

إرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمصانع الورق ولب الورق

مقدمة

وتتضمن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة مستويات الأداء والإجراءات التي يمكن للتكنولوجيا الحالية أن تحققها في المنشآت الجديدة بتكلفة معقولة. وقد يشمل تطبيق هذه الإرشادات في المنشآت القائمة وضع أهداف وغايات خاصة بكل موقع على حدة، مع اعتماد جدول زمني مناسب لتحقيقها. وينبغي أن يكون تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة بما يتناسب مع المخاطر والتهديدات المحددة في كل مشروع، استناداً إلى نتائج التقييم البيئي الذي يأخذ في الاعتبار متغيرات كل موقع على حدة ومنها: الوضع في البلد المضيف، والطاقة الاستيعابية في البيئة المعنية، والعوامل الأخرى الخاصة بالمشروع. كما يجب أن تستند تطبيق التوصيات الفنية المحددة إلى الرأي المهني المتخصص الذي يصدر عن أشخاص مؤهلين من ذوي الخبرة العملية.

وحيث تختلف اللوائح التنظيمية المعتمدة في البلد المضيف عن المستويات والإجراءات التي تنص عليها هذه الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة، فمن المتوقع من المشروعات تطبيق أيهما أكثر صرامة. وإذا كانت المستويات أو الإجراءات الأقل صرامة من المنصوص عليه في هذه الإرشادات هي الملائمة – في ضوء أوضاع المشروع المعني – يحتاج الأمر إلى تبرير كامل ومفصل بشأن أية بدائل مقترحة في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبين ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمن حماية صحة البشر والبيئة.

الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة (EHS) هي وثائق مرجعية فنية تتضمن أمثلة عامة وأمثلة من صناعات محددة على الممارسات الدولية الجيدة في قطاع الصناعة (GIIP).¹ وحين تشارك مؤسسة واحدة أو أكثر من المؤسسات الأعضاء في مجموعة البنك الدولي في أحد المشروعات ينبغي تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة هذه حسب مقتضيات السياسات والمعايير التي تعتمدها تلك المؤسسة. وتستهدف هذه الإرشادات بشأن قطاع الصناعة أن يتم استخدامها جنباً إلى جنب مع وثيقة الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة، التي تتيح الإرشادات لمن يستخدمونها فيما يتعلق بالقضايا المشتركة في هذا المجال والممكن تطبيقها في جميع قطاعات الصناعة. وبالنسبة للمشروعات المُعدّة، قد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد قطاعات الصناعة المعنية. ويمكن الاطلاع على القائمة الكاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع:

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

¹ هي من حيث تعريفها ممارسة المهارات والاجتهاد والحصافة والالتزام المتوقعة على نحو معقول من المهنيين ذوي المهارات والخبرة العملية في النوع نفسه من العمل وفي الأوضاع نفسها أو المماثلة بشكل عام. وقد تشمل الأوضاع التي يمكن أن يجدها المهنيون من ذوي المهارات والخبرة العملية عند قيامهم بتقييم مجموعة أساليب منع ومكافحة التلوث المتاحة لأحد المشروعات – على سبيل المثال لا الحصر – مستويات مختلفة من تدهور البيئة ومن الطاقة الاستيعابية البيئية، مع مستويات مختلفة من الجدوى المالية والفنية.

التطبيق

1.1 البيئة

ترتبط أكثر الجوانب البيئية أهمية بمصانع الورق واللب أثناء مرحلة التشغيل بـ:

- المياه المستعملة
- الانبعاثات الهوائية
- النفايات
- الضوضاء

المياه المستعملة

قد يتولد عن أنشطة تصنيع الورق واللب تصريف المياه المستعملة بمعدل يقدر بـ 10-250 متراً مكعباً لكل طن متري (3م/طن) من اللب المجفف في الهواء (ADP^2). وتعتبر النفايات السائلة الناتجة عن مصانع اللب قبل المعالجة مرتفعة في مجموع المواد الصلبة المعلقة (TSS)، الناجمة بصورة رئيسية عن الطبخ والنخل في عملية استخلاص اللب والغسيل ومراحل التبييض وكذلك المواد الناتجة عن بقايا عملية إزالة قشور الأشجار والاسترجاع الكيميائي للمواد غير العضوية والألياف) والحاجة الحيوية الكيميائية للأكسجين (BOD)، الناجمة بصورة رئيسية عن عملية إزالة قشور الأشجار الرطبة والنخل والغسيل والتبييض) والحاجة الكيميائية للأكسجين (COD) والمركبات العضوية المذابة (الناجمة بصورة رئيسية عن استخلاص اللب/الطبخ أثناء عملية إزالة قشور الأشجار الرطبة والنخل والغسيل والتبييض والانسكابات السائلة الناتجة عن وحدة الاسترجاع الكيميائي) والتي قد تتضمن PCDD (ثنائي بنزو بارا ديوكسين متعدد الكلور) و PCDF (ثنائي بنزو الفيوران متعدد الكلور) ويشار إليهما بصورة عامة بالديوكسينات والفيورانات الكلورة. وعند استخدام² يشير اللب المجفف في الهواء إلى اللب المجفف بنسبة 90%.

تتضمن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمصانع الورق ولب الورق المعلومات المتعلقة بمراقب صناعة الورق واللب، بما في ذلك استخلاص اللب ميكانيكياً وكيميائياً المعتمد على الخشب واستخلاص اللب من الألياف المعاد تدويرها واستخلاص اللب المعتمد على مواد خام غير خشبية مثل مصاصة قصب السكر والقش والخيزران. ولا تشمل هذه الإرشادات إنتاج وجمع المواد الأولية والتي تم تناولها بالمناقشة في إرشادات البيئة والصحة والسلامة الأخرى ذات الصلة. ويقدم "الملحق أ" وصفاً لأنشطة ذلك القطاع من الصناعة.

وهذه الوثيقة تم تنظيمها وفق الأقسام التالية:

- القسم 1.0 — الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها
القسم 2.0 — مؤشرات الأداء ورسده
القسم 3.0 — ثبتت المراجع والمصادر الإضافية
الملحق أ: وصف عام لأنشطة الصناعة
الملحق ب - الإرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة/ معايير استخدام الموارد

1.0 الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها

يقدم القسم التالي ملخصاً للقضايا ذات الصلة بالبيئة والصحة والسلامة المرتبطة بمصانع الورق واللب والتي تحدث بشكل عام أثناء مرحلة التشغيل، فضلاً عن التوصيات المتعلقة بكيفية التعامل معها. وتجدر الإشارة إلى أن التوصيات المتعلقة بالتعامل مع قضايا البيئة والصحة والسلامة الشائعة في غالبية المرافق الصناعية الكبرى خلال مرحلة الإنشاء والتشغيل وإيقاف التشغيل قد وردت في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

التعامل مع المياه المستعملة - معلومات عامة

تتوفر المعلومات المعنية باستراتيجيات المحافظة على المياه المتوافقة مع معظم المرافق الصناعية والتي تساهم في خفض مجاري المياه المستعملة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. وفيما يلي استراتيجيات منع المياه المستعملة المرتبطة تحديداً بالصناعة والتي يمكن تطبيقها على معظم عمليات تصنيع الورق واللب. وتتضمن إجراءات منع المياه المستعملة وطرق السيطرة عليها الموصى بها ما يلي:

- الإزالة الجافة لقشور الأشجار من الأخشاب،
- استخدام أنظمة جمع وإعادة تدوير المواد المصروفة المؤقتة والعرضية الناتجة عن انسكابات مياه العمليات،
- استخدام أحجام متوازنة وكافية من مخزون اللب ومخزون فاقد الورق وخزانات خزن المياه البيضاء لتجنب أو خفض حالات تصريف مياه العمليات،
- إعادة تدوير المياه المستعملة، بواسطة الاسترجاع الفوري للألياف أو بدونه (باستخدام المرشحات أو وحدات التعويم)،
- فصل المياه المستعملة الملوثة وغير الملوثة (النظيفة) عن طريق جمع وإعادة استخدام مياه التبريد النظيفة غير المستخدمة ومنع تسرب المياه،
- ومن المحتمل أن تتضمن مياه العواصف الملوثة السيب الناتج عن مناطق مناولة الأخشاب وجذوع الأشجار ومعدات التصنيع وأسقف المباني والمناطق التي تحيط مباشرة بمناطق التصنيع بالمصنع. ويجب الجمع بين هذه المياه والنفائيات السائلة الناتجة عن عملية التصنيع للمعالجة.

تكنولوجيات التبييض بواسطة الكلور العنصري الحر (ECF) أو عدم استخدام الكلور مطلقاً (TCF)، تكون معدلات تركيز الديوكسينات والفيورانات في النفائيات السائلة أقل من حدود الاكتشاف.³

ومن بين مصادر مركبات النيتروجين والفسفور المنطلقة في المياه المستعملة، والتي من المحتمل أن تساهم في تغذية المياه المستقبلية، المواد الخام الخشبية التي تعد كذلك مصدراً لأحماض الراتنج. ويمكن أن تكون أحماض الراتنج، وبصورة خاصة المعتمدة على لباب خشب الصنوبر، أحماضاً سامة للأسمك واللافقاريات العُورِيَّة. ويمكن إنتاج الفينولات المكلورة عند تبييض اللب اعتماداً على الكلور العنصري.

وقد تتضمن القضايا الأخرى المرتبطة بتصريف المياه المستعملة تلويث الثروة السمكية والألوان المرتبطة بمحتوى الحاجة الكيميائية للأكسجين (COD) وتصريف السائل الأسود وانسكابات شظايا اللب الناتجة عن الخزانات ذات التدفق الزائد والمتدفقة من أفنية جذوع الأشجار. وقد يحتوي هذا المصدر الأخير على مواد كيميائية سامة (مثل حمض التانينك والفينولات والراتنج والأحماض الدهنية) المرشحة من الأخشاب والتربة والمواد الأخرى الناتجة عن غسل قشور الأشجار.

³ ومن المواد الكيميائية الواردة في الملحق ج من اتفاقية استكهولم، تم تحديد PCDD و PCDF على أنهما من المواد الكيميائية التي يجري إنتاجها أثناء إنتاج اللب باستخدام الكلور العنصري. وقد تم تحديد عنصري تجانس وهما TCDF-2,3,7,8 و TCDD-2,3,7,8 من 17 عنصراً من عناصر تجانس PCDD/PCDF والتي تحتوي على الكلور في المواقع 1 و 3 و 7 و 8 على أنهما من العناصر المحتمل إنتاجها أثناء عملية التبييض الكيميائي لللب باستخدام الكلور. وينشأ معظم التكوين TCDD-2,3,7,8 و TCDF-2,3,7,8 في مرحلة التبييض-ج عن طريق تفاعل الكلور مع المواد الأولية الخاصة بـ TCDD و TCDF (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2006).

- تقليل استخلاص اللب من الإمدادات الملوثة بفينولات متعددة الكلور
- إزالة أحماض الهكسنورونيك بواسطة القيام بعملية إمهاء متوسطة لللب الأخشاب الصلبة، وبشكل خاص شجر الكافور،
- جمع وإعادة تدوير انسكابات سوائل الطبخ المستهلكة،
- الإنصال وإعادة استخدام الأبخرة ومواد تكثيف المهضم بهدف خفض مجموع المركبات الكبريتية المختزلة (TRS) المنتجة للروائح (مصانع الاستخلاص بالكبريتيت والكرافت).
- معادلة سائل الطبخ المستهلك قبل التبخير وإعادة استخدام مواد التكثيف بهدف خفض المواد العضوية المذابة (مصانع الاستخلاص بالكبريتيت)،
- تضمين الاسترجاع الكيميائي في مصانع الاستخلاص بالكبريتيت وكذلك الكرافت.

التعامل مع المياه المستعملة - مصانع الاستخلاص الميكانيكية والكيميائية الميكانيكية

تتضمن الطرق الإضافية الموصى بها لمنع المياه المستعملة والسيطرة عليها بمصانع الاستخلاص الميكانيكية والكيميائية الميكانيكية ما يلي:

- تقليل خسائر الطرد لأدنى حد،
- زيادة إعادة تدوير المياه في عملية استخلاص اللب ميكانيكياً لأقصى حد،
- استخدام مواد التغليف لفصل أنظمة المياه عن مصانع الورق واللب على نحو فعال،
- فصل أنظمة مياه مصانع الورق ومصانع اللب وكذلك استخدام نظام مياه بتيار متعاكس من مصانع الورق وحتى

وقد تم تقديم الإرشادات الخاصة بالتعامل مع مياه التبريد والإرشادات الإضافية الخاصة بمياه العواصف في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

التعامل مع المياه المستعملة - مصانع استخلاص اللب بالكبريتيت والكرافت

تتضمن الطرق الإضافية الموصى بها لمنع المياه المستعملة والسيطرة عليها بمصانع استخلاص اللب بالكبريتيت والكرافت ما يلي:

- إزالة اللجنين بالأكسجين قبل النقل إلى وحدة التبييض،
- الغسيل الكافي لللب قبل عملية التبييض (مصانع الاستخلاص بالكبريتيت والكرافت)،
- خفض أو التخلص من تكوين TCDD-2,3,7,8 و TCDF-2,3,7,8 في عمليات التبييض الخشبية وغير الخشبية عن طريق ⁴ :
- استبدال عملية التبييض بالكلور العنصري بعملية التبييض بالكلور العنصري الحر (ECF) ⁵ أو عملية التبييض دون استخدام الكلور مطلقاً (TCF)
- خفض استخدام الكلور العنصري عن طريق خفض متعدد الكلور أو زيادة استبدال ثاني أكسيد الكلور الخاص بالكلور الجزئي
- تقليل المواد الأولية مثل ثنائي بنزو بارا ديوكسين متعدد الكلور وثنائي بنزو الفيوران الداخليين في وحدة التبييض باستخدام إضافات خالية من المواد الأولية والغسيل الشامل،
- زيادة إزالة العقد لأقصى حد

⁴ برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2006.

⁵ تتطلب عملية التبييض بالكلور العنصري الحر تصنيع ثاني أكسيد الكلور في الموقع (ClO₂). يجب أن تحتوي عملية ClO₂ المختارة على إنتاج منخفض من الكلور كمنتج ثانوي لإنتاج ClO₂.

البيولوجية/الثانوية لخفض المحتوى العضوي في المياه المستعملة وتدمير المواد العضوية السامة والمعالجة الثلاثية (الأقل استخداماً) لخفض السمية والمواد الصلبة المعلقة والمواد العضوية والألوان بصورة إضافية. ويتولد عن عمليات معالجة المياه المستعملة الحمأة التي تتطلب التعامل معها كنفائات أو كمنتجات ثانوية.

وتناقش الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة تكنولوجيات معالجة المياه المستعملة العامة. وفيما يلي بعض التطبيقات المعنية الموصى بها الشائعة في صناعة الورق واللب:

- **المعالجة الميكانيكية الأولية:** يُستخدم حوض تنقية ميكانيكية أو بركة ترسيب بصورة عامة لإزالة الألياف والمواد الصلبة المعلقة الأخرى من المياه المستعملة. ويستخدم أحياناً التخليط الكيميائي للمساعدة على إزالة المواد الصلبة المعلقة،
- **المعالجة الثانوية:** تطبق المعالجة البيولوجية في معظم أنواع عمليات اللب والورق بواسطة عمليات التصريف المرتفعة نسبياً للملوثات العضوية، بما في ذلك المركبات السامة مثل أحماض الراتنج والمواد العضوية المكثورة. وتتضمن تطبيقات معينة عدداً من الأنواع والتكوينات المختلفة للمعالجة البيولوجية. وتشمل الأنظمة المستخدمة الأكثر شيوعاً مجموعة مؤلفة من (1) الحمأة المنشطة و(2) البرك الصناعية جيدة التهوية و(3) المرشحات البيولوجية المتنوعة، غالباً ما تستخدم مع طرق أخرى و(4) المعالجة اللاهوائية المستخدمة كمرحلة سابقة للمعالجة، ثم يتبع ذلك المرحلة البيولوجية الهوائية و(5) مجموعة من الطرق المختلفة، عند الحاجة لتوفر كفاءة عالية للغاية،

مصانع اللب لخفض الاستهلاك الكلي للمياه ومجموع المواد الصلبة المعلقة والمواد العضوية المذابة.

