ورقة موقف فني
الإصدار الأول · 2026

مصمَّمة لتبقى بعد المشهد الأخضر الذي فوقها

كل ما تضعه إيبك تحت الأرض مُحدَّد ليبقى مؤديًا لوظيفته بعد مئة عام. تعرض هذه الورقة الدليل على ذلك، مادةً مادة: ما الذي يُدفن، وما الذي يمكن أن ينهي عمره، ولماذا لا تعمل أيٌّ من تلك الآليات في الموضع الذي تشغله إيبك.

100

سنة من عمر الأداء أُثبتت للبولي بروبيلين والبولي إيثيلين المدفونين، تحت خدمة صرف صحي أقسى بكثير من خدمة إيبك

446

سنة متوقعة لغشاء جيوتقني من البولي إيثيلين عالي الكثافة مغطّى عند 20 درجة مئوية، و166 سنة عند 30 درجة، و106 عند 35 درجة

1995

عام أول تركيب لإيبك. تلاه 470 نظامًا بمساحة 2,093,000 قدم مربعة



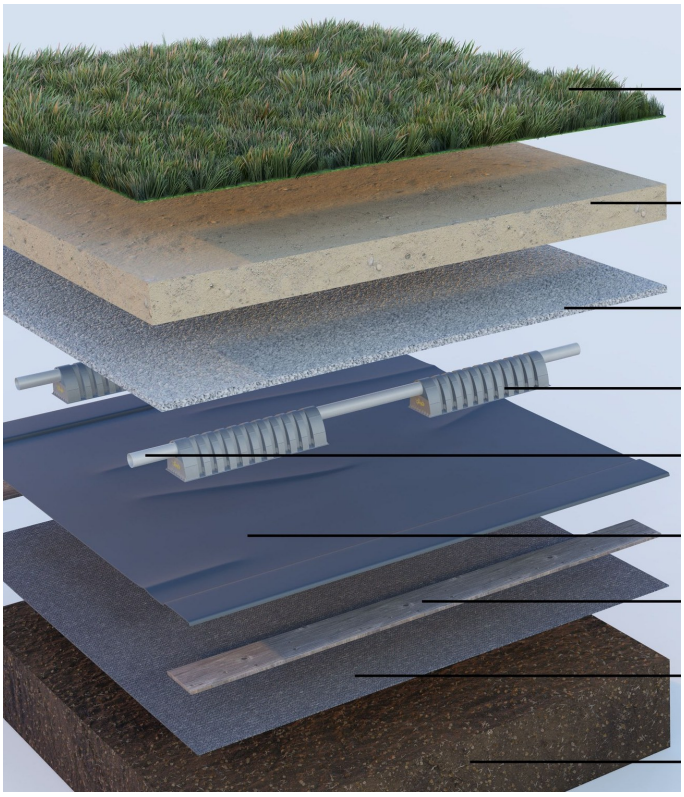
★ PROUDLY MADE IN THE USA · epictws.com · Reno, Nevada

إكسبيتريد للتجارة العامة ذ.م.م · الموزّع الإقليمي المعتمد · دبي، الإمارات

الجزء الأول

تسع طبقات. أربع مواد.

خلية إيبك ليست آلة بل تتابع من الطبقات، فالسؤال عن عمرها هو في حقيقته أربعة أسئلة، سؤال لكل صنف من المواد تحت الأرض.



بنية إيبك مفكَّكة. تسع طبقات، والبوليمرية منها لا تتجاوز مجتمعةً واحدًا بالمئة من الكتلة المُركَّبة.

صنف المادة	ما هي	نسبة الكتلة	ما الذي يحكم عمرها
معدنية	رمل مغسول، حصى رابط، طبقة سفلية مُعدَّة	~99%	لا شيء. الرمل السيليكي مادة جيولوجية: لا يتأكسد ولا يتآكل ولا يتحلل.
بوليأوليفين	أجهزة إيبك (بولي بروبيلين) وأنابيب التوصيل	أقل من 1%	الأكسدة الحرارية. ويحدد معدلها درجةُ الحرارة ومقدارُ الأكسجين الذي يصل إلى البوليمر.
غشاء جيوتقني	بطانة من الـ EPDM أو البولي إيثيلين عالي الكثافة	أقل من 1%	الأكسدة الحرارية، والأشعة فوق البنفسجية عند التعرض للشمس. أما وهي مدفونة فلا تنطبق الأشعة.

