Załącznik Nr 2A
do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego
z dnia 15 stycznia 2018r.

dr inż. Rafał Czarnecki

AUTOREFERAT

prezentujący dorobek i osiągnięcia naukowe

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Technologii Drewna
Katedra Tworzyw Drzewnych

Poznań, 2018

SPIS TREŚCI

1. Przebieg kariery naukowej ……. 3
   1.1. Wykształcenie ……. 3
   1.2. Tytuły zawodowe i stopień naukowy ……. 3
   1.3. Przebieg dotychczasowego zatrudnienia …… 3

2. Osiągnięcie naukowe wskazane we wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego …… 3
   2.1. Tytuł i adres bibliograficzny ……... 3
   2.2. Geneza zagadnienia ……. 4
   2.3. Cel i zakres pracy ……. 5
   2.4. Wyniki badań i ich podsumowanie …….. 6

3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych ……. 9

4. Wskaźniki wartościujące dorobek i osiągnięcia naukowe …….. 15

Imię i nazwisko: Rafał Czarnecki

1. Przebieg kariery naukowej

1.1. Wykształcenie

1979-1984 Technikum Chemiczne w Poznaniu

1084-1989 Akademia Rolnicza w Poznaniu, Wydział Technologii Drewna, chemiczna technologia drewna (stacjonarne studia magisterskie)

Wykształcenie uzupełniające

studia podyplomowe:

1) „Sieci komputerowe i aplikacje internetowe", Wydział Informatyki i Zarządzania, Politechnika Poznańska, 2005r.

kursy zakończone egzaminem i potwierdzone certyfikatem oraz uzyskaniem uprawnień:

1) „Wprowadzenie do systemu okablowania strukturalnego Molex Premise Networks", Politechnika Poznańska i Molex Company, 2005r.
2) egzaminator ECDL Polskiego Towarzystwa Informatycznego, 2009r.
3) audytor wewnętrzny Systemów Jakości wg norm serii ISO 10011

1.2. Tytuły zawodowe i stopień naukowy

1984 technik chemik o specjalności analiza chemiczna

1989 magister inżynier chemicznej technologii drewna

2000 doktor nauk leśnych w zakresie drzewnictwa, rozprawa:
Czarnecki R., 2000: Wpływ środków utleniających na właściwości płyt wiórowych wytwarzanych przy użyciu żywicy fenolowo-formaldehydowej.

1.3. Przebieg dotychczasowego zatrudnienia

1) Asystent stażysta – Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Wydział Technologii Drewna, Katedra Tworzyw Drzewnych, 1989-1991
2) Asystent – Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Wydział Technologii Drewna, Katedra Tworzyw Drzewnych, 1991-2000

3) Adiunkt – Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu (później Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu), Wydział Technologii Drewna, Katedra Tworzyw Drzewnych, 2000-2017
4) Starszy wykładowca – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Technologii Drewna, Katedra Tworzyw Drzewnych, 2017-2018

2. Osiągnięcie naukowe wskazane we wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

2.1. Tytuł i adres bibliograficzny

Zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311) jako osiągnięcie naukowe wybrałem rozprawę:

Czarnecki R., 2017: Rola reakcji rodnikowych w klejeniu drewna rezolową żywicą fenolowo-formaldehydową w warunkach wytwarzania tworzyw drzewnych. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Rozprawy naukowe, nr 496: 124, ISBN 978-83-7160-881-0
Recenzent: prof. dr hab. Danuta Nicewicz

2.2. Geneza zagadnienia

Termoutwardzalne żywice fenolowo-formaldehydowe (PF) typu rezolowego stosowane są powszechnie między innymi w produkcji tworzyw drzewnych przeznaczonych do wykorzystania w warunkach wymagających dużej odporności na działanie wody. Proces utwardzania żywic PF wymaga stosowania wysokich temperatur i długich czasów prasowania. W celu polepszenia warunków ich użytkowania, podejmuje się działania zmierzające między innymi do ureaktywnienia procesu polikondensacji tych żywic.

Zachęcające rezultaty uzyskano stosując jako dodatek H_2O_2. Skraca on czas i obniża temperaturę polikondensacji żywic PF. Ma to również swój wymiar w obniżaniu energii aktywacji tego procesu, który jest szczególnie aktywizowany w obecności drewna. Dotychczasowe badania nie pozwalają na jednoznaczne określenie mechanizmu oddziaływania H_2O_2 na żywice PF. W większości przypadków sprowadzają się one do

przedstawienia użytkowych właściwości powstałej spoiny klejowej, bez ich oceny z punktu widzenia mechanizmu zachodzących zjawisk i reakcji chemicznych. Próby opisu wpływu H_2O_2 na kinetykę utwardzania bądź też strukturę spolikondensowanej żywicy przeprowadzone metodami spektroskopii w podczerwieni i magnetycznego rezonansu jądrowego nie wyjaśniają roli jaką odgrywa ten związek w utwardzaniu żywic fenolowych. Za prawdopodobne wyjaśnienie uznać można aktywację wolnorodnikowego procesu polikondensacji tych żywic.

