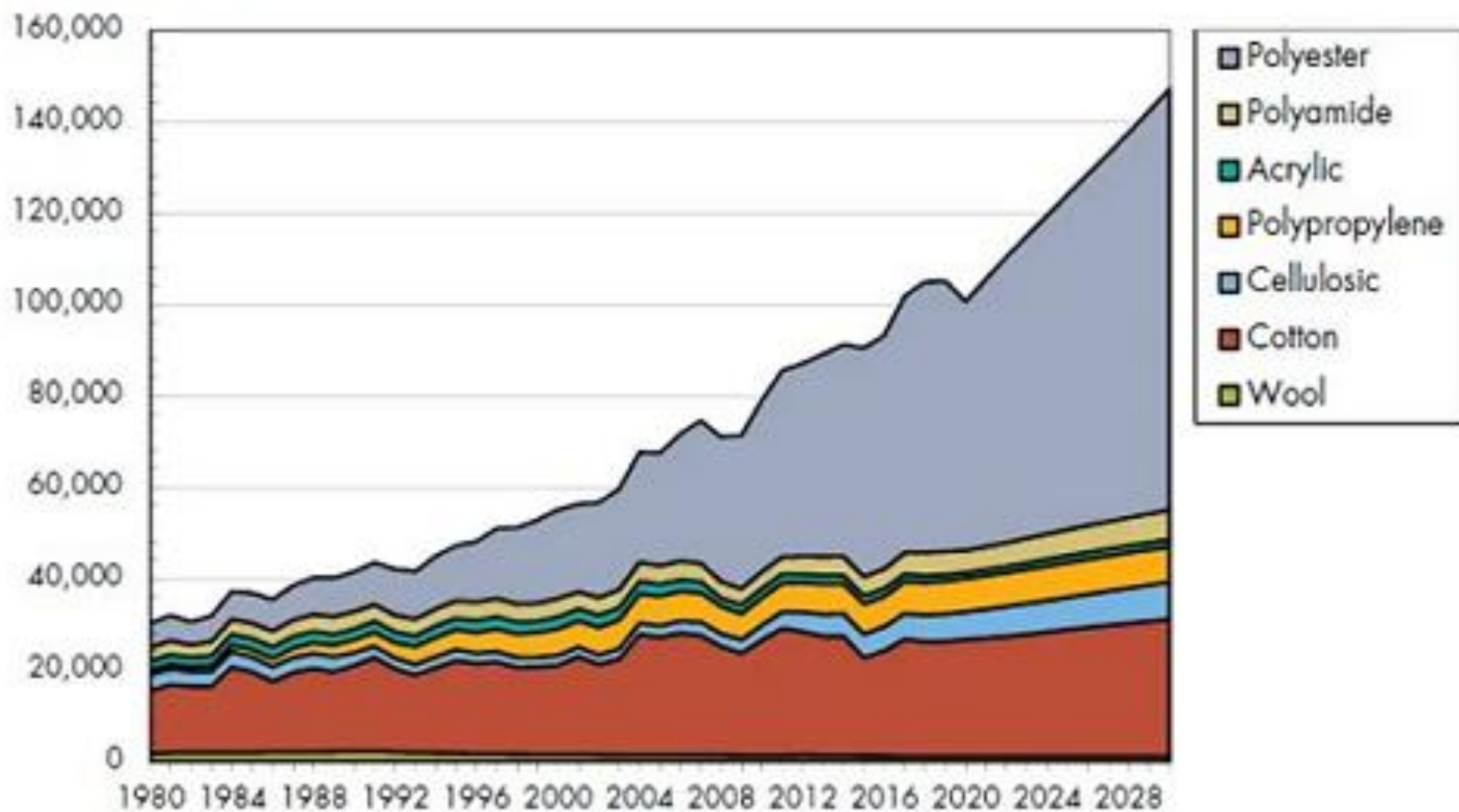
PROIZVODNJA VLAKEN



World Fibre Production by Fibre Type

1980-2030

Thousand Metric Tons



Source: Tecnon OrbiChem

Lastnosti vlaken

Primer 1: bombaž



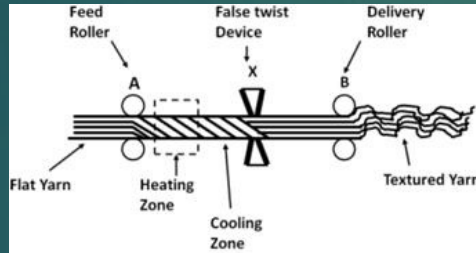
Bombažna vlakna se odlikujejo po dolžini prediva 20 - 60 mm in finosti 1,2 - 2,4 dtex



$L = 20 - 60 \text{ mm}$

Glede dolžine štapla bombažnega prediva ločimo: **kratkovlaknati (do 25,4 mm)**, **srednjevlaknati (od 26,2 do 28,6 mm)**, **dolgovlaknati (od 29,4 do 34,9 mm)** in **extra dolgovlaknati (35 mm in več)** bombaž.

Primer 2: poliester



<http://www.swicofil.com/images/setilaprogramtexturedyarn.pdf>

POLYESTER YARNS



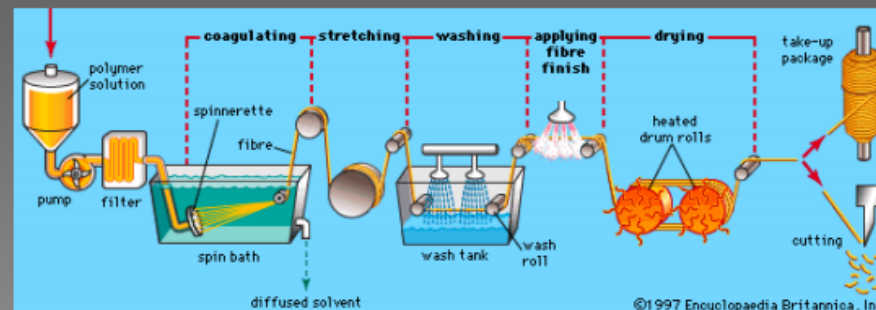
TEXTURED YARNS / FILS TEXTURES / TEXTURGARNE

dtex / filaments	brightness	cross-sec.	mingling				remarks	origin
dtex / filaments	matité	section	entremêlement				remarques	origine

• PREDENJE KEMIČNIH VLAKEN

- Formiranje kemičnih vlaken iz linearnih naravnih, polsintetičnih ali sintetičnih polimerov po postopku:

- > Mokrega predenja
- > Suhega predenja
- > Talilnega predenja
- > Po sol-gel postopku



2.1 SUROVINE ZA TEHNIČNE TEKSTILIJE

- ▶ Uporaba vlaken za tehnične namene sega že v obdobje starih Egipčanov in Kitajcev, začetek novejšje zgodovine uporabe vlaken za tehnične potrebe pa predstavlja leto 1953, ko se je prvič pojavil uraden zapis o uporabi vlaken v konstrukcijske namene [4-7].

Bombaž

- ▶ **Bombaž** ima posebne fizikalne adljiv, zato dosega najširši obseg uporabe in predstavlja eno najbolj zastopanih vlaken v svetovni proizvodnji tekstila.
- ▶ Na področju tehničnih tekstilij bombaž uporabljamo za izdelavo kordov pri utrjevanju kolesarskih in avtomobilskih pnevmatik, za čevljarske tkanine in netkane izdelke, za filtre ter za različno industrijsko uporabo: laminate, gumirane izdelke in podobno.
- ▶ **Kemijsko obdelan bombaž** (sprememba hidrofobno/hidrofilnega značaja, obdelava za doseganje visoke vpojnosti ter vse ostalo) uporabljamo za tehnične tekstilije zlasti na področju medicinskih in higienskih tekstilij. Vodoodbojnost in antimikrobne lastnosti bombaža se pri medicinskih in higienskih tekstilijah uporabljata zaradi profilaktičnih ukrepov in kot deodorant (antimikrobna obdelava zavira metabolizem mikrobov, in tako zmanjša tvorbo neprijetnih vonjav).



Volna in svila

- ▶ **Volna** je zaradi svojih lastnosti in zaradi ekonomskih razlogov manj primerna za tehnične tekstilije. Lahko se uporablja kot izolacijsko sredstvo; zaradi dobrih ognjevarnih lastnosti se uporablja za izdelavo zaščitnih oblačil; tudi za izdelavo različnih polsti v papirni in usnjarski industriji, za filtre, ki so obstojni v kislem, teniške žoge ipd.
- ▶ Iz **svile** izdelujemo filamente za šivanje ran, tkanine za senčnike in podobno.