تسعة وتسعون بالمئة من الكتلة معدنية

نحو 99% من كتلة نظام إيبك المُركَّب رملٌ وحصى وماء، ولا تتجاوز الأجهزة والبطانة معًا واحدًا بالمئة. فسؤال المتانة إذن يخص جزءًا صغيرًا جدًا مما تحت الأرض، أما الجزء الأكبر فلا آلية تدهور له أصلًا. والبوليمر الآخر الوحيد تحت الأرض هو حلقة النيوبرين عند كل اختراق للأنابيب، وكل واحدة يمكن الوصول إليها واستبدالها.

الجزء الثاني

خمس طرق يموت بها البوليمر. ولا واحدة منها تنطبق هنا.

البوليمرات لا تبلى بمرور الزمن، بل تفشل عبر آليات محددة، ولكل آلية منها محرّك تحتاجه. فإذا أُزيلت المحرّكات توقفت الساعة عمليًا.

الآلية	ما الذي يحرّكها	موضعها في بنية إيبك
الأكسدة الضوئية	أشعة الشمس المباشرة، وهي السبب الغالب لفشل البلاستيك والأغشية المعرَّضة.	غائبة. ففي بنية قياسية يعلو الأجهزةَ من 175 إلى 200 مم من الرمل، والبطانة أعمق من ذلك. وتكفي تغطية ترابية مقدارها 150 مم وحدها لإيقاف الأشعة فوق البنفسجية تمامًا.
الأكسدة الحرارية	الحرارة مع توافر الأكسجين، ويرتفع معدلها أُسّيًا مع درجة الحرارة.	مكبوحة إلى حد بعيد. فالمكوّنات المدفونة تقع عند حرارة الأرض المخمَّدة لا حرارة الهواء، كما أن إمداد الأكسجين داخل بنية مردومة ومشبعة في معظمها محدود.
الإجهاد المستمر	حمل أو انحراف متواصل يُحفظ عقودًا، فيؤدي إلى نمو الشقوق البطيء.	منخفض. فالجهاز قوس مثبَّت في رمل محصور، لا حلقة محفوظة في انحراف دائم، والرمل والحصى المرصوصان حوله يحملان الأحمال ويمرّرانها من حوله.
الهجوم الكيميائي	الأحماض المؤكسِدة القوية والمذيبات العطرية والمكلورة والهيدروكربونات.	غير موجود. تنقل إيبك مياه الري ومياه الصرف المعالجة ومياه الأمطار والمياه المسوسة والمالحة. والبولي بروبيلين مُقيَّم بأنه ممتاز أمام الأملاح المتعادلة ومحاليل الأسمدة والقلويات.
الهجوم الحيوي	أيض البوليمر نفسه بواسطة بكتيريا التربة أو فطرياتها.	لا يحدث. فالبوليأوليفينات غير المعالَجة لا تُستقلَب بكائنات التربة، والأبحاث المنشورة لا تجد هجومًا فطريًا إلا بعد أكسدة مسبقة متعمَّدة للعينة بالأشعة أو بالحرارة.

متى أُزيلت الأشعة فوق البنفسجية بقيت الحرارة المتغيّر الوحيد

كل آلية متبقية محكومة بالحرارة وتتبع علاقة أرهينيوس: وكقاعدة تقريبية يتضاعف المعدل مع كل 10 درجات مئوية. ولهذا بالضبط يُنمذَج الغشاء الجيوتقني نفسه عند **446 سنة في 20 درجة مئوية** و**69 سنة في 40 درجة**، ولهذا يكون عمق التغطية قرارَ متانة لا قرارَ تنفيذ.

في بنية خليجية تقع الأجهزة تحت 175 إلى 200 مم من رمل يظل رطبًا أو مبللًا معظم العام، والمنطقة المشبعة في قاع الخلية أبرد من ذلك. وحتى إذا أُخذ خط 30 درجة مئوية في النموذج — وهي قراءة متحفظة عمدًا لحرارة الأرض الخليجية عند ذلك العمق — فإن الغشاء المغطّى يُتوقَّع له **166 سنة**.

والمنطق نفسه يسري في الاتجاه المعاكس، ويستحق أن يُقال صراحةً: فأي مكوّن من إيبك يُترك مكشوفًا في الموقع قبل الردم يكون في أسوأ وضع سيمر به على الإطلاق. غطِّه في يوم وضعه، فلن يرى تلك الظروف مرة أخرى.



