



ben az előírt minőségi követelményeket messze meghaladó minőségű terméket kaptunk.



Köszönetnyilvánítás. Ezúton szeretnénk kifejezni köszönetünket a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalnak, hogy a „Piacvezérelt kutatás-fejlesztési és innovációs projektek támogatására (2019-1.1.1-PIAC KFI)” kiírt pályázattal támogatta a technológiafejlesztést. Köszönetet mondunk a CF Pharma minden munkatársának, aki részt vett a pályázati munkában, tudásával és munkájával segítette az új eredmények létrejöttét.

IRODALOM

- [1] Atracurium Besylate: European Pharmacopoeia 10.0 Vol. II., 2020, 1894.
- [2] Cisatracurium Besylate: European Pharmacopoeia 10.0 Vol. II., 2020, 2226.
- [3] Biperiden Hydrochloride: European Pharmacopoeia 10.0 Vol II., 2020, 1980.
- [4] J. B. Stenlake, R. D. Waigh, G. H. Dewar, J. Urwin, N. C. Dhar, US Patent 4 179 507, 1979, (Burroughs Wellcome Co.).
- [5] S. A. Chamberlin, A. V. Bhatia, D. A. Davis, K. A. Drengler, US Patent 5 684 154, 1996, (Abbott Laboratories).
- [6] D. A. Hill, G. L. Turner, US Patent 5 453 510, 1992, (Burroughs Wellcome Co.).
- [7] E. Ostrovsky, O. Arad, WO 2008 117271, 2008, (Chemagis Ltd.).
- [8] W. Klavehn, DE 1 005 067, 1953, (Knoll GmbH).
- [9] W. Klavehn, US Patent 2 789 110, 1953, (Knoll A.G.).

Kutasi Csaba

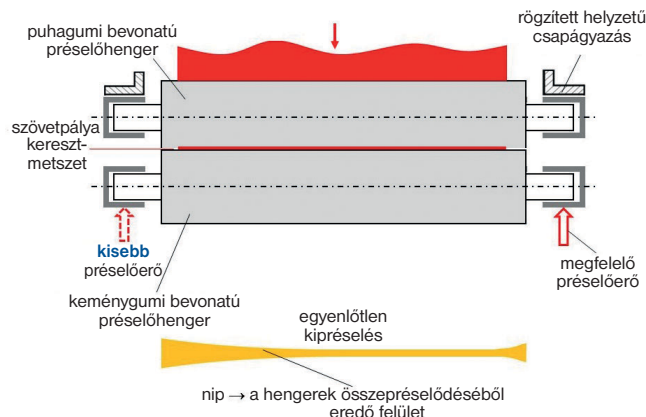
Nukleáris módszerek alkalmazása a textilgyártásban

A kézben tartott maghasadási láncreakcióval biztonságosan működő atomerőművek jelentős villamosenergia-termelőként fontosak számunkra. Az is közismert, hogy az egészségügyben számos területen használnak izotópokat, többek között a képalkotó diagnosztikában, pajzsmirigy-betegségek gyógyításában, daganatok célzott sejtpusztítása során. Az ipari alkalmazások is elterjedtek, a textiliparban számos műszer kidolgozását, a szálanyagok módosítását is különböző izotópok tették lehetővé.

Izotópos mérések a textilszakmában

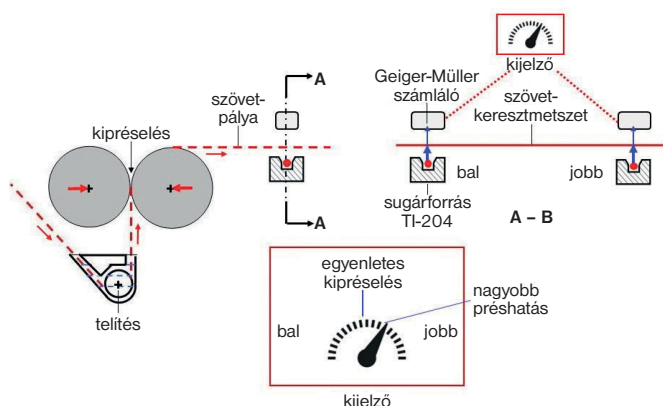
Izotópos présegyenlőtlenség-mérő

Az izotópos présegyenlőtlenség-mérőt korábban a különböző preparálások telítő-fulárjainál (pl. hotfluen naftol alapozás, anilinfekete pácolás) alkalmazták. A meghatározás célja az egyenletes folyadékfelvitel ellenőrzése volt, ami a kelmeszélességben az azonos kiperéselt biztosítja (1. ábra).



