



## ZB3. Opracowanie technologii efektywnego projektowania i produkcji przekładni stożkowych z wykorzystaniem systemu Phoenix firmy Gleason

**Liderzy:** dr hab. inż. Adam Marciniak – PRz  
dr inż. Piotr Skawiński – PW

# Partnerzy w Zadaniu Badawczym 3

## 1. Politechnika Rzeszowska,

### 1. Katedra Konstrukcji Maszyn

1. dr hab. inż. Adam Marciniak
2. prof. dr hab. inż. Tadeusz Markowski
3. dr hab. inż. Mariusz Sobolak
4. dr inż. Jadwiga Pisula
5. dr inż. Jacek Pacana
6. dr inż. Mieczysław Płocica
7. mgr inż. Małgorzata Zaborniak.
8. mgr inż. Tomasz Dziubek,
9. mgr inż. Bartłomiej Sobolewski

## 2. Politechnika Warszawska,

### 1. Instytut Podstaw Budowy Maszyn 2. Instytut Technologii Wytwarzania

1. dr inż. Piotr Skawiński
2. dr hab. inż. Tadeusz Sałaciński
3. dr inż. Przemysław Siemiński
4. dr inż. Paweł Gruszczyński
5. dr inż. Ryszard Kuryjański
6. dr inż. Jarosław Misiak
7. inż. Paweł Czaplicki
8. dr hab. inż. Witold Marowski

## Partnerzy przemysłowi:

1. WSK PZL Rzeszów
2. P&W Kalisz

# Główne cele zdania badawczego nr 3

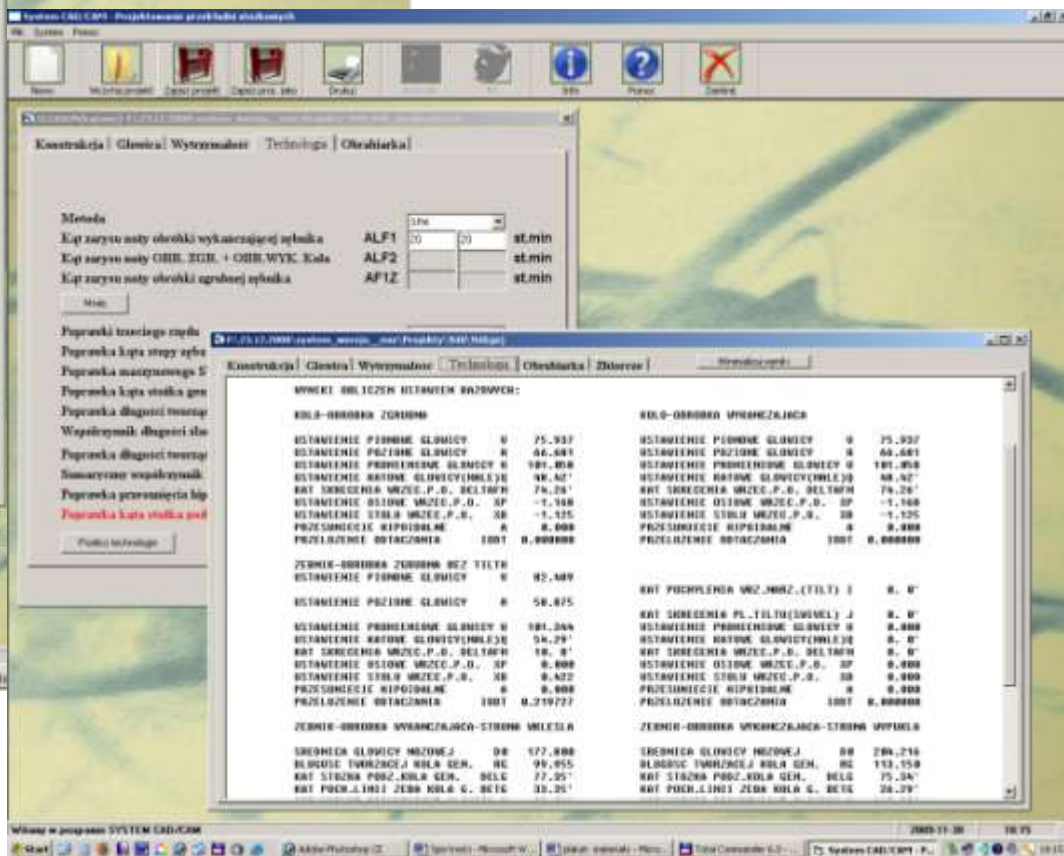
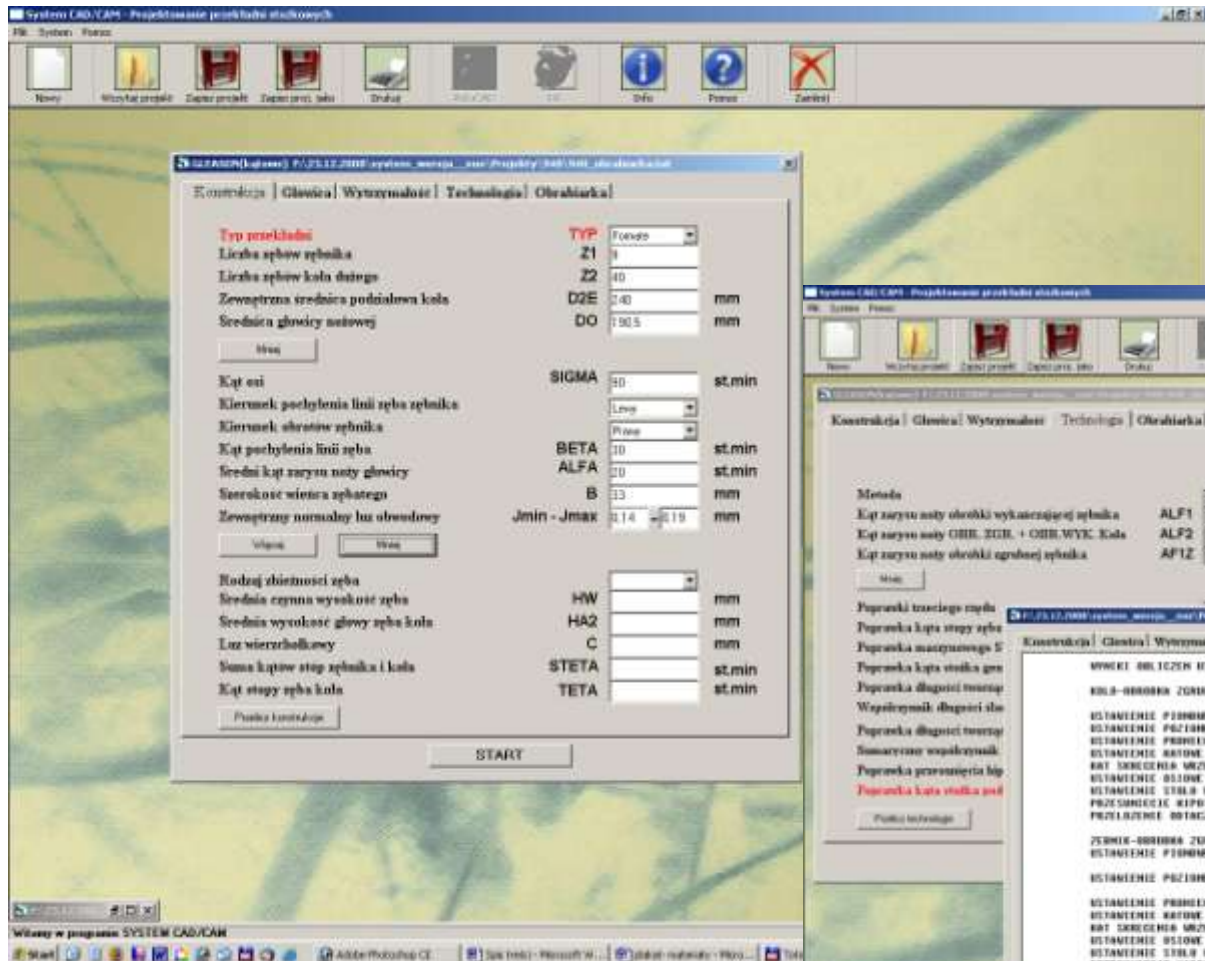
- CZ 3.1 - opracowanie systemu komputerowego wspomagającego projektowanie konstrukcji przekładni stożkowych;
- CZ 3.2 - opracowanie systemu komputerowego procesu obróbki uzębienia na maszynie Phoenix;
- CZ 3.3 - stworzenie spójnego komputerowego systemu ukierunkowanego na nową generację maszyn CNC Phoenix.



