NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI (BAT)
WYTYCZNE DLA BRANŻY CELULOZOWO - PAPIERNICZEJ

Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zamówienie Ministra Środowiska

Ministerstwo Środowiska
Warszawa, sierpień 2005 r.

NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI (BAT) WYTYCZNE DLA BRANŻY CELULOZOWO - PAPIERNICZEJ

Kierownik projektu: **Małgorzata Michniewicz**

Autorzy:

Małgorzata Michniewicz
Michał Janiga
Andrzej Sokół
Maria Żubrzak
Ewa Przybyszewska-Witczak
Bogdan Kiszczak
Piotr Jarowski
Mariusz Bartosiak

Ministerstwo Środowiska
Warszawa, sierpień 2005 r.

SPIS TREŚCI

STRESZCZENIE....4

1. WSTĘP....5
2. CEL I ZAKRES....6
3. TECHNOLOGIE I TECHNIKI STOSOWANE W PRZEDSIĘBIORSTWACH BRANŻY PAPIERNICZEJ W POLSCE....7

3.1 Ogólna charakterystyka technologii produkcji oraz produktów (wyrobów) branży papierniczej....7

3.2 Techniki i technologie wytwarzania mas włóknistych z drewna (włókna pierwotne)....13

3.2.1. Wytwarzanie masy celulozowej metodą siarczanową....13
3.2.1.1. Przygotowanie surowca drzewnego....14
3.2.1.2. Roztwarzanie i delignifikacja....15
3.2.1.3. Mycie i sortowanie masy....16
3.2.1.4. Delignifkacja tlenowa i bielenie....16
3.2.1.5. System regeneracji chemikaliów i energii....18
3.2.2. Wytwarzanie masy półchemicznej metodą obojętno-siarczynową (NSSC)....19
3.2.3. Wytwarzanie mas mechanicznych....21
3.2.3.1. Masa mechaniczna – ścier klasyczny (SGW)....22
3.2.3.2. Masa termomechaniczna (TMP) i chemotermomechaniczna (CTMP)....23

3.3. Technologie przerobu włókien wtórnych – wytwarzania papieru z makulatury....24

3.3.1. Stosowane procesy i technologie – informacje ogólne....25
3.3.2. Składowanie makulatury....26
3.3.3. Rozwłóknianie makulatury....27
3.3.4. Usuwanie zanieczyszczeń....27
3.3.4.1. Mechaniczne usuwanie zanieczyszczeń....27
3.3.4.2. Procesy z wykorzystaniem odbarwiania na drodze flotacji....31
3.3.4.3. Proces z odbarwianiem metodą mycia i usuwaniem składników mineralnych....32
3.3.5. Bielenie masy makulaturowej....34
3.3.6. Ostateczne oczyszczanie i odwadnianie masy papierniczej....34
3.3.7. Wytwarzanie papieru na maszynie papierniczej....34
3.3.8. Oczyszczanie wody obiegowej....36

3.4. Technologie wytwarzania papieru w wytwórniach niezintegrowanych....37

3.4.1. Stosowane procesy i techniki – informacje ogólne....38
3.4.2. Bibułka tissue....39
3.4.3. Pozostałe papiery....40
3.4.4. Przygotowanie masy papierniczej....43

3.5. Gospodarka wodna w papierni....45

3.5.1. Woda świeża....45

3.5.2. Wewnętrzne obiegi wodne papierni....46
3.5.3. Zewnętrzny obieg wodny papierni....47

3.6. Zużycie energii i źródła jej pozyskiwania....47

3.7. Chemiczne środki wspomagające....49

4. ASPEKTY ŚRODOWISKOWE ISTOTNE DLA BRANZY ORAZ WPŁYWY NA ŚRODOWISKO....50
5. CHARAKTERYSTYKA EMISJI DO KOMPONENTÓW ŚRODOWISKA....58
5.1. Emisje do powietrza atmosferycznego....58

5.1.1. Wytwarzanie masy celulozowo siarczanowej....58
5.1.2. Wytwarzanie papieru....59

5.2. Emisje do wód....59

5.3. Wytwarzanie odpadów stałych....63

5.3.1. Produkcja masy celulozowej siarczanowej....64
5.3.2. Produkcja mas mechanicznych....64
5.3.3. Wytwarzanie papieru z włókien pierwotnych....65
5.3.4. Wytwarzanie papieru z włókien wtórnych....65
5.3.5. Inne frakcje odpadów....66
5.3.6. Ilości odpadów stałych wytwarzanych w krajowych zakładach celulozowo-papierniczych....66

5.4. Emisje hałasu 67

5.5. Emisja pól elektromagnetycznych 68

6. SPOSOBY ZAPOBIEGANIA I/LUB OGRANICZANIA ODDZIAŁYWAŃ INSTALACJI NA ŚRODOWISKO 69

6.1. Techniki ogólne związane z organizacją działalności i zarządzaniem 69

6.2. Przegląd dostępnych technik związanych z produkcją mas włóknistych i papieru 68

6.3. Zintegrowana wytwórnia masy celulozowej siarczanowej i papieru 74

6.3.1. Techniki ograniczania emisji do wód 74
6.3.2. Techniki ograniczania emisji do powietrza 79
6.3.3. Sposoby oszczędzania energii 84

6.4. Niezintegrowana wytwórnia papieru niepowlekanego, bezdrzewnego i bibułki higienicznej z włókien pierwotnych 86

6.4.1. Techniki ograniczania emisji do wód 86
6.4.2. Techniki zmniejszenia emisji do atmosfery 90

6.5. Zintegrowane wytwórnie papieru z włókien wtórnych 91

6.5.1. Środki umożliwiające zmniejszenie emisji do wód 91
6.5.2. Środki umożliwiające zmniejszenie emisji do powietrza 95
6.5.3. Techniki umożliwiające oszczędność energii 95

6.6. Techniki zrównoważonej gospodarki odpadami 96

6.6.1. Techniki minimalizacji ilości odpadów stałych 96
6.6.2. Metody utylizacji wytworzonych odpadów stałych 98

6.7. Techniki BAT dotyczące stosowania chemikaliów 99

6.8. Techniki ochrony klimatu akustycznego 100

7. MINIMALNE WYMAGANIA CHARAKTERYZUJACE NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI 101

7.1. Emisje zanieczyszczeń do powietrza i do wód oraz zużycie zasobów 101

7.1.1. Wytwarzanie masy celulozowej siarczanowej niebielonej i papieru w wytwórni zintegrowanej 101
7.1.2. Wytwarzanie masy celulozowej siarczanowej bielonej w wytwórni niezintegrowanej 104
7.1.3. Wytwarzanie masy celulozowej siarczanowej bielonej i papieru bezdrzewnego niepowlekanego w wytwórni zintegrowanej 106
7.1.4. Wytwarzanie innych pierwotnych mas włóknistych (MT. TMP) i papieru w wytwórniach zintegrowanych. 107
7.1.5. Wytwarzanie masy CTMP (produkcja niezintegrowana)) 108
7.1.6. Wytwarzanie papieru niepowlekanego, bezdrzewnego w wytwórni niezintegrowanej 109
7.1.7. Wytwarzanie bibułki higienicznej (tissue)z włókien pierwotnych 110
7.1.8. Wytwarzanie papieru na warstwy składowe tektury falistej z włókien wtórnych bez odbarwiania 111
7.1.9. Wytwarzanie papieru na warstwy składowe tektury falistej z włókien wtórnych z odbarwianiem 112
7.1.10. Wytwarzanie bibułki higienicznej (tissue) z włókien wtórnych 113
7.1.11. Wytwarzanie papierów specjalnych 115
7.2. Wytwarzanie odpadów stałych 117
7.3. Sposób obliczania wskaźników emisji dla wytwórni zintegrowanych 118
7.4. Hałas 118
8. WYMAGANIA W ZAKRESIE MONITORINGU 119
9. WYKORZYSTANE ŹRÓDŁA INFORMACJI 123

STRESZCZENIE

Praca została wykonana na zamówienie Ministra Środowiska (Umowa nr 214/04/Wn50/NE-PO-Tx/D z dnia 19.07.2004r), przy finansowaniu ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Powstałe w jej wyniku opracowanie stanowi jeden z serii dokumentów, których celem jest dostarczenie informacji pomocnych w procesie uzgadniania warunków i wydawania pozwoleń zintegrowanych na korzystanie ze środowiska przez zakłady przemysłowe.

Ustalenie warunków pozwolenia zintegrowanego wymaga wiedzy na temat najlepszych dostępnych technik stosowanych w danej branży przemysłowej. Celem pracy było opracowanie Przewodnika BAT dla przemysłu celulozowo-papierniczego, który będzie stanowił poradnik dla przedsiębiorców i organów administracji, pomocny przy określaniu dopuszczalnych parametrów (wskaźników) emisji i innych parametrów technicznych, wynikających z najlepszych dostępnych technik.

W pracy omówiono istotne aspekty ekologiczne związane z produkcją mas włóknistych i papieru, w wytwórniach zintegrowanych i niezintegrowanych. Niezintegrowane wytwórnie mas włóknistych (mas towarowych) produkują tylko masy, które są następnie sprzedawane na wolnym rynku. Niezintegrowane papiernie wykorzystują zakupioną masę włóknistą do własnej produkcji papieru. W przypadku wytwórni zintegrowanych produkcja mas i papieru odbywa się w tym samym miejscu.

W rozdziale 3 przedstawiono przegląd technologii i technik wytwarzania mas włóknistych i papieru, stosowanych w krajowych zakładach branży celulozowo-papierniczej. Szczególną uwagę zwrócono na elementy technologii mające związek z emisjami do środowiska i zużyciem zasobów, jak: zamknięte obiegi chemikaliów w celulozowni, gospodarka wodna w papierni, zużycie wody świeżej, zużycie energii cieplnej i elektrycznej.

Przeprowadzono szczegółową analizę procesów pod kątem aspektów środowiskowych i wpływów na środowisko (tab. 4-1) oraz opracowano listę aspektów środowiskowych szczególnie istotnych dla branży celulozowo-papierniczej (tab. 4-2). Przedstawiono charakterystykę emisji do komponentów środowiska oraz poziomy (zakresy) wskaźników emisji występujące w krajowych zakładach należących do branży (rozdział 5).

W rozdziale 6 omówiono techniczno-technologiczne sposoby zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń emitowanych do środowiska w związku z funkcjonowaniem instalacji do produkcji mas włóknistych i papieru (techniki uznawane za BAT) dla czterech podstawowych, dominujących w krajowym przemyśle papierniczym rodzajów wytwórni. Oddzielnie omówiono techniki zrównoważonej gospodarki odpadami stałymi oraz techniki BAT dotyczące stosowania chemikaliów i techniki ochrony klimatu akustycznego.

Na podstawie dokumentu referencyjnego BAT dla branży celulozowo-papierniczej określono minimalne wymagania charakteryzujące najlepsze dostępne techniki dla 11-tu rodzajów wytwórni zintegrowanych i niezintegrowanych oraz przedstawiono sposób obliczania wskaźników emisyjnych odpowiadających BAT dla wytwórni zintegrowanych. Przedstawiono również podstawowe wymagania dotyczące monitoringu emisji, który ma służyć ocenie zgodności z warunkami pozwolenia zintegrowanego.

Informacje zawarte w niniejszym opracowaniu powinny być wykorzystywane jako materiał źródłowy przy definiowaniu najlepszych dostępnych technik (BAT) dla konkretnych instalacji przemysłowych. Podczas określania wymagań charakteryzujących najlepsze dostępne techniki i ustalania warunków pozwoleń opartych na BAT należy brać pod uwagę uwarunkowania lokalne a także zasadniczy cel, jakim jest osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony środowiska jako całości.

1. WSTĘP

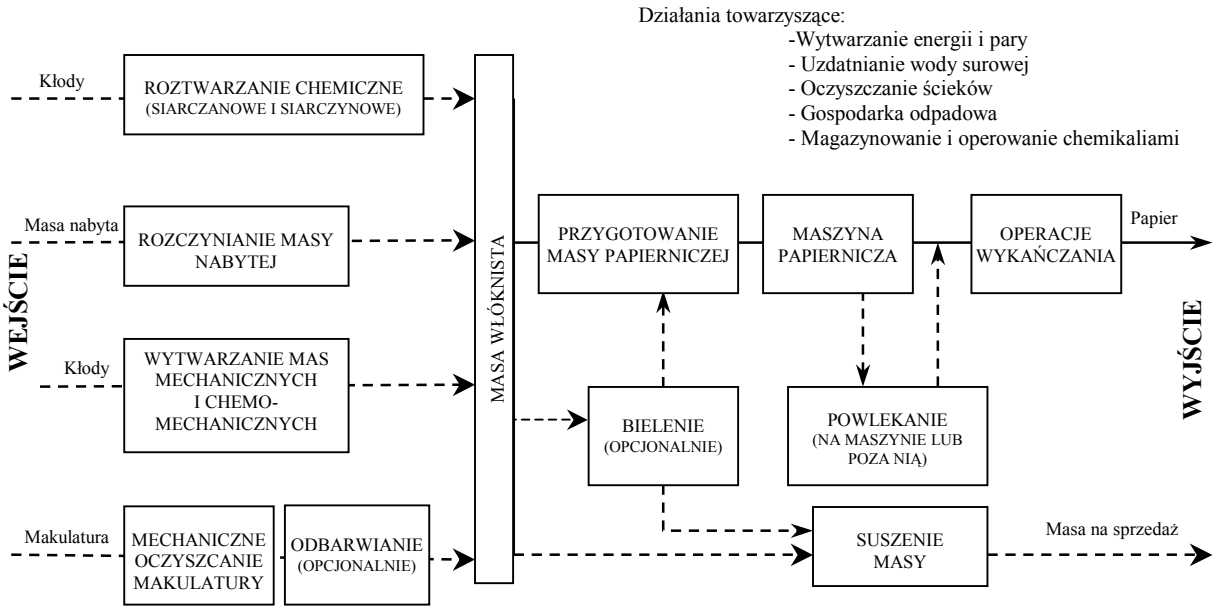
Zasadniczym składnikiem papieru są włókna, otrzymywane najczęściej z naturalnych surowców roślinnych. Można powiedzieć, że papier to wstęga z włókien z dodatkiem pewnej ilości chemikaliów, które wpływają na jego właściwości i jakość. Oprócz włókien i chemikaliów wytwarzanie masy włóknistej i papieru wymaga znacznej ilości wody przemysłowej oraz energii w postaci pary i energii elektrycznej. W rezultacie zagadnienia związane z ochroną środowiska w tym przemyśle tradycyjnie związane są z emisją zanieczyszczeń do wody i atmosfery oraz zużyciem energii. Obecnie wzrastającego znaczenia nabierają także aspekty ekologiczne związane z gospodarką odpadami stałymi.

Papiernicza masa włóknista może być produkowana z pierwotnych włókien, z zastosowaniem procesów chemicznych lub mechanicznych, bądź w wyniku ponownego roztwarzania makulatury. Papiernia może ponownie rozwłóknić masę wytworzoną w innym miejscu lub być zintegrowana z wytwórnią masy włóknistej zlokalizowaną na miejscu.

W niniejszym Przewodniku BAT dla branży celulozowo-papierniczej zostały omówione istotne aspekty ekologiczne związane z produkcją masy i papieru, z różnych materiałów włóknistych w zintegrowanych lub niezintegrowanych celulozowniach i papierniach. Niezintegrowane celulozownie (wytwórnie mas towarowych) produkują tylko masy, które są następnie sprzedawane na wolnym rynku. Niezintegrowane papiernie wykorzystują zakupioną masę włóknistą jako surowiec do własnej produkcji papieru. W przypadku wytwórni zintegrowanych produkcja mas i papieru odbywa się w tym samym miejscu. Celulozownie produkujące masę celulozową siarczanową funkcjonują zarówno w sposób zintegrowany, jak i niezintegrowany, zaś celulozownie siarczynowe są zwykle zintegrowane z produkcją papieru. Mechaniczne roztwarzanie oraz przerób włókien wtórnych są zazwyczaj zintegrowane z wytwarzaniem papieru, choć w pojedynczych przypadkach funkcjonują również wytwórnie prowadzące samodzielną działalność tego typu.

Główne procesy związane z technologiami wytwarzania mas włóknistych i papieru wymieniono poniżej i zilustrowano na rysunku 1-1:

- wytwarzanie mas chemicznych (roztwarzanie chemiczne),
  - proces roztwarzania siarczanowego (kraft),
  - proces roztwarzania siarczynowego,
- wytwarzanie mas mechanicznych i chemo-mechanicznych,
- przerób odzyskanego papieru (makulatury) z odbarwianiem i bez odbarwiania,
- wytwarzanie papieru i procesy związane.



Rys. 1-1. Główne procesy występujące podczas produkcji mas włóknistych i papieru

2. CEL I ZAKRES

Celem przedsięwzięcia jest opracowanie Przewodnika BAT dla przemysłu celulozowo-papierniczego, który będzie stanowił poradnik dla przedsiębiorców i organów administracji, pomocny w procesie uzgadniania warunków i wydawania pozwoleń zintegrowanych na korzystanie ze środowiska przez przedsiębiorstwa produkcyjne branży celulozowo-papierniczej.
W szczególności przewodnik określa minimalne wymagania charakteryzujące najlepsze dostępne techniki (BAT), opracowane i zaproponowane pod kątem technik i technologii papierniczych stosowanych w Polsce z uwzględnieniem wymagań wynikających z krajowych przepisów prawnych oraz zaleceń opisanych w dokumentach referencyjnych (BREF i inne).

Zakres opracowania obejmuje:

- ⇨ Analizę technologii i technik stosowanych w przedsiębiorstwach branży papierniczej w Polsce;
- ⇨ Sporządzenie listy aspektów środowiskowych szczególnie istotnych dla branży;
- ⇨ Charakterystykę emisji do poszczególnych komponentów środowiska, w tym gospodarkę odpadami oraz emisję hałasu;
- ⇨ Sposoby zapobiegania i/lub ograniczania oddziaływania instalacji na środowisko;
- ⇨ Zestawienie minimalnych wymagań charakteryzujących najlepsze dostępne techniki z przykładami rozwiązań technicznych, które pozwolą na osiągnięcie tych wymagań i przykładami technik, które nie pozwalają na spełnienie tych wymagań;
- ⇨ Zestaw minimalnych wymagań w zakresie monitoringu.

3. TECHNOLOGIE I TECHNIKI STOSOWANE W PRZEDSIĘBIORSTWACH BRANŻY PAPIERNICZEJ W POLSCE

3.1. Ogólna charakterystyka technologii produkcji oraz produktów (wyrobów) branży papierniczej

Branża papiernicza, podobnie jak praktycznie wszystkie branże przemysłowe, charakteryzuje się wysokim stopniem specyficzności. W przemyśle celulozowo-papierniczym występuje duży stopień integracji procesów w obrębie indywidualnych zakładów co sugeruje, że koncepcja najlepszej dostępnej techniki BAT musi być odniesiona nie tylko do oddzielnych procesów, układów lub linii produkcyjnych, ale również do całych zintegrowanych instalacji. Na przykład w zintegrowanej wytwórni masy włóknistej i papieru, w celu zmniejszenia objętości ścieków wody procesowe mogą być zawracane do obiegu z papierni do celulozowni, oprócz stosowania wewnętrznych pętli recyrkulacji w obu częściach zintegrowanego zakładu.

Określony produkt papierniczy może być wytwarzany za pomocą rozmaitych procesów i układów, i rozważając najlepsze dostępne techniki (BAT) może być równie istotne porównanie takich odmiennych rozwiązań jakkolwiek stosujących zupełnie różne procesy. Na przykład, papier gazetowy może być wytwarzany z wykorzystaniem różnych źródeł masy włóknistej, takich jak: klasyczny ścier biały powstający na kamieniu ścieraka (angielski skrót: SGW), ścier ciśnieniowy (PGW), masa termomechaniczna (TMP), rafinerowa masa mechaniczna (RMP), masa chemo-termo-mechaniczna (CTMP), masa celulozowa siarczynowa, bielona iglasta masa celulozowa siarczanowa i/lub masa odbarwiana z odzyskanego papieru (DIP). Różne składy włókniste będą oczywiście powodować powstanie różnych emisji.

Ponieważ produkty przemysłu celulozowo-papierniczego są bardzo zróżnicowane, a stosowane procesy mogą być bardzo różne nawet dla tego samego produktu, to należy brać pod uwagę wiele czynników z technologii produkcji, by zagwarantować wysoki poziom ochrony środowiska. **Dla przemysłu celulozowo-papierniczego najlepsze techniki nie mogą być zdefiniowane jedynie przez opisanie procesów jednostkowych. Zamiast tego całe instalacje muszą być zbadane i ujmowane całościowo**.

Papier to wstęga lub arkusz włókien celulozowych z pewną liczbą dodanych składników mających wpływ na jakość i przydatność do zamierzonego końcowego zastosowania. Dwa terminy: papier i tektura (pkt 6.1 b, załącznik do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dn. 26 lipca 2002 –Dz.U.02.122.1055), ogólnie biorąc, odróżnia się w zależności od masy arkusza produktu (jego gramatury). Papier jest arkuszem o gramaturze w zakresie do około 150 g/m^2, a cięższe arkusze uważa się za tekturę.

Masa do wyrobu papieru może być wyprodukowana sposobami chemicznym lub mechanicznym z włókien pierwotnych albo może być wytworzona przez rozczynianie odzyskanego papieru (makulatury) i dalszy przerób na włókna wtórne (RCF). W procesie wytwarzania masy włóknistej surowiec zawierający celulozę zostaje rozbity na pojedyncze włókna. Głównym surowcem włóknistym jest drewno, ale mogą również być użyte: słoma, konopie, trawa, bawełna oraz inne materiały zawierające celulozę.
Najważniejszymi składnikami drewna są: celuloza, hemicelulozy i lignina a dokładny skład zależy od jego rodzaju i odmiany. Zazwyczaj drewno zawiera około 50% wody, a jego część stała składa się na ogół z około 45% celulozy, 25% hemiceluloz, 25% ligniny oraz 5% innych

substancji organicznych i nieorganicznych. W chemicznym roztwarzaniu drewna stosuje się chemikalia, które uwalniają włókna, przeprowadzając ligninę do roztworu, z którego mogą być odzyskane te chemikalia, a także energia zawarta w ligninie oraz innych substancjach organicznych. Zasięg regeneracji chemikaliów w metodzie siarczynowej zależy od rodzaju zasady i od ukształtowania procesu. W wyrobie masy mechanicznej do wyodrębnienia włókien stosuje się siły ścinające i większość ligniny pozostaje z włóknami, chociaż i tu ma miejsce przechodzenie do roztworu niektórych substancji organicznych.

Masy włókniste wytwarzane różnymi metodami wykazują różne właściwości, które czynią je przydatnymi do wyrobu określonych produktów. Większość mas włóknistych wytwarza się w celu późniejszej produkcji papieru lub tektury. Niektóre są przeznaczone do innej produkcji, jak grube płyty pilśniowe lub produkty z pochodnych celulozy.

W produkcji papieru z użyciem makulatury jako źródła włókna, wymagane jest oczyszczenie odzyskanych włókien z zanieczyszczeń przed ich ponownym użyciem do wyrobu papieru, a niekiedy może być wymagane oddzielenie farby drukarskiej, zależnie od jakości zawracanego materiału i od wymagań, które musi spełnić finalny produkt procesu recyklingu. Włókna wielokrotnie nadają się do ponownego użytku, ale ich ponowne użycie zależy także od jakości zawracanego papieru i od przeznaczenia na produkt finalny. W wytworach papierowych do 45% ich masy mogą stanowić pigmenty, powłoki oraz inne substancje.

Ogólną klasyfikację produktów wytwarzanych przez przemysł papierniczy przedstawia poniższa tabela 3-1.

Tabela 3-1. Produkty przemysłu papierniczego

• Papier gazetowy	• Tektury opakowaniowe*
• Niepowlekane papiery drukowe i do pisania	• Papiery na warstwy płaską i pofalowaną tektury falistej
• Powlekane papiery drukowe i do pisania	• Tissue
• Papiery opakowaniowe	• Papiery specjalne

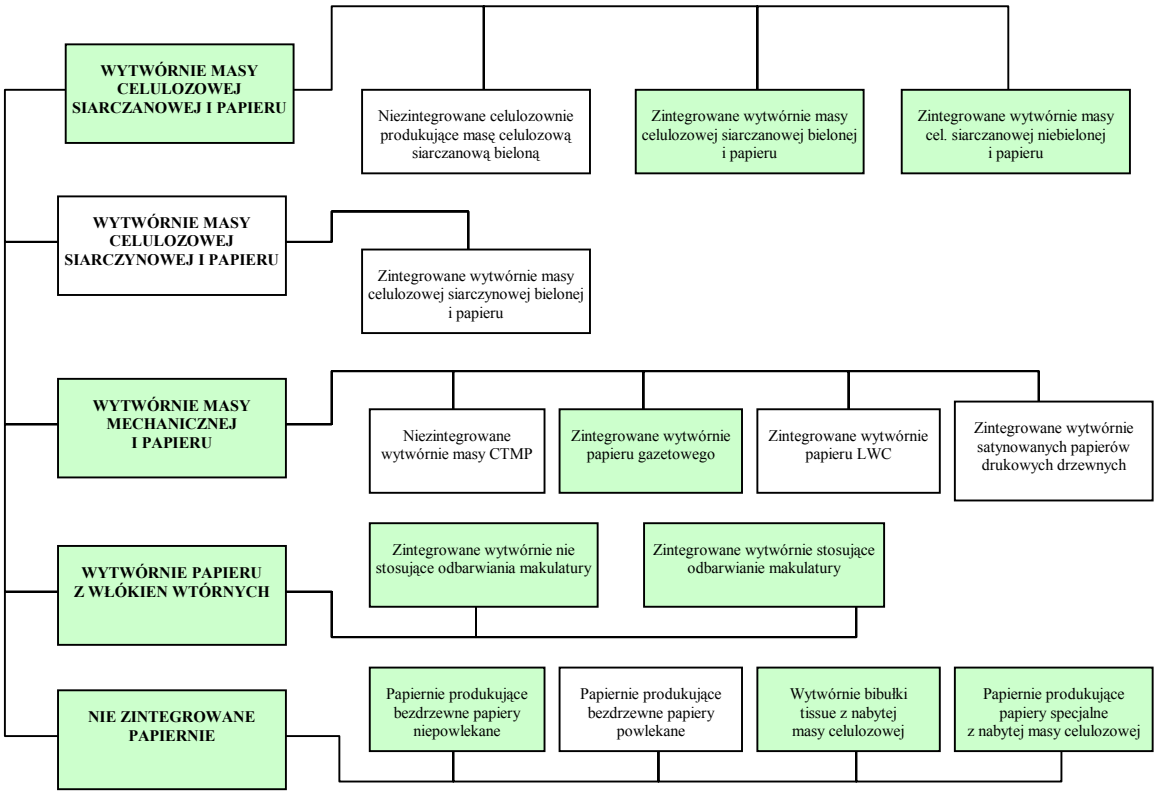
* Od kartonów o wysokiej jakości wykończenia do kartonu pudełkowego o zróżnicowanej jakości

Każda z tych kategorii wymaga określonych właściwości produktu. Najlepsze sposoby ich wytwarzania mogą się znacznie różnić. Na przykład, papier gazetowy jest produktem potrzebnym w wielkiej ilości i o stałej gramaturze, ale wymaga się tylko, by wykazywał umiarkowane właściwości, takie jak: wytrzymałość, nieprzezroczystość, drukowność; przy relatywnie krótkiej żywotności. Zatem w tym przypadku, efektywne wykorzystanie surowców uzyska się poprzez zastosowanie masy włóknistej o wysokiej wydajności z drewna kosztem takich parametrów, jak: wytrzymałość, jasność oraz gładkość.

W przeciwieństwie do powyższego, krytyczną cechą jakości papierów opakowaniowych jest ich wytrzymałość, jeśli mają one nadawać się do zamierzonego zastosowania. W celu osiągnięcia odpowiedniej wytrzymałości konieczne jest zaakceptowanie niższej wydajności masy z drewna, co stanowi element właściwego, w tym przypadku, sposobu wytwarzania. Papiery drukowe i do pisania potrzebują innego wyważenia proporcji między jasnością, strukturą powierzchni oraz wytrzymałością; a czasami niektóre z tych papierów powinny być trwałe (długowieczne).

Papiery tissue wyrabia się tak, by wykazywały dobrą (jak na ich niewielką gramaturę) wytrzymałość w stanie suchym i po namoczeniu, a przeważnie wytwarza się z nich produkty jednorazowego użytku, które nie wchodzą ponownie do cyklu wykorzystania włókna.

Na rys. 3-1 przedstawiono klasyfikację europejskich wytwórni mas włóknistych i papieru z zaznaczeniem kolorem zielonym rodzajów wytwórni funkcjonujących na terenie Polski.



Rys. 3-1. Klasyfikacja europejskich wytwórni mas włóknistych i papieru. Kolorem zielonym zaznaczono rodzaje wytwórni występujących w Polsce

W tabeli 3-2 przedstawiono listę zakładów branży papierniczej podlegających dyrektywie IPPC (listopad 2004) wraz z krótkim opisem stosowanych w nich technologii wytwórczych. Natomiast w tabeli 3-3 przedstawiono wielkość produkcji papieru w Polsce w 2003r., według asortymentów.

Tabela 3-2. Lista krajowych zakładów branży papierniczej podlegających dyrektywie IPPC

Nazwa wytwórni	Podstawowe technologie	Główne asortymenty
1	*2*	*3*
Zintegrowane wytwórnie papieru i tektury		
International Paper Kwidzyn	Roztwarzanie siarczanowe Bielenie ECF Wytwarzanie papieru gazetowego z odbarwionej masy makulaturowej Wytwarzanie papierów drukowych i do pisania z masy pierwotnej oraz tektury wielowarstwowej z mieszanki masy pierwotnej z masą termomechaniczną	Masa celulozowa siarczanowa bielona Papier kserograficzny Papier gazetowy Papier do druku offsetowego Tektura opakowaniowa
Mondi Packaging Paper Świecie S.A.	Roztwarzanie siarczanowe Roztwarzanie NSSC Wytwarzanie masy makulaturowej z zastosowaniem dyspergowania Wytwarzanie papieru na warstwy płaskie tektury falistej z masy pierwotnej i mieszanej Wytwarzanie papieru workowego z masy pierwotnej Wytwarzanie papieru na falę z masy NSSC	Papier workowy Papier na warstwy płaskie tektury falistej (kraftliner) Papier na warstwy płaskie tektury falistej (testliner) Papier na warstwy pofalowane tektury falistej
Intercell Ostrołęka	Roztwarzanie siarczanowe Wytwarzanie masy makulaturowej Wytwarzanie papierów na warstwy płaskie tektury falistej z mieszanki masy pierwotnej i masy makulaturowej, z samej masy makulaturowej; papierów na warstwę pofalowaną tektury falistej z masy makulaturowej Wytwarzanie papieru workowego i pakowego z masy pierwotnej	Papier workowy i pakowy Papier na warstwy płaskie tektury falistej (testliner) Papier na warstwy pofalowane tektury falistej Tektura falista Pudełka i pudła z tektury falistej Worki papierowe
Cartex Boruszowice	Wytwarzanie masy makulaturowej nieodbarwionej Wytwarzanie papierów na tekturę falistą z włókien wtórnych	Papier na tekturę falistą Tektura falista
Głuchołaskie Zakłady Papiernicze	Wytwarzanie masy makulaturowej nieodbarwionej Wytwarzanie bibułki higienicznej z masy wtórnej Wytwarzanie waty celulozowej z włókien pierwotnych Wytwarzanie papieru pakowego z włókien wtórnych	Bibułka higieniczna w zwojach Papier toaletowy Wata celulozowa

Tabela 3-2. c.d.

1	*2*	*3*
Packprofil	Wytwarzanie masy makulaturowej nieodbarwionej Wytwarzanie tektury z włókien wtórnych	Tuleje tekturowe Kątowniki tekturowe
Konstans	Wytwarzanie masy makulaturowej nieodbarwionej Wytwarzanie papierów drukowych i do pisania z mieszanki włókien pierwotnych i wtórnych Wytwarzanie papierów specjalnych z włókien pierwotnych	Papier do celów graficznych Pergamin roślinny
Metsä Tissue	Wytwarzanie masy makulaturowej odbarwionej Wytwarzanie bibułki higienicznej z włókien wtórnych Wytwarzanie bibułki higienicznej z włókien pierwotnych	Bibułka higieniczna w zwojach Papier toaletowy Chusteczki higieniczne Chusteczki kosmetyczne Ręczniki papierowe
Firma W. Lewandowski	Wytwarzanie masy makulaturowej nieodbarwionej Wytwarzanie bibułki higienicznej z włókien wtórnych	Papier toaletowy Ręczniki papierowe
Mikołowskie Zakłady Papiernicze	Wytwarzanie masy makulaturowej nieodbarwionej Wytwarzanie tektury z włókien wtórnych	Papier na warstwę pofalowaną tektury falistej Tektura makulaturowa
Fabryka Papieru S.A. w Myszkowie	Wytwarzanie ścieru drzewnego Wytwarzanie papieru gazetowego z mieszanki ścieru i włókien pierwotnych	Papier gazetowy
Fabryka Papieru Piechowice	Wytwarzanie masy makulaturowej odbarwionej Wytwarzanie bibułki higienicznej z masy wtórnej	Bibułka higieniczna w zwojach Papier toaletowy Ręczniki papierowe
Fabryka Papieru Szczecin-Skolwin	Wytwarzanie ścieru drzewnego Wytwarzanie papieru gazetowego Wytwarzanie papieru pakowego	Papier gazetowy Papier pakowy
Otor Silesia	Wytwarzanie masy makulaturowej nieodbarwionej Wytwarzanie papierów na tekturę falistą z włókien wtórnych Wytwarzanie tektury litej z włókien wtórnych	Papiery na tekturę falistą Tektura lita Kartonaże z tektury falistej
Fabryka Papieru i Tektury „Beskidy”	Wytwarzanie masy makulaturowej nieodbarwionej Wytwarzanie tektury budowlanej z włókien wtórnych	Tektura budowlana w zwojach i arkuszach

Tabela 3-2. c.d.

1	*2*	*3*
Niezintegrowane wytwórnie papieru		
Delitissue Sp. z o.o.	Wytwarzanie bibułki higienicznej z włókien pierwotnych	Papier toaletowy Chusteczki higieniczne Chusteczki kosmetyczne Ręczniki papierowe
Kimberly-Clark	Wytwarzanie bibułki higienicznej z włókien pierwotnych	Papier toaletowy Chusteczki higieniczne Chusteczki kosmetyczne Ręczniki papierowe
Arctic Paper Kostrzyn	Wytwarzanie papierów drukowych i do pisania z włókien pierwotnych	Papier kserograficzny Papier do druku offsetowego
Hanke Tissue	Wytwarzanie bibułki higienicznej z włókien pierwotnych	Papier toaletowy Chusteczki higieniczne Chusteczki kosmetyczne Ręczniki papierowe
ICT Poland	Wytwarzanie bibułki higienicznej z włókien pierwotnych	Papier toaletowy Chusteczki higieniczne Chusteczki kosmetyczne Ręczniki papierowe
Fabryka Papieru w Dąbrowicy	Wytwarzanie papierów drukowych z masy pierwotnej Wytwarzanie papierów pakowych z mieszanki masy pierwotnej i makulaturowej Wytwarzanie papierów specjalnych z masy pierwotnej	Papier półpergamin Papier pakowy Papier ekologiczny

Tabela 3-3. Produkcja papieru według asortymentów w Polsce w 2003 roku, w tys. Ton

Papier gazetowy	191
Papiery niepowlekane drzewne	2
Papiery niepowlekane bezdrzewne	515
Łącznie papiery do celów graficznych	**708**
Papiery sanitarne i do użytku domowego	283
Papiery na tekturę falistą	851
Tektura pudełkowa	173
Papiery pakowe do 150 g/m^2	189
Pozostałe papiery opakowaniowe	39
Łącznie papiery do celów opakowaniowych	**1 252**
Pozostałe	216
Papier i tektura ogółem	**2 459**

Technologie wytwarzania mas włóknistych lub wyrobu papieru składają się z wielu etapów procesowych. Obok surowców włóknistych i różnych chemikaliów, procesy te wymagają wielkich ilości wody oraz energii, w postaci: pary, oleju napędowego lub energii elektrycznej. Ten szeroki zakres procesów zaangażowanych w produkcję mas włóknistych i papieru można podzielić na liczne operacje jednostkowe.

3.2. Techniki i technologie wytwarzania mas włóknistych z drewna (włókna pierwotne)

W krajowych zakładach branży celulozowo-papierniczej produkuje się aktualnie następujące asortymenty mas włóknistych pierwotnych [dane za rok 2003]:

- masę celulozowa siarczanową (tzw. kraft) niebieloną i bieloną z drewna iglastego (sosna) oraz liściastego, w ilości 810,8 tys. ton/rok
- masę mechaniczną (ścier klasyczny – symbol SGW), w ilości 72,8 tys. ton/rok
- masę chemotermomechaniczną (CTMP), w ilości 62,2 tys. ton/rok
- masę półchemiczną NSSC, w ilości 88,6 tys. ton/rok.

Jak wynika z powyższych danych, przeważającym surowcem włóknistym do produkcji papieru, wytwarzanym w Polsce (ok. 78% produkcji ogółem) jest masa celulozowa otrzymywana metodą siarczanową.

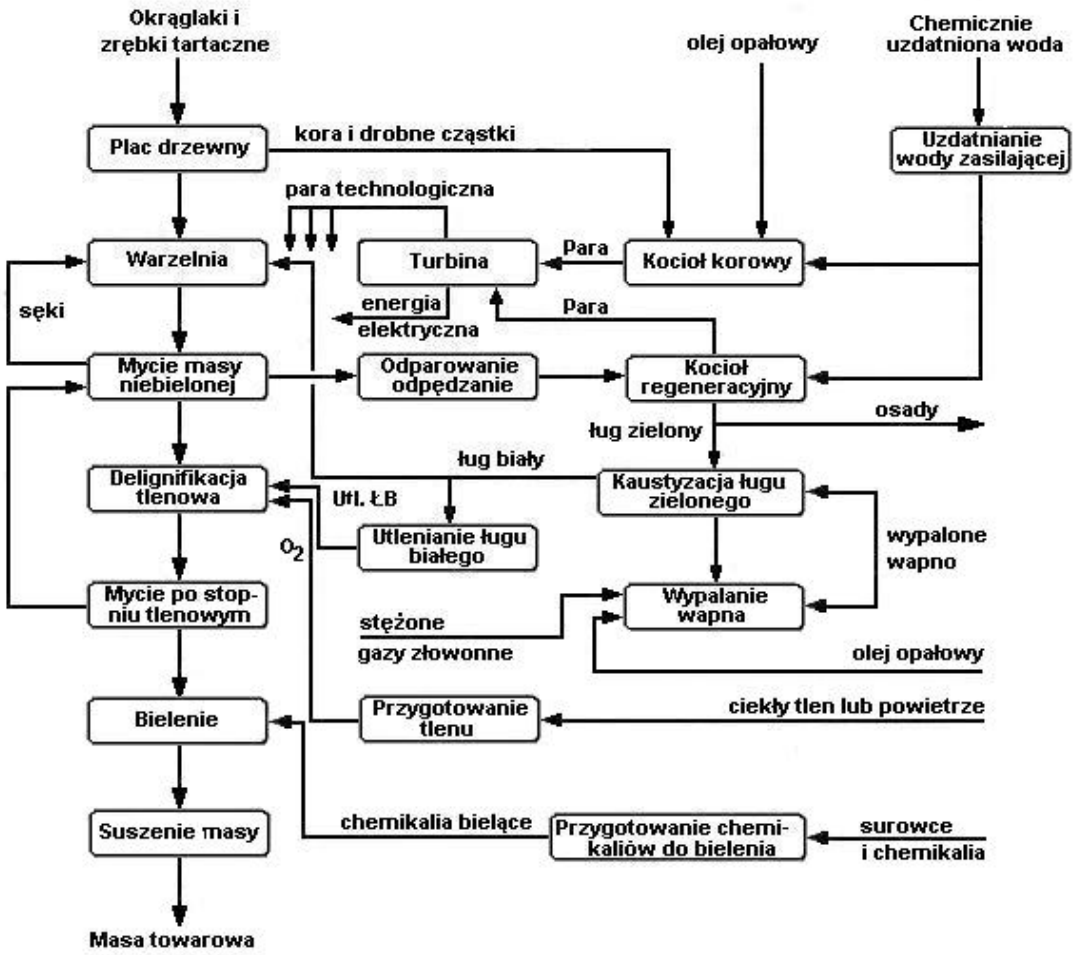
3.2.1. Wytwarzanie masy celulozowej metodą siarczanową

Obecnie metoda siarczanowa jest dominującym w skali światowej procesem roztwarzania chemicznego (ok. 80% światowej produkcji mas włóknistych). Wpłynęły na to przewaga własności wytrzymałościowych masy w porównaniu z procesem siarczynowym, przydatność dla wszystkich gatunków drewna, jak również skuteczne systemy regeneracji chemikaliów, pozwalające na minimalizację zrzutu zanieczyszczeń do ścieków. Z drugiej strony chemia procesu siarczanowego jest odpowiedzialna za występowanie problemu związków złowonnych.

Celulozownię siarczanową można podzielić na cztery główne części:

- przygotowanie surowca,
- chemiczne rozwłóknianie (delignifikacja) z prawie całkowicie zamkniętym systemem regeneracji chemikaliów i energii,
- bielenie z otwartym układem wodnym
- zewnętrzny system oczyszczania ścieków poprodukcyjnych (procesowych).

Z głównymi oddziałami celulozowni związane są układy pomocnicze, jak usuwanie odrzutów, wytwarzanie chemikaliów bielących i generowanie energii.
Na rysunku 3-2 przedstawiono schematycznie układ technologiczny nowoczesnej celulozowni siarczanowej wytwarzającej masę bieloną oraz energię cieplną i elektryczną. Układ dla masy niebielonej jest analogiczny z wyłączeniem segmentów bielenia i przygotowania chemikaliów bielących.



Rys. 3-2. Przegląd procesów występujących w celulozowni siarczanowej

3.2.1.1. Przygotowanie surowca drzewnego

Drewno jest najczęściej dostarczane do celulozowni w postaci kłód (papierówka) a niekiedy w postaci zrębków z innych zakładów przemysłu drzewnego. Kłody są poddawane okorowaniu a następnie rozdrobnieniu do zrębków. Techniki wytwarzania mas mechanicznych mogą stosować zarówno kłody jak zrębki, natomiast techniki roztwarzania chemicznego zawsze stosują zrębki. W procesie rozdrabniania drewna do zrębków celem nadrzędnym jest wytworzenie zrębków o jednolitych rozmiarach, będzie to sprzyjać uzyskaniu lepszej masy.

Najbardziej powszechną metodą korowania jest korowanie bębnowe. Kora jest usuwana, gdy kłody ocierają się o siebie w wyniku wzajemnego ruchu nadanego im przez ruch obrotowy bębna korującego. Luźna kora i kawałki drewna spadają z bębna przez specjalne rynny. Okorowane kłody są natryskiwane wodą przed ich dostarczeniem do celulozowni.
Proces mokrego korowania zużywa duże objętości wody. W ostatnich latach w wielu celulozowniach zainstalowano technikę „suchego" korowania. Suche korowanie daje korę z niską zawartością wody, co skutkuje lepszym bilansem energii w celulozowni, jeśli kora jest spalana.

Do procesów chemicznego roztwarzania kłody są rozdrabniane do zrębków w rębaku. Dostarczenie jednolitych pod względem rozmiaru zrębków jest konieczne ze względu na jakość masy i wydajność procesu roztwarzania. Im bardziej jednolite są zrębki po rębaku, tym niższe jest zużycie surowca.

Po stacji rębaka zrębki są sortowane w celu usunięcia ponadwymiarowych zrębków i trocin. Trociny mogą również być gotowane razem ze zrębkami lub oddzielnie w specjalnym warniku do trocin, lub mogą być one spalane albo użyte do innych celów. Ponadwymiarowe zrębki mogą być ponownie rozdrobnione w kruszarce lub wtórnym rębaku. Zrębki są sortowane według grubości, ponieważ jest to krytyczny parametr zarówno przy wytwarzaniu mas chemicznych, jak i mechanicznych. Materiał usunięty w procesie sortowania może być sprzedany do innych celów lub spalony w kotle na paliwo stałe z odzyskiem ciepła.
Niektóre celulozownie mas chemicznych magazynują zrębki w hałdach przez okres do 40 dni.

3.2.1.2. Roztwarzanie i delignifikacja

W procesie siarczanowym włókna są uwalniane w instalacji warzelni poprzez rozpuszczenie ligniny i części hemicelulozy w roztworze chemikaliów warzelnych (ług biały), który zawiera wodorotlenek sodowy i siarczek sodowy jako chemikalia aktywne. Kiedy końcowym produktem jest masa niebielona, to warzelnia jest jedynym etapem delignifikacji.

Proces gotowania może być prowadzony zarówno w warnikach okresowych, jak i w warniku ciągłym. Kiedy stosuje się procesy okresowe, to na etapie gotowania zrębki drzewne i ługi wprowadza się do warnika okresowego, gdzie przebiega gotowanie w podwyższonej temperaturze i pod ciśnieniem. Gdy zostanie osiągnięta wymagana zawartość resztkowej ligniny w masie (mierzona jako liczba kappa), zawartość warnika jest przenoszona do zbiornika wydmuchowego, a cykl gotowania jest powtarzany.

Roztwarzanie może również przebiegać w warniku ciągłym, gdzie końcowa zawartość ligniny jest określona za pomocą wsadu drewno/chemikalia i czasu zatrzymania, jak i temperatury w strefie gotowania. Zrębki są wstępnie ogrzewane za pomocą pary przed wejściem do warnika ciągłego w celu usunięcia powietrza, które przeszkadza przy impregnacji. Po załadowaniu warnika zrębki są impregnowane ługiem warzelnym, a temperatura jest podnoszona do 155-175^{O}C. Czas gotowania w maksymalnej temperaturze wynosi 1-2 godzin. W roztwarzaniu konwencjonalnym delignifikacja drewna iglastego (świerk lub sosna) może być prowadzona do liczby kappa 30-35 przy zachowaniu możliwych do przyjęcia właściwości wytrzymałościowych masy. Dla drewna liściastego (osika, brzoza i eukaliptus) liczba kappa po roztwarzaniu może być obniżona do 14-22.

Ze względu na słabą bielność mas celulozowych siarczanowych oraz zanieczyszczenie powodowane przez proces bielenia mas, opracowano szereg modyfikacji procesu gotowania, których celem jest usunięcie większych ilości ligniny z drewna podczas gotowania bez obniżania wydajności. Liczba kappa po roztwarzaniu drewna iglastego może być obniżona do poziomu 15-25 za pomocą pogłębionej delignifikacji, podczas gdy wydajność i własności wytrzymałościowe są wciąż zachowane. To oznacza, że w masie pozostaje o 25-50% mniej ligniny w porównaniu z masą, której kappa wynosi 32. Zredukowane są zatem wymagania dotyczące chemikaliów do późniejszego bielenia i jednocześnie zrzuty ścieków z instalacji bielenia ulegają obniżeniu. Przy roztwarzaniu drewna liściastego można uzyskać porównywalne redukcje liczby kappa.

3.2.1.3. Mycie i sortowanie masy

Masa wychodząca z warnika zawiera włókna i ług powarzelny (ług czarny). Około połowa masy drewna jest rozpuszczana podczas roztwarzania. Wskutek tego ług czarny zawiera chemikalia nieorganiczne i duże ilości substancji organicznych. Ług czarny jest usuwany z masy w następnym w kolejności procesie mycia i kierowany do systemu regeneracji chemikaliów, gdzie następuje odzysk chemikaliów i energii.

