

**Nghiên cứu, xây dựng tiêu chuẩn quốc gia về vật liệu nền polypropylen định hướng hai chiều (BOPP) công nghệ cao và áp dụng tại Công ty TNHH Công nghệ cao Polymer Q&T**

**Lương Ngọc Anh<sup>1</sup>, Đỗ Thị Thu Hiền<sup>2</sup>, Phùng Mạnh Trường<sup>3\*</sup>,**

**Lương Thanh Trang<sup>1</sup>, Phùng Thị Sang<sup>1</sup>, Đỗ Thị Quỳnh<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Công ty TNHH Công nghệ cao Polymer Q&T,*

*Khu công nghệ cao Hòa Lạc, xã Phú Cát, Hà Nội, Việt Nam*

*<sup>2</sup>Văn phòng Công nhận Chất lượng Quốc gia, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng Quốc gia, 76 Nguyễn Trường Tộ, phường Ba Đình, Hà Nội, Việt Nam*

*<sup>3</sup>Trường Đại học Công đoàn, 169 Tây Sơn, phường Kim Liên, Hà Nội, Việt Nam*

Ngày nhận bài 30/3/2026; ngày chuyển phản biện 2/4/2026;

ngày nhận phản biện 13/5/2026; ngày chấp nhận đăng 22/5/2026

**Tóm tắt:**

Vật liệu nền polyme trên cơ sở màng polypropylen định hướng hai chiều (BOPP) được ứng dụng rộng rãi trong in ấn cao cấp, đặc biệt là in bảo an. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn quốc tế và tiêu chuẩn nước ngoài hiện hành chủ yếu áp dụng cho màng BOPP đơn lớp dùng trong bao bì, chưa bao quát vật liệu nền nhiều lớp có lớp phủ chức năng. Trên cơ sở phân tích các tiêu chuẩn hiện có, khảo sát yêu cầu thực tiễn tại các cơ quan, doanh nghiệp sử dụng sản phẩm và kết quả thử nghiệm liên phòng, nhóm nghiên cứu đã xây dựng bộ tiêu chuẩn TCVN 13986:2024 gồm hai phần: yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử. Bộ tiêu chuẩn quy định 20 chỉ tiêu thuộc ba nhóm: cơ lý; bề mặt - quang học; độ bền lớp phủ và tính năng chức năng, đáp ứng yêu cầu đánh giá toàn diện vật liệu nền polyme phục vụ in bảo an. Kết quả áp dụng tại Công ty TNHH Công nghệ cao Polymer Q&T cho thấy, vật liệu PolySecure® đáp ứng đầy đủ các yêu cầu của TCVN 13986:2024. Vật liệu này đã được sử dụng để in khoảng 1,85 tỷ hình tiền, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật, góp phần tiết kiệm khoảng 100 tỷ đồng trong giai đoạn 2024-2025, đồng thời thúc đẩy tự chủ công nghệ vật liệu bảo an trong nước.

**Từ khóa:** in bảo an, màng polypropylen định hướng hai chiều, tiêu chuẩn quốc gia, vật liệu nền polyme.

**Chỉ số phân loại:** 2.5, 2.11

---

\*Tác giả liên hệ: Email: [truongpm@dhcd.edu.vn](mailto:truongpm@dhcd.edu.vn)

**Research and development of a national standard (TCVN) for high-tech biaxially oriented polypropylene (BOPP) substrate and its practical application at Q&T Polymer High-Tech Co., Ltd**

**Ngoc Anh Luong<sup>1</sup>, Thi Thu Hien Do<sup>2</sup>, Manh Truong Phung<sup>3\*</sup>,  
Thanh Trang Luong<sup>1</sup>, Thi Sang Phung<sup>1</sup>, Thi Quynh Do<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Q&T Polymer High Technology Co., Ltd.,*

*Hoa Lac High-tech Park, Phu Cat Commune, Hanoi, Vietnam*

*<sup>2</sup>National Accreditation Bureau, Commission for The Standards, Metrology and Quality of Vietnam, 76 Nguyen Truong To Street, Ba Dinh Ward, Hanoi, Vietnam*

*<sup>3</sup>Trade Union University, 169 Tay Son Street, Kim Lien Ward, Hanoi, Vietnam*

Received 30 March 2026; revised 13 May 2026; accepted 22 May 2026

**Abstract:**

Polymer substrates based on biaxially oriented polypropylene (BOPP) film are widely used in high-end printing applications, particularly in security printing. However, existing international and foreign standards mainly apply to single-layer BOPP film used for packaging and do not cover multilayer polymer substrates incorporating functional coatings. Based on an analysis of existing standards, a survey of practical requirements at organisations and enterprises using the products, and inter-laboratory test results, the research team developed the national standard TCVN 13986:2024, comprising two parts: technical requirements and test methods. The standard specifies 20 indicators in three groups: mechanical properties; surface and optical properties; and coating durability and functional performance, providing a comprehensive framework for evaluating polymer substrates used in security printing. Application of the standard at Q&T Polymer High Technology Co., Ltd. demonstrated that the PolySecure® material fully satisfies all the requirements of TCVN 13986:2024. The material has been used to print approximately 1.85 billion banknote impressions, meeting all technical requirements, contributing savings of approximately 100 billion VND during 2024-2025, and promoting technological self-reliance in the domestic production of security materials.

