

Wpływ aktualnych technologii na niezawodność i trwałość obiektów technicznych

Stanisław MŁYNARSKI



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki



Wydział
Mechaniczny



Technika, rozwój, rzeczywistość

Obserwując zachodzące zmiany w naszym otoczeniu nie trudno zauważyć, że obecnie inżynieria kreuje byt, nasz rozwój i sposób oceny rzeczywistości.

Jednym z najważniejszych elementów inżynierii są obiekty techniczne (maszyny, urządzenia, pojazdy, budynki i budowle) w ujęciu gospodarczym rozumiane, jako środki techniczne do realizacji celów.

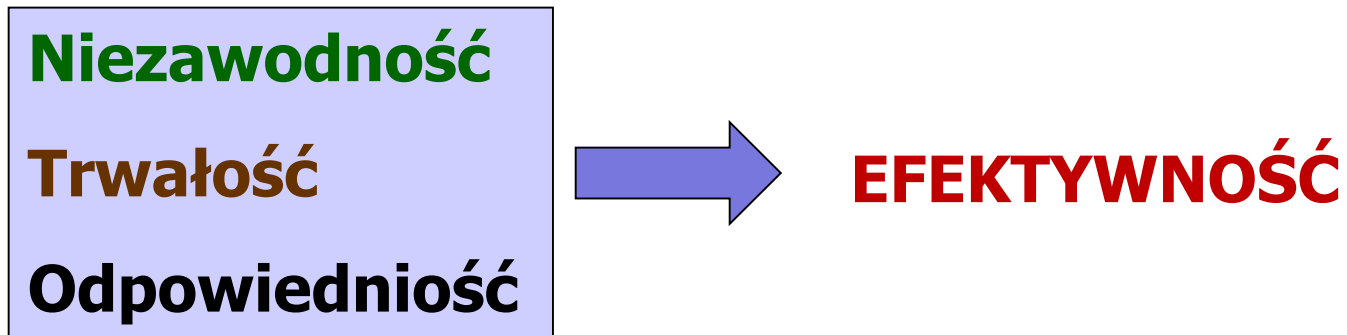
Rozwój techniki i technologii stawia wysokie wymagania dla obiektów technicznych produkowanych i wprowadzanych do obecnych systemów eksploatacji. Pociąga to za sobą konieczność poszukiwania racjonalnych metod oddziaływania na siebie trzech tak ważnych dziedzin nauki jak technologia, bezpieczeństwo, niezawodność i ekonomia

Wraz z ewolucją maszyn i metod ich wytwarzania ewoluują również otoczenie i zasady ich użytkowania czyli systemy eksploatacji.

Dla efektywnego eksploatowania maszyn istotnym zagadnieniem jest analiza wpływu wprowadzania nowej techniki i technologii, oraz bilans kosztów związanych z wykorzystaniem maszyn dla określonego celu.

Cel budowy obiektów technicznych (maszyn, urządzeń i pojazdów)

Obiekty techniczne projektowane i budowane są w celu zwiększenia efektywności działania ich użytkowników



$$\mathbf{N} + \mathbf{T} + \mathbf{O} = \mathbf{E}$$

Niezawodność i trwałość

W rozważaniach nad funkcjonowaniem maszyn istotnymi właściwościami tych obiektów są niezawodność i trwałość. Właściwości te charakteryzują zdolność ich do wykonywania powierzonych im zadań.

Znaczenie słowa „niezawodność” sięga czasów starożytnego Rzymu i prawa rzymskiego (od łac. *fides*), w którym stanowiło zapewnienie (gwarancje) dotrzymania umowy.

Obecne obserwacje rozwoju gospodarki i techniki wykazują rozwijający się „*fiducjotropizm*”, interpretowany jako dążenie do zaufania względem przekazanego do eksploatacji obiektu i powszechnie żądanej niezawodności maszyn, systemów i procesów technicznych.

Każda analiza niezawodności w czasie rzeczywistym jest prognozą i służy do wnioskowania o przyszłej eksploatacji obiektu.

Niezawodność w ogólnym ujęciu jest pojęciem kompleksowym interpretowanym jako właściwość obiektu charakteryzująca jego zdolność do wykonywania określonych zadań, w określonych warunkach i w określonym przedziale czasu.

W ujęciu ilościowym niezawodność utożsamiana jest z funkcją $R(t)$ – prawdopodobieństwo tego, że obiekt będzie pracował poprawnie w wymaganym przedziale czasu i w określonych warunkach.

$$R(t) = P(T > t), \quad t \geq 0$$

Trwałość jest kluczową cechą obiektów technicznych w gospodarce przemysłowej oraz wskaźnikiem niezawodności w obszarze rozważań eksploatacyjnych.

Trwałość – właściwość charakteryzująca zdolność obiektu do zachowania stanu zdatności w określonych warunkach do momentu zakończenia eksploatacji. **Wykorzystywana jest powszechnie w działalności przedsiębiorstw jako podstawa do obliczeń w gospodarce majątkowej przedsiębiorstw.**

Rozważając czynniki determinujące trwałości maszyn bezwzględnie dominującego znaczenia nabiera wskaźnik postępu technicznego

Pożądane było do tej pory, aby maszyny wykazywały jak największą trwałość z uwzględnieniem sukcesywnej ich odnowy

Rozwój techniki i technologii

Zmiany zachodzące w gospodarce przemysłowej: ukierunkowane są na rozwój konstrukcyjny maszyn, uwarunkowany zachowaniem bezpieczeństwa i wskaźnikami ekonomicznymi.

Czynniki te wymuszają zmiany: związane z konstrukcją maszyn, które uwzględniają wymienione wcześniej właściwości takie jak **niezawodność** i **trwałość** oraz **bezpieczeństwo** ich eksploatacji.

Wpływ postępu technicznego w postaci nowych mocno zaawansowanych technologii objawia się wdrożeniem maszyn nowej generacji mogącej sprostać obecnym wymaganiom dotyczącym bezpieczeństwa, niezawodności i trwałości współczesnych obiektów technicznych

Obecnie zastosowane technologie i powstałe przy ich pomocy złożone technicznie konstrukcje stanowią często duży problem związany z obsługą w przypadku uszkodzenia ich elementów