Mycie masy pochodzącej z konwencjonalnej instalacji, wyposażonej w warniki okresowe, jest zazwyczaj prowadzone na filtrach bębnowych, podczas gdy w instalacji warnika ciągłego mycie odbywa się w warniku w strefie mycia (strefa Hi-heat wash) oraz dodatkowo na filtrach bębnowych lub w dyfuzorach. Skuteczne mycie zmniejsza przenoszenie ługu czarnego z masą, dajac w rezultacie obniżone zużycie chemikaliów w bieleniu i zmniejszone zrzuty z instalacji bielenia. Skuteczne mycie ogranicza zużycie chemikaliów również na etapie delignifikacji tlenowej. Wynik mycia jest w znacznym stopniu zależny od skuteczności zastosowanych urządzeń, stężenia masy na odpływie i ilości zastosowanej wody myjącej. Jednakże, jeżeli mycie jest usprawniane poprzez zwiększanie ilości wody myjącej, to należy się liczyć z tym, że w następnym etapie odparowywania i zagęszczania ługu czarnego wzrośnie zapotrzebowanie na parę energetyczną.
Za szczególnie efektywne urządzenia do mycia masy są uznawane prasy myjące i dyfuzory. Nowoczesne systemy zazwyczaj pozwalają na odzysk co najmniej 99% chemikaliów wprowadzonych do warnika.

Przed dalszym przerobem masa jest sortowana za pomoca sortowników ciśnieniowych i odśrodkowych (centricleaners). Celem sortowania jest oddzielenie sęków i pęczków włókien z głównego strumienia masy za pomocą serii urządzeń wibracyjnych, filtracji przez sortowniki ciśnieniowe oraz odśrodkowego rozdziału włókien i innych cząstek o różnych ciężarach właściwych. Odrzuty z procesu sortowania stanowią kolejny strumień odpadów, z którym trzeba coś zrobić, zagospodarować lub co najmniej usunąć.

3.2.1.4. Delignifikacja tlenowa i bielenie

Po procesie gotowania delignifikacja może być kontynuowana w jednym lub dwu stopniach tlenowych z myciem lub bez mycia między stopniami. Delignifikacja tlenowa może być realizowana po procesie roztwarzania konwencjonalnego i pogłębionego. Celem tego procesu jest dalsze usunięcie z masy celulozowej pozostałej w niej ligniny – obniżenie liczby kappa przed bielarnią. Materiał organiczny, rozpuszczony podczas delignifikacji tlenowej, może być odzyskany i skierowany do systemu regeneracji chemikaliów bez większych zmian w procesie. Regeneracja zmniejsza ilość materiału organicznego odprowadzanego do ścieków i ilość potrzebnych chemikaliów.

Stopień delignifikacji wynosi 40-50% w układzie jednoetapowym, a może wzrosnąć do 70% w układzie dwuetapowym. Liczba kappa po roztwarzaniu konwencjonalnym i delignifikacji tlenowej wynosi zwykle 18-22 dla drewna iglastego i 13-15 dla drewna liściastego bez pogłębionej delignifikacji. Zależnie od gatunku drewna, stosując delignifikację tlenową po pogłębionym roztwarzaniu, można osiągnąć zmniejszenie liczby kappa do ok. 8-12.

Tabela 3-4 podsumowuje dane dotyczące aktualnie uzyskiwanych wartości liczby kappa dla różnych technologii delignifikacji.

Tabela 3-4. Wartości liczby kappa dla różnych technologii delignifikacji

Technologia delignifikacji	Drewno liściaste	Drewno iglaste
Gotowanie konwencjonalne	14-22	30-35
Gotowanie konwencjonalne i delignifikacja tlenowa	13-15	18-22
Pogłębione roztwarzanie	14-16	18-22
Pogłębione roztwarzanie i delignifikacja tlenowa	8-10	8-12

Obniżenie liczby kappa masy niebielonej, czy jest to osiągane za pomoca pogłębionej delignifikacji w warniku, delignifikacji tlenowej, czy jakąś inną metodą, zmniejsza ładunek zanieczyszczeń z instalacji bielenia odprowadzany do systemu oczyszczania ścieków. Dzieje się tak, ponieważ substancje rozpuszczone (przed bielarnią) są przesyłane do układu regeneracji, a następnie spalane w kotle regeneracyjnym.

Celem bielenia masy chemicznej jest otrzymanie określonych parametrów jakościowych pod względem białości, trwałości białości, czystości i wytrzymałości. Białość niebielonej masy siarczanowej jest raczej niska, poniżej 30% ISO, podczas gdy w pełni bielona masa ma białość 88% ISO lub wyżej. Roztwarzanie i delignifikacja tlenowa nie mogą usunąć całej ligniny, więc dla osiągnięcia takiej białości konieczne jest usunięcie lub utlenienie pozostałej ligniny i zanieczyszczeń w masie. W wyniku bielenia liczba kappa spada poniżej 1 jednostkę.

Podczas gdy procesy delignifikacji mogą przebiegać w zamkniętych układach wodnych, instalacje bielenia przyczyniają się do zrzutu ścieków do oczyszczalni. Odcieki z instalacji bielenia nie mogą w łatwy sposób być recyrkulowane do regeneracji chemikaliów głównie ze względu na fakt, że powodowałyby one gromadzenie się chlorków i innych niepożądanych pierwiastków w układzie regeneracji chemikaliów, co może powodowac korozję, inkrustację i inne problemy.

Bielenie masy siarczanowej przebiega w kilku, zazwyczaj czterech lub pięciu, etapach. Najbardziej powszechnie stosowane chemikalia, to dwutlenek chloru, tlen, ozon i nadtlenek wodoru. Natomiast chlor i podchloryn w ostatnich latach zostały wycofane jako główne substancje chemiczne służące do bielenia. Niewielkie ilości chloru tworzą się jako produkt uboczny w większości stosowanych systemów wytwarzania dwutlenku chloru i część tego chloru będzie obecna w procesie bielenia za pomocą dwutlenku chloru. Dwutlenek chloru i ozon muszą być produkowane na miejscu w zakładzie. Nadtlenek, tlen i alkalia mogą być dostarczane do celulozowni jako gotowe produkty.

Dwie główne aktualnie stosowane technologie bielenia mas celulozowych, to metoda ECF (Elemental Chlorine Free, tzn., bielenie bez użycia chloru pierwiastkowego) i metoda TCF (Totally Chlorine Free - bielenie bez udziału związków chloru). W bieleniu ECF stosuje się dwutlenek chloru, alkalia do ekstrakcji rozpuszczonej ligniny, nadtlenek wodoru i tlen dla wzmocnienia etapów ekstrakcyjnych. Bielenie TCF stosuje tlen, ozon lub kwas nadoctowy i nadtlenek z alkaliami do ekstrakcji ligniny. Z punktu widzenia ogólnej wydajności i jakości masy ważna jest selektywność, gdyż wysoka selektywność oznacza, że chemikalia bielące przede wszystkim reagują z ligniną. Dwutlenek chloru i chlor są najbardziej selektywnymi środkami bielącymi, a selektywność jest lepsza na etapie bielenia niż w roztwarzaniu i delignifikacji tlenowej.

Dla otrzymania pełnej białości i dobrych własności wytrzymałościowych masy bielonej metodą TCF wymagana jest niska początkowa wartość liczby kappa masy (10-12) ze względu na zdolność chemikaliów bielących do degradacji włókien podczas bielenia. Mimo tego bielenie TCF pozwala na osiągnięcie końcowej białości 89% ISO bez strat wydajności.

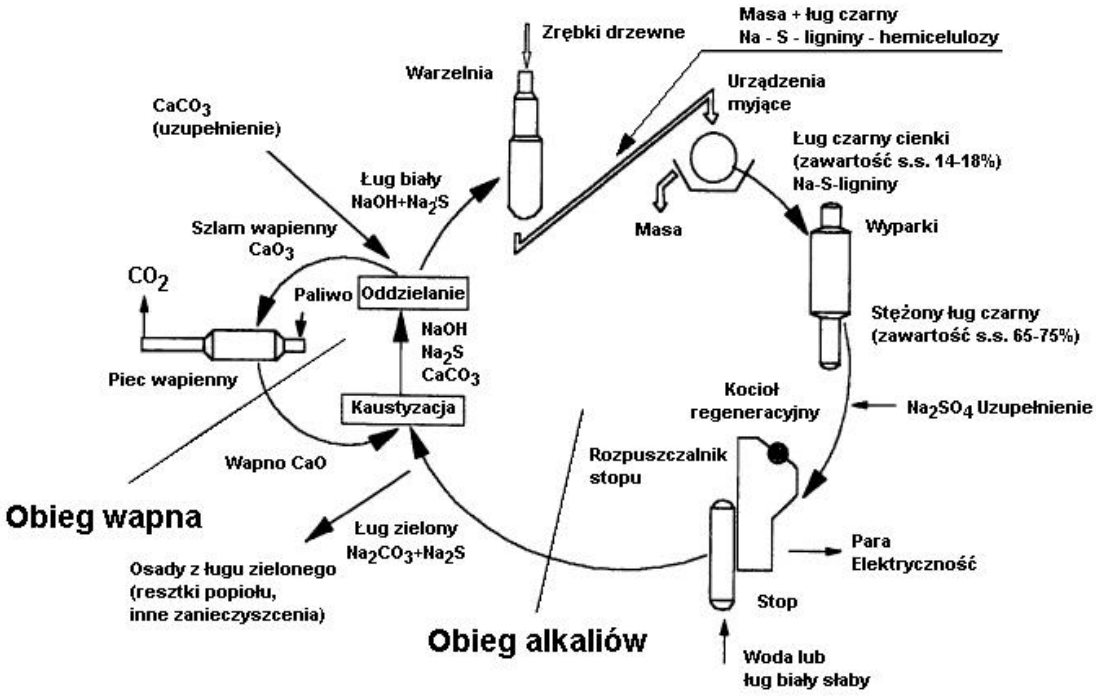
W masach bielonych metodą TCF w porównaniu z masami bielonymi ECF pozostają większe ilości resztkowej ligniny i te pozostałości muszą być poddane stabilizacji w celu zminimalizowania zjawiska wtórnego żółknięcia wyprodukowanej masy. Dla mas o wyższej wartości liczby kappa bardziej wskazane jest bielenie w technologii ECF.

3.2.1.5. System regeneracji chemikaliów i energii

System regeneracji w celulozowni siarczanowej pełni trzy funkcje:

- regeneracja (odzysk) nieorganicznych chemikaliów warzelnych,
- rozkład rozpuszczonego materiału organicznego i odzysk energii w postaci pary technologicznej, i mocy elektrycznej,
- odzysk wartościowych organicznych produktów ubocznych (np. oleju talowego).

Głównymi jednostkami procesowymi w systemie regeneracji chemikaliów są: zagęszczanie ługu czarnego (ług powarzelny i filtraty z przeciw-prądowego mycia masy), spalanie zagęszczonych ługów w kotle regeneracyjnym i kaustyzacja obejmująca regenerację wapna. Przegląd obiegu chemikaliów ilustrujący główne etapy procesu i ich funkcje zaprezentowano na rysunku 3-3.



Rys. 3-3. Obiegi regeneracji chemikaliów dla celulozowni siarczanowej

Zawartość rozpuszczonych substancji stałych w ługu czarnym z mycia masy wynosi zwykle 14-18% i musi być znacznie zwiększona, by ług ten mógł być spalony. Ług jest zatężany w wyparce wielostopniowej do zawartości suchej substancji 65-74%. W miarę wzrostu zawartości suchej substancji rośnie lepkość ługu czarnego i może ona stać się zbyt wysoka z punktu widzenia pompowania ługu. Pod ciśnieniem atmosferycznym górna granica wynosi ok. 72-74% s.s.

Podczas obróbki cieplnej ługu wydzielają się tzw. gazy niekondensujące z wyparki, które zawierają związki siarki zredukowanej (TRS). Gazy te są kolektywizowane i spalane razem z innymi gazami złowonnymi.

Kondensaty z wyparki ługu czarnego i z instalacji roztwarzania, o różnym stopniu zanieczyszczenia, zazwyczaj zawierają związki TRS, metanol i inne lotne związki organiczne. Są one oczyszczane w kolumnie odpędowej, która zwykle jest zintegrowana z wyparką ługu czarnego. Odpędzanie kondensatów umożliwia ponowne ich użycie w procesie mycia masy niebielonej i w instalacji kaustyzacji.

Zatężony ług czarny jest spalany w kotle regeneracyjnym w celu odzysku zawartych w nim sodu i siarki, w postaci właściwej do odtworzenia chemikaliów warzelnych oraz w celu odzysku energii pochodzącej z rozpuszczonych składników drewna (ligniny).

Stop sodowy z kotła regeneracyjnego jest rozpuszczany w wodzie lub słabym ługu białym tworząc „ług zielony", który składa się głównie z siarczku i węglanu sodowego. Ług zielony jest klarowany i poddawany kaustyzacji za pomocą wapna. W tym procesie węglan sodu przechodzi w wodorotlenek sodu, w celu produkcji ługu białego do roztwarzania. Pozostałości popiołu i inne zanieczyszczenia są usuwane z procesu jako szlam z ługu zielonego. Szlam pokaustyzacyjny, składający się głównie z węglanu wapnia, jest oddzielany od ługu białego, myty i poddawany kalcynacji w celu regeneracji wapna w piecu wapiennym. Piec jest nieco podobny do standardowego, obrotowego pieca cementowego. Proces kalcynacji jest wysokotemperaturową, endotermiczną reakcją, wymagającą zewnętrznego paliwa.

Procesy przerobu i spalania ługu czarnego z wysoką zawartością siarki powodują uwalnianie siarki do powietrza jako dwutlenku siarki i gazów złowonnych zawierających zredukowane związki siarki, takie jak siarkowodór (H_2S), merkaptan metylu (CH_3SH), siarczek dimetylu (CH_3SCH_3) i disiarczek dimetylu (CH_3SSCH_3).

Stężone gazy złowonne są odbierane (kolektywizowane) i unieszkodliwiane, najczęściej przez spalanie w oddzielnym palniku lub w piecu wapiennym. To ostatnie rozwiązanie jest mniej korzystne, ponieważ może zakłócać działanie pieca wapiennego. Gazy spalinowe są w większości przypadków oczyszczane w skruberze, a roztwór ze skrubera jest zawracany do systemu regeneracji chemikaliów. Niektóre celulozownie w różnym stopniu oczyszczają również rozcieńczone gazy złowonne. Gazy rozcieńczone są emitowane z procesu wstępnego parowania zrębków, sortowania, mycia masy, rozpuszczalnika stopu, odpowietrzeń zbiorników itd.

3.2.2. Wytwarzanie masy półchemicznej metodą obojętno-siarczynową (NSSC)

Masy półchemiczne otrzymuje się w wyniku dwustopniowej chemiczno - mechanicznej obróbki celulozowych surowców włóknistych. Obróbka chemiczna jest znacznie łagodniejsza niż w przypadku mas chemicznych, w związku z czym uzyskuje się znacznie wyższe wydajności z drewna (przeciętnie ok. 80%). Głównym zastosowaniem mas półchemicznych jest wytwarzanie papierów na warstwy pofalowane tektury falistej. Produkcja tych mas polega na dość łagodnym traktowaniu rozdrobnionego surowca chemikaliami, po czym otrzymaną masę poddaje się mechanicznemu rozwłóknianiu w specjalnie do tego celu przystosowanych urządzeniach. W wyniku działania chemikaliów lignina ulega częściowemu rozpuszczeniu lub zmiękczeniu, dzięki czemu można łatwiej rozdzielić włókna nie uszkadzając ich.

Najbardziej powszechnym typem masy półchemicznej jest masa uzyskana za pomocą obojętnego siarczynu (NSSC). Czynnikiem roztwarzającym w metodzie obojętnego siarczynu jest siarczyn sodowy Na_2SO_3. W skład roztworu warzelnego wchodzi ponadto węglan sodu, Na_2CO_3, który spełnia rolę buforu utrzymującego lekko alkaliczny odczyn podczas procesu warzenia. Surowcem drzewnym do wyrobu mas obojętno-siarczynowych jest drewno liściaste, głównie brzozowe. W tabeli 3-5 przedstawiono podstawowe dane dotyczące produkcji mas mechanicznych i masy NSSC.

Powyższy proces dzieli się na następujące etapy technologiczne:

- Rozdrabnianie okorowanego drewna na zrębki
- Sortowanie i mycie zrębków
- Parowanie zrębków w parowniku a następnie obróbka chemiczna w warniku
- Mielenie roztworzonych zrębków w młynie rozwłókniającym
- Wielostopniowe, przeciw-prądowe mycie roztworzonej masy na filtrach myjących
- Wyciśnięcie cieczy z masy na prasach do stężenia 32-38%
- Rozcieńczanie masy do stężenia 11-12% przed podaniem jej do wieży magazynowej.

Ług powarzelny odprowadzany jako filtrat po I-szym stopniu mycia zawiera substancje organiczne i mineralne, które stanowiłyby znaczne obciążenie ścieków w przypadku braku możliwości ich zagospodarowania. Optymalnym rozwiązaniem jest zintegrowany system regeneracji chemikaliów z wytwórni NSSC i z innej wytwórni masy celulozowej np. masy siarczanowej (tzw. regeneracja krzyżowa). W takim przypadku ług powarzelny, tzw. ług czerwony, jest odprowadzany do układu regeneracji chemikaliów celulozowni siarczanowej i stanowi źródło chemikaliów uzupełniających dla tej celulozowni.

{ SHAPE * MERGEFORMAT }

3.2.3. Wytwarzanie mas mechanicznych

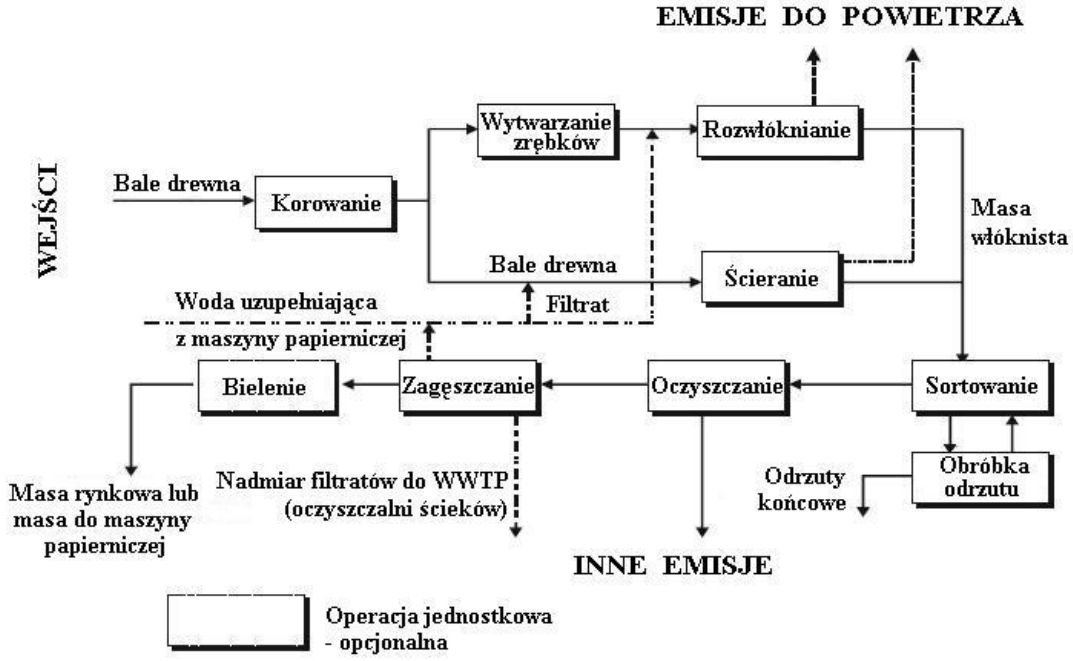
Metody mechaniczne pozwalają na uzyskanie najwyższych wydajności pozyskania mas włóknistych z drewna. W przypadku mas celulozowych uzyskuje się wydajności rzędu 43 - 52%, w dla ścieru mechanicznego około 90 – 96%. W zależności od sposobu wytwarzania mas mechanicznych uzyskany ścier oznacza się różnymi symbolami.

Główne procesy i techniki, to: proces wytwarzaniu ścieru klasycznego (**S**tone **G**roundwood **P**ulping – SGW), proces wytwarzania ścieru ciśnieniowego (**P**ressure **G**roundwood **P**ulping – PGW) i proces wytwarzania masy termomechanicznej (**T**hermo-**M**echanical **P**ulping – TMP) lub chemotermomechanicznej (**C**hemi-**T**hermo-**M**echanical **P**ulping – CTMP). Podstawowe surowce, wydajności z drewna i zastosowania mas zestawiono w tabeli 3-5.

Tabela 3-5. Podstawowe surowce, wydajności i zastosowania mas mechanicznych i masy NSSC

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_2O_2	90-94 %	Papiery drukowe i do pisania, tissue i tektury opakowaniowe
NSSC	Brzoza, osika, topola (drewno liściaste)	76-82%	Papiery na warstwy pofalowane (fluting)tektury falistej

Rysunek 3-4 przedstawia główne stadia w procesach wytwarzania mas mechanicznych.



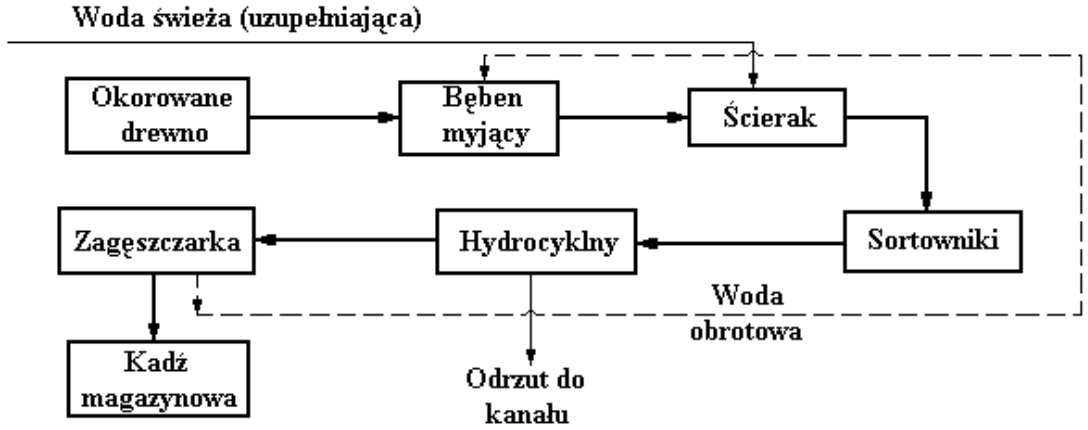
Rys. 3-4. Schemat ogólny wytwarzania mas mechanicznych

W Polsce produkowana jest masa mechaniczna (ścier) metodą klasyczną (SGW) oraz masa chemotermomechaniczna CTMP.

3.2.3.1. Masa mechaniczna – ścier klasyczny (SGW)

Klasyczny ścier drzewny (*stone groundwood* - SGW) otrzymuje się w ścieraku, w procesie ścierania drewna na kamieniu, przy ciśnieniu atmosferycznym. W Polsce jest on wytwarzany w dwóch wytwórniach zintegrowanych z papierniami, gdzie produkowany jest papier gazetowy.

Okorowane drewno (świerkowe lub z dodatkiem sosny max. 10-20%), poprzez bęben myjący kierowane jest do ścieraka. W ścieraku drewno jest rozwłókniane za pomocą obracającego się kamienia o ziarnistej powierzchni i zmywane wodą obrotową. Otrzymana masa po wstępnym sortowaniu podawana jest do hydrocyklonów. Masa oczyszczona kierowana jest do zagęszczarki, natomiast odrzut do kanału. Zagęszczona masa drzewna trafia do kadzi magazynowej, natomiast filtrat z zagęszczarki (woda obiegowa) zawracana jest ponownie do ścieralni. Wraz z zagęszczoną masą, z układu wodno-masowego ścieralni wyprowadzana jest część wody obiegowej, (stężenie masy zagęszczonej 3,5-5%), którą należy uzupełnić wodą świeżą lub obiegową z maszyny papierniczej.
Poniżej przedstawiono uproszczony typowy schemat produkcji ścieru – rysunek 3-5.



Rys. 3-5. Schemat produkcji ścieru klasycznego

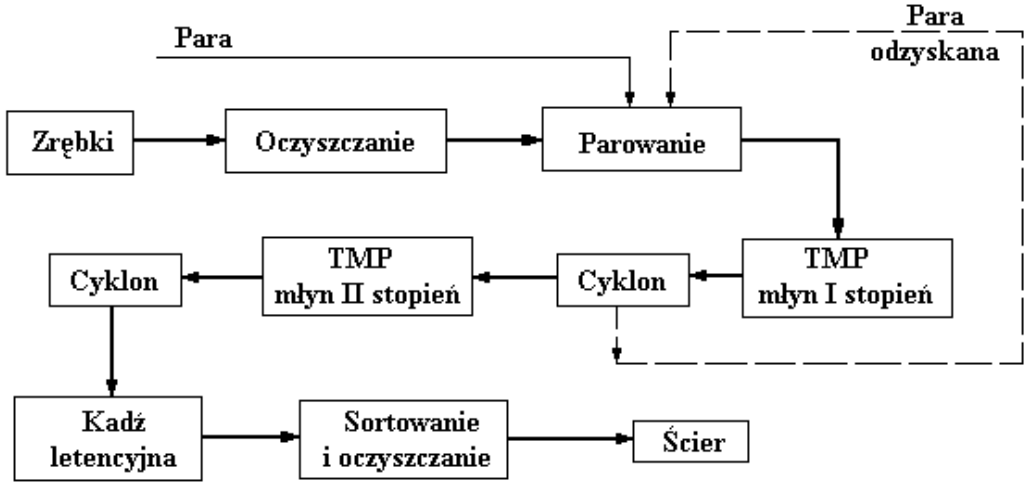
Podczas produkcji ścieru do kanału ściekowego zrzucany jest nadmiar wody obiegowej (wraz z drewnem do obiegu wprowadzana jest woda, której ilość zależy od wilgotności surowca) i odrzut z ostatniego stopnia hyrocyklonów. Przy produkcji ścieru z przerabianego drewna uwalniane są substancje żywiczne. Ilość tych substancji zależna jest od czasu sezonowania drewna. Wraz z wydłużeniem czasu sezonowania zawartość substancji ekstrakcyjnych w drewnie maleje. Z drugiej jednak strony wydłużenie czasu sezonowania pogarsza białość otrzymywanego ścieru. Zwykle czas sezonowania nie przekracza 3 miesięcy. Substancje żywiczne powstające w procesie otrzymywania ścieru powodują tzw. ”trudności żywiczne” zarówno w samym procesie wytwarzania ścieru, jak i dalej w procesie produkcji papieru. Substancje żywiczne są z natury lepkie i łatwo aglomerują się tworząc osady. Osiadają zwykle na elementach ścieraka, ścianach wewnętrznych rurociągów przesyłowych ścieru i wody obiegowej oraz na ścianach kadzi masowych. Są również przyczyną zanieczyszczenia powierzchni kamienia ścierającego. Zanieczyszczenie kamienia ścierającego pogarsza jego właściwości ścierające. Konieczne jest częstsze oczyszczanie i ostrzenie kamienia

ścierającego. W celu zwalczania ”trudności żywicznych” stosowane są różne środki, które uwzględniając sposób działania, można podzielić na trzy grupy: dyspergatory (substancje rozpraszające istniejące osady żywiczne i nie dopuszczające do ich aglomeracji); adsorbenty (środki otaczające substancje żywiczne i ograniczające właściwości lepkie substancji żywicznych) oraz enzymy rozkładające żywice.

3.2.3.2. Masa termomechaniczna (TMP) i chemotermomechaniczna (CTMP)

Masa termomechaniczna jest dalszym udoskonaleniem otrzymywania ścieru. Zrębki otrzymane z drewna świerkowego lub jodłowego (rzadziej z sosnowego i topolowego) po oczyszczeniu, podgrzewane są w komorze parowej do temperatury około 110 – 130^{O}C (w ciągu 2 - 3 min i pod ciśnieniem 1 – 2 bar) i rozwłókniane w młynie tarczowym pierwszego stopnia. Masa po rozwłóknieniu rozprężana jest w cyklonie skąd dalej kierowana jest do młyna tarczowego drugiego stopnia również wyposażonego w cyklon. Uwolniona w cyklonie para wykorzystywana jest do podgrzewania zrębków w komorze parowej. Następnie masa trafia do kadzi latencyjnej, gdzie jest powoli rozcieńczana gorącą wodą (temperatura ca. 80 – 90^{O}C) i mieszana. Czas przebywania masy w kadzi latencyjnej wynosi zwykle około 20 min. W tym etapie następuje wyprostowanie i likwidacja odkształceń włókien masy termomechanicznej. Z kadzi latencyjnej masa po sortowaniu i oczyszczaniu kierowana jest do kadzi magazynowej i dalej do maszyny papierniczej. Uproszczony schemat produkcji masy TMP przedstawiono na rysunku 3-6.

Zużycie energii w pierwszym stopniu mielenia wynosi zwykle 1100 – 1400 kWh/t masy, a w drugim stopniu mielenia około 800 – 850 kWh/t masy.



Rys. 3-6. Schemat produkcji mas TMP

Podczas procesu ścierania zrębków w młynach (termorafinerach) uwalniane są substancje ekstrakcyjne zawarte w drewnie. Także w tym procesie stosowane są substancje przeciwżywiczne zwalczające szkodliwe żywice zawarte w ścierze.

Proces CTMP łączy w sobie proces TMP i operację impregnacji zrębków chemikaliami. Po operacjach korowania i rąbania drewna oraz mycia, i sortowania zrębków, następuje ich impregnacja. Odbywa się to w kolumnie impregnacyjnej (impregnatorze), 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. Masa, powstająca w wyniku procesu CTMP miesza się z wodą obiegową, która jest używana także do rozdzielania włókien i ich transportowania do następnych stadiów procesu.

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.

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. Jako środki bielące dla mas mechanicznych stosuje się: nadtlenek wodoru i podsiarczyn sodu.

3.3. Technologie przerobu włókien wtórnych – wytwarzania papieru z makulatury

Włókna wtórne stały się niezastąpionym surowcem dla przemysłu papierniczego, stanowiąc około jednej trzeciej całkowitej ilości zużywanych surowców włóknistych, z powodu korzystnej ceny w porównaniu z odpowiadającymi im rodzajami masy celulozowej rynkowej oraz w wyniku promocji recyklingu makulatury w wielu krajach europejskich. Średni wskaźnik wykorzystania makulatury w Europie wynosi 43% a w Polsce 37%. W wielu przypadkach, w celu zapewnienia wytrzymałości i innych właściwości wytwarzanego papieru, konieczny jest dodatek pewnych ilości włókien pierwotnych.
W Polsce w roku 2003 zużycie makulatury do produkcji papierów z włókien wtórnych wyniosło 908 tys. ton.
W celu efektywnego wykorzystania makulatury konieczne jest zbieranie, sortowanie i rozdzielanie jej na odpowiednie odmiany jakościowe. W związku z tym po zebraniu makulatura jest dostarczana do punktów zbiórki, gdzie jest sortowana. Przesortowana makulatura jest zwykle prasowana w maszynach belujących Przed belowaniem usuwane są substancje zanieczyszczające takie jak np. tworzywa sztuczne. W możliwie wysokim stopniu usuwa się także papiery laminowane. Makulatura z dużych źródeł jest często dostarczana i przerabiana w instalacjach zintegrowanych z papierniami.

3.3.1. Stosowane procesy i technologie – informacje ogólne

Linie do przerobu makulatury różnią się między sobą w zależności od rodzaju wytwarzanego papieru, np. papiery opakowaniowe, papier gazetowy lub bibułka tissue oraz od stosowanego składu masy papierniczej. Ogólnie procesy przerobu makulatury można podzielić na dwie główne kategorie:

- Procesy z zastosowaniem wyłącznie mechanicznego oczyszczania, tzn. *bez odbarwiania,* obejmujące produkcję takich wyrobów jak testliner, papier na warstwę pofalowaną, niepowlekane tektury i tektury pudełkowe, bibułki do celów higienicznych.
- Procesy obejmujące mechaniczne oczyszczanie i odbarwianie, stosowane przy produkcji takich wyrobów jak papier gazetowy, bibułka tissue, papiery do druku i pisania, papiery na czasopisma ilustrowane (SC/LWC), powlekane tektury i tektury pudełkowe lub rynkowa odbarwiona masa makulaturowa (DIP).

W europejskich wytwórniach papieru stosuje się wiele różnych systemów wytwarzania papieru z włókien wtórnych. Jednak wszystkie obejmują podobne stadia procesu, które mogą być łączone w różnoraki sposób, w celu spełniania określonych zadań. Typowe stadia procesu przerobu makulatury obejmują:

- składowanie makulatury,
- rozwłóknianie,
- usuwanie zanieczyszczeń, tzn. skuteczne oddzielanie materiału włóknistego od towarzyszących mu zanieczyszczeń,
- wytwarzanie papieru na maszynie papierniczej.

Procesy te opisano poniżej, z uwzględnieniem różnic pomiędzy instalacjami starszego typu i instalacjami nowoczesnymi.

Z punktu widzenia parametrów środowiskowych, tzn. zużycia zasobów (woda, energia) oraz emisji zanieczyszczeń, bardzo istotny jest wiek i stan techniczny papierni przerabiającej makulaturę. W Polsce funkcjonuje ok. 10 instalacji eksploatujących maszyny papiernicze starszego typu, których data konstrukcji przypada na początek XX wieku. Z podobnego okresu pochodzą zasadnicze układy współpracujące, jak np. układy przygotowania masy makulaturowej. Pomimo przeprowadzonych modernizacji instalacje te nie mogą uzyskać parametrów środowiskowych takich jak nowoczesne instalacje obejmujące również maszyny dwusitowe. Z drugiej jednak strony, problem ten dotyczy papierni o stosunkowo niskich zdolnościach produkcyjnych, w związku, z czym ładunek odprowadzanych zanieczyszczeń nie jest wysoki, pomimo zwiększonego wskaźnika emisji odniesionego do jednostki produkcji.

3.3.2. Składowanie makulatury

Makulatura jest dostarczana do papierni w postaci bel związanych drutem lub taśmą metalową lub luzem w dużych kontenerach. Bele są rozpakowywane poprzez przecięcie drutu lub taśmy, które są gromadzone i sprzedawane jako odpady metalowe. Zazwyczaj makulatura jest przechowywana w magazynie makulaturowni zintegrowanej z papiernią.

3.3.3. Rozwłóknianie makulatury

Makulatura jest doprowadzana do rozwłókniacza (hydropulpera) razem z wodą. Do rozwłókniania stosowana jest zwykle woda obiegowa doprowadzana z maszyny papierniczej. Surowiec (makulatura) w wyniku działania mieszania mechanicznego i hydraulicznego ulega rozdzieleniu na włókna. Po rozwłóknieniu zawiesina ma stężenie odpowiednie do dalszej obróbki. Często już na etapie rozwłókniania dodawane są chemikalia takie jak środki wspomagające odbarwianie i NaOH. Również oddzielanie farby drukowej rozpoczyna się już w stadium rozwłókniania. Dla różnych rodzajów surowców i produktów końcowych dostępne są różne rozwiązania techniczne. Występują trzy typy rozwłókniaczy: niskostężeniowe (LC: 4 - 6% s.s.), wysokostężeniowe (HC: 15 - 20% s.s.) i rozwłókniacze bębnowe. Mogą one pracować w sposób okresowy lub ciągły.

W nowocześniejszych instalacjach przygotowania masy makulaturowej zazwyczaj pracują rozwłókniacze wysokostężeniowe lub bębnowe, często o działaniu ciągłym. W instalacjach takich zanieczyszczenia „grube" i pęczki są oddzielane w sposób ciągły (np. za pomocą płyty sitowej) i odprowadzane do przenośnika odrzutu, w celu uniknięcia ich rozdrobnienia na mniejsze cząstki lub gromadzenia się w rozwłókniaczu. Coraz częściej stosuje się rozwłókniacze wtórne w celu dalszego rozwłóknienia oraz usunięcia zanieczyszczeń ciężkich (HW) i lekkich (LW). Stosowane są również bębny sortujące. Konkretne pracujące instalacje różnią się miedzy sobą nazwami i rozwiązaniami szczegółowymi, lecz ich funkcjonowanie jest podobne.

W starszych instalacjach wykorzystywane są głównie rozwłókniacze niskostężeniowe o działaniu okresowym, wyposażone w płyty sitowe, które umożliwiają wstępne oddzielanie zanieczyszczeń z rozwłóknionej masy. W niektórych zakładach, w ramach modernizacji, zainstalowano również okresowe rozwłókniacze wysokostężeniowe, również wyposażone w płyty sitowe do oddzielania zanieczyszczeń podczas wypompowywania masy.

3.3.4. Usuwanie zanieczyszczeń

3.3.4.1. Mechaniczne usuwanie zanieczyszczeń

Zanieczyszczenia mechaniczne są usuwane na zasadzie różnic właściwości fizycznych, takich jak wielkość i ciężar właściwy zanieczyszczeń w porównaniu z włóknami i wodą. Zanieczyszczenia „grube" jak skrawki folii, części metalowe (zszywki), kamienie i piasek są w większości usuwane już na etapie rozwłókniania.

Nowoczesne instalacje

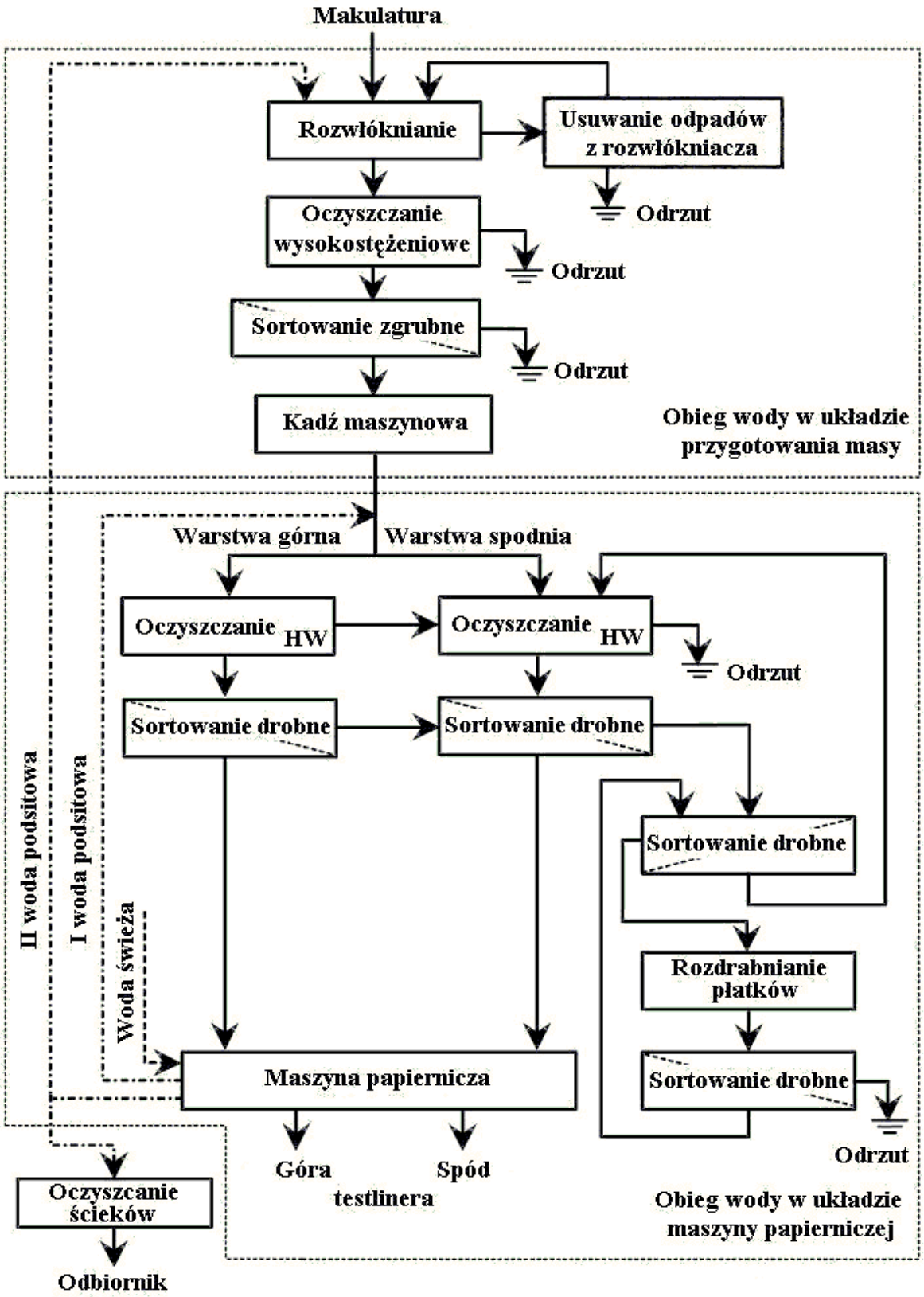
Zasadniczo stosuje się wyposażenie typu sitowego o różnych wymiarach otworów sita (okrągłych lub szczelinowych) oraz różnorodne typy hydrocyklonów (sortowniki wysokostężeniowe, odśrodkowe itp.).

Częściowo oczyszczona zawiesina masy jest pompowana z rozwłókniacza do hydrocyklonów (wysokostężeniowych), w których siła odśrodkowa powoduje oddzielenie mniejszych cząstek zanieczyszczeń ciężkich. Odrzut z hydrocyklonów, a także z rozwłókniacza (o dużej zawartości składników nieorganicznych) jest zwykle deponowany na składowiskach.

Następnym stadium procesu jest usuwanie zanieczyszczeń, które są większe niż otwory płyt perforowanych sortowników ciśnieniowych. Wybór rodzaju sortownika zależy od końcowego produktu i jakości stosowanej zawiesiny włóknistej. Sortowanie zgrubne (przy stężeniu 3 - 4%) w celu usunięcia dużych zanieczyszczeń podczas przygotowania masy może różnić się od sortowania drobnego (przymaszynowego) w układzie doprowadzenia masy do wlewu maszyny papierniczej (stężenie 1%). Zastosowane urządzenia działają na podobnej zasadzie, różnią się jednak tym, że w optymalnych warunkach pracy oddzielane są cząstki o różnej wielkości. Ogólnie rzecz biorąc, bardziej skuteczne jest sortowanie przy niższym stężeniu zawiesiny, lecz wymaga ono bardziej rozbudowanych instalacji i większego zużycia energii. Odrzuty są albo składowane albo poddawane dalszej obróbce.

W zależności od jakości masy, jaka ma być uzyskana, ciąg przygotowania masy makulaturowej jest wyposażany w dodatkowe urządzenia, takie jak frakcjonatory, dyspergatory lub młyny. Frakcjonator rozdziela masę na dwie frakcje umożliwiając obróbkę włókien krótkich i długich w inny sposób. Energochłonne procesy dyspergowania mogą być stosowane w celu uzyskania poprawy wiązań włókno-włókno (lepsze właściwości wytrzymałościowe) w wytwarzanym papierze oraz zmniejszenia wielkości widzialnych cząstek zanieczyszczeń. Ciąg przygotowania masy makulaturowej może być także wyposażony w młyny w celu poprawienia właściwości optycznych i wytrzymałościowych papieru. Mielenie jest związane ze znacznym zapotrzebowaniem na energię.

Przykładowy schemat procesu przerobu makulatury, obejmującego oczyszczanie mechaniczne, do produkcji papieru na tekturę falistą (w tym przypadku papieru na warstwy płaskie – testlinera) przedstawiono na rysunku 3-7. Należy podkreślić, że z reguły każda instalacja jest indywidualnie wyposażana w urządzenia jednego lub kilku dostawców, w zależności od rodzaju stosowanej makulatury, wymagań w stosunku do produktu końcowego, warunków pracy maszyny papierniczej oraz lokalnych przepisów ochrony środowiska.

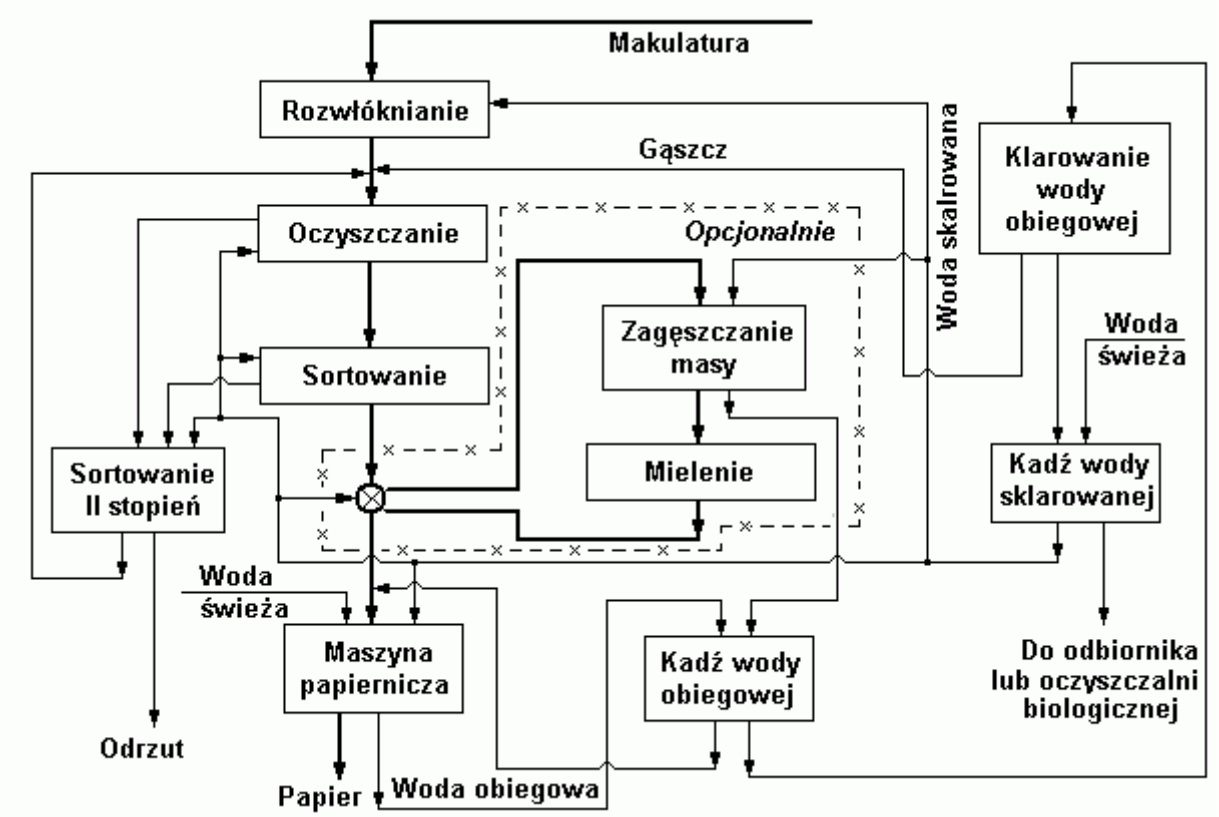


Rys. 3-7. Schemat przykładowej instalacji do przerobu makulatury i przygotowania masy do produkcji papierów na tekturę falistą (dwuwarstwowy testliner) [IFP, 1998];
HW = zanieczyszczenia ciężkie; LF = frakcja długowłóknista; SF = frakcja krótkowłóknista

Starsze instalacje

W zasadzie starsze instalacje nie różnią się wiele od opisanych powyżej. Podstawowe różnice polegają na przepustowości tych instalacji oraz konstrukcji urządzeń do sortowania i oczyszczania masy. W kilku papierniach wykorzystywane są jeszcze sortowniki wibracyjne.

Przykładowy schemat układu do przygotowania masy papierniczej z włókien wtórnych (masy makulaturowej) w papierni starszego typu, produkującej papiery na warstwy składowe tektury falistej zaprezentowano na rys. 3-8.



