



The problem of waste management of wooden railway sleepers

Ryszard WASIELEWSKI¹, Sławomir STELMACH¹

¹ Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, 41-803 Zabrze, ul. Zamkowa 1, tel. 032 271 00 41, fax. 032 271 08 09
e-mail: rwasielewski@ichpw.zabrze.pl

Abstract

Used wooden railway sleepers are a serious environmental problem because they are contaminated with impregnating chemicals. At the same time they are interesting source of waste biomass. The paper presents the characteristics of the wooden railway sleepers stream and their physicochemical properties. Used wooden railway sleepers may be disposed of by landfilling, biological treatment or thermal utilisation (energy recovery). An effective solution to the problem of used impregnated wood managing may be the designing and implementation of energy recovery technology by gasification. The gas produced from gasification of biomass and waste can be used to produce heat and electricity.

Keywords: wooden railway sleepers, energy recovery, gasification

Streszczenie

Problem zagospodarowania zużytych drewnianych podkładów kolejowych

Zużyte drewniane podkłady kolejowe stanowią poważny problem ekologiczny ze względu na zawarte w nich impregnujące środki chemiczne. Jednocześnie stanowią one interesujące źródło biomasy odpadowej. W publikacji przedstawiono charakterystykę strumienia tych odpadów oraz ich właściwości fizykochemiczne. Odpadowe podkłady kolejowe mogą być unieszkodliwiane przez składowanie, obróbkę biologiczną lub wykorzystanie energetyczne (odzysk). Skutecznym rozwiązaniem problemu zagospodarowania odpadowego drewna impregnowanego może być także opracowanie i wdrożenie technologii jego odzysku energetycznego poprzez zgazowanie. Gaz wytwarzany ze zgazowania biomasy i odpadów może być wykorzystywany do produkcji ciepła i energii elektrycznej.

Słowa kluczowe: drewniane podkłady kolejowe, odzysk energii, zgazowanie

1. Wstęp

Racjonalne gospodarowanie odpadami jest jednym z najważniejszych wyzwań stojących przed współczesną cywilizacją. Naczelnym celem w gospodarowaniu odpadami powinno być stosowanie (tam, gdzie to tylko możliwe) odzysku odpadów – materiałowego, bądź energetycznego. Odzysk energetyczny ma uzasadnienie szczególnie w odniesieniu do odpadów o charakterze biomasowym (odpadów biodegradowalnych), gdyż zazwyczaj pozwala na wytworzenie użytecznej energii o charakterze odnawialnym.

Biomasa drzewna jako pierwotny surowiec energetyczny jest jednym z podstawowych źródeł dla otrzymywania energii odnawialnej. Pozyskuje się ją głównie jako drewno odpadowe w różnych postaciach w leśnictwie (grubizna opałowa lub drobnica gałęziowa) oraz w przetwórstwie drewna surowego (tartaki, fabryki mebli, itp.). Szacunkowy bilans drewna odpadowego pozyskiwanego w skali kraju do celów energetycznych z ww. źródeł wskazuje, że nie ma większych możliwości zwiększenia jego podaży. Dodatkowym, lecz niezbyt zasobnym źródłem drewna odpadowego są zużyte opakowania z drewna (kod 15 01 03) oraz drewno z rozbiórek bez szkodliwych zanieczyszczeń (kod 17 02 01).

Analiza deficytowego rynku drewna odpadowego w kraju i za granicą wykazuje, że rośnie zainteresowanie kwalifikowanym, bezpiecznym dla środowiska naturalnego zagospodarowaniem energetycznym drewna odpadowego poddanego chemicznej impregnacji środkami ochrony przed wilgocią i czynnikami biotycznymi, głównie grzybami.

Według danych literaturowych [1], w Polsce podaż odpadowego drewna impregnowanego środkami ochrony wynosi około 120 tys. Mg/rok, a ilość ta w związku z planowanymi remontami sieci kolejowej będzie w najbliższych latach najprawdopodobniej rosła.

Impregnaty do nasycania drewna, szczególnie do ochrony przed grzybami, dobiera się w zależności od zamierzonych warunków i czasu jego eksploatacji, uwzględniającego w miarę możliwości sprawdzony w dotychczasowej praktyce cykl życia danego wyrobu z drewna. W praktyce, najbardziej głębokiej, co najmniej kilkumilimetrowej impregnacji, podlegają wyroby drewniane przeznaczone do pracy na otwartej przestrzeni i mające kontakt z gruntem, a tym samym z wodą i czynnikami mikrobiologicznymi. Do takich wyrobów należą głównie drewniane elementy nawierzchni kolejowej (podkłady kolejowe i podrozdajdnice) oraz słupy teletechniczne. Podrozdajdnice układane pod rozjazdami są specjalnym rodzajem podkładów kolejowych, dłuższym od podkładów typowych.

Znaczące zwiększenie trwałości eksploatacyjnej impregnowanych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej powoduje jednak ich „utoksyczenie”, a tym samym narażenie na skażenie miejsca ich posadowienia lub składowania.

