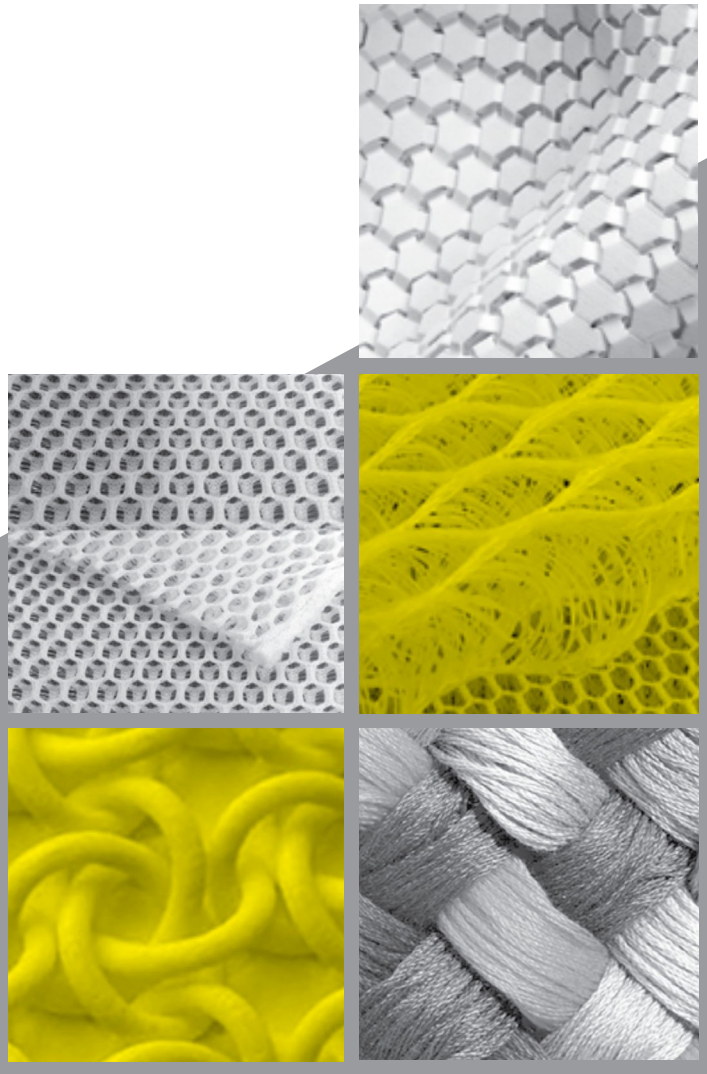
ТЕКСТИЛ И ОБЛЕКЛО

5
2026
година
LXXVIII
от 1949 г.

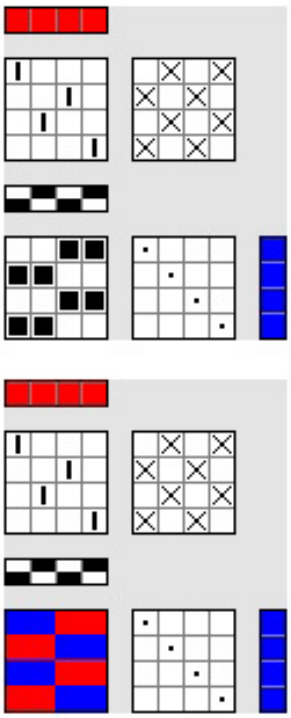
TEXTILE AND GARMENT MAGAZINE

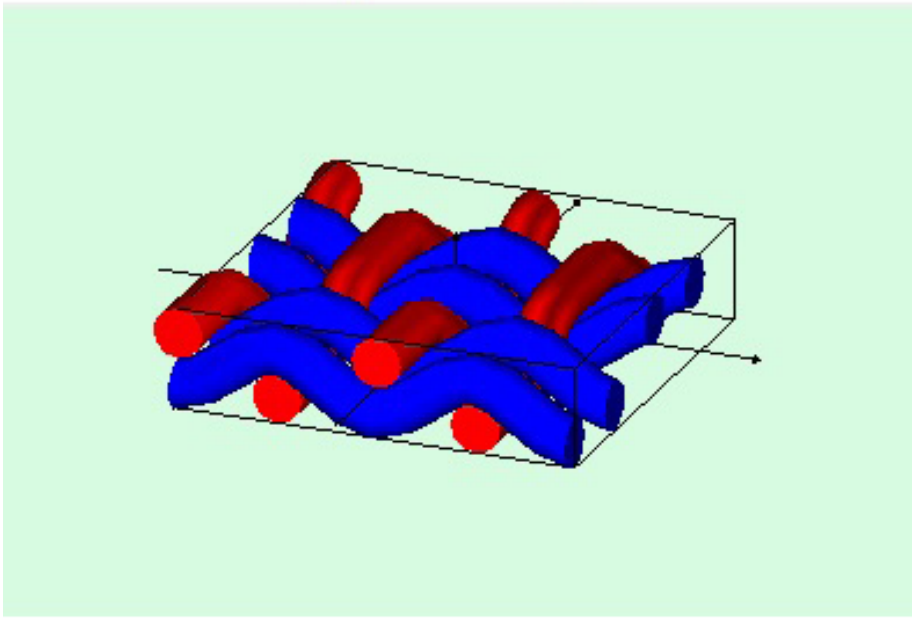
Open access: CC BY-NC

НТС
по текстил,
облекло
и кожи
www.tok.fnts.bg



ISSN 1310-912X (Print)
ISSN 2603-302X (Online)
COBISS.BG-ID – 74291208
https://randii.nacid.bg/register/search/1987
www.bgtextilepublisher.org
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X





$reps\ Trame\ 2-2, R_a \neq R_c = 4;\ R_t = 2;\ N_c = R_r = 4Ss$

Тъкачна постановка на вътъчен рипс

ТЕКСТИЛ И ОБЛЕКЛО

НСТ по текстил, облекло и кожи

ТОК

www.tok.fnts.bg

БРОЙ 5/2026

Open access: CC BY-NC

СЪДЪРЖАНИЕ

УДК

678 ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ И УЛТРАЗВУКОВО БАГРЕНЕ НА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛНИ НАНОВЛАКНА
А. Сезай САРАЧ..... 147
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.01

678 БИОКОМПОЗИТИ НА БАЗА ЦЕЛУЛОЗА, КОМБИНИРАЩИ МЕТАЛНИ ЧАСТИЦИ И БИОАКТИВНИ ВЕЩЕСТВА: ОБЗОР
Мария Събева, Дарина Желева, Албена Бъчварова-Неделчева..... 152
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.02

677 ОРТОГОНАЛЕН АНАЛИЗ НА ГЕОМЕТРИЯТА НА НАДИПЛЯНЕ НА КРЪГЛИ ПОЛИ
Ружица Стевковска Стояновска, Горан Дембоски..... 162
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.03

677 РОЛЯ НА СТАНДАРТИЗИРАНИТЕ ИЗПИТВАТЕЛНИ МЕТОДИ И АКРЕДИТИРАНАТА ЛАБОРАТОРИЯ ЗА ДОСТОВЕРНОСТТА НА НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ В ТЕКСТИЛНОТО МАТЕРИАЛОЗНАНИЕ
Краса Костова, Умме Капанък, Васил Чобанов, Петя Генчева..... 170
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.04

НАУЧНА ОБЛАСТ. Статиите отразяват разработки и решения от текстилната наука и практика. Те се отнасят към някоя от областите според УДК:

33, Икономика. Икономически науки.
377, Специално образование. Професионално образование. Професионални училища.
378, Висше образование / Висши учебни заведения
677, Текстилна промишленост. Технология на текстилните материали.
678, Промишленост на високомолекулярните вещества. Каучукова промишленост. Пластмасова промишленост.
687, Шивашка промишленост.
745/749, Приложно изкуство. Художествени занаяти. Интериор. Дизайн.
658.512.23, Художествено конструиране (промишлен дизайн).

Адрес на редакцията:
1000 София, ул. "Г. С. Раковски" 108, стая 407, тел. 02 980 30 45
e-mail: textilejournal.editor@fnts.bg
www.bgtextilepublisher.org

Банкова сметка:
НТС ПО ТЕКСТИЛ, ОБЛЕКЛО И КОЖИ
ИН по ДДС: BG 121111930
Сметка IBAN: BG43 UNCR 9660 1010 6722 00

ISSN 1310-912X (Print)
ISSN 2603-302X (Online)
COBISS.BG-ID – 74291208
https://randii.nacid.bg/register/search/1987
ADOBE InDesign 65244684
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2026.0005

Списание Текстил и облекло
БРОЙ 5/2026

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

доц. д-р инж. Ивелин Рахнев, главен редактор
доц. д-р инж. Мария Спасова, ИП-БАН, технически редактор

проф. д-р Снежина Андонова
проф. д-р Десислава Грабчева
проф. дн Радостина Ангелова
проф. д-р Златина Казлачева
доц. д-р Радка Атанасова
доц. д-р Дарина Желева
доц. д-р Ива Добрева-Драгостинова
доц. д-р Стела Балтова
доц. д-р Татяна Христова-Поповска
доц. д-р Борислав Стоянов
доц. д-р Капка Манасиева
гл. ас. д-р Незабравка Попова-Недялкова
гл. ас. д-р Николай Божилов
д-р инж. Росица Николова Крюгер

ЧУЖДЕСТРАНЕН НАУЧЕН КОМИТЕТ

проф. дтн Жан-Ив Дреан – УЮЕ, Мюлуз, Франция
доц. д-р ЧУ Диьо Хуонг – ХУНТ, Ханой, Виетнам
проф. дтн Йордан Кьосев – ТУ – Дрезден, Германия
проф. д-р Горан Дембоски – Университет Св. св. Кирил и Методий, Скопие, Македония
проф. дтн Сабер Бен Абдесалем – Национално инженерно училище в Монастир, Тунис
проф. д-р Хале Каракаш – ТУ - Истанбул, Турция.
проф. д-р Драган Джорджевич - Университет на Ниш, Сърбия

ИНФОРМАЦИЯ ЗА АВТОРИТЕ

ПРАВИЛА ЗА ДЕПОЗИРАНЕ И ПУБЛИКУВАНЕ НА СТАТИИ

Подаването на докладите трябва да се адресира до редакцията на имейл: textilejournal.editor@fnts.bg
Докладите трябва да са написани на български език от български автори и на английски (работен език за чуждестранните автори).

Споразумение за прехвърляне на авторски права трябва да бъде подписано и върнато на нашата редакция по поща, факс или имейл, колкото е възможно по-скоро, след предварителното приемане на доклада. С подписването на това споразумение авторите гарантират, че целият труд е оригинален и не е бил публикуван, изпращан е само в списанието и че целият текст, данни, фигури и таблици, включени в труда са оригинални и непубликувани преди това или подавани другаде в каквато и да е форма. Процесът на рецензиране започва след получаване на този документ. В случай, че докладът вече е представян, той може да бъде публикуван в нашето списание, само ако не е бил публикуван в общодостъпни материали от конференцията; при такава ситуация трябва да се направи съответното изявление, което се поставя в редакционните бележки в края на статията.

Общи стил и оформление

Обемът на доклада не трябва да надвишава 12 стандартни страници (А4) в една колона (страница от 3600 знака), вкл. таблици и фигури. Форматът е MS Office Word (normal layout). Рецензентите си запазват правото да съкратят статията, ако е необходимо, както и да променят заглавията.

Заглавието на доклада не трябва да надвишава 120 знака.

Пълните имена на авторите, както и пълните наименования на институциите, в които работят - факултети, катедри, университети, институти, компании, град и държава трябва да са ясно посочени. Авторът за кореспонденция и неговият имейл трябва да бъдат също така указани.

Резюмето на доклада е задължително и не трябва да надвишава 250 думи.

Ключовите думи трябва да са в рамките на 4 до 6.

Формулите се номерират в последователен ред (с арабски цифри) и трябва да са споменавани в текста.

Фигурите се вграждат директно в текста в **формат JPG с минимум 300 dpi**. **Фигурите** трябва да са номерирани, със заглавие и обяснителен текст.

Таблиците също се вграждат в текста, номерират се последователно и се озаглавяват над самата таблица.

Повтарянето на информация трябва да се избягва.

Препратки: всички препратки в текста трябва да се цитират с числова последователност по ред на появяване в текста (изписвани чрез арабски цифри в латински скоби, напр. [1]) и изписани цифри в квадратни скоби според системата Ванкувър.

Повтарянето на информация трябва да се избягва.

Препратки: всички препратки в текста трябва да се цитират с числова последователност по ред на появяване в текста (изписвани чрез арабски цифри в латински скоби, напр. [1]) и изписани цифри в квадратни скоби според системата Ванкувър.

https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.01

ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ И УЛТРАЗВУКОВО БАГРЕНЕ НА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛНИ НАНОВЛАКНА

А. Сезай САРАЧ
ТУ – Истанбул, Турция

FUNCTIONALIZATION AND ULTRASONIC DYEING OF POLYACRYLONITRILE NANOFIBERS

A. Sezai Sarac
Istanbul Technical University, Polymer Science & Technology,
Maslak,34469, Istanbul, Turkiye
sarac@itu.edu.tr

Abstract:

The physicochemical behavior of a polymer is fundamentally dictated by its backbone architecture and the nature of its pendant groups, making post-polymerization functionalization a critical strategy for synthesizing systems with optimized characteristics. While polyacrylonitrile (PAN) possesses excellent mechanical and thermal resilience, its hydrophobic nitrile (-CN) groups and high crystallinity often impede dye penetration, resulting in poor color retention. To overcome these limitations, researchers integrate additional monomers, graft functional groups such as polyethylenimine (PEI), or utilize a two-stage hydrolytic activation . In the latter approach, the electrophilic carbon center of the nitrile group is subjected to a progressive nucleophilic transition within a controlled alkaline environment. Spectroscopic analysis confirms that these groups hydrate into intermediate amides (-CONH2) before converting into negatively charged carboxylate (-COO-) sites.

This multi-step hydrolysis significantly increases the polymer's hydrophilicity and negative surface charge, turning a hydrophobic material into an anionic substrate suitable for heavy metal adsorption or enhanced dyeability. These carboxylate sites serve as high-affinity docking points for cationic dyes, facilitating strong ionic bonding rather than simple physical coating. To ensure deep dye penetration into these dense nanofibers meshes, advanced processing technologies like ultrasonic-assisted dyeing are employed, utilizing cavitation effects to preserve fiber integrity. Furthermore, precise control of parameters, such as maintaining a temperature of approximately 80°C, is essential to open the fiber microstructure while preventing the degradation of mechanical properties. By integrating these surface modifications with advanced techniques, it is possible to develop functionalized PAN nonwoven textiles with good color fastness and scalable application potential.