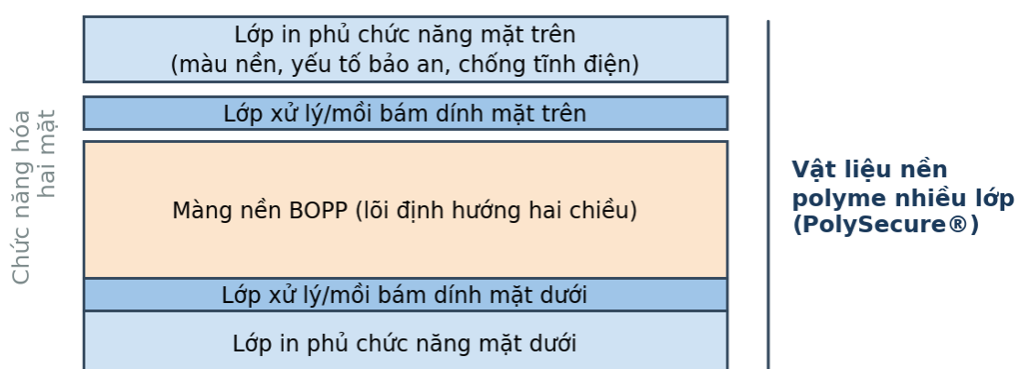
**Keywords:** biaxially oriented polypropylene film, national standard, polymer substrate, security printing.

**Classification numbers:** 2.5, 2.11

## 1. Đặt vấn đề

Vật liệu nền polyme đa lớp phủ công nghệ cao đóng vai trò then chốt trong lĩnh vực in bảo an, đặc biệt là sản xuất tiền polyme, giấy tờ có giá và các tài liệu quan trọng. Công nghệ sản xuất loại vật liệu này trên thế giới có mức độ chuyên môn hóa cao và chỉ do một số ít doanh nghiệp nắm giữ, điển hình như Công ty CCL Secure (Úc) với dòng sản phẩm Guardian® [1], gây ra rào cản lớn cả về công nghệ lẫn thị trường.

Trong hệ thống tiêu chuẩn quốc tế, tiêu chuẩn ISO 17555:2021 quy định các yêu cầu đối với màng polypropylen định hướng hai chiều (BOPP) dạng film đơn lớp, chủ yếu phục vụ các ứng dụng công nghiệp thông thường như bao bì [2]. Tuy nhiên, vật liệu nền sử dụng trong in bảo an không phải là màng BOPP đơn lớp, mà là hệ vật liệu nhiều lớp được phát triển trên cơ sở màng BOPP và được xử lý, in phủ hai mặt để tạo các tính năng đặc thù (hình 1). Do đó, các yêu cầu kỹ thuật đối với vật liệu này vượt ra ngoài phạm vi của tiêu chuẩn ISO 17555:2021, đặc biệt ở các chỉ tiêu như độ bền lớp phủ, độ ổn định màu, đặc tính quang học và điện trở bề mặt.



**Hình 1. Cấu trúc lớp điển hình của vật liệu nền polyme công nghệ cao trên cơ sở màng BOPP dùng trong in bảo an.**

Tại Việt Nam, kể từ khi phát hành tiền polyme năm 2003, vật liệu nền chủ yếu phải nhập khẩu với chi phí trung bình khoảng 50 triệu USD mỗi năm [3], dẫn đến phụ thuộc nguồn cung nước ngoài và tiềm ẩn rủi ro đứt gãy chuỗi cung ứng. Do đó, việc làm chủ công nghệ sản xuất vật liệu nền polyme trên cơ sở BOPP và xây dựng tiêu chuẩn quốc gia phù hợp là yêu cầu cấp thiết. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu xây dựng bộ TCVN 13986:2024 và thực tiễn áp dụng tại Công ty TNHH Công nghệ cao Polymer Q&T.

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng cách tiếp cận tổng hợp, bao gồm việc phân tích tiêu chuẩn liên quan, khảo sát yêu cầu thực tiễn và thử nghiệm đánh giá vật liệu, sản phẩm. ISO 17555:2021 [2] được dùng làm cơ sở tham khảo cho các chỉ tiêu cơ lý của màng BOPP dạng film. Do chưa có tiêu chuẩn quốc tế hay khu vực cho vật liệu nền nhiều lớp, các yêu

cầu kỹ thuật còn được đối chiếu với tiêu chuẩn của doanh nghiệp Guardian® (Brunei) [4], TCCS 01:2022/QT [5] và tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6886:2017 [6], kết hợp yêu cầu thực tế từ Nhà máy In tiền Quốc gia (Ngân hàng Nhà nước Việt Nam).

