

4. Wytwarzanie mas mechanicznych i chemomechanicznych

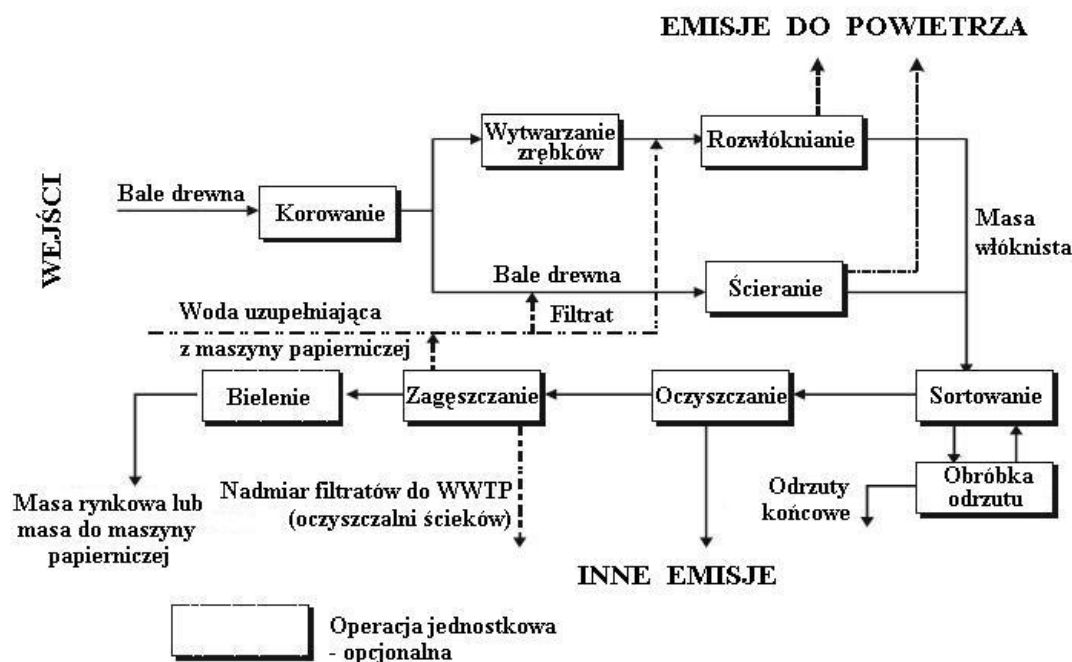
W procesie wytwarzania mas włóknistych włókna drzewne oddzielane są wzajemnie od siebie metodami mechanicznymi. Wpływa na to poddanie matrycy drzewnej działaniu energii mechanicznej, która powoduje stopniowe rozrywanie wiązań pomiędzy włóknami i ich uwalnianie. W efekcie powstaje mieszanka pojedynczych włókien i ich fragmentów oraz pęczków włókien, która nadaje masie mechanicznej dobre właściwości drukowe. Celem procesu roztwarzania mechanicznego jest zachowanie głównej części ligniny i tym samym zapewnienie wysokiej wydajności przy dopuszczalnym poziomie właściwości wytrzymałościowych i białości. Masy mechaniczne posiadają niską odporność na starzenie, czego skutkiem jest ich tendencja do żółknięcia.

Główne procesy i techniki, to: proces wytwarzaniu ścieru klasycznego (Stone Groundwood Pulping – SGW), proces wytwarzania ścieru ciśnieniowego (Pressure Groundwood Pulping – PGW) i proces wytwarzania masy termomechanicznej (Thermo-Mechanical Pulping – TMP) lub chemotermomechanicznej (Chemi-Thermo-Mechanical Pulping – CTMP). Podstawowe surowce, wydajności z drewna i zastosowania mas zestawiono w tabeli 4.1.

Proces wytwarzania	Surowce	Wydajność z drewna	Typowe zastosowania
Ścier drzewny	Świerk i jodła (drewno iglaste)	95-97 %	Papiery drukowe i do pisania oraz papiery gazetowe
TMP	Świerk i jodła (drewno iglaste)	93-95 %	Papiery drukowe i do pisania oraz papiery gazetowe
CTMP	Głównie świerk, ale również osika i buk, NaOH, SO ₂ i H ₂ O ₂	90-94 %	Papiery drukowe i do pisania, tissue i tektury opakowaniowe

Tabela 4.1: Podstawowe surowce, wydajności i zastosowania mas mechanicznych

Rysunek 4.1 przedstawia główne stadia w procesach wytwarzania mas mechanicznych.



Rysunek 4.1: Główne stadia w procesach wytwarzania mas mechanicznych

[Nota Techniczna IPR 6/9]

Do wytwarzania mas mechanicznych stosowane są dwa główne procesy. W procesie ścierania, przy ciśnieniu atmosferycznym (SGW) i podwyższonym (PGW), bale drewna są dociskane do obracającego się kamienia ścieraka z jednoczesnym dodawaniem wody. Masy mechaniczne rafinerowe (Refiner Mechanical Pulps = RMP, Thermo-Mechanical Pulps = TMP) wytwarza się poprzez rozwłóknianie zrębków drzewnych pomiędzy tarczami rafinerów (młynów). Elementy powodujące oddziaływanie mechaniczne – ziarna w kamieniu ścieraka i krawędzie występów- noży na stalowych tarczach w młynie sprawiają, że wytworzone masy stanowią typową mieszaninę włókien i ich fragmentów. Ścier drzewny posiada wyższy niż masy rafinerowe udział frakcji drobnej i uszkodzonych włókien, co nadaje mu dobre własności optyczne, a wytworzone z niego papiery posiadają dobre właściwości powierzchniowe. Łagodniejsza obróbka w młynach (rafinerach) owocuje wyższą wydajnością nienaruszonych długich włókien, które nadają masie wyższą wytrzymałość, co w przypadku produktów o wysokich wymaganiach pod względem ich przerobu stanowi cenną właściwość.

Na właściwości masy można wpływać poprzez zwiększanie temperatury i, w przypadku rozwłókniania zrębków, wprowadzanie ich obróbki chemicznej. Oba te rozwiązania przyczyniają się zarówno do zwiększenia zużycia energii, jak i poziomu powstających zanieczyszczeń - w wyniku obniżenia wydajności. Proces wytwarzania mas chemotermomechanicznych (CTMP), w którym drewno jest wstępnie zmiękczone za pomocą chemikaliów, generalnie zalicza się do metody roztwarzania mechanicznego, ponieważ chemikalia dodane przed stadium obróbki mechanicznej tylko zmiękczą ligninę nie rozpuszczając jej w pełni tak, jak to ma miejsce w prawdziwym procesie roztwarzania chemicznego.

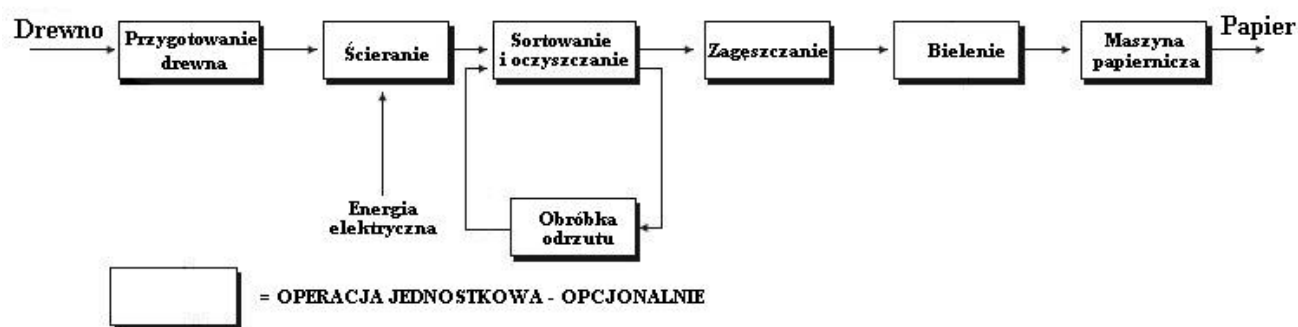
Większość procesów technologicznych wytwarzania mas mechanicznych jest zintegrowana z procesami wytwarzania papieru. Masa mechaniczna jest typowym składnikiem masy papierniczej dodawanym w celu zwiększenia nieprzezroczystości papieru.

4.1 Stosowane procesy i techniki

4.1.1 Wytwarzanie ścieru drzewnego

Proces produkcji ścieru obejmuje główną linię wytwarzania masy włóknistej, obróbkę odrzutu i instalacje pomocnicze. Te ostatnie służą, np. do magazynowania chemikaliów czy wytwarzania pary wodnej i energii elektrycznej.

Główne procesy jednostkowe w wytwarzaniu ścieru pokazano na rysunku 4.2 [Konfederacja Przemysłu Papierniczego w Europie (CEPI), 1997b]. Wytwórnice ścieru są w praktyce zawsze zintegrowane z papiernią, a zatem zwykle masa nie jest suszona na maszynach suszących.



Rysunek 4.2: Proces wytwarzania ścieru drzewnego

4.1.1.1 Przygotowanie drewna

Bale drewna, potrzebne do wytwarzania ścieru, pozyskiwane są z trzebieży lasów i zwykle mają średnicę 10-20 cm. Kiedy przechowuje się drewno na masy mechaniczne, należy zapobiegać jego wysuszeniu poprzez, np. składowanie w wodzie lub zraszanie stosów (sągów). Może to wymagać instalowania na placu drzewnym układów gromadzenia wód w celu uniknięcia odprowadzania do ziemi substancji organicznych określanych wspólnie jako ChZT (chemiczne zapotrzebowanie tlenu) oraz substancji toksycznych. Przed przystąpieniem do przerobu drewno musi zostać okorowane. Zwykle odbywa się to w bębnach poprzez kontakt toczących się kłoców drewna i wody. Woda w procesie korowania służy często do odładzania i mycia drewna w bębnie korującym.

4.1.1.2 Ścieranie

Początkowe rozwłóknianie na ścieraku zachodzi w wyniku dociskania kłoców drewna do specjalnego, obracającego się kamienia ścierającego, przy ułożeniu włókien drzewnych równoległe do jego osi. W wyniku tego powstaje masa o stężeniu około 2 %. Z reguły stosowane są kamienie typu ceramicznego, wymagające okresowego ostrzenia.

Większość energii włożonej w proces ścierania zostaje przekształcona w ciepło. Pod jego wpływem, w obecności wystarczającej ilości wody, następuje zmiękczenie surowca, rozluźnienie wiązań ligninowych i uwolnienie włókien. Kamienie ścieraków chłodzone są wodą doprowadzaną za pośrednictwem natrysków. Woda służy także do rozdzielania włókien i ich transportowania do kolejnego stadium procesu. A zatem dostępność wody (rozproszenie ciepła i zmniejszenie tarcia włókien) ma podstawowe znaczenie w procesie wytwarzania ścieru. Ważnym parametrem procesu produkcji ścieru drzewnego jest jednostkowe zużycie energii (kWh/t), np. wzrost tego zużycia wiąże się zawsze z lepszymi właściwościami wytrzymałościowymi, ale również z niższą zdolnością odwadniania (odwadnialnością).

Fakt, że masy mechaniczne rafinerowe, szczególnie TMP, odznaczają się lepszymi niż ścier konwencjonalny właściwościami wytrzymałościowymi, wymusił, ze względów konkurencyjnych, dalszy rozwój procesu ścierania metodą konwencjonalną. Opracowano metodę wytwarzania ścieru ciśnieniowego (PGW), w której proces ścierania odbywa się pod zwiększonym ciśnieniem (do około 3 barów). Pozwala to prowadzić proces w temperaturach wody obiegujowej - 95°C i w wannie ścieraka - 125°C.

Intensywniejsze w tych temperaturach mięknienie ligniny powoduje poprawę jakości ścieru (wyższą wytrzymałość), ale też znacznie podnosi wymagania techniczne i finansowe. Podczas rozprężania masy generowana jest para wodna o niskim ciśnieniu. Używana jest ona głównie do wytwarzania ciepłej wody technologicznej. Inną stosunkowo niedrogą metodą poprawy jakości

ścieru drzewnego jest metoda ścierania na ciepło (TGW – thermogrinding process). W tym procesie są mniejsze straty ciepła powstające na skutek odparowania w strefie ścierania, a temperaturę można optymalizować bez stosowania nadciśnienia jedynie za pomocą regulatorów stabilności.

4.1.1.3 Sortowanie i oczyszczanie

Wszystkie masy mechaniczne zawierają składniki niepożądane, takie jak: duże, niewystarczająco rozwłóknione fragmenty (np. odrzuty z sortowania) i drzazgi zawierające wiele pęczków włókien. Drzazgi muszą być usunięte, ponieważ obniżają wytrzymałość i jakość drukową papieru.

Instalacja sortowania składa się z różnych stopni mających za zadanie zmniejszyć obciążenie następnych instalacji i odzyskać większość przydatnych składników zawartych w odrzutach. Wyszortowanie odrzutu jest zadaniem łatwym, ale usunięcie drzazg wymaga bardziej skomplikowanych technik. Zawartość drzazg w niesortowanej masie mechanicznej może sięgać 5 % w zależności od metody wytwarzania. Celem sortowania jest usunięcie maksymalnej ilości drzazg przy jednoczesnym minimalnym odrzuceniu wartościowych długich włókien.

Odrzuty z sortowania (odsorty) usuwane są z głównego strumienia masy za pomocą wibrujących płaskich sit wyposażonych w płyty perforowane. Do rozdrabniania odrzutu stosuje się młyny bijakowe lub rozwłókniacze wirowe. Zatrzymane grube drzazgi dodawane są zwykle do odrzutów z układu sortowania drobnego, po czym następuje ich oddzielenie na drodze filtracji w sortownikach ciśnieniowych, zatrzymujących drzazgi o pewnej wielkości, w zależności od wymagań dla danego rodzaju papieru.

Proces sortowania odbywa się przy wysokich rozcieńczeniach (poniżej 1 % suchej substancji). Po sortowaniu drobnym następuje oddzielenie włókien od innych cząstek różniących się ciężarem właściwym w sortownikach wirowych bezsitowych (centriklinery). Odrzuty z ostatniego stopnia sortowania poddaje się zagęszczaniu i obróbce w urządzeniach specjalnie do tego przeznaczonych, np. w młynach do odrzutu, po czym zawraca się je do układu sortowania (sortowniki drugiego stopnia i centriklinery). Masa przyjęta w stopniach obróbki odrzutu może być zawrócona do głównej linii masy. Odrzuty końcowe są odprowadzane z procesu jako odpady stałe. W zależności od sposobu obróbki odrzutów zawartość w nich suchej substancji może wahać się pomiędzy 5 % i 30 % [Konfederacja Przemysłu Papierniczego w Europie (CEPI), 1997b]. Wielkość odrzutu z sortowania może sięgać 30% masy wejściowej, a zapotrzebowanie na energię na sortowanie, zagęszczanie i mielenie w przypadku ścieru jest znaczne (do około 25 % całkowitej energii).

Przesortowana i oczyszczona masa mechaniczna poddawana jest zagęszczaniu na filtrach tarczowych lub bębnach zagęszczających i magazynowana w zbiornikach, i wieżach magazynowych.

4.1.2 Masy mechaniczne rafinerowe

Cel procesu rafinowania (rozwłókniania) jest taki sam, jak procesu ścierania przy wytwarzaniu ścieru drzewnego, tj. rozluźnienie wiązań ligninowych i fibrylacja włókien drzewnych.

W procesie wytwarzania mas mechanicznych rafinerowych zrębki poddawane są rozwłóknianiu (rafinowaniu) w młynie pomiędzy stalowymi tarczami, wyposażonymi w kształtki żłobkowane (noże). W zależności od wymaganej jakości masy rozwłóknianie może być powtarzane w drugim, a czasami nawet w trzecim stopniu. Siły wywierane przez noże powodują rozpadanie się zrębków na pęki włókien, pojedyncze włókna i ich fragmenty. Podczas dalszej obróbki następuje również modyfikacja ścian pojedynczych włókien. Większość włożonej energii (praca tarcia) zamienia się w ciepło, które uwalnia część wilgoci ze zrębków. Aby zapobiec zapłonowi drewna w strefie rozwłókniania, konieczne jest dodawanie wody chłodzącej (rozcieńczającej). Młyny

pracują zazwyczaj przy wysokim stężeniu (25-50 %). Duża ilość pary wodnej, uwalnianej w procesie rozwłókniania, gromadzi się zwykle w układzie rekuperacji ciepła i zostaje przeznaczona do dalszego wykorzystania.

W pierwotnym procesie wytwarzania masy rafinerowej (RMP), mało dzisiaj stosowanym, zrębki poddawano rozwłóknianiu przy ciśnieniu atmosferycznym. Z powodu niskiej temperatury powstawała duża ilość uszkodzonych włókien, ale własności optyczne masy RMP były względnie dobre. W celu poprawy jakości masy wprowadzono modyfikacje procesu służące zmiękczeniu drewna w strefie rozwłókniania. Polegają one na wstępnym podgrzewaniu zrębków (TRMP) lub utrzymywaniu zwiększonego ciśnienia w młynie (PRMP). Te procesy pozwalają wytworzyć masy o nieco wyższej wytrzymałości i zmniejszonej ilości drzazg przy prawie niezmiennym poziomie własności optycznych.

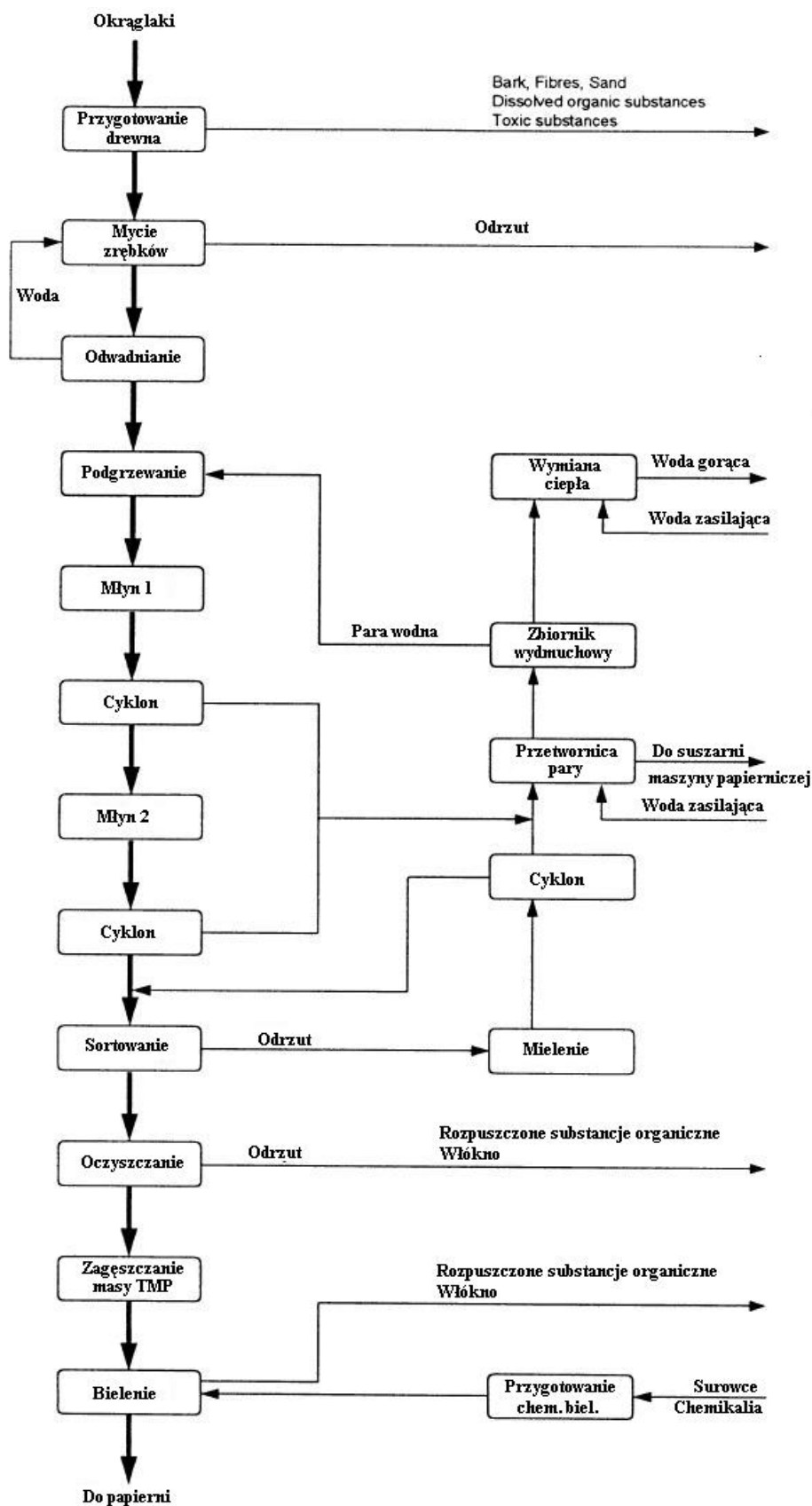
Znacznie lepszą poprawę własności wytrzymałościowych i redukcję zawartości drzazg uzyskuje się w procesie TMP (4.1.2.1), w którym zrębki poddawane są zarówno ogrzewaniu, jak i rozwłóknianiu pod zwiększonym ciśnieniem.

Zmiękczenie drewna wzmaga się również w wyniku łagodnej, wstępnej obróbki zrębków chemikaliami, co także polepsza właściwości masy uzyskanej poprzez rozwłóknianie przy ciśnieniu atmosferycznym (CRMP) lub przy nadciśnieniu (CTMP, 4.1.2.2).

Ostrzejsza obróbka chemiczna i rozwłóknianie przy ciśnieniu atmosferycznym pozwalają uzyskać masy o wysokiej wytrzymałości zarówno z drewna iglastego, jak i liściastego. Te masy mechaniczne (CMP) są porównywalne z masami półchemicznymi.

4.1.2.1 Wytwarzanie mas termomechanicznych (TMP)

Proces technologiczny wytwarzania mas termomechanicznych składa się z linii produkcji masy i z układów pomocniczych, np. obróbki odrzutu, magazynowania niektórych chemikaliów czy wytwarzania energii. Główne procesy jednostkowe w procesie wytwarzania TMP przedstawiono na rysunku 4.3.



Rysunek 4.3: Schemat procesu wytwarzania TMP i związanych z nim emisji [SEPA-report 4713-2, 1997 - raport SEPA 4713-2, 1997]

Poniżej szczegółowiej opisano jedynie te główne procesy jednostkowe, które odróżniają proces wytwarzania TMP, z punktu widzenia wpływu na środowisko, od procesów stosowanych w produkcji ścieru. Sortowanie, oczyszczanie, obróbkę odrzutu, zagęszczanie i bielenie mas mechanicznych opisano w odpowiednich fragmentach podrozdziałów: 4.1.1 i 4.1.3.

W procesie wytwarzania TMP wymyte i przesortowane zrębki poddawane są wstępnej obróbce termicznej, a ich rozdrabnianie i rozwłóknianie prowadzi się w młynach tarczowych pod zwiększonym ciśnieniem.

Pewną ilość drewna mogą stanowić zrębki dostarczane z tartaków. Zarówno zrębki tartaczne, jak i inne, pochodzące z zewnątrz, wymagają jedynie sortowania i magazynowania. W przypadku dostaw nieokorowanych okrągłaków muszą one zostać okorowane i porąbane na zrębki. Zrębki przeznaczone do produkcji masy mechanicznej nie mogą zawierać kamieni, piasku, części metalowych i innych twardych zanieczyszczeń, które mogą powodować zdzieranie lub niszczenie tarcz młynów. Dlatego w większości przypadków, w celu usunięcia zanieczyszczeń, poddaje się je myciu. Woda z mycia zrębków odprowadzana jest w charakterze ścieków.

Umyte zrębki poddawane są wstępnemu ogrzewaniu parą wodną, a następnie rozwłókniane albo w układzie jednostopniowym, w podwyższonej temperaturze i ciśnieniu, albo w układzie dwustopniowym, w którym po stopniu pierwszym następuje drugi stopień rozwłókniania przy ciśnieniu zwiększonym lub atmosferycznym. Rozwłóknianie odrzutów z sortowania odbywa się często w młynach drugiego stopnia. Część substancji organicznych drewna rozpuszcza się w wodzie i jest odprowadzana z procesu zarówno z wytwórni masy mechanicznej, jak i z papierni.

Znaczna część stosunkowo dużej ilości energii elektrycznej zużywanej w procesie rozwłókniania zrębków jest przetwarzana w ciepło w postaci pary wodnej, która pochodzi z odparowania wilgoci zawartej w zrębkach i wody rozcieńczającej w młynach. W wielu fabrykach, ze względu na konieczność utrzymywania podwyższonego ciśnienia (nadciśnienie do 5 barów), można odzyskiwać generowaną parę wodną, oczyszczoną w wymienniku ciepła, z przeznaczeniem do dalszego użytku, np. do suszenia papieru. Część energii z uwolnionej pary wodnej można odzyskiwać również w postaci gorącej wody. Masa uzyskana w wyniku rozwłókniania zrębów poddawana jest rozcieńczaniu, sortowaniu i oczyszczaniu. Po przesortowaniu następuje jej odwadnianie. Masa o wysokim stężeniu jest przechowywana w wielkich wieżach magazynowych. Zwiększony stopień wykorzystania energii mechanicznej zamiast zastosowania chemicznego rozpuszczania powoduje wyraźnie większą fragmentację włókien i powstawanie frakcji drobnej. Ważne znaczenie wody w procesach wytwarzania mas mechanicznych sugeruje, że bardziej przydatnym surowcem jest świeże drewno. Drewno podczas przechowywania należy chronić przed wysychaniem, np. poprzez składowanie w wodzie lub przez zraszanie stosów. Może to wymagać instalowania na placu drzewnym układów gromadzenia wód odpływowych w celu uniknięcia odprowadzania substancji organicznych określanych wspólnie jako ChZT (chemiczne zapotrzebowanie tlenu) oraz substancji toksycznych. Wykorzystywanie zrębków w procesach wytwarzania mas mechanicznych w młynach czyni te metody nieco bardziej uniwersalnymi z punktu widzenia zaopatrzenia w surowiec.