التعامل مع المياه المستعملة - مصانع الورق والمصانع المتكاملة

تتضمن الطرق الإضافية الموصى بها لمنع المياه المستعملة والسيطرة عليها بمصانع الورق والمصانع المتكاملة ما يلي:

- إعادة تدوير المياه البيضاء، بواسطة استرجاع الألياف باستخدام مرشحات قرصية أو مرشحات أسطوانية أو وحدات تعويم صغيرة وتقليل عدد نقاط سحب المياه العذبة لأدنى حد وصولاً إلى نظام المياه البيضاء،
- فصل معالجة المياه المستعملة الناتجة عن التكرية، على سبيل المثال بواسطة الترشيح الفائق - إعادة تدوير مواد التكرية الكيميائية،
- استبدال المواد الكيميائية الضارة المحتملة في العملية ببدائل أقل ضرراً.

معالجة المياه المستعملة

تعتمد تكنولوجيات أنظمة المعالجة عند نهاية خط الإنتاج على العديد من العوامل المتضمنة مكونات النفايات السائلة ومتطلبات نوعية النفايات السائلة القابلة للقياس وموقع التصريف (على سبيل المثال المباشر إلى مجرى المياه أو المعالجة المسبقة للمياه قبل التصريف إلى شبكة المجاري التابعة للبلدية أو إلى وحدة معالجة المياه المستعملة الأخرى). ويجب أن تتضمن معالجة المياه المستعملة في مصانع اللب بصورة نموذجية المعالجة الأولية التي تتألف من المعادلة والنخل والترسيب (أو التعويم) استخدام الحلزونات المائية من حين لآخر) لإزالة المواد الصلبة المعلقة والمعالجة

وثنائي كبريتيد ثنائي الميثيل. ويمكن أن تكون وحدات معالجة المياه أحياناً مصدراً للغازات كريهة الرائحة، ولكن لا يشكل هذا أهمية تذكر بالمقارنة مع الغازات الناتجة عن عمليات التصنيع. وتشمل استراتيجيات التعامل مع الانبعاثات الموصى بها ما يلي:

- بالنسبة لمصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت المزودة بعملية التبييض وغير المزودة، يجب جمع الغازات كريهة الرائحة المنطلقة من فتحات التهوية في كل النقاط في عملية مناولة السائل الأسود واللبن البني غير المغسول واللبن البني المغسول جزئياً ومواد التكتيف وحرقتها للحصول على الأكسدة الكاملة لكل المركبات الكبريتية المختزلة،
- وفي حالة وجود غازات عالية التركيز (المنطلقة بصورة عامة من مواد التكتيف وفتحات تهوية المهضم)، يجب توفير نظام احتياطي للحرق بحيث يصمم هذا النظام للاستلام من النظام الرئيسي، حسب الحاجة، ومن ثم يعمل على خفض الغازات لأدنى حد دون إخراج غازات مجموع المركبات الكبريتية المختزلة TRS إلى الهواء الجوي،
- ويجب إعطاء الأولوية في المواقع الحساسة (بمعنى آخر بالقرب من المناطق السكنية) لتوفير محرقة إضافية أو نقطة حرق أخرى بديلة للحصول على غازات TRS منخفضة التركيز. وتعد غلاية الاسترجاع نقطة الحرق المفضلة،
- يجب أن تكون نقطة تصريف فتحات الطوارئ الضرورية إلى الهواء الجوي عبارة عن مدخنة عالية وساخنة لأقصى حد ممكن، مثل غلايات الطاقة أو الاسترجاع.

- وعلاوة على ذلك، قد تدعو الحاجة لزيادة وقت التهوية أحياناً لخفض المركبات السامة مثل الراتنج والأحماض الدهنية،
- ويفضل استخدام المعالجة البيولوجية اللاهوائية المسبقة مع أنواع معينة من النفايات السائلة التي ترتفع بها BOD/COD والتي يوجد بها نسبة منخفضة من المواد السامة، مثل مواد تكتيف استخلاص اللب بطريقة الكبريتيت واستخلاص اللب ميكانيكياً والنفايات السائلة للألياف المعاد تدويرها مع إعادة استخدام مواد التكتيف المنقاة المتبقية لخفض الاستهلاك الإجمالي للمياه وكميات النفايات السائلة.

الانبعاثات الهوائية

تتألف انبعاثات الملوثات الأساسية في الهواء في إنتاج الورق واللبن من غازات عمليات التصنيع والتي يختلف نوعها وفقاً لنوع عملية استخلاص اللب والتي قد تشمل على مركبات الكبريت (مع قضايا الروائح ذات الصلة) والجسيمات وأكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة والكلور وثاني أكسيد الكربون والميثان. وتتضمن مصادر الانبعاثات الشائعة الأخرى غازات المداخن الناتجة عن وحدات الحرق ومن البخار الإضافي ووحدات توليد الطاقة المطلقة للجسيمات ومركبات الكبريت وأكاسيد النيتروجين.

غازات عمليات التصنيع - مصانع الاستخلاص بالكبريتيت والكرافت

الغازات كريهة الرائحة (مصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت)
- تطلق عمليات استخلاص اللب بطريقة كرافت بصورة نمطية مركبات كبريتية مختزلة كريهة الرائحة نفاذة ويشار إليها بمجموع المركبات الكبريتية المختزلة (TRS)، والتي تتضمن كبريتيد الهيدروجين ومركبتان الميثيل وكبريتيد ثنائي الميثيل

- الحرارة والإمداد بالهواء وتوزيع السائل الأسود في الفرن وحمل الفرن (مصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت)،
- خفض انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NO_x) عن طريق التحكم في ظروف الحرق، مثل الهواء الزائد،
- جمع انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 عن طريق الامتصاص في محلول قلوي لإنتاج سائل طبخ جديد (مصانع استخلاص اللب بطريقة الكبريتيت)

يجب تصميم المداخن وفقاً لمفهوم الممارسات الدولية الجيدة في الصناعات (GIIP) الوارد في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.⁷

أفران الكلس (مصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت) - عملية تفاعل التكليس بالإحماء التي تؤدي إلى انبعاثات أكاسيد النيتروجين NO_x وثاني أكسيد الكبريت SO_2 والجسيمات. وقد تنطلق غازات TRS بسبب الإزالة الرديئة لكبريتيد الصوديوم (Na_2S) من الطين الكلسي. تشمل استراتيجيات التعامل مع الانبعاثات الأساسية الموصى بها ما يلي:

- وجوب خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 من خلال استخدام وقود يحتوي على نسبة منخفضة من الكبريت والتحكم في الأكسجين الزائد،
- وجوب خفض انبعاثات أكاسيد النيتروجين NO_x من خلال التحكم في ظروف الحرق،
- وجوب خفض انبعاثات كبريتيد الهيدروجين من خلال التشغيل الملائم للفرن والتحكم في كبريتيد الصوديوم

⁷ وبالنسبة لمصانع استخلاص اللب، قد تتألف هذه الممارسات من توفير مدخنة واحدة عالية بحيث يتجاوز ارتفاعها بصورة نموذجية 100 متر فوق سطح الأرض المحيطة مباشرة أو وفقاً لما يحدده نموذج انتشار الانبعاثات الجوية.

- الأخذ بعين الاعتبار تغطية وإسك الانبعاثات الغازية الناتجة عن وحدة معالجة المياه المستعملة للحرق التالي في الحالات الاستثنائية ذات المشاكل الكبيرة.

يمكن إنجاز حرق غازات TRS في معدات العمليات، ويفضل في غلاية الاسترجاع حيث يمكن استرجاع الكبريت ولكن يمكن كذلك استخدام الغلايات الكهربائية. وبالنسبة للغازات المركزة، تتضمن الخيارات الأخرى استخدام فرن الكلس (على الرغم من الحاجة لأخذ إنتاج كبريتات الكالسيوم بعين الاعتبار) أو في محرقة خارجية منفصلة.

غلايات الاسترجاع (مصانع الاستخلاص بالكبريتيت

والكرافت)- تتميز الانبعاثات الناتجة عن غلايات الاسترجاع بصورة نموذجية بوجود الجسيمات وثاني أكسيد الكبريت. وتتضمن المكونات الرئيسية الأخرى أكاسيد النيتروجين وفي بعض الأحيان كبريتيد الهيدروجين في مصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت. ويعتبر استرجاع ثاني أكسيد الكبريت أمراً أساسياً في مصانع الاستخلاص بالكبريتيت. وتشمل استراتيجيات التعامل مع الانبعاثات الأساسية ما يلي:

- أكسدة السائل الأسود قبل التبخير بالتلامس المباشر⁶ ،
- خفض انبعاثات الكبريت عن طريق تركيز السائل الأسود في جهاز التبخير (مصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت) بقيمة أعلى من 75% من المواد الصلبة الجافة قبل الحرق في غلاية الاسترجاع؛
- خفض انبعاثات الكبريت عن طريق التحكم في بارامترات عملية الاحتراق في غلاية الاسترجاع، بما في ذلك درجة

⁶ ينطبق على المرافق الحالية، حيث يجب عدم استخدام أجهزة التبخير بالتلامس المباشر في المرافق الجديدة.

تركيزات المركبات العضوية المتطايرة على محتوى الراتنج بالخشب وتقنيات إزالة الألياف الخاصة المطبقة. وتتضمن المواد المنطلقة حمض الأسيتيك وحمض الفورميك والإيثانول والبيينين والثربنتين. وتتضمن الإجراءات الموصى بها لتقليل انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة للحد الأدنى ما يلي:

- ضمان استرجاع انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة الناتجة عن استخلاص اللب ميكانيكياً من الخشب الذي يوجد به محتوى عالٍ من (الراتنج) المستخرج في وحدات الاسترجاع بالحرارة وأجهزة غسل الغازات عند بدء التشغيل (للبخار الناتج عن استخلاص اللب الميكانيكي الحراري) وجمع المركبات المتطايرة ومعالجتها بصورة إضافية. ويمكن حرق هواء العادم الذي يحتوي على مركبات عضوية متطايرة في الغلايات الحالية أو في فرن منفصل. ويمكن استرجاع الثربنتين من مواد التكثيف التي تحتوي على الثربنتين،
- تشغيل غلايات قشور الأشجار بمقدار زائد من الأكسجين يكفي لمنع انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة (وأول أكسيد الكربون)، مع التقليل من تكون أكاسيد النيتروجين NO_x . تفضل تكنولوجيا الاحتراق على قاعدة مبيعة لغلايات النفايات الصلبة.

مصادر الاحتراق

تعد مصانع اللب والورق من المنشآت ذات الاستهلاك الضخم للبخار والطاقة والتي تستفيد أحياناً من الغلايات المساعدة (غلايات قشور الأشجار وغلايات البخار الإضافية) لتوليد الطاقة البخارية. وتتألف الانبعاثات المرتبطة بتشغيل مصادر الطاقة البخارية هذه بصورة نموذجية من حرق المنتجات الثانوية مثل أكاسيد النيتروجين NO_x وأكاسيد الكبريت SO_x

المتبقي في الطين الكلسي⁸. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق الغسل والترشيح الملائمين للطين الكلسي لإزالة كبريتيد الصوديوم وخفض المحتوى المائي (بنسبة تتراوح من 20 إلى 30 في المائة كحد أقصى تقريباً)، مما يسمح بالأكسدة الهوائية على المرشحات للكبريتيد المتبقي قبل دخول الطين المجفف للفرن.

وتتضمن إجراءات التحكم في الانبعاثات الثانوية الموصى بها القابلة للتطبيق على مصادر الانبعاثات الواردة أعلاه ما يلي:

- استخدام عناصر التحكم بانبعاثات الجسيمات الثانوية مثل المرسبات الالكتروستاتية في غلايات الاسترجاع والغلايات المساعدة وأفران الكلس،
- استخدام عناصر التحكم الثانوية في ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مثل أجهزة غسل الغازات الرطبة القلوية لإزالة الغازات الحمضية والمنتجات الثانوية لحرق غازات TRS.

المركبات العضوية المتطايرة (كل المصانع) ⁸ - تُطلق

المركبات العضوية المتطايرة في الهواء الجوي من غلايات المرافق رديئة التصميم التي تقوم بحرق قشور الأشجار والوقود الخشبي الآخر المعتمد على الأخشاب.

تتضمن المصادر الرئيسية لانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة في مصانع استخلاص اللب ميكانيكياً تفرغ الهواء الناتج من غسل رقايات الخشب ومن استخدام وإبل التكثيف، حيث يتم تكثيف البخار المتحرر في عمليات استخلاص اللب ميكانيكياً، الملوث بالمكونات الخشبية المتطايرة. وتعتمد

⁸ يتناول هذا القسم المركبات العضوية المتطايرة بدلاً من المركبات كبريئة الرائحة التي تم مناقشتها أعلاه.

- زيادة توليد الطاقة الكهربائية لأقصى حد عن طريق المحافظة على ارتفاع ضغط الغلايات والمحافظة على انخفاض توريين الضغط المرتد متى كان ذلك متاحاً من الناحية العملية واستخدام توريين تكثيف لإنتاج الطاقة من البخار الزائد والمحافظة على الكفاءة العالية للتوريين والتسخين المسبق للهواء والوقود المشحون للغلايات.

وتقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة

- توجيهات خاصة بكيفية التعامل مع الانبعاثات الناتجة عن مصادر الاحتراق الصغيرة التي لها قدرة حرارية تصل حتى 50 ميغاواط حراري، بما في ذلك إرشادات انبعاث العادم. أما الإرشادات التي يمكن تطبيقها على مصادر الاحتراق الأكبر من 50 ميغاواط حراري فتتناولها الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل الطاقة الحرارية.

البقايا والنفايات

- ينتج عن مصانع الورق واللب بصورة نموذجية كميات كبيرة من النفايات الصلبة غير الخطرة ولكن ينتج عنها نفايات قليلة الخطورة إلى حد بعيد. وتتضمن النفايات الخاصة بهذه الصناعة قشور الأشجار الناتجة عن عملية إزالة القشور من الأخشاب والنخاع المتبقي من عملية استخلاص اللب من مصاصة قصب السكر والحماة غير العضوية (على سبيل المثال حماة السائل الأخضر، حماة الكلس) الناتجة من الاسترجاع الكيميائي والنفايات (على سبيل المثال البلاستيك) المنفصلة عن الورق/البطاقات في وحدات الألياف المعاد تدويرها وحماة الألياف (وبمعنى آخر المروق الأساسي) والحماة البيولوجية الناتجة عن معالجة المياه المستعملة. وتنتج كمية صغيرة من النفايات الخطرة في كل المصانع وتتضمن بقايا الزيوت والشحوم ومعدات الخردة الكهربائية والبقايا

- والجسيمات والمركبات العضوية المتطايرة وغازات الدفيئة. وتتضمن استراتيجيات التعامل الموصى بها تبني إستراتيجية موحدة تشتمل على تقليل الحاجة للطاقة واستخدام وقود المنظفات واستخدام عناصر التحكم في الانبعاثات عند الحاجة. ويجب أن تتجاوز الحرارة المتولدة من السائل الأسود واحتراق قشور الأشجار في مصانع استخلاص اللب غير المتكاملة المزودة بطاقة كافية متطلبات الطاقة الخاصة بعملية الإنتاج ككل.

وتناقش الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة

- التوصيات المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة. وتتضمن التوصيات الإضافية المتعلقة بعملية إنتاج الورق واللب ما يلي: 9 10 .

