الخشب المستصلح وخطر التضمينات الحديدية: لماذا يُستبعد الخشب المنقذ وخشب الحظائر والخشب الصناعي المستصلح مغناطيسياً من مواد دعم الصوت

الخشب المستصلح وخطر التضمينات الحديدية: لماذا يُستبعد الخشب المنقذ وخشب الحظائر والخشب الصناعي المستصلح مغناطيسياً من مواد دعم الصوت

A. Bosque, M. Ferro, R. Flux
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

ملخّص

يحصل الخشب المستصلح على علاوة تسويقية مبنية على الأصل: بلوط حظيرة عزّته العوامل قرناً، وصنوبر راتنجي أُخرج من مستودع مهدوم، وساج أُنقذ من كاسحة ألغام خرجت من الخدمة أو منضدة مختبر متقاعدة. الرومانسية حقيقية، وحجة الاستدامة ليست تافهة. لكن مادة الدعم تُختار لما تفعله بالكابل المستقر عليها لا لسيرتها، ويحمل الخشب المستصلح عيباً يضمنه أصله بنشاط لا يسمح به فحسب: معدن فيرومغناطيسي مدفون. المسامير المربعة والبراغي والدبابيس ودبابيس الأسوار والمسامير الملولبة وشظايا الأسلاك الشائكة وطلقات الرصاص والفولاذ المدفونة وبرادة المناشير الشريطية والدائرية هي أثاث عادي لأي خشب عاش حياة عملية. ليست واقعة تلوث نادرة؛ بل هي سبب تشغيل المناشر كواشف حديدية «صناعية قبل المنشار الرئيس، وسبب إعلان ساحات الخشب المستصلح أصلاً أن مخزونها »مفحوص معدنياً.

نبلغ دراسة مسح لـ 96 كتلة مستصلحة عبر أربع فئات أصل -- بلوط حظائر، وصنوبر وتنوب مستودعات صناعية، وساج مستصلح من مصادر بحرية ومختبرية، وبلوط براميل النبيذ -- مُررت في مقياس تدرج بوابة تدفق، وكل نتيجة موجبة في تصوير مقطعي محوسب بالأشعة السينية لرسم التضمينات. كُشفت تضمينات فيرومغناطيسية في 71 من 96 كتلة (74%)، ومع mu_r للفولاذ الطري وفشل بلوط الحظائر في 19 من 20. مسمار فولاذي واحد مدفون تضمين دائم عالي النفاذية؛ المئات إلى آلاف قليلة، يكون انقطاعاً محلياً في المجال على بعد مليمترات من الموصل، ولا تعوّضه أي نظافة عازلة في الخشب المنتشرة والمسايرة مغناطيسياً التي ينزفها جسم حديدي مدفون إلى Fe المحيط. نوصّف أيضاً هالة التآكل -- بقعة تانات البلوط عبر عقود، وتقدم حجماً ملوثاً أكبر بمراتب من المعدن نفسه -- ونبيّن لماذا لا يزيل الخشب »المفحوص معدنياً« إلا عتبة صناعية خشنة، لا درجة الصوت دون المليغرام التي عرّفها Bosque وFerro وPark وTanaka (2026). تُصنع Equatorial Elevation Blocks حصراً من خشب مزارع في مروره الأول ولا تستخدم الخشب المستصلح أبداً؛ أما حجة الاستدامة للاستصلاح فنجيب عنها بالمزرعة الاستوائية المُدارة مباشرة.

1. مقدمة

أثبتت الدراسة المرافقة في هذه الدورية (Bosque وFerro وPark وTanaka، 2026) سلم حياد N معرّفاً للخشب الإنشائي، بالمحتوى المتبقي المسايِر مغناطيسياً والقابلية الحجمية التي ينتجها، وأظهرت أن ساج المزارع الاستوائية يبلغ عند التوريد. صنفت الدراسة خشباً نظيفاً في مروره الأول. لم تذكر الخشب المستصلح إلا عرضاً -- بصفته فئة 5N تفشل مسح التضمينات الحديدية »بصورة روتينية« -- ثم مضت. هذه الورقة توسع تلك العبارة العابرة إلى تفاصيلها الكاملة والمُسقِطة للأهلية، لأن سؤال الخشب المستصلح ليس هامشاً للمشترين. إنه الاعتراض الأكثر شيوعاً الذي نتلقاه: إن كان الساج الاستوائي المُدار نادراً وغالياً، وكانت الحظائر والمستودعات القديمة مليئة بخشب جميل كثيف مستقر أبعادياً من أشجار معمرة سيُحرق لولا ذلك، فلماذا لا تُصنع منه دعاماتٌ؟

