



Tratamiento de madera por inmersión en agua

Estudio de la bibliografía sobre los efectos y usos de la madera nacional, tratada por inmersión en agua



Mark van Benthem & Sander Teeuwen

Wageningen, noviembre de 2018



Tratamiento de madera por inmersión en agua

Estudio de la bibliografía sobre los efectos y usos de la
madera nacional, tratada por inmersión en agua

Mark van Benthem & Sander Teeuwen

Wageningen, noviembre de 2018

Colofon

© Fundación Probos, Wageningen, noviembre de 2018.

Autores: Mark van Benthem & Sander Teeuwen

Título: Tratamiento de madera por inmersión en agua
Estudio de la bibliografía sobre los efectos y usos de la madera nacional, tratada por inmersión en agua

Editorial: Fundación Probos
Apartado de correos 253, 6700 AG Wageningen
tel. 0317-46 65 55
mail@probos.nl
www.probos.nl

Cliente: Rijkswaterstaat(RWS)¹

Traducción del original: Arquitecto Wim Kok

- Se permite: la reproducción; reproducción o publicación de esta publicación, siempre que la fuente esté claramente establecida.
- La copia, reproducción o publicación no está permitida para aquellas partes de esta publicación en las que está claro que los derechos de autor son propiedad de terceros y / o están reservados.
- La Fundación Probos no asume ninguna responsabilidad por los daños resultantes del uso de los resultados de esta investigación o la aplicación de las recomendaciones.

Foto de portada: Sander Teeuwen, Stichting Probos

¹ Ministerio de Infraestructura y Gestión del Agua. <https://www.rijkswaterstaat.nl/english/index.aspx>

Tabla de contenidos

Introducción	7
1 ¿Qué es el tratamiento de la madera por inmersión en agua?	8
2 Efectos de la inmersión de la madera en agua	9
2.1 Lixiviación de fluidos	9
2.2 Permeabilidad	10
2.3 Daño en la madera	11
2.3.1 Daño en la madera durante la inmersión en agua	11
2.3.2 Daño en la madera tratada por inmersión en agua durante el uso	11
2.4 Madera “estable”	12
2.5 Decoloración	13
3 Requisitos del espejo de agua	14
3.1 Corriente de agua	14
3.2 Calidad del agua	14
3.3 Dimensiones del espejo de agua	14
3.4 Logística	15
4 Impacto del tratamiento de la madera por inmersión en la calidad del agua	16
5 Requisitos para especies adecuadas de madera para su tratamiento por inmersión en agua	18
5.1 Pino albar (<i>Pinus sylvestris</i>)	18
5.2 Alerce (<i>Larix spp</i>)	19
5.3 Abeto de Douglas (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	19
5.4 Olmo (<i>Ulmus spp</i>)	19
5.5 Árboles frutales y nogales (<i>Malus spp, Prunus spp, Pyris spp y Juglans spp</i>)	20
5.6 Otros tipos de madera	20
6 Aplicaciones de madera (nacional) tratada por inmersión en agua	22
7 Conclusiones y recomendaciones	23
8 Referencias	25

Introducción

Rijkswaterstaat (Ministerio de Infraestructura y Gestión del Agua) (RWS) se propone tener procedimientos de economía circular en 2030 y proceder con economía circular en 2050. De esta manera, RWS contribuye a las aspiraciones de todo el gobierno en el campo de la transición a una Economía Circular (EC).

Cada año se dispone de una gran cantidad de madera por la gestión y el mantenimiento del área forestal de RWS. Esta madera recae a menudo en contratistas. La madera es una materia prima renovable, se puede transformar en productos de alta calidad y captura CO₂. Debido a estas propiedades, el uso de madera de alta calidad puede contribuir a la economía circular de RWS.

En los últimos años, RWS ha tomado iniciativas sobre diversos aspectos del tratamiento de madera por inmersión en agua y el uso de esta madera en el GWW². El propósito es agrupar, vincular y complementar información para establecer un proceso, desde que se dispone de la madera hasta su uso como madera de alta calidad. Esto podría constituir como una figura de funcionamiento circular dentro de RWS.

El propósito de este estudio bibliográfico es visualizar cual es el conocimiento actual que se dispone sobre el tratamiento de madera por inmersión en agua. RWS utilizará este conocimiento para evaluar en qué medida el tratamiento de madera por inmersión en agua resulta interesante para los propósitos RWS y las posibilidades que ofrece para: 1) poner a disposición espejos de agua; 2) la utilización de una parte de la madera que se dispone por gestión y el mantenimiento y 3) el uso de la madera dentro del área de trabajo de RWS.

Recientemente, se han realizado dos estudios bibliográficos sobre el tratamiento de madera por inmersión en agua. Desde la publicación de esos estudios, no se han realizado nuevos estudios. Por lo tanto, se decidió realizar un rápido escaneo de bibliografía nueva y complementaria y basar este memorando principalmente en los informes 'Het Wateren van Hout' (Tratamiento de madera por inmersión en agua) (Van Benthem y Massop, 1999) y 'Holland een waterrijk houtland' (Aalbers, 2017) (Holanda, país forestal rico en agua). Complementado con datos y experiencias más recientes. Este memorando resume la información más importante para RWS. Cada capítulo comienza con un recuadro corto que resume la información. Las partes interesadas pueden leer en cada capítulo correspondiente en lo que se basa cada conclusión.

² Grond/Weg/Waterbouw (Platform over civil technic & infrastructure) <https://www.gww-bouw.nl/onderwerp/hout-voor-gww/>

1 ¿Qué es el tratamiento de la madera por inmersión en agua?

Sumergir troncos de árboles recién apeados y no aserrados en agua durante un período prolongado de tiempo, generalmente de 9 a 36 meses, donde se intentará mejorar el procesamiento y durabilidad de la madera.