Stosowana powszechnie od dziewiętnastego wieku impregnacja drewnianych elementów nawierzchni kolejowej i słupów teletechnicznych olejami impreguracyjnymi pochodzenia karbochemicznego (najczęściej olejem kreozotowym) powoduje, że drewno odpadowe pozyskiwane podczas remontów torów kolejowych może być klasyfikowane jako odpad niebezpieczny (kod 17 02 04*). Wynika to z faktu, że zaimpregnowane, odpadowe drewniane elementy nawierzchni kolejowej nawet po 20÷30 latach eksploatacji na torze, zawierają jeszcze szereg wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), a tym samym powinny podlegać szczególnemu nadzorowi i obowiązkowej ewidencji. Odpadowe drewniane elementy nawierzchni kolejowej są sortowane i częściowo ponownie wykorzystywane na torowiskach (ok. 30%). Pozostała część tych odpadów jest magazynowana w siedzibach służb remontowych Polskich Kolei Państwowych i oferowana do sprzedaży na forach internetowych i stronach ogłoszeniowych do celów ogrodowych i budowlanych oraz opałowych, często za symboliczną cenę. Odpadowe drewniane elementy nawierzchni kolejowej często wykorzystuje się w ogrodach do budowy altan, tarasów, ogrodzeń, podjazdów i na wykładanie ścieżek ogrodowych. Stosuje się je też do umacniania skarp i wykonywania kostki brukowej.

W tym stanie rzeczy, skutecznym rozwiązaniem problemu zagospodarowania odpadowego impregnowanego drewna może być opracowanie i wdrożenie technologii jego odzysku energetycznego poprzez zgazowanie, co umożliwi nie tylko wytworzenie użytecznego ciepła, ale również energii elektrycznej. Można tu wykorzystać dotychczasowe, wieloletnie doświadczenia nad zgazowaniem odpadowej biomasy drzewnej, niezanieczyszczonej impregnatami węglowodorowymi, modyfikując odpowiednio parametry procesu zgazowania i oczyszczania gazu poprocesowego, tak aby proces mógł być realizowany z zachowaniem wszelkich rygorów legislacyjnych dotyczących termicznego przekształcania odpadów.

Odpadowe drewniane elementy nawierzchni kolejowej są do odzysku energetycznego szczególnie przydatne, gdyż określone są ściśle miejsca ich magazynowania i gwarantowana jest ciągłość dostaw tego potencjalnego paliwa.

2. Charakterystyka drewnianych elementów nawierzchni kolejowej.

Drewniane elementy nawierzchni kolejowej dzielą się na podkłady kolejowe oraz podrozdajdnice. Podkłady kolejowe są to belki poprzeczne do biegu toru, na których za pomocą specjalnych przytwierdzeń mocuje się szyny. Głównymi zaletami podkładów drewnianych są nieprzewodzenie prądu i bardzo skuteczne tłumienie drgań. W porównaniu do podkładów betonowych ich stosowanie jest bardziej opłacalne kosztowo.

Podkłady ułożone w ustalonych odstępach do osi toru przejmują naciski kół na szyny przekazywane za pomocą podkładek i przytwierdzeń szynowych, przenoszą te naciski na warstwę podsypki, a ponadto zapewniają utrzymanie prawidłowej szerokości toru. Podkłady pracują na zginanie, a w miejscach ułożenia podkładek - na ściskanie. Tabela 1 prezentuje charakterystykę podstawowych podkładów drewnianych belkowych i obłych stosowanych przez Polskie Koleje Państwowe Polskie Linie Kolejowe S.A.

Tabela 2.1. Podstawowe podkłady drewniane belkowe i obłe stosowane przez PKP PLK S.A..

Typ podkładu	Długość, [m]	Objętość, [m ³]	Powierzchnia przekroju, [m ²]
I B	2,6	0,0962	0,0370
II B	2,6	0,0894	0,0344
II O	2,6	0,0923	0,0355
III B	2,5	0,0770	0,0308
III O	2,5	0,0755	0,0302
IV O	2,5	0,0730	0,0292

Warunki ekspozycji drewnianych podkładów i podrozdnic kolejowych, a mianowicie stałe narażenie na działanie atmosfery i poddawanie częstemu nawilżaniu stanowią o tym, że należą one do 4 klasy użytkowania drewna [2].

Dobór danego typu podkładu zależy od klasy technicznej toru (6 klas), przy czym w każdej klasie technicznej można stosować kilka równorzędnych standardów konstrukcyjnych nawierzchni, a więc i kilka typów podkładów. Również maksymalny rozstaw podkładu wynika ze standardu konstrukcyjnego nawierzchni [3]. Rozstaw podkładów w zależności od klasy technicznej toru wynosi od 0,60 do 0,85 m. Odległości między osiami podkładów w torze zależą w szczególności od nacisku osi, typu szyn i ich długości, rodzaju podkładów oraz znaczenia torów. Odległości te wahają się najczęściej w granicach 655÷578 mm przy liczbie 1566÷1733 sztuk podkładów na 1 km toru [3].

Masa drewnianych podkładów kolejowych wynosi średnio 70÷75 kg/sztukę i zależy od rodzaju drewna (sosna ok. 60 kg, drewno liściaste ok. 80 kg).

Do produkcji drewnianych podkładów kolejowych najczęściej używane jest drewno sosnowe (ok. 75%), a ponadto bukowe (ok. 15%) oraz dębowe (ok. 10%), przy czym proporcje udziału poszczególnych rodzajów drewna zmieniały się w ciągu lat. Szacunkowe trwałości eksploatacyjne impregnowanych podkładów drewnianych wynoszą średnio: sosna 18÷20 lat, a dąb i buk - 30÷35 lat.

