



Kutasi Csaba

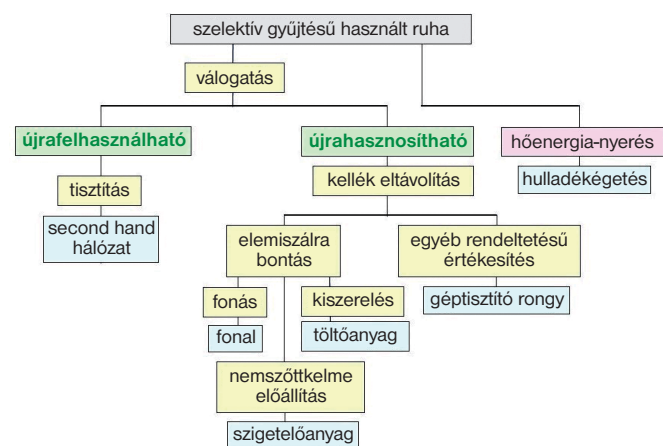
Műszaki intézkedések és törekvések a textilgyártás fenntarthatósága érdekében

A textilipar a könnyűipar egyik iparcsoportja, amely a különböző szálanyagok feldolgozásával (fonalgépjártás, kelmeképzés, kikészítés) olyan méterárakat állít elő, amelyek adott rendeltetési célra alkalmasak (optimális használati tulajdonságok, divatigényeknek megfelelő külső kép stb.). A ruhaipar (konfekcióipar) másik szakterület, a textilipar készáruiból tömeggyártással állít elő ruházati és egyéb darabártermékeket. A környezeti terhelő tényezőket tekintve a textilgyártás, ezen belül főleg a fehéritést, színezést, mintázást végző és a használati tulajdonságokat javító kikészítőipari tevékenység jelentősebb befolyása jellemző, a ruhaipar környezetre gyakorolt hatása ehhez képest jóval kisebb mértékű.

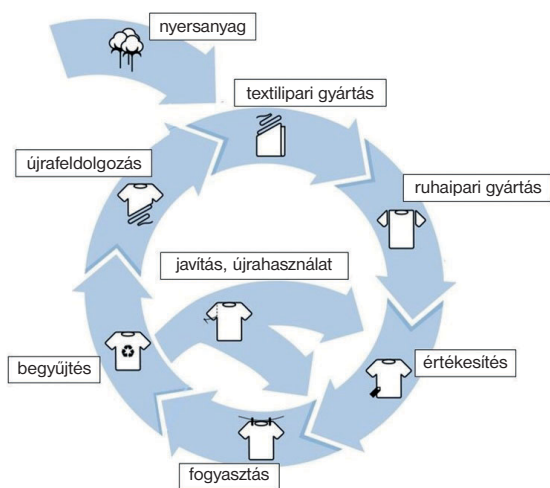
A fenntarthatóság érdekében a gyártási folyamatok módosítása, az egyes részműveletek javítása, az innovatív eljárások elterjesztése, a környezeti erőforrásokkal való takarékoskás és a klímasemleges gazdaság elérését támogató hatékony intézkedések folyamatos végrehajtása a textiliparban is egyre sürgetőbb. Az Európai Unió 2019. decemberi, az európai Zöld Megállapodásról szóló közleménye, valamint a 2021-ben elfogadott Új Körforgásos Cselekvési Terv (COM) és az Ipari Stratégia kiemelt ágazatként határozta meg a textíliák gyártásával foglalkozó szakterületet. Ezt indokolta, hogy a textilipar az elsődleges nyersanyagok és a víz felhasználásában a negyedik legnagyobb hatást kifejtő szereplő, ugyanakkor a világ textiltermékeinek mindössze 1%-át alakítják csak újjá. A textilipar körforgásos pályára állítja

sa érdekében a versenyképesség mellett a fenntartható és körforgásos textíliák piacának fellendítése kiemelt célkitűzés (1. ábra).

Ehhez környezettudatos tervezésre, gyártói felelősségre, könnyen elérhető javítási és újrafelhasználási szolgáltatásokra (válogatás és újrafeldolgozás ösztönzése) van szükség. Hazánkban is meg kell alkotni a jogi szabályozást a textilhulladék elkülönített gyűjtésére vonatkozó rendelettel, miután ennek megfelelően kibővítendő a szelektív hulladékgyűjtés rendszere. Így a textiltermékek esetében 2025-ig meg kell megvalósítani és 2025. január 1-jei hatállyal be kell vezetni a textilhulladékok elkülönített gyűjtését (2. ábra).



