
MINISTERSTWO OBRONY NARODOWEJ
DEPARTAMENT INNOWACJI

DIn. Wewn. 1/2023



**PRIORYTETOWE KIERUNKI
BADAŃ NAUKOWYCH
W RESORCIE OBRONY NARODOWEJ
W LATACH 2021–2035**

WARSZAWA

2023



MINISTER OBRONY NARODOWEJ

DECYZJA Nr 2/DIn
MINISTRA OBRONY NARODOWEJ

z dnia 10 stycznia 2023 r.

w sprawie wprowadzenia do użytku służbowego w resorcie obrony narodowej dokumentu pt. „Priorytetowe kierunki badań naukowych w resorcie obrony narodowej w latach 2021–2035”

Na podstawie art. 2 pkt 10 ustawy z dnia 14 grudnia 1995 r. o urzędzie Ministra Obrony Narodowej (Dz. U. z 2022 r. poz. 1438) oraz § 1 pkt 8 lit. a i b i § 2 pkt 14 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 lipca 1996 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Obrony Narodowej (Dz. U. poz. 426 oraz z 2014 r. poz. 933) ustala się, co następuje:

§ 1. Wprowadza się do użytku służbowego w resorcie obrony narodowej dokument pt. „Priorytetowe kierunki badań naukowych w resorcie obrony narodowej w latach 2021–2035”, stanowiący załącznik do niniejszej decyzji.

§ 2. Dyrektor Departamentu Innowacji, w przypadku zaistnienia konieczności aktualizacji treści dokumentu wymienionego w § 1, opracuje stosowną decyzję w sprawie priorytetowych kierunków badań naukowych w resorcie obrony narodowej oraz trybu i metodyki ich opracowania, wszczynając prace nad kolejną jego edycją.

§ 3. Traci moc decyzja Nr 235/DNiSzW Ministra Obrony Narodowej z dnia 26 czerwca 2019 r. w sprawie wprowadzenia do użytku służbowego w resorcie obrony narodowej dokumentu pt. „Priorytetowe kierunki badań naukowych w resorcie obrony narodowej na lata 2017–2026”.

§ 4. Decyzja wchodzi w życie z dniem podpisania.

MINISTER OBRONY NARODOWEJ

/-/ Mariusz BŁASZCZAK

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	5
CEL BADAŃ NAUKOWYCH	5
METODY PRACY	6
PODSUMOWANIE	7
1. Sztuczna inteligencja	10
2. Autonomia i autonomizacja	11
3. Analiza i przetwarzanie dużych zbiorów danych i zarządzania nimi – Big Data	12
4. Technologie kwantowe	13
5. Technologie kosmiczne	14
6. Hipersoniczne systemy raketowe	15
7. Biotechnologie i technologie wzmacniania możliwości ludzkiego organizmu.....	16
8. Technologie materiałowe i wytwarzania	17
9. Technologie systemów napędowych	18
10. Źródła zasilania i technologie magazynowania energii.....	19
11. Sensory	19
12. Nowe systemy rażenia.....	21
13. Technologie informacyjne i telekomunikacyjne.....	21
14. Systemy symulacyjne	22
15. Medyczne zabezpieczenia pola walki oraz środki przeciwdziałania skutkom użycia bmr	23
16. Macierz obszarów technologicznych i technologii składowych	25
17. Załącznik do dokumentu	37

Wprowadzenie

Zdobycie przewagi nad przeciwnikiem zarówno na konwencjonalnym polu walki, jak i w cyberprzestrzeni czy przestrzeni kosmicznej zależne będzie od posiadanych zdolności operacyjnych i techniki wojskowej, w tym wykorzystującej najnowsze osiągnięcia technologiczne. Postęp technologiczny wpływa na rozbudowę możliwości sprzętu wojskowego (SpW), a technologie przełomowe (ang. Emerging and Disruptive Technologies – EDT) stanowią potencjalnie szansę na skokową poprawę jego parametrów krytycznych, a tym samym przyspieszą proces osiągania przewagi nad ewentualnym przeciwnikiem. Zastosowanie EDT w obszarze bezpieczeństwa i obrony pozytywnie wpłynie na zdolności operacyjne i kształtowanie przyszłego pola walki, stąd też kluczowe jest aktywne zaangażowanie się Polski w działania służące rozwijaniu i wdrażaniu EDT, poprzez programy krajowe oraz udział w inicjatywach sojuszniczych i partnerskich. Pojawiają się nowe sposoby i środki prowadzenia działań militarnych, ale też wyłaniają się nowe, dotąd nieznanne i niezidentyfikowane zagrożenia, dla których należy znaleźć środki zaradcze. Szczególnie cenne w tym kontekście są doświadczenia płynące z konfliktu w Ukrainie, np. w zakresie zdolności do rozpoznania (pozyskiwanie, przetwarzanie i wykorzystywanie informacji), dowodzenia (zautomatyzowane systemy dowodzenia), obrony powietrznej oraz użycia środków przeciwpancernych (w tym z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych – BSP), ale również zdolności do zapewnienia wsparcia logistycznego i zabezpieczenia infrastruktury krytycznej państwa.

Cel badań naukowych

Obserwacja współczesnego środowiska bezpieczeństwa i dostępne prognozy pokazują, jak ważne jest utrzymanie przewagi technologicznej nad potencjalnymi adwersarzami, a zatem konieczne jest wzmocnienie krajowych inwestycji w obszarze badań naukowych i rozwoju technologii. Wymaga to odpowiedniego dostosowania działań do wyzwań współczesności i przyszłości, do czego przyczyni się niniejsze opracowanie, które powstało według nowej metodyki wykorzystującej doświadczenia międzynarodowe.

Celem badań naukowych w latach 2021–2035 jest rozwój potencjału krajowych jednostek naukowo-badawczych i podmiotów przemysłu obronnego dla zapewnienia budowy kluczowych zdolności Sił Zbrojnych RP oraz opracowanie i implementacja nowych rozwiązań mogących znaleźć zastosowanie w SpW.

Celem opracowania *Priorytetowe kierunki badań naukowych w resorcie obrony narodowej w latach 2021–2035* (PKB) jest wskazanie kierunków rozwoju technologii obronnych, które po wdrożeniu do techniki wojskowej pozwolą Siłom Zbrojnym RP na osiągnięcie zdolności operacyjnych odpowiadających potrzebom przyszłego pola walki. Poszczególne zdolności zostały ujęte i opisane w opracowanych w ron Wymaganiach Operacyjnych (WO) oraz Wymaganiach Sprzętowych (WS). Osiągnięcie części zdolności wymagać będzie prowadzenia badań naukowych lub prac rozwojowych, a niniejszy dokument stanowi zestawienie obszarów technologicznych i ich technologii składowych, które powinny zostać poddane temu procesowi.

Priorytetowe kierunki badań naukowych w resorcie obrony narodowej w latach 2021–2035 są podstawowym dokumentem referencyjnym resortu obrony narodowej wskazującym

kierunki badań naukowych i rozwój technologii zgodne z perspektywicznymi potrzebami Sił Zbrojnych RP.

Zapewnienie wieloletniego planowania i programowania badań naukowych oraz rozwoju technologii w dziedzinie obronności państwa przez Ministerstwo Obrony Narodowej jest kluczowe dla wsparcia rozwoju zdolności operacyjnych i zapewnienia rozwoju kompetencji technologicznych i przemysłowych, aby polski przemysł i ośrodki naukowo-badawcze mogły skutecznie zaspokajać potrzeby Sił Zbrojnych RP. W połączeniu ze stabilnym i ambitnym wieloletnim finansowaniem badań naukowych i prac rozwojowych pozwoli to, aby Siły Zbrojne RP mogły pozyskiwać nowoczesne uzbrojenie produkowane przez polski przemysł obronny. Powyższe działania pozwolą na zwiększenie krajowego potencjału technologicznego w newralgicznych obszarach związanych z obronnością i bezpieczeństwem państwa, tym samym zmniejszając zależność od dostawców zagranicznych.

Wyznaczenie kierunków badań naukowych i rozwoju technologii zgodnych z potrzebami Sił Zbrojnych RP jest również niezbędne w obliczu dynamicznego postępu naukowo-technicznego na świecie i wyścigu technologicznego, także w obszarze obronności. Istotnym elementem w tym kontekście jest zacieśnianie współpracy w wymiarze międzynarodowym, w tym zwiększanie zaangażowania w ramach kluczowych inicjatyw polityczno-wojskowych realizowanych w NATO i Unii Europejskiej, m.in. w Europejskim Funduszu Obronnym (ang. European Defence Fund – EDF), Funduszu Innowacyjności NATO (ang. NATO Innovation Fund – NIF) i akceleratorze innowacji obronnych DIANA (ang. Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic). Takie podejście zapewni przyspieszony rozwój krajowego potencjału naukowo-badawczego oraz umożliwi osiągnięcie synergii w kontekście budowy zdolności obronnych w Sojuszu.

Wymienione w dalszej części dokumentu kierunki badań naukowych są spójne z politykami rozwoju technologicznego przyjętymi w Sojuszu Północnoatlantyckim i Unii Europejskiej. Obecnie najwięcej uwagi poświęca się zagadnieniom związanym z rozwojem nowych i przełomowych technologii, w szczególności w obszarach sztucznej inteligencji, autonomii oraz technologii kwantowych jako obszarów posiadających największy potencjał do utrzymania wysokiego poziomu technologicznego państw NATO. Zgodnie z powyższym za priorytet uznano budowę krajowych kompetencji w tych obszarach, co zapewni w przyszłości uniezależnienie się od produktów oferowanych przez zagraniczne podmioty i zwiększy atrakcyjność rodzimych produktów na arenie międzynarodowej.

Metodyka pracy

Prace nad PKB zostały zainicjowane przez Ministra Obrony Narodowej wydaniem decyzji¹ oraz zatwierdzeniem listy Wymagań Operacyjnych (ed. 2020). Powołanych zostało osiem zespołów zadaniowych, o których mowa w § 3 ust. 1 niniejszej decyzji, tj. do spraw:

- 1) analizy WS w obszarze zdolności do dowodzenia;
- 2) analizy WS w obszarze zdolności do rozpoznania;
- 3) analizy WS w obszarze zdolności do rażenia;

¹ Decyzja Nr 95/DIn Ministra Obrony Narodowej z dnia 9 kwietnia 2021 r. w sprawie Priorytetowych kierunków badań naukowych w resorcie obrony narodowej w latach 2021–2035 oraz trybu i metodyki ich opracowania (zmienionej decyzją Nr 424/DIn Ministra Obrony Narodowej z dnia 23 grudnia 2021 r.).

- 4) analizy WS w obszarze zdolności do zabezpieczenia logistycznego działań;
- 5) analizy WS w obszarze zdolności do przetrwania i ochrony wojsk;
- 6) analizy WS w obszarze kryptologii i cyberbezpieczeństwa;
- 7) analizy WS w obszarze zabezpieczenia medycznego oraz organizacji i funkcjonowania wojskowej służby zdrowia;
- 8) technologii przełomowych.

Zespoły dokonały analizy wyżej wspomnianych WO, na podstawie których wyszczególnione zostały kluczowe funkcjonalności SpW pozwalające na osiągnięcie wymaganych zdolności operacyjnych. Kolejnym krokiem było zidentyfikowanie technologii pozwalających na spełnienie stawianych przed techniką wojskową wymagań.

W toku prac nad *Priorytetowymi kierunkami badań naukowych w resorcie obrony narodowej w latach 2021–2035* dokonano szczegółowej analizy strategii i opracowań w zakresie technologii obronnych powstałych zarówno w NATO, jak i Europejskiej Agencji Obrony oraz krajowych dokumentów strategicznych, w tym:

- 1) Strategii Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej;
- 2) EDA Overarching Strategic Research Agenda;
- 3) NATO's coherent implementation strategy on emerging and disruptive technologies;
- 4) NATO STO Science & Technology Trends 2020–2040.

Rezultatem dokonanych analiz jest zestawienie obszarów technologicznych i ich technologii składowych, których wdrożenie do techniki wojskowej pozwoli na osiągnięcie założonych zdolności operacyjnych w dłuższej perspektywie czasowej. Ramy czasowe i harmonogram prac nad poszczególnymi technologiami zostaną określone po zatwierdzeniu niniejszego dokumentu przez Ministra Obrony Narodowej, co stanie się podstawą do tworzenia kolejnych edycji *Planów badań naukowych w resorcie obrony narodowej*.

Podsumowanie

Wyniki pracy ośmiu zespołów zadaniowych poddane zostały dogłębnej analizie i syntezie w Departamencie Innowacji MON, a zidentyfikowane technologie ujęto w 15 obszarach technologicznych:

- 1) **Sztuczna inteligencja** – zakłada się zwiększenie zdolności SZ RP w następujących dziedzinach: systemy klasy C4ISR (Command, Control, Communications Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) – systemy wsparcia dowodzenia, analiza widma elektromagnetycznego, analiza danych obrazowych, wsparcie procesu budowania świadomości sytuacyjnej; systemy uzbrojenia, platformy bezzałogowe, ochrona i przeciwdziałanie użyciu środków chemicznych, biologicznych radiologicznych i/lub nuklearnych CBRN (Chemical, Biological, Radiological, Nuclear); szkolenie specjalistyczne i pomoc medyczna, wsparcie logistyczne, cyberbezpieczeństwo;
- 2) **Autonomia i autonomizacja** – w ramach rozwoju tego obszaru technologii planowane jest zwiększenie zdolności SZ RP w następujących dziedzinach: przeciwdziałanie BSP, wykorzystanie autonomicznych platform logistycznych, ewakuacyjnych, rozpoznawczych i bojowych, realizacja zadań przez mieszane zespoły człowiek-maszyna, cyberbezpieczeństwo;

- 3) **Analiza i przetwarzanie dużych zbiorów danych i zarządzanie nimi – Big Data** – rozwój ww. technologii korzystnie wpłynie na: zadania z zakresu wywiadu, śledzenia i rozpoznania (Intelligence, Surveillance and Reconnaissance – ISR), procesy budowania świadomości sytuacyjnej oraz zarządzania informacją, szkolenia, dowodzenia, zabezpieczenia logistycznego, wsparcia operacyjnego, a także działalność naukową realizowaną na potrzeby sił zbrojnych;
- 4) **Technologie kwantowe** – rozwój w tym obszarze wpłynie na budowę nowych zdolności w dziedzinie: bezpiecznej łączności, cyberbezpieczeństwa i kryptografii, rozpoznania, technik i technologii radarowych, sensorów, systemów pozycjonowania, nawigacji i synchronizacji czasu (Positioning, Navigation and Timing – PNT);
- 5) **Technologie kosmiczne** – rozwój technologii w powiązaniu z innymi (napędy raketowe, fotonika mikrofalowa, technologie kwantowe) wpłynie na zdolności SZ RP w obszarach: budowy i wynoszenia mikrosatelitów, systemów radarowych, rozpoznania i łączności;
- 6) **Hipersoniczne systemy raketowe** – rozwój technologii skupiony będzie na budowie systemów detekcji, śledzenia i eliminacji hipersonicznych systemów raketowych;
- 7) **Biotechnologie i technologie wzmacniania możliwości ludzkiego organizmu** – rozwój powyższych technologii wpłynie na postęp w dziedzinach: zabezpieczenia medycznego i opieki nad rannymi żołnierzami, zwiększenia potencjału organizmu ludzkiego pod względem siły i wytrzymałości fizycznej oraz zdolności percepcyjnych;
- 8) **Technologie materiałowe i wytwarzania** – rozwój technologii wpłynie m.in. na wzrost skuteczności systemów ochrony biernej i czynnej SpW oraz środków rażenia;
- 9) **Technologie systemów napędowych** – w ramach rozwoju technologii przewiduje się zwiększenie możliwości SpW w zakresie zasięgu i czasu działania przy jednoczesnym ograniczeniu masy i zapotrzebowania na paliwo zespołów napędowych;
- 10) **Źródła zasilania i technologie magazynowania energii** – rozwój w tym obszarze będzie miał wpływ na działania wojsk we wszystkich obszarach od systemów łączności, rozpoznania, po funkcjonowanie platform autonomicznych;
- 11) **Sensory** – rozwój technologii sensorycznych wpłynie przede wszystkim na skuteczność systemów rozpoznania, detekcji zagrożeń CBRN oraz kinetycznych, a także możliwości lokalizacji i nawigacji oraz zabezpieczenia medycznego;
- 12) **Nowe systemy rażenia** – rozwój technologii wpłynie na zdolności rażenia zarówno kinetycznego, jak i niekinetycznego;
- 13) **Technologie informacyjne i telekomunikacyjne** – w ramach tych technologii przewiduje się zwiększenie zdolności w obszarze łączności i dowodzenia;
- 14) **Systemy symulacyjne** – ich rozwój pozwoli na zwiększenie wydajności oraz redukcję kosztów procesu szkolenia, szczególnie załóg i obsługi technicznej złożonego SpW;
- 15) **Medyczne zabezpieczenie pola walki oraz środki przeciwdziałania skutkom użycia BMR** – rozwój w tym obszarze przyczyni się do zwiększenia bezpieczeństwa zarówno żołnierzy, jak i personelu medycznego, zwiększenia przeżywalności i skrócenia czasu wykluczenia z działań bojowych na skutek odniesionych obrażeń.

Wyżej wymienione obszary zostały opisane w dalszej części dokumentu, natomiast szczegółowy wykaz technologii składowych wraz z implikacjami ich implementacji w SpW stanowi załącznik do *Priorytetowych kierunków badań naukowych w resorcie obrony*

narodowej w latach 2021–2035. Rozwój poszczególnych technologii nie powinien być rozpatrywany jednostkowo, gdyż w wielu dziedzinach występują bądź wystąpią mniej lub bardziej ściśle zależności między nimi. Postęp w jednym obszarze będzie uzależniony częstokroć od osiągnięcia odpowiedniego poziomu dojrzałości technologii w innym i tylko zachowanie synergii i odpowiednia synchronizacja działań w realizacji badań naukowych pozwoli na osiągnięcie zakładanych celów.

Rozwój przedstawionych w dokumencie obszarów technologicznych nie może być rozpatrywany w oderwaniu od krajowych uwarunkowań i możliwości produkcyjnych polskich podmiotów przemysłowych działających na rzecz Sił Zbrojnych RP. Kompetencje zdobyte podczas realizacji badań naukowych zarówno krajowych, jak i prowadzonych w ramach projektów międzynarodowych powinny zostać przełożone na zdolność wdrożenia nowych rozwiązań (technologii) w SpW wytwarzanym przez rodzimy przemysł, aby mógł on skutecznie zaspokajać perspektywiczne potrzeby Sił Zbrojnych RP. Pełne wykorzystanie rezultatów prowadzonych badań uwarunkowane będzie uzyskaniem autonomii w takich dziedzinach, jak produkcja półprzewodników czy zaawansowanych podzespołów optoelektronicznych. Przyczyni się to do zagwarantowania ciągłości dostaw oraz zwiększenia niezależności od podmiotów zagranicznych w realizacji zamówień zabezpieczających interes bezpieczeństwa państwa. Osiągnięcie tak postawionych celów uzależnione będzie od równoległego prowadzenia badań w innych dziedzinach bądź transferu technologii z zagranicy.

Struktura dokumentu wraz ze wskazaniem 15 obszarów technologicznych wynika pośrednio ze sposobu tworzenia podobnych opracowań przez NATO. Priorytetyzacja technologii, a co za tym idzie, kolejność ich rozwoju z uwzględnieniem posiadanych w tym zakresie zdolności przez krajowe podmioty naukowe i przemysłowe działające na rzecz SZ RP, zostanie dokonana na etapie tworzenia harmonogramów rozwoju technologii.

1. Sztuczna inteligencja

Sztuczna inteligencja (ang. Artificial Intelligence – AI) może być wykorzystywana do wspierania działalności człowieka w niemal wszystkich dziedzinach. Jedną z nich jest sektor obronny. Pierwszą domeną, w której sztuczna inteligencja może zostać z powodzeniem zaimplementowana, jest szeroko rozumiana cyberprzestrzeń. Systemy oparte na specjalnych algorytmach powinny być w stanie poddawać analizie w czasie rzeczywistym bądź zbliżonym do rzeczywistego ruch sieciowy oraz przetwarzane w cyberprzestrzeni informacje i w sposób efektywny wskazywać wektory możliwych ataków oraz im przeciwdziałać.

Kolejną dziedziną, w której implementacja sztucznej inteligencji powinna nastąpić w stosunkowo krótkim czasie, jest symulacja i wszelkiego rodzaju systemy treningowe. Zastosowanie AI w powiązaniu z wirtualną (ang. Virtual Reality – VR) bądź rozszerzoną rzeczywistością (ang. Augmented Reality – AR) w takich systemach może okazać się efektywnym i jednocześnie najtańszym sposobem podnoszenia poziomu umiejętności i wiedzy zarówno pojedynczego żołnierza, jak i załóg oraz obsługi technicznej coraz bardziej zaawansowanego, skomplikowanego i kosztownego SpW.

Poważne zmiany nastąpią wraz z wprowadzeniem AI w szeroko pojętych systemach C4ISR. Sztuczna inteligencja powinna w nich służyć dostarczaniu na czas sprawdzonej, zabezpieczonej przed przechwyceniem i zafałszowaniem, reprezentującej odpowiedni poziom szczegółowości informacji dla pojedynczych żołnierzy i dowódców każdego poziomu dowodzenia. Powinna wspierać w ocenie różnego rodzaju zagrożeń, prawdopodobieństwa ich wystąpienia i wpływu na bieżącą i przyszłą sytuację na polu walki. Kolejnym krokiem w rozwoju tych systemów byłoby wskazywanie celów działań i najbardziej efektywnych sposobów wykorzystania posiadanych zasobów.

Sztuczna inteligencja stanowić będzie również nieocenioną pomoc w prowadzeniu działań w ramach walki radioelektronicznej ze względu na możliwość dokonywania szybkiej analizy środowiska elektromagnetycznego i jego mapowania w celu przeciwdziałania atakom lub efektywnego prowadzenia własnych działań. Z tego samego względu algorytmy AI pozwolą na wydajne zarządzanie częstotliwościami wojskowej łączności radiowej.

Już obecnie ilość dostępnych danych pochodzących z różnych źródeł i opracowywanych na ich podstawie informacji może okazać się trudna do przetworzenia, a przypuszczalnie wraz z rozwojem technologii sensorycznych jeszcze znacząco wzrośnie. Budowanie w takich warunkach świadomości sytuacyjnej na wysokich szczeblach dowodzenia, szczególnie podczas wielodomenowych działań sojuszniczych, stanowić będzie coraz większe wyzwanie. Niebagatelną rolę w tworzeniu spójnego obrazu sytuacji operacyjnej (ang. Common Operational Picture) odegrają zaawansowane systemy wsparcia dowodzenia bazujące na algorytmach sztucznej inteligencji.

Osobną kwestią, którą należy mieć na uwadze, jest potrzeba zbudowania niezbędnego poziomu zaufania u użytkowników systemów bazujących na sztucznej inteligencji. Pierwszym krokiem w tym kierunku jest stosowanie sprawdzonych, niezawodnych i działających w sposób zamierzony i przewidywalny algorytmów sztucznej inteligencji. Drugim niezbędnym warunkiem jest posiadanie obszernych baz wiarygodnych i różnorodnych danych do „uczenia” AI. Dopiero spełnienie tych warunków umożliwi budowę bezpiecznych i zaufanych systemów.

2. Autonomia i autonomizacja

Autonomia to obszar technologii przełomowych, w który wpisują się rozwiązania pozwalające tworzyć systemy zdolne do samodzielnego podejmowania decyzji, a także fizyczne narzędzia do realizacji tych decyzji. Biorąc pod uwagę złożoność rozwiązań realizujących te funkcje, stosuje się bardziej precyzyjne sformułowanie w postaci Systemy Autonomiczne (ang. Autonomous Systems – AS), a kiedy wskazujemy na ich połączenie z fizycznymi efektorami – Robotyka i Systemy Autonomiczne (ang. Robotics and Autonomous Systems – RAS).

Autonomia, zarówno w zakresie mechanizmów wykorzystywanych do podejmowania decyzji, jak i fizycznej postaci narzędzi ich realizacji, może odzwierciedlać sposób działania i budowę występujących w przyrodzie organizmów żywych (np. ludzi, zwierząt, owadów) lub wykorzystywać ich wybrane cechy, niezbędne do realizacji założonej funkcjonalności. Tym samym może ona wspierać lub wyręczać człowieka w realizacji zadań:

- wymagających utrzymywania przez długi czas wysokiego poziomu skupienia na wykonywanej pracy, bez negatywnych skutków efektu zmęczenia czy rozkojarzenia,
- niebezpiecznych dla życia lub zdrowia,
- wymagających wypracowywania decyzji w oparciu o wieloaspektową ocenę sytuacji, przy wykorzystaniu danych z multispektralnych systemów sensorów i zasobów zgromadzonej wiedzy.

Automatyzacja, a w kolejnych etapach rozwoju autonomizacja sprzętu wojskowego będzie następowała w różnych dziedzinach, takich jak rozpoznanie, logistyka, zabezpieczenie i przetrwanie wojsk czy ostatecznie rażenie.

Zadania autonomicznych platform rozpoznawczych będą oscylowały wokół zadań związanych z rozpoznaniem, obserwacją, dozorowaniem, czy monitoringiem. W przypadku szerszej rozumianego rozpoznania głównym ich zadaniem byłoby zapewnienie nieprzerwanego pozyskiwania informacji w każdych warunkach atmosferycznych oraz niezależnie od obszaru działania, zwłaszcza w zagrożonym środowisku. Należy oczekiwać, że platformy autonomiczne będą mogły realizować misje ukierunkowane na rozpoznanie dróg i korytarzy lub określonych obszarów. W obu przypadkach działanie będzie ukierunkowane na rozpoznanie sił przeciwnika, terenu lub obiektów cywilnych w zależności od zapotrzebowania na rodzaj informacji. Wykorzystanie platform autonomicznych w rozpoznaniu w znacznym stopniu wpłynęłoby na poprawę świadomości sytuacyjnej dowódcy. Dodatkowo platformy mogłyby namierzać i wskazywać cele dla środków ogniowych. Zdolność platform autonomicznych do przemieszczania się i długotrwałego przebywania w ukryciu w strefach zastrzeżonych pozwoliłaby na realizację zadań rozpoznawczych z maksymalnym ograniczeniem ryzyka misji. Ponadto czynnik ludzki, uważany za jeden z najsłabszych elementów wpływających na powodzenie operacji, zostałby zredukowany do niezbędnego minimum.

Współcześnie coraz częściej rozważana jest koncepcja użycia logistycznych platform autonomicznych do realizacji planowych i nieplanowych dostaw (wody, żywności, amunicji, paliw, medycznych środków materiałowych) do jednostek rozproszonych na przestrzeni całego środowiska operacyjnego. Platformy autonomiczne byłyby odpowiedzialne za transport zapotrzebowanego asortymentu do oczekiwanych miejsc bez względu na warunki pogodowe

i terenowe. Rozwiązanie takie zwiększyłyby mobilność i żywotność pododdziałów oraz efektywność realizacji dostaw przy jednoczesnej redukcji personelu niezbędnego do realizacji tego typu zadań. Nie mniej ważną kwestią jest zmniejszenie obciążenia żołnierzy przez zastosowanie platform autonomicznych do przenoszenia sprzętu i materiałów, szczególnie w czasie wykonywania zadań przerzutowych w trudnych warunkach terenowych. Platformy te podążałyby w bliskiej odległości za pododdziałami znajdującymi się w rejonie operacji, zwalniając żołnierzy z obowiązku przenoszenia sprzętu, jednocześnie utrzymując go stale w bliskiej odległości na wypadek zaistnienia konieczności jego użycia.

W dziedzinie zabezpieczenia i przetrwania wojsk autonomiczne platformy podejmowania i ewakuacji osób byłyby przeznaczone do lokalizacji, podejmowania poszkodowanych z pola walki i dostarczania ich w bezpieczne (kontrolowane) miejsca celem udzielenia pomocy medycznej, a w kolejnym kroku do transportu poszkodowanych wraz z opieką medyczną z miejsc wstępnego zaopatrywania do specjalistycznych placówek medycznych drogą lądową, morską lub powietrzną. Pozwoliłoby to na uniknięcie ryzyka związanego z przebywaniem na polu walki personelu medycznego, który mógłby paść ofiarą działań bojowych. Jednak zdecydowanie najważniejszym czynnikiem jest szybka i skuteczna ewakuacja poszkodowanych, co bezpośrednio przekłada się na zwiększenie przeżywalności i skrócenie czasu wyłączenia z walki na skutek odniesionych obrażeń.

Autonomiczne systemy bojowe pozwolą na wyeliminowanie konieczności przebywania żołnierzy w strefie zagrożenia, a w najbardziej zaawansowanej wersji mogłyby całkiem zastąpić ludzi podczas prowadzenia działań wojennych. Bardziej realna wydaje się jednak perspektywa budowy bezzałogowych platform bojowych towarzyszących platformom załogowym w ramach współdziałania człowiek-maszyna (ang. Human-Machine Teaming), gdzie podejmowanie kluczowych decyzji pozostawia się czynnikowi ludzkiemu.

Nie bez znaczenia pozostaje brak ogólnie przyjętych przepisów prawa dotyczących wykorzystania autonomicznych maszyn bojowych i regulacji dotyczących efektów ich użycia.

3. Analiza i przetwarzanie dużych zbiorów danych i zarządzanie nimi – Big Data

O przewadze na współczesnym polu walki częstokroć decyduje przewaga informacyjna nad przeciwnikiem wynikająca z ilości posiadanej wiedzy o sytuacji operacyjnej, aktualności i dostępności niezbędnych danych. Obecność wielu różnych źródeł informacji dostępnej w wielu formatach wymusza stworzenie narzędzi do sprawnej analizy, odnajdywania zależności i porównywania wykrytych anomalii i prawidłowości w zbiorach danych z opracowanymi lub wykrytymi i odpowiednio wcześniej sklasyfikowanymi wzorcami. Obszarem technologicznym służącym realizacji tych funkcjonalności jest tzw. Big Data. Pojęcie to obejmuje rozbudowane, rozproszone zasoby bazodanowe, mechanizmy synchronizacji między nimi oraz służące zapewnieniu ich bezpieczeństwa, spójności i niezaprzeczalności danych (np. mechanizmy blockchain), a także rozbudowane funkcje analityczne pozwalające na wyodrębnianie i przedstawianie w wymaganej, przystępnej postaci wyników ich działania.

Obszar analizy i przetwarzania dużych zbiorów danych będzie zyskiwał na znaczeniu wraz z rozwojem technologii Internetu Rzeczy (ang. Internet of Things – IoT), gdzie każde

najprostsze urządzenie może stanowić jednocześnie nadajnik i odbiornik informacji, budową wielodostępowych, rozbudowanych systemów rozpoznania i walki radioelektronicznej, zautomatyzowanych środków cyberobrony czy w końcu systemów wspomagania dowodzenia bazujących na sztucznej inteligencji. Stworzenie wysoko wydajnych narzędzi analitycznych do przetwarzania dużych zbiorów danych i zasilania ośrodków decyzyjnych niesie potencjał wytworzenia informacyjnej, a co za tym idzie, operacyjnej przewagi na współczesnym polu walki.

Przetwarzanie w chmurze oraz przetwarzanie brzegowe to koncepcja, która umożliwia dostęp sieciowy na żądanie do współdzielonego zestawu konfigurowalnych zasobów obliczeniowych, aplikacji i usług. Z militarnego punktu widzenia redukuje to opóźnienie podczas wymiany informacji, a także obniża koszty instalacji, zwłaszcza w zakresie zasobów sprzętowych. Chmura taktyczna jest odpowiedzią na ograniczoną zdolność przyjmowania, analizowania i przetwarzania danych. Będzie ona stanowić środowisko sieciowe i usługowe systemów C4ISR.

4. Technologie kwantowe

Obszar technologii kwantowych (ang. Quantum Technologies – QT) należy uznać za przełomowy i mogący wnieść ogromny wkład w rozwój technologii obronnych rozważanych w perspektywie długoterminowej. Wśród dziedzin szczególnie podatnych na wpływ QT wymienić można systemy wsparcia dowodzenia wszystkich szczebli, cyberbezpieczeństwo, łączność oraz technologie radarowe.

Komputery kwantowe dzięki specyfice swojego działania będą posiadały wielokrotnie zwiększone możliwości obliczeniowe w porównaniu z dotychczas wykorzystywanymi. W odróżnieniu od typowych maszyn PC (ang. Personal Computer) i im podobnych będą projektowane do realizacji określonych zadań, tzn. nie będą narzędziami ogólnego zastosowania, jednak ze względu na swoją wydajność i szybkość przetwarzania informacji, uzależnioną jedynie od długości obsługiwanego słowa, pozwolą na rozwiązywanie najbardziej złożonych problemów matematycznych i fizycznych. Podstawowy problemem w pracach nad budową komputerów kwantowych stanowi prawidłowe wyodrębnianie dyskretnych wartości ze spektrum stanów Qbitów² i ich niestabilność. Trudności narastają wraz z wydłużaniem słowa, na którym prowadzone są obliczenia.

Przewiduje się, że rozwój komputerów kwantowych i ich wykorzystanie (ang. Quantum Computing – QC) przyczyni się do dramatycznego wzrostu zagrożenia dla ochrony informacji wrażliwych zapewnianej przez stosowane dotychczas algorytmy szyfrujące. Wynika stąd nagląca potrzeba opracowywania odpornych na działanie QC rozwiązań kryptografii postkwantowej (ang. Quantum-safe Cryptography).

Pokrewnym zagadnieniem jest bezpieczna dystrybucja kluczy kryptograficznych używanych do szyfrowania i odszyfrowywania przesyłanych w sieciach teleinformatycznych danych, gdzie rozwiązaniem problemu mogłoby się stać kwantowe przekazywanie kluczy (ang. Quantum Key Distribution).

² Qbit – jednostka informacji w QT, nie przyjmuje dyskretnych wartości 0 i 1, które obecnie wykorzystuje się w klasycznych komputerach.

Odrębną dziedziną technologii kwantowych wydają się różnego rodzaju sensory o wysokiej czułości i dokładności oraz wspierana przez nie metrologia. Grawimetry kwantowe pozwalające na badanie natężenia pola grawitacyjnego w środowisku wodnym mogłyby pozwolić m.in. na tworzenie map grawitacyjnych akwenów morskich, wykorzystywanych do nawigacji przez okręty podwodne w warunkach ograniczonego dostępu do sygnału satelitarnych systemów pozycjonowania.

Kolejną dziedziną wykorzystania QC i QT, mogącą znacząco wpłynąć na potencjał obronny, jest rozpoznawanie i analiza wzorców, w tym rozpoznanie obrazowe. Pozwoliłoby to na zrewolucjonizowanie sonarowych, radiowych, radarowych i satelitarnych technik rozpoznania. Opanowanie technologii wytwarzania splątanych par fotonów w dużych ilościach, ich ukierunkowanego emitowania oraz analizy stanów umożliwiłoby zbudowanie radarów wykrywających dowolne obiekty, niezależnie od rozwijanych przez nie prędkości, posiadanych kształtów czy użytych do ich budowy materiałów. Wówczas technologia stealth przestałaby odgrywać rolę najskuteczniejszego zabezpieczenia utrudniającego ich wykrycie.

Komputery kwantowe i kwantowe przetwarzanie danych niosą ze sobą ogromny potencjał w takich dziedzinach jak zaawansowane symulacje zjawisk fizycznych i chemicznych, co w obszarze obronności może zostać wykorzystane w celu badania i zrozumienia właściwości materiałów, dla których przewidziano zastosowanie w uzbrojeniu, opancerzeniu pojazdów, czy lotnictwie i astronautyce oraz opracowywania nowych środków opatrunkowych, leków i narzędzi przeciwdziałania i neutralizacji zagrożeń CBRN.

Wykorzystanie fizyki kwantowej może doprowadzić do opracowania bezpiecznych kanałów łączności odpornych na ingerencję z zewnątrz oraz „podśluchiwanie”, ponieważ jakkolwiek próba tego typu działań doprowadziłaby do zmiany stanu łącza uznawanego za normalny i zostałaby natychmiast wykryta. Również same przesyłane takim kanałem dane uległyby bezpowrotnej i trudnej do przewidzenia modyfikacji, przez co stałyby się niemożliwe do odczytu, a tym samym bezużyteczne.

Przedstawione powyżej rozważania nad możliwościami wykorzystania QT w dziedzinie obronności obrazują, w jakim stopniu może ona wpłynąć na zdolności operacyjne wojsk. Nie będzie to jednak postęp skokowy. Aby on nastąpił, wymagane jest przeprowadzenie długoterminowych i kosztownych badań. Rozwój QT jest bowiem wyzwaniem interdyscyplinarnym, wymagającym intensyfikacji wysiłku naukowego i technicznego ukierunkowanego na doskonalenie technologii próżniowych, laserowych, nisko- i wysokotemperaturowych, materiałowych, informatycznych (nowa architektura sprzętu komputerowego i systemów operacyjnych) czy wytwarzania układów elektronicznych.

5. Technologie kosmiczne

Technologie kosmiczne, choć wykorzystują osiągnięcia i doświadczenia płynące z rozwoju innych obszarów technologicznych, stanowią odrębną dziedzinę badawczą ze względu na specyficzne, często ekstremalne warunki panujące w przestrzeni kosmicznej oraz czasowo występujące podczas wynoszenia obiektów na orbitę. Wszystkie elementy systemów wysyłanych w przestrzeń kosmiczną oprócz spełniania stawianych przed nimi wymogów funkcjonalnych muszą cechować się zwiększoną odpornością na przeciążenia, wstrząsy, skrajnie wysokie i niskie temperatury oraz ich gwałtowne zmiany, jak również długotrwałe

oddziaływanie promieniowania kosmicznego. Nie mniej ważne, ze względu na operowanie w warunkach odosobnienia, jest zapewnienie niskiego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz odporności na zakłócenia naturalne i intencjonalne, a także skuteczne mechanizmy samokontroli, monitorowania i usuwania niesprawności.