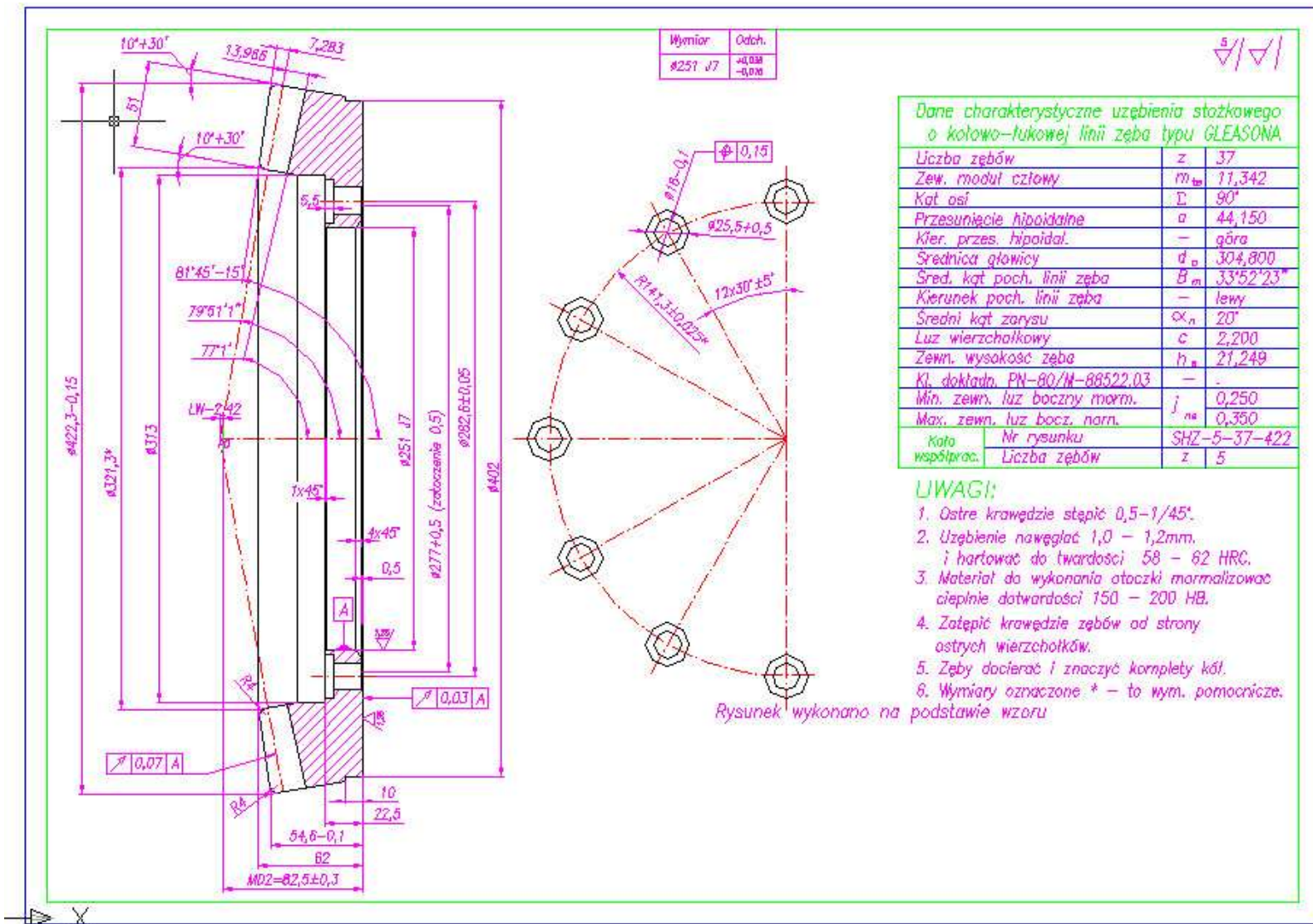
# 1. Główne wnioski z wykonanych zadań badawczych

1. Opracowano metody obliczeniowe i program komputerowy wyznaczania podstawowej geometrii przekładni stożkowych, doboru narzędzi i ustawień bazowych obrabiarek do obróbki uzębień koła i zębniaka wg metod SFM, SGM, SGT, (Spread Blade Fixed Setting) i Duplex Helical firmy Gleason.