1. ábra. A körforgásos textil/ruhaipari modell



2. ábra. A szelektív gyűjtésű használt textiltermékek sorsa

A textílialapanyagokkal, a gyártási folyamatokkal kapcsolatos környezetterhelések

A textilipari gyártási folyamatok során, illetve az alapanyagokat képező szálanyagok termesztése/tenyésztése és a mesterséges szálanyagok előállítása kapcsán is számos környezetterhelés lép fel. Annak ellenére, hogy a természetes eredetű szálanyagokat a mezőgazdaság ágazatai biztosítják, a mesterséges szálanyagok előállítását pedig a különálló vegyipar végzi, a kapcsolat szoros az ágazatok között, az alapanyag-termelők/gyártók zöldítési eredményei textilipari szempontból is lényegesek.

A textilkikészítő szakágazat működtetése fokozott energia- és vízigénnyel jár, főként a textilkikészítési folyamatok tekintetében. Utóbbi esetében a szennyvíz terhelése jelentős, a határértéket meghaladó pH, a magas sótartalom, a nagy kémiai és biológiai oxigénigény, esetleges nehézfém-szennyezők és toxikus ve-

gyületek jelenléte, a gyakori színhatás, illetve a megnövekedett hőmérséklet miatt. Gyakori zaj- és rezgésterhelés (technológiai hatásként, energiaátalakítási folyamatok révén), a két és főként a három műszakos üzemmenet következtében fennáll a fényszennyezés is. A légszennyezés szálrészecskék, szerves gőzök, kedvezőtlen szaghatások és füst formájában fordul elő. A hulladékképződést veszélyes és nem veszélyes anyagok jellemzik. Közvetett terhelésként a szállítással együtt járó környezeti hatások és további energiaátalakítások miatti károsító tényezők jellemzők (3. ábra).



3. ábra. A textilipar környezetterhelő tényezői

Környezetkímélő módon elérhető természetes szálak

A biopamut jelentősége azért fokozódik, mert a világ gyomirtó-szer-felhasználásának 10%-át, rovarirtó-szer-felhasználásának 25%-át a gyapotföldekre esik [a gyapot termőterület 40%-a szál céljára, 60%-a mag (olaj) hasznosításra fordítódik]. Példaként megemlítendő, hogy 1 db pólóing pamut alapanyagához 150 g, 1 db farmernadrág anyagához 340 g növényvédő szer szükséges a gyapottermesztés során. A mezőgazdasági vegyszerek [növényvédő (peszticid) és tápanyagvegyületek, műtrágya] csökkentésére több megoldás ismert. Idetartozik a genetikailag módosított gyapot, amely mintegy „megmérgezi” a kártevőket. A biotermesztéssel (komposztal történő trágyázás, gyomirtás kapálással, ill. égetéssel, más haszonnövények közé ültetésével, lombtalanítás le-száritással, természetes permetanyag főzetének alkalmazása stb.) szintén kedvező eredmények érhetők el. Főként a bőrrel érintkező termékeknél (fehérmű, ágynemű, higiéniai cikkek, bēbi ruházat stb.) előnyös a biopamutból készült cikkek előállítása, különösen a kockázattal érintettek számára.

Az ún. BCI-pamut (Better Cotton Initiative) termesztése során a jobb öntözési gyakorlattal csökken a vízfelhasználás és jobban megóvható a termőföld. Továbbá a káros növényvédő szereket minimalizálják, a műtrágya felhasználását is észszerűen mérséklék.

Az ún. organikus gyapjú esetében az állattartásnál tanúsítottan mellőzik a környezetterhelő rovarölő és növényvédő szereket. A lenyírt nyersgyapjú elsősorban rovarölő szereket tartalmaz, miután az állattartás során a juhokat így védik a parazitáktól, de növényvédő szerek is kerülhetnek a bundára. Amennyiben a felhasznált kemikáliák biológiailag nem bomlanak le és összetevőik toxicitása is fennáll, úgy az elsődleges feldolgozáshoz tartozó mosás során jelentős vízszennyezést okoznak (4. ábra).