Lan in konoplja

- ▶ **Lan in konopljo** uporabljamo za različne vrvi, čevljarske sukance, tkanine za embalažo, nosilne trakove ipd. Lan je v zadnjih letih z razvojem novih tehnologij postal eden najperspektivnejših materialov za notranje avtomobilske obloge. Je zahteven za pridelavo in predelavo, saj so zaradi različnih geografskih in vremenskih razmer razlike v kakovosti velike.
- ▶ To avtomobilski industriji predstavlja velik problem, kajti ta industrija zahteva materiale in tehnologije, ki so procesno ponovljivi in varni.
- ▶ **Konoplja** vsebuje snov s psihoaktivnim učinkom, ki se imenuje tetrahidrokanabinol (THC), zato za uporabo v tehnične namene gojijo predvsem podvrsto **sativa**, ki ima **majhno vsebnost THC-ja**.



Juta in ramija

- ▶ Iz **jute** izdelujemo več različnih kakovostnih vrst prej za izdelavo tkanin, ki jih lahko uporabljamo za embalažo, kot podloge za linolej in talne obloge, za tapete ipd. Vlakna iz jute se uporabljajo v avtomobilski industriji že približno dvajset let. Uporabljajo se predvsem vlaknovine, izdelane iz jute, ki je osnova za izdelavo oblog za vozila.
- ▶ V primerjavi z drugimi stebelnimi vlakni, na primer **lanom in konopljo**, je trdnost jute precej manjša. Prav tako je majhna tudi elastičnost. Jutina vlakna hitro zagorijo in zgorijo; za juto pa je značilna dobra odpornost proti mikroorganizmom.
- ▶ **Ramijo** uporabljamo za izdelovanje transportnih trakov, balonov, filtrov, jader, gasilskih cevi ipd. Juta in ramija se zaradi čedalje večje potrebe po ohranjanju narave uporabljata v geotekstilijah.



Sisal in kokos

- ▶ Iz **sisala** izdelujemo vrvi, okrasni ovojni papir in podobno. V zadnjem času je sisal v mešanicah z lanom postal pomembna sestavina za izdelavo različnih vrst oblog.
- ▶ **Kokosova vlakna** uporabljamo kot polnila v pohištveni in avtomobilski industriji, za predpražnike ipd.
- ▶ **Sisal in kokos sta bila po žimi prva materiala za izdelavo sedežev.** Po drugi svetovni vojni ju je povsem izrinila poliuretanska pena, ki jo za izdelavo sedežev še danes največ uporabljajo [4].
- ▶ Kokos postaja izredno pomemben material za sedeže bio tipa v kombinaciji z novimi naravnimi tipi lateksov.



Kapok in manila

- ▶ **Kapok** je votlo vlakno (80% prostornine predstavlja zrak), prevlečeno z naravno antibakterijsko substanco. Kapok je najlažje rastlinsko vlakno, zato ga uporabljamo kot polnilo v izdelkih, ki morajo biti lažji od vode: rešilni pasovi, puhovke, spalne vreče, prešite odeje.
- ▶ **Manila** (abaka) vlakna uporabljamo za ladijske vrvi, ribiške mreže, jermene.



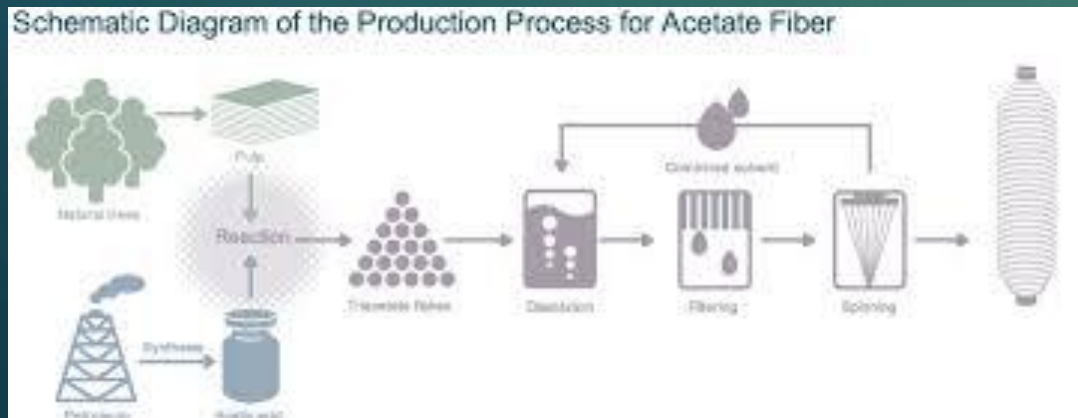
Kemična vlakna

- ▶ Za tehnična področja uporabljamo predvsem izpopolnjena viskozna vlakna oziroma filamentne preje ter modalna vlakna v EHM izvedbi (Extra High Modulus, z izredno visokimi moduli) za izdelavo kordov, tkanin in pletenin za gumiranje in kaširanje s smolami ali umetnim usnjem.
- ▶ Zaradi dobre absorpcije vode in zaradi prenosa tehnologije priprave papirja v tekstil so se viskozna vlakna začela uporabljati za pripravo netkanih materialov za enkratno uporabo (za higienske potrebe, čistilne krpe ipd.).
- ▶ Za pripravo voluminoznih materialov, ki hkrati adsorbirajo vlago in imajo podobne lastnosti udobja kot bombaž, se uporabljajo votla viskozna vlakna.



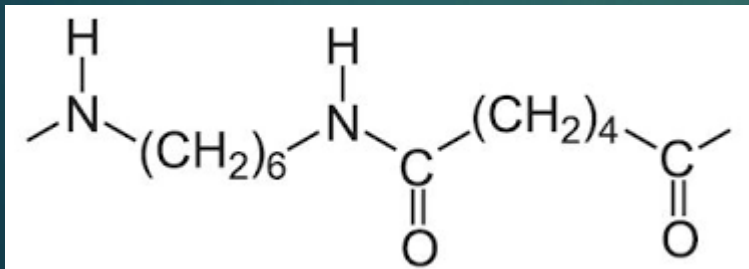
Kemična vlakna

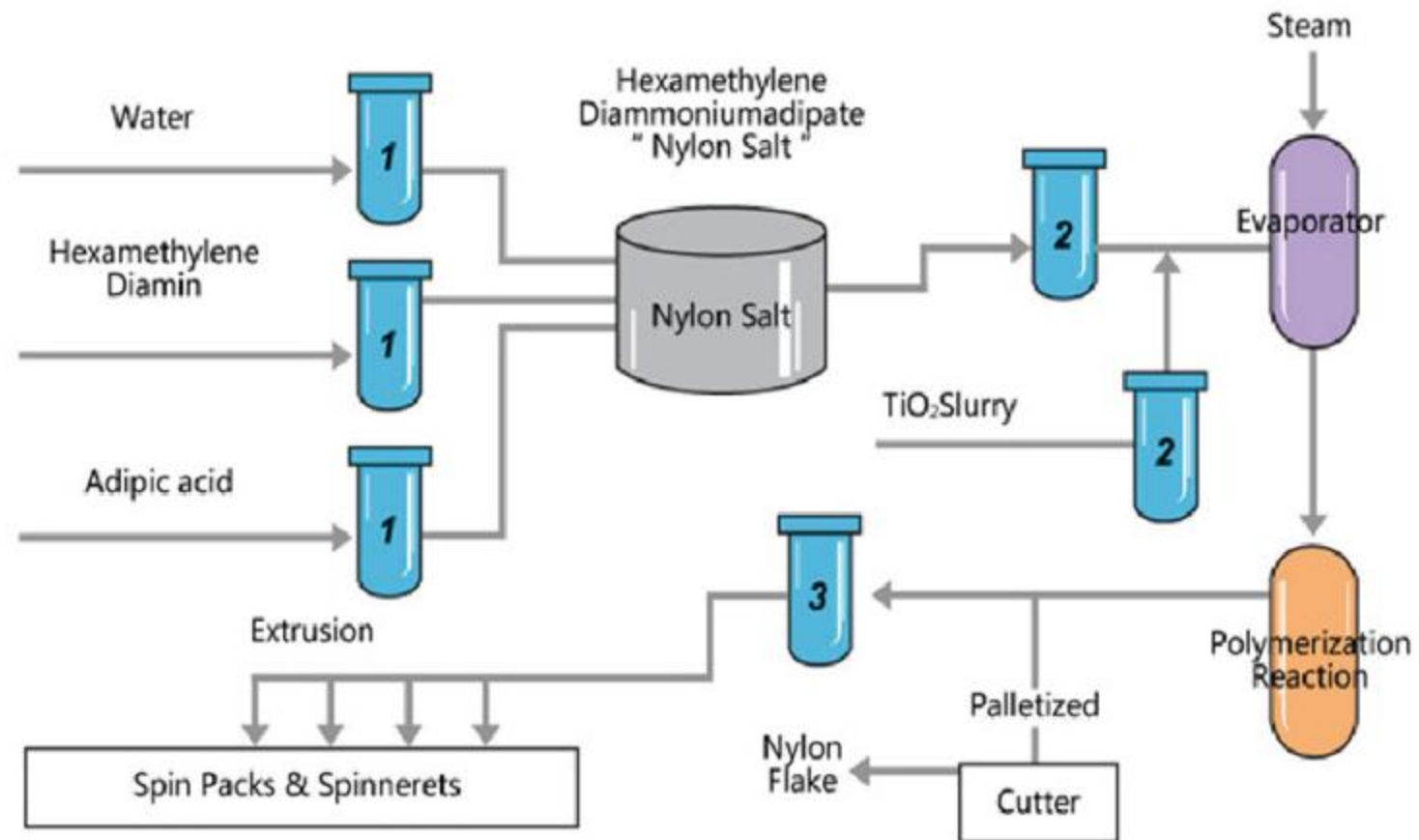
- ▶ **Ognjevarna viskozna vlakna (FR)** so razvili okoli 1960 (organofosforjeve reagente so vključili v predilno maso (Lenzing, Avstrija)).
- ▶ Uporabljamo jih na oblačilnem področju tehničnega tekstila, za izdelavo negorljivih zaščitnih ter športnih oblačil. Liocel ima lastnosti viskoze, proizvodnja pa je ekološko prijaznejša. Tencel vlakna z visoko vpojnostjo – Hydracell – so razvili za izdelavo medicinskih in higienskih tekstilij.
- ▶ **Acetatna vlakna** so pomembna za izdelke, ki zahtevajo veliko površino vlaken in termoplastičnost, ki je pomembna za oblikovanje in sprejemanje vlaken v izdelke (cigaretni filtri ipd.).