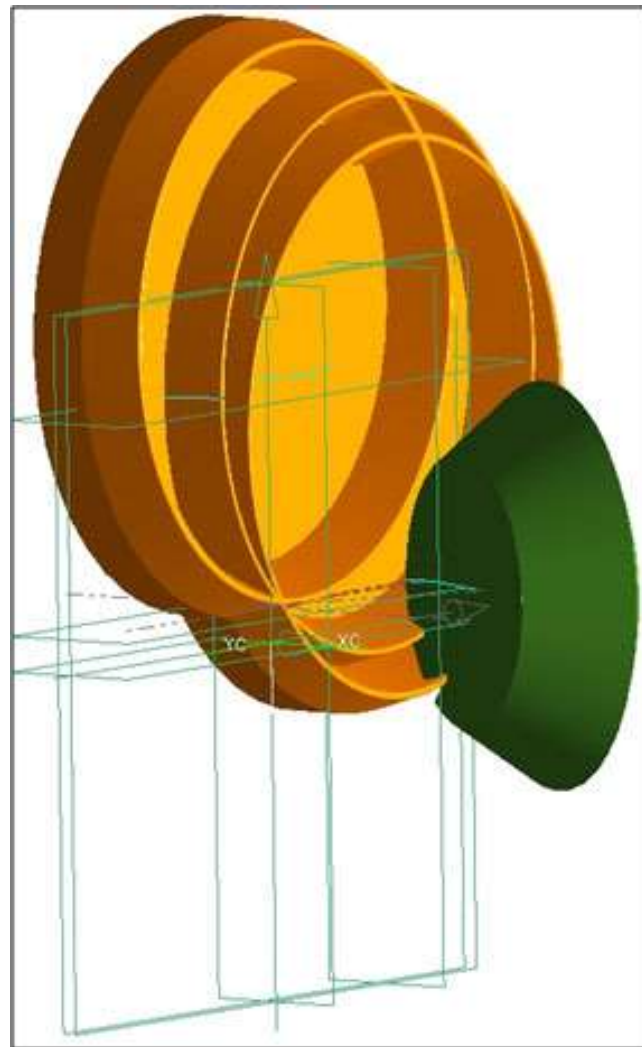
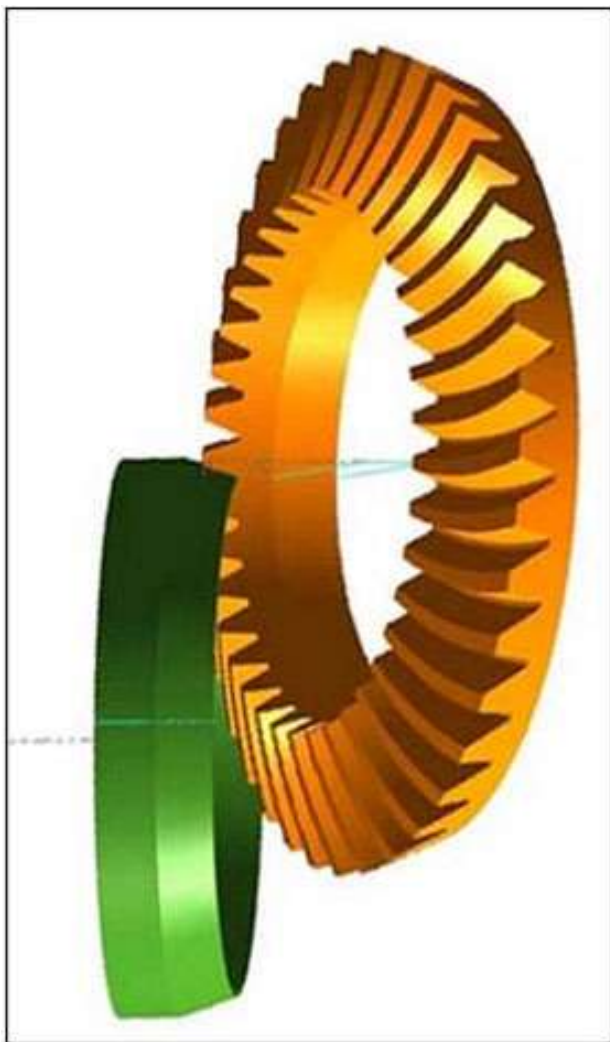
# Program komputerowy KONTEPS