Környezetkímélés a mesterséges szálak előállításánál

A lyocellszál módosított regenerált cellulózsál. Előállítása során elmarad a viszkózgyártásnál alkalmazott átmeneti kémiai átalakítás



4. ábra. Környezetkímélő módon elérhető természetes szálak

kítás (ún. xantogenálás szén-diszulfiddal), ami (és a nedves szálképzés) több környezetterhelő vegyanyaggal (nátrium-hidroxid, kénsav) jár. A lyocellszál gyártásához a cellulózt speciális oldószerrel (N-metil-morfolin-N-oxid, helyesebben 4-metilmorfolin-4-oxid monohidráta) oldják, ami a folyamat során nagyrészt visszanyerhető. A viszkózszálhoz képest nagyobb száraz és nedves szilárdság, kisebb mértékű gyűrődési hajlam jellemzi a lyocell.

A mesterséges környezetkímélő és bőrbarát szálanyagok egyike a biopolimer-bázisú polilaktid szál, amelynek kiinduló alapanyaga a kukorica- (vagy egyéb gabona-) keményítő. Az összetett szénhidrátot cukorrá bontják, majd a fermentációval képzett tejsav szolgáltatja a monomert. Az ezt követően kialakított polilaktid polimer nemcsak textilipari szempontból kiváló szálanyagot biztosít, hanem a textiltermék életciklusa végén biológiailag lebonthatóvá válik, továbbá korlátlanul újrahasznosítható. Az így előállított szálanyag egyértelműen bőrbarát, kellemes és egészséges viselet, illetve háztartástextília- (pl. ágynemű) alapanyag (biológiai biztonságát garantálja, hogy testfelületünkön is előfordul a tejsav). A felhasználási tulajdonságokat fokozza a kiemelkedő gyűrődésfeloldódó képesség és átlagosnál kisebb mértékű szennyeződési hajlam, valamint a könnyű moshatóság.

A legnagyobb mennyiségben termelt szintetikus szálnak, a poliészter hulladékainak (szál- és kelmegyártási maradványok, ruhaipari szabászati belső hulladékok; életciklus végét követően összegyűjtött ruházati és egyéb textiltermékek) aránylag egysze-

5. ábra. Textilhulladék vágó- és tépőgép





rűbb, mechanikai hasznosítására nyílik lehetőség a nemszőtt kelmék (törlőkendők, szűrőkelmék, geotextiliák, töltőanyagok, egyszerű használatos egészségügyi textiliák stb.) gyártásánál. Ezek egyik típusa többretegű szálfátyolból felépülő bundából készül. A lapszerű textilanyagú hulladékot ún. farkasoló-tépőgépen szálakra bontják szét, majd a fonodákban használatos kártológépeken közel párhuzamos helyzetű szálakból álló fátylat képeznek. Ezeket több rétegben keresztezve egymásra helyezik, így alakul ki a szálbundaréteg. Megoldást jelenthet az is, hogy az önálló elemi szálakat légáramlat segítségével továbbítják egy szállítószalagra vagy egy perforált szívódob felületére; a leválasztott szálréteg alkotja a bunda-alapanyagot. Ebből készítenek különböző szilárdítási technikákkal nemszőtt kelméket (5. ábra).

A poliészter (PET – polietilén-tereftalát) kémiai újrahasznosításának lényege a szolvólízis, aminek során a polimerláncban lévő észterkötéseket megbontva monomerekké alakítják, ehhez különböző oldószerek (víz, sav, alkoholok, esetleg aminok) alkalmaznak. Az ebből előállított szálanyag mechanikai tulajdonságai egyrésztől kedvezőbbek, a szálát felépítő anyag átlagos molekulatömege nagyobb, fokozottabb a szívósság (mint a dinamikai igénybevételekkel szembeni ellenállás), ugyanakkor alacsonyabb a rugalmassági modulusz értéke.