Rys. 3-8. Uproszczony schemat blokowy operacji przygotowania makulaturowej masy papierniczej

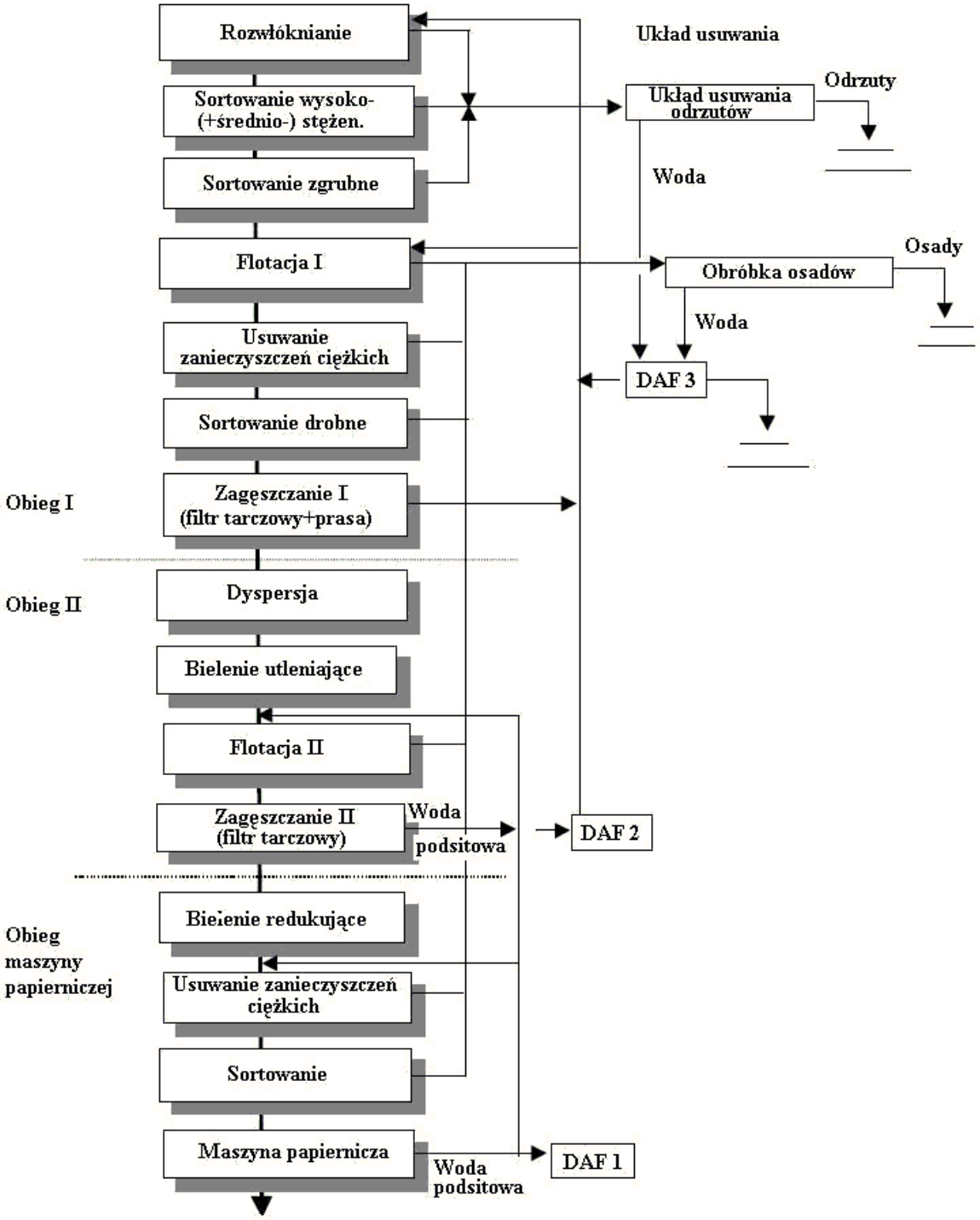
3.3.4.2. Procesy z wykorzystaniem odbarwiania na drodze flotacji

W przypadku stosowania makulatury do produkcji papierów, dla których białość jest ważnym parametrem, konieczne jest usuwanie farby drukowej. Przykłady takich papierów to: papier gazetowy, papiery drukowe i do pisania, bibułka higieniczna lub zewnętrzna warstwa makulaturowej tektury pudełkowej. Głównym celem odbarwiania jest zwiększenie białości i czystości masy, a także obniżenie zawartości zanieczyszczeń lepkich. Należy zwrócić uwagę na to, że różnica między masą odbarwianą i nieodbarwianą polega na procesie jej otrzymywania, a nie na produkcie jako takim. W zależności od jakości używanej makulatury, wymagań rynku lub procesu wytwarzania papieru, również zużyte papiery i tektury opakowaniowe mogą być poddawane odbarwianiu.

Kompletna instalacja do odbarwiania makulatury obejmuje wspomniane wyżej podstawowe operacje jednostkowe, tj. rozwłóknianie, sortowanie i oczyszczanie w celu usunięcia dużych zanieczyszczeń (zanieczyszczenia niepapierowe takie jak kamyki, piasek, cząstki metali, sznurki, szkło, tekstylia, drewno, folie z tworzyw sztucznych, zszywki itp.). Poza oczyszczaniem mechanicznym zawiesiny przeprowadza się chemiczną obróbkę wstępną masy i usuwanie farby drukowej w komorach flotacyjnych. Podstawowym warunkiem dobrego usunięcia farby drukowej jest uwolnienie jej cząstek z włókien i utrzymywanie ich w stanie zdyspergowanym. W tym celu najczęściej już w stadium rozwłókniania dodawane są chemikalia wspomagające odbarwianie takie jak NaOH, krzemian sodowy, nadtlenek wodoru, mydła lub kwasy tłuszczowe oraz środki chelatujące (zwykle nie ma potrzeby dodawania środków chelatujących w procesie bielenia masy makulaturowej). Zdyspergowane cząstki farby drukowej są następnie oddzielane od zawiesiny włókien za pomocą (wielostopniowej) techniki flotacji. Zasady odbarwiania metodą flotacji są następujące: do zawiesiny masy wprowadzane jest powietrze w postaci drobnych pęcherzyków; cząstki farby drukowej gromadzą się na powierzchni pęcherzyków powietrza w wyniku oddziaływań fizyko-chemicznych; piana zawierająca farbę drukową jest zgarniana z powierzchni. W zależności od wielkości i konstrukcji komory flotacyjnej, w celu uzyskania odpowiedniego czasu przebywania zawiesiny umożliwiającego usunięcie farby, instalacja może obejmować kilka komór połączonych w serii. W celu zmniejszenia strat włókien zgarnianych ze szlamem, piana z pierwotnych komór jest często poddawana obróbce w komorach wtórnych w układzie kaskadowym. Piana zawierająca farbę i odrzuty jest odwadniana oddzielnie w wirówkach lub prasach sitowych do zawartości suchej substancji ok. 50%. Szlam z odbarwiania jest odprowadzany na składowisko.

Po odbarwieniu masa jest zagęszczana i czasami myta z zastosowaniem pras sitowych, zagęszczarek (tarczowych), pras ślimakowych i filtrów do mycia masy. Po tych stopniach oczyszczania masa może jeszcze zawierać niewielkie pozostałości zanieczyszczeń, takie jak pozostałości farby drukowej, woski lub zanieczyszczenia lepkie, które pochodzą np. z klejów topliwych itp. Te zanieczyszczenia mogą być zdyspergowane w dyspergatorach do takiego stopnia, że ich cząstki są niewidoczne gołym okiem. Przed dyspergowaniem zawiesina masy musi być zagęszczona ze stężenia ok. 2 - 5% do 25 - 30%, ponieważ proces dyspergowania wymaga występowania silnego tarcia i wysokiej temperatury, ok. $95^{O}C$ lub wyższej. Dyspergatory są urządzeniami podobnymi do młynów. Po procesie dyspergowania zawiesina jest ponownie rozcieńczana. Kolejność operacji może być różna w różnych zakładach, a niektóre operacje mogą być powtarzane.

Przykładową instalację obejmującą flotację do przygotowania masy makulaturowej do produkcji papieru gazetowego przedstawiono na rysunku 3-9.

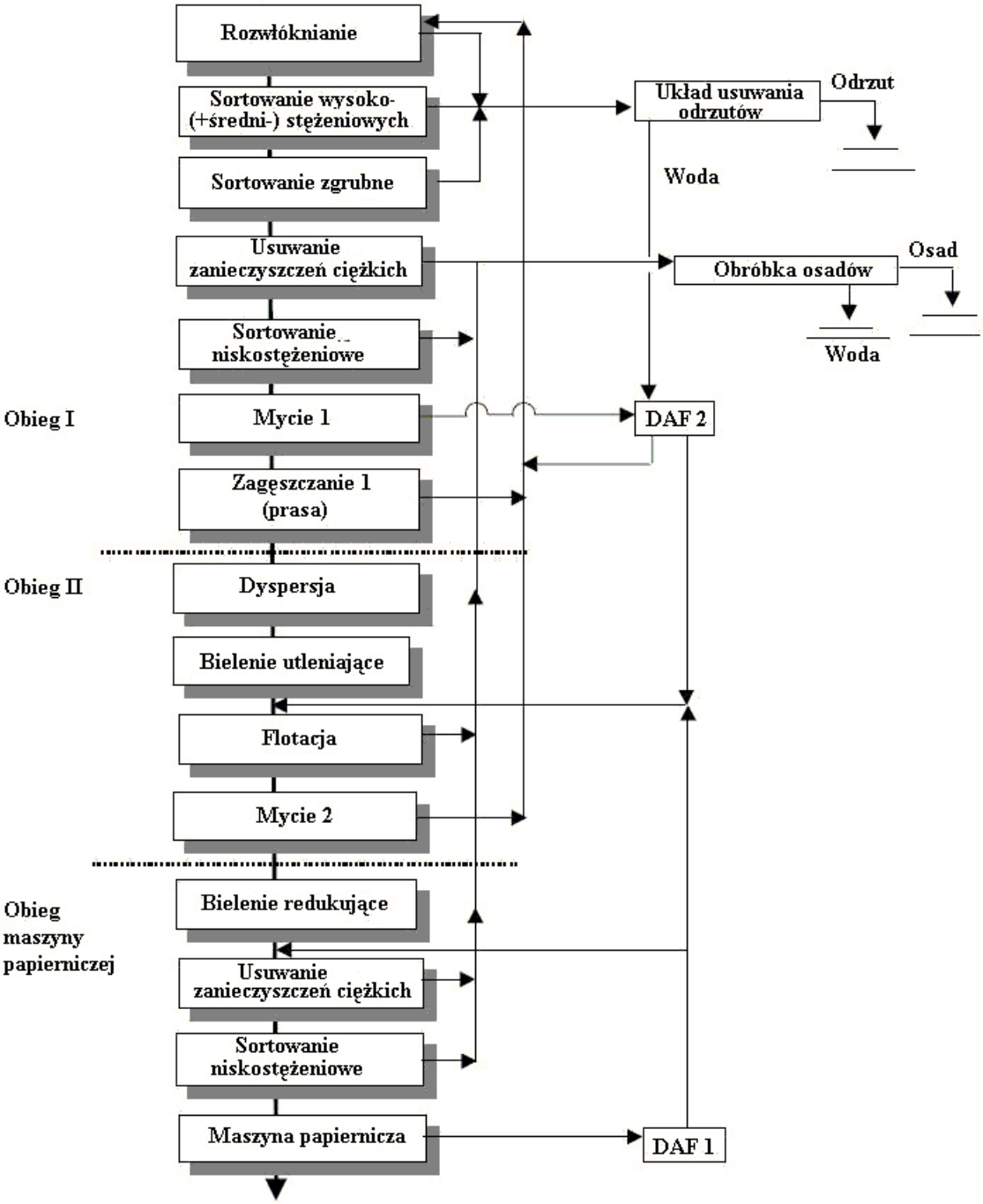


Rys. 3-9. Przykład instalacji do przygotowania masy makulaturowej służącej do wyrobu papieru gazetowego

3.3.4.3. Proces z odbarwianiem metodą mycia i usuwaniem składników mineralnych

Odbarwianie metodą flotacji jest efektywne w przypadku usuwania cząstek o wielkości od 5 do 100 μm. Cząstki farby drukowej, które są mniejsze niż optymalny zakres dla flotacji mogą być usunięte metodą mycia, które zasadniczo polega na wielostopniowym odwadnianiu. Oprócz cząstek farby podczas mycia usuwane są wypełniacze i frakcja drobna. Mycie jest zwykle przeprowadzane kilkustopniowo z przeciwprądowym przepływem wody, tzn. filtrat ze stopnia następnego jest stosowany do rozcieńczania zawiesiny w stopniu poprzednim.

Papiery powlekane są bardzo wrażliwe na zawartość zanieczyszczeń w papierze podłożowym i w związku z tym do ich produkcji wymagana jest szczególnie dobrze oczyszczona masa makulaturowa. W związku z tym nowoczesna instalacja do przygotowania masy na papiery LWC zwiera zarówno flotację jak i mycie, ponieważ obydwa te procesy uzupełniają się.
Jeżeli wymagane jest usunięcie składników mineralnych (popiołu), jak np. w przypadku masy do produkcji bibułki higienicznej lub rynkowej odbarwionej masy makulaturowej (DIP), instalacja musi zawierać stopień mycia, jak to pokazano na rysunku 3-10.



Rys. 3-10. Przykład ogólnej koncepcji linii do przerobu makulatury w wytwarzaniu bibułki higienicznej

W Polsce nie są produkowane papiery LWC. Również większość producentów bibułek higienicznych z włókien wtórnych, zwłaszcza tych mniejszych, nie stosuje procesów odbarwiania makulatury.

3.3.5. Bielenie masy makulaturowej

Przed wprowadzeniem do kadzi magazynowej masa jest często poddawana bieleniu z zastosowaniem chemikaliów. Najczęściej stosuje się nadtlenki (P), podsiarczyn sodowy (Y), lub kwas formamidynosulfonowy. Chemikalia bielące dodawane są bezpośrednio do dyspergatora w celu utrzymania lub podwyższenia białości masy. Sama reakcja przebiega w wieży bielącej zapewniającej wystarczający czas przebywania. Jakikolwiek możliwy wzrost białości masy zależy od surowca oraz obróbki wstępnej masy. Bielenie nadtlenkiem wodoru jest prowadzone w obecności NaOH, krzemianu sodowego i czasami środków chelatujących. W przypadku makulatury „prawie" bezdrzewnej można zastosować tak zwane niekonwencjonalne chemikalia bielące, tzn. tlen i ozon.

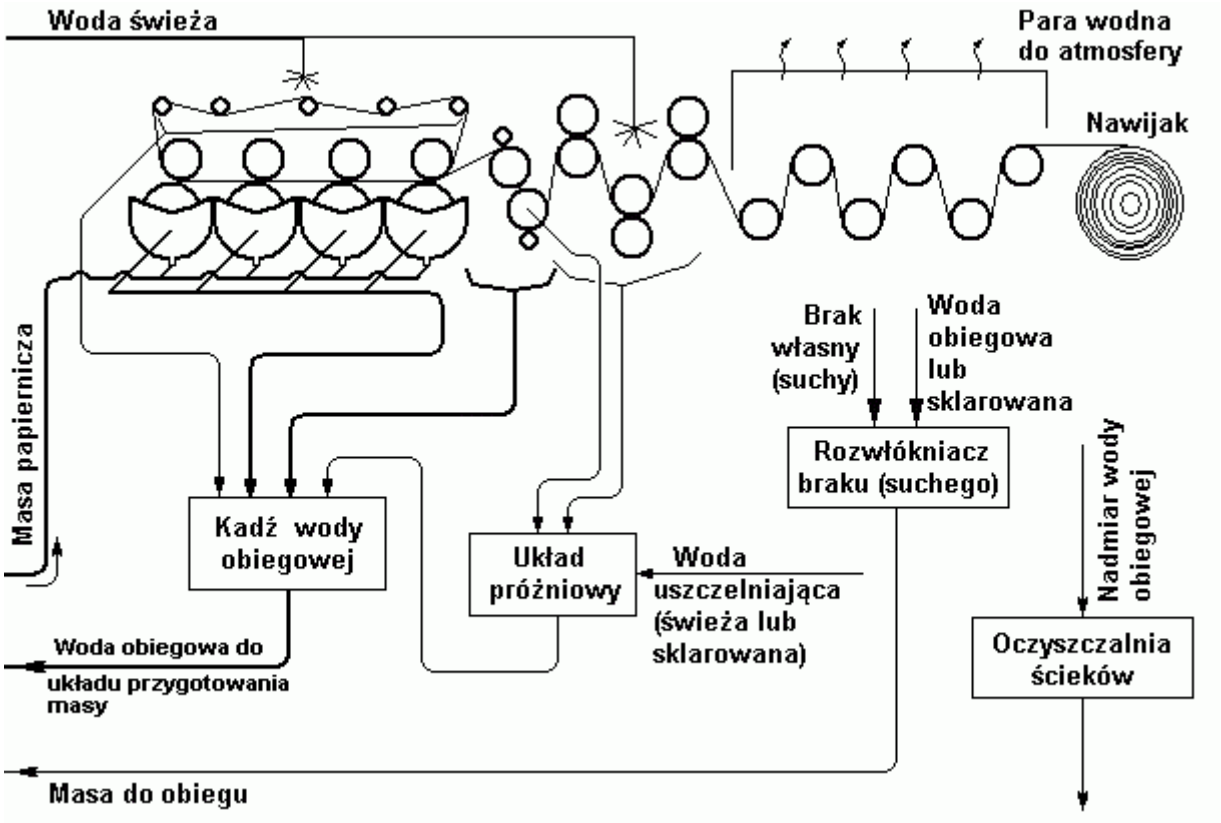
3.3.6. Ostateczne oczyszczanie i odwadnianie masy papierniczej

W celu usunięcia pozostałych zanieczyszczeń zanim silnie rozcieńczona zawiesina masy zostanie doprowadzona do wlewu maszyny papierniczej stosowane są różnego rodzaju sortowniki. Dla uzyskania potrzebnego stężenia zawiesiny oraz oddzielenia obiegów wodnych masa jest odwadniana/zagęszczana z użyciem filtrów tarczowych lub pras ślimakowych.

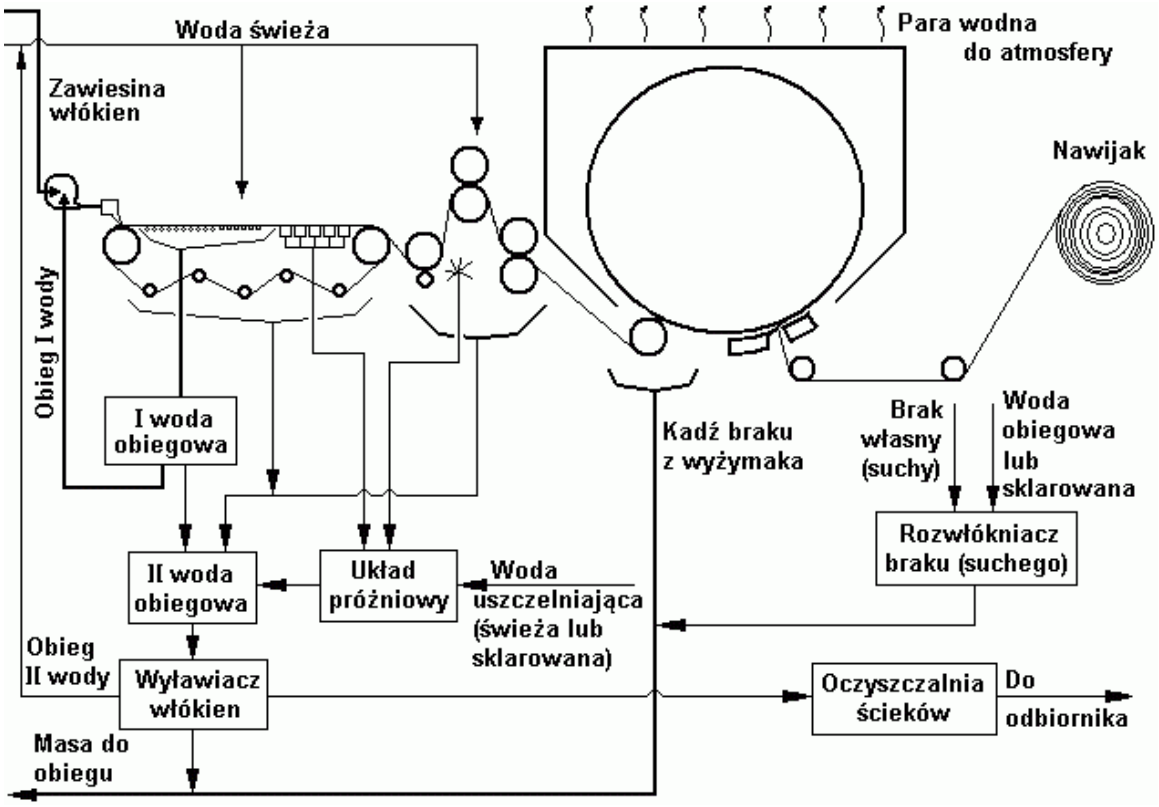
3.3.7. Wytwarzanie papieru na maszynie papierniczej

Oczyszczona masa papiernicza jest doprowadzana do kadzi magazynowych, mieszalnych, maszynowych. Kadzie służą jako zbiorniki buforowe między układem przygotowania masy i maszyną papierniczą, w celu zapewnienia ciągłości procesu. Do kadzi maszynowej dodawane są odpowiednie chemikalia oraz regulowane jest stężenie zawiesiny w celu zapewnienia właściwego formowania wstęgi na maszynie papierniczej.

Proces wytwarzania papieru z masy makulaturowej przebiega analogicznie jak z pierwotnej masy włóknistej. Przykładowy schemat okrągłositowej maszyny do wytwarzania papierów do celów opakowaniowych z masy makulaturowej przedstawiono na rys. 3-11. Do produkcji papierów opakowaniowych wykorzystywane są również maszyny, których schemat blokowy przedstawiono na rys. 3-13. Natomiast rys. 3-12 ilustruje przykładowy schemat maszyny do wytwarzania bibułki higienicznej.



Rys. 3-11. Schemat blokowy maszyny papierniczej do produkcji papierów opakowaniowych



Rys. 3-12. Schemat blokowy maszyny do produkcji makulaturowej bibułki higienicznej

3.3.8. Oczyszczanie wody obiegowej

Procesowi przygotowania masy papierniczej i wytwarzania papieru towarzyszy powstawanie wody nazywanej, ze względu na ponowne wykorzystanie, wodą obiegową. Ze względu na miejsce powstawania można wyróżnić następujące rodzaje wód obiegowych:
• woda obiegowa z przygotowania masy:
  - woda obiegowa z zagęszczania masy,
  - woda obiegowa z odbarwiania masy makulaturowej,
• woda obiegowa z maszyny papierniczej:
  - I woda obiegowa,
  - II woda obiegowa,
• woda obiegowa z tzw. długiego obiegu wodnego.

Procesowi oczyszczania wód obiegowych towarzyszy powstawanie odpadów stałych. Odpadami tymi są włókna celulozowe, wypełniacze, szlamy itp. Ze względu na asortyment produkowanego papieru i jakość surowca istnieje pełna lub ograniczona możliwość zagospodarowania substancji stałych (odpadów) z oczyszczania wody obiegowej.

Wody obiegowe z układu przygotowania masy – zwłaszcza z jej zagęszczania - wykorzystywane są do regulacji stężenia masy papierniczej. W tym obiegu wodnym nie obserwuje się powstawania odpadowej substancji stałej.

W papierniach stosujących techniki odbarwiania masy makulaturowej powstające wody obiegowe poddawane są oczyszczaniu. W wyniku oczyszczania wyodrębniane są odpadowe substancje stałe, które nie nadają się do ponownego wykorzystania. Substancje te po odwodnieniu wydalane są z obiegu wodno-masowego.

W przypadku I wody obiegowej z maszyny papierniczej nie ma konieczności i nie stosuje się, zarówno w nowoczesnych jak i starszych papierniach, oczyszczania tego strumienia. Woda z pierwszego obiegu niemal w całości i bez oczyszczania zawracana jest do produkcji papieru.

W przypadku II wody obiegowej wszystkie papiernie zarówno starsze jak i nowoczesne stosują techniki uzdatniania wody. Do tego celu wykorzystywane są różnego rodzaju urządzenia: wyławiacze stożkowe, filtry wielotarczowe (polidyski), flotatory i mikrofiltry. W przypadku papierni produkujących papiery wysokiej jakości, woda sklarowana w całości zawracana jest do obiegu natomiast oddzielona substancja stała stanowi odpad. W przypadku papierni starszych lub produkujących gorsze asortymenty papieru oddzielona substancja stała jest również zwracana do obiegu.

W niektórych papierniach – zwłaszcza pochodzących z początku XX wieku – nie występuje podział na I i II obieg wody podsitowej. Cała woda pochodząca z maszyny papierniczej gromadzona jest w jednym obiegu, z którego część wody wykorzystywana jest do rozcieńczania masy, pozostała część poddawana jest oczyszczaniu. Oczyszczona woda obiegowa wykorzystywana jest na maszynie papierniczej zaś substancję stałą zawraca się do obiegu masowego.

Długi obieg wodny powstaje wtedy, gdy nadmierne wody technologiczne oczyszczone w zewnętrznych urządzeniach oczyszczających są zawracane do produkcji. Zmierzając w kierunku jak najmniejszego zużycia wody świeżej coraz więcej papierni, zarówno nowych jak i starszych, wykorzystuje wodę obiegową oczyszczoną w zewnętrznych urządzeniach

oczyszczających – oczyszczalniach mechanicznych lub mechaniczno - biologicznych. Woda oczyszczona znajduje zastosowanie w papierni i jest wprowadzana w miejsce wody świeżej. Powstający w procesach oczyszczania osad wstępny i biologiczny nadmierny, w przypadku papierów lepszej jakości, są z reguły utylizowane lub zagospodarowywane. W przypadku gorszych asortymentów papierów lub tektur osad pochodzący z części mechanicznej oczyszczalni w całości lub w części zawracany jest do produkcji papieru. W przypadku osadu biologicznego nadmiernego, krajowe papiernie nie wykorzystują go w procesie produkcji, odpad ten poddawany jest utylizacji. Na świecie, istnieją i są wykorzystywane rozwiązania techniczne pozwalające na wprowadzenie nadmiernego osadu czynnego do produkcji tektury. Osad nadmierny jest wykorzystywany w procesie formowania wewnętrznych warstw tektury wielowarstwowej.

3.4. Technologie wytwarzania papieru w wytwórniach niezintegrowanych

Włókna pierwotne (masa celulozowa) są nadal niezastąpionym surowcem w produkcji różnego rodzaju papierów. Wpływa na to konieczność spełnienia przez gotowy produkt określonych właściwości użytkowych lub spełnienia określonych wymagań jakościowych.

W Polsce istnieje 9 wytwórni różnego rodzaju papieru produkowanego wyłącznie z bielonych włókien pierwotnych (mas celulozowych bielonych pierwotnych). Produkowany asortyment papierów to:

- bibułka tissue – odmiana papieru o niewielkiej gramaturze, zwykle poniżej 20 g/m^2; jest to papier o specjalnych własnościach użytkowych pozwalających na zastosowanie do celów sanitarno-higienicznych; główne asortymenty papierów higienicznych to: chusteczki, ręczniki, serwetki, papier toaletowy,
- papiery do druku i do pisania – asortyment papierów z tej grupy to papiery kserograficzne, offsetowe i in.; typowa gramatura tego rodzaju papierów to 80 g/m^2,
- papiery specjalne – odmiany papieru, które po wytworzeniu mogą stanowić finalną postać handlową lub służą jako surowiec do wytwarzania innych asortymentów papieru; przykładowymi asortymentami tej grupy papierów są: papiery dekoracyjne, papiery do kwasowania, podłoża do laminowania.

Niezintegrowane papiernie wytwarzające papiery z pierwotnych mas włóknistych (celulozy bielonej) jako surowiec stosują masy nabyte, których właściwości są uzależnione od asortymentu produkowanego papieru. Do produkcji tych papierów stosowane są bielone masy długowłókniste (sosnowa), masy krótkowłókniste (z drewna drzew liściastych - np. eukaliptusowa, brzoza) oraz masy CTMP. Oprócz mas włóknistych w procesie wytwarzania papierów stosowane są różnego rodzaju dodatki masowe (przykładowo: kaolin lub węglan wapnia) oraz tzw. środki wspomagające jak również różnego rodzaju mieszanki powlekające.
Ilości zużywanej masy w przeliczeniu na tonę produktu są różne dla danej technologii. W tabeli 3-6 przedstawiono zużycie mas włóknistych przypadających na produkcję 1 tony powietrznie suchego papieru oraz ich udziały procentowe.

Tabela 3-6. Zużycie celulozy na wyprodukowanie 1 tony papieru

Produkowany papier	Ilość masy	Dodatek wypełniaczy mineralnych, %	Rodzaj masy	
			długowłóknista, %	krótkowłóknista, %
Bibułka tissue	1002 ÷ 1032	–	40 ÷ 80	20 ÷ 60
Papiery do druku i do pisania[1)]	650 ÷ 850	do 25	27 ÷ 100	0 ÷ 70
Papiery specjalne	600 ÷ 980	0 ÷ 40	100	–

[1)] – stosowana jest również masa CTMP w ilościach do 5%

3.4.1. Stosowane procesy i techniki – informacje ogólne

Instalacje wytwórcze produkujące papiery z włókien pierwotnych w znaczący sposób różnią się między sobą. Różnice te wynikają przede wszystkim z wieku instalacji (tzn. roku budowy, lub modernizacji) oraz rodzaju produkowanego papieru.

Wytwórnie bibułki tissue wytwarzają papiery o niewielkich gramaturach (zwykle poniżej 20 g/m^2). Maszyny papiernicze w tych instalacjach wyposażone są w nowoczesne systemy formowania wstęgi (jedno- lub wielowarstwowy), niewielkie sekcje mokre (krótka sekcja sitowa i prasowa – często wyposażona tylko w jedną prasę ssącą) oraz sekcje suszące oparte na układach jednocylindrowych (cylindry suszące typu Yankee) zaopatrzonych w tzw. osłony wysokowydajne.

W odróżnieniu do powyższych formerów, maszyny papiernicze stosowane do wytwarzania pozostałych asortymentów papierów są urządzeniami produkującymi papiery o gramaturach powyżej 20 g/m^2 (typowy papier do pisania lub druku posiada gramaturę około 80 g/m^2). Maszyny te wyposażone są w stosunkowo duże, płaskie sekcje sitowe (jedno- lub wielositowe) oraz rozbudowane sekcje prasowe (części mokre maszyn). Również sekcje suszące tych maszyn składają się z zespołu do kilkudziesięciu cylindrów suszących. Maszyny produkujące papiery do druku i do pisania często wyposażane są w układy tzw. drugiego sita nadającego papierom lepsze parametry użytkowe.

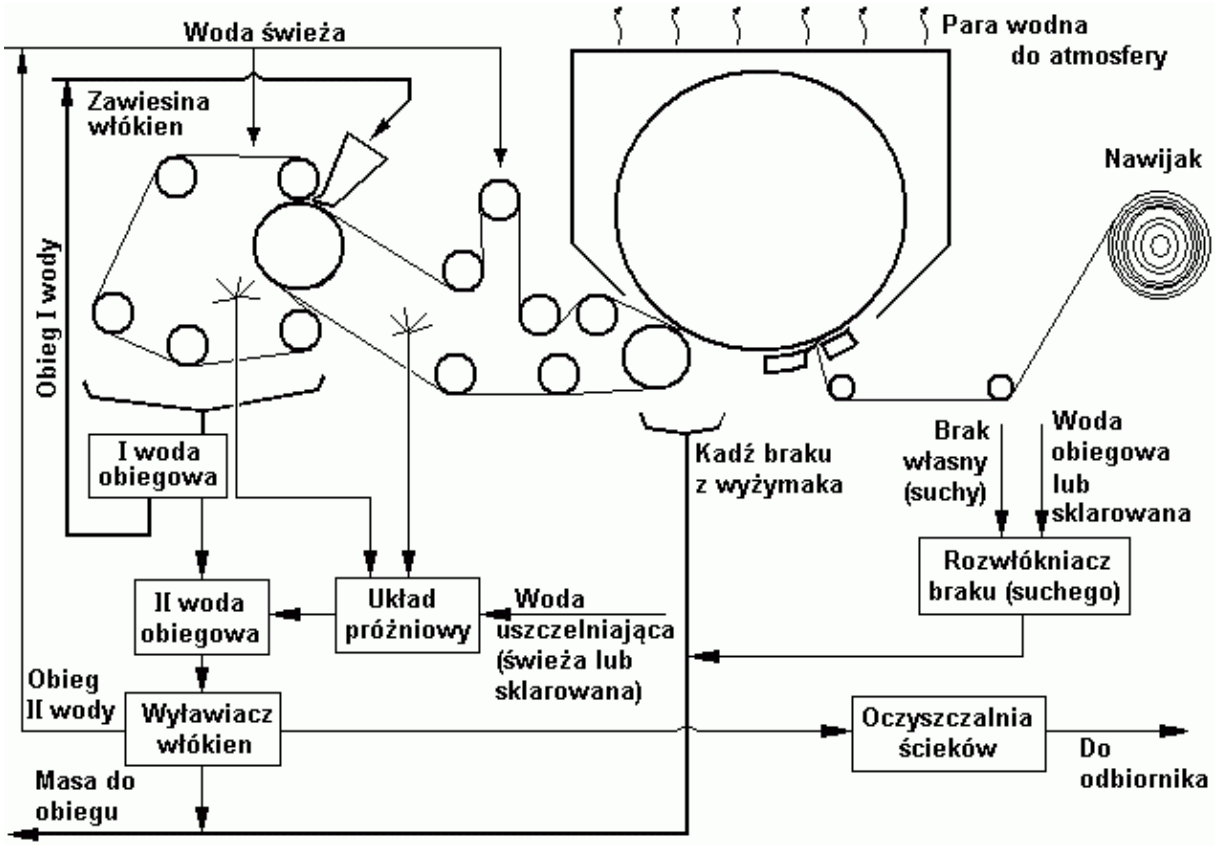
Papiernie produkujące papiery specjalne tworzą niezmiernie zróżnicowaną grupę obejmującą dużą ilość różnych wyrobów. Są to często stosunkowo małe zakłady, lecz wiele z nich przekracza próg wymagający pozwolenia zintegrowanego (produkcja 20 t/dobę). Skład masy włóknistej do produkcji poszczególnych wyrobów może zmieniać się znacznie i może obejmować: masę chemiczną bieloną i niebieloną, włókna chemiczne, mineralne lub inne (np. bawełna, płótno, konopie, juta, słoma).

Częścią wspólną wszystkich instalacji do przerobu włókna pierwotnego są układy przygotowania masy, które w ramach każdej instalacji różnią się, a różnice te wynikają z rodzaju produkowanego papieru oraz posiadanego oprzyrządowania.

3.4.2. Bibułka tissue

Schemat maszyny papierniczej do wyrobu bibułki tissue z pierwotnych mas włóknistych został przedstawiony na rys. 3-12.

Rozwłókniona masa celulozowa po rozcieńczeniu I wodą obiegową i wzbogacona o tzw. dodatki masowe, zostaje doprowadzona do wlewu maszyny. Obecnie eksploatowane maszyny wyposażane są we wlewy wysokociśnieniowe pozwalające na formowanie wstęgi bibułki jedno- lub wielowarstwowej. W klasycznym przypadku masa papiernicza, składająca się z kompozycji włókien, wylewana jest na krótkie sito, na którym następuje uformowanie i wstępne odwodnienie wstęgi bibułki. Część maszyn (zwłaszcza maszyny nowe) wykorzystuje nieco inną technikę formowania wstęgi. Formowanie wstęgi bibułki następuje tu na sicie obciągniętym na bębnie formującym i stykającym się z filcem. Maszyny nowej generacji wyposażane są w tzw. wlewy dzielone. Masy papiernicze długowłóknista i krótkowłóknista wprowadzane są na sito oddzielnie. W przypadku maszyn starszych masa papiernicza podawana do wlewu jest kompozycją włókien długich i krótkich a formowanie wstęgi odbywa się na tradycyjnym sicie płaskim.



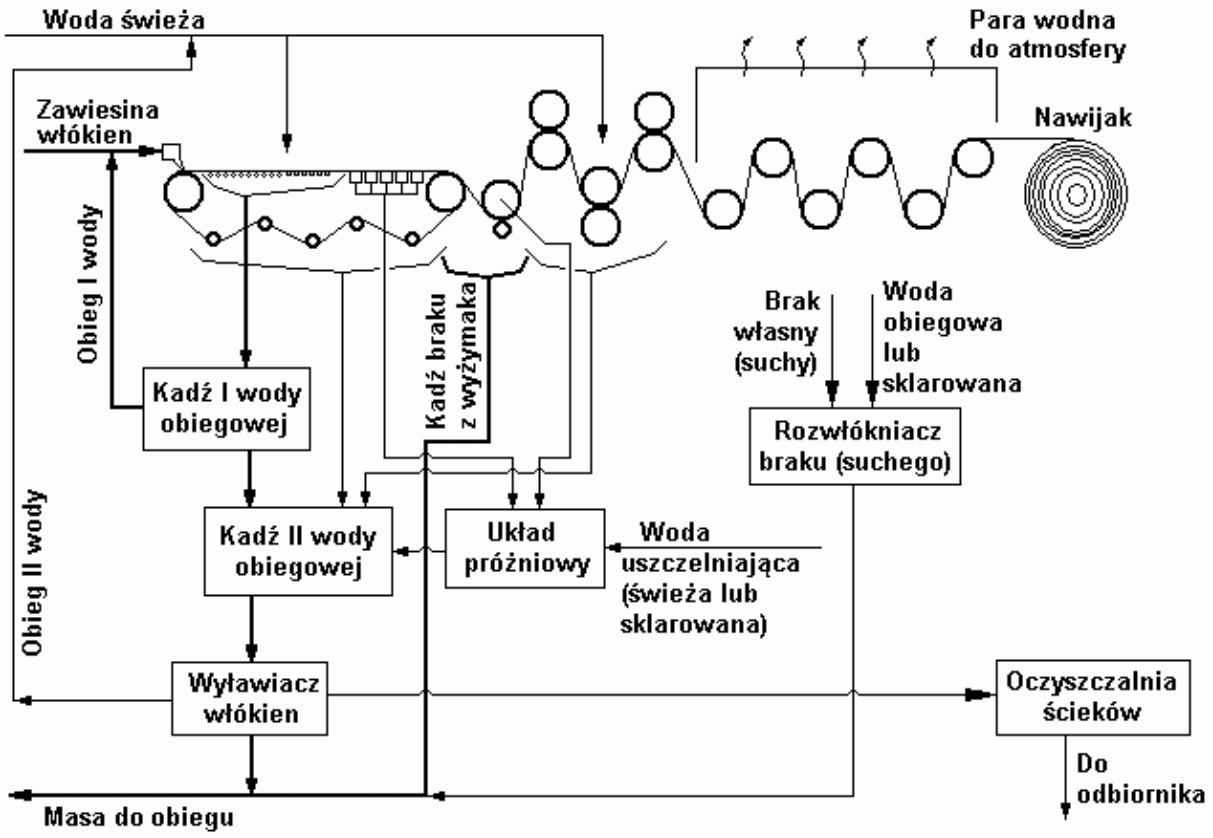
Rys. 3-12. Uproszczony schemat instalacji wytwarzającej bibułkę tissue

W zależności od konstrukcji maszyn, zostały one zaopatrzone w bardziej lub mniej rozbudowane sekcje prasowe. Sekcje prasowe najnowocześniejszych maszyn składają się z tzw. prasy ssącej zainstalowanej (na styku) bezpośrednio przez sekcją suszącą. Maszyny starszej generacji oprócz prasy ssącej posiadają również prasę lub prasy konwencjonalne.
Sekcje suszące maszyn papierniczych budowane są w oparciu o jeden cylinder suszący – tzw. cylinder Yankee. Energia cieplna wykorzystywana w procesie suszenia bibułki dostarczana jest do tego urządzenia w postaci przegrzanej pary wodnej (przykładowo: para

podawana jest pod ciśnieniem 28 bar i o temperaturze 160^{O}C). Standardowym rozwiązaniem konstrukcyjnym w tego typu sekcjach jest uzupełnienie zespołu suszącego o tzw. osłonę wysokowydajną. Urządzenie to poprawia energetyczną sprawność systemu oraz własności fizyczne wytwarzanej bibułki. Energia cieplna dostarczana do układu osłony pochodzi z reguły z energetycznego spalania paliw – najczęściej ze spalania gazu ziemnego. W starszych rozwiązaniach wykorzystywana jest energia przenoszona przez parę wodną. Mechanizm działania osłony polega na wprowadzeniu w przestrzeń pomiędzy cylinder z bibułką a okapturzenie strumienia gorącego powietrza. W przypadku osłon ogrzewanych energią z pary wodnej strumień powietrza ogrzewa się po przejściu przez wymiennik ciepła. Natomiast w przypadku osłon ogrzewanych np. gazem ziemnym energia cieplna pochodzi bezpośrednio z jego spalania – do osłony doprowadzane jest ogrzane powietrze zawierające m.in. gazy ze spalania nośnika energii (temperatura tłoczonych gazów wynosi 300 ÷ 450^{O}C). Wyprodukowana bibułka nawijana jest na nawijaku do postaci tamborów. Przed nawinięciem w sposób ciągły monitorowana jest jej wilgotność i gramatura. Na tej podstawie regulowane jest stężenie masy podawanej do wlewu oraz parametry procesu suszenia.

3.4.3. Pozostałe papiery

Typowy schemat instalacji do wytwarzania celulozowych papierów do druku i do pisania oraz papierów przeznaczonych do zastosowań specjalnych pokazano na rys. 3-13.



Rys. 3-13. Uproszczony schemat instalacji do produkcji papierów do druku i do pisania oraz papierów specjalnych

Maszyny produkujące papiery z wymienionych wyżej grup charakteryzują się rozbudowanym częściami mokrymi i suszącymi. Pierwszą sekcją części mokrej maszyny papierniczej jest duże płaskie sito rozpięte pomiędzy dwoma wałami, których zadaniem jest m.in. wprawienie go w ruch.

Wprowadzana z wlewu masa papiernicza rozpływa się po sicie, na którym poddawana jest uformowaniu i odwodnieniu. W sekcji tej wyróżnia się trzy obszary, z których pierwszy to stół podsitowy, drugi - rejestrowy i trzeci - próżniowy. Zadaniem tych obszarów jest uformowanie i odprowadzenie ze wstęgi maksymalnej ilości wody. Maszyny produkujące tego rodzaju papiery zaopatrzone są w różnego rodzaju wlewy. Najstarszym stosowanym typem wlewu w krajowych papierniach jest wlew naporowy pozwalający na regulację ilości wylewanej na sito masy poprzez regulację jej poziomu w kadzi wlewowej oraz regulację stopnia otwarcia szczeliny wylotowej. Nowoczesne wlewy stosowane w produkcji papierów celulozowych są wlewami wysokociśnieniowymi pozwalającymi na regulację ilości wylewanej masy niemal w całym przekroju poprzecznym wstęgi.

W nowoczesnych rozwiązaniach części mokre maszyny papierniczej zaopatrywane są w zespoły drugiego sita. Zespół ten pozwala na poprawę odwodnienia wstęgi oraz poprawę parametrów papieru m.in. na zniwelowanie tzw. dwustronności.

Uformowana i odwodniona na sicie wstęga papieru przekazywana jest do sekcji prasowej maszyny. Przekazanie to odbywa się poprzez prasę ssącą (zwaną wyżymaniem). W sekcji prasowej następuje mechaniczne odwodnienie wstęgi papieru. Wstęga prowadzona jest pomiędzy dwoma filcami i mechanicznie ściskana. W prasach ssących wstęga poddawana jest również działaniu podciśnienia powodującego dodatkowe usunięcie zawartej w niej wody.

Odwodniona w części prasowej wstęga wprowadzana jest do sekcji suszącej maszyny. Sekcja susząca zbudowana jest z szeregu cylindrów ogrzewanych przegrzaną parą. Dla lepszego przylegania wstęgi papieru jest ona prowadzona łącznie z filcem (tzw. susznikiem). Sekcja susząca zaopatrzona jest w tzw. cylinder chłodzący, którego zadaniem jest schłodzenie wstęgi przed jej nawinięciem na nawijaku. We wszystkich maszynach stosowane są tzw. okapturzenia sekcji suszącej, których zadaniem jest zminimalizowanie strat ciepła doprowadzanego do tej części maszyny.

Tabela 3-7. Suchości wstęgi w sekcjach maszyny w zależności od asortymentu produkcji

Lp.	Sekcja maszyny	Bibułka tissue	Papiery pozostałe
1.	Stężenia masy wprowadzanej na sito (wlew), %	0,12 ÷ 0,2	0,18 ÷ 1,4
2.	Suchość wstęgi przed częścią prasową, %	12 ÷ 15	9 ÷ 28
3.	Suchość wstęgi przed częścią suszącą, %	38 ÷ 50	20 ÷ 46
4.	Suchość wstęgi przed nawijakiem, %	92 ÷ 95	90 ÷ 96
5.	Gramatura, g/m^2	14 ÷ 22[1)]	30 ÷ 200[2)]

[1)] możliwa jest produkcja papieru higienicznego o gramaturze do 40 g/m^2
[2)] typowa gramatura papierów do druku i do pisania wynosi 80 g/m^2

W zależności od rodzaju produkowanego papieru oraz nowoczesności maszyny papierniczej różne są parametry wstęgi papieru w poszczególnych sekcjach maszyny. W tabeli 3-7 zestawiono wskaźniki obrazujące suchości wstęgi papieru w poszczególnych sekcjach maszyny papierniczej - w odniesieniu do produkowanego papieru.

Papiery specjalne

Papiery i tektury do zastosowań specjalnych wymagają nieco szerszego omówienia, gdyż ich produkcja zarówno w aspekcie technologicznym jak i środowiskowym odbiega od produkcji typowych papierów bezdrzewnych. Produkcja ta obejmuje szeroki asortyment wyrobów a także wymaga użycia różnorodnych mas włóknistych oraz często specyficznych sposobów obróbki włókna. Na przykład, papiery na dokumenty czy banknoty zawierają nie tylko syntetyczne włókna ale także masy z włókien bawełny oraz juty.

Do grupy papierów specjalnych należą papiery z silnie zmielonych czystych mas celulozowych. Między innymi produkowane są następujące rodzaje papieru: papiery elektroizolacyjne, bibułka kondensatorowa, niepowlekana kalka techniczna, pergamin i półpergamin, bibułka papierosowa i inne. Ich szczególne własności, takie jak nieprzezroczystość lub odporność na przenikanie tłuszczu osiąga się poprzez intensywną rafinację włókien. W procesach rafinowania, włókna zostają skrócone oraz silnie sfibrylowane a część substancji organicznej przechodzi do fazy wodnej i następnie do ścieków. Na ogół, w procesie przygotowania masy, do ścieków trafiają tylko nieznaczne ilości materiału organicznego, gdyż produkcja wymienionych wyżej papierów specjalnych wymaga stosowania mas włóknistych o wysokim stopniu czystości. Z drugiej strony do produkcji papierów specjalnych stosuje się szereg chemicznych środków pomocniczych, które po części mogą trafiać do ścieków. Opisane zjawiska rodzą określone konsekwencje w zakresie ładunku zanieczyszczeń w ściekach i możliwości ich oczyszczania.

