

## **Pewne spojrzenie na przyszłość kolei**

O przyszłości kolei trudno mówić w perspektywie zaledwie kilku lat i to w kontekście tylko jednego kraju europejskiego. W rok 2030 będziemy wchodzić za niecałe siedem lat. Niestabilne, chaotyczne otoczenie, coraz częściej występujące zjawisko czarnego łabędzia<sup>1</sup> czynią rozważania o przyszłości, nawet o tej najbliższej, zadaniem wysoce ryzykownym.

W przeszłości wielokrotnie pisałem o wizji i strategii, ale w zupełnie innych warunkach, bez potrzeby myślenia chociażby o kryzysach finansowych czy też działaniach militarnych i ich skutkach globalnych.

Wizja kojarzy się z marzeniem. Jednak strategia<sup>2</sup> to realizacja wizji w oparciu o racjonalny harmonogram z dobrze przemyślanym budżetem i przydzieloną odpowiedzialnością za wykonanie określonych zadań. Wdrażanie strategii oznacza również śledzenie postępu i rozliczanie osób odpowiedzialnych za przedsięwzięcia. Definiowanie i realizacja strategii w warunkach ekstremalnie niestabilnego otoczenia są bardzo trudne, mając na uwadze wysoce prawdopodobne niedoszacowanie ryzyka.

O przyszłości kolei nie można zatem mówić bez odniesienia się do wizji i strategii, przynajmniej do ich idealistycznego benchmarku. Nie jest celem tego eseju cytowanie i komentowanie oficjalnych dokumentów zwanych strategią. Celem jest pokazanie pewnych szans na rozwój kolei poprzez odkrywanie aktualnego potencjału jaki tkwi w Polsce, która jest członkiem Unii Europejskiej, uwzględniając najnowsze, często traumatyczne doświadczenia.

Przyszłość zawsze była nieprzewidywalna, bo realny świat nie jest liniowy, nie można więc przewidywać przyszłości na zasadzie ekstrapolacji przeszłości. Strategia rozwoju kolei musi być głęboko osadzona w obecnych realiach i uwzględniać różne, nawet jakby się wydawało, mało prawdopodobne scenariusze (także i te nazywane zjawiskiem czarnego łabędzia).

---

<sup>1</sup> Zjawisko czarnego łabędzia – pojęcie wprowadzone przez Nassima Nicholasa Taleba w 2007 roku. Oznacza zdarzenie, z perspektywy klasycznej statystyki, o bardzo małym prawdopodobieństwie wystąpienia, ale o kolosalnych i dramatycznych skutkach. „Połączenie niskiej przewidywalności i znacznych skutków dla otaczającej rzeczywistości czyni Czarnego Łabędzia wielką zagadką” - Taleb N.N., Czarny łabędź. Jak nieprzewidywalne zdarzenia rządzą naszym życiem, Wydawnictwo Zysk i Spółka, 2020

<sup>2</sup> Strategia – najprostsza definicja to „alokacja zasobów”. Bez jasno zdefiniowanych zadań, przydziału środków na ich realizację zarówno pieniężnych jak i intelektualnych (przydziału odpowiedzialności i kompetencji) nie można mówić o strategii

Ostatnie 34 lata wolnej Polski uśpiło naszą wrażliwość na niebezpieczeństwa o charakterze militarnym, ekologicznym i ekonomicznym.

Plany rozwojowe sieci kolejowej w Polsce powinny więc nadszeregować potencjalnymi zagrożeniami. Muszą być dynamiczne, tak jak dynamiczne jest otoczenie.

Wyobraźmy sobie np. kryzys paliwowy – braki na stacjach benzynowych lub absurdalnie wysokie ceny paliwa. Kolej (aglomeracyjna i międzymiastowa) w takich warunkach stanie się infrastrukturą krytyczną. Natychmiast rodzą się pytania o rodzaj trakcji, ponieważ bez energii ruch pociągów zostanie wstrzymany. Nie postuluję, z różnych powodów powrotu do trakcji parowej.

Trakcja spalinowa - w kryzysie paliwowym będzie miała ograniczone znaczenie. Jak się wydaje w takiej sytuacji jedynie trakcja elektryczna może być niezawodna, oczywiście przy założeniu, że będziemy w stanie wytwarzać energię elektryczną w oparciu o rozsądnie dobrany „mix” energetyczny. W dobrej sytuacji od 100 lat była Szwajcaria, która posiada wiele hydroelektrowni, dedykowanych dla potrzeb zasilania trakcji. Zmiany klimatyczne powodują jednak, że wody może być za mało do wytwarzania dostatecznej ilości energii w elektrowniach wodnych. Wykorzystanie na szeroką skalę odnawialnych źródeł energii (OZE) staje się zatem niezbędne. Definiowanie skutecznej strategii rozwoju kolei jest więc ściśle związane ze strategią energetyczną – rozwojem systemu wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej.