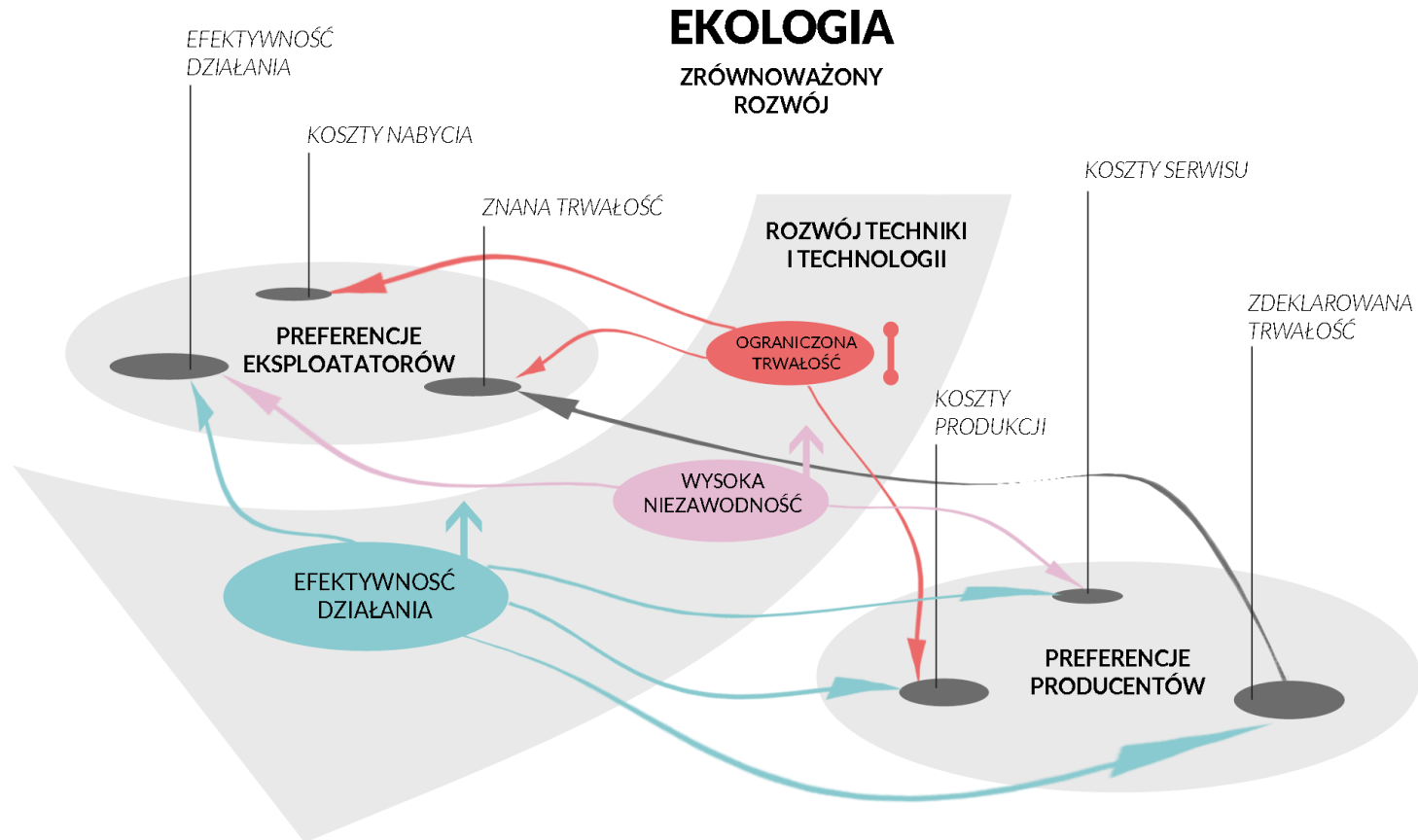
Coraz częściej rozwiązania techniczne stosowane do wytwarzania elementów maszyn i ich zespołów ze względu na ich zawansowanie technologiczne nie mogą być odtworzone poza zakładem produkcyjnym

Do prowadzenia rozważań w zakresie niezawodności i zachodzących zmian niezbędne jest systemowe ujęcie procesu eksploatacji oraz ocena obserwowanych trendów i oczekiwań.

Trendy, oczekiwania i postulaty

Spełnienie oczekiwań związanych z eksploatacją obiektów technicznych powinno być realizowane przez spełnienie zgłaszanych postulatów w obszarach istnienia obiektu.

Postulaty te sprowadzają się do obszarów wywodzących się z trendu rozwoju techniki i technologii oraz oczekiwań użytkowników i producentów, które przedstawiono na rysunku.



Eksploatacja i jej wpływ na niezawodność i trwałość

Posługując się pojęciem przedziału czasu istnienia obiektu technicznego można wyróżnić kolejne fazy jego istnienia:

1. projektowania,
2. produkcji (konstruowanie),
- 3. eksploatacji (utrzymanie, użytkowanie i obsługiwane),**
4. likwidacji.

Podczas eksploatacji obiektu ujawniają się cechy, które determinują jakość wykonywanych przez obiekt zadań, są to min. gotowość, odpowiedniość, niezawodność, trwałość.

Eksploatacja w ujęciu technicznym interpretowana jest jako ogół wszystkich zdarzeń, zjawisk i procesów zachodzących w obiekcie wynikających z potencjału do wykonywania zadań i środowiska, w którym obiekt się znajduje od chwili zakończenia procesu jego wytwarzania, do chwili likwidacji

Eksploatacja w ujęciu ekonomicznym może być rozumiana jako działanie nadające wartość użytkową obiektom technicznym

Obecne systemy eksploatacji podlegają znaczącym zmianą wraz z rozwojem techniki i technologii

Największe możliwości oddziaływania na niezawodność i trwałość obiektu występują w fazie projektowania i konstruowania a w eksploatacji jest jej pomiar.

Obecne metody zapewnienia żądanej niezawodności i trwałości

Pomyślne rozwiązanie problemów niezawodności w obecnych warunkach eksploatacji sprowadza się do opracowania sformalizowanych modeli oceny niezawodności, ustalenia technologii i rozwiązań konstrukcyjnych obiektów, prognozowania niezawodności oraz opracowania systemów eksploatacji, zapewniających obiektom żądaną niezawodność.

Obecnie prace koncentrują się na zapewnieniu niezawodności obiektów technicznych przez realizację następujących celów:

- uwzględnienie trwałości i niezawodności obiektów w konstruowaniu i wytwarzaniu,
- wdrożenie programów i metod badań eksploatacyjnych trwałości i niezawodności przez organizację sieciowych baz danych eksploatacyjnych oraz ustalenie w badanych obiektach stanów granicznych oraz metod wykrywania tzw. „słabych ogniw”,
- opracowanie programów komputerowych, w których w sposób automatyczny prowadzona jest estymacja danych eksploatacyjnych
- nowe „modułowe” podejście do organizacji napraw, przeglądów i wymian obiektów.

Organizacja baz danych eksploatacyjnych

Kluczowe informacje do zapewnienia żądanej niezawodności i trwałości zawarte są w danych eksploatacyjnych

Zbiór informacji o eksploatowanych obiektach technicznych jest bardzo duży i utrudnia to ich przetworzenie nawet przy użyciu zaawansowanych technik numerycznych.

Bazy danych eksploatacyjnych surowych organizowane przez producentów maszyn i pojazdów dla własnych potrzeb:

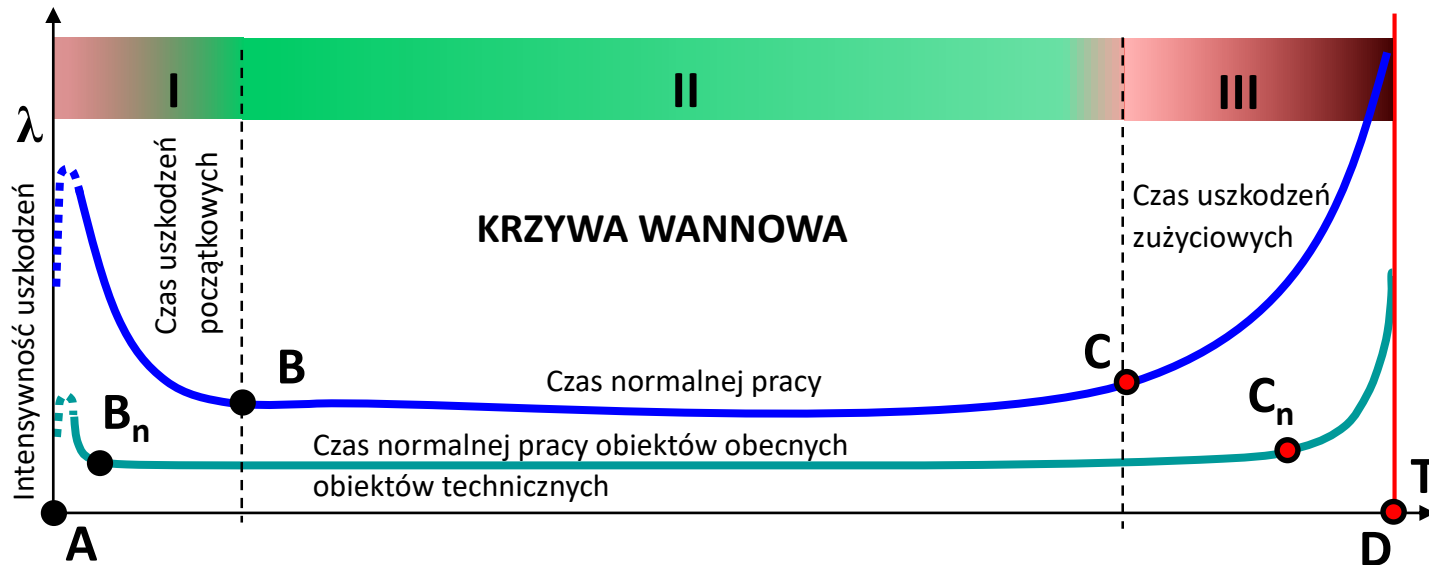
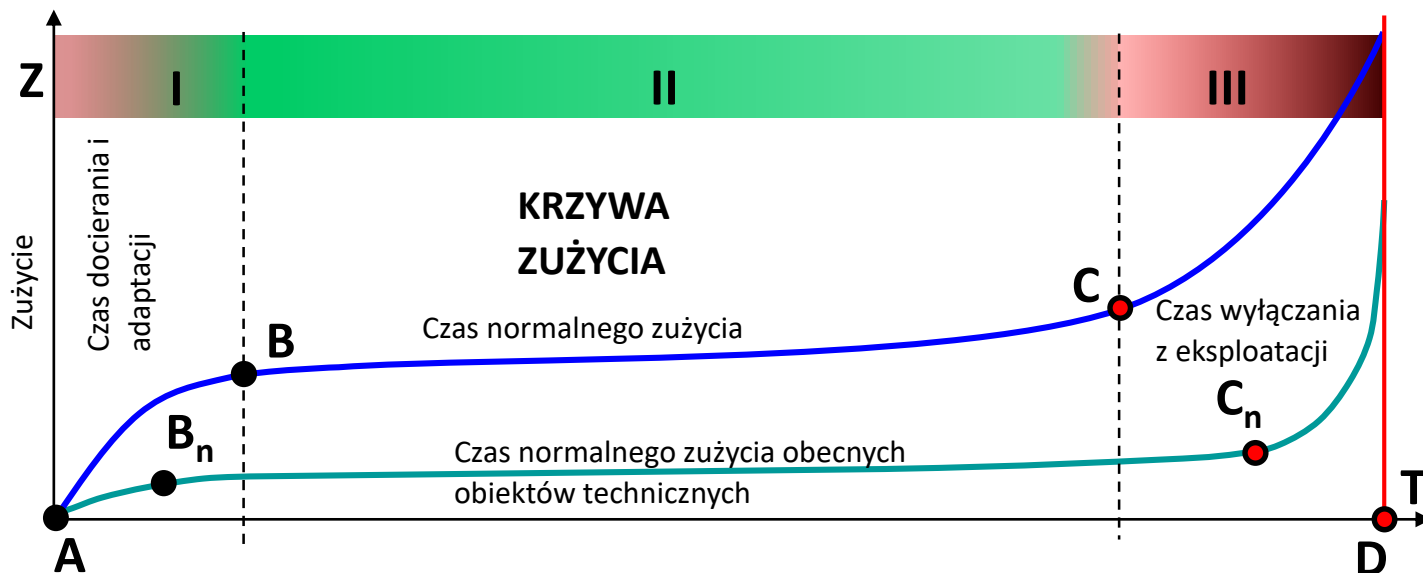
- Informacje indywidualne gromadzone podczas obsługi technicznej obiektu pobierane w postaci kodowanych pakietów danych elektronicznych
- Informacje indywidualne gromadzone automatycznie przez łącza on-line bezpośrednio z systemów roboczych obiektu

Duże aktualizowane on-line bazy danych eksploatacyjnych zorganizowane w ramach integracji ośrodków połączonych w sieci multirodziejowej specjalizacji, do wspomagania projektowania, diagnostyki maszyn i procesów decyzyjnych

- bazy danych eksploatacyjnych producentów z wielu branż i różnego rodzaju obiektów technicznych
- bazy danych ośrodków analitycznych zajmujących się analizami danych
- Internet rzeczy

Charakterystyki eksploatacyjne

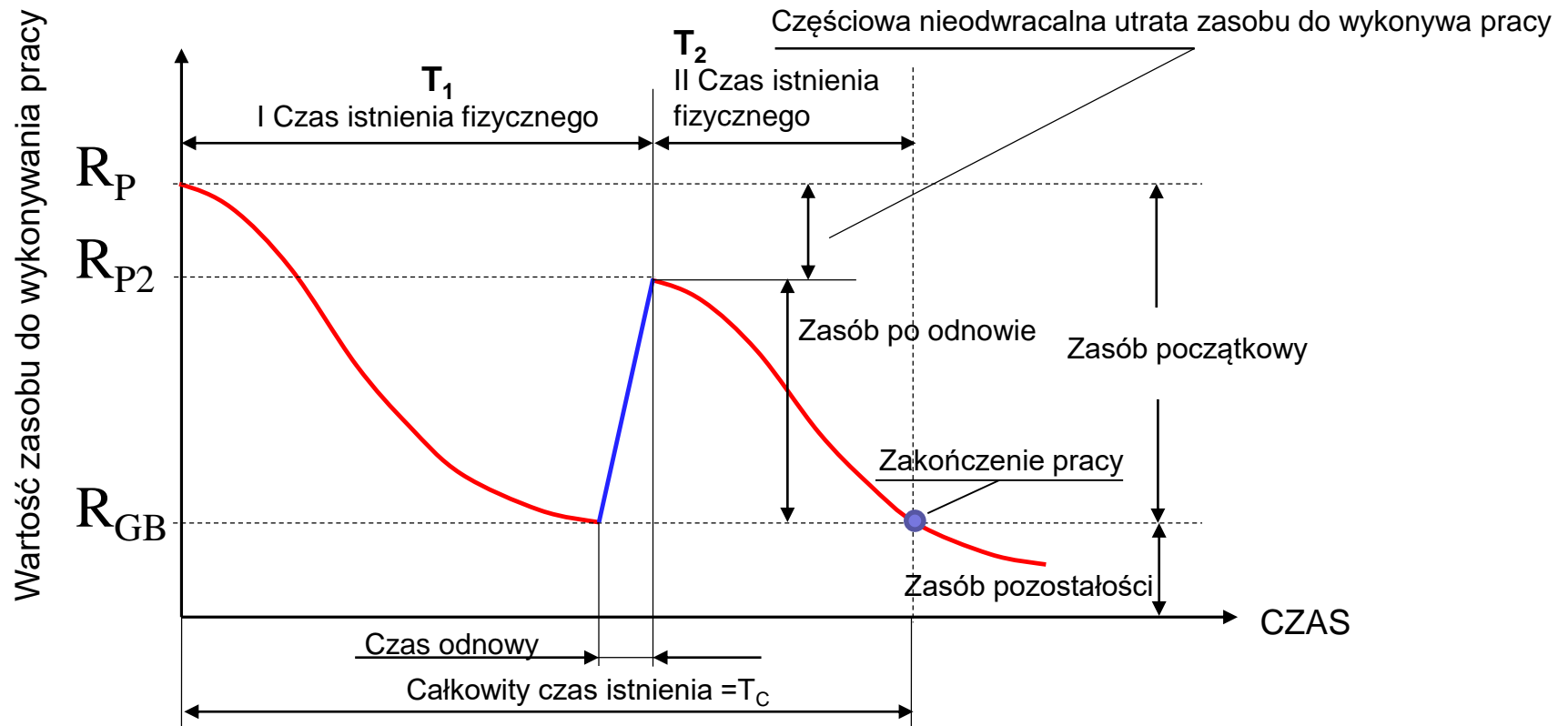
krzywa zużycia, krzywa intensywności uszkodzeń



Obiekty naprawialne – dotychczas występujące

Obiekty, których konstrukcja umożliwia warunki obsługi i odnowy oraz przywrócenie stanu zdadności i ponowne spełnianie założonych funkcji.