Poliamidna vlakna (PA)

- ▶ **Sintetična vlakna** so izpodrinila naravna vlakna skoraj na vseh področjih tehničnega tekstila. Uporabljamo jih v obliki filamentov ali kratkih vlaken, veliko se uporabljajo v obliki vlaknovin, pa tudi v obliki tkanin, pletiv in kopren.
- ▶ **PA vlakna** z lastnostmi, kot so visoka trdnost, dobra odpornost na obrabo in na vlago ter dobra elastičnost, so razvili 1939. Oblikujemo jih iz taline različnih oblik presekov vlaken in jih raztezamo, da dosežemo želene mehanske lastnosti. PA vlakna zelo dobro absorbirajo energijo, zato se uporabljajo za pripravo sintetičnih vrvi, tkanin za padala in jadra.





Poliamidna vlakna (PA)

- ▶ Področja uporabe **PA vlaken** so naslednja: oblačilno-športne, zaščitne, negorljive tekstilije, embalaža, torbe, vrvi, medicinski in industrijski filtri ipd. PA 6.6 se v veliki meri uporablja za vlakna za preproge (Antron vlakna, DuPont). Antron PA vlaknom izboljšamo z različnimi oblikami presekov, z dodatki polnil ter z modifikacijo površin vlaken estetski videz in nekatere lastnosti, kot na primer antistatičnost in odpornost na drgnjenje.
- ▶ Najpomembnejše vrste PA vlaken so klasična visokotrдна ter vlakna z nizkim raztezkom (PA 6 in PA 6,6 vlakna). PA vlakna z nizkim raztezkom se uporabljajo tedaj, kadar zahtevamo visoko dimenzijsko stabilnost materiala in veliko zmogljivost absorbiranja energije, kot na primer za vrvi, mreže, različne trake, tkanine za padala in jadra ter varnostne blazine. S poliamidnimi vlakni učvrščeni avtomobilski plašči so namenjeni vožnji po slabih cestah oziroma terenskim vozilom (PA vlakna dobro adsorbirajo tresljaje), medtem ko so avtomobilski plašči za hitro vožnjo učvrščeni z viskozniimi vlakni, ki bolje adsorbirajo pri hitri vožnji nastalo toploto.

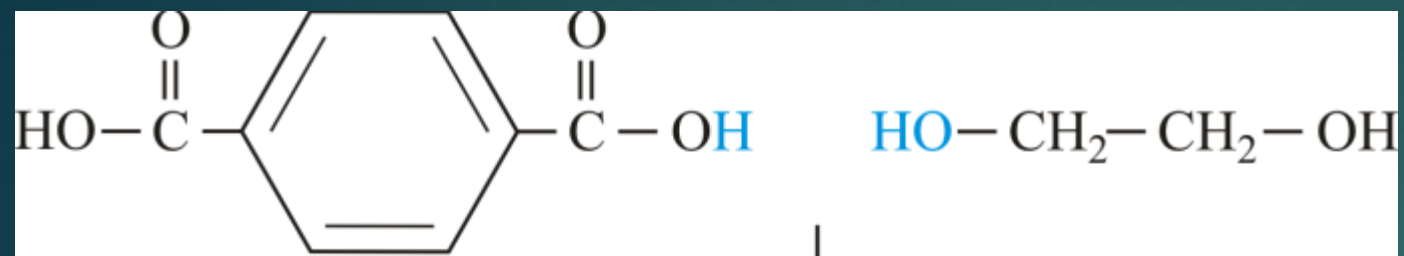


Poliestrna vlakna (PES)

- ▶ Zaradi razmeroma nizke cene in dobrih uporabnih lastnosti, zlasti pri visokotrdnih in visokomodulnih poliestrnih vlaknih, so poliestrna vlakna po uporabi v tehničnem tekstilu na prvem mestu. Na tržišču jih je s komercialnim imenom Dacron leta 1951 predstavilo podjetje DuPont. PES oziroma polietilentereftalatna vlakna pripravimo s pomočjo kondenzacijske polimerizacije etilenglikola in tereftalne kisline ter oblikujemo iz taline z dodatnim raztezanjem.
- ▶ Najpomembnejše značilnosti PES filamentnega ali rezanega vlakna so: trpežnost, vzdržljivost, dobra dimenzijska stabilnost, enostavne negovalne lastnosti, se hitro suši, nizka adsorpcija vlage, odpornost na večino kemikalij, zaradi visoke temperature steklastega prehoda je vlakno odporno na povišano temperaturo in je kompatibilno z bombažem.
- ▶ Uporabljajo se za geotekstilije, za filtre za abrazivne pline (azbestni, cementni prah), varnostne pasove, transportne mreže, ponjave, črpalne in prezračevalne cevi, za embalažo, za opremo vozil, plovil, letal ipd.
- ▶ Na tržišču je mnogo tipov PES vlaken: FR Trevira CS, ognjevarno PES vlakno; Trevira z visoko trdnostjo in posebej modificirana PES vlakna z antimikrobno aktivnostjo (Bactekiller).
- ▶ Razvoj v svetu, predvsem v razvitem, poteka v smeri investiranja na področje visokomodulnih dimenzijsko stabilnih vrst poliestrnih vlaken ter v možnosti recikliranja poliestrnih plastenkov in ostalih odpadkov v tekstilne izdelke.

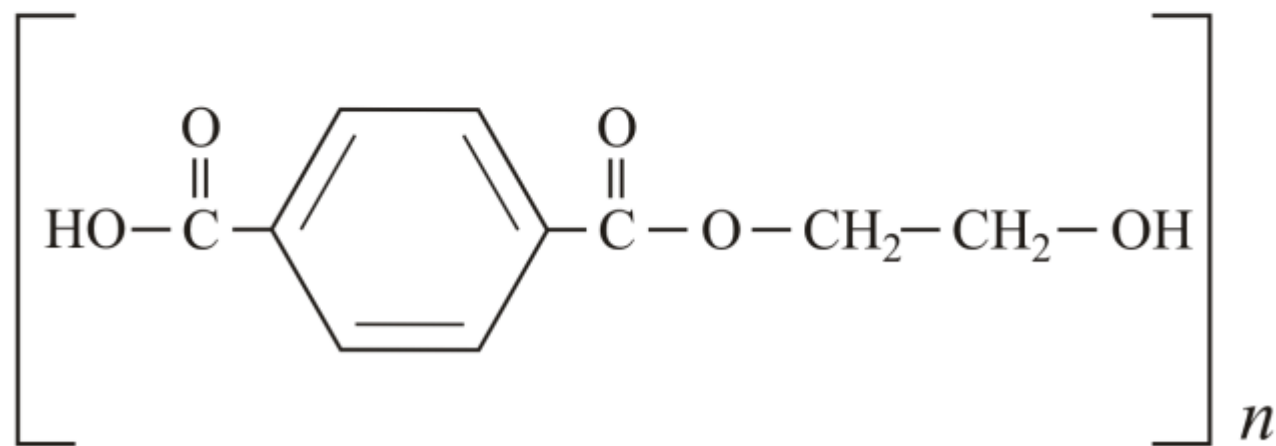
Poliestrna vlakna (PES)

