

# A textíliák és a víz kölcsönhatása a gyártás és a használat során

Kutasi Csaba

A textiltermékek előállításuk, használatuk és gondozásuk során többször kapcsolatba kerülnek a vízzel. A jól nedvesedő textíliák könnyen színezhetők, a gyártási folyamatok során jól alakíthatók, feldolgozásuknál és használatuknál kevésbé jelentkezik az elektrosztatikus feltöltődés. A nedves kikészítő műveleteknél fontos a tökéletes és egyenletes vízszívó képesség, mert a különböző segédanyagok, színezékek könnyű behatolása csak így valósulhat meg. A textilanyagok fokozott vízfelvevő képessége számos esetben előnyös, esetenként azonban hátrányos is lehet. A késztermékek rendeltetésétől függően értékelhető a nedvességfelvevő képesség, vagy éppen a víztaszító tulajdonság.

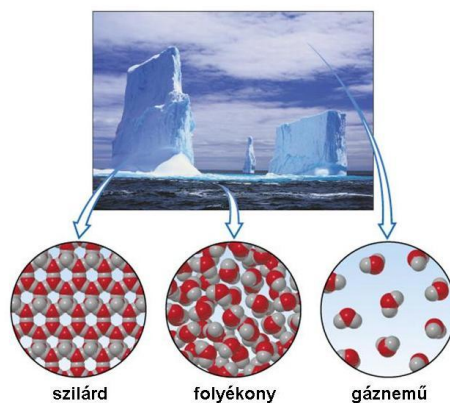
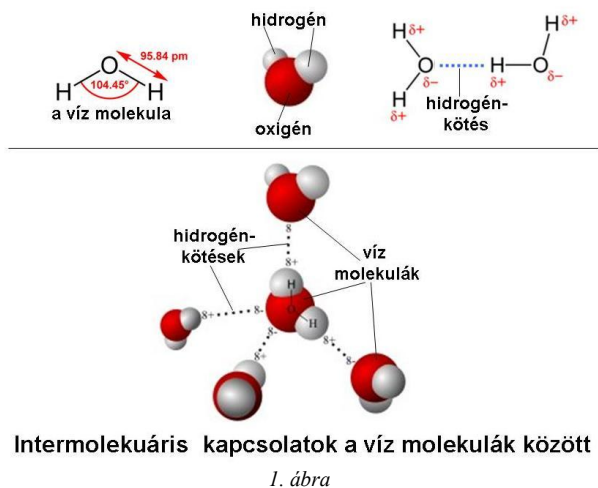
A textiltermékek gyártása során – főleg a nedves kikészítő műveletek folyamán, pl. fehérítés, színezés, nyomó-színezékrögzítés utáni mosás stb. – gyakori a különböző vizes fürdőkkel való kezelés. A textíliák a használat során rendeltetésük függvényében kerülnek kapcsolatba a vízzel, a fürdőruháktól az eső ellen védő termékekig. A mosható textiltermékek tisztítása vizes közegben történik, de még a szerves oldószeres vegytisztítás során is fontos hozzátét a víz. A különböző nedves kezelések hatással vannak a szálanyagokra, fonalakra és a kelmeszerkezetre, ill. ezekkel összefüggésben a méretjellemzőkre is. A nedvesség hatására bekövetkező nemkívánatos méretváltozások célirányos mechanikai és vegyi kikészítésekkel csökkenthetők. A hidropasztikus szálanyagokból készült termékek gőzhatás mellett megvalósuló nedves megmunkáló műveletei (különböző vasalások, préselések) hőhatással is párosulnak. A textíliák gyártási ill. használatával és tisztítással összefüggő vizes állapotát mindig meg kell szüntetni. Ennek elérésére természetes, vagy mesterséges úton, szabályozott körülmények között végrehajtott szárítást kell alkalmazni, amit általában víztelenítés előz meg. A kelmeanyagok adott rendeltetés esetén folyadék-taszítóvá tehetők. A textilipari gyártás, a textiltermékek mosása során felhasznált víz jelentős hányadából nagyrészt szennyvíz keletkezik (a szárítás során

elpárolgatott vízmennyiség kisebb arányú), ennek mérséklése és hatékony kezelése lényeges ökológiai feladat.

## A víz és kapcsolata a textíliával

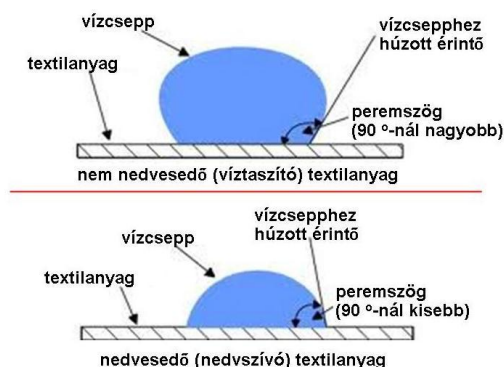
A  $H_2O$ , mint kémiai tisztá víz a hidrogén és az oxigén vegyülete (a nomenklatúra szerint dihidrogén-monoxid). A víz poláris molekulát alkot, az oxigénatomok negatív-, a hidrogénatomok pozitív töltése következtében. Az oxigénatomhoz két hidrogénatom erős kémiai (kovalens) kötással kapcsolódik, gyengébb hidrogénhid-kötéssel további vízmolekulák vonzódnak. Ezek az intermolekuláris kapcsolatok (1. ábra) vezetnek a víz nagy felületi feszültségéhez és a kapilláris erők működéséhez. A kémiai tisztá víz forráspontja 101,3 kPa nyomáson közismerten 100 °C (a  $H_2O$  víz megnevezését általában a szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú vegyületre használják). A Földön a víz az egyetlen anyag, amely mindhárom halmazállapotában előfordul (2. ábra). A kémiai tisztá víz színtelen, szagtalan, íztelen folyadék. Az ivóvíz különböző oldott anyagokat (pl. ásványi sókat) tartalmaz, ezért kellemes ízű (egészségre ártalmas szennyező és fertőző anyagok, káros mikroorganizmusok nem lehetnek benne). Az ipari víz általában a környezeti élővizekből nyert, derített, szűrt és lágyított (továbbá származási helytől függően vastalanított, mangántalanított stb.) változat, amelyet általában klóros oxidációval fertőtlenítenek.

A víz a gyártás során különböző körülmények között kerül kapcsolatba az egyes készítményi fokú textilanyagokkal. A szövés-előkészítés alkalmával, az írézésnél a láncfonalak átmeneti védőrétegét biztosító bevonnat vizes bázisú fürdők segítségével viszik fel. A tarkánszövessel előállított méterárúk, vagy színes fonalakból kötött textílfelületek gyártását előzőleg vizes fürdőkben színezett (majd víztelenített és szárított) fonalakkal végzik. A pamutipari nyerskelmék előkészítése-fehérítése, mercerezése, igény szerinti színezése, textílnyomással történő mintázása, a nyomószínezékek rögzí-



A Földön a víz az egyetlen anyag, amely mindhárom halmazállapotában előfordul

2. ábra



Példák a textilanyagok vízzel szembeni viselkedésére

3. ábra

tését követő mosása mind vizes közegben folyik. A különböző végkikészítő anyagok felvitele szintén vizes bázisú appretáló-pépekkel/fürdőikkel történik. A gyapjú-kelmék karbonizálását, feszültségfeloldó mosását, nedves dekatalását szintén vizes közegben végzik. A szintetikus alapanyagú kelmék mosása, színezése és egyéb nedves kikészítő műveletei során a vizes kezelések meghatározók. A konfekcióipari műveleteknél a formázó, rögzítő és végső vasalások ill. préselések alkalmával a víz gőz halmazállapotban ill. lecsapódott formában segíti textiliák alakítását.

A viselés és gondozás során is gyakori a vizes igénybevétel. A fürdőzés és pl. a wellness tevékenységek alkalmával a funkcionális ruházati és kiegészítő textiliáknál (köpeny, törölköző stb.) egyértelmű a vízzel történő nedvesedés. Az alsóruházatot és esetenként a további öltözképzéteket elsősorban az izzadmány fehérjetartalma, gyengén savas vagy lúgos vizes oldata éri. A felsőruházatoknál a különböző formájú csapadék okozta nedvesedés hatásával kell számolni. A vizes közegben tisztítható textilruházati cikkek háztartási- és nagyüzemi mosása folyamán a vizes fürdők hatása meghatározó. A csapadék vagy mosás következtében nedvesedett textiliák víztelenítést követő szárítását természetes vagy mesterséges módon lehet megoldani. Ezt követően gyakori a simító vasalás, amely általában nedves körülmények között zajlik.

### A textiliát érő vízhatások körülményei

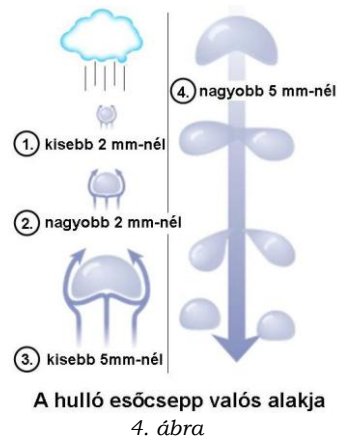
A víz statikus és dinamikus módon érintkezhet a textilanyagokkal. Előbbi többek között pl. a folyadékba mártott textília nedvesedőképességével, utóbbi pl. a textilanyagra rákerülő esőcsepp okozta igénybevétellel kapcsolatos.