2.3. Cel i zakres pracy

Celem pracy były badania nad:

- występowaniem rodników w rezolowej żywicy fenolowo-formaldehydowej i drewnie oraz ustalenie w jaki sposób zastosowanie H_2O_2 wpływa na ten stan,
- zmianami zachodzącymi w występowaniu rodników podczas utwardzania rezolowej żywicy fenolowo-formaldehydowej w obecności drewna oraz pod wpływem H_2O_2,
- ustaleniem czy działanie H_2O_2 jako aktywatora procesu polikondensacji rezolowej żywicy fenolowo-formaldehydowej w obecności drewna może wynikać ze zmian jakie ten związek powoduje w występowaniu rodników w żywicy, drewnie oraz układzie drewno-żywica.

Zakres pracy obejmował:

- badania spektroskopowe w elektronowym rezonansie paramagnetycznym zasuszonej żywicy PF, zasuszonej żywicy PF z dodatkiem H_2O_2, drewna, drewna z dodatkiem H_2O_2, układu drewno-żywica PF, układu drewno-żywica PF-H_2O_2,
- powtórzenie powyższych badań w trakcie procesu obróbki cieplnej w temperaturach z zakresu 100-200°C i po jego zakończeniu,
- pomiar wpływu H_2O_2 na adhezję żywicy PF do drewna metodą zwilżania,
- wytwarzanie płyt wiórowych przy zastosowaniu żywicy PF oraz dodatku H_2O_2 i badanie ich właściwości,
- wytwarzanie sklejki przy zastosowaniu żywicy PF oraz dodatku H_2O_2 i badanie jej właściwości.

2.4. Wyniki badań i ich podsumowanie

Uzyskane w spektroskopii EPR wyniki pozwalają na stwierdzenie, że wykazano występowanie rodników w żywicy PF przed utwardzaniem, na różnych stadiach jej polikondensacji oraz po tym procesie. Ich sygnał jest pojedynczą wąską linią izotropową. W stanie wyjściowym, czyli przed utwardzeniem, żywica PF posiada współczynnik rozszczepienia spektroskopowego wynoszący 2,0044 i szerokość 0,779 mT. Proces jej polikondensacji powoduje zmiany parametrów spektroskopowych, a ich przebieg jest uzależniony od temperatury tego procesu. Występuje poszerzanie się linii i narastanie intensywności sygnału. Obydwa parametry uzyskują najwyższe wartości po zastosowaniu maksymalnej temperatury utwardzania, wynoszącej 200°C. Szerokość linii kształtuje się na poziomie 1,047 mT bezpośrednio po obróbce termicznej żywicy i nie ulega istotnej zmianie przez kolejne dwa miesiące. Można zatem założyć, że ewentualne istotne zmiany jakościowe związane z obecnością rodników zachodzą tylko w warunkach utwardzania żywicy PF. Po tym procesie obserwuje się jednak zmiany ilościowe. Najwyższa intensywność sygnału dotyczy także pomiaru związanego z temperaturą 200°C i pomimo niejasnych zachowań w początkowym okresie po utwardzaniu, wzrasta bardzo wyraźnie w przedziale czasu 30-60 dni po procesie utwardzania.

Dodatek H_2O_2 do żywicy PF nie zmienia istotnie charakteru jej widma przed procesem utwardzania. Jest to nieznacznie poszerzona linia singletowa o takim samym współczynniku rozszczepienia spektroskopowego i podobnej intensywności. W trakcie polikondensacji istotne zmiany dotyczą tylko intensywności sygnałów. Rośnie ona wraz ze wzrostem temperatury utwardzania bez istotnych zmian współczynnika g i szerokości linii. Uzyskiwane wartości są jednak niższe niż w przypadku żywicy niemodyfikowanej. Największy spadek intensywności wynikający z zastosowania H_2O_2 dotyczy zakresu temperatur utwardzania wynoszących 140-160°C. Schłodzone po procesie polikondensacji próbki, nie zmieniając swego współczynnika rozszczepienia spektroskopowego, posiadają obniżoną wartość szerokości i intensywności sygnału EPR. Bardzo znacznemu obniżeniu ulega ta druga właściwość, szczególnie w przedziale temperatur 180-200°C.