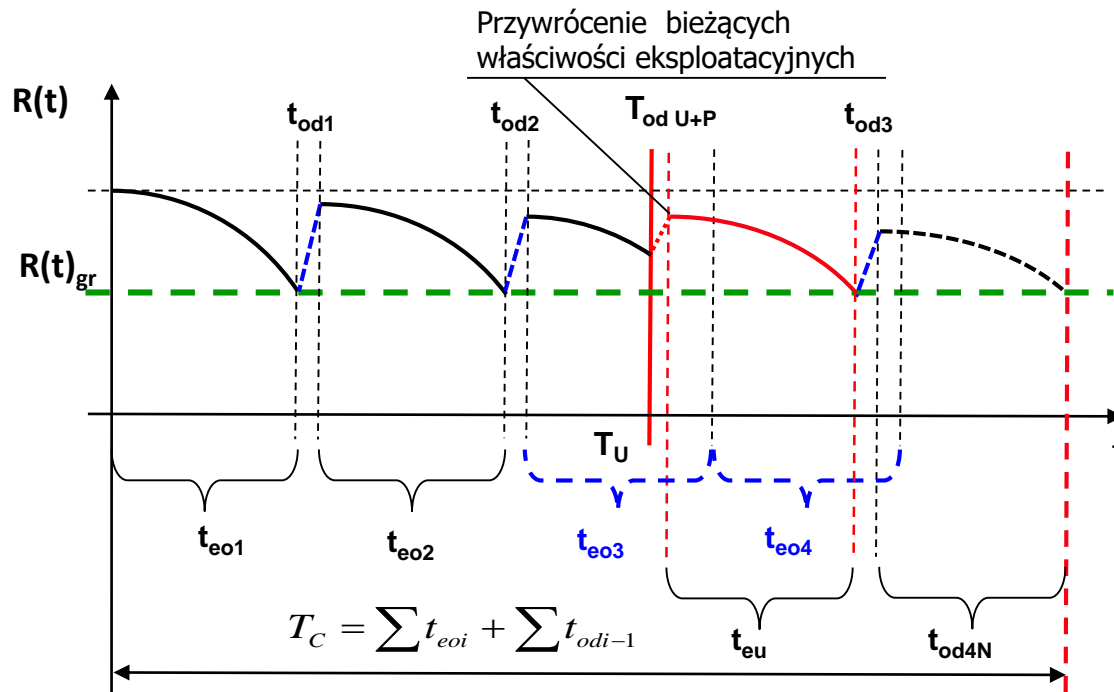
$$T_C = T_1 + T_2, \quad T_1 > T_2$$



Trwałość obiektów naprawialnych i czas odnowy

Problemy niezawodności obiektów technicznych występują tak powszechnie w eksploatacji, że są utożsamiane jako nieodłączne zjawisko procesów ich użytkowania. Obsługa i prowadzone remonty stanowiły do tej pory naturalny wizerunek eksploatacji maszyn, urządzeń i pojazdów.

Odnowy są realizowane przez rozproszone zewnętrzne zespoły do obsługi często o niepełnej wiedzy z zakresu budowy oraz procesu eksploatacji i finansowane przez właściciela maszyn.



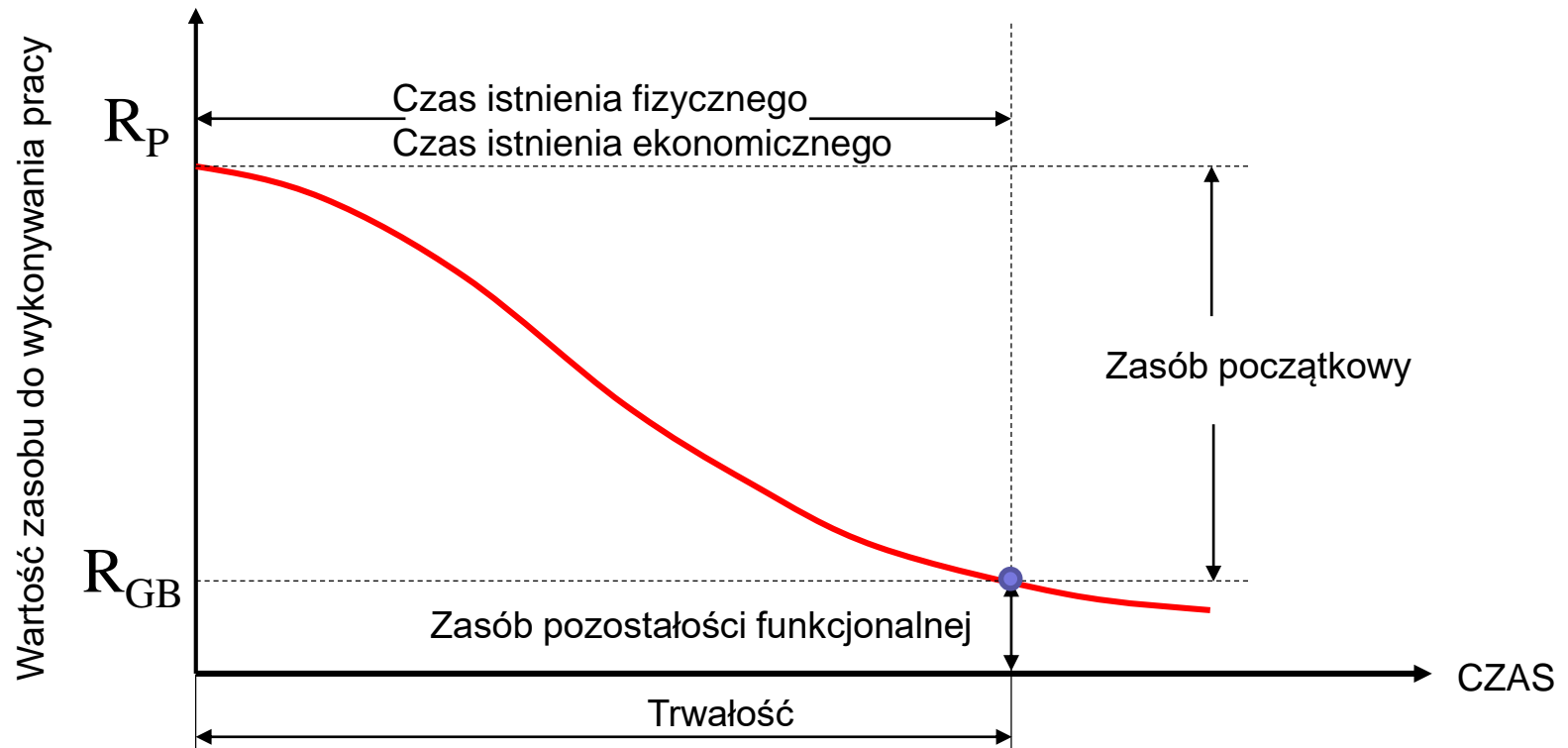
Czynniki towarzyszące eksploatacji O_N

- kwalifikacje personelu
- wyposażenie techniczne
- harmonogram odnowy
- czas trwania odnowy
- jakość prac odnowy
- koszty odnowy
- koszty przerw w produkcji
- zmniejszający się dostępny zasób do pracy po każdej odnowie
- i inne

Dynamiczne systemy obsługi zastępują sformalizowane sztywne reguły rewersów eksploatacyjnych, które w obecnych warunkach wysilonej ekonomicznie gospodarki straciły zasadność w użytkowaniu obecnych obiektów.