- خفض عمليات فقد الحرارة واستهلاك الحرارة من خلال زيادة محتوى المواد الصلبة الجافة من قشور الأشجار وزيادة كفاءة غلايات البخار (على سبيل المثال استخدام الموفرات) وزيادة فعالية نظام التدفئة الثانوي (على سبيل المثال الماء الساخن بمقدار 85 درجة مئوية) وزيادة استخدام التسخين الثانوي لتدفئة المباني وزيادة تركيز اللب وكذلك المحافظة على نظام ماء محكم الغلق ووحدة تبييض محكمة الغلق نسبياً،
- الحد من استهلاك الطاقة الكهربائية عن طريق المحافظة على زيادة اتساق اللب قدر الإمكان في النخل والتنظيف والتحكم في سرعة المواتير الكبيرة واستخدام المضخات الخوائية الفعالة وتعديل حجم الأنابيب على نحو ملائم والمضخات والمرآح،

⁹ (2001) EU BREF.

¹⁰ انظر أيضاً وليامسون (1994) للإطلاع على الإرشادات المعنية بعمليات تحسين كفاءة الطاقة.

○ إحراق النفايات العضوية، مثل قشور الأشجار¹¹ ، في الغلايات المولدة للبخار لخفض الاستهلاك الكلي للوقود.

- وفيما يلي التوصيات الإضافية للتعامل مع النفايات:
 - يجب تقليل نفايات إزالة قشور الأشجار¹² للحد الأدنى من خلال معالجة أخشاب نظيفة ويتبع ذلك فصل الأجزاء العضوية النظيفة التي يمكن استخدامها كوقود في توليد البخار مع وجوب دفن الأجزاء المتبقية،
 - يمكن إعادة تدوير رماد قشور الأشجار ورماد الأخشاب وأنواع الرماد الأخرى كمادة ملء في أعمال التشييد وإنشاء الطرق كعوامل محسنة للتربة، أو خلاف ذلك يتم دفنها،
 - يعاد تدوير الطين الكلسي (مصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت) عادة في نظام الاسترجاع بالمصنع ولكن يمكن الاستفادة من المادة الزائدة تجارياً للإصلاح بالكلس في التربة الحمضية، أو خلاف ذلك يتم دفنها،
 - يمكن استخدام حمأة السائل الأخضر (مصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت) كغطاء يومي في مواقع دفن النفايات الصلبة بعد عملية إزالة الماء المحسنة أو الاستخدام كمخصب للتربة (أقل استخداماً) (بناء على تحليل المحتويات المغذية والتأثيرات المحتملة لتصريفها في الأراضي). ويمكن

الكيميائية التي تبلغ عادة من 0.5 - 1 كيلوغرام /طن من المنتج.

ويجب إعداد تصنيف للنفايات الصلبة وفقاً لخطورتها وعدم خطورتها بناء على المعايير التنظيمية المحلية. ويجب فصل النفايات الخطرة وغير الخطرة بعناية لخفض كمية النفايات التي يمكن أن تكون ملوثة بمواد خطيرة، ومن ثم تصنف على أنها نفايات خطيرة. وقد تم إيراد الإرشادات الخاصة بالتعامل مع النفايات الصناعية الخطرة وغير الخطرة وكيفية التخلص الآمن منها في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة للموائى والمرافئ والمحطات. وتتضمن الإرشادات الإضافية التي يمكن تطبيقها على مصانع الورق واللب ما يلي:

- وجوب خفض كميات النفايات الصلبة للحد الممكن من الناحية العملية من خلال إعادة استخدام وتدوير المواد في الموقع، وفيما يلي مثال على ذلك:
 - إعادة تدوير حمأة الألياف،
 - إعادة إدخال العقد ونواتج النخل في عملية الهضم،
 - تحسين عملية إزالة الماء من الحمأة لتسهيل احتراقها (غالباً ما يتم ذلك في الغلايات المساعدة، باستخدام وقود دعم)،
 - خفض إنتاج الفضلات العضوية مثل قشور الأشجار من خلال إزالة قشور الأشجار في الغابات (وترك القشور جانباً كمحسن للتربة)؛

¹¹ "قشور الأشجار" هي الجزء الرئيسي من لحاء الأشجار الذي يُزال من الجذوع والتي تعتبر نظيفة نسبياً وملائمة للاستخدام كوقود للغلايات التي تعمل بالوقود الصلب.

¹² "نفايات إزالة قشور الأشجار" عبارة عن أجزاء أصغر من لحاء الأشجار، الملوث بالتربة والحصى والذي قد لا يكون ملائماً للاستخدام كوقود.

الضوضاء

تتطلب الضوضاء مصانع الورق واللب نظراً للكمية الكبيرة من المعدات الميكانيكية ومركبات النقل والأنشطة البدنية واستخدام الطاقة والمضخات الخوائية اللافتة للنظر ومضخات السوائل وأنظمة توليد البخار. وتناقش الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة الإرشادات المتعلقة بكيفية التعامل مع الضوضاء.

1.2 الصحة والسلامة المهنية

يجب مراعاة قضايا الصحة والسلامة المهنية باعتبارها جزءاً لا يتجزأ من البرنامج الشامل لتقييم المخاطر والأخطار، بما فيه على سبيل المثال، دراسة التعرف على المخاطر [HAZID] أو دراسة المخاطر والتشغيل [HAZOP] أو دراسات تقييم المخاطر الأخرى. ويجب استخدام النتائج لتخطيط التعامل مع قضايا الصحة والسلامة، والمتمثلة في مرحلة تصميم المرفق وفي أنظمة التشغيل الآمنة وأثناء عمليات إعداد إجراءات التشغيل الآمن والإعلان عنها.

تتوافر التدابير العامة المتعلقة بتصميم المنشآت وتشغيلها ومراقبتها لإدارة المخاطر الرئيسية المتعلقة بالصحة والسلامة المهنية في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. كما أن الإرشادات العامة المتعلقة بأنشطة مرحلتي الإنشاء والإنهاء متاحة أيضاً مع الإرشادات الخاصة بالتدريب على برامج الصحة والسلامة، ومعدات الحماية الشخصية، وكيفية التعامل مع المخاطر البدنية والكيميائية والبيولوجية والإشعاعية الشائعة في جميع الصناعات.

استخدام هذه الحماية كذلك كعامل معادل للمياه

المستعملة الحمضية،

- يمكن استخدام حمأة إزالة الأحبار (مصانع الألياف المعاد تدويرها) كحشو في أصناف الورق الأخرى، حيث تخطط مع مواد عضوية أخرى لإعداد منتجات التربة، أو خلاف ذلك يتم القيام بحرقها،
- يمكن خلط النخاع (مصانع مصاصة قصب السكر) مع المواد العضوية الأخرى لإعداد منتجات التربة، أو خلاف ذلك يتم القيام بحرقه،
- يمكن إعادة تدوير حمأة الألياف في الإنتاج الذي يتم في الموقع أو بيعها إلى مصانع أخرى أو إرسالها خارج الموقع للاستخدام في منتجات أخرى. ويمكن حرقها أو استخدامها كذلك كمادة تغطية يومية لمواقع الدفن،
- يمكن حرق الحمأة البيولوجية في غلايات قشور الأشجار مع حمأة الألياف أو تبخيرها وحرقها في نظام الاسترجاع بمصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت. ويمكن خلطها كذلك مع المواد العضوية الأخرى لإعداد منتجات التربة،
- يمكن مزج حمأة المعالجة الثلاثية مع حمأة أخرى للحرق في غلاية قشور الأشجار وكذلك خلطها مع مواد عضوية أخرى لإعداد منتجات التربة.¹³

¹³ يعتمد تطبيق طرق التعامل مع الحمأة على الجودة الفعلية للحمأة ونوعها. على سبيل المثال، يمكن تطبيق الحرق في غلاية الاسترجاع بصورة نموذجية فقط للحمأة البيولوجية في مصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت. ويمكن الحرق في غلاية قشور الأشجار أو محرق منفصل من الناحية العملية فقط للحمأة التي تحتوي على نسبة عالية نسبياً من المواد العضوية ونسبة عالية من المواد الصلبة الجافة. ويمكن خلط الحمأة التي تحتوي على محتوى مرتفع من المواد العضوية فقط. تحتاج الحمأة الناتجة عن وحدات معالجة النفايات إلى تقييم كل حالة على حدة لإقرار ما إذا كانت تشكل نفايات خطرة أو غير خطرة وتأثيراتها المحتملة لتصرفها في الأراضي.

المواد الصلبة - بما في ذلك كلورات الصوديوم وكبريتات الصوديوم والكلس وكربونات الكالسيوم والرماد والأسبستوس (المستخدم للعزل).

تتضمن الإجراءات الموصى بها لمنع وتقليل تأثيرات المواد الكيميائية المحتملة على صحة وسلامة العمال والسيطرة عليها ما يلي:

- استخدام عمليات استخلاص اللب والتبييض الآلية لأقصى حد ممكن، وبهذا يمكن للمشغلين رصد وتشغيل عمليات التصنيع من غرف تحكم معزولة عن التعرض المحتمل للمواد الكيميائية والمخاطر الأخرى التي تهدد الصحة والسلامة. ويقلل كذلك التحكم الفعال بالعملية من استخدام مواد التبييض الكيميائية والمواد الكيميائية الأخرى،
- توفير عناصر تحكم هندسية، مثل استخدام صمامات تغطية المهضم الأوتوماتيكية والعاقد المحلي في أجهزة هضم الخلطات وخزانات النفخ التي لديها القدرة على التهوية بمعدل يسمح بانطلاق غازات الأوعية والضغط السلبي في غلايات الاسترجاع وأبراج حمض كبريتيت ثاني أكسيد الكبريت لمنع تسرب الغازات والأسيجة الكاملة أو الجزئية جيدة التهوية فوق الأوعية المستخدمة في عمليات ما بعد الهضم وآلات نقل الكلس جيدة التهوية أو المغلقة والمساعد وصاديق التخزين والأسيجة المقببة جيدة التهوية المزودة بتهوية جيدة للعدم لكل برج ومغسلة تبييض والأسيجة فوق مجففات تجفيف أفرخ الورق،¹⁴

وتتضمن قضايا الصحة والسلامة المهنية التي يجب أخذها في الاعتبار في مصانع الورق واللب ما يلي:

- المخاطر الكيماوية
- المخاطر البدنية
- غبار الخشب
- العوامل البيولوجية
- الحرارة
- الأماكن المحصورة
- الضوضاء
- الإشعاع

المخاطر الكيماوية

يجري استخدام وتصنيع العديد من المواد الكيميائية في صناعة الورق واللب والتي يمكن أن تنطوي على آثار سلبية على صحة وسلامة العمال. وتتضمن هذه المخاطر:

الغازات - مثل المركبات الكبريتية المختزلة (استخلاص اللب بطريقة كرافت) والمركبات الكبريتية المؤكسدة، وبصورة أساسية ثاني أكسيد الكبريت (استخلاص اللب بطريقة الكبريتيت والكرافت) والكلور وثاني أكسيد الكلور والتربينات والمركبات العضوية المتطايرة الأخرى والأكسجين،

السوائل - بما في ذلك هيدروكسيد الصوديوم والمواد الكاوية الأخرى والأحماض مثل حمض الكبريتيك ومنتجات الطبخ الثانوية مثل التربينتين والصوديوم والهيبيوكلوريت والمحلل المائي لثاني أكسيد الكلور وبيروكسيد الهيدروجين والمبيدات البيولوجية وإضافات صناعة الورق والمذيبات والأصباغ والأحبار، و

¹⁴ International Labour Organization, Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, 4th Edition, Chapter 72, Pulp and Paper Industry, Occupational Hazards and Controls.

- الصوديوم بالماء والمحافظة على بقاء أي ملابس ملوثة في حالة رطوبة إلى أن يتم غسلها وكيها،
- تجنب استخدام الكلور العنصري للتبييض،
- استخدام الأحبار والأصباغ المعتمدة على الماء (بدلاً من الاعتماد على المذيبات)،
- المحافظة على خلوص صناديق تخزين الكبريت من تراكم غبار الكبريت،
- تطبيق برنامج فحص وصيانة لمنع وتحديد مواضع التسرب وأعطال المعدات وما شابه ذلك،

المخاطر البدنية

تُعزى أكثر حالات التعرض للإصابات الشديدة في هذا القطاع إلى أي خلل يحدث في أنظمة الإغلاق / الحماية. ويجب تطبيق إجراءات الإغلاق / الحماية القوية وفقاً لما هو وارد في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

المخاطر البدنية العامة

تتضمن الإجراءات الموصى بها لمنع المخاطر البدنية العامة والحد منها والسيطرة عليها (على سبيل المثال حالات التعثر والسقوط ومخاطر مناولة المواد):

- تركيب منصات إمساك أسفل آلات النقل التي تمر فوق الممرات أو الطرق،
- تنظيف الانسكابات بسرعة،
- استخدام أسطح مشي مقاومة للانزلاق تسمح بالصراف،
- تركيب قضبان حماية حول طرق السير بالقرب من خطوط الإنتاج وفي الأجزاء المرتفعة ووضع علامات واضحة لحرارات سير المركبات والمشاة،

- تركيب أجهزة رصد غازات مستمرة مزودة بأجهزة إنذار في الأماكن المحتمل أن يحدث فيها حالات تسرب أو انطلاق لغازات خطرة، مثل منطقة الاسترجاع الكيميائي ومنطقة تخزين الكلور ومولد ثاني أكسيد الكلور ومناطق التبييض وإمداد كل العاملين والمقاولين والزائرين في هذه المناطق بأجهزة التنفس للهروب عند الطوارئ،
- المحافظة على قاعدة بيانات حالية بكل المواد الكيميائية المستخدمة والمصنعة في المصانع، بما في ذلك البيانات المعنية بالمخاطر والسموم والخواص البيولوجية وما شابه ذلك،
- تحديد ومنع التفاعلات الكيميائية المحتملة التي يمكن أن تؤدي إلى تكوّن الغازات الخطرة والمواد الأخرى (على سبيل المثال الجمع ما بين سوائل وأحماض استخلاص اللب بالكبريتات المستهلكة في نظام المياه المستعملة والذي يمكن أن يؤدي إلى إنتاج كبريتيد الهيدروجين). ويجب مراجعة كل المواد الكيميائية المستخدمة أو المصنعة في الموقع للتحقق من مدى تفاعلها مع الفئات الأخرى من المواد الكيميائية المستخدمة في المرفق،
- وضع ملصقات وعلامات وتغليف وتخزين كل المواد الكيميائية والمواد الخطرة وفقاً للمتطلبات والمعايير المعترف بها دولياً ومحلياً،
- ضمان تلقي العاملين التابعين المقاول، بما في ذلك مقاولي الصيانة الذين يتم الإبقاء عليهم أثناء إيقاف التشغيل، للتدريب الجيد وإتباعهم لإجراءات سلامة الموقع، بما في ذلك استخدام معدات الوقاية الشخصية ومناولة المواد الكيميائية،
- تدريب العاملين على كيفية التعامل مع ثاني أكسيد الكلور وكلورات الصوديوم. ترطيب انسكابات كلورات

- يجب تلقي العاملين لتدريب خاص على الاستخدام الآمن لمعدات إزالة قشور الأشجار والتزريق والمعدات الأخرى،
- يجب محاذاة محطات العمل لتقليل الخطر الذي يتعرض له الإنسان من جراء الشظايا التي قد تنتج عن عمليات الكسر،
- يجب إجراء صيانة ومعاينة دورية للمعدات لمنع تعطلها،
- يجب على كل الأشخاص الذين يقومون بتشغيل معدات القطع استخدام نظارات واقية ومعدات الوقاية الشخصية عند الضرورة.