الإجابة معدنية وليست متقاربة. يُعرّف الخشب المستصلح بأنه خدم حياة إنشائية سابقة، والخدمة الإنشائية تعني مثبتات. سُمّرت عارضة الحظيرة بالمسامير والأوتاد والمسامير الملولبة والدبابيس؛ وثُبّتت عارضة أرضية المستودع بمسامير نافذة وبراغي لولبية؛ وثُبّت خشب السفينة بمسامير انجراف حديدية وأوتاد خشبية ذات دبابيس حديدية؛ وارتدت منضدة المختبر حوامل فولاذية وحواف مسمارية قرناً. يُنزع معظم المعدن عند الاستصلاح. ويبقى بعضه لأنه انكسر تحت السطح، أو دُفع أعمق وغُوّر، أو تآكل إلى كتلة غير معروفة، أو لم يكن مرئياً من الخارج قط. يزيل المستصلِح المعدن الذي يراه؛ ويجد مقياس التدرج ما لا يراه.

لا نتعامل مع المثبت المدفون بصفته عيباً تجميلياً يُملأ ويُخفى، بل بما هو عليه كهرومغناطيسياً: تضمين دائم عالي النفاذية تضعه هندسة دعامة الكابل ضمن مليمترات من موصل الإشارة. توجد مادة الدعم لتحمل كابلاً مصنفاً في بيئة مجال قريب مضبوطة. مادة دعم فيها مسمار فولاذي عيب مغناطيسي يصادف أنه يحمل كابلاً.

2. حجة المسمار الواحد

لنتأمل أقل تلوث درامية يمكن تخيله: مسمار مربع واحد مكسور بمحاذاة السطح وغير مرئي، مدفون في كتلة بلوط مستصلح كاملة العيب فيما عداه. يستحق تناول الحالة كاملة؛ فإذا كانت أقل الحالات درامية مسقطة للأهلية، كانت إحصاءات المسح التالية مجرد مسك دفاتر.

يقع chi_v 6- قرب الخشب النظيف الجاف للمادة -- 10^-6 x (SI) ديامغناطيسية ضعيفة ومتجانسة، وهي الحالة المرغوبة لمادة في المئات إلى آلاف قليلة. لذلك لا تكون نسبة mu_r تشغل مجالاً ثابتاً من دون اضطرابه. لمسمار الفولاذ الطري النفاذية عبر حد الخشب-الفولاذ بضع نقاط مئوية؛ بل من ثلاث إلى ست مراتب عشرية. هذا الحد انقطاع في المجال: يجمع التضمين خطوط التدفق الثابتة وشبه الثابتة التي تمر بسلاسة في الخشب الديامغناطيسي ويركزها عند السطح فوقه مباشرة -- وهو في دعامة كابل موضع المهد nT ويعيد إشعاعها، مولداً تدرج مجال محلياً بعشرات إلى مئات والكابل تحديداً.

والتضمين، بخلاف حمل معدن نزر مسايِر موزع بالتساوي في الحجم، مصدر نقطي ذو بنية. يحمل مغنطة متبقية؛

فالمثبت الفولاذي الذي بقي في مجال الأرض عقوداً يكتسب عزماً مغناطيسياً دائماً، فلا يكون اضطراب نفاذية سلبياً فحسب، بل مغناطيساً دائماً صغيراً بمحور ثنائي قطب ثابت خاص به، غير مبالٍ بالمحاذاة الاستوائية التي بُنيت بقية المنظومة لتحقيقها. لا تعوّض أي خاصية للخشب المحيط -- لا قابلية 7، ولا eps_r، قياسية الانخفاض N، ولا تشغيل مثالي لنهاية الألياف رأسياً -- ثنائي قطب دائم في مسار الحمل. تُصنّف الكتلة بأسوأ نقطة لا بمتوسطها، وأسوأ نقطة هي المسمار.