Wojna w Ukrainie i atakowanie infrastruktury krytycznej skłania do refleksji. W jaki sposób zapewnić większą odporność infrastruktury na przypadkowe lub celowe zniszczenia? Być może nie da się całkowicie uczynić jej niezniszczalną, ale zasadą podstawową powinno się stać rozproszenie i zmniejszenie rozmiarów poszczególnych elementów systemu. Wiele małych węzłów o sumarycznej tej samej lub większej wydajności systemu. Dotyczy to zarówno źródeł wytwarzania energii, sieci przesyłowej jak i kolejowych węzłów komunikacyjnych. Bez takiego podejścia nie zapewnimy niezawodnego systemu kolejowego odpornego na zjawiska kryzysowe.

Mówiąc o niezawodności systemu kolejowego trzeba przypomnieć, że kolej od początku jej powstania miała przypisane funkcje militarne. Sprawny transport kolejowy, jak uczy ostatni rok, może być filarem obronności kraju i regionu.

Nie można mówić o efektywności kolei bez interoperacyjności. Gdy Europa była podzielona politycznie i militarnie, każdy nawet najmniejszy kraj, wypracował własne, narodowe systemy, nie kompatybilne nawet z kolejami w krajach ościennych. Tu warto wspomnieć, że w Europie mamy kilka szerokości toru kolejowego.

Najbardziej znane to - 1435 mm (w większości krajów europejskich), 1520/1524 mm (m.in. Litwa, Łotwa, Estonia, Finlandia, Ukraina; 1660/1668 mm (Hiszpania, Portugalia). Kilka systemów zasilania trakcji elektrycznej – 750 Vdc, 1.5 kVdc, 3kVdc, 15kV 16 2/3Hz, 25kV 50Hz. W każdym kraju Europy mamy de facto inny system

sterowania ruchem kolejowym. Pewną szansą jest ERMTS<sup>3</sup> poziomu 2 czyli z cyfrową transmisją danych na bazie GSM-R<sup>4</sup> i miejmy nadzieję na nowszy standard np. GSM-4G. Przemysł europejski, także krajowy, wytwarza liczne pojazdy wielosystemowe, zdolne do przekraczania granicy państwowej bez zmiany pojazdu trakcyjnego.

W obecnych warunkach producenci powinni być zachęceni do opracowań i produkcji pojazdów wielosystemowych (także na różne szerokości toru). Zapewnienie interoperacyjności systemów kolejowych jest kluczowe dla niezawodności kolei i bezpieczeństwa Europy.

Dobrym przykładem paneuropeizacji systemów kolejowych jest przedsięwzięcie Rail Baltica. Zakłada ono docelowo połączenie torami 1435 mm Helsinek poprzez tunel podmorski (dłuższy niż Eurotunnel pod Kanałem La Manche) z Tallinem, Rygą, Wilnem i Warszawą.

Kolejnym problemem jest jakość i trwałość produktów, w szczególności elementów infrastruktury. Zogniskowanie na niezawodność, dostępność techniczną, podatność utrzymaniową i bezpieczeństwo (kolejowy RAMS<sup>5</sup> - normy EN-50126) we wszystkich fazach życia wyrobu jest filozofią wartą wdrożenia w każdym przedsiębiorstwie kolejowym. RAMS polega na identyfikacji i ocenie ryzyka w całym cyklu życia i opracowaniu planów jego ograniczenia<sup>6</sup>.

Preferowane są produkty, które posiadają określone cechy redundancji. Redundancja<sup>7</sup> powoduje podniesienie niezawodności konstrukcji. Czasy kryzysu tym bardziej powinny skłaniać do preferowania rozwiązań bardziej niezawodnych i trwałych, a także podatnych utrzymaniowo (naprawialnych). Na wzrost podatności utrzymaniowej wpływa m.in. skrócenie czasu naprawy poprzez zastosowanie rozwiązań modułowych. Nie bez znaczenia jest zastosowanie elementów bezobsługowych (np. brak potrzeby smarowania części ruchomych). Jest to szczególnie istotne w rozjazdach kolejowych i urządzeniach do ich przestawiania i kontroli położenia.

Kolejnym przykładem jest inny krytyczny element infrastruktury kolejowej – podkład strunobetonowy. Nie zagłębiając się w jego konstrukcję, można wyróżnić dwie podstawowe technologie sprężania betonu, których wybór może być kluczowy dla niezawodności i trwałości podkładu - system bezpośredniego kotwienia zbrojenia w betonie i system mechanicznego kotwienia stali w betonie.

