



**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY W PUŁAWACH**

**dr Urszula Skomra
dr hab. Bożena Smreczak**

**Oszacowanie zakresu i kosztów wymiany słupów
drewnianych impregnowanych kreozotem na
plantacjach chmielu**

Puławy, 2022

Ekspertyza dotycząca zakresu i kosztów (stawki jednostkowej na 1 ha plantacji) wymiany konstrukcji nośnych chmielników wykorzystujących słupy drewniane impregnowane kreozotem na konstrukcje wolne od kreozotu w celu wskazania dostępnych, przyjaznych dla środowiska konstrukcji nośnych chmielu i oszacowania możliwości wymiany słupów drewnianych impregnowanych kreozotem na konstrukcje nośne neutralne dla środowiska.

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel.: (+48) 81 478 67 00, 81 478 69 31; fax: (+48) 81 478 69 32
e-mail: iung@iung.pulawy.pl
www.iung.pl

Spis treści

1. Wprowadzenie	4
2. Budowa konstrukcji wsporczej chmielnika	5
3. Koszty budowy konstrukcji wsporczej chmielnika w zależności od rodzaju słupów wraz z opisem	7
3.1. Słupy drewniane wolne od kreozotu	7
3.2. Słupy kompozytowe	8
3.3. Słupy betonowe	10
3.4. Koszty pracy związane z wymianą konstrukcji wsporczej chmielnika	11
3.5. Podsumowanie kosztów związanych z wymianą konstrukcji wsporczej chmielnika	13
4. Kreozot i jego szkodliwość w środowisku	14
5. Literatura	16

1. Wprowadzenie

Materiał drewniany stosowany do budowy konstrukcji wsporczych chmielników jest narażony na działanie zmiennych warunków atmosferycznych (temperatury, wilgoci, promieniowania UV) oraz czynników biologicznych, np. grzybów lub owadów, które powodują rozkład drewna. W celu zabezpieczenia drewna przed niszczącym działaniem tych czynników oraz nadania mu określonych właściwości użytkowych, np. hydrofobowych, przeprowadza się impregnację odpowiednimi substancjami chemicznymi. Do budowy chmielników najczęściej wykorzystywane są słupy z drewna sosnowego wglębnie impregnowane olejem kreozotowym (Migdal, Zaorski, 1996).

Olej kreozotowy stosowany do konserwacji drewna jest mieszaniną produktów destylacji smoły węgla kamiennego, której głównym składnikiem (80-90%) są wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), takie jak: naftalen, antracen, fenantren, piren, chryzen i in. (Jaworska i in., 2013; Błaszczński i in. 2021). Olej kreozotowy charakteryzuje się wysoką toksycznością w stosunku do grzybów i owadów oraz dużą trwałością w drewnie nasyconym. Nie zmienia swych właściwości pod wpływem kontaktu z glebą oraz nie ulega wymyciu z drewna pod wpływem wody i wilgoci gruntowej. Nie powoduje również korozji stali, co jest szczególnie ważne przy budowie konstrukcji wsporczych chmielników. Nasycenie drewna olejem kreozotowym zwiększa jego trwałość do 30 lat (Jaworska i in., 2013).

Olej kreozotowy został zakwalifikowany jako substancja rakotwórcza kategorii 1B (Carc.1B) oznaczona kodem H350 wskazującym na narażenie poprzez wdychanie (Rozporządzenie (WE) nr 1272/2008). Z tego względu obowiązuje zakaz powszechnego stosowania tej substancji do impregnacji drewna z wyjątkiem zastosowań w instalacjach przemysłowych lub przez profesjonalistów. Zgodnie z załącznikiem XVII Rozporządzenia (WE) nr 1907/2006 (REACH), drewno po impregnacji olejem kreozotowym może być przeznaczone jedynie do zastosowania zawodowego i przemysłowego, w tym również dla celów rolniczych, np. jako słupy podtrzymujące. Jednak z uwagi na szkodliwość kreozotu, który zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 528/2012 zmienionym przez (UE) nr 334/2014 został uznany za bezprogowy czynnik rakotwórczy, podejmuje się działania mające na celu ograniczenie narażenia ludzi na bezpośredni kontakt z tą substancją oraz jej uwalniania do środowiska.