El diccionario Van Dale define el tratamiento de madera por inmersión en agua como "dejar madera recién cosechada en agua durante algún tiempo para eliminar sustancias no deseadas". Sin embargo, el tratamiento de madera por inmersión en agua rara vez se define en la bibliografía. Se presenta una descripción de los supuestos efectos. En el pasado, el tratamiento de madera por inmersión en agua se usaba a gran escala, en parte se producía durante el transporte de la madera por agua, así como para su conservación, la extensión de la vida útil, un mejor procesamiento y la mejora de la calidad. En 1999, todavía alrededor de 25 empresas y organizaciones trataron la madera por inmersión en agua a pequeña escala (2.500 m³) (Van Benthem y Massop, 1999). Estas son las cifras disponibles más recientes

Nueve meses es el menor tiempo que a menudo se sumerge a las maderas blandas. Las especies más duras a menudo se mantienen sumergidas durante un período más largo, de hasta 36 meses. La duración depende, entre otras cosas, de la estructura de la madera. Por lo tanto, cada especie de madera tiene su óptimo período de inmersión (Van Benthem y Massop, 1999). El flujo de la corriente de agua también juega un papel en el tiempo del proceso de inmersión

Con la inmersión en agua, se intenta mejorar el procesamiento y durabilidad de la madera, porque los azúcares de la albura se lixivian y la madera se vuelve más estable (Klaassen, 2018).

2 Efectos de la inmersión de la madera en agua

En primer lugar, estibar la madera sumergida en agua tiene la ventaja de que no sufre ataques. Esto también ofrece oportunidades para la regulación del suministro de especies de madera y calidades de alta calidad. La inmersión de la madera en agua da como resultado una mayor permeabilidad de la albura, esto influye en la absorción de la pintura tanto positiva como negativamente. La lixiviación de nutrientes como azúcares, enzimas de almidón, previene el ataque de hongos e insectos. Sin embargo, después de la inmersión en agua, no produce un aumento en la clase de durabilidad. La albura de la madera sumergida en agua se seca más rápido y el riesgo de acumulación de agua es menor, lo que reduce el riesgo de grietas. La inmersión en agua puede causar decoloraciones, que pueden o no ser deseables dependiendo del uso

La parte principal de la bibliografía sobre inmersión de madera en agua describe los efectos en un sentido general. Estos efectos descritos induce a que serán los mismos para todas las especies de madera. Sin embargo, según la experiencia práctica y la investigación científica en los Países Bajos esto no se puede generalizar, sin embargo esta descripción sí se cumple con el pino y el roble

Además, es importante tomar en cuenta de que los efectos descritos del tratamiento por inmersión en agua de la madera se relacionan principalmente con la albura. Estos efectos deben ser ponderados en relación con otras técnicas de preservación o modificación de la madera (química, térmica etc).

2.1 Lixiviación de fluidos

El tronco de un árbol recién talado mantiene su capacidad de succión y permite al tronco absorber agua durante el proceso inmersión para luego eliminar los fluidos nuevamente, mezclados con azúcares, almidón y enzimas. El aumento de la permeabilidad (ver sección 2.2) promueve el transporte de agua dentro del tronco y, por lo tanto, facilita la lixiviación. La inmersión prolongada puede provocar la lixiviación de resinas. Por un lado, esto mejora la absorción de la pintura, pero por otro lado, esto podría reducir la durabilidad ya que la riqueza de resina influye positivamente en la durabilidad (Van Benthem y Massop, 1999).

Durante la inmersión de la madera en agua, el proceso de lixiviación y degradación de las punteaduras celulares (horificios de la pared celular)³, no influye negativamente en la resistencia de la madera (SHR, 2006; Klaassen y Gierveld, 2005).

Además de la lixiviación de los fluidos, las sustancias de reserva que aún están presentes en el tronco, en gran medida se convierten en agua. Esta conversión es posible porque

³ Nota de la traducción

las células vivas en el tronco, que se encargan de la conversión, demoran en morir bajo el agua (Van Benthem y Massop, 1999).

2.2 Permeabilidad

El efecto principal del tratamiento de la madera en agua, respaldado tanto por la investigación científica como por la experiencia práctica, es su mayor permeabilidad, en particular en la albura de la madera en comparación con la madera que no fue sumergida en agua (Dunleavy y McQuire, 1970; Powell et al., 2000).

La permeabilidad, también denominada como penetración o dejar pasar, es una propiedad del material que describe el grado en que de otra sustancia pasa a través de un sólido. En el caso de la inmersión de madera en agua, esto se relaciona principalmente a la permeabilidad de la madera a la humedad (agua) y al aire.

El agua absorbida durante el proceso de inmersión de la madera estimula la actividad bacteriana que hace que las puntaduras celulares se rompan por la degradación de esta actividad en la madera, donde la permeabilidad de la albura aumenta (Powell et al., 2000). Con el aumento de la permeabilidad de la albura, aumenta la capacidad de absorción y des-absorción en la madera. La madera después de este procedimiento tiene como resultado que se seca más rápido y más uniforme. En teoría, esto reduce el riesgo de ataque de hongos. Sin embargo, la constatación de la reducción de riesgo por infección por hongos no tiene evidencia científica (Jutte, 1971; Klaassen, 2008).

Un efecto directo del aumento de la permeabilidad es un menor riesgo de acumulación local de agua (Klaassen, 2018). Esto, en combinación con madera "más estable" (capítulo 2.4) reduce el riesgo de agrietamiento. Liese y Karstedt (1971) no solo describen este fenómeno, sino que también se refleja en investigaciones más recientes (SHR, 2006). Menos grietas resultan en menos ataques externos (SHR, 2006). Esto puede extender la vida de la madera tratada por inmersión en agua, especialmente en su uso a la intemperie. Las experiencias prácticas en la construcción, muestran marcos de pino tratado de esta forma con décadas de antigüedad en perfecto estado (Pers. Med. Brand, 2017 (gerente Twickel sawmill) y Boeve, 2017 (carpintería) en Aalbers, 2017).

