SPIS TREŚCI

W skrócie 2
Wprowadzenie 4

Nauka i Technika

Wiesław PIEKARSKI, Grzegorz ZAJĄC
Analiza doboru mieszanek paliwowych biopaliwa i oleju napędowego w aspekcie emisji spalin
An analysis of the selection of biofuel and engine oil mixtures in view of exhaust fumes emission 6

Jerzy MERKISZ, Miłosław KOZAK
Wpływ składu mieszanek biopaliw z paliwami konwencjonalnymi na emisję toksycznych składników spalin
Influence of the blend composition of the biofuel and the conventional fuel on exhaust emissions 12

Ryszard WOŁOSZYN
Gaz ziemny jako paliwo do napędu pojazdów
Natural gas as a vehicle fuel 19

Adam KACZOR, Izabella JACKOWSKA, Marzena S. BRODOWSKA, Ryszard BRODOWSKI
Możliwości nawożenia rzepaku ozimego z przeznaczeniem nasion do produkcji biopaliw. Cz. I. Potrzeby pokarmowe i nawozowe rzepaku ozimego
The possibilities of fertilization of winter oilseed rape a view to using its seed in production of bio–fuels. Part I. Nutrional and fertilizer requirements of winter oilseed rape 23

Adam KACZOR, Izabella JACKOWSKA, Marzena S. BRODOWSKA
Możliwości nawożenia rzepaku ozimego z przeznaczeniem nasion do produkcji biopaliw. Cz. II. Sposoby obniżenia kosztów nawożenia rzepaku ozimego
The possibilities of fertilization of winter oilseed rape a view to using its seed in production of bio–fuels. Part II. Ways of decreasing the costs of fertilization of winter oilseed rape 28

Jerzy TYS
Jak zwiększyć opłacalność produkcji rzepaku
How to make rape production more profitable 32

Janusz MYSŁOWSKI
Niektóre aspekty eksploatacji silników o zapłonie samoczynnym zasilanych paliwem alternatywnym
Some aspects of the operating of diesel engines powered by the alternative fuel 43

Andrzej AMBROZIK, Piotr ORLIŃSKI, Stanisław ORLIŃSKI
Wpływ zasilania silnika o zapłonie samoczynnym różnymi paliwami na porównanie kąta opóźnienia samozapłonu w aspekcie ochrony środowiska
Influence of diesel engine fuelling with diferent fuels on self-ignation delay in aspect of ecology 50

Aktualności PNTTE

Eugeniusz OLEARCZUK
Idea i zasady dobrej praktyki eksploatacji obiektów technicznych 56

Aktualności

Dariusz Mazurkiewicz
Regionalna Strategia Innowacji dla Województwa Lubelskiego 59

PIEKARSKI W., ZAJĄC G.: **Analiza doboru mieszanek paliwowych biopaliwa i oleju napędowego w aspekcie emisji spalin**; EiN nr 3/2003, s.6-11.

W artykule przedstawiono wyniki badań toksyczności spalin silnika S-4002 zasilanego mieszakami oleju napędowego i estru metylowego oleju rzepakowego. Celem pracy było określenie składu mieszanek pod względem toksyczności spalin.

MERKISZ J., KOZAK M.: **Wpływ składu mieszanek biopaliw z paliwami konwencjonalnymi na emisję toksycznych składników spalin**; EiN nr 3/2003, s.12-18.

W referacie przedstawiono powody, dla których w najbliższej przyszłości zwiększać się będzie zainteresowanie biopaliwami. Sformułowano opinię, że w chwili obecnej jedynymi biopaliwami, które mogą w szerszy sposób zaistnieć na rynku są etanol i estry kwasów tłuszczowych olejów roślinnych. Porównano emisję toksycznych składników spalin przez silniki spali-nowe zasilane paliwami ropopochodnymi oraz mieszaninami biopaliw z paliwami konwencjonalnymi o różnych proporcjach składników. Wyrażono opinię o wyraźnej redukcji emisji toksycznych składników spalin ze wzrostem udziału w paliwie biokomponentu.

WOŁOSZYN R.: **Gaz ziemny jako paliwo do napędu pojazdów**; EiN nr 3/2003, s.19-22.

W artykule przedstawiono podstawowe pojęcia i właściwości gazu ziemnego jako paliwa. Omówiono sposoby magazynowania gazu w pojeździe i pokazano przykładowe rozwiązania techniczne w pojazdach zasilanych gazem ziemnym.

KACZOR A.,JACKOWSKA I., BRODOWSKA M., S., BRODOWSKI R.: **Możliwości nawożenia rzepaku ozimego z przeznaczeniem nasion do produkcji biopaliw. Cz. I. Potrzeby pokarmowe i nawozowe rzepaku ozimego**; EiN nr 3/2003, s.23-27.

W pracy przeanalizowano potrzeby pokarmowe i nawozowe rzepaku ozimego. Rzepak ozimy należy do roślin w przypadku których pobranie składników pokarmowych na jednostkę plonu dwukrotnie przewyższa analogiczne wartości dla roślin zbożowych. Rzepak wykazuje szczególnie wysokie wymagania względem azotu, potasu, a także wapnia, siarki i mikroelementów. Dawki stosowanych nawozów pod tę roślinę zależą od uzyskiwanych plonów, odczynu gleby i jej zasobności w składniki pokarmowe, a także od stosowanej ochrony chemicznej.

KACZOR A., JACKOWSKA I., BRODOWSKA M., S.: **Możliwości nawożenia rzepaku ozimego z przeznaczeniem nasion do produkcji biopaliw. Cz. II. Sposoby obniżenia kosztów nawożenia rzepaku ozimego**; EiN nr 3/2003, s.28-31.

W pracy wskazano możliwości obniżenia kosztów nawożenia rzepaku ozimego. Według autorów koszty te będą niższe w wyniku zoptymalizowania odczynu gleby i stosowania pełnego zbilansowanego nawożenia oraz ochrony chemicznej roślin. Zapewni to uzyskanie bardzo wysokich plonów. Koszty nawożenia można również obniżyć bezpośrednio, wnosząc część składników pokarmowych w formie dolomitowanych osadów pościekowych.

PIEKARSKI W., ZAJĄC G.: **An analysis of the selection of biofuel and engine oil mixtures in view of exhaust fumes emission**; EiN nr 3/2003, s.6-11.

The paper presents results of research on the toxicity of fumes from an S-4002 engine driven by mixtures of engine oil and methyl ester of rape oil. It has aimed at the determination of mixture contents in view of the fumes toxicity.

MERKISZ J., KOZAK M.: **Influence of the blend composition of the biofuel and the conventional fuel on exhaust emissions**; EiN nr 3/2003, s.12-18.

The use of biofuels is justified by the common agricultural policy decisions, by the need to improve environment protection and by the search of alternative fossil energy sources. In such a context, the methyl esters of vegetable oils, known as biodiesel and ethyl alcohol are receiving increasing attention as alternative fuels for automotive engines. This paper presents ecological properties of mentioned biofuels in relation to conventional fuels. The main advantages of biodiesel and ethyl alcohol are that these fuels are nontoxic, biodegradable, and renewable with the potential to reduce engine exhaust emissions, especially with regard to greenhouse gases emission. The fact that these biofuels are available in large quantities is of great importance as well.

WOŁOSZYN R.: **Natural gas as a vehicle fuel**; EiN nr 3/2003, s.19-22.

In the article there are presented basic notions and peculiarities of natural gas as a fuel. There are also shown methods of natural gas storing in vehicles and some example technical solutions in vehicles with natural gas-feed systems.

KACZOR A.,JACKOWSKA I., BRODOWSKA M., S., BRODOWSKI R.: **The possibilities of fertilization of winter oilseed rape a view to using its seed in production of bio–fuels. Part I. Nutrional and fertilizer requirements of winter oilseed rape**; EiN nr 3/2003, s.23-27.

In the study nutrional and fertilizer requirement of winter oilseed rape were discussed. In case of winter oilseed rape uptake of nutritients is twice as high as in the case of cereals. One can observe particularly high requirements for nitrogen, potassium and also for calcium, sulphur and micro-components. Dose rate of applied fertilizers depend on the achieved crops, soil reaction, soil nutrient availability and the chemical protection.

KACZOR A., JACKOWSKA I., BRODOWSKA M., S.: **The possibilities of fertilization of winter oilseed rape a view to using its seed in production of bio–fuels. Part II. Ways of decreasing the costs of fertilization of winter oilseed rape**; EiN nr 3/2003, s.28-31.

In the study possibilities of decreasing the costs of fertilization of winter oilseed rape were named. According to the authors optimization of soil reaction, application of fully balanced fertilization and chemical protection of plants, which ensure the achievement of high crops well result in a decrease in costs. Costs of fertilization may also be decreased directly, by providing some nutrients in form of dolomite sewage deposits.

TYS J.: **Jak zwiększyć opłacalność produkcji rzepaku**; EiN nr 3/2003, s.32-42.

Rozszerzenie zakresu stosowania biopaliw, a szczególnie biodizla jest możliwe jedynie przy znaczącym wzroście produkcji rzepaku. Analizując jednak areał uprawy rzepaku w ostatnich kilkunastu latach można przypuszczać, że zamierzenie takie będzie bardzo trudne. Wynika to przede wszystkim z bardzo małej opłacalności produkcji nasion rzepaku jako surowca niezbędnego do wytwarzania biodizla. Taka sytuacja sprawia, że wzrost produkcji rzepaku, który zrównoważy zapotrzebowanie na surowiec niezbędny dla celów paliwowych, jak i spożywczych może być możliwy jedynie poprzez maksymalne ograniczenie kosztów jego produkcji. Wzrostu szans ekonomicznych na zwiększenie produkcji rzepaku należy się doszukiwać w maksymalnym obniżeniu kosztów jego produkcji obejmujących swym zasięgiem wszystkie elementy w całym ciągu produkcyjnym od zasiewu do przerobu, które decydują o wielkości plonu.

MYSŁOWSKI J.: **Niektóre aspekty eksploatacji silników o zapłonie samoczynnym zasilanych paliwem alternatywnym**; EiN nr 3/2003, s.43-49.

W artykule przedstawiono czynniki wpływające na niezawodność silników zasilanych paliwem pochodzenia rzepakowego. Do czynników tych zaliczono sposób przygotowania mieszaniny palnej, stopień sprężania oraz rodzaj zastosowanego doładowania.Przedstawiono wyniki badań własnych silników o wtrysku bezpośrednim bez doładowania jak i doładowanych turbosprężarką. Omówiono wady i zalety wynikające z zastosowania paliwa pochodzenia rzepakowego oraz jego wpływ na tworzenie mieszaniny palnej. Opisano zabiegi mające na celu poprawę właściwości rozruchowych silników doładowanych turbosprężarką.

AMBROZIK A., ORLIŃSKI P., ORLIŃSKI S.: **Wpływ zasilania silnika o zapłonie samoczynnym różnymi paliwami na porównanie kąta opóźnienia samozapłonu w aspekcie ochrony środowiska;** EiN nr 3/2003, s.50-55.

W artykule przedstawiono informacje z badań dotyczące kąta opóźnienia samozapłonu silnika AD3.152 z wtryskiem bezpośrednim zasilanego węglowodorowym paliwem ONM City 50 oraz porównawczo paliwem roślinnym RosBioDiesel „RBD", olejem rzepakowym OR 100% oraz olejem słonecznikowym OSŁ 100%. Badania wykonano na bazie charakterystyki zewnętrznej z wykorzystaniem stanowiska hamownianego wyposażonego w system pomiarowy parametrów szybkozmiennych ciśnień. Analizę wyników badań przeprowadzono w celu porównania wpływu zasilania silnika niskosiarkowym paliwem węglowodorowym oraz wybranymi paliwami roślinnymi na kąt opóźnienia samozapłonu, co ma wpływ na proces spalania i wiąże się z emisją toksycznych składników spalin do otoczenia.

TYS J.: **How to make rape production more profitable**; EiN nr 3/2003, s.32-42.

Increased use of biofuel, biodiesel in particular, is possible only if accompanied by significant production of rape. The analysis of the rape production area within the last few years has revealed that the attempts to make any changes in that field are likely to be difficult. This fact is caused by low profitability of rape seed production necessary to produce biodiesel. Having said that, it can be assumed that increased production of rape both as fuel and food will only make economic sense if the production costs are minimized. This will make economic sense if the total production costs are reduced to the minimum

MYSŁOWSKI J.: **Some aspects of the operating of diesel engines powered by the alternative fuel**; EiN nr 3/2003, s.43-49.

In this article, factors influencing the reliabity of the rape fuel powered have been presented. These factors include the method of preparing the air-fuel mixture, compression ratio and type of applied supercharging. The results of the internal researches on engines with direct injections without supercharging and turbocharget have been presented. The advantages and disadvantages of the application of rape fuel and influence on the formation of air-fuel mixture have been discussed. Treatments aimed at the improvement of starting qualities of turbocharget engines yave been described.

AMBROZIK A., ORLIŃSKI P., ORLIŃSKI S.: **Influence of diesel engine fuelling with diferent fuels on self-ignation delay in aspect of ecology;** EiN nr 3/2003, s.50-55.

Some information are presented in the paper concerning examination of self-ignation delay angle of AD3.152 engine with direct injection fuelled with hydrocarbon fuel ONM City 50 and comparable vegetable fuel RosBioDiesel "RBD", rape oil OR 100% and sunflower oil OSł 100%. Speed external characteristics were examined on engine test stand equipped with measuring system of quick-changing pressure. The aim of examination is to compare the influence of engine fuelling with low-sulphur hydrocarbon fuel and selected vegetable oils on angle of self-ignation delay what substantially effects combustion process and emission of exhaust gases toxic components.

Szanowni Państwo

Wyrażana wielokrotnie w polskim Parlamencie wola wsparcia dla krajowej produkcji biokomponentów na bazie rodzimych surowców rolniczych oraz zalecenia szeregu obowiązujących dokumentów rządowych, w tym „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej", dały podstawy i inspirację do opracowania przewidywanych do szybkiego wdrożenia regulacji promujących odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii w sposób nie będący w konflikcie z prawodawstwem Unii Europejskiej.

Rozwiązania proponowane w ustawie o organizacji rynku biopaliw ciekłych oraz biokomponentów do ich produkcji nie są generalnie sprzeczne z rozwiązaniami wymagającymi zharmonizowania z prawem UE. Powyższe ograniczenia, jak również kierunki proponowanych rozwiązań w przepisach prawa europejskiego, uwzględniono w przepisach rządowego projektu ustawy, który zachowując zgodność z prawodawstwem unijnym jednocześnie zabezpieczał żywotne interesy polskiego społeczeństwa. Przedkładane propozycje w dużym stopniu wyczerpują możliwości wsparcia obecnie dopuszczalne prawem Unii Europejskiej, a zarazem zapewniają niezbędną ochronę producentów krajowych, stosownie do sformułowanych, ważnych celów gospodarki (modernizacja rolnictwa i aktywizacja regionów wiejskich, tworzenie nowych miejsc pracy). Wdrożenie proponowanych rozwiązań i instrumentów realizacyjnych, po ewentualnej korekcie niezgodności, które wystąpiły w trakcie prac legislacyjnych w Sejmie nie powinno napotkać na sprzeciw ze strony Komisji Europejskiej.

Należy podkreślić, iż przedstawiany projekt ustawy jest w swych rozwiązaniach zbieżny z regulacjami prawnymi wprowadzanymi w poszczególnych krajach oraz kierunkami rozwoju przemysłu silnikowego. Stany Zjednoczone w kwietniu 2002 r. wydały tzw. „Energy Bill with Biodiesel Provisions", a Unia Europejska opublikowała projekt Dyrektywy 2001/0625 (COD) w sprawie promocji użytkowania biopaliw w sektorze transportu, który w art. 3 przewiduje, iż minimalny udział biopaliw w ogólnej liczbie sprzedawanych na terytorium danego państwa członkowskiego paliw przeznaczonych do transportu wynosi 2,0 %. Udział ten ma wzrastać corocznie o 0,75 % do 2010 r. Jednocześnie projekt dyrektywy nie zakazuje zwiększania udziału biopaliw w ogólnej liczbie sprzedawanych na terytorium danego państwa członkowskiego paliw. Z projektu dyrektywy jednoznacznie wynika, że Komisja Europejska i kraje członkowskie UE zakładają zmianę obowiązujących norm jakościowych na paliwa silnikowe ponieważ jej wprowadzenie w przyszłym roku spowoduje, że obowiązkowy udział biopaliw w 2010 r. będzie wynosił co najmniej 7,25 %. 30 września 2002 r. 13 największych producentów samochodów opowiedziało się za rozszerzeniem udziału silników Diesla, szybszym wprowadzeniem paliw ekologicznych i harmonizacją przepisów dotyczących emisji spalin. Należy przy tym podkreślić, iż Polska w latach dziewięćdziesiątych była w światowej czołówce krajów wprowadzających biokomponenty do paliw silnikowych. Już w 1997 r. udział bioetanolu wynosił 1,72 % w ogólnej ilości sprzedawanych benzyn, dlatego też proponowane rozwiązania nie są niczym nowym, nie stanowią zaskoczenia dla reżimów technicznych i technologicznych stosowanych w przemyśle petrochemicznym oraz obrocie produktami ropopochodnymi oraz od dawna są znane podmiotom ustawowo odpowiedzialnym za ich wdrożenie.

Ustawowa regulacja rynku biopaliwowego może przynieść szereg korzyści dla gospodarki poszczególnych regionów. Redukcję emisji gazów cieplarnianych w wyniku substytucji oleju napędowego eko-paliwem z zawartością estru oszacować można na ok. 20%. Obniżenie emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu produkcji i użytkowania paliwa oraz niska emisja węglowodorów, tlenku węgla i cząstek stałych przy spalaniu paliwa w silniku to niewątpliwe źródła korzyści środowiskowych stosowania biopaliwa zawierającego ester.

Wymierne efekty przyniesie nowy, w warunkach polskich, sposób zagospodarowania odpadowych tłuszczów zwierzęcych pochodzących z zakładów przetwórstwa mięsnego i przedsiębiorstw utylizacyjnych oraz zużytych tłuszczów roślinnych. Jest to szeroko rozpowszechnione na zachodzie Europy, a kraje takie jak Niemcy, czy Francja stworzyły warunki do skupu tego surowca odpadowego, kształtującego się na poziomie od kilkudziesięciu do kilkuset tysięcy ton rocznie.

Przewiduje się, że uruchomienie produkcji biokomponentów odniesie skutki przede wszystkim w stosunku do pracowników rolnictwa oraz przemysłu spożywczego i przyszłego sektora agrorafineryjnego. Przychody ze sprzedaży surowców rolniczych produkowanych na cele nie żywnościowe zasilać będą sektor rolny, zwiększając jego potencjał gospodarczy i przyczyniając się do stworzenia nowych miejsc pracy.

W tych sektorach bezpośrednio generowany jest przyrost miejsc pracy oraz wzrost dochodów gospodarstw domowych. W aspekcie terytorialnym dotyczy to - zwłaszcza początkowo - dotkniętych dużym bezrobociem strukturalnym terenów Pomorza i ziem zachodnich, będących też dotychczas głównym obszarem zasiewów rzepaku. Przetwórstwo rzepaku powinno prowadzić do aktywizacji mniejszych ośrodków miejskich i przemysłowych.

W ostatnim analizowanym roku przy maksymalnej skali produkcji (wariant bez eksportu) zatrudnienie w kompleksie biopaliwowym powinno zwiększyć się o ok. 16 tys. osób oraz o ponad 8 tys. osób w sektorach zaopatrzeniowych (przemysł chemiczny, usługi, transport). Znaczący wzrost zapotrzebowania na pracę powinien również wystąpić w skali całej gospodarki wskutek efektu mnożnikowego spowodowanego nowymi inwestycjami w przemyśle tłuszczowym i w zakładach estryfikacyjnych (ok. 45 tys. osób).

Cele i efekty, które w pełni zostaną ujawnione po kilku latach funkcjonowania ustawy można zdefiniować następująco :

- *zmniejszenie obciążenia środowiska poprzez, zgodną ze strategicznymi dokumentami rządowymi, redukcję emisji gazów cieplarnianych,*
- *wzrost bezpieczeństwa paliwowego kraju, zmniejszenie ryzyka związanego z przerwaniem (brakiem) dostaw paliw silnikowych, amortyzacją tempa wzrostu cen na surowce i produkty ropopochodne oraz ich wahań sezonowych,*
- *aktywne wspieranie procesu restrukturyzacji i modernizacji rolnictwa poprzez zagwarantowanie trwałych, stabilnych dochodów dla gospodarstw podejmujących produkcję surowców rolniczych, w oparciu o wieloletnie umowy kontraktacyjne, z przeznaczeniem na produkcję eko-komponentów stosowanych do eko-paliw,*
- *wsparcie rozwoju rynku rolnego w kierunku produkcji niespożywczej,*
- *wsparcie inicjatyw lokalnych, stworzenie warunków do rozwoju przedsiębiorczości na obszarach wiejskich wykorzystującej miejscowe surowce rolnicze, tworzącej nowe miejsca pracy, generującej przychody dla zatrudnionych bezpośrednio w produkcji i przetwórstwie oraz pośrednio poprzez wzrost zapotrzebowania na produkty i usługi – wykorzystanie zasobów lokalnych i rozwój sektorów pośrednich,*
- *wykorzystanie biomasy i pozostałych produktów ubocznych dla celów przetwórczych, paszowych i energetycznych,*
- *wprowadzenie na rynek paliw ciekłych antymonopolowego elementu konkurencji,*
- *jeden z kroków na drodze do równoważenia bilansu handlowego kraju,*
- *harmonizowanie prawa krajowego z prawodawstwem unijnym uwzględniające interesy rolnictwa i kraju oraz tańsze wypełnienie zobowiązań międzynarodowych Polski.*

To tylko niektóre przykłady korzyści płynących z wprowadzenia w życie proponowanych regulacji prawnych.

Wzrost udziału biokomponentów w ogólnym bilansie ropopochodnych paliw silnikowych jest tendencją ogólnoświatową od której nie ma odwrotu. Tendencje te akceptują światowe koncerny zajmujące się produkcją silników i pojazdów, a w konsekwencji także będą zmuszone zaakceptować, nie tylko werbalnie, światowe koncerny zajmujące się produkcją paliw ropopochodnych. Względy polityczne, społeczne, gospodarcze, a także strategiczne, przemawiają za szybkim wdrożeniem w życie proponowanej regulacji prawnej.

Dostrzegając potrzebę zwiększenia wiedzy na temat możliwości wykorzystywania biopaliw w Polsce, w bieżącym numerze kwartalnika „Eksploatacja i Niezawodność" prezentowane są wybrane prace przedstawione podczas konferencji „Eco-Oil-Forum 2002", która w dniach 28-29 listopada 2002 roku odbyła się w Zwierzyńcu.

Dr Tadeusz Zakrzewski
Krajowa Izba Biopaliw

NAUKA I TECHNIKA

Wiesław PIEKARSKI
Grzegorz ZAJĄC

ANALIZA DOBORU MIESZANEK PALIWOWYCH BIOPALIWA I OLEJU NAPĘDOWEGO W ASPEKCIE EMISJI SPALIN

AN ANALYSIS OF THE SELECTION OF BIOFUEL AND ENGINE OIL MIXTURES IN VIEW OF EXHAUST FUMES EMISSION

W artykule przedstawiono wyniki badań toksyczności spalin silnika S-4002 zasilanego mieszakami oleju napędowego i estru metylowego oleju rzepakowego. Celem pracy było określenie składu mieszanek pod względem toksyczności spalin.

Słowa kluczowe: *paliwa silnikowe, biopaliwa, spaliny, emisja substancji toksycznych*

The paper presents results of research on the toxicity of fumes from an S-4002 engine driven by mixtures of engine oil and methyl ester of rape oil. It has aimed at the determination of mixture contents in view of the fumes toxicity.

Keywords: *fuels, biofuels blends, exhaust emissions*

1. Wprowadzenie

Ograniczenia poziomu zawartości substancji toksycznych emitowanych przez silniki spalinowe powoduje, że coraz większego znaczenia nabiera ekologiczny aspekt eksploatacji pojazdów i maszyn samobieżnych, w tym szczególnie obiektów znajdujących się na obszarach wiejskich. Od dłuższego czasu niebezpiecznie wzrasta zanieczyszczenie środowiska, co powoduje bardziej zdecydowane podejście do źródeł tych zanieczyszczeń. Konieczność spełnienia coraz ostrzejszych wymagań dotyczących ekologii środowiska zmusza z jednej strony do poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjnych, a z drugiej do poszukiwań nowych źródeł energii które ograniczają emisję szkodliwych substancji.

Jednym z elementów może być wykorzystanie biopaliw do zasilania silników jako biokomponentów paliw konwencjonalnych zmniejszających zagrożenie dla środowiska przyrodniczego, tak w ujęciu globalnym jak w miejscu pracy pojazdu. Na ekologiczne zastosowanie biopaliwa nakładają się czynniki gospodarcze związane z wzrostem cen ropy naftowej, a co za tym idzie paliw ropopochodnych, jak i poszukiwań rynków zbytu dla produktów rolniczych. Polityka rolna zarówno w Unii Europejskiej jak i w Polsce zmierza do wykorzystania nie przeznaczonych do konsumpcji nadwyżek tłuszczów roślinnych jako biopaliw.

2. Analiza możliwości wykorzystania biopaliw i mieszanek paliwowych w silnikach spalinowych

Możliwość zastosowania OR do napędu swoich silników wykazał już Robert Diesel w patencie z 1892 r. Od tego momentu datować można zainteresowanie zastosowaniem ciężkich olejów roślinnych do zasila-

nia silników wysokoprężnych. Jednak olej rzepakowy sprawia pewne trudności w bezpośrednim zastosowaniu, wynika to z kilku istotnych cech różniących go od oleju napędowego, do których należą miedzy innymi lepkość, lotność, liczba cetanowa. Badania wykazują, że zastosowanie OR powoduje zazwyczaj tworzenie się osadów sadzy wokół otworów wtryskowych rozpylaczy, zmieniając ich charakterystykę. Dlatego olej rzepakowy poddawany jest chemicznej modyfikacji, polegającej na wymianie chemicznie związanej gliceryny na dodany alkohol metylowy lub etylowy w obecności katalizatora w wyniku czego powstaje ester metylowy (EM) oraz gliceryna:

olej rzepakowy + metanol + katalizator → ester metylowy + gliceryna + mydła i inne

W okresie ostatnich kilkunastu lat wytwarzanie paliwa z rzepaku według różnych technologii i skali produkcji, stało się w Europie dość powszechne. Pierwszym krajem europejskim, który rozpoczął program badawczy była Austria. W Europie opracowano ponad 130 projektów celowych związanych z paliwem rzepakowym, obejmujących próby na kilku tysiącach pojazdów, a także taborze rzecznym i portowym. Obecnie wiele krajów stosuje już paliwa pochodzenia roślinnego na szeroką skalę, szczególnie Francja, Austria, Włochy, Niemcy, USA, Czechy, Słowacja, Szwajcaria, Belgia, Szwecja [1].

Biopaliwo można stosować jako odrębny gatunek paliwa bądź jako mieszankę oleju napedowrgo i określonej ilości biopaliwa, w obu przypadkach możliwe jest zasilanie silników spalinowych bez konieczności ich modyfikacji. W porównaniu do oleju napędowego umożliwia on uzyskanie podobnej sprawności i podobnych parametrów pracy w zakresie mocy i momentu. Musimy się jednak liczyć w przypadku stosowania mieszanek lub czystego RME z niewielkim kilkuprocentowym spadkiem mocy. Jest to związane z mniejszą wartością opałową RME, mimo większej gęstości paliwa roślinnego (większy wydatek pompy wtryskowej). Przy stosowaniu mieszanek daje się zauważyć tendencję wzrostową godzinowego G_p i jednostkowego g_e zużycia paliwa. Łączy się to zarówno z obniżeniem wartości opałowej paliwa, jak i wpływem większej lepkości paliwa RME na pogorszenie procesów wytwarzania mieszaniny palnej i spalania [6].

Biopaliwo ze względu na budowę chemiczną cechuje się bardzo dobrymi własnościami smarnościowymi. Właściwości te są dużo lepsze niż w przypadku niskosiarkowych olejów napędowych. Dodatek kilku procent RME poprawia znacząco własności smarne paliwa.

Stosowanie biopaliwa w silnikach stwarza jednak przy eksploatacji pewne problemy związane z jego negatywnym oddziaływaniem na elastomery. Silniki z uszczelniaczami niekompatybilnymi z RME mogą szybciej się uszkadzać, dotyczy to jednakże tylko starszych silników. Innym zagadaniem jest skłonność RME do rozpuszczania osadów i zanieczyszczeń, estryfikat jest lepszym rozpuszczalnikiem niż ON. Osady rozpuszczone przez RME mogą spowodować zatykanie wkładów filtracyjnych. Oba te zjawiska w dużym stopniu będą zależne od rodzaju paliwa, a w przypadku stosowania mieszanek o niewielkim udziale RME mogą one nawet nie występować.

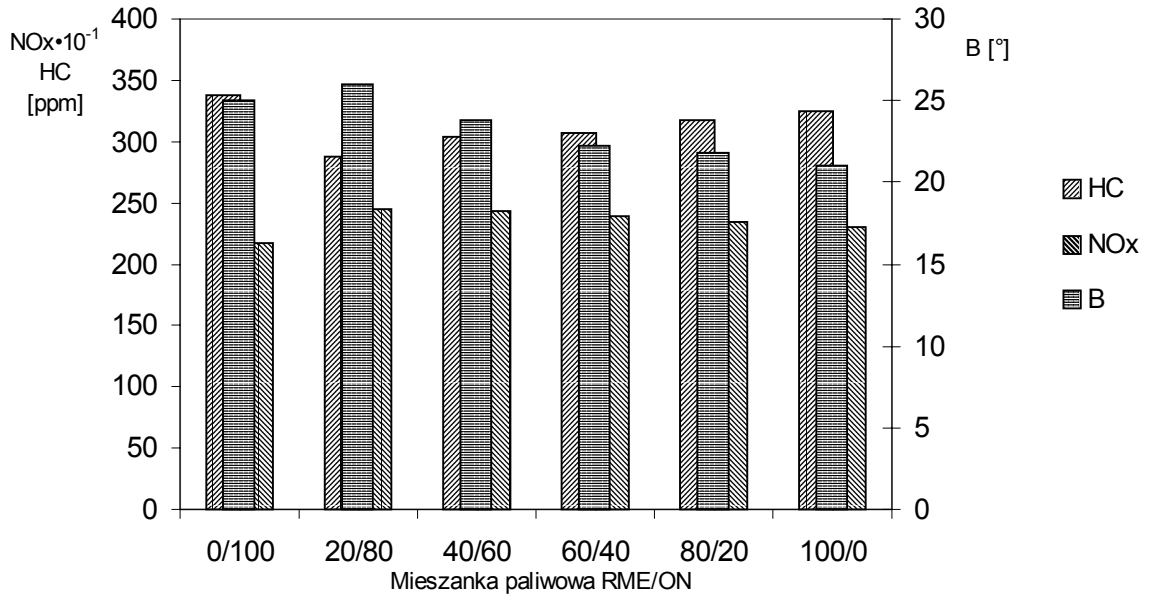
Wykorzystanie biopaliwa wpływa również na poziom emisji spalin. Silniki zasilane mieszkami bądź czystym RME cechują się mniejszą emisją CO, HC oraz niższym zadymieniem spalin. Jednak ze względu na wyższą temperaturę spalania charakteryzują się wyższą emisją NO_x. Jednakże odpowiedni dobór mieszanek RME/ON może wpłynąć na znaczną ogólną poprawę parametrów ekologicznych [2].

3. Badania eksperymentalne

Badania przeprowadzono na stanowisku dynamometrycznym wyposażonym w silnik S-4002, pomiary obejmowały czyste paliwa ON i RME oraz ich mieszaniny. Podczas badań ocenie poddano parametry energetyczno-ekologiczne silnika ciągnikowego ze szczególnym zwróceniem uwagi na toksyczność i zadymienie spalin. Z zakresu parametrów energetycznych silnika wybrano następującą wielkość: moc $N=f(n)$, natomiast z zakresu parametrów ekologicznych HC, NO_x i zadymienie spalin B.

Wyniki uzyskano z badań przeprowadzonych na charakterystykach obciążeniowych odpowiadających prędkości momentu maksymalnego (1600 obr/min) i mocy maksymalnej (2000 obr/min), przy zasilaniu standardowym olejem napędowym i biokomponentem oraz mieszankami tych paliw. Do badań użyto następujących rodzajów paliw: paliwa wzorcowego – oleju napędowego IZ-35, czystego estru oleju rzepakowego RME, mieszanki 20% RME i 80% ON; mieszanki 40% RME i 60% ON, mieszanki 60% RME i 40% ON, oraz mieszanki 80% RME i 20% ON. Podczas badań eksperymentalnych silnik zasilano wyżej wymienionymi rodzajami paliw, nie dokonywano zmian nastaw regulacyjnych w stosunku do fabrycznych.

Przebieg zmian koncentracji toksycznych składników spalin, w postaci histogramu przy prędkości 1600 obr/min przedstawiono na rys. 1. Przy wzroście udziału paliwa RME w mieszance w początkowej fazie koncentracja HC wyraźnie spada, natomiast NO_x wyraźnie rośnie. Z chwilą przekroczenia 20% RME w mieszance tendencja jest odwrotna: HC ma tendencję wzrostową, a NO_x spadkową. Stopień zadymienia spalin B uzyskuje tylko wyższą wartość dla mieszaniny 20%



Rys. 1. Zależność zmian toksyczności spalin od składu mieszanki paliwowej RME/ON (1600 obr/min)
Fig. 1. Dependence of fumes toxicity change on the content of RME/ON fuel mixture (1600 rpm)

RME i 80% ON, natomiast w pozostałych wyraźnie spada, uzyskując najniższe wartości przy czystym RME.

Prezentowane na rys. 2 wyniki w postaci krzywych dotyczą analizy zależności zmian parametrów pracy i poziomu emisji zanieczyszczeń w funkcji rozwijanej mocy przez silnik dla pięciu rodzajów paliw, przy charakterystyce obciążeniowej odpowiadającej prędkości obrotowej $M_{o\max}$ (1600 obr/min). Z rys 2 b i c wynika że przebieg NO_x i zadymienia B ma tendencję wzrostową, zaś koncetracja HC zmniejsza się w funkcji mocy. Na obu rysunkach widzimy bardzo korzystny przebieg dla paliwa 40% ON i 60% RME.