Obiekty nienaprawialne (nieodnawialne)

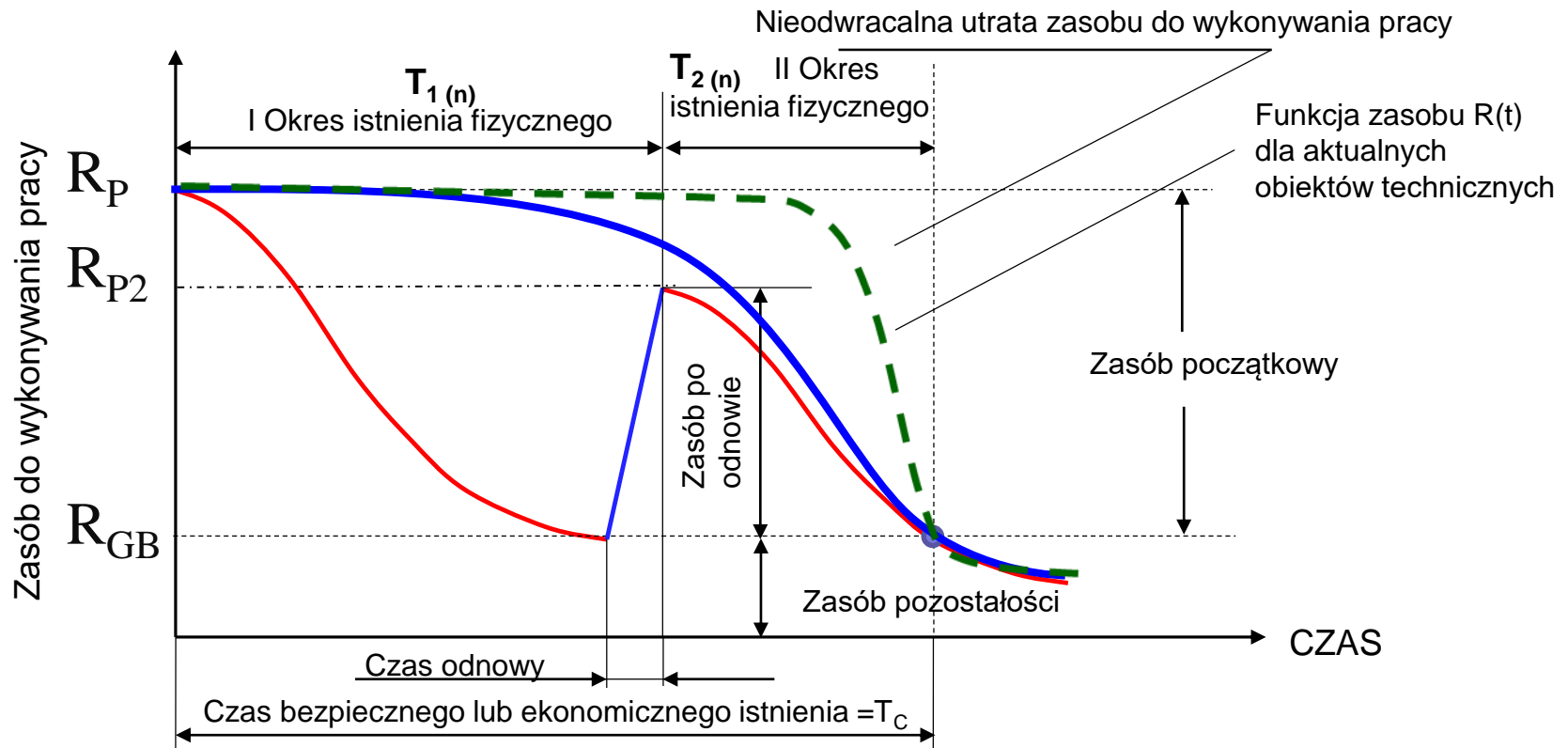
Obiekty nienaprawialne – są to obiekty, których konstrukcja i brak warunków obsługiwanie uniemożliwiają przywrócenie im stanu zdatności (naprawienie) po wyczerpaniu zasobu do pracy (uszkodzeniu);



Trwałość obiektów O_{NN}

Zasób do wykonywania pracy - Model podstawowy i oczekiwany

$$T_{Cnp} = T_{1n} + T_{2n} \leq T_{nn}, \quad T_{1n} > T_{2n}$$



Obecne technologie i obiekty nienaprawialne

Zastosowanie w wytwarzaniu obiektów zaawansowanych technologii powoduje wystąpienie szeregu czynników związanych eksploatacją tych obiektów:

- technologiczne zwiększenie niezawodności i trwałości
- wysokie wymagania dla obsługi (zalecane obiekty nienaprawialne)
- specjalistyczna wiedza z zakresu zastosowanej technologii produkcji oraz budowy i procesu eksploatacji potrzebna do obsługi (personel producenta)
- specjalistyczne narzędzia i aparatura diagnostyczna do obsługi (u producenta)
- zwiększenie liczby wytwarzanych produktów (automatyczne linie produkcyjne)

Przesłanki i zadania dla obecnych producentów:

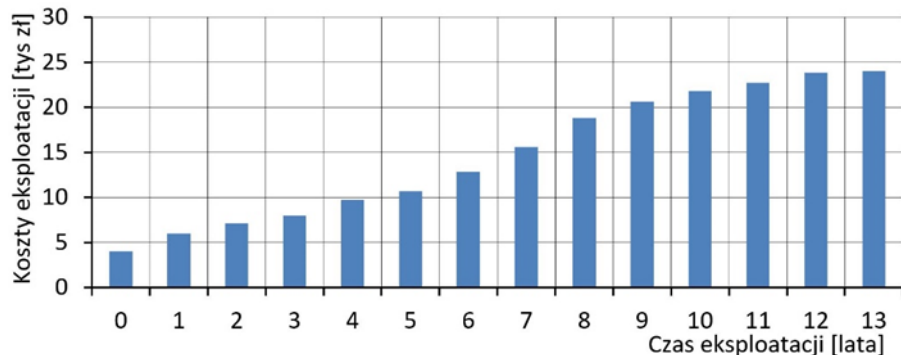
- dystrybucja produktów na cały świat (utrzymanie bytu przedsiębiorstwa)
- zapewnienie gwarancji i organizacja rozproszonego na całym świecie serwisu gwarancyjnego (zadanie bardzo trudne i kosztowne)
- Korzyści z obsługi obiektów nie zasilają budżetu producenta (producent nie jest właścicielem punktów serwisowych – **jedynie je autoryzuje i ponosi koszty gwarancji**)

Możliwe rozwiązanie problemu

- Produkcja obiektów o wysokiej niezawodności i ograniczonej trwałości
- Produkcja obiektów nienaprawialnych (tańszych w wykonaniu, brak obsługi)
- organizacja punktów zboru uszkodzonych obiektów i wymiana na nowe