Debido a la mayor permeabilidad y a una estructura más abierta, la madera tratada por inmersión en agua puede absorber mejor la pintura (Singh et al., 1996, 1998; SHR, 2006), por lo tanto, al impregnar con pintura, se aumenta aún más la resistencia al ataque de hongos a la madera (Suolahti, 1961). La Fundación de Investigación de la Madera (SHR) confirmó esto en un estudio de pino tratado por inmersión en agua (SHR, 2006). La pintura de base de aceite de linaza se adhiere mejor, y su acabado es menos sensible a la lixiviación, si se la compara con pinturas de una base diferente. Esto abre posibilidades para el uso de madera para exteriores que sin acabados no se consideraban aptas, como el pino (SHR, 2006).

Sin embargo, con respecto al acabado transparente del pino tratado por inmersión en agua, se menciona puede tener un efecto adverso (estético). Debido a que esta madera en algunos lugares tiene una estructura más abierta y absorberá más laca que contiene

pigmento, lo que puede provocar manchas en la madera acabada (Jutte, 1971; SHR, 2006).

2.3 Daño en la madera

El tratamiento de la madera por inmersión en agua tiene efecto sobre los posibles daños en la madera, tanto durante el proceso de inmersión como después de este proceso.

2.3.1 Daño en la madera durante la inmersión en agua

Si la madera permanece suficientemente sumergida en agua, durante este periodo de inmersión estará protegida contra el ataque de hongos e insectos. Esta protección está formada en el exterior del tronco que, como resultado de la absorción de agua en las cavidades celulares se forma un 'manto de agua' (Van Benthem y Massop, 1999). Este encapsulado o 'manto de agua' garantiza un bajo contenido de oxígeno en el tronco. Este bajo contenido de oxígeno, en combinación con el alto contenido de humedad de la madera y la baja temperatura, forma un ambiente inadecuado para la mayoría de los hongos, bacterias e insectos. Esto hace que el espejo de agua, desde una perspectiva de la durabilidad, preservación de calidad y sostenibilidad, sea la mejor ubicación para estiba en comparación con el almacenamiento tradicional sobre la tierra. Esto también es evidente a partir de la investigación realizada por SHR en colaboración con un fabricante de muebles. En esta investigación la albura de los troncos de roble almacenados sobre la tierra se han descompuesto casi por completo después de 12 meses, por el contrario la albura de los troncos tratados por inmersión en agua se ha vuelto muy útil para uso como madera de calidad (SHR en Aalbers, 2017). Por lo tanto, se podría argumentar que la inmersión de la madera en agua implica un mayor aprovechamiento del material de los troncos, porque la albura también se podrá utilizar como madera de calidad. Esto es en particular una ventaja para las especies con mucha albura como el pino, el roble más joven, el olmo y el nogal.

Una ventaja adicional de la protección contra daños durante el proceso de inmersión en agua es el efecto de preservación. La "vida útil casi ilimitada" de la madera sumergida en agua ofrece la posibilidad de mejorar y regular el suministro y oferta de la madera en el mercado (Aalbers, 2017; Gibbs y Webber, 1996). De esta manera, se puede crear un amplio stock de madera sumergida en agua para su utilización cuando el mercado lo requiera. Además, grandes cantidades de madera que se vuelcan al mercado en un corto período de tiempo (por ejemplo, como resultado de calamidades como tormentas y enfermedades del fresno) pueden estibarse bajo agua durante mucho tiempo sin pérdida de calidad (Gibbs y Webber, 1996). Este método es utilizado en países como Alemania y en los países escandinavos.

2.3.2 Daño en la madera tratada por inmersión en agua durante el uso

A través de los procesos de lixiviación de la savia y la conversión de nutrientes, que tienen lugar durante la inmersión de los troncos en agua, estos contienen menos nutrientes para los hongos e insectos. El estudio de Powell et al. (2000) muestra que después de un período de 12 meses de agua, la cantidad de carbohidratos solubles ha disminuido a alrededor del 5 por ciento del valor inmediatamente después de la tala. De esto resulta que la madera tratada por inmersión en agua sea menos interesante para

hongos e insectos y, en parte debido a esta razón, resulta que un ataque será reducido (Syme y Saucier, 1995).

Un daño reducido en consecuencia del tratamiento de la madera por inmersión en agua está fuertemente respaldado por experiencias prácticas. Sin embargo, la investigación científica no ha proporcionado evidencia clara de esto. Un estudio realizado por SHR (2006) sobre la degradación del pino tratado por inmersión en agua, muestra que no hay una diferencia significativa en la pérdida de masa, entre esta madera y madera no tratada por inmersión, en daños por atacantes presentes dentro del suelo y los hongos presentes sobre el suelo. En base a esto SHR concluye, que la durabilidad de la albura y el duramen de pino no cambia con el proceso de inmersión en agua. Los resultados de este estudio se basan en una única prueba y se limitan al pino. No se ha investigado científicamente cómo influye el ataque de hongos en la durabilidad de otras especies de madera con respecto a pérdida de masa.

Los resultados de la investigación de SHR sobre la sensibilidad a manchas del hongo azul⁴ en el pino tratado por inmersión en agua está confirmado con las experiencias prácticas de que el pino tratado de esta forma es menos (o mínimamente) susceptible al ataque del hongo azul en comparación con los pinos no tratados. Sin embargo, la albura tratada por inmersión en agua puede ser susceptible a la mancha azul, según SHR, pero la resistencia puede aumentar aún más al optimizar el proceso de inmersión en agua (específico por especie). La afectación por hongo azul es exclusivamente estética; la pared celular no es afectada⁵ en casi nada.