- ▶ Zaradi razmeroma nizke cene in dobrih uporabnih lastnosti, zlasti pri visokotrdnih in visokomodulnih poliestrnih vlaknih, so poliestrna vlakna po uporabi v tehničnem tekstilu na prvem mestu. Na tržišču jih je s komercialnim imenom Dacron leta 1951 predstavilo podjetje DuPont. PES oziroma polietilentereftalatna vlakna pripravimo s pomočjo kondenzacijske polimerizacije etilenglikola in tereftalne kisline ter oblikujemo iz taline z dodatnim raztezanjem.
- ▶ Najpomembnejše značilnosti **PES filamentnega ali rezanega vlakna** so: trpežnost, vzdržljivost, dobra dimenzijska stabilnost, enostavne negovalne lastnosti, se hitro suši, nizka adsorpcija vlage, odpornost na večino kemikalij, zaradi visoke temperature steklastega prehoda je vlakno odporno na povišano temperaturo in je kompatibilno z bombažem.
- ▶ Uporabljajo se za geotekstilije, za filtre za abrazivne pline (azbestni, cementni prah), varnostne pasove, transportne mreže, ponjave, črpalne in prezračevalne cevi, za embalažo, za opremo vozil, plovil, letal ipd.
- ▶ Na tržišču je mnogo tipov PES vlaken: FR Trevira CS, ognjevarno PES vlakno; Trevira z visoko trdnostjo in posebej modificirana PES vlakna z antimikrobno aktivnostjo (Bactekiller).
- ▶ Razvoj v svetu, predvsem v razvitem, poteka v smeri investiranja na področje visokomodulnih dimenzijsko stabilnih vrst poliestrnih vlaken ter v možnosti recikliranja poliestrnih plasten in ostalih odpadkov v tekstilne izdelke.



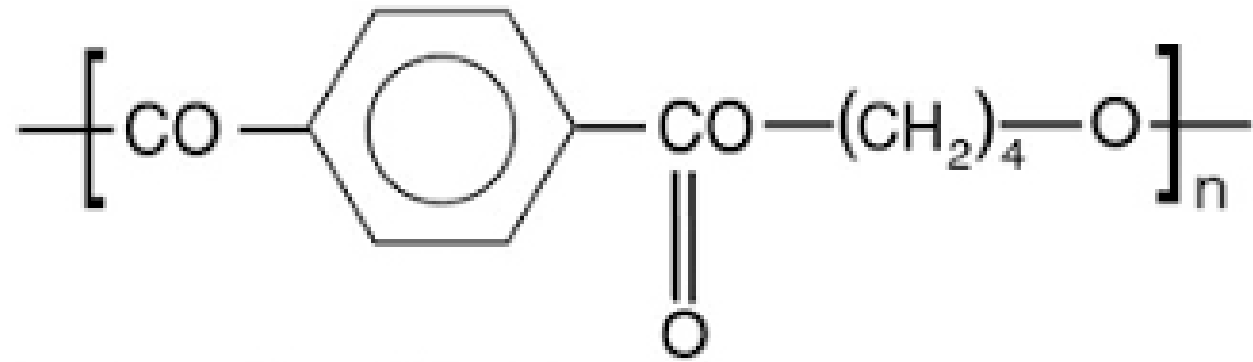
terephthalic acid

$-\text{H}_2\text{O}$ ethylene glycol



polyethylene terephthalate





Polybutylene Terephthalate

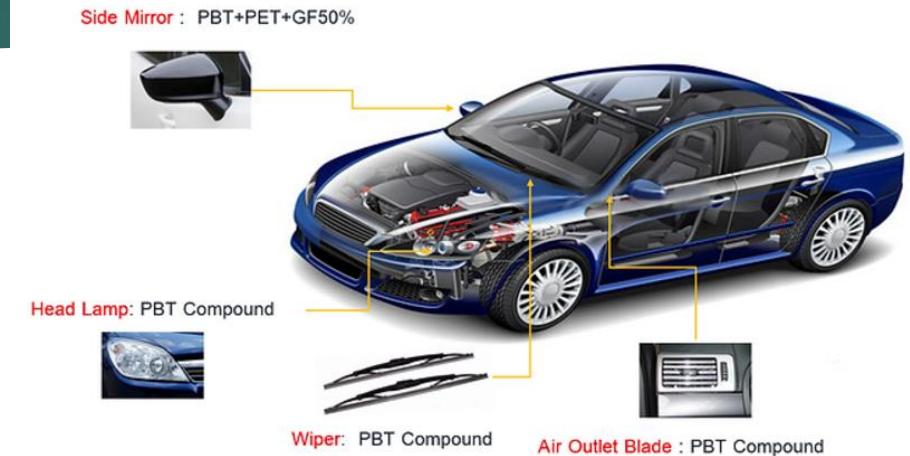


PES in PBT

- ▶ PET (polietilen tereftalat) in PBT (polibutilen tereftalat) sta podobna termoplastična poliestra, vendar se bistveno razlikujeta po uporabi in zmogljivosti: PET ponuja večjo trdnost, togost in prosojnost, zaradi česar je idealen za steklenice in tekstil.
- ▶ PBT zagotavlja boljšo udarno žilavost, hitrejšo kristalizacijo za brizganje in vrhunsko dimenzijsko stabilnost, pogosto se uporablja v električnih konektorjih in avtomobilskih delih.

Ključne razlike med PET in PBT:

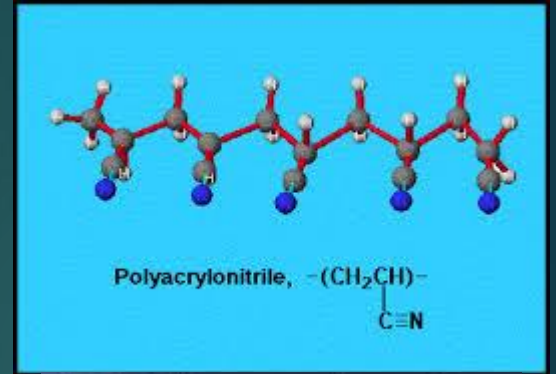
- ▶ Mehanske lastnosti: PET ima večjo togost in natezno trdnost, medtem ko je PBT bolj fleksibilen in ima boljšo odpornost proti udarcem (žilavost).
- ▶ Obdelava in kristalizacija: PBT kristalizira veliko hitreje kot PET, kar omogoča krajše čase cikla brizganja.
- ▶ Termične lastnosti: PET ima višje tališče ($\sim 260\text{ }^{\circ}\text{C}$) in višjo temperaturo steklastega prehoda ($70\text{--}80\text{ }^{\circ}\text{C}$) v primerjavi s PBT ($30\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- ▶ Dimenzijska stabilnost: PBT na splošno kaže boljšo dimenzijsko stabilnost in manjšo absorpcijo vlage kot PET, zaradi česar je boljši za precizne komponente.
- ▶ Prozornost: PET je znan po visoki prosojnosti (amorfna oblika), medtem ko je PBT običajno neprozoren.



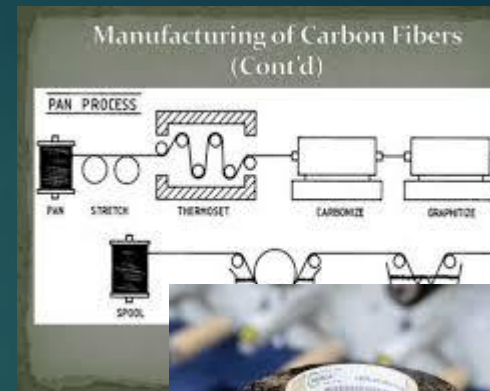
Polyester	Density (gm/cc)	Tensile Strength (MPa)	Flex. Modulus (MPa)	Tm (deg.C)	Tg (deg.C)
PET	1.4	61.7	3.11	265	80
PTT	1.35	59.3	2.76	227	52
PBT	1.34	56.5	2.34	228	25

Poliakrilnitrilna vlakna (PAN)

- ▶ **Poliakrilnitrilna vlakna** in njihove modificirane oblike uporabljamo na področju tehničnega tekstila zaradi njihove obstojnosti pri visokih temperaturah in UV žarkih. Premorejo podobne lastnosti kot volna, zato jih lahko mešamo v vseh razmerjih.
- ▶ Pripravimo jih s pomočjo polimerizacije akrilonitrila v poliakrilonitril in z izpredanjem v vlakna po suhem ali mokrem postopku. Orlon vlakna imajo zvonasto obliko prečnega preseka vlakna, proizvaja jih Dupont po suhem postopku, pri katerem topilo odparijo. Acrilan vlakna proizvajalca Monsanto in Courtelle vlakna proizvajalca Acordis izpredajo po mokrem postopku; ta vlakna imajo pretežno krožni presek.
- ▶ Uporabljamo jih za filtre za čiščenje zraka in odpadnih plinov iz termoelektrarn, za zaščitna oblačila in ponjave, transportne trakove ipd. Njihov pomen se zmanjšuje zaradi razvoja aramidov, visokozmogljivih PES in PO. Nove možnosti razvoja ponujajo določene lastnosti poliakrilnih vlaken, kot na primer lastna (notranja) poroznost, kar omogoča vključitev bioloških ali kemičnih reagentov v strukturo vlakna.