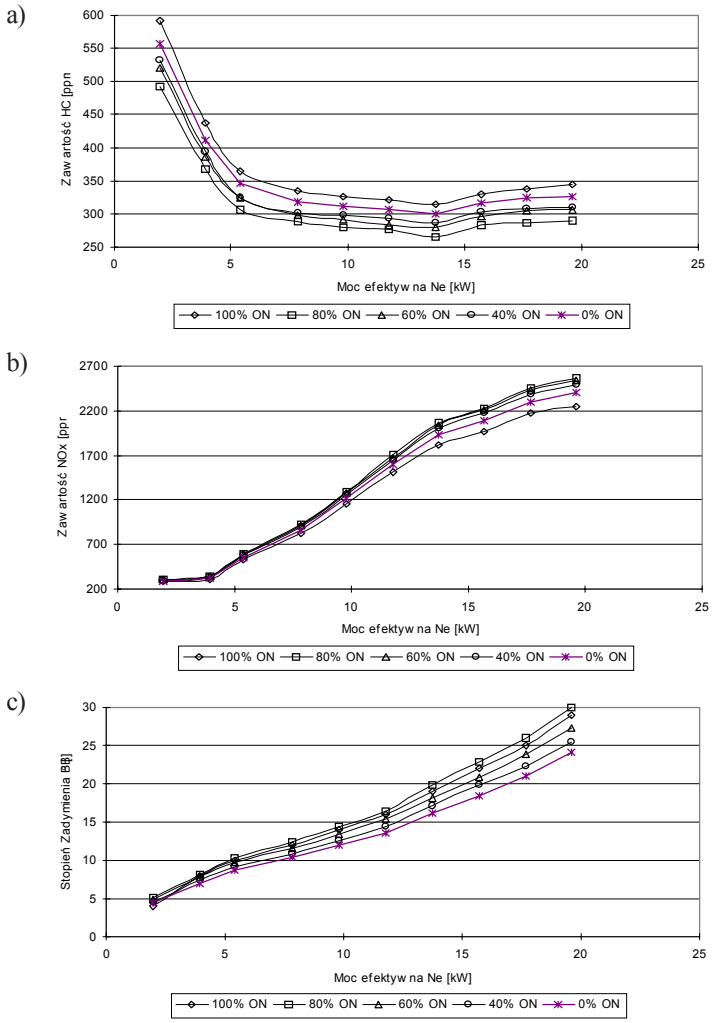
Generalnie rzecz biorąc stosowanie paliw odnawialnych jest pożądane. Jak wynika z rys. 1, prowadzi to do znacznego obniżenia emisji tlenków węgla i sumarycznej ilości węglowodorów oraz dwutlenku węgla, przy nieznacznym wzroście emisji tlenku azotu.

Wyniki badań w postaci histogramu dotyczące toksyczności spalin sporządzone na charakterystyce obciążeniowej przy $N_{e\max}$ (2000 obr/min), zostały przedstawione na rys. 3. Jak wynika z rys. 3 emisja nie spalonych węglowodorów HC i zadymienie spalin, zmniejsza się w miarę zwiększania RME w mieszance. Diametralnie przeciwną tendencję wykazują tlenki azotu NO_x – gdzie widoczny jest wzrost ich zawartości w spalinach.

Analizując poziom emisji spalin HC, NO_x, oraz zadymienia B, które zostały przedstawione na rys. 4 (charakterystyka obciążeniowa przy $N_{e\max} = 2000$ obr/min) należy stwierdzić, że przy wyższych prędkościach obrotowych na charakterystyce obciążeniowej większe jest zadymienie B (rys. 4c). Podobnie poziom emisji HC (rys. 4a) dla prędkości obrotowej 2000 obr/min jest znacznie wyższy niż dla 1600 obr/min. Natomiast poziom emisji NO_x (rys. 4b) wykazuje dla obu prędkości zbliżone przebiegi, jak i zbliżone wartości.

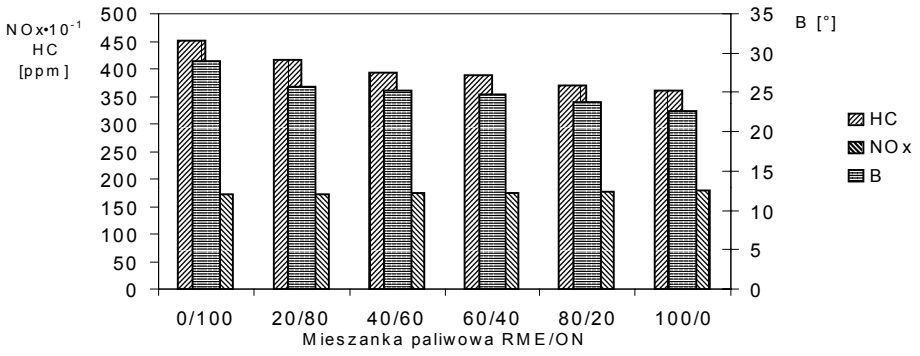
Podsumowując wyniki badań należy stwierdzić, że stosowanie paliw odnawialnych jest pożądane. Jak wynika z rys. 1 i 3, prowadzi to do znacznego obniżenia emisji cząstek stałych i sadzy, jak i sumarycznej ilości węglowodorów przy nieznacznym wzroście emisji tlenku azotu.

Równania regresji opisujące zmienność poziomu emisji spalin (B, HC, NO_x) w funkcji rozwijanej mocy N_e zostały przedstawione w tab. 1. W tabeli ponadto zamieszczono współczynnik R^2, określający miarę prawdopodobieństwa wyznaczania podanych wartości zmiennych oraz wartość testu F.



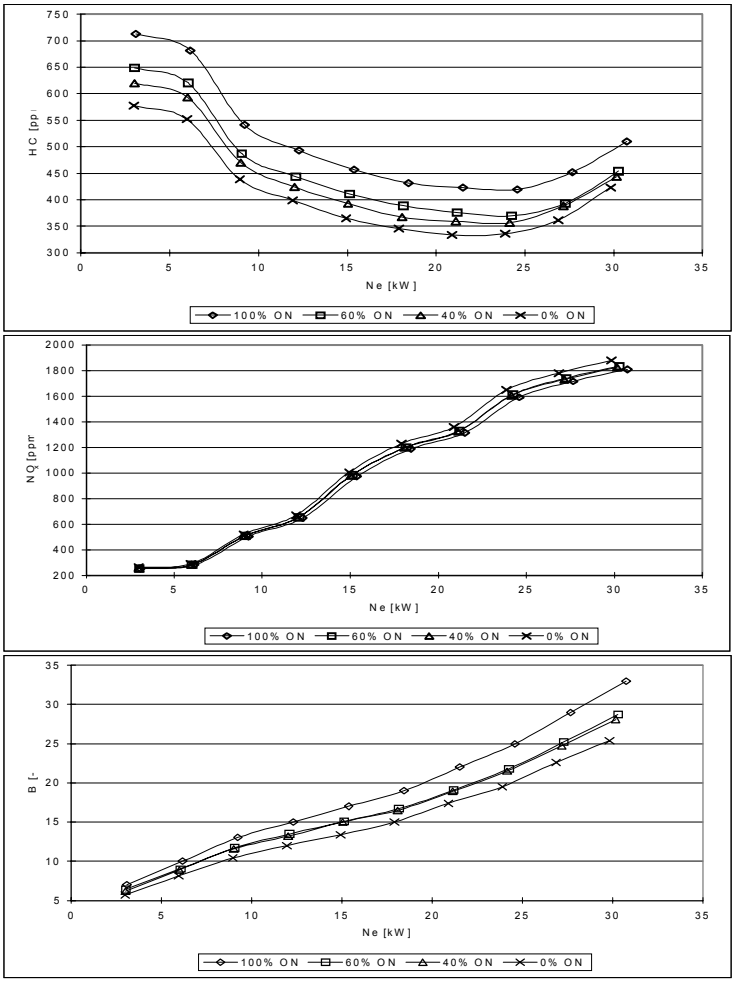
Rys. 2. Zależność zmienności wskaźników pracy i składu spalin dla czterech wariantów paliwa ekologicznego, sporządzonych na charakterystyce obciążeniowej przy n = 1600 obr/min: a) HC – węglowodory, b) NO_x - tlenki azotu, c) B *– stopień zadymienia spalin*

Fig. 2. Dependence of changeability of work indices and fumes contents for four variants of ecological fuel, prepared on the loading characteristics at n = 1600 rpm: a) HC – hydrocarbons, b) NO_x - nitric oxides, c) B – degree of fume smokiness



Rys. 3. Zmiana toksyczności spalin w zależności od składu mieszanki paliwowej RME/ON z badań przy prędkości obrotowej mocy maksymalnej (2000 obr/min)

Fig. 3. Change of fumes toxicity depending on the content of the fuel mixture RME/ON from tests at the maximum power rotation speed (2000 rpm)



Rys. 4. Zależność zmienności wskaźników pracy i składu spalin dla czterech wariantów paliwa ekologicznego, sporządzonych na charakterystyce obciążeniowej przy n = 2000 obr/min: a) HC – węglowodory, b) NO_x - tlenki azotu, c) B *– stopień zadymienia spalin*

Fig. 4. Dependence of changeability of work indices and fumes contents for four variants of ecological fuel, prepared on the loading characteristics at n = 2000 rpm: a) HC – hydrocarbons, b) NO_x - nitric oxides, c) B – degree of fume smokiness

Tab. 1. Równania regresji dla zmiennych zależnych y oraz wartości determinacji R^2 i wartość testu F, obliczone na podstawie wyników badań uzyskanych na charakterystykach obciążeniowych

Tab. 1. Regression equations for dependent variables y as well as determination values R^2 and the value of the test F, calculated on the basis of the research results obtained on the loading characteristics.

Zmienna zależna	Równanie regresji	Współczynnik determinacji	Zmienna niezależna	Wartość testu
y	(dla 1600 obr/min)	R^2	*x*	F_{obl}
B	$y = 2{,}0674+1{,}0326 \cdot x$	0,9878	N_e (kW)	649,8
HC	$y = 6{,}368 \cdot 10^2 - 4{,}0589 \cdot 10x + 1{,}2137x^2$	0,8927	N_e (kW)	473,3
NO_x	$y = -9{,}1632 \cdot 10 + 1{,}0182 \cdot 10^2 x$	0,9783	N_e (kW)	361,0
(dla 2000 obr/min)				
B	$y = 1{,}9992+1{,}1043 \cdot x$	0,9872	N_e (kW)	618,3
HC	$y = 5{,}2546 \cdot 10^2 - 3{,}2837 \cdot 10x + 9{,}9795 \cdot 10^{-1} x^2$	0,8857	N_e (kW)	491,0
NO_x	$y = -1{,}1528 \cdot 10^2 + 1{,}1836 \cdot 10^2 x$	0,9793	N_e (kW)	378,0

4. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie analizy badań eksperymentalnych i przeprowadzonych ogólnych rozważań, można sformułować następujące wnioski:

- Stosowanie estryfikatu oleju rzepakowego jako biokomponentu do paliw ropopochodnych stosowanych do napędu ciągników i maszyn jest pożądane, gdyż prowadzi do znacznego zmniejszenia emisji toksycznych składników spalin (z wyjątkiem NO_x), co potwierdzają wyniki badań. Bardzo istotnym czynnikiem przemawiającym za możliwością wykorzystania biopaliw jest to, że parametry pracy uzyskane podczas badań są tylko nieznacznie mniejsze o kilka procent w stosunku do czystego oleju napędowego.
- Z badań wynika, że bardzo korzystnym jest stosowanie mieszanek paliwowych 60% ON i 40% RME (olej napędowy i estryfikat oleju rzepakowego), gdyż uzyskiwane parametry pracy są zbliżone, jak przy stosowaniu czystego oleju napędowego, a emisja HC i zadymienie spalin B znacznie niższa.

5. Literatura

[1] Jakubowski A., Piłat K.: *Niektóre problemy otrzymywania paliwa silnikowego z oleju rzepakowego*. Problemy Inżynierii Rolniczej 2/94.

[2] Lotko W.: *Zasilanie silników wysokopręznych paliwami węglowodorowymi i roslinnymi*. WNT, Warszawa 1997.

[3] Piekarski W.: *Analiza odziaływania agregatów ciagnikowych na środowisko przyrodnicze*. Rozprawy naukowe Akademi Rolniczej w Lublinie nr 203. WAR Lublin 1997.

[4] Roszkowski A.: *Płynne paliwa roślinne –ocena stanu badań i perspektywy*. Problemy Inżynierii Rolniczej 4/98

[5] Roszkowski A.: *Biopaliwa z rzepaku a ekologia*. Problemy Inżynierii Rolniczej 4/98.

[6] Szlachta Z.: *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi*. WKŁ Warszawa 2002.

Prof. dr hab. inż. Wiesław Piekarski
Mgr inż. Grzegorz Zając
Akademia Rolnicza w Lublinie
Katedra Pojazdów i Silników
ul. Głęboka 28
20-612 Lublin
gzaja@hortus.ar.lublin.pl

Jerzy MERKISZ
Miłosław KOZAK

WPŁYW SKŁADU MIESZANEK BIOPALIW Z PALIWAMI KONWENCJONALNYMI NA EMISJĘ TOKSYCZNYCH SKŁADNIKÓW SPALIN

INFLUENCE OF THE BLEND COMPOSITION OF THE BIOFUEL AND THE CONVENTIONAL FUEL ON EXHAUST EMISSIONS

W referacie przedstawiono powody, dla których w najbliższej przyszłości zwiększać się będzie zainteresowanie biopaliwami. Sformułowano opinię, że w chwili obecnej jedynymi biopaliwami, które mogą w szerszy sposób zaistnieć na rynku są etanol i estry kwasów tłuszczowych olejów roślinnych. Porównano emisję toksycznych składników spalin przez silniki spalinowe zasilane paliwami ropopochodnymi oraz mieszaninami biopaliw z paliwami konwencjonalnymi o różnych proporcjach składników. Wyrażono opinię o wyraźnej redukcji emisji toksycznych składników spalin ze wzrostem udziału w paliwie biokomponentu.

Słowa kluczowe: *paliwa silnikowe, biopaliwa, spaliny, emisja substancji toksycznych*

The use of biofuels is justified by the common agricultural policy decisions, by the need to improve environment protection and by the search of alternative fossil energy sources. In such a context, the methyl esters of vegetable oils, known as biodiesel and ethyl alcohol are receiving increasing attention as alternative fuels for automotive engines. This paper presents ecological properties of mentioned biofuels in relation to conventional fuels. The main advantages of biodiesel and ethyl alcohol are that these fuels are nontoxic, biodegradable, and renewable with the potential to reduce engine exhaust emissions, especially with regard to greenhouse gases emission. The fact that these biofuels are available in large quantities is of great importance as well.

Keywords: *fuels, biofuels blends, exhaust emissions*

1. Wprowadzenie

Pierwsze na świecie silniki spalinowe zasilane były gazem świetlnym (np. Etienne Lenoir 1860, Nicolaus Otto 1876), a więc paliwem zaliczanym obecnie do alternatywnych. Opanowanie w następnych latach technologii wydobycia i przeróbki ropy naftowej oraz jej znaczne zasoby i niska cena spowodowały, że wkrótce praktycznie zaprzestano używania paliw innych niż ropopochodne. Zainteresowanie paliwami alternatywnymi powróciło w latach 70-tych w dobie kryzysu energetycznego. W ostatnim dziesięcioleciu uległo ono znacznemu nasileniu wobec dalszego wzrostu cen paliw konwencjonalnych, doniesień na temat zmniejszających się zasobów ropy naftowej oraz drastycznego ograniczenia limitów emisji substancji szkodliwych, wymuszonego zanieczyszczeniem środowiska i globalnym ociepleniem klimatu. Obecny wzrost zainteresowania paliwami alternatywnymi, a dokładnie biopaliwami wynika również z przesłanek gospodarczych i politycznych. Produkcja biopaliw zmniejsza bowiem uzależnienie kraju od importowanej ropy naftowej, a ponadto stwarza możliwość zagospodarowania nadwyżek plonów oraz terenów odłogowanych i skażonych, a co za tym idzie umożliwia tworzenie nowych miejsc pracy.

Jako paliwa do silników spalinowych rozważanych jest szereg substancji pochodzenia mineralnego, roślinnego i syntetycznego, jak również ich mieszaniny. Realną alternatywę dla paliw ropopochodnych stanowią jednak tylko te, które:

- występują w dostatecznie dużych ilościach,
- cechują się technicznymi i energetycznymi właściwościami determinującymi ich przydatność do zasilania silników trakcyjnych,

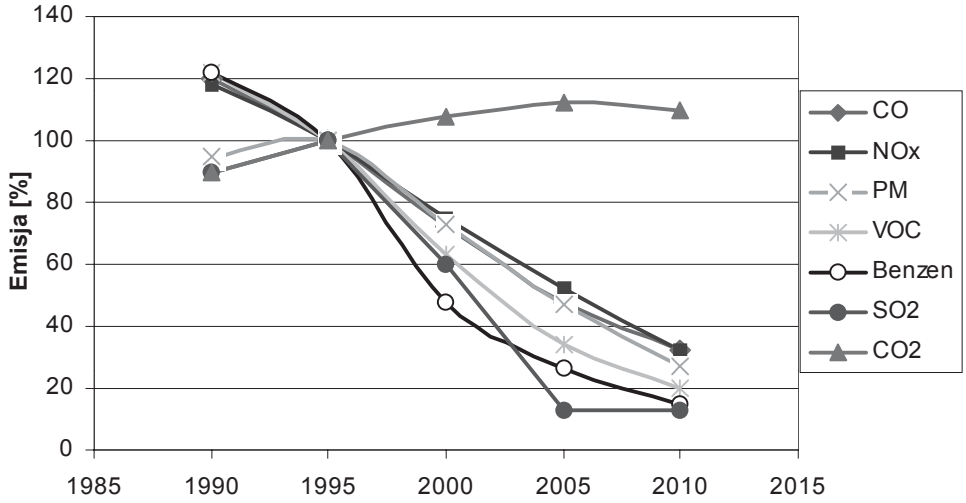
- są tanie w produkcji i dystrybucji,
- stanowią mniejsze zagrożenie dla środowiska naturalnego niż paliwa konwencjonalne,
- zapewniają możliwe do przyjęcia wskaźniki ekonomiczne silników i bezpieczeństwo ich użytkowania.

Spośród paliw pochodzenia roślinnego w największym stopniu wymagania te spełniają: etanol – jako paliwo dla silników o zapłonie iskrowym (ZI) i estry kwasów tłuszczowych olejów roślinnych – jako paliwo dla silników o zapłonie samoczynnym (ZS). Tylko te biopaliwa stanowią w chwili obecnej realną alternatywę dla paliw konwencjonalnych.

uprawne CO_2. Zaletą etanolu jest również niewielkie i dobrze poznane toksyczne działanie na organizm człowieka.

Etanol używany jest przede wszystkim w mieszaninie z benzyną jako paliwo do silników ZI. Przy seryjnym silniku dodatek etanolu nie wymagający regulacji silnika wynosi kilka procent, ale produkowane są już pojazdy mogące być zasilane mieszanką etanol-benzyna o szerokim zakresie zmian poszczególnych komponentów (wyposażone w czujnik składu paliwa).

Przy zastosowaniu mieszanek benzynowo-etanolowych uzyskuje się zmniejszenie emisji produktów niepełnego spalania, przede wszystkim CO (rys. 2),



Rys. 1. Przewidywana emisja substancji toksycznych z transportu w UE; 100% = rok 1995 [7]
Fig. 1. Expected transport emissions in European Union; 100% = year 1995

Przewidywania w zakresie emisji ze środków transportu w Unii Europejskiej (rys. 1) wskazują, że do roku 2010 emisja podstawowych szkodliwych składników spalin zostanie zredukowana do około 1/3 poziomu z roku 1995. Wyjątkiem tutaj jest CO_2, którego emisja nadal wzrasta i obecnie jest o około 10% większa niż w roku 1995. Optymistyczne prognozy przewidują, że w latach 2005 – 2010 powstrzymany zostanie wzrost emisji CO_2. Bardzo pomocne w tym dążeniu będą biopaliwa pozwalające na chociażby częściowe zamknięcie obiegu CO_2, w czym przejawia się ich ogromna przewaga nad paliwami konwencjonalnymi, czy innymi paliwami alternatywnymi.

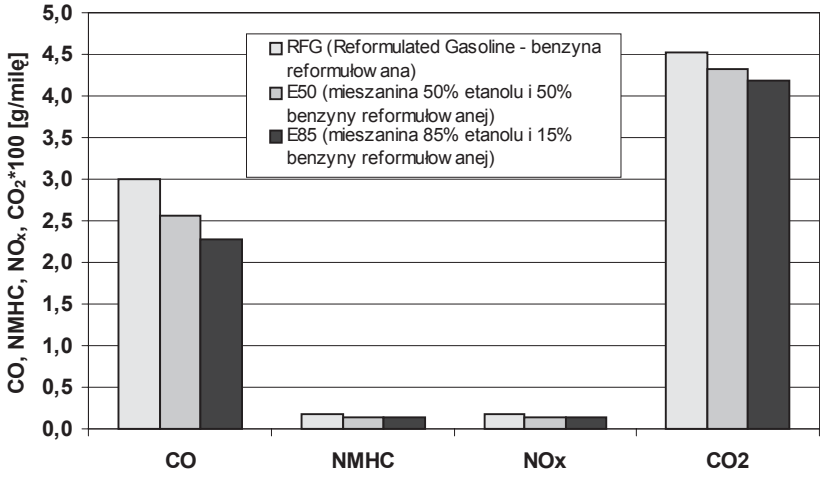
2. Alkohol etylowy

Alkohol etylowy (etanol) produkowany jest na skalę przemysłową z etylenu, metanolu lub przez fermentację biomasy, przy czym ostatni sposób jest najkorzystniejszy, ze względu na wiązanie przez rośliny

bez wzrostu emisji NO_x. Wyraźne jest również rosnące wraz z udziałem alkoholu w paliwie zmniejszenie emisji CO_2, mimo mniejszej niż benzyny wartości opałowej etanolu [3]. Bardzo cenną cechą dodatku etanolu jest proporcjonalne do jego udziału w paliwie zmniejszenie emisji benzenu (rys. 3) i podobne zmniejszenie emisji 1,3-butadienu. Niekorzystnym następstwem jest natomiast bardzo znaczny wzrost emisji acetaldehydu. Istnieją również doniesienia o mniejszych niż przy czystej benzynie rozmiarach tworzonych w procesie spalania cząstek stałych (cząstki bardziej szkodliwe) [2].

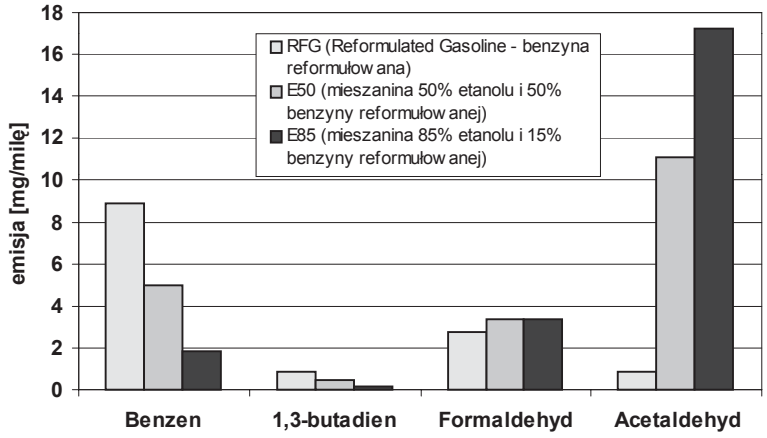
3. Estry kwasów tłuszczowych olejów roślinnych

Próby bezpośredniego zastąpienia oleju napędowego olejem roślinnym w standartowych silnikach ZS nie dają w pełni pozytywnych rezultatów, m.in. ze względu na szybkie tworzenie się nagaru na powierzchni tłoków, pierścieni tłokowych i wtryskiwa-



Rys. 2. Emisja toksycznych składników spalin i CO_2 w teście FTP-75 przez samochód Chevrolet Lumina przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości etanolu [4]

Fig. 2. Exhaust emissions from Chevrolet Lumina as a function of fuel ethanol content during FTP-75 test



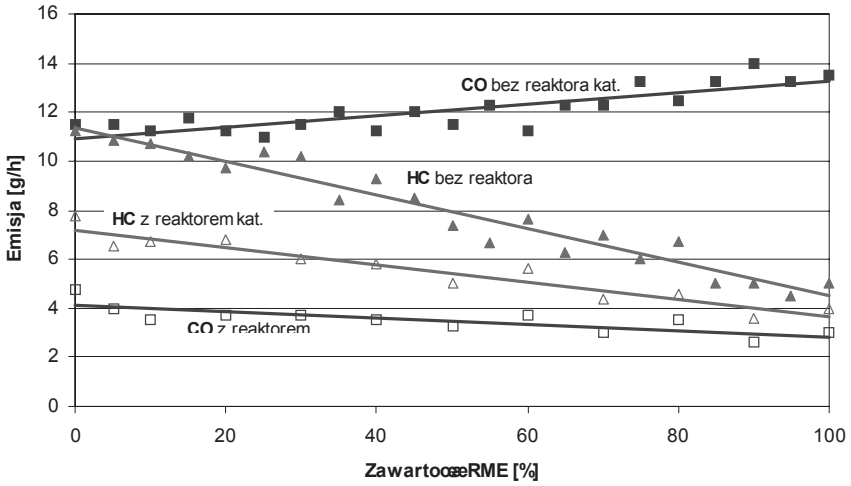
Rys. 3. Emisja nielimitowanych toksycznych składników spalin w teście FTP-75 przez samochód Chevrolet Lumina przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości etanolu [4]

Fig. 3. Non-regulated exhaust emissions from Chevrolet Lumina as a function of fuel ethanol content during FTP-75 test

czy oraz wysoką lepkość, ograniczającą stosowanie olejów roślinnych do temperatury około 10°C lub wymagająca stosowania wstępnego podgrzewania paliwa. Znacznie korzystniej jako paliwo silnikowe prezentują się estry metylowe i etylowe kwasów tłuszczowych olejów roślinnych, które posiadają właściwości bardzo zbliżone do oleju napędowego, a pod niektórymi względami nawet go przewyższają [5].

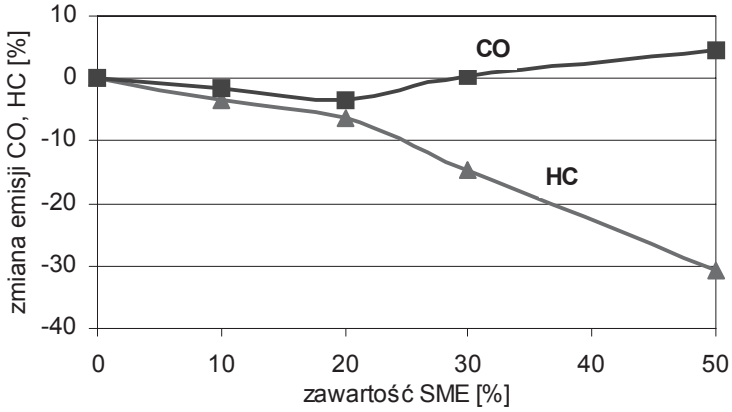
Dodatek do oleju napędowego RME (Rapsed Methyl Ester – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego) lub SME (Soybean Methyl Ester – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju sojowego) jest dla silników ZS skutecznym sposobem redukcji emisji HC, emisja ta zmniejsza się w przybliżeniu liniowo ze wzrostem zawartości biokomponentu (rys. 4). Zmniejszenie emisji HC jest szczególnie silne dla silnika bez reaktora katalitycznego, w tym przypadku jednak może pojawić się również negatywny skutek dodatku estrów, w postaci niewielkiego wzrostu emisji CO (rys. 4 i 5). Gdy w układzie wylotowym silnika znajduje się utleniający reaktor katalityczny, emisja zarówno HC, jak i CO zmniejsza się w miarę wzrostu zawartości biokomponentu. Świadczy to o bardzo dobrej współpracy reaktora z tym paliwem, co w dużym stopniu jest wynikiem znikomej zawartości siarki.

We współczesnych silnikach ZS, stosując utleniający reaktor katalityczny, w stosunkowo łatwy sposób uzyskuje się ograniczenie emisji CO i HC. Problemem, który nie został wciąż wystarczająco skutecznie rozwiązany jest emisja NO_x i PM. Dodatek do oleju napędowego około 20-30% RME lub SME (Soybean Me-



Rys. 4. Emisja CO i HC przez silnik Farymann 18D (ZS) w 5-fazowym teście rolniczym w funkcji zawartości RME w mieszaninie z olejem napędowym i w zależności od zastosowania utleniającego reaktora katalitycznego [8]

Fig. 4. Emissions of CO and HC from Farymann 18D engine with as well as without oxidation catalytic converter for different blends of RME and diesel fuel during 5-mode agricultural test

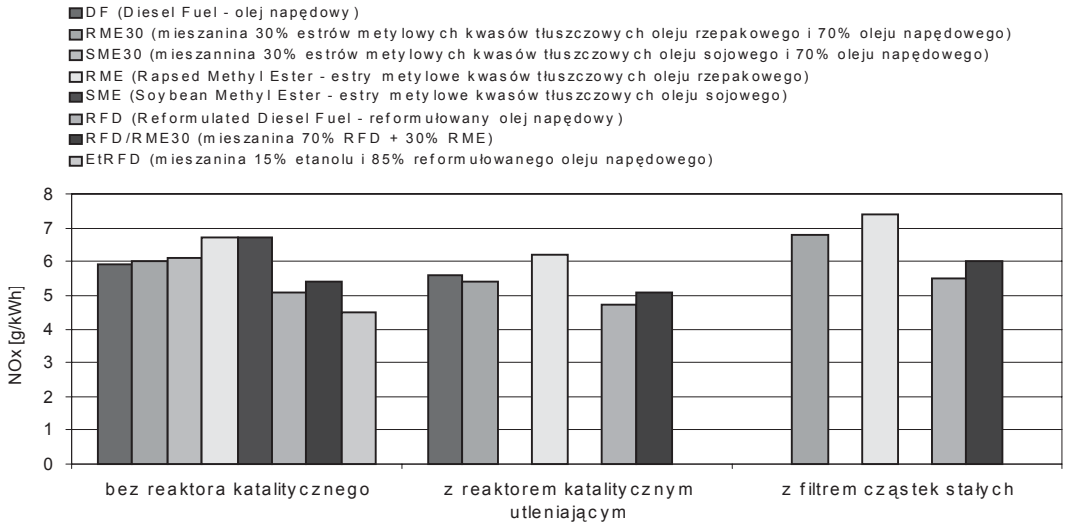


Rys. 5. Względna zmiana emisji CO i HC przez silnik ZS DI w japońskim teście 13-fazowym w funkcji zawartości SME w mieszaninie z olejem napędowym [1]

Fig. 5. Effect of blending ratio of SME and diesel fuel on CO and HC emissions from DI diesel engine during japanese 13-mode test

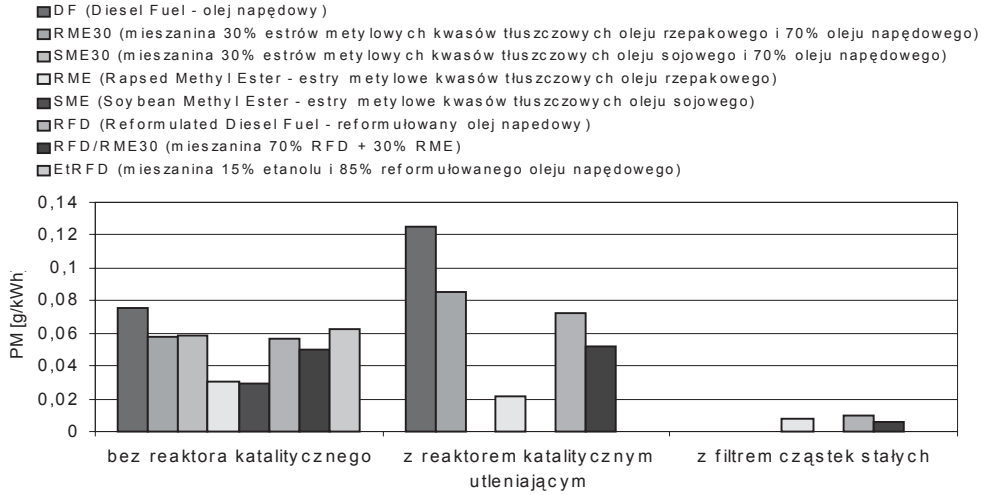
thyl Ester – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju sojowego) w zasadzie nie wpływa na poziom emisji NO_x, jednak stosując te paliwa w większych stężeniach lub czystej postaci można spodziewać się wzrostu NO_x o kilka – kilkanaście procent (rys. 6 i 8). Wzrostowi emisji NO_x można w pewnym stopniu zapobiegać przez dodatek do paliwa alkoholu etylowego.

Dodatek RME lub SME powoduje również wyraźną redukcję emisji cząstek stałych (rys. 7 i 8). Zmniejszenie emisji PM wzrasta wraz ze wzrostem zawartości estrów w paliwie i występuje zarówno dla silników bez, jak i z reaktorami katalitycznymi. Cząstki stałe uważane są za najbardziej niebezpieczny składnik spalin silnikowych, o bardzo szerokim działaniu szkodliwym – m. in. działanie toksyczne, kancerogenne, mutagenne. Dodatkowo, ograniczenie ich emisji przez pojazd jest kłopotliwe i wymaga stosowania drogich filtrów cząstek stałych. Dlatego, znaczące, a według [6] nawet kilkukrotne zmniejszenie emisji PM przy zastosowaniu estrów kwasów tłuszczowych olejów roślinnych jako paliwa dla silników ZS, należy uznać za najważniejszą korzyść w zakresie emisji toksycznych składników spalin, związaną ze stosowaniem paliw z roślin oleistych. Dodatkowo niska emisja PM pozwala na zwiększenie opóźnienia wtrysku i w ten sposób ograniczenie tworzenia NO_x w procesie roboczym silnika [9].