2.4 Madera “estable”

Otro efecto beneficioso asociado con el tratamiento de la madera por inmersión en agua es que la madera es “más estable” tiene menos movimiento. Aunque la investigación científica no ha encontrado diferencias significativas en el comportamiento de la madera en el hinchamiento y contracción (albura) de pino tratado por inmersión en agua y la madera no tratada, resulta que la madera tratada parece ser más estable; hay menos tensiones en la madera. También la madera es mejor para aserrar, tuerce menos y se deforma menos (SHR, 2006; Klaassen y Gierveld, 2005); la madera se “mueve” y se agrieta menos (Fraanje, 1999). Si este efecto es directamente atribuible al proceso del tratamiento por inmersión en agua o que esto es una consecuencia del estrés de crecimiento y la duración del tiempo de estiba aún está en discusión (Klaassen, 2010).

Una investigación muestra que el tratamiento de la madera de roble por inmersión en agua tiene como resultado una menor diferencia del peso específico del duramen (SHR en Aalbers, 2017). En otras palabras: el peso específico, en todo el tronco, se vuelve más uniforme (Aalbers, 2017). Una pequeña diferenciación del peso específico es deseable para aplicaciones en la construcción, ya que muchos requisitos de calidad están relacionados con esta propiedad.

⁴ Medida en que cierto tipo de madera es sensible a manchas por colonización de hongos

⁵ http://www.houtinfo.nl/sites/default/files/Hout_Houtaantastingen_deel1_dec2013.pdf, consultada el 28 noviembre 2018

2.5 Decoloración

Una decoloración de la madera puede ocurrir en ciertas especies durante el tratamiento por inmersión en agua, en otras especies la decoloración no se produce (Van Benthem y Massop, 1999; Gibbs y Webber 1996). Si esta decoloración es deseable depende de la aplicación final de la madera. Las especies ricas en ácido tánico, como el roble, la robinia y el castaño en particular, deben sumergirse en corrientes de agua limpia, para evitar una decoloración no deseada (Van Benthem y Massop, 1999). La investigación científica sobre el pino muestra que una decoloración no deseada es muy superficial y, por lo tanto no afecta su uso (Klaassen y Gierveld, 2005).

La práctica indica que con el tratamiento por inmersión en agua, del olmo y el nogal por ejemplo, la diferencia en el color entre la albura y el duramen se empareja con un aumento de un 15% del rendimiento de la madera, (Van Benthem y Massop; Beekman, 1955 y Pfeiffer, 1942). La nivelación del color entre el duramen y la albura, es considerada una ventaja decorativa por, por ejemplo, para trabajos en los interiores y fabricantes de muebles.

3 Requisitos del espejo de agua

Una corriente en el espejo de agua facilita la lixiviación y asegura la eliminación de las sustancias que se liberan durante este proceso. El espejo de agua debe tener al menos 0,5 m de profundidad, estar limpio y tener una corriente para evitar decoloraciones no deseadas. Las dimensiones del espejo de agua deben estar en proporción con la cantidad de madera a tratar por inmersión. Un borde del espejo de agua es conveniente tenga previsto pavimento por un tema de logística.

El tratamiento de la madera por inmersión en agua exige requisitos específicos sobre la ubicación del espejo de agua. Estos requisitos se pueden subdividir en: 1) los requisitos del espejo de agua en sí y; 2) Requisitos relacionados con la logística. La corriente, la calidad del agua y las dimensiones del lugar están en la primera categoría, donde la logística se relaciona con la segunda. Naturalmente, el tratamiento de la madera por inmersión en agua no debe ser un obstáculo para la navegación fluvial ni la recreación acuática (deportiva).

3.1 Corriente de agua

Una de las demandas más importantes sobre la ubicación del espejo de agua es el desplazamiento del agua. En otras palabras; la corriente. La corriente de agua facilita la lixiviación y evita decoloraciones no deseadas. Esto se basa principalmente en la experiencia práctica. En la localidad de Woolderbeek, en la finca Twickel, uno de los mayores productores de madera tratada por inmersión en agua en los Países Bajos, el consumo es (fluye) 6 m³ de agua por hora, unos 150 m³ por día. Este flujo también es importante para la eliminación de sustancias que se liberan como resultado de la lixiviación (véase el capítulo 2.1). Sin embargo, este tratamiento también funciona en aguas estancadas (estanques y lagos). Las experiencias prácticas ilustran que de esta forma también se obtienen resultados positivos.

3.2 Calidad del agua

El agua debe estar limpia. El agua contaminada con metales pesados, en maderas que contienen taninos tiene como resultado una decoloración no deseada.

3.3 Dimensiones del espejo de agua

Las dimensiones dependen del volumen de madera a tratar por inmersión. La superficie del espejo de agua y, por lo tanto, su capacidad, deberá cumplir con el esperado suministro de madera. La profundidad del agua también es importante. Sin embargo, la profundidad requerida difiere según el método de estibado y la cantidad de madera a tratar. La profundidad mínima requerida es de 0,5 metros (Patzak y Loffer, 1988). Esto está relacionado con el hecho de que los troncos deben estar al menos 2/3 por debajo del nivel del agua para favorecer el porcentaje crítico de humedad. Este porcentaje crítico de humedad facilita la protección contra ataques de hongos e insectos. Las

maderas con un peso específico mayor que el del agua (1000 kg por m³) se hundirán. Tomando esto en cuenta, la superficie del espejo del agua se aprovechará de manera óptima.

3.4 Logística

Una corta distancia del lugar de cosecha al lugar del tratamiento es importante en la logística. Esto limitará los costos y el impacto ambiental. Para permitir la carga y descarga del tráfico de camiones pesados, es necesaria una superficie pavimentada con un tamaño de 40 por 15 metros, también donde se encuentra el espejo del agua un borde de la orilla se deberá reforzar con pavimento (Van Benthem y Massop, 1999).