1. ábra. A préshatás kialakítása kéthengeres fuláron és egyenlőtlensége

A teknőben merült, majd kiperéselt szövetpálya két széle közélében – a szárítószekrénybe belépés előtt –, a haladó textilanyag alatt elhelyezett, a zárt sugárforrásból irányított sugárnyalábok áthatolása utáni – folyadékfelvitel miatti – veszteségét a Gei-



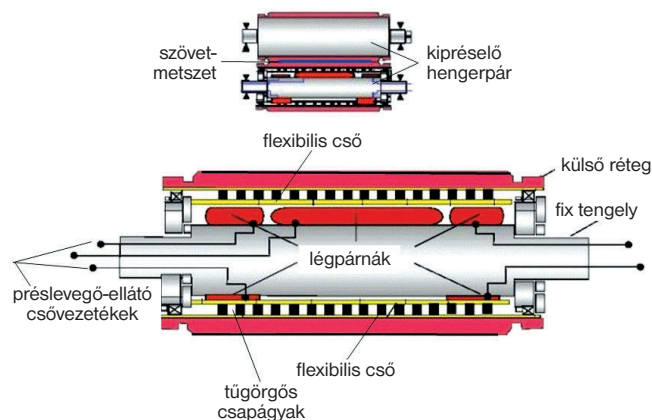
2. ábra. Az izotópos présegyenlőtlenség-mérő elvi felépítése

ger-Müller-számláló értékelte. A jelerősítést követően így közvetett módon jelezte a műszer az esetleges „féloldalasságot”. Ilyen esetben a préselőhengerek hidro-pneumatikus terhelő szerkezeiteinél manuálisan történt a korrekció (2. ábra).

A kelmeszélességben – különös tekintettel az egyre növekvő méteráru-szélességekre – az optimális présnyomás elérése érdekében a gépgyártók több megoldást fejlesztettek ki, ezek közös jellemzője, hogy a terhelőrt nem a tengelyvégeken át közvetítik, hanem az egyik préselőhengert belül üregesen képezik ki. A belső félrészben valamilyen nyomásadók közegét alkalmaznak vagy eleve több térben külön szabályozható légpárnás préselőhatást biztosítanak (pl. bicoflex rendszer). Így az izotópos présegyenlőtlenség-mérés okafogyottá vált (3. ábra).

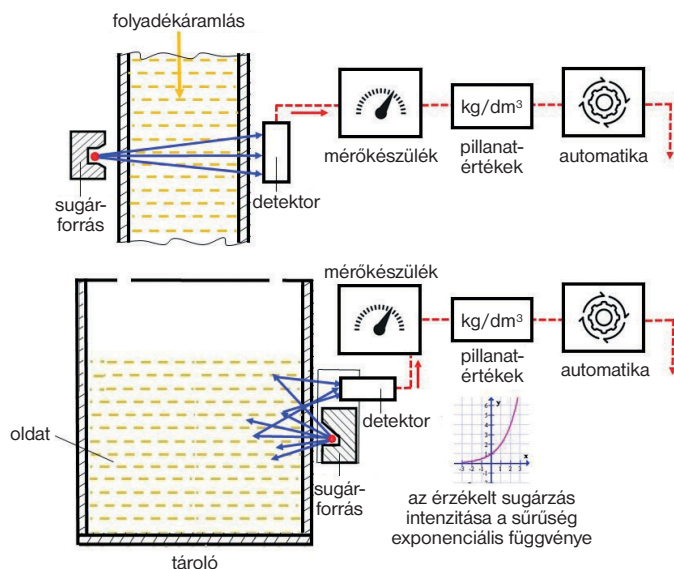
Folyadékok sűrűségmérése

A sűrűségmérő berendezés a *gamma*sugár-abszorpció elvén működik. Csővezeteki szállításkor a cső valamely átmérőjének két átellenes végpontján helyezik el a sugárforrást és a detektort. Amennyiben a csőfal vastagsága és a mérendő anyag összetétele állandó, illetve a cső teljesen ki van töltve anyaggal, akkor az észlelt sugárzás intenzitása a sűrűség exponenciális függvénye. A tárolóban nyugvó folyadék sűrűsége akkor mérhető a tartályfa-