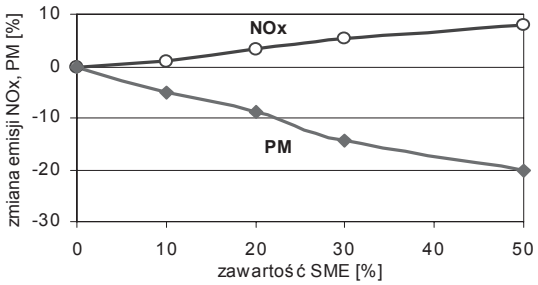
Rys. 6. Emisja NO_x przez silnik autobusowy Volvo DH10A-285 (ZS) wyposażony w różne typy układów oczyszczania spalin w teście ECE R49 przy zasilaniu paliwami konwencjonalnymi i biopaliwami [6]

Fig 6. NO_x emission from Volvo DH10A-285 bus engine equipped with various emission control systems and fuelled with various biofuel blends during ECE R49 test



Rys. 7. Emisja PM przez silnik autobusowy Volvo DH10A-285 (ZS) wyposażony w różne typy układów oczyszczania spalin w teście ECE R49 przy zasilaniu paliwami konwencjonalnymi i biopaliwami [6]

Fig. 8. Effect of blending ratio of SME and diesel fuel on NOx and PM emissions from DI diesel engine during japanese 13-mode test



Rys. 8. Względna zmiana emisji NO_x i PM przez silnik ZS DI w japońskim teście 13-fazowym w funkcji zawartości SME w mieszaninie z olejem napędowym [1]

Fig. 8. Effect of blending ratio of SME and diesel fuel on NOx and PM emissions from DI diesel engine during japanese 13-mode test

4. Podsumowanie

Rozszerzanie zakresu stosowania biopaliw wydaje się nieuniknione. Zakładając, że podstawowym źródłem napędu pojazdów samochodowych będą nadal silniki spalinowe, co w chwili obecnej wydaje się jak najbardziej słuszne należy stwierdzić, że znaczące ograniczenie emisji ciągnionej CO_2 bez wprowadzenia paliw pochodzenia roślinnego jest niemożliwe. W chwili obecnej spośród biopaliw realną alternatywę dla paliw konwencjonalnych stanowią: alkohol etylowy i estry kwasów tłuszczowych olejów roślinnych. Wynika to z jednej strony z odpowiedniej podaży tych paliw, a z drugiej z korzystnych właściwości ekologicznych i eksploatacyjnych.

Wydaje się, że w najbliższej przyszłości zarówno etanol, jak i estry stosowane będą raczej w mieszaninach z paliwami konwencjonalnymi niż jako samodzielne paliwo. Należy założyć, że udział biokomponentu będzie się z czasem zwiększał, gdyż pozwala to zagospodarować coraz większe ilości produkcji roślinnej oraz sprzyja ograniczeniu emisji toksycznych składników spalin. Szczególnie cenne jest zmniejszenie emisji cząstek stałych, ze wzrostem zawartości estrów w mieszaninie z olejem napędowym, ponieważ ich redukcja innymi sposobami jest kłopotliwa. Należy zwrócić również uwagę, że największą redukcję emisji dzięki biokomponentom, uzyskuje się dla pojazdów starych, będących głównym źródłem emisji toksycznych składników spalin, przy czym stosowanie ekologicznych paliw jest praktycznie jedynym sposobem ograniczenia niekorzystnego oddziaływania tych pojazdów na środowisko do czasu ich ostatecznego wycofania z eksploatacji.

Propozycje Komisji Europejskiej zmierzają do uzyskania 20% udziału biopaliw w rynku paliwowym w roku 2020. Projekt dyrektywy przewiduje, że w roku 2005 2% energii zużywanej przez środki transportu będzie pochodziło z biopaliw. Wskaźnik ten ma wzrastać o 0,75% rocznie, do uzyskania 5,75% w roku 2010. Od roku 2009 ma obowiązywać dodatkowe wymaganie odnośnie paliw konwencjonalnych, które od tego roku będą musiały zawierać 1% biokomponentu. W 2010 roku ilość biokomponentu ma być zwiększona do 1,75%. Zdając sobie sprawę z korzyści ekonomicznych, społecznych i ekologicznych związanych z wprowadzeniem do masowego użycia biopaliw, należy dążyć, aby ich stosowanie było korzystne dla wszystkich podmiotów mających z nim kontakt, a więc dla: rolnika, producenta, dystrybutora i najważniejsze – finalnego użytkownika biopaliwa.

5. Literatura

[1] Akasaka Y., Suzuki T., Sakurai Y.: *Exhaust Emissions of a DI Diesel Engine Fueled with Blends of Biodiesel and Low Sulphur Diesel Fuel*. SAE Paper 972998.

[2] Auto-Oil II Final Report. http://europa.eu.int/comm/environment/autooil/auto-oil_en.pdf

[3] Guerrieri D.A., Caffrey P.J., Vankatesh R.: *Investigation into the Vehicle Exhaust Emissions of High Percentage Ethanol Blends*. SAE Paper 950777.

[4] Kelly K.J. i inni: *Federal Test Procedure Emissions Test Results from Ethanol Variable-Fuel Vehicle Chevrolet Luminas*. SAE Paper 961092.

[5] Kozak M.: *Kierunki rozwoju paliw do ekologicznych silników spalinowych*. Praca magisterska, Politechnika Lubelska 1998.

[6] Paivi A. i inni: *Emission from Heavy-Duty Engine with and without Aftertreatment Using Selected Biofuels*. FISITA 2002 World Automotive Congress Helsinki F02E195.

[7] Rickeard D. J., Kheshgi H. S.: *European Fuel and Vehicle Options for the Future – Focus on Biofuels*. FISITA 2002 World Automotive Congress Helsinki F02E199.

[8] Schroder O., Krahl J., Munack A., Bunger J.: *Environmental and Health Effects Caused by the Use of Biodiesel*. SAE Paper 1999-01-3561.

[9] Szlachta Z.: *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi*. WKŁ Warszawa 2002.

Skróty i oznaczenia użyte w tekście

CNG	Compressed Natural Gas – sprężony gaz ziemny	**DI**	Direct Injection – bezpośredni wtrysk paliwa
CO	Tlenek węgla	**DME**	Dimethyl Ether – eter dimetylowy
CO_2	Dwutlenek węgla	**E50**	Mieszanina 50% etanolu i 50% benzyny reformułowanej
DF	Diesel Fuel – olej napędowy		

E85	Mieszanina 85% etanolu i 15% benzyny reformułowanej
ECE R49	Europejski test dla pojazdów o masie całkowitej ponad 3500 kg wykonywany na hamowni silnikowej (tzw. trzynastofazowy)
ETBE15G	Mieszanina 15 % (v/v) eteru etylotert-butylowego i 85 % (v/v) benzyny
EtRFD	Mieszanina 15% etanolu i 85% reformułowanego oleju napędowego
FAME	Fatty Acid Methyl Esters – estry metylowe kwasów tłuszczowych
FTP-75	Federalny test jezdny USA
HC	Węglowodory
LCA	Life Cycle Analysis – analiza cyklu życiowego produktu
LDV	Light Duty Vehicle – lekki pojazd samochodowy
LPG	Liquefied Petroleum Gas – gaz płynny, propan-butan
NMHC	Węglowodory bez metanu
NO_x	Tlenki azotu
PM	Particulate Matter – cząstki stałe
RFD	Reformulated Diesel Fuel – reformułowany olej napędowy
RFD/RME30	Mieszanina 30% estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego i 70% reformułowanego oleju napędowego
RFG	Reformulated Gasoline – benzyna reformułowana
RME	Rapsed Methyl Ester – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego
RME30	Mieszanina 30% estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego i 70% oleju napędowego
SME	Soybean Methyl Ester – estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju sojowego
SME30	Mieszanina 30% estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju sojowego i 70% oleju napędowego
SO_2	Dwutlenek siarki
UE	Unia Europejska
VOC	Volatile Organic Compounds – lotne związki organiczne
ZI	Zapłon iskrowy
ZS	Zapłon samoczynny

Prof. zw. dr hab. inż. Jerzy Merkisz

Mgr inż. Miłosław Kozak

Instytut Silników Spalinowych i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Politechnika Poznańska,
ul. Piotrowo 3, Poznań
Jerzy.Merkisz@put.poznan.pl
Kozak@put.poznan.pl

Ryszard Wołoszyn

GAZ ZIEMNY JAKO PALIWO DO NAPĘDU POJAZDÓW

NATURAL GAS AS A VEHICLE FUEL

W artykule przedstawiono podstawowe pojęcia i właściwości gazu ziemnego jako paliwa. Omówiono sposoby magazynowania gazu w pojeździe i pokazano przykładowe rozwiązania techniczne w pojazdach zasilanych gazem ziemnym.

Słowa kluczowe: *gaz ziemny, paliwo, magazynowanie gazu*

In the article there are presented basic notions and peculiarities of natural gas as a fuel. There are also shown methods of natural gas storing in vehicles and some example technical solutions in vehicles with natural gas-feed systems.

Keywords: *naturalgas, vehicle fuel,gas storing*

1. Wstęp

Systematyczny wzrost liczby pojazdów na świecie, a szczególnie w dużych aglomeracjach miejskich jest przyczyną zwiększania się ilości zanieczyszczeń komunikacyjnych. Od wielu lat prowadzone są prace mające na celu znalezienie taniego ekologicznego paliwa do napędu pojazdów, stymulowane coraz bardziej rygorystycznymi normami dotyczącymi emisji substancji szkodliwych. Obowiązujące kolejne limity granicznych emisji zanieczyszczeń z silników pojazdów zostały przedstawione na rys. 1.

Proponowane limity przewidziane dla norm Euro 4 i Euro 5 drastycznie ograniczają emisje substancji szkodliwych, a tym samym zmuszają producentów do wyposażania pojazdów w silniki „czystsze" ekologicznie.

W skład emisji zanieczyszczeń wchodzą nie tylko spaliny silnikowe, ale także dodatkowe związki powstałe na skutek:

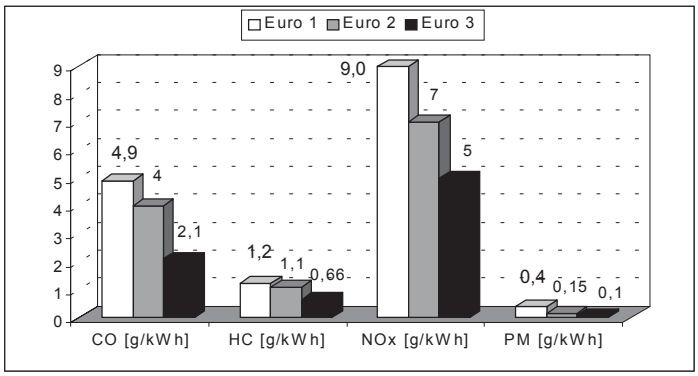
- efektu „oddychania" zbiorników paliwowych,
- emisji po wyłączeniu silnika (stygnięcie),
- emisji ze zbiorników paliwa w czasie jazdy i napełniania.

Całkowita emisja spalin produkowanych przez pojazdy (ogólnie więc motoryzację) stała się zagrożeniem dla społeczeństwa i środowiska. Ograniczenie emisji związków toksycznych stało się więc kluczowym problemem, który wymusza poszukiwanie paliw dających "czyste" spaliny.

2. Terminologia dotycząca gazu w zasilaniu pojazdów

Jednostkowa objętość gazu - ilość suchego gazu zawarta w objętości 1m^3 w warunkach normalnych tj. temperatura 0°C, ciśnienie 1,013bar, gęstość powietrza - 1,293 kg/m^3.

Wartość opałowa - ilość ciepła, którą można uzyskać z jednostkowej objętości gazu (MJ/m^3) podczas jego całkowitego spalania w warunkach normalnych



Rys. 1. Emisja toksycznych składników spalin dla silników z zapłonem samoczynnym w odniesieniu do obowiązujących kolejnych norm Euro (Euro 2 - od roku 1996, Euro 3 - od roku 2000, Euro 4 - od roku 2005, Euro 5 - od roku 2008)

Fig. 1. Emission of toxic components in exhaust-gases of Diesel engines in comparison with successive obligatory EURO standards (Euro 2 – since 1996, Euro 3 – since 2000, Euro 4 – since 2005, Euro 5 – since 2008)

przy założeniu, że powstająca woda jest odprowadzana w składzie gazów spalinowych w postaci pary.

Wg PN-87/C-96001 gaz ziemny wysokometanowy najwyższej grupy GZ50 ma min. wartość opałową 34,0 MJ/m^3 przy zawartości metanu >90%.

Osuszanie gazu - usuwanie z surowego gazu ziemnego pary wodnej w celu obniżenia temperatury punktu rosy.

Jednostki energii / ciepła:

1MJ = 0,278kWh = 238,8kcal

1kWh = 3,6MJ = 860kcal

Jednostki ciśnienia:

1bar = 0,1MPa = 1,02at = 0,987atm.

Zastosowanie CNG (gaz ziemny sprężony) jako paliwa silników spalinowych wymaga głębokiego osuszenia gazu do punktu rosy - 30°C w celu całkowitego zabezpieczenia instalacji gazowej w pojeździe. Proces ten jest konieczny, ponieważ w wyniku redukcji ciśnienia gaz ulega znacznemu ochłodzeniu (ok. 3°C/10 bar), co przy niskiej temperaturze zimą może spowodować wydzielanie się hydratów (krystaliczne połączenia węglowodorów i wody) bądź lodu i przerwanie dopływu gazu do silnika. Zawartość wody w gazie nie powinna przekraczać 10 mg/m^3.

W Polsce w sieci przesyłowej gazu ziemnego występują następujące ciśnienia:

- powyżej 0,4MPa (max 6,3MPa, a obecnie zwiększono do 10MPa) - gazociągi magistralne wysokiego ciśnienia,
- 0,005 – 0,4MPa - gazociągi zasilające średniego ciśnienia,
- poniżej 0,005MPa – gazociągi zasilające niskiego ciśnienia.

Pojazdy zasilane gazem ziemnym są na całym świecie określane terminem NGV (Natural Gas Vehicles).

Podstawowe pojęcia dotyczące gazu:

- gaz ziemny – NG (Natural Gas),
- gaz ziemny sprężony – CNG (Compressed Natural Gas),
- gaz ziemny skroplony – LNG (Liquefied Natural Gas) (temp. 112K – minus 161,15°C)
- gaz płynny (propan-butan) – LPG (Liquefied Petroleum Gas).

3. Gaz ziemny NG (Natural Gas)

Gaz ziemny to kopalniane paliwo naturalne. Podstawowym składnikiem gazu ziemnego jest metan.

Przykładowy skład i parametry gazu ziemnego ze stacji tankowania w Warszawie są następujące:

- CH_4 – 96,6 % objętości
- C_2H_6 – 1,1 % objętości
- O_2 – 0,1 % objętości
- CO_2 – 0,1 % objętości
- N_2 – 2,1 % objętości
- Ciepło spalania – 39 302 kJ/m^3
- Wartość opałowa – 35 364 kJ/m^3
- Gęstość względna w pow. – 0,570 kg/m^3
- Gęstość normalna – 0,735 kg/m^3
- Liczba Wobbego – 52 057 kJ/m^3
- Siarkowodór – 0,08 mg/m^3
- Siarka tiolowa – 0,15 mg/m^3
- Temperatura punktu rosy – 8^{0}C.

Ostatnie lata to burzliwy rozwój nowoczesnych technologii wykorzystujących gaz ziemny, między innymi, do zasilania silników pojazdów. Gaz ziemny jako paliwo silnikowe jest wykorzystywany w postaci:

- gazu ziemnego sprężonego CNG,
- gazu ziemnego skroplonego LNG.

Szerokie zastosowanie gazu ziemnego w gospodarce narodowej (wykorzystanie go również jako paliwa w silnikach pojazdów) umożliwi poprawę stanu naszego środowiska, m.in. dzięki ograniczeniu emisji dwutlenku węgla (gaz cieplarniany) i innych związków emitowanych przy stosowaniu paliw płynnych.

4. Gaz ziemny sprężony CNG (Compressed Natural Gas)

Gaz ziemny do zasilania pojazdów to paliwo naturalne nie wymagające do zastosowania w silnikach żadnej obróbki technologicznej oprócz osuszania i sprężania. W produkowanych obecnie pojazdach zasilanych gazem ziemnym jest on głównie magazynowany w postaci sprężonej. Wadą tego systemu jest mała gęstość zmagazynowanej energii w jednostce objętości (pomimo znacznego sprężenia gazu do ciśnienia ok. 20 MPa), co wymaga zastosowania zbiorników o dużej pojemności i dużej masie. Wszystkie silniki o zapłonie iskrowym (silniki z zapłonem samoczynnym – po modernizacji i zmianach konstrukcyjnych) mogą być przystosowane do jego spalania.

Sprężony gaz ziemny jest magazynowany w zbiornikach odpowiednio umocowanych w samochodzie. Jednorazowe tankowanie zbiorników średniej wielkości (w zależności od tzw. pojemności wodnej) pozwala na przebieg około 300 km.

Zbiorniki zajmują więc więcej miejsca niż tradycyjny bak, ale korzyści są niebagatelne. Czołowi producenci pojazdów wprowadzili na rynek już ponad 100 modeli pojazdów. W eksploatacji jest ok. 1,5 mln pojazdów zasilanych gazem ziemnym.

5. Gaz ziemny skroplony LNG

Zastosowanie skroplonego gazu ziemnego, który obok wodoru wymieniany jest jako przyszłościowe paliwo alternatywne, pozwala na wyeliminowanie wad związanych z gęstością magazynowanej energii, masą zbiorników oraz problemami związanymi z wysokimi

ciśnieniami występującymi w systemach CNG. Podczas skraplania gaz ziemny zostaje oziębiony do temp. – 161,15°C. Objętość redukuje się przy tym 630 razy. Dzięki temu "gęstość energii" skroplonego gazu ziemnego jest bardzo wysoka. Jedna czwarta gazu ziemnego, którym handluje się na skalę światową jest transportowana właśnie w tym stanie. Skraplanie gazu ziemnego wiąże się z bardzo dokładnym jego oczyszczeniem z dwutlenku węgla, azotu, propanu-butanu, wilgoci itp. Jest to już bardzo czyste paliwo o liczbie oktanowej 130. Po powtórnej zmianie na postać gazową pozostaje bardzo niewiele zanieczyszczeń, gaz jest suchy - pozbawiony wilgoci. Gaz ziemny skroplony (LNG) z uwagi na niskie temperatury wymaga zbiornika kriogenicznego. Pierwsza ogólnodostępna stacja paliwowa LNG została uruchomiona w 1995 r. w Bloomfield w USA. Tankowanie odbywa się podobnie do tankowania paliw tradycyjnych. Niemcy np. posiadają już instalacje w których skrapla się gaz ziemny po to, żeby zasilać nim stacje tankowania gazem ziemnym. Zależnie od wyposażenia stacji paliw mogą być w nich tankowane zarówno zwykłe pojazdy na gaz ziemny (tzw. CNG 200 bar), jak też pojazdy na gaz ziemny skroplony (LNG – pod niewielkim ciśnieniem, ale wymagające zbiornika kriogenicznego).

6. Gaz ziemny jako paliwo silnikowe

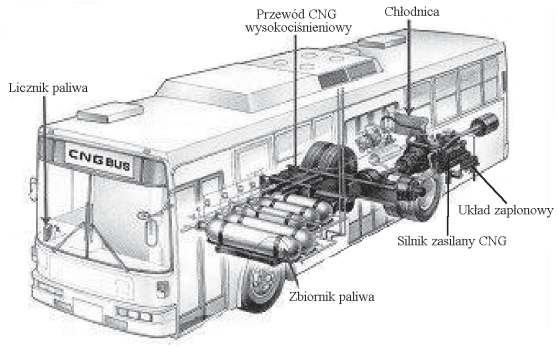
Gaz ziemny jest paliwem nie wymagającym, poza oczyszczaniem i odsiarczaniem, przeróbki chemicznej. Gaz wysokometanowy ze względu na swe właściwości fizyko-chemiczne jest określany jako dobre, ekologiczne paliwo silnikowe.

Gaz ziemny jest ogólnodostępny, a więc nie ma potrzeby jego magazynowania, jest tańszy od paliw płynnych, po uzdatnieniu pozbawiony substancji korozyjnych, posiada wszystkie niezbędne właściwości paliwa silnikowego, które decydują między innymi o łatwym rozruchu silnika w niskich temperaturach i żywotności silnika. Paliwo to jest lżejsze od powietrza – stosunek jego gęstości do gęstości powietrza wynosi 0,55-0,58 w zależności od składu. W przypadku nieszczelności układu zasilania gazem ziemnym w pojeździe ulatnia się on do atmosfery, podczas gdy paliwo płynne rozlewa się po powierzchni, a mieszanina propanu i butanu (cięższa od powietrza) gromadzi się nad powierzchnią ziemi.

Przykładowe rozmieszczenie elementów instalacji gazowej w autobusie i samochodzie osobowym pokazano na rys.2 i rys. 3.

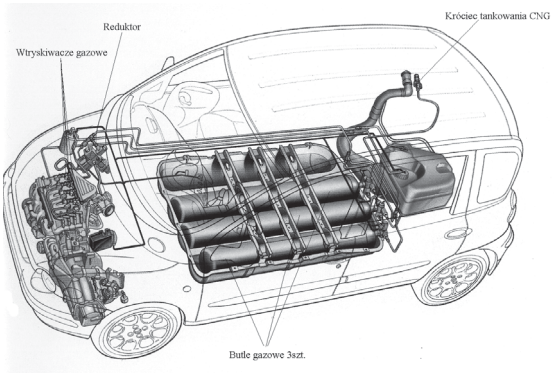
7. Podsumowanie

Szybko i dynamicznie rozwijającym się rynkiem paliw w świecie staje się gaz ziemny z uwagi na jego zalety ekologiczne, ekonomiczne i bezpieczeństwo użytkowania. Najbardziej zaangażowanymi krajami wykorzystującymi sprężony gaz ziemnego (CNG) do zasilania pojazdów są USA, Kanada, Australia, Nowa Zelandia, Argentyna, a w Europie Włochy, Rosja, Francja, Niemcy, Szwecja. Na gazie ziemnym jeżdżą autobusy miejskie, taksówki, mikrobusy, samochody dostawcze czy pojazdy komunalne oczyszczania miasta oraz samochody osobowe. Czołowi producenci samo-



Rys. 2. Przykładowe rozmieszczenie dodatkowych elementów autobusu przystosowanego do zasilania gazem ziemnym

Fig. 2. Natural gas-feed bus. Example location of additional elements



Rys. 3. Przykładowe rozmieszczenie dodatkowych elementów samochodu osobowego przystosowanego do zasilania gazem ziemnym i benzyną (Fiat Multipla Bipower-testowany w Zakładzie Elektroniki Samochodowej Politechniki Radomskiej przy współpracy z Zakładem Napędów Gazowych i Maszyn Tłokowych Instytutu Górnictwa Naftowego i Gazownictwa)

Fig. 3. Example location of additional elements in a passenger car with natural gas- and gasoline-feed systems (Fiat Multipla Bipower – under testing at the Department of Automotive Electronics of Radom University of Technology in cooperation with the Department of Natural Gas Drives and Piston Machines of Institute of Oil and Gas Mining)

Tab. 1. Porównanie niektórych parametrów dla wybranych paliw alternatywnych
Tab. 1. Comparison of some parameters for chosen alternative fuels

Analizowany parametr	***CNG***	***LNG***	***LPG***
Stosunek zmagazynowanej w gazie energii do benzyny	3,94 do 1 25% przy 20 MPa	1,55 do 1 66 %	1,36 do 1 74 %
Gęstość gazu w fazie ciekłej	160 g/l przy 20 MPa	422g/l	520g/l

Tab. 2. Porównanie wybranych właściwości paliw silnikowych
Tab. 2. Comparison of chosen peculiarities of engine fuels

Analizowany parametr	***Gaz ziemny wysokometanowy***	***Gaz płynny LPG***	***Benzyna silnikowa***	***Olej napędowy***
Liczba oktanowa	115-130	125	90-98	25
Ciepło spalania [MJ/kg]	53,9	49,8	46,7	44,8
Temperatura samozapłonu	630-640	500	320-360	550-600
Granice samozapłonu w powietrzu (% obj. paliwa w powietrzu)	5-15	1,8-9,0	1,4-7,6	0,6-5,0

chodów i autobusów oferują już dzisiaj w swojej ofercie handlowej szeroką gamę nowych pojazdów napędzanych gazem ziemnym. Wiele firm oferuje także możliwość przebudowy i dostosowania pojazdów użytkowych do zasilania gazem ziemnym.

Wdrażane i uruchamiane są ciągle nowe projekty, głównie z myślą o ochronie środowiska, zwłaszcza w wielkich aglomeracjach miejskich i ośrodkach wypoczynkowych. Realizowane są również na świecie projekty badawcze mające na celu wykorzystanie gazu ziemnego jako ekologicznego i taniego paliwa do napędu pojazdów, których przykładem jest program NGVeurope realizowany w krajach Unii Europejskiej.

Poszukiwania różnych paliw zastępczych prowadzone są głównie z uwagi na malejące światowe zasoby paliw płynnych, oraz potrzeby ograniczenia emisji substancji szkodliwych z pojazdów, poprzez stosowanie paliw mniej szkodliwych dla środowiska. Jednym z paliw spełniającym te wymogi jest gaz ziemny, którego udokumentowane światowe złoża są wielokrotnie większe od zasobów ropy naftowej. Do czasu zastosowania skroplonego wodoru na masową skalę gaz ziemny będzie, jak przypuszczam, podstawową alternatywą dla benzyn i olejów napędowych.

8. Literatura

[1] Rudkowski M.: *Zastosowanie gazu ziemnego jako paliwa w autobusach – stacje tankowania.* Ogólnopolski miesięcznik „Autobusy" 9/2002.

[2] Chaczijan A.S., Kuzniecow W.E., Wodejko W.F., Szisztow I.G., Chamidullin R.CH., Gekow S.A.: *Badanie silników zasilanych gazem ziemnym dla ich zastosowania w transporcie i napędzie prądnic*. Eksploatacja silników spalinowych. Politechnika Szczecińska. Zeszyt nr 4. Szczecin 2001.

[3] Cupiał K., Dużyński A., Grzelka J.: *Silnik gazowy a środowisko naturalne*. V Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Silniki gazowe 2000 konstrukcja – badania – eksploatacja". Częstochowa 2000.

[4] Lejda K., Jaworski A.: *LNG Alternatywne paliwo przyszłościowe dla autobusów miejskich*. Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału Krakowskiego SITK. Nr 70. Kraków 1999 rok..

[5] Wołoszyn R.: *Wykorzystanie gazu naturalnego (ziemnego) w układach zasilania silników – wybrane zagadnienia.* Ogólnopolski miesięcznik „Autobusy", nr 1-12/2001.

[6] Karpiński R., Skibiński F.: *Praktyczny aspekty pojęcia – pojazd ekologiczny w odniesieniu do pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 3,5 tony.* III Konferencja Badania Techniczne Pojazdów w Świetle Obowiązujących Przepisów – 2002" ITS Warszawa, Mikołajki 2002.

Dr inż. Ryszard Wołoszyn

Politechnika Radomska
Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn
Zakład Elektroniki Samochodowej
tel/fax: (0...48) 361 76 30
e-mail:wolosz@kiux.man.radom.pl

Adam KACZOR
Izabella JACKOWSKA
Marzena S. BRODOWSKA
Ryszard BRODOWSKI

MOŻLIWOŚCI NAWOŻENIA RZEPAKU OZIMEGO Z PRZEZNACZENIEM NASION DO PRODUKCJI BIOPALIW. CZ. I. POTRZEBY POKARMOWE I NAWOZOWE RZEPAKU OZIMEGO

THE POSSIBILITIES OF FERTILIZATION OF WINTER OILSEED RAPE A VIEW TO USING ITS SEED IN PRODUCTION OF BIO–FUELS PART I. NUTRIONAL AND FERTILIZER REQUIREMENTS OF WINTER OILSEED RAPE

W pracy przeanalizowano potrzeby pokarmowe i nawozowe rzepaku ozimego. Rzepak ozimy należy do roślin w przypadku których pobranie składników pokarmowych na jednostkę plonu dwukrotnie przewyższa analogiczne wartości dla roślin zbożowych. Rzepak wykazuje szczególnie wysokie wymagania względem azotu, potasu, a także wapnia, siarki i mikroelementów. Dawki stosowanych nawozów pod tę roślinę zależą od uzyskiwanych plonów, odczynu gleby i jej zasobności w składniki pokarmowe, a także od stosowanej ochrony chemicznej.

Słowa kluczowe: *rzepak ozimy, potrzeby pokarmowe i nawozowe*

In the study nutrional and fertilizer requirement of winter oilseed rape were discussed. In case of winter oilseed rape uptake of nutritients is twice as high as in the case of cereals. One can observe particularly high requirements for nitrogen, potassium and also for calcium, sulphur and micro-components. Dose rate of applied fertilizers depend on the achieved crops, soil reaction, soil nutrient availability and the chemical protection.

Keywords: *winter rape, nutrional and fertilizer requirements*

1. Wprowadzenie

Rzepak ozimy od ponad 50 lat jest jedną z podstawowych roślin uprawnych naszego kontynentu. W Polsce od dłuższego czasu tą rośliną obsiewa się 400–450 tys. ha, co stanowi około 3% gruntów ornych. Powierzchnia uprawy rzepaku ozimego jest uzależniona od zapotrzebowania przemysłu tłuszczowego, którego średni przerób na rynek krajowy kształtuje się na poziomie 800–850 tys. ton nasion [6, 11].

Aktualnie w kraju uprawia się wyłącznie odmiany podwójnie ulepszone tzw. dwuzerowe „00", w których praktycznie nie występuje kwas erukowy. Uzyskiwana z nasion tych odmian śruta poekstrakcyjna zawiera także 10-krotnie mniej glukozynolanów w porównaniu z ilościami znajdującymi się w śrucie otrzymanej z nasion odmian jednozerowych „0". W efekcie śruta ta niemal nie posiada związków szkodliwych, a zawierając od 35 do 40% białka ogólnego i od 1 do 3% tłuszczu jest cennym komponentem do produkcji pasz treściwych [12].

Obok przerobu nasion rzepaku na oleje wykorzystywane w przemyśle spożywczym, chemicznym i maszynowym mogą mieć one także zastosowanie do produkcji paliwa do napędu silników wysokoprężnych. Przeznaczenie części nasion rzepaku do produkcji biopaliw poprawiłoby sytuację wielu rolników oraz wpłynęłoby korzystnie na stan środowiska. Problem tkwi jednakże w tym, że koszty produkcji biopaliw są wyższe od ceny paliw kopalnych [6, 9].

O cenie jednostkowej biopaliwa decyduje w dużej mierze plon nasion i zawartość w nich tłuszczu. Na plon i jakość roślin z kolei największy wpływ wywiera dostarczenie im w odpowiednich ilościach niezbędnych składników pokarmowych. Stąd też w niniejszej pracy przeanalizowano potrzeby pokarmowe i nawozowe rzepaku ozimego.

2. Potrzeby pokarmowe rzepaku ozimego

Rzepak ozimy jest rośliną o bardzo wysokich wymaganiach pokarmowych. Wymagania te zależą w dużym stopniu od procentowej zawartości składników pokarmowych w nasionach i w słomie, od stosunku nasion do słomy, a głównie od wysokości plonu (tab. 1). Przeciętny stosunek nasion do słomy kształtuje się jak 1 : 2,4, a pobranie składników pokarmowych na jednostkę plonu przez tę roślinę dwukrotnie przewyższa analogiczne wartości dla zbóż [1, 10].

Z badań przeprowadzonych przez Baraclougha i Merriena [10] wynika, że jeszcze przed nastaniem zimy rzepak pobiera od 50 do 100 kg·ha^{-1} azotu i potasu, od 20 do 40 kg·ha^{-1} wapnia i fosforu oraz od 10 do 15 kg·ha^{-1} magnezu i siarki. Według Orloviusa [10] całkowite pobranie podstawowych składników przez rzepak ozimy kształtuje się następująco: azot - 250–300 kg N·ha^{-1}; potas - 300–400 kg K_2O·ha^{-1}; fosfor - 90–130 kg P_2O_5·ha^{-1}; magnez - 30–60 kg MgO·ha^{-1}; siarka - 60–80 kg S·ha^{-1}. Warunkiem osiągnięcia optymalnych plonów jest uwzględnienie faktu, że rzepak pobiera także znaczne ilości mikroelementów. Trzeba pamiętać również o tym, że wymagania pokarmowe rzepaku są wyższe od pobrania końcowego. W przypadku azotu i potasu pobranie maksymalne jest wyższe od końcowego o 15-20%, a w odniesieniu do fosforu o 5–10% [1].

Zasadnicze pobieranie potasu kończy się wraz z kwitnieniem roślin, a siarka i magnez pobierane są przez rzepak w miarę równomiernie przez cały okres wegetacji [3, 10].

3. Nawożenie rzepaku azotem

Rzepak ozimy należy do najbardziej azotolubnych roślin [2, 13, 14]. Na nawożenie azotem reaguje on znacznymi zwyżkami plonu. Z doświadczeń przeprowadzonych w kraju przez Fotymę [za 1] wynika, że optymalna dawka azotu pod rzepak wynosi około 240 kg N·ha^{-1}, chociaż dawki przekraczające tę wielkość nie powodują załamania plonu nasion (rys. 1).

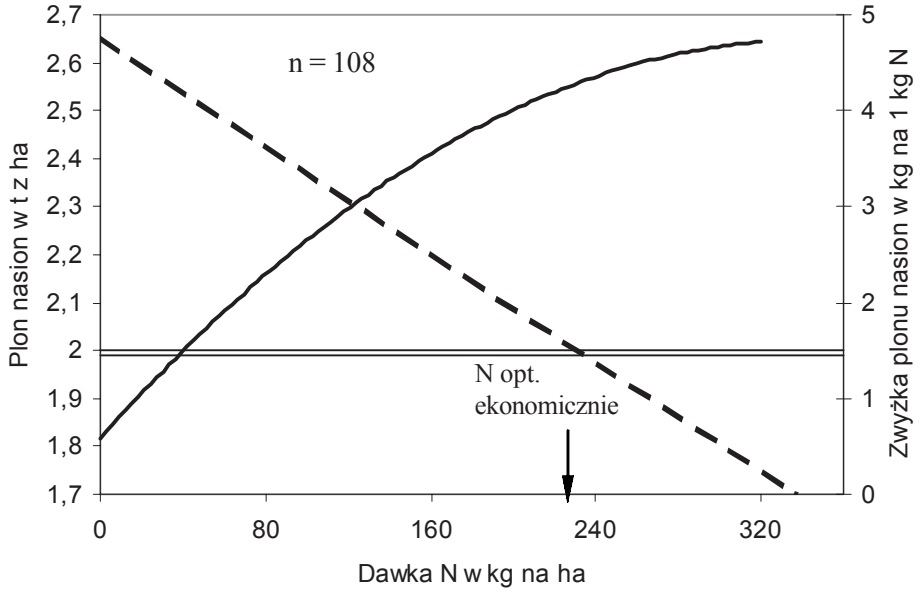
Dawki azotu pod rzepak określone przez IUNG w Puławach zamieszczono w tabeli 2. Z tabeli tej wynika, że poziom nawożenia azotem zależy od kompleksu rolniczej przydatności, kategorii agronomicznej gleby i potrzeb nawożenia tym składnikiem. Na kompleksach najlepszych efektywność nawożenia ograniczana jest przez naturalną żyzność gleby, a na gorszych efektywność tę ograniczają inne czynniki (np. zachwiane stosunki wodno-powietrzne), uniemożliwiające uzyskanie wyższych plonów.