4 Impacto del tratamiento de la madera por inmersión en la calidad del agua

El tratamiento por inmersión en agua de la madera puede provocar decoloración y desarrollo de olores desagradables en el espejo de agua. Sin embargo, la experiencia práctica muestra que esto sólo sucede en el caso en ausencia de un corriente de agua. El impacto de la decoloración en la calidad del agua no se ha establecido científicamente. El impacto de este tipo de tratamiento sobre la disponibilidad de oxígeno en el espejo de agua está en discusión. Cuando la corriente, la superficie del espejo de agua y el volumen de madera a tratar por inmersión están en equilibrio, aquí no se visualizan problemas.

Varias experiencias prácticas y estudios que han demostrado que la estiba de madera en el agua tiene consecuencias mínimas para la calidad del agua en el espejo de agua, aunque persisten preocupaciones sobre este tema (Gibbs y Webber, 1996). La principal amenaza para la calidad del agua sería la lixiviación de compuestos orgánicos solubles (incluidos azúcares y taninos) de la albura y la corteza de la madera estibada en el agua. Esto podría conducir a una mayor disponibilidad de carbono para el crecimiento microbiano, resultando en una decoloración del agua y un mayor requerimiento biológico de oxígeno y, por lo tanto, una deficiencia de oxígeno.

Experiencias prácticas indican que siempre que haya una corriente de agua casi no hay eutrofización al tratar la madera por inmersión en agua. Las mediciones realizadas en la finca Twickel en Woolderbeek sobre la savia lixiviada de los troncos muestran que tanto en la parte superior como corriente abajo, no hay diferencias significativas (pers. Med. Brand, 2017 en Aalbers, 2017). En ausencia de una corriente de agua, se observa decoloración del agua y también un desarrollo de olor desagradable. No se ha establecido científicamente si esta decoloración y el desarrollo de olores también expresan un efecto negativo en la calidad del agua.

La falta de oxígeno que surge debido a una mayor disponibilidad de carbono podría verse aumentada por la respiración de un creciente número de bacterias en la parte inferior de los troncos sumergidos en el agua (Levy, 1990). Esta desoxigenación local podría representar un peligro para la población local de peces (Borga, 1994). Sin embargo, la investigación de Jager (1969) y Patzak y Loffler (1988) muestra que el tratamiento por inmersión en agua de la madera no pone en riesgo la población de peces en condiciones naturales de agua abierta (Gibbs y Webber 1996). La práctica muestra que muchos espacios de agua donde se trata la madera también son ricos en peces. Cuando se tratan grandes cantidades de madera, a pesar de un pequeño aumento en la decoloración o la demanda biológica de oxígeno, este tratamiento tiene un efecto insignificante en la calidad del agua, según concluyen . Gibbs y Webber (1996).

Estudios de laboratorio en estanques cerrados con grandes volúmenes de madera tratada por inmersión en agua, muestran una toxicidad mínima para especies de salmón (Schaumburg, 1973; Sedell y Duval, 1985).

Las diferencias entre los resultados de laboratorio y la práctica, dejan en claro que deben haber un equilibrio entre la corriente y el volumen de la madera a tratar por inmersión en agua (en relación con la superficie y el espejo de agua).

5 Requisitos para especies adecuadas de madera para su tratamiento por inmersión en agua

Por las inversiones que se deben hacer para el tratamiento de la madera por inmersión en agua, generalmente se eligen especies de alta calidad o especies especiales. Según la experiencia práctica y usos previstos, son indicados el Pino, Alerce, Abeto de Douglas, Olmo y Frutales y Nogales como las especies de madera más adecuadas para el tratamiento por inmersión.

En la bibliografía se encuentra poca información sobre los requisitos que se le impone a las diferentes especies de madera que son tratadas por inmersión en agua. En general, se afirma que la madera debe ser de alta calidad para que se tome en cuenta para su tratamiento por inmersión en agua, luego de lo cual se procesará como madera de alta calidad (Brand, 2017). Lo mismo puede aplicarse a las especies de frutales, nogales y olmos. También puede depender de lo que está "de moda". Por ejemplo, las mesas macizas con una hermosa veta en la madera están actualmente de moda. También partes del tronco con ramificaciones se tratan para usos similares.

Basado en experiencias prácticas, se hace un inventario de los especies de madera que se entiende adecuada para ser tratadas por inmersión en agua. Si una especie de madera es adecuada o no depende principalmente del valor agregado para una aplicación prevista, luego del proceso del tratamiento en aguas. Principalmente observaremos las especies de madera autóctonas que ya han demostrado su eficacia en las aplicaciones previstas (capítulo 6) y las especies de madera características de las áreas de RWS⁶.

5.1 Pino albar (*Pinus sylvestris*)

Las experiencias prácticas indican que el pino albar tratado por inmersión en agua es más estable (mueve menos), se seca más rápido, se procesa más fácilmente y se puede impregnar mejor (Van Benthem y Massop, 1999). La probabilidad de ataque de moho azul, para el cual el pino albar es normalmente muy sensible, también disminuye durante y después de la inmersión (SHR, 2006; Van Benthem y Massop, 1999). Se afirma que el tratamiento por inmersión en agua no afecta la flexibilidad y la resistencia (Klaassen, 2010; Van Benthem y Massop, 1999). Además, las experiencias prácticas de la industria de la construcción informan que los marcos hechos de pino tratado por inmersión duran hasta 8 veces más que el pino que no es sumergido en agua (Van Benthem & Massop, 1999; Aalbers, 2017). Incluso se argumenta que el pino tratado podría encontrar su aplicación en marcos de ventanas (Fraanje, 1999), donde en el pasado se solía utilizar.