- ▶ Najpomembnejše vrste poliakrilnih vlaken so klasična **PAN vlakna** s specialnimi lastnostmi: oksidacijsko stabilizirana PAN vlakna (Preox), specialno modificirana PAN vlakna (Dorcolor) in modakrilna vlakna (Velicren FR).
- ▶ **Poliakrilonitrilna vlakna** so pomembna tudi pri proizvodnji ogljikovih vlaken, saj služijo kot prekurzna (predhodna) vlakna pri postopku toplotne obdelave do ogljikovih vlaken.
- ▶ **Kemijsko modificirana PAN vlakna**, kjer uporabimo kopolimerna vlakna, sestavljena iz akrilonitrila in vinil klorida – modakrilna vlakna – vsebujejo v svoji molekularni strukturi klorove atome, ki zavirajo gorenje – po odstranitvi izvora ognja vlakna prenehajo goreti (FR modakrilna vlakna: Velicren FR, proizvajalec Montefibre).



MODACRYLIC

- Mod acrylic fibers are either dry spun or wet spun
- Soft
- Resilient
- Easy to dye to bright shades
- Abrasion resistant
- Flame resistant
- Quick drying
- Resistant to acids and alkalis
- Shape retentive

END USE:

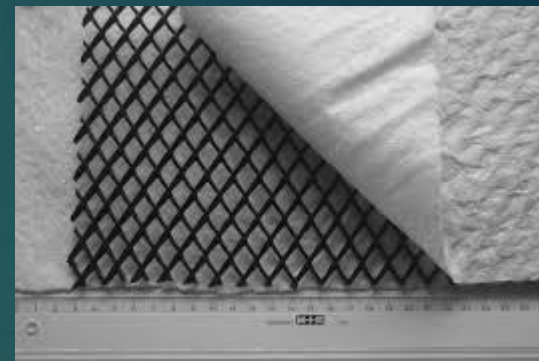
- **Apparel:** Deep-pile coats, trims and linings, simulated fur, wigs and hair pieces, children's sleepwear, career apparel
- **Fabric:** Fleece, knit-pile fabric backings, nonwovens
- **Home Furnishings:** Awnings, blankets, carpets, flame-resistant draperies and curtains, scatter rugs
- **Other Uses:** Filters, industrial fabrics, paint rollers,

PO vlakna



- ▶ **Proizvodnja in uporaba PO vlaken**, predvsem polipropilenskih (PP) in polietilenskih vlaken (PE), sta se v zadnjih letih najbolj povečali; PO vlakna so danes med najbolj razširjenimi tehničnimi vlakni v Evropi. Proizvodnja v svetu narašča 5-6% letno, za tehnične namene uporabljamo okoli 55% proizvedenega PP v Evropi, preostalo uporabimo za izdelavo preprog, oblačil in pohištvenega tekstila. Pomembni razlogi za hitro rast proizvodnje oz porabe PO vlaken so naslednji: nizka cena, enostavna proizvodnja – predvsem zaradi sorazmerno nizke temperature ekstrudiranja lahko pripravimo netkane tekstilije z direktnim ekstrudiranjem; odpornost na abrazijo, nizka adsorpcija vlage in nizka gostota.
- ▶ **PO vlakna**, ki imajo srednje dobre mehanske lastnosti, pripravimo s pomočjo adicijske polimerizacije etilena ali propilena po talilnem ekstruzijskem postopku. S posebnimi postopki izdelave in predelave PE in PP dobimo vlakna z izredno visoko trdnostjo in nizko razteznostjo (npr. Betelon CF Multistrong, Vegon). To dosežemo z visokim raztezanjem po predenju ali s hidrostatskim predenjem gela.
- ▶ Tako so makromolekule PO pretežno ravne, nerazvejane, zato so vlakna toga. PE premorejo srednje dobre mehanske lastnosti. Poznamo PE z nizko gostoto in z visoko gostoto, oboja premorejo srednje dobre mehanske lastnosti, njihova temperatura taljenja je 110 oziroma 140°C. PP dosega boljše mehanske in toplotne lastnosti; pri 140°C ohranijo še velik delež mehanskih lastnosti, preden se pri 170°C stalijo.

- ▶ **PO vlakna** uporabljamo za armiranje krhkih matric, za vrvi (so lažja od vode, zato vrvi plavajo na vodi), za hrbtno stran preprog, geotekstilije (iglane netkane tekstilije so poceni ter odporne na kisline in baze) in umetne športne podlage. PO v obliki filamentov oziroma netkanih tekstilij uporabljamo za filtre, avtomobilske preproge in oblazinjenje.
- ▶ Slabost PO vlaken je nizka toplotna obstojnost in popolna hidrofobnost, zato jih uporabljamo kot vezivna vlakna pri pripravi viskoznih netkanih tekstilij za higienske namene.



Polivinilalkoholna vlakna (PVA)

- ▶ Ta vlakna se lahko zelo razlikujejo glede na topnost in tudi preostale lastnosti (Newlon, Unitik). Vlakna, ki so topna v vodi, uporabljamo za vgrajevanje v izdelke in kasnejše odtapljanje oziroma v medicini, medtem ko lahko visokotrдна in v vodi netopna vlakna uporabljamo za ribiški pribor ipd.



Elastanska vlakna

- ▶ Elastanska vlakna so pripravljena na osnovi elastomernih polimerov z najmanj 85% segmentov poliuretana, raztegnejo se lahko 6- ali večkrat. Industrijska proizvodnja se je začela leta 1959 (Lycra, DuPont). Lahko se uporabljajo v povezavi z večino naravnih ali sintetičnih vlaken za pripravo tkanin ali pletenin.