# Program komputerowy KONTEPS – generowanie dokumentacji 2D

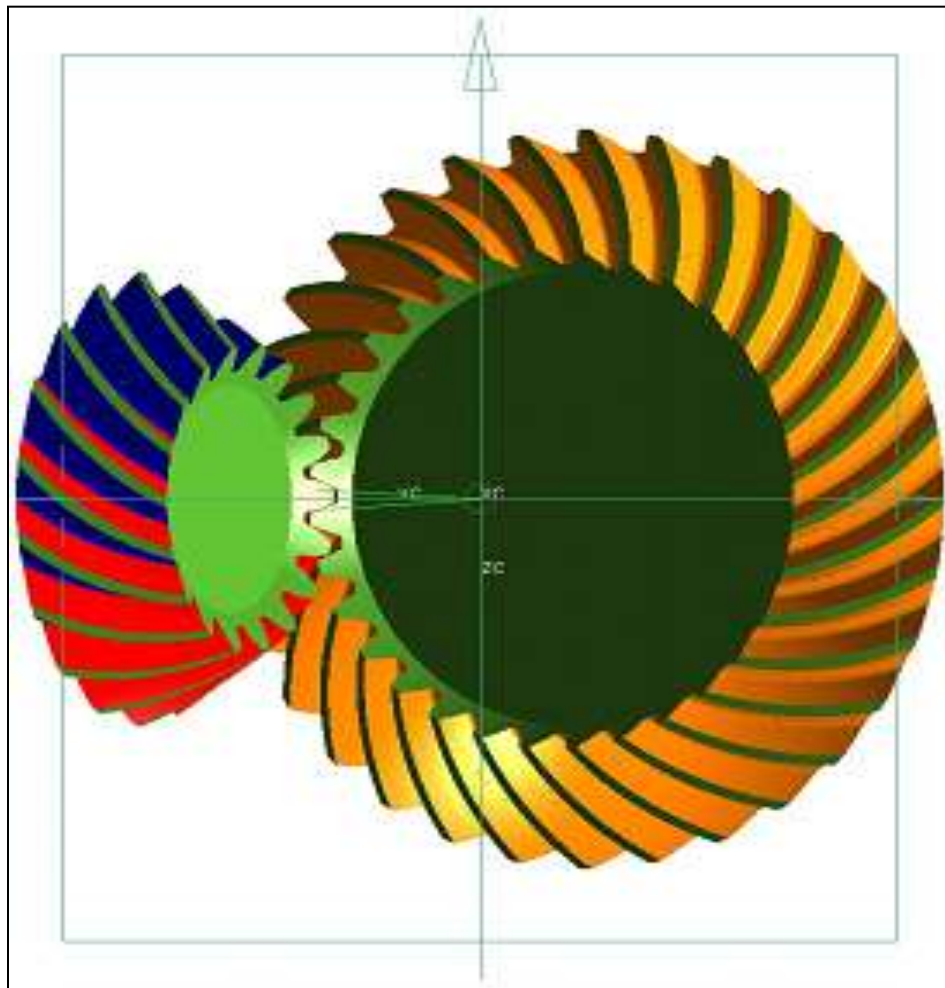


## 2 i 3 Opracowanie programów do symulacji obróbki uzębienia koła oraz zębniaka realizowanych na obrabiarkach sterowanych mechanicznie.



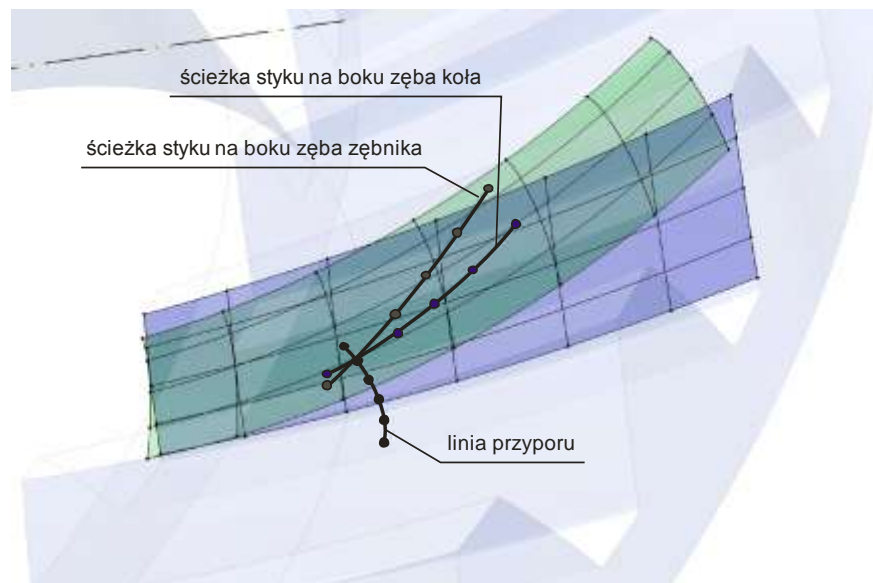
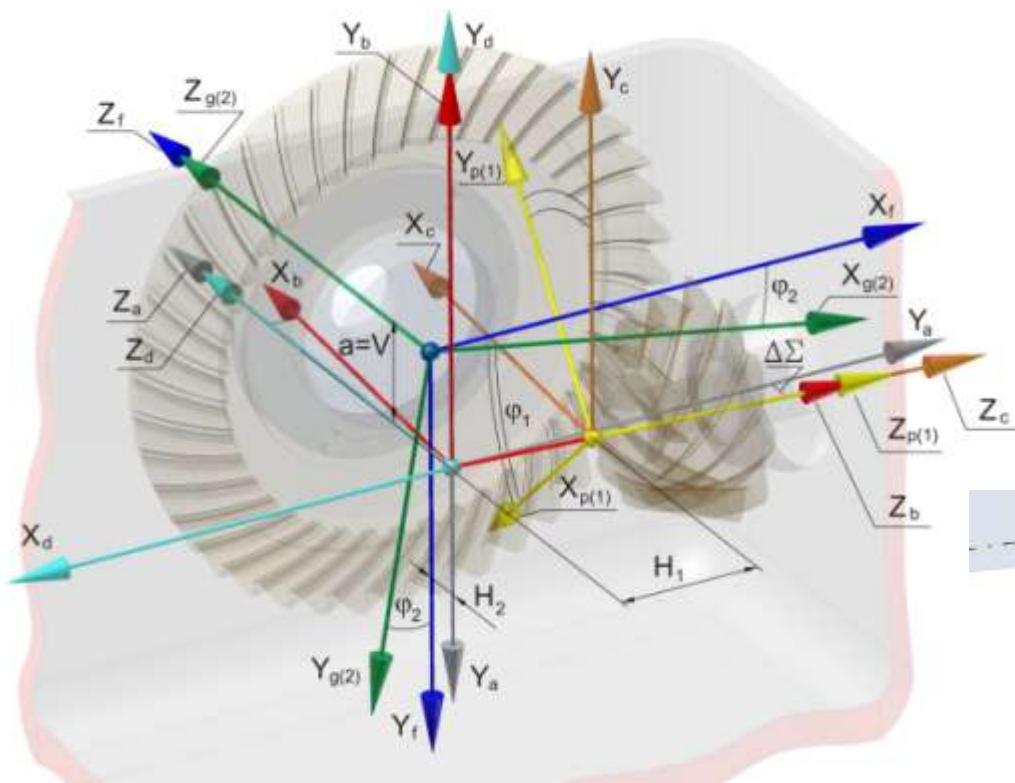
**Układ technologiczny koła i zębniaka**

2 i 3 Opracowanie programów do symulacji obróbki uzębienia koła oraz zębniaka realizowanych na obrabiarkach sterowanych mechanicznie.