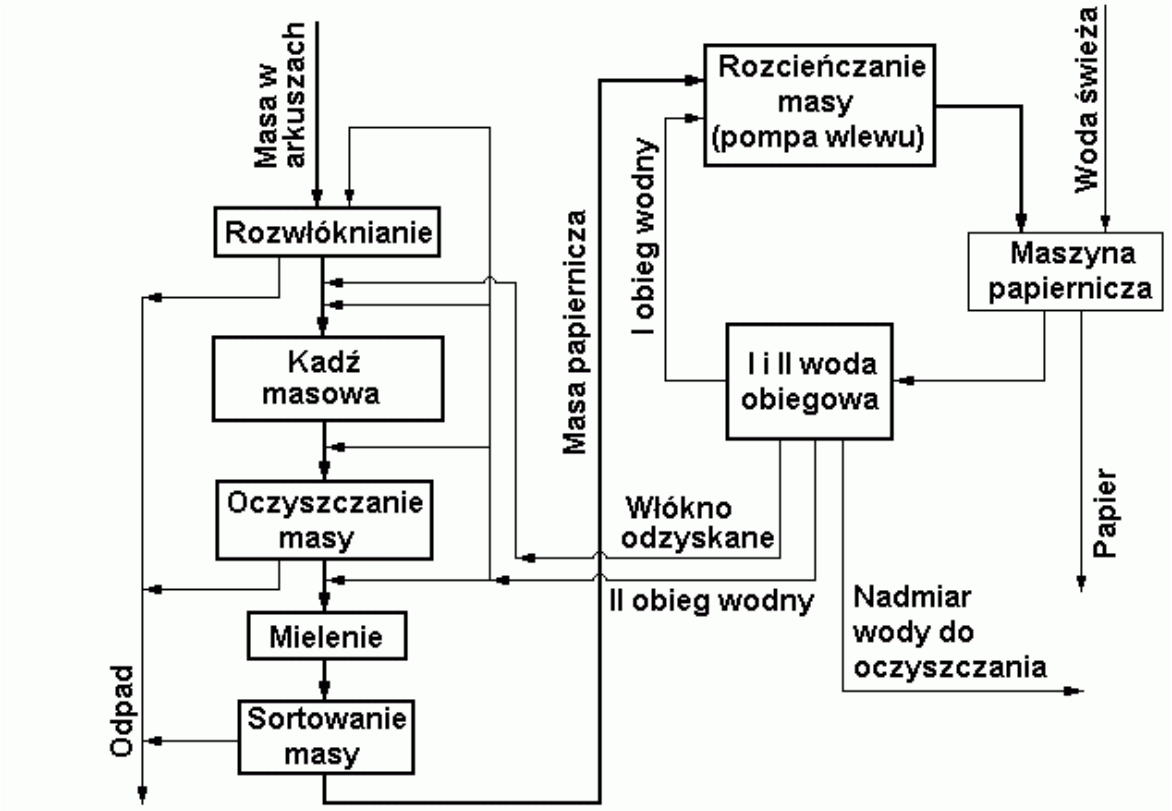
Papiery specjalne dla zastosowań technicznych, medycznych, farmaceutycznych lub innych - wytwarza się okresowo w małych partiach, z więcej niż jedną zmianą na dobę produkowanej na maszynie papierniczej odmiany papieru. Na świecie wśród szerokiej gamy tego rodzaju papierów produkowane są m.in.: papier indykatorowy w postaci pasków, podłoże na papier fotograficzny, papier filtracyjny do celów laboratoryjnych, papier specjalny do zastosowań klinicznych, papier do filtracji oleju, papier do filtracji powietrza, papier podłożowy do impregnacji, papier podłożowy do fibry wulkanicznej, papier na laminaty do celów elektroizolacyjnych, papier pakowy o właściwościach barierowych i zdolności do zgrzewania, papier na walce kalandrowe, papier samokopiujący, papier rejestracyjny termoczuły, papier etykietowy, papier powlekany metodą odlewu, i inne.

W produkcji papierów specjalnych, ściśle określone wymagania jakościowe stawiane tym papierom, sprawiają, że woda może być zawracana do obiegu tylko w ograniczonym zakresie. Ponadto występują krótkie serie produkcyjne a tym samym częste zmiany rodzaju produkowanego papieru. Zależnie od kryteriów jakościowych, które trzeba spełnić, przejście do produkcji kolejnej odmiany papieru specjalnego może być poprzedzone koniecznością mniej lub bardziej kompletnego opróżniania systemu wodno-masowego. Wymienione wyżej uwarunkowania powodują, że zużycie wody na jedną tonę wyprodukowanego papieru specjalnego może przekraczać 100 m^3/t. Przy wysokim ilościowym przepływie ścieków stężenia w nich substancji organicznych mogą być stosunkowo niewielkie, co może utrudniać lub uniemożliwiać dalsze biologiczne oczyszczanie tych ścieków.

3.4.4. Przygotowanie masy papierniczej

Instalacje produkujące papiery z masy rynkowej zaliczane są do niezintegrowanych wytwórni papieru. Jednak z uwagi na postać przerabianego surowca mają wiele cech wspólnych ze skojarzonymi instalacjami produkującymi papiery z mas makulaturowych.

Wytwórnie te posiadają urządzenia do rozwłóknienia surowca oraz jego przygotowania do potrzeb produkcji papieru. Nie ma praktycznie różnic pomiędzy schematami technologicznymi części przygotowującej masy do produkcji różnych papierów. Różnice występują praktycznie w wyposażeniu poszczególnych segmentów układu. Typowy schemat technologiczny linii przygotowującej masę papierniczą przedstawia rys. 3-14. Przygotowanie masy realizowane jest zgodnie z powyższym schematem w jednej z krajowych papierni.
Na schemacie (rys. 3-14) przedstawiono najważniejsze części układu, nie zaznaczono np. kadzi masowych, które są ważnym elementem układu, decydującym o płynności ruchu instalacji.



Rys. 3-14. Proces przygotowania masy papierniczej – schemat uproszczony

Linie przygotowujące masę papierniczą wyposażone są w różnego rodzaju hydropulpery (rozwłókniacze wirowe). Hydropulper jest urządzeniem, którego zadaniem jest rozdrobnienie (zwane również rozczynianiem) mas celulozowych dostarczanych do zakładu w arkuszach. Papiernie w Polsce stosują rozwłókniacze wirowe pracujące w sposób cykliczny. Oznacza to, że masa papiernicza przetrzymywana jest w urządzeniu przez określony czas, po którym rozwłókniacz zostaje opróżniony – masa zostaje przepompowana do kadzi magazynowej. Następnymi urządzeniami służącym do przygotowania masy są rozwłókniacze tarczowe. Zadaniem tych urządzeń jest rozwłóknienie znajdujących się w rozczynionej masie kawałków celulozy (pozostającej w postaci płatków).

Masa z rozwłókniacza kierowana jest poprzez regulator stężenia (gdzie następuje jej rozcieńczenie) do urządzeń oczyszczających – piaseczników. Oczyszczanie masy w piasecznikach odbywa się w układach wielostopniowych. Oznacza to, że odrzuty z I stopnia oczyszczania kierowane są do stopnia następnego (często sortownika wibracyjnego). Masa odzyskana w stopniu wtórnym zostaje zawrócona do obiegu natomiast odrzut wydalany jest z obiegu. Kolejnym stopniem oczyszczania jest oczyszczanie w tzw. hydrocyklonach. Ten stopień oczyszczania składa się najczęściej z trzystopniowego układu hydrocyklonów pracującego w tzw. obiegu zamkniętym. Oznacza to, że masa odrzucona w I stopniu zostaje skierowana do stopnia II. Masa z tego stopnia zawracana jest do kadzi masowej natomiast odrzut kierowany jest do stopnia III. Tzw. masa przyjęta w III stopniu podawana jest do stopnia II natomiast odrzut wydalany jest z obiegu.

Oczyszczona masa poddawana jest procesowi mielenia. Celem tego procesu jest nadanie włóknom celulozy własności odpowiednich do wymagań stawianych produktowi końcowemu. Ostatnim etapem przygotowania masy jest jej sortowanie. Proces ten prowadzony jest w sortownikach wysokociśnieniowych i wykonywany w celu usunięcia z masy zanieczyszczeń lekkich.
W trakcie operacji przygotowania masy następuje jej wielokrotne rozcieńczanie. Operacje te wykonuje się poprzez wprowadzanie wody obiegowej do odpowiednich urządzeń lub kadzi.

Bibułka tissue

Instalacje produkujące bibułkę tissue posiadają nieco zmodyfikowane układy przygotowania masy. Modyfikacja ta polega na wyodrębnieniu ciągów masowych i oddzielnie przygotowujących masy długowłóknistej i krótkowłóknistej. Częścią wspólną obu linii jest tzw. kadź maszynowa, w której następuje mieszanie obu rodzajów mas w odpowiednich proporcjach.

W nowoczesnych liniach przygotowujących masę stosowane są rozwiązania polegające na eksploatacji dwóch niezależnych linii przygotowujących masy. W liniach tych przygotowywane są, w sposób niezależny, masy długowłókniste i masy krótkowłókniste. Częścią wspólną instalacji jest wlew maszyny papierniczej. Stosowany obecnie tzw. wlew dzielony pozwala na formowanie wstęgi w dwóch fazach. W pierwszej fazie następuje wylew masy długowłóknistej, w drugiej fazie masy krótkowłóknistej – masa ta zostaje wprowadzona na uformowana warstwę długowłóknistą wstęgi papieru.

Pozostałe papiery

W przypadku produkcji pozostałych papierów przedstawiony na rys. 3-14 schemat przygotowania masy dość dobrze odzwierciedla stan faktyczny. Układ przygotowania masy stanowi jedną linię produkcyjną. Różnice pomiędzy poszczególnymi układami polegają jedynie na ich doposażeniu.

Elementem odróżniającym produkcję tej grupy papierów jest środowisko, w którym przebiega proces formowania oraz rodzaj stosowanego wypełniacza mineralnego. Wypełniacze te, to kaolin stosowany w produkcji tzw. papierów kwaśnych lub węglan wapnia używany w technologii alkalicznego wytwarzania papieru. Ponadto papiery przeznaczone do pisania i do druku przed końcowym wysuszeniem są powlekane mieszankami zaklejającymi. Przykładowo, po naniesieniu mieszanki zaklejającej, po obu stronach papieru, jego gramatura zwiększa się o ponad 3 g/m^2

.

3.5. Gospodarka wodna papierni

3.5.1. Woda świeża

Produkcja papieru wymaga stosowania znaczących ilości wody. Zoptymalizowana gospodarka wodna jest kluczową sprawą w każdej papierni. Zapotrzebowanie na wodę może być zaspokojone poprzez jej pozyskanie ze źródeł zewnętrznych lub poprzez zawrócenie wewnątrz procesu tzw. wód technologicznych.

Pewna część wody zostaje wydalona z obiegu w postaci pary oraz w postaci ścieków. Woda tracona w postaci pary jest trudna do odzyskania a operacja jej odzyskania jest, przy obecnym stanie techniki, ekonomicznie nieuzasadniona. Odprowadzanie wody z obiegu w postaci ścieków ma swoje uzasadnienie w konieczności odświeżania obiegu wodnego oraz zapewnieniu wymagań jakościowych stawianych przez niektóre operacje procesowe. W związku z tym ubytek wód technologicznych musi zostać uzupełniany wodą świeżą. Woda świeża musi być również stosowana w niektórych operacjach pomocniczych. Do operacji tych należy m.in. produkcja energii cieplnej w postaci pary technologicznej.

Krajowe papiernie do celów technologicznych oraz technologii wspomagających pozyskują wodę świeżą z różnych źródeł. Miejsca pozyskiwania oraz przeciętne wskaźniki zużycia wody oraz odprowadzanych ścieków zestawiono w tabeli 3-8.

Tabela 3-8. Przeciętne zużycie wody świeżej i ilości odprowadzanych ścieków oraz źródła zaopatrzenia w wodę świeżą

Produkcja	Ilości wody świeżej, m^3/t papieru	Ilości ścieków, m^3/t papieru	Źródła zaopatrzenia w wodę świeżą
Bibułka tissue	5 ÷ 13	5 ÷ 11	z ujęć głębinowych, z ujęć powierzchniowych
Papiery do druku i do pisania	11 ÷ 60	11 ÷ 55	z ujęć powierzchniowych
Papiery do celów specjalnych	20 ÷ 26	19 ÷ 22	z ujęć powierzchniowych
Papiery gazetowe	18 ÷ 25	16 ÷ 23	z ujęć powierzchniowych
Papiery opakowaniowe z makulatury i mas pierwotnych	6 ÷ 32	5 ÷ 28	z ujęć powierzchniowych
Papiery higieniczno-sanitarne z makulatury	6 ÷ 35	4 ÷ 30	z ujęć powierzchniowych

Zużycie wody świeżej w papierni uzależnione jest od tzw. stopnia domknięcia obiegu wodnego. Większość papierni produkujących różne asortymenty papieru pracuje w oparciu o tzw. wewnętrzną recyrkulację wód procesowych. Typowy układ recyrkulacji stanowią dwa obiegi wodne: I obieg wody podsitowej oraz II obieg wodny składający się z przelewów I wody oraz wód pochodzących z różnych urządzeń z obszaru całej instalacji.

W bardziej zaawansowanych obiegach wodnych występują próby wykorzystania oczyszczonych ścieków technologicznych (biologicznie lub mechanicznie). Rozwiązania takie funkcjonują już w przypadku wytwarzania niektórych papierów. Papiernie te nie wykorzystują jednak pełnej możliwości zawrócenia wód oczyszczonych z uwagi na jej jakość i konieczność zapewnienia odpowiednich parametrów chemicznych oraz biologicznych.

3.5.2. Wewnętrzne obiegi wodne papierni

Nowoczesna gospodarka wodna instalacji dąży do zminimalizowania ilości wody świeżej zużywanej w produkcji papieru. Woda świeża zostaje zastąpiona poddaną uzdatnieniu wodą obiegową. Pełne zagospodarowanie wody obiegowej ma miejsce w przypadku wody z I obiegu wodnego. Jest ona wykorzystana niemal w całości do rozcieńczenia masy podawanej do wlewu maszyny, woda ta nie wymaga uzdatniana. W przypadku tej wody nie mają większego znaczenia jej parametry jakościowe.

Nieco bardziej skomplikowana sytuacja występuje w przypadku wody z tzw. II obiegu. Jest ona wykorzystywana w różnych miejscach układu. Przed wykorzystaniem musi jednak zostać uzdatniona. Dlatego też w obiegach II wody instaluje się urządzenia służące do jej klarowania oraz odzysku włókien. Najstarszymi do dziś eksploatowanymi tego typu urządzeniami są wyławiacze stożkowe pozwalające na usunięcie zawiesiny włókna i wypełniaczy. Woda oczyszczona w tych urządzeniach nadaje się do wykorzystania tylko w niektórych miejscach obiegu wodno-masowego.

Nowoczesne układy oczyszczania wód obiegowych zaopatruje się w urządzenia pozwalające na uzyskanie wody o wysokim stopniu sklarowania. Urządzeniami tymi są urządzenia flotacyjne, flotacyjno-sedymentacyjne i filtry wielotarczowe (polidyski).
Poniżej w tabeli 3-9 wyszczególniono urządzenia, które są stosowane, w krajowych papierniach, do klarowania wód obiegowych wraz z typowymi stężeniami zawiesin w wodach sklarowanych.

Tabela 3-9. Urządzenia klarujące wody obiegowe

Produkowany papier	Stosowane urządzenia, zawłóknienie wód sklarowanych[1], mg/dm^3			
	Bez klarowania	Wyławiacze stożkowe	Filtry wielotarczowe (polidyski)	Flotatory
Bibułka tissue	tylko wody I obiegu wodnego[2]	–	10 ÷ 150	20 ÷ 250
Papiery do druku i do pisania		25 ÷ 300	15 ÷ 250	15 ÷ 230
Papiery do celów specjalnych		30 ÷ 350	–	30 ÷ 300
Papiery gazetowe		30 ÷ 180	20 ÷ 160	–
Papiery opakowaniowe		50 ÷ 350	50 ÷ 200	–
Papiery higieniczno-sanitarne z makulatury		50 ÷ 350	–	20 ÷ 220

[1] – dla wód, które stosowane są w miejsce wody świeżej
[2] – wyłącznie dla I wody obiegowej stosowanej jako woda rozcieńczająca masę papierniczą podawana do wlewu maszyny

3.5.3. Zewnętrzny obieg wodny papierni

Obiegi zewnętrzne (tzw. długie obiegi wodne) nie znalazły jeszcze szerokiego zastosowania. Jednak, jak wcześniej wspomniano, mają już miejsce próby wykorzystania części wody oczyszczonej w urządzeniach biologicznych lub mechanicznych. Nie stosuje się jednak pełnego domknięcia obiegu wodnego papierni z uwagi na konieczność zapewnienia odpowiednich parametrów chemicznych i biologicznych tej wody.

Stosowanie wody oczyszczonej w urządzeniach biologicznych, bez jej uzdatnienia, może doprowadzić do zakażeń biologicznych obiegu wodno-masowego instalacji, pogorszenia jakości produktu, powstawania określonych trudności ruchowych. Skutkować to może koniecznością zwiększenia gamy środków chemicznych lub ich dawek stosowanych w trakcie produkcji. W konsekwencji może również wystąpić negatywne oddziaływanie ścieków na sprawność pracy oczyszczalni i środowisko. Ogólne trendy obserwowane w papiernictwie wskazują jednak, że dążyć się będzie do maksymalnego domknięcia obiegów wodnych i recyrkulowanie oczyszczonych w urządzeniach zewnętrznych i następnie uzdatnionych wód technologicznych.

3.6. Zużycie energii i źródła jej pozyskiwania

Proces produkcji papieru należy do procesów energochłonnych. Wynika to z faktu realizacji szeregu czynności związanych z przygotowaniem masy papierniczej, formowaniem i odwodnieniem wstęgi papieru a następnie jej wysuszeniem. Na energochłonność procesu wpływają również operacje zapewniające bezawaryjną pracę instalacji takie jak np. przygotowanie wody, oczyszczanie ścieków, produkcja energii itp.

Wskaźniki zużycia energii zużywanej do wyprodukowania 1 tony papieru zostały przedstawione w tabeli 3-10. Powyższe wskaźniki uwzględniają również energię zużywaną do innych celów niż produkcja papieru (np. oświetlanie i ogrzewanie hal produkcyjnych, itp.).

Tabela 3-10. Wielkości zużycia energii na wyprodukowanie 1 ADt papieru[1)] w krajowych wytwórniach

Produkowany papier	Rodzaj energii			
	Elektryczna	Cieplna ze spalania gazu ziemnego	Cieplna ze źródeł zewnętrznych	Cieplna ze spalania węgla
	MWh/ADt	GJ/ADt		
Bibułka tissue	1,10 ÷ 1,2	2,8 ÷ 7,2	5,2 ÷ 7,4	
Papiery do druku i do pisania	0,66 ÷ 1,4			7,2 ÷ 7,8[2)]
Papiery do celów specjalnych	0,80 ÷ 1,1			7,1 ÷ 7,6
Papiery gazetowe	< 1,8			< 6,6
Papiery opakowaniowe	0,50 ÷ 1,0			7,0 ÷ 15,6
Papiery higieniczno-sanitarne z makulatury	0,60 ÷ 1,4			5,5 ÷ 12,0

[1)] – suma energii zużywanej na wytworzenie 1 t papieru i operacje pomocnicze - np. ogrzewanie i oświetlanie hal produkcyjnych

[2)] – w przypadku instalacji starszego typu wskaźnik ten może osiągać wartość nawet do 20 GJ/ADt

Krajowe wytwórnie jako surowiec energetyczny spalają węgiel, gaz ziemny oraz olej opałowy. Instalacje produkujące papiery – poza bibułką tissue - do suszenia wstęgi wykorzystują parę technologiczną wyprodukowaną we własnych kotłowniach opalanych węglem kamiennym – para stosowana jest do ogrzewania zespołu cylindrów suszących.

W przypadku produkcji bibułki tissue, do wytwarzania energii cieplnej, wykorzystywane są urządzenia do spalania gazu ziemnego. Urządzenia te to kotły wytwarzające parę technologiczną oraz palniki gazowe ogrzewające tzw. osłony wysokowydajne. Oprócz energetycznego spalania gazu ziemnego do celów technologicznych wykorzystywana jest para technologiczna pochodząca ze źródeł zewnętrznych. W tym przypadku instalacja wykorzystuje parę technologiczna do ogrzewania cylindra Yankee, natomiast do nadmuchu gorącego powietrza do osłony wykorzystywane jest ciepło pochodzące ze spalania gazu ziemnego. Inne rozwiązanie polega na wykorzystaniu pary technologicznej wyprodukowanej we własnej kotłowni gazowej do ogrzania cylindra oraz powietrza wprowadzanego do osłony.

Energia elektryczna jest produkowana we własnych elektrociepłowniach lub nabywana z energetycznej sieci krajowej.

3.7. Chemiczne środki wspomagające

W procesie wytwarzania papieru stosowane są dodatki masowe oraz pomocnicze środki chemiczne. Ważniejsze grupy środków podano w tabelach 3-11 i 3-12.

Tabela 3-11. Dodatki masowe stosowane w produkcji papieru

Dodatki masowe stosowane w produkcji papieru
Wypełniacze (kaolin, strącany węglan wapnia, tlenek tytanu)
Kleje papiernicze (kleje żywiczne, kleje AKD, kleje ASA)
Skrobia
Siarczan glinu
Wybielacze optyczne, środki niuansujące
Barwiące do barwienia w masie

Tabela 3-12. Pomocnicze środki chemiczne stosowane w produkcji papieru

Pomocnicze środki chemiczne stosowane w produkcji papieru
Kwas siarkowy (do korekty odczynu masy papierniczej w procesie zaklejania)
Przeciwżywiczne
Retencyjne (jedno i wieloskładnikowe)
Biocydy
Biodyspergatory
Enzymatyczne
Flokulanty i koagulanty
Przeciwpienne
~~Barwiące do barwienia w masie~~
Wodoutrwalające (poprawiajace wytrzymałość papieru w stanie mokrym)
Poprawiające wytrzymałość w stanie suchym
Krepujące (podawane na cylinder Yankee)
Do ciągłego lub okresowego czyszczenia odzieży maszynowej (sita, filce)
Przeciwinkrustacyjne (zapobiegające osadzaniu się osadów nieorganicznych)
Do deinkingu (NaOH, nadtlenek wodoru, szkło wodne, EDTA); do prowadzenia procesu w warunkach obojętnych; środki enzymatyczne
Do okresowego mycia maszyny papierniczej

4. ASPEKTY ŚRODOWISKOWE ISTOTNE DLA BRANŻY ORAZ WPŁYWY NA ŚRODOWISKO

Tradycyjnie przemysł celulozowo-papierniczy wymagał znacznych nakładów zasobów naturalnych (drewno, woda) oraz energii (paliwa kopalne, elektryczność), a także miał znaczący udział w odprowadzaniu zanieczyszczeń do środowiska. Jednakże w regionach o dobrze rozwiniętym przemyśle, począwszy od 1980r., emisje do środowiska były redukowane na ogół o 80-90% lub więcej. Uzyskano to przy użyciu zespołu działań mających na celu ograniczenie emisji poprzez zastosowanie środków wewnętrznych (zmiany technik i technologii wytwórczych) oraz zewnętrznych (oczyszczanie ścieków i emisji gazowych).

Od kilku lat toczy się debata na temat wytwarzania masy włóknistej z minimalnym oddziaływaniem na środowisko. Taka fabryka o zminimalizowanym oddziaływaniu gwarantowałaby minimalizację emisji i zużycia zasobów, minimalizację oddziaływania na procesy i środowisko, uwzględnienie aspektów ekonomicznych oraz środowiska pracy.

Zużycie surowców

Główny surowiec włóknisty dla papiernictwa – drewno - pochodzi z zasobów odnawialnych. W 1996 r. całkowite zużycie papierówki do przerobu na masy włókniste wyniosło w Europie Zachodniej 119,5 milionów m^3 (drewno lite pod korą). Biorąc pod uwagę ilość wyprodukowanych z tego drewna mas włóknistych pierwotnych (ok. 35 mln ton/rok) wskaźnik zużycia surowca drzewnego wynosił – 3,4 m^3/ tonę masy pierwotnej (przeciętnie ok. 2 ton drewna/tonę masy). Zużycie surowców dla papiernictwa osiągnęło 81,6 milionów ton, z czego 45,9% stanowiły masy włókniste z drewna, 39,3% odzyskany papier (makulatura), 14,3% materiały niewłókniste (jak wypełniacze, barwniki, itd.), a 0,5% inne masy włókniste (bawełna, len, łyko, konopie, juta, słoma i szmaty).
Zawracanie włókien ze zużytego papieru osiągnęło w Europie Zachodniej dosyć zaawansowany poziom, a dla niektórych rodzajów papieru można oczekiwać dalszego wzrostu w tym zakresie. Tym samym, w przemyśle papierniczym występuje bardzo korzystna sytuacja, w której zużyte wyroby mogą być w dużym zakresie wykorzystywane jako surowiec wtórny (recykling makulatury).

Zużycie wody i zrzuty ścieków

W okresie przed 1980r zużycie wody w niektórych celulozowniach i papierniach kształtowało się na poziomie 100-200 m^3/t lub nawet wyżej a przemysł celulozowo-papierniczy był przyczyną znacznych emisji zanieczyszczeń ściekowych do odbiorników wodnych. Skutki niekiedy miały dramatyczny charakter, emisje ścieków powodowały niedobór tlenu w odbiornikach wodnych i śnięcie ryb. Od końca lat 1970-tych aż do niedawna głównie ograniczano chlorowane substancje powstające w bielarni. W niektórych ściekach z celulozowni zostały wykryte dioksyny oraz furany, a publiczna debata skupiła się na szkodliwych skutkach bielenia chlorem. Ogólna troska wynikająca z potencjalnego zagrożenia dla środowiska wywołanego stosowaniem chloru w bielarniach spowodowała w ciągu ostatniej dekady gwałtowny spadek zużycia cząsteczkowego chloru jako czynnika bielącego. W wielu krajach organy ochrony środowiska wprowadziły surowe restrykcje w zakresie emisji do środowiska wodnego chlorowanych związków organicznych, mierzonych jako AOX. Redukcję AOX osiągnięto w wyniku połączenia kilku działań: chlor cząsteczkowy został w dużym stopniu zastąpiony dwutlenkiem chloru oraz wprowadzono inne chemikalia zawierające tlen, takie jak tlen cząsteczkowy,

nadtlenek wodoru i ozon. Dzięki wyraźnemu zmniejszeniu zawartości chlorków w ściekach możliwy stał się postęp w dziedzinie zamknięcia układu wodnego celulozowni i w niektórych przypadkach częściowe zawrócenie ścieków z bielarni do układu regeneracji chemikaliów. Zmniejszenie zawartości zarówno chlorowanych oraz nie chlorowanych substancji organicznych w ściekach z celulozowni zostało osiągnięte w dużej mierze poprzez zmiany w procesie produkcyjnym, jak na przykład: zwiększenie delignifikacji przed bielarnią poprzez pogłębione lub zmodyfikowane roztwarzanie i dodatkowe stopnie tlenowe, układy gromadzenia przelewów, zwiększenie skuteczności mycia masy, a także odpędzanie i ponowne wykorzystanie kondensatów. Dodatkowym czynnikiem mającym udział w obniżeniu emisji AOX oraz nie chlorowanych toksycznych związków organicznych do odbiorników wodnych było instalowanie zewnętrznych oczyszczalni ścieków o różnych konstrukcjach.

Obecnie, w europejskim przemyśle papierniczym, zużycie wody przy produkcji mas włóknistych kształtuje się na poziomie 15 – 80 m^3/tonę a dla papieru w zakresie 5 - 50 m^3/tonę. Dokonuje się sukcesywny postęp w zakresie zamykania obiegów wodnych w celulozowni oraz w papierni i można oczekiwać dalszej redukcji emisji (zmierzanie w kierunku technologii bezściekowych). Jednakże obecny poziom rozwoju technicznego nie pozwala jeszcze na produkcję w sposób ciągły mas włóknistych i papieru z pełną regeneracją wszystkich strumieni ściekowych.

Emisje zanieczyszczeń do powietrza i zużycie energii

Jeszcze niedawno celulozownie były poważnymi emitentami związków siarki, w tym związków siarki zredukowanej, odpowiedzialnych za przykry zapach celulozowni siarczanowej (związki odorotwórcze, powodujące również efekt zakwaszania). W skład emisji tzw. gazów złowonnych wchodzą głównie następujące składniki: siarkowodór, merkaptan metylu, siarczek dimetylu i disiarczek dimetylu. Podczas ostatnich lat emisje technologiczne związków siarki do atmosfery zostały znacznie zredukowane w wyniku dużego postępu w technologii (zarówno środki wewnętrzne jak i zewnętrzne).

Istotnym źródłem emisji do atmosfery w przemyśle papierniczym są procesy wytwarzania energii, gdyż przemysł ten charakteryzuje się dość wysoką energochłonnością. Na ogół znaczące wytwórnie papieru posiadają własną energetykę przemysłową. Najbardziej energochłonnym procesem jest wyrób masy mechanicznej, wynika to z zapotrzebowania rafinerów na energię elektryczną. Także przerób odzyskanego papieru (makulatury) oraz wyrób papieru są procesami energochłonnymi. Przyczyną tego jest fakt, że w procesie wyrobu papieru zawartość substancji stałej, początkowo bardzo niska w rozcieńczonej zawiesinie włókien i ewentualnie wypełniaczy, musi być podniesiona do około 95% (typowa zawartość suchej substancji w papierze) przy użyciu operacji prasowania oraz suszenia (odparowanie wody). Obecnie uważa się, że procesy wytwarzania chemicznych mas celulozowych nie wymagają doprowadzenia energii z zewnątrz, ale całkowite zapotrzebowanie energii dla tych procesów jest wciąż duże. Zapotrzebowanie to jest pokrywane poprzez wytwarzanie energii niejako „wewnątrz" procesu – procesy regeneracji chemikaliów i energii. Uważa się, że dalsza optymalizacja procesów wytwarzania mas chemicznych powinna w przyszłości doprowadzić do uzyskania znaczącego nadmiaru wytwarzania energii ponad jej zużycie w procesach celulozowni.

Możliwe jest odzyskiwanie energii z odpadów organicznych powstających w przemyśle celulozowo-papierniczym (odrzuty, osady), przy czym unika się problemu składowania odpadów. W tym zakresie występują potencjalnie duże możliwości zwiększonego stosowania efektywnych technik na miejscu w zakładzie.

Wytwarzanie odpadów stałych

Odpady stałe powstające w wytwórni mas włóknistych i papieru można podzielić na technologiczne (powstające w procesach produkcji i oczyszczania ścieków) oraz odpady powstające w trakcie działalności pomocniczej (budowa i remonty, obsługa i konserwacja maszyn, urządzeń i obiektów, działalność administracyjna). Wszystkie strumienie stałych odpadów technologicznych należą do innych niż niebezpieczne, tzn., że w procesach produkcji papieru nie powstają odpady niebezpieczne. W wytwórniach mas włóknistych i papieru powstają pewne ilości odpadów niebezpiecznych w wyniku konserwacji maszyn i urządzeń (zużyte oleje, zużyte czyściwo, elementy oświetlenia, baterie i akumulatory).

Główną ilość stałych odpadów technologicznych powstających w papierni stanowią odpady organiczne zawierające włókna. Są to różnego rodzaju odrzuty, osady tzw. masy łapanej oraz osady ściekowe. W wytwórni mas włóknistych obok wymienionych wyżej występują odpady kory i drewna. Odpady te nie zawierają substancji niebezpiecznych i mogą być wykorzystywane jako biomasa do odzysku energii.

W celulozowni powstaje również pewna ilość odpadów mineralnych – głównie osady wapienne (szlam pokaustyzacyjny, szlam z ługu zielonego, odpad z gaśnika). Odpady te nie zawierają substancji niebezpiecznych i jako odpady ostateczne (nie zawierające związków organicznych) podlegają deponowaniu na składowisku odpadów przemysłowych innych niż niebezpieczne.

Kierunki rozwoju technologii

Obecne tendencje w przemyśle celulozowym mające na uwadze ochronę środowiska a także wymagania rynku zmierzają w kierunku domykania układu bielarni przez stosowanie w produkcji mas celulozowych bielenia ECF (wolnego od chloru pierwiastkowego) lub TCF (całkowicie pozbawionego chloru i jego związków).

Rozwój technologii w papierniach idzie w kierunku zwiększenia ponownego użycia oczyszczonych wód produkcyjnych (obiegowych) poprzez wdrożenie zaawansowanych układów oczyszczania ścieków. Oczekuje się, iż w przemyśle celulozowo-papierniczym - także w przyszłości - priorytetami działań na rzecz ochrony środowiska pozostaną: emisje ścieków, przyjazna środowisku gospodarka odpadami, oszczędzanie i odzyskiwanie energii, a także likwidacja występującego lokalnie przykrego zapachu z celulozowni siarczanowych.

Analiza procesów związanych z wytwarzaniem mas włóknistych i papieru pod kątem aspektów środowiskowych i wpływów na środowisko została przedstawiona w tabeli 4-1.

Tabela 4-1. Analiza procesów pod kątem aspektów środowiskowych i wpływów na środowisko

PROCESY	ASPEKTY ŚRODOWISKOWE	WPŁYWY NA ŚRODOWISKO
1	*2*	*3*
Przygotowanie surowca drzewnego	Powstawanie odpadów kory i drewna. Zużycie surowców naturalnych (drewna) i energii Emisja hałasu Emisja zanieczyszczeń ściekowych	Zużycie zasobów naturalnych Zanieczyszczenie atmosfery wynikające z emisji energetycznej Wzrost poziomu dźwięku – pogorszenie klimatu akustycznego Odpady do wykorzystania jako biomasa
Roztwarzanie drewna metodą siarczanową Mycie i sortowanie Bielenie	Zużycie surowców (drewna) Zużycie wody i energii Zużycie surowców chemicznych Emisja zanieczyszczeń gazowych w tym gazów złowonnych Emisja zanieczyszczeń ściekowych	Zużycie zasobów Zanieczyszczenie atmosfery Uciążliwość zapachowa w otoczeniu Wzrost stężeń zanieczyszczeń w ściekach
Regeneracja chemikaliów i energii w metodzie siarczanowej	Emisja zanieczyszczeń do atmosfery (pyły gazy: SO_2, H_2S, NO_x) Odpady stałe (pyły i popioły) Emisja hałasu w wyniku okresowych upustów pary	Odzysk chemikaliów do następnego cyklu produkcji masy – ograniczenie zużycia świeżych chemikaliów oraz odprowadzania chemikaliów powarzelnych do ścieków. Pozysk energii odnawialnej, nie zakłócającej bilansu CO_2 w środowisku Zanieczyszczenie atmosfery emisjami typu energetycznego Pogorszenie klimatu akustycznego
Odzysk energii w kotle korowym i/lub kotle spalającym biomasę		
Ścieranie/rozwłóknianie drewna na masy mechaniczne MP (ścier) i chemomechaniczne CTMP Sortowanie i oczyszczanie Bielenie	Zużycie drewna i energii (względnie wysokie). Zużycie wody. Emisje zanieczyszczeń do ścieków emisje do atmosfery z młynów, wytwórni energii i kotłów korowych Wytwarzanie odpadów stałych: odrzuty i osady w tym ściekowe Zużycie chemikaliów Hałas	Zużycie zasobów naturalnych Znacznie wyższa wydajność mas z drewna w porównaniu z masami chemicznymi – oszczędność zasobów (92-97%) Odpady stałe w znacznej części nadają się do odzysku energii jako biomasa

Tabela 4-1. c.d.

1	*2*	*3*
Wytwarzanie papieru z pierwotnej masy włóknistej - Rozczynianie - Oczyszczanie - Rafinowanie - Maszyna papiernicza	Zużycie surowców Zużycie wody i energii Stosowanie dodatków chemicznych Emisje zanieczyszczeń ściekowych Wytwarzanie odpadów stałych (głównie odrzuty z przygotowania masy i osady) Emisje do powietrza z procesów wytwarzania energii Hałas w wyniku pracy maszyn papierniczych	Wzrost zanieczyszczeń w ściekach Zanieczyszczenie atmosfery emisjami energetycznymi Odpady stałe w znacznej części nadają się do odzysku energii Hałas pochodzący od maszyn papierniczych na ogół nie wykracza poza teren zakładu
Wytwarzanie papieru z makulatury - Rozwłóknianie włókien wtórnych - Bielenie - Zaklejanie	Zużycie makulatury Zużycie wody i energii Zastosowanie środków pomocniczych (dodatków chemicznych) Emisje zanieczyszczeń ściekowych Wytwarzanie odpadów stałych gł. organicznych pochodzących z przygotowania masy, oczyszczenia wody technologicznej i wód obiegowych Emisje do powietrza z procesów wytwarzania energii Hałas powodowany przez maszynę papierniczą	Zagospodarowanie wykorzystanego papieru (recykling włókien papiern.) Zanieczyszczenie ścieków i atmosfery (emisje energetyczne) Odpady stałe są deponowane na składowisku. W znacznej części nadają się do odzysku energii. Hałas pochodzący od maszyn papierniczych na ogół nie wykracza poza teren zakładu.
Wewnętrzne oczyszczanie wód obiegowych Oczyszczanie ścieków - oczyszczalnia mechaniczna - oczyszczalnia biologiczna	Redukcja zanieczyszczeń w ściekach Zużycie energii Wytwarzanie odpadów stałych – osady ściekowe Emisja zanieczyszczeń do atmosfery	Poprawa stanu odbiornika ścieków Zanieczyszczenie atmosfery emisjami energetycznymi oraz ewentualnymi wyziewami z oczyszczalni biologicznej Odzysk energii odnawialnej przez spalanie osadów ściekowych

Tabela 4-1. c.d.

1	*2*	*3*
Obróbka odrzutów i osadów poprzez ich deponowanie na składowisku	Zapotrzebowanie na miejsce składowania Emisje zanieczyszczeń do atmosfery (procesy termiczne na składowisku) Emisje zanieczyszczeń do wód (odcieki)	Zanieczyszczenie powierzchni ziemi i wód powierzchniowych (wycieki ze składowiska) Zanieczyszczenie atmosfery Zajęcie terenu pod składowisko odpadów
Obróbka odrzutów i osadów poprzez ich spalanie w specjalnym kotle z odzyskiem energii	Wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych Emisje energetyczne	Pozysk energii odnawialnej z biomasy, nie zakłócającej bilansu CO_2 w środowisku Ograniczenie zużycia energii z paliw kopalnych Ograniczenie emisji CO_2 ze spalania paliw kopalnych
Dostawy surowców, materiałów i środków pomocniczych	Odpady opakowań zbiorczych Zanieczyszczenia związane z transportem	Wzrost ilości odpadów Zanieczyszczenie atmosfery spalinami samochodowymi
Gospodarka magazynowa	Możliwość powstawania i emisji do środowiska odpadów płynnych (chemikalia, oleje). Emisja spalin z transportu wewnątrzzakładowego	Zanieczyszczenie atmosfery i gleby Odpady w tym niebezpieczne

Na podstawie przeprowadzonej analizy oddziaływania procesów na środowisko (tabela 4-1) można utworzyć podaną niżej listę aspektów środowiskowych szczególnie istotnych dla branży – tabela 4-2.

Tabela 4-2. Lista aspektów środowiskowych szczególnie istotnych dla branży celulozowo-papierniczej

Lp.	TECHNOLOGIA	ISTOTNE ASPEKTY ŚRODOWISKOWE
1	*2*	*3*
1.	Wytwarzanie masy celulozowej siarczanowej niebielonej	Zużycie surowców, wody, chemikaliów i energii Emisja zanieczyszczeń do ścieków (ChZT, BZT, zawiesiny, związki azotu i fosforu, sole – chlorki, siarczany) Emisje energetyczne: pyły, SO_2, NO_x, CO, CO_2, (kocioł sodowy, kotły energetyczne) Emisja gazów złowonnych (H_2S, merkaptany, siarczki metylowe) Powstanie odpadów stałych innych niż niebezpieczne (organiczne – biomasa, nieorganiczne – głównie osady wapienne) Emisja hałasu – znaczenie lokalne

Tabela 4-2. c.d.

1	*2*	*3*
2.	Wytwarzanie masy celulozowej siarczanowej bielonej metodą ECF	Zużycie surowców, wody, chemikaliów i energii Emisja zanieczyszczeń do ścieków (ChZT, BZT, zawiesiny, związki azotu i fosforu, związki chloroorganiczne jako AOX, sole – chlorki, siarczany) Emisje energetyczne: pyły, SO2, NOx, CO, CO2, (kocioł sodowy, kotły energetyczne) Emisja gazów złowonnych (H2S, merkaptany, siarczki metylowe) Powstanie odpadów stałych innych niż niebezpieczne (organiczne – biomasa, nieorganiczne – głównie osady wapienne) Emisja hałasu – znaczenie lokalne
3.	Wytwarzanie mas MP, TMP i CTMP	Zużycie surowca włóknistego, wody i chemikaliów Znaczne zużycie energii Emisja zanieczyszczeń do ścieków (ChZT, BZT, zawiesiny, związki azotu i fosforu, związki chloroorganiczne jako AOX,) Powstanie odpadów stałych innych niż niebezpieczne, w znacznej części odpowiednich do wykorzystania jako paliwo (biomasa) Emisja hałasu – znaczenie lokalne
4.	Wytwarzanie papieru niepowlekanego, bezdrzewnego	Zużycie wody, energii i środków pomocniczych Emisja zanieczyszczeń do ścieków (ChZT, BZT, zawiesiny, związki azotu i fosforu, związki chloroorganiczne jako AOX,) Emisje do powietrza z energetyki przemysłowej: pyły, SO_2, NO_x, CO, CO_2 Wytwarzanie odpadów stałych w znacznej części przydatnych do odzysku energii jako biomasa (odpady włókniste i ściekowe) Emisja hałasu
5.	Wytwarzanie bibułki tissue z włókien pierwotnych	
6.	Wytwarzanie papieru/tektury z włókien wtórnych bez odbarwiania (w tym bibułki tissue)	Zużycie wody, energii i środków pomocniczych Emisja zanieczyszczeń do ścieków (ChZT, BZT, zawiesiny, związki azotu i fosforu, związki chloroorganiczne jako AOX,) Powstawanie odpadów stałych: odrzuty z przerobu makulatury i osady ściekowe Emisje do powietrza z energetyki przemysłowej: pyły, SO_2, NO_x, CO, CO_2 Emisja hałasu
7.	Wytwarzanie papieru/tektury z włókien wtórnych z odbarwianiem (w tym bibułki tissue)	Zużycie wody, energii i środków pomocniczych Emisja zanieczyszczeń do ścieków (ChZT, BZT, zawiesiny, związki azotu i fosforu, związki chloroorganiczne jako AOX,) Powstawanie odpadów stałych w tym szlamów z odbarwiania Emisje do powietrza z energetyki przemysłowej: pyły, SO_2, NO_X, CO, CO_2 Emisja hałasu

Podsumowując należy stwierdzić, że wspólne dla wszystkich, występujących w Polsce technologii wytwórczych branży papierniczej, istotne aspekty środowiskowe obejmują:

- ⇨ Zużycie zasobów naturalnych: surowców włóknistych (drewna), wody i surowców energetycznych
- ⇨ Zużycie chemikaliów i preparatów chemicznych (środków pomocniczych)
- ⇨ Emisje zanieczyszczeń do ścieków, głównie związków organicznych powodujących niedobór tlenu w odbiornikach (ChZT i BZT)
- ⇨ Emisje zanieczyszczeń do powietrza – technologiczne i energetyczne
- ⇨ Zużycie energii
- ⇨ Wytwarzanie odpadów stałych innych niż niebezpieczne, w tym w znacznej części odpadów organicznych zawierających włókna i nadających się do wykorzystania jako paliwo (proces R1)
- ⇨ Wytwarzanie niewielkich ilości odpadów niebezpiecznych w wyniku potrzeb konserwacyjnych i utrzymania ruchu maszyn i urządzeń oraz funkcjonowania infrastruktury
- ⇨ Emisje hałasu o znaczeniu lokalnym i uciążliwości uzależnionej w dużym stopniu od usytuowania zakładu i poszczególnych części instalacji.

5. CHARAKTERYSTYKA EMISJI DO KOMPONENTÓW ŚRODOWISKA

5.1. Emisje do powietrza atmosferycznego

Emisje gazowe z przemysłu celulozowo-papierniczego, w zależności od źródeł ich pochodzenia, można podzielić na emisje procesowe ze źródeł technologicznych i emisje energetyczne ze źródeł związanych z wytwarzaniem energii cieplnej i elektrycznej.
Źródła technologiczne emisji zanieczyszczeń do atmosfery występują przede wszystkim w procesach produkcji chemicznych mas celulozowych i w procesach regeneracji chemikaliów warzelnych.

5.1.1. Wytwarzanie masy celulozowej siarczanowej

Emisje technologiczne z celulozowni pochodzą z następujących węzłów produkcyjnych: kocioł regeneracyjny, piec wapienny oraz inne piece powiązane z procesem (np. piec do spalania gazów złowonnych). Ponadto występują emisje krótkotrwałe i niskostężeniowe ze źródeł rozproszonych oraz emisje niezorganizowane, związane z brakiem hermetyzacji urządzeń.
Emitowane zanieczyszczenia to: pyły, dwutlenek siarki, tlenki azotu, siarkowodór, związki siarkoorganiczne (merkaptan metylu, siarczek i disiarczek dimetylu), tlenki węgla, niewielkie ilości związków terpenowych, chloru i dwutlenku chloru oraz LZO (głównie metanol). Gazy odlotowe zawierające siarkowodór i związki siarkoorganiczne charakteryzują się bardzo przykrym zapachem, w związku z czym są określane mianem gazów złowonnych (malodorous gases). Emisje złowonnych składników oznacza się często łącznie jako sumaryczną emisję związków TRS (Total Reduced Sulphur). Emisje tych związków oraz związków terpenowych, tworzą w połączeniu konglomerat zapachowy charakterystyczny dla celulozowni siarczanowej, bardzo specyficzny dla tej branży przemysłu.

We wszystkich przypadkach emisje gazowe należy oczyszczać za pomocą nowoczesnych urządzeń jak elektrofiltry i skrubery, zastosowanych stosownie do realnych, praktycznych potrzeb. Poziomy emisji występujące w krajowych celulozowniach przedstawiono w tabeli 5-1.

Tabela 5-1. Emisje zanieczyszczeń ze źródeł technologicznych w krajowych celulozowniach

Zanieczyszczenie		Źródło emisji			
		Kocioł sodowy	Piec wapienny	Piec do spalania gazów złowonnych	Ogółem z wytwarzania masy celulozowej siarczanowej
Pył	mg/Nm^3	18,1 ÷ 231	19,4 ÷ 240		
	kg/ADt	0,26 ÷ 1,13	0,05 ÷ 0,25		0,31 ÷ 1,39
SO_2 jako S	mg/Nm^3	2,34 ÷ 60	11,2 ÷ 138	42,9 ÷ 104	
	kg/ADt	0,017 ÷ 0,39	0,007 ÷ 0,190	0,05 ÷ 0,06	0,13 ÷ 0,58
NO_X jako NO_2	mg/Nm^3	74,30 ÷ 119	73,0 ÷ 800	171 ÷ 382	
	kg/ADt	0,55 ÷ 1,36	0,078 ÷ 1,00	0,20 ÷ 0,22	0,82 ÷ 2,55
TRS jako S	mg/Nm^3	0,114 ÷ 35	0,045 ÷ 20		
	kg/ADt	0,001 ÷ 0,2	0,0001 ÷ 0,048		0,06 ÷ 0,30

5.1.2. Wytwarzanie papieru

W papierniach emisje do atmosfery pochodzą głównie z wytwarzania energii przez różne rodzaje urządzeń energetycznych, a nie proces produkcji papieru. Poziomy emisji zanieczyszczeń do atmosfery z papierni eksploatującej urządzenia energetyczne są bezpośrednio związane ze zużywaniem energii, zatem jej oszczędzanie będzie powodować obniżenie wskaźników emisji do atmosfery. Poziomy te dla krajowych papierni przedstawiono w tabeli 5-2.

Tabela 5-2. Emisje zanieczyszczeń ze źródeł energetycznych w papierniach

Zanieczyszczenie	Jednostka	Emisje z kotłów opalanych			
		Węglem	Gazem ziemnym	Olejem opałowym	Biopaliwem
Pył	mg/Nm^3	6,46÷559			21,4÷57,5
	kg/ADt		0,003÷0,019	0,156÷0,404	
SO_2 jako S	mg/MJ	232÷499			0÷16,2
	kg/ADt		0,001÷0,065	0,852÷1,324	
NO_X jako NO_2	mg/MJ	130÷411			125÷169
	kg/ADt		0,483÷0,563	0,623÷1,123	
CO	kg/ADt	0,75 ÷ 1,49	0,023÷0,041	0,080 ÷ 0,134	

Niezwiązane z wytwarzaniem energii emisje do atmosfery, to głównie lotne związki organiczne i pyły z operacji wykańczania papieru. Substancje z grupy LZO oznacza się w niskich stężeniach w powietrzu odlotowym z papierni, stosujących w procesie produkcyjnym dodatki zawierające lotne substancje organiczne. Podobnie z części suszącej maszyny mogą być emitowane niewielkie ilości pyłów papierniczych. Emisja ta ma większe znaczenie z punktu widzenia warunków bhp na hali produkcyjnej, natomiast z uwagi na zanieczyszczenie powietrza jej wpływ jest marginalny. Standardowo w papierniach nie stosuje się specjalnych technik ograniczania tych emisji, ponieważ emitowane ładunki zanieczyszczeń są niewielkie.