3. المسح: فئات الأصل ومعدلات الإصابة

جُمعت 96 كتلة مستصلحة عبر أربع فئات أصل، من 20 إلى 28 لكل فئة، من ساحات خشب مستصلح راسخة في أمريكا الشمالية وأوروبا. بيعت كلها بعد نزع المثبتات، وثلاث فئات منها على أنها »مفحوصة معدنياً«. مُررت كل كتلة في الجهاز -- mm/s على سرير آلي بسرعة 20 (Bartington Grad-13، 1 دقة nT) مقياس تدرج بوابة تدفق ثلاثي المحاور والبروتوكول نفسيهما المستخدمان لمسح ساج الإنتاج في الدراسة المرافقة. وُسِمت كل كتلة أعادت شذوذاً منفصلاً من خلفيتها الديامغناطيسية وأُرسلت إلى تصوير مقطعي محوسب بالأشعة السينية)مصدر بؤرة دقيقة nT فوق 5 225 kV، 90 فوكسل um) لتحديد التضمين والتعرف إليه.

كان معدل الإصابة الإجمالي 71 من 96)74%(. حسب الفئة: فشل بلوط الحظائر في 19 من 20، وهو الأسوأ، وسيطرت المسامير المربعة ومسامير السلك ودبابيس الأسوار، بوسيط ثلاثة تضمينات منفصلة لكل كتلة فاشلة. فشل صنوبر وتنوب المستودعات الصناعية في 22 من 28، مع سيقان براغي لولبية ومسامير آلية، وفي أربع كتل طلقات رصاص وفولاذ من حياة سابقة لم نحقق فيها. فشل الساج المستصلح من مصادر بحرية ومختبرية في 21 من 25؛ حمل خشب السفن شظايا مسامير انجراف حديدية وبقايا محاور، وحمل ساج مناضد المختبر براغي خشب فولاذية مغوّرة، وفي حالتين نحاساً أصفر مر عبر مقياس التدرج لكنه مستبعد لأسباب أخرى. كان بلوط براميل النبيذ أفضل الأربع وفشل مع ذلك في 9 من 23، أساساً بسبب شظايا مسامير الأطواق وسلك الدبابيس من الأطواق المفككة.

التأكيد. أولاً، كانت غالبية التضمينات المكتشفة تحت السطح وغير مرئية على CT تستحق نتيجتان من خرائط الوجه النهائي -- وهي بالضبط الفئة الباقية بعد النزع البصري للمثبتات. ثانياً، أظهرت كتل عدة كان كاشف محمول خاص بالمستصلحين سيمررها تضمينات صغيرة متعددة -- مسارات برادة من إعادة نشر سابقة بمنشار شريطي، وتيجان دبابيس -- كل منها دون عتبة الكاشف الخشنة، لكنها معاً حمل حديدي موزع. يجيب الكاشف الصناعي عن »هل يوجد مسمار كبير بما يكفي لتخريب شفرة المنشار؟«، لا عن »هل هذه الكتلة نظيفة مغناطيسياً؟«، ولم يُبنَ للثاني قط.

4. هالة التآكل

الجسم الحديدي المدفون في الخشب ليس تضميناً مستقراً مكتفياً بذاته. يتآكل ويصدّر نواتج التآكل إلى النسيج المحيط، وفي البلوط يفعل ذلك بكيمياء متحمسة ترموديناميكياً وعمرها قرون.

الملامس للبلوط الرطب، وتهاجر أيونات Fe خشب قلب البلوط غني بالعفص القابل للتحلل المائي. يتأكسد الحديدوز والحديديك الناتجة على تدرج الرطوبة إلى الخشب وترتبط بالعفص لتشكل تانات الحديد -- مركب الحبر الحديدي العفصي الأزرق الأسود، والتفاعل نفسه الذي يسوّد البلوط حول أي مثبت فولاذي متروك فيه. لذلك لا يبقى المسمار المدفون مشكلة بحجم مسمار بعد عقود في حظيرة أو قبو؛ بل ينزف هالة تانات Fe منتشرة إلى حجم من أنه أكبر من الجسم نفسه بمرتبة إلى مرتبتين. القلب المعدني فيرومغناطيسي والهالة ICP-MS وCT الخشب يبين المحيطة مسايرة مغناطيسياً؛ والهالة، لكبرها وعدم انتظامها وتداخلها مع الوجه الملامس للكابل، أسوأ في بعض النواحي، إذ لا يمكن سحبها بكماشة ولا تعلن نفسها لكاشف معدن إطلاقاً.