Rodzaje, odmiany, wymiary i oznakowanie drewnianych elementów nawierzchni kolejowej określają normy [4,5].

3. Technologia produkcji drewnianych elementów nawierzchni kolejowej.

Drewno jako materiał konstrukcyjny posiada szereg zalet, a mianowicie:

- mały ciężar objętościowy,
- dużą wytrzymałość i sprężystość,
- mały współczynnik rozszerzalności termicznej,
- łatwość obróbki mechanicznej.

Impregnacja drewna zabezpiecza je przed wpływami atmosferycznymi i biotycznymi, w tym grzybami i owadami.

Prawidłowa impregnacja drewnianych elementów nawierzchni kolejowej polega na całkowitym nasyceniu części bielastej drewna, aż do części twardzielowej, która nie poddaje się nasyceniu środkiem impregnującym. Wilgotność podkładów przed impregnacją powinna być mniejsza od 25% w stosunku do masy drewna zupełnie suchego (drewno załadowczo-suche).

Drewniane elementy nawierzchni kolejowej były od ponad 150 lat i są obecnie (aczkolwiek w nieco mniejszym stopniu) nasycane olejami uzyskiwanymi na bazie smoły węglowej. W Polsce był to olej impregacyjny koksowniczy (gatunek K I i K II) oraz gazowniczy (gatunek G), charakteryzowany kolejnymi normami [6] oraz [7]. Obecnie jest to olej kreozotowy w gatunkach A, B, i C klasyfikowanych według normy [8].

Olej kreozotowy jest powszechnie używanym w całym świecie środkiem zabezpieczającym wyroby drewniane. Jest on produktem uzyskiwanym w procesie destylacji smoły węglowej i charakteryzuje się barwą brunatną lub

nawet czarną. Jest on złożoną mieszaniną setek związków organicznych, w tym m.in. wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, BTX-ów (benzenu, toluenu i ksylenów) – te dwie grupy związków stanowią ok. 90% masowych oleju – a także kwasów, fenoli, heterocyklicznych związków azotu, siarki i tlenu oraz amin aromatycznych. W zabezpieczonych olejem kreozotowym drewnianych elementach nawierzchni kolejowej znajduje się ok. 7÷12% masowych oleju.

Krajowe nasycalnie drewnianych elementów nawierzchni kolejowej stosują głównie olej kreozotowy gatunku B oraz rzadziej (dla produktów eksportowanych) olej kreozotowy gatunku C. W niektórych nasycalniach drewnianych elementów nawierzchni kolejowej stosuje się inne impregnaty – olej ekologiczny WEI typu B, Wolmanit CX 10 lub Tanalith E.

Wymagania techniczne dla olejów kreozotowych gatunków B i C zaprezentowane są w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Wymagania techniczne dla olejów kreozotowych gatunków B i C [8].

Parametry	Gatunek B	Gatunek C
Gęstość w 20°C, g/cm ³	1,02÷1,15	1,03÷1,17
Zawartość wody, %	max. 1	max. 1
Temperatura krystalizacji, °C	max. 23	max. 50
Fenole ekstrahowane wodą, %	max. 3	max. 3
Destylat do 235°C, %	max. 20	-
Destylat do 300°C, %	40÷60	max. 10
Destylat do 355°C, %	min. 70	min. 65
Zawartość benzo[a]pirenu, mg/kg	max. 50	max. 50

Olej gatunku C w odróżnieniu od gatunku B nie zawiera niżej wrzących frakcji i z uwagi na mniejszą lotność ma ograniczony zapach. Olej C ze względu na wyższą gęstość i temperaturę krystalizacji trudniej nasycza drewno i może je słabiej zabezpieczać, co z kolei może powodować konieczność częstszej wymiany zaimpregnowanych podkładów. Opisywane oleje są generalnie słabo rozpuszczalne w wodzie – gatunek C mniej niż 0,2 g/dm³.

Proces nasycania podkładów kolejowych odbywa się w komorze impregnacyjnej metodą ciśnieniowo-próżniową Rueping'a. Jest to metoda nasycania pustokomórkowego (nasycanie oszczędnościowe). Suche drewno wprowadza się na wózkach do cylindrycznej komory impregnacyjnej. W zamkniętej komorze podwyższa się ciśnienie powietrza do ok. 0,2 MPa, co ma na celu sprężenie powietrza w komórkach drewna. Po krótkim czasie ciśnienie powietrza w komórkach osiąga odpowiednie wartości. Następnie komora jest wypełniana gorącym olejem impregnacyjnym, a ciśnienie powietrza znacznie zwiększane do ok. 0,8 MPa. Ciśnienie to wciska olej w drewno, a powietrze obecne w komórkach drewna jest sprężane do coraz mniejszej objętości, przez co jego ciśnienie wzrasta. Po zakończeniu procesu równomiernego rozprowadzenia impregnatu w drewnie, zmniejsza się ciśnienie w komorze do ciśnienia atmosferycznego, a następnie wytwarza próżnię. Powietrze w drewnie rozprężając się szybko wypycha z komórek nadmiar oleju na zewnątrz. Otrzymuje się w ten sposób całkowite przesylenie bielu (np. sosny).