A folyadékkal statikusan érintkező textília vizsgálata során a folyadék belsejében ill. a felszínén jellemző hatásokat kell elemezni. Közismert, hogy a folyadék belsejében a szomszédos molekulák közötti kohéziós erők egymás lekötik, tehát a molekuláris erők egyensúlyban vannak. A folyadék felszínén levő parányi részecskék hatásgömbje nem kiegyensúlyozott, mert felülről a gáznemű közeggel vannak kapcsolatban, így a folyadék belseje felé ható eredőerők vonzása érvényesül. Ezért keletkezik a felületi feszültség, amely a folyadék felszínét a lehető legkisebbre igyekszik összehúzni. A szilárd testtel (pl. szálanyag) érintkező folyékony vagy gáznemű közeg felületi feszültsége az érintkező felület csökkentésére törekszik (ez az ún. határfelületi feszültség). A víz felületi feszültsége  $72,86 \text{ mJ/m}^2$ , a szerves oldószereké lényegesen kisebb (kb.  $20\text{--}40 \text{ mJ/m}^2$ ). A

nedvesedési képesség az ún. peremszöggel (kontaktuszöggel) is kifejezhető. Ez a három fázis (levegő, a textilanyagra került folyadékcsepp, valamint a vízszintes helyzetű textilanyag) találkozási pontjában a vízcsepphez húzott érintő és a vízszintes által bezárt szög. Azonos térfogatú csepp esetén a jobban nedvesítő nagyobb, a rosszul nedvesítő kisebb felület nedvesítésére képes. Szélsőséges esetben a vízcsepp nem terül szét a szilárd test felületén, hanem gömbszerű alakban marad (a peremszög  $0^\circ$ ). Közbenső helyzetben a csepp elveszti gömbjelleget, de teljesen nem terül szét ( $0^\circ$ -nál nagyobb,  $180^\circ$ -nál kisebb) (3. ábra). Durva felületű anyagoknál a felszín tapadó feszültsége kisebb (a peremszög kialakulása függ a folyadékfelszín és a test elemeinek relatív hajlásszögétől is). Tekintettel arra, hogy a kelmét alkotó fonalak ill. a fonalakat felépítő elemiszálak közötti teret levegő tölti ki, ezek a légjáratok nagyszámú kapillárist (hajszálcsövet) biztosítanak. Szintén köztudott, hogy nedvesedés esetén hajszálcső falához tapadó folyadékhártya felületi feszültségének eredője felhúzza a vizet a kapillárisban. Ellenkező esetben (nem nedvesítő anyagoknál – pl. higany –  $90^\circ$ -nál kisebb peremszögnél) a hajszálcsőben lefelé húzódik a folyadék (ezt kapilláris depresszióknak is nevezik).

A textilanyag folyadékkal történő dinamikus érintkezése a már említett esőhatással jellemezhető. Az esőcsepp mérete változó, a nehézségi erő hatására szabadon esik. Az esőcseppek nem könnycsepp alakúak, ahogyan gyakran (helytelenül) felfelé szűkülőnek ábrázolják. Majdnem mindig gömbölyűek, a nagyobb méretűek az aljukon lapított alakzatúak (4. ábra). A textilanyagot igénybe vevő kinetikai energia a csepp nagyságától és süllyedési sebességétől függ. Ezt az energiát a kelme fékező hatása lecsökkenti, amikor a vízcsepp a felületére esik. Amennyiben egy 3 mm átmérőjű esőcsepp hullik  $7 \text{ m/s}$  sebességgel a kb. 1 mm vastagságú szövetre, úgy az 500 mm vízoszlopnyomásnak megfelelő dinamikus hatás a textilanyag vastagságát jelentő úton felemészti. A vizsgálatok során figyelemmel kell lenni arra is, hogy a textilfelület a vízcsepp beütkezésekor hogyan viselkedik alátámasztási helyzete következtében. Rugalmas alátámasztással lehetőség van a kelme felület behajlására, így kisebb a dinamikus hatás, mint amely a feszesen befogott próbarabnál bekövetkezik. Csökkenti az igénybevételt a csepp szétterülése is, így a fajlagos terhelés kisebb lesz.

A regeneráltcellulóz-szálak nedvesedésének időbeni lefolyását vizsgálva megállapították, hogy az első két percben csak a vastagság lett nagyobb, ezt a hosszúság hirtelen növekedése követte. Végül a vastagodás és a hosszabbodás az állandó érték eléréséig megállt. A mikroszkópos keresztmetszeti elemzés során megfigyelhető, hogy a szál palástja felől lassan induló nedvesedés duzzadt rétege és a még szárazon maradt belső rész adott időintervallumban még jól elválik egymástól. Meghatározott behatolási mélység esetén a száraz rétegben

A hulló esőcsepp valós alakja  
4. ábra

hirtelen átlós irányú repedésszerű képződmények tűnnek fel, majd gyorsan elkezdődik a hosszirányú duzzadás. Eszerint a szál nedvesedett külső részének hosszanti duzzadását a száraz belső réteg akadályozza, majd a fékező hatást okozó feszültség feloldódása vezet a repedések kialakulásához. Az így behatoló víz már hosszirányban is szabadon duzzasztja a szálát.

### A szálanyag-szerkezet befolyása a nedvesség-felvételre

A láncmolekulákból felépülő szálanyagok nedvességfelvétel (vízmegkötő) képességét a belső szerkezet alapvetően befolyásolja. A szabályosan elhelyezkedő, egymáshoz közelálló molekularészek ún. kristályos (rendezett) térrészeket képeznek, a szabálytalanabb elhelyezkedésű és így lazább szerkezetek alkotják az ún. amorf (rendezetlen) egységeket. Egyértelmű, hogy a rendezetlen térrészek, ill. az itt elhelyezkedő szabad vegyületrészek (pl. víz megkötésre alkalmas csoportok) előfordulása kedvez a nedvességfelvételnek, a rendezett részekbe kismértékű a vízbehatolás. Pl. a pamut esetében kb. 40 % az amorf hányad, a regenerált cellulózból készült szál (pl. viszkóz) nagyobb vízfelvevő képességét a 60 %-ot meghaladó rendezetlen térrész hányadnak, ill. a kristályos részekbe is történő kismértékű nedvességbevitelnek köszönheti. A gyapjú közel 80 %-os amorf szál hányadával magyarázható a nagymértékű nedvesedőképesség, amelyet a vízmegkötésre alkalmas karboxil- és amino-csoportok fokoznak.

A növényi eredetű szálanyagoknál a cellulózi hidroxil-csoportjai teszik lehetővé a vízzel való reagálást, aminek hatására duzzadás következik be. A határolt (azaz oldódásig nem vezető) duzzadás során a szomszédos láncmolekulák meghatározott mértékig eltávolodnak egymástól. A fibrillák közé behatoló víz mennyiségét a hidroxil-csoportok hozzáférhetősége is befolyásolja (ezért kisebb a tényleges vízfelvétel, mint amelyet valamennyi funkció csoport lehetővé tenné). A rendezett térrészekbe (ahol az egymással kapcsolatban levő láncmolekulák párhuzamosan és közel helyezkednek el) csak akkor jut el a víz, ha a kristályszerkezet átalakul (pl. a nátrium-hidroxidos mercerezés során, folyékony ammóniás kezeléskor). A kedvezőbb hozzáférhetőség eredménye, hogy a víz hidrát-burokként is jelen van a belső szerkezetben, így a kapillaris erők érvényesülése növeli a megkötődést. A számos hajszálcsőben még a légnedvességből felvett víz is cseppfolyósan van jelen.

A fehérje alapú szálak (pl. gyapjúsálak) is duzzadnak víz hatására, egyúttal a mintegy 1,5 %-ot kitevő zselatin kioldódik (ennek károsító hatása nem észlelhető). Ugyanakkor a víz hatásával szemben csak az ún. izoelektromos zónában tud ellenállni a gyapjúnak. (pH = 4,6–4,9 között a szál felépítő aminosavak vizes oldatában a pozitív-negatív töltések egyensúlyban vannak, így a gyapjú lúgokkal szemben savként, savakkal szemben bázisként viselkedik.) Magasabb hőmérsékletű és hosszabb idejű vizes kezelés hatására a szál belső szerkezete megváltozik, a felbomló oldalirányú kapcsolatok következtében a szál alakíthatóvá válik. A huzamosabb ideig tartó forró vizes kezelés szálkárosodással jár.

A szintetikus szálanyagok közismerten kis nedvességfelvétele az aránylag túlzottan szabályos, zárt belső szerkezettel, ill. a vízmegkötésre alkalmas csoportok kis számával függ össze, esetleg azok hiányával magyarázható. Ugyanakkor az ezekből előállított mikroszálak között kialakuló kiterjedt kapillaris rend-

szer aránylag kedvező vízfelvevételt biztosít (pl. egy ilyen alapanyagú termék akár törölközőnek is alkalmas).