Kosmos uznany został przez Sojusz za piątą domenę operacyjną i stanowi kolejny obszar, w którym poszukuje się możliwości zdobycia przewagi nad potencjalnym przeciwnikiem. Sensory radarowe, elektrooptyczne i termalne umieszczone na platformach operujących w przestrzeni kosmicznej stosowane są do pozyskiwania danych obrazowych. Rozpoznanie obrazowe wykorzystywane jest do lokalizacji i identyfikacji działalności przeciwnika, jego urządzeń, infrastruktury oraz uzbrojenia i wyposażenia. Dane obrazowe dostarczają również informacji o otoczeniu i środowisku geograficznym, które mogą mieć wpływ na prowadzenie operacji. W tym kontekście szczególnego znaczenia nabierają satelitarne systemy obserwacji Ziemi, analizy i predykcji występowania zjawisk meteorologicznych oraz w dłuższej perspektywie prognozowania zmian klimatu. W obecnych konfliktach zbrojnych niezmiernie ważnym czynnikiem oprócz siły rażenia jest zapewnienie precyzji przeprowadzanych uderzeń, co wpływa na efektywne wykorzystanie kosztownego uzbrojenia i redukcję ewentualnych szkód pobocznych. Stąd niezmiernie ważny jest rozwój odpornych na zakłócenie i fałszowanie przekazywanych danych satelitarnych systemów nawigacji i synchronizacji czasu.

Satelity obsługujące łącza telekomunikacyjne umożliwiają utrzymanie łączności dowództw z wojskami podczas prowadzenia operacji wojskowych na całym globie. Pozwalają na budowanie świadomości operacyjnej w oparciu o dane pochodzące ze wszystkich zakątków kuli ziemskiej. Wykorzystanie tych środków technicznych wymaga również wprowadzenia dedykowanych mechanizmów bezpieczeństwa transmisji oraz zabezpieczenia przed przejściem przez przeciwnika kontroli nad platformami kosmicznymi.

Rozwiązani problemów mogących się pojawiać w przyszłości w wymienionych wyżej zastosowaniach technologii kosmicznych należy upatrywać w rozwoju innych obszarów technologicznych, takich jak technologie kwantowe (szybka i bezpieczna łączność kwantowa), Big Data (wydajne przeszukiwanie zbiorów informacji), sztuczna inteligencja (autonomizacja platform satelitarnych) czy technologie materiałowe i wytwarzania.

Nie można wykluczyć, że w przyszłości satelity będą oprócz zadań rozpoznawczych i komunikacyjnych realizować misje bojowe przy użyciu przystosowanych do specyficznych warunków środków rażenia. Należy mieć na uwadze środki zarówno kinetyczne (broń raketowa), jak i niekinetyczne w postaci broni laserowej oraz elektromagnetycznej. Mogą one oddziaływać na inne obiekty umieszczone w kosmosie, ale też rozmieszczone na Ziemi. Zaistnienie takiej sytuacji wymagało będzie opracowania odpowiednich środków zaradczych.

6. Hipersoniczne systemy raketowe

Broń hipersoniczna jest produktem niezwykle zaawansowanych i kosztownych technologii. Fakt, że prace nad bronią hipersoniczną wchodzi obecnie w ostatnią fazę ich implementacji w armiach współczesnych potęg militarnych, to efekt wydatkowania ogromnych środków finansowych i wysokiego zaawansowania technologicznego światowych mocarstw z jednej strony, z drugiej zaś – dążenia tych państw do światowej supremacji pod względem możliwości i skuteczności wykonywania uderzeń wyprzedzających, w tym nuklearnych, na odległe cele

o znaczeniu strategicznym. Podstawowym celem wprowadzania do uzbrojenia tego rodzaju broni jest uzyskanie tzw. efektu odstraszenia, a w przypadku realnego zagrożenia zapewnienie wojskom własnym zdolności do skutecznego przełamania obrony powietrznej przeciwnika – głównie poprzez skrócenie czasu potrzebnego na doloć do celu oddalonego od kilkuset do kilku tysięcy kilometrów, a tym samym – ograniczenie czasu na reakcję ze strony adwersarza. Hipersoniczne systemy raketowe stanowią co do charakteru broni o przeznaczeniu ofensywnym, i to głównie w ujęciu strategicznym, na które mogą sobie pozwolić tylko światowe mocarstwa. Z praktycznego punktu widzenia główny wysiłek naukowo-badawczy należałoby skupić na środkach wykrywania, śledzenia i eliminacji zagrożenia wynikającego z użycia przez ewentualnego przeciwnika tego rodzaju uzbrojenia.

Opracowanie i wdrożenie do produkcji broni hipersonicznej wymaga rozwiązania bardzo wielu fundamentalnych i skomplikowanych problemów natury teoretycznej i technicznej, m.in. z zakresu: wysokowydajnych silników raketowych, w tym wysokoenergetycznych paliw raketowych, aerodynamiki obiektów hipersonicznych, inżynierii lekkich materiałów żarowytrzymałych i żaroodpornych, teorii naprowadzania, czujników ruchu i pilotów automatycznych, elektroniki półprzewodnikowej, mechanizmów wykonawczych, linii radiowych, radiozapalników oraz głowic bojowych. Samo opracowanie układu aerodynamicznego korpusu rakiety hipersonicznej z układami sterowania jest nie tylko wielkim wyzwaniem naukowym i inżynierskim o interdyscyplinarnym charakterze, lecz także ogromnym wyzwaniem finansowym, gdyż m.in. konieczne jest pokrycie kosztów inwestycyjnych budowy hipersonicznego tunelu aerodynamicznego.

7. Biotechnologie i technologie wzmacniania możliwości ludzkiego organizmu

Biotechnologie wykorzystują organizmy, tkanki, komórki lub składniki molekularne pochodzące od żywych organizmów do realizacji określonych funkcji, począwszy od wykrywania zagrożeń CBRN poprzez oddziaływanie na organizmy, aż po modyfikacje organizmu człowieka mające na celu wykształcenie lub wzmocnienie u niego pożądaných cech. Działania w tej ostatniej dziedzinie obejmować mogą również operacje na materiale genetycznym człowieka.

Wzmacnianie ludzkiego organizmu (ang. Human Enhancement Technologies – HET) ma na celu poprawę jego zdolności w różnych obszarach. Wzmocnienie percepcji otoczenia, również w odniesieniu do sytuacji taktycznej, możliwe jest poprzez wspieranie człowieka urządzeniami i interfejsami dostarczającymi niezbędnych do realizacji określonych zadań informacji w łatwo przyswajalnej postaci. Za przykład takich rozwiązań mogą służyć systemy rzeczywistości rozszerzonej uzupełniające obraz widziany gołym okiem lub za pośrednictwem kamery o obiekty generowane komputerowo.

Oprócz wzmocnienia percepcji duże znaczenie ma zwiększenie wydajności i siły fizycznej człowieka. Osiągnięciu tego celu służy wykorzystanie egzostrojów i egzoszkieleatów. W dalszej perspektywie wzmacnianie ludzkiego organizmu obejmować może również interwencje biomedyczne prowadzące do augmentacji mięśniowo-szkieletowej, co jednak wymaga równoległego prowadzenia prac nad odpowiednimi regulacjami prawnymi oraz pokonania uprzedzeń natury moralnej.

W perspektywie tworzenia mieszanych zespołów składających się z ludzi i maszyn należy mieć na uwadze konieczność opracowania odpowiednich interfejsów pozwalających na efektywne, intuicyjne i niezawodne sterowanie tego rodzaju sprzętem.

Podsumowując, wymienione powyżej działania wykraczają poza konieczne do przywrócenia lub utrzymania zdrowia. Istotą ulepszania człowieka jest wzmocnienie jego funkcji fizjologicznych, poznawczych lub społecznych. Jest to zatem proces pozytywnego zwiększania zdolności organizmu ludzkiego na stałe lub tymczasowo. Obejmować może każdą technologię, m.in. leki, hormony, implanty, inżynierię genetyczną.

8. Technologie materiałowe i wytwarzania

Multidyscyplinarne badania z zakresu chemii, fizyki i nauk technicznych są źródłem innowacyjnych materiałów charakteryzujących się nowymi lub udoskonalonymi właściwościami, których zastosowanie może przyczynić się do rozwoju techniki wojskowej i zwiększenia potencjału sił zbrojnych. Jednym z niezbędnych warunków sprostania temu wyzwaniu jest opracowanie nowych materiałów energetycznych i konstrukcyjnych o wysokiej wytrzymałości i trwałości.

Zaawansowane i nowoczesne materiały konstrukcyjne cechują się unikalnymi lub ulepszonymi właściwościami w porównaniu z konwencjonalnymi materiałami, np. większą odpornością mechaniczną, mniejszą masą czy lepszym przewodnictwem cieplnym lub elektrycznym. Ich wytwarzanie stało się możliwe dzięki rozwojowi technologii produkcji, przetwarzania i syntezy takich materiałów jak: ceramika, materiały elektroniczne, kompozyty, polimery, biomateriały. Materiały inteligentne zdolne do intencjonalnych zmian swoich własności (np. kolor, kształt, wielkość, temperatura) pod wpływem zewnętrznego bodźca łączą w ramach jednej struktury własności czujnika, procesora i aktywatora. Dla rozwoju sprzętu wojskowego ważne są materiały wielofunkcyjne, w szczególności kompozytowe, które przy wysokiej wytrzymałości i sztywności dają szansę wbudowania w nie urządzeń do diagnozowania stanu oraz samonaprawy ewentualnych uszkodzeń, a także pozwalają na tłumienie fal elektromagnetycznych i akustycznych, transmisję lub izolację ciepła, tworzenie nanoogniw elektrycznych i produkcję energii elektrycznej oraz sterowanie właściwościami magnetycznymi.

Technologia addytywna (przyrostowa) polega na nakładaniu kolejnych warstw materiału i powstanie przez to trójwymiarowego obiektu. Ponadto poprzez zmniejszenie kosztów produkcji istnieje możliwość niskoseryjnej produkcji poszczególnych elementów składowych SpW. Dodatkowo dużym atutem wynikającym z zastosowania technologii jest osiągnięcie dużej szybkości produkcji obiektów. Techniki przyrostowe, takie jak druk 3D, pozwalają na wytwarzanie monolitów, a więc upraszczają proces montażu, poprawiają jakość produktu oraz ograniczają użycie materiału niezbędnego do produkcji elementu. Produkcja przyrostowa części do zastosowań wojskowych oferuje korzyści związane z redukcją masy nowo projektowanych komponentów oraz produkcją części zamiennych na polu walki.

Łączenie nowych materiałów konstrukcyjnych, takich jak kompozyty, metale i materiały ceramiczne, może być wykonane przy użyciu różnych technik. Należą do nich techniki zgrzewania indukcyjnego, ultradźwiękowego, impulsowego i zgrzewania techniką FSW coraz częściej wykorzystywaną do spajania stopów lekkich o militarnym przeznaczeniu, spawania

laserowego i hybrydowego oraz spawanie wiązką elektronów. Techniki laserowe umożliwiają również łączenie metali i polimerów przy użyciu interfejsów teksturowania laserowego, uzupełniając stosowanie klejów chemicznych. Nadal rozwijane są również metody łączenia mechanicznego przy zastosowaniu nowoczesnych łączników, np. nitonakrętek. Udoskonalone metody analizy połączeń doprowadzą do lepszego zrozumienia mechanizmów wzrostu pęknięć w materiałach kompozytowych i złączach. W technice wojskowej przyczynią się do wydajniejszego projektowania budowanych i naprawianych struktur kompozytowych stosowanych m.in. w lotnictwie oraz opracowania nowych struktur energochłonnych podwyższających m.in. odporność na działanie fali wybuchu.

Jedną z perspektywicznych dziedzin z tego obszaru są również technologie modyfikacji warstw powierzchniowych materiałów konstrukcyjnych. Chodzi m.in. o zwiększenie ich powierzchniowej twardości, odporności na zużycie czy odporności termicznej. Technologie nanoszenia nanowarstw kompozytowych na tkaniny specjalne, które nie tylko chronią życie i zdrowie żołnierza, ale także zapewniają mu swobodę i komfort pracy, zapewniają podwyższoną barierowość cieplną, elektromagnetyczną i mechaniczną. Cechy te uzyskuje się poprzez nakładanie odpowiednich powłok o optymalnym składzie chemicznym, strukturze i właściwościach fizycznych.

9. Technologie systemów napędowych

Rozwój techniki wojskowej i pojawianie się nowych rodzajów SpW wymusza podjęcie wysiłku ukierunkowanego na opracowanie bardziej wydajnych, charakteryzujących się mniejszą emisją spalin bądź odmiennymi w sposobie działania, systemów napędowych, paliwowych i zasilania. Rozwój systemów napędowych jest integralnie związany z rozwojem nowoczesnych technologii materiałowych. Systemy napędowe stają się bardziej złożone i skomplikowane, co wynika z potrzeby miniaturyzacji podzespołów i urządzeń oraz wymaganych do analizy ich stanu urządzeń pomiarowych i czujników. Modyfikacje napędów współczesnych silników wymagają zastosowania odpowiednich paliw, tak aby spełnione zostały wymagania główne, określone odpowiednimi normami przedmiotowymi dla paliw konwencjonalnych oraz wymaganiami silników spalinowych wewnętrznego spalania zarówno dla paliw tradycyjnych oraz innych nośników energii zdefiniowanych jako paliwa alternatywne, zwane również paliwami niekonwencjonalnymi. Stanowią je wszystkie materiały i substancje, które można wykorzystać zamiast paliw tradycyjnych (ropa naftowa, gaz ziemny, węgiel i torf) paliwa nuklearne (uran, tor) oraz sztuczne paliwa radioizotopowe wytwarzane w reaktorach jądrowych.

Alternatywne i zaawansowane paliwa przyczynią się do uniezależnienia od węglowodorowych paliw konwencjonalnych oraz potencjalnych ograniczeń w ich tranżycie w przypadku niekorzystnej sytuacji geopolitycznej, zwiększając tym samym bezpieczeństwo energetyczne kraju i potencjał Sił Zbrojnych. W założeniu powinny one charakteryzować się dobrymi właściwościami energetycznymi i mniejszą emisją szkodliwych związków chemicznych do środowiska naturalnego niż obecnie stosowane i przyczynić się do ograniczenia skutków globalnego ocieplenia.

10. Źródła zasilania i technologie magazynowania energii

Obecnie większość SpW lub jego elementów składowych wymaga zasilania energią elektryczną. Aby zaspokoić rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną oraz uniezależnić się od źródeł zasilania wykorzystujących w swojej pracy paliwa kopalne, konieczne jest wykorzystanie alternatywnych źródeł energii oraz prowadzenie badań nad ich nowymi rodzajami. Technologia przetwarzania energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną jest aktualnie priorytetowym kierunkiem. Energia słoneczna jest energią reakcji termojądrowych zachodzących w olbrzymiej odległości od Ziemi, a ilość docierającego do Ziemi promieniowania słonecznego jest tak duża, że gdyby istniała możliwość zmagazynowania energii docierającej w ciągu jednej godziny, pokryłaby ona roczne zapotrzebowanie całej kuli ziemskiej. Do zamiany energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną służą ogniwa fotowoltaiczne (inaczej: ogniwa słoneczne bądź fotoogniwa), a proces przetwarzania nosi nazwę konwersji fotowoltaicznej. Istotne jest podniesienie efektywności i opracowanie nowych struktur odpornych na warunki eksploatacji i możliwych do zastosowania w systemach wojskowych w postaci mat i materiałów pozwalających na łatwe rozkładanie i składanie.

Zastosowanie w SpW układów elektronicznych wymusza stosowanie wydajnych źródeł zasilania w energię elektryczną dostępną w każdej chwili i w każdych warunkach. Umożliwiają to chemiczne źródła zasilania, które muszą zapewnić gromadzenie energii w jak największej ilości przy możliwie małej masie i niewielkich wymiarach, co jest podyktowane dążeniem do ciągłej miniaturyzacji urządzeń.

Opracowanie nowych, wysokowydajnych środków magazynowania energii może znacząco zwiększyć potencjał techniki wojskowej, wykorzystywanej niekiedy w ekstremalnych warunkach. Mogą one znaleźć zastosowanie jako awaryjne źródła zasilania podtrzymujące pracę całych systemów, pomagając w oszczędzaniu energii w pojazdach, np. pozwalając wyłączyć silnik po zatrzymaniu i następnie szybko go uruchomić. Ich zastosowanie w SpW może pozytywnie wpłynąć na rozruch silników przy bardzo niskiej temperaturze otoczenia, a także uruchomienie obrotowych mechanizmów wieżowych, innych systemów bojowych oraz systemów wspomagania zasilania robotów inżynieryjnych.

11. Sensory

Pozyskiwanie informacji służących budowaniu świadomości sytuacyjnej i wspieraniu dowódców w działalności operacyjnej wymaga wykorzystywania odpowiednich źródeł danych. Stanowią je szeroko rozumiane czujniki i systemy sensoryczne. Do realizacji zadań rozpoznawczych używane będą urządzenia i systemy obrazowe (oprzyrządowanie optyczne, w tym multi- i hiperspektralne, systemy laserowe), radary o zwiększonej efektywności wykrywania i śledzenia obiektów (w tym w dalszej perspektywie czasowej radary kwantowe) oraz czujniki operujące w środowisku elektromagnetycznym (analiza widma elektromagnetycznego przestrzeni operacyjnej). Wyżej wymienione urządzenia mogłyby stanowić wyposażenie platform rozpoznawczych zarówno załogowych, jak i bezzałogowych i autonomicznych oraz obiektów infrastruktury wojskowej. Część z nich byłaby szczególnie użyteczna w domenie kosmicznej w postaci wyposażenia satelitów, ale również segmentu naziemnego i wykorzystywana do monitorowania działalności potencjalnego przeciwnika.

Obszar technik i technologii sensorycznych obejmuje również dziedziny, takie jak nawigacja, ochrona i przetrwanie wojsk czy medycyna. W pierwszej z nich oczekiwane jest zwiększenie dokładności systemów służących pozycjonowaniu i synchronizacji czasu stosowanych we wszystkich platformach wojskowych, co jest szczególnie ważne w przypadku lotnictwa oraz środków precyzyjnego rażenia. Równie obiecujące wydają się systemy wykorzystujące zjawiska kwantowe do badania natężenia pola grawitacyjnego, tzw. grawimetry kwantowe, które mogłyby służyć jednostkom pływającym zarówno nawodnym, jak i podwodnym do nawigacji w warunkach ograniczonej dostępności sygnałów GNSS (ang. Global Navigation Satellite System).

Rozwój technologii systemów rażenia obejmujący systemy wskazywania celów i coraz skuteczniejsze efekторы wymuszają potrzebę opracowywania czujników zapewniających szybkie wykrywanie oraz klasyfikację zagrożeń. Tylko one wraz z odpowiednimi, szybko reagującymi systemami ochrony aktywnej będą w stanie zwiększyć prawdopodobieństwo przetrwania załóg i obsługiwane przez nie sprzętu na polu walki.

Technologie sensoryczne w obszarze ochrony i przetrwania wojsk obejmują środki do wykrywania i oceny ilościowo-jakościowej skażeń chemicznych (szczególnie środków chemicznych czwartej generacji), biologicznych i radiologicznych oraz minimalizacji lub zmiany sygnatury (magnetycznej, akustycznej, termicznej). Działania w tej dziedzinie powinny obejmować szerokie spektrum zastosowań – od wyposażenia pojedynczego żołnierza, poprzez urządzenia przenośne/przewoźne wykorzystywane przez pododdziały ogólnowojskowe, aż do wyspecjalizowanych jednostek i służb chemicznych oraz elementów krajowego systemu obrony przed bronią masowego rażenia (OPBMR). Ponadto technologie sensorowe w obszarze ochrony i przetrwania wojsk obejmują środki do wykrywania i identyfikacji skażeń chemicznych, biologicznych i promieniotwórczych. W zależności od wymaganego poziomu identyfikacji czynników rażenia broni masowego rażenia (BMR) stosowane są różne techniki analityczne. Nowe wymagania stawiane przez współczesne pole walki dotyczą głównie wykrywania i identyfikacji czynników rażenia BMR w warunkach polowych. W obrębie tego zagadnienia znajdują się przenośne/przewoźne detektory skażeń, detektory stanowiące wyposażenie pokładowe bezpilotowych statków powietrznych, nasobne detektory skażeń (ang. Wearable Detectors), będące indywidualnym wyposażeniem żołnierzy, czy rozproszone sieci sensorów (ang. WNS – Wireless Sensor Network) przeznaczone do obszarowego monitoringu skażeń. Z kolei rozwój technologii kontroli sygnatur platform lądowych, powietrznych, morskich (w tym bezzałogowych) może zmienić obraz przyszłego pola walki poprzez opracowanie nowych bądź rozwijanie istniejących rozwiązań technicznych w tym obszarze. Innowacyjne rozwiązania w zakresie materiałów, systemów informatycznych i sensorów pozwolą na znaczącą poprawę istniejących rozwiązań dotyczących identyfikacji, obrazowania oraz kontroli sygnatur platform w sposób ciągły w czasie rzeczywistym. Nowoczesne technologie kontroli sygnatur poprawią świadomość sytuacyjną na polu walki, wspierając skuteczność misji, oraz zdolności bojowe platform i przyczynią się do zwiększenia przeżywalności platform.

Z wyżej opisanym obszarem związane są również czujniki do zastosowań medycznych. Szczególnie obiecujący wydaje się rozwój w dziedzinie biosensorów, czyli układów detekcji opartych na cząstkach biologicznie czynnych. Służą one do mierzenia i oceny procesów biologicznych człowieka. Na ich podstawie można ocenić stan psychofizyczny, wydolność oraz

poziom stresu żołnierza, co często może stanowić o możliwości realizacji postawionych mu zadań.

12. Nowe systemy rażenia

Systemy rażenia mają na celu zmianę charakterystyki zwalczanego celu, a w rezultacie jego unieszkodliwienie. Obejmują one środki kinetyczne i niekinetyczne, które dostarczają, w zależności od potrzeb, pełne spektrum możliwości zastosowania przeciwko różnorodnym zagrożeniom, tj. zapewniają użyteczność przeciwko szerokiej gamie celów i oferują zróżnicowane oddziaływanie – od czasowych zakłóceń ich funkcjonowania, aż do ich zniszczenia.

Do środków rażenia nowego typu, nad którymi należy prowadzić prace badawcze i rozwojowe, należą systemy artyleryjskie i raketowe przeznaczone do prowadzenia działań w domenie lądowej, powietrznej, morskiej i kosmicznej (w tym przypadku rozważać można jedynie systemy raketowe). Udoskonalanie każdego z ww. środków powinno, w zależności od zgłaszanych potrzeb i przewidywanych zastosowań, obejmować zwiększenie precyzji pocisków oraz wzrost siły oddziaływania (większy zasięg, przebijalność pancerza, obszar rażenia itp.). Osiągnięciu tych celów sprzyjać będą rezultaty badań nad technologiami wytwarzania materiałów pirotechnicznych, nowymi konstrukcjami urządzeń inicjujących oraz systemami napędowymi broni raketowej. Nie mniej ważnym elementem zwiększającym skuteczność rażenia są systemy namierzania, identyfikacji i śledzenia celów – szczególnie tych szybko poruszających się.

Kolejnym rodzajem uzbrojenia, pomocnym w zwalczaniu pojawiających się zagrożeń, takich jak bezałogowe platformy powietrzne, są systemy energii skierowanej. Można w tym kontekście rozróżnić broń laserową oraz posiadającą możliwość oddziaływania na większym obszarze – broń elektromagnetyczną. Inną kategorią SpW, pozwalającą na neutralizację zagrożenia ze strony BSP, są systemy zakłócające komunikację oraz pozwalające na podszywanie się pod uprawnionego użytkownika i w efekcie przejęcie kontroli nad platformą przeciwnika. W tym kontekście należy również skupić wysiłki na opracowaniu systemów zabezpieczających własny SpW przed oddziaływaniem ze strony przeciwnika.

13. Technologie informacyjne i telekomunikacyjne

Rozwój w obszarze technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych związany jest ściśle z potrzebą osiągnięcia przewagi informacyjnej nad przeciwnikiem. Wyodrębnienie ważnych z punktu widzenia prowadzonych działań informacji powierzone zostałyby wcześniej wzmiankowanym w dokumencie narzędziom analitycznym (wykorzystanie mechanizmów Big Data, algorytmów sztucznej inteligencji itp.). Kluczowe jest jednak zapewnienie ich dostępności w założonym czasie. Podstawowym środkiem przekazywania danych w wojskowych systemach taktycznych jest wciąż sygnał radiowy. Stworzeniu optymalnych warunków i środków realizacji tego typu łączności służyć będą prace nad wykorzystaniem idei radia kognitywnego (analiza z pomocą sztucznej inteligencji widma elektromagnetycznego i jego dynamiczne przydzielanie w celu optymalizacji parametrów transmisji) oraz technologii 5G (z wykorzystaniem infrastruktury operatorów telefonii komórkowej oraz wojskowych mobilnych węzłów łączności komórkowej).

Niezależnie od tego, czy do przesyłania informacji wykorzystywane będą łącza kablowe, światłowodowe, radiowe czy łączność hybrydowa (laserowe łącze optyczne uzupełniane łączem radiowym) zarówno naziemna, jak i satelitarna, najważniejsze wydaje się zapewnienie ich bezpieczeństwa, pod którego pojęciem kryją się poufność, niezaprzeczalność i integralność danych. Oprócz działań prowadzonych w podstawowych domenach operacyjnych olbrzymie znaczenie mają wysiłki przeciwnika w cyberprzestrzeni, czyli szeroko rozumianym środowisku informacyjnym. Technologie związane z autonomicznymi zdolnościami do cyberreagowania (ang. Autonomous Cyber Response Capabilities) należy uznać za kluczowe w zakresie zapewnienia dostępności systemów wsparcia dowodzenia, łączności i uzbrojenia oraz integralności przetwarzanych w nich danych na przyszłym polu walki. W konflikcie z zaawansowanym technologicznie przeciwnikiem wojskowe systemy i sieci będą stanowić cele zmasowanych cyberataków. Złośliwe oprogramowanie przeciwnika będzie przenikać i atakować sojusznicze systemy i sieci C4ISR oraz skomputeryzowane systemy kierowania uzbrojeniem. Ponadto w trakcie realizacji działań bojowych częstym wymogiem będzie zachowanie skrytości przez systemy wojskowe, czujniki i efekторы (minimalizacja emisji ujawniającej). Często również urządzenia te z powodu spadku przepływności, zakłóceń lub zniszczenia infrastruktury teleinformatycznej w trakcie działań bojowych znajdują się w izolacji. Odizolowane systemy będą więc miały ograniczone możliwości zdalnego zarządzania i monitorowania ich bezpieczeństwa, a w sytuacji ograniczonego dostępu (lub braku) specjalistów z zakresu cyberbezpieczeństwa będą wymagały posiadania autonomicznych zdolności do cyberreagowania i samokonfiguracji.

Wraz z rozwojem niektórych obszarów technologicznych, takich jak chociażby technologie kwantowe, ilość zarówno zagrożeń związanych z obszarem informacyjnym i cyberprzestrzenią (wykorzystanie komputerów kwantowych do łamania zabezpieczeń kryptograficznych), jak i środków zaradczych (kwantowa dystrybucja kluczy kryptograficznych, bezpieczna i wydajna łączność kwantowa) będzie rosła. Nadażanie za światowymi trendami w tych dziedzinach stanowić będzie żywotny interes państwa i Sił Zbrojnych.

14. Systemy symulacyjne

Systemy symulacyjne pozwalają w założeniu na analizowanie własności obiektów rzeczywistych na podstawie ich cyfrowych modeli, badanie zależności występujących między nimi oraz wpływu podejmowanych decyzji i działań na funkcjonowanie złożonych z nich systemów. Wykorzystanie w systemach symulacyjnych technologii rzeczywistości wirtualnej i rozszerzonej umożliwia dodatkowo podjęcie interakcji człowieka z obiektami cyfrowymi, co zwiększa walory poznawcze takich rozwiązań i przyczynia się do poprawy skuteczności, ograniczenia kosztów i skrócenia czasu trwania przedsięwzięć szkoleniowych dedykowanych obsłudze technicznej SpW.

Wydajne algorytmy modelowania scenariuszy i środowiska operacyjnego stają się niezbędne do efektywnego i sprawnego zarządzania operacjami wojskowymi dzięki teoretycznie nieograniczonej możliwości wariantowania działań. Dodatkową korzyść stanowi możliwość wcześniejszego szkolenia i przygotowywania dowódców oraz wojsk do działania w warunkach realnych scenariuszy operacyjnych.

W procesie tworzenia nowych rozwiązań sprzętowych coraz szersze uznanie zdobywa idea tzw. cyfrowego bliźniaka (ang. Digital Twin). Obejmuje ona zasadniczo trzy kierunki:

- wsparcie analiz technicznych (badanie kondycji obiektu rzeczywistego w celu usprawnienia planowania czynności obsługowo-naprawczych i konserwacyjnych);
- cyfrowe odzwierciedlenie cyklu życia obiektu fizycznego (analiza jego długoterminowego zachowania, przewidywanie działań/zachowań, zapewnienie ciągłości informacji na różnych etapach cyklu życia oraz zarządzanie cyklem życia urządzeń);
- wspomaganie w podejmowaniu decyzji poprzez wykonywanie analiz inżynierskich i statystycznych w celu optymalizacji zachowania systemu na etapie projektowania, przewidywania kierunków rozwojowych i ulepszania przyszłych osiągnięć czy parametrów produktu.

Z powyższego wynika, że technologia Digital Twin może przyczynić się do sprawniejszego projektowania nowego SpW i szybszego wprowadzania go do produkcji ze znacznym ograniczeniem problemów tzw. wieku dziecięcego. Usprawniony może zostać sam proces eksploatacji i skrócony czas przestoju spowodowany awariami sprzętu poprzez odpowiednio wytypowany czas wymaganej naprawy lub obsługi technicznej. Również prace rozwojowe nad udoskonalaniem SpW mogą zostać przewidziane już na etapie jego projektowania.

15. Medyczne zabezpieczenie pola walki oraz środki przeciwdziałania skutkom użycia BMR

Medyczne zabezpieczenie pola walki oraz organizacja funkcjonowania wojskowej służby zdrowia w pierwszym rzędzie koncentrują się na technologiach pomocnych w pokonywaniu wyzwań związanych z ewakuacją i transportem, w tym bezzałogowym, poszkodowanych oraz medycznych środków materiałowych, także w warunkach skażenia i zarażenia, z zachowaniem izolacji od czynników (patogenów) zagrażających zdrowiu lub życiu załóg i personelu medycznego. Kolejny obszar zainteresowania stanowią technologie wspomagające lokalizację rannych na polu walki oraz służące automatyzacji i robotyzacji procedur medycznych (w tym autonomiczne systemy podtrzymywania życia i zdrowia). Medyczne zabezpieczenie pola walki obejmuje również badania nad technologiami indywidualnej i zbiorowej ochrony przed czynnikami CBRN, a także dekontaminacji ludzi, zwierząt i sprzętu wojskowego oraz odkazalnikami nowej generacji umożliwiającymi likwidację skażeń w warunkach polowych niezależnie od pory roku i doby. Ponadto należy rozwijać technologie w zakresie medycznych środków przeciwdziałania (ang. Medical Countermeasures – MCM) obejmujących diagnostykę, zapobieganie i leczenie następstw narażenia na czynniki CBRN. Kluczowym elementem budowania zdolności do reagowania na zagrożenia BMR jest rozwój medycznych środków przeciwdziałania. Istnieje ciągła potrzeba doskonalenia technologii w zakresie diagnostyki, zapobiegania i leczenia następstw narażenia na czynniki CBRN.

Dla zapewnienia sprawnego funkcjonowania wojskowej służby zdrowia niezmiernie ważne jest opracowanie systemów wspomagania zarządzaniem informacją medyczną, w tym wspierających śledzenie przepływu rannych (wewnątrz placówek i między etapami ewakuacji) oraz automatyzację procesów wypełniania dokumentacji medycznej (kodowanie QR, karty chipowe). Zastosowanie sztucznej inteligencji w diagnostyce, wspomaganiu decyzji,

modelowaniu procesów zachodzących w ludzkim organizmie, symulacji działania farmaceutyków na funkcjonowanie człowieka, porównaniu wzorców i analizie danych pozwoli na przeniesienie medycyny na wyższy poziom, a w zastosowaniach wojskowych pomoże skutecznie nieść pomoc rannym i poszkodowanym oraz pozwoli na skrócenie czasu rekonwalescencji i wyłączenia z działalności służbowej. Konieczne jest również zintensyfikowanie badań w zakresie systemów przechowywania medycznych środków materiałowych oraz krwi i preparatów krwiopochodnych, technologii produkcji i przechowywania leków (generowania tlenu do zastosowań medycznych) w warunkach polowych, a także transportu oraz poboru krwi i preparatów krwiopochodnych.

Badania nad technologiami druku addytywnego w medycynie to ostatnia gałąź technologiczna zabezpieczenia medycznego oraz organizacji i funkcjonowania wojskowej służby zdrowia, w ramach której powinny być prowadzone prace nad zastosowaniem przenośnych, polowych drukarek 3D do druku medycznych środków materiałowych.