Ilość oleju impregnacyjnego pochłoniętego w procesie nasycania 1 m³ drewna, według normy [9], wynosi dla podkładów sosnowych 100 kg/m³, podkładów dębowych - 50 kg/m³ i podkładów bukowych - 150 kg/m³. Dopuszczalne odchylenia wynoszą od -10 do +20%. Dane te odnoszą się do oleju kreozotowego gatunku B. Dla oleju kreozotowego gatunku C wynoszą one odpowiednio 65, 25÷30 i 120 kg/m³ drewna. Głębokość przesylenia drewna powinna według ww. normy wynosić odpowiednio dla wymienionych gatunków drewna, co najmniej 7 mm od powierzchni odkrytej twardzieli, 4 mm i 5 mm. W praktyce warstwa przesycona podkładu drewnianego wynosi ok. 7÷8 mm dla sosny, 6 mm dla dębu i 15÷20 mm dla buku.

4. Gospodarka odpadowymi drewnianymi elementami nawierzchni kolejowej

Gospodarka odpadowymi drewnianymi elementami nawierzchni kolejowej zależy od długości eksploatowanych linii kolejowych, klasy technicznej torów oraz zakresu i częstotliwości ich remontów.

Według „Master planu” z grudnia 2008 roku dla transportu kolejowego w Polsce do 2030 roku, długość eksploatowanych linii kolejowych w Polsce w 2006 roku wynosiła 20176 km, w tym linii normalnotorowych - 98% [10]. PKP PLK S. A. w 2006 roku zarządzała liniami o długości 18963,7 km i torami długości 25547,7 km.

W „Master planie” wyszczególniono, że jednym z istotnych problemów infrastruktury kolejowej jest wysoki odsetek torów ułożonych na podkładach drewnianych, które w dużej części przekroczyły nominalny okres eksploatacji (17÷18 lat dla drewna miękkiego).

PKP PLK S.A. w infrastrukturze kolejowej na dzień 31 grudnia 2011 roku eksploatowała 19299 km linii kolejowych (37420 km torów kolejowych), w tym:

- 27863 km torów szlakowych i głównych na zasadniczych stacjach,
- 9557 km torów stacyjnych,
- 43191 rozjazdów.

Podstawowym firmowym opracowaniem regulującym działania w zakresie infrastruktury kolejowej jest dokument [3]. W Załączniku 14 tego dokumentu podane są kryteria oceny stanu nawierzchni, w tym w tablicy 3 - kryteria oceny stanu podkładów, a w tablicy 4 - graniczne trwałości podkładów w latach w zależności od klasy torów (sosnowe 18÷21, bukowe 22÷25 i dębowe 30÷33 lat).

Według opracowania Instytutu Ochrony Środowiska z 2002 roku, średni uzysk zużytych podkładów wynosił w tym okresie 90 tys. sztuk na rok (5,4 tys. Mg/rok) [11].

Oznacza to, że w ciągu roku wymieniano tylko 54 km torów z podkładami drewnianymi, a więc znacząco za mało dla utrzymania właściwych standardów nawierzchni kolejowej.

W tymże opracowaniu opierając się na danych PKP podano średnie wyniki segregacji w zależności od stopnia zużycia i kierunki wykorzystania wymienionych drewnianych podkładów:

- | | |
|-----------------------------|-------|
| - ponowne wbudowanie w tory | - 30% |
| - cele budowlane i ogrodowe | - 30% |
| - cele opałowe | - 20% |
| - próchno | - 20% |

W krajach Unii Europejskiej sieć kolejowa obejmuje około 320 tys. km wciąż eksploatowanych torowisk (EUROSTAT). Drewniana nawierzchnia kolejowa stanowi obecnie w krajach Unii Europejskiej około 40÷50% użytkowanych linii kolejowych. Jeśli przyjąć, że jeden drewniany element nawierzchni kolejowej waży ok. 60 kg, a na jeden kilometr linii kolejowej przypada 1660÷1670 sztuk elementów drewnianych, można oszacować, że w Unii Europejskiej w użytkowaniu jest obecnie ok. 12,7÷16 mln Mg drewnianych elementów nawierzchni kolejowej. Ten fakt ma istotne znaczenie w świetle tego, iż wszystkie te drewniane elementy są zabezpieczone przed niszczącym wpływem środowiska za pomocą oleju kreozotowego uznawanego za preparat kancerogeny (w istocie tylko niektóre składniki tego oleju są substancjami kancerogennymi).

Zużyte drewniane elementy nawierzchni kolejowej są traktowane jako odpady niebezpieczne i powinny być zagospodarowywane zgodnie z wymogami europejskiej dyrektywy 67/548/EEC. W kraju, odpadowe drewniane elementy nawierzchni kolejowej impregnowane olejem kreozotowym (preparat rakotwórczy kategorii 2) kwalifikowane są według Katalogu odpadów jako odpad niebezpieczny, gdyż nawet po wieloletniej eksploatacji zawierają jeszcze od kilku do kilkunastu g/kg wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Kwalifikacja ta wynika z Ustawy o odpadach, Załącznika 3 – składniki C43 - aromatyczne, policykliczne i heterocykliczne związki organiczne oraz Załącznika 4 - właściwość H17 - „rakotwórcze”.