Keywords: *Polyacrylonitrile (PAN), Nanofibers, Nitrile Hydrolysis, Cationic Dyeing, Surface Activation*

1. Introduction and Chemical Modification Principles

Polyacrylonitrile (PAN) is a cornerstone polymer widely utilized in the production of high-performance technical yarns and electrospun nanofibers due to its excellent carbon yield, thermal stability, and mechanical strength. In membrane technologies (such as ultrafiltration), PAN is traditionally classified as a moderately hydrophilic or low-fouling polymer owing to the presence of polar nitrile (−C≡N) groups within its molecular chain. However, this inherent water affinity is often insufficient for advanced engineering applications, necessitating surface modification strategies—such as blending, plasma treatments, or chemical grafting—to enhance surface energy and wettability.

The high density of surface nitrile groups poses a distinct challenge for conventional aqueous coloration processes, as their hydrophobic nature and tightly packed semicrystalline structures act as a barrier to dye diffusion (1). Traditional immersion dyeing often yields poor dye exhaustion and surface-only staining that lacks washing durability (2). Consequently, developing precise surface modification techniques that introduce reactive dyeing sites without degrading the underlying polymer backbone is essential for developed functionalized textiles.

The chemical conversion of PAN from an inert matrix to a highly dyeable substrate typically proceeds via a multi-step alkaline hydrolysis process (3). When exposed to a strong base (such as NaOH) under controlled thermal conditions, the electrophilic carbon of the nitrile group undergoes progressive nucleophilic attack (4). This hydrolytic pathway proceeds through a systematic transition:

• Hydration Phase: The nitrile group (−C≡N) is first converted into an intermediate amide group (−$CONH_2$). This stage is generally characterized by a localized decrease in polymer crystallinity and an initial boost in water affinity.

•Conversion Phase: Continued alkaline exposure transforms these intermediate amides into negatively charged carboxylate groups (−COO−). This transition introduces permanent ionic anchors throughout the accessible polymer matrix, substantially increasing hydrophilicity and promoting swelling in aqueous solutions (3, 5) (Figure 1)

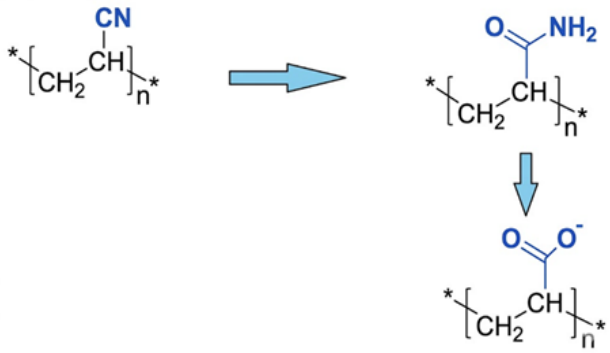


Figure 1. *Initial hydration step transforms the nitrile groups (Hydrophobic/Inert) into intermediate amides (Intermediate), and further converted into carboxylate groups (-COO-) (Hydrophilic/Anionic).*

To prevent the structural "melting," fusion, or complete degradation of delicate nonwoven electrospun fiber webs, the extent of this chemical transformation should be monitored. The progress of the reaction is quantitatively tracked using Fourier-Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy, where successful modification is verified by the reduction of the sharp nitrile stretching vibration at 2240 cm^{-1} and the concurrent emergence of a broad carbonyl (−C=O) peak near 1730 cm^{-1} (5, 7).

Alternatively, researchers can bypass oxygen-based hydrolysis entirely through the structural integration of comonomers or via specialized chemical grafting. For example, functionalizing the polymer backbone by copolymerizing acrylonitrile (AN) with methyl acrylate (MA) and a cationic third monomer, such as 2-aminoethyl methacrylate hydrochloride (AMA), creates high-affinity docking frameworks reactive toward anionic dyes (such as C.I. Reactive Red 2) (Figure 2).

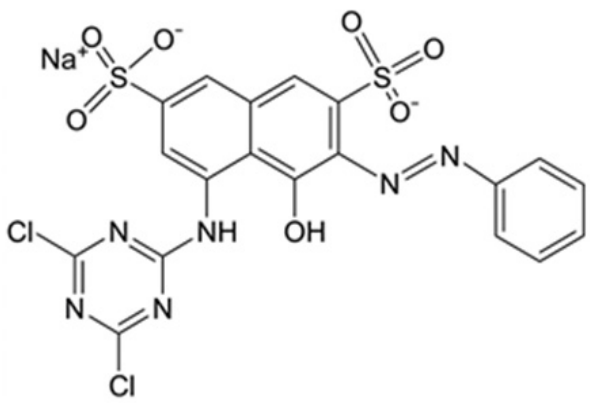


Figure 2. *Anionic dye (CI- Reactive Red 2)*

Similarly, grafting branched polymers like polyethylenimine (PEI) provides an alternative pathway. The amine groups of the PEI molecule act as strong nucleophiles that attack the hydrolysed nitrile carbons, generating a branched, nitrogen-rich architecture. PEI's primary and secondary amines act as nucleophiles to attack the electrophilic carbons on the pre-hydrolyzed PAN chains .This architecture establishes a highly dense population of positive ionic anchors suitable for coordinating a broad range of chemical dyes (6).(Figure 3)

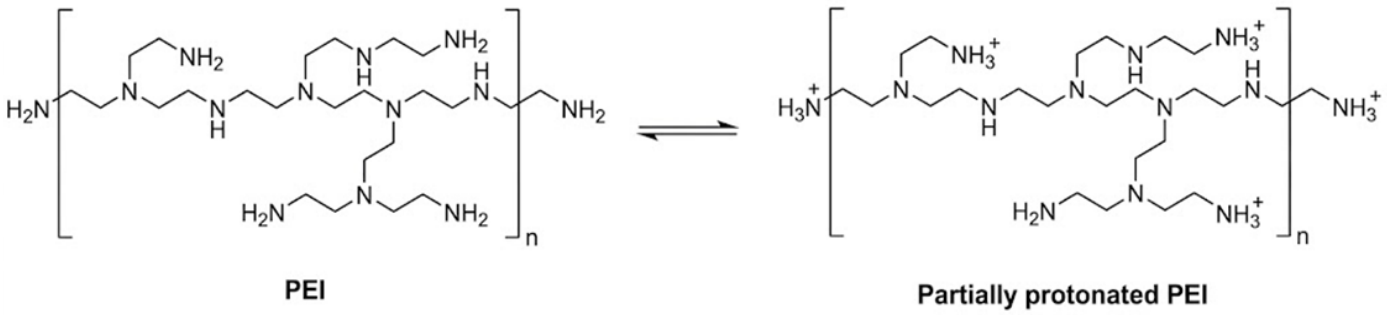


Figure 3. *Partial protonation of polyethylenimine*

2. Dyeing Mechanisms and Wastewater Remediation Applications

2.1 Cationic Dyeing

Once the surface nitrile groups of PAN are converted into anionic carboxylate sites, the fibers exhibit excellent affinity toward cationic (basic) dyes. The underlying coloration mechanism relies on robust electrostatic attraction, where the positively charged chromophore of the basic dye (D+) forms a durable ionic bond with the negatively charged carboxylate site (−COO−) on the modified polymer chain (8). (Figure 4)

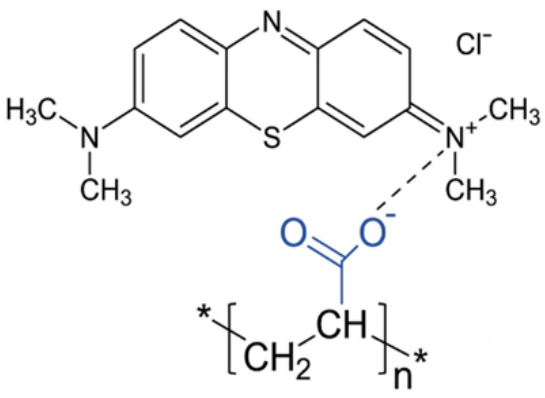


Figure 4*.Possible electrostatic interaction between Hydrolysed PAN & Methylene Blue (Basic Blue 9)*

These localized ionic linkages provide significantly higher wash- and light-fastness compared to the weak Van der Waals forces relied upon during disperse dyeing of untreated polymers.

The physical architecture of the textile substrate significantly influences the kinetics of both chemical activation and subsequent dye diffusion:

• Nanofibers: Because electrospun mats feature an enormous surface-area-to-volume ratio and high porous network density, the dye molecules reach active surface sites almost instantaneously. However, this high morphological sensitivity requires a lower concentration of alkali during the initial hydrolysis step to preserve structural web integrity.

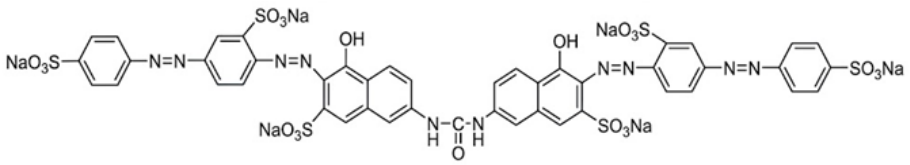
• Twisted Yarns: In compact, twisted PAN yarns, the chemical modifiers and dye liquors must penetrate deep into inter-fiber microspaces. The twist density directly limits the rate of chemical diffusion, requiring supplementary energy to achieve uniform coloration. To facilitate deep dye penetration without compromising fiber tensile strength, ultrasonic energy can be applied at elevated temperatures (e.g., 80°C). Sonication temporarily swells the polymer microstructure, resulting in high color yields (K/S values) even at low surface conversion levels (less than 15%) (9).

2.2 Anionic Dye Adsorption and Environmental Remediation

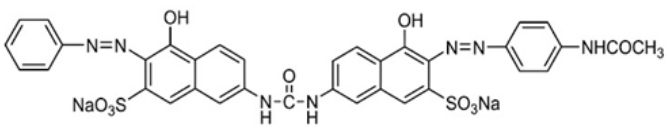
Beyond textile coloration, amine-functionalized PAN nanofibers serve as exceptional adsorbents for environmental remediation, particularly for the removal of anionic dyes from industrial wastewater (10). Electrospun PAN nanofiber webs can be chemically modified using various amine-containing compounds, including diethylamine (DEA), diethylenetriamine (DETA), and triethylenetetramine (TETA).

Attenuated Total Reflection (ATR) spectroscopy confirms that these amine groups successfully graft onto the fiber surface by reacting with the nitrile groups of PAN to form stable amide linkages. Atomic Force Microscopy (AFM) and Scanning Electron Microscopy (SEM) indicate that this functionalization increases surface roughness and introduces a highly intertwined fiber morphology driven by crosslinking.

Despite these structural alterations, the functionalized PAN (FPAN) nanofibers exhibit exceptional adsorption capacities for anionic model compounds, such as Direct Red 80 and Direct Red 23 (Figure .5) The total dye uptake is governed by operating parameters including initial pH, adsorbent dosage, contact time, and initial dye concentration. Equilibrium studies indicate that the adsorption behavior conforms to the Langmuir isotherm model, while the kinetic pathways adhere strictly to pseudo-second-order kinetics, rendering FPAN a highly scalable candidate for industrial wastewater treatment.



Direct Red 80



Direct Red 23

Figure 5. *Anionic dyes (Direct Red 80 and Direct Red 23)*

3. Conclusion

The conversion of inert nitrile groups into active ionic sites fundamentally transforms the surface functionalization of polyacrylonitrile substrates. By shifting the material from a hydrophobic state to a highly hydrophilic state with controllable zeta potentials, surface modifications open new pathways for advanced coloration and environmental applications. Combining precise chemical hydrolysis or amine grafting with auxiliary techniques like ultrasonic processing provides an efficient, scalable framework for producing vibrant, durable functional textiles and highly efficient wastewater treatment membranes.

References

[1] Sruthi, P. R.; Anas, S. An Overview of Synthetic Modification of Nitrile Group in Polymers and Applications. J. Polym. Sci. 2020, 58 (8), 1039–1061.

[2] Nezarati, R. M.; Eifert, M. B. Effect of Electrospinning Parameters on the Dyeability of PAN Nanofibers. Dyes Pigm. 2013, 99, 410–418.

[3] Jia, L.; Zhang, J.; Zhao, J. Surface Modification of PAN Nanofibers via Alkaline Hydrolysis. Mater. Lett. 2017, 192, 124–127.

[4] Litmanovich, A. D.; Plate, N. A. Alkaline Hydrolysis of Polyacrylonitrile. Polym. Sci. Ser. A 2002, 44, 1109–1114.

[5] Jia, L.; Zhang, J. Effect of Alkaline Hydrolysis on Cyclization Reaction of PAN Nanofibers. J. Appl. Polym. Sci. 2017, 134, 44619.

[6] Wang, J.; Li, X.; Wang, L.; Qin, X.; Cui, Y. Dyeing of Polyacrylonitrile Nanofibers with C.I. Reactive Red 2 Enabled by the Introduction of Polyethyleneimine. Text. Res. J. 2022, 92 (11–12), 2090–2099.

[7] Zhu, Z.; Liu, C.; Han, J. An Overview of Synthetic Modification of Nitrile Group in Polymers. J. Polym. Sci. 2013, 51, 3975–3984.

[8] Sariisik, A. M.; Erkan, G. Investigation of the Dyeability of Electrospun PAN Nanofiber Mats. J. Appl. Polym. Sci. 2012, 124, E237–E245.

[9] Jatoi, A. W.; Gianchandani, P. K.; Kim, I. S.; Ni, Q.-Q. Sonication Induced Effective Approach for Coloration of Compact Polyacrylonitrile (PAN) Nanofibers. Ultrason. Sonochem. 2019, 51, 399–405.