2. Budowa konstrukcji wsporczej chmielnika

Chmiel jako roślina pnąca jest uprawiany na konstrukcjach o wysokości 6-7 m. Konstrukcja i jej mocowanie muszą mieć odpowiednią wytrzymałość, tak aby przyjąć występujące na plantacjach chmielu obciążenia statyczne związane z masą roślin oraz dynamiczne związane z działaniem wiatru.

Konstrukcja zbudowana jest z siatki nośnej wykonanej ze stalowych drutów żarzonych lub linki stalowej podpartej słupami wsporczymi oraz brzeżnymi zakotwiczonymi w ziemi za pośrednictwem zespołu cięgien i kotwic. Słupy są najczęściej wykonane z drewna sosnowego włącznie impregnowanego olejem kreozotowym. Słupy wsporcze mogą być rozmieszczone na plantacji w odległości 9×9 m, 9×12 m lub 12×12 m (Migdal, Zaorski 1996). W Polsce przeważnie stosuje się rozstaw 9×12 m. Konstrukcja plantacji chmielu o powierzchni 1 ha i rozstawie słupów 9×12 m jest zbudowana z około 50 słupów brzeżnych o długości 9 m i średnicy w połowie długości 16-17 cm oraz z około 70 słupów wsporczych o długości 7,5 m i średnicy 14-16 cm (Luty i in. 1986). W praktyce jednak projekt konstrukcji nośnej jest dostosowywany do kształtu i rozmiaru pola oraz rozmieszczenia roślin chmielu, stąd możliwe są odstępstwa od podanych odległości pomiędzy słupami. Należy zatem przyjąć, że słupy na plantacjach chmielu mogą być rozmieszczone w odległościach około 9×9 m (z tolerancją 1 m, tj. nawet od 8 m do 10 m), około 9×12 m (z tolerancją 1,5 m, tj. nawet od 7,5 m do 10,5 m \times 10,5 m do 13,5 m) lub około 12×12 m (z tolerancją 1,5 m, tj. nawet od 10,5 m do 13,5 m). W przypadku słupów betonowych możliwe jest zwiększenie rozstawy słupów nawet do około $18,0 \times 10,5$ m (z tolerancją 2 m, tj. nawet od 16,0 m do 20 m \times 8,5 m do 12,5 m) przy dodatkowym wzmocnieniu siatki stalowej. Natomiast w przypadku słupów kompozytowych producent zaleca rozstaw około 9×9 m (z tolerancją 1 m, tj. nawet od 8 m do 10 m). Z uwagi na to podane liczebności słupów brzeżnych i wsporczych należy traktować jako szacunkowe.

Pomiędzy słupami chmielnika na wysokości 6-7 m rozpięta jest siatka nośna, w skład której wchodzi następujące elementy: cięgna obrzeża czołowego i wzdłużnego, cięgna przęsłowe umocowane na wierzchołkach słupów wsporczych w poprzek rzędów roślin, cięgna liniowe przebiegające wzdłuż rzędów, rozmieszczone symetrycznie po dwa nad każdym rzędem roślin (do cięgien liniowych mocowane są corocznie przewodniki roślin). Elementy siatki z mocowane są ze sobą oraz ze słupami przy pomocy odpowiednich skobli i złączy.

Całość konstrukcji ustabilizowana jest za pomocą kotew, które są przymocowane do wierzchołków słupów brzeżnych za pośrednictwem odpowiednich odciągów z łącznikami umożliwiającymi ich skracanie przy naprężaniu siatki nośnej. W konstrukcjach wsporczych

chmielników stosowane są kotwy wykonane ze zbrojonych elementów betonowych lub śrubowe. Liczba kotwic dla poszczególnych słupów brzeżnych określana jest w projekcie budowy konstrukcji dostosowanym do warunków konkretnej plantacji (Migdal, Zaorski 1996).



Fot. 1. Konstrukcja wsporcza chmielnika wykonana ze słupów drewnianych impregnowanych olejem kreozotowym w rozstawie 9×9 m.



Fot. 2. Konstrukcja wsporcza chmielnika wykonana ze słupów drewnianych impregnowanych olejem kreozotowym w rozstawie 9×12 m.

3. Koszty budowy konstrukcji wsporczej chmielnika w zależności od rodzaju słupów wraz z opisem

3.1. Słupy drewniane wolne od kreozotu

Norma PN-EN 335:2013-07 „Trwałość drewna i wyrobów drewnopochodnych – Klasy Użytkowania: definicje, zastosowanie do drewna litego i materiałów drewnopochodnych” definiuje pięć klas zagrożenia drewna w zależności od ekspozycji na różne warunki środowiskowe. Drewno mające bezpośredni kontakt z gruntem i poddane stałemu działaniu wilgoci, takie jak m. in. drewniane słupy konstrukcji chmielowych, jest zaliczane do IV klasy zagrożenia. W przypadku tej klasy zagrożenia, wystarczającą naturalną trwałość bez konieczności impregnacji, wykazują jedynie wysoko trwałe gatunki drewna.