أنشطة مناولة جذوع الأشجار

- تفرغ حمولة جذوع الأشجار بصورة عامة من عربات السكك الحديدية والشاحنات الثقيلة وتكدس بواسطة آلات قبل نقلها إلى آلات نقل جذوع الأشجار وأسطح الحمل في مصانع اللب. ويمكن أن تكون الإصابات التي يمكن التعرض لها بسبب تحرك المركبات في أفنية جذوع الأشجار بالغة، بالإضافة إلى الإصابات الناجمة عن تدرج أو سقوط الجذوع من معدات المناولة أو انفصالها عن أماكن التكدس. وتتضمن التوصيات الكفيلة بمنع وتقليل التعرض للإصابة في أفنية جذوع الأشجار والسيطرة عليها¹⁷ :

- إقرار واتباع ممارسات سلامة لإفراغ حمولة جذوع الأشجار والخشب المقطوع والرقاقات،¹⁸

- تزويد المعدات المتنقلة بوسائل للوقاية من الانقلاب.
- إقرار قواعد لضمان عدم نقل الرافعات لأحمال ثقيلة فوق العاملين،

سلامة الآلات

تستخدم مصانع استخلاص اللب معدات معالجة الخشب ومعدات أخرى مثل معدات إزالة قشور الأشجار ومعدات التزريق، مما يؤدي إلى احتمال تعرض العاملين لإصابة جسيمة.

تتضمن التوصيات الكفيلة بمنع الإصابات الناتجة عن معدات إزالة قشور الأشجار والتزريق والحد منها والسيطرة عليها ما يلي:

- يجب تزويد المعدات التي تحتوي على أجزاء متحركة (مثل حالات القرص أثناء التشغيل بين السلسلة وتروس معدات النقل وأسطوانات معدات النقل وسيور الإدارة والبكرات والأعمدة والأسطوانات الدوارة الموجودة في آلات الورق وبكرات تغذية آلات تقطيع الورق وما شابه ذلك) بواقيات أمان أو أقفال داخلية يمكنها منع الوصول إلى الأجزاء المتحركة،
- يجب إيقاف تشغيل المعدات وقفلها قبل مباشرة أعمال الصيانة أو التنظيف أو الإصلاح،¹⁶

¹⁵ يمكن الإطلاع على التقنيات الخاصة بالحد من الإصابات المرتبطة بمعدات القطع وإزالة قشور الأشجار لدى الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية (2003)، المتاحة على الموقع:

http://www.osha-slc.gov/SLTC/etools/sawmills/log_breakdown.html

¹⁶ انظر على سبيل المثال، U.S. Occupational Health Administration regulations for Pulp, Paper, and Paperboard Mills, 29 Code of Federal Regulations (CFR) 1910.261(a), and relevant American National

Standards Institute codes, such as O1.1-2004:

متطلبات سلامة آلات الأشغال الخشبية.

¹⁷ يمكن الإطلاع على التقنيات الخاصة باستلام ومناولة جذوع الأشجار لدى الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية (2003)، المتاحة على الموقع:

<http://www.osha-slc.gov/SLTC/etools/sawmills/receive.html> و الموقع

<http://www.osha-slc.gov/SLTC/etools/sawmills/convey.html>

غبار الخشب

قد يمثل التعرض لغبار الخشب مصدراً لقلق محتمل في مناطق مناولة الأخشاب بمصانع استخلاص اللب (على سبيل المثال في معدات الترقيق شبة الميكانيكية) وكذلك في المراحل الأولية من عملية استخلاص اللب. ويحتمل التعرض لغبار الألياف في مصانع الورق. ويشكل غبار ألياف الورق كذلك مصدراً لخطر نشوب حريق.

تتضمن الإجراءات الموصى بها الكفيلة بمنع الغبار والحد منه والسيطرة عليه:

- تطويق وتهوية المناشير وآلات تقطيع الورق ومنافض الغبار وآلات نقل رقائق الخشب،
- الأخذ بعين الاعتبار التخزين المطوق للرقاقات،
- تجنب استخدام الهواء المضغوط لإزالة غبار الخشب والورق المهدوم،
- تطويق وتهوية المناطق التي يتم فيها إفراغ ووزن وخط حمولة المواد الإضافية الجافة الغبارية أو استخدام المواد الإضافية في شكل سوائل،
- المعاينة الدورية والتنظيف الدوري للمناطق الغبارية لتقليل خطر التعرض للغبار.

العوامل البيولوجية

تتضمن العوامل البيولوجية الكائنات الدقيقة مثل البكتريا والفطريات والفيروسات، والتي يمكن أن يكون بعضها مسبباً للأمراض. وتتم الكائنات الدقيقة بصورة خاصة في أنظمة الدائرة المغلقة بآلات الورق ووحدات المعالجة البيولوجية الخاصة بالمياه المستعملة بالمصانع وأبراج التبريد بالمياه.

- يجب الأخذ بعين الاعتبار الميكنة الكاملة لأنشطة أفنية جذوع الأشجار لتقليل التعامل البشري مع الجذوع أثناء أنشطة المناولة والتكديس،
- يجب تعيين حدود طرق النقل في أفنية جذوع الأشجار بوضوح والتحكم في حركة المركبات بعناية،
- يجب ألا يتجاوز ارتفاع تكديس جذوع الأشجار الارتفاع الآمن الذي يحدده تقييم المخاطر والذي يجب أن يأخذ بعين الاعتبار الظروف الخاصة بالموقع بما في ذلك طريقة التكديس،¹⁹
- يجب قصر الوصول إلى أفنية جذوع الأشجار على الأشخاص المرخص لهم،
- يجب احتواء أسطح حمل جذوع الأشجار على حواجز أو سلاسل أو واقيات أخرى لمنع جذوع الأشجار من التدرج والسقوط من هذه الأسطح،
- يجب تلقي العاملين تدريباً على إجراءات العمل الآمن في مناطق أسطح حمل وتكديس جذوع الأشجار، بما في ذلك تجنب جذوع الأشجار الساقطة وتخطيط طرق الهروب،
- يجب تزويد العاملين بأحذية طويلة واقية مزودة بالصلب وقبعات صلبة وسواتر واضحة تماماً،
- يجب احتواء كل المعدات المتحركة على أنظمة أجهزة إنذار صوتية للرجوع للخلف.

¹⁸ انظر على سبيل المثال، U.S. Occupational Health Administration regulations for loading and unloading logs, 29 Code of Federal Regulations (CFR) 1910.266(h)(6), and Oregon Administrative Rule (OAR) 437-02-312.

¹⁹ قد تُعَدّ عمليات التكديس اليدوية بصورة نموذجية ارتفاع التكديس بـ 2 متر، في حين يمكن لعمليات التكديس الميكانيكية العمل بأمان مع ارتفاعات تكديس أعلى.

أنابيب الغلايات. ويجب إيقاف عملية تشغيل غلايات الاسترجاع الكيميائي عند أول مؤشر لوجود تسرب،

- الأخذ بعين الاعتبار استخدام معدات متنقلة مزودة بمقصورات مغلقة مكيفة الهواء.

الأماكن المحصورة

قد ينطوي التشغيل وأعمال الصيانة على نحو خاص الدخول إلى أماكن محصورة. ومن أمثلة ذلك: الغلايات والمجففات ووحدات إزالة الشحوم وحفر النفخ وحفر خطوط الأنابيب وأوعية التفاعل والتصنيع والخزانات والأحواض. وقد تم تناول الآثار وإجراءات التخفيف الخاصة بالدخول إلى الأماكن المحصورة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

الضوضاء

هناك نوعان من مصادر الضوضاء الرئيسية وهما عملية إزالة قشور الأشجار من الأخشاب في مصانع استخلاص اللب وآلات الورق في مصانع الورق، ولكن يمكن أن تكون عمليات التصنيع الأخرى مصدرًا من مصادر الضوضاء. ويمثل استخدام غرف التحكم، وفقاً لما هو موضح أعلاه، عنصر تحكم هندسي فعال. وقد تم إيراد توصيات إضافية معنية بكيفية التعامل مع الضوضاء المهنية في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

الإشعاع

تحتوي بعض معدات القياس، وخاصة في مصانع الورق، على مواد مشعة. ويحكم غلق هذه الوحدات على نحو نموذجي، ولكن يمكن أن يؤدي تلف أو صيانة الأجهزة التي تحتوي على مواد مشعة إلى التعرض لهذه المواد. ويجب تصميم هذه الأجهزة وتشغيلها وفقاً للمتطلبات المحلية المعمول بها

تتضمن الإجراءات الموصى بها الكفيلة بمنع التعرض للعوامل البيولوجية وتقليله والسيطرة عليه:

- تصميم وحدات معالجة بيولوجية لتقليل احتمال نمو الكائنات المسببة للأمراض،
 - استخدام المبيدات البيولوجية في مياه التبريد وفي عمليات صناعة الورق واللبن لتقليل نمو الكائنات الدقيقة.
- ### الحرارة
- يحتوي العديد من عمليات استخلاص اللب، بما في ذلك طبخ اللب والاسترجاع الكيميائي في عملية استخلاص اللب وإنتاج الكلس وتجفيف الورق، على درجات حرارة مرتفعة، وفي بعض الحالات، ضغوط مرتفعة. وقد تم مناقشة إجراءات الوقاية من الحرارة المشتركة في معظم العمليات الصناعية الكبيرة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. وعلاوة على ذلك، تتضمن إجراءات منع التعرض للحرارة في قطاع الورق واللبن والحد منه والسيطرة عليه:

- توفير غرف تحكم مكيفة الهواء، بما في ذلك مناطق إعداد الخشب واستخلاص اللب والتبييض وصناعة الورق،
- تخطيط العمل في المناطق الحارة لإتاحة التأقلم وفترات راحة،
- الإزالة الآلية للفتار من غلايات الاسترجاع الكيميائي. توفير ملابس واقية شديدة التحمل للعمال المحتمل تعرضهم للفتار المنصهر أو لمواد أخرى مرتفعة درجات حرارة،
- تطبيق إجراءات السلامة لتقليل احتمال التعرض لحالات انفجار المياه/الفتار. يجب نقل الفتار بمعدل متحكم فيه وصيانة غلايات الاسترجاع لمنع تسرب المياه من جدران

ذات الصلة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة: سلامة حركة المرور ونقل المواد الخطرة والاستعداد لحالات الطوارئ والاستجابة لها.

الروائح

يتولد عن عملية الاستخلاص الكيميائي لللب، وبشكل خاص استخلاص اللب بطريقة كرافت، مركبات كبريتية مختزلة كريهة الرائحة والتي يمكن أن تتسبب في إلحاق أضرار بالسكان القريبين من المرفق. وتمنع عناصر التحكم الحديثة في الملوثات الهوائية، الواردة في القسم 1.1، الروائح المرتبطة في ما مضى بمصانع استخلاص اللب، على الرغم من إمكانية استمرار انطلاق الانبعاثات أثناء الظروف المضطربة. وبناء عليه، يجب أن تأخذ إدارات المشاريع بعين الاعتبار موقع ومسافة المرفق المقترح فيما يتعلق بالمناطق السكنية أو مناطق المجتمع المحلي الأخرى.

حركة المرور

تتطلب مصانع استخلاص اللب والورق توفر كمية كبيرة من الأخشاب، سواء أكان ذلك في صورة جذوع أشجار أو كرقاقات، وتصدير كمية كبيرة من المنتج وغالباً ما يتم نقل هذه المواد بالشاحنات. وقد يؤدي هذا إلى حدوث زيادة كبيرة في حركة الشاحنات في المجتمع. وقد تم تناول إجراءات سلامة حركة المرور في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

والمعايير المقبولة دولياً للتعرض المهني²⁰ و/أو الطبيعي²¹ للإشعاع المؤين مثل "معيار السلامة الأساسي الدولي للوقاية من الإشعاع المؤين لسلامة مصادر الإشعاع"²² وإرشادات السلامة الثلاثة ذات الصلة الخاصة به. وقد تم إيراد توصيات إضافية معنية بكيفية التعامل مع التعرض للإشعاع في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

1.3 صحة وسلامة المجتمعات المحلية

تشبع قضايا صحة وسلامة المجتمع المحلي أثناء إنشاء وإيقاف تشغيل مصانع الورق واللب لأغلب المرافق الصناعية الكبيرة وتناولت الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة طرق منعها والسيطرة عليها.

تحدث التأثيرات على صحة وسلامة المجتمع بصورة رئيسية أثناء مرحلة تشغيل مرافق الورق واللب وتشمل:

- تخزين واستخدام ونقل المواد الكيميائية
- الروائح
- حركة المرور

تخزين واستخدام ونقل المواد الكيميائية

يمكن أن تؤدي الحوادث الكبيرة إلى انبعاث الملوثات ونشوب الحرائق والانفجارات في عمليات التبييض أو استخلاص اللب أو أثناء مناولة ونقل المنتجات خارج مرفق التصنيع. وفيما يلي إرشادات بشأن التعامل مع تلك القضايا، وكذلك في الأقسام

²⁰ المؤسسات التي تقوم بأعمال المعالجة أو استخدام مواد مشعة لأغراض مثل العمليات الصناعية أو الطبية والتعليم والتدريب والبحث وما شابه ذلك.

²¹ المناجم الموجودة تحت سطح الأرض (بخلاف تلك الخاصة بالخامات المشعة) ونبابيع المياه المعدنية والمناطق المسطحة التي تحتوي على غاز الرادون وما شابه ذلك.

²² IAEA Safety Series No. 115.

2.0 مؤشرات الأداء ورصده

2.1 البيئة

إرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة

تقدم الجداول 1 (أ) وحتى 1 (ل) الإرشادات بشأن النفايات السائلة ويوضح الجدول 2 الإرشادات الخاصة بالانبعاثات بمصانع الورق واللب. ومن المفترض إمكانية تطبيق هذه الإرشادات في ظروف التشغيل العادية داخل المرافق المصممة والمشغلة على نحو ملائم من خلال تطبيق تقنيات منع التلوث والسيطرة عليه والتي تم تناولها بالمناقشة في الأقسام السابقة من هذه الوثيقة.

تمثل الإرشادات بشأن النفايات السائلة القيم السنوية المتوسطة²³ ويمكن تطبيقها على حالات التصريف المباشر للنفايات السائلة المعالجة إلى المياه السطحية من أجل الاستخدام العام. ويمكن تحديد مستويات التصريف الخاصة بالموقع بناء على مدى التوفر وظروف استخدام الأنظمة العامة لجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي أو، إن كان تصريفها يتم مباشرة إلى المياه السطحية، عندئذ يتم تحديد المستويات بناء على نظام تصنيف استخدام المياه المستقبلية كما هو موضح في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. ويجب تحقيق هذه المستويات دون تخفيف، فيما لا يقل عن 95 في المائة من وقت تشغيل المصنع أو الوحدة، بعد حسابها كنسبة من ساعات التشغيل السنوية. ويجب تقديم مبرر لعدم تطبيق هذه المستويات بسبب ظروف مشروع محلي معين في التقييم البيئي.²⁴

يمكن تطبيق الإرشادات المعنية بانبعاث الملوثات على الانبعاثات الناتجة عن العمليات. وتتناول الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة بالبحث الإرشادات الخاصة بانبعاث الملوثات من مصادر الاحتراق المرتبطة بأنشطة توليد الطاقة البخارية والكهربائية من مصادر لها قدرة تساوي أو تقل عن 50 ميغاوات؛ أما انبعاثات مصادر الطاقة الأكبر فتعالجها الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل الطاقة الحرارية. كما تقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة توجيهات حول اعتبارات البيئة المحيطة استناداً إلى إجمالي حمل الانبعاثات.

استغلال الموارد

يقدم الجدول 3 أمثلة لاستخدام الطاقة واستهلاك المياه الناتجين عن قطاع صناعة الورق واللب والتي يمكن اعتبارها كمؤشرات لكفاءة القطاع والتي يمكن استخدامها لتتبع التغييرات في الأداء بمرور الوقت. ويعتمد الاستهلاك الفعلي للطاقة على تكوين العملية ومعداتها وكفاءة التحكم في العملية.