[10] Almasian, A.; Chizari Fard, G.; Parvinzadeh Gashti, M.; Mirjalili, M.; Mokhtari Shourijeh, Z. Surface Modification of Electrospun PAN Nanofibers by Amine Compounds for Adsorption of Anionic Dyes. Desalin. Water Treat. 2016, 57 (22), 10333–10348.

https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.02

БИОКОМПОЗИТИ НА БАЗА ЦЕЛУЛОЗА, КОМБИНИРАЩИ МЕТАЛНИ ЧАСТИЦИ И БИОАКТИВНИ ВЕЩЕСТВА: ОБЗОР

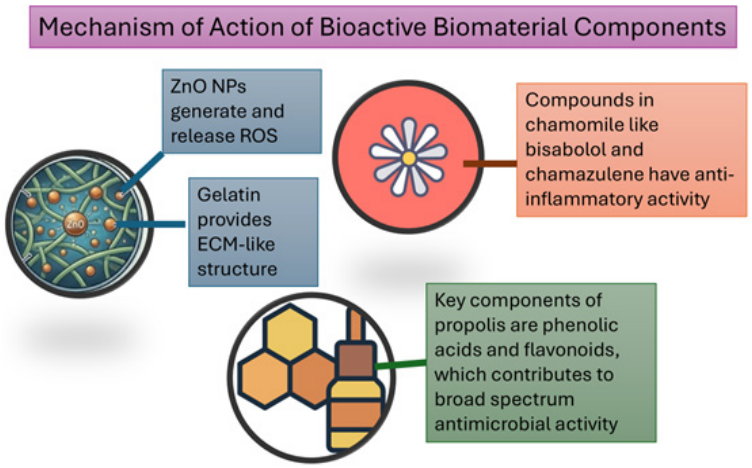
Мария Събева[1], Дарина Желева[1], Албена Бъчварова-Неделчева[2]
[1]Химикотехнологичен и металургичен университет, катедра „Текстил, кожи и горива“
[2]Институт по обща и неорганична химия – Българска академия на науките

CELLULOSE-BASED BIOCOMPOSITE MATERIALS COMBINING METAL PARTICLES AND BIOACTIVE COMPOUNDS: A REVIEW

Maria Sabeva[1], Darina Zheleva[1], Albena Bachvarova-Nedelcheva[2]
[1]University of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Textile, Leather and Fuels
[2]Institute of General and Inorganic Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences
mariasabeva.r@gmail.com

Abstract:

Innovations in the production of biomaterials and textiles are particularly important for improving the healing process of acute and chronic wounds. An interdisciplinary approach to the production of medical textiles enhances their properties and broadens their scope of application - drug delivery, moisture control, infection prevention, and real-time monitoring are just a few of the many purposes for which modern wound dressings can be used.



Different manufacturing techniques offer distinct advantages that make them more suitable for superficial or deeper wounds. Electrospinning is widely used to produce nanofibers that mimic the extracellular matrix, while weaving is employed to create a mechanically stable and flexible material. Some nonwoven wound dressings are chosen for their ability to adhere easily and securely to the wound.

Various additives and combinations of materials used in the manufacture of antibacterial dressings have been reported in the literature [1-4]. Among these, nanoscale metal oxides, particularly ZnO, stand out. The combination with gelatin, which provides a stable matrix resembling the extracellular matrix, has been shown to exhibit antibacterial activity against Gram-positive and Gram-negative bacteria (E. coli and S. aureus), as the zinc oxide particles generate and release superoxide radicals ($\cdot O_2^-$) [1]. Other biologically active substances also play a key role in making wound dressings effective in preventing infections. The antibacterial properties of hybrid materials containing chamomile [4] have been studied, as well as those containing a combination of ZnO and propolis [5].

Увод:

Иновациите в производството на биоматериали и текстил са от особено значение за подобряване на заздравителният процес на остри и хронични рани. Интердисциплинарният подход към производството на медицински текстил подобрява неговите свойства и разширява областта му на приложение - доставка на лекарства, контрол на влажността, превенция на инфекции и мониторинг в реално време, са само част от многобройните цели, за които може да служи съвременната превръзка за рани.

Различните техники на производство имат различни предимства, които ги правят по-подходящи за повърхностни или по-дълбоки рани. Електроовлакняването широко се използва за производството на нановлакна, имитиращи извънклетъчната матрица, а тъкането се прилага за получаването на механично стабилен и гъвкав материал. Някои нетъкани превръзки се избират заради способността им да се фиксират лесно и сигурно върху раната.

Различни добавки и комбинации от материали, които се прилагат при изготвянето на антибактериални превръзки, са докладвани в литературата [1-4]. Сред тях се открояват наноразмерни метални оксиди, в частност ZnO. Комбинацията с желатин, който осигурява стабилна матрица, наподобяваща екстрацелуларния матрикс, е доказано, че проявява антибактериално действие срещу грам-положителни и грам-отрицателни бактерии (E. coli и S. aureus), тъй като частиците цинков оксид създават и освобождават супероксидни радикали (·O2−) [1]. Откроряват се и други биологично активни вещества, които правят превръзките за рани ефективни в превенцията на инфекции. Изследвани са антибактериалните свойства на хибридни материали, съдържащи лайка [4], както и на такива съдържащи комбинация от ZnO и прополис [5].

Превръзки за рани. Хидрогелове:

Раните се характеризират като нарушение в цялостта на епителната покривка на кожата или лигавицата в резултат на физическо или термично увреждане. Според продължителността и естеството на оздравителния процес, раните се категоризират като остри и хронични [6-8]. Разработени са различни типове превръзки за рани. Въпреки това, липсва отличаващ се продукт, който да предлага антибактериална среда, която да е подходяща за успешното лечение на хронични рани като язви, рани от диабет, както и дълбоки рани [7]. Нарушаването на нормалния процес на заздравяване на раните и образуването на хронични, трудно заздравяващи рани, както и травматичната подмяна на конвенционални текстилни превръзки са най-честите причини за влошаване на качеството на живот на пациентите [9,10]. Хидрогеловете са изключително перспективни за приложение като превръзки за рани поради своите отлични биохимични и механични свойства [11].

Хидрогелните превръзки са водещи в грижата за рани поради способността им да поддържат влажна среда и да намаляват болката, но настоящите пазарни решения все още срещат пречки като висока цена и слаба механична стабилност [12]. Въпреки тези лимитиращи фактори, разработването на функционални хидрогелни превръзки е от ключово значение за справянето с хронични сухи или следоперативни рани, както и такива, причинени от изгаряне.



Фигура 1. *Стъпки за избор на превръзка - изображение, генерирано с помощта AI (Gemini)*

Цинков оксид като антибактериален агент за превръзки за рани:

Нанокомпозитни съединения като метални соли и метални оксиди притежават определена активност срещу някои добре познати патогенни микроорганизми. Метални оксиди като TiO2, ZnO, MgO и CaO са от особен интерес поради тяхната стабилност и като цяло са считани за безопасни материали за хора и животни. Металните наночастици се характеризират с наличие на по-голяма контактна повърхност, в резултат на което се разтварят по-бързо в даден разтвор в сравнение с по-големите частици, отделяйки следователно по-голямо количество метални йони, а от там и антимикробния им ефект е по-силен. Друго тяхно предимство е, че лесно се вграждат в полимерните матрици на влакната. Установено е, че антибактериалната активност е обратнопропорционална на размера на наночастиците, т.е. колкото наночастиците са с по-малък размер, толкова е по-висока антибактериалната им активност [13].

Сред различните метални оксиди, наночастиците ZnO, които проявяват ефективна бактерицидна активност срещу Грам-положителни и Грам-отрицателни патогени, както и бактерии устойчиви на високо налягане и топлина, са широко използвани като антимикробни агенти. Изследвани са някои антибактериални механизми, а именно: ZnO може да се свърже с клетъчната мембрана и да предизвика повишена пропускливост на мембраната и клетъчен лизис. Освен това, освободените цинкови йони могат да стимулират растежа на фибробластите и миграцията на кератиноцитите, като по този начин подобряват възстановяването на тъканите по време на заздравяването на рани. Отрицателните заряди на ZnO могат да влязат в контакт с положителните повърхностни заряди на бактериалната клетъчна стена [14,15]. Включване на наночастиците от цинков оксид в памучни тъкани се използва за увеличаване антимикробната способност на произвежданите дишащи нетъкани хигиенни продукти [13].

Механизмите на антибактериално действие на ZnO наночастиците могат да бъдат обобщени по следния начин: увреждане на клетъчната мембрана; свързване с протеини

и ДНК; генериране на реактивни кислородни видове (ROS); нарушаване на процесите на бактериална ДНК амплификация (това е процесът на създаване на копия на определен ген, използвайки верижна реакция на полимераза) и промяна; често понижаване на експресията на широк спектър от гени (експресия е процесът, при който наследствената информация в гена, последователността от двойки бази на ДНК, се превръща във функционален генен продукт, например белтък или РНК). [16] Когато бактериите влязат в контакт с наночастици от различни метални оксиди, се образуват реактивни кислородни видове (ROS). Освен, че потискат определени ензими, металните йони, генерирани от наночастиците, влияят върху дихателната верига. Това води до образуване и последващо натрупване на синглетен кислород, хидроксилни радикали, водороден пероксид и супероксидни аниони, както и други реактивни кислородни видове (ROS). Протеините и ДНК в бактериалната клетка са податливи на увреждане от ROS. [16].

На база докладваните в литературата данни, концентрации на MIC (минимална инхибираща концентрация) за наночастиците от ZnO обхващат много широк диапазон: от ~5 μg/mL до >60 mg/mL, като повечето химически синтезирани наночастици от ZnO (с размери 10–50 nm) показват стойности на MIC в диапазона ~25–128 μg/mL спрямо чувствителни бактерии. Конкретната стойност на MIC зависи основно от размера на частиците, целевата бактерия, повърхностни модификации и метода на синтез [17-19].

Текстилен материал като превръзка:

Целулозните текстилни влакна са широко прилагани в медицински текстилни изделия: превръзки за рани; за трансдермална доставка на лекарствени препарати; също така и като козметичен текстил за доставяне до кожата на широка гама от БАВ както с антимикробни, така и с други биологично-активни свойства [20].

Целулозните материали притежават уникални медицински и лечебни свойства, като например биоразградимост, нетоксичност, мекота, добра абсорбция, хигроскопичност. Те са най-използваната суровина в текстилната промишленост, поради свойства като удобство при носене, гъвкавост, водопоглъщаемост, дишане. Памучните изделия обаче имат недостатък, т.е. осигуряват благоприятна среда за развитие на микроби (бактерии, гъбички, водорасли, вируси, мухъл, плесен, дрожди и т.н.), поради голямата си повърхност и способността да задържат влага. Растежът или т.нар. пролиферация на микроорганизми върху текстила причинява набор от нежелани ефекти не само върху самия текстил, но и върху човека.

Съвременните превръзки за рани имат някои големи недостатъци, включително ниска абсорбция на течности от раната, ниска гъвкавост, склонност към прилепване към повърхността на раната, слаба механична якост и липса на подходяща и влажна среда за зарастване на рани.

В допълнение, по-голямата част от настоящите превръзки за рани не притежават антимикробна активност. Освен като външна абсорбираща и защитна превръзката се използва и за доставката на масла, лосиони, лекарствени агенти, като антисептичен адсорбент и при оказване на първа помощ. Хирургическите и други марли осигуряват абсорбиращи материали с достатъчна якост на опън за хирургическа превръзка. Има различни видове, изработени от рехаво тъкана памучна марля, както и нетъкани текстилни материали [13].

Желатинът като матрица за хидрогелни превръзки:

Желатинът е нетоксична естествена биомакромолекула, съставена от биоактивни полипептиди, получени от колаген от животинска

кожа, кости и съединителни тъкани. Желатинът е протеин, получен чрез частична хидролиза на естествения колаген. Поради своята уникална химична и физична природа желатинът се използва като: носител на лекарства; матрица за триизмерна клетъчна култура и като компонент на скеле за тъканно инженерство [17,18].

Химически желатинът представлява смес от пептиди и протеини, образувани при частична деструкция на колагеновите фибрили. Основните аминокиселини, влизащи в състава му, са: глицин (≈30%), пролин и хидроксипролин (≈25%), които определят стабилността и способността за образуване на тройна спирална структура [21].

Едно от най-характерните свойства на желатина е способността му да образува термообратими гелове. При температура под 35°C желатиновите разтвори се желират, а при нагряване отново се втечняват. Тази особеност позволява лесно оформяне на филми, покрития и микрочастици чрез контрол на температурата и концентрацията. Като биоматериал желатинът се характеризира с няколко отличителни свойства: естествен полимер, който не показва антигенност, напълно резорбируем „in vivo“ и неговите физикохимични свойства могат да бъдат подходящо модулирани. Освен това, поради големия брой функционални странични групи, които съдържа, желатинът лесно се подлага на химическо омрежване, което е много важно за възможната му употреба като биоматериал за медицински текстилни изделия [13].

В областта на медицинския текстил желатинът се използва за повърхностно модифициране на влакна и нетъкани структури, като подобрява тяхната биосъвместимост, хидрофилност и адхезия на активни вещества [22].

Покритията на основата на желатин могат да бъдат нанасяни чрез потапяне, напръскване или електроовлакняване, а получените материали често демонстрират добра клетъчна адхезия и ускорено заздравяване на рани.

При комбинации с антимикробни агенти, сребърни, цинкови, титаниеви и други йони или етерични масла, желатиновите покрития проявяват допълнителна биофункционалност - предотвратяват бактериален растеж, като същевременно поддържат влажна среда, благоприятна за регенерация на тъканите.

Основните предимства на желатина като материал за медицински текстил са: отлична биосъвместимост и биоразградимост; възможност за контролирано освобождаване на активни вещества; ниска цена и достъпност на суровината; лесна обработка чрез водни разтвори без нужда от токсични разтворители. Недостатъците включват ограничена механична устойчивост, чувствителност към влага и температура, както и необходимост от омрежване за повишаване на стабилността при контакт с биологични течности. Въпреки това, чрез подходящо комбиниране с други полимери или стабилизатори, тези ограничения могат да бъдат успешно преодолени.

Оксицелулозата в памучната тъкан има много реактивни алдехидни групи, които могат да реагират с амино групите в молекулата на колагена. За да се увеличи способността на свързване, обикновено се добавя диалдехидно съединение като омрежващ агент. Най-често изпалзваното диалдехидно съединение е глутаровия алдехид. Диалдехидното съединение има две реактивоспособни алдехидни групи. Всички алдехидни групи реагират с аминогрупата на колагена. Протича омрежването между колагена и памука, без да се нарушават физичните и механичните свойства на памука, което може ефективно да подобри устойчивостта на пране и устойчивостта на свързване на целулозните тъкани и колагена [20,23].

Предимството на желатина като носител за контролирано освобождаване на лекарства е,

че терапевтичният агент може да бъде въведен в желатиновата матрица при меки условия. Желатиновите хидрогели се използват и като матрица за контролирано освобождаване на различни растежни фактори, за които е известно, че подобряват костното образуване. Изследвано е и успешно интегриран bFGF (базов фибробластен растежен фактор) в желатинови хидрогели с кисело pH, имплантирани в череп на заек, което води до локализирано освобождаване в продължение на 12 седмици [17,19,24].