Najwyższa efektywność nawożenia ma miejsce zwykle na kompleksach średnich, na których przy intensywnym nawożeniu można otrzymać wysokie plony. Znacznie wyższe dawki azotu stosuje się na glebach średnich i cięższych niż na lekkich. Wielkość dawek azotu zależy jednakże w największym stopniu od potrzeb nawożenia tym składnikiem, które rolnik musi ustalić samodzielnie. Potrzeby te zależą od odczynu gleby, ilości opadów w zimie, przedplonu i nawożenia pod przedplon, stosowanej ochrony roślin i odmiany (tab. 2). Efektywność nawożenia rzepaku azotem jest znacznie wyższa w stanowiskach po zbożach niż po roślinach pozostawiających w glebie dużo azotu.

Uwzględniając te wszystkie czynniki całkowita dawka azotu zawiera się najczęściej w przedziale od 160 do 240 kg N·ha^{-1}. Z tej ogólnej ilości około 20–30 kg N·ha^{-1} stosujemy przedsiewnie. Po dobrych przedplonach, takich jak koniczyna, lucerna, groch, jare mie-

Tab. 1. Końcowe pobranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy przy różnych poziomach plonowania

Składnik plonu	Składniki pokarmowe [kg•ha^{-1}]					
	N	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	S
Nasiona 2t	60	36	20	10	6	10
Słoma	60	24	140	90	10	20
Pobranie łączne	120	60	160	100	16	30
Nasiona 3t	90	54	30	15	9	15
Słoma	90	36	210	135	15	30
Pobranie łączne	180	90	240	150	24	45
Nasiona 4t	120	72	40	20	12	20
Słoma	120	48	280	180	20	40
Pobranie łączne	240	120	320	200	32	60



Rys. 1. Krzywa reakcji rzepaku na nawożenie azotem [wg Fotymy, za Czubą 1986]: (-----) – efektywność krańcowa, (═══) – granica opłacalności

Tab. 2. Dawki azotu pod rzepak wg IUNG w Puławach [za Jadczyszyn i in. 1996]

KRP	KAG	Plon [t·ha^{-1}]	Azot [kg N]				
			Potrzeby nawożenia				
			I	II	III	IV	V
1	**III**	3,8	215	200	185	175	150
2	**IV**	3,6	235	220	205	190	170
3	**III**	3,4	220	205	190	170	150
4, 8, 10	**III**	3,6	235	220	205	185	165
5, 9, 11	**II**	2,8	175	160	145	125	105

KRP – kompleks rolniczej przydatności;
KAG – kategoria agronomiczna gleby: I - bardzo lekkie, II - lekkie, III - średnie, IV - ciężkie;
Potrzeby nawożenia N: I - bardzo duże, II - duże, III - średnie, IV - małe, V - bardzo małe.

szanki zbóż z motylkowatymi przedsiewne nawożenie tym składnikiem jest zbędne. Pozostały azot wnosimy wiosną, najlepiej w dwu dawkach. Pierwszą z nich w ilości 2/3 stosuje się wczesną wiosną przed ruszeniem wegetacji, a drugą około 2 tygodnie później [12].

4. Nawożenie rzepaku fosforem, potasem i innymi składnikami

Nawozy fosforowe i potasowe stosuje się w całości przed siewem rzepaku. Całkowite dawki tych składników – podobnie jak w przypadku azotu – zależą od kompleksu rolniczej przydatności i kategorii agronomicznej gleby. Dawki tych składników zależą jednakże w największym stopniu od zasobności gleby w przyswajalne formy P i K (tab. 3).

Z nawozów fosforowych korzystnie jest stosować superfosfat pojedynczy z dodatkiem boru, który obok fosforu zawiera również w swoim składzie wapń i siarkę. Z nawozów potasowych zasadniczą część dawki zaleca się wnosić w formie wysokoprocentowej soli potasowej, ale około 1/3 ilości tego składnika można zastosować w postaci nawozów niskoprocentowych, zawierających w swoim składzie magnez, siarkę i mikroelementy.

Tab. 3. Dawki fosforu i potasu pod rzepak wg IUNG w Puławach [za Jadczyszyn i in 1996]

Plon [t·ha^{-1}]	Fosfor [kg P_2O_5]					Potas [kg K_2O]				
	Zasobność gleby									
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
3,8	100	80	55	35	15	135	115	80	50	35
3,6	100	80	55	35	14	135	115	85	55	35
3,4	100	80	55	35	14	140	115	80	55	35
3,6	105	85	60	40	15	110	120	85	60	35
2,8	85	65	45	30	11	105	95	70	45	40

KRP – kompleks rolniczej przydatności;
KAG – kategoria agronomiczna gleby: I - bardzo lekkie, II - lekkie, III - średnie, IV - ciężkie;
Zasobność gleby: I - bardzo niska, II - niska, III - średnia, IV - wysoka, V - bardzo wysoka.

Przy uprawie rzepaku należy pamiętać o uwzględnieniu w dawce nawozowej magnezu i siarki. Duże prawdopodobieństwo wystąpienia deficytu tych składników występuje głównie na lżejszych glebach mineralnych [5, 10]. Magnez stosuje się w całości przedsiewnie w ilości 30–50 kg MgO·ha^{-1} w formie kizerytu lub siarczanu magnezowego. Na glebach zakwaszonych składnik ten wnosi się wraz z nawozami wapniowo-magnezowymi.

Rzepak ozimy pobiera dużo siarki [7, 8]. Składnik ten można zastosować w ilości 25–40 kg S·ha^{-1} w formie siarczanu amonu, siarczanu potasu lub w postaci nawozów wieloskładnikowych, takich jak *Polimag S* lub *Amofoska NPKS*.

5. Podsumowanie

- Rzepak ozimy należy do roślin o bardzo wysokich wymaganiach pokarmowych. Do wytworzenia 3 t nasion i odpowiedniej ilości słomy musi pobrać 180 kg azotu, 90 kg fosforu (P_2O_5), 240 kg potasu (K_2O), 150 kg wapnia, 24 kg magnezu i 45 kg siarki.
- Wysokość dawek nawozowych pod rzepak zależy od kompleksu rolniczej przydatności i kategorii agronomicznej gleb oraz od ich zasobności w przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu. Na poziom nawożenia rzepaku – zwłaszcza azotem – wpływa znacząco przedplon, opady zimowe i stosowana ochrona chemiczna. Najwyższa efektywność nawożenia roślin ma zwykle miejsce przy uprawie ich na średnich kompleksach glebowych.

6. Literatura

[1] Czuba R.(red.): *Nawożenie.* PWRiL, Warszawa 1986.
[2] Diepenbrock W., Becker H. C.: *Physiological potentials for yield improvement of annual oil and protein crops.* Blackwell Wissenschafts–Verlag Berlin 1995.
[3] Grzebisz W., Gaj R.: *Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego.* W: Zbilansowane nawożenie rzepaku (aktualne problemy). Grzebisz W. (red.). Wyd. AR, Poznań 2000, 83–98.
[4] Jadczyszyn T., Kowalczyk J., Sroczyński W.: *Zalecenia nawozowe dla gospodarstw korzystających z oznaczeń odczynu i zasobności gleb stacji chemiczno-rolniczych.* IUNG, Puławy 1996.
[5] Kaczor A., Kozłowska J.: *Wpływ kwaśnych opadów na agroekosystemy.* Zesz. Nauk. AR w Szczecinie 204(81), 55–68, 2000.
[6] Kuś J.: *Biodiesel (olej rzepakowy) – możliwości produkcyjne i znaczenie dla rolnictwa.* Mat. Sem. nt. „Możliwości wykorzystania biopaliw w Polsce", 05.03.2002, Warszawa.

[7] McGrath S. P., Zhao F. J.: *Sulphur uptake, yield responses and the interaction between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (Brassica napus)*. J. of Agricultural Science 126, 53–62, 1996.
[8] McGrath S. P., Zhao F. J., Withers P. J. A.: *Development of sulphur deficiency in crops and its treatment.* The Fertiliser Society, London 1996, 3–47.
[9] Nwafor O. M. I., Rice G.: *Performance of rapeseed methyl ester in diesel engine.* Renewable Energy 6(3), 335-342, 1995.
[10] Orlovius K.: *Wyniki badań nad wpływem nawożenia potasem, magnezem i siarką na rośliny oleiste w Niemczech.* W: Zbilansowane nawożenie rzepaku (aktualne problemy). Grzebisz W. (red.). Wyd. AR, Poznań 2000, 229–241.
[11] Roczniki Statystyczne 1990–2001, GUS, Warszawa.
[12] Wałkowski T. (red.): *Rzepak ozimy.* Poznań 1997.
[13] Wielebski F., Wójtowicz M.: *Reakcja odmian rzepaku ozimego na wzrastające dawki azotu na glebach żytnich w Zielęcinie.* Rośliny Oleiste 19(2), 507–514, 1998.
[14] Wojnowska T., Panak H., Sienkiewicz S.: *Reakcja rzepaku ozimego na wzrastający poziom nawożenia azotem w warunkach czarnych gleb kętrzyńskich.* Rośliny Oleiste 16(1), 173–181, 1995.

Prof. dr hab. Adam Kaczor

Dr Marzena Sylwia Brodowska

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Akademicka 15
20–950 Lublin

Prof. dr hab. Izabella Jackowska

Katedra Chemii
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Akademicka 15
20–950 Lublin

Mgr Ryszard Brodowski

Zakład Agrofizycznych Podstaw Kształtowania Środowiska Glebowego
Instytut Agrofizyki PAN
ul. Doświadczalna 4
20–290 Lublin
e–mail: adamk@agros.ar.lublin.pl

Adam KACZOR
Izabella JACKOWSKA
Marzena S. BRODOWSKA

MOŻLIWOŚCI NAWOŻENIA RZEPAKU OZIMEGO Z PRZEZNACZENIEM NASION DO PRODUKCJI BIOPALIW. CZ. II. SPOSOBY OBNIŻENIA KOSZTÓW NAWOŻENIA RZEPAKU OZIMEGO

THE POSSIBILITIES OF FERTILIZATION OF WINTER OILSEED RAPE A VIEW TO USING ITS SEED IN PRODUCTION OF BIO–FUELS. PART II. WAYS OF DECREASING THE COSTS OF FERTILIZATION OF WINTER OILSEED RAPE

W pracy wskazano możliwości obniżenia kosztów nawożenia rzepaku ozimego. Według autorów koszty te będą niższe w wyniku zoptymalizowania odczynu gleby i stosowania pełnego zbilansowanego nawożenia oraz ochrony chemicznej roślin. Zapewni to uzyskanie bardzo wysokich plonów. Koszty nawożenia można również obniżyć bezpośrednio, wnosząc część składników pokarmowych w formie dolomitowanych osadów pościekowych.

Słowa kluczowe: *biopaliwa, koszty nawożenia rzepaku, optymalizacja odczynu gleby, maksymalizacja plonu, osady dolomitowane*

In the study possibilities of decreasing the costs of fertilization of winter oilseed rape were named. According to the authors optimization of soil reaction, application of fully balanced fertilization and chemical protection of plants, which ensure the achievement of high crops well result in a decrease in costs. Costs of fertilization may also be decreased directly, by providing some nutrients in form of dolomite sewage deposits.

Keywords: *bio–fuels, cost of fertilization of oilseed rape, optimization of soil reaction, maximalization of crops*

1. Wprowadzenie

Zachwianie dostaw ropy naftowej w latach 70. dwudziestego stulecia oraz występująca w wielu krajach nadprodukcja żywności stały się siłą napędową do przerobu części surowców roślinnych na paliwa płynne. Obecnie przy podejmowaniu decyzji o produkcji biopaliw duży wpływ wywierają wynikające z ich stosowania korzyści środowiskowe [8, 9].

Uwzględniając warunki glebowo klimatyczne Polski największe znaczenie może mieć wykorzystanie oleju pozyskiwanego z nasion rzepaku do produkcji paliwa służącego do napędu silników wysokoprężnych. Paliwa takie są obecnie już produkowane w 21 państwach. Ich produkcja w krajach europejskich wzrosła w ostatniej dekadzie aż 13-krotnie. Biopaliwa otrzymywane z rzepaku charakteryzuje całkowita biodegradacja po 21 dniach oraz około 100-krotnie niższa zawartość siarki niż w oleju napędowym uzyskanym z ropy naftowej. Odznaczają się one także doskonałymi właściwościami fizykochemicznymi [8]. Zasadniczym mankamentem biopaliwa rzepakowego jest to, że jego produkcja jest droższa od paliw otrzymywanych z ropy naftowej [6]. Znaczący wpływ na ostateczną cenę biopaliwa wywierają stosunkowo wysokie koszty nawożenia rzepaku [11]. Stąd też w niniejszej pracy wskazano możliwości obniżenia kosztów uprawy i nawożenia rzepaku ozimego.

2. Optymalizacja odczynu

Podstawą stosowania racjonalnych dawek nawozów mineralnych pod rzepak ozimy oraz gwarancją odpowiedniej efektywności ich działania jest uregulowany odczyn gleby. Jako, że rzepak należy do roślin silnie reagujących na wapnowanie, pola przeznaczane pod uprawę tej rośliny powinny być regularnie poddawane temu zabiegowi. Okresowe wapnowanie pól poprawia właściwości fizyczne, chemiczne, biologiczne i fitosanitarne gleby. Rzepak udaje się najlepiej na glebach o odczynie zbliżonym do obojętnego (pH 6–7) [2, 11]. Nawozy wapniowe najlepiej jest wnieść pod przedplon, gdyż ich działanie odkwaszające jest największe w drugim roku po zastosowaniu.

Na glebach kwaśnych o niskiej zasobności w przyswajalny magnez najkorzystniej jest stosować nawo-zy wapniowo-magnezowe. Na gleby ciężkie bardziej nadaje się wapno magnezowe tlenkowe (CaO+MgO), a na lżejsze wapno węglanowe magnezowe ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$). Z tego względu, że rzepak jest rośliną o bardzo wysokim zapotrzebowaniu na siarkę korzystnie jest stosować odpadowe wapno poflotacyjne zawierające około 40% CaO w formie węglanowej i do 1,5% siarki [1, 11]. Nie bez znaczenia jest fakt, że wapno to na ogół jest udostępniane rolnikom bezpłatnie.

Efektywność wapnowania zależy w dużym stopniu od pH wyjściowego gleby. Na glebach o odczynie bardzo kwaśnym, rzepak na ten zabieg reaguje kilkudziesięcioprocentową zwyżką plonu nasion. W przypadku odczynu lekko kwaśnego zwyżka ta nadal jest znacząca i wynosi od 10 do 20% [2].

3. Maksymalizacja plonu

W optymalnych warunkach glebowo-klimatycznych można uzyskać plony nasion rzepaku ozimego na poziomie około 9 $t \cdot ha^{-1}$. Warunki glebowo-klimatyczne panujące w naszym kraju pozwalają na otrzymanie plonu w granicach 1,9 do 4,0 $t \cdot ha^{-1}$, jednakże rolnicy uzyskują tylko 1,6–2,5 $t \cdot ha^{-1}$ [3]. W efekcie od dłuższego czasu średni plon nasion rzepaku w Polsce kształtuje się na poziomie 2 $t \cdot ha^{-1}$, co jest granicą opłacalności uprawy tej rośliny (tab. 1). Osiągany w warunkach produkcyjnych plon stanowi około 50% plonu możliwego do osiągnięcia w warunkach naszego kraju i tylko niecałe 25% w stosunku do plonu biologicznie potencjalnego.

Przyczyna uzyskiwania tak niskich plonów rzepaku tkwi w popełnianych błędach agrotechnicznych. Zakłócenie wzrostu roślin występuje już na ogół we wczesnych fazach rozwojowych rzepaku, kiedy to trzeba mu zapewnić wszystkie składniki (N, K, P, Mg, S, mikroelementy) i kompleksową ochronę chemiczną [11]. Maksymalizacja plonu wymaga lokalnych strategii nawożenia, najczęściej odmiennych w poszczególnych gospodarstwach, a nawet polach. W dłuższej perspektywie czasowej bardzo ważnym elementem jest zapewnienie odpowiedniego zmianowania.

W Polsce rolnicy dobrze uświadamiają sobie działanie plonotwórcze azotu, lecz jednocześnie zapominają o tym, że przetworzenie tego składnika w białko zależy od optymalnego odżywienia rzepaku pozostałymi składnikami. Można więc wnioskować, że poprawienie stanu zasobności gleb w potas podniesie plon nasion tej rośliny do 3,0 $t \cdot ha^{-1}$, a dopiero w następnym etapie odżywienie jej magnezem i siarką pozwoli uzyskać 3,5–4,0 $t \cdot ha^{-1}$. Od kilkunastu lat szczególnej uwagi wymaga nawożenie siarką [5]. Wynika to z tego, że przy uprawie tak wymagających roślin, w stosunku do tego składnika, jak rzepak jej bilans w glebach jest zwykle ujemny (tab. 2).

Plony na poziomie 4,5–5,0 $t \cdot ha^{-1}$, stanowiące około 50% maksymalnego plonu biologicznego można osiągnąć dopiero przy stosowaniu pełnego, zbilansowanego odżywienia roślin. Jest oczywiste, że pełne, zbilansowane nawożenie połączone z kompleksową ochroną roślin wymaga wyższych nakładów. Nakłady

Tab. 1. Niektóre dane dotyczące bilansu rzepaku w latach gospodarczych w tys. t - [za Rocznikiem Statystycznym 1991-2001]

Wyszczególnienie	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Areał uprawy [tys. ha]	500	468	417	348	370	606	283	317	466	545	430
Plony [$t \cdot ha^{-1}$]	2,41	2,23	1,82	1,71	2,04	2,27	1,59	1,87	2,36	2,08	2,00
Zbiory	1206	1043	758	594	756	1377	449	595	1099	1132	850
Import	0	3	23	17	5	1	374	126	14	30	30
Zasoby ogółem	1411	1188	842	664	824	1437	905	811	1141	1250	918
Zużycie krajowe	600	571	579	568	756	944	815	783	959	885	905
Eksport	669	556	210	33	9	411	0	0	94	327	0
Zużycie ogółem	1269	1127	789	601	765	1355	815	783	1053	1276	905
Cena [PLN · t^{-1}]	127,3	145,2	240,0	358,6	621,9	563,8	859,5	868,5	895,1	670,0	790,0

Tab. 2. Uproszczony bilans siarki w glebach Polski (lata 90). [za Kaczorem i Kozłowską 2000]

CZYNNIKI BILANSOWE	[kg S·ha^{-1}·rok^{-1}]
Atmosfera	23
Nawozy mineralne	10
Nawozy organiczne	6
Resztki pożniwne	3–7
Wynos z plonem	10–30 (-)
Wymycie	25–50 (-)
Ogółem	7(+) – 34(-)

te jednakże będą stanowiły tylko niewielką część kwoty, którą rolnik uzyska za sprzedaż nasion wynikających ze wzrostu plonów. W efekcie koszty jednostkowe produkcji nasion rzepaku będą istotnie niższe.

4. Dolomitowane osady pościekowe źródłem składników pokarmowych

Osady pościekowe powstają przy oczyszczalniach ścieków. Są one źródłem wielu składników pokarmowych i substancji organicznej [1, 7]. Odwodnione mają konsystencję obornika i mogą być stosowane w podobnych ilościach. Największym ich mankamentem jest to, że są one pokaźnym źródłem metali ciężkich [7]. Biodostępność tych metali można znacząco obniżyć poprzez ich dolomitowanie. Proces ten polega na wymieszaniu osadu z wapnem dolomitowym w odpowiedniej proporcji (20% dolomit, 80% osad). Po 6-miesięcznej stabilizacji osad nie zawiera już form rozwojowych pasożytów, a ilości w nim ruchomych form niektórych metali ciężkich są nawet 2–3-krotnie niższe [4]. Jak wynika z tabeli 3 z dawką 30 t osadu wnosi się około 387 kg azotu, 63 kg fosforu, 27 kg potasu, 390 kg wapnia i 54 kg magnezu. Należy w tym miejscu podkreślić, że rzepak wykorzystuje stosunkowo dobrze składniki pokarmowe z nawozów organicznych. Znacznie węższy stosunek C:N w osadach niż w oborniku wiąże się z faktem, że składniki z tych osadów szybciej ulegają mineralizacji i tym samym w stosunkowo krótkim czasie stają się dostępne dla roślin. Można założyć, że zastosowanie osadów w ilości 30 t·ha^{-1} pozwoli, na co najmniej 50-procentowe obniżenie ilości azotu, fosforu i magnezu wprowadzanych w nawozach mineralnych.

Nie bez znaczenia jest fakt, że oczyszczalnie ścieków chcąc pozbyć się osadów w miejscu ich wytwarzania oddają je osobom zainteresowanym bezpłatnie. Nierzadko w dużej części partycypują one w kosztach transportu.

Tab. 3. Skład chemiczny osadów ściekowych z 29 oczyszczalni ścieków komunalnych w kraju na tle składu obornika [za Maćkowiakiem 1996]

Składnik	% świeżej masy (zawartości średnie)		Ilość składników w kg wprowadzona z 30 t	
	Osady ściekowe	Obornik	Osadu	Obornika
Azot (N)	1,29	0,50	387	150
Fosfor (P_2O_5)	0,21	0,30	63	90
Potas (K_2O)	0,09	0,70	27	210
Wapń (CaO)	1,30	0,50	390	150
Magnez (MgO)	0,18	0,20	54	60
Sód (Na_2O)	0,04	–	12	–
Subst. organ.	16,8	21	5040	6300

5. Podsumowanie

- Warunkiem obniżenia kosztów jednostkowych produkcji nasion rzepaku jest uzyskiwanie znacznie wyższych plonów tej rośliny. Wysokie plony nasion można otrzymywać przy stosowaniu pełnego zbilansowanego nawożenia, przy jednoczesnym zabezpieczeniu kompleksowej, chemicznej ochrony roślin.
- Optymalizacja odczynu gleby przy pomocy odpadowego wapna zawierającego siarkę oraz stosowanie w nawożeniu dolomitowanych osadów pościekowych pozwoli na wydatne – 30–40%-owe obniżenie kosztów nawożenia rzepaku.

6. Literatura

[1] Filipek T. (red.): *Podstawy i skutki chemizacji agroekosystemów.* Wyd. AR, Lublin 1999.
[2] Fotyma M., Zięba S.: *Wapnowanie –czym, jak, dlaczego?* PWRiL, Warszawa 1989.
[3] Grzebisz W., Gaj R.: *Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego.* W: Zbilansowane nawożenie rzepaku (aktualne problemy). Grzebisz W. (red.). Wyd. AR, Poznań 2000, 83–98.
[4] Jackowska I, Piotrowski J.: *Zastosowanie dolomitu do stabilizacji chemicznej osadów pościekowych.* Acta Agrophysica 70, 173–179, 2002.
[5] Kaczor A., Kozłowska J.: *Wpływ kwaśnych opadów na agroekosystemy.* Zesz. Nauk. AR w Szczecinie 204(81), 55–68, 2000.
[6] Kuś J.: *Biodiesel (olej rzepakowy) – możliwości produkcyjne i znaczenie dla rolnictwa.* Mat. Sem. nt. „Możliwości wykorzystania biopaliw w Polsce", 05.03.2002, Warszawa.
[7] Maćkowiak Cz.: *Nawozowa użyteczność osadów ściekowych w świetle badań IUNG.* Mat. Konf. nt. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych". Puławy–Lublin–Jeziórko 1996.
[8] Merkisz J., Kozak M.: *Wpływ składu mieszanek biopaliw z paliwami konwencjonalnymi na emisję toksycznych składników spalin.* Mat. Konf. nt. „Wykorzystanie biopaliw w Polsce" Eco–Oil – Forum 2002, Zwierzyniec, 28–29.11.2002.
[9] Nwafor O. M. I., Rice G.: *Performance of rapeseed methyl ester in diesel engine.* Renewable Energy 6(3), 335–342, 1995.
[10] Roczniki Statystyczne 1990–2001, GUS, Warszawa.
[11] Wielebski F.: *Aktualne problemy nawożenia rzepaku w Polsce.* W: Zbilansowane nawożenie rzepaku (aktualne problemy). Grzebisz W. (red.). Wyd. AR, Poznań 2000, 261–276.

Prof. dr hab. Adam Kaczor

Dr Marzena Sylwia Brodowska

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Akademicka 15
20–950 Lublin

Prof. dr hab. Izabella Jackowska

Katedra Chemii
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Akademicka 15
20–950 Lublin
e–mail: adamk@agros.ar.lublin.pl

Jerzy Tys

JAK ZWIĘKSZYĆ OPŁACALNOŚĆ PRODUKCJI RZEPAKU

HOW TO MAKE RAPE PRODUCTION MORE PROFITABLE

Rozszerzenie zakresu stosowania biopaliw, a szczególnie biodizla jest możliwe jedynie przy znaczącym wzroście produkcji rzepaku. Analizując jednak areał uprawy rzepaku w ostatnich kilkunastu latach można przypuszczać, że zamierzenie takie będzie bardzo trudne. Wynika to przede wszystkim z bardzo małej opłacalności produkcji nasion rzepaku jako surowca niezbędnego do wytwarzania biodizla. Taka sytuacja sprawia, że wzrost produkcji rzepaku, który zrównoważy zapotrzebowanie na surowiec niezbędny dla celów paliwowych, jak i spożywczych może być możliwy jedynie poprzez maksymalne ograniczenie kosztów jego produkcji. Wzrostu szans ekonomicznych na zwiększenie produkcji rzepaku należy się doszukiwać w maksymalnym obniżeniu kosztów jego produkcji obejmujących swym zasięgiem wszystkie elementy w całym ciągu produkcyjnym od zasiewu do przerobu, które decydują o wielkości plonu.

Słowa kluczowe: *uprawa, zbiór, suszenie, przechowywanie, opłacalność.*

Increased use of biofuel, biodiesel in particular, is possible only if accompanied by significant production of rape. The analysis of the rape production area within the last few years has revealed that the attempts to make any changes in that field are likely to be difficult. This fact is caused by low profitability of rape seed production necessary to produce biodiesel. Having said that , it can be assumed that increased production of rape both as fuel and food will only make economic sense if the production costs are minimized. This will make economic sense if the total production costs are reduced to the minimum

Keywords: *crop, harvest, drying, storage, profitability.*

1. Wprowadzenie

Rozszerzenie zakresu stosowania biopaliw, a szczególnie biodizla jest możliwe jedynie przy skokowym, znaczącym wzroście produkcji rzepaku. Analizując jednak areał uprawy rzepaku w ostatnich kilkunastu latach, który wynosi ok. 400 – 500 tyś. ha i z trudem zapewnia zapotrzebowanie przemysłu spożywczego, można przypuszczać, że zamierzenie takie będzie bardzo trudne. Wynika to przede wszystkim z bardzo małej opłacalności produkcji nasion rzepaku jako surowca niezbędnego do wytwarzania biodizla. Cechą ujemna biopaliwa z rzepaku jest bowiem relatywnie wysoki koszt wytwarzania, wyższy o ok. 150 % od ceny paliw mineralnych. Jest to spowodowane głównie ceną surowca stanowiącą ok. 60 % kosztów biopaliwa. Ma na to wpływ utrzymujący się od lat niekorzystny stosunek cen rzepaku do cen zboża wynoszący 1,5 – 1,7 [15]. Dopiero w 2002 roku stosunek ten stał się bardziej korzystny dla producentów rzepaku i wyniósł ok. 2. Wzrostu zainteresowania rzepakiem trudno oczekiwać mając na uwadze również brak stabilności (wierności) plonowania tej kapryśnej rośliny. Analizując plony nasion w ostatnich 30 latach można bez trudu w każdym dziesięcioleciu odszukać 2 - 4 lata, gdy plony spadają znacznie poniżej granicy opłacalności, osiągając poziom nawet 1,3 t/ha.

Pomimo tych utrudnień rzepak posiada również szereg walorów. Atrakcyjność rzepaku polega bowiem nie tylko na wysokiej wartości użytkowej nasion będących surowcem nie tylko w przemyśle paliwowym lecz również tłuszczowym, a także paszowym, jako cenny komponent białkowy. Rzepak spełnia również istotną rolę w płodozmianie jako roślina strukturotwórcza, stanowiąc wartościowy przedplon w produkcji roślin zbożowych. Uprawa rzepaku stwarza dogodne rozłożenie prac w gospodarstwie oraz pozwala na stosowanie tych samych maszyn i urządzeń, co przy uprawie zbóż. Mając na uwadze powyższe realia należy sądzić, że wzrost produkcji rzepaku, który zrównoważy zapotrzebowanie na surowiec niezbędny dla celów paliwowych, jak i spożywczych może być możliwy jedynie poprzez maksymalne ograniczenie kosztów jego pro-

dukcji (uzyskanie maksymalnych plonów przy minimalnych nakładach). Działania te powinny obejmować wszystkie elementy produkcji od zasiewu do przerobu.

2. Zabiegi agrotechniczne

2.1. Uprawa roli

Rzepak jest rośliną wymagającą starannej uprawy roli, stąd wszelkie uproszczenia agrotechniczne polegające ma gryzowaniu ścierniska czy siewie bezpośrednim wpływają negatywnie na plon, powodując jego obniżenie do 22 % w stosunku do uprawy klasycznej (uprawy płużnej) [10]. Postępowanie takie nie znajduje więc uzasadnienia ani produkcyjnego ani ekonomicznego. Oszczędności energetyczne można natomiast uzyskać z głębokości wykonanej orki (brak różnic pomiędzy efektem orki płytkiej 10 - 12 cm, średniej 20 – 22 cm oraz głębokiej 30 – 32 cm), ponieważ stwierdzono małe skutki produkcyjne takich uproszczeń. Uzyskane przez cytowanych autorów badania wskazują również na celowość stosowania podorywki jako zabiegu, który wpływa dodatnio na walkę z chwastami i pozwala ograniczyć ilość zabiegów popłużnych. Przy ograniczeniach w zakresie uprawy roli należy również uwzględnić fakt, że główne nakłady ponoszone są na herbicydy oraz maszyny siewne o bardzo złożonej konstrukcji. Stąd inna struktura nakładów na agrotechnikę, co nie oznacza ich minimalizacji [1].

2.2. Nawożenie

Koszty nawożenia mają największy udział (ok. 40%) w intensywnej technologii produkcji nasion rzepaku [10]. Stąd dostosowanie nawożenia potasowo-fosforowego do zasobności gleb w te składniki wydaje się najbardziej celowe. Zdaniem tych autorów dawka 40 – 60 kg P_2O_5/ha i 80 – 120 kg K_2O/ha (biorąc realia z 1991 roku) stanowiła granicę opłacalności. Większe znaczenie ma natomiast nawożenie azotowe, które powinno wynosić jesienią maksymalnie do 40 kg/ha i wiosną 100 – 110 kg/ha. Takie dawki gwarantowały przyrost plonu do 60 %. Natomiast w miarę podnoszenia dawek azotu efektywność plonotwórcza malała tak, że przy dawce 180 –200 kg N/ha przyrost plonu wynosił już tylko 5 % i nie pokrywał poniesionych kosztów. Ilość stosowanego azotu powinna uwzględniać również przedplon, gdyż na stanowiskach najsłabszych dawki najwyższe znajdują jeszcze uzasadnienie. Zdaniem Budzyńskiego [1], w latach o przeciętnych warunkach meteorologicznych wielkość wiosennej dawki azotu, przy plonach na poziomie 3 t/ha, powinna wynosić ok. 100 – 120 kg po przedplonach dobrych i 150 – 160 kg po przedplonach zbożowych. Dla plonów rzędu 4 t/ha ilości te trzeba zwiększyć o ok. 50 kg N. Dawki azotu wynoszące 100 – 130 kg/ha powinny być stosowane jednorazowo po ruszeniu wegetacji. Jest to sposób najtańszy i najmniej energochłonny, szczególnie zalecany w lata suche. Rzepak jest również rośliną dobrze wykorzystującą składniki pokarmowe stosowane dolistnie. Wg Czuby i Góreckiego [3] dokarmianie rzepaku wieloskładnikowymi nawozami dolistnymi zwiększa plon nasion o ok. 10 - 20%. Ekonomiczne uzasadnienie tego zabiegu ma miejsce szczególnie w warunkach wysokiej kultury rolnej i na plantacjach wolnych od chwastów [30]. Celowość takiej formy dokarmiania rzepaku wynika również z powodu dość istotnego wzrostu wytrzymałości łuszczyn na pękanie, co zapobiega znacznym stratom podczas końcowej fazy dojrzewania i zbioru [23]. Podstawowym jednak wymogiem racjonalnego gospodarowania nawozami jest przeprowadzenie bilansu pokarmowego uwzględniającego zarówno zapotrzebowanie roślin, zasobność gleby, jak również koszty nawozów i oczekiwany plon.

2.3. Siew

Rzepak wykazuje dużą wrażliwość na termin siewu, dlatego dbałość o właściwy termin ściśle dostosowany do rejonu jest bardzo ważny. Opóźnienie siewu o 10 – 14 dni w stosunku od terminu optymalnego może bowiem skutkować obniżeniem plonu do 10 % [10]. Inni [30] podkreślają, że każdy dzień opóźnienia siewu powoduje obniżkę plonu średnio o 15–50 kg/ha. Niebagatelne znaczenie posiada również właściwe przygotowanie materiału siewnego. W ostatnich latach podnoszone jest coraz częściej zagadnienie uszlachetniania materiału siewnego przy pomocy biostymulacji nasion. Przedsiewne naświetlanie nasion światłem generatora, powoduje lepszy wzrost i rozwój roślin, wzrost plonu i poprawę jakości nasion [5].