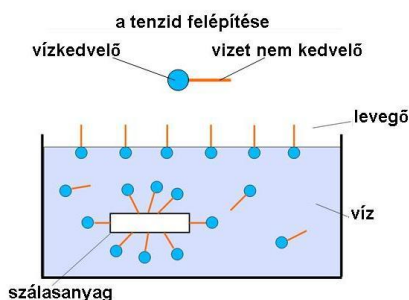
A szál szubmikroszkópos részeiben megkötött nedvességet abszorpciósan kötött víznek (egyszerűbben szorpciós nedvességnek) nevezik. A különböző szálanyagok szabványos nedvességfelvevő képességét a szabványos légkörben (65 % relatív légnedvességű, 20 °C hőmérsékletű és 101,3 kPa légnyomású térben), tömegállandóságig folytatott pihentetéssel határozzák meg. Így pl. pamutra átlagosan 8,5 %-os, viszkózra kb. 13 %-os, gyapjúra kb. 15–17 %, poliamidokra 3,5–4,5 % körüli, poliészterre 0,4–0,5 % ún. egyensúlyi nedvességtartalom jellemző (amit a szál a kellően „párasított” levegőből vesz fel). Amennyiben vízzel telítjük a szálanyagokat, úgy a pamut 42–43 %, a len 46–55 %, a viszkóz 66–126 %, a gyapjú 39–49 %, a poliamidok 13–17 % körüli, a poliakril-nitril 17–19 %, a poliészter kb. 5,0 %-nyi vizet vesz fel (I. táblázat).

I. táblázat. A fontosabb szálanyagok páratelített levegőből történő nedvességfelvételének, vizes telítésnél megvalósuló vízfelvevő képességének alakulása

Szálanyag	Nedvességfelvétel [tömeg-%]		Vizes telítés utáni vízfelvétel [tömeg-%]
	65 % relatív légnedvesség, 20 °C	95 % relatív légnedvesség 24 °C	
Pamut	7,0–9,0	14,0–18,0	42–43
Len	8,5–10,0	max. 20	46–55
Gyapjú	15,0–17,0	25,0–30,0	39–49
Cellulóz- acetát	6,0–7,0	13,0–15,0	22–36
Viszkóz	12,0–13,5	26,0–28,0	66–126
Poliakril-nitril	0,5–2,0	2,0–5,0	17–19
Poliamid-6 (Perlon)	3,5–4,5	6,0–9,0	13–17
Poliamid-6,6 (Nylon)	kb. 4,0	6,0–9,0	13–17
Poliészter	0,4–0,5	0,8–1,0	kb. 5
Polipropilén	0	0	–
Poliuretán/ elasztán	0,4–1,5	0,4–1,5	–

A szálak fizikai tulajdonságait jelentősen befolyásolja a nedvességtartalom, így pl. méretük, tömegük, szilárdságuk, nyúlásuk, hajlékonyságuk, csavarási ellenállásuk megváltozik. Ennek alapvető magyarázata az, hogy száraz állapotban a láncmolekulákat számos oldalirányú kötés szilárdítja, nedvesség hatására a behatoló vízmolekulák a nagymolekulákat egymástól eltávolítják, a vízzel telítődő aktív csoportok miatt egyúttal duzzad a szál. A száraz szilárdsági értékek mellett a nedves körülmények között mért húzó-igénybevételi jellemzők figyelembevétele lényeges. A szálanyagok többségének a nedves állapotú szilárdsága kisebb, mint a szárazon mért érték. Kivétel a pamut, ugyanis a nedves szakítóerő érték kb. 10 %-kal nagyobb a szárazon mért értéknél. Ez a behatoló vízmolekulák által biztosított, a mikrofibrillák között újabban kialakuló oldalirányú kötésekkel magyarázható. A len esetében az elemi sejtek nedvesen 5–20 %-kal nagyobb teherbírásiúak, azonban a rostoknál a lágyuló pektin (ragasztó hatású) réteg miatt ez nem áll fenn, sőt csökkenés tapasztalható. A többi természetes szál nedvesen kisebb szilárdságú. A gyapjú fajlagos szakítóereje a száraz érték százalékosan kifejezve 70–90, a hernyóselyem esetén 70–95 %. Ez a mérték a cellulóz alapú mesterséges szálaknál kedvezőtlenebb. A regenerált cellulóz szálaknál a nedves szilárdság pl. a viszkóznál 40–70 % (a modálszálnál 70–





**A felületaktív anyag (tenzid) működése nedvesítéskor**

5. ábra

nedves szilárdság. A szintetikus szálak nedvesen kisebb mértékű szakítóerő csökkenést mutatnak (pl. poliszter 95 %, poliakril-nitril 80–95 %, poliamid 80–90 %). Ennek oka az, hogy az alig behatoló víz a szál felépítő láncmolekulák helyzetét, oldalirányú kötőerőit nem nagyon változtatja meg.

A különböző szálanyagok hosszantartó vizes hatással szembeni viselkedése eltérő. Pl. a hancsrostok közül a kender eléggé ellenálló (lassan indul rothadásnak), a szerkezeti rostok közül a szizál ellenáll a nedvességnek, a manilakender a tengervízzel szembeni ellenállása rendkívül kedvező. Szélsőséges ellenpélda: a szintetikus szálak közül a polivinil-alkohol vízben oldódik. Ezt kihasználva, kórházakban, egészségügyi intézményekben a fertőzött, szállodákban az élősdiekkel szennyezett textiliák gyűjtése és szállítása ilyen, öntött vagy fűjt fóliából készült és azonos anyagú szalaggal lezárt polivinil-alkohol-zsákokban zártkörűen történik. A műanyag a mosási folyamat során vízben oldódik, és így nem képződik veszélyes hulladékként kezelendő göngyöleg sem.

## A felületaktív anyagok és szerepük

A határfelületeken hatást kifejtő felületaktív segédanyagok hatásmechanizmusának lényege az, hogy a textília-folyadék közös hártájában kötődve csökkentik a folyadék felületi feszültségét, így elősegítik a nedvesedést. A felületaktív segédanyagok jellegzetessége, hogy molekuláik egy hidrofíl (vizet kedvelő) és egy hidrofób (vizet nem kedvelő, a szilárd fázishoz orientálódó) részből épülnek fel. Így a határfelületen irányítottan kötődő segédanyag hidrofób részével a szilárd anyag felé, hidrofíl felével a folyadék fázis felé irányul. (5. ábra) Emiatt a kapcsolatos segédanyagot többféle elnevezéssel illették. A tenzid kifejezést 1960-ban Hans Götte javasolta (a latin tenzió kifejezésből levezetve, azaz a feszültség szóra való utalás a határfelületi feszültség csökkentésére emlékeztet), végül ez meghatározás terjedt el. A felületaktív anyag detergens néven is ismert, a latin eredetű kifejezés leegyszerűsítve a szintetikus előállítású tisztítószer elnevezésnek felel meg. Az amfipatikus (mindkettőhöz vonzódó), ill. amfifil (két anyagot kedvelő) elnevezés szintén ismert.

A tenzidek általános felépítésével kapcsolatban megemlítenéd, hogy a hidrofíl csoportok elhelyezkedése és száma alapvetően befolyásolja aktivitásukat, az aszimmetrikus felépítés növeli a felületaktív hatást. A felületaktív anyagok hatásukat tehát vizes közegben fejtik ki, pl. a mosási folyamatban a víz a tisztító oldószer. Így a felhasznált víz minősége (egyébként szennyeződésmentes, lágyított stb.) fontos tényező, mert az

80 %) a száraz értékhez viszonyítva. A vizköz esetében a micellák közé behatoló víz részben csökkenti az oldalirányú kapcsolatokat, másrészt a rövidebb láncmolekulákkal (kisebb polimerizációs-fokkal) is összefügg a gyengébb

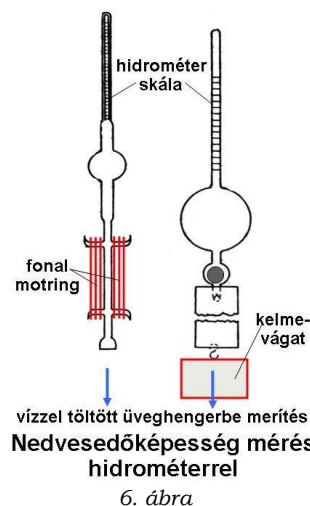
anionaktív szappanok kemény vízben kicsapódnak, nemcsak hatásuk csökken, hanem a textilanyagra tapadt csapadék a nedvesedést is gátolja. A tenzidek molekulaszervezetén ill. a hidrofíl és hidrofób részek arányán felül a felületaktív hatást a hőmérséklet és a fürdő összesanyag-koncentrációja befolyásolja. Megemlítenéd, hogy a felületaktív anyagok fizikai tulajdonságai a koncentráció növelésével nem folytonosan változnak, hanem adott koncentrációtartományban különleges változások mennek végbe. Ez a kritikus koncentráció, amely közelében az egyébként vízben nem oldódó anyagok oldhatóvá válnak (ezért is lényeges a pontos tenzidadagolás ill. az előírt hőmérséklet betartása).