الأجهزة فوق البطانة وتحت البنية. والتغطية ليست مجرد ردم، بل هي ما يزيل الأشعة فوق البنفسجية ويخمّد الحرارة ويحدّ من الأكسجين الواصل إلى البوليمر.

الجزء الثالث

البولي بروبيلين، ونتيجة المئة عام

لم يُنجَز العمل المرجعي في مدة بقاء البولي بروبيلين والبولي إيثيلين المدفونين من أجل الري، بل من أجل الصرف الصحي، وهي خدمة أقسى كثيرًا مما تطلبه إيبك من البوليمر نفسه.

في ديسمبر 2014 نشرت TEPPFA، الرابطة الأوروبية لأنابيب ووصلات البلاستيك، دراسةً استمرت ثلاث سنوات مع منتجَي الراتنجات Borealis وLyondellBasell، وصادق عليها مستقلًّا البروفيسور الدكتور هاينتس دراغاون من المعهد الاتحادي للتقانة في فيينا. وخلاصتها بنصها: أنظمة الصرف من البوليأوليفين سيكون لها عمر أداء **لا يقل عن مئة عام** متى استوفت المواد والمنتجات وممارسات التركيب المتطلبات المناسبة. ولم تستند الدراسة إلى النمذجة وحدها، بل استُخرجت أنابيب من خمسة مواقع أوروبية بعد خدمة فعلية واختُبرت وفق متطلبات المنتج الجديد.

الموقع	المادة	سنوات	النتيجة عند الاستخراج
فنلندا	بولي إيثيلين جدار صلب، 200 مم	38	الخصائص الفيزيائية ضمن نطاق صحائف البيانات الأصلية، وأعطى التعتيق الحراري عمرًا متبقيًا يزيد على 50 سنة.
ألمانيا	بولي إيثيلين جدار صلب، 280 و355 مم	16–18	لا انخفاض في الجودة.
النرويج	بولي بروبيلين جدار صلب، 110 مم	23	لا فقدان يُذكر في الخواص الميكانيكية، واستمرت اختبارات الضغط 1,260 ساعة وأكثر من 2,800 ساعة مقابل متطلب 1,000 ساعة.
النرويج	بولي بروبيلين جدار مُهيكل، 160 مم	20	يستوفي متطلبات مرونة الحلقة والصدم المعمول بها اليوم.
الدنمارك	بولي بروبيلين جدار مُهيكل، 200 مم	12	لا تدهور متسارع في البوليمر.

لماذا خدمة إيبك هي الأيسر

- **الحرارة.** يسمح المعيار EN 476 بتصريف مستمر عند 45 درجة مئوية، وعنده قيّمت الدراسة البوليمر. أما جهاز إيبك فينقل مياه ري عند حرارة الأرض.
- **الانحراف المستمر.** أنبوب الصرف المدفون حلقة محفوظة في انحراف دائم يُحدّ بـ 8% عند التشغيل ويُختبَر استرخاؤه عند 15%. أما جهاز إيبك فقوس مفتوح القاع مثبَّت في رمل وحصى مرصوصين.
- **الكيمياء.** كان على الدراسة أن تحسب حساب مياه المجاري، بينما تنقل إيبك مياه الري والصرف المعالج والأمطار والمياه المالحة، ولا يبلغ أيٌّ منها تركيزًا يؤثر في عمر البوليأوليفين.

اختبار تحميل مستقل، 2009

حمّلت شركة American Engineering Testing Inc. (المشروع 08900-20) أجهزة إيبك المركَّبة عبر البنية المكتملة. فتحت 305 مم من الرمل — منها 140 مم فوق قمة الجهاز، وهي أقل مما تشترطه المواصفة فالنتيجة متحفظة — أعطى **6,200 رطل على لوح 100 بوصة مربعة** إزاحةً قدرها 1.16 بوصة، وتحت 406 مم أعطى **10,000 رطل على لوح 10 × 14 بوصة** إزاحةً قدرها 3.345 بوصة.

الجزء الرابع

مغطّاة، لا مكشوفة. وتلك هي الحجة كلها.

عمر الغشاء الجيوتقني ليس صفةً في الصفيحة بل في موضعها. وعلى ذلك تتفق النماذج والعينات المستخرجة من الأرض.