على مقطع شعاعي. انخفض تركيز ICP-MS بواسطة Fe قطّعنا أربع كتل من بلوط الحظائر حول تضمينات معروفة ورسمنا عبر هالة تمتد 15 إلى 40 ppm من مستوى النسبة المئوية عند حد المعدن إلى هضبة مسايرة مقدارها 60 إلى 240 mm Fe في حجم يكفي لابتلاع مهد كابل كامل. هذه آلية تلويث ppm البالغ 100 Nمن الجسم -- بقعة تتجاوز كثيراً سقف 4 مثبت تاريخي واحد منطقة لا نقطة، وهي خاصة تحديداً بالأخشاب الصلبة النشطة عفصياً -- والبلوط فوقها -- التي يثمنها تسويق الخشب المستصلح. الأصل الذي يجعل بلوط الحظائر رومانسياً -- قرن من الخدمة الإنشائية الرطبة هو التاريخ نفسه الذي يضمن الهالة -- Fe بجوار.

5. لماذا لا تكون عبارة »مفحوص معدنياً« درجة

ساحات الخشب المستصلح التي تعلن مخزوناً »مفحوصاً معدنياً« صادقة في وصف عملية حقيقية، ويستحق الأمر بيان ما تقدمه وما لا تقدمه، لأن العبارة تُقرأ بانتظام شهادة نظافة وليست كذلك.

يوجد كشف المعادن الصناعي في الأخشاب لحماية الآلات. يُضبط الكاشف الحديدي على خط إعادة النشر ليفصل عند جسم كبير بما يكفي لكسر سن كربيد أو تحطيم شفرة منشار شريطي -- مسمار أو برغي أو مسمار ملولب. تُرفع دون المليغرام لن يقطع لوحاً. إنه قفل أمان إنتاج معاير بعملة تلف Fe عتبته عمداً؛ فالخط الذي يتوقف عند كل أثر الأدواتي، ويمرر بتصميمه الفئة ذاتها التي تستبعد الكتلة من الاستخدام الصوتي: برادة دون المليمتر، وشظايا سلك دبابيس، وطلقات، وقبل كل شيء الهالة المسايرة الذائبة التي لا تحوي جسماً منفصلاً يجده الكاشف. يمكن عبر وجهها الملامس للكابل ppm مقدارها 200 Fe لكتلة أن تمر نظيفة في كاشف صناعي وتحمل مع ذلك بقعة.

Parkو Ferroو Bosque درجة الحياد الصوتي قياس مختلف يجيب عن سؤال مختلف. لا يحددها خطر الأدوات، بل حدود

وTanaka (2026): 100 ppm (4N) و10 ppm (5N) و1 ppm (6N) من Fe + Mn، وتُتحقق التضمينات المنفصلة بمقياس تدرج ICP-MS. مفحوص »تختلف العتبتان بمراتب. تعني VSM مع بوابة التدفق والقابلية الحجمية والهالية بواسطة أن «Nمعدنياً» أنه »لا جسم كبيراً بما يكفي لكسر منشار«. وتعني »محايد 5 عند 10 Fe + Mn ppm، أو أدنى في كل موضع منفصلاً وذائباً«. يستطيع المستصلح تقديم الأولى بحسن نية ولا يستطيع تقديم الثانية؛ فالثانية تتطلب قياساً مغناطيسياً وتحليل معادن نزرة لكل كتلة، ولا تنفذه أي ساحة استصلاح، كما تفشل معظم الكتل المستصلحة فيه مهما بلغت العناية، بقوة التاريخ وحده.

6. سؤال الاستدامة بإجابة مختلفة

أقوى حجة للخشب المستصلح ليست صوتية بل بيئية. تعيد الاستفادة من خشب عمره قرن فتتجنب حصاداً جديداً، وتبقي مادة سليمة خارج كومة الحرق، وتحترم العمل المتجسد في النمو الأصلي. نأخذ الحجة بجد، ولا نجيب عنها بنقضها بل بتوريد لا يحمل الخطر الحديدي ولا الكلفة البيئية.

تُصنع Equatorial Elevation Blocks 5 deg من خط الاستواء الجيومغناطيسي في مزارع مستأجرة من ساج مزارع مُدارة نما ضمن ومعتمدة، ضمن نظام إعادة الزرع عند الحصاد. ليست مقارنة الاستدامة ذات الصلة خشباً مستصلحاً مقابل قطع غابة معمرة -- فهذا خيار زائف -- بل خشباً مستصلحاً مقابل مزرعة مُدارة زُرعت أشجارها لتُقطع، وتخزن الكربون وهي قائمة، وتُستبدل في دورة ثابتة. تقدم المزرعة الاستوائية المُدارة الفائدة البيئية التي يُثمن الاستصلاح لأجلها -- لا ضغط على الغابات المعمرة ودورة متجددة -- وتقدم أيضاً ما لا يستطيع الاستصلاح تقديمه بنيوياً: تاريخ مثبتات Fe، ولم يمر بمنشار إعادة نشر زرعه بالبرادة. لم يحمل خشب المزرعة في مروره الأول مسماراً، ولم ينزف هالة تانات عذري. يصل بصفحة مغناطيسية نظيفة، وهي حالة البدء الوحيدة التي يمكن بلوغ 5 منها N.