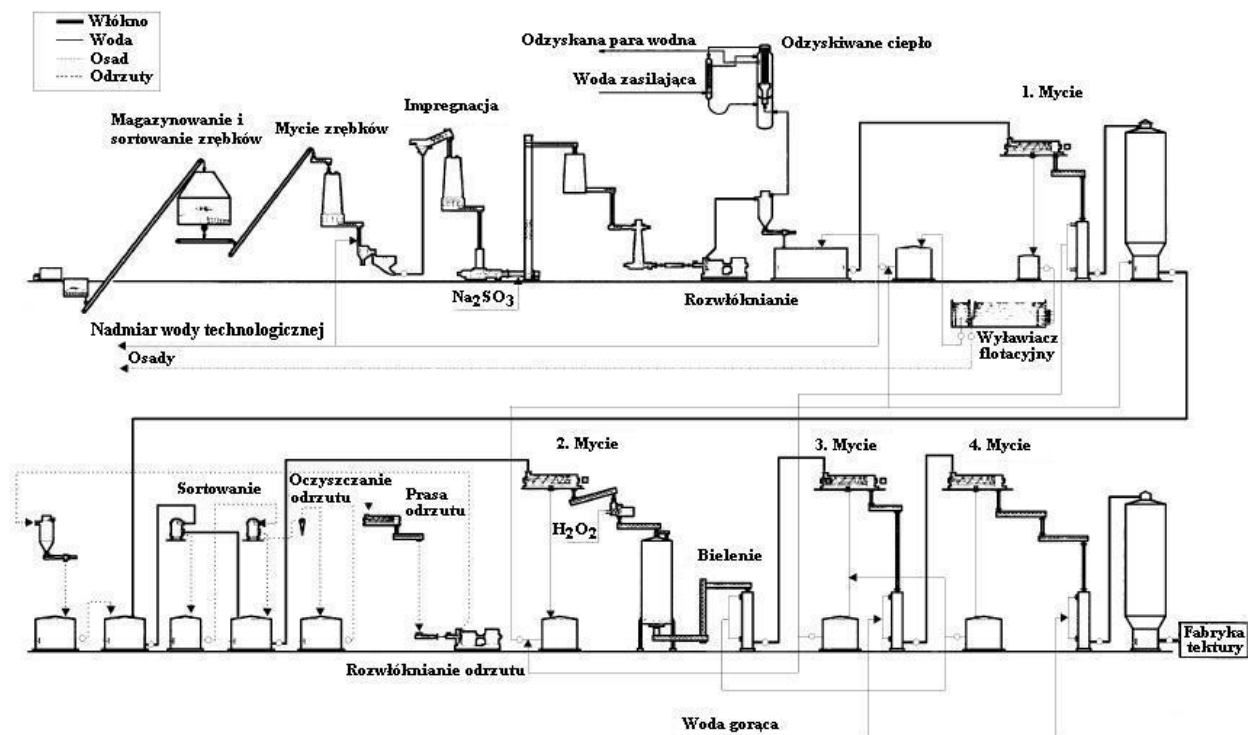
Ponieważ straty drewna podczas wytwarzania TMP są bardzo niskie, a większość surowca drzewnego przetwarzana jest na masę włóknistą, wartość opała ścieków z wytwórni TMP jest zbyt niska, aby poddawać je regeneracji w taki sam sposób, jak ługi powarzelne w celulozowni (ług czarny). Oznacza to konieczność oczyszczania ścieków poza fabryką produkującą TMP.

Ze względu na możliwość ponownego wykorzystania ciepła z młynów do produkcji pary wodnej i efektywniejszego zużycia energii, TMP jest prawie zawsze wytwarzane w powiązaniu z produkcją papieru. Dlatego TMP zazwyczaj nie poddaje się suszeniu na maszynach suszących.

4.1.2.2 Wytwarzanie mas chemomechanicznych

Ze względu na dużą łatwość nasycania zrębów na znaczeniu zyskuje dodatek chemikaliów w procesie rozwłókniania. Łagodna obróbka chemiczna zrębków wzmaga mięknięcie drewna i poprawia właściwości masy wytwarzanej poprzez rozwłóknianie przy ciśnieniu atmosferycznym (CRMP) i podwyższonym (CTMP). Ten ostatni wariant łączy w sobie proces TMP i operację sulfonowania zrębków. W większości przypadków wstępna obróbka chemiczna powoduje uwalnianie substancji zanieczyszczających środowisko będących konsekwencją obniżenia wydajności. W odniesieniu do różnych gatunków drewna stosuje się różne rodzaje obróbki, a właściwości CTMP można zmieniać w szerokim zakresie poprzez zmianę ilości i rodzaju chemikaliów. Proces chemomechaniczny pozwala uzyskiwać czyste masy włókniste o wystarczającej wytrzymałości i akceptowalnych własnościach optycznych. Można je stosować jako główny składnik włóknisty mas papierniczych do wyrobu papierów drukowych, tektur opakowaniowych i papierów higienicznych.

Proces wytwarzania mas chemomechanicznych składa się z linii produkcji masy i oddziałów pomocniczych, np. obróbki odrzutu, magazynowania niektórych chemikaliów czy wytwarzania energii. Główne procesy jednostkowe w procesie wytwarzania CTMP przedstawiono na rysunku 4.4.



Rysunek 4.4: Schemat procesu wytwarzania CTMP
[Za zgodą fińskiej fabryki, 1998]

Proces CTMP łączy w sobie proces TMP i operację impregnacji zrębków chemikaliami. Poniżej opisano tylko te główne operacje jednostkowe, które odróżniają go od procesu TMP. Sortowanie, oczyszczanie, obróbkę odrzutu, zagęszczanie i bielienie mas mechanicznych opisano w odpowiednich fragmentach podrozdziałów 4.1.1 i 4.1.3.

Po operacjach korowania i rąbania drewna oraz mycia, i sortowania zrębków, następuje ich impregnacja. Odbywa się to w kolumnie impregnacyjnej (impregnatorka), gdzie zrębki są zanurzone w alkalicznym roztworze chemikaliów. Do drewna iglastego stosuje się najczęściej siarczyn sodu (Na_2SO_3), a do drewna liściastego ostatnio przede wszystkim nadtlenek w środowisku alkalicznym. Po zaimpregnowaniu zrębki są podgrzewane, a ich temperatura wzrasta dalej w 1-2 stopniowym układzie młynów (obrotowe tarcze mielące) powodując rozluźnianie wiązań ligninowych i uwalnianie włókien. To, co powstaje w wyniku procesu CTMP miesza się z wodą obiegową, która jest używana także do rozdzielania włókien i ich transportowania do następnych stadiów procesu.

Efektem modyfikacji procesu CTMP jest proces CMP. Zarówno z drewna iglastego, jak i liściastego, w wyniku obróbki silniejszymi chemikaliami i rozwłóknienia przy ciśnieniu atmosferycznym, można uzyskać masy o wysokiej wytrzymałości. Zaimpregnowane zrębki poddaje się gotowaniu w temperaturach 70-170°C. Czas gotowania zależy od stosowanej technologii i może wynosić od 15 minut do paru godzin. Różne rodzaje drewna poddawane są różnego rodzaju obróbce. Pogarszają się gwałtownie właściwości optyczne, a wydajność spada do wartości poniżej 90 %.

Zarówno wzrost temperatury podczas rozwłóknienia, jak i stosowanie chemikaliów (obróbka alkaliczna) przyczyniają się do wzrostu ilości substancji zanieczyszczających środowisko, ponieważ obniża się wydajność. W większości przypadków wstępna obróbka chemiczna zwiększa zużycie energii. Znacznemu pogorszeniu ulegają własności optyczne, dlatego masa CMP może stanowić tylko niewielką część wsadu włóknistego w masie papierniczej przeznaczonej do produkcji papierów drukowych.

Ze względu na możliwość ponownego wykorzystania ciepła z młynów do produkcji pary wodnej, i tym samym efektywnego wykorzystania energii, produkcja CTMP często jest zintegrowana z produkcją papieru lub tektury. Czasami jednak CTMP jest wytwarzane jako masa rynkowa i wtedy zostaje poddane suszeniu w suszarkach rozpyłowych do zawartości suchej substancji 90%.

4.1.3 Bielenie mas mechanicznych

Coraz bardziej powszechne, wraz ze wzrostem popytu na papiery i tektury o wysokiej białości, staje się bielenie mas mechanicznych. Proces bielenia mas mechanicznych zasadniczo różni się od bielenia mas celulozowych, ponieważ bazuje na metodach oszczędzających ligninę, a nie na metodach prowadzących do jej usuwania. Celem bielenia mas mechanicznych jest przekształcenie grup chromoforowych polimerów ligninowych w postać bezbarwną. Dlatego w wyniku bielenia, wzrasta pierwotna białość masy, a straty substancji suchej i całkowita wydajność są minimalne. Jest to efekt nietrwały, z biegiem czasu obserwuje się pewien stopień żółknięcia papieru. Dlatego do produkcji papierów gazetowych i na czasopisma masy mechaniczne są bardziej przydatne niż do papierów przeznaczonych na książki i dokumenty. W zależności od wymaganej końcowej białości masy bielenie oszczędzające ligninę prowadzi się w 1-2 stopniach. Stopnie bielenia różnią się stosowanymi środkami bielącymi.

Bielenie redukujące z użyciem podsiarczynu sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)

Materiał organiczny zawarty w masie nie ulega rozpuszczeniu w procesie bielenia za pomocą podsiarczynu sodu (symbol: S). Przy typowym zużyciu podsiarczynu, wynoszącym 8 do 12 kg na tonę masy, efektem tej metody są minimalne straty wydajności i wzrost białości, który sięga 12 jednostek od początkowego poziomu 58-70% ISO do około 70-76% ISO [raport końcowy. BAT, 1997]. Pożądaną prędkość przebiegu procesu bielenia uzyskuje się przy pH w zakresie 5,6

– 6,5 i w temperaturze sięgającej 70°C. Obecny w masie resztkowy podsiarczyn może powodować korozję metalowych elementów w dalszej części procesu produkcyjnego. Aby zapobiec degradacji podsiarczynu w większości fabryk stosuje się środki chelatujące (np. EDTA, DTPA). W konwencjonalnym procesie bielenia za pomocą podsiarczynu stężenie masy wynosi 3-5%. Zastosowanie pomp do masy o średnim stężeniu umożliwiło efektywniejsze prowadzenie procesu bielenia przy stężeniu 10-12%.

Bielenie utleniające z użyciem nadtlenu wodoru (H₂O₂)

W procesie bielenia nadtlenkiem (symbol: P) spadek wydajności wynosi około 2%, głównie z powodu obecności alkaliów, które powodują rozpuszczanie substancji organicznych zawartych w drewnie (i wzrost ładunku zanieczyszczeń).

Bielenie nadtlenkiem wpływa na właściwości masy – poza wzrostem białości poprawiają się właściwości wytrzymałościowe, zmniejsza się zawartość substancji ekstrakcyjnych i wzrasta zdolność absorpcji wody. Stosując maksymalną ekonomicznie dawkę nadtlenu można uzyskać wzrost białości sięgający 20 jednostek; do 78-84% ISO [raport końcowy BAT, 1997]. W obecności metali ciężkich następuje pogorszenie efektu bielenia. W związku z tym, przed bieleniem, dodaje się środki chelatujące (np. EDTA, DTPA) tworzące związki kompleksowe z metalami ciężkimi (Fe, Mn, Cu, Cr), które zapobiegają żółknięciu masy i rozkładowi nadtlenu. EDTA i DTPA zawierają azot, który pojawia się w ściekach. Efektywnym sposobem zmniejszenia zawartości metali ciężkich w masie i zredukowania wymaganej dawki środków chelatujących, jak również podniesienia skuteczności nadtlenu, jest włączenie stopnia mycia masy przed bieleniem. Kończącym stopniem procesu jest zakwaszanie bielonej masy za pomocą dodatku kwasu siarkowego lub dwutlenku siarki, do pH 5-6.

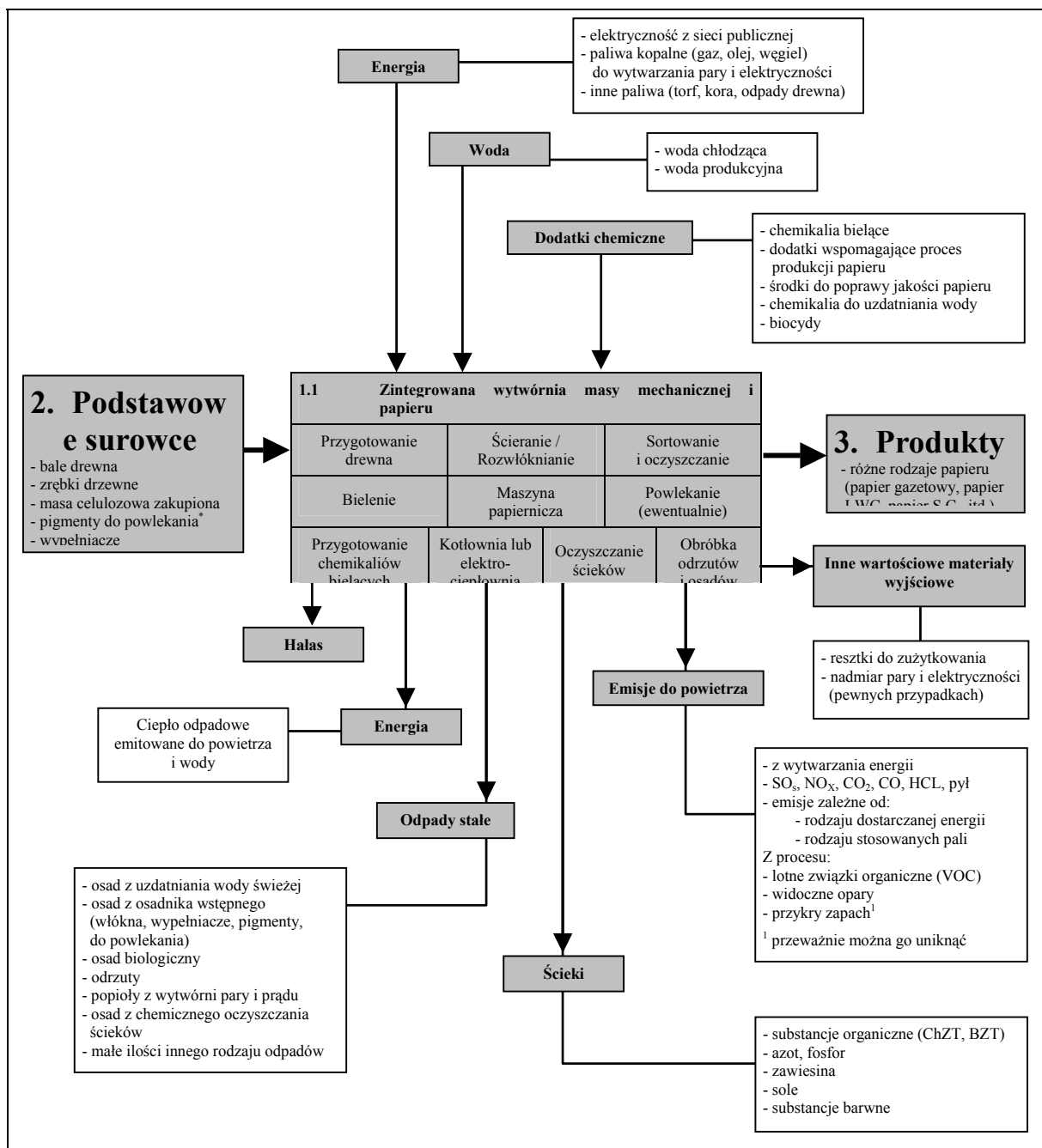
Nowoczesny proces bielenia nadtlenkiem odbywa się przy stężeniach 25-35%.

Opisane powyżej dwie metody bielenia stosowane są również w kombinacji w jednym procesie. Masy bielone nadtlenkiem posiadają wyższą końcową białość niż masy bielone podsiarczynem, ale niższą nieprzezroczystość. Możliwa do uzyskania białość masy zależy od jej białości początkowej, która z kolei zależy od surowca i technologii wytwarzania. Ważne znaczenie ma tu nie tylko rodzaj użytego drewna, ale także poziom zaatakowania zgnilizną.

4.2 Obecne poziomy zużycia/emisji

4.2.1 Przegląd mediów wejściowych/wyjściowych

Przegląd zużywanych przez fabryki papieru i mas mechanicznych surowców i energii (media wejściowe) oraz wytwarzanych produktów, wszelkich pozostałości do dalszej utylizacji i zrzutów - emisji, odpadów itd. (media wyjściowe) przedstawiono na rysunku 4.5.



Rysunek 4.5: Ogólny zarys strumieni masowych w zintegrowanej wytwórni masy mechanicznej i papieru. Obecność niektórych substancji zależy głównie od asortymentu i pożądaných właściwości papieru oraz od sposobu zaopatrywania fabryki w energię

Poniżej przedstawiono poziomy zużycia i emisji dla użytych surowców oraz poziomy emisji generowane przez całą fabrykę. Wytwórnie mas mechanicznych są przeważnie zintegrowane z papierniami. Bardzo często dany rodzaj papieru wymaga stosowania mieszanek różnych surowców włóknistych jak, np. masy celulozowej (chemicznej), masy mechanicznej i odbarwionej masy makulaturowej oraz względnie dużych ilości wypełniaczy i pigmentów do powlekania, co ma miejsce w przypadku papierów drukowych.

A zatem typowe poziomy zużycia i emisji dla fabryk, zestawione w tabeli 4.2 i tabeli 4.3, dotyczą zintegrowanych wytwórni mas mechanicznych i papieru. Zaprezentowano je w celu umożliwienia dokonania szybkiego przeglądu używanych tworzyw i wskazania spodziewanego wpływu na środowisko. Nie są to dane reprezentatywne w takim sensie, że przedstawiają

wszystkie wartości występujące w Europie, stanowią raczej studia przypadków dla tego typu fabryk.

Całkowite poziomy zużycia i emisji zintegrowanej papierni wytwarzającej drzewne papiery powlekane do druku (ULWC, LWC i HWC) z TMP podano w tabeli 4.2. Fabryka ta, w charakterze wsadu włóknistego, zużywa mieszankę mas składającą się w 60% z TMP wytwarzanego na miejscu, a w 40% z masy kupowanej (bielona masa siarczanowa i w niewielkiej ilości odbarwiana masa makulaturowa).

Wejście			Wyjście		
Surowce	Ilość	Jednostka	Produkt	Ilość	Jednostka
Zrębki tartaczne ¹⁾	361	kg/t	Papier drukowy	1000	kg/t
Masa celulozowa zakupiona ¹⁾	259	kg/t	Nadmiar energii	132	kWh/t
Pigmenty (kaolin, talk, CaCO ₃) ¹⁾	343,5	kg/t	Emisje		
Chemikalia bielące/środki pomocnicze ²⁾	27	kg/t	CO ₂ ³⁾		kg/t
Środki chemiczne pomocnicze w procesie wytwarzania papieru ²⁾	4,6	kg/t	CO ₂ , regeneracyjne ³⁾		kg/t
Środki chemiczne pomocnicze do uszlachetniania papieru ²⁾	57,3	kg/t	NOx ³⁾		g/t
Chemikalia do oczyszczania wody świeżej	4,2	kg/t	CO ³⁾		g/t
Środki bakteriobójcze	Brak danych	kg/t	SO ₂ ³⁾		g/t
			Pył ³⁾		g/t
Energia			ChZT	2,7	kg/t
Gaz ziemny	294	kWh/t	BZT ₅	0,17	kg/t
Olej opałowy	ok. 3,2	kWh/t	Zawiesiny		g/t
Elektryczność zakupiona	1852	kWh/t	AOX	<0,4	g/t
Para wodna zakupiona	1140	kWh/t	Azot	24	g/t
			Fosforan	4,3	g/t
Zapotrzebowanie wody			Ścieki	14,1	m ³ /t
Woda powierzchniowa	22	m ³ /t	Woda chłodząca	12	m ³ /t
Woda studzienna	4,4	m ³ /t	Odpady		
Woda pitna (urządzenia sanitarne)	0,2	m ³ /t	Odrzuty i osady (wysuszone do 75% substancji suchej)	46	kg/t
			Trociny	8,8	kg/t
			Części metalowe	2,5	kg/t
			Odpady niebezpieczne (np. zużyte oleje, mieszaniny rozpuszczalników)	0,3	kg/t

Objaśnienia:

1. Materiał włóknisty odniesiono do 1 t absolutnie suchej masy, tzn. bez zawartości wilgoci. W rzeczywistości średnia zawartość wilgoci w surowcu wynosi 50% dla zrębków, 9% dla zakupionej masy celulozowej siarczanowej, 45% dla odbarwionej masy makulaturowej i 0,2% dla pigmentów. Zawartość wilgoci w gotowym produkcie wynosi około 4-5%.
2. Środki chemiczne pomocnicze wyrażono jako roztwory handlowe zawierające różne ilości wody. Użyte chemikalia bielące, to: 30 kg/t H₂O₂, 15 kg/t NaOH, 15 kg/t krzemianu sodu i 3 kg/t DTPA. Użyte środki pomocnicze, to: 43 kg/t syntetycznych środków wiążących (lateks), < 8 kg/t skrobi, 1 kg/t środka retencyjnego (poliakryloamid), środki utralające, poliDADMAC, stabilizatory twardości, różne środki bakteriobójcze.
3. Emisje do powietrza można obliczyć na podstawie wielkości emisji generowanych przez elektrociepłownię dostarczającą prąd i parę wodną do papierni. Całość potrzebnych wytwórni TMP elektryczności i 75% ciepła potrzebnego dla całego terenu pochodzą z zewnątrz. Gaz ziemny jest używany do suszenia podczerwiecią, olej opałowy służy wyłącznie do ogrzewania budynków.

Tabela 4.2: Średnie roczne wartości (rok odniesienia: 1997) poziomów zużycia i emisji z fabryki papieru w Niemczech, która produkuje drzewne papiery drukowe (LWC, ULWC, HWC) na bazie TMP bielonej metodą utleniania (60% materiału włóknistego)
Całkowita produkcja fabryki: 370000 t/r papieru drukowego. Ścieki oczyszcza się w dwustopniowej oczyszczalni biologicznej (osad czynny)

Całkowite typowe poziomy zużycia i emisje w wytwórni CTMP zestawiono w tabeli 4.3.

Wejście			Wyjście		
Surowce	Ilość	Jednostka	Produkt	Ilość	Jednostka
Drewno	1090	kg/t	CTMP	1000	kg/t
Na ₂ SO ₃	25 (20-30)	kg/t	Nadmiar energii	600-1200 ¹⁾	kWh/t
DTPA	2 (1-2,5)	kg/t	Emisje		
Chemikalia bielące(H ₂ O ₂)	10-40	kg/t	NO _x	250	g/t
Chemikalia do oczyszczania wody świeżej	0-2	kg/t	SO ₂	240	g/t
Krzemian sodu	8-30	kg/t	Pył	50	g/t
			ChZT	15 (12-25)	kg/t
			BZT ₅	1 (0,5-2)	kg/t
			Zawiesina	0,5 (0,1-2)	kg/t
Energia			AOX	0	g/t
Odpady drewna	600	kWh/t	N-całkowity	400 (300-500)	g/t
Olej opałowy	200	kWh/t	P-całkowity	10 (5-50)	g/t
Elektryczność zakupiona	1800 (1500-3000)	kWh/t	Ścieki	20 (10-30)	m ³ /t
			Woda chłodząca	0-20	m ³ /t
			Odpady		
Woda			Odrzuty i osady	30 (15-40)	kg/t
Woda powierzchniowa	20 (10-30)	m ³ /t	Popioły	7	kg/t
			Odpady niebezpieczne (np. zużyte oleje, mieszaniny rozpuszczalników)	10	kg/t

Uwaga:
1) Podane liczby odnoszą się do przypadku CTMP bez jej suszenia, tzn. do zintegrowanego procesu produkcji masy i papieru. Energia cieplna może być użyta na maszynie papierniczej.

Tabela 4.3: Średnie roczne poziomy zużycia i emisje w fińskich wytwórniach CTMP. Podane wartości liczbowe odnoszą się do wytwórni niezintegrowanej z papiernią, wybudowanej w 1985 roku, gdzie zostały zmodernizowane niektóre urządzenia; zdolność produkcyjna: 110000 t/rok bielonej masy CTMP (CSF 400) na papiery higieniczne. Wartości liczbowe, podane w nawiasach, odpowiadają typowym poziomom w wytwórniach CTMP. Ścieki oczyszcza się w oczyszczalni biologicznej (osad czynny)

4.2.2 Poziomy zużycia i emisje powstające w poszczególnych procesach

Z punktu widzenia ochrony środowiska w centrum uwagi znajdują się ścieki odprowadzane z procesu wytwarzania mas mechanicznych i chemomechanicznych, względnie wysokie zużycie energii wytwarzanej często na miejscu oraz odrzuty i osady z różnych części procesu, a przede wszystkim z oczyszczalni ścieków.

Poniżej przedstawiono najważniejsze aspekty zużycia surowców i emisji do wody, powietrza i gleby, jak również aspekty energetyczne:

- Zużycie drewna
- Zużycie wody
- Emisje do wody
- Emisje do atmosfery z: młynów, wytwórni energii i kotłów korowych
- Wytwarzanie odpadów stałych
- Zużycie chemikaliów
- Zużycie energii
- Hałas

Rozpatrując przedstawione liczby należy pamiętać o tym, że na skutek stosowania różnych metod pomiarów w różnych Państwach Członkowskich nie da się ich ściśle porównać (w celu uzyskania dalszych informacji na ten temat patrz załącznik 3). Fakt stosowania różnych metod analitycznych nie zmienia jednak wniosków wyciągniętych w tym dokumencie).

4.2.2.1 Zużycie drewna

W procesach wytwarzania ścierów dostarczane drewno musi mieć postać bali ze względu na konstrukcję ścieraków. W procesach wytwarzania TMP i CTMP drewno jest przerabiane w postaci zrębów. Zatem w obu procesach można korzystać zarówno z dostaw okrągłaków, jak i zrębów pochodzących z tartaków lub z fabryk paneli drewnianych czy płyt wiórowych.

Ze względu na niskie straty, głównie w postaci rozpuszczonych substancji ligninowych, proces wytwarzania mas mechanicznych charakteryzuje się wysoką wydajnością. Zużycie drewna wynosi zwykle od 2,4 m³/ADt do 2,6 m³/ADt - dla ścieru, od 2,3 m³/ADt do 2,8 m³/ADt - dla TMP i od 2,8 m³/ADt do 3,0 m³/ADt - dla masy chemotermomechanicznej [CEPI, 1997b].

4.2.2.2 Zużycie wody

Układy wodne są zwykle całkowicie zamknięte w procesach wytwarzania mas mechanicznych po to, aby utrzymać wysokie temperatury. Świeżą wodę wykorzystuje się tylko do uszczelniania i chłodzenia. Natomiast do uzupełniania ubytku wody powstającego w wyniku odprowadzania jej z obiegu wraz masą (5-10 m³/tonę masy) i odrzutami, wykorzystuje się zwykle nadmiar wody sklarowanej z maszyny papierniczej. W przypadku wytwórni TMP źródłami emisji do wody są operacje przygotowania drewna, oczyszczania i bielenia mas (patrz rysunek 4.3).

Większość wytwórni mas mechanicznych, to fabryki zintegrowane, tzn. że ich gospodarka wodna i energetyczna jest ściśle powiązana z papiernią, która produkuje różne asortymenty papierów, powlekanych i niepowlekanych. Typowe zakresy całkowitego zużycia wody w procesach wytwarzania ścieru, TMP i CTMP, pokazano w tabeli 4.4.