تنبؤ معهد الجيوسنثتك بعمر غشاء البولي إيثيلين عالي الكثافة المغطّى بحسب حرارة الموقع (كورنر وهسوان وكورنر، الورقة البيضاء رقم 6، 2005، محدَّثة 2011):

الحرارة	استنفاد مضادات الأكسدة	زمن الحث	لنصف العمر	الإجمالي المتوقع
20 °C	208 سنة	30 سنة	208 سنة	**446 سنة**
25 °C	140 سنة	25 سنة	100 سنة	**265 سنة**
30 °C	97 سنة	20 سنة	49 سنة	**166 سنة**
35 °C	66 سنة	15 سنة	25 سنة	**106 سنة**
40 °C	46 سنة	10 سنوات	13 سنة	**69 سنة**

ويتفق عمل مستقل في جامعة كوينز: إذ يتوقع برنامج تعتيق عند حرارة مرتفعة استمر سبع عشرة سنة ما بين 660 و1,700 سنة عند 20 درجة مئوية، وأكثر من 550 سنة عند 35 درجة تحت غطاء واقٍ (إيويس ورو وريمال وسانغام، 2018).

مستخرَجة من الأرض، لا مُنمذَجة

- بطانة بولي إيثيلين عالي الكثافة عمرها **22 سنة** من مكب نفايات منزلية تعرّضت لعُصارة تصل إلى 65 درجة مئوية: كل الخواص الفيزيائية والميكانيكية وخواص التحمّل دون تغيّر يُذكر وأعلى بكثير من المواصفة الحالية (كورنر ويانغبلود ورافتر، 2018).
- غشاء بولي إيثيلين عالي الكثافة عمره **20 سنة** استُخرج من غطاء إعادة تأهيل منجم: خواص الشد أعلى من المتطلب، والنفاذية دون تأثر (راريسون ومبونيمبا وبوسيير وبوليو، 2023).
- **والحالة المضادة تثبت القاعدة.** بطانة غير محمية استُخرجت من بحيرة عُصارة مكشوفة بعد أربع عشرة سنة، وكانت قد توقفت عمليًا عن العمل خلال أربع منها (رو وسانغام وليك، 2003). البوليمر نفسه، بلا غطاء.

لماذا الـ EPDM لا الـ PVC

الـ EPDM مطاط صناعي مُفلكن ذو سلسلة رئيسية مشبعة، فلا روابط مزدوجة في هيكله يهاجمها الأوزون أو الأشعة فوق البنفسجية، واستطالته الدنيا 300%، فيتوافق مع سطح غير مثالي بدل أن يتمزق عليه. وتحدد إيبك سماكة 1.14 مم (45 mil) وفق ASTM D7465. وقد استوفت أغشية أسطح من البوليمر نفسه، سُحبت من خمسة أسطح بعد ثلاثين سنة من التعرض الكامل، الحدودَ الفيزيائية الدنيا للأغشية المنتَجة اليوم أو تجاوزتها.

أما الـ PVC فغير محدَّد ولا يُقبل كمكافئ: فمرونته تعتمد على مُلدِّن يهاجر من الصفيحة إلى ما حولها، فتتصلّب وتصير هشّة ويتعذّر إصلاحها. وفي مقارنة معهد الجيوسنثتك لأعمار الأغشية المكشوفة كان أقصر المواد عمرًا.

الجزء الخامس

الرمل لا يتحلل.
ولا السجل كذلك.

تسعة وتسعون بالمئة من بنية إيبك مادة معدنية، والمعدن لا عمر خدمة له ينفد. أما الواحد بالمئة الباقي فالدليل عليه أنظمة ظلت تحت الأرض ربع قرن.

الرمل السيليكي المغسول مادة جيولوجية: لا يتأكسد ولا يتآكل ولا يتحلل ولا يفقد متانته، ولأن حبيباته لا تتفتّت فإن البنية لا تندك بل تبقى مستقرة إلى أجل غير مسمى. وثمة آلية تدهور واحدة طويلة الأمد في بنية إيبك، وهي تعمل عند السطح لا في العمق: الانسداد بالطين أو الغرين الوافد من الأعلى عبر تغطية سطحية غير مناسبة أو رمل ملوَّث أو ذرات تحملها الرياح. وتعالجها التهويةُ المنتظمة مع جمع القوالب المستخرجة وإزالتها.