Większość krajowych papierni nie prowadziło badań emisji pyłów z produkcji papieru. Podejście takie jest uzasadnione z uwagi na minimalną wielkość tej emisji, może ona być wyższa tylko dla maszyn papierniczych wytwarzających bibułkę tissue. Badania emisji pyłu były przeprowadzone dla całych instalacji produkujących bibułkę tissue, tj. maszyny papierniczej i linii przetwórczych. Wykazały one, że wskaźnik emisji pyłu w przeliczeniu na tonę papieru wynosił od 0,15 do 0,53 kg/t, odpowiadało to emisji od 1,0 do 2,0 kg/h i emisji rocznej od 8 do 17 Mg/rok.

5.2. Emisje do wód

Produkcja papieru obarczona jest emisją do środowiska ścieków technologicznych bogatych w różnego rodzaju substancje chemiczne pochodzące zarówno z przerabianego surowca jak i stosowanych chemicznych środków wspomagających. Najistotniejsze z zanieczyszczeń emitowanych do odbiorników, wraz ze ściekami celulozowo-papierniczymi, są związki oznaczane jako: zawiesiny, ChZT, BZT_5 oraz związki biogenne zawierające azot i fosfor.

Zanieczyszczenia te są praktyczne najbardziej znaczące dla środowiska wodnego i jako takie mogą zostać uznane za podstawowe.

Wśród krajowych producentów papierów występuje pewna różnorodność sposobów oczyszczania nadmiernych wód technologicznych (ścieków). Zdecydowana większość ścieków, przed wprowadzeniem do środowiska, jest jednak oczyszczana w urządzeniach biologicznych. Oczyszczanie prowadzone jest we własnych obiektach oczyszczalni biologicznej lub na podstawie umów z posiadaczami takich urządzeń (np. oczyszczalnie komunalne).

Wszystkie papiernie posiadają własne mechaniczne lub mechaniczno-biologiczne oczyszczalnie ścieków. Większość zakładów posiadających jedynie oczyszczalnie mechaniczne odprowadza ścieki sklarowane do zewnętrznych oczyszczalni biologicznych.
Tylko w nielicznych przypadkach, wstępnie oczyszczone ścieki papiernicze (sklarowane), odprowadzane są bezpośrednio do odbiornika.

Związane z produkcją papieru ładunki zanieczyszczeń odprowadzanych do odbiorników są różnorodne i w głównej mierze zależą od sposobu oczyszczania ścieków i zastosowanej technologii oczyszczania. W tabeli 5-3 przedstawiono ładunki głównych zanieczyszczeń odprowadzanych do odbiorników z produkcji różnych papierów, zaś w tabeli 5-4 parametry jakościowe tych ścieków.

Tabela 5-3. Ładunki niektórych zanieczyszczeń odprowadzanych w oczyszczonych ściekach papierniczych oraz zużycie wody i ilość ścieków

Produkowany papier	Jednostkowe ładunki zanieczyszczeń						Zużycie wody / Ilość ścieków
	Zawiesiny	$ChZT_{Cr}$	BZT_5	$P_{ogólny}$	$N_{ogólny}$	AOX	
	kg/ADt	kgO_2/ADt	kgO_2/ADt	kg/ADt	kg/ADt	kgCl/ADt	m^3/ADt
Bibułka tissue z masy pierwotnej	0,20÷1,73[1)]	0,90÷3,46[1)]	0,21÷0,90[1)]	0,009÷0,021	0,11÷0,34	0,002÷0,011	5÷13,3 / 4,5÷10,5
Papiery do druku i do pisania	0,15÷1,80	1,16÷12,6	0,21÷1,10	0,003÷0,07	0,08÷0,17	0,04÷0,16	11,5÷59,9 / 10,5÷52,2
Papiery do celów specjalnych	0,5÷0,6[2)]	3,1÷9,6[2)]	1,1÷2,0[2)]	-	-	-	20÷26 / 19÷22
Papiery gazetowe	0,30	5,20	2,50	-	-	-	18÷25 / 16÷23
Papiery opakowaniowe[3)] z makulatury i mas pierwotnych	0,32÷1,18	2,6÷12,5	0,24÷4,67	0,006÷0,011	0,02÷0,12	0,011	5,8÷32 / 5÷28
Papiery higieniczne z makulatury[3)]	0,11 ÷2,70	0,51÷8,6	0,06÷4,0	0,01÷0,04	0,03÷0,23	-	5,6÷35 / 4,4÷30

[1)] - dalsze oczyszczane ze ściekami miejskimi w urządzeniach miejskiej biologicznej oczyszczalni ścieków
[2)] - ścieki sedymentowane, dalsze oczyszczanie biologiczne w urządzeniach miejskiej oczyszczalni ścieków
[3)] - wyższe ładunki odnoszą się do zakładów powstałych w początkach ubiegłego stulecia

Tabela 5-4. Podstawowe parametry jakościowe ścieków papierniczych

Wskaźnik	Jednostka	Oczyszczone biologicznie		Oczyszczone mechanicznie	
		Zakres	Średnio	Zakres	Średnio
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Bibułka tissue z masy pierwotnej					
Odczyn	jedn. pH	7,3÷7,7	7,5	6,9÷8,0	7,6
Zawiesiny ogólne	mg/l	9,0÷32,0	14,0	288÷476	382
BZT_5	mgO_2/l	10,4÷18,8	14,4	155÷193	174
ChZT	mgO_2/l	54,3÷84,6	63,2	577÷720	649
$P_{ogólny}$	mgP/l	1,22÷1,59	1,44		
$N_{ogólny}$	mgN/l	15,2÷18,3	17,4		
AOX	mgCl/l	0,05÷0,11	0,09		
Papiery do druku i do pisania					
Odczyn	jedn. pH	6,5 ÷8,5	7,2		
Zawiesiny ogólne	mg/l	14,8÷30	14,8		
BZT_5	mgO_2/l	10,8÷65	20,1		
ChZT	mgO_2/l	111÷215	111,2		
$P_{ogólny}$	mgP/l	0,16÷1,2	0,29		
$N_{ogólny}$	mgN/l	0,36÷7,70	7,7		
AOX	mgCl/l	0,4÷1,5	-		
Papiery specjalne					
Odczyn	jedn. pH			6,9÷8,0	7,6
Zawiesiny ogólne	mg/l			30 ÷ 100	35
BZT_5	mgO_2/l			65 ÷ 185	133
ChZT	mgO_2/l			180 ÷ 980	640
Papiery gazetowe					
Odczyn	jedn. pH			6,3 ÷ 8,0	7,2
Zawiesiny ogólne	mg/l			18 ÷ 25	20,2
BZT_5	mgO_2/l			175 ÷ 210	194
ChZT	mgO_2/l			269 ÷ 451	414
Chlorki	mg/l			52 ÷ 60	56
Siarczany	mg/l			87 ÷ 96	92
Papiery opakowaniowe					
Odczyn	jedn. pH	7,1 ÷ 8,3	7,8	6,5 ÷ 6,6	6,6
Zawiesiny ogólne	mg/l	23 ÷ 58	36	58 ÷ 166	112
BZT_5	mgO_2/l	14 ÷ 60	30	135 ÷ 1624	880
ChZT	mgO_2/l	102 ÷ 136	123	451 ÷ 4361	2406
$P_{ogólny}$	mgP/l	0,23 ÷ 0,50	0,38	0,21 ÷ 2,01	1,11
$N_{ogólny}$	mgN/l	0,80 ÷ 2,70	1,56	9,24 ÷ 12,4	10,8
Papiery higieniczne z makulatury					
Odczyn	jedn. pH	7,0 ÷ 7,8	7,2		7,5
Zawiesiny ogólne	mg/l	10 ÷ 25	17,1		400
BZT_5	mgO_2/l	5,5 ÷ 14	10,8		600
ChZT	mgO_2/l	40 ÷ 116	77		1300
$P_{ogólny}$	mgP/l	0,71 ÷ 3,1	1,77		6,0
$N_{ogólny}$	mgN/l	3,73 ÷ 9,0	6,94		35,0

Poniżej w tabeli 5-5 przedstawiono podsumowanie informacji dotyczących wskaźników emisji do wód podstawowych zanieczyszczeń pochodzących z krajowych zakładów branży celulozowo-papierniczej.

Tabela 5-5. Wskaźniki emisji do wód podstawowych zanieczyszczeń emitowanych w ściekach oczyszczonych w oczyszczalni biologicznej

Lp.	Wskaźniki ładunku zanieczyszczeń	Emisja zanieczyszczeń jako wartość średnioroczna	
		mg/l	kg/ADt
1	BZT_5	10,4 ÷ 65	0,64 ÷ 1,77
2	ChZT	54,3 ÷ 215	0,51 ÷ 12,6
3	Zawiesiny ogólne	9,0 ÷ 45,0	0,15 ÷ 1,80
4	Fosfor ogólny	0,16 ÷ 2,48	0,003 ÷ 0,07
5	Azot ogólny	0,8 ÷ 18,3	0,02 ÷ 0,34
6	AOX	0,1 ÷ 1,5	0,002 ÷ 0,16
Inne ujęte w pozwoleniach wodnoprawnych			
7	Ilość ścieków	m^3/ADt	4,5 ÷ 55,2
8	Temperatura	^{O}C	15,0 ÷ 37,3
9	Odczyn	jednostki pH	6,3 ÷ 8,5
10	Chlorki	$mgCl/dm^3$	23 ÷ 298
11	Siarczany	$mgSO_4/dm^3$	93 ÷ 662
12	Siarczki	mgS/dm^3	0,12 ÷ 19,5

5.3. Wytwarzanie odpadów stałych

W zakładach przemysłu celulozowo-papierniczego powstają odpady stałe, zarówno w wyniku prowadzenia działalności produkcyjnej jak też w wyniku działalności pomocniczej. W trakcie tych działalności wytwarzane są następujące kategorie odpadów:

- odpady technologiczne powstające w procesach produkcji mas włóknistych, papieru i przetwórstwa papierniczego,
- odpady z oczyszczania ścieków,
- odpady z energetyki przemysłowej (popioły i żużle),
- odpady z działalności pomocniczej: obsługi i konserwacji maszyn, urządzeń i obiektów, budowy i remontów, działalności administracyjnej.

Odpady technologiczne z procesów produkcji mas włóknistych i papieru oraz oczyszczania ścieków papierniczych należą do odpadów innych niż niebezpieczne. Stanowią one główną masę odpadów stałych powstających w przedsiębiorstwach tej branży. Ponadto w każdym zakładzie powstaje pewna ilość odpadów niebezpiecznych, pochodzących z działalności pomocniczej a w niektórych przypadkach ze stosowania środków chemicznych w przetwórstwie papierniczym.

Poniżej omówiono w skrócie rodzaje i ilości stałych odpadów technologicznych powstających w głównych działach produkcji przemysłu celulozowo-papierniczego.

5.3.1. Produkcja masy celulozowej siarczanowej

Produkcja masy celulozowej siarczanowej jest związana z powstawaniem następujących rodzajów odpadów stałych:

- osady nieorganiczne z procesów regeneracji chemikaliów (odrzuty z gaśnika, szlam z ługu zielonego, szlam pokaustyzacyjny);
- kora i odpady drzewne;
- osady z oczyszczania ścieków (substancje nieorganiczne, włókna i osady biologiczne);
- pyły, popioły i żużle z kotłów i pieców;
- odrzuty (głównie piasek) z obróbki drewna.

Osady nieorganiczne (szlamy wapienne) są wydzielane z układu regeneracji chemikaliów w celu utrzymywania ilości substancji balastowych i nieprocesowych chemikaliów w obiegu na akceptowalnym poziomie i zapewnienia w ten sposób odpowiednio wysokich szybkości reakcji w systemie regeneracji chemikaliów.

Osady z procesów oczyszczania ścieków są jedną z głównych grup potencjalnych odpadów stałych przy produkcji masy celulozowej siarczanowej. Duże ilości osadów powstają podczas procesu wstępnej sedymentacji i oczyszczania biologicznego ścieków metodą osadu czynnego a także w wyniku procesu chemicznej flokulacji. Osady z biologicznego i chemicznego oczyszczania ścieków charakteryzują się słabą odwadnialnością. Ilości odpadów stałych powstających przy produkcji mas celulozowych zestawiono w tabeli 5-6.

Tabela 5-6. Ilości odpadów stałych powstających przy produkcji mas celulozowych siarczanowych niebielonych i bielonych

	Ilość odpadów [kg s.s./tonę masy]	
	Odpady organiczne	Odpady nieorganiczne
Masa celulozowa niebielona	20 ÷ 60	30 ÷ 60
Masa celulozowa bielona	30 ÷ 60	40 ÷ 70

5.3.2. Produkcja mas mechanicznych

Odpady stałe usuwane z procesów roztwarzania mechanicznego zawierają:

- korę i pozostałości drewna z korowania, mycia i sortowania zrębków (odrzut wynosi ok.1,5%),
- odrzuty włókien – osad z osadników pierwotnych,
- popioły z produkcji energii,
- osad nadmierny z biologicznego oczyszczania ścieków.

Największa frakcja odpadów zawiera różne rodzaje osadów głównie, zawierające włókna, osady z osadników wstępnych i osad nadmierny z oczyszczalni biologicznej. Osady te są stosunkowo lepiej odwadnialne w porównaniu z innymi osadami z oczyszczania ścieków.

5.3.3. Wytwarzanie papieru z włókien pierwotnych

Odpady stałe powstające w procesach produkcji papieru to w głównej mierze: odrzuty z instalacji przygotowania masy papierniczej oraz osady z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków.

Odrzuty z instalacji przygotowania masy papierniczej powstają w procesie czyszczenia masy przed wlewem maszyny papierniczej. Odrzuty zawierają różnorodne zanieczyszczenia jak: drzazgi, piasek oraz pewne ilości włókien. Zawartość suchej substancji w odrzucie waha się w granicach 1 – 25%. Odrzuty te są zwykle kierowane do oczyszczalni ścieków, mogą być też kierowane bezpośrednio do odwadniania osadów ściekowych z osadników wstępnych. W związku z tym często w danych o ilości odpadów, odrzuty z przygotowania masy papierniczej nie są podawane oddzielnie lecz łącznie z osadami ściekowymi.

Osady z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków stanowią w wielu papierniach jedną z głównych grup potencjalnych odpadów stałych. Można wyróżnić następujące rodzaje tych osadów:

- Osady z wstępnego, chemicznego uzdatniania wód powierzchniowych za pomocą chemicznego strącania / flokulacji w celu przygotowania wody technologicznej. Osady te powstają w papierniach stosujących wodę powierzchniową wymagającą takiego specjalnego uzdatniania. W tych przypadkach ilości osadów mogą być znaczne;
- Osady ze wstępnego klarowania ścieków. Są one wytwarzane w większości papierni. Zawierają głównie włókna i frakcję drobną oraz w papierniach stosujących środki wypełniające – materiał nieorganiczny;
- Nadmierny osad z oczyszczania biologicznego ścieków. Osad ten charakteryzuje się wysokim udziałem substancji organicznych. Oczyszczanie beztlenowe (anaerobowe) powoduje wytwarzanie znacznie mniejszych ilości osadu niż oczyszczanie tlenowe (około 1/7);
- Osady z chemicznej flokulacji powstają w papierniach stosujących proces chemicznego oczyszczania ścieków. Proces ten jest źródłem powstawania znaczących ilości osadów, składających się z materiału organicznego i nieorganicznego. Ilości i skład tych osadów są zmienne zależnie od procesu produkcyjnego oraz dawki i rodzaju zastosowanych flokulantów.

Popioły, pyły i żużle tworzą grupę odpadów w papierniach posiadających własne instalacje energetyczne. Ilość tych odpadów zależy od stosowanego paliwa i wyposażenia technicznego instalacji, zwłaszcza od zastosowanych urządzeń ograniczenia emisji do atmosfery.

Ogólnie biorąc, ilości odpadów stałych wytwarzanych w papierniach zależą od rodzaju produkowanego papieru, użytych surowców i zastosowanej techniki. Ilości te kształtują się na poziomie 10-40 kg odpadów/tonę papieru. Przy produkcji papierów specjalnych ilości te mogą być wielokrotnie wyższe, nawet do ok. 170 kg/t papieru.

5.3.4. Wytwarzanie papieru z włókien wtórnych

Powstawanie znacznych, w stosunku do wielkości produkcji, ilości odpadów stałych jest głównym problemem ochrony środowiska związanym z wytwarzaniem papierów z makulatury. Większość zanieczyszczeń z przetwarzanej makulatury trafia do odpadów.

Głównymi materiałami odpadowymi są odrzuty, różne rodzaje osadów i popioły w przypadku spalania na miejscu pozostałości po odwadnianiu. Głównymi źródłami odpadów stałych w papierni przetwarzającej makulaturę są: przygotowanie masy papierniczej, klarowanie wód obiegowych i oczyszczanie ścieków. W zależności od stosowanych surowców, w tym głównie jakości makulatury, schematu produkcji i stosowanego procesu oczyszczania ścieków wytwarzane są odpowiednio różne rodzaje odpadów. Odpady te muszą być poddawane przetwarzaniu na drodze zagęszczania i odwadniania w celu uzyskania możliwie wysokiej zawartości suchej substancji.

Osiągalne zawartości suchej substancji dla odrzutów i osadów zależą głównie od zawartości włókien (odrzuty), zawartości popiołu (osady) oraz zastosowanych urządzeń odwadniających (prasy: hydrauliczne, pneumatyczne, sitowe, śrubowe) i wynoszą od 55 do 70 %.

Przeciętne ilości stałych odpadów technologicznych powstających przy produkcji najważniejszych gatunków papierów makulaturowych kształtują się na poziomie 4–40% w stosunku do masy zużytej makulatury. Ilości tych odpadów zależą w głównej mierze od gatunku produkowanego papieru oraz od stosowanych rodzajów makulatury. I tak, najniższe ilości odpadów (najniższe straty surowca – rzędu 4-9%) powstają przy wytwarzaniu papieru na warstwy składowe tektury falistej z mocnej makulatury mieszanej, natomiast najwyższe (28-40%) – przy wytwarzaniu bibułki higienicznej oraz odbarwianej masy towarowej z makulatury biurowej.

5.3.5. Inne frakcje odpadów

Oprócz odpadów technologicznych, w zakładach papierniczych są generowane, w niewielkich ilościach, inne rodzaje odpadów, w tym odpady niebezpieczne. Należą do nich następujące materiały odpadowe:

- skrawki żelaza i innych metali,
- tworzywa sztuczne,
- chemikalia wraz z pozostałościami mieszanek powlekających,
- odpadowe oleje i emulsje,
- zużyte sorbenty i czyściwa,
- szkło i odpady ceramiczne,
- baterie i akumulatory,
- opakowania (np. pojemniki po chemikaliach, palety, itp.),
- odpady budowlane z drewna, betonu, cegieł, itp.,
- odpady z laboratoriów,
- odpady gospodarcze,
- odpady papierowe, które nie mogą być poddane utylizacji w papierni,
- kable, i filce.

5.3.6. Ilości odpadów stałych wytwarzanych w krajowych zakładach celulozowo-papierniczych

Zgodnie z aktualnie obowiązującą w Polsce klasyfikacją odpadów (rozporządzenie w sprawie katalogu odpadów) w przedsiębiorstwach branży celulozowo-papierniczej, w zależności od

ich wielkości i stopnia skomplikowania produkcji występuje od ok. 20 do ok. 60 rodzajów odpadów stałych. Z punktu widzenia zrównoważonej gospodarki odpadami w powiązaniu z ochroną środowiska racjonalny wydaje się podział wszystkich wytwarzanych odpadów na następujące kategorie:

- odpady przetwarzane na miejscu w zakładzie,
- odpady przetwarzane przez recyklerów zewnętrznych,
- odpady niebezpieczne (również przetwarzane lub utylizowane przez recyklerów zewnętrznych),
- odpady deponowane na składowiskach.

Poniżej w tabeli 5-7 zestawiono wskaźniki odnoszące się do wytworzonych odpadów w wymienionych wyżej grupach.

Tabela 5-7. Ilości wytwarzanych odpadów przypadające na jednostkę produktu

Rodzaj odpadu	Bibułka tissue	Papiery z włókien pierwotnych	Papiery z makulatury
	kg/ADt		
Odpady przetwarzane w papierni	0 ÷ 22,5	0,39 ÷ 70,0	-
Odpady przetwarzane przez recyklerów zewnętrznych	6,5 ÷ 28,2	37,0 ÷ 70,0	9,87 ÷ 250
Odpady niebezpieczne	0,008 ÷ 0,211	0,14 ÷ 0,33	0,02 ÷ 0,39
Odpady deponowane na składowiskach	0,54 ÷ 5,27	9,5 ÷ 114,8	0,16 ÷ 180

5.4. Emisje hałasu

Przemysłowe źródła hałasu mogą być, ogólnie biorąc, podzielone na wewnętrzne i zewnętrzne. Źródła wewnętrzne, czyli położone wewnątrz budynków, oddziałują przede wszystkim na środowisko pracy (poziom ciśnienia akustycznego w halach produkcyjnych), natomiast zewnętrzne mogą pogarszać klimat akustyczny w otoczeniu zakładu. W przemyśle celulozowo-papierniczym występują oba te rodzaje źródeł hałasu.

W wytwórni pierwotnych mas włóknistych do głównych źródeł hałasu należy zaliczyć:

- urządzenia do korowania drewna,
- instalację rozdrabniania drewna na zrębki (rębalnia),
- wentylatory, silniki,
- kominy, upusty pary.

W papierni największe zewnętrzne źródła hałasu to:

- wentylacja technologiczna,
- wentylacja hali maszyny,
- wyciągi pomp próżniowych,
- wyciągi i upusty pary,

- wszelkie inne otwory w drzwiach i ścianach, zwłaszcza w starych papierniach, gdzie izolacja dźwiękowa nie jest właściwie wykonana.

Ponadto w każdym zakładzie źródłem hałasu jest transport samochodowy wewnątrz zakładowy i zewnętrzny.

Poważnym wewnętrznym źródłem hałasu jest sama maszyna papiernicza a także powlekarki, przewijarko-krajarki oraz system wentylacji tych maszyn. Źródłami hałasu są tu: walce ssące, rozczyniacze, układy napędu i układy hydrauliczne, przekładnie, silniki, wentylatory, pompy, natryski, suszarki powietrzne, przenośniki, konstrukcja szkieletu maszyny i inne. Poziom hałasu emitowanego przez te urządzenia może nawet przekraczać wartość 100 dB(A). Hałas ten przenika również do środowiska poprzez ściany budynku papierni oraz poprzez wszystkie otwory.

W krajowych zakładach papierniczych, w chwili obecnej, występuje brak danych określających poziomy hałasu emitowanego przez poszczególne źródła.

Badania poziomów hałasu w środowisku powodowane przez całe instalacje do produkcji papierów zestawiono w tabeli 5-8.

Tabela 5-8. Poziomy hałasu na obrzeżach terenów, na których zlokalizowano instalacje

Pora doby	Tło akustyczne, L_A [dB]			Praca instalacji, L_A [dB]		
	wartości średnie	wartości min.	wartości max.	wartości średnie	wartości min.	wartości max.
Dzień	41,5÷48,6	40,3÷46,4	43,0÷50,2	46,7÷53,7	38,8÷48,8	51,1÷62,5
Noc	38,9÷43,7	34,5÷42,6	42,6÷44,8	46,1÷54,4	42,2÷49,2	51,0÷59,8

min. – minimalne
max. – maksymalne;

5.5. Emisja pól elektromagnetycznych

Zagadnienia emisji do otoczenia pól elektromagnetycznych występujących w trakcie użytkowania urządzeń elektroenergetycznych tj. stacji transformatorowych, generatorów lub stacji nadawczych są w branży papierniczej zagadnieniami nowym. Branża papiernicza dotychczas nie prowadziła badań emisji tego rodzaju zanieczyszczeń.

Problem emisji pól elektromagnetycznych odnosi się do niewielkiej liczby instalacji i dotyczy jedynie nielicznych zakładów branży papierniczej, w których produkcję nośników energii, zużywanej do wytwarzania papieru, skojarzono z produkują energii elektrycznej, lub które posiadają własne stacje transformatorowe 110kV.

Jednostkowe badanie emisji pól elektromagnetycznych, dla jednej z papierni, nie wykazały przekroczeń wartości dopuszczalnych określonych w prawie polskim. Oznaczone wartości składowej elektrycznej i magnetycznej wynosiły odpowiednio $0 \div 5{,}5$ kV/m oraz 0 A/m. Pomiary wykonywane były na obrzeżu terenu stacji transformatorowej 110/6 kV.
Z uwagi na jednostkowy charakter badań, wyników tych nie należy traktować jako miarodajne dla całej branży papierniczej.

6. SPOSOBY ZAPOBIEGANIA I/LUB OGRANICZANIA ODDZIAŁYWANIA INSTALACJI NA ŚRODOWISKO

Najogólniej można powiedzieć, że sposoby te sprowadzają się do stosowania w praktyce produkcyjnej następujących kategorii środków:

- środki ogólne zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń,
- najlepsze dostępne techniki (BAT) – środki wewnętrzne,
- oczyszczanie ścieków i emisji gazowych – środki zewnętrzne,
- zoptymalizowana gospodarka odpadami stałymi,
- minimalizacja zużycia energii.

Techniczno-technologiczne sposoby zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń emitowanych do środowiska w związku z funkcjonowaniem instalacji do produkcji mas włóknistych i papieru zostały zebrane i szczegółowo opisane w dokumencie referencyjnym BAT dla najlepszych dostępnych technik w przemyśle celulozowo-papierniczym (BREF), Sewilla, grudzień 2001. Poniżej przedstawiono skrócony wyciąg z tego dokumentu prezentujący charakterystykę wymogów w zakresie technologii produkcji i metod zabezpieczenia środowiska, związanych z różnymi rodzajami mas włóknistych i papieru w wytwórniach niezintegrowanych i zintegrowanych.

6.1. Techniki ogólne związane z organizacją działalności i zarządzaniem

1. Szkolenie, kształcenie i motywowanie personelu i obsługi. Wytwórnie papieru są prowadzone przez ludzi. Zatem szkolenie załogi może być bardzo efektywnym ekonomicznie sposobem zmniejszenia zrzutów szkodliwych substancji.
2. Optymalizacja kontroli i sterowania procesem.
3. Zapewnienie odpowiedniej obsługi i konserwacji w celu utrzymania wysokiego poziomu sprawności urządzeń produkcyjnych i towarzyszących urządzeń do ograniczania emisji.
4. System zarządzania ochroną środowiska, wyraźnie definiujący odpowiedzialność za sprawy istotne dla ochrony środowiska w fabryce. Podnosi on świadomość i włącza cele i środki, instrukcje technologiczne i ruchowe, wykazy czynności kontrolnych i inną istotną dokumentację.

6.2. Przegląd dostępnych technik związanych z produkcją mas włóknistych i papieru

W poniższych tabelach 6-1, 6-2 i 6-3 przedstawiono wszystkie istotne, obecnie dostępne na skalę przemysłową, techniki, które mają na celu zapobieganie lub redukcję emisji/odpadów oraz obniżenie zużycia energii i surowców zarówno dla nowych, jak i istniejących instalacji produkcji mas włóknistych i papieru. Przedstawione techniki są uważane za najlepsze dostępne w okresie bieżącym. Zakłada się, że wykaz technik BAT będzie ulegał rozszerzaniu i uaktualnianiu w miarę postępu technicznego i rozwoju nowych technik. Techniki te obejmują środki wewnątrz-procesowe, jak również technologie zewnętrznego oczyszczania emisji procesowych („oczyszczania na wyjściu"). Celulozownie i papiernie charakteryzują się

stosunkowo wysokim stopniem integracji procesów, dzięki czemu występują w nich znaczne potencjalne możliwości stosowania wewnątrz-procesowych środków ochrony środowiska. Jednakże, ze względu na specyfikę tego przemysłu, pewne techniki zewnętrznego oczyszczania powstałych emisji są również uważane za techniki BAT, gdyż istnieją obszary wspólne pomiędzy rozwiązaniami wewnątrz-procesowymi i środkami zewnętrznymi ograniczenia zanieczyszczenia.

W tabeli 6-1 przedstawiono przegląd technik BAT obniżania emisji z procesu roztwarzania siarczanowego. Odpowiednio przegląd technik, które należy uwzględnić przy określaniu BAT dla niezintegrowanej wytwórni papieru znajduje się w tabeli 6-2, a dla papierni przerabiającej makulaturę – w tabeli 6-3.

W kolumnach, za pomocą strzałek skierowanych w górę „↑" i w dół „↓", dokonano jakościowej oceny oddziaływań poszczególnych technik na procesy i środowisko (zużycie surowców i energii, emisje do wody, powietrza i gleby). Strzałki skierowane w dół „↓" wskazują oszczędności surowców lub energii oraz obniżenie emisji do różnych mediów - wody, powietrza i gleby. Strzałki skierowane w górę „↑" wskazują wzrost emisji, zużycia i oddziaływań na proces produkcyjny. Strzałka w nawiasach „(↑)" oznacza tylko niewielki - często nieistotny - wzrost zużycia energii i surowców lub emisji do środowiska będący wynikiem wdrożenia określonego rozwiązania. Zawarte w tabeli informacje mogą być wskazówką, do którego medium środowiskowego (woda, powietrze, odpady i energia) jest adresowane dane rozwiązanie. Niektóre środki zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń, dotyczą więcej niż jednego medium środowiskowego (woda, powietrze lub gleba). Niektóre techniki mogą mieć pozytywny i/lub negatywny wpływ na inne media środowiskowe, lub na zużycie surowców i energii. Takie zbiorcze zestawienie technik oraz ocena ich możliwych oddziaływań na procesy i środowisko umożliwia zintegrowane rozważenie ich wpływu na środowisko jako całość.

Tabela 6-1. Przegląd dostępnych technik, które należy uwzględnić przy określaniu BAT dla wytwórni masy celulozowej siarczanowej

Techniki uwzględniane przy ustalaniu BAT	**Wpływ na poziomy zużycia i emisji (oddziaływanie na procesy i środowisko)**					**Wpływ na proces produkcji**
	Zużycie chemikaliów	Zużycie energii	Emisje do wody	Emisje do powietrza	Odpady stałe	Np. bilans energii, wydaj-ność, osiągnięcia zakładu
C1 Suche korowanie	b.w.	↑ podczas korowania	↓ ChZT ↓Zawiesiny ↓przepływ	b.w.	b.w.	↑ wytwarzanie energii w kotłach korowych
C2 Pogłębione modyfikowane roztwarzanie do niskiej l. kappa Ciągłe (c) lub okresowe (b)	↑ podczas roztw. ↑zapotrzebowanie na wapno ↓ w bieleniu	(↑) roztwarzanie © ↓ roztwarzanie (b) (↑) odparowanie (↑) piec wapienny	↓ ChZT ↓ AOX	↑ przykry zapach	b.w.	↑wytwarzanie energii (↑/↓) końcowa wydajność masy
C3 Zamknięta sortownia	b.w.	b.w.	↓	b.w.	b.w.	b.w.
C4 Delignifikacja tlenowa	↑ w stopniu O_2 ↓ w bieleniu	↑ w stopniu O_2 ↑ utlenianie ługu białego ↑ kaustyzacja & piec wapienny	↓	b.w.	(↑) odrzuty	(↑) wytwarzanie energii
C5 Bielenie ozonem	↑ w stopniu O_3 ↓ w bieleniu	↑ stopień O_3 ↑ wytwarzanie O_3 ↓ w bieleniu	↓	b.w.	b.w.	b.w.
C6 Technika bielenia ECF (wobec TCF) [1] (przy niskiej wejściowej kappa)	(↑/↓)	(↑/↓)	↑ AOX ↑ ClO_3^-	↑Cl_2	b.w.	b.w.
C7 Technika bielenia TCF (wobec ECF) [1] (przy niskiej wejściowej kappa)	(↑/↓)	(↑/↓)	(↓ ChZT) ↓ AOX ↑ N środek chelatujący	b.w.	b.w.	b.w.
C8 Częściowo zamknięta instalacja bielenia + intensyfikacja zagęszczania ługu	↑ bielenie	↑ odparowanie	↓	(↑)	(↑ odrzuty)	(↓ zużycie wody)
C9 Gromadzenie prawie wszystkich przelewów	b.w.	(↑ odparowanie)	↓	b.w.	b.w.	b.w.
C10 Skuteczne mycie i kontrola procesu	↓ bielenie ↓ roztwarzanie	↑ mycie (elektryczność)	↓	b.w.	b.w.	
C11 Odpędzanie i ponowne użycie kondensatów	↓ na bielenie	↑ para wodna	↓ ChZT, N	↓ zapach	b.w.	b.w.
C12 Zbiorniki buforowe dla stężonych ługów	b.w.	b.w.	↓	b.w.	b.w.	b.w.
C13 Biologiczne oczyszczanie ścieków	↑	↑	↓	(↑ przykry zapach)	↑	Spalanie osadu ?
C14 Oczyszczanie trzeciorzędowe (strącanie)	↑	↑	↓	b.w.	↑	Spalanie osadu ?
C15 Zwiększanie s.s. ługu czarnego	b.w.	↑ odparowanie	b.w.	↓ SO_2 (↑ NO_x)	b.w.	↑potrzebna wydajność wyparki, ↑ generacja energii w kotle, ↑wydajność produkcji
C16 Instalacja skruberów na kotle sodowym	b.w.	(↑)	b.w.	↓	b.w.	(↑/↓) bilans energii
C17 Spalanie gazów złowonnych w kotle sodowym	↓ chemikalia S ↑ nadmiar S	↑ system sterowania	b.w.	↓ TRS	b.w.	↑ generacja energii (spalanie z odzysk. energii)
C18 Spalanie gazów złowonnych w piecu wapiennym	↓ chemikalia S ↑ nadmiar S	↑ system sterowania	b.w.	↓ TRS	b.w.	(↑ generacja energii)
C19 Spalanie gazów złowonnych w oddzielnym piecu + skruber	↓ chemikalia S ↑ nadmiar S	↑ system sterowania	b.w.	↓ TRS (↑ NO_x)	b.w.	↑ generacja energii (spalanie z odzysk. energii)
C20 Kotły pomoc. z niskim NO_x Palniki w piecu wap. z niskim NO_x	b.w.	b.w.	b.w.	↓ NO_x	b.w.	b.w.
C21 Proces SNCR w kotłach korowych	↑ mocznik/NH_3	↑ system sterowania	b.w.	↓ NO_x (↑ NH_3)	b.w.	b.w.
C22 Kocioł sodowy z niską emisją NO_x dzięki zast. techniki OFA [2]	b.w.	b.w.	b.w.	↓NO_x	b.w.	b.w.
C23 Usprawnione mycie szlamu	b.w.	b.w.	b.w.	↓ TRS	b.w.	b.w.
C24 Elektrofiltry na kotle korowym i piecu wapiennym	b.w.	↑ elektryczność	b.w.	↓ pył	b.w.	b.w.

Uwagi:
↑ = wzrost; = spadek; b.w. = brak wpływu (lub nieistotny); (↑/) = może mieć lub nie mieć wpływu/niewielki wpływ zależnie od warunków;
[1] zakłada się, że występuje skuteczne oczyszczanie ścieków

Tabela 6-2. Przegląd dostępnych technik, które należy wziąć pod uwagę przy określaniu BAT dla papierni

Techniki, które należy wziąć pod uwagę w określaniu BAT	**Wpływ na poziomy zużycia i emisji (oddziaływanie na procesy i środowisko)**					
	Zużycie chemikaliów	Zużycie energii (E) i wody (W)	Emisja do wody	Emisja do powietrza	Odpad stały	Możliwość zastosowania
P1 Gospodarka wodna i minimalizowanie zużycia wody w produkcji różnych rodzajów papieru	(O)	(↓) E, (↓) W	↓	O	O	Wszystkie rodzaje
P2 Ograniczanie potencjalnych niedogodności zamykania obiegów wodnych	↑	O	(↓)	O	O	Wszystkie rodzaje
P3 Oczyszczanie wody podsitowej (w obiegu) z użyciem filtracji membranowej	O	(↑) E, (↓) W	(↓)	O	O	Wszystkie rodzaje
P4 Obniżanie strat włókien i wypełniacza	↑	↓	↓	O	(↓)	Wszystkie rodzaje
P5 Odzyskiwanie i zawracanie ścieków zawierających mieszanki powlekające	(↓)	O	↓	O	↓	Wszystkie rodzaje produktów powlekanych
P6 Oddzielne wstępne oczyszczanie ścieków z powlekania	(↑)	O	↓	O	(↑)	Wszystkie rodzaje produktów powlekanych
P7 Rozwiązania ograniczające częstość oraz skutki emisji przypadkowych	O	O	(↓)	O	O	Wszystkie rodzaje
P8 Pomiary i automatyzacja	(↓)	↓	↓	O	O	Wszystkie rodzaje
P9 Zbiornik wyrównawczy i wstępne oczyszczanie ścieków	O	O	↓	O	O	Wszystkie rodzaje
P10 Oczyszczalnia biologiczna aerobowa	(↑)	↑ E	↓	O	↑	Większość rodzajów
P11 Wytrącanie chemiczne	↑	(↑) E	↓	O	↑	Wszystkie rodzaje
P12 Zastąpienie substancji potencjalnie szkodliwych	O	O	↓	O	$(\downarrow)_{\text{szkodliwości}}$	Wszystkie rodzaje
P13 Wstępna obróbka osadu	(↑)	(↑) E	O	O	$\downarrow_{\text{objętości}}$	Wszystkie rodzaje
P14 Opcje zagospodarowania odpadów	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	Wszystkie rodzaje
P15 Instalacja technologii ograniczającej emisje NO_x w kotłach pomocniczych	O	O	O	↓	O	Wszystkie rodzaje
P16 Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej	O	↓ E	O	↓	O	Wszystkie rodzaje
P17 Optymalizacja odwadniania w części prasowej maszyny papierniczej	O	↓ E	O	O	O	Wszystkie rodzaje
P18 Oszczędności energii poprzez energooszczędne technologie	O	↓ E	O	O	O	Wszystkie rodzaje
P19 Środki zaradcze dla ograniczenia hałasu na zewnątrz	O	O	O	↓	O	Wszystkie rodzaje
Przypisy: Podano pozytywne oraz negatywne skutki uboczne. ↑ = wzrost; ↓ = spadek; O = bez efektu (lub nieistotny); (↑) lub (↓) = niewielki wpływ, zależnie od warunków						

Tabela 6-3. Przegląd dostępnych technik, które należy uwzględnić przy określaniu BAT dla papierni przerabiających makulaturę

Techniki, które należy uwzględnić przy określaniu BAT	**Wpływ na poziomy zużycia i emisji (oddziaływanie na procesy i środowisko)**					
	Zużycie chemikaliów	Zużycie energii (E) i wody (W)	Emisje do wody	Emisje do powietrza	Odpady stałe	Zastoso-wanie
PW1 Oddzielanie mniej zanieczyszczonych wód od zanieczyszczonych i zawracanie	(↓)	↓	(↓)	0	0	Wszystkie rodzaje
PW2 Optymalna gospodarka wodna (układ obiegu wody) i oczyszczanie wody	(↓)	↓	↓	0	(↓)	Wszystkie rodzaje
PW3 Zmniejszenie zużycia wody świeżej w wyniku dokładnego rozdziału obiegów	0	↓	(↓)	0	0	Wszystkie rodzaje
PW4 Zamknięty obieg wody z oczyszczaniem biologicznym in-line	0	(↓)	↓	0	(↓)	"papiery brązowe"
PW5 Techniki beztlenowe w pierwszym stopniu biologicznego oczyszczania ścieków	0	↓ E	↓	(↓)	↓	"papiery brązowe"
PW6 Tlenowe biologiczne oczyszczanie ścieków	(↑)	↑ E	↓	0	↑	Wszystkie rodzaje
PW7 Modernizacja instalacji do przygotowania masy w celu zmniejszenia zużycia energii i emisji	O	(↓↑) w zależności od wybranej koncepcji	O	0	(↓↑)	"papiery brązowe"
PW8 Wytwarzanie wody sklarowanej dla instalacji do odbarwiania	(↑)	(↑)	(↓)	0	(↑)	Papiery z masy od-barwionej
PW9 Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej	0	↓	0	0	0	Wszystkie Rodzaje
PW10 Przerób na miejscu odrzutów i osadów (odwadnianie)	↑	(↑)	0	0	0	Wszystkie Rodzaje
PW11 Ekologicznie bezpieczne wykorzystanie i składowanie odpadów	0	↓	(↓)	(↑)	↓	Wszystkie Rodzaje
Przykład 1 Energetyczne wyko-rzystanie odrzutów z papierni RCF bez odbarwiania w instalacji do spalania odrzutów	↑	(↓)	0	(↑)	↓	głównie "papiery brązowe"
Przykład 2 Współspalanie odrzutów z papierni RCF bez odbarwiania w kotłach energetycznych węglowych	0	↓	0	(↑)	↓	głównie "papiery brązowe"
Przykład 3 Spalanie odpadów (odrzuty i osady) z instalacji DIP połączone z wytwarzaniem pary i energii elektrycznej						Głównie "papiery białe"
Uwagi: ↑ = wzrost; ↓ = spadek; O = brak efektu (lub pomijalnie mały); (↑) lub (↓) = mały wpływ w zależności od warunków						

6.3. Zintegrowana wytwórnia masy celulozowej siarczanowej i papieru

Produkcja masy celulozowej siarczanowej nie jest pojedynczym procesem lecz serią procesów jednostkowych, często połączonych lub współzależnych. Dlatego zawsze występuje odpowiednia kombinacja technik, które tworzą BAT dla wytwórni masy celulozowej siarczanowej i papieru. Kolejność pierwszeństwa i wybór technik lub kombinacji tych technik zależą od warunków lokalnych.

Kryterium, odgrywającym rolę 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, co czyni je niezdatnymi w przypadku wyższego stopnia zamknięcia obiegu wodnego. Zwiększenie stopnia zamknięcia układu wodnego zwykle wiąże się z większą złożonością systemu, który wymaga monitorowania, sterowania i rozumienia. Mniejsze fabryki czasami mogą nie mieć dostępu do wiedzy, koniecznej do skutecznego prowadzenia i kontroli bardziej złożonych rozwiązań procesowych.

6.3.1. Techniki ograniczania emisji do wód

1. Proces korowania drewna tzw. „na sucho” lub „na mokro”, po zamknięciu obiegu wodnego w obrębie korowalni
2. Zmodyfikowane roztwarzanie w systemie okresowym i ciągłym
3. Wysoce skuteczne mycie masy niebielonej i sortowanie w obiegu zamkniętym
4. Delignifikacja tlenowa
5. Końcowe bielenie metodą ECF lub TCF i zawracanie niektórych wód procesowych, głównie alkalicznych, w instalacji bielenia
6. Oczyszczanie i ponowne użycie kondensatów
7. Skuteczna kontrola przelewów, zatrzymanie i system odzysku
8. Odpowiednia wydajność wyparki ługu czarnego i kotła regeneracyjnego wystarczająca do przerobu dodatkowych ilości ługu i suchej substancji, w związku z gromadzeniem i zawracaniem przelewów, odcieków z instalacji bielenia itd.
9. Zbieranie i ponowne użycie czystych wód chłodzących
10. Zapewnienie wystarczająco dużych zbiorników buforowych do gromadzenia przelewów ługów warzelnych i poddawanych regeneracji (czarnych) oraz brudnych kondensatów w celu zapobiegania nagłym wzrostom obciążenia oraz przypadkowym zaburzeniom w funkcjonowaniu oczyszczalni ścieków
11. Skuteczny rozdział systemów wodnych celulozowni i papierni
12. Recyrkulacja wód do rozcieńczania masy celulozowej pomiędzy celulozownią i papiernią. Recyrkulacja wód procesowych z maszyny papierniczej do celulozowni nie jest zalecana gdy celulozownia sprzedaje część produkowanej masy lub gdy fabryka posiada dwie lub więcej maszyn papierniczych, wytwarzających różne gatunki papieru, z których wody obiegowe nie powinny się mieszać lub gdy wytwarza się papiery barwne.

13. Ograniczenie do minimum zużycia wody w papierni przez zwiększenie zawracania wód produkcyjnych oraz odpowiednią gospodarkę wodną.
Podstawą dobrej gospodarki wodnej są dokładne dane dotyczące ilości zużywanej wody i jej jakości dla różnych zastosowań. W papierniach, które wdrożyły najlepsze dostępne techniki BAT woda świeża jest wprowadzana do procesu głównie jako woda do natrysków i do przygotowania chemikaliów. Zastosowanie bardziej skutecznej techniki odzyskiwania włókien i wypełniaczy umożliwiło wykorzystanie sklarowanej wody do mniej krytycznych natrysków maszyny papierniczej i w ten sposób uzyskano zamknięty obieg wody. Jednak rozpuszczone nieorganiczne, organiczne oraz koloidalne materiały (DisCo) ograniczają stosowanie tej wody w części sitowej maszyny. Ilość potrzebnej wody świeżej jest określona w pewnej mierze przez stężenie zanieczyszczeń w wodzie produkcyjnej.

    Stopień zawracania klarownego filtratu może być zwiększony dzięki zastosowaniu techniki ultrafiltracji (UF) do wewnętrznego oczyszczania wody obiegowej. Ponieważ technika ta jest nadal w fazie rozwoju i jest stosowana na skale przemysłową tylko w kilku papierniach w Europie nie jest jeszcze uznana za najlepszą dostępną technikę BAT, chociaż doświadczenia w przemyśle są obiecujące. Jednak z powodu jedynie częściowego usuwania rozpuszczonych materiałów przy zastosowaniu metody ultrafiltracji dalszy wzrost zawracania wody (np. dla natrysków w części prasowej) nie jest jeszcze możliwy. Gromadzenie się rozpuszczonych materiałów może wpływać niekorzystnie na płynność eksploatacyjną, jakość papieru oraz wydajność chemikaliów. Zamknięty obieg wodny w maszynie papierniczej wymaga sprawniejszych technik oddzielania takich jak: nano-filtracja, odwrócona osmoza lub innych uzupełniających technik. Z powodu wysokich kosztów, negatywnego oddziaływania na procesy i środowisko (głównie energia) i braku doświadczenia w przemyśle techniki te nie są uznane za dostępne.

14. Ograniczenie potencjalnych zagrożeń zamknięcia obiegu wodnego

    Zamknięcie obiegu wodnego maszyny papierniczej wymaga świadomości, wiedzy i odpowiedniego mechanizmu kontroli układu wodnego w celu utrzymania powierzchni w czystości i ograniczenia potrzeby częstego przemywania układu. Wymagania te obejmują: kontrolę mikroorganizmów, właściwe zaprojektowanie rurociągów i układu magazynowania oraz selekcję materiału. Należy monitorować faktyczną wydajność procesu oddzielania zanieczyszczeń z wód obiegowych, jakość wody do natrysków oraz innych wód produkcyjnych.

    Zebranie danych o przepływie strumieni wodnych i ścieków oraz zawartości substancji chemicznych w układach wodnych umożliwia zbadanie i kontrolę wody w całym zakładzie oraz określenie najlepszych warunków pracy podczas zmian jakości wyrobu, rozruchu czy wyłączenia maszyny. Na przykład należy unikać pracy przy wysokim pH lub gradiencie temperatury, ponieważ może to powodować tworzenie się osadu lub kamienia kotłowego. Automatyzacja ma także korzystny wpływ na proces. Pomiary i dokładna kontrola procesu w trybie on-line to podstawa efektywnego i stabilnego procesu wytwarzania papieru.

15. Zaprojektowanie zrównoważonego układu wody obiegowej, klarownego filtratu i magazynowania braku oraz stosowanie konstrukcji i urządzeń o zmniejszonym zużyciu wody tam gdzie jest to możliwe. Jest to normalna praktyka stosowana podczas wymiany lub przebudowy urządzeń lub komponentów.