⁶ (nota de la traducción) RWS (Rijkswaterstaat) Ministerio de Infraestructura y Gestión del Agua

También se han obtenido experiencias positivas con el pino albar tratado por inmersión en agua, utilizado como revestimiento (Klaassen, 2010; SHR, 2006). Durante el proceso de inmersión, sin embargo, puede producirse una decoloración indeseable con el pino. Además se indica que el pino no se debe dejar demasiado tiempo sumergido en agua para evitar la lixiviación de resina. Parece suficiente un período de 12 a 18 meses, aunque las opiniones al respecto están divididas (Van Benthem y Massop, 1999). Debido al contenido relativamente alto de albura el tratamiento por inmersión en agua, al pino le dará un gran valor agregado.

5.2 Alerce (*Larix spp*)

De acuerdo a lo que informa la práctica, se indica que la madera de alerce con el tratamiento por inmersión en agua se vuelve "más estable" debido a este proceso, se reduce el riesgo de grietas y deformaciones (Van Benthem y Massop, 1999). Este tratamiento también protege a la albura contra afectaciones biológicas (Van Benthem y Massop, 1999). El Alerce tiene muchos usos. Por ejemplo, el alerce se usa para mástiles, marcos y revestimientos. Algunos incluso afirman que el alerce tratado por inmersión en agua podría reemplazar a las especies de madera tropical o preservada en ciertas aplicaciones (Fraanje, 1999). Dado que el alerce es uno de los tipos de madera más durable en los Países Bajos, el proceso del tratamiento por inmersión en aguas puede conducir a aplicaciones de aún más alta calidad o una extensión de la vida útil. Sin embargo, otros cuestionan la efectividad del tratamiento de inmersión en agua del alerce, ya que es naturalmente sostenible. El período requerido para sumergir el alerce en agua es entre 12 y 36 meses (Van Benthem y Massop, 1999).

5.3 Abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*)

El Abeto de Douglas se trata por inmersión en agua para que la madera sea más estable (reducir movimientos) y evitar daños biológicos (Van Benthem y Massop, 1999; Fraanje, 1999). El procesamiento de la madera también mejora. Por ejemplo, el cepillado se puede hacer inmediatamente después de cortar la madera tratada por inmersión. Esto no es posible con casi ninguna especie (Van Benthem y Massop, 1999). Sin embargo, el Abeto de Douglas tratado por inmersión debe ser aserrado dentro de un corto período de tiempo después de haber sido retirado del agua. Esto evita grietas durante el procesamiento (Van Benthem y Massop, 1999). Debido a su alta durabilidad y calidad, el duramen del Abeto de Douglas a menudo se puede usar al exterior. La práctica indica que la inmersión en agua puede mejorar aún más la calidad del Abeto de Douglas. El período de inmersión del Abeto de Douglas se requiere una duración mínima de agua de 12 meses. Generalmente se mantienen 12-18 meses.

5.4 Olmo (*Ulmus spp*)

El Olmo es quizás la madera holandesa más conocida para el proceso de inmersión en agua. Además de las razones habituales, el olmo es tratado por inmersión en agua para prevenir la propagación de la enfermedad del olmo. Después del tratamiento por inmersión, se logra un mayor rendimiento del tronco. Esto se debe a que se empareja el color del duramen y la albura. La calidad de la albura también aumentaría debido a la

lixiviación de la savia. Dado que el olmo contiene relativamente mucha albura, esto constituye una gran ventaja. Hace que el olmo tratado por inmersión sea un tipo de madera potencialmente interesante para muchas aplicaciones, incluida la industria del mueble. El período mínimo de inmersión en agua de 2 años al olmo. Sin embargo, según la práctica, los mejores resultados se obtienen después de un período de 3 a 4 años (Van Benthem y Massop, 1999).

5.5 Árboles frutales y nogales (*Malus spp*, *Prunus spp*, *Pyris spp* y *Juglans spp*)

Las experiencias prácticas indican casi exclusivamente efectos positivos para los árboles frutales y nogales como resultado del tratamiento por inmersión en agua. Se trata de una menor posibilidad de daños biológicos y deformaciones y también mejora el rendimiento del tronco porque la albura se vuelve utilizable. La mayor utilización de la albura se debe principalmente a las decoloraciones estéticamente deseadas. Esto hace que la madera tratada por inmersión en agua de especies de árboles frutales y de nueces como la manzana, la pera, la cereza y la nuez sea popular entre los fabricantes de muebles y torneros de madera. Además, encuentra aplicación como paneles e instrumentos musicales.

Merece una mención específica el cerezo americano. Esta especie a menudo se ve como una plaga, pero produce madera muy hermosa. Cuando se crea un mercado para esta madera (tratada por inmersión), puede estimular una evaluación positiva para esta especie.

5.6 Otros tipos de madera

En esta sección, se describen especies de madera que no están incluidos en la selección anterior, pero que se usan (sin tratamiento por inmersión) en GWW y B&U. También se destacan especies de madera que son característicos en el área de RWS.

Actualmente, el pino se sumerge en agua para su almacenamiento (Van Benthem y Massop, 1999). La absorción de pintura también mejora. Sin embargo, las experiencias prácticas informan que puede producirse una decoloración no deseada y que se deben tener en cuenta las propiedades de resistencia inferiores en la zona de la albura (Van Benthem y Massop, 1999).

El álamo (*Populus spp*), una especie rica en albura, también sumerge en agua como método de almacenamiento. La madera en el agua también permanece "fresca", también es beneficioso cuando la madera de álamo se comercializa para desbobinados (Van Benthem y Massop, 1999). Esto también se aplica al abedul (*Betula pendula* & *B. pubescens*) y la haya (*Fagus sylvatica*). El álamo se usa hoy en día a menudo como madera de baja calidad para "pallets" o madera para fibra. En el pasado, el álamo tratado por inmersión en agua también se usaba como madera de construcción para interiores (Van Benthem y Massop, 1999).