Proces wytwarzania	m ³ /ADt masy
Ścier	5-15
TMP	4-10
CTMP	15-50

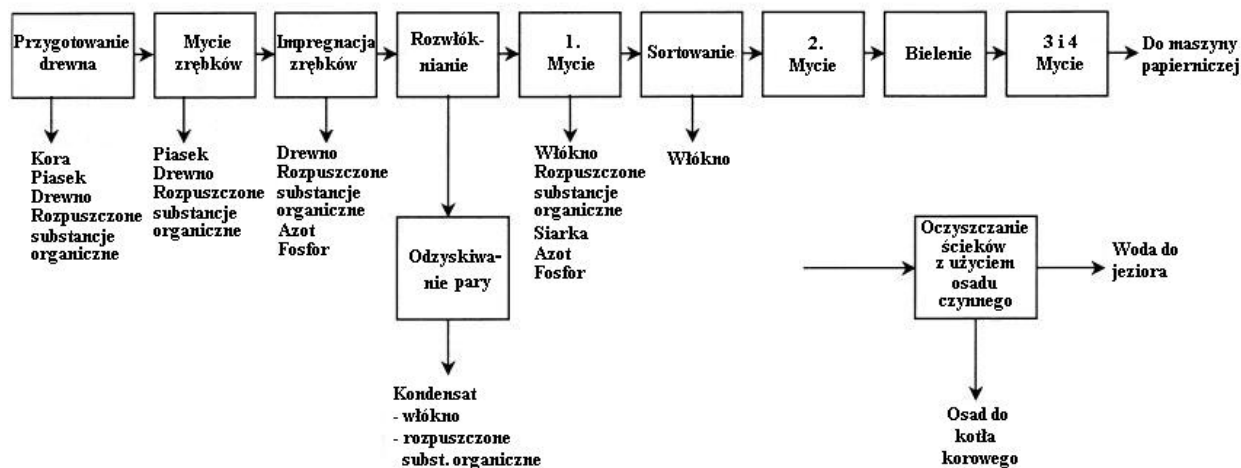
Tabela 4.4: Zużycie wody w procesie wytwarzania mas mechanicznych. Brak uwzględnienia zużycia wody w papierni

Na rysunku 4.6 pokazano źródła emisji do wody i główne, stanowiące przedmiot zainteresowania, substancje uwalniane w wytwórni CTMP. Układ wodny jest typowym układem przeciwpłowym; czysta woda myjąca trafia na ostatnią prasę myjącą i podąża w kierunku przeciwnym do przepływu włókien. Wysoce zanieczyszczony filtrat z pierwszej prasy myjącej kierowany jest do oczyszczalni ścieków. Strumień cieczy, po oddzieleniu włókien, przed skierowaniem go do oczyszczalni ścieków, może być poddawany flotacji - w celu usunięcia cząstek stałych. Wody uszczelniające i chłodzące są gromadzone, a następnie wykorzystywane w charakterze wody produkcyjnej. W przypadku, gdy objętość zbiorników wody obiegowej jest wystarczająca, tzn. nie ma konieczności uzupełniania jej wodą świeżą, wymagane zużycie świeżej wody wynosi 10 m³ na tonę masy. Jeśli gotowa masa musi mieć niską zawartość

substancji ekstrakcyjnych (w przypadku masy na tektury lub masy typu fluff) lub frakcji drobnej (masy fluff), zużycie świeżej wody może być nieco wyższe. Z drugiej strony zastosowanie wewnętrznego procesu oczyszczania wody odciekowej z pierwszego stopnia mycia, z wykorzystaniem kombinacji metod flokulacji i flotacji, gwarantuje mniejsze zużycie wody, poniżej 10 m³/t. Dzięki operacji flokulacji-flotacji usuwane są substancje ekstrakcyjne i frakcja drobna oraz około 40-50% ładunku ChZT.

4.2.2.3 Emisje ścieków

Rysunek 4.6 przedstawia w ogólnych zarysach emisje do wody z wytwórni CTMP



Rysunek 4.6: Emisje do wody z wytwórni CTMP

Wśród substancji emitowanych do wody dominują substancje organiczne zużywające tlen (obecne w fazie wodnej, w postaci rozpuszczonej i zdyspergowanej). Straty w postaci substancji stałych i rozpuszczonych wynoszą 30-80 kg/tonę drewna przy wydajności masy wynoszącej 92-97%. Wydajność zależy od użytej energii, temperatury procesu i zużytych chemikaliów. Ilość substancji rozpuszczonych zależy także od rodzaju drewna, warunków jego składowania i sezonowych wahań. Proces mechanicznej obróbki nie wpływa na trwałość składu celulozy i ligniny, mimo tego, w trakcie procesu, następuje rozpuszczanie i dyspergowanie w wodzie produkcyjnej prostych węglowodanów, hemiceluloz, lignin, substancji ekstrakcyjnych (np. kwasów tłuszczowych i żywicznych) i protein, a także substancji nieorganicznych, w tym azotu i fosforu.

Wraz ze spadkiem wydajności i wzrostem temperatury wzrasta ładunek substancji organicznych w wodzie produkcyjnej.

Typowe jednostkowe ładunki mierzone jako BZT₅, ChZT i pożywki mineralne (fosfor i azot) przy produkcji różnych mas zestawiono poniżej.

Proces wytwarzania masy	Wydajność [%]	BZT ₅ [kg/t]	ChZT [kg/t]	Azot [g/t]	Fosfor [g/t]
GW	96-97	8,5-10	20-30	80-100	20-25
PGW	95-96	10-13	30-50	90-110	20-30
PGW-S	95-96	11-14	45-55		
RMP	95-96	10-15	40-60	90-110	20-30
TMP	94-95	13-22	50-80	100-130	30-40
CTMP (bielona CTMP)	92-94 (91-93)	17-30 (25-50)	60-100 (80-130)	110-140 (130-140)	35-45 (50-60)

Tabela 4.5: Typowe jednostkowe ładunki BZT₅, ChZT i pożywki mineralne w wodach odpływowych powstałe z mechanicznego roztwarzania drewna świerka pospolitego (*Picea abies*) przed oczyszczalnią ścieków.

[Raport końcowy BAT, 1997; liczby w nawiasach pochodzą z prywatnej informacji z fińskich wytwórni CTMP]. BZT₇ przekształcono w BZT₅ stosując wzór: $BZT_{7/1,16} = BZT_5$, zaproponowany w tym samym raporcie.

W przypadku bielenia masy alkalicznym nadtlaniem ilość uwalnianych zanieczyszczeń organicznych znacząco wzrasta, jest to wynik działania alkaliów. Utrata wydajności związana z bieleniem nadtlaniem wynosi 15-30 kg/tonę, co odpowiada dodatkowemu ładunkowi mierzonemu jako ChZT rzędu 10-30 kg O₂/tonę. Wyższe wartości liczbowe, zamieszczone w tabeli, dotyczą mas mechanicznych bielonych nadtlaniem. W wytwórniach mas TMP stosujących do bielenia wyłącznie podsiarczyny poziomy ChZT, w odniesieniu do natężenia przepływu wody z wytwórni rzędu 3-4 m³/t (bez uwzględnienia maszyny papierniczej), wynosiły 2500-3000 mg O₂/l. Wytwórnia ścieru informowała o stężeniach ChZT przed oczyszczalnią w granicach 1700 - 2000 mg O₂/l.

Ładunek azotu, powstający w procesie wytwarzania mas mechanicznych, pochodzi z drewna i środków chelatujących (np. EDTA, DTPA) stosowanych w procesie bielenia. W wyniku dodatku 2-3 kg EDTA/tonę masy powstaje dodatkowy ładunek azotu wielkości 150-220 g azotu/tonę masy. Ładunek fosforu zależy od drewna. Emisje pożywek (azotu i fosforu) są niskie, ale mogą mieć negatywny wpływ z powodu eutrofizacji odbiornika.

Rozpuszczeniu w wodzie ulega około 20-30% kory (w przypadku kory suchej), z czego 50-60% stanowią związki fenolowe, a około 25% - rozpuszczalne węglowodany. W zależności od sposobu składowania drewna w ściekach zawarte są kwasy karboksylowe i alkohole. Niektóre związki, np. kwasy żywiczne wchodzące w skład substancji ekstrakcyjnych (mogą być wymywane z kory podczas przygotowania drewna), obecne w ściekach przed ich oczyszczaniem, wykazują toksyczny wpływ na organizmy żyjące w wodzie. Ścieki z korowalni poddawane są oczyszczaniu w oczyszczalni ścieków wraz z pozostałymi ściekami.

Pomocnicze środki chemiczne stosowane w procesie wytwarzania papieru mogą stanowić mierzalną część ładunku zanieczyszczeń organicznych w oczyszczonych ściekach, ponieważ są odporne na degradację.

Emisje substancji barwnych mogą wpływać niekorzystnie na organizmy żyjące w odbiornikach wodnych, ponieważ zmniejszają przejrzystość wody.

Ładunek zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach z fabryk zależy głównie od parametrów projektowych i eksploatacyjnych tych procesów, w których występuje największa część zrzutów i od zastosowanej instalacji oczyszczania ścieków.

Skuteczność biologicznego oczyszczania ścieków w wytwórniach mas mechanicznych jest podobna do skuteczności oczyszczania w celulozowniach. Jednakże redukcja ChZT jest zwykle wyższa-na poziomie 70-90%. Co więcej w kilku zakładach stosuje się trzeci stopień oczyszczania, po którym następuje dalszy spadek ładunku zanieczyszczeń. Dotyczy to szczególnie zanieczyszczeń związanych z zawiesiną ogólną.

Proces wytwarzania	Natężenie przepływu m ³ /t	BZT ₅ kg/t	ChZT kg/t	Fosfor ogólny g/t	Azot ogólny g/t	Zawiesina ogólna kg/t
CTMP	8-40	0,5-0,9	12-30	5-50	200-500	0,1-12
TMP	15-25	0,2-1,7	2-8	5-15	60-160	0,5-1,5

Tabela 4.6: Ładunki zanieczyszczeń w ściekach z wytwórni mas mechanicznych oczyszczanych biologicznie metodą osadu czynnego.

[Informacje szwedzkiej Agencji Ochrony Środowiska (SEPA) i fińskich wytwórni CTMP]

Inne raporty, pochodzące z wytwórni stosujących mniej efektywny sposób oczyszczania ścieków, wymieniają znacznie wyższe wartości powyższych wskaźników.

Istnieje kilka alternatywnych metod oczyszczania ścieków z wytwórni CTMP, oczyszczanie za pomocą osadu czynnego w jednym lub dwóch stopniach, z włączeniem lub bez obróbki chemicznej; wewnętrzne oczyszczanie wody obiegowej z pierwszego stadium procesu plus oczyszczanie biologiczne metodą osadu czynnego innych ścieków; odparowywanie i spalanie najbardziej zanieczyszczonych ścieków oraz biologiczne oczyszczanie reszty ścieków; biologiczne oczyszczanie ścieków metodami anaerobowo-aerobowymi. Obecnie najpowszechniejszą techniką jest oczyszczanie za pomocą osadu czynnego, które pozwala łatwo uzyskać 98%-ową redukcję BZT i 85%-ową redukcję ChZT, pod warunkiem właściwego zaprojektowania instalacji. Powodem, dla którego wytwórnie CTMP nie stosują powszechnie metody anaerobowej jest zwiększona wrażliwość takich układów na zakłócenia.

W Europie wzrasta liczba fabryk papieru, które wytwarzają i stosują kilka różnych mas nie ograniczając się wyłącznie do jednego rodzaju masy. Na przykład papiernia produkująca głównie papier gazetowy i papier SC do druku może stosować kombinację surowców włóknistych: masy mechaniczne (ścier i TMP), odbarwioną masę makulaturową i pewną ilość kupowanej masy celulozowej. W tego rodzaju fabrykach układy wodne w różnych procesach są ściśle ze sobą powiązane. Fabryka papieru w Niemczech, produkująca papier gazetowy i papiery SC, zużywająca rocznie 45000 t TMP, 85000 t ścieru, 220000 t odbarwionej masy makulaturowej, 45000 t kupowanej celulozy siarczanowej i 93000 t pigmentów, podała, że zanieczyszczenia organiczne w ściekach przed oczyszczaniem wynoszą 14 kg ChZT/t i 6,3 BZT₅/t. Po biologicznym oczyszczaniu metodą osadu czynnego zmierzone wartości wskaźników wynosiły: ChZT: 3,4 kg/t, BZT₅: 0,1 kg/t, całkowite natężenie przepływu ścieków: 12-13 m³/t, azot: 0,2-4,2 mg/l, fosfor: 0,3-1,3 mg/l, AOX: 0,11 mg/l.

4.2.2.4 Emisje do atmosfery

Lotne organiczne związki węgla (VOC)

Emisje do atmosfery z procesów wytwarzania mas mechanicznych wiążą się głównie z emisjami VOC. Powstają one podczas odpowietrzania kadzi w instalacji mycia zrębków i innych kadzi oraz płuczki, gdzie następuje kondensacja pary wodnej zanieczyszczonej lotnymi składnikami drewna uwalnianej w procesach obróbki mechanicznej.

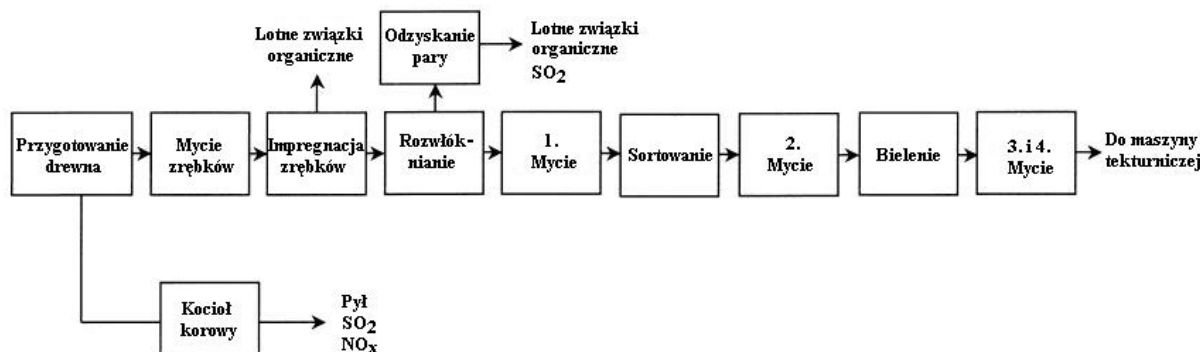
Stężenia lotnych związków organicznych zależą od jakości i świeżości surowca (drewna) oraz od stosowanych technik. W skład emitowanych substancji wchodzi kwas octowy, kwas mrówkowy, etanol, pineny i terpeny. Niemiecka wytwórnia TMP przedstawiła następujące dane na temat stężeń substancji organicznych przed oczyszczaniem na zewnątrz:

Stadium procesu	Emisja substancji organicznych
Płuczka	- TOC (całkowity C organiczny): 6000 mg/m ³ (najwyższa pojedyncza wartość: 9600 mg/m ³) - pineny ¹⁾ : 13000 mg/m ³
Mycie zrębków	- TOC: 300 mg/m ³ - pineny ¹⁾ : 500 mg/m ³
Odpowietrzanie innych kadzi	- TOC: 150 mg/m ³ - pineny ¹⁾ : 50 mg/m ³
1) Głównie pineny (C ₁₀ H ₁₆), ale również inne organiczne substancje lotne klasy III wg German Technical Instructions on Air Quality Control; jeśli całkowite masowe natężenie przepływu wynosi >3 kg/h, stężenie masowe nie powinno przekraczać 150 mg/m ³ .	

Tabela 4.7: Emisje lotnych związków organicznych z niemieckiej wytwórni TMP przed oczyszczaniem
Wytwórnia CTMP poinformowała o emisji 200 g terpenów na tonę masy przed oczyszczaniem

Istnieją różne sposoby zmniejszenia emisji VOC. Spośród dostępnych można wybrać odzyskiwanie terpenów z kondensatów zanieczyszczonych głównie nimi lub spalanie gazów odlotowych we własnych kotłowniach czy w specjalnych piecach. W takim przypadku emisja VOC z procesu wynosi około 1 kg/t masy. Niektóre substancje VOC mogą być uwalniane w oczyszczalni ścieków czy podczas składowania zrębków na hałdach.

Ogólny zarys emisji do atmosfery z wytwórni CTMP pokazano na rysunku 4.7.



Rysunek 4.7: Emisje do atmosfery z wytwórni CTMP

Emisje do atmosfery pochodzą przede wszystkim ze stadium impregnacji zrębków i regeneracji pary wodnej (VOC) oraz z kotłów korowych, w których spala się odpady drewna (pyły, SO₂, NO_x).

Emisje z urządzeń energetycznych

Wytwórnice mas mechanicznych generują emisje do powietrza, które nie zależą od procesu technologicznego, lecz pochodzą z urządzeń do wytwarzania energii spalających różne rodzaje paliw kopalnych (węgiel, gaz ziemny, olej opałowy) lub odpady drzewne, podobnie jest w celulozowniach i papierniach. W typowej zintegrowanej papierni, stosującej masę mechaniczną, elektrownia wytwarza wysokoprężną parę wodną. Część tej energii jest przekształcana w elektryczność - w przeciwnieprężnym turbogeneratorze, a reszta służy do suszenia papieru. Elektrownie spalające paliwa stałe posiadają elektrofiltry do usuwania cząstek stałych z gazów spalinowych. Emisja dwutlenku siarki może być zredukowana poprzez dobór paliw. Istnieją w Europie papiernie, które zużywają różne ilości energii dostarczanej z zewnątrz. Zależy to od lokalnych warunków.

Emisje z kotłów do spalania kory

W wytwórniach mas mechanicznych rafinerowych usunięta z drewna kora jest zwykle spalana w kotłach korowych. Razem z korą można spalać część odrzutów i osadów. Istnieje również pewna liczba fabryk nie stosujących jako surowca bali drewna, lecz zrębków tartacznych.

4.2.2.5 Wytwarzanie odpadów stałych

Odpady stałe, usuwane z procesów wytwarzania mas mechanicznych, składają się z kory i odpadów drzewnych powstających podczas korowania, mycia i sortowania zrębków (około 1,5% odrzutu), odpadów włókien (osad z osadnika wstępnego), popiołu z produkcji energii i nadmiernego osadu z zewnętrznej biologicznej oczyszczalni ścieków. Odpady zawierające drewno poddawane są zwykle spalaniu w kotłach do spalania kory (kotłach korowych). Popioły są zwykle wyrzucane lub wykorzystywane w przemyśle materiałów budowlanych.

Największa frakcja odpadów składa się z różnego rodzaju osadów głównie z zawierających włókna, osadu z osadników wstępnych i nadmiernego osadu z biologicznej oczyszczalni ścieków. Ilość odpadów przeznaczonych do wywozu na składowisko można zredukować poprzez zwiększenie wydajności pras do odwadniania osadów. Jeśli dalsza obróbka osadów, np. spalanie, wymaga ich transportu, rozsądne jest ich suszenie do 75% suchej substancji przy wykorzystaniu nadmiaru ciepła z procesu (np. gorącego powietrza).

Sposoby dalszego wykorzystania osadów zależą od ich ilości i jakości. Osad z osadników wstępnych może być użyty w charakterze dodatkowego materiału do produkcji cegieł. Może też być spalany na miejscu lub poza fabryką. W celu ułatwienia dalszej obróbki osadów i odrzutów zasadnym rozwiązaniem jest rozdzielanie różnych rodzajów osadów.

Analiza chemiczna osadu z osadników wstępnych i nadmiernego osadu z biologicznej oczyszczalni ścieków w niemieckiej fabryce papieru i masy mechanicznej dała następujące rezultaty:

Parametr	Jednostka	Osad z osadnika wstępnego	Osad nadmierny
Zawartość suchej substancji	%	47,9	31,7
Substancje lotne	% s.s.	33,2	48,3
TOC	% s.s.	19	23
Arsen	mg/kg s.s.	1,6	2,3
Ołów	mg/kg s.s.	41	22
Kadm	mg/kg s.s.	<0,67	<0,67
Chrom całkowity	mg/kg s.s.	24	17
Miedź	mg/kg s.s.	238	71
Nikiel	mg/kg s.s.	5,7	7,5
Rtęć	mg/kg s.s.	0,08	0,09
Cynk	mg/kg s.s.	141	135

**Tabela 4.8: Skład osadu z osadników wstępnych i nadmiernego osadu z biologicznej oczyszczalni ścieków
Raport niemieckiej wytwórni mas mechanicznych (ścier i TMP)**

4.2.2.6 Zużycie chemikaliów

Główne chemikalia stosowane w procesach wytwarzania mas mechanicznych, to chemikalia bielące i - w przypadku CTMP - chemikalia do impregnacji zrębków.

W procesie bielenia z użyciem podsiarczynu sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) maksymalna jego ilość wynosi 8 do 12 kg na tonę masy. W większości fabryk dodaje się także środka chelatującego (np. EDTA, DTPA).

Bielenie utleniające prowadzi się w zakresie pH 10-10,5 za pomocą nadtlenku wodoru. Do nastawiania pH stosuje się wodorotlenek sodu (NaOH). Maksymalna ekonomiczna ilość nadtlenku wynosi 3-4% (roztwór 50%) w stosunku do ilości masy. Dodawany jest również krzemian sodu (1,5-4% w stosunku do ilości masy) pełniący rolę bufora i stabilizatora nadtlenku, a także środki chelatujące (EDTA, DTPA). Tworzą one kompleksy z metalami ciężkimi (Fe, Mn, Cu, Cr), co zapobiega żółknięciu masy i rozkładowi nadtlenku wodoru. Dawka środków chelatujących wynosi około 5 kg na tonę masy. EDTA i DTPA są odporne na degradację i zawierają azot, który pojawia się w ściekach. Końcowym etapem bielenia jest zakwaszanie masy kwasem siarkowym lub dwutlenkiem siarki do pH 5-6.

Zużywane do wytwarzania mas mechanicznych ilości chemikaliów zmieniają się w szerokim zakresie, ponieważ zależą od zastosowanej technologii bielenia. Na przykład w procesie bielenia redukującego z użyciem podsiarczynu sodu w ogóle nie stosuje się (H_2O_2 , NaOH, NaSiO_3 i $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{SO}_2$). Ponadto ważnym czynnikiem jest jakość drewna. Początkowa białość masy wytwarzanej ze zrębków z wiórów tartacznych jest niższa (5-6 jednostek) niż białość masy wytwarzanej ze zrębków przygotowanych ze świeżych bali drewna (okrągłaków). Zatem, w drugim przypadku, zużycie chemikaliów potrzebnych do uzyskania porównywalnej białości będzie niższe. W przypadku masy ze świeżej papierówki wystarczy zastosować proces bielenia redukującego, w którym powstaje mniejsza ilość zanieczyszczeń.

Substancje	Ilość chemikaliów zużywanych do produkcji ścieru [kg/t]	Ilość chemikaliów zużywanych do produkcji TMP [kg/t]	Ilość chemikaliów zużywanych do produkcji CTMP [kg/t]
NaHSO ₃	0-12	0-12	-
H ₂ O ₂	0-30	0-40	0-40
NaOH	?	0-20	0-25
NaSiO ₃	0-40	0-40	0-40
EDTA/DTPA	0-5	0-5	0-5
H ₂ SO ₄ /SO ₂	-	-	0-10
Na ₂ SO ₃	-	-	25-30

Tabela 4.9: Zużycie głównych chemikaliów w kg/t w odniesieniu do bielonych mas mechanicznych
Wszystkie ilości dotyczą roztworów handlowych zawierających różne ilości wody

W zintegrowanych wytwórniach mas mechanicznych, w zależności od rodzaju końcowego produktu papierniczego, może być stosowana cała gama innych środków chemicznych (więcej informacji na temat zużycia środków chemicznych pomocniczych można znaleźć w załączniku I).

4.2.2.7 Zużycie energii

Jednostkowe zużycie energii w procesach wytwarzania mas mechanicznych zależy od zastosowanego procesu technologicznego, od właściwości surowca i, w dużym zakresie, od wymagań względem jakości masy określanych pożądaną jakością produktu finalnego. Parametrem używanym zwykle do określania jakości masy jest wartość odwadnialności (CSF = Canadian Standard Freeness) charakteryzująca jej podatność na odwadnianie. Niska wartość odwadnialności oznacza małą prędkość odwadniania i wysoki stopień fibrylacji masy. W procesie wytwarzania masy o niższej odwadnialności (lepszych właściwościach wytrzymałościowych) wzrasta ilość energii potrzebnej do ścierania drewna lub rozwłókniania zrębków (rafinowania). Za pomocą ilości włożonej energii można regulować nie tylko odwadnialność masy, ale także rozkład długości włókien (udział włókien długich i frakcji drobnej) i ich elastyczność (miętkość). Pożądana odwadnialność, białość i inne właściwości masy zależą od rodzaju wytwarzanego z niej papieru czy tektury. Najczęściej są to papiery drzewne do druku, np. LWC, SC na czasopisma (odwadnialność 20-60 ml CSF) i papier gazetowy (odwadnialność 80-150 ml CSF). Masy mechaniczne stanowią także półprodukt do wytwarzania tektur (odwadnialność 450-750 ml CSF), bibułki tissue (300 ml CSF) i masy fluff (700 ml CSF).

Praca związana z uwolnieniem włókien stanowi tylko część pracy włożonej w proces ścierania czy rozwłókniania. Pod wpływem tarcia reszta energii zostaje przekształcona w ciepło. Pewną jej ilość można odzyskać w postaci gorącej wody lub pary wodnej i użyć do suszenia produktu końcowego (papieru). Największy potencjał, z punktu widzenia odzyskiwania energii, ma ta część procesu, która jest prowadzona pod zwiększonym ciśnieniem. Udział procentowy możliwej do odzyskania energii nie jest wartością stałą w całym zakresie odwadnialności, ponieważ np. wytworzenie masy o niższej odwadnialności wymaga wydłużenia procesu rozwłókniania - dodania drugiego i ewentualnie trzeciego stopnia rozwłókniania - przy ciśnieniu atmosferycznym.

Typowe zakresy zużycia energii i stopnia jej odzyskiwania pokazano w tabeli 4.10.

Rodzaj i odwadnialność masy mechanicznej, ml CSF	Zużycie energii (kWh/t masy)	Energia do odzyskania	
		w postaci gorącej wody [%]	w postaci pary wodnej [%]
GW 350-30	1100-2200	20	
PGW 350-30	1100-2200	30	20
PGW-S 350-30	1100-2300	30	20
RMP 350-30	1600-3000	30	20
TMP 400-30	1800-3600	20	40-45
CTMP 700-30	1000-4300	20	40-45

Tabela 4.10: Zużycie i regeneracja energii w procesach wytwarzania mas mechanicznych [TEKES, 1997]. Zużycie energii odniesiono do bezwzględnie suchej (100%) masy. Liczby te są wartościami średnimi o możliwych odchyleniach $\pm 10\%$, wynikających z lokalnych warunków i niedokładności pomiarów.

Na przykład zużycie energii w procesie wytwarzania ścieru, przy jednoczesnym braku jej regeneracji, zmienia się od około 1100 kWh przy CSF 350 do około 2000 kWh przy CSF 40. Podczas wytwarzania ścieru pod zwiększonym ciśnieniem (PGW) zużycie energii wynosi od około 1300 kWh/t przy CSF 300 do około 2300 kWh/t przy CSF 40. Ale do 30% włożonej energii brutto można odzyskać w postaci gorącej wody poprzez wymianę ciepła z gorącą masą. Tyle samo energii i w takiej samej postaci można odzyskać w procesie wytwarzania RMP. W procesie wytwarzania TMP stopień odzyskiwania energii może sięgać 60-65% (gorąca woda i para wodna). Ten proces prowadzony przy ciśnieniu około 6 barów daje 2 tony pary wodnej na 1 tonę masy lub około jedną tonę pary wodnej na 1 MWh zużytej przez młyn. Ogólnie ilość odzyskanej pary wodnej zależy od zużytej energii jednostkowej i wynosi około 2 ton na tonę masy przy ciśnieniu od 2 do 4 barów.