Nhóm nghiên cứu đã thực hiện bảy lần sản xuất thử (năm 2021-2023) kết hợp với việc thử nghiệm, đánh giá chất lượng sản phẩm tại Nhà máy In tiền Quốc gia. Mẫu sản phẩm PolySecure® (PolySecure® là nhãn hiệu của vật liệu nền polyme đa lớp tiên tiến, được nghiên cứu và phát triển bởi Công ty Q&T) được kiểm tra đối chứng tại năm phòng thử nghiệm độc lập: Trung tâm Đo lường và Kiểm tra chất lượng Q&T (VILAS 1560), Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng 1 - QUATEST 1 (VILAS 028), Viện Công nghiệp Giấy và Xenlulô (VILAS 1051), Viện Hóa học (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam - VAST) và Công ty TNHH TÜV Rheinland Việt Nam. Trước khi thử, mẫu được điều hòa ở  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  và  $50\pm 5\%$  độ ẩm tương đối theo TAPPI T402 [7].

Các phép thử viện dẫn có chọn lọc các tiêu chuẩn ISO, ASTM, TAPPI và TCVN tương ứng [7-28]; phương pháp và thiết bị đo của từng chỉ tiêu được tổng hợp trong bảng 1. Nhóm chỉ tiêu độ bền hóa chất được thử với bốn tác nhân theo ISO 2836:2021 [8]: NaOH 2% ( $23^{\circ}\text{C}$ ), chất tẩy rửa 2% ( $80^{\circ}\text{C}$ ), HCl 5% ( $23^{\circ}\text{C}$ ) và perchloroethylene ( $23^{\circ}\text{C}$ ), thời gian 30 phút.

Quy trình xây dựng tiêu chuẩn quốc gia TCVN 13986:2024 tuân thủ Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật, bao gồm xây dựng đề xuất nhiệm vụ [29], biên soạn dự thảo, lấy ý kiến hơn 20 cơ quan, tổ chức và chuyên gia, tổ chức hội thảo, thẩm tra, thẩm định và trình duyệt công bố.

### **3. Kết quả và bàn luận**

#### ***3.1. Thực trạng tiêu chuẩn đối với vật liệu nền polyme trên cơ sở màng polypropylen định hướng hai chiều***

Kết quả phân tích cho thấy, tiêu chuẩn quốc tế ISO 17555:2021 tập trung vào các chỉ tiêu cơ lý cơ bản của màng BOPP dạng film như độ bền kéo và độ giãn dài khi đứt, với các giá trị điển hình: độ bền kéo tối thiểu khoảng 100 MPa (tương đương khoảng 9 kN/m đối với màng dày 90  $\mu\text{m}$ ), độ giãn dài khi đứt tối đa khoảng 270% theo phương dọc và 150% theo phương ngang. Khi áp dụng cho vật liệu in bảo an, tiêu chuẩn này bộc lộ các hạn chế: không quy định độ bền lớp phủ và khả năng bám dính mực in; không đề cập độ ổn định màu và đặc tính quang học; không bao gồm điện trở bề mặt; chưa xem xét độ bền hóa chất và độ bền trong điều kiện sử dụng thực tế.

Các chỉ tiêu nêu trên là thiết yếu đối với in bảo an: độ bền lớp phủ và bám dính mực quyết định độ bền của các yếu tố bảo an; độ ổn định màu và đặc tính quang học bảo đảm khả năng nhận biết, chống làm giả; điện trở bề mặt kiểm soát tĩnh điện khi in tốc độ cao; độ bền hóa chất phản ánh khả năng chịu tác nhân khi lưu thông. Do tiêu chuẩn quốc tế

ISO 17555:2021 chỉ phản ánh đặc tính màng nền ban đầu, cần một tiêu chuẩn riêng bao quát vật liệu đã được chức năng hóa.

**3.2. Bộ tiêu chuẩn quốc gia TCVN 13986:2024**

Tiêu ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC6/SC1 đã xây dựng bộ TCVN 13986:2024 gồm hai phần được liên kết chặt chẽ: TCVN 13986-1:2024 - *Yêu cầu kỹ thuật* [30] và TCVN 13986-2:2024 - *Phương pháp thử* [31].

TCVN 13986-1:2024 quy định 20 chỉ tiêu thuộc ba nhóm. Việc chọn 20 chỉ tiêu nhằm phản ánh đầy đủ chuỗi đặc tính của vật liệu nền nhiều lớp - từ độ bền lõi nền, đặc tính bề mặt - quang học đến độ bền hệ lớp phủ chức năng; mục đích và phương pháp thử của từng chỉ tiêu trình bày trong bảng 1.