Postać widm modyfikowanej i niemodyfikowanej żywicy PF, czyli przede wszystkim ich nierozdzielony singletowy charakter, nie pozwala na identyfikację rodników. Do rozdzielenia sygnału nie doszło także przy pomiarach w temperaturze

-196°C (77K). Brak istotnych zmian związanych z wartością współczynnika rozszczepienia spektroskopowego daje jednak podstawy do założenia, że mamy do czynienia z jednym typem rejestrowanych rodników. Sugerowane źródła rodników w żywicy PF to: pierścień aromatyczny, rozpad wiązań dimetylenoeterowych, rodniki chinonowe oraz produkty dysproporcjonowania aldehydów aromatycznych występujące jako stadium pośrednie utleniania grup hydroksymetylenowych. W przeprowadzonych badaniach rodniki pojawiają się z różną intensywnością bez względu na stan żywicy PF podczas pomiarów (zasuszona, utwardzona w różnych temperaturach), jak i na czas, który upłynął od procesu polikondensacji. Prawdopodobnie posiadają one taki sam charakter jakościowy. Biorąc pod uwagę te założenia, preferowanym źródłem rodników jest pierścień aromatyczny.

Niejednoznaczna pozostaje rola nadtlenku wodoru w procesie utwardzania żywicy PF. Stosunkowo duża intensywność sygnału żywicy zostaje pod wpływem H_2O_2 znacznie ograniczona. Wartości mierzonych sygnałów EPR nie dają podstaw do stwierdzenia, że H_2O_2 zmienia ogólnie przyjęty mechanizm polikondensacji żywicy PF w kierunku rodnikowym. Bardziej prawdopodobne jest założenie, że aktywne formy tlenu powstające w wyniku jego wprowadzania ulegają natychmiastowej rekombinacji ze stabilnymi rodnikami żywicy, powodując wyraźnie rejestrowany spadek intensywności sygnału EPR.

W procesie wytwarzania tworzyw drzewnych równie ważne jak zjawiska zachodzące w kleju są procesy dotyczące drewna. Zakres badań spektroskopowych w przypadku drewna był zatem niemal taki sam jak dotyczący żywicy PF. W wyniku ich przeprowadzenia stwierdzono, że widmo EPR drewna bukowego ma postać izotropowej linii singletowej o współczynniku rozszczepienia spektroskopowego wynoszącym 2,0044 i szerokości 0,846 mT. Jego aktywacja termiczna powoduje przede wszystkim zmiany ilościowe związane z występowaniem rodników. W sposób trwały dotyczą one głównie wzrostu intensywności sygnału EPR po upływie czasu od jego wygrzewania. Aktywacja chemiczna nadtlenkiem wodoru powoduje niewielkie zwężenie szerokości linii i spadek intensywności sygnału. Wspólne działanie podwyższonej temperatury i H_2O_2 daje efekt zbliżony do tego, który jest obserwowany przy żywicy PF. Aktywne formy tlenu pojawiające się wraz z nadtlenkiem wodoru prawdopodobnie rekombinują z trwałymi rodnikami drewna prowadząc do zmniejszania intensywności sygnałów.

We wstępie pracy przedstawiono tezę mówiącą o ligninie jako podstawowym źródle rodników w drewnie. Wyniki badań przeprowadzonych z użyciem celulozy

pozwalają na jej potwierdzenie. W próbkach przebadanej celulozy rodniki pojawiają się wraz z rozpoczynającym się procesem jej rozkładu pod wpływem temperatury. Nie występują podczas jej oznaczeń w temperaturze pokojowej oraz w czasie wygrzewania w przedziale temperatur do 180°C. Dopiero pomiar w 200°C pozwala na rejestrowanie pierwszych zmian w widmie EPR i są one mierzalne pod warunkiem aktywacji celulozy nadtlenkiem wodoru. Zaczyna się już wtedy jednak jej rozkład. Przypisanie sygnałów rejestrowanych w drewnie do ligniny nie pozwala jednak, podobnie jak to miało miejsce w przypadku żywicy PF, na identyfikację rodników, ponieważ brak jest rozdzielonej struktury widm.

Widmo EPR mieszaniny wiórowo-klejowej przed obróbką termiczną jest liną singletową o współczynniku rozszczepienia spektroskopowego 2,0044 i szerokości 0,700. Wykazuje ono zbieżność z wynikami drewna. Pomiary w czasie obróbki termicznej wiążą się z obniżaniem wartości współczynnika rozszczepienia spektroskopowego, przy praktycznie braku zmian w szerokości linii i spadku intensywności sygnału. Zachodzące przemiany są najintensywniejsze w przedziale temperatur 180-200°C i wykazują podobieństwo raczej do utwardzającej się żywicy PF. Po procesie obróbki termicznej podobieństwo to zanika. Zachodzące zmiany nie są także zbieżne z tymi, które dotyczą drewna. Osiągnięty poziom intensywności nie zmienia się przez bardzo długi czas.