Ten drugi już w teoretycznej analizie prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia daje znacznie lepsze wyniki niż pierwszy system. Koszty produkcji podkładu o kotwieniu mechanicznym są nieco wyższe lecz w kosztach cyklu życia (LCC<sup>8</sup>) stają się

---

<sup>3</sup> ERTMS – European Railway Traffic Management System.

<sup>4</sup> GSM-R – GSM for Railways, kolejowy system łączności telefonicznej i transmisji cyfrowej oparty o platformę GSM

<sup>5</sup> RAMS – Reliability, Availability, Maintainability and Safety – niezawodność, dostępność techniczna, podatność utrzymaniowa i bezpieczeństwo

<sup>6</sup> Obecnie takiego sformalizowanego podejścia wymaga m.in. Kolej Niemiecka (Deutsche Bahn)

<sup>7</sup> Redundancja - nadmiarowość

<sup>8</sup> LCC – Life Cycle Costs

one marginalne. Tego typu podkład kolejowy reprezentuje wspomniane wcześniej właściwości redundancji zawarte w samej jego konstrukcji.

W pierwszej połowie lat 90-ch ubiegłego wieku zmodernizowano wytwornie podkładów betonowych w Polsce. Od tamtej pory produkowane są wyłącznie podkłady w technologii mechanicznego kotwienia stali do betonu. Od prawie 30-lat nie zanotowano żadnego przypadku przedwczesnego uszkodzenia podkładów. Niestety mimo rozwoju technicznego niektóre koleje, nawet w nieodległej przeszłości, doświadczyły przypadków uszkodzeń podkładów kolejowych<sup>9</sup> (także epidemicznych), prowadzących czasem do ciężkich wypadków.

Standardy techniczne niektórych kolei europejskich definiują przydatność podkładów kolejowych w czasie dłuższym niż przeciętny tj. 45 – 50 lat<sup>10</sup>. Aby spełnić takie wymagania prawdopodobieństwo uszkodzenia podkładów musi pozostać na poziomie nie większym niż  $10^{-8}$ .

Upowszechnienie zdalnej diagnostyki nie tylko dla urządzeń elektrycznych i elektronicznych ale i drogi kolejowej z pewnością przyczyni się do polepszenia parametrów niezawodnościowych diagnozowanych systemów. Wraz z upowszechnieniem zdalnej diagnostyki można mówić o wdrażaniu algorytmów uczących się.

Cytowany we wstępie Nassim Taleb w książęce Antykruchosc<sup>11</sup> przytacza przykłady systemów, którym służą wstrząsy (kryzysy). Trzeba to rozumieć jako postulat wzmacniania systemu poprzez negatywne impulsy. Między innymi wyciągania lekcji z sytuacji kryzysowych i wdrażania programów identyfikacji potencjalnych zdarzeń negatywnych, nawet tych o bardzo niskim prawdopodobieństwie wystąpienia (w klasycznym rozumieniu prawdopodobieństwa) ale o olbrzymich skutkach.

Jest jednak jakaś powszechna tendencja do zapominania – amnezji organizacyjnej. Za przykład można podać nie wyciągnięcie należytych wniosków z wypadku pod Szczekocinami.

Wypadek oprócz błędów ludzkich miał także przyczyny systemowe. Wymienię kilka - brak systemu ATP<sup>12</sup>, ponieważ tym akronimem nie można nazwać w pełni, używanego do tej pory, przestarzałego SHP<sup>13</sup>. Ponadto brak nowoczesnego radia pociągowego z automatycznym roamingiem oraz tzw. sygnał zastępczy, użycie którego powoduje omińnięcie systemu zależnościowego i naraża ruch kolejowy na dodatkowe ryzyko. Przy takim podejściu nie można mówić o „antykruchości” systemu.

Przetrawanie w warunkach permanentnego kryzysu mogą zapewnić tylko systemy, których cechą charakterystyczną jest szybkie uczenie się organizacyjne – wyciągania

---

<sup>9</sup> Np. w USA, Niemczech, Łotwie

<sup>10</sup> np. Kolej Holenderska ProRail

<sup>11</sup> Taleb N.N., Antykruchosc. Jak żyć w świecie, którego nie rozumiemy, Wydawnictwo Zysk i Spółka, Poznań 2020

<sup>12</sup> ATP – Automatic Train Protection – automatyczne zabezpieczenie pociągu

<sup>13</sup> SHP – Samoczynne Hamowanie Pociągu

wniosek z własnych i cudzych problemów, błędów oraz szybkie wdrażanie działań obniżających ekspozycję na ryzyko.