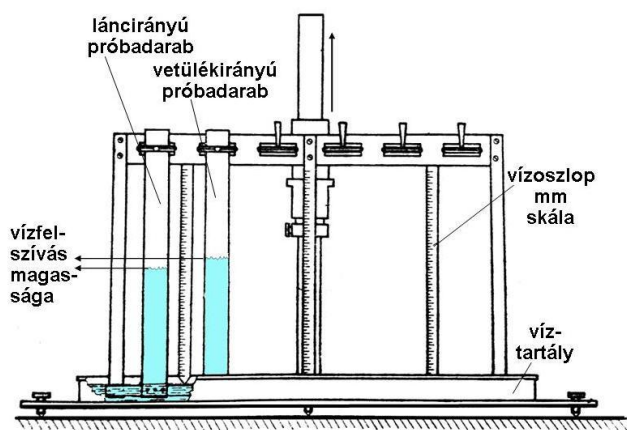
## A nedvesedőképeség meghatározása

A vízbe süllyesztett próbadarab tömeggyarapodásának meghatározása az egyik vizsgálati lehetőség. A tömegállandóságig kondicionált mintából kivágott próbadarabok száraz tömegét 5 mg pontossággal meghatározzák, majd teremhőmérsékletű desztillált vízbe merítik terhelő súlyok alkalmazásával. 20 perc után a próbadarabokat két itatópapír közé helyezik és így előírt préselőhatású facsaró hengerpár között átvezetve kipréselik (tisztá gypajú összetételű kelmék, bolyhozott anyagok esetén először itatós nélkül is víztelenítenek), majd tömegmérést végeznek. A két mérés különbségét viszonyítják az eredeti tömeghez, így a számított tömegszázalékkal határozzák meg a nedvesedőképeséget.

Fonalak és kelmék nedvesedését a vízfelvétel folyamatos mérésével is meg lehet határozni. A mérőeszköz az areométerhez hasonló – egy ill. két üveggömbbel kialakított, alul terheléssel ellátott – hidrométer, amelynek felső része kalibrálással skálázott üvegcső-darab. Fonalvizsgálat esetén az üvegkészüléken kiképzett szarvacsákra erősíthető a fonalmotring, kelmevizsgálathoz adott tömegű horgot használnak (erre kerül a próbatest). A kalibrálás során olyan súlyt alkalmaznak, amelynek a felhajtóerővel csökkentett tömege ismert (így megállapítható, hogy 1 gramm terhelésnek hány hidrométer-osztás felel meg). A grammal egyenértékű felhajtóerő számszerűleg egyezik a vizsgált textilanyag (fonal, vagy kelme) cm<sup>3</sup>-ben kifejezett térfogatával. Ennek alapján a textília tömegéből és a hidrométerrel (6. ábra) meghatározott térfogatából kiszámítható az ún. térfogattömeg, pontosabban a sűrűség (g/cm<sup>3</sup>). A hidrométer skáláján leolvasott értéket az idő függvényében ábrázolják. A görbén jól követhető a nedvesedés mértéke, amelyet a fonalban, kelmében levő levegő ki-

szorítási lehetősége nagyban befolyásol. Eleinte gyors a víz behatolása, mert a víz által kiszorított levegő nagyméretű buborékok formájában tud távozni. Később a folyamat lelassul, egyre kisebb levegőbuborékok hagyják el a szálanyagot, a textiliát. Elvileg a görbék végül egy határértékhez közelednek, amely az adott szálanyag vízben mért sűrűsége (korábban fajsúlya).





Nedvesedőképeség meghatározása  
szívómagasság méréssel

7. ábra

Megjegyzendő, hogy a rendkívül kicsi levegőbuborékok hozzátapadhatnak a kelmefelülethez, ezért nem mérhető pontosan a szálanyagra jellemző sűrűségi érték. A víz előzetes melegítésével eltávolított légbuborékok következtében a folyadék képes a kisméretű levegőre-szeccskéket is felvenni, így elérhető az anyagra jellemző sűrűségi határérték (pamutnál 1,50–1,54, gyapjúnál 32, selyemnél 1,25, cellulóz-acetátnál 1,29–1,33, poliészternél 1,36–1,38, poliamidnál 1,14, poliakril-nitrilnél 1,14–1,18 g/cm<sup>3</sup>). A nedvesítőszerek adagolásával is óvatosan kell bánni. A nagyobb koncentrációjú felületaktív anyag gyors kezdeti nedvesítést tesz lehetővé, azonban a teljes nedvesedésre nincs jó hatással. Ez azért következik be, mert a gyorsan behatoló fürdő akadályozza a kelme belsejében kötődött levegő eltávozását (a kisebb töménységű nedvesítő hozzájárul kedvezőbb eredményt mutat). Hasonlóan fontos a lassú bemeztetés, mert így több idő van a textilanyagban bezáródott levegő távozására.

A kapilláris vízfelszívási képesség – ami gyártástechnológiailag és használati szempontból egyaránt fontos – meghatározható a kelmésáv szívómagasságának mérésével (7. ábra). A kelmék esetében a főirányokban kivágott próbásávokat függőleges helyzetben fogják be és merítik vízbe, majd azt mérik, hogy az adott időtartam (pl. 30 perc) alatt a tartály vízszintjéhez viszonyítva, milyen magasra szívódik fel a víz. A meghatározásnál célszerű a desztillált vizet semleges színezékkel színezni, ill. ellenállásmérős módszerrel oldott konyhasót adagolni. A 30 perc alatt mutatkozó vízfelszívódási magasságot úgy lehet meghatározni, hogy 5 perces intervallumok után feljegyzik, és diagramban ábrázolják a felszívási magasságot, majd a kapott görbe alatti területet 30-cal osztják (a diagram egyes vonalakból álló ábrázolásával egyszerűbben számítható az érték).

A kapilláris vízszívó képességet egyszerűbben is meghatározhatják. A vízszintesen kiterített textilanyagra – egy vékony szárú tölcsér megvezetésével – vízzel töltött kapilláris helyeznek merőleges helyzetben. Amennyiben a textilanyag nedvesedőképesége megfelelő, úgy szívóhatása legyőzi a kapilláris erőket és a folyadék hajszálcsőből teljesen kiürül (egyébként a hajszálcsőben marad). Esetleg a kelme által átvett teljes folyadékmennyiség ideje is figyelembe vehető nedvesedési jellemzőként.

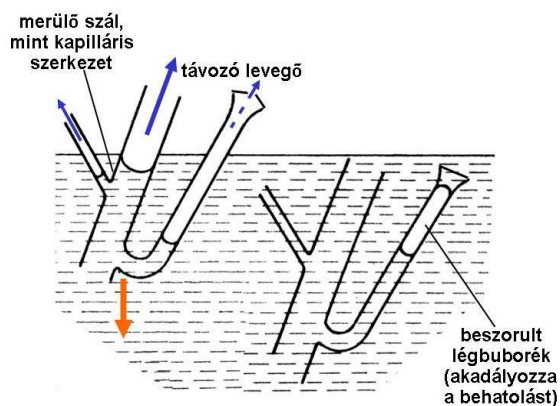
#### A technológiai nedvesítés lényege

A textilanyagok, az elemiszálak vízzel való nedvesedését a szálakat alkotó anyag kémiai és szub-

mikroszkópos szerkezete, a szálak felületi adottsága (felületi pórusok előfordulása, kapillárisok eloszlása), a szálméret nagysága és a feldolgozottsági állapot (az addig végrehajtott mechanikai és vegyi kezelések figyelembe vételével) befolyásolja. Tekintettel arra, hogy a víz felületi feszültsége nagy, a szálanyagok felületi energiája pedig kicsi, ezért a szálanyagokat közvetlenül rosszul nedvesíti. A megfelelő nedvesedőképeség elérésére növelni kell a szál határfelületi feszültségét, vagy csökkenteni a vizes fürdő felületi feszültségét. A szál felületi feszültségét kémiai módosítással ill. a nedvesedést gátló – ún. apoláris – szennyeződések (pl. pamutviasz, gyapjúzsír, fonóolaj stb.) eltávolításával lehet növelni. A víz felületi feszültsége tehát a szálanyagok felületén irányítottan adszorbeálódó felületaktív anyagokkal (tenzidekkel) csökkenthető. Ismert, hogy a határfelületeken hatást kifejítő segédanyagok tehát a textília-folyadék közös hártáján kötődve csökkentik a folyadék felületi feszültségét, így elősegítik a nedvesedést.