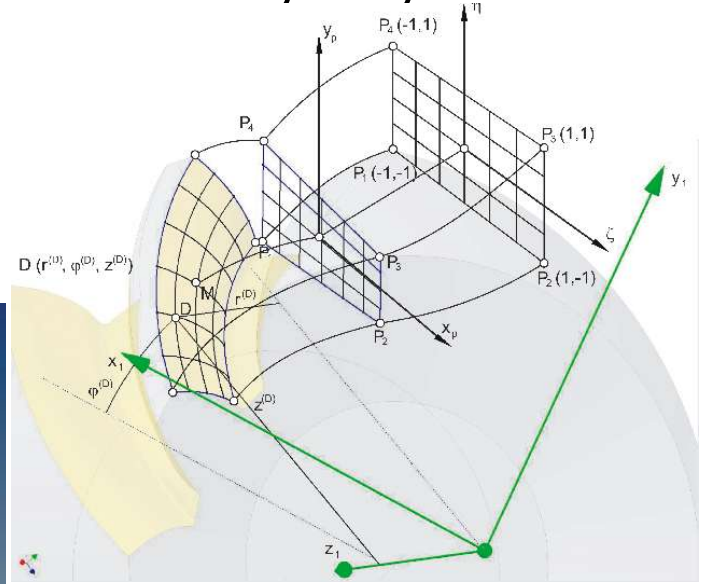
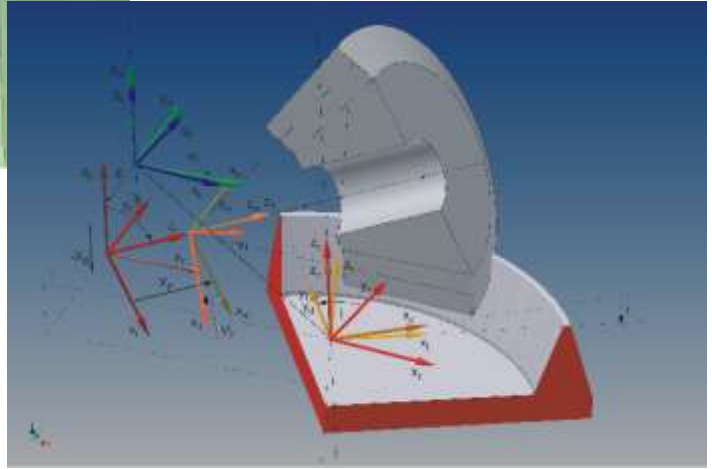
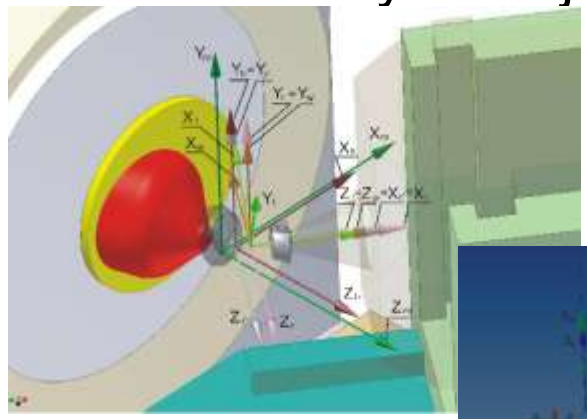


**Model bryłowy przekładni**

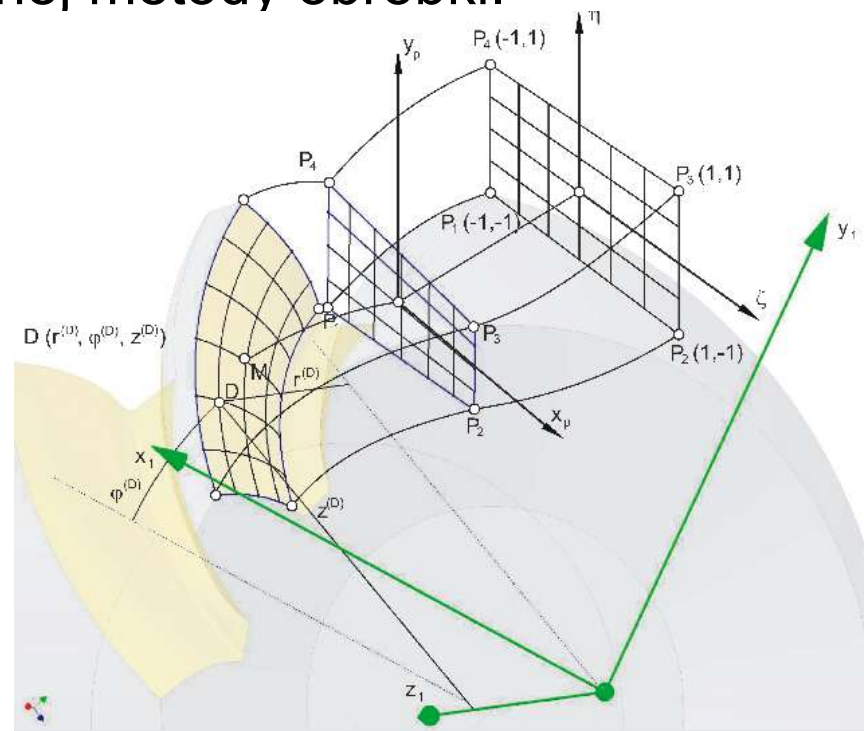
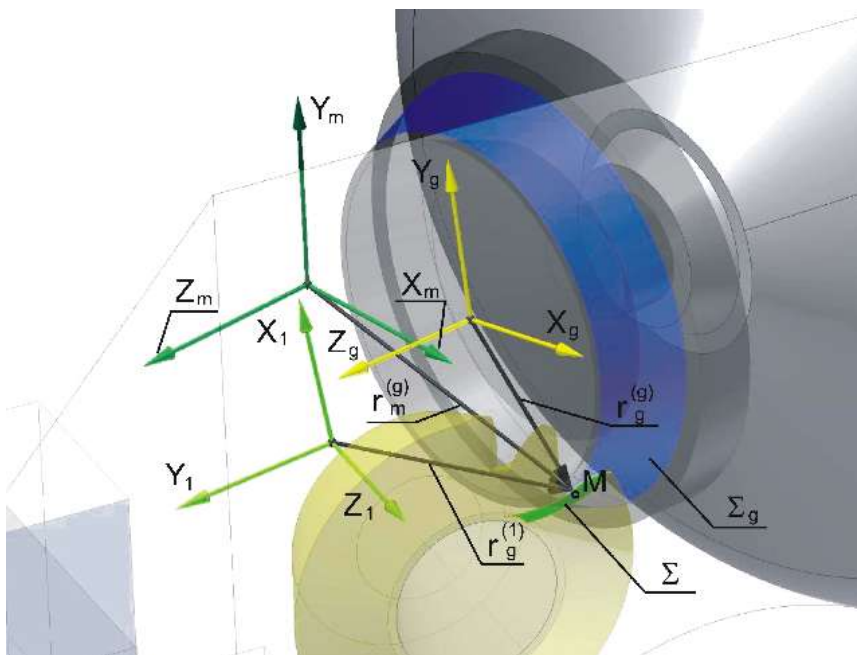
# 15 Zbudowano model matematyczny przekładni konstrukcyjnej z uwzględnieniem odchyłek montażowych.