الرصد البيئي

يجب تطبيق برامج الرصد البيئي الخاصة بذلك القطاع للتعامل مع جميع الأنشطة التي صنفت على احتمال انطوائها على تأثيرات كبيرة على البيئة، أثناء عمليات التشغيل العادية وفي الظروف المضطربة. ويجب أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى المؤشرات المباشرة وغير المباشرة للانبعاثات والنفايات السائلة واستغلال الموارد التي يمكن تطبيقها على مشروع معين.

²³ يجب ألا تتجاوز المتوسطات اليومية 2.5 مرة من القيم السنوية المتوسطة.

²⁴ تعتمد الإرشادات بشأن النفايات السائلة على حمولة الإنتاج (على سبيل المثال الانبعاثات بالكيلو جرام لكل طن من اللب أو الورق المنتج). ويوضح غالباً مؤشر الانبعاثات في المصانع المتكاملة بـ "كغم لكل طن من الورق"،

والذي يجب أن يشمل انبعاثات كل من مصنع اللب ومصنع الورق. إذا كان المصنع المتكامل يقوم ببيع كل من الورق واللب، فعندئذ يكون المؤشر الأكثر صلة هو "كغم/إجمالي طن اللب"، حيث يمثل "إجمالي اللب" تقريباً مجموع الورق المنتج واللب المباع.

المنشورة من قبل الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي²⁸ ،
أو ما يشابهها من مصادر.

معدلات الحوادث والوفيات

يجب على إدارات المشاريع أن تحاول خفض عدد الحوادث التي تقع بين عمال المشروع (سواءً المعينين مباشرة أو المتعاقدين من الباطن) إلى أن يصل إلى مستوى الصفر، لا سيما الحوادث التي يمكن أن تؤدي إلى فقدان وقت العمل، أو إلى مستويات مختلفة من الإعاقة، أو حتى إلى حدوث وفيات. ويمكن مقارنة معدلات المنشأة بأداء المنشآت الأخرى في هذا القطاع بالبلدان المتقدمة من خلال استشارة المصادر المنشورة (على سبيل المثال: مكتب الولايات المتحدة لإحصائيات العمل وإدارة الصحة والسلامة بالمملكة المتحدة)²⁹ .

رصد الصحة والسلامة المهنية

يجب رصد بيئة العمل بحثاً عن الأخطار المهنية ذات الصلة بالمشروع المحدد. ويجب تخطيط عملية الرصد وتطبيقها على أيدي متخصصين معتمدين³⁰ كجزء من برنامج رصد الصحة والسلامة المهنية. كما يجب على المرافق الاحتفاظ بسجلات عن الحوادث والأمراض المهنية والأحداث والحوادث الخطرة. وتتوفر إرشادات إضافية عن برامج رصد الصحة والسلامة المهنية في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

وينبغي أن يكون معدل تكرار الرصد بالقدر الكافي لتوفير بيانات تمثيلية للمعيار الجاري رسده. ويجب أن يقوم بعمليات الرصد أفراد مدربون وفقاً لإجراءات الرصد والاحتفاظ بالسجلات واستخدام معدات تجري معايرتها وصيانتها على نحو سليم. كما ينبغي تحليل بيانات الرصد ومراجعتها على فترات منتظمة ومقارنتها بالمعايير التشغيلية حتى يتسنى اتخاذ أية إجراءات تصحيحية لازمة. وتتوفر إرشادات إضافية عن الطرق المطبقة لأخذ العينات وتحليل الانبعاثات في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

2.2 الصحة والسلامة المهنية

إرشادات الصحة والسلامة المهنية

يجب تقييم أداء الصحة والسلامة المهنية بالمقارنة مع إرشادات التعرض المنشورة دولياً، والتي تشمل على سبيل المثال، قيمة الحد الأقصى المقبول للتعرض (TLV®) وإرشادات التعرض المهني ومؤشرات التعرض البيولوجي (BEIS®) المنشورة من قبل المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة المهنية الحكوميين (ACGIH)²⁵ ، و(دليل الجيب للمخاطر الكيميائية المنشورة من قبل المعهد الوطني الأمريكي للصحة والسلامة المهنية (NIOSH)²⁶ ، وحدود التعرض المسموح بها (PELs) المنشورة من قبل الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية (OSHA)²⁷ ، والقيم الإرشادية لحدود التعرض المهني

28

http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/
<http://www.bls.gov/iif/>

<http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm> والموقع
³⁰ قد يشمل المتخصصون المعتمدون الخبراء الصحيين المعتمدين أو خبراء الصحة المهنية المسجلين أو أخصائيي السلامة المعتمدين أو المناظرين لهم.

<http://www.acgih.org/TLV/>²⁵

<http://www.cdc.gov/niosh/npg/>²⁶
²⁷

http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

3.0 ثبت المراجع والمصادر الإضافية

Allan M. Springer, Ed.: Industrial Environmental Control – Pulp and Paper Industry, 3rd edition, Tappi Press, Atlanta, Ga., 2000

Environment Canada. 2004. Regulations Amending the Pulp and Paper Effluent Regulations [embedding the Environmental Effects Monitoring requirements under Schedule IV]. Published in Part II of the Canada Gazette on May 19, 2004.

European Commission. 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. December 2001.

Finnish Environment Institute, A Strategic Concept for Best Available Techniques in the Forest Industry, 2001, URL:
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=10759&lan=en>

Finnish Environment Institute, Continuum - Rethinking BAT Emissions of the Pulp and Paper Industry in the European Union, 2007. URL:
<http://www.environment.fi/download.asp?contentid=65130&lan=en>

International Labour Organization, Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, 4th Edition, Chapter 72, Pulp and Paper Industry, Occupational Hazards and Controls.

Oregon Administrative Rule (OAR) 437-02-312

Peter N. Williamson, Ed., Patti Turner, Techn. Ed.: Water Use and Reduction in the Pulp and Paper Industry – A Monograph, Canadian Pulp and Paper Association, 1994

Swedish Paper Industry's Council for Development of Occupational Health and Safety (2005).

United Nations Environment Programme (UNEP), 2006. Revised edited draft guidelines on best available techniques and guidance on best environmental practices relevant to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Expert Group on Best Available Techniques and Best Environmental Practices.

US EPA: Final Pulp, Paper, and Paperboard "Cluster Rule".

U.S. Occupational Health Administration regulations for Pulp, Paper, and Paperboard Mills, 29 Code of Federal Regulations (CFR) 1910.261

U.S. EPA. 2002. Sector Notebook Project, Profile of the Pulp and Paper Industry, 2nd Edition. EPA/310-R-02-002. November 2002
<http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/pulp.html>

الملحق أ: وصف عام لأنشطة الصناعة

فيما يلي الخطوات الأساسية في عملية تصنيع الورق واللب:

(أ) إعداد المواد الخام (مثل إزالة قشور الأشجار وترقيق الأخشاب) و(ب) تصنيع اللب و(ج) تبييض اللب و(د) تصنيع الورق، والتي تم تناولها بالتوضيح أدناه. وقد توجد مصانع الورق ومصانع استخلاص اللب بصورة منفصلة أو كعمليات متكاملة.

إعداد المواد الخام³¹

الخشب هو المصدر الغالب لألياف السيليلوز لعمليات إنتاج الورق، على الرغم من استخدام مصادر ألياف أخرى مثل القش ومصاصة قصب السكر والخيزران في المناطق التي يقيد فيها الوصول إلى موارد الغابات، وبشكل خاص في الدول النامية. وتستخدم بعض النباتات غير الخشبية مثل القنب والقطن والقنب الهندي كمصدر لألياف تخص تطبيقات مميزة.

يمكن أن يصل الخشب المستخدم في صناعة اللب إلى المصنع في عدة أشكال مختلفة، بما في ذلك على هيئة جذوع أشجار ورقاقات ونشارة. وفي حالة الأخشاب الأسطوانية (جذوع الأشجار)، تقطع جذوع الأشجار وفقاً لحجم معين ثم يتم إزالة القشور منها. وفي مصانع استخلاص اللب التي تحتوي على مرافق قطع ونشر الأخشاب، يتم إزالة الخشب المنشور المقبول في هذه المرحلة. ويتم في هذه المرافق تحويل أي خشب متبقي أو معدوم ناتج عن عملية نشر وقطع الأخشاب إلى عملية الترقيق، ويمكن أن تشكل مرفوضات عملية قطع ونشر

الأخشاب داخل المؤسسة مصدراً هاماً للأخشاب في مثل هذه المرافق.

وتزال غالباً قشور الأشجار غير الملائمة في جذوع الأشجار ميكانيكياً (في وحدة إزالة قشور الأشجار الأسطوانية) بهدف منع تلوث عمليات استخلاص اللب³². وبناء على محتوى الرطوبة بقشور الأشجار، يمكن بعد ذلك حرقها لإنتاج الطاقة. وفي حالة لم يتم حرقها لإنتاج الطاقة، يمكن استخدام قشور الأشجار كمنشأة أو لتغطية الأرضية أو لصناعة الفحم. وغالباً ما يتم جمع قشور الأشجار المزالة هيدروليكيًا في قناة مياه وإزالة الماء منها وعصرها قبل الحرق. ويتولد عن عملية إزالة قشور الأشجار، وخاصة عملية إزالة قشور الأشجار هيدروليكيًا، مياه مستعملة تحتوي على المغذيات والألياف والمركبات العضوية المستهلكة للأكسجين مثل أحماض الراتنج والأحماض الدهنية وغير ذلك.

تستخدم بعض عمليات استخلاص اللب ميكانيكياً، مثل عملية استخلاص اللب من الخشب الأرضي الحجري، الخشب الأسطواني. ومع ذلك، تحتاج معظم عمليات استخلاص اللب ورقاقات الخشب. ويعد حجم رقاقة الخشب المنتظم (ويصل طولها بصورة نموذجية إلى 20 مم في اتجاه التجزع وبمسك 4 مم) أمراً ضرورياً لكفاءة العمليات وجودة اللب. وبعد ذلك توضع الرقاقات على مجموعة من المناخل الاهتزازية لإزالة الرقاقات الخشبية الكبيرة أو الصغيرة للغاية. وتبقى الرقاقات الكبيرة على المناخل العلوية وترسل لإعادة قطعها، في حين

³² وقد هجرت عملية إزالة قشور الأشجار هيدروليكيًا والتي تستخدم فيها نفايات مياه ذات قدرة عالية وأصبحت غير مرغوب فيها من الناحية البيئية بسبب المستويات العالية من BOD المتولدة في النفايات السائلة.

³¹ تم استيحاء المعلومات من U.S. EPA, Sector Notebook Project, Profile of the Pulp and Paper Industry, 2nd Edition, EPA/310-R-02-002, November 2002.

عملية الاستخلاص الكيميائي لللب المعتمدة على الخشب

تتضمن عمليات الاستخلاص الكيميائي لللب عملية استخلاص اللب بالكبريتات (أو الكرافت) والكبريتيت الحمضي وعملية استخلاص اللب شبه الكيميائي. وتمثل عملية استخلاص اللب بطريقة كرافت نسبة 80% تقريباً من إنتاج اللب الحالي في كافة أرجاء العالم وبصورة واقعية في كل مرافق الاستخلاص الجديدة. وبالمقارنة مع عمليات الاستخلاص الميكانيكي، يتمتع لب الكبريتيت والكرافت في الغالب بقيمة سوقية أعلى وتكاليف إنتاج أكبر نظراً لأن جودة الألياف الناتجة عنها تتميز بأنها أكثر اتحاداً مع احتوائها بشكل عام على لجنين أو مكونات خشبية أخرى أقل واحتوائها نسبياً على ألياف سيليلوز وألياف موفرة أكثر. ويمكن أن يكون لب الاستخلاص بالكبريتيت والكرافت أكثر قابلية للتبييض للحصول على إنتاج عالي السطوع أو البياض وهو المرغوب فيه في العديد من منتجات الورق. وتنتج عملية استخلاص اللب بطريقة كرافت بصورة نموذجية أفرخ ورق أو ورق مقوى أكثر قوة.

استخلاص اللب بطريقة كرافت

تمثل طريقة استخلاص اللب بطريقة كرافت 80% تقريباً من إنتاج اللب على مستوى العالم.³³ وقد أصبحت عملية استخلاص اللب بطريقة كرافت طريقة الاستخلاص الكيميائية السائدة وذلك نظراً لقوة الألياف الأفضل بالمقارنة مع استخلاص اللب بطريقة الكبريتيت وإمكانية تطبيق هذه العملية على كافة أنواع الأخشاب والقدرة على الاسترجاع الفعال لخامات التغذية الكيميائية.

يتم حرق الرقاقت الأَصغر في الغالب مع قشور الأشجار أو يتم بيعها للاستخدام في أغراض أخرى.

ويتم التعامل مع الألياف غير الخشبية بطرق خاصة وفقاً لتركيبها بهدف تقليل انحلال الألياف، ومن ثم زيادة إنتاج اللب لأقصى حد. وعادة ما ترتب المواد الخام غير الخشبية في بالات.

عمليات استخلاص اللب

تتكون مواد النباتات الخام بصورة أساسية من ألياف السيليلوز وأنصاف السليولوز واللجنين ومواد الربط الطبيعية التي تمسك ألياف السيليلوز معاً في الخشب أو في سوق النباتات. وتكسر في عملية استخلاص اللب المواد الخام التي تحمل السيليلوز (مواد النباتات الخام أو الورق المعاد تدويره) إلى أليافها الأحادية، وتعرف هذه الألياف باللب. ويمكن تقسيم عمليات استخلاص اللب بصورة عامة إلى استخلاص ميكانيكي وكيميائي. وتعتمد عملية الاستخلاص الكيميائي لللب بصورة رئيسية على المتفاعلات الكيميائية والطاقة الحرارية لإضعاف وإذابة اللجنين الموجود في رقاقت الخشب، ثم القيام بالتنقية الميكانيكية لفصل الألياف. وتنطوي عملية استخلاص اللب ميكانيكياً في الغالب على بعض المعالجات المسبقة للخشب بواسطة حرارة البخار و/أو محلول كيميائي ضعيف، ولكنها تعتمد بصورة رئيسية على المعدات الميكانيكية لخفض نسبة الخشب في المواد الليفية عن طريق التنقية أو الطحن بمادة كشط. وتؤدي عمليتا استخلاص اللب المختلفتين إلى إنتاج لب ذو خصائص معينة للمستخدمين النهائيين على اختلافهم.

³³ European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry, December 2001.

ويعاد استخدام التيارات السائلة الناتجة عن عملية استخلاص اللب بطريقة كرافت بصورة كبيرة في عمليات استخلاص اللب أو، في حالة اللب المبيض، في وحدة التبييض. وتقتصر النفايات السائلة الناتجة عن إعداد الخام البني بصورة نموذجية على كميات صغيرة من مواد التكتيف والانسكابات. وتتضمن الانبعاثات الغازية ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين والمركبات الكبريتية المختزلة وأكاسيد النيتروجين والجسيمات. وقد تم إيضاح عملية استخلاص اللب النموذجية بطريقة كرافت (بما في ذلك عمليات التبييض، التي سيتم مناقشتها أدناه) في الشكل 1.

الشكل 1. عملية تصنيع اللب بطريقة كرافت
بعض الكلمات على الشكل 1 غير واضحة كما ننصح بترجمة
الشكل ما أمكن.