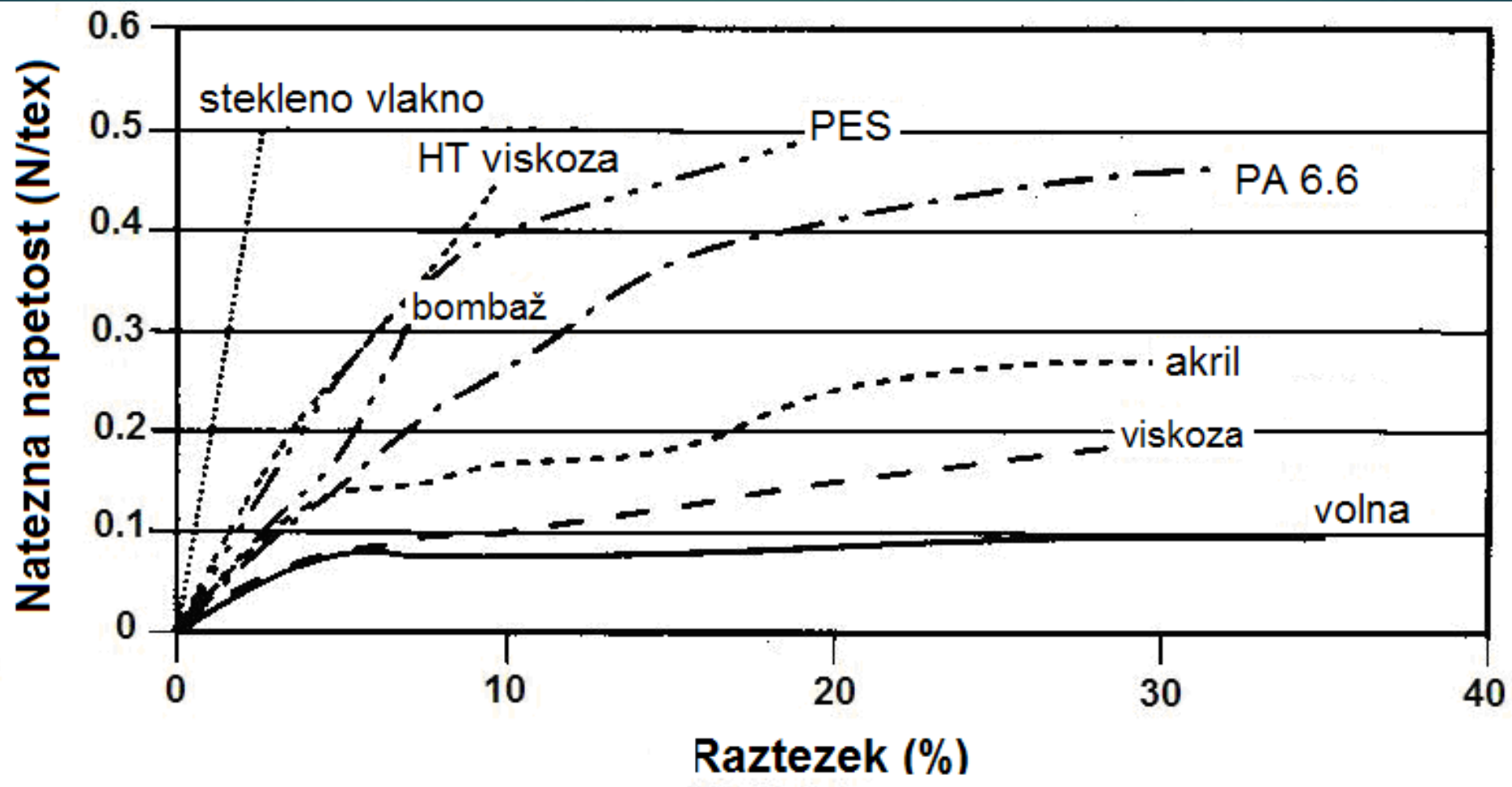


Diagram natezne trdnosti/raztezka za nekatera konvencionalna vlakna

Ostala sintetična vlakna

- ▶ Spodaj navedena vlakna pogosto uvrščamo med posebna organska vlakna oz. visokozmogljiva vlakna. V to skupino prištevamo vlakna iz organskih polimerov, katerih začetki segajo v 60. leta 20. stoletja, pri čemer se je zadnjih 20 let njihov razvoj izjemno pospešil, zato premorejo posebne mehanske, toplotne, kemične ali električne lastnosti. Imajo različne kemijske sestave, zato se razlikujejo tudi po lastnostih.
- ▶ Vsa vlakna imajo visoko temperaturo steklastega prehoda, visoko temperaturo termičnega razkroja in se težko vnamejo. Trajna temperatura okoli 180°C le malo vpliva na njihove lastnosti. Šele pri temperaturi nad 250°C začnejo intenzivneje izgubljati trdnost, v območju $450\text{--}500^{\circ}\text{C}$ pa se pričnejo razkrajati.
- ▶ Nekatera vlakna dosegajo poleg toplotne obstojnosti in slabe gorljivosti tudi visoke trdnosti in module elastičnosti. Kemično so to aromatski poliamidi ali aromatski poliamidi z vgrajenimi heterocikli, poliheterocikli ter lestvičasti polimeri iz aromатов in heterociklov. Vlakna pridobivamo iz monomerov s polikondenzacijo, predemo iz raztopin in raztezamo.

- ▶ Njihove lastnosti so posledica kemične strukture. Ker so ti polimeri sestavljeni pretežno iz aromatskih obročev (Nomex – poli-meta-fenilen-isoftalamidi – oz. Kevlar – poli-para-fenilen-tereftalamidi), ki so v nekaterih primerih prekinjeni s heterocikličnimi obroči (ATF 2000, Kermel – poliimidamidna vlakna, PBI – polibenzimidazolna vlakna), so molekule resonančno stabilizirane, tališče je pomaknjeno navzgor (običajno nad temperaturo termičnega razkroja), izboljšani sta tudi trdnost in togost polimera.
- ▶ Povezovanje aromatskih polimerov s pomočjo heterociklov v zamreženo strukturo še poveča togost, zaradi visoke resonančne stabilnosti aromatskih obročev pa je visoka tudi temperaturna obstojnost. Nizka vsebnost vodika v polimerih pripomore k visoki toplotni obstojnosti in negorljivosti.
- ▶ Vlakna so bila razvita za potrebe letalstva in astronautike. Uporabnost posameznih vlaken določajo njihove lastnosti in cena. Uporabljajo se za izdelavo filtrov, oblog za kalandre in stiskalne valje, kot izolirni material, za transportne trakove, visokotrdne tehnične tkanine, za zaščitne obleke proti ognju, vročini in agresivnim kemikalijam, v vojaške namene, kot utrjevalni (armirni) material v različnih kompozitih (gumi, plastičnih masah, cementu, kovinah).

- 
- ▶ 95% organskih vlaken, ki se uporabljajo za tehnične tekstilije, še vedno predstavljajo “konvencionalna” vlakna; ostalih 5% vlaken za tehnične tekstilije pa lahko razdelimo na:
 - ▶ visokotrдна in visokomodulna organska vlakna;
 - ▶ organska vlakna, odporna na kemikalije in visoke temperature;
 - ▶ visokozmogljiva anorganska vlakna;
 - ▶ ultrafina in nova vlakna.

- ▶ Visokotrdna in visokomodulna organska vlakna lahko pripravimo na dva načina. Po prvem lahko modificiramo postopek priprave vlaken, tako da dobimo vlakna z visoko orientacijo molekul in visoko kristaliniteto. Za ta namen lahko uporabimo ravne in gibljive molekule PE, ki jih oblikujemo v vlakno s pomočjo gelskega pređenja. Pripravimo nizke koncentracije polimernih molekul z velikimi molekulskimi masami, oblikujemo po gelskem postopku (vlakno raztezamo, ko je še v obliki gela), in tako dobimo vlakna z visoko trdnostjo ter visokimi moduli.
- ▶ UHMWPE (PE vlakna ultravisoke molekulske mase), Dyneema in Spectra so najbolj trdna vlakna (hkrati so kemijsko inertna, odporna na obrabo, imajo nizko gostoto); tali se pri 150°C in toplotno razgradijo pri 350°C.
- ▶ Drugi način za izboljšavo mehanskih lastnosti pri sobnih in pri povišanih temperaturah je uporaba vlaken, zgrajenih iz togih polimernih verig. Za ta namen lahko uporabimo para-aramidne kopolimere ali para-fenilen-tereftalamidne (p-aramid) polimere. Molekulska masa teh polimerov znaša okoli 20 000; vlakna so sestavljena iz togih aromatskih polimernih molekul, ki so med sabo tridimenzionalno povezane z vodikovimi in elektrostatskimi vezmi (Kevlar, Kevlar 29, Kevlar 49, Kevlar HT, Kevlar HM proizvajalca DuPont in Twaron proizvajalca Acordis).

- ▶ Med organska vlakna, ki so odporna na kemikalije in visoke temperature, uvrščamo meta-fenilen izoftalamidna vlakna (m-aramid), kjer zaradi različnih položajev amidnih skupin nastane »cik-cak« struktura, kar onemogoča popolno kristalizacijo. Nomex vlakna proizvajalca DuPont in Conex vlakna proizvajalca Teijin so odporna na visoko temperaturo, dosegajo visoko temperaturo razpadanja, preden se stalijo, ter visok LOI (29). Uporabljamo jih predvsem za pripravo zaščitnih oblačil za gasilce in delavce ter za ostala zaščitna sredstva
- ▶ Aromatska vlakna, ki jih pripravimo s pomočjo oblikovanja iz taline in vsebujejo para-fenilenski obroč, imajo visoko tališče, vendar niso primerna za izdelavo oblačil za zaščito, saj so neugodna za kožo (oblačila so neudobna). Uporabljamo jih predvsem za filtracijo. Taka vlakna so polieter eter ketonska (PEEK), polieter ketonska (PEK) in poli-p-fenilen sulfidna (PPS) vlakna.
- ▶ Poliheterociklična vlakna, kot je polibenzoimidazol (PBI) proizvajalca Hoechst-Celanese, ter oksidirana poliakrilnitrilna vlakna, ki so 3D zamrežena vlakna, obstojna na razpad pri povišani temperaturi in pirolizi pri 300°C (Panox vlakna proizvajalca SGL), dosegajo zelo visok LOI, namreč 41 in 55. Preglednica 2-2 prikazuje LOI vrednosti nekaterih organskih vlaken, ki so odporna na visoke temperature.