Generalnie proces wytwarzania TMP zużywa więcej energii niż proces wytwarzania ścieru. Np. wytworzenie ścieru przeznaczonego do produkcji papieru SC i papieru gazetowego wymaga całkowitego zużycia energii odpowiednio: około 2200 kWh /t i 1600 kWh/t, podczas gdy produkcja TMP pochłania odpowiednio: około 3600 kWh/t i 2500 kWh/t.

Tabela 4.11 ilustruje zużycie energii w postaci ciepła i w postaci mocy elektrycznej w szwedzkiej wytwórni TMP produkującej 500000 t/r papieru gazetowego, a tabela 4.12 przedstawia bilans energetyczny tej samej fabryki.

Oddział	Ciepło technologiczne [MJ/t]	Moc elektryczna [kWh/t]
Przygotowania drewna	150	50
Rozwłókniania	0	2110 ¹⁾
Mycia i sortowania	0	50
Bielenia	0	75
Przygotowania chemikaliów bielących	0	5
Sortowania masy bielonej	0	35
Kotłownia	0	25
Cała wytwórnia masy	150	2350
Przygotowania masy papierniczej	0	235
Maszyna papiernicza	5300 ^{1) 2)}	350
Cała papiernia	5300	585
Oczyszczalnia ścieków	0	39
Całkowite zużycie na tonę papieru	5450	2974

Uwagi:

- 1) Fińska zintegrowana wytwórnia TMP poinformowała o zwiększonym zużyciu elektryczności w procesie rozwłókniania (włącznie z rozwłóknianiem odrzutu), na poziomie 2400 kWh/t i zmniejszonym zużyciu ciepła technologicznego na maszynie papierniczej – 4800 MJ/t.
- 2) Fabryka papieru w Szwecji informuje o zapotrzebowaniu ciepła do suszenia papieru - około 4 GJ/t i o konieczności jego zmniejszenia o około 10%, co będzie możliwe po zainstalowaniu prasy ze stopą dociskową.

Tabela 4.11: Zużycie energii w zintegrowanej fabryce o zdolności produkcyjnej 500000 t/r papieru gazetowego z TMP
[SEPA-report 4712-4, 1997 - raport SEPA 4712-4, 1997]

Zużycie energii elektrycznej, wg danych pochodzących z nowoczesnej zintegrowanej wytwórni CTMP, przygotowanie drewna - 20 do 30 kWh/ADt, rozwłóknianie (CSF 450) – 1600 do 1900 kWh/ADt, bielenie i sortowanie - około 500 kWh/ADt. Całkowite zapotrzebowanie wynosi około 2100-2400 kWh/ADt.

Oddział	Ciepło [MJ/t]	Moc elektryczna [kWh/t]
Wytwórnia masy		
Para wodna odzyskiwana, tylko do celów technologicznych ¹⁾	+1500	
Kotłownia, para technologiczna (tylko własna kora)	+1500	
Turbogenerator		+100
Dostawy z zewnątrz	0	+2289
Zużycie	-150	-2350
Oczyszczalnia ścieków	0	-39
Nadmiar energii z wytwórni masy	+2850	0
Papiernia		
Zużycie	-5300	-585
Dostawa z zewnątrz ¹⁾	+2450	+585
Całkowita dostawa z zewnątrz	2450	2874

Uwagi:

- 1) Z punktu widzenia fińskiego wytwórcy papieru odzyskiwanie ciepła w procesie wytwarzania TMP jest znacznie wyższe. W zintegrowanej papierni, wytwarzającej papier gazetowy z TMP, ilość odzyskiwanego ciepła (regenerowana para wodna) wynosi 3450 MJ/t. W tym przypadku nie ma potrzeby korzystania z zewnętrznych źródeł zaopatrzenia w ciepło [doniesienia fińskie].

Tabela 4.12: Bilans energetyczny zintegrowanej szwedzkiej fabryki wytwarzającej 500000t/r papieru gazetowego z TMP.
[SEPA-Report 4712-4, 1997 – raport SEPA 4712-4, 1997]

Bilans energetyczny i stopień odzyskiwania ciepła zależą między innymi od cen energii w danym kraju. Jeśli energia z sieci publicznej jest względnie tania wówczas fabryki mogą ograniczyć się tylko do wytwarzania pary wodnej w małych kotłowniach (np. w kotłach korowych) na potrzeby maszyny papierniczej i kupować energię elektryczną na potrzeby wytwórni TMP. Energia odzyskiwana z młynów wystarczy do wytworzenia ciepła dla drugiej maszyny papierniczej. W krajach, gdzie elektryczność jest droższa występuje dążenie do budowy większych kotłowni lokalnych, w wyniku czego powstaje nadmiar wytwarzanego ciepła (mniejszy stopień jego odzyskiwania).

W tabeli 4.13 zebrano dane na temat zużycia energii w niezintegrowanej wytwórni CTMP, pracującej w Finlandii.

Oddział	Ciepło [MJ/t]	Moc elektryczna [kWh/t]
Wytwórnia masy		
Para odzyskana, tylko do celów technologicznych	+2700	
Dostawy z zewnątrz	0	+1650
Zużycie	0	-1600
Oczyszczanie ścieków	0	-50
Nadmiar energii z wytwórni masy	+2700	0
Suszarnia masy		
Zużycie	-5600	-150
Kocioł parowy (odpady drzewne i olej opałowy)	+2900	+150
Całkowita dostawa z zewnątrz	2900	1800

Tabela 4.13: Bilans energetyczny niezintegrowanej fińskiej wytwórni CTMP (CSF 400 ml)

4.2.2.8 Hałas (lokalny)

Największym emitentem hałasu jest korowalnia, nieco mniejszymi – maszyna papiernicza i młyny. W celu zwalczania hałasu należy starannie izolować oddział korowania. Hałas występuje także w sąsiedztwie fabryki, a pochodzi od pojazdów transportujących olbrzymie ilości surowców i produktów.

4.3 Techniki, które należy wziąć pod uwagę przy ustalaniu najlepszych dostępnych technik BAT

W niniejszej części przedstawiono wszystkie **istotne** techniki dostępne obecnie w skali przemysłowej służące zapobieganiu lub ograniczaniu emisji i odpadów oraz zmniejszaniu zużycia energii i surowców, przeznaczone zarówno dla nowych, jak i już istniejących instalacji. Ta lista nie jest wyczerpująca; może zostać rozszerzona w trakcie aktualizacji tego dokumentu. Omawiane techniki obejmują środki wewnątrzprocesowe, jak również technologie oczyszczania na wyjściu i reprezentują możliwości usprawnień dla osiągnięcia zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń.

W tabeli 4.14 przedstawiono przegląd technik służących zmniejszaniu emisji z wytwórni mas mechanicznych i chemomechanicznych. W wierszach wyszczególniono pojedyncze dostępne techniki.

Starano się także podać w tej samej tabeli możliwe oddziaływania każdej techniki na procesy i środowisko. Można wyciągnąć wniosek, że opisanie tych wpływów w sposób nie podlegający dyskusji nie jest zadaniem łatwym. Istnieje dużo „szarych stref” w ocenie oddziaływań między procesowych i na środowisko. Poza tym mogą one zależeć od innych technik, a te mogą być powiązane z rozwiązaniem w odniesieniu, do którego porównuje się technikę, jak również uwzględnia się ograniczenia układu. Dlatego jakościowa ocena oddziaływań na procesy i środowisko powinna być traktowana wyłącznie jako pomoc dla operatorów lub inspektorów i nie jest niczym więcej, jak tylko punktem startowym do rozważania możliwych zmian zanieczyszczenia. Wyników oceny nie należy traktować jako imperatywu. Poza tym środki zapobiegania i ograniczania mogą wpłynąć na uniknięcie niektórych efektów ubocznych. Oddziaływania na środowisko będą również zależeć od specyficznych warunków panujących w każdej fabryce, dlatego trudno jest podać ogólne stwierdzenia. Jednakże zawarte w tabeli informacje mogą być wskazówką, do którego medium środowiskowego (woda, powietrze, odpady, energia) adresuje się dane rozwiązanie. Dalsze wyjaśnienia można znaleźć w odpowiednich podrozdziałach szczegółowo omawiających każdą z technik.

Wytwórnice mas mechanicznych są, poza nielicznymi wyjątkami, zintegrowane z papierniami. W związku z tym z jednej strony występuje częściowe pokrywanie się procesów wytwarzania mas mechanicznych i przygotowania masy papierniczej, z drugiej strony procesów wytwarzania papieru i procesów im towarzyszących. W tych przypadkach podano odsyłacze do stosownych rozdziałów. Szczególnie dotyczy to wykorzystania i cyrkulacji wody. Nie sposób opisać tych zagadnień oddzielnie bez uwzględnienia papierni.

Ostatecznie niektóre z rozwiązań i zasad postępowania mających na celu polepszenie sytuacji z punktu widzenia ochrony środowiska mogą mieć zastosowanie nie tylko w papierniach wykorzystujących masę mechaniczną, ale również w innych papierniach. W takich przypadkach, w celu uniknięcia niepotrzebnych powtórzeń oraz wskazania podobieństw i różnic pomiędzy wytwarzaniem różnych rodzajów papieru znajdują się adnotacje w postaci odsyłaczy.

W kolumnach strzałkami skierowanymi do góry „↑” lub do dołu „↓”, wskazano jakościowe kierunki zmian emisji, zużycia surowców i wydajności fabryki. Strzałki skierowane w dół „↓”, wskazują na oszczędności surowców lub energii i zmniejszenie emisji do różnych mediów: wody, powietrza i gleby. Strzałki skierowane w górę „↑” wskazują na wzrost emisji, zużycia i wpływów na proces produkcji. Niektóre z przedstawionych w tym rozdziale środków zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń dotyczą jednocześnie kilku mediów (wody, powietrza lub gleby). Niektóre techniki mogą wywoływać jednoczesny, zróżnicowany wpływ na różne media (pozytywny i/lub negatywny) lub na zużycie surowców i energii (oddziaływania na procesy i środowisko). Dane oddziaływania są zaznaczone strzałkami. Strzałka w nawiasach „(↑)” oznacza tylko nieznaczny – często nieistotny – wzrost zużycia energii, surowców lub emisji do środowiska będący efektem wdrożenia danego rozwiązania. W tabeli nie uwzględniono efektów ekonomicznych (koszty inwestycyjne i eksploatacyjne), ale opisano je w tekście. Dane na temat aspektów ekonomicznych należy traktować tylko jako przybliżony obraz sytuacji i jako wskazanie rzędu wielkości kosztów, ponieważ zależą one w dużym stopniu od konkretnej sytuacji - konstrukcji całej instalacji i między innymi od wielkości fabryki i od sposobu powiązania przyjętego rozwiązania z innymi już pracującymi w fabryce urządzeniami.

Każdą z wymienionych w tabeli technik zaopatrzone w odnośnik – numer podrozdziału, w którym jest szczegółowo omówiona.

Techniki, które należy wziąć pod uwagę przy ustalaniu BAT	Wpływy na poziomy emisji i zużycia (oddziaływanie na procesy i środowisko)					
	Zużycie chemikaliów	Zużycie energii (E) i wody (W)	Emisje do wody	Emisje do powietrza	Odpady stałe	Uwagi
4.3.1 Ograniczanie emisji z placu drzewnego	0	0	↓	0	0	
4.3.2 Korowanie na sucho	0	E ↑ w operacji korowania W ↓	↓ChZT ↓Zawiesina ogólna ↓Nateżenie przepływu	0	0	
4.3.3 Minimalizacja strat odrzutu	0	E ↓	↓	0	↓	
4.3.4 Minimalizacja ilości odpadów usuwanych z fabryki	0	E ↓ spalanie E ↑ odwadnianie	0	(↑)	↓	
4.3.5 Efektywne mycie i sterowanie procesem	↓bielących	(↑)mycie (elektryczność)	↓	0	0	Głównie CTMP
4.3.6 Recyrkulacja wody w wytwórni masy i w papierni	0	W ↓	↓	0	0	
4.3.7 Oczyszczanie ścieków z wytwórni CTMP. Zamykanie obiegów wodnych z zastosowaniem odparowywania i spalania koncentratów	0	↓(W),↑(E)	↓	(↑)	↓	Tylko CTMP
4.3.8 Instalacja kogeneracji ciepła i mocy	0	E ↓	0	↓	0	
4.3.9 Odzyskiwanie ciepła z młynów	0	E ↓	0	↓	0	
4.3.10 Zmniejszanie emisji VOC z uwalnianej pary wodnej	0	0	0	↓	0	
4.3.11 Optymalne pod względem emisji spalanie odpadów stałych i odzyskiwanie energii	0	E ↓	0	(↑)	↓	
4.3.12 Zastosowanie wystarczająco dużych zbiorników buforowych do magazynowania cieczy gorących lub stężonych	0	0	↓	0	0	Głównie CTMP
4.3.13 Biologiczne oczyszczanie ścieków	↑	E ↑	↓	↓złowność	(↑)	Odpady stałe mogą być spalane
4.3.14 Trzeci stopień oczyszczania ścieków	↑	E ↑	↓	0	(↑)	Odpady stałe mogą być spalane

Uwagi:
↑ = zwiększenie; ↓ = zmniejszenie; 0 = żaden (lub nieistotny) wpływ; (↑) lub (↓) = niewielki wpływ, w zależności od warunków

Tabela 4.14: Przegląd dostępnych technik w wytwórniach mas mechanicznych i chemomechanicznych oraz ich wpływ na środowisko i wyniki fabryki

4.3.1 Ograniczanie emisji z placu drzewnego

Dotychczas brak danych.

Technikę tę uwzględnia się jako istotną w procesie wytwarzania mas mechanicznych, ponieważ drewno przeznaczone do produkcji tych mas musi być chronione przed wysychaniem. W tym celu często stosuje się jego zraszanie.

4.3.2 Korowanie na sucho

Patrz rozdział 2.3.1.

4.3.3 Minimalizacja strat odrzutu poprzez zastosowanie efektywnych operacji jego obróbki

Opis techniki:

W zasadzie istnieją dwie dostępne metody usuwania zanieczyszczeń z masy:

- sortowniki wirowe lub centriklinery, w których oddzielane są cząstki cięższe od włókien,
- sortowniki ciśnieniowe z otworami okrągłymi lub szczelinowymi, w których oddzielany jest materiał ponadwymiarowy.

Odrzuty z centriklinerów i sortowników ciśnieniowych zawierają dużą ilość materiału włóknistego. Jest on odzyskiwany w szeregowych układach kilku sortowników lub centriklinerów. Takie rozwiązanie pozwala zaoszczędzić znaczną ilość surowca i zmniejszyć ładunek zawiesziny w ściekach kierowanych do oczyszczania.

Sortowanie i oczyszczanie masy

W procesie wytwarzania mas mechanicznych operacja sortowania ma inny cel niż w procesie wytwarzania mas celulozowych (chemicznych), gdzie odrzut może być usuwany ze strumienia masy. W tym przypadku chodzi głównie o oddzielenie danego materiału i, po stosownej obróbce, zawrócenie go do głównego strumienia masy. Istnieje wiele specyficznych dla danego zakładu możliwych rozwiązań w tej dziedzinie. Często sortowanie i oczyszczanie odbywa się w układach kaskadowych, które pod względem możliwości sterowania są gorsze od układów sprzężonych do przodu.

Masę oczyszcza się i sortuje w sortownikach ciśnieniowych, i centriklinerach. Sortowniki ciśnieniowe posiadają otwory okrągłe (średnica 1-2 mm) lub szczeliny (0,15-0,35 mm szerokości). Minimalne stężenie masy wynosi 1,3%. Prowadząc sortowanie przy stężeniu masy przyjętej równym 3% można w niektórych przypadkach zmniejszyć zawartość drzazg o 60% w porównaniu z ich zawartością uzyskiwaną w wyniku stosowania konwencjonalnej technologii sortowania – przy niskim stężeniu.

Centriklinery często stanowią uzupełnienie sortowników ciśnieniowych. Odrzut z nich różni się od odrzutu z sortowników; są to sztywne cząstki o małej powierzchni właściwej. Główną wadą centriklinerów jest niskie stężenie masy (0,5-0,7%), co odpowiada objętości wody 150-200 m³/ADt. Większą część tej wody można jednak zawracać do ponownego wykorzystania. Obecnie wiele fabryk powraca do stosowania centriklinerów w linii wytwarzania masy i bierze pod uwagę ich alternatywne stosowanie w papierniach.

Rozwłóknianie odrzutu

W celu zawrócenia odsortowanych i oczyszczonych odrzutów do głównej linii masy poddaje się je rozwłóknianiu pomiędzy wirującymi tarczami rafinującymi. Początkowo w strefie rozbijania zachodzi rozrywanie grubych pęczków na pojedyncze włókna, które następnie, pod wpływem siły odśrodkowej, przechodzą przez wąską szczelinę i podlegają intensywnej obróbce przy wysokim stężeniu masy (30-45%).

Ilość odrzutu może wynosić 20-30%, a zużycie energii około 10-40% całkowitego jednostkowego zapotrzebowania w procesie wytwarzania masy mechanicznej. Aby sprostać wymaganiu sprawnego odzyskiwania i zawracania odrzutu linie technologiczne wytwarzania, TMP winny być przystosowane do rozwłókniania, np. 20% odrzutu wyliczonego z wydajności całej linii masy. Końcowe odrzuty z sortowania i oczyszczania, których nie można zawrócić do linii masy, odprowadza się z wytwórni jako odpady stałe lub spala w kotle.

Ważnym zagadnieniem jest sposób, w jaki odrzuty z sortowania trafiają ponownie do głównej linii masy. W układzie kaskadowym są one zawracane do punktu poprzedzającego miejsce ich odbioru (w przeciwnym kierunku). Przyczynia się to do powstawania dużej objętości cyrkulujących wód szczególnie w układach o wysokich natężeniach przepływu odrzutu. Zaletą układu kaskadowego jest minimalizacja ryzyka wystąpienia zbyt wysokiej zawartości drzazg w strumieniu masy przyjętej.

Możliwość zastosowania i charakterystyka rozwiązania: Dodanie operacji oczyszczania i rozwłókniania odrzutu z sortowania jest możliwe zarówno w nowych, jak i już istniejących fabrykach.

Główne osiągnięcia środowiskowe: Zmniejszenie strat włókien i ilości produkowanego odpadu. Stopień tego zmniejszenia zależy od stanu sprzed wprowadzenia ulepszeń.

Oddziaływanie na procesy i na środowisko: Rozwłóknianie odrzutu zwiększa zużycie energii. Zwykle nie odzyskuje się pary wodnej z młynów do rozwłókniania odrzutu. Z drugiej strony, ponieważ odrzuty przeszły już przez pierwszy bardzo energochłonny stopień rozwłókniania w przypadku zmniejszenia ich strat wystąpi oszczędność energii. Zatem bilans energetyczny netto jest pozytywny. Zmniejsza się ilość odpadów z procesu.

Aspekty ekonomiczne: Koszty inwestycyjne przy zdolności produkcyjnej 700 Adt masy/dobę wynoszą zazwyczaj 0,8-1,1 milionów euro, a koszty eksploatacyjne: 0,3-0,5 mln euro.

Motywacja do wdrożenia tej techniki: Po pierwsze zwiększenie efektywności wykorzystania surowca i energii. Po drugie zmniejszenie trafiającego do oczyszczalni ścieków ładunku zawiesiny ogólnej zwykle odzyskiwanej w zbiorniku sedymentacyjnym.

Instalacje referencyjne: Liczne zakłady w Europie.

Literatura

[CEPI, 1997b]

4.3.4 Minimalizacja ilości odpadów odprowadzanych na składowisko poprzez ich spalanie z odzyskiwaniem energii

Opis techniki: Odrzuty i osady powstające podczas wytwarzania masy i uzdatniania wody, przed ich ostatecznym usunięciem z fabryki lub dalszą obróbką, muszą zostać odwodnione. Odbywa się to w prasach sitowych lub ślimakowych. Celem odwadniania jest usunięcie możliwie jak największej ilości wody. Dostępnych jest kilka różnych rodzajów urządzeń przeznaczonych do tego celu.

- Prasy taśmowe (prasy dwusitowe)
- Prasy ślimakowe
- Wirówki dekantujące

Większość nowych instalacji powstałych w ciągu ostatnich 10-15 lat wyposażono w prasy taśmowe działające niezawodnie i dające rzeczywiście wysoką zawartość suchej substancji: 40-50% przy odwadnianiu osadu włóknistego i 25-40% przy odwadnianiu mieszanego osadu włóknisto-biologiczno/(chemicznego).

Prasy ślimakowe można wykorzystywać w dwojaki sposób: zarówno do zwiększania zawartości suchej substancji (o około 10%) po odwodnieniu na prasie taśmowej, jak i do bezpośredniego odwadniania, kiedy wymagana suchość przewyższa suchość uzyskiwaną na prasie taśmowej.

Odwodnione odrzuty i osady mogą być spalane. Zmniejsza się tym samym ilość odpadów odprowadzanych na składowiska. Dostępne są dwie opcje:

- Spalanie łączne wraz z korą w kotłach korowych.
- Spalanie oddzielne.

Kocioł ze złożem fluidalnym jest obecnie najlepszym urządzeniem do wspólnego spalania, szczególnie osadów o niskiej zawartości suchej substancji, nadającym się szczególnie do zastosowania w nowych instalacjach. Można w nim spalać wyłącznie osad, chociaż powszechniejszą praktyką jest dodawanie paliwa pomocniczego (jak węgiel czy olej). Zapotrzebowanie na paliwo pomocnicze zależy od zawartości suchej substancji i popiołu w osadzie. Generalnie dla zapewnienia spontanicznego palenia zawartość suchej substancji musi wynosić co najmniej 35-40%.

Do oddzielnego spalania osadu z powodzeniem stosuje się także stokery z ruchomym rusztem. Szczegółowe omówienie spalania z odzyskiwaniem energii znajduje się w rozdziale 4.3.11.

Możliwość zastosowania i charakterystyka rozwiązania: Spalanie w kotłach korowych przetestowano i zastosowano w skali przemysłowej w wielu fabrykach. Kotły korowe z rusztem mechanicznym mogą być zastąpione kotłami ze złożem fluidalnym, ale niestety wiążą się z tym znaczne koszty (inwestycja plus postój).

Sprawdzoną technologią jest również spalanie w oddzielnych piecach, ale są to urządzenia zużywające zwykle duże ilości paliwa pomocniczego i nieposiadające części regeneracyjnej, co oznacza, że nie produkują one ani pary wodnej, ani energii elektrycznej.

Do odwadniania osadu z powodzeniem stosuje się wszystkie rodzaje pras.

Od kilku lat obserwuje się zwiększenie zastosowania pras ślimakowych spowodowane wzrostem zainteresowania spalaniem osadów, które muszą mieć wówczas wysokie zawartości suchej substancji. Wiąże się to jednak z dodatkowym kosztem inwestycyjnym.

Główne osiągnięcia środowiskowe: Wybierając odpowiedni sposób postępowania z odrzutem można znacznie zmniejszyć ilość odpadów. Zwykle pozostają tylko popioły z pieców, które można albo wywozić na składowiska, albo używać do innych celów (np. w przemyśle materiałów budowlanych)

Oddziaływanie na procesy i środowisko: Podczas spalania w kotłach korowych można odzyskiwać tę część energii, która przewyższa ilość potrzebną do odparowania odrzutów.

Odwadnianie osadu zwiększa emisje ścieków trafiające zwykle do układu oczyszczania z osadem czynnym. Trzeba się z tym liczyć planując oczyszczalnie ścieków. Podczas spalania osadów ilość wytwarzanej energii zależy od zawartości suchej substancji w odwodnionym osadzie.

Doświadczenia ruchowe: Procesy te stosuje się w nowoczesnych fabrykach od kilku lat. Ze względu na niewielką oszczędność ciepła, w tym ostatnim przypadku, spalanie w kotłach korowych jest powszechniejsze niż w oddzielnych piecach

Aspekty ekonomiczne: Koszty inwestycyjne nowego pieca do spalania osadu i odrzutu wynoszą około 5-7 mln euro, a koszty eksploatacyjne 0,5-0,6 mln euro/rok przy produkcji 700 ADt masy/dobę. Zamiana istniejącego kotła mechanicznego na kocioł fluidyzacyjny może kosztować około 10-15 mln euro, a koszty eksploatacji mogą sięgać 0,3-0,4 mln euro/rok.

Motywacja do wdrożenia tej techniki: Zmniejszenie ilości odpadów odprowadzanych na składowisko.

Instalacje referencyjne: Liczne zakłady w Europie.

Literatura:

[J. Pöyry, 1997b], [J. Pöyry, 1992]

4.3.5 Skuteczne mycie i sterowanie procesem

Ta technika jest istotna głównie w procesie wytwarzania mas chemotermomechanicznych (CTMP).

Opis techniki: Proces mycia podczas wytwarzania CTMP jest w zasadzie podobny do procesu mycia podczas wytwarzania mas celulozowych (chemicznych), ale wymagania stawiane jego efektywności są zwykle niższe. Głównym celem jest oddzielenie od włókien materiału organicznego rozpuszczonego podczas rozwłókniania. Mycie jest często procesem specyficznym dla danej fabryki, odznaczającym się dużą ilością możliwych, alternatywnych rozwiązań, np. w postaci urządzeń myjących, itd.

Mycie masy CTMP jest nieco trudniejsze niż mycie masy celulozowej i wymaga urządzeń o większej wydajności. W praktyce oznacza to potrzebę przeznaczenia większej powierzchni pod urządzenia myjące na jedną tonę masy. Skuteczność mycia, obliczona z ilości odzyskanego materiału organicznego, sięga zwykle 65-70%. Odpowiada to typowemu, jednostopniowemu myciu, które może odbywać się w bębnach myjących, prasach dwusitowych lub prasach ślimakowych.

Po ulepszeniu procesu mycia, tzn. po zainstalowaniu większej liczby ustawionych w szeregu urządzeń myjących możliwa do uzyskania skuteczność mycia wynosi 75-80%. Dodatkowe urządzenia myjące są zwykle takie same, jak w pierwszym stopniu mycia.

Główne osiągnięcia środowiskowe: Ulepszenie procesu mycia umożliwia skoncentrowanie materiału organicznego w tej samej objętości ścieków i zmniejsza jego przenoszenie na maszynę papierniczą. Może to stanowić atut wówczas, gdy te stężone ścieki oczyszcza się oddzielnie, bez łączenia ich ze ściekami z papierni, np. metodą anaerobową.

Oddziaływanie na procesy i środowisko: Brak zasadniczych oddziaływań na procesy i środowisko.

Doświadczenia ruchowe: Ulepszony proces mycia jest stosowany tylko w kilku zintegrowanych fabrykach na świecie.

Aspekty ekonomiczne: Typowe koszty inwestycyjne wynoszą 3-5 mln euro w nowych fabrykach i 2-3 mln euro w istniejących fabrykach produkujących 700 ADt masy/dobę. Nie przewiduje się żadnych istotnych dodatkowych kosztów.

Motywacja do wdrożenia tej techniki: Ulepszony proces mycia może stworzyć lepsze warunki dla ewentualnego zastosowania anaerobowej metody oczyszczania części ścieków z wytwórni CTMP.

Instalacje referencyjne: Kilka zakładów w Europie i Ameryce Północnej.