Widmo EPR mieszaniny wiórowo-klejowej z udziałem H_2O_2 przed utwardzaniem jakościowo jest takie samo jak uzyskane bez udziału modyfikatora. Wyraźnie niższa jest natomiast intensywność rejestrowanych sygnałów. Pomiar w trakcie obróbki cieplnej, bez względu na zastosowaną temperaturę nie wykazuje istotnych zmian jakościowych, a obserwowana przed podgrzewaniem różnica w ilości rodników utrzymuje się na podobnym poziomie. Wraz z upływem czasu po obróbce termicznej wzrasta ilość rodników. Zastosowanie H_2O_2 w mieszaninie wiórowo-klejowej ma wpływ w zasadzie na dwa zjawiska: obniżanie intensywności sygnału w trakcie obróbki termicznej i wzrost ilości rodników po tym procesie.

Badania dotyczące pomiarów adhezji oraz związane z wytwarzaniem i oznaczaniem właściwości tworzyw drzewnych potwierdzają przydatność nadtlenku wodoru jako związku ureaktywniającego rezolowe żywice PF. Nie uzyskano jednak jednoznacznego wyjaśnienia wskazującego na związek tego faktu ze zmianami pojawiającymi się w występowaniu rodników podczas procesu utwardzania żywicy fenolowej w warunkach wytwarzania tworzyw drzewnych. Rejestrowane zmiany w

widmach EPR są raczej wynikiem, a nie przyczyną zachodzących procesów. Stwierdzone pogarszanie się adhezji żywicy PF do drewna poddanego obróbce nadtlenkiem wodoru oraz trudności w otrzymywaniu tworzyw drzewnych ze zmodyfikowanego w ten sposób drewna, pozostają w korelacji z wynikami spektroskopii EPR dotyczącymi występowania na jego powierzchni centrów paramagnetycznych. Związane jest to szczególnie z obniżaniem się intensywności sygnału pod wpływem H_2O_2. Ze względu na brak rozdzielonej struktury widm bliższa analiza tego procesu nie jest jednak możliwa.

Liczba publikacji dotyczących rodników w drewnie, prezentujących jednocześnie wyniki ich oznaczania jest stosunkowo nieliczna. Badania przedstawiające oznaczanie rodników w żywicach PF, uznać można praktycznie za szczątkowe. Analizy dotyczące paramagnetyzmu drewna, żywic fenolowo-formaldehydowych czy też procesów klejenia drewna tymi żywicami pojawiają się bardzo często bez ich wsparcia wynikami metody badawczej, która bezpośrednio mierzy zawartość rodników, czyli spektroskopii EPR. Dotyczą przeważnie badań z wykorzystaniem spektroskopii NMR lub IR, mówiących o obecności lub braku określonych grup funkcyjnych oraz przewidywanych ścieżkach reakcji chemicznych. Określa się również ścieżki fragmentacji wykonywane na podstawie GC/MS. Przedmiotem badań bywają często także tylko związki modelowe.

Badania spektroskopowe wykonane w pracy i związane z techniką EPR, z jednej strony pozwoliły na oceną zmian zachodzących w występowaniu rodników w czasie polikondensacji rezolowej żywicy fenolowo-formaldehydowej w obecności drewna pod wpływem H_2O_2, z drugiej zaś są jedynymi jakie do tej pory dokonano w tak szerokim zakresie. Tworzą swego rodzaju katalog widm EPR i parametrów spektroskopowych drewna oraz rezolowej żywicy fenolowo formaldehydowej wykonanych w różnych temperaturach, do 200°C. Może on być przydatny w wielu badaniach dotyczących tych materiałów, bez konieczności wykonywania kosztownych, trudno dostępnych i skomplikowanych oznaczeń.

3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Głównym nurtem mojej działalności naukowo-badawczej są właściwości materiałów drewnopochodnych w zależności od składu surowca i rodzaju środka wiążącego. Obejmuje on następującą problematykę badawczą:

- modyfikacja żywic klejowych w celu zwiększenia ich reaktywności oraz polepszenia właściwości wytwarzanych przy ich użyciu materiałów drewnopochodnych,
- wykorzystanie krajowych fosfogipsów do wytwarzania płyt gipsowo-wiórowych,
- wpływ różnych czynników na emisję formaldehydu z mebli i materiałów drewnopochodnych,
- wykorzystanie niedrzewnych materiałów lignocelulozowych jako surowców do wytwarzania materiałów drewnopochodnych,
- poużytkowe materiały drewnopochodne jako substytut drewna w procesie wytwarzania płyt wiórowych,
- wpływ oddziaływania zmiennych warunków otoczenia na stabilność wymiarową i właściwości mechaniczne materiałów drewnopochodnych,
- wytwarzanie sklejki o podwyższonej elastyczności w oparciu o forniry z drewna gatunków europejskich.