3. ábra. A bicoflex préselőrendszer lényege (az alsó ábrafélfelben a speciális préselőhenger felépítése látható)

lakon keresztül, ha a *tartály anyagában nem* lép fel totális reflexió. Az említett mérési összeállítások előnyösen alkalmazhatók sűrűségmérésre és szabályozásra a textiliparban is. Többek között a *mercerező-lúg* (NaOH) koncentrációjának előírt értékén (22–26 m%, 28–32° Be) tartása érdekében alkalmazzák (4. ábra).

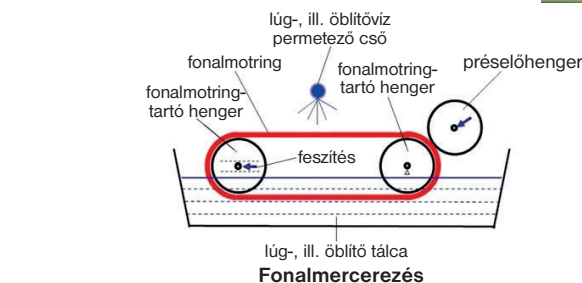


4. ábra. Áramló és nyugvó folyadékok sűrűségmérése

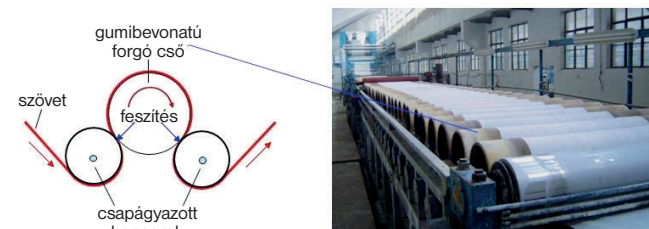
A *mercerezés fesztítés közbeni*, hideg lúghatással éri el a fonalakat és a szövetet felépítő pamutszál fizikai és kémiai tulajdonságainak kedvező változását. Fényesség és nagyobb szilárdság érhető el, illetve a cellulóz reakcióképessége növekszik (pl. a reaktív színezésnél nagyobb lesz a színezék-megkötődés) (5. ábra).

Folyadékszintmérés

Maximum egyméteres mérési tartomány esetén a mérendő anyagot tartalmazó tartály áttellenes oldalán lineáris sugárforrást [pl. kobalt-60 (^{60}Co) huzal] és ugyanolyan hosszúságban érzékeny sugárzásdetektort helyeznek el. Megfelelő méretezés és készülékbeállítás mellett a *sugárzás intenzitása* a szintmagassággal arányosan változik. A három méterig terjedő mérési tartomány esetén több sugárforrást és nagy érzékenységgű mérőfejet alkalmaznak. Pontszerű sugárforrás esetében a terhelés a távolság négyzetével csökken (6. ábra).