Wg opracowania Instytutu Technologii Drewna Sieć Badawcza Łukasiewicz (<https://itd.lukasiewicz.gov.pl/pl/vademecum/>), wśród gatunków drzew występujących w Polsce bardzo dużą lub dużą trwałością odznacza się drewno robinii akacjowej i dębu. Drewno robinii akacjowej jest bardzo trwałe, także w wodzie, z uwagi na to jest stosowane jako drewno konstrukcyjne wysokich wymagań w górnictwie, budownictwie ziemnym i wodnym. Drewno dębowe zawiera dużo garbników, co nadaje mu znaczną trwałość i wytrzymałość oraz odporność na warunki atmosferyczne. Twardziel drewna dębowego jest bardzo trwałą zarówno w stanie suchym, jak i wilgotnym, dlatego drewno to jest wykorzystywane w konstrukcjach naziemnych, podziemnych, budownictwie wodnym, do budowy statków, maszyn i pojazdów oraz na podkłady.

Wydaje się zatem, że słupy sosnowe impregnowane olejem kreozotowym, stosowane dotychczas do budowy konstrukcji wsporczych chmielników, mogą być zastąpione słupami wykonanymi z drewna o większej trwałości, tj. z robinii akacjowej lub dębu, bez stosowania impregnacji. Okorowane drewno robinii akacjowej może wytrzymać bez żadnej impregnacji około 20-25 lat. Biorąc pod uwagę, że trwałość słupów sosnowych impregnowanych olejem kreozotowym jest szacowana na około 30 lat, żywotność konstrukcji chmielowej wykonanej z nieimpregnowanych słupów akacjowych będzie krótsza o około 20-30%.

Niestety, dostępność drewna robinii akacjowej oraz drewna dębowego przydatnego do wykorzystania na słupy jest bardzo mała. Z informacji Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych wynika, że nie są prowadzone kontrole jakości i sortowanie drewna drzew liściastych (robinia akacjowa, dąb) pod kątem potencjalnego wykorzystania na słupy chmielowe, ale w przypadku drewna akacjowego sortyment ten będzie ograniczony

przestrzenie do terenów Polski zachodniej, gdzie gatunek ten występuje w istotnych ilościach w składzie drzewostanów.

Tabela 1. Koszt materiałów do budowy konstrukcji wsporczej plantacji chmielu o powierzchni 1 ha wykorzystującej słupy drewniane wolne od kreozotu

Element kosztów	Cena w przeliczeniu na 1 ha plantacji*	
	netto	brutto
Drewno (około 26 m ³)	40 500	49 815
Drut stalowy żarzony (ciągna liniowe, złączki, przęsła, obrzeża, łączniki odciągów, skoble, odciągi kotwic)	36 300	44 649
Kotwice (około 60 szt.)	4100	5 043
Razem	80 900	99 507

*w kalkulacji cen uwzględniono przybliżony koszt transportu materiałów

Koszty materiałów do budowy konstrukcji wsporczej chmielnika z wykorzystaniem słupów drewnianych wolnych od kreozotu w przeliczeniu na 1 ha plantacji podano w tabeli 1. Założono, że słupy będą rozmieszczone w odstępach około 9 × 12 m, a pozostałe elementy konstrukcyjne będą takie same, jak w przypadku tradycyjnych plantacji zbudowanych z wykorzystaniem słupów sosnowych impregnowanych olejem kreozotowym. Objętość drewna niezbędną do budowy konstrukcji chmielnika o powierzchni 1 ha obliczono biorąc pod uwagę minimalne wymagania dotyczące długości i średnicy słupów drewnianych (Norma Branżowa BN-77/9221-09. Słupy drewniane) oraz szacunkowej liczby słupów brzeżnych i wsporczych. Koszt drewna oszacowano na podstawie informacji Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych o średniej cenie drewna dębowego w latach 2017-2021 oraz o kosztach korowania i transportu drewna. Koszt pozostałych elementów do budowy konstrukcji chmielnika (drut stalowy żarzony, kotwy) określono na podstawie przeciętnych cen obowiązujących w grudniu 2021 r. (na podstawie ofert sklepów internetowych lub telefonicznego rozeznania rynku).