16. Macierz obszarów technologicznych i technologii składowych

Nr	Obszar technologiczny	Podobszar technologiczny/Technologia	Technologia
1	SZTUCZNA INTELIGENCJA		
1.1		Kognitywność w cyberprzestrzeni	
1.2		Wykorzystanie rozwiązań sztucznej inteligencji w analizie (Data Science) dużych zbiorów danych (Big Data) w celu uzyskania/zwiększenia/wzboğacenia wiedzy	Inteligentne dowodzenie i podejmowanie decyzji
1.2.1			Inteligentne cyberbezpieczeństwo
1.2.2			Inteligentny nadzór
1.2.3			Inteligentne bezpieczeństwo wewnętrzne
1.2.4			
1.3		Wykorzystanie AI na potrzeby budowy efektywnego interfejsu człowiek-maszyna	
1.4		Platformy autonomiczne	
2	AUTONOMIA I AUTONOMIZACJA		
2.1		Systemy autonomiczne	
2.2		Działania zespołowe człowiek-maszyna	
2.3		Zachowania autonomiczne – technologie rojów	
2.4		Środki przeciwdziałania (przeciwośrodk)	
2.5		Autonomiczne zdolności do cyberreagowania	
2.5.1			Autonomiczni Intelligentni Agenci Cyberobrony
2.5.2			Samokonfigurujące się sieci
3	ANALIZA I PRZETWARZANIE DUŻYCH ZBIORÓW DANYCH I ZARZĄDZANIE NIMI – BIG DATA		
3.1		Technologie budowy semantycznych serwisów webowych	
3.2		Systemy i usługi czasu rzeczywistego	

3.3		Zarządzanie informacjami i przetwarzanie danych z heterogenicznych źródeł	
3.4		Przetwarzanie i zarządzanie danymi w procesie utrzymania sprawności SpW	
4	TECHNOLOGIE KWANTOWE		
4.1		Algorytmy i technologie kwantowe/postkwantowe – komputery kwantowe	
4.1.1		Łączność i kryptografia kwantowa	Obliczenia kwantowe i kryptografia postkwantowa
4.2			
4.2.1		Sensoryka kwantowa	Internet kwantowy
4.3			
4.3.1			Grawimetry kwantowe
4.3.2			Radary kwantowe
5	TECHNOLOGIE KOSMICZNE		
5.1		Moduły i elementy segmentu naziemnego dedykowane dla operacyjnego wykorzystania systemów satelitarnych (w tym elementy AI) do zastosowań stacjonarnych oraz mobilnych	
5.2		Systemy monitorowania pogody kosmicznej oraz zmian w górnych częściach atmosfery oraz na niskich orbitach okołozemskich	
5.3		Kompleksowe systemy satelitarne o pomniejszonych gabarytach i zmniejszonym poborze mocy	
5.4		Moduły i elementy komputera pokładowego satelity	
5.5		Moduły i elementy systemu komunikacji segmentu kosmicznego z naziemnym	
5.6		Moduły i elementy systemu kontroli orbity i położenia satelity	
5.7		Moduły i elementy systemu zasilania satelity	
5.8		Moduły i elementy konstrukcji strukturalnej satelity o wysokich parametrach fizycznych	

5.9	Autonomiczne algorytmy kontroli, zarządzania oraz diagnostyki stanu technicznego podzespołów satelity za pomocą komputera pokładowego platformy satelitarnej	
5.10	Metody szyfrowania i kodowania komunikacji satelitarnej wykorzystujące technologie kwantowej dystrybucji kluczy	
5.11	Algorytmy i urządzenia na pokładzie platformy satelitarnej do przetwarzania satelitarnych danych obrazowych	
5.12	Systemy laserowe na pokładzie platformy satelitarnej do pomiaru odległości w przestrzeni kosmicznej oraz komunikacji międzysatelitarnej	
5.13	Aktywne i pasywne systemy rozpoznania na pokładzie platformy satelitarnej do wykrywania i śledzenia obiektów w przestrzeni kosmicznej	
5.14	Systemy i urządzenia na pokładzie platformy satelitarnej do identyfikacji i określenia źródeł zakłóceń radioelektrycznych	
5.15	Satelitarne przyrządy obserwacyjne w paśmie światła widzialnego	
5.16	Satelitarne przyrządy obserwacyjne w paśmie bliskiej podczerwieni	
5.17	Satelitarne radary z syntetyzowaną aperturą	
5.18	Optoelektryczne systemy teleskopowe do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej	
5.19	Aktywne systemy radarowe do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej	
5.20	Technologie łączności radiowej w paśmie Ka oraz Satcom on the Move (SOTM)	
5.21	Technologie elementów półprzewodnikowych i układów scalonych przeznaczonych do pracy w trudnych warunkach	
6	HIPERSONICZNE SYSTEMY RAKIETOWE	
6.1	Broń hipersoniczna	

7	BIOTECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE WZMACNIANIA MOŻLIWOŚCI LUDZKIEGO ORGANIZMU			
7.1		Egzostroje		
7.2		Biomedyczne wzmocnienie człowieka		
7.3		Cyborgizacja i augmentacja mięsiniowo-szkieletowa		
7.4		Interfejsy człowiek-maszyna		
7.5		Rzeczywistość rozszerzona (mieszana)		
7.6		Technologia behawioralna		
8	TECHNOLOGIE MATERIAŁOWE I WYTWARZANIA			
8.1		Technologie materiałów energetycznych		
8.1.1				Technologia produkcji zapłonników o wysokich zdolnościach inicjujących
8.1.2				Technologia produkcji ładunków termobarycznych
8.1.3				Technologia produkcji prochów wielobazowych
8.1.4				Technologia produkcji i elaboracji wysokoenergetycznych paliw rakietowych
8.1.5				Technologia produkcji materiałów wybuchowych matowrażliwych, w tym wysokoenergetycznych
8.2		Technologie materiałów balistycznych		
8.2.1				Technologia produkcji materiałów charakteryzujących się wysoką absorpcją promieniowania
8.2.2				Technologia produkcji broni strzeleckiej o dużej intensywności ognia
8.2.3				Technologia produkcji amunicji do aktywnego systemu obrony pojazdów
8.2.4				Technologia produkcji artyleryjskiej dalekonośnej amunicji precyzyjnego rażenia
8.2.5				Technologia modułowej amunicji kasetowej

8.2.6			Technologia amunicji o podwyższonej przebijalności i skupteniu
8.2.7			Technologia ładunków kumulacyjnych o dużej zdolności rażenia celu ukrytego za pancierzem
8.2.8			Technologia wytwarzania nowoczesnych materiałów na wkładki kumulacyjne
8.2.9			Technologie produkcji głowic/pocisków o fragmentacji wymuszonej
8.3			Technologie szybkich napraw
8.3.1			Technologie przyrostowe – druk 3D
8.3.2			Nowe metody napraw
8.3.3			Cyfrowe zestawy naprawcze
8.3.4			Nowe technologie łączenia materiałów
8.4			Inteligentne i zaawansowane materiały
8.4.1			Samonaprawiające się struktury
8.4.2			Materiały o strukturze komórkowej i ich wytwarzanie
8.4.3			Mikro- i nanomateriały
8.4.4			Lekkie materiały kompozytowe do zastosowań lotniczych
8.4.5			Materiały odporne na wysokie temperatury
8.4.6			Powłoki inhibitorowe
8.4.7			Ciecze o zmiennej lepkości
8.4.8			Tekstylia wytwarzające energię
8.4.9			Tekstylia integrujące czujniki i urządzenia elektryczne
8.4.10			Tekstylia w kamuflażu adaptacyjnym
8.4.11			Tekstylia samoczynne
8.4.12			Tekstylia z funkcją leczenia
8.5			Technologie systemów ochrony pasywnej

8.5.1			Technologie materiałowe w zakresie ochrony indywidualnej
8.5.2			Technologie materiałowe w zakresie osłon balistycznych (kompozytowych, włóknistych, polimerowych oraz powłok i metamateriałów)
8.5.3			Technologie materiałowe w zakresie osłon przed działaniem energii skierowanej
8.5.4			Maskowanie wielozakresowe
8.5.5			Urządzenia kontrolujące pole elektromagnetyczne
8.5.6			Integracja działań podzespołów elektromechanicznych
9			TECHNOLOGIE SYSTEMÓW NAPEŁDOWYCH
9.1		Układy napędowe i alternatywne paliwa	
9.1.1			Napędy hybrydowe
9.1.2			Silniki wielopaliwowe
9.1.3			Paliwa wodorowe
9.1.4			Paliwa syntetyczne
9.1.5			Biopaliwa
10			ŹRÓDŁA ZASILANIA I TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII
10.1		Technologie nowoczesnych źródeł zasilania	
10.1.1			Technologie fotowoltaiczne
10.1.2			Ogniwa paliwowe
10.2		Magazynowanie energii	
10.2.1			Wiązanie wodoru w wodorkach metali
10.3		Nowoczesne sposoby dystrybucji energii	
10.3.1			Technologie specjalizowanych złączy dwukierunkowych
10.3.2			Technologie bezprzewodowego przesyłania energii

11	SENSORY		
11.1		Sensory rozpoznania	
11.1.1			Hiper-/multispektralne systemy obrazowania
11.1.2			Technologie sensorów spektralnych, w tym laserowych (LiDAR)
11.1.3			Sensory pasma VIS
11.1.4			Sensory pasma UV
11.1.5			Chłodzone i niechłodzone detektory IR
11.1.6			Sensory SAR
11.2		Sensory elektromagnetyczne	
11.2.1			Sensory radiolokacyjne
11.2.2			Sensory optyczne
11.2.3			Sensory termowizyjne
11.2.4			Anteny szerokopasmowe
11.3		Biosensory	
11.4		Sensory detekcji i identyfikacji skażeń	
11.5		Detektory maskowania wielozakresowego	
11.6		Matagabarytowe stacje radiolokacyjne pozwalające na szybkie i niezawodne wykrycie i identyfikację zagrożeń ze strony pocisków przeciwpancernych	
11.7		Technologie prowadzenia obserwacji w zdegradowanym środowisku wizualnym	
12	NOWE SYSTEMY RAŻENIA		
12.1		Technologia rażenia niekinetycznego	
12.2		Urządzenia inicjujące (zapalnikowe)	
12.2.1			Urządzenia inicjujące materiały wybuchowe mało wrażliwe
12.2.2			Zapalniki zbliżeniowe
12.2.3			Zapalniki czasowe i wielofunkcyjne
12.2.4			Zapalniki modułów korekcji toru lotu
12.3		Technologie ochrony i przeciwiwrażenia	

12.3.1			Efektory systemów aktywnej ochrony (zwalczające cele produktami wybuchu bądź falą uderzeniową)
12.3.2			Systemy obezwładniające i zakłócające
12.3.3			System ochrony przed kierowanymi i niekierowanymi pociskami przeciwpancernymi oraz pociskami podkalibrowymi
13	TECHNOLOGIE INFORMACYJNE I TELEKOMUNIKACYJNE		
13.1		Bezpieczeństwo i ochrona sieci koalicyjnych	
13.1.1			Technologie zabezpieczenia informacji przesyłanych w przewodowych i bezprzewodowych sieciach teleinformatycznych w zakresie kryptografii i cyberbezpieczeństwa
13.1.2			Technologie AI oraz ML w automatyzacji mechanizmów kryptografii i cyberbezpieczeństwa
13.1.3			Technologie kwantowe i postkwantowe w zastosowaniach kryptograficznych
13.1.4			Monitorowanie i analiza zagrożeń z zakresu cyberbezpieczeństwa w systemach teleinformatycznych
13.1.5			Projektowanie i wytwarzanie bezpiecznych układów scalonych
13.2		Technologie kognitywne	
13.2.1			Radio kognitywne
13.3		Infrastruktura taktycznej chmury dla systemów C4ISR	
13.3.1			Mobile sieci zapewniające transmisję dużych wolumenów danych, w tym obrazu, w czasie rzeczywistym
13.3.2			Taktyczny system transmisji danych
13.3.3			Wykorzystanie algorytmów AI do identyfikacji sygnałów małej mocy oraz zapewnienia adaptacji systemów C4ISR do zmiennych warunków propagacji sygnałów
13.3.4			Dynamiczne zarządzanie spektrum elektromagnetycznym

13.3.5			Transmisja danych w warunkach zakłóceń
13.4		Technologie Internetu Rzeczy dla obronności	
13.4.1			Bezpieczeństwo zapewniające możliwość wykorzystania cywilnej infrastruktury telekomunikacyjnej do celów wojskowych
13.4.2			Bezpieczne (odporne na przejęcie i zakłócenia) sieci Internetu Rzeczy, szczególnie samoorganizujących się i samozasilających się sieci czujników
13.5		Technologie transmisji danych	
13.5.1			Łączność akustyczna, optyczna i hybrydowa
13.5.2			Łączność dalekosiężna
13.5.3			Techniki i technologie trudnego wykrycia i przechwycenia
13.5.4			Technologie zapewniające wielozakresowość radiostacji
13.5.5			Technologia 5G/6G dla obronności
13.6		Sieci SDN	
13.6.1			Mechanizmy adaptacyjne i routingu dla wykorzystania różnych technik łączności i autokonfiguracji sieci
13.6.2			Zarządzanie warstwą fizyczną w wielozakresowych sieciach kognitywnych
13.6.3			Wykorzystanie anten kierunkowych, adaptacyjnych i inteligentnych w infrastrukturze MANET
13.7		Zarządzanie i optymalizacja procesów logistycznych	
13.7.1			Optymalizacja procesów logistycznych
13.7.2			Technologie bazodanowe
13.7.3			Systemy automatycznej identyfikacji, znakowania i śledzenia zasobów logistycznych
13.7.4			Systemy diagnozowania stanu amunicji w oparciu o IoT
13.8		Systemy wspierające sterowanie platformami	

13.8.1			Systemy sterowanie platformami wykorzystujące interfejsy człowiek-maszyna
13.8.2			System przewidywania przejeźdności
13.8.3			Technologie immersyjne
13.9		Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych	
13.9.1			Kryptograficzne metody ochrony informacji
13.9.2			Konstrukcje elektroniczne zapewniające wysokowydajne i bezpieczne implementacje algorytmów i protokołów kryptograficznych
13.9.3			Wysokowydajna sprzętowa generacja ciągów losowych
13.9.4			Ochrona przed emisją ujawniającą
13.9.5			Zarządzanie kluczami i bezpieczeństwem systemów kryptograficznych
13.9.6			Bezpieczeństwo transmisji i sieci
13.9.7			Internet Rzeczy, sieć globalna i sieci typu mesh
13.9.8			Sieci Peer to Peer i aplikacje oparte na Blockchain
13.9.9			Działania analityczne w chmurze obliczeniowej
13.10		Cyberbrona	
13.10.1			Świadomość sytuacyjna w zakresie cyberbrony
13.10.2			Konwergencja cyberoperacji i wojny elektronicznej
13.10.3			System rozpoznania w cyberprzestrzeni
13.10.4			Inteligentne, adaptacyjne, kooperujące rozwiązania monitorowania, detekcji i neutralizacji cyberzagrożeń
14		SYSTEMY SYMULACYJNE	
14.1		Rozszerzona, wirtualna i mieszana rzeczywistość zwiększająca możliwości poznawcze	
14.2		Modelowanie i symulacja w cyberbronie	
14.3		Symulatory w środowisku sieciocentrycznym	
14.4		Digital Twin	

15	MEDYCZNE ZABEZPIECZENIE POLA WALKI ORAZ ŚRODKI PRZECIWDZIAŁANIA SKUTKOM UŻYCIA BMR		
15.1		Bezzałogowa ewakuacja medyczna poszkodowanych oraz transport medycznych środków materiałowych	
15.2		Automatyzacja i robotyzacja	
15.3		Technologie informacyjne w medycynie oraz wspomaganie zarządzaniem informacją medyczną	
15.3.1			Technologia zarządzania informacjami medycznymi
15.3.2			Wspomaganie procesu ewakuacji medycznej i śledzenia przepływu rannych
15.3.3			Zarządzanie zestawami medycznymi
15.4		Dekontaminacja i sterylizacja	
15.5		Sztuczna inteligencja w medycynie	
15.6		Medyczne środki przeciwdziałania skutkom użycia BMR	



Załącznik do dokumentu
Priorytetowe kierunki badań naukowych
w resorcie obrony narodowej w latach 2021–2035

Departament Innowacji
Ministerstwo Obrony Narodowej
2023

SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH AKRONIMÓW.....	45
1. SZTUCZNA INTELIGENCJA.....	47
1.1. Kognytywność w cyberprzestrzeni.....	47
1.2. Wykorzystanie rozwiązań sztucznej inteligencji w analizie (Data Science) dużych zbiorów danych (Big Data) w celu uzyskania/zwiększenia/wzbogacenia wiedzy.....	47
1.2.1. Inteligentne dowodzenie i podejmowanie decyzji	48
1.2.2. Inteligentne cyberbezpieczeństwo	48
1.2.3. Inteligentny nadzór	49
1.2.4. Inteligentne bezpieczeństwo wewnętrzne.....	49
1.3. Wykorzystanie AI na potrzeby budowy efektywnego interfejsu człowiek-maszyna.....	50
1.4. Platformy autonomiczne.....	50
1.5. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	51
2. AUTONOMIA I AUTONOMIZACJA	52
2.1. Systemy autonomiczne.....	52
2.2. Działania zespołowe człowiek-maszyna.....	52
2.3. Zachowania autonomiczne – technologie rojów.....	53
2.4. Środki przeciwdziałania (przeciwśrodki).....	53
2.5. Autonomiczne zdolności do cyberreagowania	54
2.5.1. Autonomiczni Inteligentni Agenci Cyberobrony.....	54
2.5.2. Samokonfigurujące się sieci	55
2.6. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	56
3. ANALIZA I PRZETWARZANIE DUŻYCH ZBIORÓW DANYCH I ZARZĄDZANIE NIMI – BIG DATA.....	57
3.1. Technologie budowy semantycznych serwisów webowych.....	57
3.2. Systemy i usługi czasu rzeczywistego.....	57
3.3. Zarządzanie informacjami i przetwarzanie danych z heterogenicznych źródeł	57
3.4. Przetwarzanie i zarządzanie danymi w procesie utrzymania sprawności SpW.....	58
3.5. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	59
4. TECHNOLOGIE KWANTOWE	60
4.1. Algorytmy i technologie kwantowe/postkwantowe – komputery kwantowe.....	60
4.1.1. Obliczenia kwantowe i kryptografia postkwantowa.....	61
4.2. Łączność i kryptografia kwantowa.....	62
4.2.1. Internet kwantowy.....	63
4.3. Sensoryka kwantowa.....	64
4.3.1. Grawimetry kwantowe	64
4.3.2. Radary kwantowe	65
4.4. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	65
5. TECHNOLOGIE KOSMICZNE.....	66
5.1. Moduły i elementy segmentu naziemnego dedykowane dla operacyjnego wykorzystania systemów satelitarnych (w tym elementy AI) do zastosowań stacjonarnych oraz mobilnych.....	66
5.2. Systemy monitorowania pogody kosmicznej oraz zmian w górnych częściach atmosfera oraz na niskich orbitach okołozemskich.....	66
5.3. Kompleksowe systemy satelitarne o pomniejszych gabarytach i zmniejszonym poborze mocy.....	67
5.4. Moduły i elementy komputera pokładowego satelity.....	67

5.5. Moduły i elementy systemu komunikacji segmentu kosmicznego z naziemnym	68
5.6. Moduły i elementy systemu kontroli orbity i położenia satelity	68
5.7. Moduły i elementy systemu zasilania satelity	68
5.8. Moduły i elementy konstrukcji strukturalnej satelity o wysokich parametrach fizycznych	69
5.9. Autonomiczne algorytmy kontroli, zarządzania oraz diagnostyki stanu technicznego podzespołów satelity za pomocą komputera pokładowego platformy satelitarnej	69
5.10. Metody szyfrowania i kodowania komunikacji satelitarnej wykorzystujące technologie kwantowej dystrybucji kluczy	70
5.11. Algorytmy i urządzenia na pokładzie platformy satelitarnej do przetwarzania satelitarnych danych obrazowych	70
5.12. Systemy laserowe na pokładzie platformy satelitarnej do pomiaru odległości w przestrzeni kosmicznej oraz komunikacji międzysatelitarnej	71
5.13. Aktywne i pasywne systemy rozpoznania na pokładzie platformy satelitarnej do wykrywania i śledzenia obiektów w przestrzeni kosmicznej	71
5.14. Systemy i urządzenia na pokładzie platformy satelitarnej do identyfikacji i określania źródeł zakłóceń radioelektronicznych	72
5.15. Satelitarne przyrządy obserwacyjne w paśmie światła widzialnego	72
5.16. Satelitarne przyrządy obserwacyjne w paśmie bliskiej podczerwieni	73
5.17. Satelitarne radary z syntetyzowaną aperturą	74
5.18. Optoelektroniczne systemy teleskopowe do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej	74
5.19. Aktywne systemy radarowe do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej	75
5.20. Technologie łączności radiowej w paśmie Ka oraz Satcom on the Move (SOTM)	75
5.21. Technologie elementów półprzewodnikowych i układów scalonych przeznaczonych do pracy w trudnych warunkach	76
5.22. Powiązania i zależności z innymi blokami technologii	76
6. HIPERSONICZNE SYSTEMY RAKIETOWE	77
6.1. Broń hipersoniczna	77
6.2. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	77
7. BIOTECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE WZMACNIANIA MOŻLIWOŚCI LUDZKIEGO ORGANIZMU	79
7.1. Egzostroje	79
7.2. Biomedyczne wzmacnianie człowieka	79
7.3. Cyborgizacja i augmentacja mięśniowo-szkieletowa	80
7.4. Interfejsy człowiek-maszyna	81
7.5. Rzeczywistość rozszerzona (mieszana)	82
7.6. Technologia behawioralna	83
7.7. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	84
8. TECHNOLOGIE MATERIAŁOWE I WYTWARZANIA	85
8.1. Technologie materiałów energetycznych	85
8.1.1. Technologia produkcji zapłonników o wysokich zdolnościach inicjujących	85
8.1.2. Technologia produkcji ładunków termobarycznych	85
8.1.3. Technologia produkcji prochów wielobazowych	85
8.1.4. Technologia produkcji i elaboracji wysokoenergetycznych paliw raketowych	86
8.1.5. Technologia produkcji materiałów wybuchowych małowrażliwych, w tym wysokoenergetycznych	86
8.2. Technologie materiałów balistycznych	87
8.2.1. Technologia produkcji materiałów charakteryzujących się wysoką absorbencją promieniowania	87

8.2.2.	Technologia produkcji broni strzeleckiej o dużej intensywności ognia.....	88
8.2.3.	Technologia produkcji amunicji do aktywnego systemu obrony pojazdów.....	88
8.2.4.	Technologia produkcji artyleryjskiej dalekonośnej amunicji precyzyjnego rażenia.....	89
8.2.5.	Technologia modułowej amunicji kasetowej	89
8.2.6.	Technologia amunicji o podwyższonej przebijalności i skupieniu.....	89
8.2.7.	Technologia ładunków kumulacyjnych o dużej zdolności rażenia celu ukrytego za pancerzem.....	90
8.2.8.	Technologia wytwarzania nowoczesnych materiałów na wkładki kumulacyjne	90
8.2.9.	Technologie produkcji głowic/pocisków o fragmentacji wymuszonej	91
8.3.	Technologie szybkich napraw	92
8.3.1.	Technologie przyrostowe – druk 3D	92
8.3.2.	Nowe metody napraw	93
8.3.3.	Cyfrowe zestawy naprawcze	93
8.3.4.	Nowe technologie łączenia materiałów.....	94
8.4.	Inteligentne i zaawansowane materiały.....	94
8.4.1.	Samonaprawiające się struktury	94
8.4.2.	Materiały o strukturze komórkowej i ich wytwarzanie	95
8.4.3.	Mikro- i nanomateriały	96
8.4.4.	Lekkie materiały kompozytowe do zastosowań lotniczych.....	97
8.4.5.	Materiały odporne na wysokie temperatury.....	97
8.4.6.	Powłoki inhibitorowe.....	98
8.4.7.	Ciecze o zmiennej lepkości	99
8.4.8.	Tekstylia wytwarzające energię	99
8.4.9.	Tekstylia integrujące czujniki i urządzenia elektryczne	100
8.4.10.	Tekstylia w kamuflażu adaptacyjnym.....	101
8.4.11.	Tekstylia samoczynne.....	101
8.4.12.	Tekstylia z funkcją leczenia	102
8.5.	Technologie systemów ochrony pasywnej.....	102
8.5.1.	Technologie materiałowe w zakresie ochrony indywidualnej.....	102
8.5.2.	Technologie materiałowe w zakresie osłon balistycznych (kompozytowych, włóknistych, polimerowych oraz powłok i metamateriałów).....	103
8.5.3.	Technologie materiałowe w zakresie osłon przed działaniem energii skierowanej	104
8.5.4.	Maskowanie wielozakresowe	104
8.5.5.	Urządzenia kontrolujące pole elektromagnetyczne	105
8.5.6.	Integracja działania podzespołów elektromechanicznych	106
8.5.7.	Kontrola sygnałów akustycznych.....	106
8.6.	Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	107
9.	TECHNOLOGIE SYSTEMÓW NAPĘDOWYCH.....	108
9.1.	Układy napędowe i alternatywne paliwa.....	108
9.1.1.	Napędy hybrydowe	108
9.1.2.	Silniki wielopaliwowe	109
9.1.3.	Paliwa wodorowe.....	110
9.1.4.	Paliwa syntetyczne.....	111
9.1.5.	Biopaliwa	111
9.2.	Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	112
10.	ŹRÓDŁA ZASILANIA I TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII	113
10.1.	Technologie nowoczesnych źródeł zasilania	113
10.1.1.	Technologie fotowoltaiczne	113

10.1.2. Ogniw paliwowe	114
10.2. Magazynowanie energii	114
10.2.1. Wiązanie wodoru w wodorkach metali	116
10.3. Nowoczesne sposoby dystrybucji energii	117
10.3.1. Technologie specjalizowanych złączy dwukierunkowych	117
10.3.2. Technologie bezprzewodowego przesyłania energii	117
10.4. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	118
11. SENSORY	119
11.1. Sensory rozpoznania	119
11.1.1. Hiper-/multispektralne systemy obrazowania	119
11.1.2. Technologie sensorów spektralnych, w tym laserowych (LiDAR)	119
11.1.3. Sensory pasma VIS	120
11.1.4. Sensory pasma UV	121
11.1.5. Chłodzone i niechłodzone detektory IR	121
11.1.6. Sensory SAR	122
11.2. Sensory elektromagnetyczne	122
11.2.1. Sensory radiolokacyjne	122
11.2.2. Sensory optyczne	123
11.2.3. Sensory termowizyjne	123
11.2.4. Anteny szerokopasmowe	124
11.3. Biosensory	124
11.4. Sensory detekcji i identyfikacji skażeń	125
11.5. Detektory maskowania wielozakresowego	127
11.6. Małogabarytowe stacje radiolokacyjne pozwalające na szybkie i niezawodne wykrycie i identyfikację zagrożeń ze strony pocisków przeciwpancernych	127
11.7. Technologie prowadzenia obserwacji w zdegradowanym środowisku wizualnym	128
11.8. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	129
12. NOWE SYSTEMY RAŻENIA	130
12.1. Technologie rażenia niekinetycznego	130
12.2. Urządzenia inicjujące (zapalnikowe)	131
12.2.1. Urządzenia inicjujące materiały wybuchowe małowrażliwe	131
12.2.2. Zapalniki zbliżeniowe	131
12.2.3. Zapalniki czasowe i wielofunkcyjne	132
12.2.4. Zapalniki modułów korekcji toru lotu	132
12.3. Technologie ochrony i przeciwważenia	133
12.3.1. Efektory systemów aktywnej ochrony (zwalczające cele produktami wybuchu bądź falą uderzeniową)	133
12.3.2. Systemy obezwładniające i zakłócające	134
12.3.3. System ochrony przed kierowanymi i niekierowanymi pociskami przeciwpancernymi oraz pociskami podkalibrowymi	134
12.4. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	135
13. TECHNOLOGIE INFORMACYJNE I TELEKOMUNIKACYJNE	136
13.1. Bezpieczeństwo i ochrona sieci koalicyjnych	136
13.1.1. Technologie zabezpieczenia informacji przesyłanych w przewodowych i bezprzewodowych sieciach teleinformatycznych w zakresie kryptografii i cyberbezpieczeństwa	136
13.1.2. Technologie AI oraz ML w automatyzacji mechanizmów kryptografii i cyberbezpieczeństwa	136
13.1.3. Technologie kwantowe i postkwantowe w zastosowaniach kryptograficznych ..	137
13.1.4. Monitorowanie i analiza zagrożeń z zakresu cyberbezpieczeństwa w systemach teleinformatycznych	137

13.1.5.	Projektowanie i wytwarzanie bezpiecznych układów scalonych.....	138
13.2.	Technologie kognitywne	138
13.2.1.	Radio kognitywne.....	138
13.3.	Infrastruktura taktycznej chmury dla systemów C4ISR	139
13.3.1.	Mobilne sieci zapewniające transmisję dużych wolumenów danych, w tym obrazu w czasie rzeczywistym	139
13.3.2.	Taktyczny system transmisji danych.....	140
13.3.3.	Wykorzystanie algorytmów AI do identyfikacji sygnałów małej mocy oraz zapewnienia adaptacji systemów C4ISR do zmiennych warunków propagacji sygnałów	140
13.3.4.	Dynamiczne zarządzanie spektrum elektromagnetycznym	141
13.3.5.	Transmisja danych w warunkach zakłóceń	141
13.4.	Technologie Internetu Rzeczy dla obronności	142
13.4.1.	Bezpieczeństwo zapewniające możliwość wykorzystania cywilnej infrastruktury telekomunikacyjnej do celów wojskowych	142
13.4.2.	Bezpieczne (odporne na przejęcie i zakłócenia) sieci Internetu Rzeczy, szczególnie samoorganizujących się i samozasilających się sieci czujników	142
13.5.	Technologie transmisji danych.....	143
13.5.1.	Łączność akustyczna, optyczna i hybrydowa	143
13.5.2.	Łączność dalekosiężna	144
13.5.3.	Techniki i technologie trudnego wykrycia i przechwycenia.....	144
13.5.4.	Technologie zapewniające wielozakresowość radiostacji	144
13.5.5.	Technologia 5G/6G dla obronności	145
13.6.	Sieci SDN.....	145
13.6.1.	Mechanizmy adaptacyjne i routingu dla wykorzystania różnych technik łączności i autokonfiguracji sieci	145
13.6.2.	Zarządzanie warstwą fizyczną w wielozakresowych sieciach kognitywnych.....	146
13.6.3.	Wykorzystanie anten kierunkowych, adaptacyjnych i inteligentnych w infrastrukturze MANET	146
13.7.	Zarządzanie i optymalizacja procesów logistycznych	147
13.7.1.	Optymalizacja procesów logistycznych.....	147
13.7.2.	Technologie bazodanowe.....	148
13.7.3.	Systemy automatycznej identyfikacji, znakowania i śledzenia zasobów logistycznych	149
13.7.4.	Systemy diagnozowania stanu amunicji w oparciu o IoT.....	150
13.8.	Systemy wspierające sterowanie platformami.....	151
13.8.1.	Systemy sterowanie platformami wykorzystujące interfejsy człowiek-maszyna.....	151
13.8.2.	System przewidywania przejezdności	152
13.8.3.	Technologie immersyjne.....	153
13.9.	Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych.....	153
13.9.1.	Kryptograficzne metody ochrony informacji	153
13.9.2.	Konstrukcje elektroniczne zapewniające wysokowydajne i bezpieczne implementacje algorytmów i protokołów kryptograficznych	154
13.9.3.	Wysokowydajna sprzętowa generacja ciągów losowych.....	154
13.9.4.	Ochrona przed emisją ujawniającą.....	155
13.9.5.	Zarządzanie kluczami i bezpieczeństwem systemów kryptograficznych.....	155
13.9.6.	Bezpieczeństwo transmisji i sieci.....	156
13.9.7.	Internet Rzeczy, sieć globalna i sieci typu mesh	157
13.9.8.	Sieci Peer to Peer i aplikacje oparte na Blockchain.....	157
13.9.9.	Działania analityczne w chmurze obliczeniowej.....	158

13.10. Cyberobrona	158
13.10.1. Świadomość sytuacyjna w zakresie cyberobrony.....	158
13.10.2. Konwergencja cyberoperacji i wojny elektronicznej	159
13.10.3. System rozpoznania w cyberprzestrzeni	160
13.10.4. Inteligentne, adaptacyjne, kooperujące rozwiązania monitorowania, detekcji i neutralizacji cyberzagrożeń.....	160
13.11. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	161
14. SYSTEMY SYMULACYJNE	162
14.1. Rozszerzona, wirtualna i mieszana rzeczywistość zwiększająca możliwości poznawcze	162
14.2. Modelowanie i symulacja w cyberobronie	162
14.3. Symulatory w środowisku sieciocentrycznym.....	163
14.4. Digital Twin.....	163
14.5. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	164
15. MEDYCZNE ZABEZPIECZENIE POŁA WALKI ORAZ ŚRODKI PRZECIWDZIAŁANIA SKUTKOM UŻYCIA BMR	166
15.1. Bezzałogowa ewakuacja medyczna poszkodowanych oraz transport medycznych środków materiałowych	166
15.2. Automatyzacja i robotyzacja.....	168
15.3. Technologie informacyjne w medycynie oraz wspomaganie zarządzaniem informacją medyczną	168
15.3.1. Technologia zarządzania informacjami medycznymi	168
15.3.2. Wspomaganie procesu ewakuacji medycznej i śledzenia przepływu rannych....	169
15.3.3. Zarządzanie zestawami medycznymi	171
15.4. Dekontaminacja i sterylizacja.....	172
15.5. Sztuczna inteligencja w medycynie.....	173
15.6. Medyczne środki przeciwdziałania skutkom użycia BMR.....	174
15.7. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii	175

Wykaz ważniejszych akronimów

AI	– sztuczna inteligencja (ang. Artificial Intelligence)
AR	– rzeczywistość rozszerzona (ang. Augmented Reality)
ASOP	– aktywne systemy ochrony/obrony pojazdów
BSP	– Bezzałogowy Statek/System Powietrzny
CT	– tomografia komputerowa (ang. Computed Tomography)
DBMS	– systemy zarządzania bazą danych (ang. Database Management System)
DDS	– kontrolowane dostarczanie leków (ang. Drug Delivery System)
DEW	– broń energii skierowanej (ang. Directed Energy Weapon)
DVE	– zdegradowane środowisko wizualne (ang. Degraded Visual Environment)
HET	– wzmacnianie i ulepszanie człowieka (ang. Human Enhancement Technologies)
HMI	– interfejs człowiek-maszyna (ang. Human/Machine Interface)
INS	– nawigacja inercyjna (ang. Inertial Navigation System)
IoT	– Internet Rzeczy (ang. Internet of Things)
LWIR	– podczerwień długofalowa (ang. Long-Wave InfraRed)
MANET	– mobilna sieć ad hoc (ang. Mobile Ad-Hoc Network)
MES	– systemy realizacji produkcji (ang. Manufacturing Execution System)
ML	– uczenie maszynowe (ang. Machine Learning)
MR	– rzeczywistość mieszana (ang. Mixed Reality)
MRI	– rezonans magnetyczny (ang. Magnetic Resonance Imaging)
MTF	– medyczne placówki lecznicze (ang. Medical Treatment Facility)
MWIR	– podczerwień średniofalowa (ang. Midwave InfraRed)
OBC	– komputer pokładowy (ang. On-board Computer)
QKD	– kwantowe mechanizmy dystrybucji kluczy (ang. Quantum Key Distribution)
QM	– pamięć kwantowa (ang. Quantum Memory)
QoS	– jakość usług (ang. Quality of Service)
QRNG	– kwantowa generacja liczb losowych (ang. Quantum Random Number Generator)
QSC	– kryptografia postkwantowa (ang. Quantum Safe Cryptography)
RFID	– systemy zdalnej identyfikacji radiowej (ang. Radio-Frequency Identification)
SAR	– radar z syntetyczną anteną aperturową (powierzchniową) (ang. Synthetic Aperture Radar)
SON	– samoorganizujące się sieci (ang. Self-Organizing Networks)

- SOTM – łączność satelitarna dla obiektów będących w ruchu (ang. Satcom On The Move)
- SST – śledzenie obiektów w przestrzeni kosmicznej (ang. Space Surveillance & Tracking)
- SWIR – podczerwień krótkofalowa (ang. Shortwave Infrared)
- TDOA – estymator różnicy czasu przybycia (ang. Time Differences Of Arrival)
- TMS – systemy zarządzania transportem (ang. Transport Management System)
- TT – terapia celowa (ang. Target Therapy)
- UV – platformy bezzałogowe (ang. Unmanned Vehicles)
- VCO – oscylator sterowany napięciowo (ang. Voltage-Controlled Oscillator)
- VIS – bliska podczerwień (ang. Visible-Near InfraRed)
- VR – rzeczywistość wirtualna (ang. Virtual Reality)
- WMS – systemy zarządzania magazynem (ang. Warehouse Management System)
- WRE – walka radioelektroniczna

1. Sztuczna inteligencja

1.1. Kognytywność w cyberprzestrzeni

Kognytywność w cyberprzestrzeni jako dyscyplina badawcza odnosi się do badania i wykorzystania różnych sposobów i mechanizmów myślenia, takich jak podejmowanie decyzji, uczenie się, percepcja i rozwiązywanie problemów. W zakresie technologii obronnych znajduje zastosowanie w opracowywaniu algorytmów dla inteligentnego oprogramowania i mechanizmów sztucznej inteligencji (np. uczenia maszynowego, głębokiego uczenia maszynowego itp.). Odnosi się do wykorzystania różnych sposobów myślenia oraz opisu teoretycznego procesów myślenia i podejmowania decyzji (algorytmów kognitywnych).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sztuczna inteligencja
Nazwa technologii	Kognytywność w cyberprzestrzeni
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– opracowywanie wydajnych mechanizmów uczenia maszynowego – budowanie nowych algorytmów i procedur postępowania i podejmowania decyzji – tworzenie autonomicznego oprogramowania do identyfikacji i usuwania zagrożeń w cyberprzestrzeni
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, pozyskiwanie wiedzy i badania w ramach konsorcjów międzynarodowych.

1.2. Wykorzystanie rozwiązań sztucznej inteligencji w analizie (Data Science) dużych zbiorów danych (Big Data) w celu uzyskania/zwiększenia/wzbogacenia wiedzy

Uzyskanie przewagi uzależnione jest obecnie od stopnia zaawansowania technologicznego posiadanego SpW. Zastosowanie rozwiązań sztucznej inteligencji w analizie danych (m.in. dane nieustrukturyzowane, semistrukturalne, ustrukturyzowane, zbiory i strumienie danych – akwizycja, gromadzenie, przetwarzanie, analiza) i odkrywaniu wiedzy w dużych zbiorach danych typu Big Data (m.in. podobieństwo, anomalie, trendy, korelacje, związki, powiązania) pozwoli na identyfikowanie nowych rozwiązań i dostosowywanie ich w celu zabezpieczenia zidentyfikowanych potrzeb operacyjnych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sztuczna inteligencja
Nazwa technologii	Wykorzystanie rozwiązań sztucznej inteligencji w analizie (Data Science) dużych zbiorów danych (Big Data) w celu uzyskania/zwiększenia/wzbogacenia wiedzy
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– budowanie wiedzy na temat nowych rozwiązań w szeroko rozumianej dziedzinie obronności
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2033

Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych
---	---

1.2.1. Inteligentne dowodzenie i podejmowanie decyzji

Zapewnienie przewagi nad przeciwnikiem w obecnych czasach uzależnione jest przede wszystkim od dysponowania sprawdzoną, niezbędną do realizacji misji i dostępną na czas informacją. Dzięki niej możliwe jest uzyskanie spójnego obrazu sytuacji operacyjnej i wypracowywanie szybkich, i co równie ważne, trafnych decyzji, co jest warunkiem krytycznym m.in. skutecznego dowodzenia.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sztuczna inteligencja
Nazwa technologii	Inteligentne dowodzenie i podejmowanie decyzji
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– usprawnienie procesu dowodzenia – usprawnienie procesów logistycznych – obniżenie kosztów prowadzenia działań
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych

1.2.2. Inteligentne cyberbezpieczeństwo

Cyberprzestrzeń stała się pełnoprawną domeną operacyjną i prowadzone w niej działania mogą mieć decydujący wpływ na powodzenie operacji wojskowych. Zagrożenia cybernetyczne występują w wielu formach i rozmiarach, ciągle pojawiają się nowe. Sztuczna inteligencja będzie w tym zakresie odgrywać ważną rolę w działaniach prewencyjnych. Obecnie inteligentne oprogramowanie jest w stanie wykryć różne sytuacje cyfrowe, takie jak obce pakiety danych w sieci, poczta elektroniczna lub nowy dysk flash, które mogą być pułapką lub narzędziem do wszczepiania złośliwego oprogramowania, a następnie zneutralizować zagrożenie cybernetyczne czyhające na operatora wojskowego, zanim złośliwe oprogramowanie stanie się aktywne w systemie lub urządzeniu. Mechanizmy sztucznej inteligencji są stosowane w zabezpieczaniu oraz przełamaniu zabezpieczeń. Inteligentne oprogramowanie może automatycznie/autonomicznie monitorować systemy uzbrojenia, systemy łączności, urządzenia mobilne, osobiste wyposażenie żołnierzy, pojazdy, samoloty i okręty, jak również być wykorzystane do przejęcia kontroli nad nimi.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sztuczna inteligencja
Nazwa technologii	Inteligentne cyberbezpieczeństwo
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zapewnienie bezpieczeństwa cyfrowej przestrzeni operacyjnej – zwiększenie skuteczności wykrywania zagrożeń cybernetycznych – automatyczne przeciwdziałanie zagrożeniom cybernetycznym – skuteczne prowadzenie operacji ofensywnych i defensywnych w cyberprzestrzeni – możliwość tworzenia nowych rozwiązań na podstawie zdobytej wiedzy i doświadczenia
Początkowy PGT (Polska)	2

Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

1.2.3. Inteligentny nadzór

Wykorzystanie AI oraz mechanizmów Big Data pozwoli na budowę systemów inteligentnego nadzoru potrafiących kategoryzować i identyfikować ogromne ilości materiału ze środków nadzoru i monitoringu. Służby na całym świecie codziennie gromadzą ogromne ilości danych wizualnych z różnych źródeł, takich jak kamery telefoniczne, laptopy, monitoring wideo, BSP i zdjęcia satelitarne. Wyzwaniem nie jest gromadzenie danych, ale przetwarzanie ich na potrzeby opracowywania strategicznych informacji.