2.4. Ochrona przed chwastami

Wśród głównych gatunków roślin rolniczych, rzepak wykazuje największą ujemną reakcję na zachwaszczenie. Wielkość strat w plonach, będących wynikiem zaniechania walki z chwastami, może wahać się w szerokich granicach. Zdaniem wielu autorów [1, 4, 10] mogą one dochodzić nawet do 40 %w stosunku do plantacji z pełną ochrona chemiczną. Zdaniem Budzyńskiego i współ. [1] szczególnie groźne jest zachwaszczenie jednym gatunkiem chwastu, który konkurując skutecznie z rośliną uprawną powoduje znaczny spadek plonu. Natomiast przy występowaniu wielu gatunków zachodzi zjawisko konkurencji nie tylko między rośliną uprawną a chwastami, lecz również miedzy poszczególnymi gatunkami chwastów.

Zachwaszczenie plantacji ujemnie wpływa również na proces zbioru roślin. Szczególnie groźna jest przytulia i rumiany. Powodują one gorszą pracę rozdzielacza dziobowego w kombajnie i często konieczne jest

użycie rozdzielacza aktywnego, który skutecznie i bez strat oddziela skoszony pokos od reszty łanu. Rumiany natomiast zasklepiają otwory sit czyszczących oraz powodują wtórne nawilżenie masy nasion (wilgotność chwastów jest wielokrotnie większa niż wilgotność zbieranych nasion), co wpływa na wzrost kosztów związanych z dosuszaniem [22].

2.5. Ochrona przed chorobami i szkodnikami

Intensywność występowania chorób i szkodników jest uzależniona w znacznym stopniu od przebiegu pogody. Lata ciepłe i wilgotne sprzyjają rozwojowi chorób grzybowych, z których najgroźniejsza jest czerń rzepakowa (Alternaria brassicae). Porażone nią łuszczyny pękają i osypują nasiona, a przy nasilonym występowaniu patogena straty w plonie rzepaku mogą sięgać 70-80 % [16]. Zagrożone są szczególnie plantacje ze skłonnością do wylegania, powstaje bowiem wtedy specyficzny mikroklimat, korzystny dla rozwoju szkodliwych grzybów [13, 21]. Olsson [11, 12] podaje, że brak ochrony plantacji środkami chemicznymi może przyczynić się do znacznego porażenia plantacji przez grzyby patogeniczne, w głównej mierze przez Verticillium (66 %) oraz Sclerotinia (20 %), co może wpłynąć na 19 % zniżkę plonu.

Znaczne straty powodują także szkodniki występujące w dużym nasileniu. Mogą one porażać bezpośrednio łuszczyny, które wcześniej żółkną, zasychają i przedwcześnie osypują nasiona. Szczególnie szkodliwe są chowacze [11, 14], których larwy mogą niszczyć nie tylko łuszczyny, lecz także łodygi powodując przedwczesne dojrzewanie porażonych roślin. Uzyskane z nich nasiona są małe, brązowe i osypują się przed osiągnięciem przez łan właściwej fazy dojrzałości. Powstałe w ten sposób straty w plonie mogą sięgać do kilku procent. Potwierdzają to badania Kelm [6]. Efektem uszkodzeń powodowanych przez wiosenne szkodniki może być obniżka plonu nasion rzepaku, wahająca się od 15 do 60 % [1]. Tak znaczne zagrożenie opłacalności plonowania wymaga stałej kontroli plantacji. Gdy zagrożenie chorobą jest na tyle duże, że przekroczony został próg szkodliwości, to wówczas niezwłocznie należy wykonać konieczne zabiegi. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że łuszczyny roślin chorych są od 15 % do 35 % bardziej podatne na pękanie w porównaniu do roślin zdrowych [26]. Również sztywność łodyg uległa znacznemu spadkowi o ponad 40 %, szczególnie w dolnej strefie.

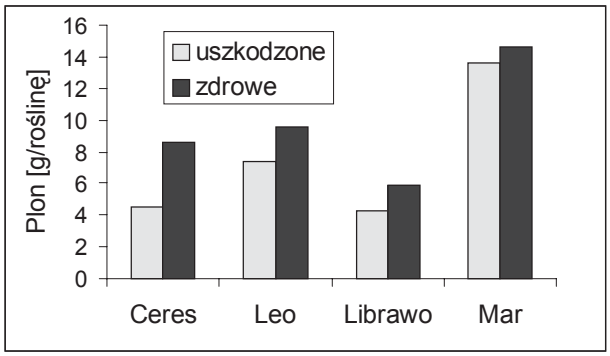
Na rysunku 1 przedstawiono rośliny zdrowe oraz porażone przez chowacze. Rośliny porażone znacznie wcześniej osiągały pełną dojrzałość (średnio o ok. 3-4 dni) posiadały mniejszą ilość wykształconych łuszczyn, a także znacznie obniżone wartości parametrów odpowiedzialnych za plonowanie np. masa 1000 nasion (tab.1, rys. 2). Szczególnie wyraźne różnice stwierdzono w odmianie Ceres. MTN obliczona dla roślin zdrowych różniła się w porównaniu do roślin chorych o 1,27g. Przyjmując, że na jednej plantacji wszystkie rośliny są porażone, a na drugiej tylko zdrowe to różnica w plonie wyniesie 1,27 t/ha. Są to więc bardzo znaczące wielkości, które mogą zadecydować o opłacalności produkcji. Przy 20 % porażeniu roślin, uzyskany plon zmalał o około 0,25 t. Nie wzięto przy tym pod uwagę zdecydowanie łatwiejszego osypywania się nasion roślin chorych w czasie dojrzewania oraz podczas zbioru (agresywna praca zespołu żniwnego - listwa tnąca, nagarniacz i rozdzielacz). W efekcie plon pochodzący z roślin chorych może ulec zmniejszeniu o ponad 35%. Zostało to potwierdzone w pracach wykonanych przez Kelm [6]. Efekty intensywnej walki ze szkodnikami są tym istotniejsze, że koszty ich stosowania stanowią zaledwie 5,2 % całości kosztów bezpośrednich poniesionych na produkcję rzepaku [10].

Rys. 1. Rośliny zdrowe oraz porażone przez chowacze łodygowe

Fig. 1. Healthy plants vs. plants attacked with Cabbage seed weevil

Tab.1. Dorodność nasion pochodzących z roślin zdrowych oraz z roślin porażonych przez chowacze łodygowe
Tab. 1. Healthy seeds from healthy plants and plants infected by Cabbage seed weevil.

Odmiana	Masa 1000 nasion [g]	
	Rośliny porażone	Rośliny zdrowe
Ceres	3,57	4,70
Leo	3,92	3,96
Libravo	3,97	4,33
Mar	3,37	4,08
Bolko	-	4,10
$\overline{X}$	3,71	4,27



Rys. 2. Plon nasion z roślin porażonych chowaczami łodygowymi oraz z roślin zdrowych
Fig. 2. Harvest from infected by Cabbage seed weevil and healthy plants

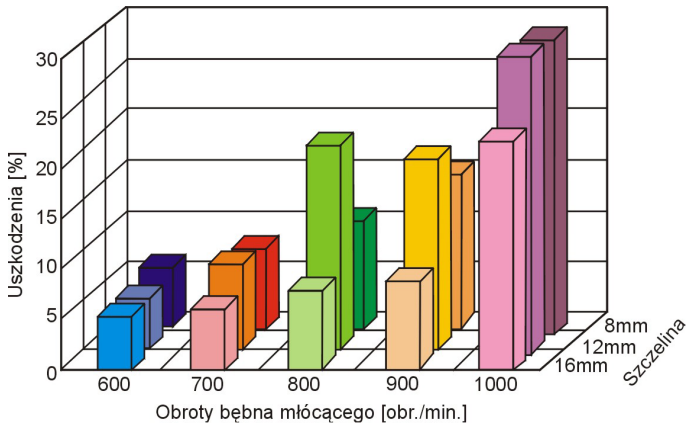
3. Zbiór nasion

Rzepak jest rośliną, która stwarza szereg trudności podczas mechanicznego zbioru. Wynika to z szybkiej zmiany dojrzałości łanu pod koniec procesu dojrzewania. Rośliny rzepaku w ciągu zaledwie kilku godzin, przy słonecznej pogodzie, są w stanie zmienić diametralnie właściwości mechaniczne swoich owoców. Przyczyną jest szybka utrata wody spowodowana dojrzewaniem łuszczyn, co wpływa na wzrost skłonności do pękania i osypywania nasion pod koniec dojrzewania i w czasie zbioru, która może doprowadzić do zmniejszenia biologicznego plonu nawet o 0,25 do 0,5 t, który został z takim trudem wyprodukowany [22]. Tak znaczne straty nasion stawiają pod znakiem zapytania opłacalność produkcji tej rośliny (ich wielkości zostały stwierdzone na kilkuset plantacjach w czasie kilkuletnich badań). Znaczenie tego problemu wynika również z faktu, że znaczący procent tych ubytków w czasie końcowej fazy dojrzewania i zbioru ma podłoże braku wiedzy i lekceważenia biologicznych uwarunkowań wynikających z fizjologii dojrzewania roślin rzepaku. Rzepak należy do nielicznych roślin, uprawianych na taką skalę, gdzie zjawisko pękania owoców (łuszczyn) i osypywanie nasion może przebiegać w nasileniu, które może zagrozić opłacalności produkcji tej rośliny. Zagadnienie to jest tym istotniejsze, że większość producentów nie zauważa tego problemu.

Całkowite wyeliminowanie tego fizjologicznego zjawiska jest technicznie niemożliwe, jednak ograniczenie strat nasion do poziomu 70 –100 kg/ha może mieć miejsce pod warunkiem, że nastąpi idealne dostosowanie parametrów pracy poszczególnych podzespołów kombajnu do stanu fizycznego łanu (dojrzałości, wyrównania, wilgotności, gęstości, zachwaszczenia, a nawet konkretnych odmian) oraz przyjętej technologii zbioru.

Podane przykłady wskazują na niektóre z istotnych czynników, które współdecydują o ilości osypanych nasion. Straty te mogą być jednak zwielokrotnione przez niewłaściwe przystosowanie kombajnu. Podczas zbioru rzepaku optymalna prędkość bębna młócącego powinna zamykać się w przedziale 550 – 650 obr/min (rys. 3). Najniższe obroty zalecane są przy młóceniu rzepaku z pokosów (ponieważ nasiona mają niską wilgotność). W tym przypadku również wielkość szczeliny roboczej powinna być maksymalna. Przy innych ustawieniach parametrów pracy tych podzespołów należy liczyć się z uszkodzeniami, które znacznie przekroczą obowiązujące normy, a tym samym pogorszą jakość nasion.

O wielkości strat nasion decyduje również przyjęty sposób zbioru. Rzepak można zbierać metodą jednoetapową lub dwuetapową.



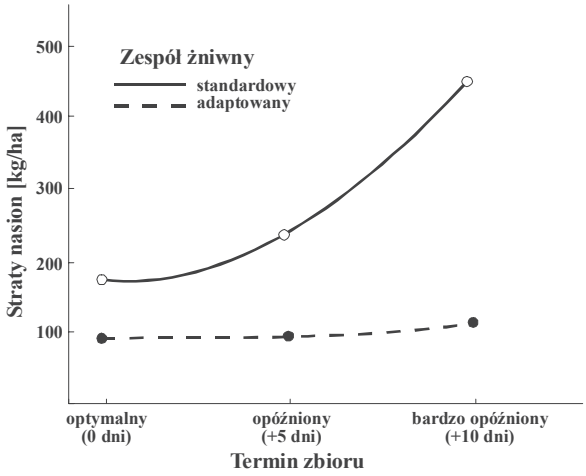
Rys. 3. Wpływ obrotów bębna młócącego i wielkości szczeliny omłotowej na ilość nasion uszkodzonych [22]

Fig .3 The influence of thresher rotation and threshing slot on the amount of damaged seed [22]

Zbiór jednoetapowy powinien rozpoczynać się po uzyskaniu przez rośliny dojrzałości pełnej. Koszenie łanu w terminie wcześniejszym powoduje większą ilość niedomłotów, a tym samym wzrost strat nasion (rys. 4). Ponadto nasiona uzyskane z niedojrzałych roślin będą pośladem podatnym na samozagrzewanie i pleśnienie oraz będą charakteryzować się niskimi walorami technologicznymi (wysoka zawartość chlorofilu, zła dorodność nasion). Stąd niezmiernie ważne jest równomierne dojrzewanie wszystkich roślin i właściwy dobór terminu zbioru.

Coraz częściej, stosuje się więc środki służące regulacji dojrzewania roślin i nasion mające na celu przyśpieszenie i wyrównanie dojrzewania łanu, szczególnie w czasie mokrego lata. Konieczność stosowania regulatorów dojrzewania jest związana z opryskiwaniem plantacji, a więc wymaga nakładu pracy oraz dodatkowych kosztów (zniszczenia wywołane przejazdem ciągnika oraz koszty preparatu i oprysku). W ten sposób traci się poważny atut, jaki daje jednoetapowa technologia zbioru. Na plantacjach takich, a więc wymagających stosowania tego typu zabiegów, właściwsze jest stosowanie dwuetapowej technologii zbioru. (W lata suche, zastosowanie na plantacji środka Reglone wpływa ujemnie na cechy mechaniczne łuszczyn, stąd łatwiejsze ich pękanie i osypywanie nasion. Stosowany natomiast w lata wilgotne istotnie podnosi odporność łuszczyn na pękanie).

Jako moment odpowiedni za początek zbioru należy przyjąć fazę dojrzałości, gdy nasiona osiągną wilgotność poniżej 17 %. Należy zaznaczyć, że nasiona koszone kombajnem bardzo szybko ulegają wtórnemu nawilgoceniu. Następuje to pod wpływem zanieczyszczeń np. resztek słomy, której wilgotność w czasie zbioru wynosi ok. 70% oraz nasion chwastów, również o znacznej wilgotności. Jeżeli więc zmierzymy wilgotność nasion zebranych z po-



Rys. 4. Straty nasion powodowane przez kombajn Bizon w zależności od jego adaptacji oraz terminu zbioru [22]

Fig. 4. Seed losses caused by BISON harvester according to it equipment and harvest date [22]

jedynczych roślin, to musimy uwzględnić fakt, że tuż po zbiorze ich wilgotność (w masie) natychmiast wzrośnie o 1,5 do 2 %. Stąd decydując się na taki sposób zbioru musimy mieć zapewniony dostęp do suszarni o stosunkowo dużej wydajności [29].

Zbiór dwuetapowy realizowany jest przy użyciu kosiarki pokosującej, która ścina zielone rośliny na pokosy oraz kombajnu, który służy do ich omłotu. Niekwestionowane atuty tej technologii zbioru, to przyśpieszenie zbioru o 7 do 10 dni, co jest ważne przy właściwym rozkładzie prac w gospodarstwie. Pozwala ekonomicznie wykorzystać maszyny zbierające (nie nakładanie się „małych żniw" rzepakowych z „dużymi" zbóż). Uzyskane nasiona powinny również charakteryzować się niższą wilgotnością (o ok. 2 %). Jednak skrócenie o 10 dni wegetacji w miesiącu lipcu nie może pozostać beż wpływu na plon i jakość nasion. Ten sposób zbioru daje również możliwości popełnienia większej ilości błędów, które mogą „zaowocować" powstawaniem znaczniejszych strat, zarówno ilościowych, jak i jakościowych nasion. Jednym z nich jest właściwe określenie dojrzałości technicznej roślin oraz krótki czas pokosowania roślin 3-4 dni. Przedłużenie tego terminu powoduje narastanie strat nasion [22, 25 – 27].

Tak więc ten element w technologii produkcji rzepaku ma bardzo istotne znaczenie bo możemy w bardzo łatwy sposób stracić nawet ok. 0,5 t nasion. Od zbioru uzależnione są również inne bardzo ważne cechy surowca: dojrzałość nasion, czystość, wilgotność, ilość uszkodzeń nasion. Aby wystąpiły optymalne warunki zbioru musi być zapewniona właściwa relacja w układzie: człowiek – maszyna – roślina.

4. Suszenie nasion

Niska opłacalność produkcji rzepaku zmusza do poszukiwań energooszczędnych sposobów zarówno uprawy jak i obróbki pozbiorowej. Szczególną uwagę kładzie się na te elementy produkcji, które wymagają najwyższych nakładów. Należy do nich niewątpliwie proces suszenia [2, 29]. Dlatego zastosowanie niskotemperaturowej metody konserwacji i suszenia nasion jest coraz szerzej propagowanym sposobem przechowywania nasion wilgotnych. Zainteresowanie tym sposobem wynika również z niskiej wydajności suszarni w porównaniu do wydajności kombajnów zbierających zboża, kukurydzę czy rzepak, jak również z wysokiej jakości uzyskiwanego materiału. Metoda chłodzenia może być wykorzystywana zarówno do:

- konserwacji mokrych nasion bezpośrednio po zbiorze, w celu zapewnienia ciągłości pracy suszarni (zapewnienie dostaw wilgotnych nasion bez obawy ich zepsucia);
- dłuższego przechowywania z myślą o ich jednoczesnym dosuszaniu.

Do zalet tego sposobu przechowywania i suszenia zaliczyć można zmniejszenie strat powodowanych: oddychaniem, rozwojem mikroorganizmów, samozagrzewaniem, zmianami biochemicznymi, rozwojem szkodników oraz zmniejszeniem zużycia energii.

W zmagazynowanych nasionach zachodzą procesy biochemiczne, które uzależnione są zarówno od dojrzałości nasion, wilgotności, poziomu uszkodzeń, temperatury, ilości zanieczyszczeń oraz stopnia rozwoju drobnoustrojów. Czynniki te wpływają na intensywność oddychania w wyniku czego powstaje dwutlenek węgla, woda oraz ciepło, co wpływa na samopobudzenie układu do dalszych jeszcze intensywniejszych zmian (samonawilżanie, samozagrzewanie). Efektem jest również strata suchej masy. (Nasiona o wilgotności 15 % przechowywane przez 30 dni w temperaturze 35^{o}C tracą trzydzieści dwa razy więcej suchej masy niż nasiona przechowywane w temperaturze 10^{o}C [24]. Jak istotne są to ilości świadczą poniższe dane – przy składowaniu 1000 t zboża o zawartości wody 15 % i temperaturze składowania 35^{o}C przez 1 miesiąc występują straty w ilości 5,5 t suchej masy. Tymczasem przy temperaturze 10^{0}C straty te są redukowane do 0,2 t. Oznacza to, że straty wynikające z oddychania ulegają redukcji o 80 – 90 % w wyniku konserwacji chłodniczej.

Przy wymuszonym przepływie zimnego powietrza pod uwagę można brać dwa sposoby schładzania:

1. – chłodzenie powietrzem atmosferycznym (gdy warunki na to pozwalają);
2. – chłodzenie powietrzem oziębionym technicznie w agregatach schładzających.

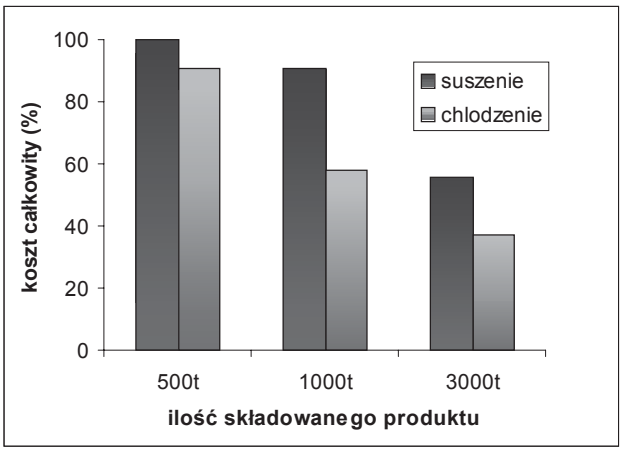
Do schładzania używa się nowoczesnych agregatów schładzająco – suszących (są one przewoźne, co umożliwia ich stosowanie nawet do kilkunastu silosów), wyposażone są one nie tylko w urządzenia schładzające lecz również w parowniki, które powodują wysuszenie powietrza [17 – 20].

Chłodzenie rzepaku wymaga, aby silos, do tego celu stosowany, wyposażony był w odpowiednie urządzenia rejestrujące zarówno temperaturę jak i wilgotność składowanych nasion i to dość gęsto rozłożone na różnej wysokości. Aparatura kontrolno – pomiarowa powinna współpracować z odpowiednim programem sterującym pracą agregatu, aby zabezpieczyć na czas włączenie i wdmuchiwanie odwodnionego i ochłodzonego powietrza bądź też wtłoczenie powietrza z otoczenia.

Coraz częściej zachodzi także konieczność wkomponowania do niskotemperaturowego sposobu suszenia również tego tradycyjnego – wysokotemperaturowego. Rosną wtedy koszty, ale maleje ryzyko zepsucia materiału.

Jednym z istotniejszych zalet niskotemperaturowego przechowywania i suszenia nasion są względy ekonomiczne. Rysunek 5 przedstawia porównanie kosztów chłodzenia i suszenia. Założono, ze koszt suszenia 500 t nasion rzepaku wynosi 100% i porównano z suszeniem i chłodzeniem większych partii nasion. W przedstawionym kosztorysie uwzględniono ceny urządzeń niezbędnych do suszenia i chłodzenia oraz koszty energii, które towarzyszą tym procesom. Najwyższe oszczędności uzyskano w przypadku dużych ilości nasion. Wynoszą one wtedy nawet do 45 %. Natomiast suszenie mniejszych partii jest mniej opłacalne. Należy wziąć pod uwagę fakt, że koszty suszenia stanowią niebagatelną część w ogólnych nakładach na produkcję rzepaku. Stąd oprócz konwencjonalnych źródeł ciepła stosowane są również baterie słoneczne. Koszty związane z suszeniem niskotemperaturowym uzależnione są również od warunków klimatycznych, a różnice pomiędzy rejonami słonecznymi a pochmurnymi i wilgotnymi mogą sięgać nawet 35 % [17]. Istotnie na wielkość kosztów wpływa również możliwość monitorowania zmian zachodzących w silosie i odpowiednie włączanie pracy wentylatora. Może to przynieść oszczędności do 14 %.

Intensywność procesów biologicznych i chemicznych zachodzących w nasionach uzależniona jest zarówno od warunków przechowywania, jak i od ich kondycji wyjściowej (w momencie załadowania do silosu). Uszkodzenia odgrywają w tych procesach niebagatelną rolę, stymulując między innymi, intensywność reakcji chemicznych, a także ułatwiając penetrację wnętrza nasienia przez drobnoustroje. Obecność w masie nasiennej, oprócz nasion uszkodzonych i pogniecionych, nasion niedojrzałych, sprzyja szybkiemu zepsuciu całej partii nasion. Doprowadza to do szybkiego rozwoju bakterii i grzybów, które wywierają znaczny wpływ na jakość magazynowanego materiału. Dzieje się tak pod wpływem groźnych dla zdrowia mykotoksyn [7]. Mogą one zagrażać zdrowiu ludzi i zwierząt. Powodują one silne uszkadzanie wątroby, nerek i centralnego układu nerwowego. Najgroźniejszą jest alfatoksyna wytwarzana przez *Aspergillus flavus* i *Aspergillus restrictus* [8]. Badania przeprowadzone na przechowywanych nasionach rzepaku wykazały znaczne ilości kolonii grzyba *Aspergillus flavus*. Najbardziej podatne na rozwój grzybów są nasiona niedojrzałe. Zawierają one większą ilość wody, są bardziej podatne na uszkodzenia, a w czasie składowania intensywniej oddychają (rys. 6). Powoduje to dalszy wzrost wilgotności oraz temperatury, a w następstwie przyśpieszone utlenienie tłuszczów, a tym samym zepsucie surowca.

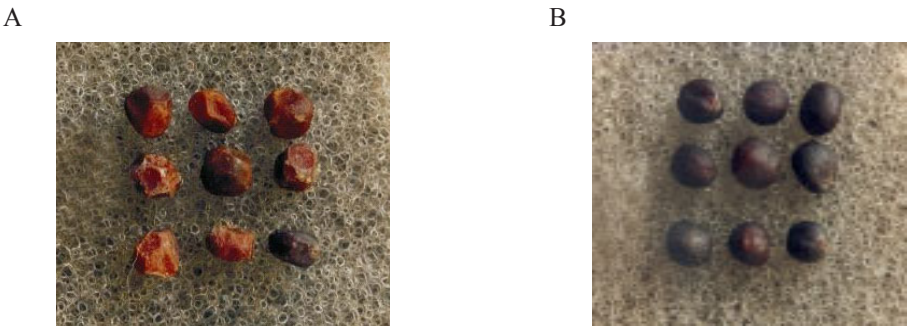


Rys. 5. Porównanie kosztów wysokotemperaturowego i niskotemperaturowego suszenia nasion rzepaku
Fig. 5. Compared costs of high- and low-temperature seed drying processes

5. Przechowywanie nasion

Nasiona rzepaku są w czasie magazynowania o wiele bardziej narażone na zepsucie niż ziarno zbóż, a dzieje się to za sprawą tłuszczu, który szczególnie w nasionach wilgotnych i uszkodzonych ulega łatwemu rozkładowi pod wpływem enzymów (lipaz) i tlenu z powietrza. W następstwie takich procesów powstają wolne kwasy tłuszczowe i zwiększa się kwasowość nasion, a wzrost temperatury podczas przechowywania powoduje nasilenie procesów oksydacyjnych, których efektem jest wzrost liczby nadtlenkowej [9, 27, 29].

Zachowanie nasion w masie zależy przede wszystkim od ich właściwości mechanicznych, wilgotności, temperatury przechowywania oraz wielkości obciążeń na jakie są narażone. To one decydują o właściwościach lepkosprężystych nasion, a więc o skłonności do odkształcenia postaciowego. Nie bez znaczenia jest również wysoka zawartość w nasionach tłuszczu (ok. 40 %), jako substancji hydrofobowej, która po-

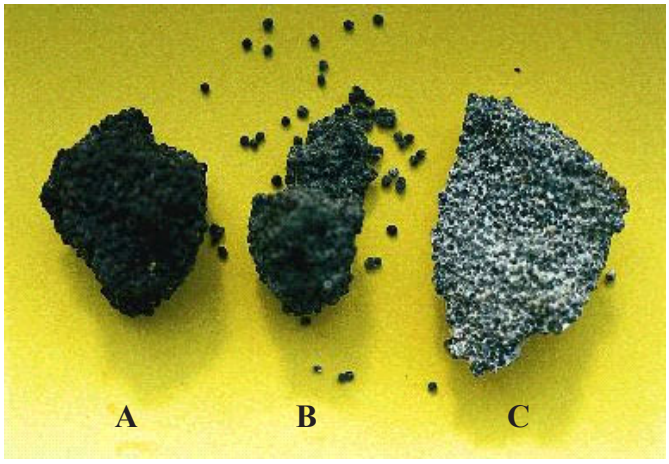


Rys. 6. Wpływ dojrzałości nasion i warunków przechowywania (temperatura 30^0 C; wilgotność 11 %; obciążenie 300 kPa; czas przechowywania 40 dni) na deformację nasion rzepaku; A – nasiona niedojrzałe, zbierane przed dojrzałością pełną; B – nasiona dojrzałe, zbierane w czasie dojrzałości pełnej

Fig. 6. Efekt of ripeness on their deformation includet by the storage conditions (seed moisture contend of 11 %; storage temperature 30^0 C; pressure 300 kPa; stored for 40 days); A – unripe seed harvested before; B - seed harvested as fully ripen.

woduje, że nasiona o wilgotności 15 % będą zawierały w częściach beztłuszczowych 25 % wody. Dlatego, aby uniknąć ryzyka związanego z pogorszeniem jakości przy długotrwałym przechowywaniu, nasiona rzepaku nie powinny zawierać więcej wody niż 7 %.

Efektem niewłaściwego przechowywania nasion są odkształcenie nasion, czyli uszkodzenie struktury, co stanowi początek ich zbrylania. Uszkodzenia powodują uwalnianie enzymów wpływając w ten sposób na wartości technologiczne i mechaniczne nasion, obniżają przepuszczalność gazów, a także zmieniają przewodnictwo cieplne. Najczęstszym powodem zlegiwania są obciążenia pionowe i poziome (jako efekt naporu górnych warstw składowanego materiału) lub powstawanie warunków, które sprzyjają samozagrzewaniu (duża wilgotność nasion, niewłaściwa ich dojrzałość). W efekcie dochodzi do utraty naturalnej sypkości nasion, pogorszenia ich wartości technologicznej (wzrost liczby kwasowej i nadtlenkowej), a także intensywny rozwój szkodliwych grzybów i bakterii [28]. Na rysunku 7 widać postępujące efekty rozwoju grzybów oraz proces zbrylania próbki nasion. Odkształcenie nasion powodowało zniszczenie ich struktury wewnętrznej oraz uszkodzenie łupiny. Doprowadziło to do wycieku oleju z uszkodzonych nasion i stopniowy rozwój drobnoustrojów. W początkowym stadium zbry-



Rys. 7. Proces zbrylania nasion rzepaku podczas przechowywania . Czas składowania 180 dni; wilgotność nasion 11 %; temperatura składowania 30^o C; A - nasiona rzepaku po 40 dniach przechowywania; B – po 60 dniach przechowywania; C - po 100 dniach przechowywania (całkowicie zbrylone i opanowane przez mikroorganizmy).

Fig. 7. Rapeseed completely caked and contaminated with microorganismus storage period – 180 days; rapeseed humidity 11%; storage temperature 30^o C; A - stored for 40 days; B - stored for 60 days; C - stored for 100 days

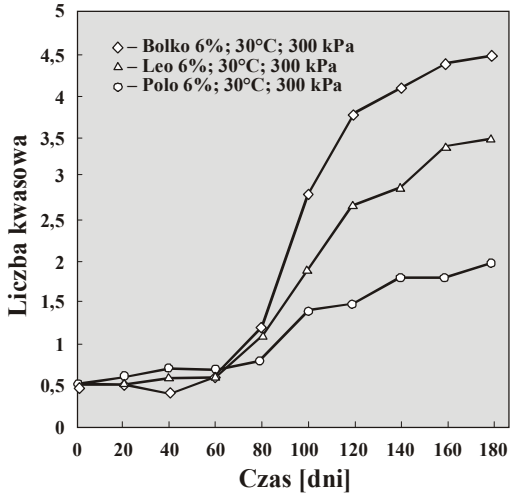
lona próbka wykazuje oznaki sypkości i pod lekkim naciskiem jeszcze się rozpada. Zaawansowane stadium zbrylenia charakteryzuje się silnym opanowaniem nasion przez grzyby, a próbka przybiera formę monolitu. W efekcie następuje całkowite zbrylanie (zlegiwanie) nasion, które w warunkach przemysłowych może doprowadzić do zaczopowania silosu (zawieszenie nasion).

Przeprowadzone badania wykazały również, że cechy odmianowe mają bardzo istotny wpływ na jakość składowanych nasion. W badaniach uwzględniono odmiany: Bolko, Leo i Polo (rys. 8). Największe zmiany wystąpiły w nasionach odmiany Bolko, dla której po 180 dniach przechowywania zanotowano wzrost LK z 0,5 do 4,5. Znacznie niższy wzrost liczby kwasowej w czasie przechowywania wystąpił natomiast u odmiany Leo (po 180 dniach wzrost z 0,5 do 1,9). Natomiast odmiana Polo uszeregowała się pomiędzy poprzednio opisanymi odmianami.

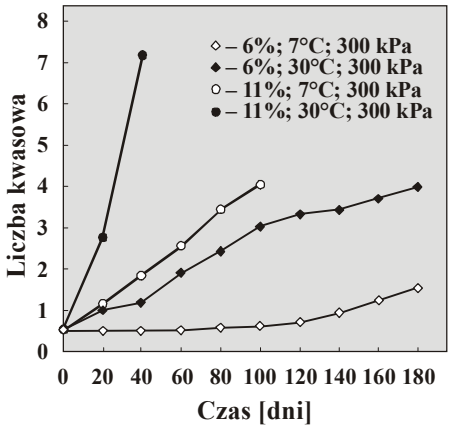
Jest szczególnie interesujące, że do 70-ego dnia składowania, nasiona poszczególnych odmian nie wykazywały różnic w przebiegu LK. Reakcje odmianowe na warunki składowania zaznaczyły swój wpływ dopiero po dłuższym ich przechowywaniu.

Ocenie poddano również wpływ zróżnicowanych warunków przechowywania na cechy jakościowe nasion (rys. 9). W badaniach, które prowadzono na stanowisku symulującym silosy przemysłowe [29] uwzględniono: temperaturę przechowywanych nasion (7 i 30^0 C), ich wilgotność (6 i 11 %), obciążenie (300 kPa) oraz czas przechowywania.

Uzyskane wyniki badań wskazują, że niska temperatura przechowywania (7^o C) oraz niska wilgotność (6 %) wpływały najkorzystniej na jakość przechowywanych nasion rzepaku. A więc, znalazła tu potwierdzenie stara maksyma przechowalników „ sucho i chłodno". Stąd bardzo niewielkie zmiany LK (po 180



Rys. 8. Zmiany liczby kwasowej w nasionach rzepaku odmiany Bolko, Leo i Polo w trakcie przechowywania
Fig. 8. Changes of acidic number in rapeseeds of Bolko, Leo and Polo during their storage



Rys. 9. Wpływ warunków przechowywania (wilgotność nasion, temperatura przechowywania, obciążenie) na zmiany wartości liczby kwasowej
Fig. 9. Influence of storage conditions (humidity, temperature, load) of acidic number in rapeseeds

dniach przechowywania wzrost wartości do 1, 2). Natomiast nasiona o wilgotności 11 %, przechowywane w tych samych warunkach wykazywały stały wzrost LK, aby po 100 dniach uzyskać wartość 4,2. Po tym okresie na nasionach zaobserwowano sukcesywny rozwój mikroorganizmów (pomimo niskiej temperatury), co doprowadziło do stopniowego zbrylenia badanej próbki i zaniechania dalszej oceny. Wysoka temperatura przecho- wywania (30° C) wpływała na wzrost liczby kwasowej nawet pomimo niskiej wilgotności nasion (6 %). Po 180 dniach zanotowano wzrost wartości tego parametru do 4,1. Nasiona o wysokiej wilgotności (11 %) przechowywane w tych samych warunkach (30° C) wykazały już po 20 dniach wzrost liczby kwasowej do 2,8 , a po 40 dniach do wartości 7,5, co powoduje ich dyskwalifikacje, jako materiału dla przemysłu tłuszczowego i paszowego.