Антибактериални свойства на лайка:

Редица източници съобщават за използването на естествени материали като растителни екстракти или етерични масла - куркума, алое вера, нийм, мащерка, здравец, цветове от бодлива плява, екстракти от гранат и тулси (Ocimum basilicum), чаено дърво и др., за повишаване на антимикробната активност на памучните тъкани. Естествените антимикробни текстилни покрития на растителна основа имат сложни химически структури, не всички от които са антимикробни. За много от тези вещества, бактерицидния механизъм не е добре известен [13].

Лайката има невероятно богат биохимичен състав от фенолни киселини - галова, ванилова, ферулова, кафеена, розмаринова, салицилова и хидробензоена, като доминираща е изохлорогеновата киселина; аминокиселини - пролин, аланин, аспарагин; флавоноиди - мирицетин, наринген, кверцетин, апигенин, кампферол и др., кумарини, голям брой минерали, от които най-голям процент са калиевите соли и силицият и др.

Сесквитерпените, флавоноидите, кумарините и полиацетилените се считат за най-важните съставки на лайката. Повече от 120 химически съставки са идентифицирани в цвета на лайка като вторични метаболити и 52 допълнителни съединения с потенциална фармакологична активност.

Компонентите хамазулен и бизаболол учените смятат, че имат най-голямо значение за противовъзпалителните, антисептични, антипиретични и спазмолитични ефекти на билката, а умелиферон е с много висок фунгициден ефект.

Лайката (видове като Matricaria recutita и Chamaemelum nobile) е естествен древен природен лек с доказани антибактериални и оздравителни свойства, което я прави изключително подходяща за употреба при превръзки на рани.

• Антибактериална активност срещу патогени

Етеричното масло от Matricaria recutita съдържа активни съединения като α-бисаболол, хамазулен и флавоноиди, които проявяват антимикробна активност срещу бактерии, често свързани с инфекции на рани, включително Staphylococcus aureus, Escherichia coli и Pseudomonas aeruginosa [25].

• Подобрено затваряне на рани и заздравяване

При животински модели, водните екстракти от Matricaria recutita, прилагани перорално (120 mg/kg/ден), водят до 61% редуциране на площта на раната до 15-ия ден в сравнение с 48% при контролната група, заедно с по-бърза епителизация и значително по-висока якост на разкъсване на раната [26].

• Сравнение със стандартните антибиотици

Маз от римска лайка (C. nobile) (5% екстракт), нанесена локално върху рани, инфектирани с P. aeruginosa при плъхове, демонстрира по-бързо заздравяване и значителна антибактериална активност в сравнение с тетрациклинова маз. Това доказва обещаващия потенциал на лайката за борба с инфекции на рани, причинени от бактерии, резистентни към антибиотици [27].

• Приложение в превръзки за изгаряния

Доказано е, че екстрактът от Matricaria chamomilla

ускорява заздравяването на кожни изгаряния при плъхове, което предполага неговата пригодност като биоактивен компонент в превръзки за лечение на изгаряния [28].

В обобщение, екстрактите и етеричните масла от лайка, когато се включват в превръзки за рани (например мехлеми, гелове или хидрогелове), осигуряват двойна полза: директно антибактериално действие срещу патогени в раните и стимулиране на регенерацията на тъканите чрез засилено свиване на раната, отлагане на колаген и епителизация [2,4].

Лечебни свойства на прополиса:

Историята на прополиса е толкова древна, колкото и самото пчеларство. Още древните египтяни и гърци са познавали неговите забележителни лечебни свойства и са го използвали активно в своята медицинска практика. Самото наименование идва от гръцките думи „προ“ (про) и „πολις“ (полис), означаващи „пред града“ или „защита на града“ - название, което перфектно отразява неговата защитна функция както в пчелния кошер, така и в човешкия организъм. В различни култури той е познат под различни имена, като клей или „пчелен клей“, всяко от които подчертава някоя от неговите характерни особености.

Прополисът представлява уникална природна субстанция, смолисто вещество, събирано от пчелите от пъпки на дървета, сок от растения и други растителни източници. Неговият химичен състав варира в зависимост от географския произход, сезона и растителния източник, но той постоянно проявява силно антимикробно действие [29].

Този забележителен продукт се отличава със своя характерен външен вид и консистенция, които варират в зависимост от източника и сезона на събиране. Цветът му може да бъде от светложълт през различни нюанси на зеленото до тъмнокафяв или дори почти черен, което отразява богатството на неговия произход и състав.

При стайна температура прополисът има твърда и леко лепкава консистенция, която при затопляне става по-мека и еластична. Една от най-важните му физични характеристики е специфичната разтворимост - той се разтваря слабо във вода, но показва отлична разтворимост в спирт и други органични разтворители, което е от ключово значение за създаването на различни лечебни препарати.

В сърцето на лечебните свойства на прополиса стои неговият изключително богат и сложен химичен състав. Особено важно място в състава заемат флавоноидите и другите полифеноли, които определят голяма част от лечебните му свойства. Присъствието на витамини, особено от група В, минерални вещества и микроелементи допълнително обогатява неговата хранителна и терапевтична стойност. Етеричните масла му придават характерния аромат и допринасят за антимикробното му действие.

Антибактериалното действие на прополиса се дължи на синергичното взаимодействие на множество биоактивни съединения, предимно флавоноиди (като пиноцембрин, галангин и кверцетин), фенолни киселини (напр. кафеена киселина и нейните естери) и ароматни съединения [29].

Основните механизми на антибактериалното действие на прополиса включват:

• Нарушаване на целостта и пропускливостта на бактериалната клетъчна мембрана, което води до изтичане на цитоплазменото съдържание и загуба на мембранния потенциал [29]

• Потискане на бактериалната подвижност и ензимната активност, което нарушава жизненоважни метаболитни пътища [29].

• Потискане на образуването на биофилм - критичен фактор на патогенност, който затруднява заздравяването на раните и допринася

за хроничните инфекции [29].

Прополисът проявява широкоспектърна активност както срещу грам-положителни бактерии (напр. S. aureus, Streptococcus spp.), така и срещу грам-отрицателни бактерии (напр. Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli), както и срещу някои гъбички [30,31].

Приложение на прополиса в превръзките за рани:

Прополисът се включва в различни биокомпозитни превръзки за рани поради неговите антибактериални, противовъзпалителни, антиоксидантни и регенеративни свойства. Изследвани са различни подходи:

• Полиуретанови превръзки с покритие съдържащо прополис:

Изследвано е разработването на пореста полиуретанова превръзка за рани, покрита с прополис. Тази превръзка проявява отлична антибактериална активност срещу S. aureus и E. coli, запазвайки висока порьозност, необходима за газообмена и абсорбцията на ексудат, и значително ускорява затварянето на рани в in vivo миши модели в сравнение с контролата без покритие от прополис [32].

• Функционални колаген/хитозан превръзки, с включени прополис и ZnO:

Нов функционален гел за превръзки е разработен чрез включването на наноструктури от цинков оксид, наситени с прополис, в основа от морски колаген и хитозан с цел ускоряване на заздравяването на раните. Структурният анализ е показал, че добавянето на прополис преобразува цинковия оксид от агломерирани сфери в пръчковидни и пластинчати наноструктури с подобрена повърхностна стабилност. Доказано е, че получените нанокомпозитни гелове проявяват значителна синергична антимикробна активност срещу различни патогени, като концентрацията с 10% прополис показва най-високи нива на инхибиране срещу бактерии като E. coli. Тестове in vivo върху плъхове потвърждават, че този функционализиран гел значително ускорява затварянето на рани, постигайки до 94,31% свиване, като същевременно стимулира по-добро отлагане на колаген и реепителизация [5].

Прополисът е ефективен природен антибактериален агент, който действа чрез множество механизми, включително разрушаване на клетъчната мембрана, инхибиране на ензими и потискане на формирането на бактериален биофилм. Включването му в превръзки за рани, като полимерни пени, биоцелулозни мембрани и формулировки с наночастици, осигурява мултифункционален медицински продукт, който едновременно се бори с инфекциите, намалява възпалението и подпомага регенерацията на тъканите.

Заключение:

Анализът на научната литература показва нарастваща необходимост от разработването на ново поколение функционални превръзки за рани, които съчетават добрите механични свойства на целулозните текстилни материали с активна антибактериална защита и стимулиране на оздравителния процес.

Желатиновите хидрогелове са перспективни матрици за приложение при лечение на рани поради своята биосъвместимост, биоразградимост и способност да имитират естествения извънклетъчен матрикс, като същевременно осигуряват възможност за ефективно включване и контролирано освобождаване на биологично активни вещества.

Наноразмерният ZnO е един от най-перспективните метални оксиди за приложение в биомедицината благодарение на широкоспектърното си антибактериално действие, реализирано чрез генериране на реактивни кислородни форми, освобождаване на Zn2+ йони и директно увреждане на

бактериалната клетъчна обвивка.

Литературните данни показват, че комбинирането на ZnO с природни биологично активни вещества, като прополис и екстракт от лайка, води до синергично усилване на антибактериалното действие и едновременно стимулира процесите на регенерация на тъканите, което разширява възможностите за приложение на тези композитни материали при лечение на хронични и инфектирани рани.

Литература:

[1] Chen, Y.; Lu, W.; Guo, Y.; Zhu, Y.; Song, Y. Electrospun Gelatin Fibers Surface Loaded ZnO Particles as a Potential Biodegradable Antibacterial Wound Dressing. Nanomaterials 2019, 9, 525, doi:10.3390/nano9040525.

[2] Shokrollahi, M.; Bahrami, S.H.; Nazarpak, M.H.; Solouk, A. Multilayer Nanofibrous Patch Comprising Chamomile Loaded Carboxyethyl Chitosan/Poly(Vinyl Alcohol) and Polycaprolactone as a Potential Wound Dressing. International Journal of Biological Macromolecules 2020, 147, 547-559, doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.01.067.

[3] Koupai, A.A.; Varshosaz, J.; Tavakoli, M.; Mirhaj, M.; Salehi, S.; Dobakhti, F. Multifunctional Tri-Layer Wound Dressing Containing ZnO Nanoparticles and IGF-1 as an Efficient Biomaterial for Healing of Full Thickness Skin Injuries. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences 2025, 20, 101039, doi:10.1016/j.ajps.2025.101039.

[4] Motealleh, B.; Zahedi, P.; Rezaeian, I.; Moghimi, M.; Abdolghaffari, A.H.; Zarandi, M.A. Morphology, Drug Release, Antibacterial, Cell Proliferation, and Histology Studies of Chamomile-Loaded Wound Dressing Mats Based on Electrospun Nanofibrous Poly(ε-Caprolactone)/Polystyrene Blends. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials 2014, 102, 977-987, doi:10.1002/jbm.b.33078.

[5] Zayed, H.S.; Saleh, S.; Omar, A.E.; Saleh, A.K.; Salama, A.; Tolba, E. Development of Collagen-Chitosan Dressing Gel Functionalized with Propolis-Zinc Oxide Nanoarchitectonics to Accelerate Wound Healing. International Journal of Biological Macromolecules 2024, 261, 129665, doi:10.1016/j.ijbiomac.2024.129665.

[6] Szycher, M.; Lee, S.J. Modern Wound Dressings: A Systematic Approach to Wound Healing. J Biomater Appl 1992, 7, 142–213, doi:10.1177/088532829200700204.

[7] Dhivya, S.; Padma, V.V.; Santhini, E. Wound Dressings - a Review. BioMed 2015, 5, 22, doi:10.7603/s40681-015-0022-9.

[8] Robson, M.C.; Steed, D.L.; Franz, M.G. Wound Healing: Biologic Features and Approaches to Maximize Healing Trajectories. Curr Probl Surg 2001, 38, 72-140, doi:10.1067/msg.2001.111167.

[9] Brumberg, V.; Astrelina, T.; Malivanova, T.; Samoilov, A. Modern Wound Dressings: Hydrogel Dressings. Biomedicines 2021, 9, 1235, doi:10.3390/biomedicines9091235.

[10] Alberts, A.; Moldoveanu, E.-T.; Niculescu, A.-G.; Grumezescu, A.M. Hydrogels for Wound Dressings: Applications in Burn Treatment and Chronic Wound Care. Journal of Composites Science 2025, 9, 133, doi:10.3390/jcs9030133.

[11] Liang, Y.; He, J.; Guo, B. Functional Hydrogels as Wound Dressing to Enhance Wound Healing. ACS Nano 2021, 15, 12687-12722, doi:10.1021/acsnano.1c04206.

[12] Koehler, J.; Brandl, F.P.; Goepferich, A.M. Hydrogel Wound Dressings for Bioactive Treatment of Acute and Chronic Wounds. European Polymer Journal 2018, 100, 1-11, doi:10.1016/j.eurpolymj.2017.12.046.

[13] Десислава С. Ангелова, Методи за модификация на памучна тъкан с желатин – глутаров алдехид и ZnO наночастици, Дипломна работа, 2022.

[14] Jiang, Y.; O'Neill, A.J.; Ding, Y. Zinc Oxide Nanoparticle-Coated Films: Fabrication, Characterization, and Antibacterial Properties. Journal of Nanoparticle Research 2015, 17.

[15] One Step In-Situ Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles for Multifunctional Cotton Fabrics Available online: https://www.mdpi.com/1996-1944/14/14/3956 (accessed on 29 June 2026).