Od początku zatrudnienia w Katedrze Tworzyw Drzewnych UP w Poznaniu do chwili obecnej podstawowym obszarem moich zainteresowań badawczych jest modyfikacja środków wiążących stosowanych do wytwarzania tworzyw drewnopochodnych. Dotyczy ona przede wszystkim ureaktywniania rezolowych żywic PF. Badania zmierzające do zwiększenia reaktywności tych żywic prowadzono już w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Związane one były przede wszystkim z wytwarzaniem sklejki i dotyczyły modyfikacji gotowych żywic dodatkami substancji skracających czas prasowania lub obniżających temperaturę tego procesu. Dodatek do żywic PF rezorcyny, alkilorezorcyny lub żywicy rezorcynowej już w niewielkich ilościach powoduje obniżenie temperatury jej utwardzania, lub skrócenie czasu utwardzania w danej temperaturze. Powszechnie stosowano i stosuje się nadal garbniki. W produkcji sklejki traktowane są jako wypełniacze żywic PF, posiadające również właściwości ureaktywniające jej utwardzanie. W grupie związków organicznych, wykorzystywanych w tym samym celu, stosowano laktony, kwasy, hydroksykwasy, ketokwasy, estry kwasów, izocyjaniany, formamid, epichlorohydrynę i dichlorohydrynę, aminy aromatyczne i alifatyczne, nadtlenki, chlorek cyjanurynu. Stosowanie związków organiczne napotyka często barierę ekonomiczną. Poza garbnikami były i są to często środki stosunkowo drogie. W przypadku związków nieorganicznych, relatywnie tańszych i generalnie łatwiejszych w aplikacji, zwrócono uwagę na rolę jonów metali w procesie utwardzania żywic PF, a także na nieorganiczne związki o charakterze utleniającym. W realizowanych przeze mnie badaniach potwierdzono przydatność siarczanów metali takich

jak: K, Na, Cu(II), Fe(II), Mg, Zn, Al i Cr(III). Najefektywniejszym modyfikatorem w tej grupie okazał się $Al_2(SO_4)_3$. Glin wykazuje wysoką aktywność kompleksotwórczą względem żywicy PF. 1 jego atom może wytworzyć wiązania z 3 grupami hydroksylowymi i 3 grupami hydroksymetylenowymi. Bardziej spektakularne wyniki uzyskano stosując nieorganiczne związki utleniające, takie jak: H_2O_2, Na_2O_2, MnO_2, $KMnO_4$, K_2CrO_4, $K_2Cr_2O_7$, Na_2CrO_4, $(NH_4)_2CrO_4$, $KClO_3$, $KClO_4$, $NaJO_3$, z których najskuteczniejszym okazał się Na_2CrO_4. Utleniacze najbardziej przyspieszające utwardzanie żywic PF stwarzają jednak pewien problem. Sporządzone przy ich udziale mieszaniny klejowe wykazują krótką żywotność. Szybko rośnie ich lepkość, co utrudnia nanoszenie na sklejane powierzchnie. Są to także substancje stosunkowo drogie.

W moich dalszych badaniach skoncentrowałem się na nadtlenku wodoru. W wyniku prowadzonych badań okazało się, że można go łatwo aplikować, sporządzone mieszaniny klejowe wykazują stosunkowo długi czas przydatności do stosowania, a jego cena jest relatywnie niska. Badania, które przeprowadziłem nad zastosowaniem nadtlenku wodoru w charakterze środka ureaktywniającego proces sklejania drewna rezolowymi żywicami PF pozwalają na stwierdzenie, że wprowadzenie H_2O_2 do płynnej żywicy fenolowej powoduje skrócenie czasu jej żelowania oraz obniżenie energii aktywacji procesu jej polikondensacji. Optymalny udział nadtlenku wodoru w stosunku do suchej masy żywicy PF wynosi od 2 do 5%. Umożliwia on uzyskiwanie płyt wiórowych i sklejki o wymaganych właściwościach w skróconym czasie lub obniżonej temperaturze prasowania. Przy pomocy technik instrumentalnych podjęto próby analizy zmian zachodzących w drewnie i utwardzonej żywicy PF. Badania wykonane przy pomocy FTIR wykazały, że pod wpływem wprowadzonego nadtlenku wodoru struktura żywicy PF ulega tylko nieznacznym zmianom, wyrażającym się wzrostem ilości grup karboksylowych wskutek reakcji utleniania części grup hydroksymetylenowych. Ponadto stwierdzono, że pod wpływem nadtlenku wodoru w drewnie zachodzą istotne zmiany strukturalne związane z ligniną. Wyniki badań uzyskane przy pomocy spektroskopii ^{13}C NMR skłaniają do stwierdzenia, że obecność w żywicy PF nadtlenku wodoru powoduje zmniejszenie ruchliwości cząsteczek, a w konsekwencji wytworzenie mniej uporządkowanej struktury żywicy utwardzonej z większą ilością wiązań eterowych. Rośnie także reaktywność żywicy PF w stosunku do celulozy, poprzez powstawanie ugrupowań karboksylowych w żywicy, a następnie utworzenie wiązań estrowych w układzie żywica-celuloza oraz poprzez intensyfikację procesu powstawania wiązań eterowych. Wyniki badań przedstawione zostały w 11 publikacjach (2 z IF), 5 referatach wygłoszonych na konferencjach międzynarodowych oraz w 6 komunikatach

naukowych. Badania te realizowane były między innymi w ramach 3 projektów badawczych (KBN i MNiSW). W zakresie podobnych działań, tzn. związanych z ureaktywnianiem, pojawiły się także żywice UF (1 artykuł, 1 referat, 1 projekt KBN) oraz MUPF (1 artykuł z IF).