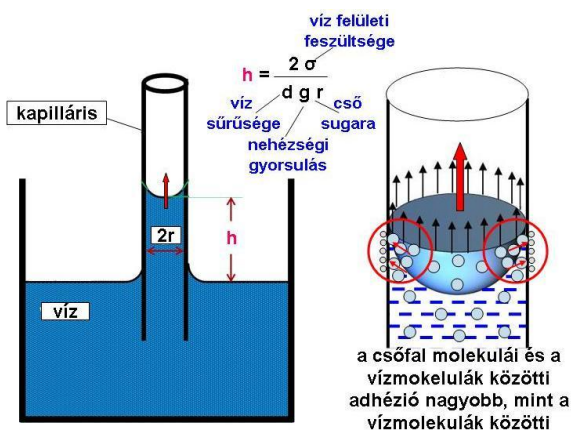
A szálanyagok szubmikroszkópos üregeiben mindig előforduló víztartalom mellett a levegő jelenléte is akadályozza a textília nedvesedését, többek között a folyamatos színezés során. Főként a forró fürdőkbe merülő textilanyag esetén a pórusokban levő levegő expandálódik, a kiáramló mikro-buborékok pedig egyenesen útját állják a színezőfürdőnek (8. ábra). Az elvileg száraz textília nedves telítések előtti, 100 °C feletti felmelegítésével kedvezően megváltoztatható a szálanyag parányi részeinek víz- ill. levegőtartalma. Amennyiben a kívánt mértékű felhevítés után késedelem nélkül kerül a kelme a meleg- ill. közel forróvízes fürdőkbe, úgy a minimális nedvesség vízgőz formájában kondenzálódik, a levegő pedig kontrakció miatt térfogatcsökkenést szenved el. E kettős hatás eredményeként a szál pórusaiban vákuum alakul ki, ami a színezőfürdőkkel történő nedvesedést nagyban elősegíti. Ez a Rusznák-féle ún. „termotex elv”.

Egyes technológiai műveleteknél zavarólag hat a textilanyag fokozott szívóhatása. Ez a képesség a kelmében, a víztaszító anyagoktól mentes (pl. pamutnál a növényi viasz, gyapjúnál a zsírként emlegetett kísérőanyag stb.) szálak által alkotott hajszálcső-rendszer ún. kapilláris erőivel kapcsolatos. Közismert, hogy egy szűk nyílású, merőlegesen a vízbe merített (felül nyitott) nedvesedő csővecskében a víz magasabban áll, mint a bővebb csőben, ezt a csőfalak között fellépő eredőerők felfelé mutató hatása okozza (azaz a csőfal molekulái és a vízmolekulák közötti adhézió nagyobb, mint a vízmole-



A színező-fürdőbe merült textilanyag nedvesedése  
(folyamatos színezésnél)

8. ábra

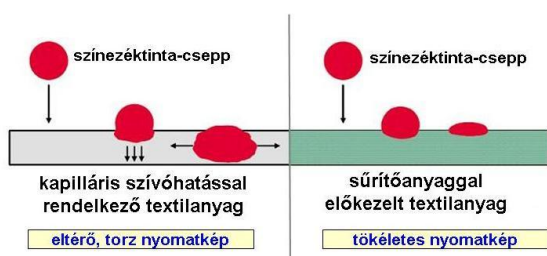


A kapilláris emelkedéssel járó szívóhatás lényege

9. ábra

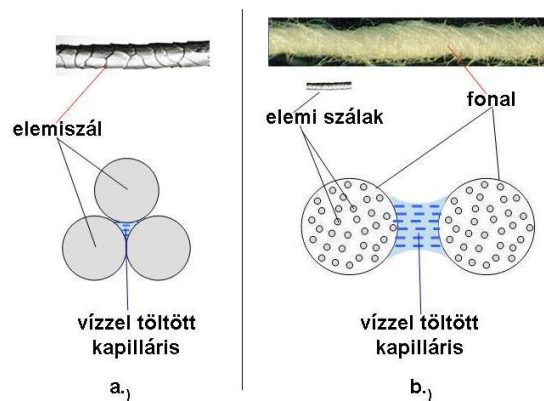
lekulak közötti) (9. ábra). A vízoszlop tömege arányos a cső átmérőjének négyzetével, így minél keskenyebb a cső, annál magasabbra emelkedik a vízoszlop. Az előkészítő műveletek (pl. pamutanyagoknál a lúgos főzés, gyapjú esetében a mosóműveletek) hatékonysága biztosítja a mind a feldolgozásnál, mind a használat során elvárt nedvesedőképeséget, ami a kapillárisrendszer (10. ábra) vízmegkötő képességével párosul. Azonban többek között a színnyomás során, a korszerű digitális nyomtatásnál a felhasznált, ill. alkalmazott sűrítőanyag biztosítja a mintázott felület egyenletes és éles körvonalait. Így nem fut szét, nem folyik meg a nyomószínezék, ill. a színezéktinta a textíli felületen. Ezek a természetes eredetű, vagy szintetikus nagymolekulájú sűrítőanyagok nagy felületűek, térhálós szerkezetükkel viszkozus oldatokat vagy géleket képeznek (korábban kocsonyás emulziók is használtak). A sűrítők nagy viszkozitásukkal és a kapilláris szerkezetükkel ellensúlyozzák a kelme kapilláris szívóhatását (a sűrítőben a kapillárisok szűkebbek, mint a fonalban/kelmeben levő, jól nedvesedő szálak közötti hajszálcső-rendszerben, így szívóerejük nagyobb a textíli anyagénál), így a mintát kialakító színes felület éles kontúrokkal jelenik meg a kelmén. A hagyományos színnyomásnál a nyomópép a sűrítő hozzáadásával (amely egyúttal védőkolloid szerepet is betölt) válik kellően viszkozussá. A digitális nyomtatásnál a mintázandó kelmet előzőleg telítik megfelelő sűrítőanyag tartalmú fürdővel, amely szárítás után válik optimálissá a színezéktinták befogadására. Így a színezéktintacsepp nem terül szét, nem szívódik a kelme belsejébe, hanem optimális nyomatképpnek megfelelő helyzetben rögzül (11. ábra).

#### A szálanyagok, kelmék vízfelvétele, a nedvesség eltávolítása



A sűrítőanyaggal előkezelt textíli anyag fontossága a digitális textíli nyomtatásnál

11. ábra



Elemiszálak (a.) és fonalak (b.) között kialakult, telítődött kapillárisok keresztmetszete

10. ábra

A vízbe merített textilanyag saját tömegénél 2–3-szor több vizet tartalmaz. A felvett nedvesség három fajtája ismert:

a) a tapadási (adhéziós) erőkkel lazán kötött víz, az ún. adherált nedvesség, ez a gravitáció hatására kicsúrog a vízből kiemelt textilanyagból,

b) a szálak alkotta finom hajszálcső rendszerben kapilláris erőkkel kötött, így kapilláris nedvességnek nevezett víztartalom,

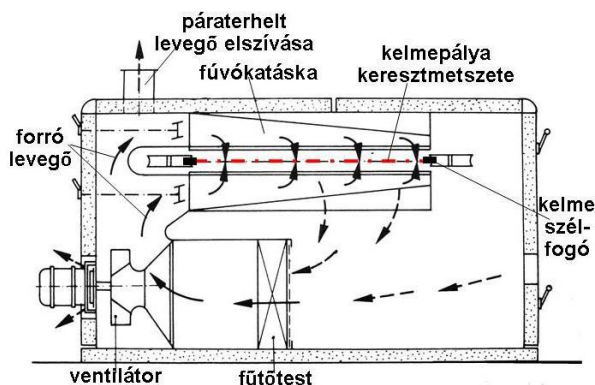
c) a szálak belső szerkezetében, elsősorban a rendezetlen térrészekben másodrendű kötőerőkkel megkötött nedvesség, ezt szorpciós (szabványos vagy egyensúlyi) nedvességtartalomnak is nevezik (12. ábra).

A különböző nedves kezelések utáni szárítást mindig megelőzi a mechanikai víztelenítés, miután a fajlagos szárítási költség mindössze 1/40-ed részét teszi ki. A víztelenítéssel az adhéziós erőkkel lazán kötött vizet teljesen, a kapilláris nedvesség egy részét lehet eltávolítani (a  $10^{-3}$  mm-nél nagyobb sugarú hajszálcsővekből lehet csak mechanikai módszerrel a vizet kinyerni, a kisebb kapillárisokban a fellépő kölcsönhatások miatt bennmarad).

A mechanikai víztelenítés közzismerten többféle módon történhet. A hengerek közötti préselés (facsarás), a centrifugálás (a fellépő erő vízkiszorító hatásával) és a vákuumszívás (a légritkított tér szívó hatása) lehetősége közül a víztelenítendő textilanyag készletiségi foka és érzékenysége alapján választható ki a megfelelő módszer.

A szálanyag nedvesedési tulajdonságain, kelme szerkezeti jellemzőin kívül a kezelőfürdő összetétele, hőmérséklete is jelentős befolyásoló tényező lehet a víztelenítésnél. Például:





**A fészítőkeretes fűvókás légszárítógép keresztmetszete**

13. ábra

- a hideg nátronlúg oldattal telített pamutszövetben a préselés után kb. 20 %-kal nagyobb térfogatú folyadék marad vissza, mint vízzel kezelt azonos anyag facsarásakor,
- a forró lúgoldattal telített szövetből több folyadékot lehet kipréselni, mint azonos töménységű hidegen alkalmazott fürdő esetén,
- melegebb fürdőkől többet lehet kipréselni, mert a magasabb hőmérsékleten a víz viszkozitása kisebb stb.