Oprogramowanie może sortować duże ilości danych szybciej niż wyszkoleni analitycy. Różne organizacje rządowe i wojskowe używają obecnie sztucznej inteligencji do monitorowania operacji. Algorytmy do rozpoznawania sekwencji i wzorców mają zdolności do uczenia się, dzięki czemu sztuczna inteligencja może wydajnie identyfikować ewentualne anomalie lub istotne cechy, na których znakowanie został przeszkolony. Inteligentne oprogramowanie na podstawie analizy zdjęć satelitarnych na dużych obszarach określa wzorce normalnej aktywności i wykrywa odstępstwa od nich, wykorzystuje dużą ilość zdjęć i łączy je, aby uzyskać wysoką rozdzielczość. Zwiększa to efektywność wykrywania potencjalnych zagrożeń.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sztuczna inteligencja
Nazwa technologii	Inteligentny nadzór
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – skrócenie czasu analizy danych obrazowych – zwiększenie efektywności wykrywania zagrożeń – możliwość rozbudowy funkcjonalności systemów o analizę materiałów dźwiękowych i tekstowych pod kątem kontekstu
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

1.2.4. Inteligentne bezpieczeństwo wewnętrzne

W zakresie bezpieczeństwa wewnętrznego sztuczna inteligencja i inteligentne oprogramowanie wspierają analitykę predykcyjną stosowaną w działaniach związanych z bezpieczeństwem wewnętrznym. Podstawową funkcją sztucznej inteligencji jest tu identyfikacja trendów i wzorców w zbiorze danych, a następnie przewidywanie prawdopodobieństwa i czasu ponownego wystąpienia tej tendencji. Modele analizy predykcyjnej mogą być wykorzystywane do korelacji objawów przygotowań do działań niezgodnych z prawem, takich jak np. zakup broni lub tymczasowa produkcja uzbrojenia. Sztuczna inteligencja łączy dane wiadomości, dane tożsamości rządowej, wykresy, arkusze

kalkulacyjne, bilingi, dokumenty w rządowej bazie danych, takie jak raporty, dane sieciowe, dane z czujników i filmy, aby wykryć niewidoczne wzorce. Zintegrowane oprogramowanie inteligentne zdolne jest tworzyć listy potencjalnych osób/organizacji wspierających komórki terrorystyczne oraz działających na szkodę państwa, rządu, społeczności lub wojska.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sztuczna inteligencja
Nazwa technologii	Inteligentne bezpieczeństwo wewnętrzne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie efektywności wykrywania zagrożeń – możliwość rozbudowy funkcjonalności systemów o analizę materiałów dźwiękowych i tekstowych pod kątem kontekstu
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2029
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

1.3. Wykorzystanie AI na potrzeby budowy efektywnego interfejsu człowiek-maszyna

Sztuczna inteligencja wykorzystywana do integrowania danych pochodzących z różnych źródeł i dostosowywania ich do spersonalizowanych oczekiwań odbiorcy w zakresie wiedzy o otaczającym środowisku i prowadzonych działaniach wojsk własnych i przeciwnika pozwoli na tworzenie wydajnych i ergonomicznych interfejsów człowiek-maszyna. Jest to szczególnie ważne, jeśli rozpatruje się tworzenie zespołów zadaniowych do realizacji zadań przez mieszane zespoły złożone z ludzi i platform bezzałogowych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sztuczna inteligencja
Nazwa technologii	Wykorzystanie AI na potrzeby budowy efektywnego interfejsu człowiek-maszyna
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie świadomości operacyjnej żołnierzy kierujących zespołami złożonymi z ludzi i platform bezzałogowych – umożliwienie wydajnej współpracy człowiek-maszyna – poprawienie ergonomii stanowisk kierowania platformami bezzałogowymi
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

1.4. Platformy autonomiczne

Platformy autonomiczne (pojazdy, samoloty, drony itp.) pozwalają na minimalizację ryzyka związanego z przebywaniem żołnierzy w strefach zagrażających ich życiu i zdrowiu. Niwelują problem przemęczenia i utraty koncentracji u operatorów SpW. Dzięki zastosowaniu sztucznej inteligencji autonomiczne platformy logistyczne będą w stanie tworzyć konwoje i podążać za wojskami, medyczne – identyfikować

i ewakuować poszkodowanych, rozpoznawcze – pozostawać niewykryte w strefach styczności z przeciwnikiem, a bojowe – oddziaływać na SpW i siłę żywą przeciwnika bez narażania żołnierzy po własnej stronie.

Szersze zastosowanie platform autonomicznych będzie uzależnione od poziomu zaufania do sztucznej inteligencji sterującej nimi oraz gotowości ludzi do podejmowania współdziałania w ramach mieszanych zespołów człowiek-maszyna.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sztuczna inteligencja
Nazwa technologii	Platformy autonomiczne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zmniejszenie ryzyka operacji związanego z czynnikiem ludzkim – zwiększenie efektywności procesów logistycznych – usprawnienie ewakuacji rannych ze strefy działań bojowych – zwiększenie efektywności rozpoznania – wzrost bezpieczeństwa żołnierzy podczas operacji wojskowych
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2033
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych

1.5. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Rozwój obszaru sztucznej inteligencji uzależniony jest od postępów w:

- opracowywaniu wydajnych algorytmów uczenia maszynowego;
- tworzeniu dziedzinowych baz danych wykorzystywanych do uczenia algorytmów sztucznej inteligencji;
- zwiększaniu mocy obliczeniowej komputerów.

Wykorzystanie sztucznej inteligencji pozwoli na rozwój takich obszarów technologicznych jak:

- analizy dużych zbiorów danych Big Data;
- autonomia;
- technologie informacyjne i łączności (cyberbezpieczeństwo, kryptologia, analiza i zarządzanie widmem elektromagnetycznym).

2. Autonomia i autonomizacja

2.1. Systemy autonomiczne

Platformy bezzałogowe i autonomiczni agenci oprogramowania zastąpią ludzi w operacyjnych i taktycznych środowiskach działania, które są uważane za trudne, brudne, niebezpieczne lub kosztowne (np. neutralizacja/wykrywanie środków rażenia CBRN (ang. Chemical, Biological, Radiological, Nuclear)). Zwiększone wykorzystanie systemów autonomicznych będzie zatem stanowić wyzwanie dla rozwoju odpowiednich umiejętności wojskowych, struktury organizacyjnej sił zbrojnych i szkoleń.

Wykorzystanie takich platform w ujęciu systemowym sprawi, że sieci nowej generacji i zaawansowana sztuczna inteligencja zintegrują różne systemy (techniczno-ludzkie) w zunifikowane i skoncentrowane zdolności, pozwalając każdemu żołnierzowi działać jak oddział, każdemu pojazdowi jak grupa zadaniowa i każdemu statkowi powietrznemu jak eskadra.

Platformy bezzałogowe będą mogły przewozić ludzi i zaopatrzenie na pole walki, ewakuować poszkodowanych oraz pełnić funkcje rozpoznawcze i patrolowe. Szersze zastosowanie w systemie logistycznym i transportowym zmniejszy ilość odpadów, zwiększy dostępność operacyjną i magazynowe wsparcie operacji.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Autonomia i autonomizacja
Nazwa technologii	Systemy autonomiczne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zmniejszenie ryzyka operacji związanego z czynnikiem ludzkim– zwiększenie efektywności procesów logistycznych– usprawnienie ewakuacji poszkodowanych ze strefy działań bojowych– zwiększenie efektywności rozpoznania– wzrost bezpieczeństwa żołnierzy podczas operacji wojskowych
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	5 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe: NCBR (MON), badania w ramach konsorcjów międzynarodowych: EDA i EDF

2.2. Działania zespołowe człowiek-maszyna

Docelowa duża liczba tanich systemów autonomicznych i ulepszone współdziałanie w relacji człowiek-maszyna, szczególnie w odniesieniu do platform bojowych, znacznie poprawią projekcję siły. Dzięki koncepcji lojalnego skrzydłowego obecne działania powietrzne, lądowe lub morskie mogą sytuować człowieka w pozycji nadzorca dla kilku przydzielonych platform bezzałogowych. Uzbrojony BSP zapewni zdolność do walki powietrznej bez narażania pilota na ryzyko utraty życia lub znacznie obniży to ryzyko. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku platform rozpoznawczych, logistycznych i ewakuacji medycznej.

Zapewnienie sprawnej współpracy/komunikacji na linii człowiek-maszyna będzie wymagało opracowania odpowiednich interfejsów (ang. Human-Robot Interface/Interaction – HRI) i elementów sterujących (w tym mikroelektroniki i manipulatorów antropomorficznych).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Autonomia i autonomizacja
Nazwa technologii	Działania zespołowe człowiek-maszyna
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zmniejszenie ryzyka operacji związanego z czynnikiem ludzkim – redukcja personelu koniecznego do realizacji zadań bojowych – zwiększenie efektywności działań
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	4
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2031
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe: NCBR (MON), badania w ramach konsorcjów międzynarodowych: EDA i EDF

2.3. Zachowania autonomiczne – technologie rojów

Kolejnym krokiem w rozwoju platform autonomicznych po osiągnięciu pełnej zdolności do działania zespołów człowiek-maszyna lub być może etapem pośrednim w osiągnięciu tego celu będzie współpraca między większą ilością mniejszych i tańszych platform autonomicznych. Roje platform bezzałogowych umożliwią nowe paradygmaty wykrywania i atakowania dla sił sprzymierzonych. Jednym z podejść jest wykorzystanie roju jako zasobu zużywalnego, np. do penetracji bronionych obszarów lub do ochrony krytycznych zasobów. Poprzez dużą liczbę systemów bezzałogowych pełniących funkcję strażników gotowych do destrukcyjnej konfrontacji przeciwnik będzie potrzebował więcej czasu, energii i pieniędzy, aby bronić się przed rojem, niż go pokonać.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Autonomia i autonomizacja
Nazwa technologii	Zachowania autonomiczne – technologie rojów
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – wyeliminowanie udziału ludzi w realizacji zadań niebezpiecznych – zmniejszenie kosztów i zwiększenie efektywności działań bojowych
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	4
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2031
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe: NCBR (MON), badania w ramach konsorcjów międzynarodowych: EDA i EDF

2.4. Środki przeciwdziałania (przeciwsrodki)

Szersze wykorzystanie platform bezzałogowych, w tym rojów BSP, na polu walki będzie wymagało nowych środków do ochrony przed ich działaniami. Szczególnie oczekiwane będą możliwości przeciwdziałania przed platformami bojowymi, które obejmą twarde i miękkie opcje niszczenia, takie jak elektroniczne środki zaradcze, środki cybernetyczne, niszczenie kinetyczne, wykorzystanie broni energii skierowanej, roje myśliwców przechwytyjących i wabiki. Koniecznością stanie się obrona krytycznych zasobów przed rojami przeciwnika, uwzględniająca ich wysoką zwrotność, elastyczność użycia i trudność wykrycia. Aby pokonać

rój, techniki wykorzystywane do przeciwdziałania (środki przeciwojowe) będą musiały bardzo szybko i ekonomicznie angażować każdy z ich elementów.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Autonomia i autonomizacja
Nazwa technologii	Środki przeciwdziałania (przeciwsrodki)
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– budowa zdolności obezwładniania/niszczenia platform bezałogowych i rojów platform autonomicznych – możliwość opracowania zabezpieczeń przed działaniem środków walki z platformami/rojami platform bezałogowych
Początkowy PGT (Polska)	5
Końcowy PGT (Polska)	8
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2029
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe: NCBR (MON), badania w ramach konsorcjów międzynarodowych: EDA i EDF

2.5. Autonomiczne zdolności do cyberreagowania

Technologie związane z autonomicznymi zdolnościami do cyberreagowania (ang. Autonomous Cyber Response Capabilities) należy uznać za kluczowe w zakresie zapewnienia dostępności systemów wsparcia dowodzenia, łączności i uzbrojenia oraz integralności przetwarzanych w nich danych na przyszłym polu walki.

W konflikcie z zaawansowanym technologicznie przeciwnikiem wojskowe systemy i sieci będą stanowić cele zmasowanych cyberataków. Złośliwe oprogramowanie przeciwnika będzie przenikać i atakować sojusznicze systemy i sieci (C4ISR) oraz skomputeryzowane systemy kierowania uzbrojeniem. Ponadto w trakcie realizacji działań bojowych częstym wymogiem będzie zachowanie skrytości przez systemy wojskowe, czujniki i efekторы (minimalizacja emisji ujawniającej). Często również urządzenia te z powodu spadku przepływności, zakłóceń lub zniszczenia infrastruktury teleinformatycznej w trakcie działań bojowych znajdą się w izolacji. Odizolowane systemy będą więc miały ograniczone możliwości zdalnego zarządzania i monitorowania ich bezpieczeństwa.

Systemy i sieci wykorzystywane w warunkach bojowych, w sytuacji ograniczonego dostępu (lub braku) specjalistów z zakresu cyberbezpieczeństwa, będą więc wymagały posiadania autonomicznych, inteligentnych zdolności do cyberreagowania i samokonfiguracji.

2.5.1. Autonomiczni Inteligentni Agenci Cyberobrony

Autonomiczni Inteligentni Agenci Cyberobrony (ang. Autonomous Intelligent Cyber Defence Agents – AICA) to zaimplementowane specjalistyczne programy (ang. goodware), wykorzystywane do podejmowania autonomicznych decyzji i określonych działań mających zapewnić właściwy poziom bezpieczeństwa wojskowych systemów i sieci w środowisku działań bojowych, w których szybkie wykrycie i natychmiastowa reakcja na cyberzagrożenia ze strony specjalistów bezpieczeństwa są ograniczone bądź niemożliwe.

Inteligentni agenci będą autonomicznie w sposób skryty skanować sieci, wykrywać anomalie, symptomy cyberataków oraz agentów (złośliwe oprogramowanie) przeciwnika, opracowywać i autonomicznie wdrażać adekwatne działania w celu zniszczenia lub ograniczenia wpływu złośliwego oprogramowania.

Wykorzystując sztuczną inteligencję (uczenie maszynowe), agenci będą dostosowywać swoje działania do ewoluujących wzorców ataków i typów złośliwego oprogramowania.

Inteligentni agenci będą działać w grupach, tworząc systemy wieloagentowe (ang. Multi-agent Systems). Systemy te będą występowały w postaci roju (koordynacja horyzontalna) lub kohort (koordynacja wertykalna). Należy się spodziewać, że cyberataki przeciwnika będą wyrafinowane i skryte, więc tylko zbiorowa inteligencja będzie miała szansę wykryć i powiązać ze sobą wczesne symptomy działania złośliwego oprogramowania przeciwnika.

Nazwa priorytetowego bloku/obszaru	Autonomiczne zdolności do cyberreagowania
Nazwa technologii	Autonomiczni Inteligentni Agenci Cyberobrony
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – wczesne wykrywanie złośliwego oprogramowania przeciwnika – natychmiastowa reakcję na cyberataki przeciwnika – wsparcie ekspertów bezpieczeństwa informacji w zakresie utrzymania właściwego poziomu bezpieczeństwa wojskowych sieci i systemów – zwiększenie odporności wojskowych sieci i systemów na negatywne oddziaływanie przeciwnika poprzez redukcję ryzyka ich obezwładnienia i infiltracji – zapewnienie stałego monitorowania i zarządzania cyberbezpieczeństwem odizolowanych systemów i urzędzeń
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych

2.5.2. Samokonfigurujące się sieci

Samoorganizujące się sieci (ang. Self-Organizing Networks – SON) to radiowe sieci dostępne, które w sposób autonomiczny i zautomatyzowany konfigurują, zarządzają, optymalizują, naprawiają i chronią swoją infrastrukturę. Funkcje te realizowane są dzięki sztucznej inteligencji, analityce predykcyjnej i wstępnie zoptymalizowanym algorytmom oprogramowania.

Ponieważ SON opierają się na algorytmach sztucznej inteligencji, konfiguracja, zarządzanie wydajnością i bezpieczeństwem sieci radiowej może odbywać się natychmiast i bez interwencji człowieka. W dynamicznie zmieniającym się środowisku pola walki SON mogą automatycznie uczyć się i na bieżąco dostosowywać parametry swojej infrastruktury do zachodzących zmian.

Samokonfiguracja sieci oznacza, że w sposób automatyczny rozpoznawane są i rejestrowane nowe punkty dostępne (węzły), które stają się częścią radiowej sieci dostępnej. Sąsiadujące węzły automatycznie dostosowują swoją moc emisji i inne parametry techniczne, aby uniknąć zakłóceń i zmaksymalizować zarówno zasięg, jak i pojemność. W przypadku obezwładnienia bądź skompromitowania węzłów sieć automatycznie dostosowuje parametry sąsiednich węzłów, aby zapewnić dostępność usług bądź zminimalizować jej pogorszenie. Samoorganizująca się sieć powinna posiadać zaimplementowane zdolności automatycznego wykrywania i autonomicznego podejmowania działań zapobiegających jej penetracji przez nieuprawnionych użytkowników.

Nazwa priorytetowego bloku/obszaru	Autonomiczne zdolności do cyberreagowania
Nazwa technologii	Samokonfigurujące się sieci
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– automatyzacja procesu konfiguracji/rekonfiguracji sieci wzrost wydajności sieci teleinformatycznych – zwiększenie bezpieczeństwa sieci teleinformatycznych
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych

2.6. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Obszar technologiczny autonomii i autonomizacji jest niezmiernie szeroki i należy go rozpatrywać wielopłaszczyznowo.

Na rozwój autonomizacji platform sprzętowych z uwzględnieniem ich specyficznych zastosowań (platformy logistyczne, rozpoznawcze, bojowe i ewakuacyjne) wpływ będą miały osiągnięcia z następujących dziedzin:

- dedykowane konkretnym zastosowaniom algorytmy sztucznej inteligencji, w tym mechanizmy funkcjonowania rojów;
- nowe rozwiązania interfejsów użytkownika (HRI – Human-Robot Interface/Interaction) i elementów sterujących (w tym mikroelektronika i manipulatory antropomorficzne);
- szeroko pojęta sensoryka (unikanie kolizji, nawigacja, wykrywanie zagrożeń itp.);
- nowe technologie materiałowe (zmniejszenie wagi, miniaturyzacja platform, redukcja sygatur radarowych itp.);
- nowe źródła zasilania i magazynowanie energii;
- nowe rodzaje napędu.

Środki przeciwdziałania zagrożeniom ze strony systemów autonomicznych, w tym rojów platform bezzałogowych, wymagały będą prowadzenia badań nad:

- systemami ich wykrywania;
- środkami obezwładniania platform (typu soft kill – energia skierowana o niewielkim natężeniu, przejmowanie kontroli poprzez środki cyberataku; hard kill – energia skierowana o dużym natężeniu, w tym promieniowanie laserowe, oraz środki rażenia kinetycznego).

Rozwój autonomicznych zdolności do cyberreagowania wymaga intensyfikacji wysiłku naukowego ukierunkowanego na doskonalenie technologii:

- sztucznej inteligencji – rozwój technologii kognitywności w cyberprzestrzeni do wykorzystania w opracowywaniu algorytmów dla inteligentnego oprogramowania i uczenia maszynowego do tworzenia bezstronnych zestawów danych treningowych, odwzorowujących realistyczne scenariusze działań wojennych do nauki autonomicznych agentów i samoorganizujących się sieci odpowiedniej reakcji;
- obliczeń w chmurze oraz analizy dużych zbiorów danych (Big Data);
- ochrony komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych – celem zmaksymalizowania bezpieczeństwa transmisji w sieciach radiowych należy rozwijać technologie ochrony wojskowych sieci radiowych wąsko- i szerokopasmowych oraz sieci opartych na bazie cywilnych technologii (Wi-Fi, LTE i 5G).

3. Analiza i przetwarzanie dużych zbiorów danych i zarządzanie nimi – Big Data

3.1. Technologie budowy semantycznych serwisów webowych

Podstawą do efektywnego działania systemów analizujących różnego rodzaju treści jest stworzenie standardów tzw. ontologii – prezentacji semantyki pojęć stosowanych w opisach zasobów, która umożliwi maszynom i programom automatyczne przetwarzanie informacji w sposób odpowiedni do ich znaczenia. Pozwoli to aplikacjom korzystać nawzajem ze swoich funkcji i wymieniać dane, tworząc architekturę zorientowaną na usługi.

Nazwa priorytetowego bloku/obszaru	Analiza i przetwarzanie dużych zbiorów danych i zarządzanie nimi – Big Data
Nazwa technologii	Technologie budowy semantycznych serwisów webowych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności budowania świadomości sytuacyjnej – ujednoczenie zbioru pojęciowego w różnych dziedzinach – umożliwienie budowy zestawów danych do testowania i uczenia algorytmów sztucznej inteligencji wykorzystywanych do różnych zastosowań
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

3.2. Systemy i usługi czasu rzeczywistego

Współczesne systemy wsparcia dowodzenia muszą być systemami czasu rzeczywistego, których poprawność działania zależy od spełnienia warunków zarówno logicznych, jak i czasowych (reakcja na zdarzenie musi być prawidłowa oraz nastąpić we właściwym czasie).

Nazwa priorytetowego bloku/obszaru	Analiza i przetwarzanie dużych zbiorów danych i zarządzanie nimi – Big Data
Nazwa technologii	Systemy i usługi czasu rzeczywistego
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– usprawnienie procesów dowodzenia i kierowania środkami walki
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

3.3. Zarządzanie informacjami i przetwarzanie danych z heterogenicznych źródeł

Zarządzanie informacjami i przetwarzanie danych ze źródeł heterogenicznych jest ściśle związane ze wszystkimi działaniami prowadzonymi w obszarze szeroko rozumianego dowodzenia. Obejmuje zarówno przygotowanie, zbieranie, ekstrakcję danych,

jak i rozpowszechnianie informacji. Ze względu na bardzo dużą ilość danych pochodzących z różnych źródeł (otwartych kanałów, sensorów, wyników działań z zakresu rozpoznania radioelektronicznego itp.) istnieje potrzeba inteligentnej fuzji, sprawdzania wiarygodności i zapewnienia terminowości w dystrybucji informacji dla zainteresowanych stron. Zapewnienie świadomości sytuacyjnej zarówno w aspekcie narodowym jak i koalicyjnym jest jednym z ważniejszych wyzwań stojących dziś przed systemami C4ISR.

Nazwa priorytetowego bloku/obszaru	Analiza i przetwarzanie dużych zbiorów danych i zarządzanie nimi – Big Data
Nazwa technologii	Przetwarzanie i transmisja danych w sieciach heterogenicznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– efektywne budowanie świadomości sytuacyjnej – usprawnienie procesu dowodzenia
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

3.4. Przetwarzanie i zarządzanie danymi w procesie utrzymania sprawności SpW

W obecnie eksploatowanym SpW nie zaimplementowano dotychczas systemu gromadzenia oraz analizy danych. Skutkuje to brakiem wiedzy na temat aktualnego stanu SpW, co nie pozwala na optymalizację systemu planowania napraw. Konieczne jest zbadanie możliwości systemów obliczeniowych w zakresie przetwarzania i analizy danych ukierunkowanych na pogłębienie wiedzy na temat zachowania SpW w celu predykcji jego stanu. Wykorzystanie algorytmów uczenia maszynowego umożliwi wykrywanie typowych wzorców świadczących o zmianach wpływających na działanie sprzętu. Ponadto należy opracować technologię fuzji danych, która pozwoli na gromadzenie informacji z wielu źródeł (sensory/czujniki bezprzewodowe) w celu uzyskania jednorodnego przepływu informacji. Ujednolicone dane pozwolą na ich analizę i wykorzystanie w projektowaniu innowacyjnego systemu planowania napraw (planowanie predykcyjne).

Nazwa priorytetowego bloku/obszaru technologicznego	Analiza i przetwarzanie dużych zbiorów danych i zarządzanie nimi – Big Data
Nazwa technologii	Przetwarzanie i zarządzanie danymi w procesie utrzymania sprawności SpW
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– usprawnienie procesów logistycznych związanych z utrzymaniem sprawności SpW – redukcja czasu przestoju SpW związanego z jego naprawami – optymalizacja systemu zaopatrzenia w części zamienne
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2031
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

3.5. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Rozwój w dziedzinie zarządzania i przetwarzania informacji ze źródeł heterogenicznych jest wyzwaniem interdyscyplinarnym, wymagającym intensyfikacji wysiłku naukowego i technicznego ukierunkowanego na doskonalenie technologii:

- przetwarzania danych w chmurze, w tym również przetwarzania brzegowego;
- transmisji dużych wolumenów danych w czasie zbliżonym do rzeczywistego;
- wykorzystania ML w procesie agregacji, korelacji, optymalizacji, fuzji, wnioskowania i wizualizacji dużych wolumenów danych (ang. Data Mining).
- usług czasu rzeczywistego.

Osiągnięcie odpowiedniego poziomu dojrzałości przez technologie kwantowe może w przyszłości przyczynić się do skokowego rozwoju w dziedzinie przetwarzania dużych zasobów danych.

4. Technologie kwantowe

4.1. Algorytmy i technologie kwantowe/postkwantowe – komputery kwantowe

Algorytmy i technologie kwantowe/postkwantowe stanowią obecnie obszar technologii, które w krótkiej perspektywie czasu mogą zapewnić najwyższy standard bezpieczeństwa przesyłanej informacji. Tym samym mogą wnieść ogromny wkład w rozwój technologii obronnych w zakresie cyberbezpieczeństwa i kryptologii. Charakter kwantowy powstających standardów zabezpieczania informacji, przekazywanej przez kanały zarówno przewodowe, jak i bezprzewodowe, prowadzi wprost do opracowania systemu, w którym raz zaszyfrowanej informacji nie da się odczytać bez posiadania oryginalnego klucza¹. Ma to zasadnicze znaczenie dla ochrony komunikacji w wojskowych systemach teleinformatycznych. Postęp w dziedzinie komputerów kwantowych wiąże się z powstaniem zagrożenia dla aktualnie stosowanych algorytmów wynikającego z możliwości wykorzystania tych maszyn do ich kryptoanalizy. W związku z powyższym opracowywane są algorytmy postkwantowe odporne na takie działania.

Nazwa priorytetowego bloku/obszaru technologicznego	Technologie kwantowe
Nazwa technologii	Algorytmy i technologie kwantowe/postkwantowe – komputery kwantowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zwiększenie efektywności rozpoznawania i analizy wzorców i sygnatur SpW a w efekcie zrewolucjonizowanie sonarowych, radiowych, radarowych i satelitarnych technik rozpoznania,– zwiększenie bezpieczeństwa informacji poprzez opracowywanie algorytmów szyfrujących odpornych na analizę przez komputery kwantowe,– wykorzystanie zaawansowanego modelowania zjawisk fizycznych i chemicznych w celu badania i zrozumienia właściwości materiałów stosowanych w uzbrojeniu, opancerzeniu pojazdów, lotnictwie i astronautyce oraz opracowywania nowych materiałów opatrunkowych, lekarstw i środków przeciwdziałania zagrożeniom CBRN– zwiększenie bezpieczeństwa informacji poprzez opracowywanie szyfrowania na poziomie optycznym z wykorzystaniem połączenia technologii vortex phase plate z samoporzadkującymi się materiałami organicznymi, odpornym na analizę przez komputery kwantowe
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

¹ Inaczej mówiąc, odkrycie (odgadnięcie) właściwego klucza jest tak samo trudne jak przegląd wszystkich możliwych kluczy.

4.1.1. Obliczenia kwantowe i kryptografia postkwantowa

Technologie związane z obliczeniami kwantowymi skupione są obecnie na budowie wydajnego komputera kwantowego i mają w przeważającej większości jeszcze charakter badań laboratoryjnych. W związku z tym należy zwiększyć wysiłki mające na celu wyrównanie poziomu technologii kwantowych w Polsce do poziomu europejskiego w stosunkowo krótkim czasie, tj. 5–10 lat, poprzez zapewnienie odpowiednich nakładów finansowych i osobowych. W tym zakresie ważne jest, aby została zbudowana niezbędna infrastruktura badawcza, wymagana do prowadzenia badań objętych klauzulami tajności oraz umożliwiająca opracowanie komputerów kwantowych wyłącznie do dyspozycji SZ RP. Ponadto opracowano już algorytmy dla komputerów kwantowych, które przewyższają pod względem wydajności ich klasyczne odpowiedniki, dlatego tak ważne jest dołączenie polskich grup badawczych do procesu tworzenia narodowych zasobów specjalistów w zakresie programowania urządzeń działających w oparciu o technologie kwantowe, w tym te nakierowane na badania w zakresie cyberbezpieczeństwa i kryptologii wedle zastosowań ściśle wojskowych. Rozwój algorytmów kwantowych silnie wiąże się z dostępnymi i możliwymi do wykonania kwantowymi operacjami matematycznymi, które są uzależnione od wyboru technologii budowy komputera kwantowego, tzn. tego, jakie zjawiska kwantowe są w nim wykorzystywane. Ważne jest zatem także rozpoczęcie badań umożliwiających symulację procesów kwantowych niezbędnych do ich pełnego zrozumienia i kontrolowania. Obecnie ze względu na najwyższe poziomy wierności kubitów rekomenduje się wykorzystanie komputera kwantowego na jonach izotopów pierwiastków z drugiej grupy układu okresowego pierwiastków (np. wapń, stront). Perspektywnie zmianę w postaci poprawy parametrów i stabilności pracy technologii komputera kwantowego może poczynić rozwój optycznego komputera kwantowego bazującego na fotonicznej supremacji kwantowej.

Kolejnym ważnym elementem tej technologii będzie opracowanie aplikacji oferujących zdalny dostęp do komputerów kwantowych pozwalających na prowadzenie złożonych obliczeń w chmurze. Aplikacje te będą niezbędne ze względu na z reguły niedostępną fizycznie infrastrukturę komputera kwantowego i specyfikę układu kompilującego zależnego od wybranej technologii układu przetwarzania kwantowego.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Algorytmy i technologie kwantowe/postkwantowe – komputery kwantowe
Nazwa technologii	Obliczenia kwantowe i kryptografia postkwantowa
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zdobycie zdolności zestawienia infrastruktury komputera kwantowego kluczowej dla rozwoju algorytmów kwantowych na potrzeby kryptoanalizy– możliwość opracowywania algorytmów kwantowych wspomagających działania w sferze wojskowej do zastosowania w komputerach kwantowych i ich symulatorach– osiągnięcie zdolności sprawdzania opracowanych zabezpieczeń urządzeń/systemów pod kątem zagrożeń powodowanych przez komputery kwantowe– opracowanie nowych metod konstrukcji i analizy algorytmów postkwantowych, odpornych na ataki z wykorzystaniem komputerów kwantowych.– zwiększenie świadomości operacyjnej wojsk własnych poprzez uzyskanie przewagi technologicznej w obszarze QC ze względu na możliwość zwiększenia wydajności przetwarzania dużej ilości danych rozpoznawczych– konieczność wyszkolenia na potrzeby wojska programistów w zakresie obliczeń kwantowych

	– konieczność wypracowania założeń dla polityki bezpieczeństwa systemów teleinformatycznych zawierających komputery kwantowe
Początkowy PGT (Polska)	1-2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych

4.2. Łączność i kryptografia kwantowa

Komunikacja i kryptografia kwantowa zawiera trzy podstawowe komponenty, tj. kwantową dystrybucję klucza (ang. Quantum Key Distribution – QKD), kwantową generację liczb losowych (ang. Quantum Random Number Generator – QRNG) oraz pamięci kwantowe (ang. Quantum Memory – QM).

Technologia zabezpieczania transmisji danych opracowana na zasadzie procedury dystrybucji klucza kwantowego QKD jest prężnie rozwijana w jednostkach badawczych Europy, Ameryki i Azji. Nie bazuje ona na złożoności obliczeniowej funkcji jednokierunkowych i matematycznych problemach trudnych obliczeniowo, na których oparto dotychczas stosowane kryptograficzne algorytmy uzgadniania klucza. Dlatego ważne jest prowadzenie badań związanych z budową infrastruktury niezbędnej do opracowania własnych rozwiązań dedykowanych do budowy sieci łączności kwantowej. Należy również mieć na uwadze, w perspektywie zastosowania takiego typu rozwiązań, postęp w dziedzinie „quantum hacking” – której przysposobienie i rozwój w zasobach Sił Zbrojnych umożliwi zarówno sprawdzenie podatności na włamanie do wytworzonych lub zakupionych własnych kwantowych systemów łączności, jak i opanowanie zdolności do potencjalnego „ataku”.

Z technicznego punktu widzenia kwantowa dystrybucja klucza wymaga wygenerowania losowego klucza, wykorzystuje jego współdzielenie przez obie strony biorące udział w transmisji i pozwala na odszyfrowanie zabezpieczonej tym kluczem wiadomości, która może być przesłana za pośrednictwem standardowego kanału informacyjnego. Szczególną cechą kwantowej dystrybucji klucza wyróżniającą ją na tle tradycyjnych, obecnie rozpowszechnionych w Siłach Zbrojnych rozwiązań, jest wrażliwość na ingerencję strony trzeciej i możliwość jej wykrycia.

Kolejnym krokiem jest integracja technik kwantowych i algorytmicznych w celu realizacji kompletnych rozwiązań kryptograficznych. Może to obejmować połączenie QKD i QRNG z innymi algorytmami i protokołami kryptograficznymi. Bezpieczeństwo QKD zależy od założeń dotyczących sprzętu realizującego QKD, a w szczególności od tego, jak dokładnie rzeczywisty system realizuje model teoretyczny. Dlatego bardzo ważne są badania nad bezpieczeństwem wdrażanych systemów (zarówno światłowodowych, jak i wolnej przestrzeni), w tym nad metodami ataków na systemy QKD i sposobami zapobiegania takim atakom. W szczególności należy mieć na uwadze rozwój łączności kwantowej i kryptografii na bazie nowych technik z wykorzystaniem źródeł fotonów splątanych (ang. Entangled Photon Source – EPS) do realizacji klucza jednorazowego czy też pamięci kwantowych QM.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kwantowe
Nazwa technologii	Łączność i kryptografia kwantowa
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – wytworzenie ciągu losowego – klucza, którego źródłem losowości są zjawiska oparte na mechanice kwantowej (QRNG), – zestawienie kwantowej dystrybucji klucza (QKD) – umożliwiającej bezpieczną komunikację, z możliwością wykrycia prób ingerencji strony trzeciej, za pośrednictwem: <ul style="list-style-type: none"> – infrastruktury telekomunikacyjnej w oparciu o przyjęty standard dystrybucji sieciowej, – w wolnej przestrzeni: w polu np. w zasięgu widoczności naziemnej pary nadajnik-odbiornik; za pośrednictwem satelity (pozwala uniezależnić się od cech terenu i zwiększyć odległości transmisji, wymagana wysoka szybkość transmisji związana z czasem dostępu do satelity). W przypadku satelitarnego QKD obecny stan technologii obejmuje komunikację za pośrednictwem satelity umieszczonego na niskiej orbicie okołoziemskiej, trwają prace nad rozszerzeniem funkcjonalności na satelity z wysokiej orbity okołoziemskiej a także na ich wzajemną interakcję oraz interoperacyjność z systemami naziemnymi. Ostatecznie QKD powinna funkcjonować jako element bezpiecznej, wojskowej infrastruktury komunikacyjnej. – wyposażania budowanych urządzeń/systemów celem spełnienia funkcjonalności dotyczących odporności na zagrożenia kwantowe, – wyszkolenie na potrzeby wojska specjalistów w zakresie komunikacji kwantowej zestawianej na bazie wytworzonych lub zakupionych urządzeń, – wypracowanie wymagań bezpieczeństwa dla systemów łączności kwantowej
Początkowy PGT (Polska)	5
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	5 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych

4.2.1. Internet kwantowy

Przyszłością technologii militarnych jest internet kwantowy (ang. Quantum Internet – QI). Jest wyzwaniem technologicznym, które wymaga połączenia rozwiązań uzyskanych za pośrednictwem technologii QC i QC&C. QI wymaga rozwinięcia technologii multipleksingu sygnałów kwantowych i klasycznych na wspólnych włóknach światłowodowych oraz wdrożenia w typowych architekturach telekomunikacyjnych, takich jak łącza punkt-punkt i punkt-wielopunkt z wykorzystaniem typowych komponentów sieciowych. Stworzenie QI wymaga powstania sieci do dystrybucji kluczy oraz opracowania stosu protokołów do generowania, routingu i przechowywania informacji. Celem realizacji sieci kwantowych jest wyjście poza krótkodystansowe łącza QKD i pełne wykorzystanie potencjału komunikacji kwantowej. Ostatecznym celem jest opracowanie Internetu kwantowego, w tym opartego na generacji pary splątanych fotonów „na żądanie”. Pary fotonów splątanych są podstawą dla zapewnienia wrażliwości na ingerencję strony trzeciej w transmisję i jej wykrycie. Sieci kwantowe zapewniające splątanie kwantowe w komunikacji end-to-end oferują korzyści

wykraczające poza te, które zapewniają sieci QKD krótkiego zasięgu. Mogłyby one umożliwić komunikację kwantową na duże odległości, w której w razie potrzeby można by uniknąć pośrednich węzłów zaufanych. Ponadto sieci takie (np. oparte na testach Bella, w pełni DI QKD), umożliwiają tworzenie aplikacji w dziedzinie bezpieczeństwa lub nowych zastosowań w metrologii, detekcji, systemach rozproszonych, a nawet bezpieczny dostęp do zdalnego komputera kwantowego w chmurze. QI jest blokiem technologii, której rozwój może zapewnić wprowadzenie przełomowych zdolności z punktu widzenia potrzeb i specyfiki przyszłych operacji militarnych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Łączność i kryptografia kwantowa
Nazwa technologii	Internet kwantowy
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – budowa długodystansowych sieci łączności internetowej z optyczną ochroną kryptograficzną oraz z ujawnieniem ingerencji trzeciej strony, – zestawienie, w dalszej perspektywie, łączy na potrzeby komputerów kwantowych, – wyposażanie budowanych urządzeń/systemów celem spełnienia funkcjonalności dotyczących odporności na zagrożenia kwantowe, – wyszkolenie na potrzeby wojska specjalistów w zakresie QI zestawianej na bazie wytworzonych lub zakupionych urządzeń
Początkowy PGT (Polska)	1
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	15 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2038
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych

4.3. Sensoryka kwantowa

4.3.1. Grawimetry kwantowe

Opanowanie technologii wytwarzania fotonów splątanych umożliwi budowanie bardzo dokładnych grawimetrów – urządzeń do badania natężenia pola grawitacyjnego o dokładności 1 μ gal. Jego pomiary mogą być prowadzone zarówno w wodzie, jak i na lądzie. Wśród przewidywanych zastosowań grawimetrów kwantowych wymienia się systemy ostrzegania przed trzęsieniami ziemi, badanie złóż zasobów naturalnych (minerały, gaz ziemny, ropa naftowa, węgiel i inne) czy tworzenie map grawitacyjnych akwenów morskich, co może zostać wykorzystane do nawigacji przez okręty podwodne w warunkach ograniczonego dostępu do sygnału satelitarnych systemów pozycjonowania.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensoryka kwantowa
Nazwa technologii	Grawimetry kwantowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie możliwości redundancji systemów nawigacji satelitarnej i inercyjnej
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat

Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

4.3.2. Radary kwantowe

Zjawisko splątania fotonów można wykorzystać do opracowania radaru kwantowego, w którym jeden foton z pary, pełniący funkcję sensora, emitowany jest w przestrzeń, a drugi, pozostający pod kontrolą systemu, służy ciągłej analizie stanu pierwszego. Napotkanie przeszkody określonego rodzaju stanowi informację o wykryciu np. obiektu latającego.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensoryka kwantowa
Nazwa technologii	Radary kwantowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności w zakresie radarów mogących wykrywać dowolne obiekty, niezależnie od rozwijanych przez nie prędkości, posiadanych kształtów czy użytych do ich budowy materiałów
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

4.4. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Rozwój technologii kwantowych jest wyzwaniem interdyscyplinarnym, wymagającym intensyfikacji wysiłku naukowego i technicznego ukierunkowanego na doskonalenie technologii:

- próżniowych,
- laserowych,
- nisko- i wysokotemperaturowych,
- materiałowych,
- informatycznych (nowa architektura sprzętu komputerowego i systemów operacyjnych),
- wytwarzania układów elektronicznych,
- tworzenia algorytmów kryptograficznych,
- optymalizacji algorytmów obliczeniowych i korekcji błędów,
- szybkiej i niezawodnej transmisji danych.