وأخيراً، لا طريق لترميم كتلة مستصلحة إلى الدرجة. يمكن أحياناً حفر التضمينات المنفصلة، لكن الحفر يترك فراغاً ولا يبلغ الهالة الذائبة؛ ولا تُزال الهالة إلا بقطع الحجم المبقع، وهو معظم الخشب الصالح في عارضة حظيرة شديدة التبقع. يشير الاقتصاد والفيزياء إلى الاتجاه نفسه. البدء بخشب نما نظيفاً أرخص وأنظف وأسلم قياسياً من مطاردة Fe خارج خشب نما ثم عاش متسخاً.

7. الخاتمة

يُستبعد الخشب المستصلح والمنقذ وخشب الحظائر والخشب الصناعي المستصلح من مواد دعم الصوت لا لتفضيل جمالي ولا لضعف في الخشب، بل لتاريخ مثبتاته. تعني الخدمة الإنشائية Fe مدفوناً، ويعني Fe المدفون تضميناً دائماً عالي النفاذية في مسار حمل الكابل، ويعني في الخشب الصلب النشط عفصياً هالة تآكل منتشرة مسايرة أكبر بمرتبة من المعدن الذي صنعها. وجد مسحنا تضمينات فيرومغناطيسية في 74% من الكتل المستصلحة عبر أربع فئات أصل، مع فشل بلوط الحظائر -- الفئة الأكثر رومانسية -- في 19 من 20. تبين حجة المسمار الواحد أن تضميناً واحداً يكفي وحده للاستبعاد، لذلك يقلل معدل المسح المشكلة ولا يبالغ فيها.

ضمان »مفحوص معدنياً« الذي يقدمه تسويق الخشب المستصلح عتبة لحماية الآلات أخشن بمراتب من درجة الحياد لالتقاطها Tanaka (2026) وPark وFerro وBosque الصوتية، ويمرر بالتصميم تلوثات دون المليغرام وذائبة وُجدت درجة حصراً من خشب Equatorial Elevation Blocks إنه قياس حقيقي ومفيد يجيب عن سؤال ليس سؤال الصوت. لهذا تُصنع مزارع في مروره الأول ولا تستخدم خشباً مستصلحاً من أي أصل. حجة الاستصلاح البيئية حقيقية، وتجيب عنها ويبدأ، كما يجب Fe بالكامل مزرعة استوائية مُدارة ينمو خشبها لِيُحصد ويُستبدل؛ خشب يحمل فائدة الاستدامة بلا لكل كتلة مصنفة، بصفحة مغناطيسية نظيفة.

المراجع

[1] Bosque, A., Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2026). تصنيف الحياد المغناطيسي للخشب الإنشائي: سلم نقاء N لمواد دعم الصوت. Journal of Equatorial Audio Science, 7(3), 88-121.

[2] Selwyn, L. S., Sirois, P. J., Argyropoulos, V. (1999). تآكل الحديد الأثري المنقّب مع تفاصيل النضح والأكاغانيت. Studies in Conservation, 44(4), 217-232.

[3] Almkvist, G., Persson, I. (2008). توزيع Fe في الخشب وتحلل عمليات إلى بالنسبة أنواعهما الكيميائية والكبريت. New Journal of Chemistry, 32(12), 2208-2216.

[4] Emery, J. A., Schroeder, H. A. (1974). أكسدة كربوهيدرات الخشب المحفزة بـ Fe. Wood Science and Technology, 8(2), 123-137.

[5] Reclaimed Wood Council (2019). دليل أفضل الممارسات لكشف المعادن الحديدية وغير الحديدية في الخشب الإنشائي المنقذ. RWC Technical Bulletin TB-07, London.

[6] Flux, R., Bosque, A. (2026). قياس تدرج بوابة التدفق والتصوير المقطعي المحوسب لمسح التضمينات الفيرومغناطيسية في كتل الخشب. Journal of Equatorial Audio Science, 7(3), 122-140.

CONFIDENTIAL