Literatura:

[CEPI, 1997b], [J. Pöyry, 1997b]

4.3.6 Recykulacja wody w wytwórni masy i w papierni

Opis techniki: Stopień recykulacji wody wewnątrz procesu technologicznego wytwarzania masy w dużym stopniu zależy od przydatności określonej frakcji wody do ponownego użytku i od dozwolonego poziomu zanieczyszczeń gromadzących się w procesie. W każdym przypadku muszą istnieć punkty spustowe do kanałów ściekowych służące odprowadzaniu zanieczyszczeń, do oczyszczalni ścieków. W fabrykach niezintegrowanych do uzupełniania ubytków wody używa się wody świeżej. W fabrykach zintegrowanych większą część zapotrzebowania na wodę pokrywa woda podsitowa z maszyny papierniczej.

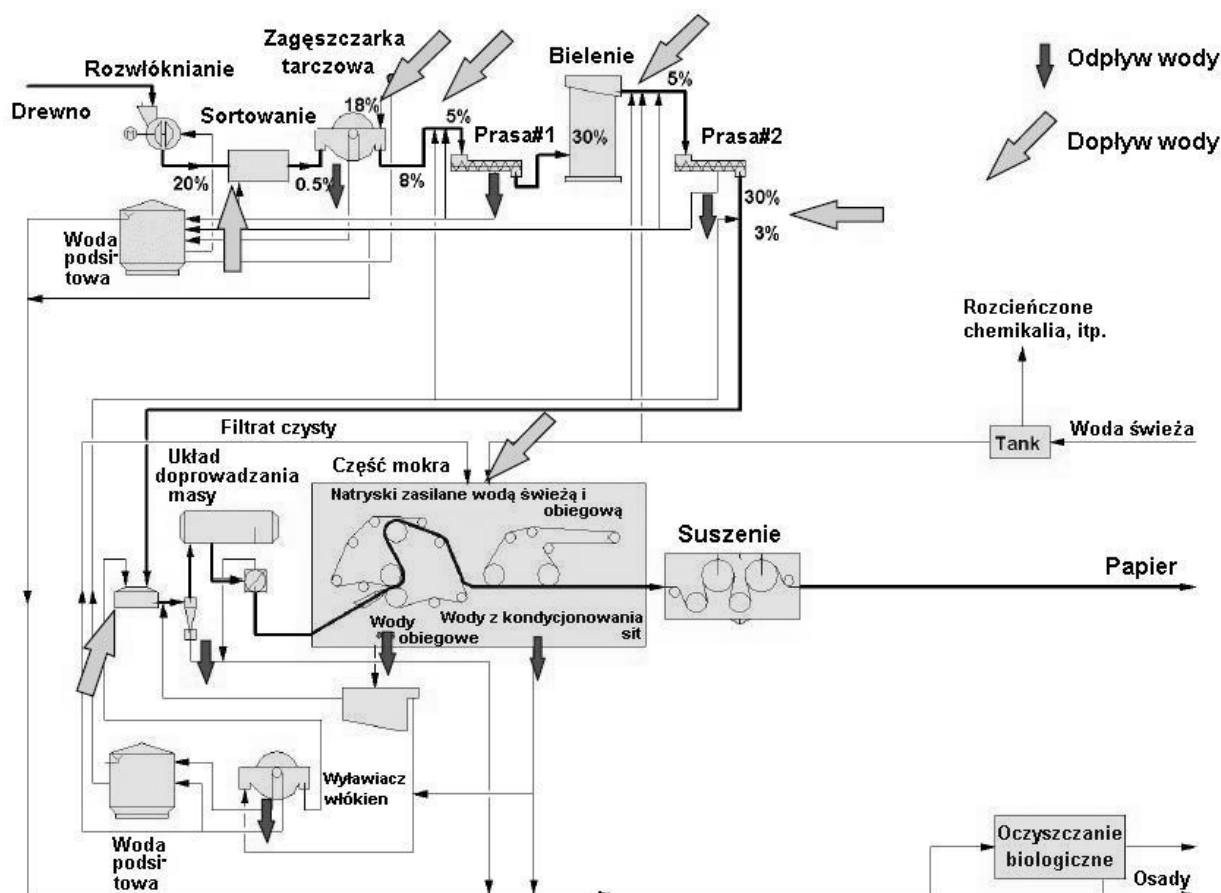
W obrębie procesu wytwarzania masy mechanicznej kandydatami do strumienia powrotnego są rozmaite filtry, odcieki z pras i podobne odcieki pochodzące z obróbki zrębków lub masy oraz mętna bądź klarowna woda podsitowa z wyławiaczy włókien. Zgodnie z ich przydatnością te strumienie trafiają do stosownych miejsc. Odpowiedni stopień recyklingu wody w procesie wytwarzania masy zależy od wielu czynników. Niepożądane substancje gromadzące się w strumieniach powstają podczas wstępnej obróbki drewna lub zrębków, podczas mielenia i bielenia, a także w fabrykach zintegrowanych, są przynoszone z dopływającym przeciwnie do strumienia wody podsitowej z maszyny papierniczej.

W tych miejscach procesu, w których tworzą się substancje rozpuszczone występuje również konieczność rozcieńczania w celu skutecznego usunięcia niepożądanych związków z drewna lub masy. W przeciwnym razie są one przenoszone do następnych stadiów procesu wpływając nań niekorzystnie. Ze względów ekonomicznych korzystniejsze jest odprowadzanie wody bardziej klarownej zamiast mętnej, bo zapewnia to większy stopień zatrzymania włókien w masie. Ale wiąże się to również z zatrzymaniem większej ilości niechcianych substancji żywicznych. Wskazuje to na konieczność podejmowania kompromisowych decyzji przy rozważaniu zagadnienia odprowadzania i zwracania wody. O wyborze właściwego rozwiązania w zakresie ponownego użycia wody decyduje, np. barwa wody produkcyjnej, jej pH, zawartość substancji rozpuszczonych i zawiesiny, a także pozostałości środków chemicznych, dodawanych podczas wytwarzania masy, a mogących wywoływać niepożądane reakcje chemiczne lub przyczyniać się do wzrostu zużycia chemikaliów.

Zasady postępowania w dążeniu do zmniejszenia zużycia wody i do ponownego jej wykorzystywania:

- Stosowanie przeciwprądowego przepływu wody, tam gdzie jest to możliwe
- Polepszenie odzyskiwania włókien poprzez odprowadzanie ścieków klarownych zamiast mętnych i (w fabrykach zintegrowanych) wykorzystanie nadmiaru wody podsitowej z pielni
- Dostosowanie objętości zbiorników wyrównawczych do zmiennych potrzeb wynikających z fluktuacji w trakcie prowadzenia procesu czy też przy jego uruchamianiu bądź zatrzymywaniu
- Przed skierowaniem masy do suszenia (lub na maszynę papierniczą) poddawanie jej zagęszczaniu do wysokich stężeń, co jest rozwiązaniem efektywnym zarówno w fabrykach niezintegrowanych, jak i zintegrowanych, choć z nieco różnych powodów
- Zasilanie natrysków do czyszczenia urządzeń wodą sklarowaną, a także jej ewentualne wykorzystanie jako wody do spłukiwania.

Na rysunku 4.8 przedstawiono główne odpływy i dopływy wody w zintegrowanej fabryce masy mechanicznej i papieru. Jak pokazano na rysunku, woda świeża wprowadzana jest w procesie wytwarzania papieru głównie za pośrednictwem natrysków w części formującej i części prasowej maszyny papierniczej, po czym pod prąd trafia do rozmaitych operacji mycia i rozcieńczania. Obiegi wodne są wyraźnie rozdzielone poprzez stopnie zagęszczania, po których masa jest rozcieńczana pewną ilością świeżej wody w celu wyregulowania jej stężenia. Masa jest również rozcieńczana czystą wodą zanim trafi do układu doprowadzającego na maszynę papierniczą.



Rysunek 4.8: Główne odpływy i dopływy wody w zintegrowanej fabryce masy mechanicznej i papieru z tej masy [Edelmann, 1997]

Możliwość zastosowania i charakterystyka rozwiązania: W istniejących fabrykach można zwiększyć stopień recykulacji wody. W nowych fabrykach wiele opisanych koncepcji znajduje skuteczne zastosowanie.

W celu uniknięcia negatywnego wpływu zarówno na sam proces, jak i na produkt, musi zostać przeprowadzona ocena przydatności określonych strumieni do określonych celów. W fabrykach już pracujących może wystąpić potrzeba skorygowania pojemności zbiorników do masy i do wody podsi-towej, tak aby zminimalizować zużycie świeżej wody uzupełniającej i ilość odprowadzanych ścieków.

Ponieważ w trakcie procesu roztwarzania mechanicznego wraz ze stopniem zamknięcia obiegu wodnego wzrasta temperatura wody, w istniejących fabrykach mogą powstawać problemy w procesie bielenia i w eksploatacji urządzeń pomocniczych, takich jak pompy odśrodkowe. Dlatego konieczna jest również ocena bilansu energetycznego.

Główne osiągnięcia środowiskowe: W efekcie skutecznego zamknięcia obiegów wodnych, co w przypadku fabryk zintegrowanych oznacza również ponowne użycie w przeciwnym kierunku wody podsi-towej z maszyny papierniczej, zmniejszają się ilości ścieków i straty włókien. Stopień zmniejszenia zużycia wody zależy od rodzaju wytwarzanego papieru/tektury.

Monitorowanie emisji: Zaleca się monitorowanie on-line natężenia przepływu ścieków i laboratoryjne monitorowanie zawartości substancji rozpuszczonych i zawiesiny, pH, temperatury, i zawartości substancji organicznych jako BZT₅ lub ChZT. Również można zastosować miernik on-line do pomiaru zmętnienia (zawartości zawiesiny).

Oddziaływanie na procesy i środowisko: W rezultacie skutecznego zamknięcia obiegu wody w wytwórni masy zwiększa się ilość zatrzymanych w masie materiałów rozpuszczonego lub koloidalnego. W celu uniknięcia ewentualnych problemów na maszynie papierniczej, np. zrywów wstęgi papieru i zmian retencji lub odwadnialności wstęgi w części mokrej tej maszyny może zachodzić konieczność podjęcia tam działań kompensujących.

Doświadczenia ruchowe: Omówione zasady postępowania mogą być wdrożone w procesie wytwarzania masy bez żadnego wpływu lub z niewielkim negatywnym oddziaływaniem na proces.

Aspekty ekonomiczne: Ponieważ większość wytwórni mas mechanicznych to wytwórnie zintegrowane z produkcją papieru, rozwiązania pozwalające zwiększyć stopień ponownego wykorzystania wody skutkują zwykle redukcją zużycia wody zarówno w procesie wytwarzania masy, jak i w procesie wytwarzania papieru.

Koszty inwestycyjne w zintegrowanej fabryce produkującej rocznie 700 ADt masy przy założeniu zmniejszenia zużycia wody świeżej z 20 m³ do 10 m³ wynoszą około 10-12 mln euro.

Motywacja do wdrożenia tej techniki: Kluczowym elementem w propagowaniu tego wdrożenia jest redukcja natężenia przepływu ścieków i zmniejszenie ładunku zawiesiny. Ścieki o wyższym stężeniu można oczyszczać bardziej skutecznie przy niższych kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

Instalacje referencyjne: Efektywna recyrkulacja wody jest stosowana w licznych nowoczesnych fabrykach na świecie. Istnieje również wiele starych fabryk, które wprowadziły wybrane elementy z wymienionych rozwiązań.

Literatura:

[CEPI, 1997b], [Edelmann, 1997]

4.3.7 Oczyszczanie ścieków z wytwórni CTMP. Zamykanie obiegów wodnych z zastosowaniem odparowywania i spalania koncentratów

Opis techniki: Istnieje kilka sposobów obróbki ścieków z wytwórni CTMP:

- Oczyszczanie biologiczne metodą osadu czynnego, w jednym lub dwóch stopniach, z użyciem lub bez użycia obróbki chemicznej (patrz rozdz. 4.3.13). Obecnie metoda osadu czynnego jest najpowszechniejszą ze stosowanych metod i bardzo skuteczną, jeśli jest prawidłowo zaprojektowana. Pozwala łatwo uzyskać redukcję BZT rzędu 98%, a ChZT – 85%. Wadą tej metody jest dość wysokie stężenie pożywek w ściekach. Dlatego niektóre wytwórnie CTMP musiały wprowadzić dodatkowo obróbkę chemiczną (patrz 2.3.14).
- Wewnętrzne oczyszczanie chemiczne wody odciekowej z pierwszego stopnia mycia plus oczyszczanie biologiczne z użyciem osadu czynnego reszty ścieków. W jednej z wytwórni CTMP zastosowana obróbka chemiczna tej wody odciekowej umożliwia następnie usunięcie substancji ekstrakcyjnych i frakcji drobnej w stopniu flotacji.

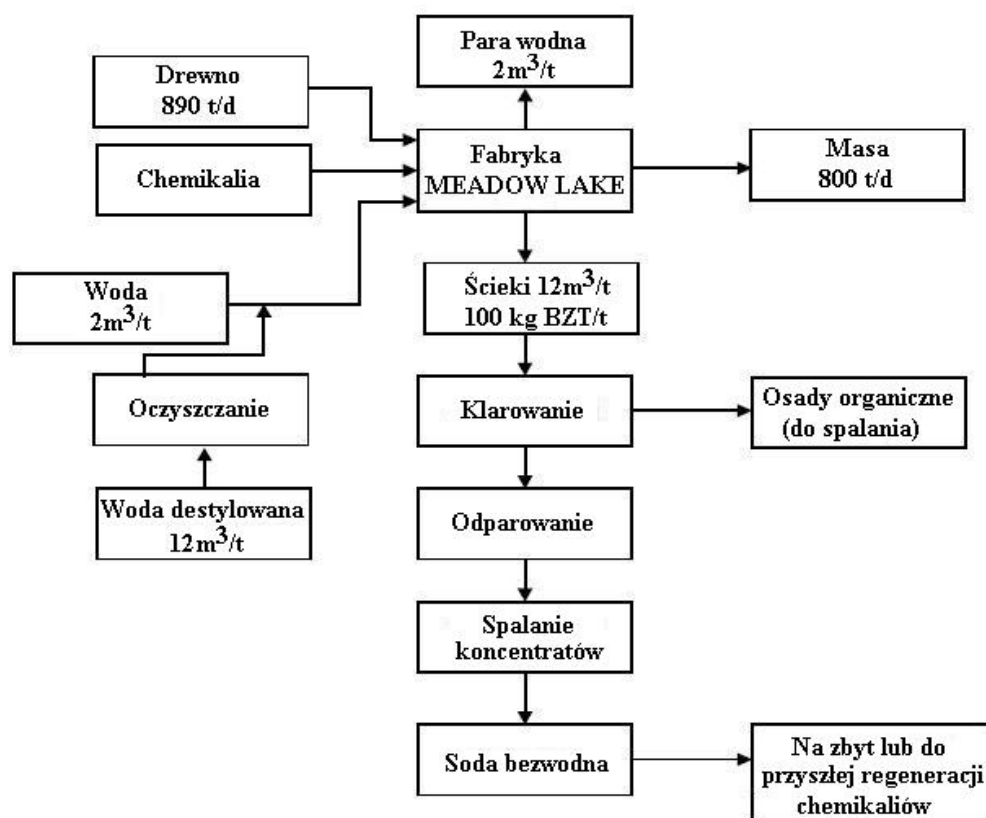
Jednocześnie, zgodnie z przekazaną informacją, następuje zmniejszenie ChZT o 40-50%. Wadą tej metody są dość wysokie koszty chemikaliów.

- Kombinacja metod oczyszczania biologicznego - anaerobowej i aerobowej. Tę technikę stosuje jedynie szwedzki zakład (SCA, Östrand). Oczyszczanie metodą anaerobową nie jest powszechniej stosowane ze względu na jej dużą wrażliwość na zakłócenia (patrz 3.3.6 i 5.3.5).
- Odparowywanie najbardziej zanieczyszczonych ścieków i spalanie pozostałości plus oczyszczanie biologiczne reszty. Do odparowywania ścieków skonstruowano nową wyparkę (patrz 4.5.1) – Zedivap. Jest to nowa technika odparowania. Pierwsze takie urządzenie pracuje obecnie w szwedzkiej fabryce CTMP i jest w fazie optymalizacji. Koncentrat będzie spalany w kotle sodowym, w pobliskiej celulozowni siarczanowej. Technika odparowania jest najbardziej przydatna wówczas, gdy występuje konieczność zwiększenia zdolności produkcji masy i biologiczna oczyszczalnia ścieków staje się zbyt mała. Kondensat z takiego oddziału wyparok może być używany w wytwórni CTMP w charakterze wody produkcyjnej znacznie zmniejszając zużycie wody świeżej. Odparowanie jest również najlepszym rozwiązaniem wówczas, gdy rozpatruje się konieczność wprowadzenia trzeciego stopnia oczyszczania, to jest w takich przypadkach, gdy konieczne jest obniżenie stężenia pożywek w ściekach.
- Możliwe jest również odparowywanie całości ścieków i spalanie koncentratów w kotle regeneracyjnym. Efektem tego jest zerowy zrzut ścieków ciekłych. Nowo wybudowana fabryka firmy Millar Western Pulp (Meadow Lake) Ltd. w Saskatchewan w Kanadzie, od 1992 r. produkująca rocznie 240.000 t białej masy CTMP, nie posiada rurociągu do odprowadzania ścieków. Wytwórnia CTMP przetwarza drewno osikowe metodą alkaliczno-nadtlenkową (APP), na najwyższej jakości masy rynkowe do produkcji bibułki tissue i papieru do pisania. Jej bezściekowy układ wodny opisano poniżej, ponieważ zawiera on liczne innowacje stanowiące przedmiot zainteresowania całego sektora. Rozwiązanie to otwiera drzwi innym fabrykom w sytuacji, gdy odbiorniki wodne nie są w stanie efektywnie przyjmować zrzutów przemysłowych.

System recyklingu wody w Meadow Lake składa się z sześciu operacji jednostkowych, pokazanych na rysunkach 4.9 i 4.10.

- Usuwanie zawiesiny (wyławiacz Krofta z włączeniem opcji stosowania osadników)
- Odparowanie w wyparce MVR (Mechanical Vapour Recompression – mechaniczna dekompresja pary), o wydajności 1,5 razy większej od projektowanego natężenia przepływu (dla zapewnienia elastyczności i nadrobienia zaległości)
- Zateżnienie w koncentratorach ogrzewanych parą wodną
- Spalanie koncentratu
- Oczyszczanie destylatu przeznaczonego do użytku ogólnego w fabryce
- Oczyszczanie jeziornej wody uzupełniającej

Jak widać na rysunku 4.9, jedyną wodą wymagającą zastąpienia jest ta, której ubytki nastąpiły w trakcie odparowania i wynoszą około $2 \text{ m}^3/\text{Adt}$.



Rysunek 4.9: System recyklingu wody w wytwórni CTMP Meadow Lake

W celu zamknięcia obiegu wody i wyeliminowania ścieków zastosowano technologię odparowania [Evans, 1992]

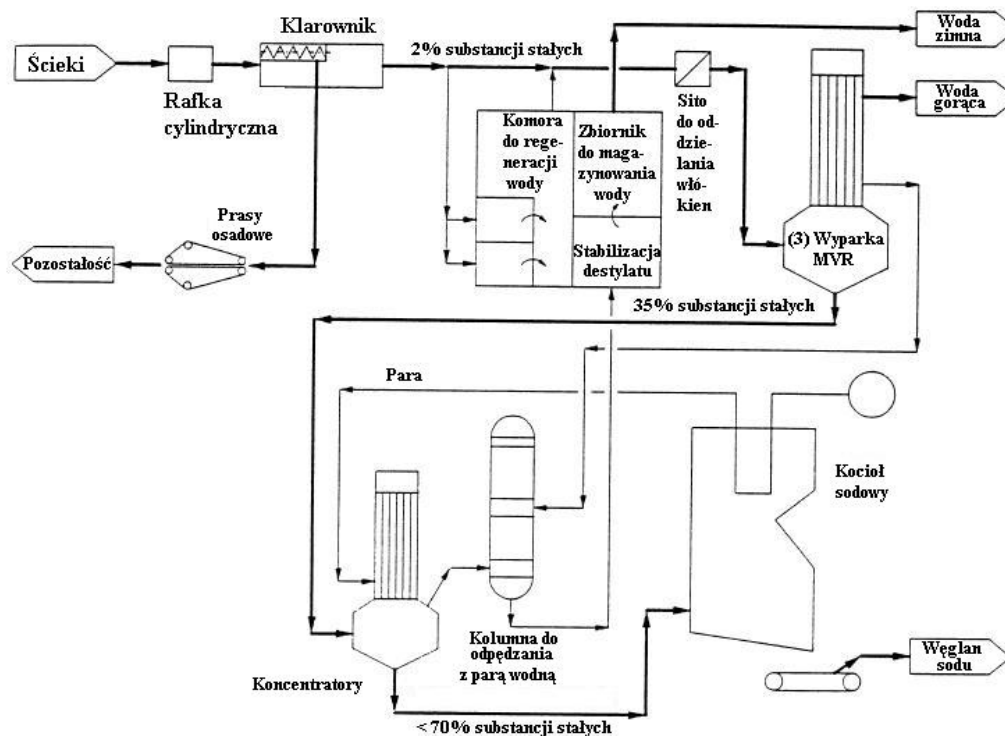
Rysunek 4.10 przedstawia koncepcję obróbki ścieków wraz z głównymi przepływami wody poprzez różne stadia oczyszczania.

Wszystkie strumienie wody produkcyjnej są pompowane do pierwszego stopnia oczyszczania, w którym następuje usuwanie zawiesiny. Wychwycone części stałe poddaje się odwadnianiu i spalaniu. Woda sklarowana może być magazynowana w zbiornikach zewnętrznych stanowiąc rezerwę dla wywarek.

Woda sklarowana dostarczana jest do wywarek MVR, w których stężenie całkowitej substancji suchej wzrasta z 2,5% do 35%. Destylat z wywarek MVR poddawany jest segregowaniu na frakcje w celu ochrony czystego destylatu przed zanieczyszczeniem. Czysty destylat stanowi 85% całego produkowanego destylatu. Ta frakcja destylatu, która zawiera najwięcej lotnych związków organicznych przechodzi przez płuczkę parową. Wyłapane w niej substancje organiczne spalane są w kotle regeneracyjnym. Większość destylatów z wywarki o temperaturze 65°C może być użyta bezpośrednio w celulozowni. Jeśli potrzebna jest woda o temperaturze 20-30°C, wówczas część destylatu poddawana jest chłodzeniu, zaś małe ilości lotnych związków organicznych usuwane są w biologicznym stawie utleniającym.

Koncentraty z wywarek MVR poddawane są zateżnieniu do 70% suchej substancji w dwóch napędzanych parą koncentratorach i spalane w kotle do regeneracji chemikaliów.

Stop z paleniska schładza się na przenośniku, poddaje sodyfikacji i odprowadza do zbiornika.



Rysunek 4.10: Koncepcja procesu bezściekowego
[Ward, 1993]

Możliwość zastosowania i charakterystyka rozwiązania: Zamknięcie obiegu wody w wytwórni CTMP jest możliwe zarówno w nowych, jak i już istniejących fabrykach. Ograniczeniem jest wysoki koszt kapitałowy oddziału wyparek i ewentualnego oddziału regeneracji (jak w Meadow Lake). Opisana koncepcja została zrealizowana w nowo powstałej fabryce. Wymaga ona dużo wolnego miejsca, którego w istniejących fabrykach często nie ma. To rozwiązanie będzie zależało od lokalnych warunków. Mogą wystąpić różnice między wytwórniami rynkowych mas CTMP i wytwórniami zintegrowanymi. W przypadku zastosowania wyparek musi zostać zmodyfikowany proces bielienia, ponieważ nie będzie można stosować, np. krzemianu sodu, ze względu na powstawanie kamienia kotłowego.

Główne osiągnięcia środowiskowe: Brak zrzutów (ścieków) do wody.

Monitorowanie: W obiekcie bezściekowym monitorowanie procesu i urządzeń jest sprawą najwyższej wagi. Istnieją różne programy sprawdzające dynamiczne monitorowanie prędkości zanieczyszczenia i korozji oraz system zarządzania jakością z certyfikatem ISO 9002. Skrupulatną obserwację obiektu uzupełnia laboratorium analityczne. Jednym z przykładów jest program monitorowania metali, który śledzi jony metali w układzie i pozwala przeciwdziałać korozji, zanieczyszczeniu i osadzaniu kamienia kotłowego.

Oddziaływanie na procesy i środowisko: Brak informacji na temat bilansu energetycznego w porównaniu z układem konwencjonalnym. Obieg odpadów stałych nie jest jeszcze zamknięty, ale dotyczy to również układów konwencjonalnych. Żadne inne oddziaływania na procesy i środowisko nie są znane.

Skutki eksploatacyjne: System zwracania wody pozwala na uniknięcie strat w procesie wytwarzania masy i nie wywiera żadnego negatywnego wpływu na jakość masy. Firma opracowała pewne wyjątkowe metody udziału załogi w decyzjach kierownictwa. Niezwykle

istotnym elementem udanego rozruchu w Meadow Lake było szkolenie. Nowi pracownicy przed próbą rozruchu uczestniczyli w minimum trzymiesięcznym instruktażu, w wyznaczonych dla nich miejscach pracy. Prowadzony na bieżąco trening rozwijający umiejętności pozwala utrzymać pracowników w czołówce praktyków. Osiągnięcie wysokiego poziomu bezpieczeństwa pracy spowodowało, pomimo kosztów, wysokie zaangażowanie załogi w ten istotny program, co z kolei pozwala utrzymać wysokie morale i niskie składki ubezpieczeniowe. Zwykle są to małe zespoły ludzi przeszkolonych i upoważnionych do dokonywania korzystnych zmian w procesie.

Aspekty ekonomiczne: Koszty eksploatacyjne tego systemu są konkurencyjne w stosunku do konwencjonalnych systemów oczyszczania wody i ścieków z wytwórni białej masy CTMP. Po okresie optymalizacji koszty eksploatacyjne obróbki ścieków w Meadow Lake są obecnie niższe, niż koszty konwencjonalnego oczyszczania w drugim stopniu. Jednakże w fazie początkowej niezbędne są wysokie nakłady inwestycyjne: na nadmiarową wyparkę i tolerancyjnie zwymiarowany oddział regeneracji oraz zapasowe pojemności zbiorników do magazynowania ścieków (na 3 dni). Atrakcyjność oferty likwidacji zrzutu ścieków rośnie wraz z możliwościami odzyskiwania chemikaliów i energii, prowadzącymi do zmniejszenia kosztów produkcji i amortyzacji kosztów kapitałowych. Nie ma dostępnych danych na temat kosztów jednostkowych. Zmiany w przepisach dotyczących ścieków nie odnoszą się do fabryk bezściekowych, co jest korzystne ze względów ekonomicznych.

Motywacja do wdrożenia tej techniki: Miejsce – Meadow Lake - wybrano przede wszystkim z powodu bliskości źródła zaopatrzenia w surowiec włóknisty, infrastruktury i ludzi, chociaż trudno tu o wodę, a możliwy odbiornik ścieków jest mały. Na dodatek z powodu suchego klimatu i surowych zim woda w rzece czasami zamarza. Konwencjonalny system oczyszczania ścieków wymagałby drażenia studni dostarczających dostateczną ilość wody do rozcieńczania odprowadzanych ścieków i utrzymywania całorocznego strumienia w rzece. Było to rozwiązanie nie do zaakceptowania przez właścicieli firmy, dlatego podjęto decyzję o zastosowaniu technologii bezściekowej. Trzeba stwierdzić, że marketing masy „bezściekowej” jest pozytywnie odbierany przez konsumentów wyczulonych na sprawy ochrony środowiska.