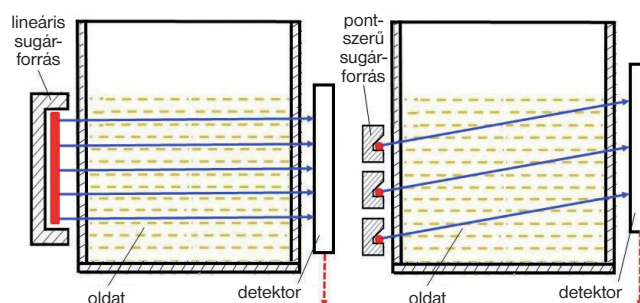


Fonalmercerezés



Szövetmercerezés

5. ábra. A fonal- és szövetmercerezés elve



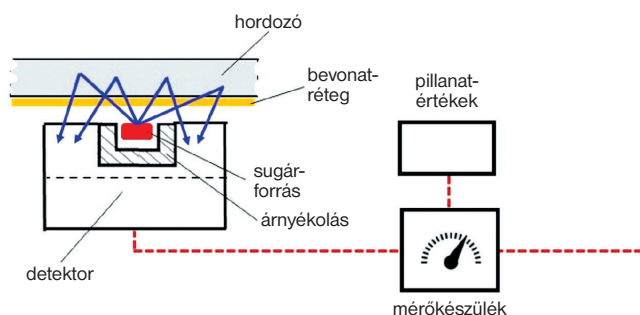
6. ábra. Folyamatos szintérzékelés

Anyagvastagság-, rétegvastagság-mérés

Az izotópos vastagságmérésnél azt a fizikai jelenséget használják ki, hogy a mérendő vastagságú anyag tömege nem elegendő a maximális reflexió létrehozásához. Így a detektor által észlelt sugárzás az anyagvastagságtól függően *exponenciálisan* változik a teljes rétegvastagság eléréséig. A szórt részecskék a visszaút során teljesen megkötődnek.

A különböző fajtájú rétegekből felépülő anyagok bevonatvastagsága mérhető, mert az árnyékoló védőtokban elhelyezett sugárforrás irányított sugárnyalábja a hordozóra esik, majd részleges abszorpció után erről szétszóródik. Ennek a szórt sugárzásnak az intenzitásából mérhető meg a bevonat vastagsága. Például a textilfelületre *kenéssel* felvitt réteg mértékének és egyenletességének ellenőrzésére alkalmazzák (7. ábra).

7. ábra. Példa az izotópos rétegvastagság mérésre



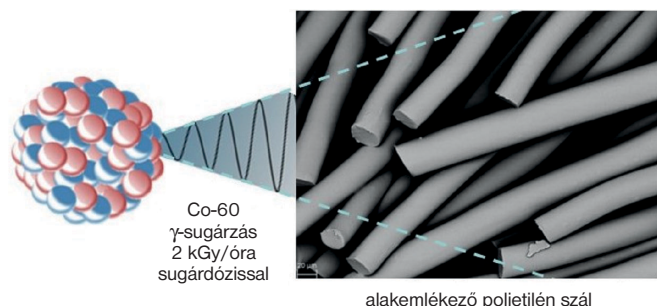


Textilanyagok és gyapotmagvak izotópos kezelése

A szálanyagok kémiai szerkezete, a textíliák felülete gamma-sugárzással módosítható. Hatására többek között kiváló mechanikai tulajdonságok, illetve hő- és oxidációállóság érhető el.

A *kompozitok* általános tulajdonságait a határfelületi tapadás alapvetően befolyásolja, például a szénszálak vázerősítők hatékonysága besugárzással fokozható, a társított anyag határfelületi szilárdsága jelentősen megnő.

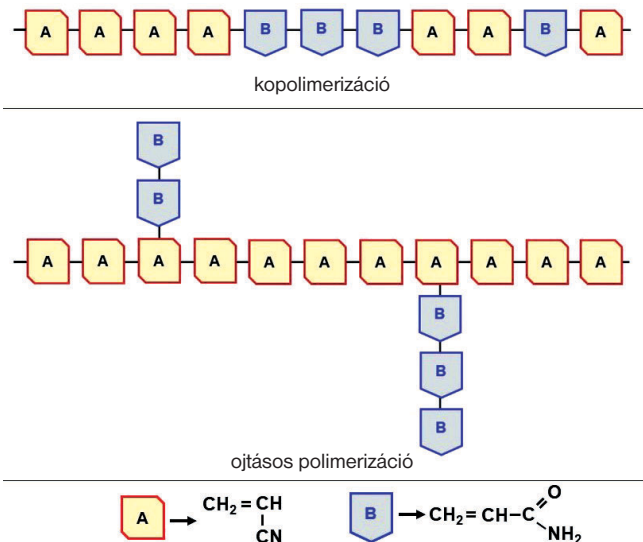
Az egyik alakmélkező szál előállítására jellegzetes módszer a *polietilén térhálósítása*, amit *gamma-sugárzással* is végeznek. Ennek során a gamma-fotonok felszakítják a láncmolekulák közötti hidrogénkötéseket, az így kialakult szabad gyökök pedig egymással kapcsolódnak. A kristályos részek megolvadásakor a felszabaduló belső feszültségek biztosítják a programozott alakról az eredeti alakra való visszaalakulást, ugyanakkor a térhálókötéspontok meggátolják a polimer ömledékké válását. A kutatási vizsgálatok szerint a mechanikai tulajdonságok a besugárzás hatására változóan alakulnak (előfordult a húzószilárdság növekedése és a szakadási nyúlás csökkenése, vagy akár mind a húzószilárdság, mind a szakadási nyúlás csökkenése). Az extrúziós bevonatoláshoz kifejlesztett polietilén esetében a 250 °C-on történő szálképzést követően a gamma-sugárzást kobalt-60 izotóppal végezték (8. ábra).