ويجري في عملية استخلاص اللب بطريقة كرافت جمع رقائق الخشب في مهضم يحتوي على سائل أبيض ومحلول مائي يتألف بصورة أساسية من كبريتيد الصوديوم (Na_2S) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH)، الذي يحلل اللجنين، وبدرجة أقل، أنصاف السليلوز في درجة حرارة مرتفعة وضغط مرتفع، مما يؤدي لتحرير ألياف السليلوز (اللب). وبعد الانتهاء من عملية الهضم، يفصل السائل الأسود الناتج الذي يحتوي على مواد عضوية مذابة عن اللب، ويطلق عليه الخام البني. وبعد ذلك يجري معالجة الخام البني بالأكسجين في وجود هيدروكسيد الصوديوم لإزالة بعض اللجنين المتبقي في العملية التي يشار إليها بعملية إزالة اللجنين بالأكسجين، ثم يبيض الخام البني، وفقاً لما هو موضح أدناه، للوصول إلى درجة سطوع وقوة ونقاء منتج اللب النهائي.

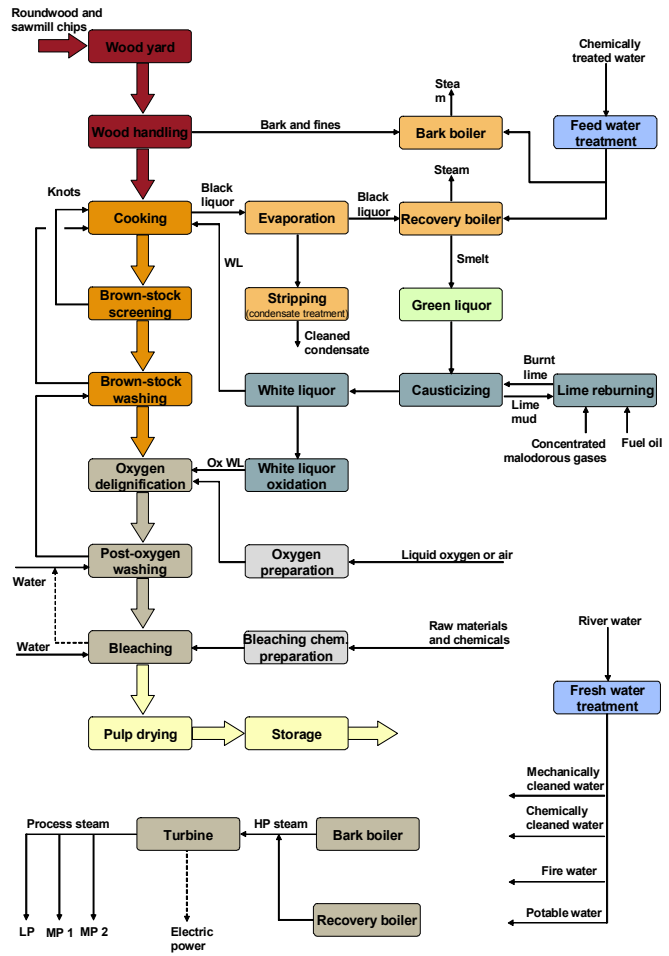
وتسترجع خامات التغذية الكيميائية في عملية يشار إليها بدورة السائل. ويكثف السائل الأسود بصورة نموذجية عن طريق تبخير الماء ثم حرقه في فرن استرجاع، والذي يحطم المكونات العضوية ويولد حرارة مستخدمة عادة لتوفير البخار لاستخدامات المرفق الأخرى. ويتكون القطار وخليط الملح المنصهر الذي يتألف بصورة أساسية من كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) وكبريتيد الصوديوم في قاع غلاية الاسترجاع وتذاب في محلول مائي، مما ينتج عنه تكوين السائل الأخضر. ويُضاف في الوحدة الكاوية الكلس (CaO) إلى السائل الأخضر، والذي يحول كربونات الصوديوم إلى هيدروكسيد الصوديوم، مما يشكل السائل الأبيض، الذي يُعاد استخدامه مرة أخرى في أجهزة الهضم. كما ينتج الطين الكلسي، الذي يتألف بصور أساسية من كربونات الكالسيوم (CaCO_3)، في الوحدة الكاوية. وبعد ذلك، يحول الطين الكلسي إلى الكلس عن طريق التسخين في فرن الكلس.

كبريتيت الماغنسيوم، وتعتبر عملية كبريتيت الكالسيوم غير مقبولة الآن في مرافق الاستخلاص الجديدة. وقد توقف استخدام قاعدة الصوديوم وقاعدة الأمونيوم على نطاق واسع بسبب التكاليف الأعلى. وعلى الرغم من التكلفة المعقولة نسبياً لقاعدة الكالسيوم، إلا أنه يتعدى استرجاع مواد الطبخ الكيميائية وتصريفها. وبناء عليه، لا تستخدم هذه القاعدة بصورة عامة في التجهيزات الجديدة.

ويتسم استخلاص اللب بالكبريتيت بأنه أيسر في عملية التبييض من استخدام الاستخلاص بطريقة كرافت، مما يسمح بالتبييض مع عدم استخدام الكلور مطلقاً (انظر عملية التبييض الواردة أدناه)، وتنتج عملية الاستخلاص بالكبريتيت غازات أقل كريهة الرائحة تحتوي على نواتج مادية أعلى من عملية الاستخلاص بطريقة كرافت. ومع ذلك، ونظراً للضعف الأكبر للألياف وتكنولوجيا الاسترجاع الرديئة (باستثناء قاعدة المغنسيوم)، لم تكن عملية الاستخلاص بالكبريتيت تنافسية وينتج عنها غالباً نفايات سائلة أكثر بالماء. وتتضمن القيود الهامة الأخرى لهذه العملية صافي معدل استهلاكها للطاقة الأعلى من عملية الاستخلاص بطريقة كرافت وكذلك القيود المفروضة على استخدام أنواع معينة من الأخشاب (على سبيل المثال خشب الصنوبر)، والذي يحدد قاعدة المواد الخام. ولهذه الأسباب، تستخدم معظم استثمارات استخلاص اللب الكيميائي الجديدة عملية الاستخلاص بطريقة كرافت.

استخلاص اللب شبه الكيميائي

يجري في عملية استخلاص اللب شبه الكيميائي هضم رقاقات الخشب جزئياً لإضعاف الروابط بين الألياف. وبعد ذلك، تعالج الرقاقات ميكانيكياً في جهاز تنقية، والذي يستخدم إجراء ميكانيكياً لفصل الألياف. وتنتج عملية استخلاص اللب شبه



استخلاص اللب بطريقة الكبريتيت

تعتمد عملية الطبخ بالكبريتيت على استخدام ثاني أكسيد الكبريت المائي وقاعدة. وتؤثر القاعدة المستخدمة على ظروف العملية واسترجاع المواد الكيميائية والطاقة واستخدام المياه وخواص اللب. ويستخدم الكالسيوم والصوديوم والمغنسيوم والأمونيوم، على الرغم من أن عملية استخلاص اللب بطريقة الكبريتيت الغالبة عبارة عن عملية استخلاص اللب بطريقة

الكيميائي تعد أكثر تركيزاً من المياه المستعملة الناتجة عن مصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت.

عملية الاستخلاص الميكانيكي لللب المعتمد على الخشب

تشمل عملية استخلاص اللب الميكانيكي استخلاص اللب الميكانيكي الحراري (TMP) واستخلاص اللب الميكانيكي الحراري الكيميائي (CTMP) واستخلاص اللب من الخشب الأرضي وكذلك عمليات أخرى متنوعة. وتتضمن عمليتا TMP و CTMP إجراء خفض لرقاقات الخشب في اللب في أجهزة تنقية ميكانيكية قرصية، ويتم ذلك عادة بعد المعالجة المسبقة للرقاقات بالبخار و/أو المحاليل الكيميائية الضعيفة. وتتضمن العملية الأقدم لاستخلاص اللب من الخشب الأرضي طحن الكتل الخشبية (جذوع الأشجار الصغيرة) الموجودة في اللب بواسطة حجر طحن.

ويوفر استخلاص اللب الميكانيكي إنتاجاً كبيراً، ولكن يحتاج التفتت الميكانيكي لاستهلاك كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية في عمليات التنقية. ويستخدم اللب المستخلص كيميائياً عادة لورق الطباعة والكتابة حيث تدعو الحاجة لتوفر لافاذية عالية وامتصاص جيد للحبر ولبعض الورق المقوى الذي يفضل فيه استخدام أحجام لب أعلى وأرخص ثمناً. ويمكن استخدام استخلاص اللب الميكانيكي الحراري الكيميائي (CTMP) للحصول على لب المناديل الورقية والورق المزغب كذلك.

استخلاص اللب الميكانيكي الحراري (TMP)

تغسل رقاقت الخشب عادة قبل استخلاص اللب الميكانيكي الحراري لإزالة الأحجار أو الرمال أو خردة المعادن أو أي بقايا صلبة أخرى قد تتسبب في تآكل أو إلحاق التلف بالأواح جهاز التنقية. وتسخن الرقاقت المغسولة والمنخولة مسبقاً

الكيميائي لياً يتسم بالصلابة العالية والذي يستخدم على نطاق واسع في صناعة ألواح الكرتون المضلع. وأكثر عمليات استخلاص اللب شبه الكيميائي شيوعاً هي عملية الاستخلاص شبه الكيميائي بالكبريتيت المحايد (NSSC). وتتضمن عمليات استخلاص اللب شبه الكيميائي الأخرى المستخدمة الطبخ القلوي بواسطة سائل هيدروكسيد الصوديوم (طبخ الصودا) أو سائل الكبريتات المعدل.

ويتراوح إنتاج عملية استخلاص اللب شبه الكيميائي ما بين 55 إلى 99 في المائة، بناء على العملية المستخدمة. ومع ذلك، يكون محتوى اللجنين المتبقي باللب عال أيضاً. ولذا تتسم عملية التبييض بصعوبة أكبر من استخلاص اللب بطريقة الكبريتيت والكرافت. ونظراً لظروف العملية التي تتسم بأنها أقل صرامة عما هو عليه الحال بالنسبة لاستخلاص اللب الكيميائي بالكبريتيت والكرافت ونظراً لعدم القيام بصورة عامة بتبييض اللب الناتج عن استخلاص اللب شبه الكيميائي، فإن العمليات تتسم بالبساطة النسبية في استخلاص اللب شبه الكيميائي. وعلاوة على ذلك، تدعو الحاجة لتوفر كميات أقل من المواد الكيميائية لعملية استخلاص اللب شبه الكيميائي بالمقارنة مع استخلاص اللب الكيميائي بالكبريتيت والكرافت.

ونظراً لاحتواء سائل الطبخ الناتجة عن استخلاص اللب شبه الكيميائي على تركيزات مواد عضوية أقل من المواد العضوية الناتجة عن عمليتي الاستخلاص بالكبريتيت والكرافت، فستتسم عملية الاسترجاع الكيميائي بأنها أكثر تكلفة. ومن ثم، تُعالج بعض مصانع استخلاص اللب شبه الكيميائي السائل المستهلك وتصرفه دون استرجاع المواد الكيميائية المستخدمة في عملية التصنيع. ونظراً لانخفاض كفاءة عملية الاسترجاع، فإن المياه المستعملة غير المعالجة الناتجة عن مصانع الاستخلاص شبه

المستعملة في مصنع استخلاص اللب الميكانيكي الحراري قليلة للغاية بحيث يتعذر إجراء عملية الاسترجاع بنفس الطريقة المتبعة في مصنع استخلاص اللب الكيميائي (على سبيل المثال السائل الأسود). وعليه، تدعو الحاجة لتوفر معالجة للنفايات السائلة في مصنع استخلاص اللب الميكانيكي الحراري.

استخلاص اللب الميكانيكي الحراري الكيميائي (CTMP)

يجمع استخلاص اللب الميكانيكي الحراري الكيميائي (CTMP) ما بين عملية استخلاص اللب الميكانيكي الحراري والإشراب الكيميائي لرقاقات الخشب. وتُغمر رقائق الخشب المغسولة والمنخولة في محلول كيميائي قلوي في برج إشراب. ويستخدم كبريتيت الصوديوم (Na_2SO_3) بصورة أساسية للأخشاب المرنة ويستخدم بروكسيد قلوي بصورة أساسية للأخشاب الصلبة. وبعد إجراء عملية الإشراب الكيميائي، تسخن الرقائق مسبقاً وتزداد درجة حرارتها أكثر عند التدرج من المرحلة الأولى إلى الثانية من مراحل عملية التنقية اللاحقة. ولأسباب مشابهة للأسباب الخاصة باستخلاص اللب الميكانيكي الحراري، فعادة ما يتم دمج عملية استخلاص اللب الميكانيكي الحراري الكيميائي في مصانع ألواح الكرتون أو الورق. ومع ذلك، يُستخدم استخلاص اللب الميكانيكي الحراري الكيميائي صناعياً أيضاً كمصدر لللب في الأسواق.

وتضعف كل من الحرارة والمواد الكيميائية اللجنين وتيسر عملية تحرير ألياف السيليلوز، مما يؤدي إلى زيادة قوة وصلابة اللب، ولكنها تؤدي أيضاً إلى الحصول على إنتاج أقل، وبالتالي تولد المزيد من الملوثات المرتبطة باستخلاص اللب الميكانيكي الحراري. وكما هو الحال في استخلاص اللب الميكانيكي الحراري، تسترجع مياه العمليات بصورة اقتصادية وتُصرف المخلفات المتبقية بعد المعالجة.

بواسطة البخار، ثم تنقى سواء أكان ذلك في مرحلة واحدة في درجة حرارة مرتفعة وضغط مرتفع أو في نظام تنقية على مرحلتين، حيث يتبع المرحلة الأولى فيه مرحلة تنقية ثانية مع وجود ضغط أو الضغط الجوي. وغالباً ما يتم استخلاص لب مرفوضات النخل في جهاز التنقية بالمرحلة الثانية. وقد أدى استخدام طاقة ميكانيكية أكثر بدلاً من الإذابة الكيميائية إلى تفتيت أكثر قوة للألياف وتكوّن المواد الدقيقة. ويُستخدم استخلاص اللب الميكانيكي الحراري غالباً للحصول على ورق الصحف.

ويحوّل الكثير من الكمية الكبيرة نسبياً من الطاقة الكهربائية المطلوبة في استخلاص اللب الميكانيكي بجهاز التنقية إلى حرارة على هيئة بخار يُخزّن من رطوبة الخشب وماء التخفيف في أجهزة التنقية. ونظراً لظروف الضغط الواجب توفرها (حيث يصل الضغط حتى 5 بار فوق الضغط الجوي)، يمكن استرجاع كمية كبيرة من البخار المتولد واستخدامه لإنتاج بخار نظيف بالعملية (على سبيل المثال للاستخدام في تجفيف الورق). ويمكن استرجاع جزء من الطاقة على هيئة ماء ساخن.

ويفضل استخدام الخشب الطري كمادة خام. وإذا خُزّن الخشب الخاص بالاستخلاص الميكانيكي الحراري، فمن المعتاد تخزينه في الماء أو رش الماء عليه لمنع تعرضه للجفاف. وبناء عليه، قد تدعو الحاجة لتوفر أنظمة جمع المياه في أفنية الأخشاب لمنع تصريف المياه التي تحتوي على مواد عضوية. ويُذاب جزء من المواد العضوية بالخشب في الماء ويُصرف من عملية استخلاص اللب. ومع ذلك، ونظراً لندرة فقد الخشب في عملية التصنيع باستخلاص اللب الميكانيكي الحراري، يحوّل معظم المواد الخشبية إلى لب. وتكون القيمة الحرارية للمياه

ومن الطرق غير المكلفة نسبياً الكفيلة بتحسين جودة الخشب الأرضي عملية الطحن الحراري (TGW). ويتم في هذه العملية الحد من عمليات فقد الحرارة الناتجة عن التبخير في منطقة الطحن وتحسن درجة حرارة العملية بواسطة وحدات التحكم في الثبات بدلاً من زيادة الضغط.