Instalacje referencyjne: Przykładami są Meadow Lake i Chetwynd w Kanadzie. Stora Fors w Szwecji uruchomiła oddział wyparek dla części ścieków.

Literatura:

[Ward, 1993], [Evans, 1991], [Evans, 1992], [Eevans, 1993], [Fromson, 1993], [Sweet, 1993]

4.3.8 Zastosowanie wspólnego wytwarzania (kogeneracji) ciepła i elektryczności

Patrz podrozdział 5.3.9. Niezależnie od tego czy kogeneracja jest, czy też nie jest najlepszą dostępną techniką (BAT), jej wprowadzenie zależy od bilansu energetycznego fabryki i od tego, w jaki sposób jest wytwarzana elektryczność pobierana z sieci. Może być trudno porównać hydroelektrownię, elektrownię atomową i elektrownię zasilaną węglem, olejem, gazem czy biopaliwem.

4.3.9 Odzyskiwanie ciepła z młynów

Dotychczas brak informacji.

4.3.10 Zmniejszenie emisji VOC z uwalnianej pary wodnej

Dotychczas brak informacji.

4.3.11 Optymalne pod względem emisji spalanie odpadów stałych i odzyskiwanie energii

Opis techniki: W wytwórniach mas mechanicznych przeważnie zintegrowanych z wytwórniami papieru powstaje wiele odpadów stałych, takich jak np.: kora, resztki drewna, odpadowe osady z masy i odrzuty z sortowania, które są przeznaczone do usunięcia. Kora może być użyta jako paliwo w fabrycznym kotle pomocniczym, ale osady tradycyjnie wywożone są na składowisko. Oplacalną alternatywą składowania, które staje się operacją kosztowną i coraz bardziej limitowaną, jest spalanie tych osadów odpadowych. Dlatego konieczne jest zastosowanie technik spalania, które są przyjazne dla środowiska, to znaczy zapewniają minimalne emisje pyłów, SO₂ i NO_x.

Ponieważ osady są odpadem o niższej wartości opałowej niż typowe paliwa stałe, takie jak kora lub drewno, dlatego ich spalanie rzadko odbywa się w kotłach przeznaczonych wyłącznie dla nich.

W praktyce fabryki stosujące korę, drewno, torf lub węgiel do wytwarzania pary i prądu, uzyskują efektywność ekonomiczną spalając w tych samych kotłach osady z wytwórni masy i z papierni razem z paliwami stałymi o wysokiej wartości opałowej. Należy również podkreślić, że osady, których stężenie nie przekracza 50%, a zawartość popiołu nie jest niska, zawsze wymagają dodatku paliwa pomocniczego.

Przyjazna dla środowiska i najbardziej odpowiednia do spalania osadów i odrzutów technologia jest taka sama, jak przy spalaniu drewna, kory i torfu. Istnieją jednak pewne specyficzne cechy odróżniające przygotowanie i spalanie osadu.

Stosowane są kotły wytwarzające parę wodną, która może zostać użyta bezpośrednio - jako para technologiczna do ogrzewania i suszenia albo może być wykorzystana do produkcji energii elektrycznej. Jednakże kiedy kocioł jest mały, a jego głównym przeznaczeniem jest likwidacja osadu przy minimalnym zużyciu paliwa pomocniczego, nie może on ekonomicznie wytworzyć niczego innego oprócz pary wodnej o niskim ciśnieniu, nadającej się do celów grzewczych w procesie technologicznym i do ogrzewania budynków.

Sprostanie wymaganiom ochrony środowiska przy spalaniu osadów z wytwórni masy i papieru wymaga zastosowania właściwego kotła, i czasami szeregu wstępnych obróbek paliwa.

Do spalania osadów można wykorzystywać zarówno konwencjonalne kotły z rusztem mechanicznym, jak i kotły ze złożem fluidalnym. Technologia złoża fluidalnego jest bardziej uniwersalna, bardziej wydajna i nisko emisyjna.

Wartość opałowa kory usuwanej na mokro czy torfu o wilgotności 40-60% wynosi 4.5-10,5 MJ/kg. Mechanicznie odwadniane osady posiadają niższą wartość opałową rzędu 2,5-6,0 MJ/kg ze względu na często wyższą wilgotność i zawartość popiołu. Wartość opałowa suchego odpadu z wytwórni masy może sięgać 20 MJ/kg. Im wyższa jest wilgotność paliwa, tym niższa całkowita efektywność ekonomiczna kotła i znacznie trudniejsze warunki eksploatacji. Kocioł ze złożem fluidalnym jest mniej wrażliwy na wilgotność paliwa niż kocioł konwencjonalny. Ponieważ niektóre osady z papierni często zawierają 20-30% popiołu, a w najgorszym przypadku - 60% (odpady z odbarwialni makulatury) ich spalanie w kotłach mechanicznych może powodować problemy eksploatacyjne (np. zapychanie się rusztów). Duże ilości popiołu mogą powodować także spadek sprawności układu ze złożem fluidalnym, ale w znacznie mniejszym stopniu. Im mniejszy udział popiołu lub osadu, tym spalanie przebiega sprawniej.

Zasadnicza różnica między techniką spalania na ruszcie i w złożu fluidalnym polega na sposobie przekazywania ciepła. Podczas spalania na ruszcie cząstki paliwa ogrzewane są głównie poprzez promieniowanie. W związku z tym bardzo ważnymi parametrami są temperatura i czas spalania, zaś sprawność układu może z łatwością spadać przy wzroście wilgotności paliwa. Wahania suchości osadu na wejściu do kotła mechanicznego powodują problemy w utrzymaniu sprawności spalania, ponieważ spada temperatura. W kotłach ze złożem fluidalnym głównym sposobem przekazywania ciepła jest przewodzenie, które przy pomocy fluidalnego złoża piaskowego wewnątrz kotła stabilizuje pojemność cieplną układu, przez co jest on mniej czuły na wahania wilgotności i wartości opałowej paliwa.

Spalanie w kotle ze złożem fluidalnym odbywa się zwykle w temperaturach 750-950°C, to jest niższych niż podczas spalania na ruszcie. Wpływa to korzystnie na zmniejszenie emisji gazowych. Ponadto w układach ze złożem fluidalnym obserwuje się nieco większe przenikanie ciepła na jednostkę powierzchni.

Istnieją dwa podstawowe typy układów ze złożem fluidalnym: Kotły BFBC (ze złożem barbotowanym) i kotły CFBC (ze złożem cyrkulującym).

W kotłach BFBC fluidalne złożo piaskowe utrzymywane jest w dolnej części kotła poza niewielką częścią umykającą ze złoża. Ta frakcja wraz z ewentualnymi niedopałkami jest odzyskiwana w cyklonie i zawracana do złoża. W kotłach CFBC złożo piaskowe unosi się powyżej pierwszej części wymiennika ciepła, po czym w dużym cyklonie piasek jest oddzielany od gazów spalinowych i zawracany na spód złoża.

Z punktu widzenia sprawności obie technologie są dobre. Jednakże, jeśli paliwo zawiera dużą ilość węgla, lepszy jest typ ze złożem cyrkulującym, ponieważ zapobiega nadmiernej koncentracji ciepła wytwarzanego w złożu podczas spalania węgla.

Wartość opałową osadu i całkowite rezultaty spalania można poprawić poprzez zastosowanie ulepszonej metody odwadniania, np. z wykorzystaniem prasy ślimakowej. W przypadku, gdy zawartość popiołu nie przewyższa 30%, suchość powinna wynosić 45%, w przeciwnym wypadku powinna być wyższa. Na przykład, przy zawartości popiołu 50%, suchość powinna sięgać 65-70%. W sytuacji, gdy ilość osadu jest duża i jego udział w całym paliwie przewyższa 30% ekonomicznym rozwiązaniem może być granulowanie lub brykietowanie osadu zwiększające dostatecznie ciężar objętościowy i ułatwiające jego spalanie. Osad może być podawany na przemian z innymi paliwami stałymi lub jako dodatek po uprzednim podgrzaniu. Do suszenia pośredniego wykorzystuje się parę wodną o niskim lub średnim ciśnieniu wytwarzaną w fabryce. Mogłaby ona, w najlepszym razie, być w dalszym ciągu wykorzystywana gdzie indziej jako para o niższym ciśnieniu.

W metodzie suszenia bezpośredniego jako źródło ciepła wykorzystuje się gazy spalinowe.

Polepszenie całkowitej sprawności spalania zależy od okoliczności. Można je uzyskać w wyniku

uprzedniego obniżenia wilgotności pewnych paliw stałych poprzez mechaniczne odwodnienie spalanych materiałów lub poprzez ich wysuszenie za pomocą ciepła. Generalnie, przy początkowej wilgotności paliwa w zakresie 45-50%, zwiększenie jego suchości do 55-60% pozwalało na 10-15% polepszenie wydajności cieplnej. Należy podkreślić, że im wyższa jest wilgotność paliwa wprowadzanego do kotła, tym większa jest ilość powstających gazów spalinowych.

Emisje z kotłów ze złożem fluidalnym mogą w większym stopniu sprostać ostrym wymaganiom niż emisje z kotłów z rusztem. Układy ze złożem fluidalnym zapewniają zwalczanie na miejscu emisji SO_2 i NO_x , a w dodatku są prostsze i sprawniejsze niż kotły rusztowe.

Do ograniczania emisji SO_2 przyczynia się zawarta w popiele pewna ilość wapnia, który wiąże zawartą w paliwie siarkę. Dodatkową redukcję tego związku uzyskuje się w wyniku wtryskiwania wapnia do kotła tak, aby stosunek wapń:siarka pozostawał w zakresie 1-3. Wysoka nadwyżka wapnia zapewnia usuwanie 80-95% siarki z gazów i przeniesienie jej do popiołu. W kotłach CFBC ilość ta jest wyższa. Optymalne wychwytywanie siarki zachodzi w temperaturze spalania około 850°C. Wadą metody wtryskiwania wapnia jest zwiększona ilość popiołu.

W kotłach rusztowych nie istnieje skuteczny, wewnętrzny sposób ograniczania emisji SO_2 .

Możliwe jest również zastosowanie metod usuwania siarki i SO_2 na zewnątrz kotła. Dostępne są metody oczyszczania na mokro i półmokro, w których do związania siarki wykorzystuje się alkaliczną ciecz myjącą, a także metody oczyszczania na sucho. Te ostatnie metody są najmniej skuteczne.

Niższe emisje NO_x z kotłów ze złożem fluidalnym wynikają przede wszystkim z niższej temperatury spalania. Można je jeszcze zmniejszyć dzięki zastosowaniu palników o niskiej emisji NO_x .

Może być konieczne rozwiązanie kompromisowe między zmniejszeniem SO_2 i NO_x . Na przykład emisje NO_x mają tendencję wzrostową wraz ze wzrostem nadmiaru wapnia w kotle. Ponadto minimalna ilość NO_x tworzy się wówczas, gdy spalanie przebiega w temperaturze około 960°C, podczas gdy optimum usuwania SO_2 za pomocą wtryskiwania wapnia osiąga się w niższych temperaturach.

Emisje CO i węglowodorów można utrzymać na nieznacznym poziomie poprzez unikanie przeciążania kotła i utrzymywanie nadmiaru tlenu do spalania.

Emisje pyłów skutecznie ogranicza elektrofiltr; jeśli jest dobrze zaprojektowany może zapewnić prawie całkowite zatrzymanie cząstek stałych zawieszonych w gazie.

Możliwość zastosowania i charakterystyka rozwiązania: Instalację lub ulepszenie kotłów ze złożem fluidalnym do spalania resztek drewna lub odpadów stałych można przeprowadzić zarówno w istniejących, jak i w nowych fabrykach. Kotły te przewyższają kotły rusztowe pod względem możliwości sterowania procesem spalania, a także przystosowywania do rodzaju paliwa stałego i wahań jego jakości.

Ulepszenia kotłów rusztowych, skojarzone z modernizacją układu odzyskiwania ciepła i oczyszczania gazów spalinowych mogą poprawić ich wyniki ekonomiczne i ekologiczne, ale nie do poziomu uzyskiwanego dla kotłów ze złożem fluidalnym.

W przypadku, gdy znaczną część paliwa dla kotła stanowi osad, wydajność cieplna netto jest niska. W fabrykach, w których do wytwarzania pary lub elektryczności używane są również inne

paliwa stałe, lepszą sprawność procesu spalania osadu uzyskuje się wówczas, gdy stanowi on mniejszość we wsadzie paliwowym.

Główne osiągnięcia środowiskowe: Emisje z nowoczesnych kotłów ze złożem fluidalnym spalających osady z wytwórni masy i osady odpadowe wraz z paliwem pomocniczym mogą być skutecznie ograniczane i optymalizowane. Różnorodność używanych paliw lub ich kombinacji, stosowanie dodatkowych metod regulacji w kotłach i wielość sposobów wyrażania prawnych ograniczeń (limitów) emisji w różnych krajach utrudniają porównywanie wyników odnoszących się do indywidualnych kotłów.

Dotychczas brak danych na temat możliwych do uzyskania emisji.

Monitorowanie emisji: Coraz bardziej popularne staje się monitorowanie emisji za pomocą pracujących w trybie on-line mierników zawartości związków w stanie gazowym. Dzieje się tak dzięki ich zwiększonej niezawodności i obniżaniu kosztów w miarę ich rozpowszechniania. Pozytywne znaczenie ma też wielopunktowe monitorowanie temperatury i tlenu w kotle.

Oddziaływanie na procesy i środowisko: Zmniejszenie ilości odpadów może spowodować wzrost emisji do atmosfery.

Skutki eksploatacyjne: Kotły ze złożem fluidalnym są z powodzeniem stosowane od 10-15 lat, a obecne konstrukcje zapewniają wiele korzyści w porównaniu do kotłów rusztowych.

Aspekty ekonomiczne: W fabryce zintegrowanej, produkującej 700 ADt/d, modyfikacja istniejącego kotła korowego przystosowująca go do spalania osadów i odrzutów kosztuje 0,5-0,7 mln euro pod warunkiem, że kocioł posiadał już rezerwę wydajności umożliwiającą spalanie tych odpadów. Dodatkowy koszt eksploatacyjny przy spalaniu odpadów wynosi 250000-350000 euro rocznie.

Oddzielny kocioł do spalania osadów i odrzutów dla fabryki o tej samej wielkości kosztuje 5-7 mln euro, a koszt jego eksploatacji wynosi 500000-600000 euro rocznie.

Motywacja do wdrożenia tej techniki: Głównym argumentem jest zmniejszenie ilości materiału organicznego odprowadzanego na składowiska.

Instalacje referencyjne: Liczne fabryki w Północnej i Zachodniej Europie.

Literatura:

[J. Pöyry, 1997b], [Raport końcowy BAT, 1997], [Paper and Timber, 1993]

4.3.12 Zastosowanie dostatecznie dużych zbiorników buforowych do magazynowania stężonych lub gorących cieczy produkcyjnych

Opis techniki: Instalowanie dużych zbiorników buforowych w linii wytwarzania ścieru i masy termomechanicznej, w większości przypadków jest nieużyteczne, ponieważ masy te produkuje się prawie wyłącznie w fabrykach zintegrowanych, gdzie większą część wody produkcyjnej stanowi nadmiar wody obiegowej z maszyny papierniczej czy tekturkowej. Zużycie wody w procesie wytwarzania ścieru i TMP jest niskie w porównaniu z jej zużyciem w papierni, tak więc zwykle w sposób ciągły odprowadza się nadmiar zanieczyszczonej wody do ścieków.

Inaczej przedstawia się sytuacja w wytwórniach mas CTMP, ponieważ większość tych fabryk, to fabryki niezintegrowane produkujące masę rynkową. Podobnie, jak podczas wytwarzania innych mas mechanicznych, w procesie tym powstają różnego rodzaju wody odciekowe, które krążą

inwestycyjne wyniosą 100000-250000 euro. Koszty eksploatacyjne są niskie i dotyczą głównie konserwacji.

Motywacja do wdrożenia tej techniki: Za celowością wprowadzenia tych rozwiązań przemawia ich korzystny wpływ na zwalczanie fluktuacji w procesie wytwarzania mas i, w pewnym stopniu, ich oddziaływanie na środowisko.

Instalacje referencyjne: Liczne nowoczesne fabryki na świecie.

Literatura:

[CEPI, 1997b]

4.3.13 Oczyszczanie biologiczne – metody aerobowe

Opis techniki: Zasady oczyszczania ścieków są takie same, jak opisane w podrozdziałach 2.3.13, 5.3.6 i 6.3.10. Procesem dominującym w oczyszczaniu ścieków z wytwórni mas mechanicznych jest metoda osadu czynnego. Preferowane są procesy dwustopniowe. Niektóre fabryki w pierwszym stopniu dodają tlen, po czym następuje „zwyczajnie” napowietrzany drugi stopień. Niektóre z nich stosują wysoko obciążony pierwszy stopień, a następnie mniej obciążony drugi stopień - zbiornik napowietrzany. Jedna z fabryk poinformowała o stosowaniu stopnia biofiltracji po dwustopniowym układzie z osadem czynnym. W zasadzie ścieki z fabryk mas mechanicznych mogą być równie skutecznie oczyszczane metodą anaerobową, ponieważ stężenia zanieczyszczeń często wynoszą powyżej 2000 mg ChZT/l. Jednakże w większości przypadków ścieki z wytwórni mas mechanicznych i papierni są oczyszczane metodami aerobowymi. Wyjątek stanowią ścieki z wytwórni CTMP lub inne stężone ścieki, w odniesieniu do których czasami stosuje się oczyszczanie metodą anaerobową (patrz 4.3.7).

Istnieje duża różnorodność technologii i rozwiązań projektowych oczyszczalni stosujących metodę osadu czynnego. Poszczególne rozwiązania mogą różnić się pod względem konstrukcji komór napowietrzania, osadników, urządzeń doprowadzających powietrze, jak również sposobem recyklingu osadu. Szczególnymi rozwiązaniami procesu oczyszczania są zastosowanie osadu czynnego i czystego tlenu lub powietrza wzbogaconego tlenem, zamiast zwykłego powietrza.

Możliwość zastosowania i charakterystyka rozwiązania: Proces ten może być zastosowany w istniejących i w nowych wytwórniach mas mechanicznych (i papierów). W fabrykach istniejących dla obniżenia kosztów inwestycyjnych najkorzystniejszym rozwiązaniem byłoby wdrożenie któregoś ze środków redukcji zużycia wody.

Metoda osadu czynnego jest stosowana często tam, gdzie wymagana jest duża lub bardzo duża skuteczność oczyszczania. W tym drugim przypadku istnieje możliwość wyboru metody dwustopniowego oczyszczania biologicznego.

W przemyśle celulozowo-papierniczym szeroko rozpowszechnione są oczyszczalnie biologiczne z osadem czynnym. Szacuje się, że metoda osadu czynnego stosowana jest w 60-75% wszystkich biologicznych oczyszczalni ścieków w tym przemyśle. Jest ona również najpowszechniejsza w niedawno wybudowanych zakładach.

Zalety metody osadu czynnego, to: możliwość uzyskania dużych lub bardzo dużych skuteczności oczyszczania, możliwość sterowania procesem (szczególnie zużyciem tlenu) i względnie małe zapotrzebowanie powierzchni.

Wady: duża ilość wytwarzanego odpadowego osadu biologicznego i wysokie koszty eksploatacyjne. Komora wyrównawcza przed stopniem oczyszczania biologicznego może

zmniejszyć zakłócenia i ryzyko niestabilności pracy układu.

Główne osiągnięcia środowiskowe: Skuteczność oczyszczania jest zmienna i zależy od rodzaju ścieków, konstrukcji oczyszczalni i warunków eksploatacji. Typowe wartości wynoszą 90-98% w odniesieniu do usuwania BZT (zwykle 95+%) i 75-90% dla ChZT.

Całkowita skuteczność usuwania zawiesiny ogólnej w pierwszym i drugim stopniu oczyszczania wynosi około 75-90%.

Oddziaływanie na procesy i środowisko: Oczyszczalnia ścieków produkuje osad, który po odwodnieniu może być spalany dostarczając w pewnych przypadkach dodatkowej wartości opałowej netto. Oczyszczone ścieki są na tyle czyste, że można je użyć ponownie w niektórych miejscach procesu produkcyjnego. Problem polega jedynie na tym, że oczyszczalnie ścieków są zlokalizowane zbyt daleko od fabryki i recykling ścieków jest nieekonomiczny.

Skutki eksploatacyjne: Oczyszczalnie ścieków wykorzystujące metodę osadu czynnego są eksploatowane od wielu lat z bardzo dobrymi rezultatami w wytwórniach wszystkich rodzajów mas mechanicznych (i papierów), także w nowych fabrykach.

Aspekty ekonomiczne: Koszty inwestycyjne całkowite nowej biologicznej oczyszczalni ścieków wykorzystującej metodę osadu czynnego dla nowej zintegrowanej wytwórni masy mechanicznej, o wielkości produkcji 700 ADt/d, wynoszą w przybliżeniu 10-12 mln euro. Koszty te obejmują również niezbędny pierwszy stopień oczyszczania i stopień obróbki osadu. Analogiczne koszty eksploatacyjne wynoszą 0,9-1,2 mln euro rocznie.

Motywacja do wdrożenia tej techniki: Metodę osadu czynnego najlepiej stosować w przypadkach, gdy wymagana jest duża lub bardzo duża skuteczności oczyszczania.

Instalacje referencyjne: Liczne oczyszczalnie przeznaczone dla różnych rodzajów ścieków funkcjonujące na całym świecie.

Literatura:

[CEPI, 1997b], [raport końcowy BAT, 1997], [SEPA-Report 4713-2, 1997 – raport SEPA 4713-2, 1997]

4.3.14 Trzeci stopień oczyszczania ścieków

Patrz podrozdział 6.3.11.

4.4 Najlepsze dostępne techniki

4.4.1 Wprowadzenie

W celu lepszego zrozumienia treści tego rozdziału czytelnik powinien zapoznać się ze wstępem do niniejszego dokumentu, a w szczególności z jego piątą częścią: „Jak rozumieć i stosować niniejszy dokument”. Techniki oraz związane z nimi poziomy emisji i/lub zużycia, jak również zakresy poziomów, jakie przedstawiono w niniejszym rozdziale, zostały ocenione w toku procesu iteracyjnego obejmującego następujące etapy:

- określenie kluczowych zagadnień dotyczących ochrony środowiska w obrębie danego sektora; w przypadku fabryk produkujących masy mechaniczne i chemomechaniczne oraz papiery z tych mas, są to: zużycie wody, ładunki zanieczyszczeń w ściekach (ChZT, BZT, zawiesiny, N, P), zużycie energii, odpady stałe, takie jak odrzuty z sortowania, osad i popiół, emisje do powietrza z wytwórni energii (SO₂, NO_x, CO₂, pył), hałas, ciepło odpadowe w wodzie i czasami złowonność; trzy ostatnie o zasięgu lokalnym;
- zbadanie technik najistotniejszych z punktu widzenia tych kluczowych zagadnień;
- określenie poziomów emisji optymalnych dla środowiska na podstawie danych dostępnych w Unii Europejskiej i na świecie;
- zbadanie warunków, w których te poziomy emisji zostały uzyskane, takich jak koszty, oddziaływanie na środowisko, główne cele i motywacja dla wprowadzenia tych technik;
- wybór najlepszych dostępnych technik BAT oraz związanych z nimi poziomów emisji i/lub zużycia dla tego sektora w ogóle, zgodnie z art. 2 ust. 11 oraz załącznikiem IV do dyrektywy.

Europejskie Biuro IPPC i odpowiednia Techniczna Grupa Robocza (TWG) pełniły główną rolę przy fachowej ocenie każdego z tych etapów, jak również miały wpływ na sposób przedstawienia ich wyników w niniejszym opracowaniu.

Na podstawie tej oceny w niniejszym rozdziale przedstawiono konkretne techniki oraz – w miarę możliwości – poziomy emisji i zużycia związane ze stosowaniem najlepszych dostępnych technik BAT, które są uważane za odpowiednie dla tego sektora i w wielu przypadkach odzwierciedlają aktualną charakterystykę eksploatacyjną niektórych instalacji w obrębie sektora. Tam, gdzie prezentowane są poziomy emisji lub zużycia „związane z najlepszymi dostępnymi technikami BAT” oznacza to, że poziomy te odzwierciedlają skutki oddziaływania na środowisko, jakie można przewidzieć w wyniku zastosowania w tym sektorze opisanych technik, mając na uwadze bilans kosztów i korzyści stanowiących nieodłączny element definicji BAT. Jednakże nie są to graniczne wielkości emisji czy zużycia i nie powinny być tak rozumiane. W niektórych przypadkach uzyskanie lepszych poziomów emisji lub zużycia może być technicznie możliwe, jednak ze względu na związane z tym koszty lub skutki oddziaływania na środowisko nie są one uważane za właściwe jako BAT dla całego sektora. Poziomy takie mogą jednak być uznane za uzasadnione w bliżej określonych przypadkach, w których występują szczególne okoliczności przemawiające za wdrożeniem danych technik.

Poziomy emisji i zużycia związane z zastosowaniem BAT muszą być rozpatrywane z uwzględnieniem szczególnych warunków odniesienia (np.: okresów uśredniania).

Należy odróżnić opisane powyżej pojęcie „poziomów związanych z zastosowaniem BAT” od określenia „osiągalny poziom” stosowanego gdzie indziej w tym dokumencie. W przypadku, w którym poziom jest opisany jako „osiągalny” przy zastosowaniu danej techniki lub kombinacji technik, oznacza to, że można go uzyskać stosując te techniki po pewnym czasie w dobrze utrzymywanej i obsługiwanej instalacji lub procesie.

Dostępne dane dotyczące kosztów wraz z opisem technik omówionych w poprzednim rozdziale zostały przedstawione łącznie. Wskazują one przybliżoną wielkość przewidywanych kosztów. Jednak rzeczywisty koszt zastosowania danej techniki będzie w dużym stopniu zależał od konkretnej sytuacji z uwzględnieniem, na przykład, wysokości podatków, opłat oraz specyfikacji technicznej dla danej instalacji. Dokładna ocena tych specyficznych dla danego miejsca czynników nie jest w tym dokumencie możliwa. W przypadku braku danych dotyczących kosztów wnioski odnoszące się do ekonomicznej użyteczności technik zostały sformułowane na podstawie obserwacji istniejących instalacji.

Najlepsze dostępne techniki BAT przedstawione ogólnie w niniejszym rozdziale mają stanowić punkt odniesienia ułatwiający ocenę aktualnych wyników osiągniętych w ramach istniejącej instalacji lub propozycję dla nowej instalacji. Może to się okazać pomocne przy określaniu właściwych warunków „w oparciu o najlepsze dostępne techniki BAT” dla danej instalacji oraz w ustaleniu ogólnych, wiążących przepisów zgodnie z art. 9 ust. 8. Przewiduje się, że nowe instalacje mogą być zaprojektowane tak, aby osiągały takie same lub nawet lepsze rezultaty niż ogólne poziomy BAT tutaj zaprezentowane. Uważa się również, że istniejące instalacje mogłyby zbliżyć się do ogólnych poziomów właściwych dla BAT bądź osiągać lepsze wyniki.