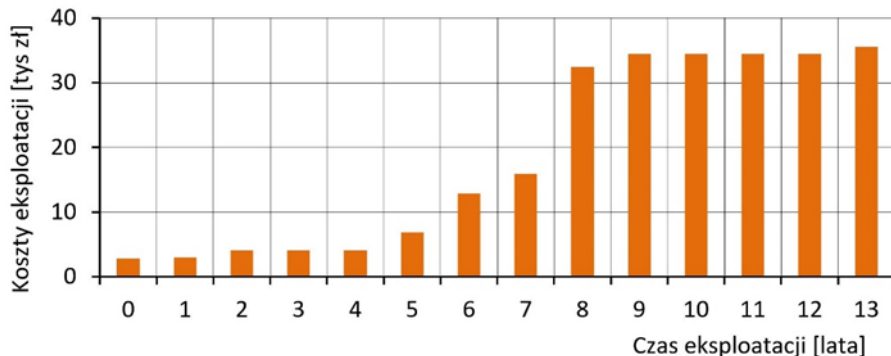
Wagony tramwajowe o różnym zaawansowaniu technologicznym konstrukcji - przykład

Wagon A – konstrukcja stosowana poprzednio



Monotoniczny wzrost kosztów w czasie eksploatacji

Obecna konstrukcja - Wagon B



Wagon nowej generacji - pierwotne zachowanie stabilności niskich kosztów i progowy ich wzrost w zakresie 6-7 lat eksploatacji

Obiekty o złożonej konstrukcji modułowej

W trakcie produkcji następuje realizacja konstrukcji i wytwarzany jest obiekt w zaplanowanej technologii, posiadający określoną niezawodność, trwałość i koszt wytworzenia. Chcąc sprostać wymaganiom i zastosować nowe technologie do obiektów bardzo złożonych konstrukcyjnie stosowana jest budowa modułowa

Obiekty zbudowane z wielu podzespołów i układów nienaprawialnych:

- modułowa struktura konstrukcji
- moduły - elementy nienaprawialne (układy zaawansowane technologicznie)
- łatwa diagnostyka i identyfikacja uszkodzeń
- łatwa wymiana uszkodzonych elementów (modułów)
- podstawowe szkolenie personelu obsługi technicznej
- Moduły certyfikowane zaopatrzone w metryki niezawodności do budowy układów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo (gwarantowane wysokie wartości wskaźników niezawodności)
- budowa obiektów o standaryzowanej trwałości (wszystkie elementy konstrukcji wykazują taką samą trwałość)

Obiekty o jednakowej trwałości elementów

Modułowa budowa obiektów posiada specjalne możliwości do realizacji konstrukcji, której elementy (moduły) wykazują takie same lub podobne właściwości niezawodności i trwałości.

Jednakowa (standaryzowana) trwałość elementów ma znaczenie dla użytkowników i producentów.

Użytkowników:

$$T_{std} = T_{e1} = T_{e2} = T_{en}$$

- precyzyjne planowanie czasu eksploatacji i związanych tym działań i decyzji
- zaplanowanie czasu wymiany na nowy obiekt
- zaplanowanie w czasie środków finansowych na zakup nowego
- zaplanowanie środków technicznych do wymiany na nowy obiekt
- prosty bilans ekonomiczny użytkowania obiektu

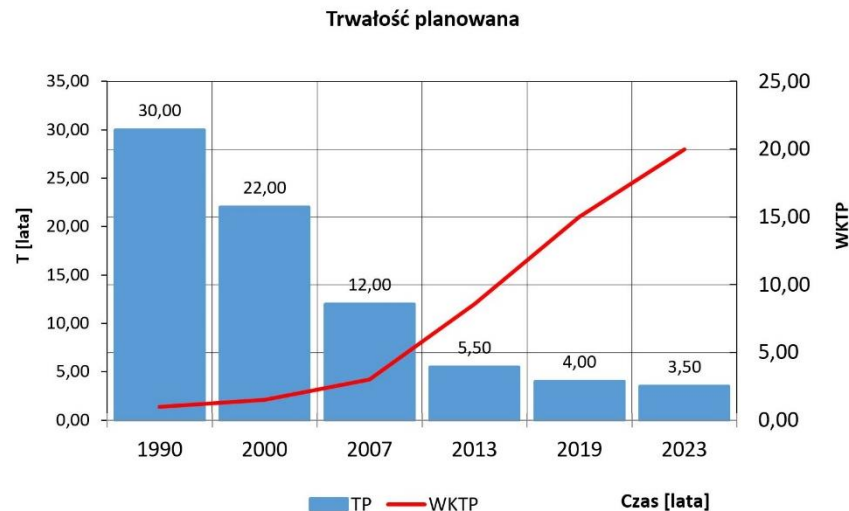
Producentów:

- łatwy do ustalenia czas gwarancji
- niski koszt gwarancji
- poprawa ekonomiki budowy (brak nakładów na nadwyżkę trwałości)
- znany czas dostarczenia nowych obiektów w podobnych ilościach
- zmniejszenie lub brak zapotrzebowania na części zamienne

Obiekty takie są pożądane w systemach gdzie prowadzone są planowe wymiany maszyn. Również w systemach, w których wymagane jest bezwzględne utrzymanie ciągłości procesu produkcji lub działalności.

Obiekty o zaplanowanej (zaprojektowanej) trwałości i wysokiej niezawodności

Postęp technologiczny i coraz wyższe wymagania stawiane obiektom technicznym powodują, że po krótkim okresie eksploatacji obiekty te stają się **nieefektywne**. Sytuacja taka istotnie zmienia dotychczasowe podejście i wymusza konstruowanie maszyn i pojazdów o **znanej ograniczonej trwałości oraz wysokiej niezawodności**.



Wpływ postępu technicznego na trwałość pojazdu

Zdeterminowanie planowanej trwałości obiektu w pewnym określonym ekonomicznie zakresie czasu pracy jest **odwrotnie proporcjonalne do wielkości postępu technicznego** to znaczy, że im szybszy postęp techniczny tym ze względu na racjonalność zastosowania technologicznego, niższa trwałość pojazdu przy bezwzględnym zachowaniu wysokiej niezawodności

Nowe podejście do eksploatacji

Funkcja obiektów technicznych i jej nabycie

Znamiennym dla kształtowania nowych systemów eksploatacji jest sposób użytkowania obiektów technicznych, który traktuje środek techniczny jako obiekt potrzebny do osiągnięcia celu. W tym ujęciu wykorzystywana jest jedynie funkcja jaką obiekt wykonuje.

W takim przypadku pojęcie dużej niezawodności przyjmuje inną formę dla użytkownika i inną dla producenta.

Użytkownik nabywa funkcję obiektu a producent udziela gwarancji na jej realizację.

Podobnie takie powoduje, że obiekt techniczny dla użytkownika jest nienaprawialnym elementem systemu eksploatacji, który w przypadku uszkodzenia zostanie wymieniony na nowy bez konieczności rezerwowania czasu i środków na naprawę lub odnowę oraz ponoszenia kosztów wynikających z przestoju tego obiektu.

Zapewnienie wysokiej niezawodności dla użytkownika w takim przypadku wynika nie tylko z niezawodności tego obiektu ale również ze sposobu dystrybucji jego cechy w postaci funkcji wykonania zadania.