Preglednica 2-2: LOI vrednosti in trdnosti nekaterih vlaken za tehnične tekstilije.

Komercialno ime vlakna	Proizvajalec	LOI* (%)	Trdnosti (GPa)
Nomex	DuPont	29	0,67
Conex	Conex	29	0,61
Kernel	Rhone-Poulenc	31	0,53
Inidex	Courtaulds	43	0,12
PBI	Hoechst-Celanese	41	0,39
PANOX	SGL	55	0,25
PEEK	Zyex	42	
PPS	Phillips	34	0,54

* LOI: limiting oxygen index = minimalni delež kisika v zraku, ki še zagotavlja gorenje.

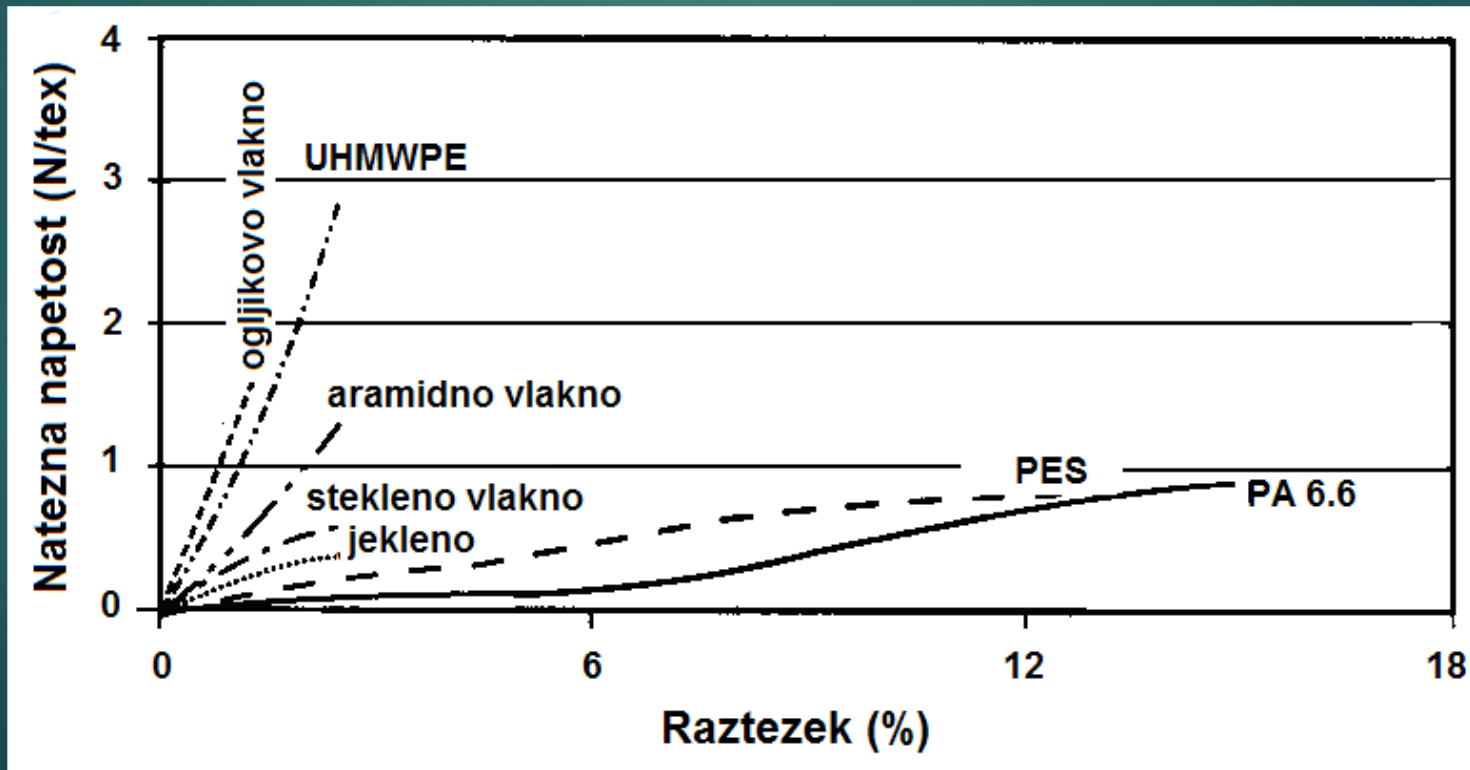
- 
- ▶ Teflonska vlakna – politetrafluoretilenska vlakna (PTFE) imajo visoko kemično in toplotno obstojnost in nizki torni koeficient; kljub težki predelavi se vedno znova preizkušajo nove metode izdelave vlaken in filamentnih prej za specialno uporabo: za agresivne in vroče medije, v elektroindustriji, saj so dober izolator, v medicini za učvrstitvev PES vlaken. So najobstojnejši polimer. Njihov konkurent so aramidna vlakna.

2.1.5 Anorganska vlakna

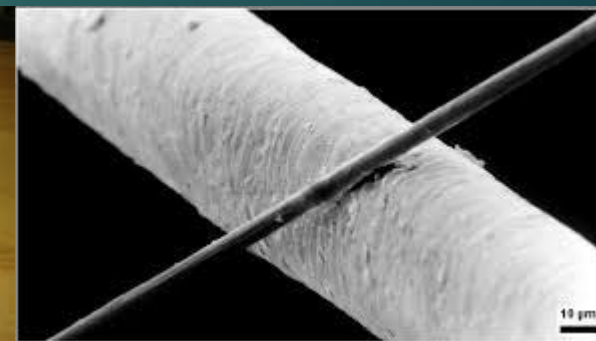
- ▶ Za vsa organska vlakna je značilno, da proces njihove razgradnje poteka že pri temperaturah pod 500°C. Zato morajo biti vlakna, namenjena uporabi pri visokih temperaturah, sestavljena iz anorganskih snovi. Po strukturi delimo anorganska vlakna na amorfna, polikristalina in enokristalina (enojni kristali). Polikristalino vlakno tvori veliko število skupaj zraslih kristalov anorganskih spojin. Enokristalino vlakno tvori enojni kristal. Viskerji so kristali (eno- ali poli-), ki rastejo v dolžino.
- ▶ Po izvoru so lahko naravna (npr. azbest, ki je zaradi ekoloških in zdravstvenih razlogov prepovedan) in kemična (industrijsko pridobljena).
- ▶ Na trgu se pojavljajo anorganska vlakna v obliki vlaken (steklena volna), filamentne preje, pramenov, monofilamentnih niti, mrež, tkanin ter pletenin.

- 
- ▶ Najpomembnejše vrste anorganskih vlaken:
 - ▶ kovinska vlakna,
 - ▶ kovinska amorfna vlakna (Belfour – Unikita),
 - ▶ steklena vlakna iz različnih vrst silikatov,
 - ▶ keramična vlakna (kremenova, žlindrina vlakna, vlakna iz kovinskih oksidov – Al_2O_3 , SiO_2),
 - ▶ grafitna in ogljikova vlakna,
 - ▶ vlakna iz kalijevega titana,
 - ▶ silicijeva vlakna (Astroquarz).

- ▶ Kemična anorganska vlakna pridobivamo iz različnih anorganskih spojin, le ogljikova vlakna pridobivamo iz poliakrilnitrila, viskoze ali raznih smol.
- ▶ Anorganska vlakna so bistveno trdnejša kot njihovi osnovni nevlaknati materiali. Odporna so proti raztezanju – imajo visok modul, raztezki so nizki in skoraj popolnoma elastično povratni, trdnosti niso visoke, pogosto so vlakna krhka (slika 2-2). Dosegajo dobre kemične in toplotne obstojnosti.



- ▶ Ogljikova vlakna (CF)
- ▶ Ogljikova vlakna najpogosteje uporabljamo za učvrstitvev kompozitnih materialov, s čimer dosežemo visoko trdnost in visoke module materiala, kar je zelo pomembno pri izdelavi npr. motorjev vesoljskih plovil, rezervoarjev za gorivo, sestavnih delov ohišja za športne avtomobile in tekmovalnih koles. Na področju proizvodnje ogljikovih vlaken prevladuje Japonska, ki skupaj s svojimi partnerji letno proizvede 1500–2000 ton vlaken (Tenax, Grafitex). Večino ogljikovih vlaken proizvedejo z oksidacijo poliakrilonitrilnih vlaken.