Łączny koszt materiałów do budowy konstrukcji wsporczej chmielnika opartej o słupy drewniane wolne od kreozotu w przeliczeniu na 1 ha wynosi około 80 900 zł netto (tab. 1).

3.2. Słupy kompozytowe

Rozpatrując dostępność alternatywnych technologii, w których słupy drewniane impregnowane olejem kreozotowym są zastąpione elementami wsporczymi wykonanymi z innych materiałów, należy wziąć pod uwagę wykorzystanie do budowy konstrukcji chmielników słupów kompozytowych. Słupy takie nie stwarzają zagrożenia dla środowiska

wynikającego ze wzrostu zawartości zanieczyszczeń organicznych w glebach, w tym związków z grupy WWA.

Konstrukcja oparta o słupy kompozytowe posiada szereg zalet:

- dzięki zastosowaniu słupów kompozytowych i systemu amortyzacji odciągów kotwicznych, konstrukcja jest sztywna i stabilna przy obciążeniach statycznych spowodowanych ciężarem roślin, a także w sposób elastyczny przenosi obciążenia dynamiczne związane z wiatrem,

- trwałość słupów sięga 40-50 lat, są one odporne na czynniki zewnętrzne, takie jak promieniowanie UV, deszcz, mróz, środki ochrony roślin, nawozy mineralne i organiczne,

- słupy są lekkie, co oznacza, że montaż konstrukcji nie wymaga użycia ciężkiego sprzętu, a transport takich słupów jest tańszy w porównaniu ze słupami drewnianymi lub betonowymi,

- słupy kompozytowe w 100% podlegają recyklingowi, dzięki czemu nie ma problemu z ich zagospodarowaniem po okresie eksploatacji.

Tabela 2. Koszt materiałów do budowy plantacji chmielu o powierzchni 1 ha opartej o słupy kompozytowe

Element kosztów	Cena w przeliczeniu na 1 ha plantacji	
	netto	brutto
Słupy kompozytowe skrajne, środkowe i narożne z wyposażeniem (około 140 szt.), siatka nośna z wyposażeniem do montażu oraz kotwy wkręcane do mocowania odciągów siatki, protektory na słupy	116 888	143 772
Transport	4 000	4 920
Razem	120 888	148 692

Konstrukcja wsporcza wykorzystująca słupy kompozytowe ma nieco inną budowę, niż tradycyjne konstrukcje oparte na słupach drewnianych. Zgodnie z zaleceniami producenta, w kompozytowych konstrukcjach wsporczych chmielników stosuje się rozstaw słupów około 9 × 9 m. Siatka nośna wraz z odciągami powinna być wykonana z linek stalowych, a do jej montażu niezbędne są odpowiednie zaciski i kausze. Rozwiązaniem niespotykanym w tradycyjnych konstrukcjach chmielników jest również wykorzystanie odpowiednich sprężyn do mocowania odciągów siatki nośnej z kotwami wkręcanyymi. Ważnym elementem są również protektory na słupy zabezpieczające ich dolną część przed uszkodzeniami mechanicznymi. Jest to wprawdzie wyposażenie opcjonalne, ale bardzo istotne, z uwagi na duże zagrożenie uszkodzenia słupów w trakcie zabiegów uprawowych wykonywanych na plantacji chmielu.

Koszt materiałów do budowy konstrukcji wsporczej chmielnika opartej o słupy kompozytowe w przeliczeniu na 1 ha plantacji wynosi około 121 000 zł netto (tab. 2) i jest o blisko 50% wyższy w porównaniu z technologią wykorzystującą słupy drewniane wolne od kreozotu.

3.3. Słupy betonowe

Kolejną alternatywą dla słupów sosnowych impregnowanych olejem kreozotowym mogą być słupy betonowe. Beton jest materiałem kruchym o niewielkiej wytrzymałości na rozciąganie (np. naprężenia wywołane silnym wiatrem), dlatego musi być wzmocniony elementami stalowymi (żelbeton) lub dodatkowo sprężony (strunobeton). Połączenie betonu ze stalowymi elementami zbrojениowymi tworzy silne wiązanie, które jest w stanie oprzeć się działaniu zarówno obciążenia, jak i sił rozciągających. Na rynku dostępnych jest wiele rodzajów słupów wykonanych z betonu, jednak są one przeznaczone głównie do zastosowań w energetyce, telekomunikacji lub w sadownictwie. Z uwagi na dużą wysokość konstrukcji wsporczych chmielników (6-7 m), do ich budowy niezbędne są słupy o długości co najmniej 7,5 m (słupy wsporcze) oraz 9,0 m (słupy brzeżne).