استخلاص اللب المعاد تدويره (RCF)

أصبح الورق المسترجع مصدراً أكثر أهمية إلى حد بعيد للألياف في عملية صناعة الورق. وتعتمد حالياً 50 في المائة تقريباً من المواد الخام للألياف المستخدمة في صناعة الورق على الألياف المعاد تدويرها.³⁴ ويتم في عملية إعادة التدوير إعادة ترطيب الورق والورق المقوى المعاد تدويرهما وتقطيرهما للحصول على اللب، ويتم ذلك بصورة أساسية باستخدام الوسائل الميكانيكية. ويمكن إزالة الأحبار واللواصق والملوثات الأخرى عن طريق إزالة الحبر كيميائياً والفصل الميكانيكي. ونظراً لتجفيف الورق والورق المقوى المعاد تدويرهما ثم إعادة ترطيبهما بصورة كاملة، فسيكون لهما بصورة نموذجية خواص فيزيائية مختلفة عما هو الحال بالنسبة لألياف لب الخشب البكر. وفي بعض الحالات، يمكن أن تعمل المصانع التي تستخدم الورق المعاد تدويره، مع إزالة الأحبار، دون أي تصريف للنفايات السائلة. وهذا يُعزى إلى استخدام دورات مائية مغلقة مع أنظمة المعالجة البيولوجية الهوائية أو اللاهوائية لإزالة بعض المواد العضوية المذابة من المياه المعاد تدويرها. وتتسم عمليات الدورات المغلقة بأنها دورات عملية حيث يمكن أن يتحمل المنتج درجة معينة من الأوساخ والملوثات، ومثال على ذلك بعض أصناف الورق الخشن

وكانت عملية استخلاص اللب الميكانيكي الحراري الكيميائي تستخدم بصورة رئيسية في بادئ الأمر في الخشب الأبيض (الراتنجي)، ولكنها تستخدم حالياً كذلك في الأخشاب الصلبة منخفضة الكثافة، مثل الحور الرجراج. ويستخدم استخلاص اللب الميكانيكي الحراري الكيميائي لإنتاج المناديل الورقية والورق المقوى والورق المزغب، ولكن تستخدم كذلك أصناف أخشاب الحور الرجراج في زيادة الكميات المخصصة لأصناف الورق الخاصة بالكتابة والطباعة، حيث انخفاض تكاليف الألياف بصورة أكبر من استخلاص اللب كيميائياً.

استخلاص اللب من الخشب الأرضي

تحدث عملية إزالة الألياف الأولية في عملية استخلاص اللب من الخشب الأرضي في ماكينات الطحن عن طريق دفع جذوع الأشجار مقابل أحجار الطحن الدوارة الخاصة مع موازاة الألياف الخشبية لمحور الحجر. وتتحول معظم الطاقة الداخلة في عملية الطحن إلى حرارة، والتي تساعد في إضعاف روابط اللجنين وتحرير ألياف السيليلوز. ويستخدم دش لرش الماء فوق أحجار الطحن لتشتيت الحرارة وتقليل الاحتكاك ونقل الألياف إلى مراحل العملية التالية.

وتحدث عملية الطحن في عملية الطحن بالضغط (PGW) في ضغط زائد (حتى 3 بار تقريباً)، والذي يسمح بتشغيل العملية في درجات حرارة أعلى. وتؤدي درجات الحرارة الأعلى إلى المزيد من الإضعاف المكثف للجنين والحصول على أنواع لب محسنة (على سبيل المثال ذات قوة أعلى)، ولكن تعتبر المتطلبات المالية والفنية لهذه العملية أعلى إلى حد بعيد. ويتولد بخار منخفض الضغط عند إزالة ضغط اللب. وعادة ما يستخدم البخار منخفض الضغط المسترجع لإنتاج ماء العملية الدافئ.

U.S. EPA, Sector Notebook Project, Profile of the³⁴
Pulp and Paper Industry, 2nd Edition, EPA/310-R-
02-002, November 2002.

السكر (المواد المتبقية من تكرير قصب السكر) ومحاصيل الألياف السنوية مثل تيل القناب. وبصورة عامة، تعد ألياف النباتات غير الخشبية مكلفة للغاية فيما يتعلق بعملية الجمع والتصنيع عما هو الحال بالنسبة للألياف الخشبية في مناطق العالم التي تتوفر فيه إمدادات الأخشاب بصورة كافية، ومن ثم يُنتج اللب بصورة حصرية تقريباً من الألياف الخشبية في معظم مناطق العالم. ومع ذلك، يُنتج كميات لا يستهان بها من اللب غير الخشبي، وبصورة خاصة في مناطق آسيا والمناطق التي تقل فيها الألياف الخشبية نسبياً وتتوفر فيها الألياف غير الخشبية.

مصاصة قصب السكر، القش، الخيزران وما إلى ذلك.
تتميز معظم الألياف غير الخشبية بأنها قصيرة نسبياً وتشبه في ذلك الألياف المستخرجة من الخشب الصلب، ومن ثم فهي تلائم تطبيقات مشابهة لها مثل صناعة ورق الكتابة. ومع ذلك، تستخدم الألياف غير الخشبية عادة لأصناف أخرى من الورق أيضاً، مثل ورق الصحف وألواح الكرتون المضلع. ويعزى هذا ببساطة إلى احتمال عدم توفر الخشب المحلي لعملية استخلاص اللب.

وتطبخ الأنواع غير الخشبية عادة بسهولة أكبر من رقائق الخشب. ومن ثم، تستبدل عملية الطبخ بطريقة الكرافت عادة بالطبخ بالصودا (هيدروكسيد الصوديوم فقط)، وتكون التكلفة أقل في الغالب. وغالباً ما تحتوي السوائل المستهلكة على تركيزات منخفضة من المواد العضوية المذابة والمواد الكيميائية المستخدمة في عمليات التصنيع بالمقارنة مع استخلاص اللب الكيميائي من الخشب، وبناء عليه تزداد تكاليف الاسترجاع الكيميائي. وعلاوة على ذلك، تتسم نباتات استخلاص اللب غير الخشبية بأنها صغيرة الحجم عادة، ومن

الملون وورق التغليف. وينتج 30 إلى 40 % تقريباً من المواد الخام في بعض وحدات إعادة التدوير الحمأة التي تتطلب التعامل معها كنفائيات صلبة.

دون إزالة الأحبار

تكفي عملية معالجة الورق المعاد استرجاعه دون إزالة الأحبار التطبيقات التي لا تتطلب سطوعاً عالياً، مثل ألواح الورق المقوى المضلع وألواح الكرتون وبعض أوراق المناديل الورقية.

مع إزالة الأحبار

تستخدم عمليات إزالة الأحبار لإزالة الأحبار لجعل اللب أكثر لمعاناً ونظافة. ويطبق في بعض الأحيان عملية التبييض بعد إزالة الأحبار. وتستخدم الألياف المعاد تدويرها المصحوبة بإزالة الأحبار في التطبيقات التي تتطلب سطوعاً أعلى، مثل ورق الصحف وورق المجلات والمناديل الورقية.

وثنسبه مياه العمليات المياه الناتجة عن الأنظمة دون إزالة الأحبار. ومع ذلك، ينتج عن عملية إزالة الأحبار منتجات أقل تتطلب معالجة داخلية إضافية. وقد يكون منتج اللب منخفضاً بنسبة 60 إلى 70 في المائة من الورق المسترجع الداخل في العملية، وبناء عليه قد تدخل نسبة كبيرة تقدر بـ 30 إلى 40 في المائة من المواد المياه البيضاء وتحتاج للمعالجة والإزالة قبل تصريف المياه المستعملة.

استخلاص اللب المعتمد على مواد خام غير خشبية

تمثل المصادر غير الخشبية على مستوى العالم 6 في المائة تقريباً من إجمالي الإمداد بالألياف اللازمة لصناعة الورق. وتستخرج الألياف غير الخشبية من الألياف الزراعية مثل القش وألياف النباتات الأخرى مثل الخيزران ومصاصة قصب

التبييض

التبييض هو أي عملية من شأنها تغيير اللب كيميائياً لزيادة درجة السطوع. وينتج اللب المبيض أوراقاً أكثر بياضاً وسطوعاً ونعومة وأكثر امتصاصاً عما هو الحال بالنسبة لللب غير المبيض. ويُستخدم اللب المبيض للحصول على المنتجات التي تدعو الحاجة لتوفر نقاء عالٍ بها وعدم الرغبة في إصفرارها (على سبيل المثال ورق الطباعة والكتابة). ويستخدم اللب غير المبيض بصورة نموذجية لإنتاج علب الكرتون وورق التبطين وأكياس البقالة.

ويمكن تبييض أي نوع من اللب، ولكن يؤثر نوع (أنواع) الألياف وعمليات استخلاص اللب المستخدمة وكذلك الخواص المطلوبة والاستخدام النهائي للمنتج النهائي بصورة كبيرة على نوع ودرجة عملية تبييض اللب المحتملة. ويعد محتوى اللجنين باللب المحدد الرئيسي لاحتمال إجراء عملية تبييض له. ويصعب إجراء عملية تبييض لللب الذي يحتوي على محتوى عالٍ من اللجنين (على سبيل المثال في حالة استخلاص اللب ميكانيكياً أو بعملية شبه كيميائية) بشكل كامل ويتطلب إدخال مواد كيميائية ثقيلة. وتقضي عملية التبييض بعمليتي استخلاص اللب ميكانيكياً أو شبه كيميائي إلى فقد إنتاج اللب بسبب تدمير الألياف. ويمكن تبييض اللب المستخلص كيميائياً لأقصى حد بسبب انخفاض محتوى اللجنين (10%) به.

ونظراً لإمكانية إزالة اللجنين داخل أنظمة المياه المغلقة، تميل مصانع التبييض إلى تصريف النفايات السائلة لإجراء معالجة خارجية. ويتعدى إعادة تدوير النفايات السائلة الناتجة عن مصانع التبييض بسهولة في عملية الاسترجاع الكيميائي، وهذا يعزى بصورة أساسية إلى زيادتها من تكون الكلوريدات والعناصر غير العضوية غير المرغوب فيها في نظام

ثم تنتج بصورة نموذجية إنتاجاً يقل عن 100000 طن/سنة من اللب، ومن ثم ينقصها الوفرة في الإنتاج التي تجعل من الاستثمارات البيئية أكثر اقتصادية في المرافق الأكبر. ونتيجة لذلك، تحدد معظم مصانع استخلاص اللب من ألياف غير خشبية عملية استرجاع المواد الكيميائية أو لا تتوفر بها هذه العملية، وبالتالي يكون لها انبعاثات نفايات أعلى إلى حد بعيد، لكل طن من الإنتاج، من مصانع الاستخلاص الحديثة بطريقة الكرافت.

وتحتوي النباتات غير الخشبية عادة على كميات سيلليكا أعلى من النباتات الخشبية. وتتسبب السيلليكا في حدوث مشاكل في الاسترجاع الكيميائي وتؤثر سلباً على جودة الورق. وتزيد السيلليكا على وجه الخصوص من تكوّن القشور في أجهزة تبخير السوائل وتقلل من كفاءة كل من عملية استخدام المواد الكاوية وتحويل الطين الكلسي (كربونات الكالسيوم) إلى أكسيد الكالسيوم (كلس محترق) في فرن الكلس. ولمواجهة هذه التأثيرات، تعمل مرافق استخلاص اللب من الألياف غير الخشبية على تصريف نسب أعلى من الطين الكلسي وشراء كميات أعلى من الكلس أو حجر الكلس كتعويض عن ذلك.

القطن والألياف الطويلة الأخرى

تتمتع بعض الألياف غير الخشبية بخواص قيمة وخاصة للحصول على منتجات مميزة. على سبيل المثال، تكون ألياف نسالة القطن والقنب الهندي والكتان والقنب طويلة ومفيدة للحصول على منتجات مثل أوراق المستندات التي تحمل علامات مائية والأوراق المالية والعملات الورقية وأكياس الشاي وما إلى ذلك. ويعد إنتاج هذه المنتجات المميزة صغيراً، ومن ثم تشكل تأثيراً بيئياً محدوداً.

وتتكون وحدة التبييض من سلسلة من مراحل التبييض التي تتألف بصورة نموذجية من أربع إلى خمس مراحل منفصلة. وتضاف مواد كيميائية مختلفة في كل مرحلة وغالباً ما يتم تعاقب مراحل الأحماض والقلويات. وتتألف كل مرحلة من مراحل التبييض من أجهزة مخصصة لمزج المواد الكيميائية واللب ومفاعل تبييض مصمم بزمناً بقاء مناسب للتفاعلات الكيميائية ومعدات غسيل لفصل المواد الكيميائية المستخدمة وإزالة اللجنين والمواد المذابة الأخرى من اللب.

وهناك نوعان أساسيان للتبييض وهما التبييض بواسطة ECF (الكلور العنصري الحر - لا يجري معالجة أي كلور جزيئي أو غازي في عملية التبييض) و TCF (عدم استخدام الكلور مطلقاً). ويستخدم التبييض بواسطة الكلور العنصري الحر ثاني أكسيد الكلور والقلويات لاستخلاص اللجنين المذاب، في حين يستخدم البيروكسيد والأكسجين لتعزيز مراحل الاستخلاص. ويستخدم التبييض دون استخدام الكلور مطلقاً الأكسجين أو الأوزون أو حمض فوق الأستيك والبيروكسيد مع القلويات لاستخلاص اللجنين. وتستخدم عمليتا التبييض المذكورتين في مصانع الاستخلاص بطريقة الكرافت، على الرغم من أن عملية التبييض بالكلور العنصري الحر هي الأكثر شيوعاً.

استخلاص اللب ميكانيكياً

تعتمد عملية تبييض اللب المستخلص ميكانيكياً على طرق حفظ اللجنين وتختلف بصورة جوهرية عن تبييض اللب المستخلص كيميائياً والذي يعتمد على إزالة اللجنين. وتغير عملية تبييض اللب المستخلص ميكانيكياً المجموعات الحاملة للألوان ببوليمرات اللجنين إلى شكل عديم اللون. وبناء عليه، تزيد عملية تبييض اللب المستخلص ميكانيكياً بصورة أساسية من سطوع اللب مع الحد الأدنى لفقد المواد الصلبة الجافة والإنتاج

الاسترجاع الكيميائي والذي من شأنه أن يتسبب في حدوث تآكل وتكوّن للفشور ومشاكل أخرى.

استخلاص اللب كيميائياً

من أشهر المواد الكيميائية المستخدمة على نطاق واسع في عملية تبييض اللب المستخلص كيميائياً ثاني أكسيد الكلور والأكسجين والأوزون وبيروكسيد الهيدروجين. وقد أصبح حمض فوق الأستيك متوفراً بالأسواق مؤخراً كمادة كيميائية مستخدمة في عملية التبييض. وقد تم التخلي عن استخدام الكلور والهيوكلوريت تدريجياً إلى حد كبير كمواد كيميائية أساسية في عملية التبييض على مدار السنوات الأخيرة. وتكوّن أحجام صغيرة من الكلور كمادة ثانوية في معظم أنظمة إنتاج ثاني أكسيد الكلور، وسيُتوفر جزء من هذا الكلور على الأقل عند استخدام ثاني أكسيد الكلور في عملية التبييض. ويجب إنتاج ثاني أكسيد الكلور والأوزون في الموقع. كما يمكن توريد البيروكسيدات والأكسجين والقلويات إلى المصانع. ويتميز الأوزون بأنه عامل تبييض شديد التفاعل، في حين يتميز ثاني أكسيد الكلور والأكسجين وبيروكسيد الهيدروجين بأنها مواد قليلة التفاعل.

وقد أدى إدخال الطبخ الممتد وإزالة اللجنين بالأكسجين إلى عملية استرجاع أكثر فاعلية للمواد العضوية وأتاح تطوير المواد الكيميائية واستخدامها بدلاً من الكلور في عملية التبييض، وبذلك انخفض إلى حد بعيد إجمالي كمية المركبات العضوية وإجمالي كمية المركبات العضوية المكلورة التي تنشأ أثناء عملية التبييض. ويمكن أن تعزز معالجة الأنزيمات قبل عملية التبييض كذلك من فاعلية المواد الكيميائية المستخدمة في التبييض ولكنها تؤدي بصورة نمطية إلى حدوث فقد صغير في المنتج.