**Bảng 1. Hệ thống 20 chỉ tiêu của TCVN 13986-1:2024, mục đích và phương pháp thử/thiết bị.**

| TT                                          | Chỉ tiêu                            | Đơn vị           | Mục đích chính           | Phương pháp thử/ thiết bị                   | Thiết bị               |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|
| <i>Nhóm 1: Chỉ tiêu cơ lý</i>               |                                     |                  |                          |                                             |                        |
| 1                                           | Độ bền kéo                          | kN/m             | Chịu lực kéo của nền     | ASTM D882-18 [9]                            | Máy kéo Instron        |
| 2                                           | Độ giãn dài khi đứt                 | %                | Độ dẻo, biến dạng        | ASTM D882-18 [9]                            | Máy kéo Instron        |
| 3                                           | Độ bền xé                           | mN               | Chống xé rách            | TCVN 12483-2:2018 [10],<br>TAPPI T 414 [11] | Máy đo xé              |
| 4                                           | Độ bền gấp (lần gấp kép)            | lần              | Tuổi thọ lưu thông       | TCVN 1866:2007 [12],<br>TAPPI T 423 [13]    | Máy MIT Folding        |
| 5                                           | Độ bền uốn (độ cứng)                | mN               | Tương thích máy kiểm đếm | TAPPI T 556 [14]                            | Máy đo độ cứng         |
| 6                                           | Biến dạng do nhiệt (100°C, 30 phút) | %                | Ổn định nhiệt            | ASTM D1204-25 [15]                          | Tủ sấy                 |
| 7                                           | Độ dính tại nếp gãy (tách lớp)      | -                | Liên kết các lớp         | ASTM D882-18 [9]                            | Máy kéo Instron        |
| <i>Nhóm 2: Chỉ tiêu bề mặt và quang học</i> |                                     |                  |                          |                                             |                        |
| 8                                           | Định lượng                          | g/m <sup>2</sup> | Yêu cầu cơ bản giấy in   | TCVN 1270:2017 [16],<br>TAPPI T 410 [17]    | Cân điện tử            |
| 9                                           | Độ dày                              | μm               | Yêu cầu kích thước       | TCVN 10101:2013 [18],<br>TAPPI T 411 [19]   | Thước đo dày           |
| 10                                          | Độ đục                              | %                | Truyền sáng              | TCVN 6728:2010 [20],<br>TAPPI T 425 [21]    | Máy đo độ đục          |
| 11                                          | Sức căng thấm ướt                   | mN/m             | Tiếp nhận, giữ mực       | TCVN 12486:2018 [22],<br>ISO 8296:2003 [23] | Bút Dyne               |
| 12                                          | Điện trở bề mặt                     | Ω/sq             | Kiểm soát tĩnh điện      | ASTM D257-14(2021)e1 [24]                   | Máy đo điện trở        |
| 13                                          | Độ giãn sau khi in                  | mm               | Ổn định kích thước in    | -                                           | Thước đo đã hiệu chuẩn |

| Nhóm 3: Chỉ tiêu độ bền lớp phủ và tính năng chức năng |                               |     |                          |                                            |                                            |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|--------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 14                                                     | Độ bền chịu băng dính         | -   | Độ bám lớp mực phủ       | ASTM F2252/F2252M-25 [25]                  | Băng dính Scotch 500                       |
| 15                                                     | Độ bền vò nhàu                | lần | Bền lớp phủ khi vò gấp   | -                                          | Thiết bị IGT Crumpler                      |
| 16                                                     | Độ bền chà xát                | lần | Chống mài mòn            | ASTM D5264-98(2019) [26], TAPPI T 476 [27] | Máy Taber                                  |
| 17                                                     | Độ bền hóa chất               | -   | Chịu tác nhân hóa học    | ISO 2836:2021 [8]                          | NaOH, chất tẩy rửa, HCl, perchloroethylene |
| 18                                                     | Độ ổn định màu ( $\Delta E$ ) | -   | Ổn định màu hiển thị     | ISO/CIE 11664-4:2019 [28]                  | Máy đo màu                                 |
| 19                                                     | Độ phát quang                 | -   | Chống làm giả            | Quan sát dưới UV 250-380 nm                | Đèn UV                                     |
| 20                                                     | Tính bất mực                  | -   | Tương thích công nghệ in | Kiểm tra trực quan                         | -                                          |

So với tiêu chuẩn doanh nghiệp cho vật liệu thương mại Guardian®, TCVN 13986-1:2024 là tiêu chuẩn quốc gia duy nhất hiện có quy định các chỉ tiêu lớp phủ và chức năng, đồng thời thiết lập mức yêu cầu cao hơn ở một số chỉ tiêu quan trọng (bảng 2): độ bền gấp  $\geq 15.000$  lần (so với  $\geq 10.000$  lần), độ đục  $\geq 80\%$  (so với  $\geq 78\%$ ) và độ ổn định màu  $\Delta E \leq 2$  (so với  $\leq 2,5$ ). Cần lưu ý rằng tiêu chuẩn quốc tế ISO 17555:2021 không quy định các chỉ tiêu này, do đó việc so sánh mức ngưỡng được thực hiện với tiêu chuẩn Guardian® và TCCS 01:2022/QT mà không phải với ISO 17555:2021.