8. ábra. Formamemóriás polietilén-szál térhálósítása besugárzással

A *poliakrilnitril* esetében elterjedtek a különböző *száltulajdon-ság-módosító* beavatkozások. Ezek irányulhatnak többek között a vízfelvétel fokozására, a színezhetőség javítására, a rugalmasság, illetve a hőállóság növelésére. A kémiai módszerek közül jellemző a polimeranalóg reakciók alkalmazása (pl. a szálban karboxil-, amid-, illetve aminocsoportok kialakítása a nitrilcsoport részleges hidrolízisével) vagy a kopolimerizáció (pl. vinilpiridin, vinilklorid, akrilsavamid komonomerekkel), illetve esetenként az ojtásos módszer. Utóbbi esetben a kész polimerláncon külön műveletben oldalláncokat alakítanak ki. Az *ojtásos polimerizációhoz* olyan akrilnitril-tartalmú vegyületet használnak, amely kis mennyiségben reakcióképes csoportokat (pl. amino) tartalmaz. Ezek vanádium-sók jelenlétében biztosítják a polimerláncon gyökök kialakulását, ami az ojtásos polimerizációt lehetővé teszi. A folyamat szálképző polimeren, vagy akár kész szálon is végrehajtható.

Ojtásos koopolimerizáció a cellulózon is végrehajtható. Ennek egyik lehetősége a *sugárkémiai iniciálás*, amikor a monomerek cellulózlánca való ojtását ionizáló sugárzással (pl. gamma-sugárzás) végzik. Ennek előkészítéseként a cellulózt a megfelelő monomer oldószeres rendszerébe merítik, majd légtelenítik és lezárják. A folyamat végén a monomerfelesleget, az oldható homopolimereket és a járulékos anyagokat öblítéssel eltávolítják (9. ábra).

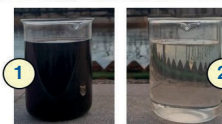


9. ábra. Példák poliakrilnitril szál módosítási eljárásaira

Pakisztánban 1983-ban kezdődött a nagyobb hozamot biztosító gyapotfajták kifejlesztésével foglalkozó kutatás. Az idők folyamán ez még sürgetőbbé vált, miután az emelkedő hőmérséklet és az aszályok miatt fellépő hőstressz egyre jobban hatással volt/van a gyapottermés hozamára. A mutációs nemesítési technológiákkal új, az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó és ellenálló, illetve jobb szálminőségű fajtákat sikerül létrehozni. Ennek érdekében a *gyapotmagokat* először *gamma-sugárzásnak* teszik ki, ezután növekedési kamrákba vagy üvegházakba ültetik. Az ilyen magvakból kifejlődött növényeket három-négy generációs teszteléssel értékelik, fejlesztik. A megfelelő növényesorok az ország különböző helyeire kerülnek, hogy a különböző éghajlati és talajviszonyok hatását vizsgálják. A kedvező fajta vetőmagját felszaporítják, így a gazdálkodók elegendő mennyiséghez férnek hozzá. A növénymutációs technikákkal olyan gyapotcserjéket hoztak létre, amelyek a hagyományos nemesítéssel nem elérhetők, így az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó, az éghajlatváltozással szemben ellenálló (hőség és szárazságtűrő) növényfajtákkal folyhat a termesztés.