16. Zastosowanie rozwiązań ograniczających częstotliwość i skutki przypadkowego zrzutu chemikaliów do oczyszczalni ścieków.
    Obejmują szkolenie personelu na przypadek przypadkowego zrzutu chemikaliów do oczyszczalni ścieków oraz zapewnienie odpowiednich środków ostrożności w celu zapobieżenia takim wypadkom.
17. Gromadzenie i ponowne wykorzystanie czystej wody chłodzącej i uszczelniającej lub jej oddzielne odprowadzenie.
    Można zwiększyć zawracanie do obiegu wody chłodzącej i uszczelniającej przez stosowanie wymienników ciepła lub wieży chłodzącej. Jednak niezbędne jest badanie zawartości mikroorganizmów oraz kontrola jakości wody a także metody kontroli zapewniające niezakłóconą eksploatację układu.
18. Zastępowanie potencjalnie szkodliwych substancji substancjami o mniejszej szkodliwości.
    Chodzi głównie o ograniczenie niekorzystnego wpływu na środowisko poprzez stosowanie nietoksycznych i podatnych na rozkład biologiczny środków pomocniczych i chemikaliów.
19. Wstępne (mechaniczne) oczyszczanie ścieków. Oczyszczanie ścieków papierniczych za pomocą instalacji zbiornika wyrównawczego i procesu sedymentacji.
    Metody te są stosowane w prawie wszystkich papierniach i są raczej uznane za dobrą praktykę. Jest to warunek wstępny dobrze i stabilnie pracującej biologicznej oczyszczalni ścieków. Nie są jednak uznawane za najlepsze dostępne techniki BAT w przypadku niezależnego ich stosowania (jako jedyne metody oczyszczania ścieków).

Skuteczność każdego z wymienionych wyżej środków zmienia się znacząco, w zależności od sposobu zaprojektowania i praktyk eksploatacyjnych, stosowanych w różnych fabrykach. Aby dane rozwiązanie mogło być określone mianem BAT, musi zostać dobrze zaprojektowane i dobrze eksploatowane. Połączenie technik z pozycji od 1 do 19 razem ze środkami ogólnymi daje poziom emisji zanieczyszczeń w ściekach przed oczyszczaniem biologicznym.

W zależności od zastosowanego gatunku drewna, wdrożonych specyficznych technik zintegrowanych z procesem (środków wewnętrznych) oraz charakterystyki technicznej wytwórni, **przed** oczyszczaniem biologicznym można uzyskać poziomy emisji do wód, przedstawione w tabeli 6-4.

Uważa się, że możliwe do osiągnięcia poziomy emisji, związane z wdrożeniem odpowiednich kombinacji najlepszych dostępnych technik, mieszczą się w tym samym zakresie dla wytwórni niezintegrowanych i zintegrowanych, o ile bierze się pod uwagę tylko emisje z celulozowni.

Tabela 6-4. Poziomy emisji związane z zastosowaniem właściwych kombinacji najlepszych dostępnych technik, osiągane po oczyszczaniu wstępnym
Podano wartości dla celulozowni produkujących masę bieloną i niebieloną

Parametry	Jednostki	Wytwórnia bielonej masy siarczanowej [1)]	Zintegrowana wytwórnia masy siarczanowej niebielonej [3)] i papieru
ChZT	kg/ADt	30 [2)] ÷ 45	15 ÷ 20
BZT	kg/ADt	13 [2)] ÷ 19	6 ÷ 9
Zawiesina ogólna	kg/ADt	2 ÷ 4	2 ÷ 4
AOX	kg/ADt	(-)÷ 0,4	*
Fosfor ogólny	kg/ADt	0,04 ÷ 0,06 [4)]	0,01 ÷ 0,02
Azot ogólny	kg/ADt	0,3 ÷ 0,4	0,1 ÷ 0,2
Ilość ścieków technologicznych	m^3/ADt	30 ÷ 50	15 ÷ 25

Uwagi:
* Ten parametr nie jest istotny w tym przypadku. Mogą występować niskie emisje AOX w związku z rozczynianiem nabytej masy bielonej
[1)] Poziomy emisji dla niezintegrowanych i zintegrowanych wytwórni masy celulozowej siarczanowej na tonę masy
[2)] Niższe wartości są możliwe do osiągnięcia gdy roztwarzane jest tylko drewno liściaste
[3)] Wszystkie wytwórnie masy siarczanowej niebielonej są zintegrowane z produkcją papieru. Produkują papier pokryciowy (typu kraftliner), różne rodzaje szarej (niebielonej) tektury i worków papierowych oraz inne papiery siarczanowe. Wiele z nich wykorzystuje włókna wtórne (makulaturę) oraz nabytą masę bieloną. Wyższe poziomy emisji obserwuje się zwykle w fabrykach stosujących większe ilości włókien wtórnych jako surowca. Liczby wyrażono w odniesieniu do tony produkowanego papieru/tektury
[4)] Wytwórnie masy celulozowej z eukaliptusa mogą nie osiągać tych wartości z powodu wyższej zawartości fosforu w drewnie. Bieżące dane fabryczne dotyczące emisji fosforu do wód są w zakresie od 0,037 do 0,23 kgP/ADt. Wartość średnia z raportowanych danych wynosi 0,11 kgP/ADt

20. Zewnętrzne, biologiczne oczyszczanie ścieków i lub w niektórych przypadkach, wtórne oczyszczanie ścieków metodą chemicznego strącania lub flokulacji.

W dodatku do środków zintegrowanych z procesem technologicznym oraz wstępnym oczyszczaniem ścieków (punkty od 1 do 19) za najlepszą dostępną technikę (BAT) dla zintegrowanej wytwórni masy celulozowej siarczanowej i papieru uważa się oczyszczanie biologiczne. Doskonałą skuteczność oczyszczania ścieków z tego rodzaju wytwórni wykazują instalacje z osadem czynnym, składające się ze zbiornika wyrównawczego, komory napowietrzania, klarownika wtórnego i urządzeń do obróbki osadu. Instalacje z osadem czynnym o niskim obciążeniu osadem poniżej 0,15 kg BZT/(kg MLSS*d) i typowym czasem retencji w komorze napowietrzania, wynoszącym około 1 dzień (do 2 dni), uchodzą za najlepsze dostępne techniki (BAT). Mogą one osiągać wysokie skuteczności usuwania zanieczyszczeń oraz stanowią stabilny system oczyszczania. Należy zauważyć, że każda inna metoda oczyszczania, dająca porównywalne poziomy emisji i porównywalne koszty, może również być uważana za BAT.

Przyjmując, że oczyszczalnia ścieków ma odpowiednią konstrukcję i pojemność oraz jest właściwie prowadzona i kontrolowana, możliwe do osiągnięcia są następujące poziomy zrzutów zanieczyszczeń **po** oczyszczaniu biologicznym – tabela 6-5.

Tabela 6-5. Poziomy emisji związane z zastosowaniem właściwych kombinacji najlepszych dostępnych technik, osiągane po oczyszczaniu biologicznym

Parametery	Jednostka	Bielona masa siarczanowa[1)]	Niebielona masa siarczanowa + kraftliner lub papier workowy[2)]	Papier niepowlekany bezdrzewny[6)]
ChZT	kg/ADt	8 ÷ 23	5,0 ÷ 10	0,5 ÷ 2
BZT	kg/ADt	0,3 ÷ 1,5	0,2 ÷ 0,7	0,15 ÷ 0,25
Zawiesina	kg/ADt	0,6 ÷ 1,5	0,3 ÷ 1,0	0,2 ÷ 0,4
AOX	kg/ADt	< 0,25	–	< 0,005
Fosfor ogólny	kg/ADt	0,01 ÷ 0,03[3)]	0,01 ÷ 0,02	0,003 ÷ 0,01
Azot ogólny	kg/ADt	0,1 ÷ 0,25[4)]	0,1 ÷ 0,2	0,05 ÷ 0,2
Ilość ścieków technologicznych [5)]	m^3/ADt	30 ÷ 50	15 ÷ 25	10 ÷ 15

Uwagi:
[1)] Poziomy emisji dla niezintegrowanych i zintegrowanych celulozowni siarczanowych
[2)] Poziomy emisji dla zintegrowanej wytwórni masy siarczanowej niebielonej i papieru pokryciowego
[3)] Z powodu wysokiej zawartości fosforu w drewnie, niektóre celulozownie przerabiające drewno eukaliptusa mogą nie osiągać tych wartości jeżeli fosfor jest w nadmiarze w stosunku do zapotrzebowania procesu oczyszczania biologicznego. Emisja będzie determinowana przez zawartość fosforu w drewnie. Nie należy dozować dodatkowych ilości fosforu w oczyszczalni ścieków.
[4)] Zrzut azotu związany z zastosowaniem środków kompleksujących powinien zostać dodany do wartości wskaźnika Azot ogólny
[5)] Wody chłodzące i inne czyste wody są odprowadzane oddzielnie i nie są tu wliczane.
[6)] Niezintegrowana wytwórnia papieru

Redukcja wskaźników zanieczyszczenia ścieków w oczyszczalni biologicznej spełniającej wymagania BAT:

- **Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT):** Stopień redukcji ChZT jest zależny od rodzaju i ilości oczyszczanych ścieków (np. kondensaty są bardziej podatne na degradację niż przelewy), konstrukcji i hydrauliki oczyszczalni i właściwego ustawienia parametrów ruchowych. Dobrze zaprojektowane i prowadzone oraz nisko obciążone instalacje osiągają stopnie usuwania ChZT w zakresie 65 – 75%. Jednakże, długie czasy retencji oznaczają duże komory napowietrzania a więc występuje większe zużycie energii na pompowanie I napowietrzanie. By oczyszczalnia była uznana za skuteczną, stopnie redukcji ChZT powinny przekraczać 55%. W konsekwencji, celulozownie produkujące bieloną masę siarczanową mogą, ogólnie biorąc, osiągnąć poziomy emisji 8 – 23 kg ChZT/ADt. Stężenie mierzone w ściekach z tych celulozowni jest w zakresie 250 – 400 mg ChZT/l. Najbardziej powszechnymi przyczynami obniżonej skuteczności oczyszczalni z osadem czynnym są zastosowana konstrukcja i zbyt duże obciążenie. Z drugiej strony najlepsze oczyszczalnie, osiągające skuteczność usuwania ChZT około 75%, pracują w pobliżu granicy możliwości oczyszczania metodami biologicznymi tzn., że uzyskanie dalszej redukcji substancji organicznych (mierzonych jako ChZT) jest bardzo trudne i wątpliwe.

- **Biologiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT_5):** W dobrze zaprojektowanych oczyszczalniach, w których stosunek węgiel – fosfor - azot oraz dostarczanie tlenu są utrzymane na odpowiednim poziomie i dobrze regulowane, BZT jest usuwane niemal

- całkowicie (w 95%). W przypadku zakłóceń lub jeżeli niektóre z bieżących parametrów odbiegają od poziomu technologicznego, wówczas stężenie BZT w ściekach będzie wzrastać. Sytuacja taka wymaga regulacji bieżących parametrów i/lub analizy biomasy. Stężenie BZT w ściekach odnosi się do sterowania procesem i może być użyte jako wskaźnik zdrowia aktywnej biomasy.
  Zastosowanie najlepszych dostępnych technik BAT skutkuje stężeniem BZT w oczyszczonych ściekach w granicach od 10 do 25 mg/l. W zależności od przepływu strumienia wód odpowiada to emisji 0,3 kg BZT_5/ADt (przy 10 mg/l i przepływie 30 m^3/ADt) i odpowiednio 1,3 kg BZT_5/ADt (przy 25 mg/l i przepływie 50 m^3/ADt).

- **Całkowita zawartość zawiesiny – Zawiesina ogólna (TSS):** W normalnych warunkach operacyjnych woda odprowadzana z osadnika wtórnego jest dość klarowna i zawartość zawiesiny mieści się w zakresie 20 do 30 mg/l. Odpowiada to zrzutom 0,6 – 1,5 kg ss/ADt (przy przepływie wody 30-50 m^3/ADt). Wartości te zależą od obciążenia powierzchni osadnika wtórnego oraz od charakterystyki biomasy.

- **Adsorbowalne organiczne chlorowce (AOX):** Zrzuty chlorowanych związków organicznych przed oczyszczaniem biologicznym są zazwyczaj w zakresie 0 – 0,5 kg/ADt, ponieważ w większości celulozowni europejskich proces bielenia został zmodyfikowany do bielenia metodami ECF lub TCF. Oczyszczanie metodą osadu czynnego daje redukcję AOX w zakresie 40 – 60%. Celulozownie stosujące metodę ECF uzyskują poziomy emisji < 0,25 kg/ADt. Celulozownie stosujące bielenie TCF praktycznie rzecz biorąc nie zrzucają chlorowanych substancji organicznych (nie powstają one podczas bielenia).

- **Fosfor i azot (**P_{og} i N_{og}): Pożywki mineralne dodaje się zwykle do oczyszczalni biologicznych w celu utrzymania równowagi C : P : N, która ma decydujące znaczenie dla wzrostu czynnej biomasy. Zatem, skupienie się tylko na stężeniu wejściowym lub stopniach redukcji azotu (N) i fosforu (P) nie wystarczy do osiągnięcia tego celu. Konieczne jest raczej znalezienie i utrzymywanie równowagi między dopływem związków azotu i fosforu, które są dostępne dla biomasy oraz ilością dodanych pożywek, co wymaga pewnej precyzyjnej regulacji podawania tych pożywek. Często celulozownie nie dodają fosforu do swoich ścieków, natomiast dodawanie azotu (zwykle jako mocznika) w przypadku ścieków z celulozowni odgrywa decydującą rolę. Jeżeli system jest dobrze zoptymalizowany, to osiągany zrzut fosforu wynosi 0,2 - 0,5 mg P_{og}/l a azotu 2 - 5 mg N_{og}/l. Odnośne ładunki wynoszą odpowiednio 0,01 – 0,03 kg P/ADt oraz 0,1 - 0,25 kg N/ADt (przy przepływie wody 50 m^3/ADt). Zrzut fosforu jest nieco wyższy z wytwarzania masy bielonej niż z niebielonej ponieważ w instalacji bielenia następuje wymywanie fosforu.

W celu zapewnienia ciągłej, dobrej pracy oczyszczalni ścieków korzystną rolę może spełniać basen awaryjny służący do ochrony biomasy przed trującymi lub gorącymi, stężonymi ługami oraz basen wyrównawczy do wyrównywania obciążenia i przepływów.

6.3.2. Techniki ograniczania emisji do powietrza

1. Zbieranie i spalanie stężonych gazów złowonnych z ciągu włóknistego, warzelni, wyparki, kolumny odpędowej dla kondensatów oraz zatrzymywanie emisji powstającego dwutlenku siarki. Stężone gazy można spalać w kotle regeneracyjnym, piecu wapiennym lub w wydzielonym piecu o niskiej emisji NO_x. Gazy odlotowe z tego ostatniego

zawierają dwutlenek siarki w wysokim stężeniu, który zatrzymuje się poprzez absorpcję w skruberze (płuczce).

2. Zbieranie i spalanie rozcieńczonych gazów złowonnych, pochodzących np. z ciągu włóknistego, z różnorodnych źródeł jak zbiorniki ługów, zasobniki zrębków, rozpuszczalnik stopu itd. Rozcieńczone gazy złowonne można spalać np. w kotle regeneracyjnym lub w kotle pomocniczym w zależności od ich objętości, zmieszane z doprowadzanym do spalania powietrzem.
3. Unieszkodliwianie emisji gazów złowonnych u źródła przez ich zatrzymywanie (pochłanianie) w wysoko skutecznych skruberach (absorberach) z natryskiem alkalicznym (ług biały lub roztwór NaOH).
4. Ograniczanie emisji TRS z kotła regeneracyjnego:
   - w przypadku nowoczesnego kotła typu „low odour", za pomocą sterowania procesem spalania i pomiaru CO,
   - w przypadku starszej konstrukcji kotła z wyparką bezpośrednią, za pomocą efektywnego utleniania (oksydacji) ługu czarnego przed wyparką.
5. Ograniczanie emisji SO_2 z kotłów regeneracyjnych na drodze spalania ługu czarnego o wysokiej zawartości suchej substancji w celu zmniejszenia tworzenia się SO_2 oraz/lub poprzez zastosowanie skrubera gazów spalinowych.
6. Ograniczanie emisji TRS z pieca wapiennego poprzez regulację nadmiaru tlenu, poprzez stosowanie paliwa o niskiej zawartości siarki oraz poprzez kontrolę i regulację resztkowej zawartości alkaliów w szlamie wapiennym doprowadzanym do pieca.
7. Ograniczanie emisji NO_x z kotłów regeneracyjnych i pieca wapiennego poprzez regulację warunków spalania i poprzez zapewnienie właściwego mieszania i rozdziału powietrza w kotle oraz dla nowych lub zmienianych instalacji również poprzez właściwą konstrukcję.
8. Ograniczanie emisji NO_x z kotłów pomocniczych poprzez regulację warunków spalania a dla nowych lub zmienianych instalacji również poprzez instalowanie technik zapewniających niski poziom emisji tlenków azotu (palniki niskoemisyjne).
9. Zmniejszanie emisji SO_2 z kotłów pomocniczych dzięki stosowaniu paliw o niskiej zawartości siarki lub zatrzymywanie emisji siarki w skruberze.
10. Zmniejszanie emisji pyłów na drodze odpylania gazów spalinowych z kotłów regeneracyjnych, kotłów pomocniczych (w których spalane są inne biopaliwa i/lub paliwa kopalne) i pieca wapiennego w skutecznych elektrofiltrach.
11. Stosowanie odnawialnych źródeł energii, takich jak drewno, odpady drewna, biomasa.
12. Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej.
13. Minimalizacja zużycia energii.

W zależności od rodzaju wdrożonych technik wewnątrz-procesowych (środków wewnętrznych) i technik ograniczania emisji (środków zewnętrznych) oraz charakterystyki technicznej wytwórni, można uzyskać następujące poziomy emisji technologicznych do powietrza atmosferycznego, związane z zastosowaniem najlepszych dostępnych technik (BAT) – tabela 6-6.

Tabela 6-6. Poziomy emisji z procesu wytwarzania masy celulozowej, związane z zastosowaniem właściwych kombinacji najlepszych dostępnych technik (emisje z kotłów pomocniczych nie są włączone)

Parametry	Jednostki	Wytwórnie bielonej i niebielonej masy celulozowej
	kg/ADt	0,2 ÷ 0,5
SO_2 jako S	kgS/ADt	0,2 ÷ 0,4
NO_x jako NO_2	kg/ADt	1,0 ÷ 1,5
TRS jako S	kgS/ADt	0,1 ÷ 0,2

Emisje technologiczne obejmują kocioł regeneracyjny, piec wapienny, emisje krótkotrwałe i wydzielone piece (np. do spalania TRS) związane z procesem, jeżeli są. Nie rozróżniono wartości dla celulozowni masy bielonej i niebielonej ponieważ nie ma między nimi istotnych technicznych różnic z punktu widzenia emisji do powietrza

Poniżej podano dodatkowe informacje dotyczące ograniczania emisji zanieczyszczeń ze źródeł technologicznych w celulozowni. Podane stężenia zanieczyszczeń w emisjach gazowych odnoszą się do średnich dobowych i warunków standardowych: 273 K, 101,3 kPa i suchy gaz. Zawartość tlenu odniesienia wynosi 5% zarówno dla pieców wapiennych jak i kotłów sodowych.

Emisje pyłów: W celulozowniach siarczanowych do ograniczania emisji pyłów wykorzystuje się elektrofiltry i czasami również skrubery SO_2. Za najlepszą dostępną technikę (BAT) uważa się uzyskanie poziomu emisji pyłów z kotła sodowego wynoszącego 30-50 mg/Nm^3, co odpowiada 0,2-0,5 kg/ADt (przy przepływie gazów 7000-9000 m^3/ADt). Dla bardziej nowoczesnych kotłów regeneracyjnych poziom ten można uzyskać przez zastosowanie tylko elektrofiltrów. Stare kotły regeneracyjne osiągają ten poziom w wyniku zastosowania elektrofiltrów i skruberów. Skrubery, jednakże, są stosowane głównie do usuwania SO_2. Wiele istniejących celulozowni nie stosuje skrubera i wtedy możliwy do osiągnięcia poziom stężenia pyłów w emitowanych gazach leży w zakresie 100-150 mg/Nm^3. Stosując skruber SO_2 po elektrofiltrze można uzyskać stężenia ok. 15 mg/Nm^3.

Dla pieców obrotowych, stosując elektrofiltry, można uzyskać parametry emisji pyłów: 30-50 mg/Nm^3 lub 0,03-0,05 kg/ADt (przy przepływie gazów 1000 m^3/ADt).

Emisje SO_2: Jeżeli zmiany paliwa lub parametrów prowadzenia procesu nie dają wystarczającej redukcji emisji SO_2, to za BAT uważa się usuwanie tlenków siarki z gazów odlotowych za pomocą absorpcji w roztworze alkalicznym. Skuteczność usuwania SO_2 powinna wynosić powyżej 90%.

- Z kotów regeneracyjnych, wyposażonych w skruber SO_2 uzyskuje się emisje w zakresie 10-50 mg S/Nm^3 lub 0,1-0,4 kg S/ADt. Kotły regeneracyjne pracujące z wysoką zawartością suchej substancji w ługu czarnym uwalniają bardzo niską emisję SO_2, zwykle poniżej 0,1 kgS/ADt czyli stężenia są w zakresie 5-10 mgS/Nm^3.

- Poziomy emisji SO_2 z pieca wapiennego zależą w głównej mierze od stosowanego paliwa, zawartości siarki w szlamie pokaustyzacyjnym oraz czy niekondensujace gazy złowonne (NCG) są doprowadzane do spalania w piecu. Piec opalany olejem i bez spalania NCG osiąga poziom emisji 5-30 mg SO_2/Nm^3 czyli 0,005-0,03 kg SO_2/ADt. Piec opalany olejem i ze spalaniem NCG osiąga 150-300 mg SO_2/Nm^3 czyli 0,1-0,3 kg SO_2/ADt. W zależności od ilości siarki wprowadzanej do pieca (gazy NCG, olej) może okazać się konieczne zastosowanie skrubera. Rozwiązaniem alternatywnym redukcji SO_2 w stosunku do skrubera jest wybór innego miejsca spalania NCG niż w piecu wapiennym lub stosowanie oleju opałowego o mniejszej zawartości siarki.

Emisje NO_x: Emisje tlenków azotu można ograniczać za pomocą specjalnej konstrukcji palnika (palniki niskoemisyjne) oraz za pomocą modyfikacji warunków spalania (metody pierwotne).

- Dzięki odpowiedniej konstrukcji kotła sodowego (systemy stopniowego dozowania powietrza) można uzyskać stosunkowo niskie stężenia NO_x. Pomimo tego udział kotła sodowego w całkowitej emisji NO_x pozostaje i tak największy, ze względu na duże ilości ługów, które są w nim spalane. Zwiększona zawartość suchej substancji w ługu czarnym może prowadzić do niewielkiego wzrostu emisji NO_x. Możliwe do osiągnięcia poziomy emisji leżą w zakresie 80-120 mg NO_x/Nm^3 (40-60 mgNO_x/MJ) czyli odpowiednio 0,7-1,1 kg NO_x/ADt. Produkcja pary technologicznej wynosi od 13 do 18 GJ/ADt masy.
- Ze względu na wysokie temperatury spalania, piec wapienny jest także źródłem emisji NO_x. Na tworzenie się NO_x w piecach wapiennych wpływa również stosowany rodzaj paliwa. Wyższe poziomy NO_x obserwuje się w piecach opalanych gazem niż olejem. W piecach opalanych olejem emisja NO_x wynosi 100-200 mg/Nm^3 czyli 0,1-0,2 kgNO_x/ADt podczas gdy piece opalane gazem osiągają wartości 380-600 mg/Nm^3 czyli 0,4-0,6 kgNO_x/ADt. Spalanie w piecu gazów złowonnych może również zwiększać emisje NO_x. Możliwości zmniejszenia emisji tlenków azotu, polegające na regulacji parametrów ruchowych, kształtu płomienia, rozdziału powietrza i nadmiaru tlenu są dość ograniczone ale mogą prowadzić do pewnej redukcji tworzenia się NO_x (około 10-20%).
- Wydzielony piec do spalania TRS daje dodatkową emisję 0,1-0,2 kgNO_x/ADt.

Nie stosuje się metod wtórnych jak selektywna redukcja niekatalityczna.

Emisje TRS (gazów złowonnych): Gazy złowonne z celulozowni zbiera się (kolektywizuje) i oczyszcza różnymi sposobami w zależności od ich stężenia i objętości. Wyróżnia się strumienie gazów złowonnych stężonych i rozcieńczonych. Układy oczyszczania stężonych gazów złowonnych posiadają układ rezerwowy, który jest uruchamiany w czasie zakłóceń, konserwacji lub innych przerw w pracy układu podstawowego. Metody oczyszczania gazów złowonnych polegają na spalaniu i natryskiwaniu roztworem alkalicznym. Funkcjonują różne warianty spalania gazów złowonnych: w piecach wapiennych, wydzielonych piecach lub w kotłach regeneracyjnych.

- Gdy w piecu wapiennym spala się stężone gazy złowonne (o małej objętości), zawarta w nich siarka ulega częściowo absorpcji. Ograniczanie emisji TRS z pieca wapiennego realizuje się za pomocą skutecznego mycia szlamu wapiennego i sterowania warunkami spalania. Stosując nowoczesne filtry szlamu można uzyskać poziom poniżej 15 mgH_2S/Nm^3 (10% O_2). O ile wymagane jest dalsze ograniczenie emisji TRS to należy zainstalować skruber alkaliczny po elektrofiltrze.

Może on obniżyć emisje H_2S do około 1,5 mg/Nm^3 ale jest to związane z wysokim zużyciem alkaliów.

- Spalanie stężonych gazów złowonnych w wydzielonym piecu zamienia emisje TRS w SO_2. Zatem taki piec zawsze musi być wyposażony w skruber.
- Spalanie stężonych gazów w kotle regeneracyjnym, pracującym przy wysokim stężeniu suchej substancji w ługu czarnym, prowadzi do występowania bardzo niewielkiej emisji siarki w postaci SO_2 i TRS.
- Rozcieńczone gazy złowonne o dużej objętości mogą być przesyłane do kotła regeneracyjnego, gdzie są one mieszane z drugim lub trzecim powietrzem do spalania lub mogą być one spalane razem z gazami stężonymi w wydzielonym piecu. Ponadto rozcieńczone gazy złowonne można mieszać z powietrzem drugim doprowadzanym do pieców wapiennych.

Oprócz wybranego systemu oczyszczania gazów, końcowe emisje TRS są determinowane przez ilość skolektywizowanych (włączonych do zbiorczego układu) jednostek procesowych oraz dyspozycyjności układu/urządzeń do oczyszczania, włączając układy rezerwowe. Uwalniane krótkotrwałe emisje TRS składają się głównie z rozcieńczonych gazów złowonnych, nie włączonych do układu zbiorczego. Dyspozycyjność systemu dezodoryzacji zależy od samego podstawowego układu oczyszczania, ilości i rodzaju układów rezerwowych oraz sterowania i monitorowania systemu. Wysoką dyspozycyjność systemu oczyszczania gazów można uzyskać na przykład poprzez:

- zastosowanie wydzielonego pieca ze skruberem SO_2 - jako główne urządzenie do spalania, jako pierwszy układ rezerwowy – piec wapienny lub alkaliczny skruber oraz płomień jako drugi układ rezerwowy,
- spalanie stężonych i rozcieńczonych gazów złowonnych w kotle regeneracyjnym i wykorzystanie pieca wapiennego jako pierwszy układ rezerwowy oraz płomienia jako drugą rezerwę.

Kotły pomocnicze

Dodatkowo należy wziąć pod uwagę emisje do atmosfery z kotłów pomocniczych, które zależą od aktualnego bilansu energetycznego wytwórni, typu stosowanych zewnętrznych paliw oraz przeznaczenia ewentualnych biopaliw jak kora i odpady drzewne. Poziomy emisji z kotłów pomocniczych spalających własne biopaliwa i różne paliwa kopalne, związane z zastosowaniem najlepszych dostępnych technik (BAT), podano w tabeli 6-7. Całkowite emisje do powietrza są w dużym stopniu zależne od specyficznych warunków lokalnych (np. typ paliwa, wytwórnia zintegrowana czy masy towarowej, produkcja elektryczności).

Tabela 6-7. Poziomy emisji związane z zastosowaniem najlepszych dostępnych technik (BAT) dla różnych paliw

Emitowane substancje	Węgiel	Ciężki olej opałowy (mazut)	Olej lekki	Gaz	Biopaliwo (np. kora)
mg S/MJ doprowadz. paliwa	100 ÷ 200[1)] (50 ÷ 100)[5)]	100 ÷ 200[1)] (50 ÷ 100)[5)]	25 ÷ 50	<5	< 15
mg NO_x/MJ doprowadz. 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 pyłu/Nm^3	10 ÷ 30[4)] przy 6% O_2	10 ÷ 40[4)] przy 3 % O_2	10 ÷ 30 3% O_2	< 5 3% O_2	10 ÷ 30[4)] przy 6% O_2

Uwagi:
[1)] Emisje siarki z kotłów opalanych olejem lub węglem zależą od dostępności tych paliw z niską zawartością siarki. Można uzyskać pewną redukcję emisji siarki za pomocą wtrysku węglanu wapnia.
[2)] Przy zastosowaniu tylko technologii spalania
[3)] Przy zastosowaniu również środków wtórnych jak selektywna redukcja niekatalityczna, dotyczy tylko dużych instalacji
[4)] Wartości osiągane przy zastosowaniu elektrofiltru
[5)] Gdy stosuje się skruber; dotyczy tylko dużych instalacji

Należy zwrócić uwagę, że kotły pomocnicze w przemyśle celulozowo-papierniczym są bardzo różnej wielkości (od <10 do powyżej 200 MW). Dla mniejszych z nich można zastosować tylko metody podstawowe o umiarkowanych kosztach: paliwo o niskiej zawartości siarki i odpowiednie techniki spalania, dla dużych natomiast także i środki ograniczania emisji. Różnica ta została pokazana w tabeli 6-7. Dla mniejszych instalacji za BAT uważa się wyższy poziom emisji i jest on osiągany przy zastosowaniu tylko odpowiedniej jakości paliwa i środków wewnętrznych; niższe poziomy (w nawiasach) są związane z dodatkowymi środkami ograniczenia emisji, takimi jak selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR) i skrubery. Techniki te są traktowane jako BAT dla większych instalacji.

6.3.3. Sposoby oszczędzania energii

Celulozownia

Istnieje wiele sposobów zmniejszenia zużycia świeżej pary i energii elektrycznej w wytwórni masy celulozowej a także zwiększenia wewnętrznego wytwarzania pary i energii elektrycznej. Metody mające na celu zmniejszenie strat ciepła i niskie zużycia ciepła:

- Wysoka zawartość substancji suchej w ługu czarnym i w korze
- Wysoka sprawność kotłów parowych, np. niskie temperatury gazów odlotowych
- Efektywny system ogrzewania wtórnego np. gorąca woda około $85^{O}C$
- Wysoki stopień zamknięcia układu wodnego
- Względnie dobrze zamknięty układ wodny bielarni
- Wysokie stężenie masy celulozowej (technika średniego (MC) stężenia)
- Użycie ciepła wtórnego do ogrzewania budynków
- Dobre sterowanie procesem

Środki mające na celu niskie zużycie energii elektrycznej:
- Możliwie jak najwyższe stężenie masy celulozowej przy sortowaniu i czyszczeniu
- Regulacja prędkości różnych dużych silników
- Wydajne pompy próżniowe
- Właściwe wymiarowanie rurociągów, pomp i wentylatorów

Środki mające na celu wysokie sprawności generowania energii elektrycznej:
- Wysokie ciśnienie w kotle
- Ciśnienie pary wylotowej w turbinie przeciwprężnej tak niskie jak to technicznie wykonalne
- Turbina kondensacyjna do produkcji mocy z nadmiaru pary
- Wysoka efektywność turbiny
- Wstępne podgrzewanie powietrza i paliwa wprowadzanego do kotłów.

Efekt zastosowania tych sposobów oszczędności energii może często nie być łatwy do wykazania w postaci bezpośrednich wartości liczbowych, ponieważ usprawnienia zależą od sytuacji celulozowni przed wdrożeniem tych metod.

Papiernia

W przemyśle papierniczym stosowanie energooszczędnych technologii jest uznawane za spełnianie wymagań najlepszych dostępnych technik (BAT). Istnieje wiele opcji oszczędzania energii stosowanych w różnych fazach procesu produkcji papieru. Zwykle wdrożenie tych metod wiąże się z inwestycjami wymiany, przebudowy lub modernizacji wyposażenia. Ze względów ekonomicznych mniejsze papiernie mogą mieć mniejsze możliwości inwestowania w nowe energooszczędne technologie. Należy zauważyć, że poza aspektem ekologicznym, technologie energooszczędne dotyczą wielu innych aspektów produkcji papieru, takich jak: wydajność produkcji, poprawa jakości wyrobu i zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych.

Techniki zmniejszenia zużycia pary i energii:

1. Wdrożenie systemu monitorowania zużycia i wydajności energetycznej. Na podstawie wiarygodnych informacji o wydajności układu energetycznego można podjąć odpowiednie działania. Gospodarka energetyczna w zakładzie obejmuje regulację, kontrolę, przegląd oraz zmianę założonych wielkości parametrów.
2. Bardziej efektywne odwadnianie wstęgi papieru w części prasowej maszyny papierniczej dzięki stosowaniu technologii prasowania o szerokiej strefie docisku (ze stałym elementem odwadniającym). Nie dotyczy to papierni produkujących bibułkę higieniczną.
3. Stosowanie bardziej wydajnych technologii jak np. rozwłóknianie przy wysokim stężeniu, mielenie z zachowaniem zasad najlepszej praktyki, formowanie papieru na maszynie dwusitowej, optymalizację układów próżniowych, napędy o regulowanej prędkości dla wentylatorów i pomp, silniki elektryczne o wysokiej wydajności, dobór silników o odpowiedniej wielkości, odzyskiwanie pary i kondensatu, zwiększenie substancji suchej na prasie zaklejającej lub układy rekuperacji ciepła dla odprowadzanego powietrza.
   Niektóre z tych technik mogą być wdrażane tylko w wyniku przebudowy lub wymiany urządzeń.
4. Zmniejszenie bezpośredniego zużycia pary przez odpowiednią integrację procesu za pomocą analizy skurczu.

6.4. Niezintegrowana wytwórnia papieru niepowlekanego, bezdrzewnego i bibułki higienicznej z włókien pierwotnych

6.4.1. Techniki ograniczania emisji do wód

1. Ograniczenie do minimum zużycia wody w papierni przez zwiększenie zawracania wód produkcyjnych oraz odpowiednią gospodarkę wodną.

   Podstawą dobrej gospodarki wodnej są dokładne dane dotyczące ilości zużywanej wody i jej jakości dla różnych zastosowań. W papierniach, które wdrożyły najlepsze dostępne techniki BAT woda świeża jest wprowadzana do procesu głównie jako woda do natrysków i do przygotowania chemikaliów. Zastosowanie bardziej skutecznej techniki odzyskiwania włókien i wypełniaczy umożliwiło wykorzystanie sklarowanej wody do mniej krytycznych natrysków maszyny papierniczej i w ten sposób uzyskano zamknięty obieg wody. Jednak rozpuszczone nieorganiczne, organiczne oraz koloidalne materiały (DisCo) ograniczają stosowanie tej wody w części sitowej maszyny. Ilość potrzebnej wody świeżej jest określona w pewnej mierze przez stężenie zanieczyszczeń w wodzie produkcyjnej.

   Całkowicie lub prawie całkowicie zamknięty obieg wodny w maszynie papierniczej, jakkolwiek jest rozważany jako technologia przyszłości, na obecnym etapie rozwoju nie jest uznany za technikę dostępną. Rozwiązanie takie wymagałoby bardzo sprawnych technik oddzielania, takich jak: ultrafiltracja (UF), nanofiltracja (NF) lub odwrócona osmoza. Techniki te znajdują się w fazie badań i rozwoju, ich zastosowanie jest związane z bardzo wysokimi kosztami. Technika ultrafiltracji jest wprawdzie już stosowana na skale przemysłową w kilku papierniach w Europie, ale nie jest jeszcze uznana za najlepszą dostępną technikę BAT. Technika ta nie zapobiega w pełni gromadzeniu się rozpuszczonych materiałów w obiegu, co wpływa niekorzystnie na płynność eksploatacyjną, jakość papieru oraz wydajność chemikaliów. Zamknięty obieg wodny w maszynie papierniczej wymaga sprawniejszych technik oddzielania takich, jak: nanofiltracja, odwrócona osmoza lub innych uzupełniających technik. Z powodu wysokich kosztów, negatywnego oddziaływania na procesy i środowisko (gromadzenie się rozpuszczonych substancji w obiegu, pogorszenie jakości papieru, wzrost zużycia energii) i braku doświadczenia w przemyśle techniki te nie są uznane za dostępne.

   W przypadku wytwórni bibułki higienicznej (tissue) występują dwa główne czynniki, które należy mieć na uwadze w rozważaniu zużycia w nich wody świeżej. Jednym z nich jest potrzeba zachowania wysokiego poziomu czystości zarówno samego produktu (stosowanego do celów higienicznych), jak i odzieży maszynowej na maszynie papierniczej produkującej tissue. Natomiast drugi czynnik, to bardzo niskie wielkości produkcji papieru tissue wynikające z niewielkiej gramatury wyrabianych produktów: nawet poniżej 15 g/m^2, w porównaniu do 40-50 g/m^2 dla papieru gazetowego, 50-100 g/m^2 dla papierów drukowych i do pisania czy do kilkuset g/m^2 dla wytworów papierowych na opakowania. Jakkolwiek więc papiernie produkujące bibułkę tissue zużywają objętości wody, które mogą nie być znacząco większe od tych zużywanych przez inne papiernie, to jednak te dwa czynniki wyżej wymienione razem wzięte mogą sprawić, iż w produkcji bibułki tissue pojawia się wysokie jednostkowe zużycie wody.

   W wytwórni papierów tissue występują pewne miejsca, gdzie świeża woda jest niezbędna, głównie są to: woda do natrysków utrzymujących powierzchnię filców

prasowych wolną od zanieczyszczeń, woda do wysoko ciśnieniowych natrysków oczyszczających sito formujące. Występują również inne miejsca, które będą zmieniały się w układach różnych maszyn papierniczych, np.: świeża woda do przygotowania dodatków chemicznych, do natrysków nawilżających, w pompach próżniowych. W wytwórni bibułki tissue stosującej najlepsze dostępne techniki BAT należy wszędzie gdzie to jest możliwe zastępować wodę świeżą – wodą sklarowaną.

W przypadku maszyn papierniczych wyrabiających tissue w odmianach gorszych jakościowo, o wyższej gramaturze, gdzie mniej ważna jest czystość odzieży maszynowej i finalnego produktu, możliwe jest osiąganie niższych wskaźników jednostkowego zużycia wody, poniżej 10 m^3/t. Wyrób wysokiej jakości odmian bibułki tissue, o niewielkiej gramaturze, w którym niezbędny jest wysoki stopień czystości, zazwyczaj charakteryzuje się wyższymi jednostkowymi wskaźnikami zużycia wody. Wskaźniki te będą wzrastały wszędzie tam, gdzie występują zmiany produkowanego asortymentu papierów tissue (odmiana lub barwa) oraz postoje maszyny papierniczej, ewentualnie tam, gdzie w jednej papierni działa kilka maszyn papierniczych produkujących bibułki tissue. Takie uwarunkowania mające charakter lokalny mogą podwyższyć jednostkowe zużycie wody o 25% lub więcej. Ogólnie biorąc, w papierniach produkujących węższy asortyment papierów tissue, o mniejszym zakresie zróżnicowania barwy czy dodatku środków wodo-utrwalających lub poprawiających wytrzymałość w stanie suchym, a dysponujących większymi maszynami papierniczymi - zużycie wody będzie mniejsze i na odwrót.

Podsumowując: nawet na tej samej maszynie papierniczej zmiana jej prędkości oraz gramatury produkowanego papieru mogą mieć znaczący wpływ na jednostkowe zużycie wody. Generalnie maszyny papiernicze do wyrobu bibułki higienicznej (tissue) pracują w znacznie szerszym przedziale zarówno gramatur, jak i prędkości niż większość maszyn papierniczych stosowanych do wyrobu innych gatunków papieru. Ta sama maszyna może produkować bibułkę tissue w zakresie gramatur, którego górny poziom jest aż czterokrotnie wyższy od poziomu dolnego, np. od 15 g/m^2 do 48 g/m^2, a może pracować z prędkościami od 500 m/min. do 1500 m/min. W powyższych zakresach warunków wyrobu bibułki tissue jednostkowe zużycie wody może się znacząco zmieniać.

2. Ograniczenie potencjalnych zagrożeń zamknięcia obiegu wodnego

Zamknięcie obiegu wodnego maszyny papierniczej wymaga świadomości, wiedzy i odpowiedniego mechanizmu kontroli układu wodnego w celu utrzymania powierzchni w czystości i ograniczenia potrzeby częstego przemywania układu. Wymagania te obejmują: kontrolę mikroorganizmów, właściwe zaprojektowanie rurociągów i układu magazynowania oraz selekcję materiału. Należy monitorować faktyczną wydajność procesu oddzielania zanieczyszczeń z wód obiegowych, jakość wody do natrysków oraz innych wód produkcyjnych.

Zebranie danych o przepływie strumieni wodnych i ścieków oraz zawartości substancji chemicznych w układach wodnych umożliwia zbadanie i kontrolę wody w całym zakładzie oraz określenie najlepszych warunków pracy podczas zmian jakości wyrobu, rozruchu czy wyłączenia maszyny. Na przykład należy unikać pracy przy wysokim pH lub gradiencie temperatury, ponieważ może to powodować tworzenie się osadu lub kamienia kotłowego. Automatyzacja ma także korzystny wpływ na proces. Pomiary i dokładna kontrola procesu w trybie on-line to podstawa efektywnego i stabilnego procesu wytwarzania papieru.

3. Zaprojektowanie zrównoważonego układu wody obiegowej, klarownego filtratu i magazynowania braku oraz stosowanie konstrukcji i urządzeń o zmniejszonym zużyciu wody tam gdzie jest to możliwe. Jest to normalna praktyka stosowana podczas wymiany lub przebudowy urządzeń lub komponentów.

4. Zastosowanie rozwiązań ograniczających częstotliwość i skutki przypadkowego zrzutu chemikaliów do oczyszczalni ścieków.
   Obejmują szkolenie personelu na przypadek przypadkowego zrzutu chemikaliów do oczyszczalni ścieków oraz zapewnienie odpowiednich środków ostrożności w celu zapobieżenia takim wypadkom.

5. Gromadzenie i ponowne wykorzystanie czystej wody chłodzącej i uszczelniającej lub jej oddzielne odprowadzenie.
   Można zwiększyć zawracanie do obiegu wody chłodzącej i uszczelniającej przez stosowanie wymienników ciepła lub wieży chłodzącej. Jednak niezbędne jest badanie zawartości mikroorganizmów oraz kontrola jakości wody a także metody kontroli zapewniające niezakłóconą eksploatację układu.

6. Zastępowanie potencjalnie szkodliwych substancji substancjami o mniejszej szkodliwości.
   Chodzi głównie o ograniczenie niekorzystnego wpływu na środowisko poprzez stosowanie nietoksycznych i podatnych na rozkład biologiczny środków pomocniczych i chemikaliów.

7. Wstępne (mechaniczne) oczyszczanie ścieków. Oczyszczanie ścieków papierniczych za pomocą instalacji zbiornika wyrównawczego i procesu sedymentacji
   Metody te są stosowane w prawie wszystkich papierniach i są uznane za dobrą praktykę. Jest to warunek wstępny dobrze i stabilnie pracującej biologicznej oczyszczalni ścieków. Nie są jednak uznawane za najlepsze dostępne techniki BAT w przypadku niezależnego ich stosowania (jako jedyne metody oczyszczania ścieków). Wyjątek stanowi produkcja takich gatunków papieru, przy produkcji, których występuje bardzo niska jednostkowa emisja ładunku zanieczyszczeń do wody.

8. Wtórne lub biologiczne oczyszczanie ścieków i/lub w niektórych przypadkach, wtórne oczyszczanie ścieków metodą chemicznego strącania lub flokulacji. Stosowanie wyłącznie oczyszczania chemicznego powoduje wyższą wartość ChZT lecz większość zanieczyszczeń jest podatna na rozkład.

Istnieje wiele różnych opcji zapewniających dobre wyniki w zmniejszaniu ładunku związków organicznych zrzucanego do odbiorników. Wybór opcji oczyszczania zależy głównie od początkowego stężenia, właściwości ścieków oraz żądanej wydajności usuwania zanieczyszczeń.. Odpowiedni projekt i właściwa eksploatacja oczyszczalni ścieków to warunek wstępny dobrego funkcjonowania układu oczyszczania biologicznego. Poniżej podano sprawności usuwania ładunku zanieczyszczeń charakterystyczne dla najlepszych dostępnych technik BAT w zależności od początkowego stężenia oraz wybranego układu oczyszczania ścieków – tabela 6-8.

Wspólne oczyszczanie ścieków z papierni lub z wytwórni zintegrowanej w miejskiej biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych jest także uznane za najlepszą dostępną technikę BAT o ile sposób ten zapewni porównywalną sprawność usuwania zanieczyszczeń.

Zakładając odpowiednią konstrukcję i wydajność oczyszczalni ścieków oraz odpowiednią eksploatację i obsługę przez wykwalifikowanych operatorów, poziomy emisji osiągane

w wyniku połączenia najlepszych dostępnych technik BAT odpowiadają wartościom podanym w tabeli 6-9. Nie obserwuje się istotnych różnic w zrzucie zanieczyszczeń z produkcji różnych gatunków papierów (oprócz papierów specjalnych) o ile zakład stosuje właściwy zestaw technik produkcyjnych i oczyszczania ścieków (BAT).

Tabela 6-8. Przykłady sprawności usuwania zanieczyszczeń w odpowiednich układach oczyszczania biologicznego ścieków z papierni

Początkowy zakres stężenia	Oczyszczanie	Usuwanie ChZT	Usuwanie BZT	Usuwanie AOX	Ogólna zawiesina po oczyszczaniu	Pożywki
		%			mg/l	
BZT > 500 mg /l	Złoże biologicznie zraszane + osad czynny	80 – 90	95+	30 – 50	Stężenie poniżej 30	Dodane w o. ś.
BZT > 500 mg /l	Złoże biologicznie zraszane (wstępne oczyszczanie)	50 – 60	60 – 70	30 – 50	Wysokie stężenie ok.100	Dodane w o. ś.
BZT > 100 mg /l	Osad czynny[1)2)]	75 – 90	90 - 95+	30 – 50	Stężenie poniżej 30	Dodane w o. ś.
BZT < 150 mg /l	Biofiltracja	40 – 60	60 – 80	30 – 50	Stężenie: 10 - 30	Dodane w o. ś.

Uwagi: o.ś = oczyszczalnia ścieków

[1)] Takie sprawności usuwania są osiągane przy układach o niskim obciążeniu osadu czynnego o stosunku pożywek do masy od 0,1 i 0,2 kg BZT/kg zawiesiny ogólnej *d (lub 1-dniowym okresie retencji).

[2)] Uzyskano także w kilku przypadkach dobrą sprawność usuwania w oczyszczalniach o wysokim ładunku zanieczyszczeń.

Tabela 6-9. Średnie roczne poziomy emisji i zużycia związane ze stosowaniem najlepszych dostępnych technik BAT w papierniach o nie zintegrowanej produkcji produkujących niepowlekany papier wysokogatunkowy oraz papierniach o nie zintegrowanej produkcji produkujących bibułkę higieniczną.

Parametry	Jednostki	Papier niepowlekany wysoko-gatunkowy[1)]	Bibułka higieniczna[2)]
BZT_5	kg/t	0,15 ÷ 0,25	0,15 ÷ 0,4
ChZT	kg/t	0,5 ÷ 2	0,4 ÷ 1,5
TSS	kg/t	0,2 ÷ 0,4	0,2 ÷ 0,4
AOX	kg/t	< 0,005	< 0,01 [3)]
Fosfor ogólny	kg/t	0,003 ÷ 0,01	0,003 ÷ 0,015
Azot ogólny	kg/t	0,05 ÷ 0,2 [4)]	0,05 ÷ 0,25
Ilość ścieków	m^3/t	10 ÷ 15 [5)]	10 ÷ 25 [6)]

Uwagi:
[1)] Skład włóknisty mógł np. być następujący: 100 % bielona masa celulozowa siarczanowa a zawartość wypełniaczy i kleju do zaklejania papieru w masie mogła wynosić 15-30 %. Dla papieru zaklejanego w masie należy uwzględnić górne zakresy ChZT i BZT.
[2)] Skład włóknisty: w 100 % zakupiona masa chemiczna lub mieszanka masy pierwotnej i makulaturowej
[3)] Wyższa wartość AOX może być spowodowana przez środki zwiększające wytrzymałość w stanie mokrym zawierające substancje chloroorganiczne.
[4)] Dla gatunków kolorowych emisja azotu może być wyższa w przypadku stosowania barwników azowych zawierających azot.
[5)] W zakładach produkujących gatunki kolorowe lub bardzo kolorowe zużycie wody świeżej zwykle nie spada poniżej 17 m^3/t.
[6)] Zmiana gramatury lub prędkości maszyny papierniczej mają znaczny wpływ na jednostkowe zużycie wody. Niższe gramatury (do 12 g/m^2) oraz niższe prędkości powodują wyższe jednostkowe zużycie wody.