A kémiai újrahasznosított PET-szálak esetében néhány tényező azonban még gátolja az új előállítású szálakkal való egyenértékűséget. A szálak alapszíne az újrahasznosított változatnál enyhén krém-előszíneződésű, így a fehér és élénk színű termékek gyártása nehézkes. A színezésénél eltérések fordulnak elő, az újrahasznosított alapanyag nehezebben színezhető, több színezék, víz és energia szükséges adott színezet eléréséhez. A másodlagos feldolgozású poliészter szál tehát jelenleg még nem jelent korlátlan felhasználhatóságot, finom textiliák előállítását még nem teszi lehetővé. Ezért például polártermékek, egyen- és munkaruha-alapanyagok, speciális bélések (pl. áttört kelmék) céljára alkalmazzák. Gyakori az alapvegyületekből kiinduló PET-szálak gyártása során, a hulladékból kémiai újrahasznosítással visszanyert monomerek bekeverése. Az egyes műszaki textiliákhoz (hálók, kisebb igényű kompoziterősítő vázanyagok stb.) is felhasználható az újrahasznosított PET-ből készült szálanyag.

Környezetkímélő textilszínezékek

A színezékek fejlesztése során prioritás irányult a környezetvédelemre. Egyrészt a jobb rögzítettségi fokú színezékekkel nemcsak a gazdaságosságot sikerült javítani, hanem a szennyvízterhelésre is kedvező a hatás. A számos szálanyagfajta színezéséhez más-más színezékcsoport szükséges, így több technológia ismert, amelyben nemcsak a színezékek, hanem a felhasznált vegyszerek, segédanyagok is változnak zöldítési szándékkal. Az egyes színezékek környezetterhelő tényezői mellett az alkalmazott vegyianyagok közül főként az elektrolitmennyiség csökkentése került a fejlesztések fókuszába.

A korszerű *direkt* (szubsztantív) színezékek a színezés során nem okoznak jelentős környezetterhelést és a színezett textília az emberi egészségre nem jelent kockázatot. Ezekkel optimális használati szintartósági tulajdonságok garantálhatók közép- és sötétebb színek esetén is. Az újabb direkt színezék alkalmazásának előnye (főként cellulózalapú szálanyagok színezésénél) az aránylag olcsó ár, az egyszerű alkalmazás, a korlátozott elektrolitigény. Azok a direkt színezékek alkotják a modern palettát, amelyek egyrészt szerkezetük révén nincsenek tilalmi listán (az azoszínezékekből nem képződik káros aril-amin), másrészt egyedi utánkezelési lehetőséggel és segédanyaggal, akár a reaktív szí-

nezékekkel elérhető nedves valódisági értékek produkálhatók. Ilyen igényeket elégítenek ki egyes speciális utánkezelő technológiák (beleértve az egyedi utánkezelő szert és a színezék ennek megfelelő alkalmasságát). Példaként említendő egy olyan segédanyagcsalád, amely egyrészt a szála felvitt színezék vízdoldhatóságot biztosító csoportját leköti, másrészt a szál aktív egysegeivel erős kémiai kapcsolatot létesít (mint a reaktív színezékek kötődésénél ismert rögzítési megoldás). Vannak olyan típusok is, amelyek a szálanyagot felépítő makromolekulák között keresztkötéses szerkezettel fokozzák a színezékrögzítést. Így akár főzésálló – 95 °C-os mosásállóságú – direkt színezés érhető el.

A pamutfonalak, kelmék színezéséhez a *reaktív* színezékek meghatározók. A korszerű reaktív színezékek: pl. hetero-bifunkciós színezékek (többek között triazin-, ill. vinil-szulfon reaktív csoportok együttesen) molekulái több reaktív csoportot tartalmaznak, így nagyobb mértékű a színezékkihúzás, fokozottabb rögzítődés. Általában kis molekulaméretűek, vízben jól oldódnak, affinitásuk alacsony, ezért elektrolit (só) adagolással kell fokozni a felhúzást. Kedvezők például az LS (low salt) jelzésűek, amelyek kis mennyiségű sóadagolást igényelnek. A szennyvízterhelés mérséklésére kifejlesztett korszerű típusoknál a hagyományos reaktív színezékek sóigényéhez képest 1/3-nyi elektrolit is elegendő. Közismert, hogy a reaktív színezékek a vízzel is reakcióba lépnek (akár 20–50% veszendőbe mehet a káros hidrolízises mellékreakció miatt). Ennek elkerülésére fejlesztették ki a magas rögzítettségi fokú fajtákat (HF = high fixation), ezekkel 90%-os rögzítettség is elérhető, így sokkal kevesebb színezék kerül a szennyvízbe. A korszerű reaktív színezékek AOX-(abszorbeálható szervesen kötött halogén) mentesek, egy-két kivételtől eltekintve nehézfémeket sem tartalmaznak.