Słupy wykonane z betonu wyróżniają się mrozoodpornością oraz niską nasiąkliwością, a ich żywotność określana jest na co najmniej 50 lat. Niestety, charakteryzują się one dużym ciężarem, który w przypadku słupów o długości 9 m kształtuje się w granicach 800-1300 kg. Z uwagi na to, montaż oraz ewentualne naprawy konstrukcji będą wymagały użycia specjalistycznego sprzętu, np. dźwigu samojezdnego.

Koszty materiałów do budowy konstrukcji wsporczej chmielnika z wykorzystaniem słupów betonowych w przeliczeniu na 1 ha plantacji podano w tabeli 3. W kalkulacji założono, że rozmieszczenie słupów będzie takie samo, jak w przypadku tradycyjnych plantacji opartych na słupach sosnowych impregnowanych olejem kreozotowym, tj. około 9×12 m. Siatka nośna zostanie zbudowana z linki stalowej (ciągna przęsłowe, ciągna obrzeża, odciągi) oraz drutu stalowego żarzonego (ciągna liniowe, złączki). Konstrukcja ze słupów betonowych powinna być dobrze ustabilizowana, dlatego zaplanowano większą liczbę kotew w porównaniu z tradycyjnymi konstrukcjami opartymi na słupach drewnianych. W przypadku konstrukcji betonowych możliwe jest zwiększenie rozstawy słupów nawet do około $18,0 \times 10,5$ m przy dodatkowym wzmocnieniu siatki stalowej.

Koszt materiałów do budowy konstrukcji opartej o słupy betonowe w przeliczeniu na 1 ha plantacji wynosi około 137 000 zł netto (tab. 3) i jest o blisko 70% wyższy w porównaniu z technologią wykorzystującą słupy drewniane wolne od kreozotu.

Tabela 3. Koszt materiałów do budowy plantacji chmielu o powierzchni 1 ha wykorzystującej słupy z betonu

Element kosztów	Cena w przeliczeniu na 1 ha plantacji*	
	netto	brutto
Słupy betonowe (około 50 słupów brzeżnych o długości min. 9 m oraz około 70 słupów wspanych o długości min. 7,5 m)	104 100	128 043
Drut stalowy żarzony (ciągna liniowe, złączki)	6 500	7 995
Lina stalowa (ciągna przesłowe, ciągna obrzeża, odciąg)	18 400	22 632
Kotwice (około 100 szt.)	7 900	9 717
Razem	136 900	168 387

*w kalkulacji cen uwzględniono przybliżony koszt transportu materiałów

Wprowadzenie nowych materiałów do budowy konstrukcji wspanych chmielników, każdorazowo wymaga przeanalizowania wytrzymałości konstrukcji i dostosowania projektu do warunków konkretnej plantacji. Z uwagi na to, możliwe są odstępstwa od proponowanych rozwiązań, zarówno jeśli chodzi o rozmieszczenie słupów, jak i wykonanie innych elementów konstrukcyjnych.

3.4. Koszty pracy związane z wymianą konstrukcji wspanych chmielnika

Koszty pracy obliczono według stawki normatywnej na podstawie przeciętnego poziomu wynagrodzenia w gospodarce narodowej, które wg GUS w 2020 r. wynosiło 5167,47 zł brutto (3731,70 netto) oraz przy założeniu, że jeden pełnozatrudniony pracuje 2120 godz. na rok (Skarzyńska, Abramczuk 2018). Przyjmując te założenia, opłata za 1 godz. pracy w 2020 r. wyniosła 29,25 zł brutto (21,12 zł/h netto).

Koszt jednostkowy wykorzystania ciągnika rolniczego obliczono według uproszczonego rachunku kosztów zużytego paliwa i smarów (Harasim 2006), zakładając wykorzystanie ciągnika o mocy 44,5 kW oraz cenę paliwa na poziomie 6,00 zł/l (brutto). Koszt jednostkowy użycia ciągnika obliczony na podstawie powyższych założeń wyniósł 51,47 zł/h brutto (41,85 zł/h netto).