Rocznie w Unii Europejskiej wymienia się ok. 5÷10% zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej (~0,6÷1,5 mln Mg). Pomimo, iż istnieją rozwiązania techniczne umożliwiające pełną destrukcję tych odpadów w sposób kwalifikowany (spalarnie odpadów niebezpiecznych), to jednak wciąż dostępnych jest zbyt mało rozwiązań technicznych gwarantujących wysokosprawną energetycznie i bezpieczną środowiskowo ich utylizację, szczególnie w niedużych skalach. Szacuje się, że aktualnie tylko 15÷25% zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej w Unii Europejskiej jest odzyskiwane we właściwy, zgodny z wymogami legislacyjnymi sposób. Wiele krajów zezwala na wtórne wykorzystanie tych elementów, np. do konstrukcji drewnianych użytkowanych w ogrodnictwie.

Odpadowe, nie nadające się do powtórnego wykorzystania na torowiskach podkłady kolejowe mogą być unieszkodliwiane przez składowanie, obróbkę biologiczną lub wykorzystane energetycznie (odzysk). Składowanie powinno się odbywać na składowiskach odpadów niebezpiecznych posiadających izolację

syntetyczną. Jest to sposób kosztowny, który jednak nie prowadzi do całkowitej dekontaminacji odpadowych podkładów, a więc powinien być stosowany tylko w szczególnych przypadkach.

Zużyte drewniane elementy nawierzchni kolejowej mogą być też traktowane w hermetycznym autoklawie, w warunkach ciśnieniowych, kąpielą lugującą w postaci wodnego roztworu zawierającego niepatogenne szczepy bakteryjne z grupy *Pseudomonas*. Poprocesowa emulsja olejowo-wodna jest łatwo biodegradowalna. W drewnie pozostaje max. 2% wprowadzanego oleju impregnacyjnego, tak więc odzyskane drewno można bezpiecznie wykorzystywać jako materiał opałowy lub do innych użytków. Technologia ta jest stosowana wymiennie z nasycaniem w firmie Teleenergetyczne Konstrukcje Wsporcze Sp. z o.o. w Wałbrzychu i chroniona patentem PL 370 869, lecz poza tym nie znalazła zastosowania, prawdopodobnie ze względu na periodyczność procesu i pewną uciążliwość środowiskową.

W celu oszacowania możliwej aktualnej podaży odpadowych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej na rynku krajowym w okresach rocznych, przeprowadzono symulacje w dwu wariantach.

Wariant pierwszy dotyczy torów, które już przekroczyły lub niedługo przekroczą nominalny okres eksploatacji. Założono, że będzie to 10 tys. km torów do wymiany w ciągu 10 lat przy 1670 sztukach podkładów na 1 kilometr toru. Wymiana obejmowałaby zatem 1 670 000 sztuk podkładów na rok, a tym samym pozyskanie podobnej liczby podkładów zużytych. Nawet dla najlżejszych podkładów sosnowych o masie sztuki ~60 kg, byłoby to ok. 100 tys. Mg/rok stosunkowo suchej biomasy drzewnej. Jeżeli nawet połowa tych podkładów podlegałaby zabudowaniu, magazynowaniu lub składowaniu, to pozostawałoby jeszcze ok. 50 tys. Mg/rok biomasy drzewnej do wykorzystania energetycznego. Jest to wartość nieco zaniżona, gdyż pozyskiwane w mniejszych ilościach podkłady z dębu i buku mają większe masy jednostkowe.

Wariant drugi przyjmuje jako bazę ilość podkładów kolejowych drewnianych aktualnie sprzedawanych przez producentów krajowych do odnawianej zabudowy torowej. Krajowymi dostawcami impregnowanych podkładów drewnianych dla kolejnictwa są cztery nasycalnie podkładów w Czeremsze, Pludrach, Lipie i Koźminie Wlkp. Szacunkowa roczna dostawa podkładów z tych nasycalni dla PKP PLK S.A. wynosi 560 tys. sztuk. Biorąc pod uwagę przeznaczenie na rozbudowę infrastruktury kolejowej 60 tys. sztuk, pozostaje 500 tys. sztuk podkładów do zabudowy odtworzeniowej ok. 300 km torów. Podobna ilość zużytych podkładów zostanie zatem odzyskana. Przeliczając ją na masę 60 kilogramowych podkładów sosnowych otrzymuje się ok. 30 tys. Mg/rok biomasy drzewnej. Przy podobnym jej rozdysonowaniu jak w wariantcie „I”, do wykorzystania energetycznego pozostanie więc 15 tys. Mg/rok.

Rozwój technologii zgazowania węgla jest przyczyną rosnącego w ostatnich latach zainteresowania wykorzystaniem innych paliw stałych - biomasy i odpadów - dla produkcji gazu syntezowego i/lub palnego. Obecnie - przy zastosowaniu nowych rozwiązań procesowych i aparaturowych - gaz wytwarzany ze zgazowania biomasy i odpadów wykorzystywany jest głównie do produkcji ciepła i energii elektrycznej w blokach energetycznych. Gaz ten może służyć również jako surowiec do produkcji gazu syntezowego dla wytwarzania paliw ciekłych. Rozwój technologii zgazowania biomasy i odpadów osiągnął już punkt atrakcyjności rynkowej. Pierwsze instalacje zgazowania biomasy i odpadów pracują w skali demonstracyjnej i przemysłowej, należy więc sądzić, że osiągną status komercyjnych technologii w nieodległym czasie [12].