**Bảng 2. So sánh phạm vi và mức yêu cầu giữa ISO 17555:2021, tiêu chuẩn Guardian® và TCVN 13986-1:2024.**

| Chỉ tiêu                            | ISO 17555:2021                                                                                | Tiêu chuẩn Guardian®                 | TCVN 13986-1:2024                    | Nhận xét                                                     |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Độ bền kéo (CD&MD)                  | $\geq 100$ MPa (~9 kN/m đối với màng BOPP dày khoảng 90 $\mu$ m theo ASTM D882 <sup>a</sup> ) | $\geq 120$ MPa                       | $\geq 9$ kN/m (~100 MPa)             | TCVN tham khảo ISO và bổ sung yêu cầu theo thực tiễn sử dụng |
| Độ giãn dài khi đứt                 | MD $\leq 270\%$ ; CD $\leq 150\%$                                                             | -                                    | Có quy định                          | ISO làm cơ sở tham khảo                                      |
| Độ bền gấp                          | Không quy định                                                                                | $\geq 10.000$ lần                    | $\geq 15.000$ lần                    | TCVN cao hơn 50% so với Guardian®                            |
| Độ đục                              | Không quy định                                                                                | $\geq 78\%$                          | $\geq 80\%$                          | TCVN chặt chẽ hơn                                            |
| Độ ổn định màu ( $\Delta E$ )       | Không quy định                                                                                | $\leq 2,5$                           | $\leq 2$                             | TCVN chặt chẽ hơn                                            |
| Sức căng thấm ướt                   | Không quy định                                                                                | $\geq 42$ mN/m                       | $\geq 42$ mN/m                       | Tương đương                                                  |
| Điện trở bề mặt                     | Không quy định                                                                                | $\leq 1 \times 10^{10}$ $\Omega$ /sq | $\leq 1 \times 10^{10}$ $\Omega$ /sq | Tương đương                                                  |
| Độ bền lớp phủ, băng dính, hóa chất | Không quy định                                                                                | Có quy định                          | Có quy định                          | Bổ sung so với ISO                                           |
| Độ phát quang                       | Không quy định                                                                                | Có quy định                          | Có quy định                          | Đặc thù in bảo an                                            |



<sup>a</sup>: ISO 17555:2021 và tiêu chuẩn Guardian® quy định độ bền kéo theo đơn vị ứng suất (MPa), trong khi TCVN 13986-1:2024 quy định theo lực kéo trên đơn vị chiều rộng (kN/m) phù hợp với ASTM D882. Theo ASTM D882, đối với màng mỏng có chiều dày nhỏ hoặc khó xác định chính xác tiết diện ngang, độ bền kéo có thể được biểu thị theo lực kéo trên đơn vị chiều rộng. Trong bảng này, giá trị khoảng 9 kN/m được nêu để thuận tiện đối chiếu với 100 MPa của ISO 17555:2021 đối với màng BOPP có chiều dày danh nghĩa khoảng 90 µm; giá trị này chỉ có ý nghĩa tham khảo và không phải là phép chuyển đổi đơn vị áp dụng chung.

TCVN 13986-2:2024 về phương pháp thử được xây dựng dựa trên ba nguyên tắc: (1) hài hòa với các tiêu chuẩn quốc tế, tiêu chuẩn nước ngoài (tham khảo và viện dẫn chọn lọc ISO, ASTM, TAPPI); (2) tính đặc thù với các phép thử riêng cho vật liệu nhiều lớp (như độ bền vò nhàu, độ bền hóa chất có quy định cụ thể về tác nhân, thời gian, nhiệt độ); và (3) tính đồng bộ khi mỗi chỉ tiêu kỹ thuật tại TCVN 13986-1:2024 được liên kết trực tiếp với một phương pháp thử tại TCVN 13986-2:2024.

**3.3. Kết quả thử nghiệm và đánh giá sự phù hợp**

Kết quả thử nghiệm liên phòng của vật liệu PolySecure®, thực hiện theo các phương pháp thử quy định trong TCVN 13986-2:2024, được trình bày trong bảng 3. Theo đó, vật liệu đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật quy định tại TCVN 13986-1:2024 đối với cả ba nhóm chỉ tiêu.

Trong tổng số 20 chỉ tiêu kỹ thuật quy định tại TCVN 13986-1:2024 (bảng 1), nghiên cứu lựa chọn 13 chỉ tiêu đại diện để thực hiện so sánh kết quả thử nghiệm liên phòng (bảng 3). Việc lựa chọn dựa trên mức độ đại diện cho các tính chất cơ lý, bề mặt và độ bền lớp phủ của vật liệu, đồng thời đảm bảo tính khả thi khi triển khai tại các phòng thử nghiệm.