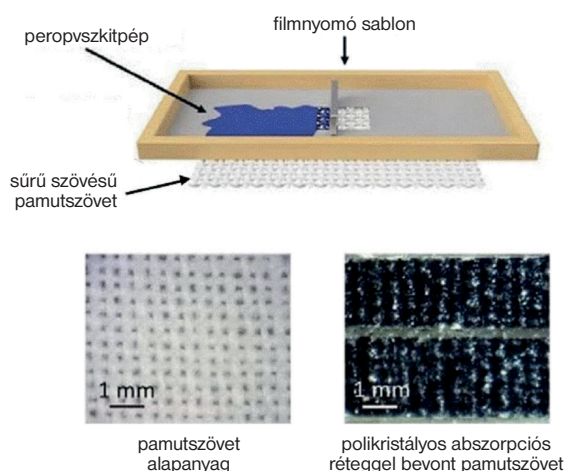
A textilkikészítőiparban keletkező *szennyvíz* közismerten színtetikus színezékekkel, ártalmas vegyisegédanyagokkal és különféle vegyszerekkel szennyezett. A kobalt-60-at alkalmazó, gamma-besugárzással kezelt ipari szennyvíz újrahásznosítható lett a nedves kikészítési műveletek során, ugyanakkor öntözési célokra is alkalmassá vált (10. ábra).

10. ábra. Ipari szennyvíz kezelése gamma-besugárzással (⁶⁰Co)



ipari szennyvíz (1) és kezelés után (2)

A textilanyagba ágyazott *röntgendetektorok* fejlesztése is igényes. Az ólom-halogenid-perovszkitok (amelyek kristályszerkezete analóg a kalcium-titanáttal) folyékony állapotban rugalmas hordozóra, így funkcionálisított textíli felületre is felvihetők síkfilmnyomással (pl. szitázás). Ilyen röntgendetektorok a textilanyagba ágyazott *metil-ammónium-ólom-bromid* perovszkit-kristályokkal képezhetők. Ezzel a módszerrel 3 $\mu\text{Gy/s}$ -ig terjedő kimutatási határt értek el [az elnyelt sugárdózis egysége a Gy (gray), 1 Gy = 1 J/kg; a dózisteljesítménye a Gy/s; egy hasi CT-vizsgálat átlagos sugárdózisa 8,0 mGy]. A textíli érzékelők hordható ionizáló sugárzási dózismérőként használhatók, ilyen típusú okos ruházatok kifejlesztésére alkalmazhatók (11. ábra).



11. ábra. A textilanyagba ágyazott röntgendetektor

Kormeghatározás szénizotópokkal

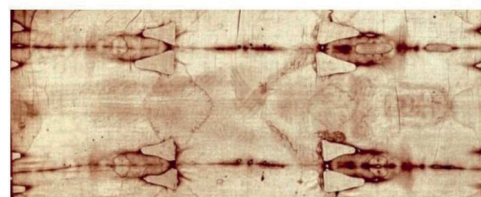
A radiokarbonos kormeghatározással legalább 50-60 ezer évre visszamenően van elvi lehetőség az időbeli azonosításra, de a gyakorlatban 37 ezer év a megbízható határ, mert régebbi minták esetében már nehéz a mintából és a természetes háttérsugárzásból származó jelek elkülönítése. A radiokarbonos módszert 1949-ben Willard F. Libby (1960-ban munkájáért Nobel-díjban részesült) és munkatársai dolgozták ki.

A növények a légköri szén-dioxidot fotoszintetizálják, és a légkörből származó, kis mennyiségű radioaktív ^{14}C az élőlények élete során cserélődik a környezettel, így a $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ arány nagyjából állandó a szervezetükben. Az élőlény elpusztulásakor a csere megáll, így a *szén-14 izotóp mennyisége* fokozatosan, adott sebességgel csökken – ebből lehet következtetni a leletek, fossziliák korára.

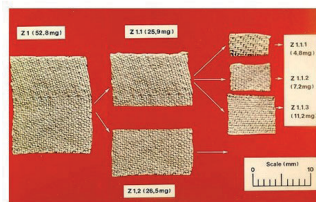
A *torinói lepel* kormeghatározására is ennek alapján került sor. Sajnálatos módon a radiokarbonos kormeghatározásához 1988-ban csak egy pontból vehettek mintákat, ami így nagymértékben nem károsította a leplet, de analitikai szempontból nem tekinthető reprezentatívnak.