6. Sposoby pozyskiwania oleju z nasion

Jednym z coraz częściej stosowanych sposobów pozyskiwania oleju z nasion rzepaku jest metoda tłoczenia „na zimno". Jest ona technicznie bardzo prosta, czysta ekologicznie nie wymagająca ani dużych nakładów energetycznych, ani inwestycyjnych. Przy produkcji biodizla ten sposób pozyskiwania oleju jest najczęściej brany pod uwagę. Istotną wadą tego procesu jest stosunkowo niska jego wydajność, czyli duża zawartość w wytłoku oleju resztkowego. Badania prowadzone na różnych typach tłoczni wykazała (linia typu De Smet, Krupp, Bispomasz), że zawartość oleju w wytłoku pochodzącym z tych tłoczni wynosił od 10,5 do 14 %. Również badania wykonane na wytłoku pochodzącym z jednej z tłoczni pracującej w Niemczech wykazały zawartość oleju w ilości 16,2 %. Tak znaczne ilości oleju w wytłoku stanowi problem nie tylko ekonomiczny, lecz również problem w prawidłowym jego zagospodarowaniu (dodatek do pasz) i przechowywaniu. Zachowanie czystości mikrobiologicznej produktu z taką ilością tłuszczu, białka i wody (wilgotność wytłoku wynosi ok. 2 % więcej niż wilgotność surowca wprowadzanego do przerobu) wymaga intensywnych zabiegów organizacyjnych i technicznych (jest doskonałą pożywkę dla bakterii i grzybów). Stąd takie wytłoki nie mogą być dłuższy czas składowane, lecz powinny być natychmiast przetworzone na paszę. Natomiast problem zwiększenia efektywności pozyskiwania oleju z nasion jest ciągle otwarty.

7. Wnioski

1. Produkcja rzepaku pomimo niekwestionowanej jego atrakcyjności (rozłożenie prac w gospodarstwie, „łamacz" płodozmianu zbożowego, jako roślina strukturotwórcza) jest ciągle niedostateczna, pomimo wzrastającego zapotrzebowania na nasiona będące surowcem zarówno w przemyśle tłuszczowym, paliwowym jak i paszowym.
2. Poszukiwanie uproszczeń w uprawie roli, nawożeniu, ochronie przed chwastami, chorobami czy szkodnikami skutkuje tak znacznym ubytkiem plonu, że takie „oszczędności" przestają być celowe.
3. Gruntowne przystosowanie kombajnu do zbioru rzepaku uwzględniające zarówno stan łanu jak i warunki atmosferyczne może wpłynąć na zmniejszenie strat nasion o 2,5 – 5 q/ha.
4. Procesy obróbki pozbiorowej (suszenie, przechowywanie) wymagają (ze względu na skład chemiczny nasion) szczególnej staranności i troskliwości i powinny uwzględniać najnowsze, energooszczędne rozwiązania gwarantujące zachowanie wysokiej jakości surowca przy minimalnych nakładach.
5. Wzrost szans ekonomicznych na zwiększenie produkcji rzepaku należy się doszukiwać w maksymalnym obniżeniu kosztów jego produkcji obejmujących swym zasięgiem wszystkie elementy w całym ciągu produkcyjnym, od zasiewu do przerobu, które decydują o wielkości plonu.

7. Literatura

[1] Budzyński W., Ojczyk T.: *Rzepak. Produkcja surowca olejarskiego*. ART Olsztyn, 1996.
[2] Colliver G. D., Peart R. M., Brook R. C., Barrett J. R.: *Energy usage for low temperature grain drying with optimized management*. Transactions of the ASAE, 594 – 600, 1983.
[3] Czuba R., Górecki K.: *Zespolone metody dolistnego dokarmiania i ochrony rzepaku ozimego*. IUNG Puławy, 1991.
[4] Dembiński F.: *Jak uprawiać rzepak i rzepik*. PWRiL, Warszawa 1983.
[5] Dziamba Sz., Dziamba M.: *Tania, ekologiczna metoda zwiększania plonów metodą przedsiewnej biostymulacji nasion rzepaku*. Konferencja „Wykorzystanie biopaliw w Polsce" Zwierzyniec 2002.
[6] Kelm M.: *Reakcje różnych odmian rzepaku ozimego na uszkodzenia spowodowane przez chowacze łodygowe (Ceutorrhynchus sp.)*. Materiały XXXI Sesji Naukowej IOR, 1994.
[7] Korniłowicz-Kowalska T., Szwed A., Szwed G.: *Charakterystyka mykologiczna nasion rzepaku w zależności od warunków ich przechowywania.* Acta Agrophysica, 37, 83 – 94, 2000.

[8] Kostecki Z.: *Co daje chłodzenie ziarna*. Przedsiębiorstwo Techniki Zbożowej. Wrocław. 1993.
[9] Krygier K., Wroniak M., Dobczyński K., Kiełt I., Grześkiewicz S., Obiedziński M.: *Charakterystyka wybranych rynków olejów roślinnych tłoczonych na zimno*. Rośliny Oleiste. XIX, 1998, 573 – 582.
[10] Muśnicki Cz., Jerzak M.: *Produkcyjne i ekonomiczne uproszczenia w agrotechnice rzepaku ozimego*. Rośliny Oleiste. XIV, 1992, 318 – 334.
[11] Olsson G.: *Oil Crop Cultivation in Sweden in 1986 and 1987*. Bulletin GCIRC, 1988, nr 4, 39-41.
[12] Olsson G.: *Some information about oil crop*. Cultivation in Sweden. Bulletin GCIRC, Nr 2, 1985, 95-99.
[13] Piekarczyk K.: *Terminy i sposoby zwalczania najważniejszych szkodników rzepaku*, Biul.Inst.Hod. i Aklimat.Rośl., 1967, nr 6, 123-126.
[14] Pietrzak K.: *Próby oceny strat spowodowanych przez chowacza podobnika*. Biuletyn Inst. Ochrony Roślin, 1966, nr 34, 131-146.
[15] Rosiak E.: *Sytuacja na krajowym rynku rzepaku – stan obecny i prognoza na sezon 2001/03*. Rośliny Oleiste. XXIII, 2002, 73 – 83.
[16] Rożej A.: *Podatność różnych odmian rzepaku ozimego (Brassica Napus L var.oleifera) na porażenie przez Alternaria brasicae* (Bek.) Sacc., Roczn. Nauk Roln., 1974, S. A, t.100, z. 2, 67-71.
[17] Sharp J.: *The design and management of low temperature grain dryers in England – a simulation study*. J. Agric. Engng Res., 29, 123 – 131, 1984.
[18] Skriegan E.: *Qualitatserhaltung geernteter Kornerfruchte im Lager mit unterschiedlichen Verfahren und Kosten*. Die Muhle Mischfuttertechnik, 129, 6, 67 – 70, 1992.
[19] Skriegan E.: *Urządzenia chłodzące „goldsaat". Magazynowanie i chłodzenie rzepaku*. GRAINPOL. Wrocław. 1992.
[20] Skriegen E.: *Kaltlagerung von Kornerfruchten in Silos*. Die Muhle und Mischfluttertechnik, 130,11, 125-129, 1993.
[21] Strzelczyk E., Rożej A.: *Wpływ CCC i Alaru na porażenie różnych odmian rzepaku ozimego przez Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc., Roczn. Nauk Roln., 1974, s. A, t.100, z. 1, 7-15.
[22] Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J., Rudko T., Stępniewski A., Żak W.: *Optymalna technologia pozyskiwania nasion rzepaku*. Instrukcja wdrożeniowa, IA PAN, 1996.
[23] Szot B., Tys J., Rudko T.: *Estimation of the influence of nitrogen fertilization (ammonium nitrate or urea) on mechanical properties of rape siliques*. International Agrophysics, 1994, vol.8, No.2, Lublin, 143-146.
[24] Szyszło J.: *Technika i technologia konserwacji ziarna metodą schładzania*. Probl. Tech. Rol. i Leśnej. Warszawa, 427 – 430, 1992.
[25] Tys J.: *Wpływ wilgotności łuszczyn na wielkość strat nasion rzepaku przy zbiorze*. Rośliny Oleiste IHAR, Poznań, 1995, 189-194.
[26] Tys J.: *Causes of rape seed shedding*. Zesz.Probl.Post.Nauk Roln., z. 427, 1995, 7-11.
[27] Tys J.: *Czynniki kształtujące właściwości agrofizyczne rzepaku*. Acta Agrofizyka. Instytut Agrofizyki PAN, 6. 1997.
[28] Tys J., Szwed G., Strobel W.: *Influence of storage conditions on behaviour of rapeseeds in bulk. Operations on granular materials.* Proceedings of the Seminar IA PAN Lublin, 1998, 55-58.
[29] Tys J., Rybacki R.: *Rzepak – jakość nasion. Procesy zbioru, suszenia, przechowywania.* Acta Agrophysica. 44, 2001
[30] Zbiorowa: *Rzepak ozimy*. IHAR Poznań, 2002.

Doc. dr hab. Jerzy Tys
Instytut Agrofizyki PAN
Ul. Doświadczalna 4
20-290 Lublin
tel. (081) 74 450 61
e-mail: jtys@demeter.ipan.lublin.pl

Janusz MYSŁOWSKI

NIEKTÓRE ASPEKTY EKSPLOATACJI SILNIKÓW O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM ZASILANYCH PALIWEM ALTERNATYWNYM

SOME ASPECTS OF THE OPERATING OF DIESEL ENGINES POWERED BY THE ALTERNATIVE FUEL

W artykule przedstawiono czynniki wpływające na niezawodność silników zasilanych paliwem pochodzenia rzepakowego. Do czynników tych zaliczono sposób przygotowania mieszaniny palnej, stopień sprężania oraz rodzaj zastosowanego doładowania.Przedstawiono wyniki badań własnych silników o wtrysku bezpośrednim bez doładowania jak i doładowanych turbosprężarką. Omówiono wady i zalety wynikające z zastosowania paliwa pochodzenia rzepakowego oraz jego wpływ na tworzenie mieszaniny palnej. Opisano zabiegi mające na celu poprawę właściwości rozruchowych silników doładowanych turbosprężarką.

Słowa kluczowe: *silnik, rozruch, doładowanie*

In this article, factors influencing the reliabity of the rape fuel powered have been presented. These factors include the method of preparing the air-fuel mixture, compression ratio and type of applied supercharging. The results of the internal researches on engines with direct injections without supercharging and turbocharget have been presented.The advantages and disadvantages of the application of rape fuel and influence on the formation of air-fuel mixture have been discussed.Treatments aimed at the improvement of starting qualities of turbocharget engines yave been described.

Keywords: *engine, cold start, supercharget*

1. Czynniki wpływające na rozruch silnika

Skuteczny rozruch silnika wysokoprężnego w niskich temperaturach otoczenia jest czynnikiem wpływającym w znacznym stopniu na jego niezawodność eksploatacyjną, która obok ekonomiczności pracy i toksyczności spalin jest jednym z głównych kryteriów oceny jego przydatności.

Czas rozruchu silnika wysokoprężnego, a szczególnie powstanie pierwszego zapłonu zależy od temperatury w komorze spalania i od właściwości paliwa związanych z zapłonem. W silniku, temperatury potrzebne do wywołania zapłonu zależne są od takich czynników jak : wielkość dawki rozruchowej, prędkość obrotowa silnika, rozpylenie paliwa, czas potrzebny na odparowanie, zmieszanie, reakcje przed zapłonem, ciśnienie i ukształtowanie komory spalania, stopień sprężania. Wraz z obniżeniem się temperatury otoczenia ulegają pogorszeniu warunki sprzyjające skutecznemu rozruchowi.

Istotnym czynnikiem, rzutującym w zasadniczej mierze na właściwości rozruchowe silników wysokoprężnych, jest staranny dobór aparatury wtryskowej. Aparatura ta, poza oczywistym warunkiem zapewnienia prawidłowej pracy silnika w pełnym zakresie obrotów i obciążeń, musi być również dobrana pod kątem widzenia prawidłowych rozruchów. Składa się na to charakterystyka dawkowania pomp wtryskowych w rejonie obrotów rozruchowych od około 60 min^{-1} do około 150 min^{-1} i zmiennych temperaturach ujemnych. Dawki te powinny być dobierane indywidualnie do każdego typu silnika pod kątem widzenia wymogów eksploatacyjnych i wynosić 50 ÷ 100 % powyżej dawek nominalnych. Biorąc pod uwagę fakt, że dla potrzeb rozruchu powiększa się dawkę wtryskiwanego paliwa dość znacznie, emisja toksyn w tym czasie jest zwiększona. Jak więc widać problemy związane z rozruchem silników o zapłonie samoczynnym są złożone i wymagają bardzo ostrożnego podejścia przy ich rozwiązywaniu.

2. Czynniki konstrukcyjne

Z pośród wymienionych wcześniej czynników do konstrukcyjnych należy zaliczyć konstrukcję komory spalania oraz stopień sprężania silnika.

Dla eksploatatora parametry konstrukcyjne silnika są niezmienne i jego ingerencja w celu usprawnienia rozruchu w tej dziedzinie jest niemożliwa. Pozostaje zatem dbałość o należytą sprawność wszystkich urządzeń, ich poprawną regulację zgodnie z założeniami konstruktora.

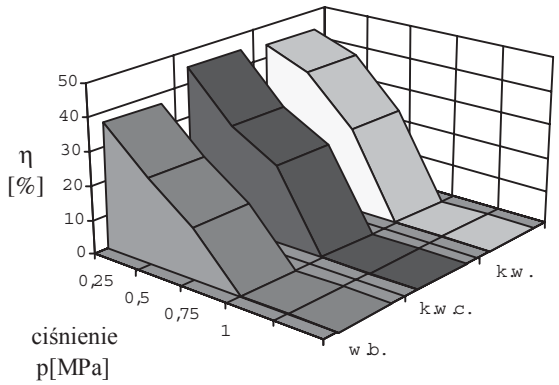
2.1. Konstrukcja komory spalania

Komora spalania powinna spełniać szereg warunków, które niejednokrotnie są ze sobą sprzeczne, stąd też wynikają problemy z doborem najwłaściwszych rozwiązań konstrukcyjnych. Niżej podano podstawowe funkcje jakie powinna spełniać komora spalania :

- zapewnienie możliwie największego napełnienia cylindra,
- silne zawirowanie powietrza w trakcie sprężania, zapewnienie prawidłowego przebiegu spalania, zminimalizowanie drogi płomienia i ukierunkowanie przebiegu czoła płomienia w strefy mniej nagrzane,
- zwartość konstrukcji zapewniająca najmniejsze straty cieplne,
- zapewnienie odpowiedniego chłodzenia stref najbardziej nagrzanych,
- prostota konstrukcji - łatwa technologia, niskie koszty produkcji.

Zapewnienie tych wszystkich warunków w stopniu maksymalnym jest oczywiście niemożliwe i każda konstrukcja stanowi kompromis - zalety każdego rozwiązania są okupione wadami.

Wpływ rodzaju komory spalania na odprowadzenie ciepła przedstawiono na rys.1



Rys.1. Zależność sprawności odprowadzenia ciepła od ciśnienia w komorze spalania: w.b. - wtrysk bezpośredni, k.w.c. - komora wirowa „Comet Mark V", k.w. - komora wstępna

Fig. 1. Depedence of the thermal efficiency from the pressure in combustion chamber: w.b. - direct injection, k.w.c. - turbulence chamber „Comet MarkV", k.w. - precombustion chamber

Na podstawie tego rysunku można stwierdzić, że przy wtrysku bezpośrednim odprowadzenie ciepła jest zdecydowanie mniejsze niż przy każdym z rodzajów wtrysku komorowego i stąd lepsze własności rozruchowe oraz ekonomika pracy silników z tym wtryskiem.

2.2. Stopień sprężania

Geometryczny stopień sprężania wpływa na sprawność obiegu cieplnego silnika i jego zwiększenie powinno teoretycznie poprawiać własności rozruchowe silnika. Słuszne jest to jednak tylko do pewnej granicy i zwiększenie jego wartości do 19 - 20, dla silników z wtryskiem bezpośrednim jest już mało efektywne [1]. Do osiągnięcia temperatury sprężania w granicach $750 \div 950$ K ($477 \div 677\ ^0$C), wystarcza wartość $\varepsilon = 12 \div 22$. W tych warunkach uzyskuje się pewne opóźnienie samozapłonu i miękką pracę silnika oraz korzystne warunki rozruchu. Dlatego też , ze względu na ustawienie faz rozrządu w silnikach wprowadzono pojęcie rzeczywistego stopnia sprężania :

$$\varepsilon_r = \beta\varepsilon(1-\varphi) \tag{1}$$

$$\varphi = \frac{\Delta V}{V}, \qquad \beta = \frac{G_p}{G_z}$$

gdzie :

- φ - współczynnik określający wielkość strat ładunku wynikłą z późniejszego zamknięcia zaworu ssącego,
- β - współczynnik zachowania ładunku określający wielkość strat przedmuchów podczas sprężania,
- ΔV - różnica objętości cylindra przy położeniu tłoka w ZK i ZG,
- G_p - masa ładunku powietrza przy położeniu tłoka w ZG podczas końca suwu sprężania,
- G_z - masa ładunku powietrza przy położeniu tłoka odpowiadającego kątowi zamknięcia zaworu ssącego.

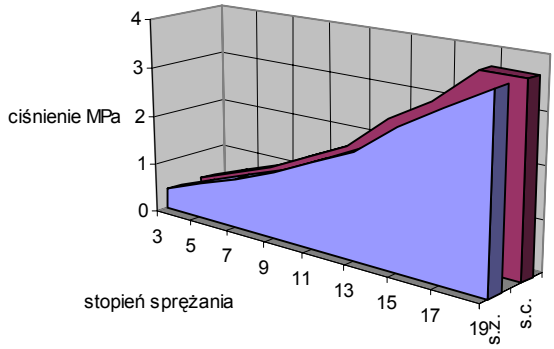
Rzeczywisty stopień sprężania uwzględnia więc praktycznie występujące parametry podczas pracy silnika i stanowi podstawę analizy wpływu stopnia sprężania na temperaturę i ciśnienie końca suwu sprężania, mając wpływ na łatwość rozruchu silnika.

$$p_k = p_1\varepsilon_r^m \tag{2}$$

$$T_k = T_1\varepsilon_r^m \tag{3}$$

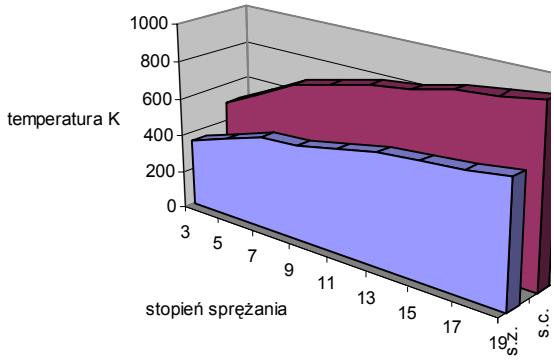
gdzie: p_1, T_1 - ciśnienie i temperatura czynnika w chwili zamknięcia zaworu, m - średni wykładnik politropy sprężania.

Geometryczny stopień sprężania może być stosowany jako wskaźnik porównawczy. Zależności opisane wzorami 2 i 3 przedstawiono graficznie na rys. 2 i 3. Średni wykładnik politropy sprężania *m* w tym ujęciu reprezentuje straty w skutek przejmowania ciepła i ucieczki ładunku. Zależność granicznej temperatury rozruchu od stopnia sprężania przedstawiono na rys. 4. Z rysunku tego oraz rys. 2 i 3 wynika, że zwiększając stopień sprężania możemy uzyskać stosunkowo niską graniczną temperaturę rozruchu, co jest zjawiskiem korzystnym, szczególnie w okresie zimowym.



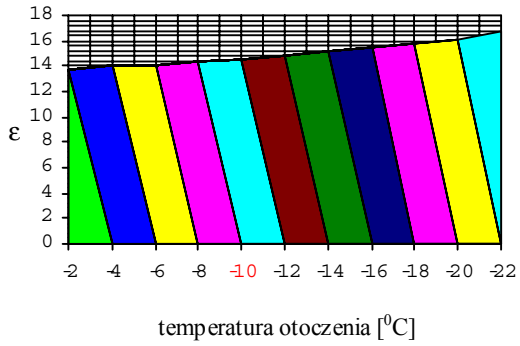
Rys. 2. Zależność ciśnienia końca suwu sprężania od stopnia sprężania: s.c. - silnik ciepły, s.z. - silnik zimny

Fig. 2. Depedence of the end compression stroke pressure from the compression ratio: s.c.-warm engine, s.z.- cold engine



Rys. 3. Zależność temperatury sprężonego ładunku od stopnia sprężania. Pozostałe oznaczenia jak na rys.2.

Fig. 3. Depedence of the compression cargo temperature from the compression ratio. The remaining notations see picture 2



Rys. 4. Zależność granicznej temperatury rozruchu od stopnia sprężania

Fig.4. Depedence of the limiting temperature during start point from the compression ratio

3. Rozruch silnika zasilanego olejami pochodzenia roślinnego

Przeprowadzone w kraju badania nad pracą silników wysokoprężnych zasilanych olejami pochodzenia roślinnego oraz mieszaninami oleju napędowego i olejów pochodzenia roślinnego wykazały, że parametry ruchowe tak zasilanego silnika ulegają poprawie w stosunku do silnika zasilanego czystym olejem napędowym lub czystym olejem rzepakowym.

Gęstość obu paliw jest podobna i mieszają się one dobrze w różnych proporcjach. Przy określonej proporcji oleju rzepakowego do oleju napędowego, uzyskiwany jest taki stan, że nowo powstałe paliwo ma jeszcze stosunkowo dużą wartość opałową, zbliżoną do wartości opałowej oleju napędowego i zawiera przy tym tlen związany w grupach wodorotlenowych oleju rzepakowego. Paliwo to spala się zatem pełniej jak sam olej napędowy, a ilość wywiązywanego w tym procesie ciepła przewyższa ilość ciepła powstałą przy spalaniu czystego oleju napędowego. Powoduje to, że sumaryczna ilość spalonego paliwa jest mniejsza, dlatego maleje zużycie paliwa i pośrednio również emisja składników toksycznych.

W związku z tym narzuca się pytanie, czy również w warunkach rozruchu w niskich temperaturach otoczenia silnik zachowa te korzystne właściwości? Jednocześnie wiadomo, że w silnikach doładowanych, nawet przy zasilaniu olejem napędowym występują trudności podczas rozruchu w niskich temperaturach otoczenia.

3.1. Tworzenie mieszaniny palnej przy rozruchu

Tworzenie mieszaniny palnej w postaci rozpylonej mgły oleju w komorze spalania silnika wysokoprężnego w przypadku paliw pochodzenia roślinnego (proekologicznych) takich jak olej rzepakowy, olej sojowy

trwa znacznie dłużej i wynika z właściwości fizyko - chemicznych tych paliw. Właściwości paliwa pochodzenia rzepakowego wyrażające się mniejszą wartością opałową (o około 12 %), większą gęstością (o około 4 %) oraz znacznie większą lepkością (o około 24 %), powodują , że warunki wytwarzania mieszaniny palnej przy rozruchu silnika w niskich temperaturach otoczenia są znacznie gorsze niż dla oleju napędowego. Paliwa pochodzenia roślinnego dają w trakcie rozpylania kropelki o większych średnicach w których siły spójności są większe, co nie sprzyja szybkiemu odparowaniu. Przebieg odparowania kropelek różnych paliw o tej samej średnicy przedstawiono na rys.5. Kropelki oleju napędowego odparowują dwukrotnie szybciej niż np. kropelki oleju rzepakowego. Jednocześnie opóźnienie samozapłonu jest większe niż w przypadku pracy silnika na tym samym paliwie w warunkach równowagi cieplnej. W sumie stwarza to zasygnalizowane na wstępie trudności z rozruchem silników wysokoprężnych zasilanych paliwami proekologicznymi.

Do niekorzystnych cech paliwa pochodzenia rzepakowego dochodzi też znacznie szybsze blokowanie zimnego filtra paliwa niż to ma miejsce w przypadku oleju napędowego.

Omówione na wstępie czynniki będą powodowały znacznie większe trudności podczas rozruchu silnika doładowanego sprężarką mechaniczną czy też turbosprężarką przy zasilaniu go olejem pochodzenia rzepakowego niż to ma miejsce w przypadku oleju napędowego. Mając na uwadze fakt, że paliwa pochodzenia roślinnego są znacznie bardziej korzystne z punktu widzenia ekologii, warto pokusić się o rozwiązanie problemu ich stosowania bez utraty właściwości rozruchowych silnika. W wyniku dotychczasowych badań, najbardziej celowym wydaje się podniesienie temperatury w cylindrze, co pozwoli na szybsze odparowanie wtryśniętych kropelek paliwa i wytworzenie jednorodnej mieszaniny z powietrzem.

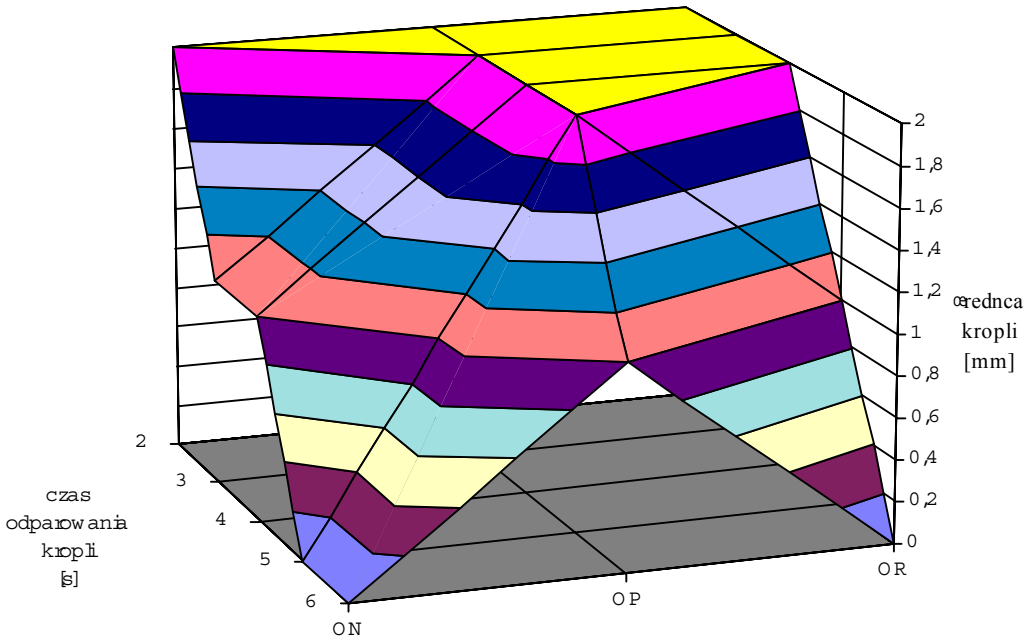
4. Doładowanie silnika

Tendencje rozwojowe współczesnych silników z zapłonem samoczynnym determinowane są jak wspomniano wcześniej głównie dwoma czynnikami: ochroną środowiska naturalnego i oszczędnością paliw płynnych. Czynniki te wpływają w sposób zasadniczy na konstrukcję silników wysokoprężnych oraz ich właściwości eksploatacyjne.

Ogólnie znanym środkiem poprawy parametrów roboczych silników oraz obniżenia toksyczności gazów spalinowych jest ich doładowanie.

4.1. Tworzenie mieszaniny palnej w silniku doładowanym

W silniku doładowanym na ogół zmieniają się parametry powietrza doprowadzonego do cylindra w ten sposób, że rośnie jego ciśnienie i temperatura. W mniejszym stopniu dotyczy to doładowania dynamicznego w którym większe napełnienie cylindra uzy-



Rys. 5. Przebieg odparowania kropelek paliwa: ON - olej napędowy, OP - olej palmowy, OR - olej rzepakowy
Fig. 5. The process of fuel drops evaporation: ON-diesel oil, PO – palm oil, OR – repe oil

skuje się dzięki wykorzystaniu zjawisk falowych w przewodzie dolotowym, a nie dzięki sprężeniu powietrza w urządzeniu zewnętrznym jakim jest sprężarka. Istotny wpływ na tworzenie mieszaniny palnej ma w tym przypadku zwiększenie prędkości napływającego do cylindra powietrza i w wyniku tego jego zwiększona turbulencja.

Zupełnie inaczej wygląda sytuacja w silnikach doładowanych przy pomocy sprężarki. W wyniku sprężania rosną temperatura i ciśnienie powietrza doprowadzonego do cylindra, co pozwala na szybsze odparowanie wtryśniętego paliwa i skrócenie okresu opóźnienia samozapłonu. Dla prawidłowej pracy silnika konieczne jest zatem zmniejszenie kąta wyprzedzenia wtrysku, a zależność ta została już wcześniej opisana w literaturze fachowej [4]. Podczas badań silnika wysokoprężnego z wtryskiem bezpośrednim przeznaczonego do napędu pojazdów rolniczych stwierdzono, że zachodziła konieczność zmniejszenia tego kąta o 1^0 OWK na każde 0,013 MPa nadciśnienia doładowania [5]. W ten sposób można było w należyty sposób wykorzystać energię powstałą w wyniku spalania wtryśniętego do cylindra paliwa, bez powstawania zjawiska tzw. „odbijania", związanego z uzyskaniem przez silnik maksymalnego ciśnienia spalania przed zwrotem głowicowym.

Świadczy to o korzystnym wpływie doładowania na proces tworzenia mieszaniny palnej w silniku i to zarówno w wyniku zwiększonej turbulencji powietrza, jak i podwyższonej jego temperatury, co pozwala na lesze odparowanie wtrysniętego do komory spalania paliwa.

4.2. Doładowanie dynamiczne, mechaniczne i Comprex

Zastosowanie doładowania bezsprężarkowego (dynamicznego) nie powoduje żadnych skutków w zakresie prędkości obrotowych odpowiadających rozruchowi silnika bowiem układ dolotowy silnika dostosowany jest do wywoływania zjawisk falowych przy prędkościach obrotowych w obszarze momentu obrotowego do mocy znamionowej. Silnik w trakcie rozruchu zachowuje się jak normalny silnik wolnossący. Dlatego też silniki z takim doładowaniem nie wymagają zmniejszenia kąta wyprzedzenia wtrysku, gdyż parametry termodynamiczne powietrza w cylindrze nie rosną poza zwiększeniem jego masy.

Doładowanie mechaniczne również nie powoduje istotnych zmian w pracy silnika przy obrotach rozruchowych i nie wywołuje niepożądanych skutków. Sprężarka podaje co prawda nieco więcej powietrza do silnika, lecz można to skompensować większą dawką paliwa i rozruch nastąpi szybciej. Dzięki temu negatywne skutki rozruchu polegające na zwiększonym wydalaniu składników toksycznych do atmosfery można zmniejszyć. Podobnie ma się sprawa z doładowaniem typu Comprex, które łączy w sobie cechy obydwu omówionych sposobów doładowania [2].

4.3. Turbodoładowanie

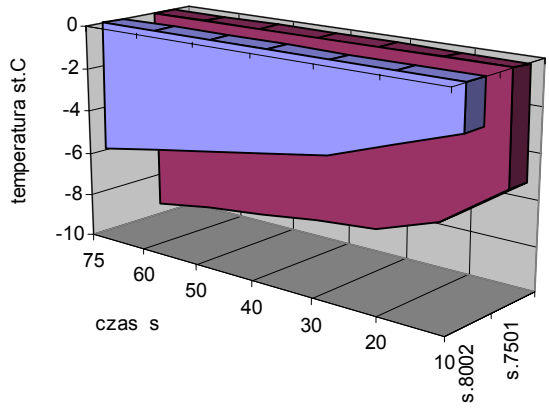
Najbardziej rozpowszechnionym sposobem doładowania jest doładowanie turbosprężarkowe. W rozwiązaniu tym wykorzystuje się bezużyteczną energię uchodzących spalin do napędu turbiny połączonej wałem ze sprężarką. Mimo dużej dojrzałości technicznej silników oraz turbosprężarek, doładowanie to charakteryzuje się pogorszeniem właściwości rozruchowych silnika w wyniku zwiększenia oporów przepływu powietrza w układzie dolotowym. Opory te zwiększone są dzięki temu, że dopływające powietrze musi przepłynąć przez wirnik sprężarki, nieruchomy, bo silnik na razie nie wytwarza spalin napędzających turbinę. Jednocześnie na pogorszenie właściwości rozruchowych silnika wpływa obniżenie stopnia sprężania w silnikach turbodoładowanych, niezbędne dla uzyskiwania przez te silniki dużej sprawności w rejonie średnich i dużych obciążeń oraz nie przekraczania obciążeń układu korbowego [4,5].

Dla pokazania wpływu doładowania turbosprężarkowego na właściwości rozruchowe silników z wtryskiem bezpośrednim przedstawiono na rys.6 i 7 charakterystyki rozruchowe dwóch silników w wersji wolnossącej i doładowanej. Każdy z tych silników posiada identyczne wymiary główne w wersji wolnossącej jak i doładowanej, co pozwala na wiarygodne porównanie.

Na rys.6 przedstawiono charakterystykę rozruchową silników ciągnikowych Zetor, przy czym dla silnika doładowanego graniczna temperatura rozruchu wynosiła $-6\ ^0$ C przy 75 sekundowym czasie rozruchu, podczas gdy dla silnika wolnossącego w tych samych warunkach wynosiła ona $-9,5\ ^0$ C i była niższa, a więc korzystniejsza o 36,8 %. W temperaturze $-6\ ^0$ C silnik bez doładowania uzyskiwał rozruch już po 15 sekundach.

W silniku (typu Leyland) produkowanym w WSW Andoria graniczna temperatura rozruchu była nieco niższa bo wynosiła - $8,5\ ^0$C , choć mogłaby być jeszcze niższa, lecz w wyniku obniżenia stopnia sprężania z 16 na 15,2 w silniku doładowanym, pogorszyły się jego własności rozruchowe. Dla silnika niedoładowanego graniczna temperatura rozruchu wynosiła -14 ^{0}C i była o 37,5 % korzystniejsza niż dla silnika doładowanego. W temperaturze - $8,5\ ^0$C silnik wolnossący dał się uruchomić już po 23 sekundach [3].