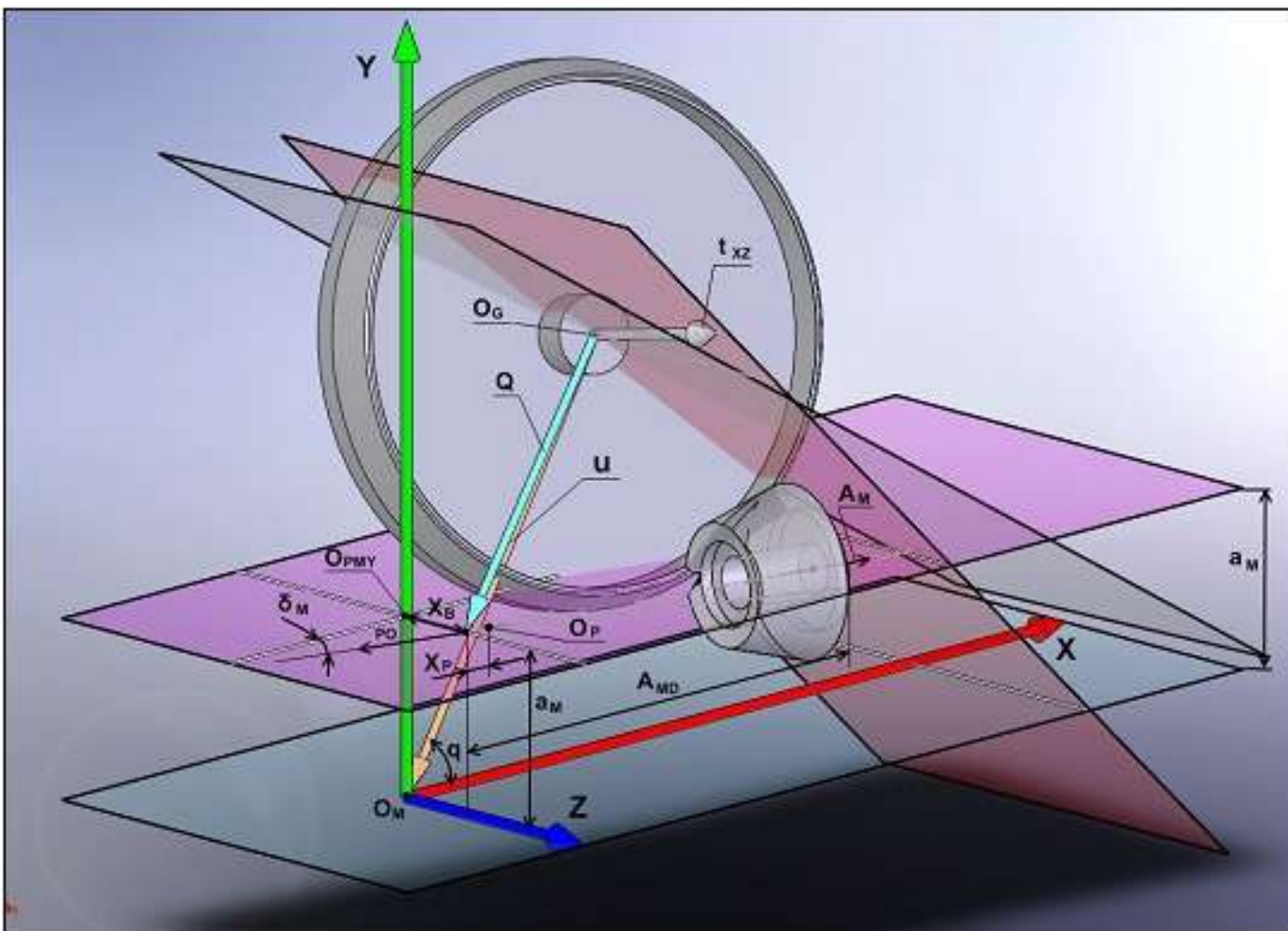
- 4 i 5 Opracowanie modeli matematycznych obróbki uzębienia koła oraz zębniaka metodami SFM, SGM, SGT, (Spread Blade Fixed Setting) i Duplex Helical.
6. Opracowanie metody aproksymacji powierzchni boku zęba rozpiętej na wyznaczonej siatce punktów.
7. Weryfikacja opracowanych metod poprzez porównanie powierzchni zębów uzyskanych metodami numerycznymi i na drodze symulacji obróbki.