El roble (*Quercus Petrea* & *Q. robur*) tratado por inmersión en agua es especialmente apreciado entre los fabricantes de muebles. Sin embargo, las opiniones sobre la inmersión en agua del roble están divididas. Esto está relacionado por la presencia del ácido tánico. Cuando las maderas con ácido tánico se sumergen en agua que no están limpias o agua estancada, puede producirse una decoloración no deseada. Si el roble queda sumergido demasiado tiempo, el ácido tánico también se puede lixiviar, lo que sería a expensas de la durabilidad. Por las mismas razones, el castaño (*Castanea sativa*) generalmente no se trata por inmersión.

La robinia (*Robinia pseudoacacia*) no se considera adecuada debido al limitado aporte del tratamiento por inmersión en agua, ya que la robinia es en sí misma una madera durable con poca albura. Esto también se aplica generalmente al roble y al castaño. El tratamiento por inmersión de robinia se puede considerar cuando se requiere madera más "estable" para cierta aplicación.

La madera de aliso (*Alnus incana* & *A. glutinosa*) contiene una cantidad relativamente grande de albura y se trata por inmersión en agua principalmente para evitar daños biológicos. Las experiencias prácticas también informan que el aliso aumentaría la dureza durante la inmersión (Van Benthem y Massop, 1999).

Finalmente, se debe mencionar al sauce (*Salix spp*) ya que esta especie crece en gran escala en orillas y, por lo tanto, en áreas de gestión de RWS. Sin embargo, lo único que se sabe sobre el tratamiento por inmersión en agua del sauce es que el período de tiempo en agua no debe ser demasiado larga. Se establece un período de 9 a 12 meses.

Para una descripción general extensa de los requisitos, propiedades, aplicaciones y efectos del tratamiento por inmersión en agua de especies específicas de madera, se hace referencia a Aalbers, 2017 y Van Benthem & Massop, 1999. Para los requisitos relativos a aplicaciones específicas, también se hace referencia a los estándares NEN y GCW correspondientes.

6 Aplicaciones de madera (nacional) tratada por inmersión en agua

Se puede concluir que existe una amplia gama de posibilidades para diversos usos de madera nacional tratada por inmersión en agua. Los usos más comprobados en la práctica son tales como: mástiles de barcos, madera para muebles, instrumentos musicales y madera y para el sector de la renovación (incluidos revestimientos, marcos de ventanas, etc.). El propósito de RWS de querer usar madera tratada por inmersión en agua en sus propias obras de GWW⁷, (Obras civiles e infraestructura N del T) no se está cumpliendo, GWW utiliza casi exclusivamente duramen, que también debe cumplir con estrictos estándares y requisitos de calidad. Dado que el tratamiento por inmersión de la madera tiene efecto principalmente en la albura, el valor agregado de este método de tratamiento para aplicaciones GWW es limitado. El volumen de madera dura nacional de cultivada de altas prestaciones también es limitada.

⁷ Grond/Weg/Waterbouw (Platform over civil technic & infrastructure) <https://www.gww-bouw.nl/onderwerp/hout-voor-gww/>

7 Conclusiones y recomendaciones

Sobre la base de este breve estudio de la bibliografía, se puede concluir que los efectos del tratamiento por inmersión en agua de la madera son principalmente en la albura. Durante el tratamiento por inmersión de la madera, los nutrientes se lixivian, lo que evita el ataque de hongos e insectos. Este tratamiento de la madera produce una mayor permeabilidad de la albura, que favorece una mejor absorción de la pintura. La albura se seca más rápido, se reduce la acumulación de agua y el riesgo de grietas. También se puede afirmar que la madera tratada con este método es más estable (mueve menos). Estos efectos pueden contribuir al hecho de que la madera tratada dura más en su uso. Sin embargo, la madera tratada no genera un aumento de clase de durabilidad. La inmersión puede causar decoloraciones, que pueden o no ser deseables dependiendo del uso.

Durante el proceso de inmersión en agua, la madera está protegida contra el ataque de hongos e insectos, siempre que la madera permanezca suficientemente sumergida durante todo el proceso. En casos especiales de catástrofes que produzcan grandes excedentes de madera de calidad y no da tiempo para procesarlas el método de la inmersión produce un efecto conservación interesante a la espera de su comercialización como madera de alta calidad

Resulta interesante presentar los argumentos anteriormente descritos sobre el beneficio del tratamiento de la madera por inmersión en agua, en perspectiva de su comparación con la madera no tratada o la madera preservada utilizando otras técnicas. Se recomienda que se realice una mayor investigación sobre las prestaciones de la madera tratada por inmersión en agua en diversos usos y cómo se relaciona esto con la madera tratada con otras técnicas. También se recomienda iniciar estudios piloto con el tratamiento de la madera por inmersión en agua en sí y los usos de esta madera en la práctica. Esto contribuirá significativamente a una mejor comprensión de los efectos del tratamiento de la madera por inmersión en agua y las prestaciones para su uso. Estos pilotos deben ser supervisados monitoreados por expertos, comparados y en referencias a madera tratada por otros métodos.

Dado que el propósito de Rijkswaterstaat⁸ es actuar en economía circular para 2030 y ya trabajar con economía circular en 2050, este Ministerio le dará alta prioridad a la transparencia de la utilización en sus áreas de trabajo las especies de madera en los volúmenes, diámetros, edad y similares. Esta información actualmente aún no está disponible. Una vez recopilada esta información RWS podrá visualizar cómo aprovechar o comercializar la producción forestal que gestiona. Si el inventario del stock de madera muestra que hay especies interesantes y con suministro continuo en el tiempo para el tratamiento por inmersión en agua, es aconsejable investigar la demanda del mercado (y los precios) para formular una propuesta comercial para estas especies.