Ezeket kívül meghatározott *diszperziós* színezékek (szintetikus szálak színezése) és *pigmentek* (nyomóipari felhasználás) veszélyesek, amelyek többek között rákkeltők, valamint allergiát okozhatnak. Ezek kiváltására számos színezékegyedet fejlesztettek ki, valamennyinél előtérbe került a nehézfémek kerülése is. A színezési technológiák során alkalmazott segédanyagok, vegyszerek mennyisége és környezeti agresszivitása is csökkent, és a mai kutatásokkal-fejlesztésekkel cél a mérséklés további folytatása.

Szuperkritikus szén-dioxidban történő színezés

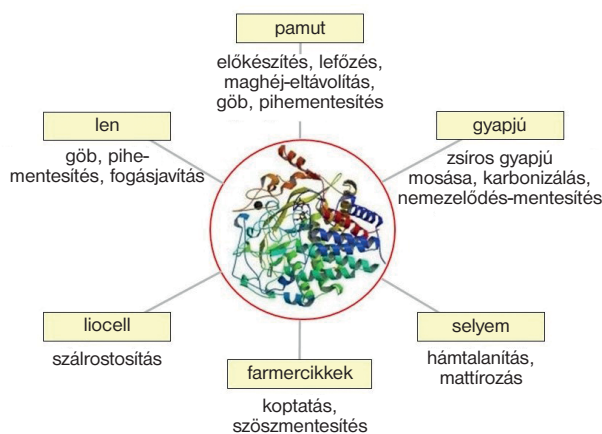
Ennek a módszernek a nagyüzemi feltételeit már kialakították, van olyan külföldi üzem, ahol több mint tíz éve foglalkoznak ezzel a technológiával. Főként szintetikus szálanyagú (pl. poliészter) kelméket színeznek eredményesen, optimális használati szintartósági jellemzőkkel (több áruházlánc, sportcikk gyártó rendel ilyen tételeket). Az ún. *DyeCoo Textile Systems* lényege, hogy cseppfolyós szén-dioxid kerül a fekvőhengeres színezőkészülék tartályába, ahol perforált anyagtartóra tekercselt méterárut színeznek alkalmas színezékekkel. Hő és nyomás hatására a szén-dioxidból szuperkritikus állapotú gáz keletkezik, és ez helyettesíti a hagyományos színezőfürdő vizét. A nagy oldószerteljesítményű közegben nincs szükség színezési segédanyagokra, vegyszerekre. A színezési idő rövidebb, az energiafelhasználás a felére lecsökken. A színezés végeztével – a hűtést és a légköri nyomás visszaállítását kövően – a gázként távozó szén-dioxidot 95%-os hatásfokkal visszanyerik és újrafelhasználásra alkalmas folyadékként tárolják (közel zárt hurkos az eljárás). A vízmentes technológia következtében értelemszerűen nem keletkezik környezetterhelő szennyvíz.



Az enzimek textilipari alkalmazása

Ez a technológia nagy múltra tekint vissza (pl. a hánccsrostok mikrobiológiai feltárása) azonban egyéb területű, szélesebb körű alkalmazásuk később egyre gyorsabban növekedett. Elterjedésük számos egyedi előnnyel magyarázható. Például a környezetet terhelő textilsegédanyagok egy része kiváltható enzimkészítményekkel, amelyek *biológiailag teljesen lebonthatók*. Alkalmazásuk biztonságos, kizárólag az igény szerinti anyagra fejtik ki hatásukat (anyagspecifikus jelleg), hatásmechanizmusuk a főbb állapotjelzőkkel (hőmérséklet, pH, koncentráció, kezelési idő) jól kézben tartható. Különleges felületmódosító hatások is elérhetők.

Az enzimek működésük során az arra alkalmas anyaggal először komplexet képeznek, majd feladatukat végezve ismét szabadbá válnak. Ezek az aktív göcök újabb szubsztrátummal kapcsolatba kerülve ismét kifejtik hatásukat. Az enzimkészítmények felhasználási területeit az aktivitás és stabilitás határozza meg (6. ábra).