Wymiana konstrukcji nośnej chmielnika wymaga nakładów pracy związanych z demontażem dotychczasowej konstrukcji wspanych chmielnika opartej na słupach drewnianych impregnowanych olejem kreozotowym oraz montażem nowej. Do demontażu konstrukcji niezbędne jest zaangażowanie pracy ludzi na poziomie około 220 roboczogodzin (rbh) oraz pracy ciągnika rolniczego na poziomie około 90 ciągnikogodzin (cgh). Orientacyjny

koszt pracy oraz koszt wykorzystania ciągnika przy demontażu dotychczasowej konstrukcji wsporczej chmielnika przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Koszty pracy oraz wykorzystania ciągnika rolniczego związane z demontażem dotychczasowej konstrukcji chmielnika wykonanej ze słupów drewnianych impregnowanych kreozotem oraz z budową nowej konstrukcji

Element kosztów	Koszt w przeliczeniu na 1 ha plantacji	
	netto	brutto
Demontaż starej konstrukcji chmielnika	8 413	11 067
Budowa konstrukcji z wykorzystaniem słupów z drewna akacjowego lub dębowego	16 724	22 059
Budowa konstrukcji z wykorzystaniem słupów kompozytowych	16 724	22 059
Budowa konstrukcji z wykorzystaniem słupów z betonu *	22 775	29 779

*w kalkulacji uwzględniono koszt pracy dźwigu samobieżnego

Budowa konstrukcji nośnej chmielnika obejmuje szereg czynności (Migdal, Zaorski 1996), z których najważniejsze to:

- wyznaczenie rozmieszczenia słupów i kotwic,
- wykopanie lub odwiercenie otworów pod słupy i kotwice,
- przygotowanie odciągów kotwicznych i ich połączenie z kotwicami,
- umieszczenie kotwic w wykopach, zasypanie ziemią i staranne ubicie warstwami po 30 cm,
- ustawienie w otworach słupów wsporczych i brzeżnych, obsypanie ziemią i staranne ubicie,
- montaż czołowych i bocznych cięgien obrzeża na słupach brzeżnych,
- montaż cięgien przęsłowych siatki nośnej,
- montaż cięgien liniowych siatki nośnej,
- połączenie odciągów kotwic z wierzchołkami słupów brzeżnych,
- usztywnienie siatki nośnej poprzez naciągnięcie cięgien, wychylenie słupów brzeżnych i napięcie odciągów.

Nakłady pracy związane z wykonaniem niektórych czynności zależą od rodzaju materiałów użytych do budowy konstrukcji. W przypadku materiałów o dużym ciężarze, do posadowienia konstrukcji niezbędny jest udział większej liczby osób, a nawet użycie ciężkiego sprzętu, np. dźwigu samobieżnego. Generuje to dodatkowe nakłady pracy, a co za tym idzie zwiększa koszty montażu konstrukcji. Rodzaj słupów i kotwic wpływa również na system mocowania siatki nośnej i związane z tym nakłady pracy.

Konstrukcja wykorzystująca nieimpregnowane słupy drewniane będzie zbliżona do tradycyjnych konstrukcji opartych na słupach sosnowych impregnowanych olejem kreozotowym, zarówno pod względem liczby słupów, jak i pozostałych elementów konstrukcyjnych. Zatem można przyjąć, że nakłady pracy związane z montażem takiej konstrukcji będą porównywalne do tych przewidzianych dla konstrukcji tradycyjnych. Szacuje się, że nakłady pracy ludzi i wykorzystanie ciągnika rolniczego do budowy konstrukcji opartej o słupy drewniane wynoszą odpowiednio około 455 rbh i około 170 cgh.

Przyjęto, że nakłady pracy związane z budową konstrukcji opartej na słupach kompozytowych będą zbliżone. Wprawdzie słupy kompozytowe są znacznie lżejsze od drewnianych, co ułatwia ich posadowienie, jednak ich liczba na jednostce powierzchni może być większa z uwagi na zalecaną rozstawę około 9×9 m. Dodatkowych nakładów pracy wymaga również montaż siatki nośnej oraz większej liczby kotwic i odciągów kotwicznych.