المثال الحديد، المنغنيز، النحاس، الكروم)، والتي تمنع إزالة الألوان من اللب والبروكسيد لمنع التحلل. وتحتوي عوامل التثبيت EDTA و DTPA على النيتروجين، الذي يدخل في المياه المستعملة. ويتميز دخول مرحلة الغسيل بين مرحلة استخلاص اللب والتبييض بالفاعلية في خفض المعادن المسببة للمشاكل، ومن ثم يمكن أن تقلل من كمية العوامل المثبتة المطلوبة وتحسن من فاعلية البروكسيد المستخدم. ويوضع اللب المبيض في حمض الكبريتيك أو ثاني أكسيد الكبريت للحصول على أس هيدروجيني بمقدار 5-6.

صناعة الورق

بعد الانتهاء من عملية استخلاص اللب (والتبييض، عند توفره)، يحول اللب النهائي إلى الخام المستخدم في صناعة الورق. ويجفف ويوضع اللب المتداول في الأسواق، والذي يجري شحنه خارج الموقع إلى مصانع الورق أو الورق المقوى، بيسر في بالات أثناء هذه المرحلة. وتتضمن عملية تصنيع اللب في المصانع المتكاملة مزج اللب الخاص بمنتج الورق المطلوب وتشتيت المياه والعجن والتنقية لإضافة كثافة وقوة وإضافة أي إضافات رطبة ضرورية. وتستخدم الإضافات الرطبة لصناعة منتجات ورقية مواصفات خاصة أو لتسهيل عملية صناعة الورق. وتتضمن الإضافات الرطبة الراتنج والشمع لمقاومة المياه، والمرشحات مثل الطمي والسيليكا والتالك، والأصبغ العضوية وغير العضوية للتلوين ومواد كيميائية غير عضوية معينة (مثل كبريتات الكالسيوم وكبريتيد الزنك وثاني أكسيد التيتانيوم) للحصول على نسيج محسن وجودة طباعة ولانفاذية وسطوع.

ويحول اللب المعالج إلى منتج ورقي عن طريق آلات إنتاج الورق، ومن أشهر تلك الآلات آلة إنتاج الورق بنظام فوردينيير

الكلي. ولا يدوم هذا التأثير طويلاً، حيث يأخذ الورق في الإصفرار بمرور الوقت. ونظراً لعدم الحصول على سطوع دائم لللب المستخلص ميكانيكياً، يلائم هذا اللب المستخلص ميكانيكياً المبيض إنتاج أوراق الصحف والمجلات أكثر من ملائمة للكتب وأوراق الأرشفة.

ويتم إجراء عملية التبييض مع حفظ للجنين في مرحلة واحدة أو على مرحلتين، بناء على متطلبات السطوع النهائي لللب. وتتباين مراحل التبييض بناء على عامل التبييض المستخدم.

تستخدم عملية التبييض المخفض ثنائي إيثيونيت الصوديوم ($Na_2S_2O_3$)، الذي لا يذيب المادة العضوية من اللب. ومن ثم، يؤدي ذلك إلى خفض الإنتاج للحد الأدنى. ويمكن أن يتسبب ثنائي الإيثيونيت المتبقي في اللب إلى تآكل المكونات المعدنية المستخدمة في العملية. ويستخدم عامل مثبت معدني في معظم المصانع (مثل إيثلين ثنائي الأمين رباعي الخليك EDTA، ثنائي الأثيلين ثلاثي الأمين خماسي الخليك DTAP) لمنع انحلال ثنائي الإيثيونيت.

تستخدم عملية التبييض التأكسدي بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2). وينتج عن التبييض بالبيروكسيد خفضاً الإنتاج بمقدار 2 في المائة تقريباً، ويُعزى هذا بصورة أساسية إلى وجود القلوية أثناء التبييض والتي تؤدي إلى بعض الإذابة للمواد العضوية المتوفرة في الخشب (وزيادة حمل التلوث). ويحسن التبييض بالبيروكسيد كذلك من قوة اللب وقدرته على امتصاص الماء. وينتج عن عملية التبييض سطوع منخفض في وجود الأيونات المعدنية الثقيلة، ومن ثم تضاف عوامل التثبيت (مثل إيثلين ثنائي الأمين رباعي الخليك EDTA، ثنائي الأثيلين ثلاثي الأمين خماسي الخليك DTAP) غالباً قبل التبييض لتكوين مركبات تحتوي على معادن ثقيلة (على سبيل

(Fourdrinier). ويُرسب طين اللب في نظام فوردينير (Fourdrinier) على سير سلكي متحرك يحمل هذا الطين خلال المراحل الأولى من مراحل التصنيع. ويُزال الماء بواسطة الثقل النوعي وغرف التفريغ وأسطوانات التفريغ الدوارة. ويعاد تدوير هذا الماء الزائد لمرحلة استرجاع الألياف من العملية بسبب محتوى الألياف العالي بها. وبعد ذلك تُضغط أفرخ الورق المستمرة بين مجموعة من الأسطوانات لإزالة مياه أكثر وعصر الألياف.

وبعد الفراغ من عملية الضغط، تدخل أفرخ الورق قسم التجفيف الذي تبدأ فيه ألياف الورق في الارتباط معاً حيث تكبس الأسطوانات المسخنة بالبخار أفرخ الورق. ويجري في عملية تصنيع ورق التقويم ضغط أفرخ الورق بين أسطوانات دوارة ثقيلة لتقليل سمك الورق والحصول على سطح أملس. وتضاف مواد التغطية للورق في هذه المرحلة لتحسين اللمعان والألوان وتفاصيل الطباعة والسطوع. وتستخدم مواد التغطية الأخف في الآلات، بينما تستخدم مواد التغطية الثقيلة بعيداً عن الآلات. وبعد ذلك، يلف منتج الورق للتخزين.

الملحق ب - الإرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة / معايير استخدام الموارد

الجدول 1 (ب) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب -- استخلاص اللب غير المبيض بطريقة الكرافت، المصانع المتكاملة		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
25	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 – 6		الأس الهيدروجيني
1.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعلقة
10	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
0.7	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للأكسجين
0.2	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.02	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (أ) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب - استخلاص اللب المبيض بطريقة الكرافت، المصانع المتكاملة		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
50	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 – 6		الأس الهيدروجيني
1.5	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعلقة
20	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
1	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للأكسجين
0.25	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	AOX
0.2	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.03	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (د) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق استخلاص اللب الميكانيكي الحراري الكيميائي		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
20	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 - 6		الأس الهيدروجيني
1.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعلقة
5	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
1.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للأكسجين ^ب
	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	
0.2	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.01	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (ج) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب بالاستخلاص بالكيريتيت - استخلاص اللب بطريقة الكيريتيت، المصانع المتكاملة وغير المتكاملة		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
55	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 - 6		الأس الهيدروجيني
2.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعلقة
30	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
2.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للأكسجين ^ب
0.005	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	AOX
0.5	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.05	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (و) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب - الألياف المعاد تدويرها، دون إزالة الأحبار، المصانع المتكاملة		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
10	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 - 6		الأس الهيدروجيني
0.15	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعلقة
1.5	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
0.15	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للاكسجين ⁵
0.005	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	AOX
0.05	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.005	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (هـ) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب - استخلاص اللب الميكانيكي، المصانع المتكاملة		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
20	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 - 6		الأس الهيدروجيني
0.5	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعلقة
5.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
0.5	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للاكسجين ⁵
0.01	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	AOX
0.1	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.01	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (ح) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب - مصانع المناديل الورقية من الألياف المعاد تدويرها		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
25	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 - 6		الأس الهيدروجيني
0.4	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعلقة
4.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
0.5	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للأكسجين ⁵
0.005	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	AOX
0.25	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.015	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (ز) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب - الألياف المعاد تدويرها، مع إزالة الأحبار، المصانع المتكاملة		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
15	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 - 6		الأس الهيدروجيني
0.3	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعلقة
4.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
0.2	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للأكسجين ⁵
0.005	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	AOX
0.1	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.01	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (ي) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب - مصانع الورق الفاخر المكسي		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
15	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 – 6		الأس الهيدروجيني
0.4	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعلقة
1.5	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
0.25	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للأكسجين ⁵
0.005	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	AOX
0.2	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.01	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (ط) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب - مصانع الورق الفاخر غير المكسي		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
15	متر مكعب لكل 1000 كغم من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 – 6		الأس الهيدروجيني
0.4	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كغم من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعلقة
2.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كغم من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
0.25	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كغم من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للأكسجين ⁵
0.005	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كغم من اللب المجفف في الهواء	AOX
0.2	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كغم من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.01	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كغم من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (ل) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب - إعداد الألياف، المواد غير الخشبية		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
50	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 - 6		الأس الهيدروجيني
2.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعقمة
30	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
2.0	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للاكسجين ⁵
0.5	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.05	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

الجدول 1 (ك) - إرشادات النفايات السائلة الخاصة بمرافق الورق واللب - مصانع المناويل الورقية		
القيمة الإرشادية	الوحدة	المؤشر
25 ك	متر مكعب لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	التدفق ^أ
9 - 6		الأس الهيدروجيني
0.4	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	مجموع المواد الصلبة المعقمة
1.5	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الكيميائية للأكسجين
0.4	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	الحاجة الحيوية الكيميائية للاكسجين ⁵
0.01	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	AOX
0.25	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي N
0.015	كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء	إجمالي P

المصادر: European Commission. 2001. *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. December 2001; and U.S. EPA Effluent Guidelines for the Pulp, Paper, and Paperboard Point Source Category, 40 CFR Part 430.*

ملاحظات:

kg/ADt = كيلوغرام من الملوثات لكل 1000 كيلوغرام من اللب المجفف في الهواء
أ تصرف مياه التبريد والمياه النظيفة الأخرى بصورة منفصلة ولا يتم الجمع بينهما.
ب يجب إضافة أي تصريف للنيتروجين مرتبط باستخدام عوامل التعقيد لشكل إجمالي النيتروجين.
ج نظراً لوجود رقم كايا أعلى بعد الطبخ بعملية الماجنيت (عملية استخلاص اللب بطريقة كبريتيت الماغنسيوم القاعدية)، يبلغ المستوى المرتبط بأفضل الأساليب الفنية 35 كيلوغرام COD/ADt (الحاجة الكيميائية للأكسجين/طن من اللب المجفف في الهواء).
د لا تتضمن مياه العمليات الناتجة عن مصنع الأوراق في مصانع استخلاص اللب المتكاملة بطريقة الكبريتيت.

المصادر: *European Commission. 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. December 2001; and U.S. EPA National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants For Source Categories, 40 CFR Part 63.*

ملاحظات:

TSP = إجمالي الجسيمات المعلقة

SO₂ = ثاني أكسيد الكبريت

S = الكبريت

NO₂ = ثاني أكسيد النيتروجين

N = النيتروجين

TRS = مجموع المركبات الكبريتية المختزلة

kg/ADt = كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام

من اللب المجفف في الهواء

الجدول 2 - إرشادات الانبعاثات الخاصة بمرافق الورق ولب

القيمة الإرشادية	الوحدة	نوع المصنع	المؤشر
0.5	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الكرافت، مع التبييض	إجمالي الجسيمات المعلقة
0.5	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الكرافت، بلا تبييض - المصانع المتكاملة	
0.15	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الاستخلاص بالكبريتيت، المصانع المتكاملة وغير المتكاملة	
0.4	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الكرافت، مع التبييض	ثاني أكسيد الكربون SO ₂ و S
0.4	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الكرافت، بلا تبييض - المصانع المتكاملة	
1.0	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الاستخلاص بالكبريتيت، المصانع المتكاملة وغير المتكاملة	
1.5 للب الأخشاب الصلبة 2.0 للب الأخشاب المرنة	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الكرافت، مع التبييض	NO _x ثاني أكسيد النيتروجين NO ₂
1.5 للب الأخشاب الصلبة 2.0 للب الأخشاب المرنة	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الكرافت، بلا تبييض - المصانع المتكاملة	
2.0	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الاستخلاص بالكبريتيت، المصانع المتكاملة وغير المتكاملة	
0.2	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الكرافت، مع التبييض	TRS كبريت S
0.2	كيلو غرام من الملوثات لكل 1000 كيلو غرام من اللب المجفف في الهواء	الكرافت، بلا تبييض - المصانع المتكاملة	

المصدر: *European Commission. 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. December 2001*

ملاحظات:

- أ- لم يتم الإعلام بشكل عام بأن مياه التبريد النظيفة هي جزء من استهلاك المياه.
- ب- من المحتمل أن تتضمن الكميات المقررة الأكبر من 50 م³/طن تقريباً مياه التبريد.
- ج- تبلغ نسبة الطاقة القابلة للاسترجاع كمياه ساخنة 20% تقريباً.
- د- تبلغ نسبة الطاقة القابلة للاسترجاع كمياه ساخنة 20% تقريباً ويمكن استرجاع 40-45% تقريباً من الطاقة كبخار.
- هـ - يعتمد استهلاك المياه في مصانع المناديل الورقية إلى حد بعيد على ظروف العملية (على سبيل المثال سرعة الآلات) والمنتج (على سبيل المثال وزن الأساس). ونظراً لانخفاض وزن أساس المنتج، يمكن أن يكون معدل استهلاك المياه لكل طن من المنتج أعلى للأنواع الأخرى من مصانع الورق.
- و- للمناديل الورقية المعتمدة على الألياف المعاد تدويرها، بما في ذلك معالجة الألياف المعاد تدويرها
- ز- قد تتضمن المياه المستخدمة في تصنيع اللب
- ح- تتضمن المياه المستخدمة في تصنيع اللب.
- ط- تعد مصانع استخلاص اللب بطريقة الكرافت الحديثة المزودة بعملية التبييض شبكة من مصدري الكهرباء، حيث يتولد عنها نموذجياً 30% تقريباً من الكهرباء بصورة أكبر مما تستهلكه عن طريق حرق السائل الأسود وقشور الأشجار.

الجدول 3 - استهلاك المياه والطاقة			
النطاقات المقررة			نوع المصنع
استهلاك الكهرباء (كيلو واط ساعة/طن)	استهلاك الحرارة (غيغا جول/طن (ن))	استهلاك المياه (م ³ /طن)	
600 - 800	10 - 14	100 - 20	الاستخلاص بطريقة كرافت، مع التبييض
		100 - 40	استخلاص اللب بطريقة الكبريتيت (قاعدة المغنسيوم)
1100 - 2200		15 - 5	استخلاص اللب الميكانيكي - الخشب الأرضي
1800 - 3600		10 - 4	استخلاص اللب الميكانيكي - استخلاص اللب الميكانيكي الحراري
1000 - 4300		50 - 15	استخلاص اللب الميكانيكي - استخلاص اللب الميكانيكي الحراري الكيميائي
		10 - 2	مصانع الورق المسترجع - علب الكرتون المطوية غير المكسية
		15 - 7	مصانع الورق المسترجع - علب الكرتون المطوية المكسية
		10 - 1.5	مصانع الورق المسترجع - ورق التغليف والورق الوسطي المضطع
		20 - 10	مصانع الورق المسترجع - ورق الصحف
		100 - 5	مصانع الورق المسترجع - المناديل الورقية
		20 - 7	مصانع الورق المسترجع - ورق الطباعة والكتابة
500 - 3000		50 - 10	مصانع الورق - المناديل الورقية
500 - 650		40 - 5	مصانع الورق - ورق الطباعة والكتابة، غير المكسي
900 - 650		50 - 5	مصانع الورق - ورق الطباعة والكتابة، المكسي
550 - 680		20 - 0	مصانع الورق - الورق المقوى
		300 - 10	مصانع الورق - الورق المميز