**Bảng 3. Kết quả thử nghiệm liên phòng đối với 13 chỉ tiêu đại diện của vật liệu PolySecure® theo TCVN 13986-1:2024.**

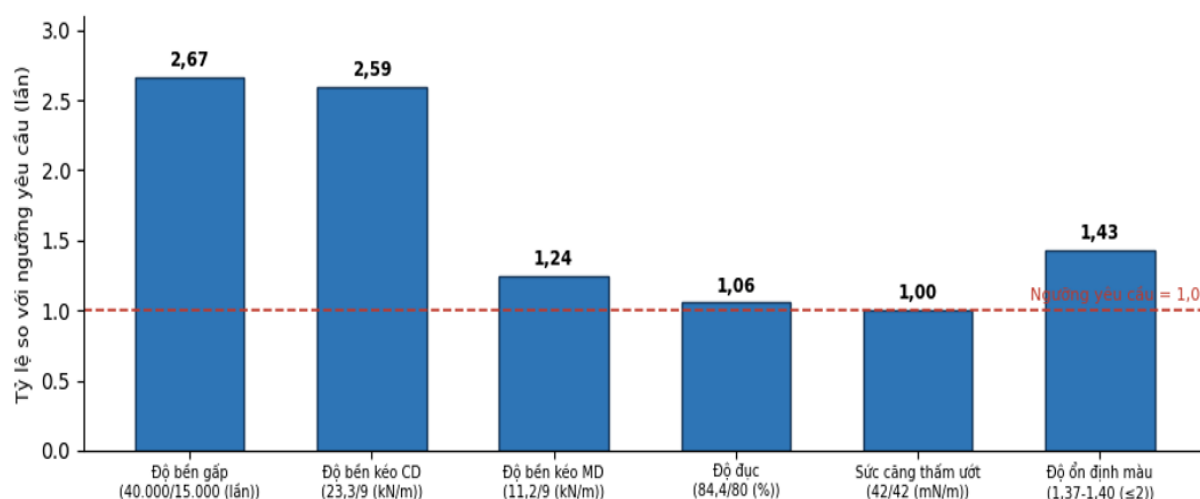
| Chỉ tiêu      | Đơn vị           | Yêu cầu TCVN 13986-1:2024 | Kết quả PolySecure® | Phương pháp thử             | Phòng thử nghiệm                 |
|---------------|------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Định lượng    | g/m <sup>2</sup> | 82,5±6%                   | 86,6                | TAPPI/ANSI T 410 om-23 [17] | Viện Công nghiệp Giấy và Xenlulô |
| Độ dày        | µm               | 91,2±7%                   | 90,0                | TAPPI/ANSI T 411 [19]       | Viện Hóa học, VAST               |
| Độ bền kéo MD | kN/m             | ≥9                        | 11,2 (124,6 MPa*)   | ASTM D882-18 [9]            | QUATEST 1                        |
| Độ bền kéo CD | kN/m             | ≥9                        | 23,3 (259,8 MPa*)   | ASTM D882-18 [9]            | QUATEST 1                        |
| Độ bền gấp    | lần              | ≥15.000                   | 40.000              | TAPPI T 423 [13]            | Viện Công nghiệp Giấy và Xenlulô |

|                                  |                    |                         |                                     |                                                  |                                                     |
|----------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Độ bền xé<br>(MD/CD)             | mN                 | Đạt yêu cầu             | 43,3/25,4                           | TCVN 12483-2:2018<br>[10], TAPPI T 414<br>[11]   | Trung tâm Đo lường<br>và Kiểm tra chất<br>lượng Q&T |
| Sức căng thấm<br>ướt             | mN/m               | $\geq 42$               | 42                                  | ISO 8296:2003 [23]                               | Trung tâm Đo lường<br>và Kiểm tra chất<br>lượng Q&T |
| Độ đục                           | %                  | $\geq 80$               | 84,4                                | TCVN 6728:2010<br>[20], TAPPI/ANSI T<br>425 [21] | Viện Công nghiệp<br>Giấy và Xenlulô                 |
| Điện trở bề<br>mặt               | $\Omega/\text{sq}$ | $\leq 1 \times 10^{10}$ | $\approx 10^{8,3} \Omega/\text{sq}$ | ASTM D257-<br>14(2021)e1 [24]                    | Trung tâm Đo lường<br>và Kiểm tra chất<br>lượng Q&T |
| Độ ổn định<br>màu ( $\Delta E$ ) | -                  | $\leq 2$                | 1,37-1,40                           | ISO/CIE 11664-<br>4:2019 [28]                    | Viện Hóa học,<br>VAST                               |
| Độ bền chịu<br>bằng dính         | -                  | Không bong lớp<br>phủ   | Đạt                                 | ASTM<br>F2252/F2252M-25<br>[25]                  | Viện Hóa học,<br>VAST                               |
| Độ bền hóa<br>chất               | -                  | Không hỏng lớp<br>phủ   | Đạt                                 | ISO 2836:2021 [8]                                | Viện Hóa học,<br>VAST                               |
| Biến dạng do<br>nhiệt<br>(MD/CD) | %                  | $\leq 4/\leq 2$         | 0,28/1,22                           | ASTM D1204-25<br>[15]                            | Viện Hóa học,<br>VAST                               |

\*: Giá trị MPa chỉ được nêu để đối chiếu với ISO 17555:2021. Theo ASTM D882, đối với màng mỏng có chiều dày nhỏ hoặc khi khó xác định chính xác tiết diện ngang, độ bền kéo có thể được biểu thị theo lực kéo trên đơn vị chiều rộng (kN/m). Các giá trị MPa trong bài báo được quy đổi tham khảo đối với màng BOPP có chiều dày danh nghĩa khoảng 90  $\mu\text{m}$  và không phải là phép chuyển đổi đơn vị trực tiếp.

Vật liệu vượt yêu cầu ở nhiều chỉ tiêu, tạo dư địa an toàn rõ rệt (hình 2): độ bền gấp  $\sim 40.000$  lần (gấp 2,7 lần ngưỡng), độ bền kéo ngang 23,3 kN/m ( $\sim 2,6$  lần) và  $\Delta E$  1,37-1,40 (ngưỡng  $\leq 2$ ). Điện trở bề mặt khoảng  $10^{8,3} \Omega/\text{sq}$ , thấp hơn nhiều ngưỡng giới hạn, cho thấy khả năng kiểm soát tĩnh điện tốt. Dư địa này phản ánh tính khả thi khi áp dụng tiêu chuẩn trong thực tế.