A szálanyagok közötti duzzadási különbségek eltéréseket okoznak a víztelenítés mértékében (fokozottan duzzadó anyagban nagyobb a mechanikai víztelenítés utáni maradék nedvességtartalom). A préselés közbeni viselkedés ill. helyzet miatt a szövetek vetülékfonalalaiban mindig 10–20%-kal több nedvesség marad vissza, mint a láncfonalakban.

A lazább szerkezetű textilanyagokból több nedvességet tudnak a terhelt hengerek kifacsarni, miután az ilyen szerkezetű anyag pórusaiba nagyobb mértékű a préselő felületek behatolása.

A felsorolt nedvességfajták közül tehát az adherált víztartalmat teljesen, a kapillárist részben tudják eltávolítani a különböző mechanikai víztelenítő eljárásokkal. A visszamaradó kapilláris nedvességet gyorsított párologtatási folyamattal, a szárítással kell megszüntetni, a szorpciós nedvességtartalmat viszont egyáltalán nem szabad eltávolítani.

### A szárítás elmélete

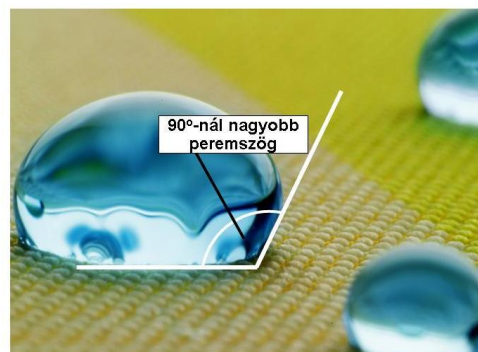
A különböző szárítóberendezésekben, ipari méretekben végzett szárítás egy gyorsított párologtatási folyamat, amelyet a hőmérséklet emelésével, a szükséges hőenergia folyamatos biztosításával ill. általában a levegő mozgatásával érnek el. A közölt hő egyrészt felmelegíti a nedves textilanyagot, másrészt fedezi a víz párologáshőjét (kisebb hányadot jelent a felmelegítés, jelentősebb energiaigényt a párologtatás). A fizikai összefüggések alapján magasabb szárítási hőmérsékleten kisebb a párologáshő, tehát a szárítási folyamat végrehajtása a szálanyag károsodását nem okozó legmagasabb hőmérsékleten gazdaságos. A szárítóberendezések hógazdaságosságát az ún. termikus hatásfok fejezi ki, azaz az, hogy az elméletileg szükséges és a tényleges hőmennyiség viszonya miként alakul. A gyakorlatban az 50 % hatásfokú berendezés optimálisan gazdaságos működésű, a 20 % alatti teljesítménnyel dolgozó gépek egyértelműen rossz kihozatalúnak minősíthetők.

A hőközlés módja szerint áramlásos hőátadással (konvekció) (13. ábra), hővezetéssel (kontakt), sugárzással (pl. infravörös sugárzókkal) ill. nagyfrekvenciás erőterrel (dielektromos hőfejlesztés) működő textilipari szárítók terjedtek el. A nedves anyag hőmérsékletének alakulását követve, először emelkedő szakasz jellemző (a közölt hő a nedves textilanyag hőmérsékletét emeli). A következő periódusban a hőmérséklet nem változik (ekkor távozik a teljes kapilláris nedvesség), majd a kritikus nedvességtartalom elérése után ismét emelkedni kezdhet. Ez az ún. túlszáradás, amikor a szálanyag az egyensúlyi nedvességtartalmát, a szorpciós nedvességet részben vagy teljesen elveszti. A túlszáradás rendkívül veszélyes, mert hatására jelentős szilárdságcsökkenés következik be, rideggé, törékennyé válnak a szálak, gyűrődési hajlamuk fokozódik stb.

A forgódobos (ún. tömbleres) szárítókat a háztartásokban is használják (önállóan, vagy a korszerű, drágább forgódobos mosógépek nyújtotta többlétszolgáltatásként), nemcsak a darabáruk ipari szárításakor. A rozsdamentes anyagú lyuggatott forgó dobban levő nedves textiltermék felmelegítését és párologtatását a beállított értéknek megfelelő hőmérsékletű forró cirkulált levegő végzi. A dob belső palástján elhelyezett bordák segítik a textilmozgás közbeni relaxálódást, a centrifugálás okozta gyűrődések kisimulását.

### Folyadéktaszító kikészítés

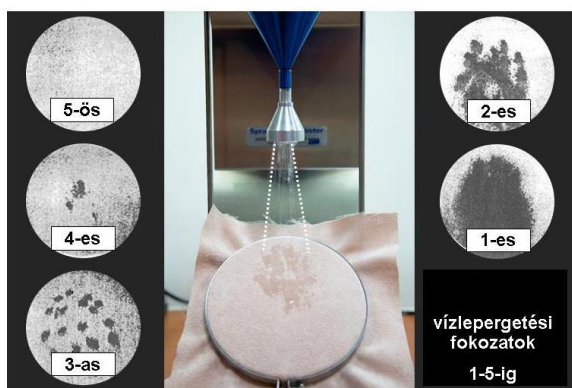
A textiliák vízzel (és egyéb vízbázisú folyadékkal) szembeni ellenálló képességét kétféle kikészítési móddal lehet elérni. Az egyes hidrofobizáló eljárásokkal vízlepergető ill. vízhatlanító (a víz áthatolásával szemben ellenálló) hatás érhető el. Előbbinél az egyébként nedvesedést okozó vízcsepp a textilfelület energiájának csökkentésével legördül. A textil (mint szilárd anyag) és az esővízcsepp közötti adhéziós energia csökkentése biztosítja a lepergető hatást. A csapadékvíz felületi energiája és textilanyaggal történő érintkezése nem változtatható, ezért szükséges a textilfelület energiájának csökkentése. A nem tartós vízlepergetést fémszappanokkal (alumíniumszappan) érték el, a cirkóniumsós kezeléssel valamennyire mosásálló hatás biztosítható. A tartós vízlepergetés többek között olyan hidrofobizáló szerekkel oldható meg, amelyek a szálanyag aktív csoportjaival kémiai kapcsolatot létesítenek. A korszerű vízlepergetőszerek szerves szilíciumvegyületekből állnak. A víztaszító képességet kiváltó segédanyagot általában a gyűrődéscsökkentő (esetleg zsugorodásmérséklést is biztosító) hozzátételekkel együtt adagolva viszik fel a kelmére. A korszerű plazmakezelési eljárásoknál az aktivált gáz-



**Plazmakezeléssel víztaszítóvá tett szövet**

14. ábra

12. ábra



A vízlepergető-képesség vizsgálata

15. ábra

részecskék a szálanyag-polimerrel létesített interakció során alakítják ki a felület fluorozását (politetrafluoretilén kémiai beavatkozás, az ún. teflonos-implantációs hatás eredményeként) (14. ábra).

A vízlepergetési mérték meghatározása során a 45°-ban lejtő síkban elhelyezett, kör alakú textilvágatra függőlegesen vízcseppeket permeteznek. A nedvesedés mértékét (ill. optimális esetben ennek elmaradását) fényképetalonok segítségével értékelik (1–5 fokozatig). (15. ábra).

A vízhatlan hatás a kelmeszerkezet bevonatos lezárásával érhető el: a kelmehézagok kitöltésével a vízáteresztés lehetősége megszűnik. Ezt poliuretán, latex ill. PVC-diszperziók kenéses felvitelével érik el. A folyadékáteresztés megszüntetése azonban a levegő áthatolást is gátolja, ezért a ruházatzfiziológiailag megfelelő körülmények elérésére az ilyen textilanyag alkalmatlan.

A megfelelően kezelt textiliák víz hatására bekövetkező viselkedését többféleképpen vizsgálják. Az esőztető készüléknél (amely a vízlepergető képesség meghatározására is elterjedt) egy vízfelfogó edényt zár le a vizsgálandó textilanyag, erre permeteznek vizet legalább 10 percig (vagy igény szerint akár több óráig is), majd az áteresztett víz mennyiségét itatóspapír, ill. mérőhenger segítségével, a felvett folyadék tömegét pedig két réteg itatóspapír közötti hengeres préseléssel mérik. A vízhatlanság, ill. vízáteresztő képesség meghatározása során az alulról víznyomással terhelt textilfelületen megjelenő 3 vízcseppehez tartozó vízoszlop-magasság, ill. az átengetett vízmennyiség képezi az értékelés alapját.