Ilość biomasy drzewnej możliwa do pozyskania z odpadowych podkładów kolejowych, może w pełni zabezpieczyć funkcjonowanie kilku średnioskalowych instalacji zgazowania o zapotrzebowaniu paliwa w przedziale 2÷3 tys. Mg/rok.

Należy jednak pamiętać, że instalacja prowadząca działalność gospodarczą polegającą na zgazowaniu odpadowych impregnowanych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej i słupów teletechnicznych oraz wykorzystywaniu energetycznym powstającego gazu procesowego, podlega przepisom prawnym dotyczącym gospodarki odpadami.

Obowiązek dokonania klasyfikacji spoczywa na wytwórcy odpadu. Sposób postępowania z danym rodzajem odpadów, wytwarzanych w związku z prowadzoną działalnością (w tym również klasyfikacja odpadu), powinien zostać zatwierdzony w drodze decyzji przez organ wydający decyzję i dla wytwórcy odpadów jest on wiążący.

Odpady elementów drewnianych takich, jak zużyte słupy teleenergetyczne lub podkłady kolejowe (impregnowane olejami zawierającymi policykliczne węglowodory aromatyczne), pochodzące z rozbiórek i remontów, kwalifikowane są wg rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. nr 112, poz. 1206) jako odpady niebezpieczne (kod 17 02 04*) i podlegają według obowiązującego prawa szczególnemu nadzorowi i obowiązkowi ewidencji.

Można jednak wykonać dodatkowe badania, w trakcie których może zostać stwierdzone, że materiały te (lub ich część) nie należą do odpadów niebezpiecznych. Wtedy odpady te otrzymują kod 17 02 01. Określenie, czy dany materiał jest odpadem niebezpiecznym czy bezpiecznym, dokonuje się w oparciu o rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady są niebezpieczne (Dz.U. Nr 128, poz. 1347).

Rozważając możliwość prowadzenia zgazowania zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej, należy wziąć pod uwagę aktualną wiedzę z zakresu zgazowania paliw stałych, a w szczególności doświadczenia z praktycznej realizacji tego procesu z wykorzystaniem przedmiotowego paliwa. Niestety doświadczeń tych jest bardzo mało (z których kilka omówiono poniżej).

5. Przykłady zgazowania zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej

Zużyte drewniane elementy nawierzchni kolejowych są silnie zanieczyszczonymi odpadami (przede wszystkim wyższymi węglowodorami aromatycznymi), które mogą być unieszkodliwiane na co najmniej kilka różnych sposobów. Jednym z nich jest najnowsza technologia firmy XYLOWATT (belgijska firma powstała w 2001 roku), polegająca na ich zgazowaniu, z zachowaniem najsurowszych norm emisyjnych. W Brukseli rozpoczął się w 2013 roku projekt umożliwiający przetworzenie 5 tys. Mg/rok zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowych na zieloną energię [13].

Proces zgazowania zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowych - opracowany przez belgijską firmę XYLOWATT (Charleroi), ma potencjał, aby zdominować rynek zagospodarowania tych odpadów. Zużyte drewniane elementy nawierzchni kolejowej, wraz z wieloma innymi rodzajami zużytych wyrobów drewnianych impregnowanych olejem kreozotowym, są uciążliwe i powszechnie dostępne na całym świecie. Jednakże są one trudne do odzysku, ze względu na zawarte w nich toksyczne dla środowiska naturalnego i ludzi zanieczyszczenia. Unia Europejska znacząco ograniczyła możliwości unieszkodliwiania odpadowego drewna impregnowanego olejem kreozotowym, klasyfikując ten rodzaj odpadów jako odpady niebezpieczne, które wymagają stosowania wysoko specjalistycznych urządzeń dla ich przetwarzania, jak i specjalnych zabezpieczeń w przypadku ich magazynowania.

Od roku 2007 firma XYLOWATT prowadzi sprzedaż gazogeneratora Notar®, zaprojektowanego specjalnie dla destrukcji substancji smolistych i produkcji czystego gazu. Technologia ta pozwala również na skuteczną destrukcję składników oleju kreozotowego i koncentrację metali ciężkich w popiele. Gazogenerator Notar® przeszedł skutecznie badania naukowe i testy przemysłowe, a wyniki tych prac zostały zaprezentowane na konferencjach międzynarodowych. Gazogeneratory firmy XYLOWATT są aktualnie prawdopodobnie jedynymi w Europie zweryfikowanymi w skali przemysłowej reaktorami umożliwiającymi wychwytywanie metali ciężkich i destrukcję składników oleju kreozotowego.