**Hình 2. Mức đáp ứng của PolySecure® so với ngưỡng yêu cầu của TCVN 13986-1:2024 ở một số chỉ tiêu chính.**

### 3.4. Áp dụng thực tế tại Công ty TNHH Công nghệ cao Polymer Q&T

Trước khi có TCVN 13986:2024, việc kiểm soát chất lượng chủ yếu dựa trên thông số nhà cung cấp nước ngoài và TCCS nội bộ (TCCS 01:2022/QT), thiếu cơ sở pháp lý - kỹ thuật thống nhất để nghiệm thu, đối chứng. Sau khi Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành quyết định công bố tiêu chuẩn TCVN 13986:2024 vào tháng 4/2024, doanh nghiệp dùng TCVN 13986:2024 làm căn cứ chính thức để kiểm soát quá trình và nghiệm thu sản phẩm.

Công ty đã xây dựng và áp dụng hệ thống quản lý về chất lượng theo ISO 9001:2015, về môi trường theo ISO 14001:2015, về an toàn và sức khỏe nghề nghiệp theo ISO 45001:2018 và về an toàn thông tin theo ISO/IEC 27001:2022; phòng thử nghiệm của Công ty được công nhận ISO/IEC 17025:2017 (VILAS 1560) [32] nhằm kiểm soát chất lượng sản phẩm trong toàn bộ quá trình sản xuất.

Vật liệu sản xuất trong nước đã được dùng cho khoảng 1,85 tỷ hình tiền, đáp ứng đầy đủ yêu cầu của TCVN 13986-1:2024 và đạt mức tương đương hoặc cao hơn vật liệu nhập khẩu ở một số chỉ tiêu [33]. Chi phí tiết kiệm ước tính khoảng 100 tỷ đồng giai đoạn 2024-2025 (~20% so với nhập khẩu) đạt được nhờ chủ động nội địa hóa, trong đó TCVN 13986:2024 là cơ sở kỹ thuật để kiểm soát chất lượng ổn định và nghiệm thu thay vật liệu nhập khẩu.

Như vậy, việc xây dựng và áp dụng TCVN 13986:2024 đã khẳng định vai trò của tiêu chuẩn đối với hoạt động nghiên cứu & phát triển, sản xuất, kinh doanh và ứng dụng của Công ty TNHH Công nghệ cao Polymer Q&T, giúp Công ty có bước phát triển mạnh mẽ và bền vững trong thời gian qua.

#### 4. Kết luận

Bộ TCVN 13986:2024 với cấu trúc hai phần (TCVN 13986-1:2024 và TCVN 13986-2:2024) đã được xây dựng có cơ sở khoa học, hài hòa với tiêu chuẩn quốc tế, tiêu chuẩn nước ngoài và đáp ứng đặc thù vật liệu nền nhiều lớp dùng trong in bảo an. Kết quả thử nghiệm liên phòng và thực tiễn áp dụng tại Công ty Q&T cho thấy, vật liệu PolySecure® đáp ứng đầy đủ yêu cầu với dư địa an toàn đáng kể, được dùng cho khoảng 1,85 tỷ hình tiền và góp phần tiết kiệm khoảng 100 tỷ đồng giai đoạn 2024-2025, tạo cơ sở cho tự chủ công nghệ vật liệu bảo an trong nước.

Trong thời gian tới, nhóm nghiên cứu đề xuất tiếp tục: (i) bổ sung các phép thử lão hóa gia tốc và độ bền thời tiết nhằm đánh giá tuổi thọ lưu thông dài hạn; (ii) nghiên cứu hướng dẫn kỹ thuật về điều kiện nhiệt độ, độ ẩm khi lưu kho, bảo quản màng trước khi đưa vào dây chuyền in; và (iii) tích hợp bộ chỉ tiêu vào hệ thống kiểm soát chất lượng tự động bằng thị giác máy tính trên dây chuyền sản xuất.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] B. Hardwick, W. Jackson, G. Wilson, et al. (2014), “Advanced materials for banknote applications”, *Proceedings of The Banknote 2014 Conference*.
- [2] International Organisation for Standardisation (2021a), *ISO 17555:2021 - Plastics - Film and Sheeting - Biaxially Oriented Polypropylene (PP) Films*.
- [3] Q&T Polymer High Technology Co., Ltd (2023), *Final Project Report: Research on The Technological Process for Manufacturing High-tech Multilayer Polymer Substrate Materials for Security Printing Applications* (in Vietnamese).
- [4] CCL Secure (2020), *Guardian® Polymer Substrate Specification*, <https://www.cclsecure.com/guardian>, accessed 20 March 2026.
- [5] Q&T Polymer High Technology Co., Ltd (2022), *TCCS 01:2022/QT - PolySecure Substrate Material - Technical Requirements* (in Vietnamese).
- [6] Ministry of Science and Technology (2017a), *TCVN 6886:2017 - Printing Paper* (in Vietnamese).
- [7] Technical Association of The Pulp and Paper Industry (n.d), *TAPPI/ANSI T 402 Sp-21 - Standard Conditioning and Testing Atmospheres for Paper, Board, Pulp Handsheets, and Related Product*.
- [8] International Organisation for Standardisation (2021b), *ISO 2836:2021 - Graphic Technology - Prints and Printing Inks - Assessment of Resistance to Liquids*.
- [9] ASTM International (2018), *ASTM D882-18 - Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*, 12pp, DOI: 10.1520/D0882-18.