[16] Mohammed, A.M.; Mohammed, M.; Oleiwi, J.K.; Ihmedee, F.H.; Adam, T.; Betar, B.O.; Gopinath, S.C.B. Comprehensive Review on Zinc Oxide Nanoparticle Production and the Associated Anti-

bacterial Mechanisms and Therapeutic Potential. Nano Trends 2025, 11, 100145, doi:10.1016/j.nwnano.2025.100145.
[17] Zhang, Z.; Ortiz, O.; Goyal, R.; Kohn, J. Biodegradable Polymers. In Handbook of Polymer Applications in Medicine and Medical Devices; Elsevier, 2014; pp. 303-335 ISBN 978-0-323-22805-3.
[18] Alipal, J.; Mohd Pu'ad, N.A.S.; Lee, T.C.; Nayan, N.H.M.; Sahari, N.; Basri, H.; Idris, M.I.; Abdullah, H.Z. A Review of Gelatin: Properties, Sources, Process, Applications, and Commercialisation. Materials Today: Proceedings 2021, 42, 240-250, doi:10.1016/j.matpr.2020.12.922.
[19] Yamada, K.; Tabata, Y.; Yamamoto, K.; Miyamoto, S.; Nagata, I.; Kikuchi, H.; Ikada, Y. Potential Efficacy of Basic Fibroblast Growth Factor Incorporated in Biodegradable Hydrogels for Skull Bone Regeneration. Journal of Neurosurgery 1997, 86, 871-875, doi:10.3171/jns.1997.86.5.0871.
[20] Xuemin Hu. Application of Dyeing Method in Preparation of Collagen Modified Cotton, 5th International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering (ICADME 2015)
[21] Johnston-Banks, F.A. (1990). Gelatine. In: Harris, P. (eds) Food Gels. Elsevier Applied Food Science Series. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0755-3_7
[22] Petros, Seblewongel, Tesfaye, Tamrat, Ayele, Million, A Review on Gelatin Based Hydrogels for Medical Textile Applications, Journal of Engineering, 2020, 8866582,12. https://doi.org/10.1155/2020/8866582
[23] Xiaoxu Teng, Lili Wang, Wei Ma, Shufen Zhang, Jinzong Yang. Preparation of cationic cotton with two-bath pad-bake process and its application in salt-free dyeing. Carbohydrate Polymers, Vol. 1 (2009), P.783
[24] Yamamoto, M.; Ikada, Y.; Tabata, Y. Controlled Release of Growth Factors Based on Biodegradation of Gelatin Hydrogel. J. Biomater. Sci. Polym. Ed. 2001, 12, 77–88, doi:10.1163/156856201744461.
[25] Kazemi, M. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil of Matricaria Recutita. International Journal of Food Properties 2014, doi:10.1080/10942912.2014.939660.
[26] Shivananda Nayak, B.; Sivachandra Raju, S.; Chalapathi Rao, A.V. Wound Healing Activity of Matricaria Recutita L. Extract. Journal of Wound Care 2007, doi:10.12968/jowc.2007.16.7.27061.
[27] Kazemian, H.; Ghafourian, S.; Sadeghifard, N.; Houshmandfar, R.; Et., A. In Vivo Antibacterial and Wound Healing Activities of Roman Chamomile (Chamaemelum Nobile). Infectious Disorders - Drug Targets 2018, doi:10.2174/1871526516666161230123133.
[28] Jarrahi, M. An Experimental Study of the Effects of Matricaria Chamomilla Extract on Cutaneous Burn Wound Healing in Albino Rats. Natural Product Research 2008, doi:10.1080/14786410701591713.
[29] Oryan, A.; Alemzadeh, E.; Moshiri, A. Potential Role of Propolis in Wound Healing: Biological Properties and Therapeutic Activities. Biomedicine & Pharmacotherapy 2018, doi:10.1016/j.biopha.2017.12.069.
[30] Machado Velho, J.C.; França, T.A.; Malagutti-Ferreira, M.J.; Albuquerque, E.R.; Lívero, F.A.D.R.; Soares, M.R.; Soares, A.E.E.; Ribeiro-Paes, J.T. Use of Propolis for Skin Wound Healing: Systematic Review and Meta-Analysis. Arch Dermatol Res 2022, 315, 943–955, doi:10.1007/s00403-022-02455-8.
[31] Marquele-Oliveira, F.; da Silva Barud, H.; Torres, E.C.; Machado, R.T.A.; Et., A. Development, Characterization and Pre-Clinical Trials of an Innovative Wound Healing Dressing Based on Propolis (EPP-AF®)-Containing Self-Microemulsifying Formulation Incorporated in Biocellulose Membranes. International Journal of Biological Macromolecules 2019, doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.05.135.
[32] Khodabakhshi, D.; Eskandarinia, A.; Kefayat, A.; Rafienia, M.; Et., A. In Vitro and in Vivo Performance of a Propolis-Coated Polyurethane Wound Dressing with High Porosity and Antibacterial Efficacy. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 2019, doi:10.1016/j.colsurfb.2019.03.010.

https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.03

ОРТОГОНАЛЕН АНАЛИЗ НА ГЕОМЕТРИЯТА НА НАДИПЛЯНЕ НА КРЪГЛИ ПОЛИ

Ружица Стевковска Стояновска*[1], Горан Дембоски[1]
Катедра по текстилно инженерство, Университет „св. св. Кирил и Методий“ в Скопие, Факултет по технология и металургия, Северна Македония

ORTHOGONAL ANALYSIS OF THE DRAPING GEOMETRY OF CIRCULAR SKIRTS

Ruzica Stevkovska Stojanovska*[1], Goran Demboski[2]
[1’2]Department of Textile Engineering, University “Ss. Cyril and Methodius” in Skopje, Faculty of Technology and Metallurgy, North Macedonia
[1]ruzicass@tmf.ukim.edu.mk,
[2]goran@tmf.ukim.edu.mk,

Abstract:

The aesthetic and functional performance of a garment is largely determined by its draping geometry, which results from the complex interaction between fabric mechanical properties and the cut and construction of a given style. Drape is conventionally evaluated through the projected silhouette generated when a textile sample or garment falls freely under its own weight, most commonly via the Cusick drape test and its derivative image-analysis methods. The paper investigates an orthogonal draping geometry of selected garment styles, of varying number of seams, in which two-dimensional orthogonal projections of the draped form are extracted, digitized, and quantitatively compared across style variants. The methodology combines image-processing techniques to determine key drape parameters—draped area, perimeter, node number, and node geometry—for each analyzed style. The orthogonal projection approach allows the spatial fold distribution and asymmetry of the draped form to be assessed independently along defined cross-sectional planes, providing a more detailed geometric description than the conventional single-plane drape coefficient. The results clarify how style-specific construction parameters (e.g., flare, seam placement, length) influence the resulting draping geometry and support more accurate prediction and design of garment drape behavior.

Keywords: *drape geometry, skirt style, seams, image analysis.*

INTRODUCTION

The draping behaviour of a textile material is one of the most important visual and functional characteristics of a final garment, since it directly affects how a fabric conforms to the body and forms folds under its own weight [1]. Drape is not a simple, single-valued fabric property; rather, it emerges from a combination of low-stress mechanical parameters— bending rigidity, shear stiffness, weight, and thickness— together with the geometry of the pattern pieces and the way of assembling it into a finished style [2]. For this reason, drape behaviour measured on a flat fabric sample does not always correspond directly to the drape exhibited by the same fabric once it has been cut and sewn into a specific garment style, which has motivated continued research into methods that connect fabric-level drape testing with style-level (garment-level) drape assessment [1].

The most widely used reference method for drape evaluation remains the Cusick drape test, in which a circular fabric specimen is suspended over a smaller circular support and the projected shadow of the draped sample is analysed to calculate the drape coefficient and the number of nodes (folds). Over time, this principle has been adapted from simple photographic shadow analysis to digital image-processing techniques, enabling more precise and repeatable extraction of the draped contour, draped area, and circularity of the projected shape [3]. In parallel with physical testing, the rapid development of 3D garment simulation software (CLO3D, OptiTex, Style3D, Browzwear) has enabled drape analysis to be performed directly on virtual garment prototypes rather than on flat fabric swatches alone [4,5]. In this context, orthogonal projection has become a key analytical tool: the draped 3D garment surface is projected onto a transverse plane to generate cross-sectional contours along the garment length, from which draped area, drape ratio, and fold displacement can be calculated at multiple positions. This orthogonal projection methodology has been successfully applied to compare digital and real prototypes of flared skirt styles, showing good correlation between simulated and physically measured drape parameters and confirming its suitability for evaluating style-dependent drape behaviour in a reproducible, position-resolved manner [6]. Several recent works have specifically addressed how the style geometry— flare angle, hem circumference, panel number, and garment length — governs draping outcomes. Comparative analyses of flared skirt styles of varying angle and length have demonstrated systematic relationships between circular-cut geometry and the resulting drape coefficient and hemline silhouette. Similarly, investigations of knitted flared skirts evaluated on 3D-printed body postures have shown that drape parameters obtained from fully formed garments differ measurably from those of flat-fabric drape tests, reinforcing the need for style-specific, geometry-based analysis rather than reliance on fabric-only drape data [3]. Comparable findings have been reported for traditional garment styles, where the virtual and real drapability of silk fabrics used in Hanbok construction were compared to isolate the influence of style-specific cut and fabric anisotropy on drape outcome [7]. Despite this progress, most existing drape-assessment methods still characterize drape using a single overall coefficient or a limited number of projection planes, which provides only an aggregated description of a three-dimensional, often asymmetric draped form. An orthogonal multi-plane analysis — in which projections are taken along several perpendicular axes or positions of a garment style— offers the potential to capture local variation in fold distribution and asymmetry that a single-plane drape coefficient cannot resolve [8]. Building on this gap, recent simulation-based frameworks have proposed kinetic and physics-based draping models capable of reproducing anisotropic, position-dependent drape behaviour with improved accuracy relative to classical single-coefficient approaches. Recent research further highlights the importance of integrating geometric

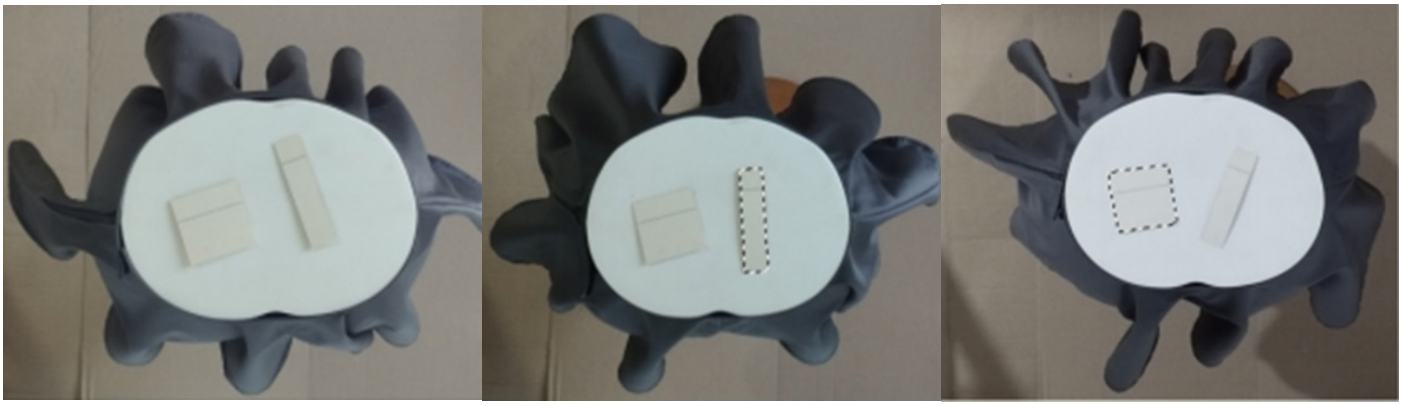
descriptors with simulation-based approaches to improve the realism of virtual garment systems [9-12]. The aim of this paper is to apply an orthogonal analysis approach to the draping geometry of selected garment styles with various numbers of seams, combining image-based and/or 3D-simulation-based orthogonal projection techniques to quantify draped area, drape perimeter, and node distribution at multiple cross-sectional positions. By comparing these parameters across style variants, this study seeks to clarify how style-specific construction parameters and seam numbers influence node geometry and to contribute a more spatially resolved methodology for drape characterization, applicable to both physical fabric testing and virtual 3D garment prototyping workflows.

EXPERIMENTAL PART

Two circular skirts were manufactured: style 1 (full-circle cut) and style 2 (1/2 circle cut). The patterns were cut for size 36, slim stature, and medium posture. The basic construction is performed with two side seams, class 1, stitch type 301. Each style was produced with three seam configurations: 2, 4, and 6 seams. The 4-seam construction, compared to the basic construction, contains two additional seams that divide the pattern cuts in half. Thus, the two additional seams are located in the middle of the front and the back side of the styles i.e. the centre front and centre back seam. In the 6-seam configuration, each pattern cut is symmetrically divided into 3 parts. All the styles investigated are manufactured from the same shell fabric, of Cotton 97% and elastine 3% fibre composition and fabric weight of 190g/m2. Garments were placed on a mannequin doll cut in a waist cross section and photographed from top position. Images were calibrated using a reference rectangle and analysed using digital image processing to extract drape parameters, including the draped area (P), perimeter (L), node number (Nn), node peak and trough length, depth and distance, and angular spacing (α) of the nodes. Three repeated measurements were performed for each sample and average values were used for analysis.

RESULTS AND DISCUSSION

Photographs from the top view of the styles mounted on a mannikin are shown in Figures 1 and 2.



2 seams *4 seams* *6 seams*

Figure 1: *Orthogonal photographs of style 1*



2 seams *4 seams* *6 seams*

Figure2: *Orthogonal photographs of style 2*

The observation of Figure 2 shows that the styles having 2 seams have nodes of smaller width. With increasing the seam number to 4, the styles obtain larger nodes. After increasing the seam number to 6 seams, the styles obtain the greater number of nodes but of smaller width. This can be especially observed for style 1 full circle skirt of 6 seams where the nodes became more frequent and of smaller width.

The drape parameters of the top-view image/drape analysis, are summarized in Table 1.

Table 1: Orthogonal drape parameters obtained from top-view analysis.

Sample		Draped area [cm^2]	Draped perimeter [cm]	Number of nodes (N_n)
Style 1, circular skirt	2 seams	300	155	10
	4 seams	384	152	10
	6 seams	356	180	12
Style 2, ½ circular skirt	2 seams	253	116	7
	4 seams	311	129	7
	6 seams	276	120	9

The results show that draped area increase when the seam number rise from two to four seams but decreased slightly after six seams are introduced. Node number remains the same when increasing the seams from 2 to 4. After increasing seam number from 4 to 6, there is increasing of the number of nodes from 10 to 12 for the full-circle skirt and from 7 to 9 for the half-circle cut skirt. Increasing the number of seams from 2 to 4 leads to an increase in fabric stiffness which affects increase of the drape projection area. However, when the number of seams is further increased to 6, a decrease in the drape area is observed for both styles. Although increasing the seam number initially improves fabric distribution and fold formation and the six-seam configuration is expected to show cumulative stiffening effect due to additional seam lines, further subdivision of the pattern introduces structural constraints that limit the natural deformation of the fabric. Consequently, the garment exhibits a more restrained drape geometry and a smaller projected drape area. Regarding the drape perimeter, it does not follow the same trend as the draped areas and is influenced by the type of style so, for style 1 it is highest for garments with 6 seams, and for style 2 it is highest for garments with 4 seams. The behavior and relationship of drape area and node number of both styles are presented graphically in Figure 3.