⁸ Rijkswaterstaat (N de T Ministerio de Infraestructura y Gestión del Agua)

Las posibles utilizaciones de la madera tratada por inmersión en agua de acuerdo a usos probados en la actualidad son los sectores de muebles y la renovación (entre otros, revestimientos de fachadas y marcos de madera), en instrumentos musicales y mástiles de barcos. De acuerdo a los propósitos de RWS respecto a la economía circular y la utilización de sus propias materias primas de alta calidad, es aconsejable explorar las posibilidades para la madera tratada por inmersión en agua en las obras de ingeniería civil.

También se recomienda que RWS investigue la demanda de espejos de agua y en qué medida podrá satisfacer esta demanda. Al poner a disposición estos espejos de agua, RWS podrá desempeñar un papel facilitador en la cadena de suministro de madera tratada por inmersión en agua. Esto puede generar conciencia, estimular y dar un impulso a la utilización de la madera nacional, tratada por inmersión en agua.

8 Referencias

- Aalbers, V.J. 2017. Holland een waterrijk houtland. Rijkswaterstaat (intern rapport)
- Benthem van, M., M. Massop. 1999. *Het wateren van hout. Naar een verbeterde kwaliteit van Nederlands hout*. Amsterdam, IVAM Environmental Research.
- Beekman, W. 1955. *Hout in alle tijden – bossen, bomen en hout van thans, deel 5 & 6*. Deventer, Kluwer. In: Benthem van, M., M. Massop. 1999. *Het wateren van hout. Naar een verbeterde kwaliteit van Nederlands hout*. Amsterdam, IVAM Environmental Research.
- Borga, P. 1994. Chemical and microbial interactions in environmental degradation processes. Uppsala, s.n.. In: Benthem van, M., M. Massop. 1999. *Het wateren van hout. Naar een verbeterde kwaliteit van Nederlands hout*. Amsterdam, IVAM Environmental Research.
- Dunleavy, J.A., A.J. Mc Quire. 1970. The effects of water storage on the cell structure of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) with reference to permeability and preservation. *Journal of the Institute of Wood Science*. 5: 20-30.
- Fraanje, P.J. 1999. *Natuurlijk bouwen met hout*. Utrecht, Uitgeverij Jan van Arkel.
- Gibbs, J., J. Webber. 1996. *Water storage of timber: experience in Britain*. London, HMSO.
- Jutte S.M. 1971. *Wood structure in relation to excessive absorption, a literature survey*. Delft, Houtinstituut TNO.
- Klaassen, R.K.W.M. 2008. Water flow through wooden foundation piles: A preliminary study. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 61: 61-68.
- Klaassen, R.K.W.M. 2010. *Effect of ponding on the wood quality of Scots pine*. Wageningen, SHR Hout Research.
- Klaassen, R.K.W.M. 2018. *Houtvademecum*. Almere, Centrum Hout.
- Klaassen R.K.W.M., H. Gierveld. 2005. *Gewaterd hout in de monumentenzorg*. Wageningen, SHR Hout Research.
- Leek, N.A. 2003. *Houten innovaties langs de snelweg: marktonderzoek naar DWW houtinnovaties*. Wageningen, Stichting Probos.

Levy, D.A., I. Yesaki, B. Christensen. 1990. Impacts of log storage upon epilimnetic dissolved oxygen and juvenile sockeye salmon in Babine Lake, British Columbia. *Water Research* 24(3): 337-343.

Liese, W., P. Karstedt. 1971. *Erfahrungen mit der Wasserlagerung von Windwurfhölzern zur Qualitätserhaltung*. Hamburg-Lohbrügge, Bundesforschungsanstalt für Forst und Holzwirtschaft.

Patzak, W., H. Löffler 1988. Technik und Ökonomie der Langzeitlagerung von Stammholz und Schnittholz. Forstliche Forschungsberichte München. 88: 1-275. In: Peek, R.D. von. 1990. Holzeinlagerung nach Forstkalamitäten zur Qualitätserhaltung von Nadel- und Laubholz. *Holz-Zentralblatt*, 116: 653-658.

Powell, M.A., J.F. Webber, R. Eaton, 2000. Changes in moisture, soluble carbohydrates and bacterial numbers during water storage of pine. *Forest product journal*, 50(3) 74-80.

Schaumburg, F.D. 1973. The influence of log handling on water quality. Washington DC, US Environmental Protection Agency. In: Gibbs, J., J. Webber. 1996. Water storage of timber: experience in Britain. London, HMSO.

Sedell, J.R., W.S. Duval. 1985. Influence of forest and rangeland management on anadromous fish habitat in western North America 5: Water transportation and storage of logs. Oregon, USDA Forest Service In: Gibbs, J., J. Webber. 1996. Water storage of timber: experience in Britain. London, HMSO.

SHR, 2006. *Effect van wateren op de duurzaamheid en technologische eigenschappen van grenen*. Wageningen, SHR Hout Research,.

SHR, 2000. *Evaluatie project houten wegportalen*. Wageningen, SHR Hout Research.

Singh, A.P., Dawson, B.S., Schwitzer, M. & Singh, M. (1996) The effect of ponding on wood-coating interaction. In: Proceedings of the third pacific rim bio-based composites symposium (ed. Kajita & Tsundona). Kyoto, Japan.

Singh, A.P., Gallagher, S.S., Schmitt, U., Dawson, B.S. & Kim, Y.S. (1998) Ponding of Radiata pine (*Pinus radiata*) 2; the effects of ponding on coating penetration into wood. IRG/WP90-10249

SKH, -Publicatie 99-05 (2017), Goedgekeurde houtsoorten voor de toepassing in houten gevelementen (Kozijnen, Ramen, Deuren), SHK Stichting Keuringsbureau Hout, Wageningen.

Suolahti, O. 1961. The effect of wet storage on the impregnability of wood. *Mittgliederzeitschrift Deutsche Gesellschaft für Holzforschung*, 48: 89-92.

Syme, J.H., J.R. Saucier. 1995. Effects of long-term storage of Southern Pine sawlogs under water sprinklers. *Forest Products journal*, 45 (1): 47-50.