Technologie kwantowe, po osiągnięciu odpowiedniego poziomu dojrzałości, mogą być postrzegane jako game changer w wielu dziedzinach i obszarach technologicznych, takich jak:

- cyberbezpieczeństwo,
- szybka i bezpieczna łączność,
- Big Data,
- technologie satelitarne/kosmiczne,
- sensoryka i technologie radarowe,
- nawigacja, pozycjonowanie i synchronizacja czasu,
- systemy symulacyjne,
- farmakologia i chemia.

5. Technologie kosmiczne

5.1. Moduły i elementy segmentu naziemnego dedykowane dla operacyjnego wykorzystania systemów satelitarnych (w tym elementy AI) do zastosowań stacjonarnych oraz mobilnych

Segment naziemny jest to zestaw elementów (urządzenia oraz oprogramowanie), które służą do: planowania misji satelitarnych, generowania zadań dla satelitów, komunikacji z satelitami, odbioru danych satelitarnych oraz przetwarzania danych satelitarnych. Celem działania segmentu naziemnego jest monitorowanie działania segmentu satelitarnego, zapewnienie jego niezakłóconej pracy, utrzymanie w nominalnym stanie technicznym oraz sterowanie operacjami satelitów.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Moduły i elementy Segmentu Naziemnego dedykowane dla operacyjnego wykorzystania systemów satelitarnych (w tym elementy AI) do zastosowań stacjonarnych oraz mobilnych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zapewnienie łączności pomiędzy segmentem kosmicznym a naziemnym– możliwość zarządzania satelitami– umożliwienie planowania operacji satelitarnych i odbiór danych satelitarnych
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	1–2 lata
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2026
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.2. Systemy monitorowania pogody kosmicznej oraz zmian w górnych częściach atmosfery oraz na niskich orbitach okołozemskich

Systemy monitorowania pogody kosmicznej (urządzenia oraz oprogramowanie) służą do stałego monitorowania aktywności Słońca i środowiska kosmicznego wokół Ziemi, wykorzystując obserwacje i pomiary zebrane przez instrumenty umieszczone na satelitach, a także instrumenty naziemne. Prognozy pogody kosmicznej prowadzone są pod kątem występowania wszelkich zmian i generują ostrzeżenia, alerty o niebezpiecznych zdarzeniach pogodowych w kosmosie.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Systemy monitorowania pogody kosmicznej oraz zmian w górnych częściach atmosfery oraz na niskich orbitach okołozemskich.
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– możliwość monitorowania pogody kosmicznej– umożliwienie planowania operacji z wykorzystaniem zasobów w przestrzeni kosmicznej i z zachowaniem maksymalnej ekonomii sił i środków
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat

Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.3. Kompleksowe systemy satelitarne o pomniejszych gabarytach i zmniejszonym poborze mocy

Systemy satelitarne klasy mikro o masie od 10 do 100 kg już teraz mogą wykonywać zadania dotąd przewidziane dla satelitów ważących ponad pół tony. W związku z postępującą miniaturyzacją instrumentów umieszczanych na platformach kosmicznych ten obszar staje się coraz bardziej perspektywiczny. Zapotrzebowanie na te satelity znacznie wzrosło w ciągu ostatnich kilku lat ze względu na niższe koszty budowy, wyniesienia oraz eksploatacji, jak również krótszy czas budowy podzespołów.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Kompleksowe systemy satelitarne o pomniejszych gabarytach i zmniejszonym poborze mocy
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – realizacja zadań rozpoznania przy zmniejszonych kosztach eksploatacji i skróconym czasie budowy i wyniesienia obiektów – możliwość umieszczania systemów telekomunikacyjnych, optoelektronicznych, SAR oraz wyposażenie badawcze do obserwacji kosmosu – teleskopy i spektrometry
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.4. Moduły i elementy komputera pokładowego satelity

Wszystkie podsystemy na pokładzie platformy satelitarnej sterowane są przez komputer pokładowy (On-board Computer – OBC). Przetwarza on telekomendy odebrane z Ziemi, monitoruje aktualny stan satelity, automatycznie wykonuje zaplanowane zadania oraz zbiera dane telemetryczne ze wszystkich podsystemów i obrazów uzyskanych z kamer.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Moduły i elementy komputera pokładowego satelity
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – automatyczne wykonywanie zadań – zwiększenie zdolności rozpoznawczych poprzez dane telemetryczne oraz obrazowe
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.5. Moduły i elementy systemu komunikacji segmentu kosmicznego z naziemnym

Moduły i elementy systemu komunikacji segmentu kosmicznego z naziemnym służą do kontroli i sterowania platformą satelitarną z ziemi. Platforma satelitarna wysyła dane telemetryczne o stanie podsystemów satelity i położenia na orbicie oraz dane pozyskane przez sensor satelitarny. Na platformę satelitarną przesyłane są komendy do realizacji misji satelitarnych oraz do zmiany położenia na orbicie.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Moduły i elementy systemu komunikacji segmentu kosmicznego z naziemnym
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zapewnienie łączności segmentów kosmicznego i naziemnego
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.6. Moduły i elementy systemu kontroli orbity i położenia satelity

Moduły i elementy systemu kontroli orbity i położenia satelity (ang. Attitude and Orbit Control System – AOCS) odpowiadają za stabilizację platformy satelitarnej i orientację położenia z odpowiednią dokładnością podczas misji satelitarnych w normalnych warunkach eksploatacyjnych, jak również w warunkach zakłóceń zewnętrznych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Moduły i elementy systemu kontroli orbity i położenia satelity (AOCS)
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość określenia współrzędnych obrazowanych obszarów – zwiększenie zdolności rozpoznawczych poprzez dane telemetryczne oraz obrazowe
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2034
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.7. Moduły i elementy systemu zasilania satelity

Moduły i elementy systemu zasilania satelity odpowiadają za magazynowanie, dystrybucję i kontrolę energii elektrycznej na platformie satelitarnej. Najważniejszymi wymaganiami dotyczącymi przedmiotowych modułów są średnia i szczytowa moc elektryczna oraz profil orbity (inklinacja i wysokość) na potrzeby pracy paneli słonecznych. Analizy obciążenia pod kątem wydatkowanej energii elektrycznej podczas realizacji misji satelitarnej muszą być przeprowadzone dla całości przewidywanego okresu eksploatacji satelity. W przypadku

platform o długim czasie życia należy zrekompensować zapotrzebowanie na energię do obniżającej się wydajności paneli słonecznych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Moduły i elementy systemu zasilania satelity
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zapewnienie stabilnej i nieprzerwanej pracy podzespołów satelitarnych – zwiększenie żywotności satelitów
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.8. Moduły i elementy konstrukcji strukturalnej satelity o wysokich parametrach fizycznych

Moduły i elementy konstrukcji satelity to elementy mechaniczne, do których mocowane są wszystkie podzespoły satelity, jak również interfejsy satelity z rakieta lub pośrednim mechanizmem wyrzutnika. Ze względów wytrzymałościowych struktura musi przenieść bez uszkodzeń obciążenia panujące podczas startu rakiety. Struktura stanowi podstawowy kanał odprowadzania ciepła, dlatego przy zachowaniu niewielkiej masy powinna być wytrzymała mechanicznie i termicznie.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Moduły i elementy konstrukcji satelity o wysokich parametrach fizycznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie wytrzymałości satelity i jej odporności na czynniki zewnętrzne – zwiększenie żywotności satelitów
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	4 lata
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2027–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.9. Autonomiczne algorytmy kontroli, zarządzania oraz diagnostyki stanu technicznego podzespołów satelity za pomocą komputera pokładowego platformy satelitarnej

Autonomiczne algorytmy kontroli, zarządzania oraz diagnostyki służą do opracowania nowych koncepcji bezpiecznego i wydajnego działania rozproszonych systemów satelitarnych na niskich orbitach Ziemi. Połączone wykorzystanie technologii AI umożliwia wyższy poziom autonomii w małych konstelacjach satelitów, ułatwiając bardziej elastyczne i odporne na zakłócenia zewnętrzne podejście do zarządzania segmentem satelitarnym, zarówno pod względem gromadzenia danych, jak i zarządzania samymi platformami. Technologie AI stanowią także innowacyjne podejście do zarządzania misjami satelitarnymi, wykorzystując wiele heterogenicznych platform kosmicznych zdolnych do autonomicznego obliczania

manewrów zmiany położenia i orbity, aby zmaksymalizować wydajność misji i zminimalizować ryzyko kolizji z innymi obiektami kosmicznymi.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Autonomiczne algorytmy kontroli, zarządzania oraz diagnostyki stanu u technicznego podzespołów satelity za pomocą komputera pokładowego statku kosmicznego
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– umożliwienie niezakłóconej pracy segmentu satelitarne w przypadku czasowego przerwania komunikacji z segmentem naziemnym
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.10. Metody szyfrowania i kodowania komunikacji satelitarnej wykorzystujące technologie kwantowej dystrybucji kluczy

Kwantowa dystrybucja klucza (QKD) dostarcza metody dla bezpiecznego przekazania klucza szyfrującego dla systemów kryptografii symetrycznej. W tej technice klucz, w postaci ciągu bitów, kodowany jest za pomocą stanów kwantowych. W praktyce wykorzystywane są do tego celu pojedyncze kwanty światła, czyli fotony. Każdy bit odpowiada pewnej ustalonej superpozycji dwóch możliwych polaryzacji światła. Podstawową własnością mechaniki kwantowej jest to, że dokonanie pomiaru redukuje stan kwantowy do jednego ze stanów bazowych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Metody szyfrowania i kodowania komunikacji satelitarnej wykorzystujące technologie kwantowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu zabezpieczenia komunikacji satelitarnej
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.11. Algorytmy i urządzenia na pokładzie platformy satelitarnej do przetwarzania satelitarnych danych obrazowych

Algorytmy i urządzenia na pokładzie platformy satelitarnej do przetwarzania satelitarnych danych obrazowych mają na celu podstawową obróbkę danych obrazowych zgodnie z obowiązującymi standardami. Systemy służące do automatycznego przetwarzania danych muszą być wydajne, aby przetwarzać duże ilości danych w relatywnie krótkim czasie oraz energooszczędne, aby móc funkcjonować w warunkach ograniczonego poboru mocy adekwatnego dla systemów satelitarnych o pomniejszonych gabarytach.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Algorytmy i urządzenia na pokładzie platformy satelitarnej do przetwarzania satelitarnych danych obrazowych na pokładzie satelity
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– skrócenie czasu odpowiedzi systemu – zmniejszenie pojemności danych przesyłanych do segmentu naziemnego
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.12. Systemy laserowe na pokładzie platformy satelitarnej do pomiaru odległości w przestrzeni kosmicznej oraz komunikacji międzysatelitarnej

Systemy komunikacji międzysatelitarnej oparte na technologii laserowej wykorzystują wiązki fotonów do przesyłania informacji na duże odległości. Technologia ta pozwala na transfer dużych ilości danych w relatywnie krótkim czasie. Dzięki właściwościom przestrzeni kosmicznej możliwa jest komunikacja na bardzo duże odległości. Ponadto technologia laserowa pozwala na obliczanie odległości pomiędzy obiektami w przestrzeni kosmicznej.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Systemy laserowe na pokładzie platformy satelitarnej do pomiaru odległości w przestrzeni kosmicznej oraz komunikacji międzysatelitarnej
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie efektywności komunikacji pomiędzy satelitami
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.13. Aktywne i pasywne systemy rozpoznania na pokładzie platformy satelitarnej do wykrywania i śledzenia obiektów w przestrzeni kosmicznej

Kluczowym celem zaawansowanych systemów do wykrywania i śledzenia obiektów w przestrzeni kosmicznej na platformach satelitarnych jest rozwinięcie zdolności wykrywania, śledzenia i przewidywania orbit obiektów z pułapu satelitarnego, wykluczając ograniczenia związane z naturą atmosfery ziemskiej. Implementacja tych rozwiązań wymaga interdyscyplinarnego zaangażowania technologii z zakresu SST (ang. Space Surveillance & Tracking), technik satelitarnych oraz przetwarzania danych na pokładzie platform satelitarnych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Aktywne i pasywne systemy rozpoznania na pokładzie platformy satelitarnej do wykrywania i śledzenia obiektów w przestrzeni kosmicznej
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie możliwości śledzenia obiektów z pułapu satelitarnego – eliminacja wpływu czynników atmosferycznych na sensory – zwiększenie zasięgu działania satelitów
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.14. Systemy i urządzenia na pokładzie platformy satelitarnej do identyfikacji i określania źródeł zakłóceń radioelektronicznych

Systemy satelitarne, które realizują zadania w zakresie WRE, spełniając funkcję wykrywania i identyfikacji: zagłuszania komunikacji pomiędzy segmentem satelitarnym a naziemnym, zakłócania systemów rozpoznania SAR lub systemów autonomicznej identyfikacji, zakłócania systemów rozpoznania oraz wszystkich środków maskowania i zwodzenia wykorzystujących energię.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Systemy i urządzenia na pokładzie platformy satelitarnej do identyfikacji i określania źródeł zakłóceń radioelektronicznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie zasięgu działania satelitów – zmniejszenie wpływu warunków atmosferycznych na pracę urządzeń satelitarnych
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.15. Satelitarne przyrządy obserwacyjne w paśmie światła widzialnego

Sensory teledetekcyjne rejestrują jeden lub większą liczbę zakresów spektralnych (kanałów) promieniowania elektromagnetycznego. W wyniku rejestrowania promieniowania z zakresu widzialnego w jednym kanale uzyskiwany jest obraz panchromatyczny. Zróznicowanie promieniowania można wizualizować przy użyciu skali szarości. W przypadku rozdzielenia rejestracji zakresu widzialnego na trzy przedziały spektralne (niebieski, zielony, czerwony) uzyskiwane są trzy obrazy, na podstawie których można otrzymać obraz kolorowy w modelu RGB (obrazy spektralne odpowiadają odpowiednim składowym kolorów: czerwonemu (R), zielonemu (G) i niebieskiemu (B)). Wybór liczby kanałów jest indywidualny dla poszczególnych sensorów. W przypadku sensorów multispektralnych jest to od 4 do 20

kanałów spektralnych (np. Landsat, ALI, Sentinel-2), a hiperspektralnych – od 20 do kilkuset kanałów (np. Hyperion, CHRIS).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Satelitarne przyrządy obserwacyjne w paśmie światła widzialnego
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie rozdzielności satelitarnych systemów obrazowych – zwiększenie rozdzielczości systemów obrazowych – możliwość generowania Numerycznego Modelu Terenu (model 3D)
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.16. Satelitarne przyrządy obserwacyjne w paśmie bliskiej podczerwieni

Promieniowanie podczerwone, podobnie jak światło widzialne (barwy), dzieli się na zakresy: bliska podczerwień, średnia podczerwień oraz daleka podczerwień. Bliska podczerwień, o nieco większej długości fali niż światło widzialne, odbija się od roślinności, dostarczając szczegółowych informacji na temat stanu ziemskiej roślinności. Przebieg krzywej spektralnej roślinności w zakresie bliskiej podczerwieni (0,7–1,3 μm) osiąga kolejne maksimum, znacząco większe niż w zakresie zielonym. Wynika to z wewnętrznej struktury roślin, która powoduje, że promieniowanie bliskiej podczerwieni jest intensywnie odbijane. Z tego względu ta część widma elektromagnetycznego jest wykorzystywana w satelitach obserwacyjnych do monitorowania stanu roślinności na Ziemi.

W przypadku zastosowania tej części widma do wykrywania użycia broni zapalającej zakres bliskiej podczerwieni powinien być wydłużony do 2,6 μm – tzw. extended-NIR (exNIR). Na przykład temperatura spalania napalmu to 800–1200°C – odpowiada to zakresowi 1,9–2,6 μm , a palący się biały fosfor rozgrzewa się do 1300°C – maksimum promieniowania przypada na ok. 1,8 μm .

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Satelitarne przyrządy obserwacyjne w paśmie bliskiej podczerwieni
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie informacji dotyczących środowiska naturalnego – zwiększenie zdolności w zastosowaniach specjalnych, np. wykrywanie użycia broni zapalającej
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2034
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.17. Satelitarne radary z syntetyzowaną aperturą

Zasada działania radaru z syntetyzowaną anteną aperturową (powierzchniową) (ang. Synthetic Aperture Radar – SAR) polega na wykorzystaniu ruchu anteny umieszczonej na samolocie lub satelicie, służącego do symulacji wirtualnej anteny o znacznie większej długości niż rzeczywista. SAR wysyła impulsowo sygnały w stałych odstępach czasu. Promieniowanie wysyłane przez antenę to spójna wiązka mikrofalowa o ustalonej długości fali. Podstawowym mierzonym parametrem jest czas pomiędzy wysłaniem sygnału mikrofalowego a jego powrotem do urządzenia nadawczo-odbiorczego, zwany czasem opóźnienia sygnału echa. Czas ten odpowiada odległości obiektu od anteny. Pole promieniowania anteny obejmuje pewien obszar na powierzchni Ziemi, zwany śladem. Obrazowany jest pas równoległy do śladu toru lotu platformy (wzdłuż trajektorii lotu), przesunięty względem niego w kierunku poprzecznym.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Satelitarne radary z syntetyzowaną aparaturą
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie odporności systemu w warunkach szczególnych (duże zachmurzenie, ograniczenie widoczności, maskowanie) – zwiększenie zakresu działania poprzez możliwość korzystania z dodatkowych aplikacji (interferometria, radarogrametria, CCD) – możliwość uzyskania obrazów interferometrycznych oraz CCD
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.18. Optoelektroniczne systemy teleskopowe do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej

Optoelektroniczne systemy teleskopowe do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej służą do zapewniania podstawowej wiedzy o stanie aktualnym i przewidywanym obiektów znajdujących się w przestrzeni kosmicznej. Dane obejmują orbity obiektów oraz ich charakter i pochodzenie, a także informację o czynnikach wpływających na sytuację w przestrzeni kosmicznej oraz zdarzeniach mających znaczący wpływ na operacje kosmiczne. Technologia obserwacji obiektów oparta jest na systemach optoelektronicznych (teleskopach szeroko- i wąskokątnych).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Optoelektroniczne systemy teleskopowe do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – umożliwienie budowania świadomości sytuacyjnej w przestrzeni kosmicznej – umożliwienie śledzenia obiektów w głębokiej przestrzeni kosmicznej
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	4 lata

Przedział czasowy prac badawczych/rozkwojowych	2025–2029
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozkwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.19. Aktywne systemy radarowe do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej

Aktywne systemy radarowe do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej służą do zapewniania podstawowej wiedzy o stanie aktualnym i przewidywanym obiektów znajdujących się w przestrzeni kosmicznej. Dane obejmują orbity obiektów, ich charakter i pochodzenie, a także informację o czynnikach wpływających na sytuację w przestrzeni kosmicznej oraz zdarzeniach mających znaczący wpływ na operacje kosmiczne. Technologia obserwacji obiektów oparta jest na aktywnych systemach radarowych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Aktywne systemy radarowe do monitorowania obiektów w przestrzeni kosmicznej
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– umożliwienie budowania świadomości sytuacyjnej w przestrzeni kosmicznej – możliwość określania parametrów wielu obiektów znajdujących się na niskiej orbicie okołoziemskiej
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozkwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozkwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.20. Technologie łączności radiowej w paśmie Ka oraz Satcom on the Move (SOTM)

Rozwijanie technologii łączności radiowej w zakresie promieniowania mikrofalowego ma na celu opracowanie skutecznych rozwiązań dla zapewnienia wysokiej jakości usług i przepustowości łącza transmisyjnego, a także zwiększanie obszaru z dostępem do sieci bezprzewodowych i komunikacji z różnymi platformami, również w obszarze łączności satelitarnej dla obiektów będących w ruchu (SOTM).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Technologie łączności radiowej w paśmie Ka oraz Satcom on the Move (SOTM)
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zapewnienie niezawodnej łączności i przepustowości z obiektami i platformami załogowymi lub bezzałogowymi
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozkwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozkwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.21. Technologie elementów półprzewodnikowych i układów scalonych przeznaczonych do pracy w trudnych warunkach

Warunki, w jakich pracuje wiele systemów elektronicznych w zastosowaniach dla obronności, są wyjątkowo wymagające (trudne warunki panujące w otoczeniu (ang. harsh environment)), a nawet skrajnie niekorzystne. Typowe wymagania odnośnie do produktów półprzewodnikowych (elementów i układów scalonych) nie obejmują tak bardzo szerokiego zakresu wymaganych temperatur pracy, przeciążeń, warunków atmosferycznych, ale także promieniowania (pochodzenia naturalnego, ale także generowane celowo jako sposób na uszkodzenie/obezwładnienie urządzenia przez nieprzyjaciela), jakiemu poddawane mogą być systemy na polu walki. Aby osiągnąć tak dużą odporność, wymagane jest opracowanie specjalnych konstrukcji elementów i przyrządów półprzewodnikowych, często zastosowanie innych niż standardowe materiałów i całych zmodyfikowanych pod tym względem technologii (ang. radiation hard). Jest to całokształt poważnych zadań badawczych wymagających intensywnej pracy specjalistów z wielu dziedzin, które nie wydarzą się bez specjalnego, dedykowanego wsparcia i finansowania.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kosmiczne
Nazwa technologii	Technologie elementów półprzewodnikowych i układów scalonych przeznaczonych do pracy w trudnych warunkach
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– wzrost niezawodności oraz czasu poprawnej pracy urządzeń elektronicznych narażonych na szczególnie trudne warunki pracy, w szczególności na promieniowanie
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2026–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

5.22. Powiązania i zależności z innymi blokami technologii

Technologie uznawane za kosmiczne obejmują wszystkie rozwiązania techniczne i technologiczne będące w stanie sprostać ekstremalnym warunkom eksploatacji w przestrzeni kosmicznej oraz podczas ich wnoszenia w tę przestrzeń. Uwzględnić należy odporność na:

- przeciążenia,
- wstrząsy,
- skrajnie wysokie i niskie temperatury oraz ich gwałtowne zmiany,
- długotrwałe oddziaływanie promieniowania kosmicznego.

6. Hipersoniczne systemy raketowe

6.1. Broń hipersoniczna

Współczesny rozwój broni hipersonicznej uwarunkowany jest rozwojem jej technologii składowych, jak również nakładów finansowych, zaplecza badawczego oraz odpowiednio wykwalifikowanej kadry. Obecnie w Polsce żaden ośrodek naukowy nie dysponuje tunelem umożliwiającym osiągnięcie prędkości przepływu rzędu kilku prędkości dźwięku, a kadra naukowa i inżynierska nie posiada odpowiednio wysokich kompetencji w prowadzeniu tego typu badań badawczo-rozwojowych.

W obecnych uwarunkowaniach gospodarczych Polski i jej poziomu zaawansowania technologicznego podejmowanie przedsięwzięć badawczo-rozwojowych zmierzających do pozyskania broni hipersonicznej na potrzeby Sił Zbrojnych RP należy uznać za niezasadne z punktu widzenia zarówno obecnej doktryny bezpieczeństwa państwa, jak i ze względów ekonomicznych.

W zakresie rozwoju technologii hipersonicznych główny wysiłek skupiony będzie na systemach zdolnych do wykrywania, identyfikacji, śledzenia i unieszkodliwiania hipersonicznych środków rażenia potencjalnych przeciwników.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Broń hipersoniczna
Nazwa technologii	Hipersoniczne systemy raketowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– budowa systemów detekcji, śledzenia i eliminacji hipersonicznych systemów raketowych – zwiększenie skuteczności wykrywania zagrożeń kinetycznych – skuteczne prowadzenie operacji ofensywnych
Początkowy PGT (Polska/)	0
Końcowy PGT	Nie dotyczy
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	Nie dotyczy
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	Nie dotyczy
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Nie dotyczy

6.2. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Rozwój broni hipersonicznej wymaga zintensyfikowania działań o charakterze naukowo-technicznym ukierunkowanym na rozwiązanie z zakresu:

- zaawansowanych materiałów, w tym lekkich materiałów żarowytrzymałych i żaroodpornych,
- szybkiej i niezawodnej transmisji danych,
- wysokowydajnych, wysokoenergetycznych paliw raketowych,
- napędów raketowych,
- aerodynamiki obiektów latających,
- teorii naprowadzania,
- sensorów,
- elektroniki półprzewodnikowej,
- radiozapałników oraz głowic bojowych.

Szczególny nacisk powinien zostać położony na środki przeciwdziałania użyciu broni hipersonicznej, tj. systemów wykrywania i identyfikacji, śledzenia oraz unieszkodliwiania.

W tej materii znaczenie będą miały osiągnięcia w zakresie technologii:

- sensorycznych (radarowych),
- sztucznej inteligencji,
- technologii kwantowych (radar kwantowy),
- środków rażenia kinetycznego i niekinetycznego.

7. Biotechnologie i technologie wzmacniania możliwości ludzkiego organizmu

7.1. Egzostroje

Egzostroje służą do ograniczenia wysiłku użytkownika przy przenoszeniu obciążenia, zwiększając możliwości układu mięśniowo-szkieletowego poprzez odciążenie części ciała szczególnie wrażliwych na kontuzje, np. stawów kolanowych i skokowych, kręgosłupa. Integracja określonych materiałów, takich jak włókna węglowe i kompozyty termoplastyczne, w połączeniu z inteligentnymi tekstyliami może umożliwić zwiększenie wydajności żołnierza, zapewniając mu dodatkową siłę oraz wytrzymałość. Egzostroje mają miękką strukturę (w przeciwieństwie do egzoskieletów), podobną do elementów garderoby i wykorzystują lekkie, elastyczne tkaniny, które w celu poprawy mobilności działają jak mięśnie, zwiększając jednocześnie siłę i wytrzymałość. Ich zaletą jest również to, iż mogą pracować pasywnie, tj. bez źródła zasilania oraz mogą generować siły pomocnicze podczas ruchu. Aktualne badania koncentrują się na produkcji tkanin powlekanych z elektroaktywnych materiałów przeznaczonych do generowania dodatkowej siły poprzez przyłożenie do tkaniny niskiego napięcia powodującego zmianę jej objętości, a tym samym wzrost lub zmniejszenie długości przędzy i włókien. Struktura dziana lub tkana działa tym samym jak „siłownik tekstylny”.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Biotechnologie i technologie wzmacniania możliwości ludzkiego organizmu
Nazwa technologii	Egzostroje
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– redukcja metabolicznego kosztu ciężaru poprzez pracę samego urządzenia – ochrona użytkownika
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, kontynuacja projektu GOSSRA

7.2. Biomedyczne wzmacnianie człowieka

Biomedyczne wzmacnianie człowieka może być osiągnięte poprzez zastosowanie modyfikacji genetycznych, środków farmakologicznych w celu zwiększenia fizjologicznej i neurologicznej wydajności człowieka ponad jego normalne granice. Dzięki biomedycznemu wsparciu możliwe będzie nie tylko śledzenie wybranych biochemicznych ścieżek odpowiadających za zmiany występujące w organizmach, w szerszym kontekście technologia biomedycznego wzmocnienia przekłada się na wspomaganie procesów myślowych i poznawczych, udoskonalanie fizjologii człowieka, a nawet może prowadzić do interwencji opóźniających procesy starzenia się czy wykształcania nowych, nieposiadanych dotąd cech.

Za pomocą kombinacji związków chemicznych (neurochemia) możliwa jest poprawa funkcjonowania i wydajności mózgu oraz układu nerwowego. Mają one potencjał zwiększania czujności i uwagi, przyspieszania czasu reakcji, zwiększania wytrzymałości i odporności psychicznej, zmniejszania lęku i łagodzenia strachu oraz poprawiania koordynacji.

Inną metodą zwiększenia wydajności układu nerwowego może być stymulacja przezczaszkowa (neuromodulacja). Za pomocą neuromodulacji możliwe jest regulowanie pracą ludzkiego mózgu, wpływając na jego funkcje wykonawcze, mechanizmy uczenia się, pamięć, przetwarzanie języka, percepcję sensoryczną i funkcje motoryczne.

Nazwa priorytetowego bloku/obszaru	Biotechnologie i technologie wzmacniania możliwości ludzkiego organizmu
Nazwa technologii	Biomedyczne wzmacnianie człowieka
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – poprawa fizjologicznych, poznawczych i społecznych kompetencji żołnierzy – wsparcie najważniejszych funkcjonalności żołnierzy na polu walki, w tym w kluczowych obszarach rywalizacji wojskowej: siły, skupienia, uwagi, uczenia się i odporności na zmęczenie i stres – optymalizacja wyników pojedynczych żołnierzy – poprawa spójności i efektywności realizacji zadań na poziomie taktycznym – zwiększenie optymalności działań i dostosowanie ich do potrzeb sytuacji operacyjnej i strategicznej. Przykłady zastosowania: <ul style="list-style-type: none"> – biomedyczne ulepszenie zmysłów żołnierzy, np. wzroku, słuchu – poprawa zdolności fizycznych żołnierzy – farmakologiczne ulepszenia poznawcze
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2034
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

7.3. Cyborgizacja i augmentacja mięśniowo-szkieletowa

Cyborgizacja i augmentacja mięśniowo-szkieletowa to rodzaj wzmacniania człowieka obejmujący wykorzystanie rozwiązań technologicznych, w tym zastosowanie egzoszkieleatów – ubieralnych konstrukcji elektromechanicznych, mocowanych do ciała, pozwalających wzmocnić sztucznie siłę oraz wytrzymałość, a także ułatwić podnoszenie i przenoszenie ciężkich przedmiotów. Cyborgizacja obejmuje zastępowanie oraz doskonalenie narządów człowieka albo zwierzęcia wytrzymalszymi i sprawniejszymi w działaniu urządzeniami elektromechanicznymi i/lub elektronicznymi.

Nazwa priorytetowego bloku/obszaru	Biotechnologie i technologie wzmacniania możliwości ludzkiego organizmu
Nazwa technologii	Cyborgizacja i augmentacja mięśniowo-szkieletowa
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – poprawa fizjologicznych właściwości i wsparcie funkcjonalności żołnierzy na polu walki (w kluczowych obszarach rywalizacji wojskowej: siły, skupienia, uwagi, uczenia się i odporności na zmęczenie) – optymalizacja wyników pojedynczych żołnierzy oraz poprawa spójności i efektywności zespołów żołnierzy na polu walki

	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie percepcji zmysłów, np. wzroku (gałki ocznej) w zakresie obrazowania, widzenia i świadomości sytuacyjnej dzięki implantom, okularom lub soczewkom kontaktowym – ulepszenie identyfikacji celów oraz rozszerzenie widzenia poza widmo widzialne – poprawa zdolności fizycznych poprzez kontrolę mięśni dzięki sieci czujników optogenetycznych – augmentacja mięśniowo-szkieletowa zwiększająca nośność podczas operacji – zmniejszenie urazów, a tym samym zwiększenie skuteczności bojowej żołnierzy – stymulacja nerwów obwodowych i inne nieinwazyjne metody stosowane w celu zwiększenia plastyczności synaptycznej oraz poprawy wydajności poznawczej i uczenia się – wsparcie w zakresie szkolenia personelu wojskowego w złożonych wieloaspektowych zadaniach
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2034
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane przez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

7.4. Interfejsy człowiek-maszyna

Wzmacnianie człowieka obejmuje również wykorzystanie interfejsów człowiek-maszyna do poprawy ludzkich zdolności. Bezpośrednie ulepszenia neuronalne mózgu człowieka do dwukierunkowego przesyłania danych stwarzają możliwość prowadzenia odczytu/zapisu między ludźmi i maszynami oraz pomiędzy ludźmi poprzez interakcje mózg-mózg. Bezpośrednie wzmocnienie neuronowe ludzkiego mózgu za pomocą interfejsów może poprawić zdobywanie i analizę informacji. Potencjał bezpośredniej wymiany danych między ludzkimi sieciami neuronowymi a systemami mikroelektronicznymi (m.in. poprzez zastosowanie dużo wydajniejszego od elektronicznego optycznego przesyłu sygnału bazującego na przetwornikach z samoorganizującymi się materiałami o strukturze helikoidalnej) zrewolucjonizuje komunikację. Technologia nakierowana jest przede wszystkim na stworzenie implantów pozwalających na bardzo wydajną, dwukierunkową komunikację między ludzkim mózgiem a komputerem, przy założeniu rozszerzonego dostępu do neuronów ludzkiego mózgu. Istotnym wymogiem jest nie tylko zdolność komunikacji człowieka z maszyną, ale komunikacja dwukierunkowa. W tym obszarze mieszczą się również badania i prace rozwojowe nad nieinwazyjnymi urządzeniami, które pobudzają mózg, poprawiając jego funkcje poznawcze, oraz umożliwiają komunikację z maszynami.

Zastosowanie technologii interfejsów mózg-komputer zakłada w przyszłości możliwość sterowania statkami powietrznymi i lądowymi w oparciu o sygnały pochodzące aktywności ludzkiego mózgu.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Biotechnologie i technologie wzmacniania możliwości ludzkiego organizmu
Nazwa technologii	Interfejsy człowiek-maszyna
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość bezpośredniej komunikacji z systemami bezzałogowymi i autonomicznymi, a także z innymi żołnierzami

	<ul style="list-style-type: none"> – optymalizacja systemów dowodzenia i kontroli oraz prowadzonych przez nich operacji – zwiększenie możliwości taktycznej komunikacji bojowej poprzez możliwość wymiany danych między ludzkimi sieciami neuronowymi a systemami mikroelektronicznymi – zwiększenie prędkości transferu wiedzy w całym łańcuchu dowodzenia, prowadząc do lepszej świadomości operacyjnej pojedynczych żołnierzy i pododdziałów
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	7
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2034
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

7.5. Rzeczywistość rozszerzona (mieszana)

Rzeczywistość rozszerzona to kolejny przykład ludzkiej augmentacji łączącej światy rzeczywisty i wirtualny w celu stworzenia nowych rzeczywistości cyfrowych lub rzeczywistości, w których obiekty fizyczne i cyfrowe współistnieją i oddziałują w czasie rzeczywistym. Rzeczywistość rozszerzona (ang. Augmented Reality – AR) to innowacyjne systemy wykorzystywane do swobodnego uzupełnienia rzeczywistości o umieszczone w nim wirtualne, interaktywne elementy. System AR jest w pewnym sensie stadium pośrednim pomiędzy światem rzeczywistym a rzeczywistością wirtualną. W tej technologii wzmacniania człowieka najczęściej stosuje się oddziaływanie na zmysły wzroku i słuchu, a w ostatnim czasie także dotyku. Istnieją również koncepcje urządzeń działających na zmysł węchu i smaku. Rzeczywistość rozszerzona znajduje szerokie zastosowanie militarne. Jest także wykorzystywana zarówno w motoryzacji, nawigacji czy też przemyśle, jak i w medycynie, wizualizacji obiektów architektonicznych i muzealnych, edukacji oraz rozrywce.

Technologia może korzystać z gotowych konsumenckich gogli rozszerzonej rzeczywistości. Może także wykorzystywać sztuczną inteligencję do integracji informacji z czujników wizualnych i dźwiękowych, które śledzą zadania i prowadzą żołnierzy, np. medyków polowych, w prawidłowym i wydajnym wykonywaniu procedur. Wbudowane kamery gogli AR będą miały możliwość obserwacji działania użytkownika, a sztuczna inteligencja zweryfikuje, czy kroki są wykonywane prawidłowo, zapewniając pomoc – na żądanie lub gdy potrzebna będzie interwencja – w postaci sugestii dźwiękowych lub nakładek wizualnych w zestawie słuchawkowym. Wygenerowane monity mogą podpowiadać kolejne kroki działania lub dokonywać krytycznych pomiarów, a także prezentować upływający czas. Zwiększy to świadomość sytuacyjną, pozwoli na zoptymalizowanie działań i zwiększenie szans na wykonanie zadania. Celem technologii AR jest pomoc personelowi poprzez udzielanie wskazówek, bez zakłócania ich koncentracji.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Biotechnologie i technologie wzmacniania możliwości ludzkiego organizmu
Nazwa technologii	Rzeczywistość rozszerzona (mieszana)
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– poprawa orientacji w sytuacji (świadomości) taktycznej na polu walki oraz działania systemów autonomicznych, a także w szkoleniu indywidualnym i zespołowym

	<ul style="list-style-type: none"> – wsparcie procesu podejmowania szybkich decyzji przez użytkowników systemu – wspomaganie wykonywania zadań przez pilotów statków powietrznych oraz innych pojazdów wojskowych – zwiększenie eliminacji zagrożeń wynikających z martwych punktów pojazdu, mgły, niebezpiecznych sytuacji na drodze i na polu walki oraz zwiększają jego orientację w sytuacji taktycznej na polu walki, np. wspomaganie procesu rozpoznania swój-obcy – zwiększenie napraw i obsługi sprzętu wojskowego w warunkach polowych
Początkowy PGT (Polska)	5
Końcowy PGT (Polska)	8
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

7.6. Technologia behawioralna

Technologia behawioralna koncentruje się na modyfikacji i poprawie funkcji poznawczych i motorycznych za pomocą algorytmów uczenia się, rzeczywistości wirtualnej i metod biofeedback.