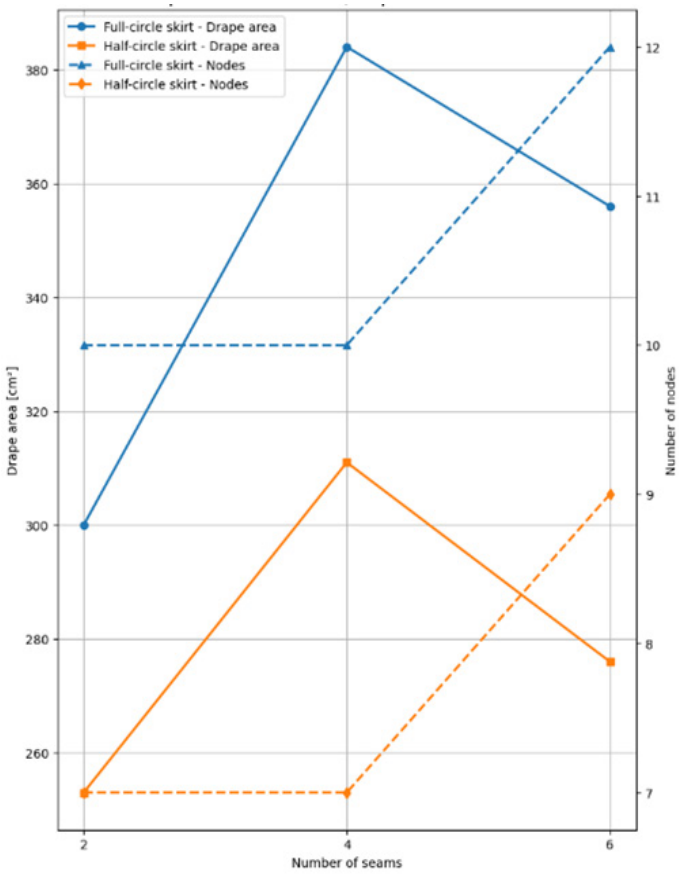


Figure 3: *Relationship between seam number, draped area and number of nodes*

Since the textile surface is an anisotropic structure with different values of mechanical properties in different directions, each draped node can show a different shape. When considering the distribution of the number of nodes (N_n) along the sides of the styles, the largest number is on the front side, followed by the back, and then the right and left with almost identical Nn. Table 2 contains the result of all node parameters (Figure 4) obtained from the top-view photograph.

It can be separated into several findings:

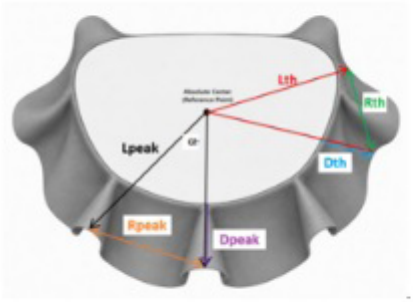
i. Node quantity is determined by N_n and the angle between two successive peaks;

ii. Node size is determined by L_{peak} and L_{th};

iii. Node depth is determined by D_{peak} and D_{th}; and

iv. Node regularity is determined by R_{peak} and R_{th}.

The description of abovementioned parameters is shown in Figure 4.



Variable	Geometric zone	Visual key	Definition
α- Alpha	Global		Angle between two subsequent node peaks [°]
L_{peak}	Outer peak	→	Peak length, the largest lengths of each node [cm]
L_{th}	Inner trough	→	Through length, the smallest lengths between each node [cm]
D_{peak}	Outer peak	→	Peak depth, distance peak - waist line [cm]
D_{th}	Inner trough	→	Through depth, distance peak - waist line [cm]
R_{peak}	Outer peak	→	Distance between two consecutive peaks [cm]
R_{th}	Inner trough	→	Distance between two consecutive recesses [cm]

Figure 4: *Legend for node parameters analysis*

Table 2: Results for node parameters in draped styles

Sample	L_{peak}	L_{th}	R_{peak}	R_{th}	D_{peak}	D_{th}	α
Style 1, 2 seams	14.6	10.9	9.3	7.2	5.4	1.8	35
Style 1, 4 seams	15.7	11.6	9.9	9.1	6.4	2.5	36
Style 1, 6 seams	13.8	9.8	7.8	5.6	5.9	2.1	30
Style 2, 2 seams	14.6	10.8	13.3	9.9	5.9	2.2	54
Style 2, 4 seams	13.4	9.7	10.6	9.6	5.6	1.8	51
Style 2, 6 seams	14.8	11.8	10.5	8.5	5.5	2.5	42

Descriptive statistical analysis was performed for all these parameters to evaluate central tendency, dispersion, and distributional characteristics. In order to save space, only the descriptive statistic results for the angles between two consecutive node peaks are presented in Table 3, but the conclusion is obtained based on the all parameters results. Still, full descriptive statistics are available as supplementary material of this research.

Table 3: Descriptive statistical analysis for angle parameter between two consecutive peaks

Criterion	Style 1, 2 seams	Style 1, 4 seams	Style 1, 6 seams	Style 2, 2 seams	Style 2, 4 seams	Style 2, 6 seams
Mean	35	36	30	54	51	42
Standard error	2.4	2.1	2.1	4.6	3.0	3.4
Median	37	34	28	55	52	38
Mode	40	41	32	61	41	27
SD	13.1	11.3	12.4	20.5	13.6	17.4
Sample Variance	171.4	127.9	152.5	420.6	186.0	304.3
Kurtosis	1.77	0.65	-0.17	0.90	-1.11	-0.28
Skewness	0.25	1.00	0.49	0.72	-0.19	0.61
Confidence level (95%)	4.8	4.2	4.2	9.6	6.2	7.1

Sample sizes were unequal across modules (n=31, n=30, n=31, n=20, n=21, n=26 per parameter, depending of node numbers), so the report emphasizes both magnitude and stability rather than relying on mean values alone. Interpretation of the results prioritized:

i. regularity of wave geometry,

ii. low variability and narrow confidence intervals, and

iii. sufficient amplitude and spacing to produce a clear but controlled drape profile.

Across the full set of parameters, full-circle skirt, four seams, was the strongest overall design. It combined the highest Lpeak mean (15.72), the lowest Lpeak coefficient of variation (12.65%), favorable Rpeak and Rth values, and relatively tight confidence intervals. In practical terms, style 1, seams 4 produced well-defined and repeatable waves without the instability seen in the extreme configurations. Half-circle skirt, four seams was the most stable half-circle configuration and the best option when low variability is the main priority. It had the lowest CV for α CV and low CV values for Lpeak and Dpeak, indicating a controlled geometry. However, its wave amplitude was less pronounced than style 1, four seams. The least favorable condition for overall consistency was the 2-seam half-circle configuration. Although it showed the highest α and Rpeak means, those gains were accompanied by large standard deviations and the widest 95% confidence intervals, indicating an unstable and outlier-sensitive configuration rather than a reliably superior one. Within Style 1, four seams maximize Lpeak while maintaining moderate α. Within Style 2, four seams reduce α relative to the 2-seam condition and preserve stable geometry.

The comparison across seam counts suggests a structural balance: two seams leave too much fabric freedom and tend to produce irregular spacing, while six seams over-constrain the skirt and reduce regularity or make the geometry more variable. Four seams provided enough control to stabilize the drape while still allowing natural wave formation. This pattern was visible in both style families, but it was strongest in the full-circle skirt. Based on the combined criteria, style 1, 4 seams demonstrated the best overall balance of uniformity, amplitude, and stability, while style 2, 4 seams was the most stable configuration within the half-circle group. Style 2, 2 and 6 seams showed reduced uniformity.

CONCLUSION

This study demonstrated that orthogonal image analysis provides an effective approach for the quantitative evaluation of garment draping geometry. Unlike conventional drape assessment based primarily on the drape coefficient, the proposed methodology enables detailed characterization of fold morphology through parameters describing node quantity, size, depth, spacing, and angular distribution. The results showed that seam configuration significantly influences the draping behavior of circular skirts. For both skirt styles, increasing the number of seams from two to four improved the distribution and regularity of the draped folds, whereas six seams increased structural constraint and reduced the uniformity of the drape geometry. Among all investigated configurations, the full-circle skirt of four seams achieved the best balance between fold amplitude, regularity, and geometric stability, while the four-seam half-circle skirt exhibited the most consistent behavior within its style category. The proposed orthogonal analysis provides a more comprehensive geometric description of garment drape than conventional area-based evaluation and represents a useful tool for objective comparison of garment styles. The methodology can support garment design optimization and may serve as a reliable framework for validating virtual garment simulations against experimental measurements in future studies.

REFERENCES

[1] Stojanovska, R.S., Demboski, G. Effect of Seams on Fabric Drape. In: Proceedings of the Joint International Conference: 5th Conference on Engineering and Entrepreneurship and 11th Textile Conference (ITC-ICEE 2025), Lecture Notes on Multidisciplinary Industrial Engineering, 2026, 209–217. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-11085-5_19

[2] Petrak, S., Mahnić Naglić, M., Rogale, D., Geršak, J. Analysis of Polygonal Computer Model Parameters and Influence on Fabric Drape Simulation. Materials, 14, 6259, 2021. https://doi.org/10.3390/ma14216259

[3] Cheng, B., Jiang, G., Zhang, F., Wan, A., Liu, H., Li, B., Gao, L. Drape test of fully formed knitted flared skirt based on 3D-printed human body posture. Autex Research Journal, 24(1), 2024. DOI: 10.1515/aut-2024-0017

[4] Tao, C., Yu, W., Cao, J., Hong, X. A kinetic grid for fabric draping simulation. Textile Research Journal, 93, 2023, 17-18. https://doi.org/10.1177/00405175231187668

[5] Petrak, S., Naglić, M.M., Glogar, M., Tomljenović, A. Assessment of Textile Material Properties and the Impact of Digital Ink-Jet Fabric Printing on 3D Simulation as a Sustainable Method for Garment Prototyping. Sustainability, 17, 4, 2025, 1388. https://doi.org/10.3390/su17041388

[6] Ashmawi, B.A., Fontana, G.D., El-Newashy, R.F., Peila, R., El-Sayed, H. Towards a new method for assessment of fabric drapeability through a virtual flared skirt. Egyptian Journal of Chemistry, 67(3), 2024, 537–545. DOI: 10.21608/ejchem.2023.236681.8628

[7] Kim, J.H., Lee, J.S. Investigating parameters affecting the real and virtual drapability of silk fabrics for traditional Hanbok. Fashion and Textiles, 11, 21, 2024. https://doi.org/10.1186/s40691-024-00388-6

[8] Liu, C., Feng, H. Real performance analysis of drape of virtual cotton fabric based on Style3D. International Journal of Clothing Science and Technology, 37(1), 2025, 48-59. https://doi.org/10.1108/IJCST-01-2024-0014

[9] Jankoska, M., Stojanovska, S.R., Donevska, A. 3D virtual simulation of clothes fitting and fabric draping. In: VII International Scientific Conference "Contemporary Trends and Innovations in the Textile Industry", Belgrade, Serbia, 2024, 375–384.

[10] Duong, P.D., Phuong, L.T.T., Phan, D.N., Thang, V.T.. Correlation between material properties and actual - simulated drape of textile products. Results in Engineering, 22, 2024, 102077.

[11] Stevkovska Stojanovska, R., Demboski, G. Draping Different Styles of Women's Clothing. 16th Students' Congress of SCTM, Oct. 27-28, 2025, Faculty of Technology and Metallurgy, Skopje, N. Macedonia

[12] Stevkovska Stojanovska, R., Demboski, G. Relation of style and construction on garment draping. Book of extended abstracts, National textile conference - 2025, XXVIIbgNTC2025, Textile and garment magazine, https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2025.1002.01.

https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.04

РОЛЯ НА СТАНДАРТИЗИРАНИТЕ ИЗПИТВАТЕЛНИ МЕТОДИ И АКРЕДИТИРАНАТА ЛАБОРАТОРИЯ ЗА ДОСТОВЕРНОСТТА НА НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ В ТЕКСТИЛНОТО МАТЕРИАЛОЗНАНИЕ

Краса Костова[1], Умме Капанък[1], Васил Чобанов[1], Петя Генчева[2]

Резюме:

Текстилното материалознание изучава структурата, свойствата и поведението на текстилните материали в процеса на тяхното производство и експлоатация. Развитието на текстилната индустрия, свързано с внедряването на нови материали, технологии и функционални обработки, изисква надеждни методи за оценка на техните характеристики. Стандартизираните изпитвания са основен инструмент за обективно определяне на качествените показатели на текстилните изделия, а използването на акредитирани лаборатории гарантира достоверност, възпроизводимост и международно признаване на получените резултати. В доклада се разглеждат обхватът на стандартизираните методи за изпитване (механични показатели, износване и пилинг, комфортни и бариерни показатели, цветоустойчивост и спектрални характеристики), изискванията на ISO/IEC 17025 към проследимостта, компетентността и контрола на качеството, както и ролята на изпитванията при верифициране на хипотези, сравнение с референтни образци, статистическа обработка и публикуване на научни резултати. Представени са приложения в технически, защитни, медицински и функционални текстили, както и предизвикателствата пред стандартизацията на интелигентни, нанотехнологични и биоразградими материали.

Ключови думи: *текстилно материалознание; стандартизирани изпитвания; акредитирана лаборатория; ISO/IEC 17025; метрологична проследимост; функционални текстили.*

THE ROLE OF STANDARDIZED TEST METHODS AND ACCREDITED LABORATORIES IN THE RELIABILITY OF SCIENTIFIC RESEARCH IN TEXTILE MATERIALS SCIENCE

Krasa Kostova[1], Umme Kapanak[1], Vasil Chobanov[1], Petya Gencheva[2]
[1]Югозападен университет „Неофит Рилски“, Благоевград
Department of Mechanical Engineering, Technical Faculty, South-West University ‘Neofit Rilski’, Blagoevgrad
[2]Технически колеж – София към Технически университет, София
krasa.kostova@abv.bg

Abstract:

Textile materials science studies the structure, properties and behaviour of textile materials during production and use. The introduction of new materials, technologies and functional finishes requires reliable methods for assessing their characteristics. Standardized tests are the principal tool for the objective determination of the quality indicators of textile products, while the use of accredited laboratories ensures the credibility, reproducibility and international recognition of the results obtained. This paper reviews the scope of standardized test methods (mechanical properties, abrasion and pilling, comfort and barrier properties, colour fastness and spectral characteristics), the ISO/IEC 17025 requirements for traceability, competence and quality control, and the role of standardized testing in hypothesis verification, comparison with reference samples, statistical treatment and publication of scientific results. Applications in technical, protective, medical and functional textiles are outlined, together with the challenges facing the standardization of smart, nano-enhanced and biodegradable materials.

Keywords: *textile materials science; standardized testing; accredited laboratory; ISO/IEC 17025; metrological traceability; functional textiles*

1. Въведение

Текстилните материали намират широко приложение в облеклото, техническия текстил, медицинските изделия, автомобилната индустрия и множество други сфери [1]. Нарастващите изисквания към качеството, безопасността и функционалността на текстилните продукти налагат използването на обективни и възпроизводими методи за тяхното оценяване [2, 3].