### A vasalás és gőzölés hatása a termékek méreteire

A különböző vasalási műveletek és nedves gőzzel történő kezelése a száraz és nedves duzzadás közötti állapotot idézik elő. A gőztérből nedvességet vesz fel a szálanyag, ami duzzadással és relaxációval jár. A hőhatás az elemiszálak láncmolekuláinak mozgását is előidézi, ami az oldalirányú kapcsolatok megváltozásához vezethet. A természetes szálanyagokban az oldalkötések annyira erősek, hogy a hőhatásra nem szakadnak fel, így méretük nem változik. A termoplasztikus mesterséges szálaknál gyakori, hogy hő hatására a láncmolekulák erőteljes mozgása következik be, az oldalirányú kötések egy része szétszakad, a szál zsugorodik. A vasalás során a kelmébe került telített gőz idővel elveszti nedvességtartalmát (telítetlenné válik, mert a víztartalom az alátétén keresztül elpárolog), szárad a textilanyag, hűlés hatására csökken a zsugorodási fe-

szültség. Ameddig a vasaló nyomása terheli a textiliát, addig annak szabad mozgása korlátozott. Amennyiben a folyamatos vasalással teljesen „kiszárad” a textilanyag, úgy kevésbé kell számolni számottevő méretváltozással. Az optimális idő előtt eltávolított, majd ismételtén visszahelyezett vasaló következtében viszont bekövetkezhet észlelhető változás. Nehéz a tökéletes vasalási időtartamot és módszert megtalálni, mert pl. a vastagabb kelmék visszamaradó nedvességének elpárolgása zsugorodással párosul, a könnyebb textilanyagok pedig túlszáradhatnak (utóbbi esetben a légtérből később felvett több vízgőz duzzadást és összemenést vált ki). Ezért is fontos a vasalási alátét helyes megválasztása, hogy az ebbe áramló gőz könnyen a környező légtérbe kerülhessen.

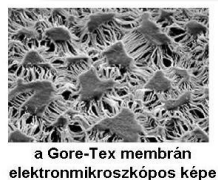
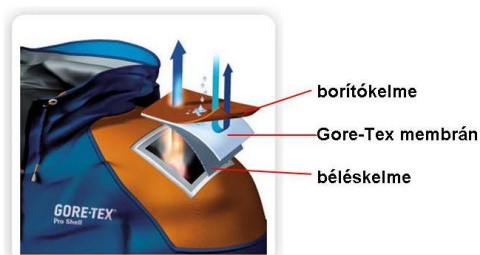
A különböző vasalási és préselési méretváltozási hatások meghatározása folyamán tehát fontos a vasalótalp hőmérséklete és felületi nyomása, továbbá a vasalóváson nedvesítési mértéke, ill. a vasalási és pihentetési időtartam, valamint a vasalások száma. A kézi vasalóval végzett méretváltozási vizsgálatok közös jellemzője, hogy a mintadarabot nedvesített vasalóvászonnal fedik be, és erre helyezik a folyamatosan szabályozható hőfokú villamos fűtésű vasalót. Az ilyen módszer alkalmazásakor hátrányos, hogy a kelmemintát nem egyszerre, hanem részletekben vasalják, az éppen levasalt felület szabad beugrását a szomszédos textilanyagrészek akadályozzák. A vasalópréses vizsgálat esetén a próbadarab vizsgálandó részét egyszerre vasalják, továbbá a vasalótest egyenletes és pontos hőmérséklete jobban biztosítható.

### A természetes száradás, a vízgőzáteresztő képesség fontossága

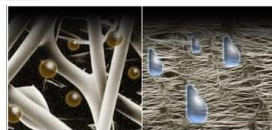
A száradási időtartam ismerete megázás vagy a vi-  
zes használat során átnevesedett termékeknél, ill. a mosott cikkek víztelenítés utáni szárítása során kerül előtérbe.

A textilfelület alátámasztása is befolyással van arra, hogy a vízcsepp beütközésekor milyen a közvetlen hatás. Rugalmas alátámasztás esetén lehetőség nyílik a kelmefelület behajlására, így kisebb a dinamikus hatás, mint feszes textilanyag esetén. Az igénybevételt csökkentő a becsapódó csepp szétterülése is (kisebb lesz a fajlagos terhelés). Az esővíz nem semleges, hanem általában gyengén savas kémhatású, részben a levegőben levő széndioxid (ill. szén-sav), másrészt a kén-tartalmú energiahordozók elégetésekor keletkező kén-dioxid (kén-sav), ill. a kőolaj- és kőszén magas hőmérsékletű elégetésekor létrejövő nitrogén-oxidok (salétromossav) miatt. Az utóbbi savakból a levegő oxigénje hatására kén- ill. salétromsav képződik. Ezzel magyarázható az esővíz pH = 5–6 körüli kémhatása. (Az épített víztárolókban az építőanyag lúgos összetevői állás közben semlegesítik az összegyűjtött esővizet.) A csapadékvíz a földre hulláskor ásványi sókat csak nyomokban tartalmaz. Az épületek tetőzetének anyagai (borítás, eresztb.) is befolyásolhatják a lefolyó csapadékvíz összetételét (pl. a vörösréz-ből a gyengén savas víz rezt old ki, ugyanakkor a cink nem oldódik). A textiliákra kerülő esővíz tehát savas kémhatása és különböző oldott anyagtartalma (pl. tetőzetről származó csapadékvíz) miatt különösen a színes textilanyagokra lehet kedvezőtlen hatással. A vízzel és vízcseppel szembeni színtartósági vizsgálatok kevésbé számolnak az említett víz-ös-





a Gore-Tex membrán elektronmikroszkópos képe



a vízgőz-molekulákat belülről átterszti, az esőcseppeket kívülről nem engedi át

### A Gore-Tex membrán szerkezete és működése

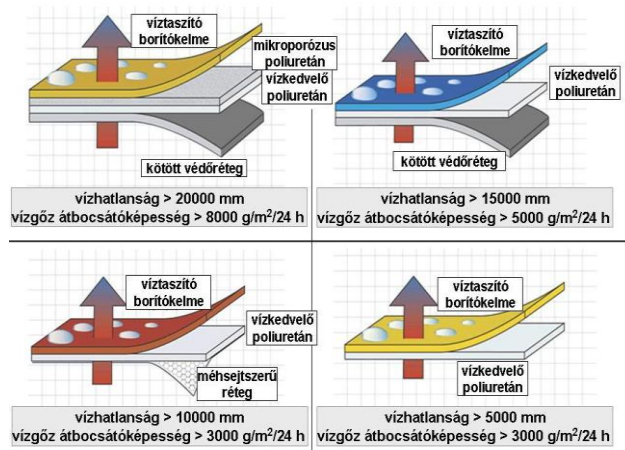
16. ábra

szetevőkkel, így a külsőképi elváltozások az optimális vizsgálati eredmények ellenére is bekövetkezhetnek.

A nedvesség eltávolítása (beleértve a kézi facsarást is, ha az megengedett) általában természetes körülmények között történik, mértékét a környező légtér hőmérséklete, relatív nedvessége és a légsebesség határozza meg. A háztartási szárítóberendezésekben légszárítás, azaz gyorsított párologtatási folyamattal történik a szárítás. A száradási időtartamot olyan összehasonlító vizsgálatokkal határozzák meg, amelyeknél először azonos intenzitású és idejű vizes kezeléssel nedvesítik a mintákat, majd állandó hőmérsékletű és légnedvességű közegben szárítást végeznek. Természetesen az eltérő száradási idők az egyes textilanyagok szálanyag-, fonál- és kelmeszerkezeti sajátosságai folytán különböző mennyiségű vízfelvételre vezethetők vissza.

A vízgőzáteresztő képesség a textilruházati termékek viselése során fontos kritérium, a ruházatifiziológiai komfort csak így biztosítható. A külső hőmérséklet emelkedése ill. a fokozottabb erőfeszítés miatt az emberi test hőszabályozása verejtékezéssel reagál. Ez izzadságképződéssel jár, ennek folyamatos eltávolítása lényeges. Amennyiben adott kelme két oldala különböző vízgőztartalmú közeggel érintkezik, úgy a textilanyagon keresztül megindul a vízgőznyomás kiegyenlítődése (nagyobb vízgőznyomású rész felől, megindul az áramlás). Először a textília vizet abszorbeál (megköt), majd a nedvesség átdiffundál (keresztülhatol a másik oldalra), majd deszorpcióval (leadással) a kisebb víznyomású közegbe kerül. A vízgőzáteresztő képességet többféle módon lehet meghatározni. Az egyszerűbb tömegmérési módszernél a vizsgálandó textilanyaggal fednek le egy víztartalmú tartályt, majd időszakonként mérik a textilanyag tömeggyarapodását és a víztartályban levő folyadék tömegcsökkenését. A másik megoldásnál a próbarab által elválasztott terek vízgőztartalmának változását határozzák meg, amit a textílián történő átdiffundálás módosít. Egy további vizsgálatnál a párologási sebesség mérése az irányadó, ahol a próbadarab vízzel töltött porózus henger palástjára kerül, a kelme alatt közvetlen nedvesedést gátló réteg van. Az edényhez kapcsolt kapilláriscsőben a víz felületének mozgási sebessége mutatja a párologási sebességet.