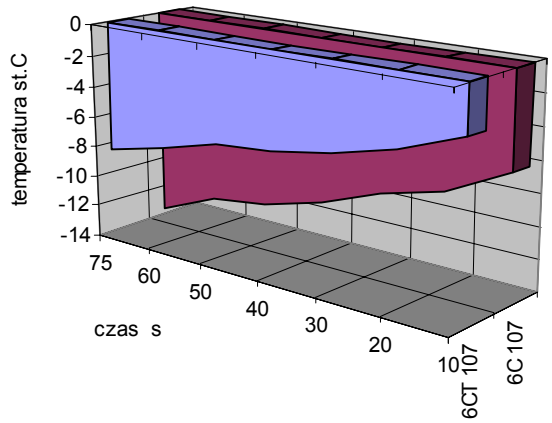
W celu zniwelowania niekorzystnych skutków doładowania na właściwości rozruchowe silników wysokoprężnych z wtryskiem bezpośrednim stosuje



Rys. 6. Charakterystyka rozruchowa silników typu Zetor: s.7501- silnik niedoładowany, s.8002 – silnik doładowany

Fig. 6. Starting characterization of the Zetor engines: s.7501 – unsupercharget engine, s.8002 – supercharget engine

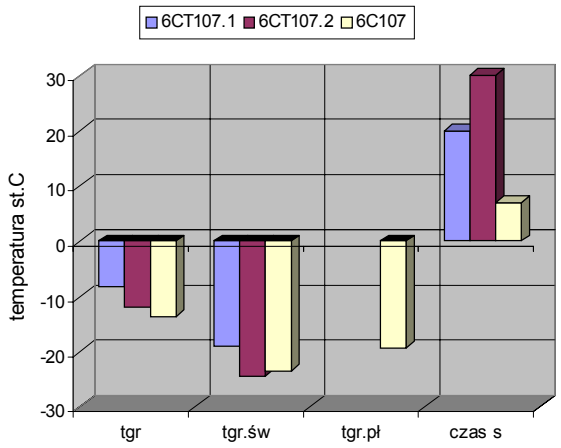
się zabiegi regulacyjne (zmniejszenie kąta wyprzedzenia wtrysku przed Zwrotem Głowicowym) lub urządzenia i środki ułatwiające rozruch. Wpływ tych rozwiązań na poprawę właściwości rozruchowych dla silników, których charakterystyka rozruchowa przedstawiona jest na rys. 7, przedstawiono na rys. 8.



Rys. 7. Charakterystyki rozruchowe silników produkowanych w WSW Andoria

Fig. 7. Starting characterization of the engines producend in WSW Andoria

Za podstawę do porównań posłużyła graniczna temperatura rozruchu naturalnego (tgr), tj.bez pomocy urządzeń ułatwiających rozruch. Jak widać z rys. 8 była ona najkorzystniejsza dla silnika bez doładowania i nieco lepsza po zmniejszeniu kąta wyprzedzenia wtrysku w silniku doładowanym. Stan ten uległ znacznej poprawie w przypadku zastosowania świecy płomiennej, tak że graniczna temperatura rozruchu silnika doładowanego ze zmniejszonym kątem wyprzedzenia wtrysku była niższa niż dla silnika bez doładowania.



Rys. 8. Parametry rozruchu silników produkcji WSW Andoria: tgr – graniczna temperatura rozruchu, tgr św.- graniczna temperatura rozruchu przy użyciu świec płomiennych, tgr pł. – graniczna temperatura rozruchu przy użyciu płynu, silnik 6C107 – bez doładowania, silnik 6CT107.1- doładowany z obniżonym stopniem sprężania ε =15,2 ; kąt wyprzedzenia wtrysku 27^0 przed ZG, silnik 6CT107.2 - doładowany z obniżonym stopniem sprężania ε =15,2; kąt wyprzedzenia wtrysku 16^0 przed ZG, czas – działania urządzenia ułatwiającego rozruch.

Fig. 8. Starting parameters of the Andoria engines: tgr – starting limiting temperature, tgr św. - starting limiting temperature with the use of flame plugs, tgr pł. – starting limiting temperature with the use of fluid, engine 6C107 – unsupercharget, engine 6CT 107.1 – supercharget with the lowered compression level ε = 15,2; the angle of advance injection 27^0 before TDC, engine 6CT107.2 – supercharget, with the lowered compression level ε = 15,2; the angle of advance injection 16^0 before TDC, czas – the operating time of the mechanism facilitating starting

Niestety czas działania urządzenia ułatwiającego rozruch (tgr św) był znacznie dłuższy (30 s) niż w przypadku silnika bez doładowania (7 s), co mimo skutecznego rozruchu było okupione znacznie większą ilością wydalonych do atmosfery szkodliwych substancji w postaci produktów niezupełnego i niecałkowitego spalania.

Badania wpływu na właściwości rozruchowe płynów ułatwiających rozruch przeprowadzono jedynie dla silnika bez doładowania i stwierdzono jego zado-

walającą skuteczność, ale jego działanie wiąże się też z negatywnymi skutkami eksploatacyjnymi, polegającymi na znacznie szybszym zużywaniu się wkładów łożysk korbowodowych (wybijanie się). Spowodowane jest to gwałtownym przyrostem ciśnienia w cylindrze w wyniku wybuchu mieszaniny palnej i płynu rozruchowego, co doraźnie zapewnia skuteczny rozruch lecz w eksploatacji jest zjawiskiem niepożądanym.

Jak wynika z przedstawionych rozważań, rozruch silników wysokoprężnych z turbodoładowaniem nastręcza pewne problemy. Spowodowane to jest zwiększonymi oporami w układzie dolotowym jakie daje wirnik sprężarki, który z racji swojej bezwładności nie obraca, się nie dopuszczając powietrza do silnika w momencie rozpoczynania rozruchu. Drugim powodem pogorszenia właściwości rozruchowych jest obniżanie stopnia sprężania w silnikach doładowanych mające na celu poprawę sprawności silnika w obszarze średnich i dużych prędkości obrotowych bez przekraczania dopuszczalnych naprężeń cieplnych i mechanicznych.

5. Podsumowanie

Przeprowadzone rozważania pozwalają na stwierdzenie, że zastosowanie paliw pochodzenia rzepakowego w silnikach z zapłonem samoczynnym jest możliwe, przy czym należy wyraźnie rozróżnić dwa zakresy pracy silnika :

- rozruch, którego uzyskaniu nie będą sprzyjały cechy fizyko-chemiczne paliwa oraz zmiany konstrukcyjne w silniku, mające zapewnić mu dużą sprawność przy pełnych obciążeniach i dużych prędkościach obrotowych,
- pracę w zakresie użytecznych prędkości obrotowych pod pełnym obciążeniem, podczas której powinny wystąpić korzystne warunki dla tworzenia się mieszaniny palnej i spalania paliw pochodzenia rzepakowego.

Trudności rozruchowe są do opanowania, chociażby przez zastosowanie świec płomiennych, które w znacznym stopniu podnoszą temperaturę powietrza dostarczanego do cylindra w czasie rozruchu [6].

5. Literatura

[1] Хачиян А.С. и др.: *Доводка рабочего процесса автомобильных дизелей*. Машиностроение, Москва 1976.

[2] Mysłowski J.: *Rozruch silników samochodowych z zapłonem samoczynnym*. Warszawa ,WNT 1996.

[3] Mysłowski J.: *Ocena niektórych urządzeń ułatwiających rozruch silników o zapłonie samoczynnym*. Materiały II Międzynarodowej Konferencji Naukowo - Technicznej EXPLO - DIESEL & GAS TURBINE'01. Politechnika Gdańska, MAN - B & W DIESEL A/S.Gdańsk – Międzyzdroje - Kopenhaga 2001,Vol.2.

[4] Wajand J.A.: *Doładowanie tłokowych silników spalinowych*. Warszawa, WNT 1962.

[5] Mysłowski J.: *Próba doładowania mechanicznego ciągnikowego silnika wysokoprężnego*. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 182, Szczecin 1981.s. 49-59.

[6] Mysłowski J.: *Zastosowanie świec płomiennych w silnikach zasilanych paliwem pochodzenia rzepakowego*. Materiały VIII Sesji Naukowej nt Tendencje rozwoju inżynierii rolniczej. Akademia Rolnicza w Szczecinie, Szczecin 25-26, kwiecień 1996 s.12-13.

Prof. dr hab. inż. Janusz Mysłowski

Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych
Politechnika Szczecińska
71-101 Szczecin
ul.Mickiewicza 66
tel/fax 0-91 4877231
e-mail mysjan@plusnet.pl

Andrzej AMBROZIK
Piotr ORLIŃSKI
Stanisław ORLIŃSKI

WPŁYW ZASILANIA SILNIKA O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM RÓŻNYMI PALIWAMI NA PORÓWNANIE KĄTA OPÓŹNIENIA SAMOZAPŁONU W ASPEKCIE OCHRONY ŚRODOWISKA

INFLUENCE OF DIESEL ENGINE FUELLING WITH DIFERENT FUELS ON SELF-IGNATION DELAY IN ASPECT OF ECOLOGY

W artykule przedstawiono informacje z badań dotyczące kąta opóźnienia samozapłonu silnika AD3.152 z wtryskiem bezpośrednim zasilanego węglowodorowym paliwem ONM City 50 oraz porównawczo paliwem roślinnym RosBioDiesel „RBD", olejem rzepakowym OR 100% oraz olejem słonecznikowym OSŁ 100%. Badania wykonano na bazie charakterystyki zewnętrznej z wykorzystaniem stanowiska hamownianego wyposażonego w system pomiarowy parametrów szybkozmiennych ciśnień. Analizę wyników badań przeprowadzono w celu porównania wpływu zasilania silnika niskosiarkowym paliwem węglowodorowym oraz wybranymi paliwami roślinnymi na kąt opóźnienia samozapłonu, co ma wpływ na proces spalania i wiąże się z emisją toksycznych składników spalin do otoczenia.

Słowa kluczowe: *diagnostyka silnika, paliwa alternatywne, środowisko*

Some information are presented in the paper concerning examination of self-ignation delay angle of AD3.152 engine with direct injection fuelled with hydrocarbon fuel ONM City 50 and comparable vegetable fuel RosBioDiesel "RBD", rape oil OR 100% and sunflower oil OSł 100%. Speed external characteristics were examined on engine test stand equipped with measuring system of quick-changing pressure. The aim of examination is to compare the influence of engine fuelling with low-sulphur hydrocarbon fuel and selected vegetable oils on angle of self-ignation delay what substantially effects combustion process and emission of exhaust gases toxic components.

Keywords: *engine diagnostics, alternative fuels, environment*

1. Wprowadzenie

Spełnianie coraz bardziej rygorystycznych norm w emisji składników toksycznych spalin zmusza współczesnego użytkownika silników spalinowych o zapłonie samoczynnym do posiadania szybkich i precyzyjnych metod oceny jego stanu technicznego, a szczególnie procesu spalania oraz stanu technicznego aparatury wtryskowej.

Wartość kąta opóźnienia samozapłonu wyznaczanego na podstawie wykresu indykatorowego powinien wskazać kierunek zmian regulacyjnych kąta dynamicznego początku tłoczenia paliwa w zależności od rodzaju i składu frakcyjnego paliw. Kąt ten traktu-

1. Introduction

Necessity of fulfilling more and more strong standards, concerning emission of toxic components of exhaust gases, forces users of diesel engines to posses quick and precision methods of their technical state assessment and particularly of a combustion process and of injection equipment technical state.

A value of self ignition delay angle determined on the indicator diagram basis should show a direction of changes of angle of fuel pumping dynamic beginning in dependence on type and fractional composition of fuels. This angle is treated as diagnostic para-

jemy jako parametr diagnostyczny [2]. Parametr ten może być powodem wyższego poziomu hałasu silnika i większej emisji toksycznych składników spalin.

Okres opóźnienia samozapłonu jest to kąt od początku wtrysku (początek wzniosu iglicy wtryskiwacza) do chwili rozpoczęcia procesu spalania powodujący początek szybkiego wzrostu ciśnienia i temperatury mieszanki paliwowo-powietrznej w cylindrze [1]. Kąt opóźnienia samozapłonu ma duży wpływ na: prędkość spalania, narastanie ciśnienia i temperatury, łatwość rozruchu oraz na wskaźniki operacyjne pracy silnika. Kąt opóźnienia samozapłonu zależny jest m.in. od następujących czynników [2]:

- właściwości fizykochemicznych paliwa,
- cech konstrukcyjnych silnika,
- warunków eksploatacyjnych.

Zastosowanie paliw o różnych właściwościach fizykochemicznych do silników wysokoprężnych wymaga dużych dokładności pomiarów parametrów diagnostycznych celem poznania występujących różnic w procesach wtrysku i spalania silników zasilanych tymi paliwami [3].

2. Cel badań

Niniejszy artykuł miał na celu porównanie kąta opóźnienia samozapłonu dla wybranych paliw ekologicznych: węglowodorowego niskosiarkowego ONM City 50 oraz roślinnych estru metylowego RosBioDiesel „RBD" oraz roślinnych: oleju rzepakowego OR 100% i oleju słonecznikowego OSŁ 100%. Cel ten zamierzano osiągnąć poprzez porównanie ciśnień spalania dla 100-cykli uzyskanych z pomiarów parametrów szybkozmiennych w stanach ustalonych silnika na hamowni.

3. Charakterystyka techniczna stanowiska badawczego oraz parametry fizykochemiczne badanych paliw

Do badań wykorzystano typowe zbudowane wg BN-74/1340-12 i PN-88/S-02005 stanowisko hamowniane na bazie silnika o zapłonie samoczynnym typu AD3.152 z wtryskiem bezpośrednim, wyposażone w system pomiarowy ciśnień szybkozmiennych. Podstawowe dane techniczne silnika zamieszczono w tabeli 1 zaś wybrane właściwości fizykochemiczne paliwa: węglowodorowego ONM City-50 oraz roślinnych RBD, OR i OSŁ w tabeli 2. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 1.

meter [2] which can bring about higher level of engine noise and higher emission of toxic components of exhaust gases.

Period of self-ignition delay is an angle counted from the beginning of injection (beginning of injection needle lift) to the moment of combustion process beginning. It essentially influence the beginning of quick rise of pressure and air-fuel mixture temperature in the cylinder [1]. Self-ignition delay angle influence substantially also: combustion speed, pressure and temperature escalation, startability of engine and other operative parameters of engine running. Self-ignition delay angle depends, among others, on [2]:

- physicochemical properties of fuel,
- engine design feature,
- service conditions.

Using fuels of different physicochemical properties to compression-ignition engines requires high accuracy of diagnostic parameters measurements in order to learn differences in processes of injection and combustion [3].

2. Examination purpose

With the purpose of examination it was to compare of self-ignition delay angle of selected ecological fuels: hydrocarbon, low-sulphur ONM City 50 and vegetable methyl ester RosBioDiesel "RBD" as well as vegetable fuels: rape oil OR 100% and sunflower oil OSŁ 100%. Above purpose was intended to achieve by comparison of combustion pressures for 100 cycles, obtained from measurements of quick-changing pressure in steady states of engine installed on engine test stand.

3. Technical characteristic of engine test stand and physicochemical parameters of tested fuels

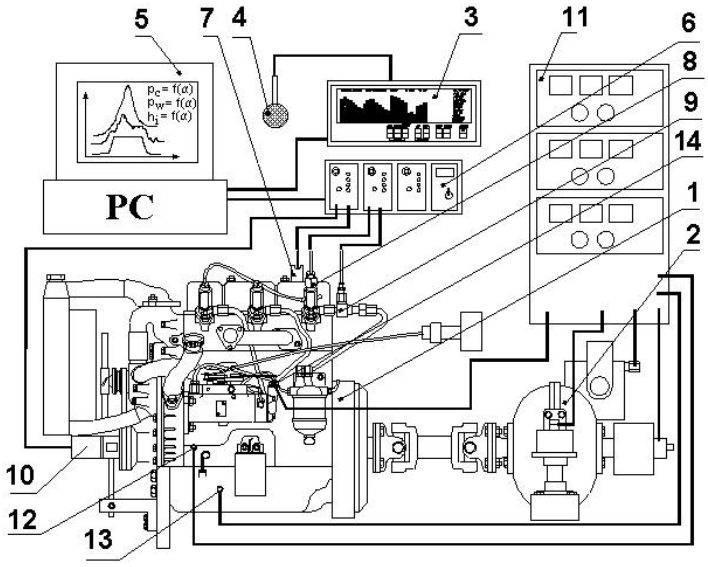
Examination was performed using typical engine test stand, constructed acc. To the standards BN-7474/1340-12 and PN-88/S-02005 on the basis of compression-ignition engine type AD3.152 of direct injection, equipped with measuring system of quick-changing pressure. Main technical data of engine are shown in Tab. 1 and selected physicochemical properties of fuels: hydrocarbon ONM City 50 and vegetable RBD, OR, OSŁ are presented in Tab. 2. Scheme of test stand is visible in Fig. 1.

Tab. 1. Wybrane dane techniczne silnika AD3.152 [4]
Tab. 1. Selected data of engine AD3.152 [4]

Numer of cylinder	3
Engine cubic capacity	2502 cm^3
Maximum power	34,5 kW for 2000 rpm
Maximum torque	139 Nm for 1400 rpm
Compression ratio	16,5
Velocity of idle run	750 ± 25 rpm
Angle of fuel dumping dynamic beginning	15 [°OWK]

Tab. 2. Wybrane własności fizykochemiczne paliw ONM CITY 50 i RosBioDiesel „RBD", oleju rzepakowego OR i słonecznikowego OSŁ [5, 6, 7]
Tab. 2. Selected physicochemical characteristics of fuel: ONM CITY 50 and RosBioDiesel "RBD", rape oil OR and sunflower oil OSŁ [5, 6, 7]

	ONM CITY 50	**„RBD"**	**Rape oil OR**	**Sunflower oil OSŁ**
Cetane number	54	52	49	50
Surface tension N/m^2	3.64	----	3,38	3,22
Mass density in 20°C g/cm^3	0,816	0.882	0.9140	0.9172
Kinematic viscosity in 40°C mm^2/s	1,83	4.61	34.56	31.54
Ignition temperature °C	67		200÷250	200
Caloritic value MJ/kg	43,2	36.7	37.72	37



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego [2]: 1-silnik AD3.152, 2- hamulec wodny HS 75, 3- SVAN 910A, 4-system pomiarowy sygnałów WA, 5- komputer, 6- zestaw wzmacniaczy sygnału, 7- czujnik ciśnienia w komorze spalania, 8- czujnik wzniosu iglicy wtryskiwacza, 9- czujnik ciśnienia paliwa w przewodzie wtryskowym, 10- nadajnik kąta obrotu wału korbowego, 11- szafa kontrolno - pomiarowa, 12- czujnik temperatury cieczy chłodzącej silnik, 13- czujnik temperatury oleju, 14- czujnik temperatury paliwa
Fig. 1. Measuring stand scheme [2]: 1- engine AD3.152, 2- water brake HS75, 3- SVAN 910A, 4- measuring system of signals WA, 5- computer, 6- signal amplifiers set, 7- pressure detector in combustion chamber, 8- detector of injector needle lift, 9- detector of fuel pressure in injection pipe, 10- transducer of crankshaft rotation angle, 11- control cubicle, 12- detector of temperature of engine liquid coolant, 13- detector of oil temperature, 14- detector of fuel temperature.

4. Opis metody badań

Badania wykonano w Instytucie Eksploatacji Pojazdów i Maszyn Politechniki Radomskiej. Przed przystąpieniem do pomiarów silnik doprowadzono do stanu równowagi cieplnej, a następnie sprawdzono ustawienie nadajnika kąta obrotu wału korbowego względem GMP, wykonano również skalowanie torów pomiarowych oraz wyregulowano ciśnienie robocze otwarcia wtryskiwaczy wg zaleceń producenta. Dokonano korekcji ustawienia nominalnego kąta dynamicznego początku tłoczenia paliwa równego α_{dpt}=15 °OWK zgodnie z danymi producenta.

W czasie wykonywania charakterystyki prędkościowej-zewnętrznej w każdym punkcie pomiarowym prędkości obrotowej silnika, rejestrowano 100-kolejnych cykli pracy, a mianowicie przebieg ciśnienia spalania.

W wyniku badań hamownianych silnika AD3.152 otrzymano:

- ciśnienie w komorze spalania,
- ciśnienie paliwa w przewodzie wtryskowym,
- wznios iglic wtryskiwacza.

Na podstawie otrzymanych wyników badań dokonano analizy kąta opóźnienia samozapłonu (°OWK).

5. Prezentacja i analiza wyników badań

Na rys.2 przedstawiono przykładowo uśredniony ze 100 cykli wykres indykatorowy otwarty dla paliwa ONM-City-50 przy prędkości obrotowej 1800 obr/min, na rys.3 porównanie wielkości kąta opóźnienia samozapłonu dla różnych paliw i prędkości obrotowych silnika AD3.153, a na rys.4 różnicę procentową wartości kąta opóźnienia samozapłonu pomiędzy paliwem węglowodorowym ONM City 50, a paliwami roślinnymi.

Wielkości charakterystyk (rys.3) pozwalają na określenie ważnych informacji dla diagnostyki procesu spalania, a mianowicie że największy kąt opóźnienia samozapłonu w całym przedziale prędkości obrotowej od 1000 – 2000 obr/min występuje dla paliwa węglowodorowego ONM-City-50, natomiast mniejsze kąty posiadają paliwa roślinne.

Z uwagi na łatwiejszą interpretację porównania wielkości opóźnienia samozapłonu, na rys. 4 pokazano porównanie różnic procentowych pomiędzy wartościami kąta opóźnienia samozapłonu dla zadanych stałych prędkości obrotowych silnika pomiędzy paliwem węglowodorowym ONM City a paliwami roślinnymi RBD, OR i OSŁ.

Różnice procentowe są większe są na korzyść paliw roślinnych, największą posiada olej rzepakowy OR i prawie porównywalne olej słonecznikowy OSŁ, natomiast wskazania paliwa RBD znajdują się pomiędzy ONM City, a OR i OSŁ. Uśredniona różnica pomiędzy paliwem OMN City, a OR wynosi 29,5% na korzyść

4. Description of examination method

The examination was made in institute of Vehicles and Machines Maintenance in Technical University of Radom. Before measurements starting the engine was brought to state of thermal equilibrium and then positioning of crankshaft rotation angle transducer was checked with regard to inner dead centre. A scaling of injectors opening according to producer's recommendation. The setting correction of nominal angle of dynamic pumping beginning α_{dpt} = 15° of crankshaft revolution was made according to producer's requirements. During external characteristic of velocity executing N. 100 successive working cycles were recorded in a form of indicator diagram, in each measuring point of engine rotational speed.

In a result of engine AD3.152 stand tests following characteristics were obtained:

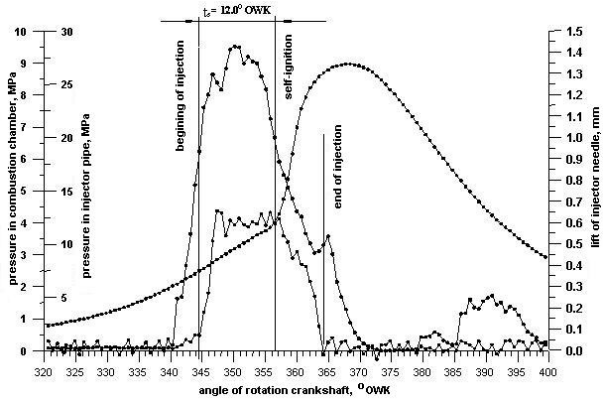
- course of pressure in combustion chamber,
- course of pressure changes in injection pipe,
- lift of injector needles.

4. Presentation and analysis of examination results

A developed indicator diagram of engine fuelled with ONM City 50, at 1800 rpm, as average from N.100 cycles is presented as an example in Fig. 2. A comparison between values of self-ignition delay angle for different fuels and rotational speeds of engine AD3.152 is presented in Fig. 3, while Fig. 4 presented percentage differents of values of self-ignition delay angle for engine fuelling with hydrocarbon ONM City 50 fuel and vegetable fuels.

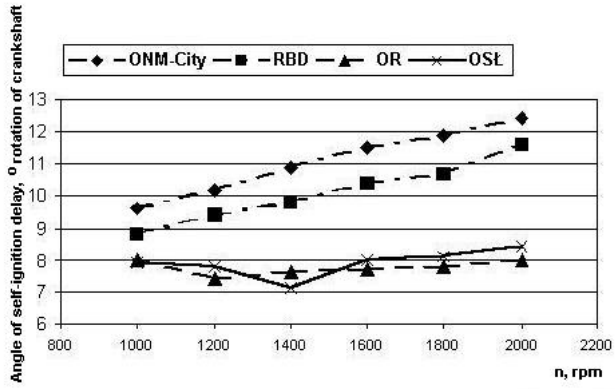
Characteristics presented in Fig. 3 allow to obtain important information's for combustion process diagnostics and namely to state that the biggest angle of self-ignition delay, in whole range of rotational speed from 1000 to 2000 rpm, appears in the case of hydrocarbon fuel ONM City 50, while lower values of angles correspond to vegetable oils. Considering easier interpretation of comparison between self-ignition delay values Fig. 4 presents comparison of percentage differents between values of self-ignition delayangle, for set constant values of engine rotational speed, for hydrocarbon fuel ONM City 50 and vegetable fuels RBD, OR and OSŁ.

Percentage differences are bigger for vegetable fuels. The biggest difference exists for rape oil OR which is comparable with sunflower oil OSŁ. These values for RBD fuel lays between ONM City and OR and OSŁ. Average difference between ONM City fuel and OR is 29,5% to the advantage of OR fuel for whole



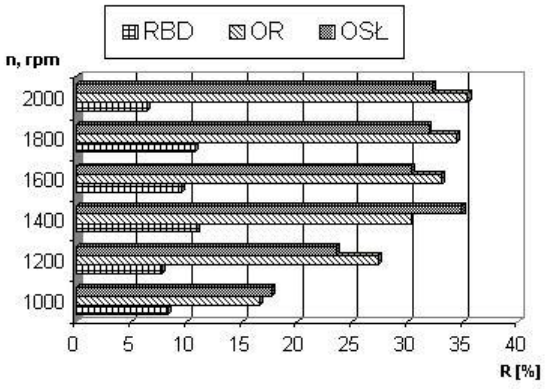
Rys. 2. Przykładowy przebieg ciśnienia w komorze spalania $p_c = f(d)$, ciśnienia w przewodzie wtryskowym $p_w=f(\alpha)$ i wzniosu iglicy rozpylacza $h_i = f(\alpha)$, (τ_s - kąt opóźnienia samozapłonu) dla paliwa ONM-City-50 przy prędkości obrotowej 1800 obr/min

Fig.2. Exemplary couse of pressure in combustion chamber $p_c = f(d)$, pressure in injection pipe $p_w=f(\alpha)$ and lift of injector needle $h_i = f(\alpha)$, (τ_s - angle of self-ignition needle) for fuel ONM-City-50 at 1800 rpm



Rys. 3. Porównanie wartości kąta opóźnienia samozapłonu dla paliw: ONM City 50 i roślinnych RBD, OR i OSŁ na bazie charakterystyki zewnętrznej

Fig. 3. Comparison between values of self ignition delay angle for engine fuelling with: ONM City 50 and vegetable fuels RBD, OR and OSŁ



Rys. 4. Porównanie różnic procentowych wartości kąta opóźnienia samozapłonu dla zadanych prędkości obrotowych silnika pomiędzy paliwem węglowodorowym ONM City 50, a paliwami roślinnymi RosBioDiesel „RBD", OR i OSŁ

Fig. 4. Comparison between percentage differents of values of self-ignition delay angle for set values of rotational speed of engine fuelled with hydrocarbon fuel ONM City 50 and vegetable fuels RBD, OR and OSŁ

paliwa OR dla całego zakresu prędkości obrotowej silnika, ONM City, a OSŁ 28,4% na korzyść OSŁ i ONM City, a RBD wynosi 8,8% na korzyść paliwa RBD.

5. Podsumowanie

Na podstawie porównawczych wyników badań różnych paliw tj. niskosiarkowego oleju napędowego ONM City -50 stosowanego w autobusach komunikacji miejskiej oraz roślinnych: Ester Metylowy Kwasów Oleju Rzepakowego RosBioDiesel RBD, oleju rzepakowego OR i oleju słonecznikowego OSŁ można sformułować następujące wnioski:

- zasilanie silnika paliwami roślinnymi: RosBioDiesel RBD, OR i OSŁ w porównaniu z zasilaniem olejem napędowym ONM City-50, powoduje krótszy okres opóźnienia samozapłonu,
- różnice procentowe pomiędzy wartościami kąta opóźnienia samozapłonu dla zadanych stałych prędkości obrotowych silnika są mniejsze dla paliw: RosBioDiesel RBD, OR i OSŁ w stosunku do oleju napędowego ONM City-50 i wynoszą one od 8.8 do 29.5% na korzyść paliw roślinnych,
- rodzaj paliwa ma wpływ na prędkość narastania ciśnienia w komorze spalania. Im krótszy okres opóźnienia samozapłonu to większy kąt trwania wtrysku, co wpływa na skutki ekologiczne emisji spalin do otoczenia.

range of engine rotational speed. This difference for fuels ONM City and OSŁ is equal 28,4% to the advantage of OSŁ and for fuels ONM City and RBD is equal 8,8% to the advantage of RBD fuel.

5. Conclusions

On the ground of comparative test results of different fuels, that is: low-sulphur diesel fuel ONM City 50 used in city buses and vegetable oils like Methyl Ester of Rape Oil Acids RosBioDiesel RBD, rape oil OR and sunflower oil OSŁ, the following conclusion can be formulated:

- engine fuelling with vegetable fuels: RosBioDiesel RBD, OR and OSŁ causes shorter time of self-ignition delay in comparison with fuelling with diesel fuel ONM City 50,
- percentage differences between values of self-ignition delay angle for set constant engine rotational speed values are lower for fuels: RosBioDiesel RBD, OR and OSŁ in relation to diesel fuel ONM City 50 and are equal from 8,8% to 29,5% to the advantage of vegetable fuels,
- fuel type influences speed of pressure rise in combustion chamber. The shorter time of self-ignition delay the bigger angle of injection period. It also influences emission of toxic components in exhaust gases.

6. Literatura

[1] Ambrozik A.: *Wpływ kąta wyprzedzenia wtrysku na dynamikę wydzielania ciepła podczas procesu spalania.* Teka Komisji Naukowo-Problemowej Motoryzacji, ISNN 1642-1639, Zeszyt Nr 22, Kraków 2001.

[2] Dokumentacja Techniczna.: *Stanowisko pomiarowe parametrów pomiarowych szybkozmiennych ciśnień,* IEPiM Politechnika Radomska, Radom 2001.

[3] Lotko W.: *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami węglowodorowymi i roślinnymi*. WNT, Warszawa 1997.

[4] Merkisz J.: *Wpływ motoryzacji na skażenia środowiska naturalnego*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1994.

[5] Olejarnia z Rafinerią ROSIAK.: *Właściwości fizykochemiczne estrów metylowych kwasów oleju rzepakowego paliwa RosBioDiesel RBD*, Kłodawa 2001.

[6] Polski Koncern Naftowy ORLEN S.A, Świadectwo jakości, Płock 2001.

[7] Materiały informacyjne PPHU D.R. Rosiak i Rosiak Sp.z.o.o.Kłodawa, 2002.

Prof. dr hab. inż. Andrzej Ambrozik
Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
Instytut Pojazdów, Zakład Silników Spalinowych
Politechnika Warszawska
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa
Mgr inż. Piotr Orliński
Wydział Transportu, Politechnika Warszawska
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa
Mgr inż. Stanisław Orliński
Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, Politechnika Radomska

Eugeniusz Olearczuk

IDEA I ZASADY DOBREJ PRAKTYKI EKSPLOATACJI OBIEKTÓW TECHNICZNYCH

1. Wprowadzenie

W realizacji zadań gospodarczych i społecznych niezbędnym czynnikiem działań są różnorodne obiekty techniczne: maszyny, urządzenia, pojazdy, budynki, instalacje infrastrukturalne i inne. Świadomie czy nieświadomie, pośrednio lub bezpośrednio, z potrzeby lub z obowiązku, każdy człowiek staje się użytkownikiem pewnego zbioru takich obiektów, przyjmując na siebie i pełniąc określone funkcję podmiotu, pośrednika lub przedmiotu działania, w zależności od sytuacji, na które ma lub nie ma wpływu. W tej antropo-technicznej przestrzeni działania obowiązują określone prawa techniki, organizacji, ekonomii, socjologii i inne, które zinterpretujemy jako prawa eksploatacji. Spotykamy tu więc i prawo przekory, i prawo, kumulacji, i prawo skutku niezamierzonego i prawo synergii, i prawo przedawnienia. Spotykamy tu też bardzo liczne patologie różnej natury. Niektóre z nich wywołują w systemach działania zwielokrotnione, gospodarczo lub społecznie, negatywne skutki. W wielu przypadkach, w szczególności w gospodarce komunalnej, w wyniku wieloletnich zaniechań lub zaniedbań, stan tej gospodarki odbiega od oczekiwań społeczności lokalnej i standardów zarówno krajowych, jak i unijnych pod względem porządkowym, jak i rozwojowym.

Szczególnie wzgląd porządkowy warto tu szerzej potraktować, gdyż jego poprawa jest:

- tania,
- przynosi szybkie skutki pozytywne,
- jest dobrze odbierana społecznie,
- stanowi przesłankę racjonalnego rozwoju każdej gospodarki.

Wzgląd porządkowy jest ściśle związany z eksploatacją określana normatywnie jako zespół wszystkich działań technicznych i organizacyjnych mających na celu umożliwienie wypełniania przez obiekt wymaganych funkcji, włącznie z koniecznym dostosowaniem do zmian warunków zewnętrznych (wywołanych przez użytkowników i środowisko). W praktyce mówimy, że eksploatacja obejmuje użytkowanie i obsługiwanie (utrzymanie) nieruchomości (łącznie lub z wydzieleniem zasilania info - materialnego, logistyki). Jak każda działalność eksploatacja może być dobrze lub źle prowadzona. Niżej omówione są wybrane wątki dobrej praktyki eksploatacji (DPE).

2. Idea dobrej praktyki eksploatacyjnej

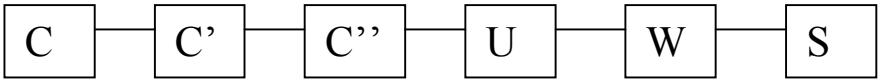
Dobra praktyka eksploatacyjna (DPE) mająca swe korzenie w postawie i działaniach pozytywistycznych była nam przypomniana przez Profesora Tadeusza Kotarbińskiego w „Traktacie o dobrej robocie" (1955), a następnie przeszczepiana z różnym nasileniem i skutkiem na nasz grunt z pojawiających się na świecie (np. Japonia, kraje anglosaskie) doświadczeń zwanych ogólnie GMP (Good Manufacturing Practice). Równolegle stworzone zostały warunki do dobrej praktyki projektowania. Wprowadzenie do praktyki projektowania wspomagania komputerowego (CAD) znacząco zmniejszyło niebezpieczeństwo „złego" projektowania. Obiekty i systemy techniczne są więc coraz **łatwiej** projektowane, coraz **lepiej** wytwarzanie (CAM) ale trzeba zadać to zasadnicze pytanie (jak wiele faktów je uzasadnia!) – czy są one **dobrze** eksploatowane?