Polega na usprawnianiu pracy mózgu, a szczególnie tych obszarów, które odpowiadają za koncentrację uwagi i pamięć krótkotrwałą. Biofeedback to biologiczne sprzężenie zwrotne, czyli dostarczanie człowiekowi informacji zwrotnej („feedback”) o zmianach jego stanu fizjologicznego. Zmiany fizjologiczne organizmu monitorowane są przez odpowiednie urządzenie, np. pomiarowy system komputerowy, dzięki czemu możliwa jest nauka świadomego modyfikowania funkcji, które normalnie nie są kontrolowane świadomie, np. fale mózgowe, opór elektryczny skóry, napięcie mięśni itp. Metoda ta jest proponowana w celu poprawy umiejętności koncentracji uwagi, zapamiętywania, relaksacji, opanowania emocji, usprawniania procesów myślowych i procesów uczenia się, a także jakości snu. Przewagą biofeedbacku jest to, że jest to metoda całkowicie bezpieczna, bez występowania skutków ubocznych. Bódcze motywacyjne mogą być dostarczane użytkownikowi na podstawie jego aktualnego stanu fizjologicznego i psychicznego za pomocą algorytmów opartych na uczeniu maszynowym. Ten typ wspomaganie może zapewnić kontrolę i motywację w osiągnięciu przez użytkownika szczytowej wydajności.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Biotechnologia i ulepszanie człowieka
Nazwa technologii	Technologia behawioralna
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie funkcji poznawczych oraz efektywności żołnierzy na polu walki – zwiększenie funkcjonalności żołnierzy niezbędnych na polu walki, w tym w kluczowych obszarach rywalizacji wojskowej, takich jak: siła, skupienie, uwaga, uczenie się i odporność na zmęczenie/stres, odpoczynek, jakość snu – zwiększenie efektywności procesu decyzyjnego

	– usprawnienie podejmowania decyzji, planowania, optymalizacji działania oraz zwiększenie szans na właściwe wykonanie zadania
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	5 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2027
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

7.7. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Rozwój biotechnologii i technologii wzmacniania możliwości ludzkiego organizmu jest wyzwaniem interdyscyplinarnym, wymagającym intensyfikacji wysiłku naukowego i technicznego ukierunkowanego na doskonalenie technologii:

- nowych i inteligentnych materiałów,
- sensorów,
- informatycznych (w tym AI).

8. Technologie materiałowe i wytwarzania

8.1. Technologie materiałów energetycznych

8.1.1. Technologia produkcji zapłonników o wysokich zdolnościach inicjujących

Stosowanie małowrażliwych materiałów wybuchowych o wysokich parametrach użytkowych wymaga zastosowania zapalników z zapłonnikami o wysokich zdolnościach inicjujących.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów energetycznych
Nazwa technologii	Technologia produkcji zapłonników o wysokich zdolnościach inicjujących
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zwiększenie zdolności zapłonników do pobudzenia małowrażliwych materiałów wybuchowych– wzrost bezpieczeństwa podczas przechowywania i użytkowania– wzrost skuteczności rażenia
Początkowy PGT (Polska)	5
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	5 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.1.2. Technologia produkcji ładunków termobarycznych

Główce termobaryczne umożliwiają rażenie dowolnego rodzaju celu przy ich stosunkowo niewielkiej masie i objętości. Stanowią więc poważną alternatywę dla innych środków rażenia przy bardzo dobrym stosunku koszt/efekt.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów energetycznych
Nazwa technologii	Technologia produkcji głowic termobarycznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– wzrost skuteczności rażenia– poprawa parametrów amunicji przy jednoczesnej redukcji masy i gabarytów pocisków
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	5 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.1.3. Technologia produkcji prochów wielobazowych

Osiągnięcie większych prędkości i donośności środków rażenia wymaga zastosowania materiałów charakteryzujących się większym ciepłem spalania. Produkcja prochów wielobazowych (kompozytowych) o dużym ciepłe spalania, trwalszych i bezpieczniejszych

w użytkowaniu oraz charakteryzujących się mniejszą zależnością procesu spalania od temperatury otoczenia znacząco wpływa na wzrost ochrony i przetrwania wojsk.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów energetycznych
Nazwa technologii	Technologia produkcji prochów wielobazowych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie bezpieczeństwa eksploatacji – wzrost ochrony i przetrwania wojsk
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	5 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.1.4. Technologia produkcji i elaboracji wysokoenergetycznych paliw raketowych

Osiąganie większych prędkości i donośności środków rażenia wymaga zastosowania paliw charakteryzujących się większym ciepłem i szybkością spalania (wysokoenergetycznych paliw) przy zachowaniu porównywalnego poziomu w zakresie elaboracji i bezpieczeństwa użytkowania.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów energetycznych
Nazwa technologii	Technologia produkcji i elaboracji wysokoenergetycznych paliw raketowych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie prędkości i donośności raketowych środków rażenia – zwiększenie bezpieczeństwa eksploatacji środków bojowych – zwiększenie skuteczności rażenia
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2031
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.1.5. Technologia produkcji materiałów wybuchowych małowrażliwych, w tym wysokoenergetycznych

Współczesne działania bojowe do osiągnięcia sukcesu operacji wymagają użycia znacznych ilości sprzętu artyleryjskiego. Z uwagi na brak jego opancerzenia lub niezbyt wysokie klasy odporności balistycznej oraz konieczność długotrwałego szkolenia i zgrywania załóg, wobec ograniczonej liczby dostępnego wyposażenia i kadry, problem strat bezpowrotnych jest jednym z ważniejszych z punktu widzenia utrzymania potencjału rażenia każdych sił zbrojnych. Zastosowanie w artylerii lufowej i raketowej małowrażliwych materiałów miotających (technologia LOVA) i kruszących (IM) pozwala na znaczące obniżenie ryzyka zniszczenia sprzętu i wyeliminowania użytkujących go załóg. Amunicja wykorzystująca małowrażliwe materiały wybuchowe charakteryzuje się znacznie wyższymi bodźcami, które są wymagane do pobudzenia jej do działania i/lub sposób tego pobudzenia lub oddziaływania na inną amunicję pozwala uzyskać więcej czasu na ewakuację załogi, niż ma to miejsce w przypadku dotychczas stosowanej amunicji. Wyższa odporność na pobudzenie występującymi na polu

walki typowymi bodźcami (pożar, przestrzelenie, uderzenie odłamkiem) daje nie tylko większe bezpieczeństwo bezpośrednio użytkującym taką amunicję obsługom, ale trafienie w jej skład czy też w przewożący ją środek transportu znacznie ogranicza skalę zniszczenia otoczenia oraz bezpośredniego zniszczenia amunicji. Wyższy koszt pozyskania kompensuje niższe straty w ludziach i sprzęcie, które są wynikiem trudniejszego pobudzenia materiałów małowrażliwych oraz ich niższej zdolności do propagacji destrukcji na pozostałą amunicję.

Zagadnienia związane z wysokoenergetycznymi i małowrażliwymi materiałami wybuchowymi ustandaryzowane są w dokumencie AOP-39 „Policy for Introduction and Assessment of Insensitive Munitions”. Kierunki badań w przedmiotowym zakresie odnoszą się do:

- metod pakowania zapewniających minimalną możliwość wystąpienia niezamierzonej inicjacji;
- zaawansowanych, małowrażliwych ładunków miotających dla amunicji średniego i dużego kalibru;
- standaryzacji metod charakteryzowania IM;
- zjawiska inicjacji materiałów wybuchowych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów energetycznych
Nazwa technologii	Technologie produkcji materiałów wybuchowych małowrażliwych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie bezpieczeństwa załóg oraz obniżenie strat wykwalifikowanego personelu wojskowego – zwiększenie przeżywalności systemów logistycznych i bojowych
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

8.2. Technologie materiałów balistycznych

8.2.1. Technologia produkcji materiałów charakteryzujących się wysoką absorpcją promieniowania

Na współczesnym polu walki coraz większą rolę odgrywa rozpoznanie połączone z punktowym, precyzyjnym niszczeniem celów. Jednym z rozwiązań, które pozwalają zmniejszyć sygnaturę środków bojowych, a tym samym zmniejszyć wykrywalność danego sprzętu, są materiały charakteryzujące się wysoką absorpcją promieniowania.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów balistycznych
Nazwa technologii	Technologia materiałów o wysokiej absorpcji promieniowania
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zmniejszenie sygnatury celów oraz możliwości ich wykrycia – wzrost ochrony i przetrwania wojsk
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	20 lat

Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2030–2050
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania w ramach konsorcjów międzynarodowych

8.2.2. Technologia produkcji broni strzeleckiej o dużej intensywności ognia

Duża intensywność ognia w każdej sytuacji umożliwia zwiększenie przewagi na polu walki, zarówno na lądzie, wodzie, jak i w powietrzu. W systemach broni charakteryzujących się dużą intensywnością ognia należy rozwiązać szereg problemów związanych z efektami termicznymi, wytrzymałościowymi, jak również problem szybkiego zasilania broni przy minimalizacji masy opracowywanego systemu.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów balistycznych
Nazwa technologii	Technologia produkcji broni strzeleckiej o dużej intensywności ognia
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zapewnienie przewagi ogniowej – zwiększenie skuteczności rażenia
Początkowy PGT (Polska)	7
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.2.3. Technologia produkcji amunicji do aktywnego systemu obrony pojazdów

Na obecnym poziomie rozwoju technologicznego materiałów ochronnych (pancerzy) aktywne systemy obrony są jedynymi rozwiązaniami, które umożliwiają zwiększenie ochrony pojazdów bez znaczącego zwiększenia masy SpW, a tym samym zmniejszenia jego ruchliwości i manewrowości. Amunicja do aktywnego systemu obrony pojazdów powinna umożliwiać neutralizację nie tylko kierowanych i niekierowanych pocisków z głowicami kumulacyjnymi, ale również BSP. W przypadku czołgów powinna umożliwiać neutralizację pocisków podkalibrowych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów balistycznych
Nazwa technologii	Technologia produkcji amunicji do aktywnego systemu obrony pojazdów
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie ochrony i przetrwania wojsk – podniesienie poziomu neutralizacji pocisków z głowicami kumulacyjnymi oraz pocisków podkalibrowych
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2034
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.2.4. Technologia produkcji artyleryjskiej dalekonośnej amunicji precyzyjnego rażenia

Posiadanie środków ogniowych, które umożliwiają precyzyjne rażenie przeciwnika z głębi własnego ugrupowania, daje przewagę również na współczesnym polu walki. Tego typu amunicja umożliwia rażenie składów amunicji, paliw, pododdziałów wojsk i dowództw oraz infrastruktury krytycznej przeciwnika przy minimalnych nakładach rzeczowych i logistycznych po stronie wojsk własnych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów balistycznych
Nazwa technologii	Technologia produkcji artyleryjskiej dalekonośnej amunicji precyzyjnego rażenia
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– możliwość rażenia wojsk przeciwnika na większym dystansie– utrzymanie minimalnych nakładów rzeczowych i logistycznych– zwiększenie ochrony i przetrwania wojsk
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2035
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.2.5. Technologia modułowej amunicji kasetowej

Amunicja kasetowa, czy to w połączeniu z precyzyjnym rażeniem, czy też bez niego, umożliwia błyskawiczne rażenie powierzchniowe przy bardzo niskim stosunku koszt/efekt. Zmniejsza tym samym liczbę koniecznych do użycia środków ogniowych oraz zwiększa szansę na uniknięcie kontrognia.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów balistycznych
Nazwa technologii	Technologia modułowej amunicji kasetowej
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zwiększenie skuteczności rażenia– utrzymanie minimalnych nakładów rzeczowych i logistycznych
Początkowy PGT (Polska)	5
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2034
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.2.6. Technologia amunicji o podwyższonej przebijalności i skupieniu

Posiadanie środków ogniowych o dużym skupieniu umożliwia precyzyjne rażenie przeciwnika, dając przewagę na polu walki. Równocześnie używanie przez liczne armie coraz lepszych rozwiązań ochronnych wymaga zwiększenia przebijalności wykorzystywanej amunicji.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów balistycznych
Nazwa technologii	Technologia amunicji o podwyższonej przebijalności i skupieniu
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie skuteczności ognia – zwiększenie przebijalności
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.2.7. Technologia ładunków kumulacyjnych o dużej zdolności rażenia celu ukrytego za pancierzem

Ładunki kumulacyjne mają dużą zdolność przebicia pancerza i innych środków ochrony. Wadą tego rozwiązania jest działanie ukierunkowane, pokrywające się z kierunkiem lotu strumienia kumulacyjnego. W praktyce występują przypadki, że mimo przebicia pancerza przez strumień kumulacyjny atakowany pojazd dalej posiada wysokie zdolności operacyjne. Dlatego też ładunki takie powinny zostać również optymalizowane pod kątem maksymalizacji rażenia celu ukrytego za pancierzem. Należy zwrócić uwagę, że ładunki kumulacyjne stanowią podstawowy środek rażenia zarówno kierowanych, jak i niekierowanych pocisków z głowicami kumulacyjnymi.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów balistycznych
Nazwa technologii	Technologia ładunków kumulacyjnych o dużej zdolności rażenia celu ukrytego za pancierzem
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie efektywności środków bojowych wykorzystujących efekt kumulacji
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.2.8. Technologia wytwarzania nowoczesnych materiałów na wkładki kumulacyjne

Ładunki kumulacyjne stanowią podstawowy środek rażenia zarówno kierowanych, jak i niekierowanych pocisków z głowicami kumulacyjnymi. Stanowią więc ważny środek rażenia na współczesnym polu walki. Opracowanie nowoczesnych materiałów na wkładki kumulacyjne umożliwi zmniejszenie kalibru pocisków przy zachowaniu tej samej przebijalności (zwiększenie zasięgu pocisków) oraz podniesienie przebijalności bez zwiększenia kalibru ładunku. Takie zwiększenie przebijalności nie wpływa na pozostałe właściwości pocisku, a tym samym nie wpłynie na zasięg i stabilność ich lotu.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów balistycznych
Nazwa technologii	Technologia wytwarzania nowoczesnych materiałów na wkładki kumulacyjne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zmniejszenie kalibru pocisków – utrzymanie poziomu przebijalności lub jego zwiększenie – utrzymanie kalibru środka bojowego przy poprawie jego parametrów – zwiększenie skuteczności rażenia
Początkowy PGT (Polska)	7
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

8.2.9. Technologie produkcji głowic/pocisków o fragmentacji wymuszonej

Zwiększenie prawdopodobieństwa przetrwania wojsk własnych, poprzez uchylanie się przed przeciwdziałaniem przeciwnika, wymaga minimalizacji czasów wykonywania zadania bojowego przy maksymalizacji skuteczności działania rażącego. Jednym z kluczowych czynników, pozwalających osiągnąć ten efekt przy zastosowaniu uzbrojenia o określonych charakterystykach, jest poprawa efektywności rażenia amunicji. O ile poprawa precyzji strzelania pozwalała szybciej trafić cel, o tyle zastosowanie fragmentacji wymuszonej istotnie zwiększa strefę rażenia pojedynczego pocisku, umożliwiając przy tym znaczące ograniczenie ilości amunicji niezbędnej do wykonania zadania bojowego. Zastosowanie technologii dającej pociskowi odpowiednią wytrzymałość podczas strzelania i jednocześnie umożliwiając dystrybucję dużej liczby powtarzalnych energetycznie i balistycznie odłamków, pozwala nawet kilkukrotnie zmniejszyć ich liczbę potrzebną do skutecznego rażenia celu. Taki sposób kinetycznego rażenia odnosi się przede wszystkim do celów co najwyżej lekkoopancerzonych. Jednak blisko 70 proc. strat siły żywej jest wynikiem oddziaływania artylerii. W przypadku sprzętu pancernego następuje jego rażenie/obezwładnienie co najmniej poprzez uszkodzenie/niszczenie wyposażenia zewnętrznego (anteny, czujniki, elementy optyki), bez którego nie jest on pełnowartościowy. Zastosowanie w jednostce ognia większości pocisków artyleryjskich z wymuszoną fragmentacją pozwoli znacznie skrócić czas wykonania zadania bojowego. Będzie ono wykonane mniejszą liczbą amunicji lub mniejszą liczbą zaangażowanych w nie środków bojowych. Odpowiednio stosowana taktyka użycia takiej amunicji pozwoli uniknąć strat od działania kontrbaterijnego przy wysokiej skuteczności realizowanych zadań ogniowych.

Fragmentacja wymuszona stosowana jest też w innych typach amunicji (pociski przeciwlotnicze, miny itd.), gdzie również zauważalnie podnosi skuteczność oddziaływania na cel, a ze względu na jej ilość oraz sposób użycia pozwala na osiągnięcie mniej efektywnych skutków w porównaniu z amunicją artyleryjską.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie materiałów balistycznych
Nazwa technologii	Technologie produkcji głowic/pocisków o fragmentacji wymuszonej
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie skuteczności rażenia amunicji artyleryjskiej – ograniczenie zużycia bojowego
Początkowy PGT (Polska)	0
Końcowy PGT (Polska)	9

Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, realizowane poprzez NCBR

8.3. Technologie szybkich napraw

8.3.1. Technologie przyrostowe – druk 3D

Technologie przyrostowe wykorzystywane w technice wojskowej oferują korzyści związane z redukcją masy nowo wytwarzanych komponentów, jak również części zamiennych produkowanych na polu walki. Do ustanowienia stabilnego i kwalifikowalnego procesu produkcyjnego potrzebne jest ustanowienie odpowiednich metod monitorowania procesu produkcji oraz kontroli jakości, jak również kontroli spełnienia określonych wymagań zawartych w normach obronnych, które będą certyfikowały i kwalifikowały komponenty wytworzone za pomocą technologii addytywnych do użytku wojskowego. Jednym z istotnych celów rozwoju przedmiotowej technologii jest opracowanie nowych technik produkcji materiałów wsadowych polimerowych oraz metalicznych w postaci filamentów, proszków, drutów do realizacji procesu wytwarzania przyrostowego. Zastosowanie filamentów zbrojonych wysokowytrzymałymi włóknami pozwoli na uzyskanie struktur charakteryzujących się wysoką wytrzymałością mechaniczną oraz niską masą. Połączenie wysokowytrzymałych materiałów polimerowych z włóknem ciągłym pozwoli na uzyskanie wyższej odporności na obciążenie dynamiczne. Zastosowanie nowych rodzajów materiałów polimerowych w procesie wytwarzania przyrostowego wraz z nowymi możliwościami sprzętowymi dostępnych drukarek 3D umożliwi uzyskanie nowej jakości projektowanych komponentów SpW oraz pozwoli na szybką i efektywną produkcję części zamiennych do SpW. Wykorzystanie nowych gatunków materiałów proszkowych na bazie żelaza oraz metali nieżelaznych dedykowanych do technik przyrostowych pozwoli na wytwarzanie części o złożonej geometrii bez konieczności stosowania dodatkowej obróbki cieplno-chemicznej.

Na podstawie analizy charakteru współczesnych konfliktów zbrojnych zasadne wydaje się rozwijanie idei stacjonarnych oraz mobilnych (kontenerowych) warsztatów remontowych wyposażonych w park maszynowy zawierający m.in. urządzenia do wytwarzania przyrostowego. Wykorzystanie różnych technik druku 3D pozwoli na znaczące skrócenie łańcucha dostaw logistycznych, usprawni proces naprawy i regeneracji SpW, pozwoli na szybkie wytwarzanie w sposób doraźny specjalistycznych części, narzędzi oraz wyposażenia dodatkowego SpW, a także medycznych środków materiałowych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie szybkich napraw
Nazwa technologii	Technologie przyrostowe – druk 3D
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zmniejszenie kosztów logistycznych – poprawa właściwości wytwarzanych komponentów – zwiększenie przeżywalności żołnierzy i SpW
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.3.2. Nowe metody napraw

Opracowanie odpowiednich metod monitorowania procesu wytwarzania oraz napraw przyczyni się do certyfikacji nowych rozwiązań w tym zakresie. W tym celu integracja czujników do monitorowania temperatury, naprężeń wewnętrznych, procesów utleniania i korozji w materiale lub na elementach łączonych powinna być częścią prac badawczych w ramach przedmiotowego bloku technologicznego. Badania powinny być ukierunkowane na wsparcie procesu wdrożenia i certyfikację rozwiązań.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie szybkich napraw
Nazwa technologii	Nowe metody napraw
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość realizacji szybkich napraw – zwiększenie przeżywalności SpW, w szczególności w warunkach polowych
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2031
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.3.3. Cyfrowe zestawy naprawcze

W związku z nagromadzeniem SpW obsługiwane przez pododdziały remontowe istnieje ryzyko, że zespoły remontowe mogą nie dysponować wiedzą niezbędną do realizacji działań na danej jednostce sprzętowej, szczególnie w przypadku realizacji zadań międzynarodowych, gdzie użytkowany sprzęt jest odmienny od użytkowanego w SZ RP. Dzięki digitalizacji architektury pojazdów informacje dostarczane z sensorów mogą zostać wykorzystane do usprawnienia czynności naprawczych. Z wykorzystaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości oraz tabletu zawierającego opis najczęściej występujących awarii wraz z procedurą działania możliwa byłaby naprawa wadliwych systemów pojazdu nawet przez nieprzeszkolonych mechaników. Zarówno cyfrowy interfejs między cyfrowym zobrazowaniem, a systemem pojazdu, a także rozpoznawanie obrazu z systemu kamer na tablecie może być używane do wykrywania awarii i określania sposobu naprawy. Cechy cyfrowego zestawu naprawczego:

- dostęp do określonych systemów;
- tylko jeden cyfrowy zestaw naprawczy oparty na tablecie z identycznym interfejsem użytkownika dla wszystkich pojazdów;
- dostęp do wytycznych dotyczących identyfikacji źródła awarii – wspierane przez rzeczywistość rozszerzoną;
- dostęp do szczegółowych instrukcji naprawy dla zidentyfikowanych wadliwych elementów;
- dostęp do zdalnej pomocy ekspertów – wspierane przez rzeczywistość rozszerzoną.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie szybkich napraw
Nazwa technologii	Cyfrowe zestawy naprawcze
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie wsparcia dla personelu realizującego zadania remontowe w zakresie wiedzy technicznej – zwiększenie prędkości realizacji zadań remontowych – zwiększenie żywotności SpW
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	7
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2030–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

8.3.4. Nowe technologie łączenia materiałów

Wykorzystanie materiałów o różnych właściwościach wymaga nowoczesnych metod ich łączenia, również w przypadku powstania pęknięć w ramach jednej struktury. Wśród nich możliwe do zastosowania są między innymi zgrzewanie indukcyjne, ultradźwiękowe i impulsowe. Stosuje się również nowoczesne łączniki mechaniczne, np. nitonakrętki z kontrolowaną siłą docisku. Przewiduje się, że prowadzone badania powinny być również ukierunkowane na wsparcie procesu wdrożenia i certyfikację rozwiązań.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie szybkich napraw
Nazwa technologii	Technologie łączeń materiałów kompozytowych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – realizacja szybkich napraw SpW, szczególnie w warunkach polowych – zwiększenie żywotności SpW
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2029
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDA (program ICARO), EDF, Horizon Europe (dual use)

8.4. Inteligentne i zaawansowane materiały

8.4.1. Samonaprawiające się struktury

Materiały samonaprawiające się to substancje sztuczne lub wytworzone syntetycznie, które mają wbudowaną zdolność do automatycznej naprawy własnych defektów. Proces zwany samonaprawą materiału odbywa się w sposób samodzielny, tj. bez ingerencji człowieka lub wcześniejszej diagnozy problemu. Najpowszechniejszymi materiałami samonaprawiającymi się są polimery i elastomery. Zdolność ta może jednak obejmować wszystkie klasy materiałów: od metali, przez ceramikę, do materiałów cementowych. Samonaprawiające się struktury dzielą się na autonomiczne i nieautonomiczne. W przypadku autonomicznych struktur obserwuje się automatyczną odpowiedź na uszkodzenie (za pomocą sieci mikrokanalików lub na bazie mikrokapsulek). Charakteryzują się one wielokrotnością tych procesów, ponieważ ich mechanizmy uzdrawiania chemicznego

czy fizycznego są odwracalne. Nieautonomiczne natomiast wymagają zewnętrznego bodźca, aby uruchomić mechanizm samonaprawy. Należy zbadać materiały i rozwiązania materiałowe do samonaprawy, ponownego przetwarzania i recyklingu materiałów. Ponadto należy również przeprowadzić ewaluację samonaprawiających się struktur do militarnego wykorzystania.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Samonaprawiające się struktury
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie odporności powłok na oddziaływanie niekorzystnych warunków zewnętrznych – zwiększenie żywotności SpW
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	9 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.4.2. Materiały o strukturze komórkowej i ich wytwarzanie

Wielofunkcyjne materiały o regularnej strukturze komórkowej stanowią grupę tzw. smart materials, które w zależności od rodzaju materiału użytego do ich wytworzenia (stopy metaliczne, polimery) oraz w zależności od zdefiniowanej topologii struktury (kształt i wielkość komórki elementarnej) pozwalają na uzyskanie specyficznych (wręcz programowalnych) właściwości mechanicznych oraz funkcjonalnych. Jedną z istotnych właściwości materiałów o strukturze komórkowej jest wysoka sztywność mechaniczna przy zachowaniu niskiej gęstości. Ponadto materiały tego rodzaju charakteryzują się wysoką zdolnością do pochłaniania energii uderzenia, mogą stanowić wartościowe rozwiązanie jako element składu osłon balistycznych o wielowarstwowej strukturze kompozytowej. Dodatkowym atutem materiałów o strukturze komórkowej jest możliwość uzyskiwania dodatkowej funkcjonalności w postaci tłumienia drgań czy ograniczenia emisji hałasu. Stanowią one interesujące rozwiązanie w zakresie izolacji termicznej. Poprzez wypełnienie otwartych przestrzeni międzykomórkowych dodatkowym materiałem istnieje możliwość uzyskania dodatkowej funkcjonalności w postaci ekranowania promieniowania elektromagnetycznego.

Problematyka badań nad materiałami konstrukcyjnymi o strukturze komórkowej podejmowana i realizowana jest przez Europejską Agencję Obrony oraz Europejski Fundusz Obrony. Udział w projektach badawczych dotyczących niniejszej tematyki przy aktywnym zaangażowaniu krajowych podmiotów gospodarczych może przyczynić się do opracowania nowych rozwiązań materiałowych możliwych do zastosowania w produkcji osłon balistycznych, jak również dedykowanych do ekranowania promieniowania elektromagnetycznego oraz maskowania sprzętu i techniki wojskowej.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Wielofunkcyjne materiały o strukturze komórkowej (smart materials)
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– opracowanie nowych rozwiązań kompozytowych, wielowarstwowych osłon balistycznych dedykowanych do ochrony siły żywej, pojazdów wojskowych oraz infrastruktury krytycznej

	<ul style="list-style-type: none"> – opracowanie nowych materiałów wielofunkcyjnych dedykowanych do zastosowania w konstrukcji statków powietrznych, w tym systemów bezzałogowych – możliwość wykorzystania nowych materiałów kompozytowych w rozwiązaniach sprzętowych stosowanych w marynarce wojennej – opracowanie technologii efektywnego, trwałego łączenia różnych materiałów konstrukcyjnych – opracowanie materiałów możliwych do użycia w celu ekranowania promieniowania elektromagnetycznego, maskowania sprzętu i techniki wojskowej
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2029
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe: NCBR (MON), badania w ramach konsorcjów międzynarodowych: EDF

8.4.3. Mikro- i nanomateriały

Mikrotechnologia, czyli technologia systemów mikro, to zbiór technik pozwalających na zaprojektowanie i wykonanie układów w skali mikro, a także na zastosowanie mikrotechnik komputerowych we współczesnym przemyśle. Z kolei nanotechnologia zajmuje się obserwowalnymi obiektami, czyli materiałami i urządzeniami o zaprojektowanej strukturze w nanoskali, a także procesami zdolnymi do manipulowania pojedynczymi atomami lub blokami w ultraprecyzyjnej skali. Mikro- i nanotechnologia są stosunkowo młodymi dziedzinami badań naukowych, pozwalającymi na wyjaśnienie zjawisk, które nie występują w makroskali, a których zrozumienie pozwala na masową produkcję innowacyjnych nano- i mikroukładów wykorzystywanych w nowoczesnych podzespołach SpW. Charakterystyka mikro- i nanocząstek jest bardzo złożona z powodu szybkich zmian ich właściwości fizykochemicznych, wynikających ze zdolności do agregacji w powietrzu i rozpuszczalności w cieczach. Metrologia obiektów o rozmiarach w skali mikro i nano wymaga opracowania nowych procedur badawczych i zastosowania niekonwencjonalnych metod pomiarowych uwzględniających zjawiska, które nie występują lub są pomijalne w makroskali.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Mikro- i nanomateriały
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie odporności powłok na ekstremalne ciepło – zwiększenie odporności mechanicznej – możliwość magazynowania energii – możliwość stosowania zaawansowanych sensorów – zwiększenie żywotności SpW
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane przez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.4.4. Lekkie materiały kompozytowe do zastosowań lotniczych

Głównym celem stosowania materiałów kompozytowych jest zmniejszenie masy, poprawa osiągnięć i parametrów oraz przedłużenie żywotności części i wyposażenia, a tym samym całego statku powietrznego. Ponadto nowoczesne materiały pozwalają poprawić kamuflaż sprzętu (stosowanie farb ferrytowych) oraz zwiększają odporność na działanie korozyjne czynników atmosferycznych. Obecnie zaawansowany stan wiedzy technicznej pozwala na budowę statków powietrznych wykonanych w dużej większości z kompozytów polimerowych, ceramicznych i metalowych. Jedną z najczęściej stosowanych w lotnictwie odmian kompozytów są kompozyty o osnowie ceramicznej (CMC – ang. Ceramic Matrix Composites). Charakteryzują się one dobrą odpornością na utlenianie, korozję alkaliczną, niską stałą dielektryczną, potencjalnie niskimi kosztami produkcji wraz z dłuższą żywotnością w porównaniu do materiałów konwencjonalnych. Kompozyty metalowe stosowane w lotnictwie powinny uwzględniać wymóg obniżonej gęstości, z zastosowaniem jako osnowy jedynie metali lekkich (glin, magnez, tytan i beryl). Obecnie do budowy myśliwców piątej generacji, oprócz kompozytów polimerowych wykonywanych techniką RTM (ang. Resin Transfer Moulding), wykorzystuje się kompozyty wykonywane metodą AFP (ang. Automated Fiber Placement), wysokotemperaturowe kompozyty oraz kompozyty polimerowe, z wykorzystaniem technologii montażu HIP (ang. Hot Isostatic Pressing). W najbliższej przyszłości przewiduje się zastosowanie materiałów następnej generacji, które obecnie są w fazie badań laboratoryjnych. Szczególnie istotne wydaje się ciągłe poszukiwanie nowych, konkurencyjnych materiałów, zarówno organicznych, jak i nieorganicznych, prowadzenie różnego typu modyfikacji jak i wprowadzania innych dodatków. Niezbędne jest również opracowanie skutecznych technologii otrzymywania jednorodnych kompozytów o unikatowych właściwościach użytkowych. Kompozyty do zastosowań lotniczych wytwarza się najczęściej metodą układania w foremnikach lub tkania. Generuje to specyficzne potrzeby technologiczne z zachowaniem warunków środowiskowych w transporcie i przechowywaniu.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Lekkie materiały kompozytowe do zastosowań lotniczych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zmniejszenie masy, poprawa osiągnięć i parametrów statków powietrznych– zwiększenie żywotności części i wyposażenia statku powietrznego– zwiększenie odporności na działanie korozyjne i działanie czynników atmosferycznych– możliwość wytwarzania preformowanych wielowarstwowych wzmocnień konstrukcji lotniczych
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2031
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDA (program ICARO), EDF

8.4.5. Materiały odporne na wysokie temperatury

Współczesne materiały ceramiczne, nazywane ceramiką zaawansowaną, posiadają właściwości kluczowe dla wykorzystywania ich w nowoczesnych technologiach wojskowych.

Są bardzo odporne na ekstremalne zmiany temperatury i korozję, wytrzymałe mechanicznie oraz niewrażliwe na ścieranie. Pozwala to na ich wykorzystanie w pasywnych osłonach balistycznych pojazdów opancerzonych oraz jako podstawowego materiału niwelującego zjawisko przegrzewania przewodu lufy podczas intensywnego prowadzenia ognia. Określając światowy poziom rozwoju technologii, należy zauważyć, że opracowano wielostopniową metodę projektowania ceramicznych materiałów pochłaniających wraz z domieszkowaniem zmodyfikowanej ceramiki SiC (węglík krzemu), ceramiki ferrytowej baru, ceramiki konwertowanej polimerem (PDC – ang. Polymer Derived Ceramics), ceramiki porowatej drukowanej 3D i ceramicznych „plastrów miodu”, jak również włókien ciągłych. Dalszy rozwój technologii materiałów kompozytowych będzie bazował na opracowaniu kompozytów z osnową ceramiczną.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Materiały odporne na wysokie temperatury
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość wytwarzania kompozytowych płyt pancernych, elementów rakiet dalekiego zasięgu oraz innych elementów SpW – zwiększenie odporności SpW przed działaniem wysokich temperatur
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	9 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.4.6. Powłoki inhibitorowe

Powłoki inhibitorowe to systemy powłok zawierające elementy pigmentowe niwelujące proces korozji elektrolitycznej. Inhibitor może działać w ten sposób, że hamuje reakcję zachodzącą na anodzie (inhibitor anodowy) lub reakcję zachodzącą na katodzie (inhibitor katodowy). Inhibitory katodowe nazywa się czasem precypitacyjnymi, ponieważ indukują wytrącanie na powierzchni katody (elementu chronionego) nierozpuszczalnego osadu wodorotlenków lub węglanów, izolującego materiał od środowiska. Inhibitory anodowe, z reguły będące anionami, reagują z kolei na styku materiał-środowisko, tworząc warstwę tlenków (tzw. warstwę pasywacyjną, stąd też nazwa tych inhibitorów – pasywacyjne), zapobiegającą migracji jonów metalu do otoczenia. Właśnie ta grupa inhibitorów jest najczęściej stosowana jako dodatek do różnego rodzaju farb i pokryć. Ponadto dostępne są inhibitory anodowo-katodowe, mieszanina związków chemicznych zdolna hamować zarówno procesy katodowe, jak i anodowe. Wśród inhibitorów pasywacyjnych (anodowych) wyróżniamy przede wszystkim chromiany, azotyny, molibdeniany oraz ortofosforany. Do inhibitorów precypitacyjnych należą cynk (który wytrąca się w postaci wodorotlenków, węglanów lub fosforanów), węglan wapnia oraz ortofosforan wapnia. Kierunki rozwoju technologii mogą dotyczyć przede wszystkim minimalizacji toksyczności inhibitorów, a więc ograniczenia ich negatywnego wpływu na środowisko naturalne oraz redukcji wpływu dodatku na pozostałe właściwości powłoki.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Powłoki inhibitorowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie ochrony antykorozyjnej SpW – zwiększenie żywotności SpW
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

8.4.7. Ciecze o zmiennej lepkości

Ciecze reologiczne (np. magnetoreologiczne, elektreologiczne) to płyny, które zdolne są do zmiany swoich właściwości reologicznych (lepkość, naprężenie ścinające) pod wpływem czynników zewnętrznych. Przykładem jest ciecz magnetoreologiczna zmieniająca swoją lepkość pod wpływem pola magnetycznego. Ciecze nienewtonowskie to każdy płyn, który nie spełnia hydrodynamicznego prawa Newtona – jego lepkość nie jest wartością stałą w warunkach izobarycznych – jest ona uzależniona od siły nacisku. Zachowanie to można opisać jako zmianę ze stanu ciekłego do stanu quasi-stałego i odwrotnie, będące konwersją odwracalną i prawie natychmiastową mierzoną w milisekundach. Rozwój urządzeń wykorzystujących ciecze o zmiennej lepkości wiąże się ze znajomością takich dziedzin nauki jak: materiałoznawstwo, chemia, fizyka, elektromechanika, informatyka, elektronika i automatyka. W tym celu niezbędna jest techniczna wiedza z zakresu procesu syntez, wytwarzania, kształtowania i eksploatacji cieczy o zmiennej lepkości. Wymagane są również znormalizowane metody wiarygodnej charakterystyki reakcji cieczy o zmiennej lepkości, aby określić ich właściwości w celu wsparcia przemysłu w zakresie ich wykorzystania do celów komercyjnych i wojskowych. Ciecze znajdują już zastosowanie w przemyśle cywilnym, np. w półaktywnych tłumikach, sprzęgłach i hamulcach czy zaworach hydraulicznych. Badania powinny być ukierunkowane na wsparcie wdrożenia i certyfikację rozwiązań.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Ciecze o zmiennej lepkości
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– poprawa właściwości balistycznych elementów wyposażenia i SpW, np. kamizelki kuloodporne, elementy opancerzenia
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2026–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

8.4.8. Tekstyliki wytwarzające energię

Elementy umundurowania oparte na tekstyliach zawierających ogniwa fotowoltaiczne mogą pozwolić na pozyskiwanie energii ze światła słonecznego. Ponadto zasadne jest również zbadanie możliwości pozyskiwania energii elektrycznej z energii kinetycznej – ruchów

wykonywanych przez żołnierza. Badania powinny być również ukierunkowane na efektywne rozwiązywanie w zakresie magazynowania energii oraz zwiększenia wydajności pozyskiwanej energii.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Tekstylią wytwarzające energię
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość wytwarzania energii – możliwość zasilania urządzeń stanowiących elementy wyposażenia indywidualnego żołnierza
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2031
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.4.9. Tekstylią integrujące czujniki i urządzenia elektryczne

Integracja różnego rodzaju czujników w warstwie tekstylnej, np. w umundurowaniu, umożliwi monitorowanie szerokiego zakresu parametrów środowiskowych (np. temperatura, wilgotność, zanieczyszczenia i skażenia powietrza) czy psychofizycznych (np. częstotliwość akcji serca, równość oddechu). Czujniki te muszą mieć możliwość przesyłania zarejestrowanych danych poprzez sieci bezprzewodowe, monitorowania stanu zdrowia i wydajności żołnierzy na polu walki, a tym samym wzmocnienie ochrony żołnierzy przed potencjalnymi zagrożeniami. Integracja urządzeń elektronicznych z umundurowaniem może wspierać: globalne pozycjonowanie, komunikację między żołnierzami i dowództwem, ochronę przed skażeniami, wzmocnienie specyficznych zdolności żołnierzy itp. Należy zbadać możliwości zastosowania różnych technologii i materiałów produkcji przedmiotowych tekstyliów: materiały rozciągliwe i elastyczne, materiały przewodzące, haft komputerowy, nanotechnologia, elektronika drukowana oraz wytwarzanie przyrostowe. Ewolucja w dziedzinie elektroniki drukowanej umożliwi produkcję bardziej elastycznych i rozciągliwych obwodów i układów elektronicznych poprzez osadzanie różnych warstw tzw. e-ink (atramentu elektronicznego) o różnych właściwościach przewodzących i elektrochemicznych na podłożu tekstylnym. Rozwój nowych technik haftu komputerowego pozwoli na doskonalenie techniki wplecenia włókien przewodzących w materiały tekstylne, dzięki czemu będzie możliwe wytwarzanie bardziej wyrafinowanych rozwiązań.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Tekstylią integrujące czujniki i urządzenia elektryczne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość integracji czujników i urządzeń elektrycznych – zwiększenie możliwości monitorowania stanu psychofizycznego żołnierzy – zwiększenie świadomości sytuacyjnej żołnierzy
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030

Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)
--	---

8.4.10. Tekstylia w kamuflażu adaptacyjnym

Połączenie materiałów optoelektronicznych lub fotochromatycznych z tekstyliami może wspomóc opracowanie kamuflażu adaptacyjnego. Komponenty optoelektroniczne, takie jak LED, OLED, mogą mieć zastosowanie w zakresie widma VIS i NIR, jednak ze względu na wydzielane przez nie ciepło powodujące wzrost sygnatury termicznej wymagają dalszych badań. Zastosowanie technologii fotochromatycznych pozwoli na zmianę zauważalnych właściwości optycznych umundurowania w odpowiedzi na bodziec zewnętrzny. Odwracalna zmiana koloru jest możliwa pod wpływem promieniowania elektromagnetycznego, zmiany kąta padania promieni słonecznych (oświetlenia) oraz po zwiększeniu lub zmniejszeniu temperatury. Ponadto dodanie materiałów przewodzących elektryczność (powłoki z preparatami zawierającymi polimery przewodzące, nanorurki węglowe, grafen itp.) do różnego rodzaju materiałów tekstylnych (elementy maskujące) może doprowadzić do redukcji sygnatury radarowej. Konieczne jest również podniesienie odporności na pranie tkanin tekstylnych oraz opracowanie systemu zarządzającego powyższymi procesami, tak aby mechanizm adaptacyjny zadziałał tylko wtedy, gdy jest to konieczne (tzn. nie uruchamiał się samoistnie) i w pożądanym sposób.