Научните изследвания в областта на текстилното материалознание са насочени към разработване на нови влакна, прежди, тъкани, нетъкани текстилни структури и специални функционални покрития, включително наноструктурирани и електропроводими системи [4, 5]. За да бъдат резултатите от тези разработки надеждни и сравними между различни изследователски групи, е необходимо изпитванията да се провеждат по стандартизирани методи в лаборатории, чиято компетентност е формално призната, т.е. акредитирани по ISO/IEC 17025 [6].

Докладът има обзорен характер. Целта му е да обобщи ролята на стандартизираните изпитвания и на акредитираните лаборатории в текстилното материалознание и да покаже как те осигуряват научната достоверност на разработките. Разгледани са: обхватът на стандартизираните методи; значението на акредитацията; функциите на изпитванията в научноизследователския процес; практическите приложения и предизвикателствата пред развитието на стандартизацията.

2. Същност и обхват на стандартизираните изпитвания

Стандартизираните изпитвания са процедури за определяне на физико-механични, химични и експлоатационни характеристики на текстилните материали съгласно утвърдени национални и международни стандарти. В текстилната практика най-често се прилагат стандартите на Международната организация по стандартизация (ISO), европейските стандарти (EN), стандартите на ASTM International (American Society for Testing and Materials) и българските държавни стандарти (БДС); европейските стандарти EN ISO се въвеждат на национално ниво като БДС EN ISO. Освен самата процедура, стандартите регламентират и условията на кондициониране и изпитване: образците се изпитват в равновесие със стандартна атмосфера [7], а за якостните показатели по ISO 13934-1 е предвидено изпитване както на кондиционирани, така и на мокри образци [8].

Чрез стандартизираните методи се определят показатели като якост на опън, удължение при скъсване, устойчивост на износване и на пилинг, въздухопроницаемост, водопоглъщаемост, цветоустойчивост при пране, триене и светлина, устойчивост на химични въздействия, топлинни характеристики и спектрални отражателни коефициенти [2, 3]. Прилагането на стандартизирани процедури позволява резултатите да бъдат сравнявани независимо от мястото на провеждане на изпитването.

2.1. Механични показатели

Якостта на опън и удължението при скъсване на тъканите се определят по метода на лентата съгласно ISO 13934-1, като се измерват максималната сила и удължението при максимална сила на машина с постоянна скорост на удължаване (CRE) [8]. Методът е приложим основно за тъкани, включително такива с еластични влакна, и по правило не е подходящ за геотекстили, нетъкани материали, материали с покритие и тъкани от стъклени или въглеродни влакна [8]. Здравината на шевовете се оценява чрез максималната сила до разрушаване на шева по метода на лентата (ISO 13935-1) [9], а съпротивлението на раздиране – по метода „панталон“ (единично раздиране) и по метода „езиче“ (двойно раздиране) съгласно ISO 13937-2 и ISO 13937-4 [10]. Зависимостта напрежение–деформация до разрушаване (Фиг. 1) характеризира механичното поведение на материала и определя границите на безопасната му експлоатация [2, 11].



***Фигура 1**. Устойчивост на опън и раздиране: типична крива напрежение–деформация до точка на разрушаване и приложими стандарти (БДС EN ISO 13934-1, 13935-1, 13937-2 и -4).*

2.2. Износване и пилинг

Устойчивостта на износване се определя на апаратура на Martindale по серията ISO 12947, която обхваща апаратурата (част 1), определянето на разрушаването на образеца (част 2), загубата на маса (част 3) и оценката на промяната във външния вид (част 4) [12]. Склонността към образуване на пилинг, развласяване и матиране се оценява по модифицирания метод на Martindale съгласно ISO 12945-2 [13]. Пилингът зависи от



***Фигура 2.** Апаратура на Martindale и приложими стандарти за износване и пилинг (БДС EN ISO 12945-2 и БДС EN ISO 12947, части 1–4).*

свойствата на влакната, структурата на преждата и платовете и от условията на експлоатация [14], а оценката му остава предимно субективна [15]. Количественото измерване на износването превръща този процес от случайно наблюдение в предвидим и сравним показател (Фиг. 2).

2.3. Комфортни и бариерни показатели

Въздухопроницаемостта на текстилните платове се определя по ISO 9237 [16], а топлинното и водопаропропускливото съпротивление в стационарни условия – по метода на нагрявана плоча с изпотяване (sweating guarded-hotplate) съгласно ISO 11092 [17]. Методите за определяне на пропускливостта, комфортните и химичните показатели са систематизирани в [3].

2.4. Цветоустойчивост

Цветоустойчивостта се оценява по серията ISO 105: при пране (ISO 105-C06), при триене (ISO 105-X12) и при въздействие на изкуствена светлина от ксенонова лампа (ISO 105-B02) [18]. Тези показатели са от особено значение за изделия, при които цветът има функционално значение, например маскировъчните текстили (т. 2.5 и т. 5).

2.5. Спектрални характеристики

Спектралната отражателна способност и пропускливост на текстилните повърхности се измерват спектрофотометрично, а цветовите координати и цветовите разлики се изчисляват по системата на CIE [19]. В ултравиолетовия диапазон измереното спектрално пропускане служи за определяне на фактора на UV защита (UPF) на платовете за облекло по EN 13758-1 [20]. В проучване на 236 плата за облекла от колекциите пролет/лято 2000 и 2001 г. Gambichler и съавт. установяват, че 33 % от платовете са с UPF < 15, а само 48 % – с UPF ≥ 30 [21], което подчертава необходимостта от стандартизирано изпитване и маркиране. Факторите, влияещи върху UV защитата (порестост, вид, цвят, маса и дебелина на плата, както и разтягане, овлажняване и пране), са обобщени от Hoffmann и съавт. [22]. В близката инфрачервена (NIR) област спектралната отражателна способност определя как облеклото се възприема през уреди за нощно виждане и е ключов показател за маскировъчните текстили [1, 23] (Фиг. 3).



Фигура 3. *Спектрален анализ в ултравиолетовата (UV), видимата (VIS) и близката инфрачервена (NIR) област и ключови приложения: отражателна способност, защитни свойства и оптична маскировка.*

3. Значение на акредитираните лаборатории

Акредитацията е официално признание на техническата компетентност на лабораторията да извършва определени изпитвания. В Европейския съюз изискванията към акредитацията са установени с Регламент (ЕО) № 765/2008 [24], а най-разпространеният стандарт за компетентност на лабораториите за изпитване и калибриране е ISO/IEC 17025 [6]. Акредитираната лаборатория осигурява проследимост на измерванията, възпроизводимост на резултатите, компетентност на персонала и контрол на качеството (Фиг. 4).



Фигура 4. *Обработка на данните от измерване в акредитирана лаборатория – от суровите данни до резултат с метрологична проследимост*

3.1. Проследимост на измерванията. Измервателните средства се калибрират спрямо национални и международни еталони чрез документирана непрекъсната верига от калибрирания, всяко от които допринася за неопределеността на измерването; изискванията към тази метрологична проследимост са формулирани в политиката на ILAC [25]. Резултат, за който липсва документирана проследимост, не може да бъде надеждно сравняван с резултати от други лаборатории.

3.2. Възпроизводимост на резултатите. Прилагането на стандартизирани процедури позволява повторяемост на измерванията както в рамките на една лаборатория, така и между различни лаборатории; двете характеристики на прецизността – повторяемост и възпроизводимост – се определят по ISO 5725-2 [26]. Обективна външна оценка на работата на лабораторията се получава чрез изпитвания за пригодност (междулабораторни сравнения), организирани съгласно ISO/IEC 17043 [27] и оценявани със статистическите методи по ISO 13528 [28]; участието в такива програми е един от механизмите за мониторинг на валидността на резултатите по ISO/IEC 17025 [6].

3.3. Компетентност на персонала. Изпитванията се извършват от квалифицирани специалисти с необходимите знания и практически умения, чиято компетентност се оценява и документира [6].

3.4. Контрол на качеството. Акредитираните

лаборатории поддържат система за управление на качеството, която гарантира надеждност на процесите и резултатите: валидиране на методите, вътрешен контрол и оценка на неопределеността на измерването по общоприетите ръководства [29, 30]. Обработката на суровите данни включва определяне на средни стойности, оценка на отклоненията, анализ на вариацията и дефиниране на доверителни интервали (Фиг. 4) [3].

4. Роля на стандартизираните изпитвания при научните разработки

Научноизследователската дейност в текстилното материалознание изисква обективно доказване на предимствата на новосъздадени материали и технологии. Стандартизираните изпитвания изпълняват няколко основни функции.

4.1. Верифициране на научните хипотези. Чрез лабораторни изпитвания се проверява дали разработеният материал действително притежава предварително зададените свойства. Например при антибактериални текстили ефективността на функционалната обработка се оценява количествено по ISO 20743, който включва методи на абсорбция, трансфер и печат, както и определяне на броя бактерии чрез посевен метод или чрез АТФ-луминесценция [31]. Антимикробните агенти (кватернерни амониеви съединения, триклозан, метални соли, полибигуаниди, природни полимери) и подходите за тяхното въвеждане в текстила са обобщени в [32, 33].

4.2. Сравнение с референтни образци. Получените резултати позволяват сравняване на новите материали със съществуващите на пазара продукти и с контролни (необработени) образци, изпитани при идентични условия [2, 3]. Така ефектът от новата обработка може да бъде отделен от влиянието на текстилната основа.

4.3. Статистическа достоверност. Стандартизираните методики определят условията на изпитване и броя на образците, което дава възможност за статистическа обработка на данните и оценка на тяхната достоверност – средни стойности, вариация, доверителни интервали [3, 26].

4.4. Публикуване на научни резултати. Като правило научните списания и конференции очакват резултатите да са получени чрез признати международни методи за изпитване. Данните от акредитирани лаборатории значително повишават научната стойност на публикациите, тъй като позволяват независима проверка и възпроизвеждане на изследването.

5. Практически приложения в текстилното материалознание

Стандартизираните изпитвания намират приложение при разработването на високоякостни технически текстили, интелигентни текстилни материали, защитно облекло, медицински текстил, екологични и биоразградими влакна, нанотехнологични текстилни покрития и функционални текстили с антибактериални и UV-защитни свойства. Връзката между тези направления, изпитваните показатели и приложимите методи е обобщена в Табл. 1.

Таблица 1. Приложения на стандартизираните изпитвания в текстилното материалознание

Област на приложение	Основни изпитвани показатели	Методи и източници
Високоякостни технически текстили	Якост на опън и удължение, здравина на шевове, съпротивление на раздиране, износване	ISO 13934-1, ISO 13935-1, ISO 13937-2/-4, ISO 12947 [8–10, 12]
Интелигентни текстили	Механична и експлоатационна устойчивост на текстилната основа (износване, цветоустойчивост); електрически и сензорни характеристики	ISO 12947, ISO 105; за електрическите характеристики – специализирани методики [5, 12, 18]
Защитно облекло	Механична якост, износване, UV защита, топлинно и водопаропропускливо съпротивление	ISO 13934-1, ISO 12947, EN 13758-1, ISO 11092 [8, 12, 17, 20]
Медицински текстил	Антибактериална активност, якост, комфортни показатели	ISO 20743, ISO 13934-1, ISO 9237 [8, 16, 31]
Екологични и биоразградими влакна	Аеробна биоразградимост при компостиране	ISO 14855-1, ISO 21701 [34, 35]
Нанотехнологични покрития	Ефективност и трайност на обработката след пране и износване, безопасност за здравето и околната среда	ISO 105-C06, ISO 12947, ISO 20743 (антимикробни покрития) [4, 36, 37]
Антибактериални и UV-защитни функционални текстили	Антибактериална активност; фактор на UV защита (UPF)	ISO 20743, EN 13758-1 [20, 21, 31]
Маскировъчни (военни) текстили	Спектрална отражателна способност във VIS и NIR, цветова разлика, стабилност след износване и пране	Спектрофотометрия, CIE 15; ISO 12947, ISO 105-C06 [19, 23, 38, 39]

При интелигентните текстили електронните компоненти и връзки са интегрирани във влакната, преждите или самия плат [5]. Наред със специфичните електрически и сензорни характеристики, които изискват специализирани методики, текстилната основа трябва да отговаря на общите механични и експлоатационни изисквания, разгледани в т. 2.

Нанотехнологиите позволяват придаване на устойчивост на вода, мирис, пламък и петна, на UV защита и антимикробни свойства, както и създаване на сензорни и енергийни функции в текстила [4, 36, 37]. Доказването на трайността на тези обработки налага изпитвания след стандартизирани въздействия, като пране и износване (т. 2.2 и 2.4).

Оценката на екологичните и биоразградими влакна изисква специфични методи, например ISO 14855-1 за аеробна биоразградимост при контролирани условия на компостиране чрез анализ на отделения въглероден диоксид [34] и ISO 21701 за ускорена хидролиза на текстилни материали и последваща биоразградимост на хидролизата [35].

Маскировъчните текстили илюстрират необходимостта от комплексен подход. Rubežienė и съавт. измерват спектралната отражателна способност на печатни камуфлажни платове в диапазона 400–1100 nm (геометрия 0/45, осветител D65/10°) и за горски камуфлажен десен на литовската армия определят гранични стойности в NIR областта: зелен цвят 40–55 %, кафяв < 25 %, черен < 10 %, при разлика между кафявия и черния цвят над 7 % [23]. Тези показатели обаче не са стабилни в експлоатация: при изпитване на абразия IR отражателният индекс се повишава поради повърхностен гланц [38], а след 20 пранета цветовата разлика при кафявия цвят достига $\Delta E = 4,3$ при допустима по военна спецификация стойност 2,0; освен това NIR-обработените платове показват по-висока запалимост от необработените [39]. Следователно спектралните, механичните и другите експлоатационни изпитвания трябва да се разглеждат във взаимна връзка.

6. Предизвикателства и перспективи

Развитието на нови текстилни технологии налага непрекъснато усъвършенстване на изпитвателните методи. Появата на интелигентни текстили [5], наноматериали [4, 37] и устойчиви екологични продукти изисква разработването на нови стандарти, които да отразяват специфичните характеристики на тези материали. Могат да се открояят три насоки.

Стандартизацията изостава от материалите. За оценка на биоразградимостта на текстил се въвеждат специализирани методи, като ISO 21701 [35], а за нанофункционалните обработки освен ефективността трябва да се оценяват и потенциалните рискове за здравето и околната среда [37].