Ultrafina in nova vlakna

- ▶ Ultrafina vlakna (mikrovlakna) so vlakna ali filamenti s finostjo največ 1,0 dtex. Običajno so vlakna izdelana iz PES (le redko iz PA). Razvili so jih zaradi naslednjih lastnosti:
 - ▶ • so lahka, vodonepropustna (30 000 filamentov/cm);
 - ▶ • visoka površinska adsorpcija – čistilne krpe, tekstil v elektronski industriji;
 - ▶ • materiali, ki preprečujejo bakterijam prehod skozi material – bariera za bakterije;
 - ▶ • imitacija usnja.
- ▶ Nekateri novejši načini uporabe mikrovlaken:
 - ▶ • Solar-Aloha vlakno (proizvajalca: Descente in Unitika, Japonska) – adsorbira svetlobo valovne dolžine manj od $2\mu\text{m}$, ki se zaradi prisotnosti cirkon karbida prevede v toploto;
 - ▶ • termokromna vlakna (Toray), vlakna prevlečena z mikrokapsulami, ki vsebujejo barvila, občutljiva na toploto;
- ▶ Cripay 65 je dišeče vlakno (proizvajalec: Mitsubishi Rayon), snovi, ki oddajajo prijetne vonjave, so izolirane v porah votlih PES vlaken. Podoben učinek lahko dosežemo, če kapsuliramo eterična olja ali parfume.

Preglednica 2-4: Vrednosti za natezno trdnost, module in raztezek nekaterih najbolj razširjenih tehničnih vlaken [4].

Konvencionalna vlakna	Visokotrdna in visokomodulna organska vlakna	Kemijsko in toplotno obstojna vlakna	Visokozmogljiva anorganska vlakna	Ultrafina in nova vlakna
<u>Naravna</u> : bombaž, volna, svila, juta itd. <u>Regenerirana</u> : viskoza, acetatna vlakna itd. <u>Sintetična</u> : PA, PES, PO, PAN, PU itd.	<u>Para-aramidi</u> : - Kevlar (DuPont), - Twaron (Acordis). <u>Visokozmogljiva polietilenska vlakna</u> : - Dyneema (DSM) in - Spectra (Aliled Signal).	<u>Meta-aramidi</u> : - Nomex (DuPont), - Conex (Teijin). <u>Oksidirana PAN vlakna</u> : Panox (SGL). <u>Ostala</u> : - aromatični polimeri, - polieter eter keton/ PEEK (Vitrex in Zytex), - Kernel (Rhodia), - poli-p-fenilensulfid/PPS, - politetrafluoroetilen/ teflon.	- ogljikova, - keramična, - borova, - aluminijeva (Saffil), - visokomodulna silikon karbidna in silikon nitridna itd.	- mikrovlakna, - vlakna, ki absorbirajo sončno energijo, - termokromna vlakna, - vonj sproščujoča vlakna, - antimikrobna vlakna, antistatična negorljiva vlakna itd.
<u>Trdnost</u> : 0,1–0,5 N/tex <u>Moduli</u> : 2–18 N/tex <u>Raztezek</u> : 2–7%	<u>Trdnost</u> : 1,5–3 N/tex <u>Moduli</u> : 22–150 N/tex <u>Raztezek</u> : 1–8% <u>LOI</u> * : 20–40	<u>Trdnost</u> : 1–2 N/tex <u>Moduli</u> : 15–25 N/tex <u>Raztezek</u> : 1–4% <u>LOI</u> * : 23–55	<u>Trdnost</u> : 0,5–2 N/tex <u>Moduli</u> : 70–220 N/tex <u>Raztezek</u> : 0–1,5%	<u>Trdnost</u> : 0,1–0,4 N/tex <u>Moduli</u> : 2–15 N/tex <u>Raztezek</u> : 2–17%

*LOI: limiting oxygen index = minimalni delež kisika v zraku, ki še zagotavlja gorenje.

2.2 PODROČJA IZDELKOV TEHNIČNEGA TEKSTILA GLEDE NA NAMEN UPORABE

Techtextil, vodilni mednarodni sejem tehničnih tekstilij (Frankfurt, Nemčija), je razdelil tehnične tekstilije glede na namen njihove uporabe na 12 glavnih področij:



Tekstilije za transportna sredstva (Mobiltech): cestna, ladijska, železniška, zračna in vesoljska prometna sredstva.



Industrijske tekstilije (Indutech): filtracija, industrijsko čiščenje, strojno inženirstvo, kemijska industrija in druga industrijska področja.



Medicinske in higienske tekstilije (Medtech): higiena (proizvodi za nego in higieno) in medicina.



Tekstilije za dom in gospodinstvo (Hometech): tehnične komponente za pohištvo, sedežne garniture, gospodinjske tekstilije ter talne in stenske obloge.



Tekstilije v oblačilni industriji (Clothtech): tehnične komponente za obutev, oblačila in galanterijo.



Tekstilije v kmetijstvu (Agrotech): kmetijstvo (poljedelstvo in živinoreja), hortikultura in vrtničarstvo, gozdarstvo, ribištvo.



Tekstilije v gradbeništvu (Buildtech): gradnja in konstrukcije (gradbeništvo – visoke gradnje in arhitektura); membrane, lahke konstrukcije, inženirsko in industrijsko gradbeništvo, začasne konstrukcije ter notranja oprema.



Tekstilije za pakiranje (Packtech): materiali za pakiranje, sistemi za zaščitno pokrivanje, vreče, big-bagi, kontejnerski sistemi.



Tekstilije za šport in prosti čas (Sportech): oblačila in obutev za šport in prosti čas, športni rekviziti in športna oprema.



Tekstilije za zemeljska dela (Geotech): učvrščevanje in stabiliziranje zemljin, separacija, drenaža, filtracija (gradbeništvo – nizke gradnje).



Zaščitne tekstilije (Protech): osebna (zaščitna oblačila) in tehnična zaščita (zaščitna naprav, procesov ipd.).



Tekstilije za varstvo okolja (Oekotech): zaščita okolja – razmeroma nejasno opredeljeno področje, kjer se prepleta več področij, med drugim tudi industrijskih tekstilij (filtracijski mediji) ter geotekstilij (zaščita pred erozijo).

Poraba tehničnih tekstilij v svetu glede na posamezna področja uporabe je prikazana v preglednici 2-5. Tekstilije za varstvo okolja so pomembno področje tehničnih tekstilij in jih v tej preglednici obravnavamo posebej; ker pa smo jih vključili že v druga področja, npr. med industrijske tekstilije (filtri) ter tekstilije za zemeljska dela (zaščita pred erozijo, geomembrane za zaščito ekološko nevarnih odlagališč), jih v končnem seštevku ne upoštevamo [4].

POSTOPKI ZA IZDELAVO TEHNIČNIH TEKSTILIJ

- ▶ Za izdelavo tehničnih tekstilnih materialov uporabljamo različne konvencionalne stroje, surovinam prirejene konvencionalne stroje in specialne stroje za izdelavo tehničnega tekstilnega materiala.
- ▶ Za pripravo visokozmogljivih vlaken se najbolj uporabljajo naslednje tehnologije :
 - izdelava vlaken po postopku kemijskega predenja,
 - pirolitska pretvorba izhodnih vlaken,
 - kemijska pretvorba izhodnih vlaken in
 - tvorba vlaken iz monokristalov.

Izdelava vlaken s postopkom kemijskega predenja

- ▶ Pretvorbe polimera v vlakna si, ne glede na končne mehanske in kemijske lastnosti vlaken, delijo naslednje skupne elemente:
 - pretvorba polimerne mase iz trdnega agregatnega stanja v nizkoviskozno talino ali raztopino,
 - prehod filtrirane mase skozi predilne šobe – tvorba vlaken,
 - strjevanje vlaken ter raztezanje ob kontrolirani temperaturi, pritisku in prenosu mase.

- Spremembe, ki nastanejo pri oblikovanju viskoznoelastičnih vlaken glede na konvencionalno oblikovanje oz. izpredanje, so naslednje:
 - postopek oblikovanja lahko fizično ločimo od postopka koagulacije, s čimer ločeno kontroliramo temperaturo (postopek A in B). To je potrebno pri izpredanju številnih polimerov: aramidov, polibi benzoksazolov idr.;
 - vlakna izpredamo iz raztopin z nizko koncentracijo, s čimer zmanjšamo interakcije med verigami v vlaknu – oblikovanje iz gela. Ta postopek se uporablja pri pripravi viskoznoelastičnih polietilenskih vlaken;
 - glede na izbrane pogoje lahko filamente pripravimo tako z visoko kot z nizko stopnjo orientacije molekul. Dodatno orientacijo lahko dobimo s kasnejšim raztezanjem vlaken, kar dosežemo z odvajalno hitrostjo, ki je višja od relaksacijskega časa molekul. Vlakna lahko tudi segrevamo, s čimer zvišamo morfološko stabilnost med procesom kristalizacije in/ali med relaksacijskim procesom.