Wysoką skuteczność zgazowania zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej według technologii firmy XYLOWATT potwierdzono podczas testów przeprowadzonych w instalacji eksperymentalnej zlokalizowanej w Université Catholique de Louvain (Belgia). Podczas tych testów prowadzone były pomiary wielkości emisji, aby potwierdzić jej zgodność z wymogami europejskiej dyrektywy 2000/76/WE w sprawie spalania odpadów. Badania (certyfikowane przez niezależną jednostkę kontrolującą) wykazały, że uzyskana emisja osiągnęła w trakcie testów tylko 10% maksymalnej wartości określonej w normie dla większości z podanych w dyrektywie zanieczyszczeń wymagających kontroli (w tym dioksyn i furanów).

Po długiej procedurze badania oddziaływania omawianej technologii na środowisko, wyjątkowo dobre wyniki zgazowania zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej, umożliwiły właściwym władzom Regionu Stołecznego Brukseli wydanie pozwolenia środowiskowego na uruchomienie zakładu zgazowania tej biomasy, zlokalizowanego w Brukseli. Zakład ten pozwoli na odzyskanie 5 tys. Mg zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej rocznie, co umożliwi wytworzenie 0,9 MW energii elektrycznej oraz 1,8 MW ciepła.

Zgazowanie zużytych elementów nawierzchni kolejowej było również prowadzone w instalacji z cyrkulującym złożem fluidalnym (~40÷70 MWth w paliwie), w zakładzie Kymijärvi zlokalizowanym w Lahti (Finlandia) [14]. Instalacja ta przeznaczona jest do zgazowania różnych paliw, w tym m.in. biomasy, stałych paliw wtórnych, rozdrobnionych zużytych opon i odpadowych tworzyw sztucznych. Reaktor zgazowania przyłączony jest do pyłowego kotła węglowego, w którym gaz ze zgazowania różnych paliw jest współpalany. Zgazowanie zużytych elementów nawierzchni kolejowej i rozdrobnionych zużytych opon samochodowych wymagało przeprowadzenia nieznacznych przeróbek instalacji, związanych przede wszystkim z możliwością

wprowadzania do układu elementów metalowych (gwoździ, drutów i in.). Operatorzy instalacji spodziewają się systematycznego wzrostu udziału paliw odpadowych (w tym zużytych elementów nawierzchni kolejowej) w produkowanej przez zakład energii. Instalacja spełnia wszystkie, bardzo restrykcyjne wymogi emisyjne.

W najnowszej publikacji dotyczącej omawianego zagadnienia [15], przedstawiono wyniki badań dotyczące zgazowania zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej w skali 1 kg/h, prowadzonego w instalacji laboratoryjnej wyposażonej w dwustopniowy fluidyzacyjny reaktor zgazowania. Obydwie strefy reaktora oddzielone są perforowaną przegrodą o średnicy oczek wynoszącej 1 mm. W pierwszej (fluidalnej) strefie następuje zgazowanie zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej, natomiast w strefie drugiej prowadzona jest termiczna konwersja smół zawartych w gazie wyprowadzanym ze strefy pierwszej. Do strefy konwersji smół można wprowadzać różne materiały (katalizatory) dla badania ich wpływu na skuteczność przebiegu procesu. Badania zgazowania zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej prowadzono wykorzystując paliwo wstępnie rozdrobnione i pozbawione elementów metalowych. W badaniach wykazano, że powietrzne zgazowanie zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej umożliwia wytwarzanie czystego gazu charakteryzującego się stosunkowo wysoką wartością opałową ($4,5\text{--}10,5 \text{ MJ/m}^3_n$). Skutecznym katalizatorem konwersji smół przetestowanym w przeprowadzonych badaniach był dolomit.

Również w kraju prowadzone są prace badawcze mające na celu opracowanie skutecznego sposobu przetworzenia zużytych drewnianych podkładów kolejowych na ciepło i energię elektryczną z wykorzystaniem procesu zgazowania. IChPW wspólnie z firmą SYNGAZ Sp. z o.o. opracowuje technologię zgazowania impregnowanego drewna odpadowego w innowacyjnym reaktorze ze złożem stałym wyposażonym w układ mokrego oczyszczania gazu procesowego (skruber olejowy). Wstępne wyniki prac powietrznego zgazowania rozdrobnionych zużytych drewnianych podkładów kolejowych potwierdzają skuteczność zastosowanego rozwiązania. Wytwarzany z podkładów gaz charakteryzował się w przeprowadzonych testach wartością opałową ok. $7\text{--}8 \text{ MJ/m}^3$, po układzie mokrego oczyszczania był pozbawiony zanieczyszczeń smołowych i wobec tego mógł być bezproblemowo spalany w silniku gazowym sprzężonym z generatorem prądu elektrycznego. Technologia zgazowania zużytych drewnianych podkładów kolejowych z zastosowaniem procesu zgazowania wymaga wciąż udoskonalenia, co przede wszystkim wynika z konieczności spełnienia wszystkich wymagań technicznych z zakresu termicznego przekształcania odpadów.

6. Podsumowanie

Legislacyjny wymóg traktowania zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej jako odpadów niebezpiecznych ogranicza w praktyce możliwość doboru procesu ich unieszkodliwiania. Termiczne przekształcanie odpadów w instalacjach lub urządzeniach zlokalizowanych na lądzie (D10, Załącznik nr 6 Ustawy o odpadach) uznano za najbardziej efektywne podejście do utylizacji drewna impregnowanego olejem kreozotowym. Wybrana technologia zgazowania obok efektywności energetycznej zapewnia również dodatkowy zysk z tytułu opłat od wytwórców lub właścicieli przedmiotowych odpadów niebezpiecznych.