W obszarze moich zainteresowań dotyczących środków wiążących, pojawiły się także fosfogipsy jako substytut gipsu naturalnego w płytach gipsowo-wiórowych. Fosfogipsy to produkty odpadowe powstające w fabrykach nawozów fosforowych podczas produkcji kwasu fosforowego. Przebadano surowiec pochodzący ze wszystkich wytwórni tych nawozów w Polsce. Fosfogipsy powstające z fosforytów i apatytów w wyniku stosowania tzw. metody mokrej produkcji kwasu fosforowego obciążone są dużą ilością wody oraz posiadają kwaśny odczyn. Stosowanie metody suchej prowadzi do powstania mniej kłopotliwego odpadu, jednak występuje w nim także znaczna ilość zanieczyszczeń. Szacuje się, że tylko 3% fosfogipsów znajduje racjonalne zastosowanie. Pozostała ilość jest głównie hałdowana i w znacznym stopniu zagraża środowisku. W prowadzonych przeze mnie badaniach wskazano sposób neutralizacji obciążeń i wykazano przydatność fosfogipsów do wytwarzania płyt fosfogipsowo-wiórowych. Wyniki tych badań przedstawiono w 3 publikacjach i 1 komunikacie naukowym.

W okresie intensywnych prac związanych z problemem emisji wolnego formaldehydu z mebli i materiałów drewnopochodnych uczestniczyłem w realizacji 2 projektów badawczych KBN. W moim przypadku prace dotyczyły emisji formaldehydu ze sztucznych oklein typu „finish” oraz adsorpcji i desorpcji formaldehydu przez materiały tapicerskie. Okleiny typu „finish” obok szeregu zalet charakteryzuje emisja formaldehydu związana ze stosowaniem do ich produkcji żywic aminowych. Jednocześnie od materiałów pokryciowych oczekuje się, że są barierą, która ogranicza emisję substancji szkodliwych z płyt, na które się je nakłada. Zastosowanie metody wstępnego ogrzewania oklein pozwoliło na znaczące ograniczenie emisji z nich formaldehydu oraz z oklejanych nimi płyt. W ramach tego zakresu badań przeprowadzono także porównanie tej metody uszlachetniania materiałów drewnopochodnych z laminowaniem i lakierowaniem wyrobami chemoutwardzalnymi. Za najkorzystniejsze z punktu widzenia emisji wolnego formaldehydu uznano stosowanie filmów do laminowania. W badaniach dotyczących problemu formaldehydu w materiałach tapicerskich stwierdzono, że co prawda nie są one źródłem wolnego formaldehydu, jednak w wyniku obecności w ich otoczeniu takich źródeł, wpływają na jakość powietrza w pomieszczeniach. Ze względu na swoją budowę adsorbują znaczne jego ilości, a następnie wydzielają z różną, zależną od

warunków otoczenia intensywnością, wpływając w ten sposób na kształtowanie się jego stężeń w powietrzu. Efektem tych prac są 2 publikacje, 2 referaty i 2 komunikaty naukowe.

Ograniczona podaż surowca drzewnego oraz panująca konkurencja o jego pozyskanie pomiędzy przemysłem celulozowo-papierniczym, energetyką, a intensywnie rozwijającym się przemysłem materiałów drewnopochodnych spowodowały, że w zakresie moich zainteresowań badawczych pojawiły się zagadnienia dotyczące wykorzystania drewna poużytkowego oraz niedrzewnych materiałów lignocelulozowych. Istotnym osiągnięciem okazało się wykazanie, że cząstki pozyskane w wyniku rozdrabniania surowych oraz uszlachetnionych płyt wiórowych i pilśniowych mogą stanowić substytut wiórów na warstwy środkowe nowo wytwarzanych płyt wiórowych. W podobnym kierunku zmierzają także realizowane przeze mnie badania nad możliwością wykorzystania do produkcji płyt wiórowych i OSB niedrzewnych materiałów lignocelulozowych, z których znaczna część ma charakter odpadowy. Pomimo szeregu problemów związanych z ich pozyskiwaniem i gromadzeniem oraz gorszych, niż wióry drzewne właściwości takich cząstek (niejednorodna budowa, duży udział zanieczyszczeń mineralnych, niewłaściwa geometria), można przy ich wykorzystaniu wytwarzać płyty o wymaganych właściwościach. Przedmiotem takich badań były: łuska owsiana, rzepak, ślazowiec pensylwański, wiesiołek i gorczyca. Wyniki badań dotyczących tych zagadnień przedstawiono w 9 artykułach naukowych (2 z IF), 3 referatach i 2 komunikatach naukowych.