A 436 × 110 cm méretű lenvászon leplen az alapszínéhez képest sötétebb, narancssárga tónusú elmosódott foltok láthatók. Ezek nem idegen anyagok, hanem a lepel textilanyagára került anyagok okozta elszíneződések (hullamerevség állapotú mézítelen férfiholttest képmása, a holttestet elborító sebek és vérfolyások hatása, ill. az 1532. évi chambervi tűzvész nyomai).

Az 1988. évi radiokarbonos kormeghatározás eredményét több tudós vitatta, azonban a lepel időbeli származását megerősítette három független laboratórium (Zürich, Oxford, Tucson) egybehangzó eredménye: eszerint az 1260–1390 közötti évekből származik (**12. ábra**).



a torinói lepel



a lepelből vizsgálatra vett minták

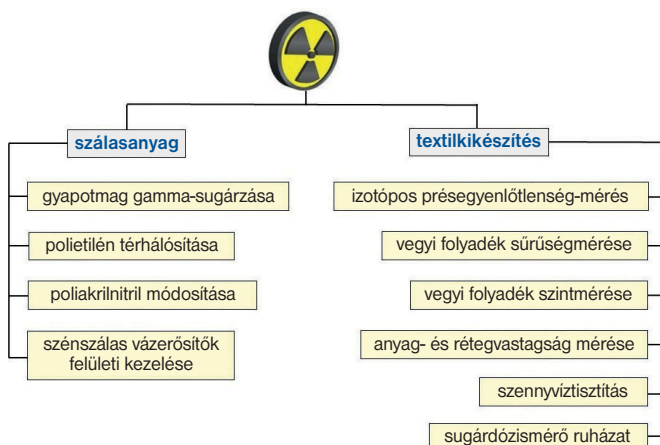


folyadékcintillációs spektrométer
a szén radioaktivitásának mérésére

12. ábra. A torinói lepel szénizotópos vizsgálata

Textilszakmai összefoglalás

A teljesség igénye nélkül összeállított cikkben az *izotópos* szálanyag-módosítások (a gyapotvetőmagtól a szénszálakig) és a különböző textilfelületek kikészítésénél alkalmazott *mérési* módszerek, a *kezelési* lehetőségek, illetve a besugárzásos *szennyíztisztítás* kerültek terítékre (**13. ábra**). Hazai vonatkozásként fő-



13. ábra. Kivonatott összefoglaló a textilipari nukleáris alkalmazásokról

ként az egykori *Textilipari Kutató Intézet* (jelenleg Innovatext Zrt.) pesterzsébeti (Torontál utcai) *műszaki fejlesztő részlege* említendő – amelyet *Dr. Bonkáló Tamás* Kossuth-díjas okl. gépészmérnök vezetett –, ahol a textilipar számára izotópos műszerek is készültek.

IRODALOM

<http://mrtremblaycambridge.weebly.com/p15-radioactivity.html>
https://fizipedia.bme.hu/index.php/Gammasug%C3%A1r%C3%A1s_abszorpci%C3%B3ja_folyad%C3%A9kszint_-_%C3%A9s_s%C5%B1r%C5%B1s%C3%A9gm%C3%A9r%C3%A9s
http://www.pt.bme.hu/publikaciok/1374_open_04%20Tat%C3%A1r%20Bal%C3%A1zs.pdf
<https://www.intechopen.com/chapters/50579>
https://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9nizot%C3%B3s_kormeghat%C3%A1roz%C3%A1s
<https://termvil.hu/2019/07/04/a-torinói-lepel-nyomában/>
<https://www.iaea.org/newscenter/news/started-with-iaea-support-chinas-electron-beam-industry-opens-worlds-largest-wastewater-treatment-facility>
<https://www.iaea.org/newscenter/news/cotton-in-pakistan-how-nuclear-techniques-are-helping-the-textile-industry>
 Rusznák István: Textilkémia I., 3. Szintetikus szálképző polimerek kémiája, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.