Zachowanie bezpieczeństwa obiektów technicznych EEP

Obecnie eksploatowanych jest wiele maszyn i urządzeń, których budowa składa się z elementów elektronicznych. Wykonują one często bardzo odpowiedzialne zadania. Błędy wynikające z ich niepoprawnej pracy mogą skutkować tragicznymi konsekwencjami. Właściwości tych elementów sprawiły, że zaistniała potrzeba formalnego zapewnienia poprawnej pracy tych urządzeń.

Właściwości obiektów EEP:

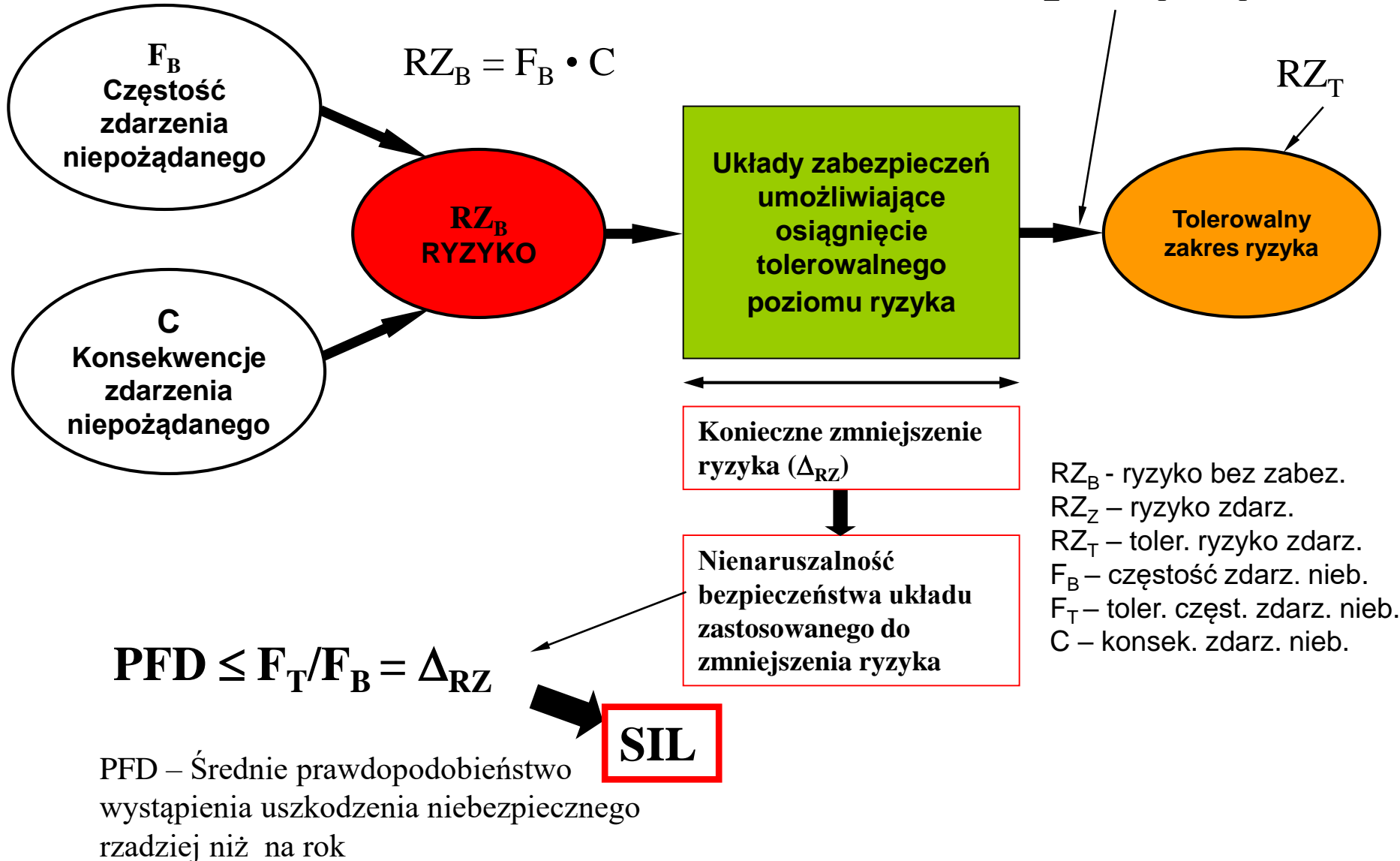
- progowa utrata zdolności
- brak informacji o pogarszaniu się stanu technicznego
- brak możliwości pomiaru stopnia zużycia
- odpowiedzialne funkcje pracy
- powszechne zastosowanie jako układy zabezpieczające i sterujące

Standardy SIL (Safety Integrity Level) i norma IEC 61508

- Funkcjonujące we współczesnym przemyśle maszyny i urządzenia techniczne pozostają w wielu przypadkach pod kontrolą systemów automatyki i elektroniki.
- Wzrastająca odpowiedzialność tych systemów za właściwe rozpoznawanie sygnałów wejściowych i ich przetwarzanie wymaga opracowania metod wykrywania zagrożeń z tym związanych
- Jednym z działań, mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa pracy tych systemów było uchwalenie standardów dotyczących bezpieczeństwa w przemyśle.
- Towarzystwo The International Society of Automation zaproponowała koncepcję zakresów nienaruszalności bezpieczeństwa.
- Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna uchwaliła normę IEC 61508 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- Koncepcja SIL (Safety Integrity Level), jako podstawa do oceny bezpieczeństwa funkcjonalnego systemów technicznych, pozwala określić graniczny próg (zakresu) ryzyka związanego z występowaniem określonych, niepożądanych zdarzeń.

Standardy SIL - zastosowanie

Eksplloatowany
układ techniczny



Zakresy nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL – Safety Integrity Level) Serie norm: EN 61508; EN 61511

Zapewnienie wymaganego bezpieczeństwa związane jest ściśle z niezawodnością systemu mierzoną wskaźnikami PFD i PFH ocenianą średnim prawdopodobieństwem wystąpienia uszkodzenia na 1/rok lub 1/godz. pracy. Konieczne staje się wyznaczenie wskaźnika PFD lub PFH.

Zakres Nienaruszalności Bezpieczeństwa	PFD_{avg} Średnie prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia niebezpiecznego rzadziej niż na rok (tryb pracy na żądanie)	RRF Współczynnik Redukcji Ryzyka	PFH_{avg} Średnie prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia niebezpiecznego na godzinę (tryb pracy ciągłej)
SIL 4	$\geq 10^{-5}$ and $< 10^{-4}$	100000 to 10000	$\geq 10^{-9}$ and $< 10^{-8}$
SIL 3	$\geq 10^{-4}$ and $< 10^{-3}$	10000 to 1000	$\geq 10^{-8}$ and $< 10^{-7}$
SIL 2	$\geq 10^{-3}$ and $< 10^{-2}$	1000 to 100	$\geq 10^{-7}$ and $< 10^{-6}$
SIL 1	$\geq 10^{-2}$ and $< 10^{-1}$	100 to 10	$\geq 10^{-6}$ and $< 10^{-5}$

Tryby pracy systemu bezpieczeństwa

- 1. Tryb pracy na przywołanie ciągłe:** funkcja bezpieczeństwa jest inicjowana (w sposób ciągły lub na żądanie) częściej niż raz do roku i częściej niż dwukrotność testów okresowych. Parametrem określającym częstość przywołania funkcji bezpieczeństwa w trybie pracy na przywołanie ciągłe jest **PFH** – prawdopodobieństwo wystąpienie uszkodzenia niebezpiecznego na godzinę pracy systemu.
- 2. Tryb pracy na przywołanie rzadkie:** funkcja bezpieczeństwa jest inicjowana (w sposób ciągły lub na żądanie) nie częściej niż raz na rok i nie częściej niż dwukrotność testów okresowych. Parametrem określającym częstość przywołania funkcji bezpieczeństwa w trybie pracy na przywołanie rzadkie jest **PFD** – prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia niebezpiecznego systemu rzadziej niż raz na rok.