W latach 2002-2005 uczestniczyłem w realizowanym w Katedrze Tworzyw Drzewnych projekcie badawczym finansowanym przez KBN. Dotyczył on wpływu oddziaływania zmiennych warunków otoczenia na właściwości płyt z orientowanych wiórów pasmowych. Zapoczątkował on cykl badań realizowanych praktycznie do tej pory. Czynniki zewnętrzne oddziaływują na drewno i materiały drewnopochodne w różny sposób. Są to przede wszystkim wilgotność, temperatura, czynniki biotyczne, promieniowanie świetlne oraz obciążenia. Efekty działań są różne, zależą od czasu i intensywności oddziaływania, a ich ocena podlega obiektywnym kryteriom jak i subiektywnym odczuciom użytkowników. W badaniach drewna i materiałów drewnopochodnych ważna jest ocena właściwości po procesie ich produkcji, która jednocześnie będzie miarodajna z punktu widzenia szacowania ich właściwości w okresie użytkowania oraz pozwoli na określenie funkcjonalności powstałych przy ich zastosowaniu obiektów. Stosowanie procesów starzeniowych jest szczególnie istotne w przypadku płyt OSB, sklejki i płyt wiórowych przystosowanych do użytkowania w warunkach wilgotnych i zewnętrznych. Wyniki badań w tym zakresie przedstawiono w 4 artykułach naukowych (2 z IF) i 1 referacie. Podsumowując badania można stwierdzić, że

oddziaływanie temperatur powietrza do poziomu 60°C i temperatur ujemnych nie powoduje istotnych zmian we właściwościach materiałów drewnopochodnych, jeżeli nie towarzyszą im istotne zmiany wilgotności. Wysoka wilgotność, bez względu na temperaturę narusza strukturę połączeń klejowych, a częste jej cykliczne zmiany są szczególnie destrukcyjne, powodując istotne zmiany wymiarowe związane głównie z grubością płyt.

W okresie obecnym przedmiotem moich zainteresowań badawczych jest wytwarzanie sklejki o podwyższonych właściwościach elastycznych. Sklejka elastyczna to sklejka przeznaczona do łatwego wyginania, bez udziału ciepła i ciśnienia. Formowanie odbywa się na zimno i pozwala na uzyskanie bardzo małych promieni gięcia. Dodatkowe zalety to mała gęstość i dwie prawe powierzchnie. Konkuruje ona z innymi materiałami na elementy krzywoliniowe. Charakteryzuje ją duża łatwość użycia, bez konieczności stosowania specjalistycznego sprzętu i skomplikowanych szkieletów. Zaprojektowane formy można montować bardzo szybko, w przeciwieństwie do działań związanych z kształtowaniem wtórnym, charakterystycznym dla innych materiałów. Wykonywanie wyrobów z tego materiału pozwala na zaoszczędzenie czasu i zwiększenie efektywności produkcji wyrobów gotowych. Sklejka elastyczna nie traci także podstawowych zalet użytkowych sklejki tradycyjnej. Od dłuższego czasu rośnie skala jej produkcji i zakres zastosowań. Źródła pożądanych właściwości sklejki elastycznej są zasadniczo dwa: zastosowanie do jej produkcji gatunków drewna o ściśle określonych właściwościach i specyficzna budowa związana z zastosowaniem fornirów zewnętrznych zdecydowanie grubszych niż środkowe. Na warstwę środkową stosuje się forniry o grubości rzędu 0.8 mm, z długowłóknistych gatunków drewna o średniej gęstości i dużej wytrzymałości na zginanie. Forniry zewnętrzne pozyskiwane są z gatunków drewna o cienkościennych komórkach. Ułatwia to ich zginanie z jednej i rozciąganie z drugiej strony sklejki. Do jej produkcji wykorzystuje się zatem gatunki drewna spełniające te wymagania, czyli wybrane gatunki liściaste, egzotyczne. Wykorzystanie gatunków egzotycznych do produkcji sklejki elastycznej powoduje, że jest ona stosunkowo droga. Cena tej sklejki jest wyższa od np. sklejki profilowej, a pamiętać należy, że sklejka jako taka, jest i tak bardzo drogim materiałem. Bezpośrednie porównanie właściwości drewna gatunków egzotycznych i europejskich działa zdecydowanie na niekorzyść tej drugiej grupy surowcowej.