Dokumenty referencyjne BAT wprowadzić nie ustalają prawnie wiążących norm, lecz mają za zadanie dostarczać informacji stanowiących wskazówki dla przemysłu, Państw Członkowskich i społeczeństwa na temat osiągalnych poziomów emisji, i zużycia przy stosowaniu konkretnych technik. Odpowiednie wartości graniczne, dla każdego konkretnego przypadku, będą musiały zostać określone z uwzględnieniem celów dyrektywy dotyczącej zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń (IPPC) oraz lokalnych uwarunkowań.

Wytwarzanie papierów drzewnych z mas mechanicznych nie jest pojedynczym procesem, lecz szeregiem procesów jednostkowych często ze sobą powiązanych i od siebie zależnych. Jest to zatem zawsze kombinacja odpowiednich technik stanowiących BAT dla wytwórni masy mechanicznej i papieru z jej udziałem. Hierarchia ważności i wybór tych technik lub ich kombinacji zależy od czynników lokalnych.

Przedstawione poniżej najlepsze dostępne techniki (BAT) mogą być (o ile nie stwierdzono inaczej) zastosowane zarówno w nowych, jak i istniejących instalacjach. Możliwość zastosowania danej techniki w fabrykach papieru w mniejszym stopniu zależy od tego czy są to fabryki nowe, czy już istniejące. Wytwórnice mas włóknistych i papierów charakteryzują się tym, że maszyny i urządzenia poddawane są raczej przebudowie niż całkowitej wymianie. Modułowa przebudowa i rozbudowa zakładów sprawia, że każdy z nich jest niepowtarzalny ze względu na lokalizację i historię miejsca jego powstawania. Z drugiej jednak strony istnieje szereg procesów jednostkowych powszechnie stosowanych we wszystkich krajach.

Kryterium mającym znaczenie przy ustalaniu BAT w konkretnych przypadkach są względnie wysokie koszty jednostkowe w mniejszych fabrykach (ekonomia skali). Inne czynniki wymagające uwzględnienia, to: ograniczenia przestrzeni w niektórych starszych fabrykach lub nieodpowiedni materiał czy konstrukcja starszych urządzeń, przez co stają się one nieużyteczne w przypadku wyższego stopnia zamknięcia obiegu wodnego. Zwiększenie stopnia zamknięcia układu wodnego wiąże się z wyższym stopniem złożoności układu, który wymaga wówczas monitorowania, sterowania i rozumienia. Małe fabryki mogą czasami nie mieć dostępu do wiedzy koniecznej do najbardziej efektywnego prowadzenia i sterowania bardziej złożonymi rozwiązaniami technologicznymi.

4.4.2 Najlepsze dostępne techniki BAT dla wytwórni mas mechanicznych i chemomechanicznych oraz papierów z tych mas

Poniżej opisano techniki lub kombinacje technik uważane za BAT dla wytwórni mas mechanicznych, chemomechanicznych i papierów z tych mas. Przedstawiona lista najlepszych dostępnych technik BAT nie jest wyczerpująca. Jakakolwiek inna technika czy kombinacja technik umożliwiająca osiągnięcie takiego samego (lub lepszego) wyniku również może być brana pod uwagę; mogą to być techniki będące w trakcie doskonalenia lub nowo powstające, czy już dostępne, ale niewspomniane/opisane w tym dokumencie. Do zintegrowanych wytwórni mas mechanicznych i papierów z tych mas odnosi się też rozdział 6.4, w którym zawarto więcej informacji na temat BAT dla papierni. Wszędzie tam, gdzie nie podano inaczej, dane odnoszą się do wartości średnich w roku.

Działania ogólne

1. Szkolenie, kształcenie i motywowanie załogi i obsługi. Szkolenie załogi może być bardzo efektywną ekonomicznie drogą do zmniejszenia oddziaływania fabryk na środowisko.
2. Optymalizacja sterowania procesem. Aby móc jednocześnie zmniejszyć ilość różnych zanieczyszczeń i utrzymać niskie emisje, trzeba ulepszyć sterowanie procesem. Celem sterowania jest utrzymanie przebiegu procesu w pożądanym sposób.
3. Zagwarantowanie wystarczającej konserwacji w celu utrzymania wysokiego poziomu sprawności urządzeń wytwórni mas i towarzyszących urządzeń do zmniejszania emisji.
4. System zarządzania ochroną środowiska wyraźnie definiujący odpowiedzialność za sprawy istotne dla ochrony środowiska w fabryce. Zwiększa on wiedzę o zagadnieniach środowiska u operatorów i obejmuje cele i środki, instrukcje technologiczne i ruchowe, wykazy czynności kontrolnych i inną istotną dokumentację.

Środki redukcji emisji do wody

1. Korowanie drewna na sucho. Stosując metodę korowania na sucho korzysta się z mniejszej ilości będącej w obiegu wody w stadium korowania. Układy wodne w korowalni są w bardzo dużym stopniu zamknięte. Wodę obiegową, po usunięciu z niej materiału stałego, wykorzystuje się jedynie do mycia bali drewna i usuwania niepożądanego materiału. Część wody sklarowanej jest oddzielana i kierowana do oczyszczalni ścieków.
 2. Układ wody obiegowej w oddziale wytwarzania masy mechanicznej. W celu utrzymania dopuszczalnego poziomu akumulacji substancji rozpuszczonych i zdyspergowanych obiegi wodne są do pewnego stopnia otwarte.
 3. Skuteczne rozdzielanie układów wodnych papierni i wytwórni masy poprzez zastosowanie zagęszczarek. Zablockowanie wypływu wody z wytwórni masy przez jej odwodnienie prowadzi do znacznego zmniejszenia ilości zanieczyszczeń w układzie wodnym maszyny papierniczej. Filtrat z zagęszczarki wraca do procesu roztwarzania. To rozwiązanie zapobiega wędrowce wymytych z drewna zanieczyszczeń przez cały proces technologiczny wytwarzania papieru. Izolowanie oddziałów produkcyjnych umożliwia usuwanie zanieczyszczeń tam, gdzie powstają.
 4. System przeciwpływów przepływów wody obiegowej z papierni do wytwórni masy w zależności od stopnia zintegrowania.
- Recykulacja wody produkcyjnej z maszyny papierniczej do wytwórni masy może nie być możliwa wówczas, gdy papiernia posiada dwie lub więcej maszyny papiernicze produkujące różne asortymenty papieru, których wody podsitowe nie są kompatybilne lub wtedy, gdy wytwarzany jest papier barwiony.
5. Stosowanie wystarczająco dużych zbiorników buforowych i magazynowanie cieczy technologicznych (głównie w wytwórni CTMP).

6. Obróbka wstępna w pierwszym stopniu, oczyszczanie biologiczne i/lub, w niektórych przypadkach, chemiczne strącanie lub flokulacja w drugim stopniu oczyszczania ścieków. W przypadku wyłącznej obróbki chemicznej ładunki ChZT będą nieco wyższe, ale utworzone głównie z substancji łatwo ulegających degradacji. Nieoczyszczone ścieki ze stadium obróbki mechanicznej i bielienia są toksyczne dla organizmów żyjących w wodzie. Dobrze pracująca oczyszczalnia biologiczna może wyeliminować toksyczność tych ścieków. A zatem do środków uważanych za odpowiadające BAT dla wytwórni mas mechanicznych, chemomechanicznych i papierów z tych mas, oprócz rozwiązań w obrębie zintegrowanego procesu należy także mechaniczne i biologiczne oczyszczanie ścieków. Oczyszczalnie biologiczne, stosujące metodę osadu czynnego, posiadające komorę wyrównawczą, komorę napowietrzania, osadnik wtórny i linię obróbki osadu, osiągają znakomitą skuteczność oczyszczania takich ścieków. Nisko obciążone oczyszczalnie biologiczne z ładunkiem osadu poniżej 0,15 kg BZT/(kg MLSS*d) i typowych czasach retencji w komorze napowietrzania, wynoszących około 1 dnia rozpatrywane są jako najlepsze dostępne techniki BAT. Mogą one osiągać wysokie skuteczności oczyszczania (ChZT: 75-90%; BZT: 95+%) i stabilną pracę układu. Kilka fabryk uzyskało również dobre wyniki (>85% redukcji BZT) przy wysokim obciążeniu oczyszczalni biologicznej.

Poza powyższymi istnieją jeszcze trzy rozwiązania dla wytwórni CTMP rozpatrywane jako najlepsze dostępne techniki BAT

1. Efektywne mycie masy przed papiernią. Zmniejsza to przenoszenie do papierni substancji rozpuszczonych i zdyspergowanych w stadium roztwarzania i bielienia. W charakterze wody myjącej może być wykorzystana woda obiegowa z papierni, o ile nie wpływa szkodliwie na jakość masy i wytwarzanych z niej później papierów, także na innych maszynach papierniczych stosujących tę samą masę. Filtrat z mycia wraca do wody obiegowej w wytwórni masy.
2. Oczyszczanie ścieków albo w oczyszczalni biologicznej, w jednym lub dwóch stopniach w kombinacji z obróbką chemiczną lub bez niej albo wewnętrzne oczyszczanie chemiczne wody obiegowej z pierwszego stopnia mycia masy plus oczyszczanie biologiczne reszty. Zalecane jest także inne efektywne rozwiązanie, jakim jest kombinowane, anaerobowo-aerobowe oczyszczanie biologiczne ścieków. I wreszcie rozwiązaniem dla modernizowanych fabryk jest odparowanie najbardziej zanieczyszczonych ścieków i spalanie koncentratów oraz biologiczne oczyszczanie reszty ścieków.
3. W fabrykach nowych i tych, które znacznie zwiększają zdolność produkcyjną, rozwiązaniem uznawanym za BAT jest odparowanie (zagęszczenie) wybranej, wysoko zanieczyszczonej części ścieków w celu odciążenia oczyszczalni biologicznej lub wszystkich ścieków i spalanie koncentratów.

Dla zintegrowanych wytwórni mas mechanicznych i papierów, co dotyczy większości fabryk, oprócz rozwiązań dotyczących procesów wytwarzania takich mas, należy jeszcze wziąć pod uwagę rozwiązania opisane w rozdziale dotyczącym wytwarzania papieru (rozdział 6). Jednak przedstawione poniżej poziomy emisji, związane ze stosowaniem najlepszych dostępnych technik BAT, dotyczą wytwarzania obu produktów: masy i papieru.

Skuteczność każdego z wymienionych wyżej środków zmienia się znacząco w zależności od sposobu zaprojektowania i działań eksploatacyjnych stosowanych w różnych fabrykach. Aby dane rozwiązanie mogło być określone mianem najlepszej dostępnej techniki BAT, musi zostać dobrze zaprojektowane i odpowiednio eksploatowane. Możliwy zakres emisji wytwórni mas mechanicznych i papierów z tych mas przed oczyszczalnią biologiczną, pokazano w tabeli 4.15. Wymienione w niej fabryki są przykładami rzeczywiście pracujących na świecie fabryk, z różnymi warunkami prowadzenia procesu i o różnej konfiguracji układów wodnych. Przedstawione zakresy emisji mogą dostarczyć wskazówek co do wielkości emisji do wody w

sytuacji braku oczyszczania biologicznego. W rzeczywistości wszystkie te fabryki stosują dwustopniowe oczyszczanie ścieków. Fabryki zamieszczone na liście zostały wybrane spośród tych, które udostępniły lub dostarczyły danych, a zatem nie jest to lista kompletna. Znajdują się na niej fabryki z różnych krajów Europy. Dane pochodzą z informacji dostarczonej przez członków Technicznej Grupy Roboczej (TWG), z kontaktów osobistych [Zippel, 1999]. Metody analityczne są metodami stosowanymi w danym kraju. Skuteczność oczyszczania biologicznego ścieków z wytwórni mas jest szerzej omawiana w dalszej części rozdziału. Koniecznie trzeba zwrócić uwagę na to, że niektóre fabryki stosują mieszanki mas włóknistych, w tym pewne udziały procentowe włókien wtórnych, różne rodzaje mas mechanicznych i czasami niewielkie ilości kupowanych mas celulozowych. Może to prowadzić do znacznych zmian początkowego ładunku zanieczyszczeń.

Fabryki	ChZT kg/ADt	N-ogólny kg/ADt	P-ogólny kg/ADt	Przepływ [m ³ /ADt] m ³ /ADt	Produkcja 1997r [ADt/r]	Uwagi
Steyrenmühl, Austria, papier gazetowy	18 ¹⁾ -35	bd	bd	17-20	450000	Ścier bielony podsiarczynem, TMP bielona w 1- lub 2 stopniach + 50%DIP
Fabryka 2, Niemcy	19	bd	bd	16	bd	TMP, więcej informacji brak
Fabryka 3, Niemcy, LWC	17	bd	bd	13	bd	TMP, więcej informacji brak
Fabryka 4, Niemcy, LWC	12	bd	bd	15	bd	Ścier, więcej informacji brak
Fabryka 5, Niemcy	18	bd	bd	14	bd	Ścier, więcej informacji brak
Fabryka 6, Niemcy	7	bd	bd	10	bd	Ścier, więcej informacji brak
Fabryka 7, Niemcy	9	bd	bd	16	bd	Ścier, więcej informacji brak
Norske Skog Saugbrugs, Norwegia, papier SC ²⁾³⁾	63	bd	0,04	bd	530000	55% masy mechanicznej własnej (bielonej nadtlaniem), 12% masy cel., 33% wypełniacza
Norske Skog Follum, Norwegia, papier gazetowy i MFC ²⁾³⁾	90	bd	0,04	bd	350000	> 95% masy mechanicznej własnej (ścier i TMP, w tym 70% masy bielonej nadtlaniem), < 5% masy cel.

Objaśnienia:
 bd = brak danych; MFC = papier powlekany maszynowo gładki; masa cel. = masa celulozowa kupowana;
 Dolna wartość zakresu dotyczy bielenia podsiarczynem, co zwykle odbywa się w zakresie pH 5-6. Nie zwiększa to wyraźnie ilości rozpuszczonego materiału. Górna wartość dotyczy bielenia alkalicznym nadtlaniem wodoru.
 Wysoka alkaliczność powoduje znaczne rozpuszczanie substancji zawartych w drewnie. A zatem, bielenie alkalicznym nadtlaniem wodoru zwiększa ładunek BZT o 5-15 kg/t, a ChZT o 15-40 kg/t, to jest o tyle samo ile wynosi ładunek przed bieleniem. Zrzut fosforu wzrasta o 20-35 g/t, a zrzut azotu może wzrosnąć do 400-500 g/t [Papermaking Science and Technology, 1999]
 Liczby dotyczące dwóch fabryk norweskich są poziomami ładunków zanieczyszczeń w ściekach nieoczyszczonych (przed obróbką wstępną) i w związku z tym nie są porównywalne z innymi.

Tabela 4.15: Przykłady średnich rocznych emisji do wody po pierwszym stopniu oczyszczania ścieków w niektórych fabrykach mas mechanicznych i papierów z tych mas w Europie (rok odniesienia: 1997)

Większość zanieczyszczeń powstaje w procesie wytwarzania masy mechanicznej. Różne procesy technologiczne produkują znacznie różniące się ilości substancji rozpuszczonych w wodzie produkcyjnej. Typowe stężenie tych substancji w ściekach z produkcji ścieru wynosi 2000-2500 mg/l. W ściekach z produkcji TMP należy oczekiwać wyższych stężeń pomiędzy 2000 i 3500 mg/l (lub więcej). Z kolei proces CTMP dostarcza stężeń wyższych niż proces TMP. Szacując jednostkowe zużycie wody na 10-20 m³/ADt stężenie ChZT w ściekach ogólnych z wytwórni masy i z papierni zwykle waha się pomiędzy 600 i 2000 mg/l przed oczyszczaniem biologicznym.

W fabrykach zintegrowanych ścieki z wytwórni masy mieszane są z wodami odpływowymi, z innych części fabryki (np. ścieki z powlekania, odpływy z oddziału odbarwiania makulatury) i oczyszczane we wspólnej oczyszczalni. Zwykle ładunek ChZT przed biologiczną oczyszczalnią waha się od wartości mniejszej niż 10 kg/t do 35 kg/t (przy małym udziale TMP bielonej nadtlaniem). Wytwórnie mas TMP bielonych głównie nadtlaniem informują o wyższych

ładunkach ChZT (do 90 kg/t przed oczyszczaniem wstępnym).

W przypadku wytwórni mas mechanicznych i papierów z ich udziałem trudno jest przedstawić związane ze stosowaniem najlepszych dostępnych technik BAT poziomy emisji przed oczyszczaniem biologicznym, ponieważ ładunek zanieczyszczeń w znacznym stopniu zależy od warunków rozwłókniania (np. temperatury), zastosowanego schematu bielienia (poziomy pH) i użytych surowców (rodzaj drewna, sposób składowania). Równie istotnymi czynnikami są konfiguracja i stopień zamknięcia obiegów wodnych (przepływy w przeciwnym kierunku, wykorzystanie zagęszczarek, klarowanie wody produkcyjnej). Wskutek tego dane na temat ilości i składu substancji rozpuszczonych i zdyspergowanych w wodach produkcyjnych przed ich oczyszczaniem zmieniają się i w większości przypadków nie uprawniają do wyciągania wniosków ogólnych. Inna trudność polega na tym, że układ wodny wytwórni masy jest połączony z układem wodnym papierni, a to powoduje wzajemne zakłócenia.

Tabela 4.16 pokazuje poziomy emisji uzyskiwane w niektórych fabrykach mas mechanicznych w Europie, które wdrożyły szereg rozwiązań odpowiadających BAT zintegrowanych z procesem wytwórczym, ale niekoniecznie wszystkie i niekoniecznie w pełnym zakresie i oprócz tego stosują biologiczne oczyszczanie ścieków. Emisje podane w nawiasach oznaczają stężenia.

Zintegrowane wytwórnie mas mechanicznych i papierów	Poziomy emisji uzyskiwane po oczyszczeniu biologicznym (średnie roczne)						Surowce i metoda oczyszczania ścieków
	ChZT [kg/ADt]	BZT _{5 lub 7} [kg/ADt]	Zawiesina ogólna [kg/ADt]	P-ogólny [kg/ADt]	N-ogólny [kg/ADt]	Przepływ [m ³ /ADt]	
Enso summa, Finlandia, Papier gazetowy	1,8 (75mg/l)	0,21 (9 mg/l)	0,3 (13 mg/l)	0,007	0,07	24	brak informacji
UPM Kaipola, Finlandia, Papier gazetowy/LWC	2,8 (150 g/l)	0,1 (5 mg/l)	0,3 (16 mg/l)	0,005	0,07	19	brak informacji
Steyrermühl, Austria, Papier gazetowy	2,5 (125 0g/l)	< 0,2 (10 mg/l)	< 0,2 (10 mg/l)	< 0,01	< 0,3	17-20	ścier, TMP + 50% DIP; osad czynny o niskim obciążeniu
Braviken, Szwecja, Papier gazetowy	2,0 (135 mg/l)	bd	0,39 (26 mg/l)	0,004	0,1	15	TMP + masa makulaturowa; oczyszczanie biologiczne + chemiczne strącanie
Kvarnsveden, Szwecja, Papier gazetowy, SC	2,0 (135 mg/l)	bd	0,22 (15 mg/l)	0,002	0,054	15	TMP + ścier; oczyszczanie biologiczne + chemiczne strącanie
Fabryka 2, Niemcy, Pap. powlekanie (np. LWC)	0,85 (65 mg/l)	< 0,1 (8 mg/l)	0,15 (12 mg/l)	0,006	0,04 (nieorg.)	13	30% masy celulozowej kupowanej, 30% masy mechanicznej własnej, 30% wypełniaczy, DIP; 2- stopniowy biofiltr
Fabryka 3, Niemcy, LWC	0,8 (95 mg/l)	0,1 (12 mg/l)	0,07 (8 mg/l)	0,01	0,04 (nieorg.)	8,5	30% masy celulozowej kupowanej, 30% masy mechanicznej własnej, 10%DIP, 30% wypełniaczy; osad czynny
M-S Kirkiniemi, Finlandia, LWC	2,0 (180 mg/l)	0,15 (14 mg/l)	0,5 (45 mg/l)	0,003	0,04	11	osad czynny + chemiczne strącanie
Ortviken, Szwecja, Papier gazetowy, LWC	2,0 (105mg/l)	bd	0,29 (15 mg/l)	0,004	0,10	19	TMP; oczyszczanie biologiczne + chemiczne strącanie
Myllykoski, Finlandia, LWC/SC	3,4 (180mg/l)	0,3 (16 mg/l)	0,5 (25 mg/l)	0,011	0,06	19	osad czynny + chemiczne strącanie
UPM Jämskoski, Finlandia, SC	2,4 (160mg/l)	0,06 (4 mg/l)	0,4 (25 mg/l)	0,006	0,09	15	osad czynny + chemiczne strącanie
M-S Lielähti, Finlandia, nie zintegr. CTMP	15 (650mg/l)	1,1 (48 mg/l)	1,6 (70 mg/l)	0,025	0,31	23	osad czynny
Rockhammar, Szwecja, nie zintegr. CTMP	12	bd	0,8	0,007	0,2	20	oczyszczanie biologiczne + chemiczne strącanie
Waggeryd, Szwecja, nie zintegr. CTMP	22	bd	2,0	0,03	0,9	19	oczyszczanie biologiczne
Fors, Szwecja, nie zintegr. CTMP	20	bd	1,5	0,003	0,2	16	oczyszczanie biologiczne + chemiczne strącanie

Objaśnienia:
bd = brak danych
Umieszczone tu fabryki zostały wybrane spośród tych, które udostępniły lub dostarczyły dane, nie jest to więc lista kompletna. Dane pochodzą z dostępnych raportów na temat ochrony środowiska, statystyk z Finnish Environmental Institute, raportu SEPA 4987 (dane dla roku 1998) i z kontaktów osobistych. Metody analityczne są stosowne dla danego kraju. W Szwecji i Finlandii, wartości BZT podawane są jako BZT₇.

Tabela 4.16: Przykłady uzyskiwanych poziomów emisji do wody po stopniu oczyszczenia biologicznego ścieków ze zintegrowanych wytwórni mas mechanicznych i papierów drzewnych w Europie (rok odniesienia: 1997)

Zakładając odpowiednią konstrukcję i wydajność oczyszczalni ścieków oraz jej właściwą eksploatację i sterowanie przez wykwalifikowaną obsługę można uzyskać następujące zrzuty ładunków zanieczyszczeń po stopniu oczyszczania biologicznego towarzyszące stosowaniu najlepszych dostępnych technik BAT:

Parametr	Jednostki	Zintegrowane wytwórnie mas mechanicznych i papierów z tych mas, takie, jak: fabryki papieru gazetowego ¹ , papieru LWC ² , papieru SC ³
BZT	kg/t papieru	0,2-0,5
ChZT	kg/t papieru	2,0-5,0
Zawiesina ogólna	kg/t papieru	0,2-0,5
AOX	kg/t papieru	< 0,01
P - ogólny	kg/t papieru	0,004-0,01
N - ogólny	kg/t papieru	0,04-0,1
Ilość ścieków	m ³ /t papieru	12-20

Objaśnienia:
 Zakłada się, że wytwarzana na miejscu masa mechaniczna stanowi >50% wsadu włóknistego.
 W europejskich fabrykach papierów gazetowych, można spotkać się ze stosowaniem różnych mieszanek mas włóknistych, np. z 50-60% bielonej TMP i 40-50% DIP.
 Zakłada się, że wytwarzana na miejscu masa mechaniczna stanowi >50% wsadu włóknistego.
 W europejskich fabrykach papierów LWC można się spotkać ze stosowaniem różnych mieszanek mas włóknistych, np. 30-40% kupowanej masy celulozowej siarczanowej bielonej i 50-60% PGW lub TMP.
 Zakłada się, że wytwarzana na miejscu masa mechaniczna stanowi > 50% wsadu włóknistego.
 W europejskich fabrykach papierów SC bywają stosowane różne mieszanki mas włóknistych, np. 10-20% kupowanej masy celulozowej siarczanowej bielonej, 80-90% PGW lub TMP. 20-45% surowca mogą stanowić wypełniacze i kleje.

Tabela 4.17: Średnie roczne poziomy emisji związane ze stosowaniem BAT w procesach wytwarzania papierów drzewnych (> 50% masy mechanicznej).

Wartości liczbowe odnoszą się do oczyszczonych biologicznie ścieków z fabryk zintegrowanych. Uwzględniają one emisje z maszyn papierniczych. Najlepsze dostępne techniki (BAT) dla produkcji papieru opisane są w rozdziale 6.4

W fabrykach stosujących do bielenia masy alkaliczny nadtlenek wodoru, odpowiadające BAT poziomy emisji osiągają raczej wartości z górnej granicy zakresu, a w kilku specyficznych przypadkach nawet wyższe (np. wtedy, gdy wsad włóknisty składa się głównie z masy TMP bielonej nadtlenkiem). Z drugiej strony fabryki zintegrowane, które stosują znaczne ilości masy celulozowej pochodzącej z zakupu, mogą uzyskiwać niższe wartości emisji, poniżej 1 kg ChZT na tonę produkowanego papieru.

Wytwórnie innych rodzajów mas mechanicznych i wytwarzanych z nich papierów

W fabrykach mas mechanicznych zintegrowanych z papierniami ładunek zanieczyszczeń w ściekach odniesiony do końcowego produktu składa się z ładunków odprowadzanych z wytwórni masy i z papierni. Większość papierni wytwarzających papiery drzewne kupuje potrzebną masę celulozową poza fabryką, na rynku. Udział ładunku zanieczyszczeń, pochodzącego z operacji rozwłókniania takiej masy, jest bez znaczenia, jeśli porówna się go z udziałem ładunku wytwórni masy mechanicznej. Istnieją jednak papiernie produkujące papiery LWC lub kartony i tektury (np. kartony na opakowania do cieczy lub tektury na pudełka składane), zintegrowane z celulozowniami siarczanowymi produkującymi masy bielone. W tych przypadkach emisje z procesu roztwarzania muszą zostać dodane w ilości odpowiadającej udziałowi masy celulozowej we wsadzie włóknistym papieru. Należy tu uwzględnić odpowiadające BAT poziomy emisji dla procesu roztwarzania siarczanowego przedstawione w rozdziale 2.4.

Poziomy emisji związane z zastosowaniem BAT w zintegrowanych fabrykach kartonów i tektur na pudełka składane (>50% masy mechanicznej) będą bardzo podobne do wartości dla fabryk

produkujących papiery LWC. Wsad włóknisty tektury wielowarstwowej może zawierać np. 25-30% bielonej masy celulozowej siarczanowej, 70-75% TMP; wypełniacze i powłoki mogą stanowić do 10-25%. Istnieje również bardzo wiele innych mieszanek stosowanych w europejskich fabrykach kartonów i tektur pudełkowych.