Zgodnie z IEC 61508-6 suma prawdopodobieństw niebezpiecznego uszkodzenia na godzinę (PFH_i) każdego z podsystemów daje prawdopodobieństwo niebezpiecznego uszkodzenia na godzinę (PFH_{SYS}) całego systemu realizującego funkcję bezpieczeństwa

$$PFH_{SYS} = PFH_S + PFH_{PL} + PFH_{FE}$$



RAMS

Reliability, Availability, Maintainability, Safety *Niezawodność, Gotowość, Eksploatacja, Bezpieczeństwo*

RAMS umożliwia efektywne projektowanie bezpiecznych obiektów o zaplanowanej trwałości.

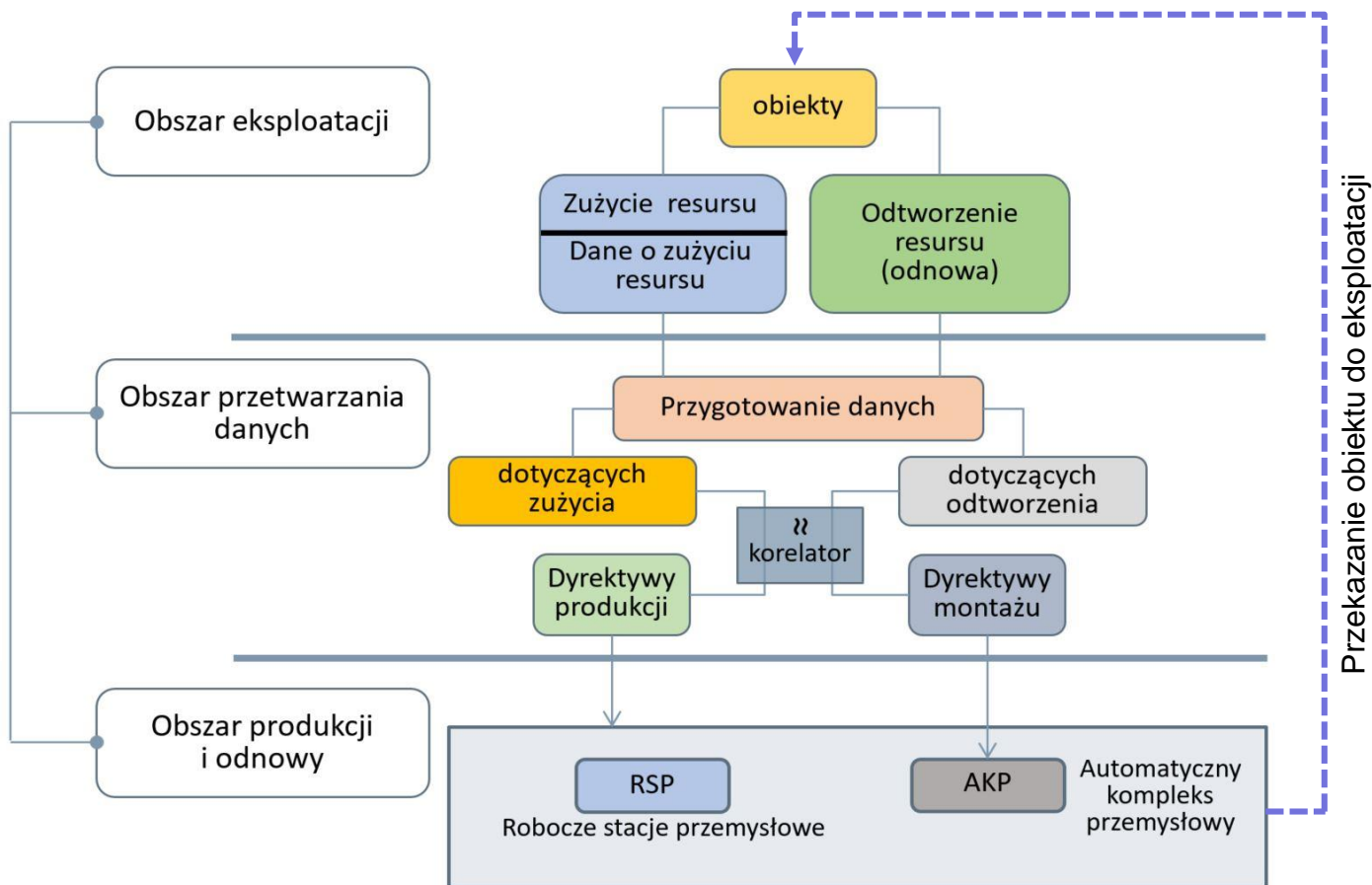
Prognozowanie wskaźników niezawodności eksploatowanych obiektów jest jednym z wiodących algorytmów systemu RAMS. Umożliwia to bieżące uwzględnienie parametrów niezawodnościowych w budowie elementów obiektów technicznych.

Ilustracja następującego schematu prezentuje identyfikację procesów operacyjnych nowoczesnych systemów projektowych, produkcyjnych oraz eksploatacji maszyn, urządzeń i pojazdów zapewniających wymagania procedur analizy **niezawodności, gotowości, serwisowania** oraz **bezpieczeństwa**, które składają się na procedury **RAMS**. Jednocześnie zestawienie to stanowi uzasadnienie wprowadzenia zintegrowanego podejścia opartego na jakości, bezpieczeństwie i niezawodności w celu wsparcia projektowania, zarządzania i kontroli złożonych systemów technicznych funkcjonujących w obecnej przestrzeni gospodarczej. Nierozłączną częścią implementacji metodyki RAMS są również systemy monitorowania i diagnostyki maszyn.

Zintegrowane zarządzanie obiektem we wszystkich fazach jego istnienia

R A M S

Reliability, Availability, Maintainability, Safety
Niezawodność, Gotowość, Eksploatacja, Bezpieczeństwo



Podsumowanie

Postęp techniki i technologii powoduje, że po krótkim okresie eksploatacji obiekty techniczne stają się nieefektywne w swoim działaniu i następuje wycofanie z eksploatacji. W takim przypadku planowana trwałość maszyn jest odwrotnie proporcjonalna do dynamiki postępu technicznego

Obsługa techniczna współczesnych zaawansowanych technicznie obiektów nie może być pozostawiona subiektywnym poczynaniom personelu technicznego użytkownika. Takim zadaniom mogą sprostać jedynie wykwalifikowane służby producenta.

Celem do jakiego należy dążyć jest projektowanie a następnie budowa maszyn i pojazdów nienaprawialnych o bardzo wysokiej niezawodności natomiast zaplanowanej znanej trwałości.

Wymogiem jest planowanie trwałości obiektu już na etapie konstruowania na podstawie informacji z eksploatacji oraz wnioskowania o rozwoju techniki i technologii

Nowe podejście w eksploatacji obiekt techniczny traktuje jako środek do osiągnięcia celu wykorzystanie jedynie funkcji jaką wykonuje. W takim przypadku użytkownik nabywa funkcję obiektu a producent udziela gwarancji na jej realizację. Problem niezawodności pozostaje producentowi

*Niezawodność nie jest wszystkim ale wszystko
w technice bez niezawodności jest niczym*

Dziękuję za uwagę

Każdy projekt obiektu technicznego rozpoczyna się w wyobraźni projektanta
od prognozowania sposobu funkcjonowania projektowanej konstrukcji