[10] Ministry of Science and Technology (2018a), *TCVN 12483-2:2018 (ISO 6382-2:1983) - Plastics - Film and Sheet - Determination of Tear Resistance - Part 2: Elmendorf Method* (in Vietnamese).

[11] Technical Association of The Pulp and Paper Industry, *TAPPI T 414 - Internal Tearing Resistance of Paper (Elmendorf-type Method)*.

[12] Ministry of Science and Technology (2007), *TCVN 1866:2007 (ISO 5626:1993) - Paper - Determination of Folding Endurance* (in Vietnamese).

[13] Technical Association of The Pulp and Paper Industry (n.d), *TAPPI T 423 - Folding Endurance of Paper (Schopper-type Tester)*.

[14] Technical Association of The Pulp and Paper Industry (n.d), *TAPPI T 556 - Bending Resistance (Stiffness) of Paper (Taber-type Tester in 0 to 10 Taber Stiffness Unit Configuration)*.

[15] ASTM International (2025a), *ASTM D1204-25 - Standard Test Method for Linear Dimensional Changes of Nonrigid Thermoplastic Sheet or Film at Elevated Temperature*, 3pp, DOI: 10.1520/D1204-25.

[16] Ministry of Science and Technology (2017b), *TCVN 1270:2017 (ISO 536:2012) - Paper and Board - Determination of Grammage* (in Vietnamese).

[17] Technical Association of The Pulp and Paper Industry, *TAPPI/ANSI T 410 om-23 - Grammage of Paper and Paperboard (Weight per Unit Area)*.

[18] Ministry of Science and Technology (2013), *TCVN 10101:2013 (ISO 4593:1993) - Plastics - Film and Sheet - Determination of Thickness by Mechanical Scanning* (in Vietnamese).

[19] Technical Association of The Pulp and Paper Industry, *TAPPI/ANSI T 411 om-21- Thickness (Caliper) of Paper, Paperboard and Combined Board*.

[20] Ministry of Science and Technology (2010), *TCVN 6728:2010 (ISO 2471:2008) - Paper and Board - Determination of Opacity (Paper Backing) - Diffuse Reflectance Method* (in Vietnamese).

[21] Technical Association of The Pulp and Paper Industry, *TAPPI/ANSI T 425 om-21 - Opacity of Paper (15/d Geometry, Illuminant A/2°)*.

[22] Ministry of Science and Technology (2018b), *TCVN 12486:2018 (ISO 8296:2003) - Plastics - Film and Sheet - Determination of Wetting Tension* (in Vietnamese).

[23] International Organisation for Standardisation (2003), *ISO 8296:2003 - Plastics - Film and Sheet - Determination of Wetting Tension*.

[24] ASTM International (2021), *ASTM D257-14(2021)e1 - Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating materials*, 18pp, DOI: 10.1520/D0257-14R21E01.

[25] ASTM International (2025b), *ASTM F2252/F2252M-25 - Standard Practice for Evaluating Ink or Coating Adhesion to Flexible Packaging Materials Using Tape*, 3pp, DOI: 10.1520/F2252\_F2252M-25.

[26] ASTM International (2019), *ASTM D5264-98(2019) - Standard Practice for Abrasion Resistance of Printed Materials by The Sutherland Rub Tester*, 3pp, DOI: 10.1520/D5264-98R19.

[27] Technical Association of The Pulp and Paper Industry, *TAPPI T 476 om-21 - Abrasion Loss of Paper and Paperboard (Taber-type Method)*.

[28] International Organisation for Standardisation (2019), *ISO/CIE 11664-4:2019 - Colorimetry - Part 4: CIE 1976 L\*a\*b\* Colour Space*.

[29] Vietnam National Standards & Quality Institute (2023), *2023 National Standards Development Project: Research on The Development of Two Vietnamese National Standards for Polymer Substrate Paper* (in Vietnamese).

[30] Ministry of Science and Technology (2024a), *TCVN 13986-1:2024 - High-tech Biaxially-oriented Polypropylene (BOPP) Backing Substrate - Part 1: Specifications* (in Vietnamese).

[31] Ministry of Science and Technology (2024b), *TCVN 13986-2:2024 - High-tech Biaxially-oriented Polypropylene (BOPP) Backing Substrate - Part 2: Test Methods* (in Vietnamese).

[32] National Accreditation Bureau (2024), *Decision No. 3448/QĐ-VPCNCL Dated December 30, 2024, on The Recognition of The Measurement and Testing Laboratory of Q&T Polymer High Technology Co., Ltd. as Complying with ISO/IEC 17025:2017 (VILAS No. 1560)* (in Vietnamese).

[33] National Banknote Printing Plant (2025), *Quality Assessment Report on PolySecure® Substrate Material for Banknote Production (2024-2025)* (in Vietnamese).