W moich badaniach zmierzam do zastosowania gatunków europejskich, co obniżyłoby koszty wytwarzania tego materiału i ułatwiłoby dostęp do bazy surowcowej w Europie. Badania te mają charakter unikatowy. Liczba dostępnych publikacji dotyczących w ogóle sklejki elastycznej to kilkanaście pozycji. Do badań wybrano wszystkie typowe i powszechnie

stosowane krajowe gatunki sklejkowe: olchę, brzozę, buk i sosnę, oraz gatunki uznawane w Europie za przydatne do wytwarzania sklejki, czyli: lipę, topolę, wierzbę i świerk. Do sklejania fornirów wykorzystano żywice mocznikowo-formaldehydowe i fenolowo-formaldehydowe. Zastosowano receptury klejowe charakterystyczne w procesach produkcji sklejki tradycyjnej oraz typowe warunki prasowania. Uzyskany materiał płytowy poddano oznaczaniu wytrzymałości na zginanie, modułu sprężystości przy zginaniu, wytrzymałości na rozciąganie, jakości sklejenia i emisji formaldehydu metodą analizy gazowej. Dla potrzeb pracy zaprojektowano stanowisko do oznaczania elastyczności sklejki i ją zastosowano. Przebadano także wytrzymałość na zginanie i moduł sprężystości przy zginaniu stosowanych fornirów. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że z punkty widzenia wytrzymałości na zginanie najlepszymi krajowymi gatunkami sklejkowymi przeznaczonymi na warstwę środkową są brzoza, sosna, buk i olcha. Uwzględniając także pozostałe wymagania (gęstość, długość włókien) optymalnym materiałem jest drewno sosny. Biorąc pod uwagę gęstość i moduł sprężystości przy zginaniu na warstwy zewnętrzne najbardziej nadają się takie gatunki jak: topola, lipa, wierzba i świerk. Przy wytwarzaniu sklejki elastycznej właściwemu doborowi gatunków na poszczególne warstwy towarzyszyć musi wyraźne zróżnicowanie ich grubości. Im większy jest współczynnik: **grubość warstw zewnętrznych/grubość warstwy środkowej**, tym większa jest elastyczność produktu. Badania promienia ugięcia sklejki wskazują, że najlepsze właściwości elastyczne posiada sklejka topolowa, brzozowa i lipowa (warstwa środkowa wykonana z drewna sosny). Biorąc pod uwagę także gęstość produktu, najbliższa oryginalnej sklejce elastycznej jest sklejka topolowa. Ponadto ustalono, że w znacznym stopniu zachowuje ona inne korzystne właściwości charakteryzujące sklejkę tradycyjną, głównie wytrzymałościowe. Możliwe jest wytwarzanie z wybranych europejskich gatunków drewna sklejki o znacznie podwyższonej elastyczności na liniach technologicznych produkujących sklejkę tradycyjną. W chwili obecnej kontynuuję badania nad podwyższaniem elastyczności sklejki, poprzez zastosowanie równoległowłóknistego układu włókien w sąsiadujących warstwach fornirów. Dotychczasowy dorobek naukowy w tym zakresie to 1 artykuł opublikowany (z IF), 1 skierowany do publikacji (z IF) oraz przygotowywany jest kolejny.

4. Wskaźniki wartościujące dorobek i osiągnięcia naukowe

Jestem autorem lub współautorem 6 oryginalnych prac naukowych opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (wszystkie po doktoracie),

25 artykułów innych niż znajdujące się w bazie JCR (19 po doktoracie), 2 opracowań zbiorowych z których jedno jest książką naukową (1 samodzielny rozdział), 12 referatów głównie na międzynarodowych konferencjach naukowych (9 po doktoracie), 11 komunikatów naukowych (5 po doktoracie w tym 2 w The International Forestry Review – XXIII IUFRO World Congress, Seul, 2010).

Łączna liczba punktów MNiSW za wszystkie opublikowane prace naukowe wynosi 280 a po doktoracie 266.

Sumaryczny *impact factor* za prace notowane w bazie Journal Citation Reports wynosi 6.326, a indeks Hirsha 2. Wszystkie zostały opublikowane po doktoracie.

Przed doktoratem byłem głównym wykonawcą w 3 projektach badawczych KBN. Po doktoracie byłem kierownikiem jednego projektu badawczego MNiSW, oraz głównym wykonawcą w 3 projektach badawczych KBN i MNiSW.

W latach 2005-2006 byłem opiekunem naukowym w ramach projektu Uniwersytetu Zielonogórskiego finansowanego z Europejskiego Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego.

Recenzowałem 2 projekty naukowe realizowane pod nadzorem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz 1 publikację dla European Journal of Wood and Wood Products.

W ciągu ostatnich 10 lat oceniałem dla Ministerstwa Gospodarki 6 projektów inwestycyjnych w tym 4 o dużym znaczeniu dla gospodarki. Kierowałem także 6 pracami o charakterze badawczym na zamówienie przedsiębiorstw przemysłowych i byłem ekspertem w 4 innych projektach.

Praktycznie wszystkie moje prace miały charakter doświadczalny. Wymagały sprawdzenia stanu wiedzy, opracowania metodyki badań, pozyskania materiału badawczego, przeprowadzenia eksperymentów naukowych, analizy i podsumowania wyników.