Przedstawione informacje dotyczące zgazowania zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowych są potwierdzeniem, iż zagadnienie to nabiera w świecie coraz większego znaczenia.

Rozwój technologii zgazowania biomasy (w tym zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej) ukierunkowany będzie najprawdopodobniej na układy charakteryzujące się niedużymi mocami. Fakt ten jest determinowany w pierwszej kolejności przez logistykę transportu i magazynowania biomasy i odpadów o charakterze biomasy. Wydaje się, że układy o dużych mocach - ze względu na koszty transportu biomasy (mała gęstość energii) - mają gorszą perspektywę rozwoju.

Technologie zgazowania biomasy i odpadów o charakterze biomasy ze względu na wiele zalet są godne upowszechniania. Ważnym argumentem przemawiającym za ich szerokim wdrażaniem - również w naszym kraju - jest m.in. to, że umożliwiają wytwarzanie użytecznej energii cieplnej i elektrycznej, pozwalając jednocześnie na skuteczne rozwiązanie problemu racjonalnego wykorzystania odpadów, często trudnych do zagospodarowania w inny sposób.

Należy pamiętać, że zgazowanie odpadów drewnianych elementów nawierzchni kolejowej i słupów teletechnicznych traktowane jest jako proces termicznego przekształcania odpadów niebezpiecznych. Sprawia to, że instalacja przetwórcza jest traktowana na równi ze spalarnią odpadów.

Taki status powoduje konieczność spełnienia przez prowadzącą instalację szeregu wysokich wymagań środowiskowych, w tym szczególnie odnoszących się do emisji zanieczyszczeń ze spalania gazu procesowego.

Dla ich spełnienia konieczne jest wyposażenie instalacji w odpowiedni monitoring emisyjny i procesowy. Ponadto, przy przekroczeniu wydajności instalacji na poziomie 10 ton odpadów na dobę, obowiązuje uzyskanie pozwolenia zintegrowanego.

Z drugiej strony, jeżeli wytwarzany z odpadów gaz procesowy będzie energetycznie wykorzystywany poza instalacją – możliwe jest uczestnictwo przez prowadzącego instalację w korzyściach związanych z rozliczaniem wytwarzaniem energii elektrycznej, jako energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii (w tym przypadku – biomasy drzewnej), a także z rozliczaniem emisji gazów cieplarnianych.

Wykonane szacunkowe obliczenia w oparciu o przeprowadzoną analizę rynku wskazują, że w kolejnych latach możliwe będzie pozyskiwanie na rynku krajowym co najmniej 15 tys. Mg/rok zużytych drewnianych elementów nawierzchni kolejowej. Materiał ten może stanowić doskonałe paliwo dla procesu zgazowania i produkcji użytecznego ciepła i energii elektrycznej. Racjonalna organizacja przedsięwzięcia pozwoli na skuteczne zagospodarowanie odpadu, którego wykorzystanie nie jest wciąż w skali kraju poprawnie realizowane, a który stanowić może zastępnik części biomasy leśnej wykorzystywanej do produkcji energii.

Literatura

1. Betlej I.: Czy powtórne wykorzystanie drewna impregnowanego, wycofanego z eksploatacji jest bezpieczne? Akademia naukowa (Internet), czerwiec, 2012.
2. PN-EN 335-1 „Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Definicja klas użytkowania. Część 1: Postanowienia ogólne”.
3. „Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych, Id-1”. PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A., Warszawa, 2005 (Tekst jednolity z dnia 1 września 2010 r.).
4. PN-73/D-95006 „Materiały drzewne nawierzchni torowej normalnotorowej”.
5. PN-EN 13145+A1 „Kolejnictwo – Tor – Podkłady i podrozjazdnice drewniane”.
6. PN-68/C-97023 „Produkty węglpochodne. Olej impregnacyjny”.
7. PN 83/C-97023 „Produkty węglpochodne. Olej impregnacyjny”.
8. PN-EN 13991:2004 - Pochodne z pirolizy węgla - Oleje na bazie smoły węglowej: olej kreozotowy -- Wymagania techniczne i metody badań.
9. PN-D-95014 „Nawierzchnia kolejowa. Sosnowe, dębowe i bukowe materiały drzewne nawierzchni kolejowej nasycane olejem impregnacyjnym”.
10. Master plan dla transportu kolejowego w Polsce do 2030 r., Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa, sierpień 2008.
11. Gospodarka odpadami podkładów kolejowych drewnianych, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 2002.
12. Sobolewski A., Stelmach S., Iluk T.: Technologies of biomass gasification. Eco-energetics – Biogas and Syngas. Technologies, legal frameworks and economics in baltic sea region. Editors A. Cenian, J. Gołaszewski and T. Noch. Wydawnictwo GWSA, 2011.
13. www.xylowatt.com.
14. www.power-technology.com/projects/kymijarvi/.
15. Tae-Young M., Jin-Won K., Joo-Sik K.: Air gasification of railroad wood ties treated with creosote: Effects of additives and their combination on the removal of tar in a two-stage gasifier. Fuel 102 (2012) 326-332.