Biorąc pod uwagę ogromne zainteresowanie miękkimi (np. noszonymi na ciele) systemami optoelektronicznymi, działającymi na styku człowiek-maszyna, kluczowe jest opracowanie systemów fonicznych o elastycznej, chiralnej i przełączalnej strukturze. W technologii kamuflażu adaptacyjnego perspektywiczne wydają się również przestrajalne metamateriały wykorzystujące samoorganizujące się materiały organiczne.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Tekstylia w kamuflażu adaptacyjnym
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość kontrolowania sygnatur żołnierzy i SpW – zwiększenie wydajności systemu funkcjonalnego przetrwania i ochrony wojsk
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2031
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.4.11. Tekstylia samoczynne

Samonaprawianie się (tzw. self-healing) to zdolność tkaniny do samoczynnej naprawy, co wpłynie na przedłużenie żywotności oraz okresu jej używalności. Może ona zostać osiągnięta w formie wprowadzenia powłok chemicznych (mikrokapsułki, hydrożele i inne polimerowe materiały) oraz materiałów konstrukcyjnych o właściwościach auksetycznych (wykazujących ujemny współczynnik Poissona).

Samoczyszczące, samoodkażające się tkaniny (z wykorzystaniem np. nanotechnologii) są natomiast zdolne do degradacji cząstek brudu i substancji organicznych samoczynnie. Stosuje się je w celu usunięcia plam, mikroorganizmów i neutralizacji zapachu. Powyższa

funkcjonalność pozwoli na opracowanie tkanin bakteriobójczych, bakteriostatycznych, grzybobójczych, wirusobójczych czy odstrasżających przeciwko owadom.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Tekstylija samoczynne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie żywotności materiałów tekstylnych – zapewnienie dodatkowej ochrony przed warunkami biologicznymi
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2027–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.4.12. Tekstylija z funkcją leczenia

Tekstylija z funkcją leczenia są zdolne do uwalniania leku w celu leczenia rany lub zahamowania zakażeń oraz ochrony przed toksynami. Ta technologia w połączeniu z rozwojem sztucznej inteligencji może być zdolna do zidentyfikowania potrzeby oraz rodzaju terapii poprzez rozpoznanie odpowiedzi organizmu na bodźce zewnętrzne oraz dostarczenie odpowiedniej dawki leków lub środków przeciwbólowych. Głównym wyzwaniem jest umożliwienie „kapsułkowania” leków w materiale włókienniczym oraz ich uwalnianie zgodnie z międzynarodowymi przepisami i wiedzą medyczną.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Inteligentne i zaawansowane materiały
Nazwa technologii	Tekstylija z funkcją leczenia
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość udzielenia pierwszej pomocy i utrzymanie żołnierza przy życiu – zwiększenie przeżywalności żołnierzy – zwiększenie potencjału bojowego
Początkowy PGT (Polska)	1
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2029–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.5. Technologie systemów ochrony pasywnej

8.5.1. Technologie materiałowe w zakresie ochrony indywidualnej

Obecnie systemy ochrony indywidualnej składają się z oddzielnych elementów przeznaczonych do ochrony przed bronią masowego rażenia, mających znaczny wpływ na swobodę poruszania się i posiadających niewiele lub żadnych dodatkowych funkcji, takich jak ochrona balistyczna. Prowadzi to do nieoptymalnego podejścia, w którym środki ochrony

indywidualnej stosowane są tylko wtedy, gdy istnieje szczególna potrzeba lub istnieje potencjalne ryzyko wystąpienia takiej potrzeby.

Dotychczasowe technologie w zakresie ochrony indywidualnej powodują, że materiały wykorzystywane do zapewnienia bezpieczeństwa są zbyt uciążliwe, aby nosić je (nawet częściowo) przez cały czas, nawet jeśli zminimalizowałyby to ryzyko narażenia na zagrożenia BMR lub oddziaływania kinetycznego dla użytkownika.

W celu zmniejszenia obciążenia fizycznego związanego z używaniem środków ochrony indywidualnej kładzie się duży nacisk na integrację innych technologii „noszonych”, które ostatecznie doprowadziłyby do zmniejszenia utrudnień lub nawet zwiększenia sprawności fizycznej użytkownika (np. kamizelki chłodzące, kamuflaż, widzenie nocne/termiczne, systemy komunikacyjne), a jednocześnie zapewniające przydatne funkcje, takie jak wykrywanie i dekontaminacja.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie systemów ochrony pasywnej
Nazwa technologii	Technologie materiałowe w zakresie ochrony indywidualnej
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie czasu wykonywania zadań operacyjnych – zapewnienie wysokiego poziomu ochrony przed zagrożeniami
Początkowy PGT (Polska)	5
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.5.2. Technologie materiałowe w zakresie osłon balistycznych (kompozytowych, włóknistych, polimerowych oraz powłok i metamateriałów)

Ochrona pasywna przed wybuchem, energią chemiczną i oddziaływaniem kinetycznym realizowana jest poprzez połączenie konstrukcji strukturalnej i właściwego doboru materiałów. Głównym założeniem w stosowaniu technologii materiałowych w zakresie osłon balistycznych jest dążenie do podwyższenia wytrzymałości platform oraz zwiększanie bezpieczeństwa i przetrwania załogi w przypadku uderzeń balistycznych i wybuchów, poprzez rozwój nowych materiałów i struktur celem stworzenia specyficznych i efektywnych rozwiązań ochronnych.

Materiały do ochrony pasywnej mają na ogół wysoką wytrzymałość na uszkodzenia, są odporne na występowanie wysokich naprężeń, jak również są zdolne do pochłaniania lub przekierowania energii. Redukcja masy jest jednym z kluczowych czynników w zakresie rozwoju technologii materiałowych do osłon balistycznych. Lżejsza konstrukcja będzie wymagała mniej paliwa/energii, zwiększając jednocześnie zasięg/manewrowość SpW. Ponadto zredukowane obciążenie można wykorzystać do dodatkowego wyposażenia platform w systemy uzbrojenia, natomiast poprzez redukcję masy osłon można uzyskać zwiększoną możliwość transportu towarów.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie systemów ochrony pasywnej
Nazwa technologii	Technologie materiałowe w zakresie osłon balistycznych (kompozytowych, włóknistych, polimerowych oraz powłok i metamateriałów)
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie ochrony balistycznej platform – zwiększenie żywotności SpW – zwiększenie ochrony załogi
Początkowy PGT (Polska)	4

Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

8.5.3. Technologie materiałowe w zakresie osłon przed działaniem energii skierowanej

Broń energii skierowanej (ang. Directed Energy Weapon – DEW) to środek elektromagnetyczny, laserowy, akustyczny oparty na strumieniu cząstek. Elementem wyposażenia platform chroniącym przed tym rodzajem broni są osłony wykonane z materiałów absorpcyjnych.

Do ograniczenia mocy oddziaływania energii skierowanej wykorzystywane jest zjawisko absorpcji, polegające na pochłanianiu fal elektromagnetycznych przez materiały absorpcyjne (absorbery). Dobierane do danej częstotliwości fal materiały absorpcyjne wytwarza się w formie cienkich arkuszy lub jako materiały piankowe, farby i lakiery. Aby tłumić zarówno składową elektryczną, jak i magnetyczną fali elektromagnetycznej, materiał absorbujący powinien mieć właściwości dielektryka stratnego (np. polimer z cząsteczkami węgla) i magnetyka stratnego (z wypełniaczami objętościowymi, takimi jak proszki żelaza i ferryty).

Absorpcje fal elektromagnetycznych zapewniają również metamateriały określane mianem ośrodków DNM (ang. Double Negative Materials), których przenikalność magnetyczna i podatność elektryczna są ujemne. Za pomocą metamateriałów można manipulować falami elektromagnetycznymi – blokować ich przepływ, absorbować, wzmacniać lub wyginać.

Oprócz materiałów absorpcyjnych elementem osłony przeciw DEW mogą być warstwy posiadające zdolność do selektywnego odbijania fali elektromagnetycznej o długości przestrajalnej bodźcami zewnętrznymi, takimi jak temperatura czy pole elektryczne.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie systemów ochrony pasywnej
Nazwa technologii	Technologie materiałowe w zakresie osłon przed działaniem energii skierowanej
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– rozwój technologii materiałowych – zwiększenie poziomu bezpieczeństwa żołnierzy i SpW
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

8.5.4. Maskowanie wielozakresowe

Wielozakresowe maskowanie bezpośrednio zawiera się w zagadnieniach związanych z zabezpieczeniem bojowym i obejmuje przedsięwzięcia mające na celu wprowadzenie przeciwnika w błąd przez ukrycie lub pozorację pododdziałów, obiektów fortyfikacyjnych i urządzeń logistycznych oraz przyjętego sposobu działania. Skuteczne maskowanie wielospektralne powinno być kształtowane w odniesieniu do możliwości techniki rozpoznawczej potencjalnego przeciwnika. Oczekuje się, aby działanie oprócz zakresów fal

typowych dla światła widzialnego obejmowało także podczerwień i zakresy radarowe. Realizowane to może być głównie przez technologie materiałowe aplikowane do SpW, których cechy umożliwią samoistną lub sterowaną dyfrakcją i interferencją fal elektromagnetycznych. Maskowanie dymem i kamuflaż adaptacyjny także zawiera się w zagadnieniach związanych z maskowaniem wielozakresowym. Zastosowanie nowoczesnych materiałów ma na celu poprawę lub zmianę właściwości fizykochemicznych konwencjonalnych materiałów konstrukcyjnych, a tzw. materiały inteligentne potrafią zmieniać swoje własności (np. kolor, kształt, wielkość, temperaturę) w kontrolowany sposób. Dla rozwoju SpW ważne są materiały wielofunkcyjne, w szczególności kompozytowe, które przy wysokiej wytrzymałości i sztywności dają możliwość implikacji urządzeń do zmieniających ich charakterystyk falowych, czyli pozwalają na tłumienie fal elektromagnetycznych i akustycznych, transmisję lub izolację ciepła, sterowanie właściwościami magnetycznymi.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie systemów ochrony pasywnej
Nazwa technologii	Maskowanie wielozakresowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie przeżywalności siły żywej i platform sprzętowych – zwiększenie możliwości maskowania taktycznego
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	4 lata
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2029
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

8.5.5. Urządzenia kontrolujące pole elektromagnetyczne

Przepływ prądu stałego wywołuje stałe pole magnetyczne, natomiast przepływ prądu zmiennego powoduje zmienne pole magnetyczne i nierozdzielnie z nim związane pole elektryczne. Specyficzne charakterystyki elektromagnetyczne obiektów (sygnatury) są wykorzystywane głównie w systemach rozpoznawczych i rażenia minowego głównie w środowisku wodnym. Ochrona bierna okrętów polegająca na minimalizacji i utrzymywaniu pól fizycznych okrętów stanowi ważny element zwiększenia ich bezpieczeństwa przed wykryciem, identyfikacją i zniszczeniem. Okręty, które przekraczają dopuszczalne normy pola magnetycznego, są kierowane na tzw. stację demagnetyzacyjną. Innym aspektem wykorzystania zjawiska magnetyzmu jest zapewnienie przeciwkorozyjnej ochrony metalowych elementów okrętów zanurzonych w wodzie morskiej (kadłub i pędnik, minimalizowanie stacji ochrony katodowej (SOK)).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie systemów ochrony pasywnej
Nazwa technologii	Urządzenia kontrolujące pole elektromagnetyczne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie przeżywalności siły żywej i okrętów – zwiększenie możliwości maskowania – minimalizowanie wykrywalności przez systemy rażenia minowego – zwiększenie poziomu ochrony korozyjnej
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3 lata

Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2026
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania realizowane w kraju

8.5.6. Integracja działania podzespołów elektromechanicznych

Mikrosystemy i nanosystemy elektromechaniczne wykorzystywane są w różnego rodzaju konfiguracjach zależnych od ich budowy. Są to najczęściej akcelerometry, sensory akustyczne, czujniki ciśnienia, przepływu, przełączniki foniczne itd. Celem integracji działania podzespołów elektromechanicznych tzw. MEMS i NEMS (ang. Micro and Nano Electro-Mechanical Systems) jest stworzenie układu, który będzie aktywnie reagował, powodując zmiany w sygnaturze obiektu. Działanie takie ma na celu maskowanie obiektu lub zmylenie przeciwnika przez pozorację istnienia innego obiektu. Może to być realizowane przez zmianę charakterystyki odbicia radarowego, promieniowania cieplnego lub optycznego. Zintegrowane w tym celu mikro- lub nanosystemy mogą działać ciągle, cyklicznie lub automatycznie. Powodzenie tej technologii warunkuje rozwój komputerowych urządzeń teleinformatycznych, bezprzewodowej transmisji danych i miniaturyzacji układów zasilania.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie systemów ochrony pasywnej
Nazwa technologii	Integracja działania podzespołów elektromechanicznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość platform posiadających możliwości zmiany sygnatury – zwiększenie możliwości maskowania i pozorowania działania
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR udział w projektach międzynarodowych

8.5.7. Kontrola sygnatur akustycznych

Sygnatura akustyczna składa się z wielu pojedynczych elementów. Składają się na nią hałas silników i układów przeniesienia napędu, pomp, systemów klimatyzacji itp., hałas kawitacyjny hałas generowany przez tworzenie się pęcherzyków gazu podczas obracania śrubami platformy morskiej lub przemieszczania się kół lub gąsienic platformy lądowej po gruncie, czy też strugi powietrza powstające za platformą latającą, hałas hydrodynamiczny, hałas generowany przez ruch cząstek środowiska wypieranych przez kadłub poruszającej się platformy. Emisje te zależą od wymiarów i kształtu platformy oraz od rodzaju zainstalowanego napędu maszyny. Dlatego też różne obiekty w różnych środowiskach będą miały różne kombinacje sygnałów akustycznych, które razem tworzą niepowtarzalną sygnaturę. Redukcja sygnatury akustycznej jest szczególnie istotna w przypadku platform pływających i podwodnych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory
Nazwa technologii	Kontrola sygnatur akustycznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie przeżywalności platform – zwiększenie średniej długości życia platform – zwiększenie zdolności maskowania i pozoracji działań
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

8.6. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Technologie materiałowe i wytwarzania stanowią rozległy obszar badawczy. Osiągnięcia i odkrycia w tej dziedzinie będą miały decydujący wpływ na postęp w innych dyscyplinach, m.in. w:

- systemach ochrony aktywnej i pasywnej,
- systemach rażenia
- systemach napędowych,
- systemach zasilania i magazynowania energii elektrycznej,
- technologiach kosmicznych i hipersonicznych,
- wzmacnianiu możliwości ludzkiego organizmu,
- sensoryce i wytwarzaniu podzespołów elektronicznych (w tym na rzecz technologii kwantowych).

9. Technologie systemów napędowych

9.1. Układy napędowe i alternatywne paliwa

Rozwój systemów napędowych jest integralnie związany z rozwojem nowoczesnych technologii materiałowych. Postęp myśli technologicznej wiąże się z koniecznością szukania nowych rozwiązań i środków, które umożliwią zmianę sposobu działania oraz spełnienie rosnących wymagań użytkownika końcowego. Systemy napędowe stają się bardziej złożone i skomplikowane. Wynika to z minimalizacji podzespołów i urządzeń oraz potrzeby dokonywania precyzyjniejszych pomiarów ich działania. Modyfikacje napędów współczesnych silników wymagają zastosowania odpowiednich paliw, tak aby spełnione zostały wymagania główne, określone odpowiednimi normami przedmiotowymi dla paliw konwencjonalnych oraz wymaganiami silników spalinowych wewnętrznego spalania dla paliw tradycyjnych oraz innych nośników energii zdefiniowanych jako paliwa alternatywne. Paliwa alternatywne, zwane również paliwami niekonwencjonalnymi, stanowią wszystkie materiały i substancje, które można wykorzystać jako paliwo inne niż paliwa tradycyjne (ropa naftowa, gaz ziemny, węgiel i torf), paliwa nuklearne (uran, tor) oraz sztuczne paliwa radioizotopowe wytwarzane w reaktorach jądrowych. W związku z wyczerpującymi się zasobami ropy naftowej oraz gazu ziemnego niezbędne jest prowadzenie badań nad paliwami, które mogłyby zastąpić paliwa dotychczas stosowane. Alternatywne i zaawansowane paliwa przyczynią się do uniezależnienia od węglowodorowych paliw konwencjonalnych oraz potencjalnych ograniczeń w ich transycie w przypadku niekorzystnej sytuacji geopolitycznej, zwiększając tym samym bezpieczeństwo energetyczne kraju i potencjał Sił Zbrojnych. Powinny one charakteryzować się dobrymi właściwościami energetycznymi i mniejszą emisją szkodliwych związków chemicznych do środowiska naturalnego niż obecnie stosowane. Zmniejszenie skutków emisji gazów cieplarnianych powoduje, że opracowanie technologii wytwarzania paliw innych niż węglowodorowe staje się koniecznością, aby zminimalizować skutki globalnego ocieplenia.

9.1.1. Napędy hybrydowe

Napęd hybrydowy to najczęściej połączenie dwóch źródeł napędu w postaci silnika spalinowego i elektrycznego. Napędy te mogą pracować na przemian lub jednocześnie, w zależności od potrzeb. Silnik elektryczny może być prądnicą i ładować akumulator lub kondensator w wyniku napędzania silnikiem spalinowym lub w wyniku hamowania silnikiem. W takich układach silnik spalinowy ma moc wystarczającą do jazdy przy optymalnych parametrach pracy oraz przewidywanej prędkości przemieszczania. Całość sterowana jest przez układ elektroniczny zapewniający efektywne wykorzystanie energii. Napędy hybrydowe możemy podzielić na:

- szeregowe – silnik spalinowy pracuje cały czas w optymalnym zakresie obrotów, napędzając generator prądu. Energia z generatora jest przekazywana do silnika napędowego, a nadmiar do akumulatorów. Silnik elektryczny w razie potrzeby może również korzystać z energii zgromadzonej w akumulatorach;
- równoległe – silnik spalinowy jest mechanicznie połączony z kołami. Gdy potrzebna jest duża moc, silnik elektryczny i spalinowy mogą pracować równoległe. Podczas hamowania silnik elektryczny jest generatorem;
- szeregowo-równoległe – kombinacja układu szeregowego i równoległego. Silnik spalinowy napędza koła oraz prądnice.

Rozwój technologii spowodował, że podejmowane są działania mające na celu budowę oraz implementację zmodyfikowanych rodzajów powyższych napędów hybrydowych

w konkretnych rozwiązaniach technicznych. Napęd hybrydowy od dawna jest używany w taborze szynowym (hybryda szeregowo spalinowo-elektryczna) oraz przemyśle okrętowym. Napęd kombinowany, do którego zalicza się również napęd hybrydowy, jest podstawą do budowy systemu napędowego okrętów. Dawniej stanowił połączenie maszyny parowej z żaglami, aktualnie najczęściej stosowane jest połączenie silników spalinowych i elektrycznych (CODAE, CODAEAG, CODAEL) na pokładach okrętów nawodnych oraz podwodnych. Prowadzone są również prace dotyczące zastosowania rozwiązań hybrydowych w bezzałogowych platformach pływających. Podnoszenie norm jakości emitowanych spalin oraz potrzeba zmniejszenia zużycia paliwa wymusza wprowadzanie napędów hybrydowych w innych domenach – lądowej (wysoko zaawansowana) i lotniczej (faza badań). W obszarze sprzętu techniki lądowej napędy hybrydowe są najczęściej wykorzystywane w pojazdach osobowych. Niemniej napędy hybrydowe znajdują również szerokie zastosowanie w pojazdach ciężarowych, autobusach, a także maszynach inżynieryjnych. Mogą być również skutecznym rozwiązaniem do napędu pojazdów na więcej niż jedną oś. Możliwości napędu hybrydowego zostały wysoko ocenione oraz są w trakcie wdrażania w wojskach lądowych wielu państw NATO. Technologia napędów hybrydowych w dobie wzrastających cen paliw węglowodorowych wydaje się skuteczną alternatywą.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Układy napędowe i alternatywne paliwa
Nazwa technologii	Napęd hybrydowy
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – wysoka modułowość – zastosowanie w wielu rodzajach SpW, w domenie zarówno morskiej, lądowej, jak i powietrznej – zmniejszenie zapotrzebowania na paliwa węglowodorowe – zmniejszenie emisji szkodliwych gazów i substancji
Początkowy PGT (Polska)	5
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2027–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

9.1.2. Silniki wielopaliwowe

Prawie wszystkie silniki napędowe pojazdów wojskowych są zasilane olejem napędowym. W sytuacji niedoboru paliw bazowych bardzo wartościowe są lokalne, stacjonarne i ruchome źródła zaopatrzenia w materiały pędne, w tym stacje paliw możliwe do rozlokowania na szlakach komunikacyjnych oraz zapasy paliwa składowane w różnych zbiornikach i cysternach. Asortyment paliw zgromadzonych w magazynach cywilnych różni się na ogół od bieżących potrzeb wojska w zakresie materiałów pędnych, które wynikają z rodzaju i liczby silników występujących w SpW różnych rodzajów sił zbrojnych. Ponadto rozwój paliw alternatywnych wymusza prace nad silnikami zasilanymi przez nowatorskie nośniki energii. W związku z powyższym istnieje potrzeba opracowania nowych rozwiązań w zakresie budowy silników, które będą zasilane różnymi rodzajami paliw.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Układy napędowe i alternatywne paliwa
Nazwa technologii	Silniki wielopaliwowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość zasilania alternatywnego – więcej niż jednym rodzajem paliwa – stosowanie nowych paliw – zwiększenie skuteczności zaopatrzenia logistycznego
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2027–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

9.1.3. Paliwa wodorowe

Konwencjonalne paliwo wodorowe określane jest jako bezemisyjne. Praktycznie jedynym produktem podczas spalania paliwa wodorowego jest woda lub para wodna, a w śladowych ilościach powstają także tlenki azotu. Zastosowanie paliwa wodorowego jest skomplikowane technicznie i kosztowne. Z tego względu wykorzystywane jest głównie w napędach do raket oraz statków kosmicznych. Obecnie coraz powszechniejsze jest stosowanie wodoru do napędu samochodów, autobusów czy pojazdów kolejowych (zespołów trakcyjnych), ponieważ umożliwia ono wyeliminowanie emisji dwutlenku węgla oraz szkodliwych produktów niecałkowitego spalania. Problem ze stosowaniem paliwa wodorowego w pojazdach wynika z tego, że magazynowanie wodoru jest skomplikowanym technicznie procesem wymagającym zastosowania odpowiednich środków bezpieczeństwa chroniących przed wybuchem lub wyciekami. Pomimo trudności paliwa wodorowe obecnie zyskują uznanie i są sukcesywnie wdrażane do napędów pojazdów czy zespołów trakcyjnych, choć z powodu kosztów nie są jeszcze powszechnie dostępne. Obecny rozwój odnawialnych źródeł energii powoduje wzrost produkcji energii elektrycznej w sposób bezemisyjny, a wytwarzanie wodoru może być realizowane poprzez elektrolizę wody. Jednym z głównych aspektów wpływających na możliwość szerokiego zastosowania paliw wodorowych jest opracowanie tańszych niż obecnie stosowane metod ich wytwarzania.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Układy napędowe i alternatywne paliwa
Nazwa technologii	Paliwa wodorowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość wykorzystania alternatywnych źródeł energii dla elementów infrastruktury stacjonarnej i polowej oraz jednostek napędowych sprzętu wojskowego z wewnętrznym spalaniem – ograniczenie zapotrzebowania na paliwa konwencjonalne – zwiększenie bezpieczeństwa dostaw zróżnicowanych nośników energii dla wojska
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

9.1.4. Paliwa syntetyczne

Paliwo syntetyczne otrzymywane jest na zasadzie syntezy chemicznej. Może ono stanowić alternatywę dla benzyny i oleju napędowego. W zależności od zastosowanego surowca wyróżnia się paliwa otrzymywane z gazu ziemnego, węgla oraz biomasy. Najbardziej rozpowszechnione i rozwinięte są dwie pierwsze technologie. Produkcja paliw syntetycznych opartych na biomase obecnie znajduje się w fazie eksperymentów, jednak może zdobyć dużą popularność dzięki promocji rozwiązań korzystnych dla środowiska naturalnego w ramach walki z globalnym ociepleniem. Do paliw syntetycznych zalicza się benzynę syntetyczną, dimetyloeter (DME), syntetyczne substytuty oleju napędowego oraz metanol. Rozwój technologii wytwarzania paliw syntetycznych przewiduje również ich pozyskiwanie za pomocą energii pochodzącej z wody i powietrza. Można to osiągnąć poprzez wykorzystanie turbin wiatrowych do procesu elektrolizy wody na wodór i tlen, systemów do pozyskiwania dwutlenku węgla z atmosfery, a następnie procesu łączenia dwutlenku węgla z wodorem. Prowadzi to w konsekwencji do powstania paliwa syntetycznego zwanego także e-paliwem. Produkcja syntetycznego paliwa ma jednak pewne ograniczenia, wskazuje się też na niski stopień jej efektywności, czyli dużą energochłonność. Do wytworzenia syntetycznego paliwa do zasilenia silnika spalinowego potrzeba znacznej ilości energii elektrycznej. Obecnie paliwa syntetyczne są zbyt drogie i dostępne w małych ilościach, żeby były szeroko stosowane na skalę przemysłową, stąd niezbędne wydaje się opracowanie nowych, efektywniejszych metod ich wytwarzania.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Układy napędowe i alternatywne paliwa
Nazwa technologii	Paliwa syntetyczne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– możliwość alternatywnego źródła energii dla elementów infrastruktury polowej oraz jednostek napędowych sprzętu wojskowego– zmniejszenie zapotrzebowania na paliwa węglowodorowe– zwiększenie bezpieczeństwa dostaw zróżnicowanych nośników energii
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

9.1.5. Biopaliwa

Biopaliwa są wytwarzane z odnawialnego materiału biomasowego, powszechnie stosowanego jako alternatywne, czystsze źródło paliwa, w odróżnieniu od paliw kopalnych. Biopaliwa mają niską intensywność emisji dwutlenku węgla, co powoduje, że nie wpływają bezpośrednio na globalne ocieplenie. Biopaliwa są uzyskiwane z biomasy, czyli wszelkich substancji pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Rozróżnia się nieprzetworzone biopaliwa pierwotne, takie jak drewno opałowe, oraz przetworzone biopaliwa wtórne. Do wtórnych zalicza się biopaliwa płynne, takie jak etanol i biodiesel, które w ostatnich latach coraz częściej stosuje się w transporcie, oraz biopaliwa stałe, takie jak węgiel drzewny, a także gazowe – biogaz, jak również gaz do syntezy i wodór. Biopaliwa pierwszej generacji produkowane są z cukru, skrobi lub oleju roślinnego, drugiej generacji z trwałego surowca – etanol celulozowy,

biowodór, biometanol czy olej napędowy pozyskiwany z drewna. Biopaliwa trzeciej generacji produkowane są z glonów i innych mikroorganizmów. Ocenia się, że to właśnie biopaliwa z glonów są najbardziej wydajne.

Rozwój technologii biopaliw przyczynia się do poszukiwania nowych sposobów ich wytwarzania. W tym celu prowadzone są badania nad organizmami zmodyfikowanymi genetycznie – bakteriami – pod kątem możliwości opracowania efektywniejszych energetycznie biopaliw niż obecnie stosowane w odniesieniu do konwencjonalnych paliw węglowodorowych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Układy napędowe i alternatywne paliwa
Nazwa technologii	Biopaliwa
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość alternatywnego źródła energii dla elementów infrastruktury polowej oraz jednostek napędowych sprzętu wojskowego – zmniejszenie zapotrzebowania na paliwa węglowodorowe – zwiększenie bezpieczeństwa dostaw zróżnicowanych nośników energii
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2031
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

9.2. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Rozwój technologii napędowych stanowi odpowiedź na zapotrzebowanie na coraz mocniejsze i jednocześnie oszczędne źródła napędu dla platform lądowych, pływających oraz powietrznych. Ze względu na działania w domenie kosmicznej, a także perspektywy wykorzystania broni hipersonicznej, dużą uwagę należy również poświęcić rozwojowi technologii napędów raketowych. W obliczu kryzysu związanego z dostępnością paliw kopalnych oraz wynikającym z niego wzrostem kosztów eksploatacji SpW pożądanym kierunkiem badań są paliwa alternatywne.

Wskazać można na powiązania z następującymi obszarami techniki i technologii:

- systemy wytwarzania i magazynowania energii,
- napędy platform załogowych i bezałogowych (w tym autonomicznych),
- wykorzystanie powłok inhibitorowych,
- broń hipersoniczna i środki przeciwdziałania jej użyciu,
- napędy systemów raketowych.

10. Źródła zasilania i technologie magazynowania energii

10.1. Technologie nowoczesnych źródeł zasilania

10.1.1. Technologie fotowoltaiczne

Energetyka słoneczna to bardzo szybko rozwijająca się gałąź przemysłu zajmująca się wykorzystaniem energii promieniowania słonecznego zaliczanej do odnawialnych źródeł energii. Ze względu na rodzaj wytwarzanej energii w praktyce wykorzystuje się urządzenia przetwarzające energię słoneczną z konwersją: fotowoltaiczną, fototermiczną oraz fotochemiczną. W maszynach, pojazdach i urządzeniach elektronicznych praktyczne zastosowanie obecnie znalazły urządzenia z konwersją fotowoltaiczną. Umożliwiają one bezpośrednie uzyskanie energii elektrycznej ze światła słonecznego. Obecnie znanych jest wiele materiałów umożliwiających uzyskanie efektu fotowoltaicznego. Aktualnie do budowy paneli fotowoltaicznych w przemyśle najczęściej wykorzystuje się: krzem (monokrystaliczny, polikrystaliczny, amorficzny) i polimery. Prace badawcze nad wykorzystaniem energii słonecznej skupiają się głównie nad wytworzeniem jak najwydajniejszych i najtańszych ogniw fotowoltaicznych. Ponadto panele przeznaczone dla potrzeb wojskowych muszą odznaczać się możliwością ich składania (zwijania) gwarantującą łatwość przenoszenia i transportu na duże odległości. Dlatego też dąży się do opracowania wydajnych, elastycznych paneli fotowoltaicznych. Rozwiązania takie umożliwią ich transport przez każdego żołnierza oraz rozłożenie w każdych warunkach. Możliwość praktycznego wykorzystania ogniw fotowoltaicznych warunkuje zastosowanie akumulatorów magazynujących wytworzoną przez nie energię elektryczną. Ze względu na duże rozmiary stosowanych obecnie paneli oraz stosunkowo małe moce uzyskiwane z jednostki powierzchni, jak również zależność wytwarzania energii od pogody, pory dnia i pory roku (szczególnie w szerokościach geograficznych, w których leży Polska) ogniwa fotowoltaiczne na większą skalę mogą być wykorzystane głównie jako dodatkowe lub awaryjne źródło energii elektrycznej.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie nowoczesnych źródeł zasilania
Nazwa technologii	Technologie fotowoltaiczne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– możliwość zasilania pojedynczego żołnierza– wysoka modułowość – możliwość wykorzystania w asortymencie wojskowym, np. plecakach, umundurowaniu, namiotach– możliwość zasilania urządzeń w przypadku awarii zasadniczych źródeł zasilania
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2031
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

10.1.2. Ogniwa paliwowe

Technologia ogniw paliwowych jest jedną z najbardziej obiecujących przyszłościowych technologii generowania energii. Polega ona na bezpośredniej zamianie energii wiązań chemicznych paliwa w energię elektryczną na drodze reakcji chemicznych, głównie utleniania. W odróżnieniu od ogniw galwanicznych (akumulatory, baterie), w których energia wytwarzanego prądu musi zostać wcześniej zgromadzona wewnątrz tych urządzeń, ogniwa paliwowe nie muszą być wcześniej ładowane. W przypadku ogniw galwanicznych ładowanie może być procesem trwającym wiele godzin, a ogniwa paliwowe są gotowe do pracy po krótkim czasie wymaganym do nagrzania. Zaletą ogniw paliwowych jest niewielkie zanieczyszczenie powietrza, które one powodują. Powstające w nich spaliny składają się wyłącznie z obojętnej dla środowiska pary wodnej. Do najbardziej rozpowszechnionych ogniw paliwowych należą ogniwa wodorowe. Kierunek rozwoju ogniw paliwowych bazuje na redukcji kosztów ich wytwarzania, poprawie trwałości oraz możliwości wykorzystania jako paliwa zróżnicowanych nośników energii, takich jak wodór, gaz ziemny, metanol, gaz syntezowy, skroplony gaz płynny (ang. Liquefied Petroleum Gas – LPG), skroplony gaz ziemny (ang. Liquefied Natural Gas – LNG), biogaz i inne. Dalsze działania w tym zakresie wymagają zaawansowanej wiedzy w wielu dziedzinach i interdyscyplinarnego podejścia.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie nowoczesnych źródeł zasilania
Nazwa technologii	Ogniwa paliwowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość alternatywnego źródła energii dla elementów infrastruktury polowej oraz jednostek napędowych SpW – ograniczenie zapotrzebowania na paliwa węglowodorowe
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

10.2. Magazynowanie energii

Rozwój technologii magazynowania energii elektrycznej jest bardzo ważnym aspektem transformacji energetyki. Obecnie najbardziej rozpowszechnione jest magazynowanie energii za pomocą baterii litowo-jonowych, które posiadają krótki cykl życia, a ich dostępność prawdopodobnie będzie ograniczona wraz ze spadkiem dostępu do światowych zasobów litu. Z tego względu ważny jest rozwój innych sposobów magazynowania energii, aby w przyszłości mogły one w pełni zastąpić ogniwa litowo-jonowe. Jedną z takich technologii są superkondensatory. Są nimi ładowalne magazyny energii, które nie wymagają reakcji chemicznych do jej przechowywania. Mają bardzo dużą pojemność w porównaniu z ich tradycyjną alternatywą w postaci kondensatorów. Superkondensatory magazynują mniej energii niż baterie o podobnej wielkości. Są one jednak w stanie uwalniać swoją energię znacznie szybciej, ponieważ wyładowanie nie jest zależne od zachodzącej reakcji chemicznej. Istotną zaletą superkondensatorów jest także możliwość zasilania ich dużą liczbą cykli ładowania przy niewielkiej lub braku degradacji. Wynika to z tego, że podczas ładowania nie dochodzi do żadnych zmian fizycznych ani chemicznych. Z tego powodu superkondensatory są często używane w zastosowaniach wymagających wielu szybkich cykli ładowania/rozładowania. Superkondensatory mogą być również zastosowane jako awaryjne

źródła zasilania, podtrzymujące pracę całego systemu. Służą także do oszczędzania energii w pojazdach, pozwalając wyłączyć silnik po zatrzymaniu i następnie błyskawicznie go uruchomić. Technologia superkondensatorów jest ciągle rozwijana. W najbliższej przyszłości możliwe jest wykorzystanie ich do poprawy parametrów innych urządzeń magazynujących energię, np. do zwiększenia gęstości mocy uzyskiwanej z baterii, co docelowo może doprowadzić do całkowitego zastąpienia akumulatorów w wybranych zastosowaniach wojskowych. Powyższe warunkuje opracowaniem nowych innowacyjnych struktur materiałowych umożliwiających zwiększenie poziomu magazynowania energii przez superkondensatory.

W ramach technologii magazynowania energii nie mniej ważnym kierunkiem rozwoju są tekstylia wytwarzające energię, które mogą zostać wykorzystane do zasilania drobnych urządzeń elektrycznych, np. elementów wyposażenia indywidualnego żołnierza.

Kolejnym sposobem umożliwiającym odejście od baterii litowo-jonowych jest rozwijanie technologii baterii cynkowo-powietrznych. Mogą one magazynować znacznie więcej energii niż najlepsze stosowane obecnie baterie litowo-jonowe i będą stanowiły alternatywę do zastosowania w różnych branżach przemysłu ze względu na eliminację metali szlachetnych (platyna, ruten, iryd) i surowców krytycznych (lit, grafit). Baterie mogą być także konkurencyjne ze względu na potencjalne koszty wytworzenia. Koszt produkcji baterii cynkowo-powietrznych mógłby być potencjalnie niższy niż produkcja najtańszych aktualnie akumulatorów kwasowo-ołowiowych. Należy zauważyć, że światowe złoża cynku są szacowane na 300 razy większe niż litu.