رينو، الموسم الأول، 2000



الملعب نفسه، الموسم الثاني



الملعب نفسه في 2022 — بعد اثنتين وعشرين سنة

جامعة نيفادا في رينو — ملاعب التدريب الرياضي، رُكّبت عام 2000. ولم يُفتح النظام الذي تحت العشب منذ ذلك الحين.

إحدى وثلاثون سنة من التركيبات

دخل أول تركيب لإيبك الأرضَ في مايو 1995، وتلاه أربعمئة وسبعون نظامًا بمساحة 2,093,000 قدم مربعة. وفي نادي سونوما للغولف بكاليفورنيا أُعيد بناء المصائد الرملية الاثنتين والسبعين جميعها على تصريف إيبك عام 2003، وبعد خمس سنوات ونصف سجّل المدير العام للنادي أن كل واحدة منها كانت تُصرِّف دون تجمّع مياه خلال ساعة من أشد الأمطار، بينما احتاجت مصيدتان بُنيتا في الوقت نفسه على أنابيب مثقّبة تقليدية إلى الضخ. وصُوّرت المصائد مرة أخرى عام 2011.



نادي سونوما للغولف، كاليفورنيا — مصائد رملية أُعيد بناؤها على تصريف إيبك عام 2003، وصُوّرت عام 2011.

الجزء السادس

ما ليس مئة عام — ولماذا كان ذلك بالتصميم

لا تنفع الحجّة إلا إذا بيّنت أين تتوقف. وإيبك نظام سلبي: فالأجزاء القابلة للبلى هي الأجزاء المتحركة، وقد استُبعد دفنها عن قصد.

المكوّن	العمر الاسترشادي	أين يقع	الاستبدال
المضخات ودائرة الرفع المنخفض	10–15 سنة	فوق الأرض أو في غرفة يمكن الوصول إليها	استبدال بالمثل دون حفر البنية.
صمامات التحكم ومفاتيح العوّامة	5–10 سنوات	في غرفة المخرج أو الإمداد	عبر غطاء الغرفة.
وحدات التحكم والمؤقتات والحساسات	5–10 سنوات	في لوحة التحكم	استبدال في الورشة.
الغطاء النباتي والتغطية السطحية	حسب ممارسات التنسيق	عند السطح	صيانة اعتيادية للمسطّحات.

الشيء الوحيد الذي يجب فعله

التهوية مع جمع القوالب المستخرجة. ويوصى بأسنان تهوية طولها 75 إلى 100 مم، بل إن سنًّا طولها 150 مم لن تبلغ الأجهزة تحت بنية قياسية تترك 175 إلى 200 مم من الرمل فوق القمة. واجمع القوالب وأزِلها بدل تركها تتفتّت عند السطح، فهكذا يتراكم التلوث بالطين والغرين أصلًا. وهو بند الصيانة الوحيد الذي يترتب على إهماله أثر مادي تراكمي، وما عداه في نظام إيبك إما تلقائي وإما تجميلي.

الضمان ليس عمر الأداء

الاثنان أداتان مختلفتان ولا ينبغي أن تُقرأ إحداهما مقابل الأخرى. فالضمان التجاري لإيبك **عشرون سنة بالتناسب** على الأجزاء المصنَّعة وبطانة الـ EPDM و**عشر سنوات** على تشغيل النظام، بشرط مراجعة التصميم قبل تاريخ المناقصة. وذلك شرط تجاري يحدده ما يقبل المصنّع ضمانه. أما عمر الأداء المعروض في هذه الورقة فتقدير هندسي لمدة بقاء المادة مؤديةً لوظيفتها، وهو أطول — كما هو الحال في كل منتج بنية تحتية مدفون، من أنابيب الخرسانة إلى مجاري الكابلات.



الأجهزة موضوعة وموصولة قبيل صبّ الرمل فوقها مباشرة. وبمجرد التغطية، لا شيء في هذه الصورة مُقرَّر أن يُمَسّ مرة أخرى.

الجزء السابع

العمر يُحدَّد في المواصفة، ولا يُفترَض

كل نتيجة عمر طويل في هذه الورقة مشروطة. فمئة عام في دراسة TEPPFA تصحّ «متى استوفت المواد والمنتجات وممارسات التركيب المتطلبات المناسبة». وسبعة بنود تنقل هذا الشرط إلى مشروع إيبك.