Przywołujemy więc ideę DPE, która jest celem, a zarazem sposobem, jako metoda, porządkowania działania ludzi z obiektami technicznymi o różnym przeznaczeniu pod względem (rys. 1):

- prawnym (np. w relacjach C – C' – C''),
- organizacyjnym (np. w relacjach C' – C'' - U),
- technicznym (np. w relacjach (C'' – U – W),
- ekologicznym (np. w relacjach (U – W – S),
- traumatycznym (np. w relacjach S - <U, W> - <C, C', C''>).

Zakres i treść tego porządkowania są oceniane pod różnymi względami. Dominują kryteria: dobra ogólnego, oszczędności lub wydajności, zrównoważonego rozwoju oraz kosztów.

Regulacje prawne, organizacyjne, techniczne i ekologiczne dotyczące problemów, uwarunkowań i ogra-



Rys. 1. Elementarny łańcuch działania zinstrumentalizowanego; C, C', C'' – podmioty: postronny, inicjujący, wykonawczy, U – obiekt techniczny, W – wytwór, S – środowisko.

niczeń eksploatacyjnych są przedmiotem wielu krajowych aktów legislacyjnych oraz dyrektyw unijnych i norm europejskich (ISO).

Dobrą praktyką eksploatacyjną nazwiemy więc taki stabilny sposób postępowania podmiotów działania, w którym podejmowane działania i ich wyniki:

- odpowiadają zamierzeniom właściciela lub zarządcy ujętym w planie eksploatacji,
- są efektywne i odpowiednie w przyjętym aspekcie eksploatacyjnym,
- odpowiadają kryterium gospodarności w przyjętym kontekście rozwoju własnego, lokalnego i regionalnego (tab. 1).

3. Elementy DPE

DPE przejawia się w różny sposób w całym cyklu powstawiania i istnienia zarówno obiektu technicznego, jaki i systemu jego eksploatacji. Już na początku tego cyklu muszą być (1) **dobrze** sformułowane założenia i wymagania dla przyszłego obiektu i nominalnego systemu jego eksploatacji. Następnie obiekt musi być (2) **dobrze** zaprojektowany eksploatacyjnie, w szczególności chodzi o jego przydatność użytkową, podatność obsługową i trwałość. Kolejno pojawiają się: (3) **dobre** wykonanie, (4) **dobra** metodyka badania, oceny i odbioru obiektu, (5) **dobra** „obudowa" obiektu w postaci urządzeń pomocniczych i obsługowych, dokumentacji z nominalnym planem eksploatacji, instrukcjami użytkowania, zasilania i obsługiwania, (6) **dobra** instalacja i wdrożenie do eksploa- tacji, (7) **dobry** plan użytkowania, zasilania i obsługiwania, (8) **dobry** sposób przygotowania i realizowania eksploatacji, (9) **dobry** sposób zarządzania eksploatacją, (10) **dobry** zakres panowania nad ryzykiem i kosztami eksploatacji.

Każdy z tych elementów DPE jest uszczegóławiany wieloma dodatkowymi zagadnieniami. Zaliczymy do nich dla przykładu:

- IWZ – istotne warunki zamówienia, uwzględniające aspekty eksploatacyjne przy organizacji przetargów,
- uwzględnienie norm technicznych i standardów eksploatacyjnych,
- program szkolenia, kwalifikowania, nadzorowania i motywowania w zakresie podejścia eksploatacyjnego personelu administracyjnego i technicznego,
- wybór proeksploatacyjnych kont rachunkowych i innych baz danych,
- organizowanie spotkań zawodowych dla wymiany poglądów i doświadczeń eksploatacyjnych,
- doskonalenie eksploatacyjne procedur, regulaminów, układów obowiązków, uprawnień i odpowiedzialności,
- wybór zestawu wskaźników eksploatacji dla oceny, porównań,
- wdrażanie wspomagania komputerowego eksploatacji.

4. Zasady DPE

Sukcesywne wdrażanie i umacnianie idei DPE poprzedza sformułowanie kilku zasad, które konsekwentnie stosowane warunkują osiągniecie wyznaczonych celów. Przykładowymi zasadami DPE są:

- ustawiczne kształtowanie podejścia eksploatacyjnego podmiotów eksploatacji,
- planowanie krótko i długookresowe eksploatacji,
- dbanie o motywacje i kwalifikacje personelu,

Tab. 1. Przykłady

Zamierzeń	Utrzymanie zużycia obiektów technicznych na poziomie 25 – 30 % Zmniejszenie udziału obsług nieplanowanych z 10 do 6 % Zwiększenie gotowości technicznej z 70 do 85 %
Aspektu	Awaryjność obiektów majątku komunalnego Bezpieczeństwo i higiena pracy Innowacje techniczne i zarządcze
Kontekstu	Koszty technicznie nieuzasadnione Taryfy zapewniające samowystarczalność finansową Kwalifikacje i doświadczenia personelu technicznego i administracyjnego

- harmonizowanie obowiązków, uprawnień i odpowiedzialności personelu kierowniczego, nadzorczego i wykonawczego,
- zawieranie uczciwych kontraktów,
- dokumentowanie i analizowanie zdarzeń eksploatacyjnych,
- nadzorowanie przygotowania i przebiegu eksploatacji,
- inwentaryzowanie i ewaluowanie stanu obiektów majątku technicznego,
- oferowanie godziwych taryf,
- audytowanie systemu eksploatacji w aspekcie ryzyka i kosztów eksploatacji.

5. Warunki upowszechnienia idei DPE

Dobra praktyka eksploatacyjna, jako idea wymagająca szerokiego upowszechnienia i konsekwentnego wysiłku, może być wdrożona wówczas, gdy znajdzie zainteresowanie i uznanie w: gremiach opiniotwórczych i decyzyjnych,czynnikach samorządu terytorialnego i gospodarczego oraz społeczności lokalnej.

DPE ma solidne podstawy naukowo-techniczne będące dorobkiem uczelnianych jednostek dydaktyczno-badawczych w specjalnościach budowy i eksploatacji maszyn i innych obiektów technicznych. Dużo uwagi i wysiłku w zakresie kształtowania i wdrażania DPE mają stowarzyszenia techniczne, ekonomiczne i ekologiczne, w tym Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne (PNTTE), będące członkiem Europejskiej Federacji Narodowych Towarzystw Eksploatacyjnych (EFNMS).

W upowszechnianiu i wdrażaniu idei DPE ważne znaczenie mogą mieć, prowadzone własnymi siłami lub z pomocą usługobiorców, takie prace, jak np.:

- studia i analizy eksploatacyjne projektowanych i istniejących systemów komunalnych,
- standaryzacja w zakresie użytkowania, zasilania i obsługiwania (utrzymywania) obiektów/systemów komunalnych,
- audyty DPE prowadzone z inicjatywy jednostek/ przedsiębiorstw gospodarki komunalnej lub szczebli zwierzchnich (główna oferta PNTTE),
- rekomendowanie/certyfikowanie (fakultatywne i obligatoryjne) jednostek, zespołów ludzkich, usług i wyrobów,
- upowszechnianie doświadczeń i uogólnień związanych z rozwojem i wdrożeniami inżynierii eksploatacji i edukacją eksploatacyjną.

6. Zakończenie

Dążenie do poszukiwania i doskonalenia działalności praktycznej jest procesem długotrwałym. Wizja przyszłości, w której:działania są racjonalne i uczciwe, ryzyko i koszty eksploatacyjne są niskie, marnotrawstwo i patologie są zminimalizowane, opinia lokalna jest zgodna w pozytywnej ocenie skuteczności i gospodarności działań - może być osiągnięta w wyniku konsekwentnego i innowacyjnego wdrożenia i rozwoju DPE. W wymiarze praktycznym, przy uwzględnieniu standardu PNTTE SE – 99, postulujemy:

a) uzupełnianie każdej nowej inicjatywy (koncepcji) i programu (planu) przedsięwzięć o ANALIZY/PROJEKTY EKSPLOATACYJNE
b) poddawanie istniejących rozwiązań systemów eksploatacji obiektów komunalnych (AUDYTOWANIU W ASPEKCIE DPE)

Odniesienie się do wymagań integracji europejskiej i możliwość wykorzystania funduszy unijnych tworzy sytuację motywującą dla władz i liderów społeczności lokalnej. Pozostaje opracowanie programów i planów działań, które znajdą uznanie kompetentnych gremiów, podejmujących decyzje tematyczne i alokacyjne.

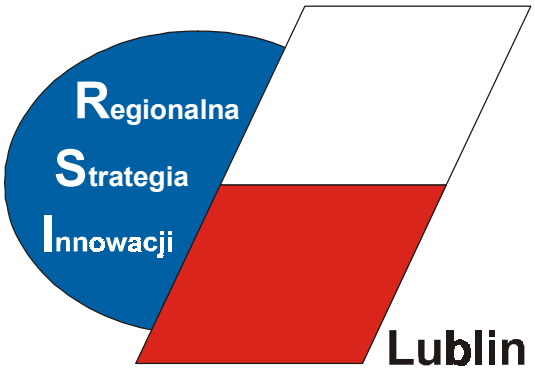
7. Literatura

[1] Downarowicz O.: *System eksploatacji. Zarządzanie zasobami techniki*. Wyd. ITE, Gdańsk – Radom 1998.
[2] Olearczuk E.: *Eksploatacja budynków (mieszkalnych)*. Wyd. ITE, Radom 1999.
[3] Olearczuk E.: *Standardy eksploatacyjne PNTTE*. Eksploatacja i Niezawodność 2002, nr1,
[4] Olearczuk E.: *Inicjatywa PNTTE – audytowanie eksploatacji majątku technicznego przedsiębiorstwa*. Eksploatacja i Niezawodność 2002, nr 4.
[5] Olearczuk E.: *Audytowanie systemu eksploatacji małej i średniej wytwórni*. Informator PNTTE nr 12/2002 (wewnętrzny).

Dr inż. Eugeniusz Olearczuk
Wyższa Szkoła Gospodarowania Nieruchomościami
Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne
ul. Newelska 6, Warszawa

AKTUALNOŚCI

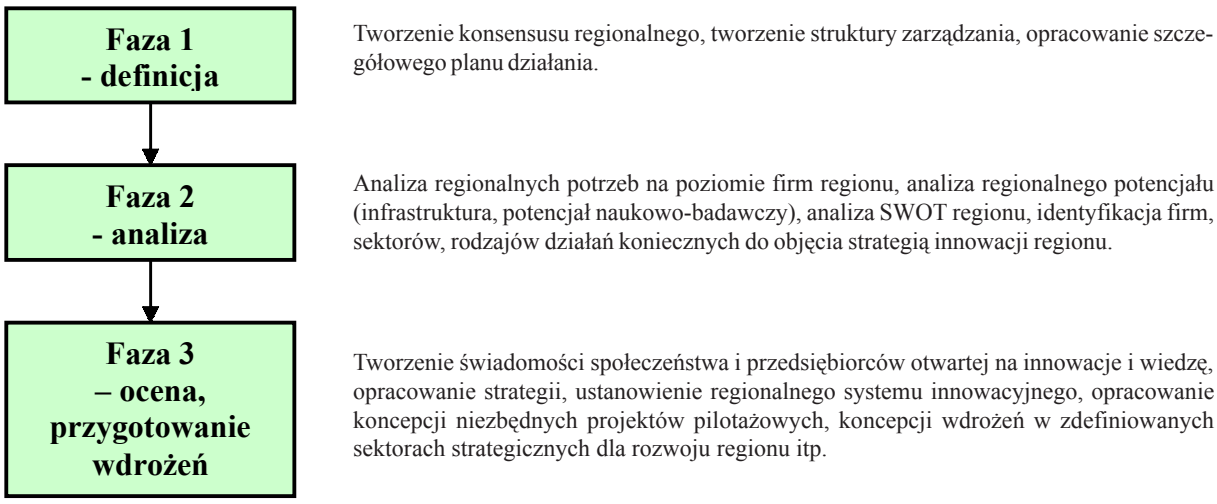
REGIONALNA STRATEGIA INNOWACJI DLA WOJEWÓDZTWA LUBELSKIEGO



Od niemal roku międzywydziałowy zespół pracowników Politechniki Lubelskiej kierowany przez Prorektora ds. Ogólnych - prof. Marka Opielaka prowadzi parce nad regionalną strategią innowacji województwa lubelskiego. Prace te są wynikiem deklaracji podpisanej w roku 2002 przez Marszałka Województwa Lubelskiego oraz Ministra Nauki, Przewodniczącego Komitetu Badań Naukowych, w której stwierdzono między innymi, że ważnym warunkiem skutecznego pościgu za najlepszymi jest równomierny i stabilny, a zarazem przyspieszony rozwój polskich regionów – uwzględniający najnowocześniejsze wzorce ekonomiczne, technologiczne i organizacyjne, wsparty dobrym wykorzystaniem funduszy krajowych i europejskich. Biorąc również pod uwagę, że rozwój nowoczesnej gospodarki i nowoczesnego społeczeństwa opiera się na zasobach wiedzy i dostępie do informacji, na badaniach naukowych i nowych technologiach, na szerokim wykorzystaniu współpracy krajowej i zagranicznej – strony zadeklarowały wspólnie wsparcie merytoryczne, organizacyjne i finansowe dla przygotowania Regionalnych Strategii Innowacji (RSI) zgodnych z priorytetami Narodowego Planu Rozwoju i programami rozwoju województw. Podstawowym celem RSI jest podniesienie udziału nauki i zaawansowanych technologii w programach rozwoju kraju i regionów oraz zwiększenie szans pozyskania środków przeznaczanych przez Unię Europejską na rozwój regionalny.

„Regionalna Strategia Innowacji dla Województwa Lubelskiego” będzie produktem finalnym projektu celowego współfinansowanego przez Komitet Badań Naukowych, którego zleceniodawcą prac badawczo-wdrożeniowych jest Urząd Marszałkowski Województwa Lubelskiego, a głównym wykonawcą - Politechnika Lubelska.

Celem realizacji projektu jest wykonanie niezbędnych czynności zmierzających do opracowania strategii innowacji województwa lubelskiego. W poszczególnych etapach (rys. 1) realizowane będą zadania zmierzające do zacieśnienia współpracy najważniejszych instytucji regionu aktywnych i doświadczonych w dziedzinie innowacji i transferu technologii, w tym władz samorządowych województwa, ośrodków naukowo-badawczych, organizacji biznesowych, przedstawicieli przemysłu itp. Jej efektem będzie dokonanie niezbędnej analizy określającej potrzeby i możliwości innowacyjnych firm reprezentujących dziedziny gospodarki istotne dla rozwoju województwa lubelskiego. Przewidziana analiza pozwoli na ocenę, jakich rozwiązań innowacyjnych firmy oczekują, z jakimi problemami się stykają, czy też jakie rozwiązania innowacyjne stosują i jaki jest poziom kultury innowacyjnej w firmach. Analiza potrzeb przedsiębiorstw będzie skorelowana z oceną możliwości sektora naukowo-badawczego. Wyniki badań i analizy SWOT regionu przełożą się na opracowanie oraz określenie i zrealizowanie strategii i przyszłych działań regionu zmierzają-



Rys. 1. Fazy realizacji projektu

cych do poprawy innowacyjności i zaspokojenia zdefiniowanych potrzeb z wykorzystaniem szeregu dostępnych metod i istniejącego oraz przyszłego potencjału rozwoju województwa lubelskiego.

Idea realizacji projektu, którego celem jest opracowanie Regionalnej Strategii Innowacji, rozumiana jest między innymi jako koncepcja projektów pilotażowych, wdrażanych począwszy od roku 2004 przy jednoczesnym wykorzystaniu środków strukturalnych jakimi dysponować będzie region lubelski. Wynika to z potrzeby istotnego wpłynięcia na rozwój województwa posiadających ogromny, niewykorzystany potencjał - środowisk naukowych, przemysłowych przy aktywnym wsparciu samorządu.

Ogólnie wiadomym jest bowiem, że województwo lubelskie ma charakter rolniczo-przemysłowy. Jest to obszar ulegający marginalizacji, znacznie zapóźniony pod względem społeczno-gospodarczym, o niskich standardach poziomu życia mieszkańców. Sytuację województwa określają najlepiej problemy demograficzne i gospodarcze charakterystyczne dla tzw. „ściany wschodniej", przejawiające się w niskich dochodach mieszkańców, w depopulacji, w starzeniu się ludności. Istniejące tu struktury przemysłowe, rolnicze i zasoby ludzkie okazały się mało podatne na szybkie przekształcenia organizacyjne i techniczno-technologiczne, umożliwiające wzrost efektywności oraz zwiększenie konkurencyjności gospodarki.

Gospodarkę województwa lubelskiego charakteryzuje słabnąca dynamika wzrostu. W latach 1995-1999 PKB w regionie wzrósł o ok. 80%, w Polsce wzrost ten wynosił ok. 100% (1995=100); w konsekwencji udział PKB województwa w PKB kraju zmniejszył się z 4,5% do 4%. Średni poziom PKB na mieszkańca w 1999r. wyniósł 11 112 zł. Wartość ta plasuje województwo lubelskie na ostatnim miejscu w Polsce. Była ona bowiem aż o 30% niższa od średniej krajowej i dwukrotnie niższa od najbogatszego województwa mazowieckiego. W strukturze eksportu przeważają produkty surowcochłonne (54%), produkty intensywne technologicznie stanowią zaledwie 2%. Związane jest to w dużej mierze z niskimi nakładami na innowacje. Charakterystyczną cechą struktury nakładów na działalność B+R w województwie lubelskim jest z jednej strony znaczny udział nakładów na działalność bieżącą (ponad 10% wyższy niż średnio w kraju), z drugiej zaś relatywnie niski udział nakładów inwestycyjnych (ponad dwukrotnie niższy niż średnio w kraju). Nakłady na działalność B+R województwa lubelskiego stanowią tylko 3,3% wartości nakładów ponoszonych w skali kraju. Warto odnotować, że o ile w skali kraju na jednego zatrudnionego w działalności B+R przypada średnio 0,031 mln zł nakładów, to w województwie lubelskim wskaźnik ten jest zdecydowanie niższy i wynosi tylko 0,019 mln zł.

Celem RSI jest zatem zmiana tych tendencji poprzez przyczynienie się do aktywniejszej współpracy firm regionu oraz samorządu lokalnego z jednostkami naukowo-badawczymi. W realizacji projektu RSI poza Urzędem Marszałkowskim oraz Politechniką Lubelską partycypują również partnerzy konsorcjum (w porządku alfabetycznym): Akademia Rolnicza w Lublinie, Instytut Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie, Lubelska Fundacja Rozwoju, Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej w Lublinie, Wyższa Szkoła Zarządzania i Administracji w Zamościu oraz partnerzy projektu: Akademia Medyczna w Lublinie, FS Holding, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, Katolicki Uniwersytet Lubelski, Lubelski Sejmik Gospodarczy, Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Państwowy Instytut Weterynaryjny w Puławach, Polska

Akademia Nauk - Oddział w Lublinie, PZL Świdnik, Urząd Statystyczny, Urząd Wojewódzki w Lublinie oraz Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie.

Głównym celem opracowania strategii innowacji jest wymierne wpłynięcie na rozwój regionu oraz przyczynienie się do wzrostu jego konkurencyjności, szczególnie w dziedzinie zaawansowanych technologii, usług, zarządzania, jakości życia, zdrowia, rolnictwa, ekoturystyki itp. Pośrednim celem jest również stworzenie stabilnej płaszczyzny wspierania i promocji innowacyjności przedsiębiorstw regionu dzięki bliższej współpracy środowisk biznesowych i naukowo-badawczych oraz samorządowych. Nie mniej istotne jest również podniesienie poziomu kultury innowacyjnej w regionie. Jako jeden z celów strategii innowacji przyczyni się to do większej efektywności w wykorzystywaniu funduszy strukturalnych, czy też środków na krajowe i międzynarodowe programy badawcze.

Celem projektu jest ponadto przyszłe wzmocnienie pozycji rynkowej i potencjału rozwojowego regionu jako efektu realizacji strategii innowacji obejmującej między innymi uświadomienie roli i znaczenia innowacyjności produktu, technologii, zarządzania, transferu technologii itp. Przedmiotem zainteresowania pozostanie w tym przypadku głównie sektor produkcji i jego potencjalna działalność innowacyjna (potrzeby, możliwości, uwarunkowania) oraz wzrost produktywności nakładów w poszczególnych przedsiębiorstwach, czy też gałęziach gospodarki regionu. Odrębny nacisk zostanie położony na zdefiniowanie potrzeb oraz określenie kierunków działania w dziedzinie usług, zarządzania, jakości życia, zdrowia oraz rolnictwa – zwłaszcza w aspekcie potrzeb związanych z przystąpieniem Polski do UE.

Innowacje i transfer technologii to jedne z podstawowych czynników wzrostu gospodarczego, między innymi poprzez podniesienie konkurencyjności. Dużo miejsca w opracowaniu strategii innowacji poświęcone zostanie zatem zagadnieniom promocji i wsparcia wprowadzania do produkcji nowych wyrobów, doskonalenia produktów lub procesów istniejących, zastosowania nowych sposobów sprzedaży lub zakupów itd. Podstawowa jest tutaj rola ośrodków naukowych regionu i ich ogromnego potencjału w tym zakresie. Tematyka analizowanych zagadnień w znacznej części będzie odnosić się również do problematyki innowacyjności i transferu technologii w krajach Unii Europejskiej oraz związanych z tym zagadnień polityki dostosowawczej, a w szczególności uwzględniać będzie priorytety wskazane w sektorowych i regionalnych programach operacyjnych do funduszy strukturalnych oraz w VI Programie Ramowym UE. Dużo miejsca poświęcone zostanie również metodom i źródłom pozyskiwania informacji na temat innowacji i transferu technologii oraz źródeł potencjalnego dofinansowania zarówno w kraju, jak i w instytucjach unijnych.

Ważnym etapem realizacji projektu będzie osiągnięcie konsensusu regionalnego, poprzez koncentrację w gronie partnerów instytucji kluczowych dla regionu pod względem dotychczasowego doświadczenia i udziału w działaniach dotyczących innowacji, transferu technologii itp., lub też instytucji o znaczącej, przyszłej roli we wdrażaniu innowacyjności, jej promocji lub kształtowaniu kultury innowacji. Misja i główne cele opracowania oraz późniejszej realizacji regionalnej strategii innowacji dla województwa lubelskiego obejmować będzie następujące podstawowe zagadnienia oraz grupy problematyczne:

1. Proces innowacyjny a możliwości regionu i jego polityka w tym zakresie

Analiza możliwości i istoty innowacji w aspekcie potencjału produkcyjnego oraz naukowo-badawczego regionu. Kierunki rozwoju innowacji, innowacje a transformacja systemu ekonomicznego.

1.1. Klasyfikacja innowacji w regionie i ich ocena - Innowacje produktowe i procesowe, innowacje antropocentryczne, społeczne, biotyczne i techniczne, oceny stopnia innowacyjności, analiza porównawcza.

1.2. Proces innowacyjny – perspektywa - Analiza potrzeb i potencjału poszczególnych grup przedsiębiorstw lub branż w zakresie możliwości wprowadzenia do produkcji wyrobów nowych lub też doskonalenie produktów już istniejących, wprowadzenie nowego lub udoskonalenie istniejącego procesu produkcyjnego, zastosowanie nowego sposobu sprzedaży lub zakupów, otwarcie nowego rynku, zastosowanie nowych surowców lub półfabrykatów, wprowadzenie nowej organizacji produkcji. Potrzeba działań innowacyjnych a praktyka gospodarcza, ocena innowacyjności przedsiębiorstw, bariery w procesie innowacyjnym w krajach rozwiniętych i na rynku lokalnym. Rzeczywistość a przyszła polityka wspierania i promocji innowacyjności przedsiębiorstw regionu.

1.3. Innowacyjność przedsiębiorstw regionu w świetle integracji z Unią Europejską - Innowacje w krajach UE, unijna polityka innowacji w odniesieniu do krajów członkowskich oraz nowo stowarzyszonych, procesy dostosowawcze do polityki innowacyjnej UE, unijne instytucje wspierające innowacje, założenia polityki innowacyjnej RP do roku 2006, ve*nture capital* a innowacje.

1.4. Informacja w procesie innowacyjnym - Metody i źródła pozyskiwania informacji, ocena wiarygodności, innowacje w świetle współpracy ośrodków

naukowych i przemysłowych (źródła pozyskiwania dofinansowania, płaszczyzny współpracy), krajowe i zagraniczne instytucje i organizacje wspierające działalność w zakresie innowacyjności, sieci innowacyjne.

2. Transfer technologii jako główny element strategii innowacji regionu

2.1. Transfer technologii – uwarunkowania regionalne mające wpływ na transfer technologii polityczne, ekonomiczne, ekologiczne, instytucjonalno-prawne itp.).
2.2. Audyt technologiczny – przegląd możliwości i potrzeb przedsiębiorstw regionu w zakresie rozwoju technologii.
2.3. Transfer technologii jako element strategii technologicznych - Innowacje a transfer technologii. Pozyskiwanie technologii, wdrażanie nowych technologii, skutki wdrożeń, typowe strategie i ich ocena.
2.4. Źródła finansowania nowych technologii - Pozyskiwanie informacji na temat źródeł finansowania nowych technologii, ocena możliwości finansowania nowych technologii, programy krajowe oraz międzynarodowe w zakresie wdrażania nowych technologii, projekty celowe finansujące badania naukowe oraz ich wdrożenie, rola *venture capital*.
2.5. Transfer technologii w świetle integracji z Unią Europejską - Transfer technologii w krajach UE, unijna polityka w odniesieniu do krajów członkowskich oraz nowo stowarzyszonych, procesy dostosowawcze, unijne instytucje wspierające transfer technologii – ocena potrzeb i możliwości współpracy. Katalog krajowych i zagranicznych instytucji i organizacji wspierających działalność w zakresie transferu technologii.
2.6. Ochrona prawna – wynalazków oraz nowych technologii.

Do głównych celów realizacji projektu RSI dla Województwa Lubelskiego należy zaliczyć:

3.1. Kreowanie korzystnego klimatu dla innowacji
3.1.1. Umiejscowienie innowacji w procesie edukacji - Aby innowacyjność była postrzegana właściwie i zajmowała należne jej w gospodarce miejsce konieczne jest odpowiednie przygotowanie kadr. Niezbędnym wydaje się edukacja zarówno na szczeblu szkół i uczelni, ale również na szczeblu zakładów pracy. Stąd też celowe jest dostosowanie programów nauczania w zakresie innowacyjności do potrzeb i wymogów stawianych przez nowoczesne przedsiębiorstwa. Niezbędne jest też ustawiczne szkolenie pracowników poszczególnych firm oraz upowszechnianie rozwiązań innowacyjnych.
3.1.2. Wskazywanie europejskich przykładów w zakresie innowacyjności - W Europie istnieje wiele form propagowania przykładów rozwiązań innowacyjnych, co ułatwia ukazywanie ich w kraju. Niezbędne wydaje się być tu naśladowanie form i sposobów popularyzacji takich rozwiązań oraz przenoszenie praktyki upowszechniania wiedzy na temat nowoczesnych wdrożeń na grunt krajowy i regionalny.
3.1.3. Uznanie dobrych przykładów /good practice/ w regionie - Najlepszym sposobem upowszechniania i ukazywania zalet innowacyjności jest wskazywanie dobrych przykładów, które są realizowane w regionie. Przykłady w sposób obrazowy przemawiają i pokazują, że możliwe jest określone działanie innowacyjne oraz to, że działanie to będzie zauważone i docenione. Co więcej na dobrych przykładach najłatwiej jest wskazać sposoby działania i etapy konieczne do przejścia. Promocja dobrych przykładów niezbędna wydaje się w celu zachęcenia do podjęcia działań innowacyjnych.
3.1.4. Nagłaśnianie jednomyślności dla znaczenia innowacji - Dla osiągnięcia właściwej rangi, w regionie powinno zostać zawarte porozumienie pomiędzy wszystkimi potencjalnymi partnerami na rzecz tworzenia efektywnych rozwiązań innowacyjnych. Osiągnięcie porozumienia spowoduje lepszy odbiór dla działań innowacyjnych oraz akceptację tych działań. Przyczyni się to szerszego udziału potencjalnych partnerów i co się z tym wiąże upowszechnienie innowacyjności.
3.1.5. Skoordynowanie działań z krajowymi aktywnościami na rzecz innowacyjności - Niezbędne jest włączenie regionalnego systemu innowacyjnego w krajowy system na rzecz innowacyjności. Działania prowadzone będą w zgodności z Narodowym Programem Rozwoju, Polityką Innowacyjna Państwa itp. Rozwiązanie takie wzmocni działania regionalne i nada im wyższą rangę.

Jednym z pierwszych etapów prac nad RSI było spotkanie Regionalnego Komitetu Sterującego projektu, które odbyło się 17 kwietnia 2003 roku w Sali Senatu PL. Spotkaniu przewodniczyli: Rektor PL – prof. Józef Kuczmaszewski oraz Marszałek Województwa Lubelskiego – Henryk Makarewicz. Gośćmi spotkania byli powołani przez Marszałka członkowie Komitetu:

Mirosław Złomaniec (Wicemarszałek Województwa Lubelskiego), Zdzisław Targoński (Rektor Akademii Rolniczej w Lublinie), Ryszard Walczak (Dyrektor Instytutu Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie), Andrzej Kidyba (Prezes Lubelskiej Fundacji Rozwoju), Marian Harasimiuk (Rektor UMCS), Kazimierz Głowniak (Prorektor ds. Nauki Akademii Medycznej w Lublinie), Stanisław Krasowicz (Z-ca dyrektora ds. Naukowo – Badawczych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach), Waldemar Świątkowski(Marszałek Lubelskiego Sejmiku Gospodarczego), Marek Wagner (Prezes Zarządu Regionalnej Izby Gospodarczej w Lublinie), Teresa Bogacka (Prezes Zarządu Fundacji OIC Poland Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji w Lublinie), Zbigniew Prożogo (Dyrektor Wydziału Skarbu Państwa i Przekształceń Własnościowych UW w Lublinie), Marian Starownik (Przewodniczący Konwentu Starostów Województwa Lubelskiego).

Współprzewodniczącym spotkania był Rektor PL – prof. Józef Kuczmaszewski

Głównymi tematami spotkania Komitetu Sterującego były miedzy innymi:

1. Regionalna strategia innowacji, jako działanie zmierzające do utworzenia konsensusu regionalnego oraz przygotowania wdrożeń dla wykorzystania funduszy strukturalnych UE
2. Struktura zarządzania projektem RSI
3. Prezentacja regulaminu pracy Komitetu Sterującego oraz jego formalne przyjęcie
4. Zadania realizowane w projekcie RSI
5. Koncepcja badań podaży i popytu, jako elementu prac nad RSI

Kolejnym, ważnym elementem realizacji projektu RSI jest konferencja – „Regionalne Forum Innowacji", która będzie imprezą cykliczną, organizowaną przez Politechnikę Lubelską wspólnie z Urzędem Marszałkowskim Województwa Lubelskiego. Patronat nad nią objął Rektor Politechniki Lubelskiej oraz Marszałek Województwa Lubelskiego. Pierwsze Regionalne Forum Innowacji odbyło się 24 czerwca 2003 roku na Wydziale Mechanicznym PL.

Regionalne Forum Innowacji, to inicjatywa powstała w ramach realizacji projektu „Regionalna Strategia Innowacji Województwa Lubelskiego". Jej celem jest między innymi promocja tematyki innowacyjności oraz zainicjowanie działań innowacyjnych we współpracy środowisk gospodarczych, naukowych i samorządowych regionu w aspekcie efektywnego wykorzystania funduszy rządowych i unijnych. R

Regiony w Unii Europejskiej charakteryzują się wysoką konkurencyjnością swoich gospodarek. Swój potencjał ekonomiczny tworzą w wyniku wspólnej realizacji działań podmiotów gospodarczych, samorządów, instytucji naukowo-badawczych, kreujących powstawanie nowoczesnych form aktywności gospodarczej, gdzie dotychczasowi konkurenci stają się partnerami wspólnie tworzącymi silne systemy gospodarcze. Dlatego tez, opierając się na tego typu doświadczeniach, których przykłady z Francji oraz Finlandii były prezentowane podczas Forum - postawiliśmy sobie za cel między innymi wzmocnienie potencjału gospodarczego regionu lubelskiego poprzez wzrost jego innowacyjności, dzięki uświadomieniu przedsiębiorcom roli takich działań, przy jednoczesnym wskazaniu możliwości ich finansowania z funduszy UE. Stąd też podtytułem pierwszego Forum było „Pozyskiwanie rozwiązań innowacyjnych oraz źródła ich finansowania" Innymi słowy - jak stać się firma innowacyjną i skąd wziąć na to środki finansowe? Przy okazji konferencji, zaprezentowaliśmy firmy regionu, które dostrzegają znaczenie innowacji, stosują je i dzięki temu uzyskują wymierne korzyści. Podczas wystawy towarzyszącej konferencji można było zapoznać się z formami i efektami działań proinnowacyjnych takich instytucji, jak: Spółka Inżynierów SIM S.A., Lubelskie Zakłady Energetyczne Lubzel S.A., Państwowy Instytut Weterynaryjny w Puławach, Multivac Sp. z o.o., Wojewódzki Klub Techniki i Racjonalizacji w Zamościu, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, Lubelska Fundacja Rozwoju, SIPMA S.A., MPWIK Lublin, Politechnika Lubelska, Elektrociepłownia Lublin-Wrotków S.A. , Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie itd.

Możliwości wykorzystania rządowych i unijnych form współfinansowania innowacji prezentowane były na swoich stoiskach m.in.: Urzędu Marszałkowskiego Województwa Lubelskiego oraz Lubelskiej Fundacja Rozwoju.

Stoisko Elektrociepłowni Lublin-Wrotków S.A. oraz Lubzel S.A

Stoisko Lubelskiej Fundacji Rozwoju i PL

Forum otwierał Mirosław Złomaniec – Wicemarszałek Województwa Lubelskiego

W konferencji, obok ponad 130 reprezentantów firm regionu, instytucji naukowo-badawczych oraz władz samorządowych udział brali również liczni przedstawiciele prasy i radia.

Szczegółowe informacje na temat projektu RSI, realizowanych zadań i ich wyników można znaleźć na stronie www.rsi.lubelskie.pl**.**

Dr Dariusz Mazurkiewicz
Grupa Zarządzająca RSI
rsi@archimedes. pol.lublin.pl