Cyberbezpieczeństwo w sytuacjach kryzysowych nabiera coraz większego znaczenia. Klasyczne systemy prawdopodobnie są zbyt wrażliwe na uszkodzenia spowodowane przez świadome działania np. trolli. Postulowano większe scentralizowanie systemów automatyki kolejowej, co podobno mogłoby zapewnić lepszą ochronę przed włamaniem i manipulacją danymi. Sęk w tym, że jest to sprzeczne z postulatem decentralizacji.

Reasumując, marząc o dobrej kolei po roku 2030, rozsądną wydaje się być taka strategia, która w sposób odpowiedzialny traktuje infrastrukturę kolejową jako krytyczną tzn. o znaczeniu dla bezpieczeństwa narodowego. Strategia rozwoju infrastruktury kolejowej powinna być synchronizowana ze strategią rozwoju energetyki.

Niezawodność strukturalną i bezpieczeństwo obu systemom zapewnią relatywnie małe, ale liczne elementy (węzły). Bardzo duże obiekty mogą w warunkach kryzysowych być najsłabszym elementem systemu i przyczynić się do dysfunkcji całego systemu kolejowego.

Podstawowym rodzajem trakcji kolejowej powinna być trakcja elektryczna. Zasilanie z rozproszonych źródeł, wśród których istotną rolę odgrywają OZE przyczyni się do podniesienia niezawodności systemu kolejowego. W tych rozważaniach pomijam aspekty ekologiczne, chociaż przy zrównoważonym „mixie” energetycznym takie podejście będzie miało pozytywny wpływ nie tylko na bezpieczeństwo ale i na ekologię.

Unifikacja i standaryzacja oparta o zasady interoperacyjności będzie czynnikiem wpływającym na podniesienie niezawodności i dostępności systemu kolejowego.

Powszechne wdrożenie filozofii RAMS z uwzględnieniem zjawisk rzadkich (potencjalnych „czarnych łabędzi”) przyczyni się do zwiększenia świadomości i wrażliwości na ryzyko i opracowanie skutecznych metod jego ograniczenia. Postulat uwzględnienia w analizach ryzyka wrogich, świadomych działań o charakterze destrukcyjnym jest godny polecenia. Uczyni to system kolejowy bardziej „antykruchym”.

Cyberbezpieczeństwo powinno znaleźć ważne miejsce w strategii rozwoju kolei. Powszechna komputeryzacja stworzyła nowy „teatr działań wojennych”. Nie ma systemów zamkniętych (dedykowanych). Każdy system oparty o komunikację, radiokomunikację jest wrażliwy na ataki hakerskie, mogące wywołać awarie o charakterze katastroficznym.

Podejście oparte o zarządzanie RAMS zakłada wybór produktów i rozwiązań ze strukturalną redundancją. Myślenie w kategoriach najniższych kosztów jednorazowych (kosztów zakupu) powinno ustąpić myśleniu w kategoriach cyklu życia. Pseudo-oszczędność oparta o zakup najtańszej technologii prowadzi przeważnie do wzrostu kosztów życia – LCC, obniżenia niezawodności i skrócenia trwałości systemów i ich elementów, a zatem pogorszenie parametrów RAMS całego systemu kolejowego.

Miarą jakości kolei oprócz wszelkiej ewaluacji technicznej jest ocena jej użytkowników – pasażerów oraz nadawców i odbiorców przesyłek kolejowych. Ocena będzie negatywna, gdy np. pasażerowie będą narażeni na notoryczne opóźnienia pociągów. Punktualność w oczach pasażerów jest miarą niezawodności środka transportu. Są przykłady kolei, którym udało się utrzymywać punktualność na wysokim poziomie np. Federalne Koleje Austriackie - ÖBB czy Koleje Holenderskie - NS.

Na zakończenie pozostaje ufać, że kolej po 2030 roku będzie niezawodna, zarówno w sensie technicznym, parametrów RAMS jak i w oczach pasażerów - czyli punktualna, z regularnym rozkładem jazdy (np. IC z taktem godzinnym), z krótkim czasem przejazdu na kluczowych trasach, dostępna na każdą kieszeń.

Pierwszym wyborem środka transportu, gdzie tylko to możliwe, będzie kolej. Infrastruktura kolejowa będzie traktowana jako infrastruktura krytyczna. Będzie to możliwe dzięki podejściu systemowemu. Obecne słabe ogniwa w systemie zostaną zabezpieczone w strategii projektów cywilizacyjnych dla kolei.

Oto moja wizja, moje marzenie o kolei. Czy się zrealizuje, to zależy w pierwszej kolejności od wykonania pracy nad wzrostem szerszej świadomości.

Andrzej Cholewa