W przypadku konstrukcji wykorzystującej słupy betonowe nakłady pracy związane z montażem oszacowano na około 540 rbh i 200 cgh. Wiąże się to przede wszystkim z dużą wagą słupów betonowych (800-1300 kg), a co za tym idzie z koniecznością zaangażowania większej liczby osób oraz większym wykorzystaniem ciągnika rolniczego do rozwieszenia i prawidłowego posadowienia tych słupów. Dodatkowym kosztem będzie wynajęcie dźwigu samobieżnego, który pozwoli na bezpieczne ustawienie tak ciężkich słupów. Większe nakłady pracy będą również związane z koniecznością montażu zwiększonej liczby kotew w porównaniu z tradycyjną konstrukcją wspartą na słupach drewnianych. Szacuje się, że nakłady pracy ludzi i wykorzystania ciągników w przypadku konstrukcji opartych na słupach betonowych będą o około 20% większe w porównaniu ze słupami drewnianymi lub kompozytowymi.

Orientacyjne koszty pracy związane z montażem konstrukcji wsporczych chmielników wykorzystujących różne rodzaje słupów przedstawiono w tabeli 4.

3.5. Podsumowanie kosztów związanych z wymianą konstrukcji wsporczej chmielnika

Całkowity koszt wymiany konstrukcji wsporczej chmielnika obejmuje nakłady związane z demontażem dotychczasowej konstrukcji opartej o słupy drewniane impregnowane kreozotem, a także zakup materiałów oraz koszty pracy ludzi i maszyn niezbędne do prawidłowego montażu nowej konstrukcji. Łączne koszty wymiany konstrukcji chmielnika w przeliczeniu na 1 ha przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Koszty materiałów oraz pracy związane z demontażem dotychczasowej konstrukcji chmielnika oraz z budową nowej konstrukcji w zależności od rodzaju słupów (w przeliczeniu na 1 ha plantacji)

Element kosztów	Słupy drewniane		Słupy kompozytowe		Słupy betonowe	
	netto	brutto	netto	brutto	netto	brutto
Demontaż dotychczasowej konstrukcji	8 413	11 067	8 413	11 067	8 413	11 067
Materiały do budowy nowej konstrukcji	80 900	99 507	120 888	148 692	136 900	168 387
Montaż nowej konstrukcji (praca ludzi i maszyn)	16 724	22 059	16 724	22 059	22 775	29 779
Razem	106 037	132 633	146 025	181 818	168 088	209 233

Koszty te są zróżnicowane w zależności od materiału, z którego będą wykonane słupy wspierające nową konstrukcję. W przypadku wykorzystania słupów z drewna wolnego od kreozotu, koszt wymiany konstrukcji oszacowano na około 106 000 zł/ha netto. Zastosowanie słupów kompozytowych zwiększa koszty wymiany do około 146 000 zł/ha netto, tj. o około 38%. Największych nakładów wymaga budowa konstrukcji opartej na słupach betonowych. W tym przypadku, całkowity koszt wymiany oszacowano na około 168 000 zł/ha netto. Jest on wyższy o 58% w porównaniu z konstrukcją wykorzystującą słupy drewniane i o 15% w porównaniu z konstrukcją opartą na słupach kompozytowych.

4. Kreozot i jego szkodliwość w środowisku

Kreozot to gęsta, oleista i łatwo palna ciecz uzyskiwana w procesie przeróbki węgla kamiennego. W skład oleju kreozotowego wchodzi setki substancji chemicznych, wśród których dominują wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), w tym benzo(a)piren, związek o udowodnionych właściwościach rakotwórczych dla człowieka, fenol i krezole. Skład chemiczny kreozotu może być zmienny, ponieważ zależy od pochodzenia węgla oraz temperatury zastosowanej w procesie destylacji. W krajach europejskich kreozot, ze względu na silne właściwości biobójcze, był najczęściej używany do konserwacji drewna wykorzystywanego m.in. do budowy podkładów kolejowych, słupów telegraficznych, ogrodzeń oraz pali drewnianych podtrzymujących konstrukcje nośne w uprawach chmielu.

Badania przedstawione w raporcie WHO z 2004 r. wskazują, że kreozot może być uwalniany m.in. do powietrza, gleb i wód powodując ich zanieczyszczenie. Jest to stwierdzenie bardzo ogólne, ponieważ mieszanina jaką jest olej kreozotowy zawiera związki o różnych właściwościach fizyczno-chemicznych, tj. rozpuszczalności w wodzie, powinowactwa do glebowej materii organicznej, prężności par, itp. Związki fenolowe, WWA o niskiej masie cząsteczkowej i niektóre związki heterocykliczne charakteryzujące się wysoką prężnością par mogą ulatniać się do powietrza, a inne składniki kreozotowe mogą również występować w atmosferze w postaci cząstek stałych. Substancje chemiczne zawarte w kreozocie, jak na przykład fenole i krezole mogą rozpuszczać się w wodzie, a WWA posiadające w cząsteczce 4 i więcej pierścieni benzenowych będą przez wiele dziesięcioleci obecne w glebie ze względu na silne powinowactwo do glebowej materii organicznej i słabą podatność na rozkład mikrobiologiczny.