A különleges membránok szakítanak a textilanyagokra általánosságban jellemző, hagyományos vezetőképességgel, a víz-, vízgőz- és légáramlást nem azonosan valósítják meg mindkét oldalon. A test felőli vízgőz-

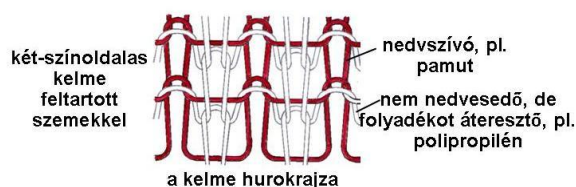
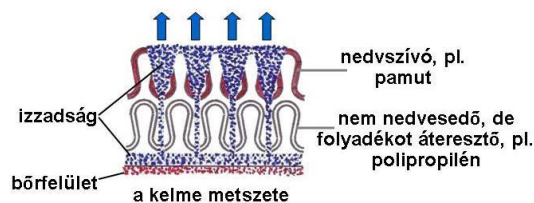


### Összetett textilszerkezetek víztaszító- és lélegző képességgel

17. ábra

transzportot akadálytalanul lehetővé teszik, a külső környezetből érkező szél, csapadék, hideg levegő hatásától viszont kellő zárással védnek. Az ún. porózus felépítésű, pl. Gore-Tex membrán poli(tetra-fluoretilén) (teflon) anyagú vékony felület (16. ábra). A különleges hártya szelepszzerűen záródó parányi pórusai húszezer-szer kisebbek egy átlagos esőcseppnél, ugyanakkor mintegy hétszázszor nagyobbak egy vízgőz-molekulánál. A nem porózus változat (pl. Sympatex) egyedi felépítésű fólia, amelynek vázanyaga olyan poliészter szerkezet, amely a belső nedvesség hatására válik átteresztővé, de a kívülről érkező esőcseppek nem férnek át az átmenetileg képződő nyílásokon. Ismert a fenyőtoboz működését utánzó membránszerkezet is. Az ún. C-change membrán melegben nyílik, így lesz átteresztő, hidegben összecukódva lezár. Egyes többretegű társított szerkezeteknél kiváló vízhatlanosság úgy valósítható meg, hogy az optimális lélegző képesség érvényesül (17. ábra).

A ruházatifiziológiai optimális, kétrétegűen előállított (integrált) textíliák általában kötött kelmeszerkezetből épülnek fel (18. ábra). A testfelülettel érintkező belső textilréteg olyan – általában tartósan hullámosított, azaz terjedelmesített – szintetikus fonalakból áll, amelyek anyaga víztaszító, tehát a szálak finomszerkezetében nincsenek nedvességmegkötésre alkalmas parányi üregek (pl. polipropilén, poliészter és számos egyéb hidrofób mesterséges szál). Ugyanakkor a nagymértékben göndörített szálakból álló, pl. nagyrugalmas-



### Az integrált kétrétegű kelme felépítése

18. ábra

technológia	gép	fajlagos vízfogyasztás [l/kg]	
		átlag	határok
lefőzés	folyamatos	30	3-94
	jigger	28	15-48
	motollás kád	78	41-146
hidrogén-peroxidos fehérités	folyamatos	38	13-64
	jigger	41	8-80
	motollás kád	57	54-60
kelmeszínezés	folyamatos	38	10-63
	jigger	77	15-300
	motollás kád	183	28-540
	apparát	92	31-186
mosás	folyamatos	19	3-60
	jigger	52	12-220
	motollás kád	81	41-195
	apparát	35	23-89

Egyes textilkikészítő-ipari technológiák fajlagos vízigénye

19. ábra

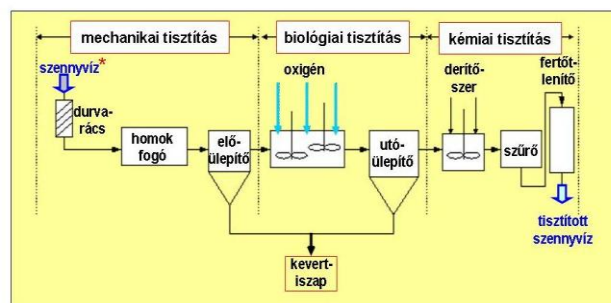
ságú HE-fonalakban viszont számos kapilláris fordul elő, segítve a folyadékvezetést. A külvilág felé eső kelmerészt kiváló nedvességfelvételű szálasanyagból alakítják ki (pl. pamut, viszkóz stb.), így a testközeli anyagrétegből mintegy átszívja az izzadmányanyagot. Ilyen felépítésű kelmék azért nyújtanak tökéletes komfortérzetet, mert a bőrrel érintkező textíliafelület nem tudja tárolni a folyadékot, viselője nem érzi nedvesnek alsó- ill. sportruházatát. Az alkalmas integrált kötött kelmék leggyakoribb változata az olyan kétszínoldalas kelme, amelyen pl. a kelme használati színoldalát jól nedvszívó fonalak alkotják, fonákoldalát alig, vagy nem nedvesedő szemek építik fel. Jellemzően a két sorból álló mintaelemmel jellemzett kötött kelme feltartott szemekkel, így a szemek mögött elhelyezkedő feltartott fonalrész is akadályozza a másik szálasanyagú fonal túloldali felszínre jutást. Hasonlóan további kötések is megfelelnek a kritériumoknak, pl. a víztaszító fonalból kialakított plüsskötés esetén megvalósul a teljesen eltérő nedvszívású kelmefelület.

## A keletkező szennyvizek kezelése

A textilgyártás folyamatai között a legtöbb vizet a kikészítő ágazat használja fel, a fajlagos (1 kg száraz tömegű textiliára vonatkoztatott, kezelt ipari víz felhasználása) a néhány títól a több száz literig terjed, technológiától függően) (19. ábra).

A korszerű, környezetkímélő gyártási műveleteknél kiemelt szerepet kap a vízfelhasználás csökkentése (akár az újrafelhasználás megteremtése), a szennyvízkezelési eljárások során a hatékony tisztító módszerek alkalmazása. Például:

- a szennyvíz okozta terhelés elkerülése, legalább minimalizálása (mechanikai kikészítések prioritása, új szerkezetű színezékek, biológiailag lebontható segédanyagok, maradék-fürdők és -pépek mérséklése, biotechnológiai vonatkozások pl. az enzimes kezelések növelése stb.),
- a keletkező szennyvíz újrafelhasználása (pl. kis szennyeződéstartalmú öblítőfürdők újrahasznosítása, „álló fürdőből” – világosból a sötét szín felé – történő színezés stb.),
- az ún. „csővégi technikák” alkalmazása előnyös (a szennyvízképződmények külön kezelése, részáramok tisztítása), pl. szűrőrendszerek, szorpciós anyagok al-



\* a textilkikészítő-ipari szennyvíz megfelelő semlegesítés után, előírt sőtartalommal, szintelenítve kerülhet a szennyvíztisztelepre

Példa egy szennyvíztisztító telep felépítésére

20. ábra

kalmazása, flokulálás szintelenítés (kémiai- és fotóoxidáció, anaerob lebontás) stb.,

- a hatékony szennyvíztisztítás (semlegesítés, előoxidálás, biológiai kezelés; speciális aktiv-szenes kezelés) eredményeként a tisztított víz 40 %-a újrahasznosítható.

A korszerű szennyvíztisztítók csak az üzemek által szigorúan előkezelt szennyvizet fogadják be, ezt tisztítják és ártalmatlanítják a természetes vizekbe történő bevezetéshez (20. ábra).

A textiltisztító iparban szintén számos műszaki intézkedéssel érhető el a természetes vizek kímélése, így többek között előtérbe került:

- a vízfelhasználás csökkentése (7 l/kg-ról 1,5–2,5 l/kg-ra), pl. vízviasszaforgatás révén,
- a gőzfelhasználás csökkentése (közvetlen gáz-ill. elektromos fűtésre való áttérés),
- pontos és automatikus berendezésekkel vezérelt mosószer- és segédanyag-adagolás (a korábbi perisztaltikus adagolószivattyúkat felváltó membrán- és vákuumszivattyúk elektronikus program szerinti időben és mennyiségben továbbítják a mosógépekbe a pontos mennyiségű hozzátéteket),
- melegvíz-nyerés a forró szennyvíz hőcserélőn történő átvezetésével,
- biológiailag lebomló mosó- és segédanyagok használata.

## Felhasznált irodalom

- Dr. Rusznák István és szerzőtársai: Textilkémia I.-II.; Tankönyvkiadó, Budapest, 1988
- Dr. Bonkáló Tamás: Textilkikészítőipari műveletek és berendezések. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1969
- Bercsényi L. György: Textilkikészítő művezetők zsebkönyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985
- Gyimesi János: Textilanyagok fizikai vizsgálata. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1968
- Denkendorfi szálasanyag táblázat
- Nyilasi János: Szervetlen kémia. Gondolat Kiadó, 1980
- Kutasi Csaba: A víz hatása a textiliákra, a minőségmegővő szárítás fontossága I.-II. rész. TextilForum, 2012. évi 404-405. szám
- Jancsó Eszter: A textílialapanyag gyártásának környezetvédelmi szempontjai. Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár, 1997/9.
- Lázár Károly: A funkcionális fehérnemű. TextilForum, XVIII. évf. (2008) 356. sz., 12-15. old.