Субективността на визуалните оценки. Оценката на пилинга по еталони е източник на грешки и ниска ефективност, което стимулира разработването на обективни методи, базирани на машинно зрение: Jiao и съавт. съобщават за точност на класификация 96,26 % върху разнообразни изображения на платове [15]. Въвеждането на такива методи в акредитирани лаборатории изисква валидиране и оценка на неопределеността по т. 3. на износването и прането [38, 39] показват, че показателите трябва да се проверяват и след стандартизирани въздействия.

Акредитираните лаборатории ще продължат да играят ключова роля в процеса на валидиране на новите методики и осигуряване на международно признати резултати [6, 27].

7. Заключение

Стандартизираните изпитвания са основен елемент от съвременното текстилно материалознание. Те осигуряват обективна оценка на свойствата на текстилните материали и създават условия за сравнимост и надеждност на резултатите. Използването на акредитирани лаборатории гарантира висока степен на точност, проследимост и възпроизводимост на измерванията. В научноизследователската дейност тези фактори са от съществено значение за доказване на научните хипотези, разработване на иновативни материали и публикуване на научнообосновани резултати. Следователно взаимодействието между стандартизираните изпитвания и акредитираните лаборатории е фундаментална предпоставка за развитието на текстилната наука и индустрия.

Литература

[1] Horrocks A.R., Anand S.C., eds. Handbook of Technical Textiles. Cambridge: Woodhead Publishing; 2000.
[2] Saville B.P. Physical Testing of Textiles. Cambridge: Woodhead Publishing; 1999. ISBN 978-1-85573-367-1.
[3] Hu J., ed. Fabric Testing. Cambridge: Woodhead Publishing; 2008. ISBN 978-1-84569-297-1.
[4] Yetisen A.K., Qu H., Manbachi A., Butt H., Dokmeci M.R., Hinestroza J.P., Skorobogatiy M., Khademhosseini A., Yun S.H. Nanotechnology in textiles. ACS Nano. 2016;10(3):3042–3068. doi:10.1021/acsnano.5b08176.
[5] Stoppa M., Chiolerio A. Wearable electronics and smart textiles: a critical review. Sensors. 2014;14(7):11957–11992. doi:10.3390/s140711957.
[6] ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Geneva: ISO; 2017.
[7] ISO 139:2005. Textiles — Standard atmospheres for conditioning and testing. Geneva: ISO; 2005.
[8] ISO 13934-1:2013. Textiles — Tensile properties of fabrics — Part 1: Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method. Geneva: ISO; 2013.
[9] ISO 13935-1:2014. Textiles — Seam tensile properties of fabrics and made-up textile articles — Part 1: Determination of maximum force to seam rupture using the strip method. Geneva: ISO; 2014.
[10] ISO 13937-2:2000. Textiles — Tear properties of fabrics — Part 2: Determination of tear force of trouser-shaped test specimens (Single tear method); ISO 13937-4:2000. Part 4: Determination of tear force of tongue-shaped test specimens (Double tear test). Geneva: ISO; 2000.
[11] Morton W.E., Hearle J.W.S. Physical Properties of Textile Fibres. 4th ed. Cambridge: Woodhead Publishing; 2008.
[12] ISO 12947-1:1998; ISO 12947-2:2016; ISO 12947-3:1998; ISO 12947-4:1998. Textiles — Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method — Parts 1–4. Geneva: ISO.
[13] ISO 12945-2:2020. Textiles — Determination of fabric propensity to surface pilling, fuzzing or matting — Part 2: Modified Martindale method. Geneva: ISO; 2020.
[14] Ukponmwan J.O., Mukhopadhyay A., Chatterjee K.N. Pilling. Textile Progress. 1998;28(3):1–57.
[15] Jiao Q., Qian Z., Dong Y., He B. Hybrid feature-based machine vision method for objective evaluation of textile pilling and fuzzing. PLOS ONE. 2025;20(9):e0329814. doi:10.1371/journal.pone.0329814.
[16] ISO 9237:1995. Textiles — Determination of the permeability of fabrics to air. Geneva: ISO; 1995.
[17] ISO 11092:2014. Textiles — Physiological effects — Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test). Geneva: ISO; 2014.
[18] ISO 105-C06:2010; ISO 105-X12:2016; ISO 105-B02:2014. Textiles — Tests for colour fastness — Part C06: Colour fastness to domestic and commercial laundering; Part X12: Colour fastness to rubbing; Part B02: Colour fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test. Geneva: ISO.
[19] CIE 15:2018. Colorimetry. 4th ed. Vienna: CIE; 2018. doi:10.25039/TR.015.2018.
[20] EN 13758-1:2001+A1:2006. Textiles — Solar UV protective properties — Part 1: Method of test for apparel fabrics. Brussels: CEN; 2006.
[21] Gambichler T., Rotterdam S., Altmeyer P., Hoffmann K. Protection against ultraviolet radiation by commercial summer clothing: need for standardised testing and labelling. BMC Dermatology. 2001;1:6. doi:10.1186/1471-5945-1-6.
[22] Hoffmann K., Laperre J., Avermaete A., Altmeyer P., Gambichler T. Defined UV protection by apparel textiles. Archives of Dermatology. 2001;137(8):1089–1094.
[23] Rubežienė V., Padleckienė I., Baltušnikaitė J., Varnaitė S. Evaluation of camouflage effectiveness of printed fabrics in visible and near infrared radiation spectral ranges. Materials Science (Medžiagotyra). 2008;14(4):361–365.
[24] Regulation (EC) No 765/2008 of the European Parliament and of the Council of 9 July 2008 setting out the requirements for accreditation and market surveillance relating to the marketing of products. Official Journal of the European Union. 2008;L 218:30–47.
[25] ILAC P10:07/2020. ILAC Policy on Metrological Traceability of Measurement Results. International Laboratory Accreditation Cooperation; 2020.
[26] ISO 5725-2:2019. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. Geneva: ISO; 2019.
[27] ISO/IEC 17043:2023. Conformity assessment — General requirements for the competence of proficiency testing providers. Geneva: ISO; 2023.
[28] ISO 13528:2022. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison. Geneva: ISO; 2022.
[29] JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). Sèvres: BIPM; 2008.
[30] Ellison S.L.R., Williams A., eds. Eurachem/CITAC Guide CG 4: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. 3rd ed. Eurachem; 2012.
[31] ISO 20743:2021. Textiles — Determination of antibacterial activity of textile products. Geneva: ISO; 2021.
[32] Gao Y., Cranston R. Recent advances in antimicrobial treatments of textiles. Textile Research Journal. 2008;78(1):60–72. doi:10.1177/0040517507082332.
[33] Morais D.S., Guedes R.M., Lopes M.A. Antimicrobial approaches for textiles: from research to market. Materials. 2016;9(6):498. doi:10.3390/ma9060498.
[34] ISO 14855-1:2012. Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions — Method by analysis of evolved carbon dioxide — Part 1: General method. Geneva: ISO; 2012.
[35] ISO 21701:2019. Textiles — Test method for accelerated hydrolysis of textile materials and biodegradation under controlled composting conditions of the resulting hydrolysate. Geneva: ISO; 2019.
[36] Sawhney A., Condon B., Singh K., Pang S., Li G., Hui D. Modern applications of nanotechnology in textiles. Textile Research Journal. 2008;78(8):731–739. doi:10.1177/0040517508091066.
[37] Syduzzaman M., Hassan A., Anik H.R., Akter M., Islam M.R. Nanotechnology for high-performance textiles: a promising frontier for innovation. ChemNanoMat. 2023;9(9):e202300205. doi:10.1002/cnma.202300205.
[38] Perdum E., Visileanu E., Dinca L., Dondea F. Study on the IR spectral stability of camouflage fabrics after durability tests. Annals of the University of Oradea, Fascicle of Textiles, Leatherwork. 2026;27(1):101–110.
[39] Yahaya R., Zainal Abidin S.B., Wan Abdullah W.F., Wan Adnan W.E.A., Mohd Yunos M.N.A., Zubir A., Zahari N., Mohd Rahimi M.R. Development and characterisation of near-infrared camouflage fabrics for military combat uniform. Journal of Industrial Textiles. 2025. doi:10.1177/15280837251319055.

Textile and Garment Magazine
ISSUE 5/2026

EDITORIAL BOARD

Assoc. Prof. Ivelin Rahnev, PhD, Editor in Chief Assoc. Prof. Maria Spasova, PhD, IP – BAS, Sofia, technical editor

Prof. Snezhina Andonova, PhD, SWU – Blagoevgrad
Prof. Desislava Grabcheva, PhD, UCTM – Sofia
Prof. Radostina Angelova, DSc, TU – Sofia
Prof, Zlatina Kazlacheva, PhD, FTT – Yambol
Assoc. Prof Radka Atanasova, PhD, TU – Sofia
Assoc. Prof. Darina Zheleva, PhD, UCTM – Sofia
Assoc. Prof. Iva Dobreva-Dragostinova, PhD, NBU - Sofia
Assoc. Prof. Stela Baltova, PhD, IBS – Botevgrad
Assoc. Prof. Tatyana Hristova-Popovska, PhD, SWU - Blagoevgrad
Assoc. Prof. Borislav Stoyanov, PhD, TU – Gabrovo
Assoc. Prof. Kapka Manasieva, PhD, VFU - Varna
Assist. Prof. Nezabravka Popova-Nedyalkova, PhD, NBU - Sofia
Assist. Prof. Nikolay Bozhilov, PhD, NAA – Sofia
Dr. Rositsa N. Krueger, Fair Trade – Bonn, Germany

FOREIGN SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Jean-Yves Drean, DSc, UHA-ENSISA-LPMT, Mulhouse, France
Prof. Dr. Yordan Kyosev, DSc, TU-Dresden, Germany
Prof. Saber Ben Abdessalem, DSc, ENIM – Monastir, Tunisie
Prof. Hale Hale Karakaş, PhD, TU-Istanbul, Türkiye
Prof. Goran Demboski, PhD, U "Ss. Cyril and Methodius" - Skopje, N Macedonia
Prof. Dragan Dordevic, PhD, University of Niš, Serbia
Assoc. Prof. CHU Dieu Huong, PhD, HUST – Hanoi, Vietnam

INFORMATION FOR AUTHORS

RULES FOR DEPOSITING AND PUBLISHING ARTICLES

Submission of a manuscript should be addressed to the Editorial Office via e-mail (textilejournal.editor@fnts.bg), the paper should be written in Bulgarian from Bulgarian authors and in English (working language) for foreigners.

Copyright Transfer Agreement must be signed and returned to our Editorial Office by mail, fax or e-mail as soon as possible, after the preliminary acceptance of the manuscript. By signing this Agreement, the authors warrant that the entire work is original and unpublished, it is submitted only to this journal and all the text, data, Figures and Tables included in this work are original and unpublished and have not been previously published or submitted elsewhere in any form. Please note that the reviewing process begins as soon as we receive this document. In the case when the paper has already been presented at a conference, it can be published in our magazine only if it has not been published in generally available conference materials; in such case, it is necessary to give an appropriate statement placed in Editorial notes at the end of the article.

General style and layout

Volume of a manuscript submitted should not exceed 12 standard journal pages in single column (3600 characters per page), including tables and figures. Format is MS Office Word (normal layout). The editors reserve the right to shorten the article if necessary as well as to alter the title.

Title of a manuscript should not exceed 120 characters.

Full names and surnames of the authors, as well as **full names of the authors' affiliation** – faculty, department, university, institute, company, town and country should be clearly given. Corresponding author should be indicated, and their e-mail address provided.

Abstract of a manuscript should be in English and no longer than one page.

Key-words should be within 4-6 items.

For papers submitted in English (any other working language), the authors are requested to submit a copy with a title, abstract and key words in Bulgarian.

Figures and illustrations with a title and legend should be numbered consecutively (with Arabic numerals) and must be referred in the text. Figures should be integrated in the text with format **JPG at 300 dpi minimum**, and in editable form.

Tables with a title and optional legend should be numbered consecutively and must be referred in the text.

Acknowledgements may be included and should be placed after Conclusions and before References.

Footnotes should be avoided.

References (bibliography) should be cited consecutively in order of appearance in the text, using numbers in square brackets, according to the Vancouver system.

Acknowledgements may be included and should be placed after Conclusions and before References.

Footnotes should be avoided.

References (bibliography) should be cited consecutively in order of appearance in the text, using numbers in square brackets, according to the Vancouver system.

ТЕКСТИЛ И ОБЛЕКЛО

НСТ по текстил, облекло и кожи

ТОК

www.tok.fnts.bg

ISSUE 5/2026

Open access: CC BY-NC

CONTENTS

UDC

678 FUNCTIONALIZATION AND ULTRASONIC DYEING OF POLYACRYLONITRILE NANOFIBERS
A. Sezai Sarac..... 147
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.01

678 CELLULOSE-BASED BIOCOMPOSITE MATERIALS COMBINING METAL PARTICLES AND BIOACTIVE COMPOUNDS: A REVIEW
Maria Sabeva, Darina Zheleva, Albena Bachvarova-Nedelcheva..... 152
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.02

677 ORTHOGONAL ANALYSIS OF THE DRAPING GEOMETRY OF CIRCULAR SKIRTS
Ruzica Stevkovska Stojanovska, Goran Demboski..... 162
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0004.03

677 THE ROLE OF STANDARDIZED TEST METHODS AND ACCREDITED LABORATORIES IN THE RELIABILITY OF SCIENTIFIC RESEARCH IN TEXTILE MATERIALS SCIENCE
Krasa Kostova, Umme Kapanak, Vasil Chobanov, Petya Gencheva..... 170
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912x.2026.0005.04

SUBJECT AREA. The papers reflect developments and solutions in textile science and practice. They refer to oneot the UDC topics:

33, Economics. Economic sciences.
377, Special Education. Vocational education. Vocational schools.
378, Higher Education. Higher Education Institutions.
677, Textile Industry. Technology of textile materials.
678, Industry of High Molecular Substances. Rubber industry. Plastic industry.
687, Tailoring (apparel) Industry.
745/749, Applied Art. Art Crafts. Interior. Design.
658.512.23, Artistic design (industrial design).

Address:
Bulgaria,1000 Sofia, 108 G. S. Rakovski str., room 407, tel. +359 2 980 30 45
e-mail: textilejournal.editor@fnts.bg
www.bgtextilepublisher.org

Bank account:
SEU of Textile, Garment and Leathers
VAT identification number: BG 121111930
Account IBAN: BG43 UNCR 9660 1010 6722 00

ISSN 1310-912X (Print)
ISSN 2603-302X (Online)
COBISS.BG-ID – 74291208
https://randii.nacid.bg/register/search/1987
ADOBE InDesign 65244684
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2026.0005



Neş’e SARAÇ – BriefDoubt


PICANOL