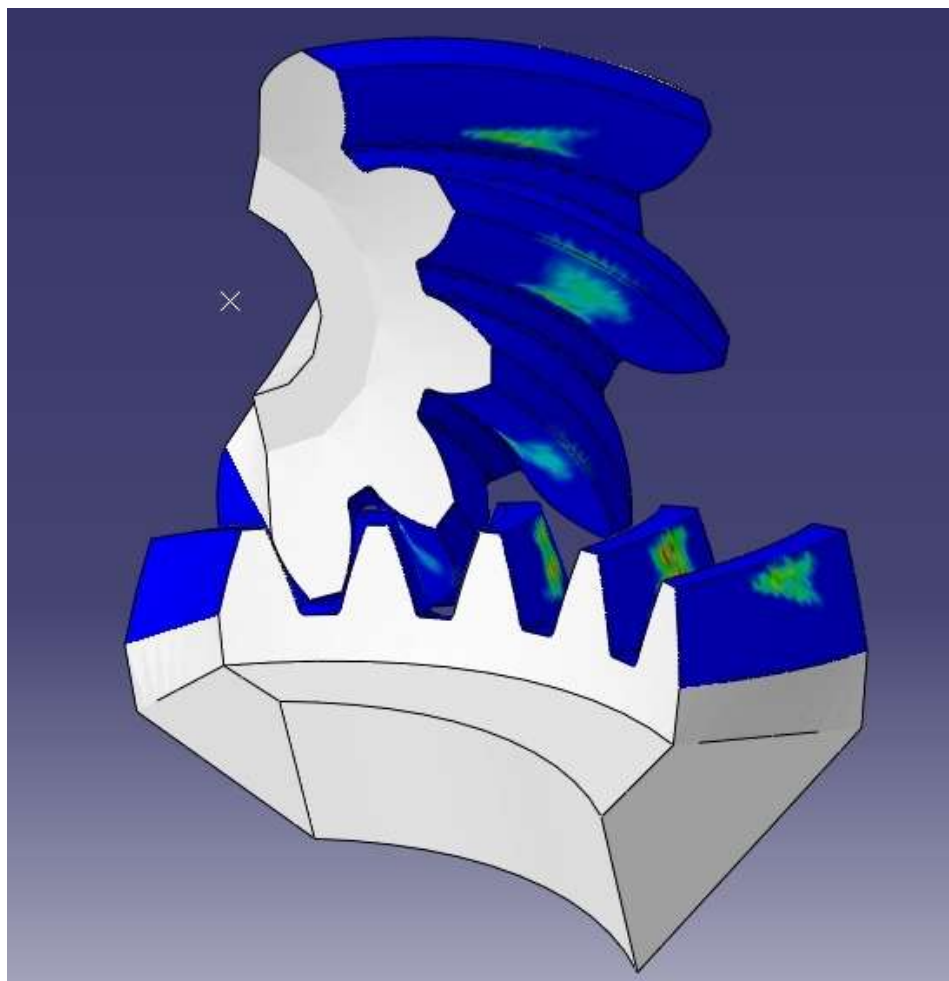
6. Opracowanie metody aproksymacji powierzchni boku zęba rozpiętej na wyznaczonej siatce punktów.
7. Weryfikacja opracowanych metod poprzez porównanie powierzchni zębów uzyskanych metodami numerycznymi i na drodze symulacji obróbki.
14. Opracowanie numerycznej metody wyznaczania powierzchni sprzężonej zęba zębnika dla danej metody obróbki.



# 8 i 9 Opracowanie matematycznego modelu obróbki koła oraz zębniaka na obrabiarce typu Phoenix.



21 Opracowanie procedury analizy śladu współpracy i nierównomierności ruchu przekładni obciążonej (LTCA) z wykorzystaniem MES oraz analiza stanu nprężeń.



### 3. Główne wnioski z dokonanych wizyt studyjnych w przedsiębiorstwach Doliny Lotniczej w kontekście uwzględnienia potrzeb przemysłu lotniczego dotyczących badań i rozwoju

ZB3 – Lider PW Kalisz mgr inż. Robert Wasiak

Zwiększenie efektywności produkcji elementów przekładni stożkowej w oparciu o wykorzystanie systemu Phoenix:

- obliczenie nastaw wstępnych ,
- określenie korekcji,
- optymalizacja parametrów,

w stosunku do aktualnie prowadzonej produkcji.

ZB3 – Lider WSK Rzeszów mgr inż. Jacek Sowa

- Opracowanie programów komputerowych obliczeń wytrzymałościowych przekładni stożkowych w oparciu o aktualne normy ISO i AGMA.
- Opracowanie programów symulacji obróbki kół stożkowych w systemie CATIA generujących modele powierzchniowe.

## 4. Wskaźniki realizacji celów projektu w ramach ZB 3

Wskaźnik	zrealizowane	w realizacji	planowane
prace magisterskie	3	3	15
prace doktorskie		4	4
prace habilitacyjne		1	1
publikacje	1	4	20
refraty konferencyjne	5	5	15
zgłoszenia patentowe		0	0

## 5. Realizacja zakupów w ramach ZB 3

### 1. Laptop 17” – 6 szt.

Zrealizowane wydatki: 28 558.19 PLN

Przewidywana wartość zamówienia:

PLN netto: 28 200 zł (Maksymalna kwota brutto w PLN przeznaczona na realizację zamówienia: 30 000 zł)

### 2. Materiały biurowe + materiały eksploatacyjne do urządzeń RP .

Zrealizowane wydatki: 23 631.4 PLN

### 3. Urządzenie pomiarowe do pomiaru kół zębatach. (w trakcie przetargu)

Przewidywana wartość zamówienia:

PLN netto: 230 000 PLN (Maksymalna kwota brutto w PLN przeznaczona na realizację zamówienia: 250 000)

ZB 3 - 109 992 PLN; ZB 4 - pozostała kwota.