	البند	ما ينبغي أن ينص عليه
1	بوليمر بكر	تغطي تحليلات المئة عام المادة البكر وحدها، أما المركّبات المعدَّلة والمحتوية على حشوات معدنية فخارجها. فحدِّد أجهزةً من بولي بروبيلين بكر مصبوب بالحقن من المصنّع دون مواد معاد طحنها.
2	بطانة وفق مواصفة مسمّاة	بطانة EPDM بسماكة 1.14 مم (45 mil) وفق ASTM D7465، أو بولي إيثيلين عالي الكثافة بسماكة أكبر حيث تحكم اللحامات أو المقاومة الكيميائية. ولا يُقبل الـ PVC كمكافئ.
3	النسيج الجيوتقني للحماية لا للترشيح	نسيج غير منسوج وزنه 4.5 oz/yd² تحت البطانة بتراكب 300 مم لحمايتها من المواد الحادة. وليس له أي دور ترشيحي في أي موضع من بنية إيبك.
4	الحفاظ على عمق التغطية	ما لا يقل عن 175 مم من الرمل فوق قمة الجهاز، ومن 175 إلى 200 مم في بنية قياسية، يُحافَظ عليه في المخططات. فالتغطية تزيل الأشعة فوق البنفسجية وتخمِّد الحرارة، وهي أنفع إجراء متانة في المخططات.
5	اختبار الرمل والحصى	مغسولان، بنسبة غرين وطين لا تُذكر، ودرجة حموضة قريبة من التعادل، وأن يكون قطر الركام الأكبر أقل من ثمانية أضعاف قطر الأصغر. وتُقاس الخاصية الشعرية على المصدر المقترح فعليًا قبل تثبيت عمق البنية.
6	إبعاد الهيدروكربونات عن البطانة	تُعزَل المنتجات البترولية والشحوم والزيوت والدهون عن الغشاء الجيوتقني، ولا يُستخدم الأسفلت ولا قطران الفحم ولا الأسمنت البلاستيكي بتماس معه.
7	مراجعة التصميم قبل المناقصة	يُراجَع كل تصميم لإيبك من المصنّع أو من مكتب تصميم معتمد قبل تاريخ المناقصة. وعليها يقوم الضمان، وبها تُصان البنود الستة أعلاه من أن تُحذف من الحزمة بحجة هندسة القيمة بعد الترسية.

Sources. TEPPFA / Borealis / LyondellBasell, 100 Year Service Life of Polypropylene and Polyethylene Gravity Sewer Pipes, Summary Technical Report, December 2014; validated by Prof. Dr H. Dragaun, TGM Vienna. · R. M. Koerner, Y. G. Hsuan & G. R. Koerner, Geomembrane Lifetime Prediction: Unexposed and Exposed Conditions, GRI White Paper #6, Geosynthetic Institute, 2005, updated 2011 — Table 2. · R. K. Rowe & H. P. Sangam, Durability of HDPE geomembranes, Geotextiles and Geomembranes 20(2), 2002. · A. Ewais, R. K. Rowe, S. Rimal & H. P. Sangam, 17-year elevated temperature study of HDPE geomembrane longevity, Geosynthetics International 25(5), 2018. · G. Koerner, J. Youngblood & T. Rafter, Case history of a 22-year old geomembrane liner, ICG 11, 2018. · R. Rarison, M. Mbonimpa, B. Bussière & S. Pouliot, Properties of HDPE geomembrane exhumed 20 years after installation, Int. J. Geosynthetics and Ground Engineering, 2023. · R. K. Rowe, H. P. Sangam & C. B. Lake, Evaluation of an HDPE geomembrane after 14 years as a leachate lagoon liner, Canadian Geotechnical Journal 40(3), 2003. · American Engineering Testing Inc., Epic Chamber Testing, project 20-08900, 2009. · ASTM D7465 · EN 1852 · EN 12666 · EN 13476 · EN 476 · ISO 9080 · ISO 15494 · ISO 1167. · US Patents 5,921,711 · 7,517,172 B2 · 10,472,813 B1.

المصنّع

EPIC Total Water Solutions LLC
12955 Mahogany Drive, Reno, Nevada
+1 775 813 3272 · epictws.com

الموزّع الإقليمي المعتمد

Xpitrade General Trading LLC
309 Addiyar Building, Sheikh Zayed Road,
PO Box 73503, Dubai, UAE
+971 (0)4 379 1990 · info@xpitrade.com