W dyrektywie 2011/71/UE z dnia 26 lipca 2011 r. zmieniającej dyrektywę 98/8/WE Parlamentu Europejskiego i Rady kreozot został uznany za bezprogowy czynnik rakotwórczy. Ponadto Komitet Naukowy ds. Oceny Ryzyka Europejskiej Agencji Chemikaliów uznał niektóre substancje obecne w kreozocie za trwale w środowisku i wykazujące dużą zdolność do bioakumulacji. W 2013 r. stosowanie kreozotu w UE zostało prawie całkowicie zakazane.

W świetle ustawy z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie („ustawa szkodowa” – Dz. U. 2007 Nr 75 poz. 493), nowe słupy podtrzymujące konstrukcje nośne przy uprawie chmielu powinny być wykonane przy zastosowaniu takiej technologii i materiałów, aby nie wprowadzać innych substancji szkodliwych do środowiska. Wymiana słupów impregnowanych kreozotem na plantacjach chmielu na konstrukcje wolne od tego preparatu przyczyni się do redukcji źródeł kreozotu, a w konsekwencji zminimalizuje presję i niekorzystny wpływ tej substancji na środowisko. Istotnym zagadnieniem przy wymianie słupów kreozotowych na inne wolne od tej substancji jest sposób demontażu starej konstrukcji, sposób przechowywania oraz utylizacji starych słupów. Ważną kwestią związaną z zasadą niewyrządzania szkody w środowisku będzie zawartość zanieczyszczeń organicznych, w tym przede wszystkim WWA, pozostałych w glebach po wymianie słupów. Dopuszczalna zawartość tych związków w gruntach rolnych jest określona w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016 poz. 1395).

5. Literatura

1. Błaszczyński T.Z., Ksist B., Pilch R. 2021, Dawne zabezpieczenia konstrukcyjnych elementów drewnianych wpływające szkodliwie na człowieka i środowisko, *Builder* 02 (283) DOI: 10.5604/01.30001.0014.6351
2. Harasim A. Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie. IUNG-PIB, Puławy, 2006, ss. 171. ISBN 83-89576-36-8
3. Jaworska A., Milczarek D., Naduk E. 2013. Impregnowanie drewnianych podkładów kolejowych z uwzględnieniem właściwości fizykochemicznych stosowanych środków ochrony drewna. *Problemy Kolejnictwa*, z. 161: 43-58
4. Luty Cz., Mazurek L., Serej M., Zaorski T. Budowa konstrukcji nośnej chmielnika. Instrukcja wdrożeniowa 136/86, IUNG, Puławy 1986
5. Migdal J., Zaorski T. (red.). Poradnik plantatora chmielu. Wyd. IUNG, 1996. ISBN 83-85725-30-X
6. Dyrektywa Komisji 2011/71/UE z dnia 26 lipca 2011 r. zmieniająca dyrektywę 98/8/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w celu włączenia kreozotu jako substancji czynnej do załącznika I do tej dyrektywy
7. PN-EN 335:2013-07 Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych -- Klasy użytkowania: definicje, zastosowanie do drewna litego i materiałów drewnopochodnych
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi. *Dz. U.* 2016 poz. 1395
9. Rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów.
10. Rozporządzenie (WE) nr 1272/2008 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniające i uchylające dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1907/2006
11. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 528/2012 z dnia 22 maja 2012 r. w sprawie udostępniania na rynku i stosowania produktów biobójczych
12. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 334/2014 z dnia 11 marca 2014 r. zmieniające rozporządzenie (UE) nr 528/2012 w sprawie udostępniania na rynku i stosowania produktów biobójczych w odniesieniu do niektórych warunków dostępu do rynku

- 13.** Skarżyńska A., Abramczyk Ł. Wyniki ekonomiczne wybranych produktów rolniczych w 2017 roku. IERiGŻ-PIB, Warszawa, 2018, ss. 94. ISBN 978-83-7658-750-9
- 14.** Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie Dz. U. 2007 nr 75 poz. 493