6. ábra. Példák az enzimek textilipari alkalmazására

Az ipari vízigény csökkentése, a szennyvíz terhelő tényezőinek csökkentése

A textilipari gyártáshoz, különösen a kikészítési műveletekhez jelentős mennyiségű, meghatározott minőségű *ipari vízre* van szükség. A víznyerési lehetőségeket a felszíni vizek (folyó, tó, tározó), valamint a felszín alatti vizek (talaj-, ill. artézi víz, források) biztosítják. A vízkészletekkel való takarékos gazdálkodás kiemelt szempont, így az ágazatnál is lényeges a kisebb fajlagos vízfelhasználással járó technológiák és gépi berendezések alkalmazása.

A természetből kinyert vízben számos technológiailag zavaró összetevő is előfordul:

- *Mechanikai szennyeződések* úszó, lebegő formában; ezek eltávolítása ülepítéssel és szűréssel, a lebegő szennyeződések esetében derítéssel (csapadékképzés, ehhez tapadnak a rézszeccskék), majd szűréssel történik.
- Egyes *vízben oldott kémiai anyagok* is károsak, ezek kinyerése szintén lényeges vízkezelési feladat. Ilyenek például a keménységet okozó kalcium-, magnéziumsók (eltávolításuk vízlágyítással), vasvegyületek (oxidációval alakíthatók oldhatatlanná), mangánvegyületek (szintén oxidációval alakíthatók oldhatatlanná).
- Egyéb *zavaró tényezők* megszüntetése is szükséges, például egyes gázok (oxigén, nitrogén) eltávolítása gáztalanítással, a szabad szén-dioxid (káros a csövekre, tartályokra) eltávolítása savtalanítással, valamint az egészségre káros mikroorganizmusok elpusztítása (pl. klóros oxidációval csírátlantítás, ózonnal történő kezelés).

Az említett vízkezelési módszereknél keletkező csapadékok, szűrővel kinyerhető vegyületek szakszerű kezelése lényeges környezetkímélő eljárásokat igényel. Egyes nyersvízkezelő eljárásoknál (tisztítás, vízlágyítás) előnyös a vegyszermentes, *fordított ozmózisnyomással* végrehajtott műveletek elterjesztése megfelelő berendezés vásárlásával.

A technológiai fejlesztések fókuszába került a *kisebb vízigény*, ill. egyes kezelőfürdők akár többszöri felhasználása (pl. a színezésnél optimális színösszeállítás stb.). Az innovatív tervezésű textilkikészítő gépek eleve kisebb vízmennyiséggel üzemelnek, a különböző elektronikai alkalmazásokkal a vízfelhasználás pontosan, a ténylegesen szükséges keretek között tartható.

A kisebb fajlagos vízigény a *szennyvízképződést* is mérsékli, a környezeti szempontból optimális szennyvízkezelést hatékony és automatikus beavatkozó technikák garantálják (7. ábra).



7. ábra. A textilipari szennyvíz jellemzői, tisztító eljárások

A textilkikészítési folyamatok során felhasznált ipari víz kisebb hányadát a mechanikai víztelenítést követő szárítással – gyorsított párologtatási folyamattal – eltávolítják, azonban jelentős mennyiségben szennyvíz formájában jelenik meg.

A textilkikészítőipari szennyvíz terhelő tényezői és mérséklési lehetőségei:

- A *pH-szennyezettséget* a kibocsátási határértéktől eltérő kémhatás okozza, ez a pamutipari üzemeknél lúgos, a gyapjúiparban savas. A környezetkárosító hatás megfelelő semlegesítéssel kerülhető el. Ehhez speciális létesítmény szükséges, amely durva, majd finom közömbösítő folyamattal biztosítja a megengedett szennyvíz-pH-t.
- A *magas sótartalom* a különböző műanyagokon, csatornákon okoz zavart okozó lerakódásokat. Törekedni kell a kisebb elektrolittartalmú fürdők alkalmazására, illetve a semlegesítés során is ügyelni kell a vonatkozó határértéken belüli előfordulásra.
- A megnövekedett *foszfátartalom* káros, a felszíni vizek eutrofizációjához vezet. Az üzemi szennyvíz ilyen jellegű terheltsége biológiai vagy kémiai foszfáteltávolítást igényel, amit a szennyvízkezelő telepek is el tudnak végezni.
- Az esetleges *nehézfém-tartalom*, ill. *szerves klórvegyület* előfordulásának elkerülése is fontos tényező. Amelyik üzemen még mintáznak hengernyomással, ott a nyomóhengerek készítése során az ún. galvániszapot gyűjteni és ártalmatlanítani kell.
- A festődei és nyomóüzemi szennyvizekre jellemző a *színes jelleg*. A szennyvíz elszíntelenítését általában kémiai/foto-oxidációval végzik, ugyanakkor lehetőség van anaerob lebontásos eljárásra is.
- Káros a szennyvíz *magas hőmérséklete* is, emiatt és hőenergia-takarékossági szempontból is lényeges a hőcserélős hasznosítás.