Poziomy emisji związane z zastosowaniem najlepszych dostępnych technik (BAT) w fabrykach produkujących bibułka tissue z udziałem mas mechanicznych (>50% masy mechanicznej), powinny osiągać ten sam zakres wartości, co w zintegrowanych fabrykach papierów SC i gazetowych. W Europie fabryki produkujące takie bibułka tissue są bardzo nieliczne. Ich wsad włóknisty może składać się, np. z 50-60% bielonej masy mechanicznej i 40-50% kupowanej masy celulozowej. Nie przedstawiono żadnych specyficznych poziomów emisji odpowiadających BAT w procesie produkcji tego asortymentu papieru.

Poziomy emisji odpowiadające BAT w procesie wytwarzania CTMP różnią się znacznie od przedstawionych wyżej wartości, ponieważ proces ten powoduje rozpuszczanie materiału drzewnego w znacznie większym stopniu niż proces TMP. Poziomy te, oznaczone w oczyszczonych ściekach, pokazano w tabeli 4.18.

Parametr	Jednostki	CTMP ¹
BZT	kg/ADt	0,5-1,0
ChZT	kg/ADt	10,0-20,0
Zawiesina ogólna	kg/ADt	0,5-1,0
AOX	kg/ADt	-
P - ogólny	kg/ADt	0,005-0,01
N - ogólny	kg/ADt	0,1-0,2
Ilość ścieków	m ³ /ADt	15-20
Objaśnienia: 1) Emisje dotyczą nie zintegrowanej produkcji CTMP. Obróbka wstępna za pomocą siarczyny sodu w środowisku alkalicznym lub obojętnym. Wydajność procesu rozwłóknienia 94 - 95% [Dane od J.Pöyry, 1998 i dane z fabryki]		

Tabela 4.18: Średnie roczne poziomy emisji odpowiadające BAT w procesie wytwarzania CTMP

Wartości liczbowe odnoszą się do oczyszczonych biologicznie ścieków z fabryk nie zintegrowanych. Nie zawierają emisji z maszyn papierniczych. Fabryki zintegrowane muszą dodać emisje z procesu produkcji papieru, opisane w rozdziale 6.4, relatywnie do udziału tej produkcji.

Tablice 4.17 i 4.18 powinny być czytane razem z poniższymi dodatkowymi wyjaśnieniami:

Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT): Stopień redukcji ChZT zależy od rodzaju i ilości oczyszczanych ścieków (np. z produkcji bielonej nadtlaniem TMP, bielonego podsiarczynem ścieru, z odbarwiania makulatury, z powlekania), konstrukcji i hydrauliki oczyszczalni ścieków, i właściwego ustawienia parametrów pracy. Ścieki z procesu wytwarzania mas mechanicznych łatwiej ulegają degradacji niż ścieki z roztwarzania chemicznego. Dobrze zaprojektowane i sterowane, nisko obciążone oczyszczalnie ścieków uzyskują stopień usuwania ChZT w zakresie 75-90%. W efekcie poziomy emisji osiągnięte przez fabryki produkujące papiery drzewne mogą wynosić 2-5 kg/ADt. Stężenia ChZT mierzone w ściekach z tych fabryk wynoszą od 125 do 200 mg/l. Wytwórnie CTMP odprowadzają ścieki o wyższym stężeniu zanieczyszczeń, ponieważ stosowana obróbka chemiczna zrębków powoduje zwiększenie emisji do wody.

Biologiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT5 lub 7): W dobrze zaprojektowanych oczyszczalniach ścieków z wytwórni mas mechanicznych, utrzymując odpowiednie proporcje

węgla, fosforu i azotu oraz dostarczając dostatecznej ilości tlenu i zapewniając właściwe sterowanie procesem, można uzyskać prawie całkowite usuwanie BZT (95%+). Stężenia BZT w oczyszczonych ściekach związane ze stosowaniem BAT wynoszą mniej niż 25 mg/l (często tuż przy granicy wykrywalności). W zależności od natężenia przepływu wody odpowiada to zrzutom od 0,2 kg BZT₅/ADt do 0,7 kg BZT₅/ADt.

Całkowita zawartość zawiesiny – Zawiesina ogólna (TSS): W normalnych warunkach ruchowych woda odprowadzana z osadnika wtórnego jest dość klarowna, a stopień zawartości zawiesiny w tej wodzie mieści się w zakresie od 20 do 30 mg/l. Odpowiada to zrzutom 0,2 – 0,5 kg s.s./ADt. Wartości te zależą od obciążenia powierzchni osadnika wtórnego oraz od charakterystyki biomasy.

Fosfor i azot (P-ogólny i N-ogólny): W celu utrzymania niezmiernie ważnej dla wzrostu biomasy równowagi C : P : N w oczyszczalni biologicznej dodaje się zwykle mineralnych pożywek. Konieczne jest należy uzyskanie i utrzymanie równowagi pomiędzy dopływem związków azotu i fosforu, dostępnych dla biomasy, a dodawaną ilością pożywek. Wymaga to pewnej precyzji w dozowaniu pożywki. W dobrze zoptymalizowanym układzie zrzut fosforu jest niższy niż 0,5 mg P-og./l, a zrzut azotu leży w zakresie 1-5 mg N-og./l. Odpowiadające im ładunki wynoszą odpowiednio: 0,005-0,01 kg P/ADt i 0,05-0,2 kg N/ADt.

Środki redukcji emisji do powietrza

Kotły pomocnicze

W zależności od aktualnego bilansu energetycznego fabryki należy rozważyć rodzaj stosowanych paliw, dostarczanych z zewnątrz i możliwość wykorzystania biopaliw, takich jak kora i odpady drewna, a ponadto zwrócić uwagę na emisje do atmosfery z kotłów pomocniczych. Odpowiadające BAT poziomy emisji z kotłów pomocniczych, spalających własne biopaliwa i różne paliwa kopalne zestawiono w tabeli 4.19. Całkowite ilości emitowanych do atmosfery zanieczyszczeń w dużym stopniu zależą od specyfiki miejsca (np. rodzaj paliwa, zapotrzebowanie energii, wytwarzanie elektryczności). Trzeba koniecznie zwrócić uwagę na to, że stosowane w przemyśle celulozowo-papierniczym kotły pomocnicze mają bardzo różne rozmiary (od 10 do 200 MW). W przypadku mniejszych urządzeń wystarczy tylko zastosować paliwa o niskiej zawartości siarki i odpowiednie techniki spalania (przy rozsądnych kosztach), natomiast kotły większe wymagają również zastosowania odpowiednich środków redukcji zanieczyszczeń. Ta różnica znajduje odzwierciedlenie w poniższej tabeli. Zakresy wyższych wartości dotyczą BAT dla mniejszych instalacji i są uzyskiwane pod warunkiem zastosowania odpowiedniej jakości paliwa oraz odpowiednich rozwiązań wewnętrznych; niższe wartości (w nawiasach) towarzyszą dodatkowym środkom redukcji, takim jak selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR) i skrubery, i są uważane za najlepsze dostępne techniki BAT dla większych instalacji.

Emitowane substancje	Węgiel	Olej opałowy ciężki	Olej napędowy	Gaz	Biopaliwo (np. kora)
mg S/MJ paliwa	100-200 ¹ (50-100) ⁵	100-200 ¹ (50-100) ⁵	25-50	< 5	< 15
mg NO _x /MJ paliwa	80-110 ² (50-80 SNCR) ³	80-110 ² (50-80 SNCR) ³	45-60 ²	30-60 ²	60-100 ² (40-70 SNCR) ³
mg pyłów/Nm ³	10-30 ⁴ przy 6% O ₂	10-40 ⁴ przy 3% O ₂	10-30 przy 3% O ₂	< 5 przy 3% O ₂	10-30 ⁴ przy 6% O ₂
Uwagi: Emisje siarki z kotłów opalanych olejem lub węglem zależą od dostępności paliw z niską zawartością siarki. Pewną redukcję siarki można uzyskać metodą wtryskiwania węgla wapnia. Zastosowano tylko odpowiednią technologię spalania. Zastosowano również proces SNCR; tylko w większych instalacjach. Wartości uzyskane przy zastosowaniu elektrofiltru. Wartości uzyskane przy zastosowaniu skrubera; tylko w większych instalacjach.					

Tabela 4.19: Poziomy emisji towarzyszące zastosowaniu BAT przy spalaniu różnych paliw

Emisje lotnych związków organicznych (VOC)

Część lotnych związków zawartych w drewnie ulatnia się w procesie wytwarzania masy pod wpływem wysokiej temperatury w stadium rozwłókniania. Ilość i skład chemiczny lotnych związków organicznych zależą głównie od zawartości żywicy w drewnie. W przypadku stosowania drewna o wysokiej zawartości substancji ekstrakcyjnych i niewystarczającym stopniu regeneracji emitowanych związków VOC, w urządzeniach do odzyskiwania ciepła oraz w chwili uruchamiania płuczki parowej w wytwórni TMP gromadzenie i dalsza obróbka lotnych związków jest rozwiązaniem uznawanym za BAT. Powietrze zanieczyszczone VOC może być spalane w istniejących kotłach.

Emisje ze spalania odpadów

Najlepszą dostępną techniką (BAT) jest zastosowanie technologii złoża fluidalnego w kotle do spalania odpadów stałych.

Rozwiązania dla redukcji ilości odpadów stałych

Większość materiału stałego, tworzącego strumień odpadów, powstaje podczas korowania (kora, straty drewna w wyniku korowania, trociny i wióry). Inne odpady stałe powstają ze strat włókien podczas wytwarzania masy i z osadu pochodzącego z pierwszego i drugiego stopnia oczyszczania ścieków. W wielu fabrykach wszystkie odpady o wysokiej zawartości substancji organicznej są odzyskiwane i spalane w kotłach pomocniczych. Generalnie rozwiązania uważane za odpowiadające BAT są następujące:

1. Minimalizacja wytwarzania odpadów stałych, ich odzyskiwanie, zwracanie i ponowne użycie tam, gdzie jest to tylko możliwe.
2. Oddzielne gromadzenie frakcji odpadów w miejscach ich powstawania i, jeśli to konieczne, międzyoperacyjne magazynowanie resztek/odpadów po to, aby umożliwić właściwą obróbkę pozostałych produktów odpadowych.

3. Spalanie wszystkich niegroźnych materiałów organicznych (kora, odpady drewna, osady ściekowe, itd.) w niskoemisyjnych kotłach pomocniczych specjalnie zaprojektowanych do spalania paliw wilgotnych o niskiej wartości opałowej (jak, np. kotły ze złożem fluidalnym).
4. Odzysk resztek/odpadów, w miarę możliwości, jako substytutów w leśnictwie, rolnictwie i innych gałęziach przemysłu.
5. Minimalizacja ilości odpadów odprowadzanych na składowisko.

Należy zwrócić uwagę na niewielką ilość dostępnych, szczegółowych i wiarygodnych informacji na temat osiągalnych ilości odpadów stałych. Wynika to stąd, że w Europie brakuje danych statystycznych, a ponadto używa się różnych nazw dla różnych frakcji odpadów. Niektóre kraje informują tylko o tej części odpadów stałych – przede wszystkim odpadów nieorganicznych – której nie da się już zawrócić czy użyć ponownie, a którą można jedynie odprowadzić na składowisko. Oznacza to, że wszystkie odpady organiczne o znośnej wartości opałowej, które mogą być lub są spalane w kotłach pomocniczych bez ryzyka niebezpiecznych emisji, nie są uwzględniane w podawanych ilościach odpadów stałych (kora i odpady drewna, osady z oczyszczalni ścieków). Tak więc odpady stałe odprowadzane na składowiska składają się głównie z popiołów kotłowych, pewnej ilości nieużytecznych odpadów drewna i kory oraz rozmaitych odpadów typu śmieci.

Z wyżej wymienionych powodów nie przedstawiono żadnych wartości liczbowych dotyczących możliwych do uzyskania ilości nieszkodliwych odpadów stałych.

We wszystkich fabrykach powstaje niewielka ilość odpadów niebezpiecznych. W ich skład wchodzi resztki olejów i tłuszczów, oleje transformatorowe i hydrauliczne, zużyte akumulatory (baterie) i inne złomowane urządzenia elektryczne, a także: rozpuszczalniki, farby, resztki środków bakteriobójczych i chemikaliów, itd. Ich ilość dochodzi zwykle do około 0,05-0,1 kg/t produktu.

Środki służące oszczędzaniu energii

W omawianym sektorze przemysłu stosowanie efektywnych energetycznie technologii generalnie uznaje się za BAT. Istnieje bardzo wiele dostępnych metod służących oszczędzaniu energii w wielu stadiach procesu wytwórczego. Zwykle są to rozwiązania powiązane z koniecznością zainwestowania w przebudowę, wymianę lub modernizację urządzeń technologicznych. Należy podkreślić, że rozwiązania pozwalające zmniejszyć zużycie energii wpływają również korzystnie na inne procesy. Najważniejszym uzasadnieniem inwestycji jest wydajność produkcji, poprawa jakości produktu i zmniejszenie kosztów ogólnych.

Istnieją następujące dostępne rozwiązania, które mają na celu zmniejszenie zużycia energii:

1. Wdrożenie systemu monitorowania dostaw i użytkowania energii. Posiadając informacje o niezawodności dostaw energii można podjąć odpowiednie działania. Gospodarka energetyczna obejmuje: dobór, kontrolę, przegląd i korektę parametrów obiektów dostarczających energię.
2. Modernizacja urządzeń. Zastąpienie istniejących urządzeń innymi, mniej energochłonnymi, z możliwością automatycznej regulacji w miejsce konwencjonalnych systemów regulacji ręcznej. Systemy automatycznej regulacji są bardziej efektywne i pozwalają na dokładniejsze przetwarzanie, a tym samym oszczędzanie energii (patrz również rozdział 6.3).
3. Minimalizacja strat odrzutu (z sortowania) poprzez zastosowanie efektywnych operacji jego obróbki i rozwłókniania. Jeśli pęki włókien (drzazgi) i nierozwinięte grube włókna są usuwane z głównej linii technologicznej, energia już zużyta w pierwotnej operacji ścierania/rozwłókniania będzie stracona. A zatem zmniejszenie strat odrzutu po operacji

ścierania i rozwłókniania w głównej linii wytwarzania masy i dalsze rozwłóknianie drzazg, i grubych włókien, mające na celu rozwinięcie ich właściwości dożądanego poziomu jakości, przyczynia się do zmniejszenia jednostkowego zużycia energii.

4. Zastosowanie efektywnych systemów odzyskiwania ciepła (tylko dla TMP i CTMP). W procesie wytwarzania TMP podczas rozwłókniania zrębków wytwarzają się duże objętości pary wodnej, ponieważ około dwóch trzecich zużytej do rozwłókniania energii elektrycznej zostaje zamienionych w energię cieplną, w postaci gorącej, nasyconej pary wodnej. Obecne w tej parze zanieczyszczenia uniemożliwiają jej bezpośrednie wykorzystanie, dlatego powstaje konieczność zastosowania rekuperatora ciepła. Parę wodną z procesu wytwarzania TMP oczyszcza się z włókien w hydrocyklonach, po czym poddaje się ją skropleniu i ponownemu odparowaniu w reboilerze. Uzyskana czysta para jest zwykle wykorzystywana w papierni.
5. Zastosowanie wspólnej generacji ciepła i energii elektrycznej, o ile pozwala na to stosunek energii elektrycznej do cieplnej.

Więcej rozwiązań służących redukcji zużycia energii, zwykle odnoszących się do fabryk papieru, znajduje się w rozdziale 6.3. Główne możliwości ulepszeń diskutowanych w tym rozdziale, to np. optymalizacja odwadniania w części sitowej maszyny papierniczej poprzez zainstalowanie prasy o wydłużonej strefie docisku i stosowanie efektywnych energetycznie technologii. Wspomina się tam również o redukcji bezpośredniego stosowania pary wodnej drogą starannego zintegrowania procesu przy użyciu analizy szczelności.

W wielu krajach europejskich informacje na temat bilansów energetycznych fabryk papieru nie są powszechnie dostępne i są niejednolite. Można więc spotkać się jedynie z różnymi systemami przedstawiania informacji na temat zużycia energii. Zapotrzebowanie energii zależy również od jakości produktu (np. stopnia zmielenia) i częściowo od warunków lokalnych. Z wyżej wymienionych powodów trudno jest przedstawić wartości liczbowe opisujące zużycie energii, a odpowiadające BAT. Przedstawione w tabeli 4.20 zakresy zużycia energii powinny być traktowane jako zalecane przybliżone zapotrzebowanie ciepła i mocy w efektywnych ekonomicznie wytwórniach mas mechanicznych, i papierów z tych mas. Więcej przykładów fabryk efektywnych energetycznie, z uwzględnieniem specyficznych warunków, będzie można znaleźć w poprawionej (zaktualizowanej) wersji dokumentu referencyjnego BAT.

Rodzaj fabryki	Zużycie ciepła technologicznego (netto) w GJ/ADt produktu ¹⁾	Zużycie mocy (netto) w MWh/ADt produktu
Zintegrowana fabryka papieru gazetowego maszynowo gładkiego (100% TMP)	-1,3 ²	2,2
Zintegrowana fabryka papieru SC na czasopisma (100% TMP)	-0,3 ²	2,1
Zintegrowana fabryka papieru gazetowego (>50% masy mechanicznej)	0-3,0	2,0-3,0
Zintegrowana fabryka papieru LWC (>50% masy mechanicznej)	3,0-12,0	1,7-2,6
Zintegrowana fabryka papieru SC (>50% masy mechanicznej)	1,0-6,0	1,9-2,6
Zintegrowana fabryka tektury pudełkowej (>50% masy mechanicznej)	3,5-13,0	2,3-2,8
Nie zintegrowana wytwórnia CTMP	0	2,0-3,0

Objaśnienia:
 (-) oznacza nadmiar
 MWh można przeliczyć na GJ wg wzoru: 1 MWh = 3,6 GJ, a 1GJ = 0,277 MWh
 Dane zaczerpnięto z [J. Pöyry, 1998], [SEPA-report 4712-4, 1997 - Raport 4712-4 SEPA, 1997], [Finnish BAT report - raport fiński nt. BAT, 1997]
 Zużycie netto ciepła technologicznego zależy głównie od sposobu rozwłókniania i stopnia odzyskiwania ciepła
 Wartości możliwe do uzyskania wyłącznie, gdy rekuperacja ciepła, część prasowa maszyny papierniczej i cały układ elektryczny są wdrożone i użytkowane w sposób idealny. W istniejących procesach technologicznych jest to rzadki przypadek.

Tabela 4.20: Zalecane, jednostkowe (na tonę produktu) zużycie energii w procesach produkcji różnych asortymentów papierów drzewnych, odpowiadające BAT

Tłumienie hałasu

Najlepszą dostępną techniką (BAT) jest zmniejszenie poziomów hałasu słyszalnego w pobliżu fabryk papieru. Zastosowane środki będą zależały od skali problemu i wytyczonego celu. Zwykle będą one bardziej rygorystyczne wtedy, gdy fabryka sąsiaduje z terenem mieszkalnym.

Zużycie chemikaliów

Patrz rozdział 6.4.

4.5 Nowo powstające techniki

4.5.1 Zastosowanie nowych technik odparowania w charakterze „nerki” do wewnętrznego oczyszczania wody produkcyjnej

Opis: Większa część materiału organicznego, uwalnianego podczas wytwarzania mas mechanicznych, pochodzi z kilku źródeł (np. filtrat z prasowania kory, strumień wydzielony z obiegu wodnego korowalni, materiał organiczny rozpuszczony podczas ścierania drewna lub rozwłókniania zrębków, filtry z bielenia). W większości fabryk prowadzi się obecnie wspólne oczyszczanie wszystkich ścieków. Jest to celowy sposób działania zapewniający stabilną pracę oczyszczalni biologicznej. Niedawno kilka fabryk wprowadziło nowe rozwiązania polegające na oczyszczaniu wewnątrz fabryki najbardziej zanieczyszczonych lub problemowych strumieni ścieków nowymi metodami. Jest to więc działanie zmierzające do oddzielenia zanieczyszczeń bliżej miejsca ich powstawania, mające na celu zmniejszenie do niezbędnych rozmiarów urządzeń do oczyszczania wód odpływowych. W zasadzie do redukcji ilości zanieczyszczeń

można użyć następujących metod: mikroflotacji, filtracji membranowej, utleniania chemicznego, odparowywania i kombinacji tych metod. W danym przypadku decydujący wpływ na wybór metody oczyszczania mają koszty inwestycyjne i eksploatacyjne oraz zużycie energii. W przypadku fabryk mas mechanicznych i papierów z tych mas szczególnie obiecującą metodą wydaje się wielostopniowe odparowywanie próżniowe, ze względu na dostateczną ilość dostępnego ciepła odpadowego.

Stan realizacji rozwiązania: W ostatnich latach dwie fabryki, w Szwecji i w Finlandii, wybudowały oddziały odparowania przeznaczone dla dużej części ścieków z wytwórni TMP (StoraEnso Kotka, Finlandia) i CTMP (Stora Fors, Szwecja). Obie fabryki korzystają z nowego rodzaju współprądowej wyparki wielostopniowej, o nazwie ZEDIVAP™, produkującej czystą wodę do powtórnego użycia. W tej wyparce powierzchniami przekazującymi ciepło są płyty z opadającą swobodnie warstewką cieczy. W obu fabrykach ciągle prowadzone są prace mające na celu optymalizację tego procesu.

Konsekwencje dla środowiska: Te nowo zastosowane, nowoczesne techniki obróbki ścieków otwierają możliwość znacznej redukcji objętości ścieków i ładunków zanieczyszczeń, odprowadzanych do odbiornika. Wykorzystuje się w nich dostępne w fabryce ciepło odpadowe i własne ciepło utajone ścieków. W tej sytuacji zużycie elektryczności w oddziale wyparek pozostaje prawie w takim samym zakresie, jak w konwencjonalnym układzie biologicznym. Całkowite zapotrzebowanie energii zależy od liczby stopni wyparki. Na przykład, instalacja 10-cio stopniowa potrzebuje tylko 10% energii wyparki jednostopniowej. Problemem, który nie znalazł jeszcze optymalnego rozwiązania jest obróbka koncentratów. Obecnie stosuje się rozwiązania specyficzne dla danego miejsca (spalanie koncentratów w kotłach sodowych pobliskich celulozowni siarczanowych). Warunkiem wstępnym zastosowania opisanych rozwiązań jest rygorystyczna gospodarka wodna we wszystkich oddziałach fabryki.

Względy ekonomiczne: Nowoczesne technologie wewnętrznego oczyszczania i ponownego wykorzystania wód produkcyjnych mogą być tak samo opłacalne, jak tradycyjne technologie oczyszczania ścieków (oczyszczanie biologiczne). W zamieszczonej poniżej tabeli zestawiono dane liczbowe dotyczące zużycia energii oraz kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych dla głównych metod oczyszczania zebrane przez [Edelmanna, 1999]. Zasadność ekonomiczna omawianej nowej technologii zależy od specyficznych warunków danej fabryki.

Metody oczyszczania wody	Zużycie energii elektryczności kWh/m ³ wody	Typowa wydajność (m ³ /d)	Koszty inwestycyjne euro/(m ³ /d)	Koszty eksploatacyjne euro/(1000 m ³)
Oczyszczanie chemiczne wody świeżej	0,30	30000	170	73
Oczyszczanie biologiczne ścieków	1,20	30000	620	136
Mikroflotacja	0,23	10400	20	104
Ultrafiltracja	2,60	5000	470	153
Wielostopniowe odparowanie	1,34	3600	840	35
Mechaniczne sprężanie pary	13	3600	1360	328
Wieża chłodząca	0,12	39000	130	3

Uwaga: Liczby dotyczą tylko dostaw urządzeń i całkowitych kosztów projektowych. Nie uwzględniają lokalnych kosztów aplikacji

Bibliografia: [Edelmann, 1999] , [Gartz, 1996], [Gartz, 1998], [Wigsten, 1995], [Legnerfalt, 1997]

4.5.2 Nowa, efektywna energetycznie, technologia wytwarzania TMP

Opis: Proces wytwarzania TMP zużywa duże ilości energii elektrycznej w zakresie 1600-3200 kWh/ADt. Jednocześnie odznacza się on, pod wieloma względami, dużą elastycznością i nie jest prawdopodobne, aby przemysł dokonał zamiany istniejących procesów wytwarzania TMP na procesy wytwarzania ścieru ciśnieniowego (poza niektórymi przypadkami) – procesy PGW, które zużywają mniejsze ilości energii (mniej o około 600-1200 kWh/ADt).

W związku z powyższym, w ostatnich latach podjęto wiele działań mających na celu znalezienie rozwiązania dla problemu zmniejszenia zużycia energii w procesie wytwarzania TMP. Przeprowadzono obiecujące próby półtechniczne, np. próby wielostopniowego procesu opracowanego w KCL, które wykazały możliwość znacznej redukcji zużycia energii o około 10-15% (200-450 kWh/t) w wyniku zmiany strategii rozwłókniania. W obecnym stadium wynik ten nie może być w pełni zweryfikowany. Tym niemniej od połowy lat 90-tych istnieje kilka przypadków zastosowania w skali przemysłowej nowych, efektywnych energetycznie procesów technologicznych wytwarzania TMP (RTS, Thermopulp®).

Stan realizacji rozwiązania: Na rynku funkcjonują już dwa nowe rozwiązania dotyczące wytwarzania TMP: proces RTS i proces Thermopulp®, które zużywają znacznie mniej energii niż „normalne” procesy TMP. Kilka linii Thermopulp® uruchomiono w połowie lat 90-tych w Europie i Ameryce Północnej. Pierwsza instalacja RTS rozpoczęła pracę w 1996 r. w Perlen Papier AG w Szwajcarii. Oba te procesy można uważać za dostępne techniki, ale ich zastosowanie dotyczy zwykle tylko nowych fabryk lub fabryk dokonujących wymiany istniejących urządzeń.

Konsekwencje dla środowiska: Tak zwany „proces RTS” zmniejsza zużycie energii w operacji rozwłókniania zrębków dzięki zwiększonej prędkości tarcz. To rozwiązanie jest dozwolone tylko w pierwszym stopniu rozwłókniania. W tym samym czasie, w tym stopniu operacji, wzrasta temperatura. „R” oznacza czas retencji, „T” – temperaturę, a „S” – prędkość. Pierwsze doświadczenia przemysłowe wskazują na możliwość zmniejszenia zużycia energii rzędu 15% w porównaniu z konwencjonalnym procesem TMP. Jednostkowe zużycie energii w pierwszym

przemysłowym procesie RTS wyniosło 1,85 MWh/t przy odwadnialności na poziomie 94.

W procesie Thermopulp® pierwszy stopień rozwłókniania przebiega we względnie niskiej temperaturze. Ciśnienie i temperatura rosną przed drugim stopniem rozwłókniania prowadzonymi przy bardzo wysokim ciśnieniu i wysokiej temperaturze (do 700 kPa i 170°C). Według uzyskanych informacji występuje oszczędność energii rzędu 10-20%. Jednostkowe zużycie energii w skali przemysłowej w fabryce północno-amerykańskiej wynosi 1,75 MWh/t przy odwadnialności 160.

Względy ekonomiczne: Brak dostępnych danych. Oszczędności energii muszą być bilansowane z kosztami inwestycyjnymi. Można się spodziewać, że ta nowa technologia będzie jedynie stopniowo wdrażana w miarę starzenia się istniejących urządzeń i zakładów.

Bibliografia: [SEPA-Report 4712-4, 1997 – raport SEPA 4712-4, 1997], [Paper Science and Technology, 1999]