Redukcja wskaźników zanieczyszczeń w oczyszczalni biologicznej

BZT_5: W odpowiednio zaprojektowanych oczyszczalniach BZT jest usuwane niemal całkowicie (95%), jeśli stosunek węgiel – fosfor - azot oraz zapas tlenu są utrzymywane na odpowiednim poziomie i są dobrze kontrolowane. W przypadku zakłóceń lub jeśli jeden z parametrów odbiegnie od wielkości założonej, stężenie BZT w ściekach zaczyna rosnąć. W takiej sytuacji należy skorygować parametry pracy i / lub przeprowadzić analizę biomasy. Poziomy BZT_5 w odprowadzanych ściekach oczyszczonych są zwykle poniżej 25 mg BZT_5/l, mogą osiągać wartości na poziomie 5 mg/l (niemal zupełne usunięcie). W zależności od przepływu wody odpowiada to wielkości 0,15 kg BZT_5/t (przy 10 mg/l i przepływie 15 m^3/t) I odpowiednio 0,25 kg BZT_5/t (przy 25 mg/l i przepływie10 m^3).

ChZT: W zależności od produkowanego gatunku papieru, stosowanej techniki zapobiegania i kontroli emisji oraz przepływu wody na tonę wyrobu, ścieki z papierni po oczyszczeniu zawierają od 50 do 150 mg ChZT/l.

Zawiesina ogólna: W normalnych warunkach pracy woda z osadnika wtórnego jest dość klarowna i zawartość zawiesiny ciał stałych wynosi od 20 do 30 mg/l. Odpowiada to zrzutowi 0,2 - 0,4 kg zawiesiny ogólnej/t papieru. Wartości zależą od ładunku powierzchniowego w osadniku wtórnym i właściwości biomasy. Stosując biofiltrację zwykle uzyskuje się niższe stężenia zawiesiny.

AOX: Obecnie zrzut substancji chloroorganicznych jest bardzo niski, ponieważ zakupiona masa stosowana w papierniach o nie zintegrowanej produkcji jest zwykle masą bieloną ECF lub TCF. Oczyszczanie za pomocą osadu czynnego powoduje dalszą redukcję AOX (adsorbowalnych organicznych chlorowców) w zakresie od 30 do 50 %. Redukcja ta jest częściowo osiągana przez odpędzanie tych związków podczas oczyszczania ścieków. W zależności od zakupionej masy i stosowanych chemikaliów zrzut związków chloroorganicznych w papierniach wynosi poniżej 0,005 kg/t.

N i P: Mineralne pożywki zwykle są dodawane w biologicznej oczyszczalni ścieków w celu utrzymania równowagi C : P : N, która ma decydujące znaczenie dla wzrostu aktywnej biomasy. Określenie oraz utrzymanie równowagi pomiędzy podatnymi na rozkład biologicznymi związkami węgla, azotu i fosforu wymaga zastosowania odpowiednich pożywek. Zwykle fosfor jest dodawany w postaci kwasu fosforowego a azot w formie mocznika. W przypadku zoptymalizowanego układu można uzyskać zrzut pożywek na poziomie poniżej 1 mg P-og./l i 5 mg N-og./l. Ładunki wynoszą odpowiednio 0,003 - 0,01 kg P/t i 0,05 – 0,2 kg N/t.

6.4.2. Techniki zmniejszenia emisji do atmosfery

Emisje do atmosfery w papierniach o niezintegrowanej produkcji pochodzą zwykle z kotłów parowych i instalacji energetycznych. Są to z reguły standardowe kotły i nie różnią się od innych instalacji energetycznych.

Najlepsze dostępne techniki BAT z punktu widzenia emisji do powietrza z papierni obejmują:

1. Instalowanie technologii zapewniającej niski poziom NO_x w kotłach pomocniczych.
2. Zmniejszenie emisji SO_2 z kotłów parowych przez stosowanie oleju o niskiej zawartości siarki oraz węgla lub kontrolę emisji S.
3. Zmniejszanie emisji pyłów na drodze odpylania gazów spalinowych z kotłów pomocniczych (w których spalane są biopaliwa i/lub paliwa kopalne) w skutecznych elektrofiltrach.
4. Stosowanie połączonego wytwarzania ciepła i energii.
5. Stosowanie odnawialnych źródeł energii takich jak drewno lub odpady drewna w celu zmniejszenia emisji kopalnego CO_2 (w przypadku gdy produkcja papieru jest połączona z produkcją masy pierwotnej).

Poziomy emisji charakterystyczne dla najlepszych dostępnych technik BAT z kotłów pomocniczych spalających własne biopaliwa i/lub różne paliwa kopalne podano we wcześniej zamieszczonej tabeli 6-7.

Jednostkowe emisje do atmosfery na tonę papieru zależą od warunków panujących w danym zakładzie. Różnice w emisji do atmosfery na tonę wyrobu zależą od dwóch najważniejszych czynników: rodzaju energii z uwzględnieniem stosowanego paliwa i stosowanych technik ograniczenia emisji do atmosfery oraz ilości zużywanej pary i energii na tonę wyrobu. Z kolei na wielkość jednostkowego zużycia pary i energii elektrycznej mają wpływ: rodzaj produkowanego papieru, zapotrzebowanie energii w celu osiągnięcia określonej jakości papieru oraz stosowanie technologii zapewniającej skuteczne wykorzystanie energii.

Pierwszy aspekt - wybór pomiędzy gazem, paliwem olejowym lub węglem, drewnem lub energią elektryczną - zależy w znacznej mierze od lokalnych warunków ekonomicznych. Jednak tam gdzie dostępny jest gaz ziemny oraz są odpowiednie warunki ekonomiczne, za wymogi reprezentujące BAT uważa się wykorzystanie gazu ziemnego jako paliwa. Olej napędowy uznawany jest jako reprezentujący poziom BAT jeśli zawartość w nim siarki nie przekracza 1%.

6.5. Zintegrowane wytwórnie papieru z włókien wtórnych

6.5.1. Środki umożliwiające zmniejszenie emisji do wód

Zmniejszenie zużycia wody świeżej, a więc i ilości odprowadzanych ścieków, można uzyskać w wyniku zastosowania kombinacji różnych technik, takich jak:

1. Oddzielanie mniej zanieczyszczonych strumieni wodnych od bardziej zanieczyszczonych i zawracanie wody obiegowej. Oddzielanie i ponowne wykorzystanie czystej wody pochłodniczej oraz zawracanie wody uszczelniającej i technologicznej z układu próżniowego
2. Optymalna gospodarka wodna (uporządkowanie obiegów wodnych), oczyszczanie wody z zastosowaniem techniki sedymentacji, flotacji lub filtracji oraz zawracanie wody obiegowej do wykorzystania do różnych celów
3. Zmniejszenie zużycia wody świeżej w wyniku dokładnego rozdzielenia obiegów wodnych i zastosowania przepływów przeciwprądowych

4. Gromadzenie wody sklarowanej do zastosowania w instalacji do odbarwiania makulatury (flotacja)

   Dążenie do zmniejszenia zanieczyszczenia wód jest ściśle związane z odzyskiem i zawracaniem wody obiegowej w celu zmniejszenia zużycia wody świeżej. W wyniku zwiększenia stopnia zamknięcia obiegu wodnego otrzymuje się mniejszą ilość bardziej stężonych ścieków, które ogólnie rzecz biorąc mogą być oczyszczane bardziej efektywnie. Zmniejszenie ilości wody obiegowej zwiększa również możliwość zastosowania zaawansowanych technologii. Zmniejszenie poboru wody świeżej może zatem spowodować zmniejszenie zrzutów do wód powierzchniowych. Ilość pobieranej wody świeżej zależy głównie od wymagań odnośnie jakości produktu, rodzaju papieru i konstrukcji układu wodnego w papierni (stanu zakładu). Świeża woda jest zużywana głównie do natrysków. Ponadto, poziom zużycia wody świeżej zależy od wiedzy na temat gospodarki wodnej oraz od motywacji całej załogi do wspierania wizji pracy w papierni zużywającej możliwie jak najmniej wody. Nadmiar wody podsitowej i innej zanieczyszczonej wody obiegowej jest odprowadzany z układu i oczyszczany biologicznie.

5. Instalacja zbiorników egalizujących i wstępne oczyszczanie ścieków. Metody te są stosowane w prawie wszystkich papierniach i są warunkiem wstępnym dobrej i stabilnej pracy biologicznej oczyszczalni ścieków. Jednakże stosowanie tylko wstępnego (mechanicznego) oczyszczania ścieków jest niewystarczające i nie jest uważane za BAT.

6. Tlenowe, biologiczne oczyszczanie ścieków. Jest to rozwiązanie, preferowane w przypadku wytwarzania papieru z masy odbarwianej oraz, w zależności od warunków, również dla papierów z masy nieodbarwianej. Dostępnych jest wiele różnych możliwości oczyszczania, pozwalających uzyskać dobre wyniki pod względem zmniejszenia ładunku substancji organicznych, odprowadzanego do odbiorników. Wybór sposobu oczyszczania zależy głównie od początkowego stężenia, właściwości ścieków i koniecznej do uzyskania skuteczności oczyszczania. Właściwa konstrukcja i konserwacja oczyszczalni ścieków jest podstawowym warunkiem właściwej pracy układu biologicznego. W tabeli 6.8 przedstawiono skuteczności usuwania ładunków zanieczyszczeń związane z BAT, w zależności od stężenia początkowego i wybranego układu oczyszczalni. Wspólne oczyszczanie ścieków z papierni lub z konsorcjum papierni, w komunalnej oczyszczalni ścieków, jest również uważane za BAT, jeżeli uzyskiwane są w jego wyniku porównywalne skuteczności usuwania zanieczyszczeń.

7. Kombinowane beztlenowe i tlenowe biologiczne oczyszczanie ścieków. Jest to sposób preferowany dla fabryk wytwarzających papier z masy nieodbarwianej. Muszą one zwykle oczyszczać ścieki bardziej zanieczyszczone, z powodu większego stopnia zamknięcia obiegu i/lub większej zawartości rozpuszczonych substancji organicznych, przedostających się do wody w procesie przygotowania masy. Technika beztlenowego oczyszczania może być również stosowana dla ścieków z instalacji DIP. Oczyszczanie beztlenowe nigdy nie jest stosowane jako samodzielna technika, zawsze po nim następuje oczyszczanie tlenowe. W porównaniu z samym oczyszczaniem tlenowym, podczas oczyszczania kombinowanego powstaje znacznie mniej osadu nadmiernego (patrz sposoby zmniejszenia ilości odpadów stałych, poniżej).

8. Częściowe zawracania oczyszczonych ścieków po oczyszczalni biologicznej. Możliwy stopień zawracania ścieków zależy od określonych rodzajów wytwarzanego papieru.

W przypadku papierów z masy nieodbarwianej, ten sposób jest uważany za BAT. Należy jednak dokładnie rozważyć wszystkie zalety i wady tej metody, która zwykle wymaga dodatkowego doczyszczania (oczyszczanie końcowe).

9. Oczyszczanie obiegów wewnętrznych. Techniki te powinny być wzięte pod uwagę wówczas, gdy planuje się modernizację wyposażenia lub gdy lokalne wymagania ochrony środowiska są zaostrzone. Zwykle oczyszcza się tylko cząstkowe strumienie wody, z których trzeba usunąć określone substancje. Mimo, że w Europie pracuje kilka instalacji do wytwarzania papierów z nieodbarwionej masy makulaturowej z wewnętrznym (in-line) oczyszczaniem biologicznym zamkniętego obiegu wodnego, technika ta nie jest jeszcze uważana za BAT. Wynika to z faktu, że problemy, powodowane wytrącaniem się węglanu wapnia w rurociągach i w basenie napowietrzanym, wciąż jeszcze czekają na zadowalające rozwiązanie techniczne.

Przy założeniu, że konstrukcja i przepustowość oczyszczalni ścieków jest odpowiednia oraz jej działanie jest właściwe, za poziomy emisji związane z kombinacją BAT uważa się wartości przedstawione w tabeli 6-10. W ściekach zawarte są ładunki pochodzące z procesów rozwłókniania, bielenia (w przypadku papierów wytwarzanych z masy odbarwionej) oraz wytwarzania papieru.
Pomimo dużej różnorodności wytworów papierowych, produkowanych z makulatury, można stwierdzić, że papiernie, które wdrożyły BAT osiągają stosunkowo zbliżone poziomy emisji do wody. Dlatego też, jeżeli chodzi o zrzuty po właściwym oczyszczeniu ścieków z papierni wytwarzających różne produkty, nie stwierdzono dalszych znacznych różnic między różnymi rodzajami papierów.

Tabela 6-10. Średnie roczne poziomy emisji i zużycia związane z zastosowaniem BAT dla zintegrowanych papierni przerabiających RCF (>50% RCF), stosujących odbarwianie (np. papier gazetowy, papier do kopiowania, tektura pudełkowa w niewielu przypadkach) i nie stosujących odbarwiania (np. testliner z białym pokryciem, testliner, papier na falę)

Parametr	Jednostki	Bez odbarwiania[4)]	Z odbarwianiem[1)]	Bibułka higieniczna z RCF
BZT_5	kg/t papieru	<0,05÷0,15[5)]	<0,05÷0,2[5)]	<0,05÷0,5[5)]
ChZT	kg/t papieru	0,5÷1,5	2,0÷4,0	2,0÷4,0
Zawiesina	kg/t papieru	0.05÷0,15	0,1÷0,3	0,1÷0,4
AOX	kg/t papieru	<0,005	<0,005	<0,005
Fosfor ogólny	kg/t papieru	0,002÷0,005[2)]	0,005÷0,01[2)]	0,005÷0,015[2)]
Azot ogólny	kg/t papieru	0,02÷0,05[2)]	0,05÷0,1[2)]	0,05÷0,25[2)]
Ilość ścieków	m^3/t papieru	<7	8÷15	8÷25[3)]

Uwagi wyjaśniające:
1) Może być stosowana mieszanina innych mas włóknistych (takich jak ścier, TMP lub CTMP), w ilościach sięgających 0-30 % składu włóknistego zawiesiny masy
2) Emisje azotu i fosforu zależą od optymalnej dawki tych substancji odżywczych, dodawanych w biologicznej oczyszczalni ścieków. W celu osiągnięcia niskich emisji wymagane jest bardzo dokładne dostosowywanie dawki tych substancji.
3) W przypadku produkcji bibułki higienicznej występuje wiele czynników, które mogą prowadzić do nieco większego jednostkowego zużycia wody: niższe gramatury wytwarzanego papieru (poniżej 12 g/m^2), wyższa czystość produktu, częste zmiany rodzaju lub barwy, mniejsze prędkości maszyn papierniczych oraz stosowanie procesów wymagających większej ilości natrysków wysokociśnieniowych. W związku z tym, w przypadku bibułki tissue, za BAT uważa się zapotrzebowanie wody, wynoszące 8 – 25 m^3/t .
4) Wytwarzanie powlekanej tektury pudełkowej wymaga nieco więcej wody niż, np. testlinera, papieru na falę lub niepowlekanej tektury pudełkowej (7-15 m^3/t). W związku z tym, górna granica zakresu emisji związanego z BAT odnosi się do powlekanej tektury pudełkowej.
5) Dolna granica zakresu emisji BZT wskazuje na prawie całkowite usunięcie substancji organicznych ulegających rozkładowi biologicznemu. Powinna być rozumiana jako taka, a nie przyjmowana za konkretną wartość.

Emisje do wody, przedstawione są tylko dla trzech różnych grup: wytwarzania papieru bez odbarwiania; z odbarwianiem oraz bibułek higienicznych na bazie RCF. Jeżeli chodzi o emisje do wody, to różnice między różnymi rodzajami papieru nie są duże. Na przykład, fabryka, wytwarzająca papiery drukowe i do pisania na bazie RCF, może osiągać podobne zakresy emisji jak wytwórnia papieru gazetowego na bazie RCF.

Redukcja wskaźników zanieczyszczeń w oczyszczalni biologicznej oczyszczającej ścieki z przerobu makulatury:

BZT_5: W dobrze zaprojektowanej oczyszczalni ścieków, BZT ze ścieków z papierni przerabiającej RCF, jest usuwane prawie całkowicie (powyżej 95%), pod warunkiem, że stosunek węgiel-fosfor-azot oraz zasilanie tlenem są utrzymywane na dostatecznym poziomie i dobrze kontrolowane. Poziomy BZT_5 leżą zwykle znacznie poniżej 25 mg BZT_5/l i mogą osiągnąć wartości niższe niż 5 mg/l, tzn. zostać prawie całkowicie usunięte. Poziom BZT, wynoszący około 5 mg/l, jest bardzo trudno zmierzyć dokładnie i z dobrą powtarzalnością. Należy je traktować jako wartości bliskie granicy wykrywalności. W zależności od przepływu wody, te granice odpowiadają odpowiednio <0,05 kg BZT_5/t oraz 0,3 kg BZT_5/t.

ChZT: W przypadku stosowania odbarwiania, emisje ChZT są wyższe niż wtedy, gdy się tego procesu nie stosuje. Na ostateczny ładunek zanieczyszczeń, wpływ mają takie czynniki, jak wykorzystywane surowce, rodzaj wytwarzanego papieru, stosowane rozwiązania, zintegrowane z procesem i zewnętrzne oraz ilość wody zużywanej na tonę produktu. W przypadku stosowania BAT, osiągalne stężenia ChZT zawierają się w granicach od poniżej 100 mg/l do 200 mg /l (bez odbarwiania) i od 200 mg/l do 300 mg/l (z odbarwianiem).

Zawiesina: W warunkach normalnej eksploatacji, woda z oczyszczalni biologicznej jest w znacznym stopniu oczyszczona. Zawartość zawiesiny zawiera się w zakresie od poniżej 10 do 30 mg/l. Odpowiada to zrzutowi 0,1 – 0,3 kg zawiesiny/t. Wartości zależą od powierzchniowego obciążenia oczyszczalni biologicznej oraz od charakterystyki biomasy.

AOX: Obecnie, zrzuty chlorowcopochodnych związków organicznych są bardzo niskie, ponieważ w ciągu ostatnich lat znacznie obniżyła się zawartość chloru w papierze, który jest zawracany w postaci makulatury. W papierniach, wykorzystujących włókna pierwotne, zwykle stosowane są masy ECF lub TCF, co znajduje odzwierciedlenie w niższych emisjach AOX z papierni przerabiających RCF. Oczyszczanie metodą osadu czynnego powoduje dalsze obniżenie AOX - o 30 do 50%. Zrzuty chlorowcopochodnych związków organicznych z papierni RCF, w zależności od rodzaju makulatury i stosowanych dodatków chemicznych, wynoszą poniżej 0,3 mg/l lub poniżej 0,004 kg/t.

Azot i fosfor: W oczyszczalni biologicznej zwykle dodawane są mineralne substancje odżywcze, w celu utrzymania równowagi C : P : N, która ma decydujący wpływ na wzrost czynnej biomasy. W celu znalezienia i utrzymania równowagi między, ulegającymi rozkładowi biologicznemu, związkami węgla, azotu i fosforu, potrzebne jest bardzo dokładne dostosowywanie dawki substancji odżywczych. Fosfor jest zwykle dodawany w postaci kwasu fosforowego, a azot w postaci mocznika. Jeżeli układ został dobrze zoptymalizowany, osiągalne są zrzuty substancji odżywczych znacznie poniżej 1 mg P_{og}/l i 5 mg N_{og}/l. Odpowiednie ładunki wynoszą 0,005 – 0,01 kg P/t oraz 0,05 – 0,1 kg N/t, w przypadku stosowania odbarwiania oraz nieco mniej dla fabryk nie stosujących odbarwiania, w związku z mniejszym zużyciem wody.

6.5.2. Środki umożliwiające zmniejszenie emisji do powietrza

W papierniach, przerabiających RCF, emisje do powietrza pochodzą głównie z wytwórni ciepła i energii elektrycznej. A zatem, oszczędzanie ciepła i energii elektrycznej oznacza zmniejszenie emisji do powietrza. Wytwórnie energii są to zwykle standardowe kotły, które mogą być traktowane jak wszystkie inne elektrociepłownie. Następujące rozwiązania umożliwiają zmniejszenie emisji do powietrza:

1. Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej.
2. Modernizacja istniejących kotłów parowych poprzez wprowadzenie technologii, umożliwiającej niską emisję NO_x oraz stosowanie paliw o niskiej zawartości siarki, w celu ograniczenia jej emisji.
3. Zmniejszanie emisji pyłów na drodze odpylania gazów spalinowych z kotłów pomocniczych (w których spalane są biopaliwa i/lub paliwa kopalne) w skutecznych elektrofiltrach.
4. Wykorzystywanie do wytwarzania energii zasobów odnawialnych, takich jak drewno, odpady drewna lub inny rodzaj biomasy, w celu zmniejszenia emisji CO_2, pochodzącego z paliw kopalnych.

Poziomy emisji, związane z BAT, z pomocniczych kotłów do spalania własnych biopaliw i/lub różnych paliw kopalnych, podano w tabeli 6.7.

W przypadku papierów powlekanych, za BAT uważany jest staranny dobór receptur mieszanek powlekających. W ten sposób, można uniknąć lub zmniejszyć emisje lotnych związków organicznych i niektórych substancji, takich jak np. akrylonitryl lub aldehyd mrówkowy, które mogą występować w powietrzu, odprowadzanym z powlekarek. Szczególnie, należy unikać receptur, mogących zawierać związki rakotwórcze.

6.5.3. Techniki umożliwiające oszczędność energii

W sektorze produkcji papieru z włókien wtórnych, ogólnie za BAT uważa się stosowanie technologii energooszczędnych. Dostępnych jest wiele rozwiązań, umożliwiających oszczędzanie energii w wielu stadiach procesu wytwarzania. Rozwiązania te są zwykle związane z nakładami inwestycyjnymi na wymianę, przebudowę lub modernizację wyposażenia. W związku z ekonomiką skali, mniejsze fabryki są w mniejszym stopniu zdolne do inwestowania w nowe, energooszczędne technologie.

Należy zauważyć, że środki umożliwiające oszczędność energii są z reguły stosowane nie tylko w celu oszczędzania energii. Najważniejszą podstawą inwestowania są wydajność produkcji, poprawa jakości produktu i zmniejszenie kosztów ogólnych. Technologie energooszczędne mogą więc być uważane za techniki, które łączą ze sobą wiele aspektów papiernictwa.

Dostępne są następujące rozwiązania umożliwiające zmniejszenie zużycia energii:

1. Wdrożenie systemu monitoringu zużycia i sprawności energetycznej. Na podstawie rzetelnej informacji o sprawności energetycznej można podjąć odpowiednie działania. Gospodarka energetyczna obejmuje ustalanie, kontrolowanie, przeglądanie i korektę planowanej sprawności energetycznej.

2. Modernizacja wyposażenia. Podczas wymiany wyposażenia stosować wyposażenie energooszczędne przystosowane do automatycznego sterowania w miejsce konwencjonalnych układów regulacji ręcznej. Automatyczne systemy sterowania są bardziej skuteczne, co może się przyczyniać do dokładniejszego prowadzenia procesu i oszczędności energii.
3. Zastosowanie beztlenowego oczyszczania ścieków. Zużycie energii jest 10 razy mniejsze niż w przypadku oczyszczania tlenowego, a wytworzony metan może być wykorzystany jako paliwo. Jednakże, zastosowanie oczyszczania beztlenowego jest możliwe tylko w przypadkach gdy ścieki spełniają określone wymagania.

Dalsze techniki umożliwiające zmniejszenie zużycia energii, które dają się zastosować ogólnie rzecz biorąc w każdej papierni wymieniono w rozdziale 6.3.3.

6.6. Techniki zrównoważonej gospodarki odpadami

6.6.1. Techniki minimalizacji ilości odpadów stałych

1. Minimalizacja generowania odpadów stałych oraz odzyskiwanie, recykling i ponowne użycie tych materiałów w miarę możliwości
2. Oddzielne gromadzenie frakcji odpadów przy ich źródle oraz, jeżeli jest to konieczne, przejściowe magazynowanie pozostałości/odpadów w celu umożliwienia właściwego ich zagospodarowania
3. Ograniczenie strat włókien i wypełniaczy

   Odzysk włókien jest możliwy w obrębie maszyny papierniczej. Oczyszczanie nadmiaru wody obiegowej, polegające na oddzieleniu cząstek stałych, prowadzi się w wyławiaczach włókien, zwykle filtrze bębnowym lub tarczowym czy też zespołach flotacji drobnopęcherzykowej. Cząstki stałe zbiera się i zawraca do kadzi zasilających maszynę papierniczą. Woda sklarowana, zazwyczaj zbierana jest w postaci frakcji czystej oraz mętnej, i zawracana do odpowiednich zastosowań w maszynie papierniczej: rozcieńczanie masy w układzie przygotowania masy dla maszyny, rozcieńczanie braku własnego, natryski maszyny papierniczej. Techniki odzyskiwania włóknistej frakcji drobnej w procesie przygotowania masy papierniczej nie mają zastosowania przy produkcji bibułki higienicznej, ponieważ frakcja ta nie może być użyta do wyrobu bibułki.

   Filtr tarczowy jest skutecznym rozwiązaniem, zapewniającym osiągnięcie wysokiego poziomu odzysku włókien i wypełniaczy. Umożliwia on skuteczny rozdział wody podsitowej na części czystą i mętną. W papierniach o domkniętych obiegach może być wydzielona nawet super-czysta frakcja dla szczególnych zastosowań. Taki super klarowny filtrat z filtru tarczowego może zawierać 10-20 mg/l zawiesiny cząstek stałych, a filtrat klarowny 20-50 mg/l cząstek stałych, dla porównania filtraty z filtrów konwencjonalnych zawierają ponad 50 mg/l zawiesiny. Klarowny filtrat może być zastosowany do natrysków w części mokrej, zmniejszając w ten sposób zużycie wody świeżej. Reszta frakcji czystej oraz filtrat mętny mogą być wykorzystane do rozcieńczania masy przed wlewem, w tak zwanym krótkim obiegu lub do rozcieńczania braku własnego, a w papierniach zintegrowanych w procesie wytwarzania masy włóknistej. Tak więc zależnie od sytuacji po wdrożeniu działań usprawniających nawet

10-20 kg masy papierniczej/ADt (i dodatkowo wypełniaczy, jeśli były stosowane) zawraca się do strumienia zasilającego maszynę. Równoważna ilość masy, bez wdrożenia powyższych działań, byłaby odprowadzana do ścieków wraz z nadmiarem wody podsitowej.

Pojemności magazynowe kadzi braku własnego i wody podsitowej wywierają wpływ na gospodarkę odpadową i wodną. Wymiary kadzi winny pozwalać na zmagazynowanie w nich braku własnego odpowiadającego co najmniej 2-3 godzinnemu przepływowi strumienia zasilającego maszyny. Pozwala ona na odzyskanie frakcji o wysokiej zawartości włókna. Zmniejsza to częstotliwość oraz czas trwania nagłych, maksymalnych stężeń włókna lub przelewów do ścieków spowodowanych przyczynami hydraulicznymi.

Całkowite straty substancji stałej w maszynie papierniczej, w odrzutach z przygotowania masy dla maszyny, w nadmiarze wody podsitowej odprowadzanym do ścieków, w części prasowej maszyny, a także w przelewach masy ze zbiorników – w przeliczeniu na suchą substancję stałą wynoszą do 10 do 100 kg/ADt. W lepiej funkcjonujących papierniach straty osiągają wartości 10-20 kg/ADt (to jest 1-2%) dla wielu rodzajów papieru.
Stosowanie w papierni technik odzyskiwania substancji stałych oznacza, że odpowiedni ładunek zanieczyszczeń stałych nie będzie kierowany do wstępnego oczyszczania ścieków i nie trafi do usuwanego osadu.

Dzięki obniżeniu emisji zawiesiny ciał stałych poprawia się działanie zewnętrznej oczyszczalni ścieków. Mniej osadu powstaje we wstępnym oczyszczaniu ścieków. Odzyskane włókna i cząstki wypełniacza pozostają w produkcie finalnym, więc nie trzeba się nimi zajmować jako odpadami. Wyższy stopień odzyskania włókna i wypełniaczy należy również rozważać w kontekście oszczędności surowców i energii niezbędnych dla wytworzenia tych materiałów. Jest to zatem technika ograniczająca oddziaływanie na środowisko jako całość.

4. Optymalizacja ilości stopni oczyszczania w ciągu przygotowania masy. Rozwiązania tego rodzaju są szczególnie istotne przy produkcji papieru z włókien wtórnych.
5. Beztlenowe, wstępne oczyszczanie ścieków z przerobu makulatury. W porównaniu z wyłącznie tlenowym oczyszczaniem ścieków, w wyniku oczyszczania kombinowanego - beztlenowo/tlenowego - powstaje znacznie mniej osadu nadmiernego.
6. Efektywna obróbka odrzutów i osadów na miejscu (odwadnianie), w celu poprawy przydatności do spalania. Zawartość suchej substancji w odrzutach i osadach po odwodnieniu zależy głównie od ich właściwości oraz wyposażenia technicznego, zastosowanego do odwadniania. Wyższa zawartość suchej substancji oznacza zwykle niższe koszty transportu oraz wyższą wartość cieplną osadu.
7. Spalanie wszystkich bezpiecznych materiałów organicznych (kory, odpadów drzewnych, odrzutów i osadów ściekowych) w kotle pomocniczym
8. Zewnętrzne wykorzystanie resztek/odpadów jako materiałów zastępczych w leśnictwie, rolnictwie lub w innych przemysłach, w miarę możliwości.

Należy zwrócić uwagę, że niewiele jest szczegółowych i godnych zaufania informacji na temat ilości wytwarzanych odpadów stałych. Występuje brak danych statystycznych oraz dla różnych frakcji odpadów stosuje się w Europie różne określenia. Obszar ten wymaga

ujednolicenia i harmonizacji terminologii. Niektóre kraje podają w sprawozdaniach tylko te odpady stałe – głównie nieorganiczne - których nie można poddać recyklingowi lub ponownemu użyciu, ale muszą być odprowadzane na składowisko. W innych przypadkach dane liczbowe zawierają również frakcje odpadów, które są poddawane recyklingowi zewnętrznemu. W związku z powyższym dane są często trudne do interpretacji i dokonywania porównań. W dokumencie BREF dane liczbowe dotyczące ilości wytwarzanych odpadów stałych są bardzo ograniczone oraz nie podano standardów BAT dla ilości odpadów stałych wywożonych na składowiska.

6.6.2. Metody utylizacji wytworzonych odpadów stałych

Znaczna część powstających odpadów złożonych głównie z substancji organicznych jest obecnie kierowanych do spalania z odzyskiem energii. Dotyczy to głównie kory i odpadów drzewnych a także w coraz większym stopniu osadów z oczyszczania ścieków.

Do spalania biopaliw (kora, resztki drewna, odpadowe osady i odrzuty) zalecane jest stosowanie technologii kotła ze złożem fluidalnym. Technologia ta w zastosowaniu do paliw o niższej wartości opałowej niż typowe paliwa stałe jest bardziej uniwersalna, bardziej wydajna i nisko emisyjna w porównaniu z konwencjonalnymi kotłami z rusztem mechanicznym.

Kora i odpady drzewne

Kora i pozostałości drewna z jego obróbki stanowią cenne odnawialne źródło energii - biopaliwo. Powinny być spalane w kotłach z odzyskiem energii, w związku z czym należy je uważać za odpady tylko w przypadku gdy nie są spalane i muszą być w sposób ciągły odprowadzane na składowisko. Popiół z kotłów korowych zawiera pożywki pochodzące z surowca drzewnego i może być stosowany jako nawóz o ile nie jest zanieczyszczony metalami ciężkimi jak Hg, Cd i Pb.

Osady z oczyszczania ścieków

Osady ściekowe są zazwyczaj zagęszczane i odwadniane na prasie filtracyjnej, prasie śrubowej lub filtrze próżniowym. Często osad nadmierny z oczyszczania biologicznego jest mieszany przed odwadnianiem z osadem z osadników wstępnych oraz korą. Do poprawy odwadnialności osadu są stosowane różnorodne nieorganiczne i/lub organiczne chemikalia. Mieszane osady mogą być odwodnione do zawartości suchej substancji; 25-35% za pomocą prasy filtracyjnej i do 40-50% za pomocą prasy śrubowej, przy zastosowaniu pary wodnej w stopniu wstępnym. Możliwy do osiągnięcia stopień odwodnienia osadów zależy, do pewnego stopnia, od udziałów ilościowych osadów biologicznych i wstępnych w mieszaninie oraz od zawartości popiołu i włókien. W niektórych papierniach osad po odwodnieniu jest dodatkowo suszony.

Osady pochodzące z wytwórni mas mechanicznych można odwodnić do zawartości suchej substancji ok. 75% poprzez zastosowanie efektywnej prasy osadu a następnie procesu suszenia z wykorzystaniem ciepła odpadowego z głównego procesu (np. gorącego powietrza) Takie rozwiązanie daje istotną redukcję ilości odpadów do zagospodarowania i jest racjonalne, szczególnie gdy odpady mają być transportowane do dalszego przerobu. Osady

z osadników wstępnych pochodzące z oczyszczania ścieków z wytwórni mas mechanicznych mogą być wykorzystane jako dodatkowy materiał w przemyśle materiałów budowlanych (ceglarskim).

Obecnie najważniejszym sposobem utylizacji odwodnionych osadów ściekowych jest spalanie.

Spalanie osadów ściekowych daje wynik produkcji energii netto ok. zera lub ujemny, gdy zawartość suchej substancji w osadzie wynosi poniżej 40% i gdy osady zawierają duże ilości substancji mineralnych. W celu uzyskania i utrzymania dobrych warunków spalania często konieczne jest mieszanie osadów z korą lub innymi odpadami drzewnymi lub stosowanie dodatkowego paliwa. Spalanie redukuje znacząco objętość odpadów a pozostałości mineralne w postaci popiołu są odprowadzane na składowisko. Popioły powstałe ze spalania osadów ze ścieków papierniczych mogą być wykorzystane jako surowiec w przemyśle materiałów budowlanych.

Osady ze strącania chemicznego charakteryzują się wysoką zawartością substancji nieorganicznych i wody, przez co nie mogą być spalane oddzielnie bez zastosowania dopalania dodatkowym paliwem. W związku z tym osady te są często odprowadzane na składowisko odpadów. Natomiast osady z flokulacji, do której zastosowano tylko syntetyczne organiczne polielektrolity, są odpowiednie do spalania.

Uregulowania prawne Unii Europejskiej (dyrektywa 1999/31/EC tzw. Landfill Diective) zmierzają w kierunku zdecydowanego ograniczenia ilości biodegradowalnych odpadów organicznych odprowadzanych na składowisko. Zgodnie z tą dyrektywą (Art. 5, par.1) kraje członkowskie Unii Europejskiej są zobowiązane do ustanowienia narodowej strategii redukcji ilości biodegradowalnych odpadów umieszczanych na składowiskach. Art. 5 par.2 określa wymagane poziomy sukcesywnej redukcji ilości tych odpadów w latach 2006 do 2016. Już obecnie wiele krajów członkowskich Unii Europejskiej wdrożyło narodowe strategie i systemy ograniczenia ilości ostatecznych odpadów o wysokiej zawartości składników organicznych.

6.7. Techniki BAT dotyczące stosowania chemikaliów

1. Dostępność bazy danych dla wszystkich użytych chemikaliów i dodatków zawierającej informacje o składzie chemicznym substancji, podatności na rozkład, toksyczności dla ludzi i środowiska oraz zdolności do bioakumulacji.
2. Stosowanie zasady zastępowania (substytucji) tzn. stosowanie mniej szkodliwych materiałów/produktów, jeśli jest to możliwe.
3. Środki pozwalające uniknąć przypadkowych zrzutów zanieczyszczeń do ziemi i wody podczas operacji manipulowania i magazynowania substancji chemicznych. Projektowanie i eksploatacja urządzeń w sposób, który uniemożliwi wydostawanie się niebezpiecznych substancji z układu.

   Do środków tych można zaliczyć m.in.: stosowanie szczelnych nawierzchni w miejscach narażonych na wycieki substancji chemicznych, stosowanie wanien lub wymurówek w krytycznych miejscach pod urządzeniami i zbiornikami, dysponowanie wystarczającą pojemnością magazynową na wypadek awarii lub zakłóceń w procesach technologicznych.

6.8. Techniki ochrony klimatu akustycznego

Najlepsze dostępne techniki stanowią stosowanie środków zaradczych dających w efekcie obniżenie poziomu hałasu na zewnątrz (w otoczeniu) zakładu. Stosowane rozwiązania zależą w znacznym stopniu od specyfiki zakładu oraz warunków lokalizacyjnych. Możliwe do zastosowania środki zaradcze obejmują:

- stosowanie maszyn i procesów o niskim poziomie hałasu,
- uwzględnianie problemu hałasu już w fazie planowania / projektowania rozwoju instalacji,
- ograniczenie wytwarzania i przenoszenia hałasu,
- zmniejszenie emisji dźwięku poprzez np.: stosowanie tłumików dźwięku, rezonatorów rurowych, osłon dźwiękoszczelnych,
- konserwacja maszyn i wyposażenia do izolowania akustycznego.

Podejmując środki zaradcze w celu zmniejszenia hałasu należy skupić się na ważniejszych źródłach hałasu, zwłaszcza na wszystkich otworach w dachach i ścianach. Najlepszym rozwiązaniem jest ograniczenie hałasu w miejscu jego powstawania. Gdy jest to niemożliwe, mogą okazać się potrzebne dźwiękoszczelne osłony lub tłumiki dla głośno pracujących urządzeń. Na przykład hałas generowany przez korowalnię można ograniczyć za pomocą zastosowania specjalnych osłon izolacyjnych. Inne przykłady działań zmierzających do ograniczania hałasu na zewnątrz to instalowanie pochłaniających dźwięk wyciszaczy i/lub rezonatorów rurociągów, których zadaniem jest redukcja poziomu hałasu tworzonego przez wentylatory powietrza odlotowego oraz przez pompy próżniowe. Przykładem może być również montowanie urządzeń do wyciszania oraz okapturzeń z izolacją dźwiękową dla wentylatorów pracujących na dachu budynku, itp. To, jakie rozwiązania zostaną zastosowane, zależy w dużym stopniu od konkretnego problemu z hałasem w danej papierni, a także od określonych celów jego ograniczania, które zazwyczaj są dużo bardziej wymagające wówczas, gdy papiernia jest umiejscowiona w pobliżu obszaru zamieszkałego.

W pewnym stopniu dostawcy urządzeń zareagowali na problemy hałasu i wibracji, opracowując ciszej pracujące urządzenia wyposażenia papierni oraz bardziej efektywne urządzenia do wyciszania hałasu. Działania te ogniskują się wokół środków zmierzających do osłabienia hałasu u źródła, a ich celem jest zarówno zapobieganie powstawaniu hałasu już w fazie projektowania urządzeń jak i osłabianie hałasu w urządzeniach już pracujących. Docelowe poziomy, do których należy osłabiać hałas zależą od lokalizacji papierni oraz od krajowego ustawodawstwa w tym zakresie.

Eliminacja hałasu w większości wypadków jest stosunkowo kosztowna. Dlatego ważne jest by planowanie metod zmniejszenia hałasu odbyło się we wczesnej fazie inwestycji. Kiedy występuje potrzeba wytłumienia już istniejących źródeł hałasu, koszty tłumików i izolacji dźwiękowej mogą być wysokie.

7. MINIMALNE WYMAGANIA CHARAKTERYZUJĄCE NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI

Realizacja produkcji mas włóknistych i papieru z zastosowaniem odpowiedniego zestawu najlepszych dostępnych technik pozwala na minimalizację zużycia zasobów i energii oraz ograniczenie emisji zanieczyszczeń do środowiska. Przedstawione w rozdziale 6 sposoby zapobiegania i/lub ograniczania oddziaływania instalacji do wytwarzania papieru na środowisko – techniki BAT – nie należy traktować jako jedyne i obligatoryjne. Każda inna technika, która daje pożądany skutek środowiskowy, tzn. pozwala na uzyskanie wskaźników emisyjnych, może być uznana za BAT.

Poniżej przedstawiono najwyższe wartości, charakterystycznych dla branży celulozowo-papierniczej, wskaźników zużycia / emisji, które są jeszcze uważane za odpowiadające BAT. Wartości te określają minimalne wymagania wynikające ze stosowania najlepszych dostępnych technik w produkcji mas włóknistych i papieru.

We wszystkich sektorach przemysłu papierniczego za BAT uważa się stosowanie technologii energooszczędnych. Odpowiednim narzędziem oceny technologii pod względem energochłonności są wskaźniki zużycia energii cieplnej i elektrycznej na wytworzenie jednostki produktu.

7.1. Emisje zanieczyszczeń do powietrza i do wód oraz zużycie zasobów

7.1.1. Wytwarzanie masy celulozowej siarczanowej niebielonej i papieru w wytwórni zintegrowanej

Emisje do powietrza

Wartości wskaźników emisji zanieczyszczeń do powietrza określające minimalne wymagania BAT dla zintegrowanej wytwórni masy celulozowej siarczanowej i papieru zestawiono w tabeli 7-1. Zintegrowana wytwórnia zazwyczaj eksploatuje własne instalacje energetyczne.

Techniki, które pozwalają na spełnienie wymagań BAT – techniki omówione w rozdziale 6.3.2. a w szczególności:

- Kocioł sodowy, wyposażony w skruber do zatrzymywania emisji SO_2,
- Stosowanie technologii zagęszczania ługu czarnego do zawartość suchej substancji powyżej 70% (koncentratory),
- Niska zawartość siarki w ługu czarnym lub zoptymalizowana technologia spalania, pozwalająca utrzymywać niską emisję SO_2 z kotła sodowego,
- Stosowanie wysoko-wydajnej oksydacji ługu czarnego w przypadku eksploatacji kotła sodowego z wyparką kaskadową (bezpośrednią),
- Skuteczny system unieszkodliwiania gazów złowonnych: destrukcja termiczna w wydzielonym piecu lub piecu wapiennym, efektywne układy absorpcji w roztworach alkalicznych z zawracaniem tych roztworów do obiegu chemikaliów,
- Stosowanie skrubera SO_2 na piecu wapiennym w przypadku spalania w nim gazów złowonnych
- Wydajne mycie szlamu pokaustyzacyjnego przed piecem wapiennym.

Tabela 7-1. Wielkości określające minimalne wymagania BAT odnoszące się do powietrza dla zintegrowanej wytwórni masy celulozowej siarczanowej i papieru

Główne źródła emisji technologicznych w celulozowni	Wielkości emisji do powietrza – minimalne wymagania BAT							
	Pyły		SO_2 jako S		NO_x jako NO_2		TRS jako S	
	kg/ADt	mg/Nm^3	kg/ADt	mg/Nm^3	kg/ADt	mg/Nm^3	kg/ADt	mg/Nm^3
Wszystkie źródła emisji technologicznych łącznie	**0,5**		**0,4** [1), 2)] **0,6** [3)]		**1,5** [5)] **1,9** [6)]		**0,2** [1), 2)] **0,3** [3)]	
Kocioł sodowy	0,45	50	0,4 [1)] < 0,1 [2)] 0,5 [3)]	50 [1)] 10 [2)] 60 [3)]	1,1	120	< 0,05 [1), 2)] 0,2 [3)]	< 10 [1), 2)] < 40 [3)]
Piec wapienny	0,05	50	0,03 [4)] 0,3 [5)]	30 [4)] 300 [5)]	0,2 [6)] 0,6 [7)]	200 [6)] 600 [7)]	< 0,03 [4)] < 0,06 [5)]	< 10 [4)] < 20 [5)]
Piec do gazów TRS	-	-	skruber SO_2 o skuteczności > 90%		0,2	-	-	-

Kotły energetyczne	mg/Nm^3	mg S/MJ	mg NO_x/MJ
Opalane węglem	30 (elektrofiltr, 6% O_2)	200 (100) [8)]	110 (80) [9)]
Opalane olejem ciężkim (mazut)	40 (elektrofiltr, 3% O_2)	200 (100) [8)]	110 (80) [9)]
Opalane olejem lekkim	30 (3% O_2)	50	60
Opalane gazem	< 5 (3% O_2)	< 5	60
Opalane biopaliwem	30 (elektrofiltr, 6% O_2)	< 15	100 (70) [9)]

Uwagi:

1) kocioł sodowy wyposażony w skruber do zatrzymywania SO_2
2) wysokie stężenie ługu czarnego spalanego w kotle (>70%)
3) kocioł sodowy o starszej konstrukcji; stężenie s.s.<70% lub kocioł z wyparką kaskadową
4) bez gazów złowonnych w piecu wapiennym
5) spalanie gazów złowonnych w piecu wapiennym, według BAT należałoby zastosować skruber do SO_2
6) piec opalany olejem
7) piec opalany gazem
8) gdy stosuje się skruber - dotyczy dużych instalacji
9) przy zastosowaniu procesu SNCR, dotyczy dużych instalacji

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Spalanie ługu czarnego o wysokiej zawartości siarki (np. produkcja masy przy siarczkowości ługu białego powyżej 35%) i niskiej zaw. suchej substancji (poniżej 62%) w kotle sodowym, bez skrubera i w niekontrolowanych warunkach,
- Spalanie ługu czarnego w kotle z wyparką bezpośrednią bez stosowania oksydacji ługu przed wyparką,
- Wypalanie szlamu pokaustyzacyjnego z wysoką zawartością resztkowych alkaliów (niska skuteczność mycia szlamu),
- Stosowanie urządzeń odpylających o niskiej skuteczności na kotle sodowym i piecu wapiennym.

Emisje do wód oraz zużycie wody i energii

Tabela 7-2. Wielkości określające minimalne wymagania BAT dla zintegrowanej wytwórni masy celulozowej siarczanowej niebielonej i papieru.
Wskaźniki zużycia energii należy traktować jako informacje / zalecenia dla wytwórni efektywnych energetycznie a nie jako standardy BAT [BREF dla przemysłu papierniczego].

Rodzaj wskaźnika		Jednostka miary	Wartość wskaźnika *
Emisja zanieczyszczeń do wód	ChZT	kg/ADt mg/l	10 400
	BZT_5	kg/ADt mg/l	0,7 25
	Zawiesina	kg/ADt mg/l	1,0 40
	Fosfor ogólny	kg/ADt mg/l	0,02 0,8
	Azot ogólny	kg/ADt mg/l	0,2 8
Zużycie wody		m^3/ADt	30
Ilość ścieków		m^3/ADt	25
Zużycie energii cieplnej		GJ/ADt	17,5 [1)] 23 [2)]
Zużycie energii elektrycznej		MWh/ADt	1,3 [1)] 1,5 [2)]

[1)] - produkcja papieru pokryciowego (kraftliner)
[2)] - produkcja papieru workowego
* - wartości średnie roczne
ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości ok. 93-95%

Techniki, które pozwalają na spełnienie wymagań BAT – techniki omówione w rozdziale 6.3.1 i 6.3.3.

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Mokre korowanie drewna z otwartym obiegiem wodnym do oczyszczalni biologicznej,
- Tylko mechaniczne (wstępne) oczyszczanie ścieków – brak oczyszczalni biologicznej,
- Niewłaściwa eksploatacja lub za mała przepustowość oczyszczalni biologicznej.

7.1.2. Wytwarzanie masy celulozowej siarczanowej bielonej w wytwórni niezintegrowanej

Emisje do powietrza

Wartości wskaźników emisji zanieczyszczeń ze źródeł technologicznych celulozowni do powietrza, określające minimalne wymagania BAT dla niezintegrowanej wytwórni masy celulozowej siarczanowej bielonej zestawiono w tabeli 7-3. Wskaźniki emisyjne nie różnią się od podanych w tabeli 7-1. dla masy niebielonej.