– A *szerves szennyeződések* (pl. pamutipari fehérítés, nyersgyapjú mosás) miatti magas kémiai (KOI), ill. biológiai oxigénigényt (BOI) anaerob baktériumos kezeléssel, levegőztetéssel kell mérsékelni.

Az üzemi szennyvíz mennyiségének és a terhelőtényezőknek csökkentése érdekében több megoldás ismert:

- A *terhelés elkerülése, minimalizálása* számos módszerrel elérhető. Például a mechanikai kikészítések prioritása (ahol erre lehetőség kínálkozik), új szerkezetű színezékek és biológiailag lebontható segédanyagok alkalmazása, a maradékfürdők és pépek mérséklése, biotechnológiai eljárások (enzimes kezelések) további elterjesztése stb.
- A keletkezett szennyvíz *újrafelhasználása* szervezéssel megoldható, például a kis szennyeződéstartalmú öblítőfürdők hasznosítása, az „álló fürdőből” (világosból a sötét szín felé) történő színezés.
- A *csővégi technikák* alkalmazása szintén előnyös módszer. Az egyes szennyvízképződmények külön kezelése és a rész-áramok tisztítása, továbbá szűrőrendszerek, szorpció anyagok alkalmazása, a derítés, illetve a helyi szintelenítés előnyös.

Technológiai energiaigények és mérséklési lehetőségek

A nagy energiaigényű textilkészítési folyamatok során alapvetően villamos áramra, földgázra, gőzre, sűrített levegőre, vízre és üzemanyagra van szükség. Az üzemeknek fenntartható *energia- és klímaakciótervvel* is kell rendelkezni.

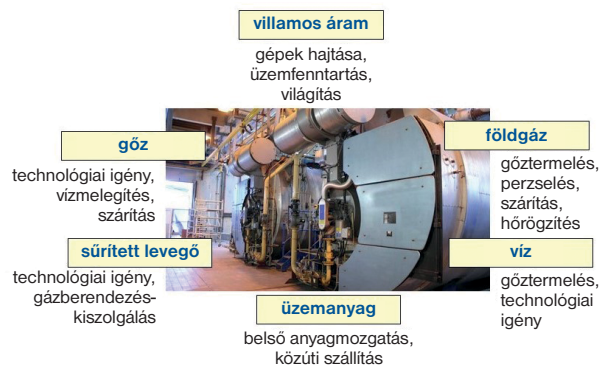
Régebben az üzemek erőtelepe az ellennyomású gőz felhasználásával áramfejlesztést is végzett, azonban idővel a technológiai berendezések nagynyomású gőzigénye miatt ez a lehetőség háttérbe szorult. A vásárolt *villamos árammal* való takarékosságot elsősorban a gépek hajtásánál elterjedt frekvenciavezérelt aszinkron motorok és egyéb elektronikai egységek alkalmazása teszi lehetővé. Az üzemi világításnál a LED-fényforrások előnyök. A megújuló energiák közül a napelemmel megtermelt *zöld áram* felhasználása is lényeges tényező.

A *földgáz* sokirányú felhasználása kapcsán a technológiai területen számos műszaki megoldás és intézkedés teszi gazdaságosabbá az ilyen hőenergia alkalmazását. Például a direkt gázfűtéssel működő szárító-feszítő-hőrogzító gépeken fontos a jellemző kelmeszélességhez való igazodás (az átlagszélességet jelentősen meghaladó szélességgel rendelkező szárító-hőrogzító szekrény miatt fokozódik a gázfelhasználás). Hasonlóan lényeges a szárításnál a megfelelő mechanikai víztelenítési hatások biztosítása, az optimális maradék nedvességtartalom garantálása. Az indirekt gőzfűtésű szárítóknál (pl. nyomógépeknél lebegtető szárító) célszerű áttérni a direkt gázfűtésre, ami nemcsak gazdaságosabb, hanem a kazánműködéstől független üzemmenetet is lehetővé teszi.