## 5. Realizacja zakupów w ramach ZB 3

### 1. Dodatkowe wyposażenie do współrzędnościowej maszyny pomiarowej WENZEL LH 87

Stół obrotowy o średnicy 400mm wraz z osprzętem, oprogramowaniem sterującym dla stołu obrotowego i systemem sterowania dla 4 osi oraz specjalistyczne oprogramowanie do pomiaru kół zębatach stożkowych i hipoidalnych


Przewidywana wartość zamówienia:

PLN netto: 200000.00 zł (Maksymalna kwota brutto w PLN przeznaczona na realizację zamówienia: 250000.00 zł)

ZB 3 - 109 992 PLN; ZB 4 - pozostała kwota.

## 6. 7. Harmonogram realizacji ZB 3

 Podzadanie zakończone 

 Podzadanie kontynuowane 

 Podzadanie rozpoczęte 

Nr	Wyk.	Podzadanie	II p	I p	II p	I p	II p	I p	II p	I p	II p	I p
			2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	PW	1. Opracowanie metody i programu komputerowego wyznaczania podstawowej geometrii przekładni stożkowych, doboru narzędzi i ustawień bazowych obrabiarek do obróbki uzębień koła i zębniaka wg metod SFM, SGM, SGT, (Spread Blade Fixed Setting) i Duplex Helical firmy Gleason.										
2	PW	2. Opracowanie programu do symulacji obróbki uzębienia koła realizowanych na obrabiarkach sterowanych mechanicznie.										
3	PW	3. Opracowanie programu do symulacji obróbki uzębienia zębniaka realizowanych na obrabiarkach sterowanych mechanicznie.										
4	PRz,PW	4. Opracowanie modeli matematycznych obróbki uzębienia koła metodami SFM, SGM, SGT, (Spread Blade Fixed Setting) i Duplex Helical.										
5	PRz, PW	5. Opracowanie modeli matematycznych obróbki uzębienia zębniaka metodami SFM, SGM, Spread Blade Fixed Setting i Duplex Helical.										
6	PRz	6. Opracowanie metody aproksymacji powierzchni boku zęba rozpiętej na wyznaczonej siatce punktów.										
7	PRz,PW	7. Weryfikacja opracowanych metod poprzez porównanie powierzchni zębów uzyskanych metodami numerycznymi i na drodze symulacji obróbki.										
8	PRz,PW	8. Opracowanie matematycznego modelu obróbki koła na obrabiarce typu Phoenix.										
9	PRz,PW	9. Opracowanie matematycznego modelu obróbki zębniaka na obrabiarce typu Phoenix.										

# Harmonogram realizacji ZB 3

Nr	Wyk.	Podzadanie	II p	I p	II p	I p	II p	I p	II p	I p	II p	I p	II p	I p
			2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
10	PRz	10. Opracowanie programu do symulacji obróbki uzębienia koła na obrabiarce typu Phoenix.												
11	PRz	11. Opracowanie programu do symulacji obróbki uzębienia zębniaka na obrabiarce typu Phoenix.												
12	PRz,PW	12. Weryfikacja opracowanych metod poprzez porównanie powierzchni zębów uzyskanych metodami numerycznymi i na drodze symulacji obróbki na obrabiarce typu Phoenix.												
13	PRz	13. Weryfikacja metody wyznaczania funkcji ruchu osi sterowanych.												
14	PRz	14. Opracowanie numerycznej metody wyznaczania powierzchni sprzężonej zęba zębniaka dla danej metody obróbki.												
15	PRz	15. Zbudowanie modelu matematycznego przekładni konstrukcyjnej z uwzględnieniem odchyłek montażowych.												
16	PRz	16. Opracowanie procedury analizy śladu współpracy i nierównomierności ruchu przekładni lekko obciążonej (TCA).												
17	PRz	17. Opracowanie metody topologicznej modyfikacji boku zęba zębniaka i wyznaczania powierzchni wzorcowej zapewniającej pożądany ślad przylegania i wykres nierównomierności ruchu przekładni.												
18	PRz	18. Opracowanie procedury optymalnej aproksymacji wzorcowej powierzchni zęba zębniaka powierzchnią generowaną na maszynie CNC w celu wyznaczenia skorygowanych funkcji ruchu osi sterowanych.												
19	PRz	19. Wyznaczenie powierzchni boku zęba zębniaka przy skorygowanych funkcjach ruchu.												
20	PRz	20. Przeprowadzenia analizy TCA przekładni po modyfikacji zębów zębniaka i opracowanie wytycznych dotyczących korekty powierzchni wzorcowej.												
21	PRz	21. Opracowanie procedury analizy śladu współpracy i nierównomierności ruchu przekładni obciążonej (LTCA) z wykorzystaniem MES oraz analiza stanu nprzeżeń.												
22	PRz	22. Porównanie wyników analiz TCA i LTCA i opracowanie wniosków określających wpływ odkształceń na ślad przylegania i wytycznych dotyczących topologicznej modyfikacji powierzchni zębów zębniaka.												

## Harmonogram realizacji ZB 3

Nr	Wyk.	Podzadanie	II p	I p	II p	I p	II p	I p	II p	I p	II p	I p
			2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	PRz,PW	23. Opracowanie zintegrowanego programu komputerowego wspomagającego projektowanie przekładni stożkowych.										
24	PW, Kalisz	24. Opracowanie programu sterującego obróbką na maszynie Phoenix.										
25	PRz	25. Opracowanie strategii pomiarów uzębienia koła i zębniaka na maszynie pomiarowej CMM.										
26	PRz	26. Opracowanie programu sterującego maszyną pomiarową.										
27	PW, Kalisz	27. Realizacja obróbki uzębienia koła i zębniaka zaprojektowanej przekładni na obrabiarce Phoenix i pomiary										
28	PRz	28. Realizacja pomiarów uzębienia wg opracowanego programu										
29	PW	29. Zaprojektowanie i wykonanie stanowiska do badań współpracy jedno- i dwu- stronnej przekładni oraz przeprowadzenie badań wykonanych przekładni										
30	PW, Kalisz	30. Analiza możliwości zastosowania głowicy z nożami sztabkowymi z węglików spiekanych do obróbki kół na maszynie Phoenix										