Techniki, które pozwalają / nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT – analogicznie jak w przypadku masy celulozowej niebielonej (rozdział 7.1.1.).

Emisje do wód oraz zużycie wody i energii

Tabela 7-4. Wielkości określające minimalne wymagania BAT dla niezintegrowanej wytwórni masy celulozowej siarczanowej bielonej.
Wskaźniki zużycia energii należy traktować jako informacje / zalecenia dla wytwórni efektywnych energetycznie a nie jako standardy BAT [BREF dla przemysłu papierniczego].

Rodzaj wskaźnika		Jednostka miary	Wartość wskaźnika *)
Emisja zanieczyszczeń do wód	ChZT	kg/ADt mg/l	23 400
	BZT_5	kg/ADt mg/l	1,5 25
	Zawiesina	kg/ADt mg/l	1,5 30
	AOX	kg/ADt mg/l	0,25 8
	Fosfor ogólny	kg/ADt mg/l	0,03 0,5
	Azot ogólny	kg/ADt mg/l	0,25 5
Zużycie wody		m^3/ADt	60
Ilość ścieków		m^3/ADt	50
Zużycie energii cieplnej		GJ/ADt	14
Zużycie energii elektrycznej		MWh/ADt	0,8
*) - wartości średnie roczne ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości ok. 93-95%.			

Techniki, które pozwalają na spełnienie wymagań BAT – techniki omówione w rozdziale 6.3.1 i 6.3.3.

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Mokre korowanie drewna,
- Bielenie masy celulozowej z użyciem chloru elementarnego
- Tylko mechaniczne (wstępne) oczyszczanie ścieków – brak oczyszczalni biologicznej,
- Niewłaściwa eksploatacja lub za mała przepustowość oczyszczalni biologicznej.

Tabela 7-3. Wielkości określające minimalne wymagania BAT odnoszące się do powietrza dla źródeł emisji technologicznych w celulozowni siarczanowej

Główne źródła emisji technologicznych w celulozowni	Wskaźniki emisji do środowiska							
	Pyły		SO_2 jako S		NO_x jako NO_2		TRS jako S	
	kg/ADt	mg/Nm^3	kg/ADt	mg/Nm^3	kg/ADt	mg/Nm^3	kg/ADt	mg/Nm^3
Wszystkie źródła emisji technologicznych łącznie	**0,5**		**0,4** [1), 2)] **0,6** [3)]		**1,5** [5)] **1,9** [6)]		**0,2** [1), 2)] **0,3** [3)]	
Kocioł sodowy	0,45	50	0,4 [1)] < 0,1 [2)] 0,5 [3)]	50 [1)] 10 [2)] 60 [3)]	1,1	120	< 0,05 [1), 2)] 0,2 [3)]	< 10 [1), 2)] < 40 [3)]
Piec wapienny	0,05	50	0,03 [4)] 0,3 [5)]	30 [4)] 300 [5)]	0,2 [6)] 0,6 [7)]	200 [6)] 600 [7)]	< 0,03 [4)] < 0,06 [5)]	< 10 [4)] < 20 [5)]
Piec do gazów TRS	-	-	skruber SO_2 o skuteczności > 90%		0,2	-	-	-

Uwagi:

[1)] - kocioł sodowy wyposażony w skruber do zatrzymywania SO_2

[2)] - wysokie stężenie ługu czarnego spalanego w kotle (>70%)

[3)] –kocioł sodowy o starszej konstrukcji; stężenie s.s. <70% lub kocioł z wyparką kaskadową

[4)] - -bez gazów złowonnych w piecu wapiennym

[5)] - spalanie gazów złowonnych w piecu wapiennym, według BAT należałoby zastosować skruber do SO_2

[6)] - piec opalany olejem

[7)] - piec opalany gazem

7.1.3. Wytwarzanie masy celulozowej siarczanowej bielonej i papieru bezdrzewnego niepowlekanego w wytwórni zintegrowanej

Emisje do powietrza

Wartości wskaźników emisji zanieczyszczeń ze źródeł technologicznych celulozowni masy bielonej podano w tabeli 7-3. Wytwórnia zintegrowana zazwyczaj eksploatuje własne instalacje energetyczne. Odpowiednie wielkości emisyjne dla tych instalacji znajdują się w tabeli 7-1.

Techniki, które pozwalają / nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT – analogicznie jak w przypadku zintegrowanej wytwórni masy celulozowej niebielonej i papieru (rozdział 7.1.1.).

Emisje do wód oraz zużycie wody i energii

Tabela 7-5. Wielkości określające minimalne wymagania BAT dla zintegrowanej wytwórni masy celulozowej siarczanowej bielonej i papieru niepowlekanego, bezdrzewnego. Wskaźniki zużycia energii należy traktować jako informacje / zalecenia dla wytwórni efektywnych energetycznie a nie jako standardy BAT [BREF dla przemysłu papierniczego].

Rodzaj wskaźnika		Jednostka miary	Wartość wskaźnika *
Emisja zanieczyszczeń do wód	ChZT	kg/ADt mg/l	19,7 370
	BZT_5	kg/ADt mg/l	1,40 25
	Zawiesina	kg/ADt mg/l	1,60 30
	AOX	kg/ADt mg/l	0,20 5
	Fosfor ogólny	kg/ADt mg/l	0,04 0,8
	Azot ogólny	kg/ADt mg/l	0,40 8
Zużycie wody		m^3/ADt	65
Ilość ścieków		m^3/ADt	53
Zużycie energii cieplnej		GJ/ADt	20
Zużycie energii elektrycznej		MWh/ADt	1,5

* - wartości średnie roczne
ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości ok. 93-95%.

Techniki, które pozwalają na spełnienie wymagań BAT – techniki omówione w rozdziale 6.3.1 i 6.3.3.

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Mokre korowanie drewna i odprowadzanie ścieków po korowaniu do odbiornika z ominięciem oczyszczalni biologicznej,
- Bielenie masy celulozowej z użyciem chloru elementarnego
- Tylko mechaniczne (wstępne) oczyszczanie ścieków – brak oczyszczalni biologicznej,
- Niewłaściwa eksploatacja lub za mała przepustowość oczyszczalni biologicznej.

7.1.4. Wytwarzanie innych pierwotnych mas włóknistych (ścieru, TMP) i papieru wytwórniach zintegrowanych

Emisje do powietrza

W wytwórni masy mechanicznej obok emisji energetycznych występują emisje lotnych związków organicznych (LZO), pochodzących z surowca drzewnego. Ilość i skład chemiczny emitowanych LZO zależą głównie od zawartości związków ekstrakcyjnych w drewnie, czyli od gatunku przerabianego drewna. W dokumencie referencyjnym dla przemysłu papierniczego (BREF) nie określono standardów emisyjnych dla tych emisji. W przypadku stosowania drewna o wysokiej zawartości substancji ekstrakcyjnych (sosny) i niewystarczającej regeneracji emitowanych związków VOC w urządzeniach do odzyskiwania ciepła oraz w chwili uruchamiania płuczki parowej w wytwórni TMP, zaleca się gromadzenie tych emisji i ich dalszą obróbkę. Powietrze zanieczyszczone LZO może być spalane w istniejących kotłach.

Zintegrowana wytwórnia papieru z masy mechanicznej zazwyczaj eksploatuje własne instalacje energetyczne. Odpowiednie wielkości emisyjne dla tych instalacji znajdują się w tabeli 7-1.

Emisje do wód oraz zużycie wody i energii

Tabela 7-6. Wielkości określające minimalne wymagania BAT dla zintegrowanej wytwórni mas mechanicznych (ścieru) i papieru.
Wskaźniki zużycia energii należy traktować jako informacje / zalecenia dla wytwórni efektywnych energetycznie a nie jako standardy BAT [BREF dla przemysłu papierniczego].

Rodzaj wskaźnika		Jednostka miary	Wartość wskaźnika
Emisja zanieczyszczeń do wód	ChZT	kg/ADt mg/l	5,0 200
	BZT_5	kg/ADt mg/l	0,5 <25
	Zawiesina	kg/ADt mg/l	0,5 30
	AOX	kg/ADt mg/l	<0,01
	Fosfor ogólny	kg/ADt mg/l	0,01 <0,5
	Azot ogólny	kg/ADt mg/l	0,1 5
Zużycie wody		m^3/ADt	25
Ilość ścieków		m^3/ADt	20
Zużycie energii cieplnej		GJ/ADt	0 [1)]
Zużycie energii elektrycznej		MWh/ADt	2,2

[1)] – Zużycie netto energii cieplnej zależy od sposobu rozwłókniania i stopnia odzysku ciepła z młynów. Niektóre stosujące BAT fabryki z tego sektora uzyskują nadmiar energii cieplnej ponad jej zużycie
[*] - wartości średnie roczne
ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości ok. 93-95%.

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Mokre korowanie drewna
- Otwarte obiegi wodne w wytwórni masy i papierni. Brak właściwej recyrkulacji wody podsitowej z maszyny papierniczej do wytwórni masy mechanicznej
- Tylko mechaniczne (wstępne) oczyszczanie ścieków – brak oczyszczalni biologicznej,
- Niewłaściwa eksploatacja lub za mała przepustowość oczyszczalni biologicznej
- Mało efektywna rekuperacja ciepła z młynów (masa TMP) oraz brak wykorzystania energii z biomasy nie pozwalają na uzyskanie samowystarczalności w zakresie zużycia energii cieplnej.
-

7.1.5. Wytwarzanie masy CTMP (produkcja niezintegrowana)

Emisje do powietrza

W wytwórni masy chemotermomechanicznej (CTMP) występują emisje lotnych związków organicznych (LZO), pochodzących z surowca drzewnego. Ilość i skład chemiczny emitowanych LZO zależą głównie od zawartości związków ekstrakcyjnych w drewnie, czyli od gatunku przerabianego drewna. W dokumencie referencyjnym dla przemysłu papierniczego (BREF) nie określono standardów emisyjnych dla tych emisji. W przypadku stosowania drewna o wysokiej zawartości substancji ekstrakcyjnych (sosny) i niewystarczającej regeneracji emitowanych związków VOC w urządzeniach do odzyskiwania ciepła, zaleca się gromadzenie tych emisji i ich dalszą obróbkę. Powietrze zanieczyszczone LZO może być spalane w istniejących kotłach.

Emisje do wód oraz zużycie wody i energii

Tabela 7-7. Wielkości określające minimalne wymagania BAT dla niezintegrowanej wytwórni masy CTMP.
Wskaźniki zużycia energii należy traktować jako informacje / zalecenia dla wytwórni efektywnych energetycznie a nie jako standardy BAT [BREF dla przemysłu papierniczego].

Rodzaj wskaźnika		Jednostka miary	Wartość wskaźnika *)
Emisja zanieczyszczeń do wód	ChZT	kg/ADt	20
	BZT_5	kg/ADt	1,0
	Zawiesina	kg/ADt	1,0
	AOX	kg/ADt	-
	Fosfor ogólny	kg/ADt	0,01
	Azot ogólny	kg/ADt	0,2
Zużycie wody		m^3/ADt	25
Ilość ścieków		m^3/ADt	20
Zużycie energii cieplnej		GJ/ADt	0
Zużycie energii elektrycznej		MWh/ADt	3,0

* - wartości średnie roczne
ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości ok. 93-95%.

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Tylko mechaniczne (wstępne) oczyszczanie ścieków – brak oczyszczalni biologicznej, z wyjątkiem przypadków odprowadzania ścieków do kanalizacji ścieków komunalnych,
- Niewłaściwa eksploatacja lub za mała przepustowość oczyszczalni biologicznej.
- Mało efektywna rekuperacja ciepła z młynów oraz brak wykorzystania energii z biomasy nie pozwalają na uzyskanie samowystarczalności w zakresie zużycia energii cieplnej.

7.1.6. Wytwarzanie papieru niepowlekanego, bezdrzewnego w wytwórni niezintegrowanej

Emisje do powietrza

Minimalne wymagania, wynikające z najlepszych dostępnych technik dla procesów wytwarzania energii w wyniku spalania różnych paliw, przedstawiono w tabeli 7-1. W dokumencie referencyjnym dla branży papierniczej nie określono innych standardów emisyjnych dla niezintegrowanej papierni.

Techniki, które pozwalają na spełnienie wymagań BAT – techniki omówione w rozdziale 6.4.2.

Emisje do wód oraz zużycie wody i energii

Tabela 7-8. Wielkości określające minimalne wymagania BAT dla niezintegrowanej wytwórni papieru niepowlekanego, bezdrzewnego.
Wskaźniki zużycia energii należy traktować jako informacje / zalecenia dla wytwórni efektywnych energetycznie a nie jako standardy BAT [BREF dla przemysłu papierniczego].

Rodzaj wskaźnika		Jednostka miary	Wartość wskaźnika *)
Emisja zanieczyszczeń do wód	ChZT	kg/ADt mg/l	2 150
	BZT_5	kg/ADt mg/l	0,25 <25
	Zawiesina	kg/ADt mg/l	0,4 30
	AOX	kg/ADt mg/l	<0,005 <0,5
	Fosfor ogólny	kg/ADt mg/l	0,01 <1
	Azot ogólny	kg/ADt mg/l	0,2 10
Zużycie wody		m^3/ADt	18
Ilość ścieków		m^3/ADt	15
Zużycie energii cieplnej		GJ/ADt	7,5
Zużycie energii elektrycznej		MWh/ADt	0,7

*) - wartości średnie roczne
ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości ok. 93-95%.

Techniki, które pozwalają na spełnienie wymagań BAT – techniki omówione w rozdziale 6.4.1.

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Tylko mechaniczne (wstępne) oczyszczanie ścieków – brak oczyszczalni biologicznej, z wyjątkiem przypadków odprowadzania ścieków do kanalizacji ścieków komunalnych,
- Niewłaściwa eksploatacja lub za mała przepustowość oczyszczalni biologicznej.

7.1.7. Wytwarzanie bibułki higienicznej (tissue) z włókien pierwotnych

Emisje do powietrza

Minimalne wymagania, wynikające z najlepszych dostępnych technik dla procesów wytwarzania energii w wyniku spalania różnych paliw, przedstawiono w tabeli 7-1. W dokumencie referencyjnym dla branży papierniczej nie określono innych standardów emisyjnych dla niezintegrowanej papierni.

Techniki, które pozwalają na spełnienie wymagań BAT – techniki omówione w rozdziale 6.4.2.

Emisje do wód oraz zużycie wody i energii

Tabela 7-9. Wielkości określające minimalne wymagania BAT dla wytwórni bibułki higienicznej (tissue) z włókien pierwotnych.
Wskaźniki zużycia energii należy traktować jako informacje / zalecenia dla wytwórni efektywnych energetycznie a nie jako standardy BAT [BREF dla przemysłu papierniczego].

Rodzaj wskaźnika		Jednostka miary	Wartość wskaźnika*)
Emisja zanieczyszczeń do wód	ChZT	kg/ADt mg/l	1,5 150
	BZT_5	kg/ADt mg/l	0,4 <25
	Zawiesina	kg/ADt mg/l	0,4 30
	AOX	kg/ADt mg/l	<0,01 <1
	Fosfor ogólny	kg/ADt mg/l	0,015 <1
	Azot ogólny	kg/ADt mg/l	0,25 10
Zużycie wody		m^3/ADt	30
Ilość ścieków		m^3/ADt	25
Zużycie energii cieplnej - suszenie powietrzne i krepowanie		GJ/ADt	7,5 do 25
Zużycie energii elektrycznej		MWh/ADt	1,1

*) - wartości średnie roczne ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości 93-95%.

Techniki, które pozwalają na spełnienie wymagań BAT – techniki omówione w rozdziale 6.4.1.

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Tylko mechaniczne (wstępne) oczyszczanie ścieków – brak oczyszczalni biologicznej, z wyjątkiem przypadków odprowadzania ścieków do kanalizacji ścieków komunalnych,
- Niewłaściwa eksploatacja lub za mała przepustowość oczyszczalni biologicznej.

7.1.8. Wytwarzanie tektury oraz papieru na warstwy składowe tektury falistej z włókien wtórnych bez odbarwiania

Emisje do powietrza

W papierniach przerabiających włókna wtórne emisje do powietrza pochodzą głównie z wytwórni ciepła i energii elektrycznej. Minimalne wymagania, wynikające z najlepszych dostępnych technik dla procesów wytwarzania energii w wyniku spalania różnych paliw, przedstawiono w tabeli 7-1. W dokumencie referencyjnym dla branży papierniczej nie określono innych wskaźników emisyjnych dla zintegrowanej wytwórni papieru z włókien wtórnych.

Techniki, które pozwalają na spełnienie wymagań BAT – techniki omówione w rozdziale 6.5.2.

Emisje do wód oraz zużycie wody i energii

W przypadku papierni wytwarzających tekturę oraz papiery na warstwy składowe tektury falistej uzasadnione jest wprowadzenie dwóch poziomów wielkości emisji zanieczyszczeń do wód i zużycia wody. Papiernie przerabiające makulaturę na maszynach starszego typu z wykorzystaniem technologii dostępnej dla tych maszyn (opisanej w rozdziale 3.3.) nie mogą uzyskać wskaźników zużycia / emisji osiąganych przez instalacje o nowoczesnej konstrukcji. W szczególności starsze instalacje nie mogą pracować z odpowiednio wysokim stopniem zamknięcia obiegów wodnych, w wyniku czego wskaźniki zużycia wody i ilości ścieków dla tych instalacji muszą być wyższe.

Wytwarzanie papieru z włókien wtórnych z wykorzystaniem starszych instalacji (data konstrukcji przed 1950r) i przy zastosowaniu najlepszych dostępnych dla nich technik pozwala na uzyskanie poziomów wielkości emisyjnych przedstawionych w ostatniej kolumnie tabeli 7-10.

Techniki, które pozwalają na spełnienie wymagań BAT – techniki omówione w rozdziale 6.5.1 i 6.5.3.

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Niski stopień zamknięcia obiegu wodnego maszyny papierniczej - brak zoptymalizowanej gospodarki wodnej w obrębie maszyny
- Tylko mechaniczne (wstępne) oczyszczanie ścieków – brak oczyszczalni biologicznej, z wyjątkiem przypadków odprowadzania ścieków do kanalizacji ścieków komunalnych
- Niewłaściwa eksploatacja lub za mała przepustowość oczyszczalni biologicznej.

Tabela 7-10. Wielkości określające minimalne wymagania BAT dla wytwórni tektury oraz papieru na warstwy składowe tektury falistej z włókien wtórnych bez odbarwiania.

Wskaźniki zużycia energii należy traktować jako informacje / zalecenia dla wytwórni efektywnych energetycznie a nie jako standardy BAT [BREF dla przemysłu papierniczego].

Rodzaj wskaźnika		Jednostka miary	Wartość wskaźnika *)	
			Instalacje nowoczesne	Starsze instalacje **)
Emisja zanieczyszczeń do wód	ChZT	kg/ADt mg/l	1,5 200	5,0 250
	BZT_5	kg/ADt mg/l	0,15 < 25	0,60 30
	Zawiesina	kg/ADt mg/l	0,15 < 30	1,0 50
	AOX	kg/ADt mg/l	< 0,005 < 0,3	0,006 0,3
	Fosfor ogólny	kg/ADt mg/l	0,005 < 1	0,02 1
	Azot ogólny	kg/ADt mg/l	0,05 5	0,1 5
Zużycie wody		m^3/ADt	15	25-30
Ilość ścieków		m^3/ADt	12	20-25
Zużycie energii cieplnej		GJ/ADt	6,5 – 9,0	
Zużycie energii elektrycznej		MWh/ADt	0,8 – 1,0	

*) - wartości średnie roczne, **) - omówione w rozdziale 3.3.
ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości ok. 93-95%.

7.1.9. Wytwarzanie papieru na warstwy składowe tektury falistej z włókien wtórnych z odbarwianiem

Emisje do powietrza

W papierniach przerabiających włókna wtórne emisje do powietrza pochodzą głównie z wytwórni ciepła i energii elektrycznej. Minimalne wymagania, wynikające z najlepszych

dostępnych technik dla procesów wytwarzania energii w wyniku spalania różnych paliw, przedstawiono w tabeli 7-1. W dokumencie referencyjnym dla branży papierniczej nie określono innych wskaźników emisyjnych dla zintegrowanej wytwórni papieru z włókien wtórnych.

Emisje do wód oraz zużycie wody i energii

Tabela 7-11. Wielkości określające minimalne wymagania BAT dla wytwórni papieru z włókien wtórnych z odbarwianiem.
Wskaźniki zużycia energii należy traktować jako informacje / zalecenia dla wytwórni efektywnych energetycznie a nie jako standardy BAT [BREF dla przemysłu papierniczego].

Rodzaj wskaźnika		Jednostka miary	Wartość wskaźnika *)
Emisja zanieczyszczeń do wód	ChZT	kg/ADt mg/l	4,0 300
	BZT_5	kg/ADt mg/l	0,2 <25
	Zawiesina	kg/ADt mg/l	0,3 30
	AOX	kg/ADt mg/l	<0,005 <0,3
	Fosfor ogólny	kg/ADt mg/l	0,01 <1
	Azot ogólny	kg/ADt mg/l	0,1 5
Zużycie wody		m^3/ADt	18
Ilość ścieków		m^3/ADt	15
Zużycie energii cieplnej		GJ/ADt	6,5
Zużycie energii elektrycznej		MWh/ADt	1,5

*) - wartości średnie roczne
ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości ok. 93-95%.

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Tylko mechaniczne (wstępne) oczyszczanie ścieków – brak oczyszczalni biologicznej, z wyjątkiem przypadków odprowadzania ścieków do kanalizacji ścieków komunalnych,
- Niewłaściwa eksploatacja lub za mała przepustowość oczyszczalni biologicznej.

7.1.10. Wytwarzanie bibułki higienicznej (tissue) z włókien wtórnych

Emisje do powietrza

W papierniach przerabiających włókna wtórne emisje do powietrza pochodzą głównie z wytwórni ciepła i energii elektrycznej. Minimalne wymagania, wynikające z najlepszych dostępnych technik dla procesów wytwarzania energii, przedstawiono w tabeli 7-1. W dokumencie referencyjnym dla branży papierniczej nie określono innych wskaźników emisyjnych dla zintegrowanej wytwórni papieru z włókien wtórnych.

Emisje do wód oraz zużycie wody i energii

Dla produkcji bibułki higienicznej z włókien wtórnych, podobnie jak w przypadku papierni przerabiających makulaturę na warstwy składowe tektury falistej, uzasadnione jest wprowadzenie dwóch poziomów wielkości emisji do wód i zużycia wody. Papiernie eksploatujące maszyny starszej konstrukcji (z I-szej połowy ubiegłego wieku) nie mogą uzyskać wskaźników zużycia / emisji osiąganych przez instalacje o nowoczesnej konstrukcji.

Tabela 7-12. Wielkości określające minimalne wymagania BAT dla wytwórni bibułki higienicznej (tissue) z włókien wtórnych.
Wskaźniki zużycia energii należy traktować jako informacje / zalecenia dla wytwórni efektywnych energetycznie a nie jako standardy BAT [BREF dla przemysłu papierniczego].

Rodzaj wskaźnika		Jednostka miary	Wartość wskaźnika *)	
			Instalacje nowoczesne	Starsze instalacje
Emisja zanieczyszczeń do wód	ChZT	kg/ADt mg/l	4,0 300	4,0 300
	BZT_5	kg/ADt mg/l	0,5 <25	0,6 25
	Zawiesina	kg/ADt mg/l	0,4 30	0,7 30
	AOX	kg/ADt mg/l	<0,005 <0,3	<0,005 <0,3
	Fosfor ogólny	kg/ADt mg/l	0,015 <1	0,015 <1
	Azot ogólny	kg/ADt mg/l	0,25 10	0,25 10
Zużycie wody		m^3/ADt	30	35
Ilość ścieków		m^3/ADt	25	30
Zużycie energii cieplnej		GJ/ADt	12,0	12
Zużycie energii elektrycznej		MWh/ADt	1,4	1,4

*) - wartości średnie roczne
ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości ok. 93-95%.

Techniki, które nie pozwalają na spełnienie wymagań BAT:

- Tylko mechaniczne (wstępne) oczyszczanie ścieków – brak oczyszczalni biologicznej, z wyjątkiem przypadków odprowadzania ścieków do kanalizacji ścieków komunalnych,
- Niewłaściwa eksploatacja lub za mała przepustowość oczyszczalni biologicznej.

7.1.11. Wytwarzanie papierów specjalnych

Emisje do powietrza

Analogicznie jak dla innych wytwórni papieru emisje do powietrza pochodzą głównie z produkcji ciepła i energii elektrycznej. W dokumencie referencyjnym dla branży papierniczej nie określono innych poziomów emisyjnych dla wytwórni papierów specjalnych.

Emisje do wód

Większość technik uznawanych za najlepsze dostępne dla papierni może być stosowanych także w papierniach wytwarzających papiery specjalne, lecz w różnym zakresie. Występują tu szczególne uwarunkowania technologiczne sprawiające, że papiernie te nie mogą osiągnąć wskaźników emisji / zużycia na poziomie takim jak typowe papiernie wytwarzające papiery bezdrzewne (rozdział 6.4 i tab. 7-8). Wspomniane uwarunkowania powodują:

- Zwiększone zużycie wody i ilości odprowadzanych ścieków.
  W papierniach produkujących papiery specjalne woda może być zawracana tylko w ograniczonym zakresie z powodu: technologii produkcji tych papierów (np. występuje wzrost temperatury spowodowany intensywnym mieleniem), wymagań jakościowych dla poszczególnych rodzajów papieru (np. przewodnictwo elektryczne, przezroczystość) lub niezgodności niektórych chemikaliów rozpuszczonych w różnych obiegach wodnych. Jednostkowe zużycie wody przy produkcji papierów specjalnych może się znacznie wahać w zależności od własności wyrobów i stosowanych procesów technologicznych.
- Niskie stężenia zanieczyszczeń w ściekach przed oczyszczaniem.
  W niektórych papierniach, wytwarzających papiery specjalne przy wysokim zużyciu wody, stężenia zanieczyszczeń w ściekach mogą być zbyt niskie dla oczyszczania biologicznego. W takich przypadkach biologiczne oczyszczanie ścieków nie jest uznawane za najlepszą dostępną technikę (BAT).
- Występowanie częstych zmian asortymentu produkcji.
  Papiery specjalne są często produkowane w krótkich seriach, przy więcej niż jednej zmianie własności (takich jak: gramatura, skład, kolor, szerokość) dziennie na jednej maszynie. Zdarza się, że w papierni tego rodzaju następują zmiany produkowanego rodzaju papieru kilka razy na dobę. W zależności od wymagań jakościowych, przy zmianie asortymentu, może występować potrzeba całkowitego opróżnienia i przemycia układów wodnych. Wymienione czynniki mogą powodować znaczny wzrost wskaźnika zużycia wody i ilości ścieków na jednostkę wytworzonego produktu.
- Stosowanie różnorakich dodatków chemicznych w celu zapewnienia odpowiednich własności wyrobu.
  Stosowane preparaty chemiczne obok związków organicznych mogą zawierać związki chloroorganiczne lub organicznie związany azot, co może powodować zwiększone zawartości AOX i azotu (pożywek) w ściekach

W tabeli 7-13 podano zakresy wartości wskaźników emisji zanieczyszczeń ściekowych z dobrze prowadzonych papierni w UE produkujących papiery specjalne na bazie zakupionej masy chemicznej. Wartości w tabeli 7-13 nie należy traktować jak standardy emisyjne czy minimalne wymagania BAT, lecz jako informację o poziomach emisji z tego rodzaju papierni. Ze względu na dużą różnorodność oraz specyfikę papierni produkujących papiery specjalne, wymagania wynikające z najlepszych dostępnych technik dla tych instalacji

powinny być rozważane i ustalane indywidualnie w oparciu o gruntowną wiedzę w zakresie technologii papierniczych.

Tabela 7-13. Poziomy emisji zanieczyszczeń do wód z papierni produkujących papiery specjalne w krajach UE

Rodzaj wskaźnika	Jednostka miary	Zakres wartości
ChZT	kg/ADt	0,4-7,0
BZT_5	kg/ADt	0,15-1,3
Zawiesina	kg/ADt	0,3-1,0
AOX	kg/ADt	< 0,005-0,01
Fosfor ogólny	kg/ADt	0,01-0,04
Azot ogólny	kg/ADt	0,15-0,4
Ilość ścieków	m^3/ADt	15-50 [1)]
Uwagi: [1)] - Jednostkowe zużycie wody czasem przekracza 100 m^3/t ADt – powietrznie sucha tona – oznacza papier o suchości ok. 93-95%.		

7.2. Wytwarzanie odpadów stałych

Najlepsze dostępne techniki w odniesieniu do odpadów stałych oznaczają:

- minimalizację wytwarzania odpadów, a w szczególności minimalizację ilości odpadów organicznych odprowadzanych na składowisko,
- ponowne wykorzystanie (recykling) wytworzonych odpadów w możliwie najwyższym stopniu,
- wykorzystanie osadów/odpadów włóknistych oraz osadów ściekowych jako biopaliwo z odzyskiem energii.

W dokumencie referencyjnym BREF stwierdzono, że informacje dotyczące ilości wytwarzanych odpadów są dość ograniczone i nieprecyzyjne, stąd nie określono na razie szczegółowych standardów BAT w tej dziedzinie. Przedstawione poniżej w tabeli 7-14 wartości wskaźników mogą służyć celom porównawczym (benchmarkingowym). Dane te powinny zostać w przyszłości uściślone.

Tabela 7-14. Wskaźniki ilości wytwarzanych odpadów stałych (dane do celów porównawczych, nie stanowią standardów BAT)

Rodzaj wytwórni/produkcji	Jednostka miary	Ilości odpadów
Celulozownia siarczanowa	kg s.s./ADt	
- odpady organiczne		30 ÷ 60 *)
- odpady nieorganiczne		40 ÷ 70
- odpady niebezpieczne		0,2
Papiernia – włókna pierwotne	kg odpadów/t papieru	
- papier bezdrzewny i tektura		10 ÷ 40
- papiery specjalne		170
- odpady niebezpieczne		0,1 ÷ 0,2
Papiernia – włókna wtórne	kg/t makulatury	
- papiery graficzne		150 ÷ 250
- bibułka higieniczna		280 ÷ 400
- papiery na warstwy składowe tektury falistej		40 ÷ 90

*) – odpady uważane za biopaliwa i wykorzystywane jako takie do odzysku energii (kora, odpady drzewne, w niektórych przypadkach osady ściekowe) nie są tu wliczane

7.3. Sposób obliczania wielkości emisji dla wytwórni zintegrowanych

Zakłady branży papierniczej często charakteryzują się dużą różnorodnością zintegrowanych ze sobą rodzajów produkcji. Ponadto wiele fabryk stosuje do wyrobu papieru mieszanki różnych surowców włóknistych np.: masa celulozowa, masa mechaniczna, włókna wtórne. Dlatego, jak już stwierdzono w poprzednich rozdziałach, każdy zakład pod względem wyboru najlepszych dostępnych rozwiązań techniczno-technologicznych oraz poziomu emisji odpowiadającej BAT powinien być rozpatrywany oddzielnie z uwzględnieniem występujących w nim rodzajów produkcji oraz konkretnych, indywidualnych uwarunkowań. Dla wytwórni zintegrowanych należy zastosować odpowiedni model obliczenia wskaźników emisji, uwzględniający występujący w nich schemat technologii produkcji.

Poniżej przedstawiono model obliczania wskaźników emisji dla wytwórni zintegrowanych, na przykładzie parametru ChZT.

MODEL OBLICZANIA WSKAŹNIKÓW EMISYJNYCH
DLA WYTWÓRNI ZINTEGROWANYCH

$$L(ChZT) = \sum SE(ChZT)_i * P_i \qquad \text{dla } i = 1 \div n$$

$$STD(ChZT) = L(ChZT)/(P_{papieru} + P_{masy\ towarowej})$$

Oznaczenia:

$SE(ChZT)_i$	–wskaźnik emisyjny dla i-tego rodzaju produkcji, [kg/ADt]
P_i	– wielkość produkcji i-tego wyrobu w przyjętym przedziale czasu (doba, miesiąc, rok), [ADt]
L(ChZT)	– całkowity ładunek ChZT odprowadzany w ściekach w przyjętym przedziale czasu (doba, miesiąc, rok)
P_{papier}	– produkcja papieru w przyjętym przedziale czasu (doba, miesiąc, rok), [ADt]
$P_{masa\ towarowa}$	– produkcja masy (mas) na sprzedaż w przyjętym przedziale czasu (doba, miesiąc, rok), [ADt]
STD(ChZT)	– wynikający z BATwskaźnik emisji ChZT dla konkretnej fabryki o zintegrowanej produkcji, [kg/ADt]

7.4. Hałas

Wymagania charakteryzujące najlepsze dostępne techniki w odniesieniu do ochrony przed hałasem sprowadzają się do zapewnienia klimatu akustycznego na zewnątrz zakładu na poziomie dopuszczalnych wartości natężeń dźwięku, stosownie do obowiązujących przepisów.

8. WYMAGANIA W ZAKRESIE MONITORINGU

Obowiązek prowadzenia działalności w zakresie monitoringu emisji wynika z Artykułu 9.5 dyrektywy IPPC. Polskie prawo ochrony środowiska zawiera przepisy wykonawcze określające sposób prowadzenia tego monitoringu: rozporządzenie MŚ w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji (Dz.U.2003.110.1057) oraz rozporządzenie MŚ w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi (Dz.U.2004.168.1763).

W Artykule 9.5 dyrektywy zapisano, że pozwolenia zintegrowane powinny zawierać odpowiednie wymagania w zakresie monitoringu emisji, wyszczególniające właściwą metodologię i częstotliwość pomiarów, procedury oceniania i obowiązek dostarczenia kompetentnym organom danych niezbędnych do przeprowadzenia oceny zgodności z pozwoleniem.

Z kolei Artykuł 15.3 dyrektywy IPPC stwierdza, że dane inwentaryzacyjne głównych emisji i ich źródeł powinny być publikowane przez Komisję na podstawie danych dostarczonych przez państwa członkowskie. Wykaz ten występuje pod nazwą Europejski Rejestr Emisji Zanieczyszczeń (EPER) i aby spełnić jego wymagania branże przemysłowe muszą dostarczać dane z monitoringu (włączywszy dane szacunkowe) do państwowych organów (patrz decyzja Komisji 2000/479/EC z 17 czerwca 2000. Komisja Europejska opracowała specjalny przewodnik w celu raportowania EPER).

Z powyższych zapisów dyrektywy IPPC wynika, że organ administracji udzielający pozwolenia zintegrowanego, ustalając warunki tego pozwolenia i odpowiednie wymogi monitoringu, powinien mieć na uwadze przyszłą potrzebę dokonania oceny zgodności wyników monitoringu z warunkami pozwolenia. Ponadto, operatorzy instalacji przemysłowych są zobowiązani do zaproponowania sposobu prowadzenia monitoringu w swoich wnioskach o pozwolenie zintegrowane.

W celu uregulowania i ujednolicenia wymagań w zakresie monitoringu oraz dostarczenia informacji na ten temat zarówno operatorom instalacji IPPC jak i organom wydającym pozwolenia został opracowany dokument referencyjny pt.: „Ogólne Zasady Monitoringu" (tzw. BREF Monitoringowy).

Celem podstawowym monitoringu emisji jest umożliwienie oceny spełniania wymagań pozwolenia ekologicznego, w szczególności dotrzymywania ustanowionych w pozwoleniu granicznych wartości emisji (limitów emisji – ELV – Emission Limit Values). Wymagania monitoringu są zatem bezpośrednio związane z obowiązkiem kontroli rzeczywistych wielkości emisji.

Istnieją trzy, główne typy monitoringu przemysłowego:

- Monitoring emisji: monitoring emisji przemysłowych u źródła, tzn. pomiary ilości zanieczyszczeń odprowadzanych z instalacji do środowiska;

- Monitoring procesu: monitorowanie fizycznych i chemicznych parametrów procesu (np. ciśnienie, temperatura, wskaźniki przepływu strumieni) w celu potwierdzenia, dokonanego na podstawie technik optymalizacji i kontroli procesu, że wynik zakładu mieści się w przedziale uważanym za właściwy dla poprawnego działania;
- Monitoring oddziaływania: monitoring poziomu zanieczyszczenia środowiska w bezpośrednim otoczeniu zakładu i na obszarze jego oddziaływania oraz skutki dla ekosystemu.

Dokument „Ogólne Zasady Monitoringu" koncentruje się na mierzeniu emisji przemysłowych u źródła. Wynika z niego, że monitoring oddziaływania na środowisko nie leży w sferze zainteresowania dyrektywy IPPC. Dyrektywa nie zobowiązuje operatorów instalacji do prowadzenia monitoringu wpływu na środowisko czy stanu środowiska. Tego rodzaju monitoring leży w obszarze odpowiedzialności odpowiednich organów państwowych.

Przy ustalaniu zoptymalizowanych warunków monitoringu należy brać pod uwagę siedem następujących czynników:

1. Przesłanki monitorowania. Istnieją dwa główne powody, dla których włączono monitoring do wymagań IPPC: (1) dla dokonania oceny zgodności, i (2) dla tworzenia sprawozdań środowiskowych dotyczących emisji przemysłowych. Poza tym, dane pochodzące z monitoringu mogą być wykorzystywane do wielu innych celów i oczywiście, jest to bardzo korzystne gdy dane pochodzące z monitoringu zebrane w pewnym celu są następnie wykorzystywane do innych celów. Za każdym razem bardzo istotnym jest by cele podejmowania monitoringu były jasne dla wszystkich zainteresowanych.
2. Kto przeprowadza monitoring? Odpowiedzialność za monitoring dzielą kompetentne organy i operatorzy, przy czym kompetentne organy zwykle w dużym stopniu polegają na „własnym monitoringu" przeprowadzanym przez operatora i/lub trzecią stronę – wykonawcę pomiarów. Bardzo ważne jest to, żeby każdej ze stron (operatorom, organom, wykonawcom) przydzielone były w jasny sposób obowiązki związane z monitoringiem tak aby wszyscy byli świadomi w jaki sposób podzielona jest praca i jakie są obowiązki każdej ze stron.
3. Co i jak monitorować. Monitorowane parametry zależą od procesów produkcyjnych, surowców i chemikaliów użytych w instalacji. Korzystnym jest, gdy wybrane do monitoringu parametry służą jednocześnie potrzebom kontroli operacyjnej instalacji. Program monitoringu powinien być dostosowany do różnych poziomów potencjalnego ryzyka wyrządzenia szkody w środowisku. Głównym elementem ryzyka jest prawdopodobieństwo przekroczenia granicznych wartości emisji (ELV) i waga konsekwencji z tego wynikających dla środowiska.
4. Jak wyrażać ELV i wyniki monitoringu. Sposób w jaki graniczne wartości emisji (ELV), lub odpowiadające im parametry, są wyrażane może być różny. Można do tego celu zastosować różne rodzaje jednostek miary: jednostki stężenia, jednostki ładunku w czasie, jednostki specyficzne (odniesione do jednostkowej produkcji), współczynniki emisji, itp. W każdym przypadku jednostki używane do celów monitoringu zgodności powinny być jasno określone, najlepiej by były uznawane na świecie, jak również powinny kojarzyć ze sobą istotne parametry, zastosowania i kontekst.

5. Czynnik czasu w monitoringu. Niektóre czynniki związane z czasem są istotne dla ustalenia wymagań monitoringu w pozwoleniach: czas poboru próbek i/lub wykonywania pomiarów, czas uśredniania i częstotliwość.

   Określenie wymogów monitoringu odnoszących się do czynnika czasu zależy od rodzaju procesu a dokładniej od charakteru emisji i powinno być takie, żeby otrzymane dane były reprezentatywne i porównywalne z danymi z innych fabryk. Wszystkie wymogi czasowe limitów emisji (ELV) i związany z nimi monitoring spełniania pozwolenia, muszą być jasno zdefiniowane w pozwoleniu tak, aby uniknąć dwuznaczności.

6. Jak radzić sobie z niepewnościami. Kiedy monitoring jest stosowany do sprawdzania zgodności z pozwoleniem, szczególnie istotna jest świadomość istnienia niepewności pomiarów podczas całego procesu. Niepewności te muszą być oszacowane i raportowane razem z wynikami tak, aby ocena zgodności mogła być dokładnie przeprowadzona.

7. Włączanie wymagań monitoringu do warunków pozwolenia. Wymagania takie powinny zawierać wszystkie ważne aspekty granicznych wartości emisji. W tym celu dobrą praktyką jest branie pod uwagę następujących kwestii:
   - prawny i możliwy do wyegzekwowania status wymogów monitoringu,
   - zanieczyszczenia lub parametry podlegające ograniczeniom,
   - miejsce pobierania próbek i pomiarów,
   - wymagania dotyczące czasu pobierania próbek i pomiarów,
   - praktyczna możliwość kontroli ustanawianych limitów z punktu widzenia dostępnych metod pomiarowych,
   - szczegóły techniczne poszczególnych metod pomiaru,
   - ustanowienie „własnego" monitoringu, tzn. wykonywanego przez operatora instalacji,
   - warunki operacyjne, w których prowadzony będzie monitoring,
   - procedury dotyczące oceny zgodności z warunkami pozwolenia,
   - wymagania sprawozdawcze,
   - zapewnienie jakości i wymagania kontroli,
   - ustalenia dla oceny i raportowania emisji odbiegających od normalnych.

Uzyskiwanie danych monitoringowych składa się z etapów, które muszą być wykonywane zgodnie z normami lub instrukcjami odpowiednich metod pomiarowych w celu zapewnienia dobrej jakości wyników i harmonizacji pomiędzy różnymi laboratoriami i osobami dokonującymi pomiarów. Ten łańcuch zbierania danych składa się z następujących, siedmiu kroków:

1. Pomiary przepływu.
2. Pobieranie próbek.
3. Magazynowanie, transport i zabezpieczenie próbek.
4. Przygotowanie próbki do analizy (oczyszczanie).
5. Analiza próbek.
6. Przetwarzanie danych.
8. Raportowanie wyników pomiarów (dane z monitoringu).

Praktyczna wartość pomiarów i danych z monitoringu zależy od stopnia pewności, tzn. niezawodności jaką można przypisać uzyskanym wynikom wraz z ich rzetelnością w przypadku porównywania ich z innymi wynikami z innych fabryk. Dlatego ważne jest by zapewnić odpowiednią niezawodność i porównywalność danych. W celu zapewnienia tej porównywalności do danych monitoringowych powinny być dołączone wszelkie istotne informacje. Dane, uzyskane w różnych warunkach, nie powinny być bezpośrednio porównywane lecz w takich wypadkach konieczne jest bardziej wnikliwe rozważenie wpływu tych warunków.

Na porównywalność i rzetelność danych monitoringowych może mieć również wpływ posługiwanie się wartościami poniżej progu detekcji danej metody oraz wartościami odległymi. Problem ten wymaga rozważenia i dokonania uzgodnień.

W ostatnich latach obserwuje się duży postęp w redukowaniu zorganizowanych emisji ze źródeł punktowych (kominów i rurociągów). W związku z tym wzrasta znaczenie emisji niezorganizowanych tzw. rozproszonych i emisji krótkotrwałych, a także emisji w warunkach odbiegających od normalnych. W dokumencie referencyjnym dotyczącym zasad monitoringu znajduje się zalecenie by emisje te w miarę możliwości uwzględniać w ogólnym bilansie emisji.

Istnieje kilka sposobów monitorowania konkretnego parametru:

- pomiary bezpośrednie,
- wprowadzenie parametrów zastępczych,
- bilanse masowe,
- obliczenia,
- wskaźniki emisji.

W zasadzie wykorzystanie metody pomiarów bezpośrednich (ilościowe oznaczenie wyemitowanych związków u źródła) jest najprostsze, choć niekoniecznie najbardziej dokładne. W przypadkach gdy metoda ta jest złożona, droga i/lub niepraktyczna, najlepszym rozwiązaniem może się okazać zastosowanie innej metody. W każdym przypadku, gdy nie stosuje się pomiarów bezpośrednich, relacja pomiędzy zastosowaną metodą a interesującym parametrem powinna być przedstawiona i dobrze udokumentowana. Decyzję co do przyjęcia proponowanej metody monitorowania powinny podjąć kompetentne organy administracji w oparciu o jej przydatność do osiągnięcia celu, wymogi prawne oraz dostępną wiedzę ekspercką w tym zakresie.

Techniki monitoringu w odniesieniu do pomiarów bezpośrednich można podzielić na ciągłe i okresowe (nieciągłe). Ciągłe techniki monitoringu mają tę zaletę, że dostarczają znacznie więcej danych, jednakże mogą mieć również wady m.in.: są kosztowne, nie są na ogół na dużą skalę stosowane dla bardzo stabilnych procesów jak również dokładność analizatorów „on-line” może być niższa niż pomiarów laboratoryjnych. Zastosowanie ciągłego monitoringu do konkretnego przypadku powinno być szczegółowo rozważone.

Ocena spełnienia warunków pozwolenia zawiera zazwyczaj porównanie statystyczne pomiędzy pomiarami lub ocenę statystyczną pomiarów, niepewność pomiarów i wartość limitu emisji lub równoważne wymagania. Niektóre oceny mogą nie zawierać porównania liczbowego np. mogą jedynie zawierać sprawdzenie czy warunek jest spełniony. Zmierzona wartość może być porównana do wartości limitu, biorąc pod uwagę niepewność pomiaru, jak również może być określona jako należąca do jednej z trzech grup: (a) zgodna, (b) linia graniczna lub (c) niezgodna.

Sprawozdawczość wyników monitoringu obejmuje podsumowanie i prezentację wyników oraz powiązanych z nimi istotnych informacji w sposób możliwie zwięzły.

Przy przeprowadzaniu monitoringu, gdy tylko to możliwe, powinno się wziąć pod uwagę optymalizację jego kosztów, choć zawsze należy przede wszystkim mieć na względzie cele monitoringu. Efektywność kosztową monitoringu można poprawić poprzez zastosowanie kilku działań m.in.: wybór odpowiednich wymagań prezentacji jakości pomiarów, optymalizację liczby parametrów i częstotliwości ich monitorowania, okresowe lub doraźne uzupełnianie rutynowego monitoringu specjalnymi badaniami.

9. WYKORZYSTANE ŹRÓDŁA INFORMACJI

1. Dyrektywa 96/61/EC w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń, tzw. dyrektywa IPPC.

2. Dokument referencyjny BAT dla przemysłu celulozowo-papierniczego - Zintegrowane Zapobieganie i Ograniczanie Zanieczyszczeń (IPPC), Sewilla, grudzień 2001.

3. Badania ankietowe przeprowadzone w krajowych zakładach celulozowo-papierniczych w roku 2004.

4. Axegärd P., Carey J., Folke J., Gleadow P., Gullichsen J., Pryke D., Reeve D., Swan B., Uloth V.: Minimum–Impact Mills: Issues and challenges, praca zaprezentowana podczas 3rd International Conference on Environmental Fate and Effects of Pulp and Paper Mill Effluents, Rotorua, Nowa Zelandia, 9-13 listopad 1997.

5. The Finnish Background Report for the EC Documentation of Best Available Techniques for Pulp and Paper Industry, Helsinki, luty 1997.

6. Raporty CEPI (Konfederacja Europejskich Przemysłów Papierniczych):
   BAT in the Manufacturing of Pulp, 1997
   BAT for the Paper Manufacturing, 1998
   CEPI Annual Statistics 1997, 1998.

7. Dyrektywa 1999/31/EC w sprawie składowania odpadów (tzw. dyrektywa Landfill).

8. IPPC – Dokument referencyjny dotyczący ogólnych zasad monitoringu, lipiec 2003

9. IPPC – Dokument referencyjny dotyczący zagospodarowania odpadów (tzw. BREF WT), projekt (draft), styczeń 2004.

10. P. Wandelt „Technologia celulozy i papieru" cz. 1. „Technologia mas włóknistych", wyd. II, WSiP, Warszawa 1997.

11. K. Przybysz „Technologia celulozy i papieru" cz. 2. „Technologia papieru", wyd. II, WSiP, Warszawa 1997.

12. Informacje z zakładów branży papierniczej uzyskane na podstawie ankiet opracowanych w Instytucie Celulozowo-Papierniczym w roku 2004.