A *gőzfejlesztő* kazánoknál lényeges többek között az automatikus teljesítmény- és égésszabályozás (utóbbival a füstgáz széndioxid-tartalma kedvező szinten tartható).

Az üzemben a központi *sűrített levegő* (pneumatikus egységekhez) előállításánál során előnyös, ha több csavarkompresszorral rendelkezik az állomás, és igény szerint lépnek működésbe a légsűrítők. Gazdaságos a kompresszorok közvetlen hajtása frekvenciaváltós aszinkronmotorral.

Az *üzemanyagok* a belső égésű motorral működő anyagmozgató eszközök (targoncák) esetében, a nyers, félkész és késztermékek, valamint a vegyi anyagok főként közúti szállítása kapcsán érintik a textilipari üzemeket. A környezetkímélés érdekében törekedni kell a vasúti és vízi szállításra (8. ábra).



8. ábra. Textilkészítő ipari energiaigények

A fenntartható textilgyártás független tanúsító rendszere

A Nemzetközi OEKO-TEX® Szervezet (a textiltermékek egészségére ártalmatlan anyagainak tanúsított ellenőrzését működtető központ) önkéntes és független tanúsítási rendszert (STeP) dolgozott ki a textil- és ruházati termékek gyártói és kereskedői számára. Ennek célja a környezetkímélő termelés folyamatos megvalósítása és a társadalmilag elfogadható munkakörülmények megteremtése a teljes gyártási láncban. A rendszer tehát nem egyszeri folyamatot jelent, hanem folyamatos termelésoptimalizálást biztosít.

Kitekintés a jövőbe

A különböző készülségű textiltermékeken végzett *plazmakezelések* a környezetkímélő eljárások egyik kiemelkedő területét képezik. A plazmatechnológiák többféleképpen használhatóak a textiliparban. Megoldható a szálanyagok felszínének tisztítása, például a gyapjuszál pikkelyrétegének kémiai beavatkozás nélküli módosításával nemezelődés-csökkentés érhető el. A szintetikus szálanyagok nemkívánatos műanyagjellege a felszín hámozásával megváltoztatható. A plazmapolimerizáció megvalósításával, a plazmán át gerjesztett gázszerű monomerek felhasználásával például olaj- és szennytaszítás, hidrofobizálás, lángolásgátlás (égéscsökkentés) érhető el. Ilyen kezelés kész konfekcionált terméken is elvégezhető, a funkcionális képesség kiterjed a kellékekre (varrócérna, cipzár zárszalag stb.) is. A plazmakezeléseknél nincs szükség különféle segédanyagokra, vegyszerfürdőket alkalmazó eljárásokra, nincs igény vízre és jelentős hőenergia-felhasználásra, nem áll fenn légszennyezés, nem képződnek veszélyes hulladékok.

Számos textilipari *nanotechnológiai* alkalmazás is növeli a hatékony környezetkímélő gyártási eljárások körét.

Végezetül

A „greenwashing”, azaz *zöldre mosás* félrevezető, kedvezőtlen jelenség. Ez olyan marketingstratégia, amely hamis benyomást kelt a termék vagy a vállalat fenntarthatósági törekvéseiről. A zöldre mosás az ügyfelek manipulálására jött létre, miközben eltulozzák a termék bizonyos fenntartható tulajdonságait, illetve szándékosan kihagynak, elhallgatnak más információkat.

IRODALOM

- [1] Jancsó Eszter: A textilalapanyag gyártásának környezetvédelmi szempontjai. OMIKK Környezetvédelmi füzetek (1997) 9.
- [2] https://www.researchgate.net/publication/309753619_Environmental_protection_in_clothing_industry
- [3] https://www.researchgate.net/publication/309172278_Environmental_Sustainability_in_the_Textile_Industry
- [4] Kutasi Csaba: STeP tanúsítványok és a megújult OEKO-TEX® portfólió, Magyar Textiltechnika (2016) 1.
- [5] Kutasi Csaba: A fenntartható fejlődés és a textilipar, Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könyvtári és Környezetmérnöki Kar, 2019. március–áprilisi előadások