Pomimo planowanego powolnego odejścia od ogniw litowo-jonowych zgodnie z prognozami w najbliższych latach spodziewany jest przełom technologiczny i wprowadzenie do masowego zastosowania akumulatorów litowo-jonowych o elektrolicie stałym, w których gęstość energii powinna znacznie wzrosnąć. Równoległe prowadzone są prace nad zastosowaniem innych pierwiastków (magnez, lit) i dodatków zwiększających pojemność elektryczną oraz stabilność chemiczną. Wysoka energia stwarza jednak niebezpieczeństwo gwałtownego wzrostu temperatury lub nawet zapłonu podczas jej szybkiego uwalniania. W celu zapewnienia bezpiecznej eksploatacji wysokoenergetycznych akumulatorów konieczne jest zaprojektowanie układów elektronicznych zabezpieczających pracę ogniw we wszystkich trybach pracy oraz informujących użytkownika o ich stanie. Akumulatory o dużej pojemności należy koniecznie dodatkowo wyposażać w wydajne systemy chłodzenia. Nowoprojektowane chemiczne źródła zasilania muszą także spełniać coraz bardziej rygorystyczne przepisy ochrony środowiska.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Źródła zasilania i technologie magazynowania energii
Nazwa technologii	Technologie magazynowania energii
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> - zwiększenie skuteczności w zakresie awaryjnych systemów zasilania - zwiększenie oszczędności energetycznych - zwiększenie efektywności termicznej SpW, np. elektryczne ogrzewanie pojazdu podczas postoju - zmniejszenie sygnatury cieplnej SpW
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	9 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

10.2.1. Wiązanie wodoru w wodorkach metali

Magazynowanie energii w postaci wodoru w różnych formach może mieć kluczowe znaczenie dla zdolności bojowych SZRP. Wodór może służyć jako nośnik energii, który za pomocą ogniwa paliwowego może być zamieniany na energię elektryczną ze sprawnością wynoszącą powyżej 60 proc. Ze względu jednak na swoje cechy charakterystyczne możliwe jest wykorzystanie tego paliwa nie tylko jako zasilania. Wodorki metali pozwalają także na znaczące zwiększenie funkcjonalności (względem tylko wytwarzania energii elektrycznej) układu na nich opartego. Dzięki temu, że reakcja napełniania zbiornika jest silnie egzotermiczna (wydzielane jest ciepło), a opróżniania silnie endotermiczna (ciepło jest pochłaniane z otoczenia), podobnie jest w przypadku samych ogniw paliwowych, które podczas pracy wytwarzają energię cieplną. Układy takie mogą być stosowane jako przenośne i stacjonarne źródła ciepła i chłodu w skali od pojedynczego żołnierza do całych budynków, układy stabilizujące temperaturę, bezgłośne (bez elementów ruchomych) pompy ciepła, a także sprężarki wodoru (do 800 barów). Zasobniki zawierające wodór związany fizykochemicznie ze strukturą metaliczno-węglową charakteryzować się będą nieznaczną masą własną, co umożliwi wykorzystanie ich w wyposażeniu indywidualnego pakietu żołnierza. Zbiorniki takie będą mogły pracować bezawaryjnie w bardzo niskich temperaturach, nie niosąc ryzyka pożarowego/poparzenia żołnierza w przypadku uszkodzenia bądź rozszczelnienia obudowy. Zbiorniki wodoru mogą stanowić magazyny energii wytwarzanej z odnawialnych lub nieodnawialnych źródeł energii o pojemności od pojedynczych watogodzin do megawatogodzin.

Istotnym ograniczeniem rozwoju technologii wykorzystania wodoru jako źródła energii jest problem jego magazynowania, co dotyczy zwłaszcza zastosowań mobilnych. Przenośny zasobnik wodoru – lekki i o możliwie dużej gęstości upakowania wodoru – może mieć kluczowe znaczenie dla zdolności bojowych SZ RP. Energia zmagazynowana w postaci wodoru może zostać zamieniona w prąd elektryczny za pomocą ogniwa paliwowego z wydajnością przewyższającą 80 proc. Ważne podkreślenia jest to, że w przeciwieństwie do akumulatorów przechowujących energię w postaci elektrycznej (ołowiowych, litowo-jonowych czy superkondensatorów) taki wodorowy zasobnik energii nie ulega procesowi samorozładowania (starzenia), a zatem jest gotowy do użycia nawet po bardzo długim czasie, zachowując pierwotną ilość zgromadzonej energii. Biorąc pod uwagę obecny stan wiedzy i osiągnięć w tym obszarze badawczym, szczególne znaczenie i potencjał aplikacyjny mają technologie wiązania wodoru w wodorkach metali i hybrydowych układach metal-węgiel.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Magazynowanie energii
Nazwa technologii	Magazynowanie energii w postaci wodoru związanego odwracalnie w wodorkach metali
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie zasięgu pojazdów pływających zasilanych elektrycznie – bezgłośne wytwarzanie energii elektrycznej – zwiększenie komfortu termicznego (grzanie lub chłodzenie) osób pracujących w słabo izolowanych pomieszczeniach lub pojazdach – bezgłośne utrzymywanie komfortu termicznego w budynkach – możliwość magazynowania znacznych ilości energii elektrycznej i/lub cieplnej – zmniejszenie emisji akustycznej pracy urządzeń np. do wykorzystania w bezałogowych statkach powietrznych
Początkowy PGT (Polska)	5
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat

Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe: NCBR (MON), badania w ramach konsorcjów międzynarodowych: EDF

10.3. Nowoczesne sposoby dystrybucji energii

10.3.1. Technologie specjalizowanych złączy dwukierunkowych

Nowoczesne sposoby dystrybucji energii elektrycznej, szczególnie wykorzystywanej przez pojazdy bezzałogowe i załogowe, mają na celu zastosowanie rozwiązań bazujących na dzieleniu się energią pomiędzy poszczególnymi platformami poprzez dedykowane i uniwersalne złącze elektryczne umożliwiające dwukierunkową transmisję energii elektrycznej pomiędzy pojazdami. Zakłada się, że wpłynie to na zwiększenie zasięgu lub czasu operacyjnego wykorzystania platform.

Nazwa bloku/ obszaru technologicznego	Nowoczesne sposoby dystrybucji energii
Nazwa technologii	Technologie specjalizowanych złączy dwukierunkowych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość dzielenia energii pomiędzy poszczególnymi platformami poprzez dedykowane i uniwersalne złącze elektryczne umożliwiające dwukierunkową transmisję energii elektrycznej pomiędzy pojazdami – zwiększenie zasięgu, czasu operacyjnego i mobilności szczególnie dla platform UxV – zwiększenie samowystarczalności energetycznej
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	8
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	5 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2027
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane z funduszy NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych (EDA, EDF, NATO)

10.3.2. Technologie bezprzewodowego przesyłania energii

Bezprzewodowe przesyłanie energii elektrycznej jest transmisją realizowaną bez materiałów przewodzących jako fizycznego łącza. W takim układzie urządzenie nadawcze wytwarza przemienne pole elektromagnetyczne przenoszące moc do urządzenia odbiorczego. Urządzenie odbiorcze pobiera moc z odbieranych fal i dostarcza ją do sieci elektrycznej. Technologia bezprzewodowego przesyłania energii jest szczególnie pożądana tam, gdzie tradycyjna sieć przewodów jest zbyt kosztowna lub technicznie skomplikowana do wykonania. Istniejące sposoby bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej dzieli się w zależności od odległości przesyłania na dwie kategorie: bliską i odległą. Metody transmisji bliskiej na odległość kilku metrów wykorzystują indukcyjne lub pojemnościowe sprzężenia między obwodami elektrycznymi i przekazują stosunkowo niewielkie moce. Rozwój technologii związany jest z umożliwieniem przesłania energii na odległość kilku kilometrów. Cel ten powinien zostać osiągnięty dzięki zastosowaniu elektromagnetycznego promieniowania mikrofalowego, charakteryzującego się prostoliniowym torem przesyłu między antenami i przekaznikami. Wykorzystanie technologii bezprzewodowego przesyłania energii w głównej mierze ma na celu uniezależnienie się od paliw kopalnych. Wymaga to jednak zweryfikowania skuteczności przedmiotowej technologii pod kątem strat energetycznych

podczas przesyłu oraz bezpieczeństwa użytkowania, mając na względzie możliwą ekspozycję żołnierzy na promieniowanie mikrofalowe.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Nowoczesne sposoby dystrybucji energii
Nazwa technologii	Technologie bezprzewodowego przesyłania energii
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość zasilania/ladowania urządzeń zewnętrznych wchodzących w skład ukończenia zestawów sprzętu wojskowego – przenośnych radarów oraz bezałogowych platform lądowych i powietrznych – zmniejszenie zapotrzebowania na konwencjonalne paliwa zasilające wojskowe urządzenia techniczne – zwiększenie autonomii działania ze względu na ograniczenie konieczności zapewnienia ciągłości zabezpieczenia materiałowego w tym względzie
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

10.4. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Rozwój technologii źródeł zasilania i technologii magazynowania energii jest uzależniony m.in. od osiągnięć w dziedzinie technologii materiałowych oraz systemów napędowych (hybrydowych oraz ogniów paliwowych), natomiast będzie wywierał wpływ na takie obszary jak:

- platformy autonomiczne,
- technologie kosmiczne,
- wysokoenergetyczne środki rażenia niekinetycznego,
- sensoryka,
- egzostroje.

11. Sensory

11.1. Sensory rozpoznania

11.1.1. Hiper-/multispektralne systemy obrazowania

Systemy multispektralne są systemami obrazowania zdolnymi do generowania do kilkunastu monochromatycznych/widmowych obrazów scenerii. Szerokopasmowe kamery multispektralne to systemy obrazowania zdolne do dostarczania obrazów w zakresie od pasma widzialnego do dalekiej podczerwieni. Zwykle są budowane poprzez połączenie kilku kamer czułych w wąskim zakresie (takich jak kamera termowizyjna, kamera VIS-NIR, kamera SWIR) z obrazem multispektralnym/hiperspektralnym VIS-SWIR (zdolnym do rejestrowania obrazów w dziesiątkach wąskich pasm widmowych).

Najnowsze doniesienia naukowe pokazują perspektywę zastosowania samoorganizujących się materiałów organicznych w przetwornikach elektrooptycznych do ekstrakcji informacji spektralnych w obrazowaniu hiper- i multispektralnym o bardzo dużej dynamice obrazowania.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory rozpoznania
Nazwa technologii	Hiper-/multispektralne systemy zobrazowania
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość zwiększenia zdolności rozpoznawczych – zwiększenie zdolności w zakresie detekcji, rozpoznania i identyfikacji obiektów w warunkach szczególnych (maskowanie etc.)
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2034
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

11.1.2. Technologie sensorów spektralnych, w tym laserowych (LiDAR)

Zapewnienie ochrony pasywnej platform wymaga zastosowania szerokiej gamy sensorów, które będą w stanie wykryć zagrożenie pochodzące z różnych źródeł w jak najkrótszym czasie. Z uwagi na wiele rodzajów sensorów istotne są działania skoncentrowane na poprawie jakości sensorów poprzez wykorzystanie nowych i sprawdzonych technologii (ang. Sensor Data Fusion). Szybki czas zadziałania oraz dokładne określenie parametrów, takich jak wysokość, azymut czy prędkość obiektu, wymagają zastosowania sensorów, które charakteryzują się minimalnym błędami w pomiarach, co będzie skutkowało dokładnym określeniem spodziewanego punktu przechwycenia.

Do aktywnej ochrony platform można zastosować technologię sensorów spektralnych. Sensory spektralne jako nośnik informacji o badanym obiekcie wykorzystują promieniowanie elektromagnetyczne. Ze względu na pochodzenie rejestrowanego promieniowania sensory dzielimy na dwie grupy: pasywne i aktywne. Sensory pasywne rejestrują promieniowanie od istniejących źródeł, natomiast sensory aktywne emitują własną energię, która wchodzi w interakcję z badanymi obiektami i powraca do sensora.

LiDAR jest dynamicznie rozwijającą się technologią, która wciąż ewoluje pod względem mocy, dokładności i szybkości. Laserowe czujniki odległości mierzą odległości i pozwalają na wykonywanie pomiarów na dużych odległościach. Te czujniki odległości

działają na zasadzie Time-of-Flight (ToF), co oznacza, że czujnik emituje wiązkę laserową i odbiera od niej odbicie. Czas, który upływa pomiędzy wysłaniem a odebraniem światła laserowego, zapewnia, że laserowy czujnik może określić odległość. Większość najnowszych osiągnięć w technologii LiDAR ma na celu zwiększenie częstotliwości powtarzania impulsów albo dla pojedynczego skanera, albo poprzez jednoczesną pracę dwóch skanerów. Poza wyższymi częstotliwościami powtarzania aplikacje LiDAR będą wymagały laserów o większej mocy przy zachowaniu jakości wiązki bliskiej ograniczeniu dyfrakcyjnemu w celu osiągnięcia wyższych wysokości i szybkości akwizycji. Ponadto krótsze czasy trwania impulsu (~1 ns) będą niezbędne do osiągnięcia wyższej precyzji.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory rozpoznania
Nazwa technologii	Technologie sensorów spektralnych, w tym laserowych (LiDAR)
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie prędkości reakcji i szybsza neutralizacja zagrożenia
Początkowy PGT (Polska)	5
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2029
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF.

11.1.3. Sensory pasma VIS

Optyczny sensor pasma VIS (380–760 nm) jest urządzeniem, które przetwarza informację o obiekcie na sygnał użyteczny analitycznie. Wiązka światła (promieniowania) przenoszona jest między elementami sensora za pomocą układu optycznego. Głównym źródłem tego promieniowania jest Słońce. Żarowe źródła promieniowania charakteryzują się ciągłym rozkładem widmowym. Natomiast rezonatorowe i luminescencyjne źródła promieniowania charakteryzują się z reguły nieciągłym (dyskretnym) rozkładem widmowym. Widmo słoneczne, szczególnie w jego krótkofalowej części, charakteryzuje się rozkładem dyskretnym spowodowanym absorpcją poszczególnych długości fali przez pierwiastki występujące w otoczeniu Słońca.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory rozpoznania
Nazwa technologii	Sensory pasma VIS
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności rozpoznawczych w dobrych warunkach oświetleniowych
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	4 lata
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2029
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

11.1.4. Sensory pasma UV

Sensory pasma UV służą do wykrywania promieniowania ultrafioletowego o długości fali poniżej 280 nm. Urządzenia obrazujące tego typu są niewrażliwe na światło słoneczne z powodu niewielkiej czułości w zakresie widzialnym i bliskiego UV.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory rozpoznania
Nazwa technologii	Sensory pasma UV
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności rozpoznawczych, w szczególności materiałów i tworzyw
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

11.1.5. Chłodzone i niechłodzone detektory IR

Obrazowanie w paśmie podczerwieni do 14 μm pozwala na rejestrację promieniowania ciepłego emitowanego przez ciała fizyczne w przedziale temperatur spotykanych w warunkach codziennych, bez konieczności oświetlania ich zewnętrznym źródłem światła, a w niektórych rozwiązaniach na dokładny pomiar temperatury tych obiektów. Przykładowo maksimum rozkładu promieniowania emitowanego przez spaliny myśliwca (temperatura ok. 526°C) przypada na długość fali ok. 3,6 μm (średnia podczerwień). Ciała o temperaturze zbliżonej do temperatury pokojowej emitują najsilniej przede wszystkim w dalekiej podczerwieni. Promieniowanie emitowane przez ludzkie ciało osiąga wartości szczytowe przy długości fali między 9 a 10 μm . Głównym elementem, który rejestruje promieniowanie podczerwone pochodzące od obserwowanych obiektów, jest matryca detektorów podczerwieni, która przetwarza odbierane promieniowanie na sygnał elektryczny. Podobnie jak w zakresie widzialnym, również w podczerwieni istnieje możliwość rejestrowania obrazów wielospektralnych. Detektory specjalnej konstrukcji są w stanie jednocześnie wykrywać promieniowanie w zakresie bliskiej, średniej oraz dalekiej podczerwieni. Pojedyncze detektory podczerwieni znajdują natomiast zastosowanie w spektrometrii, w tym w monitorowaniu jakości powietrza, składu spalin, detekcji niebezpiecznych substancji, wykonywaniu analiz składu chemicznego itp. Technologia wytwarzania i konstrukcji tego typu urządzeń zazwyczaj wymaga zewnętrznego chłodzenia. Rozwój nowych typów detektorów pracujących bez konieczności silnego chłodzenia (mowa tu o detektorach pracujących w temperaturze otoczenia lub chłodzonych przy użyciu np. chłodziarek termoelektrycznych), o znacznie lepszych parametrach detekcyjnych, daje możliwość obniżenia kosztów produkcji urządzeń, lecz również zwiększa funkcjonalność ich zastosowań (zwłaszcza militarnych, w których chłodzenie kriogeniczne jest niemożliwe lub bardzo utrudnione).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory rozpoznania
Nazwa technologii	Chłodzone i niechłodzone detektory IR
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności rozpoznawczych i bojowych w warunkach szczególnych (niski poziom oświetlenia) oraz do zastosowań specjalnych (detekcja ciepła)
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6

Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

11.1.6. Sensory SAR

System obrazowania radarowego składa się z nadajnika, odbiornika, anteny i bloku elektronicznego do przetwarzania i zapisywania danych. Obrazowanie radarowe polega na „bombardowaniu” powierzchni terenu seriami milionów krótkich impulsów mikrofalowych i odbiorze echa po odbiciu od obiektu. Nadajnik generuje sukcesywnie serie impulsów w stałych interwałach, które antena formuje w wiązkę i oświetla nią powierzchnię ukośnie do linii pionu, a jednocześnie prostopadle do linii lotu platformy nośnej (samolotu lub satelity). Ta sama antena odbiera część transmitowanej energii odbitej w jej kierunku przez oświetlane wiązką obiekty terenowe, nazywaną również energią rozproszoną wstecznie (ang. backscattered energy), mierząc czas, w jakim powraca każde echo wyemitowanego impulsu. Na podstawie czasu oraz znanej prędkości propagacji fali radarowej oblicza się drogę między radarem i obiektem, a więc lokalizuje miejsce odbicia fali w kierunku zasięgu (ang. in range).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory rozpoznania
Nazwa technologii	Sensor SAR
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie możliwości pozyskania zobrażeń w warunkach szczególnych, takich jak: zachmurzenie, ograniczona widoczność, maskowanie – możliwość korzystania z dodatkowych aplikacji (interferometria, radarogrametria, CCD etc.)
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

11.2. Sensory elektromagnetyczne

11.2.1. Sensory radiolokacyjne

Najistotniejsze są sensory radiolokacyjne, które wykorzystują systemy antenowe używane do obserwacji przestrzeni powietrznej, tworzenia map i geomap, obserwacji obiektów ukrytych za przeszkodami oraz wykrywania niejednorodności w gruncie. Działania takie pozwalają na przygotowanie się na kontakt z „ukrytym” niebezpieczeństwem lub minimalizowanie jego skutków. Rozwój technologii sensorów i urządzeń radiolokacyjnych powinien zwiększyć ich możliwości w zakresie zasięgu i skuteczności wykrywania.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory elektromagnetyczne
Nazwa technologii	Sensory radiolokacyjne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie świadomości sytuacyjnej – zwiększenie przeżywalności siły żywej i platform – zwiększenie zdolności do rozpoznania i skutecznego rażenia
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

11.2.2. Sensory optyczne

Zasada działania sensorów optycznych polega na przekształcaniu sygnału optycznego w elektryczny. Widmowy zakres pracy obserwacyjnych urządzeń optoelektronicznych obejmuje zakres widzialny promieniowania elektromagnetycznego, tj. fale o długości 790–390 nm i częstotliwości w zakresie 4–8 10¹⁴ Hz. Do urządzeń stosowanych w systemach obserwacyjnych mających zastosowanie w technice wojskowej należy zaliczyć: kamery i noktowizory wykorzystujące różnego rodzaju matryce. Nasylenie SpW sensorami mało wrażliwymi na warunki środowiskowe, o niskim zapotrzebowaniu na energię w znacznym stopniu wpłynie na wzrost świadomości sytuacyjnej na wielu płaszczyznach operacji.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory elektromagnetyczne
Nazwa technologii	Sensory optyczne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie świadomości sytuacyjnej – zwiększenie przeżywalności siły żywej i platform – zwiększenie zdolności do rozpoznania i rażenia
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	5 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

11.2.3. Sensory termowizyjne

Promieniowanie podczerwone jest nazywane również ciepłym lub termalnym. Każde ciało o temperaturze większej od zera bezwzględnego emituje takie promieniowanie. Przedmioty o wyższej temperaturze emitują promieniowanie o większym natężeniu i mniejszej długości, co pozwala na zdalny pomiar ich temperatury i obserwację za pomocą urządzeń rejestrujących. Technika rejestracji promieniowania podczerwonego emitowanego przez obiekty o temperaturach spotykanych w codziennych warunkach to termowizja. Umożliwia ona zobrazowanie obiektów w ciemności oraz pomiar temperatury w poszczególnych punktach ich powierzchni. Rozwój sensorów wykrywających ten typ promieniowania znacznie wzbogaci zastosowania w transmisji danych w światłowodach i układach zdalnego sterowania. Każde urządzenie posiadające silnik emituje charakterystyczne dla siebie promieniowanie ciepłe, co może być wykorzystane do jego identyfikacji i wykrycia, a także do pozoracji. Czułość

i odporne na warunki środowiskowe sensory termowizyjne pozwalające wychwycić małe gradienty promieniowania w stosunku do tła w znacznym stopniu wpływają na systemy rozpoznawcze i rażenia.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory elektromagnetyczne
Nazwa technologii	Sensory termowizyjne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie świadomości sytuacyjnej na polu walki – zwiększenie przeżywalności platform – zwiększenie średniej długości życia platform – zwiększenie zdolności maskowania i pozoracji działań
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

11.2.4. Anteny szerokopasmowe

Anteny szerokopasmowe są to anteny charakteryzujące się współczynnikami wydajności (wzorzec promieniowania, impedancja wejściowa), które mogą zmieniać się w dopuszczalnych granicach w szerokim zakresie częstotliwości bez rekonstrukcji. Anteny dipolowe oraz anteny rombów są używane jako anteny szerokopasmowe w pasmach fal metrowych i dekametrowych. Anteny tubowe i spiralne są stosowane jako anteny szerokopasmowe w pasmach centymetrowych i decymetrowych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory rozpoznania
Nazwa technologii	Anteny szerokopasmowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie zdolności wykorzystania systemów WRE – zwiększenie zdolności do rozpoznania radiolokacyjnego
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	4 lata
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2029
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

11.3. Biosensory

Biosensory (in vitro/ex vitro) są zintegrowanymi urządzeniami analitycznymi, zawierającymi element biologiczny służący do pomiaru procesów biologicznych (immunologiczne, ciśnieniowe, termiczne itp.) lub biochemicznych i przetwarzającymi je na sygnał możliwy do detekcji (np. sygnał elektryczny). Biosensory znajdują także zastosowanie w detektorach skażeń biologicznych. Ponadto przewiduje się wykorzystanie biosensorów (np. nanoczuJNIKÓW) wbudowanych w inteligentną odzież do wykrywania czynników CBRN. Biosensory wspomagają monitorowanie leczenia, parametrów życiowych człowieka, a także mogą być wykorzystywane do pomiaru poziomu stresu fizjologicznego lub poznawczego (np. poprzez tatuaże szybkiego zastosowania). Pozyskane technologie mają

na celu opracowywanie nowych, tańszych, mniejszych i wytrzymalszych bioczuJNIKÓW. Przedmiot zainteresowania badań nad biosensorami wykracza daleko poza optymalizację materiału czujnikowego, wprowadzając umiejętność autonomicznego podejmowania decyzji i działania – tzw. inteligentnego wyczuwania. Badania w tym obszarze obejmują zastosowanie: konstrukcji materiałów czujników wykorzystujących nanorurki węglowe, nanodruTY polimerowe i krzem porowaty, a także macierze mikroelektrod komórek nerwowych do tworzenia nowych przetworników i bioczuJNIKÓW fizjologicznych. Perspektywiczne jest także zastosowanie przetworników z falą akustyczną w konstrukcji biosensorów. Biosensory rewolucjonizują przede wszystkim diagnostykę oraz opiekę medyczną, ale znajdują również zastosowanie w wielu innych dziedzinach np. ochronie środowiska, produkcji żywności oraz w walce z bioterroryzmem.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory
Nazwa technologii	Biosensory
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie możliwości predykcyjnej opieki i diagnostyki poszkodowanych na polu walki – umożliwienie prowadzenia pomiarów gotowości operacyjnej żołnierzy, w tym w czasie rzeczywistym (np. przetrenowania, niedoborów żywieniowych, wydolności krążeniowo-oddechowej, immunokompetencji czy uszkodzeń mięśniowo-szkieletowych) – możliwość oceny narażenia żołnierzy na działanie czynników CBRN – możliwość monitorowania stanu żołnierza w czasie rzeczywistym (lub zbliżonym do rzeczywistego) – zwiększenie optymalizacji wydajności indywidualnej i zespołowej na poziomie taktycznym – zwiększenie zdolności w zakresie diagnostyki i reakcji bezpośrednio na polu walki na syntetyczne lub naturalne patogeny, chemikalia, a także monitorowanie w czasie rzeczywistym opcji leczenia – możliwość monitorowania parametrów życiowych, np. stosowanie markerów nowotworowych, biosensorów umożliwiających potwierdzenie obecności wirusów i innych patogenów w organizmie żołnierzy
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	7
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

11.4. Sensory detekcji i identyfikacji skażeń

Współczesne technologie wykrywania i identyfikacji skażeń powinny zapewniać możliwość zautomatyzowanego ostrzegania wojsk przed skażeniami chemicznymi, biologicznymi czy promieniotwórczymi. Systemy detekcji powinny pracować w sposób ciągły i bez ingerencji człowieka, także w sieciach rozpoznania skażeń, zapewniając wykrycie potencjalnych zagrożeń ze znacznej odległości. Obecnie coraz bardziej rozwijane są systemy zdalnego wykrywania skażeń oparte na środkach lotniczych (pilotowe lub bezpilotowe) oraz

przenośnych lub stacjonarnych zautomatyzowanych systemach wykrywania skażeń, wykorzystujące detektory optoelektroniczne, laserowe czy termiczne. Potencjalnym źródłem informacji o skażeniach powinny być zarówno stacjonarne, jak i mobilne automatyczne stacje rozpoznania skażeń oraz laboratoria analityczne mające zdolności przyjmowania, archiwizowania i przesyłu danych o skażeniach BMR, identyfikację użytych środków oraz ocenę obszaru skażenia, w celu wypracowania danych o sytuacji skażeń. Nowoczesne systemy zdalnego rozpoznawania skażeń powinny opierać się na środkach automatycznych typu lidar, BSP lub ich połączeń: BSP z lidarem czy robot z lidarem wyposażonych w zestaw czujników do wykrywania i identyfikacji skażeń, pozwalające na detekcję skażeń w czasie rzeczywistym. Wykorzystanie środków i możliwości OPBMR wymaga elastyczności, mobilności, szybkiego rozmieszczenia jej sił i środków, a priorytetem powinno być zarządzanie pozyskaną informacją CBRN.

Analiza potencjalnych zagrożeń współczesnego pola walki ze względu na postępujący proces proliferacji broni masowego rażenia (BMR) wskazuje na potrzebę rozwijania nie tylko technologii zapewniających zdalne wykrywanie skażeń, ale też bezpośrednie rozpoznanie uwolnienia środków chemicznych, biologicznych czy promieniotwórczych oraz pobranie próbek w celu identyfikacji tych środków. Rozwijane technologie powinny zapewniać wstępną identyfikację skażeń oraz zautomatyzowane pobieranie próbek materiałów podejrzanych o obecność skażeń i ich bezpieczny transport do mobilnych laboratoriów i/lub certyfikowanych laboratoriów, lub obróbkę i analizę próbek na miejscu pobrania.

Technologia detektorów wykorzystujących spektrometrię ruchliwości jonów polega na analizie widma uzyskiwanego w wyniku oddziaływania pola elektrycznego na jony powstające w komorze spektrometru. Problematyka wykrywania bojowych środków trujących wynika z ich właściwości, głównie z niskiej prężności par, wysokiej adhezji oraz stabilności cząsteczek tych substancji. Ta ostatnia właściwość jest szczególnie istotna, ponieważ zastosowanie środka V_x o wysokim stopniu czystości chemicznej nie pozwala na uzyskanie wystarczającego stężenia jonów w spektrometrze, aby uzyskać sygnał analityczny. Zwiększenie fragmentacji cząsteczek V_x jest zatem szczególnie istotnie w przypadku tego typu detektorów.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory
Nazwa technologii	Sensory detekcji i identyfikacji skażeń
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> - zwiększenie bezpieczeństwa związanego z rozpoznaniem skażeń - zwiększenie dokładności wstępnej identyfikacji skażeń - modernizacja systemu ostrzegania i alarmowania o skażeniach - zastosowanie technologii w detektorach stacjonarnych i przenośnych – zarówno dla operatora indywidualnego, jak i dla zabezpieczenia teatru działań - zwiększenie przeżywalności żołnierzy w czasie ataku chemicznego - minimalizacja zagrożeń chemicznych na teatrze działań - pionierska metoda detekcji na forum NATO
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat

Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

11.5. Detektory maskowania wielozakresowego

Nieprzerwana obserwacja i rozpoznanie za pomocą różnych zaawansowanych detektorów multispektralnych stanowią zagrożenie dla SpW i personelu. Połączenie detektorów działających w różnych pasmach długości fali (od setek nanometrów do centymetrów) opartych na różnych zasadach działania stanowi wyzwanie dla konwencjonalnych urządzeń maskujących. W nowoczesnych zastosowaniach wojskowych i cywilnych technologia kamuflażu ma na celu ukrycie sygnatur obiektów i uczynienie ich niewidocznymi dla potencjalnych zagrożeń. Konwencjonalny kamuflaż jest ograniczony tylko do określonego zakresu spektralnego np. widzialnego, średniej podczerwieni lub mikrofal.

Kamuflaż wielospektralny zależy do zasad detekcji w różnych pasmach długości fali, a wykrywalność widma fal jest ściśle związana z przepuszczalnością fal elektromagnetycznych o tej długości przez atmosferę. Zadania stawiane przed technologiami maskowania wielozakresowego to: niska emisyjność MIR (ang. Mid Wavelength Infrared) w zakresie 3-5 μm i LIR (ang. Long Wavelength Infrared) w przedziale 8–14 μm , charakterystyczne odbicie w zakresie widzialnym 380–780 nm, wysoka absorpcja w paśmie radaru mikrofalowego 8–12 GHz oraz wysoka absorpcja przy długości lasera (1,55 μm i 10,6 μm).

Połączenie właściwości zaawansowanych detektorów działających w różnym zakresie fal tworzy skuteczny środek niwelujący działanie kamuflażu wielospektralnego.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory
Nazwa technologii	Detektory maskowania wielozakresowego
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności przetrwania i ochrony personelu i SpW
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2029
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

11.6. Małogabarytowe stacje radiolokacyjne pozwalające na szybkie i niezawodne wykrycie i identyfikację zagrożeń ze strony pocisków przeciwpancernych

Technologie radiolokacji, w tym zastosowanie radarów, istotne są w zastosowaniach aktywnej ochrony platform z uwagi na ocenę prawdopodobieństwa wykrycia celu, niski poziom fałszywych alarmów oraz minimalny wpływ warunków atmosferycznych na działanie systemu. Zasięg pracy radaru powinien być skorelowany z własnościami i przeznaczeniem systemu aktywnej ochrony. Nie ma potrzeby posiadania radaru o jak największym zasięgu. Istotniejszymi parametrami są prawdopodobieństwo wykrycia potencjalnych pocisków przeciwpancernych, dokładność określania położenia celu oraz czas potrzebny do wykrycia i określenia parametrów nadlatującego pocisku. Minimalizacja czasu potrzebnego do wykrycia celu wymaga zastosowania w nowych radarach płaskich anten fazowych lub układu kilku takich anten w celu zapewnienia pełnego pokrycia (360°) przeszukiwania przestrzeni wokół

platformy. Pasma pracy radaru powinno zapewnić uzyskanie wymaganej rozdzielczości i dokładności pomiaru parametrów celu na poziomie ok. 1 m. Wykorzystywanie wyższego pasma pracy pozwala na stosowanie mniejszych anten radaru oraz wymaga mniejszych energii generowanych podczas impulsu radarowego. Rozwiązania systemowe zakładają w większości, że radary pracują w paśmie X lub K. Sensory radarowe posiadają możliwość identyfikacji wykrytych obiektów i klasyfikacji stopnia stwarzanego zagrożenia (np. niekolizyjny tor lotu) przez pociski przeciwpancerne, wobec których system aktywnej obrony ma być skuteczny. Jednocześnie systemy są niewrażliwe na sygnały pochodzące od innych obiektów jak np. amunicja małokalibrowa.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory
Nazwa technologii	Małogabarytowe stacje radiolokacyjne pozwalające na szybkie i niezawodne wykrycie i identyfikację zagrożeń ze strony pocisków przeciwpancernych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie zdolności w zakresie rozpoznania oraz wykrywania zagrożeń – zwiększenie zdolności wykrywania zagrożeń – zwiększenie zdolności w zakresie wskazywania celów
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2029
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

11.7. Technologie prowadzenia obserwacji w zdegradowanym środowisku wizualnym

Rozwój technologii obserwacji w zdegradowanym środowisku (ang. Degraded Visual Environment – DVE) ma na celu wsparcie procesu rozpoznania w różnych pasmach i technikach obserwacji (VIS, LWIR, MWIR, SWIR, UV) w trudnych warunkach środowiskowych (naturalnych: mgła, deszcz, poziom nasłonecznienia, refleksy, pora dnia; sztucznych lub intencjonalnych: zapylenie, dym, kurz itp.). Poprzez zastosowanie nowych filtrów, algorytmów eliminacji szumów, fuzji i prezentacji zobrazowań z różnych pasm oraz narzędzi do oceny zachowania funkcjonalności opracowane rozwiązania mają zapewnić zoptymalizowane możliwości pracy sensorów przy zmiennych warunkach, a także określić ich podatność na jakość i wydajność w zdegradowanym środowisku wizualnym.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sensory
Nazwa technologii	Technologie prowadzenia obserwacji w zdegradowanym środowisku wizualnym
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie jakości i dokładności systemów obserwacji w różnych i zmiennych warunkach środowiskowych
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

11.8. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Budowanie świadomości sytuacyjnej na współczesnym polu walki wymaga wykorzystania informacji płynących z szerokiego spektrum systemów rozpoznania i czujników. Rozwój technologii sensorycznych będzie wpływał również na przyszłość platform autonomicznych, stopień ochrony i przetrwania wojsk oraz skuteczność prowadzenia działań w ramach walki radioelektronicznej. Szereg specjalizowanych sensorów wykorzystywany jest również w domenie kosmicznej, zarówno na platformach orbitujących, jak i naziemnych stacjach obserwacji obiektów znajdujących się w kosmosie.

Wpływ na postęp w dziedzinie czujników mają przede wszystkim osiągnięcia i odkrycia w technologiach materiałowych oraz produkcji układów i podzespołów elektronicznych. W przypadku sensorów autonomicznych przeznaczonych do pracy w warunkach izolacji od wojsk własnych pożądanym będzie wykorzystanie wydajnych źródeł zasilania oraz magazynowania energii.

12. Nowe systemy rażenia

12.1. Technologie rażenia niekinetycznego

Technologie rażenia niekinetycznego to systemy energii skierowanej (wiązkowej) mające na celu niekinetyczne i nieśmiercionośne oddziaływanie (efekt: parzący, laserowy, oślepienia (oślepienia), psychologiczny) na siłę żywą (ludzi), niekinetyczne rażenie sprzętu wojskowego oraz obiektów infrastruktury wyposażonych w komponenty elektroniczne. Wyróżnić można:

- broń wiązkową (energia skierowana) – energia pola elektromagnetycznego (m.in. wysokomocowy impuls elektromagnetyczny lub mikrofalowy) wykorzystywana do rażenia nieśmiercionośnej siły żywej oraz czasowego i/lub trwałego wyeliminowania komponentów elektronicznych mających zastosowanie w SpW, jak i w obiektach infrastruktury krytycznej,
- laserowe systemy broni skierowanej energii oparte na laserowych systemach dużych mocy wyposażonych w systemy chłodzenia, zdolnych do rażenia pełnego spektrum środków napadu powietrznego, morskiego i lądowego,
- laserowe systemy broni nieśmiercionośnej – systemy optyczne oparte na oślepiaczach (oślepiaczach) laserowych, w pełnym spektrum widzialnym, w celu rażenia nieśmiercionośnego (krótkotrwałego, stałego) siły żywej (ich wykorzystanie jest związane z koniecznością opracowania laserów o odpowiedniej mocy widmie generacji (długości fali) oraz uzyskaniem odporności szkielek na punktowe nadtopienia, a także zastosowaniem odpowiedniego systemu odprowadzania ciepła),
- laserowe systemy broni skierowanej energii oparte na laserowych systemach dużych mocy wyposażonych w systemy chłodzenia, zdolnych do „oślepienia” detektorów i kamer (wprowadzenie w stan nasycenia) kierowanych pocisków służących do napadu powietrznego, morskiego i lądowego,
- wybuchowe generatory pola elektromagnetycznego zdolne do niszczenia komponentów elektronicznych mających zastosowanie w sprzęcie wojskowym, jak i w infrastrukturze krytycznej państwa, a w szczególności radarów.

Z technologiami rażenia niekinetycznego ściśle związane są również sposoby zabezpieczające przed działaniem energii skierowanej obejmujące zastosowanie odpowiednich absorberów odbiciowych, absorpcyjnych (budowlanych, kompozytów polimerowych), tablic, ekranów, filtrów, zabezpieczeń komponentów elektronicznych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Nowe systemy rażenia
Nazwa technologii	Technologie rażenia niekinetycznego
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zwiększenie zasięgu i niezawodności nieśmiercionośnych środków walki wraz ze zwiększeniem ich precyzji– zwiększenie zdolności w zakresie niszczenia środków łączności i radarów w głębi ugrupowania przeciwnika
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

12.2. Urządzenia inicjujące (zapalnikowe)

12.2.1. Urządzenia inicjujące materiały wybuchowe małowrażliwe

Na poziom strat bojowych we współczesnych konfliktach zbrojnych istotny wpływ ma rodzaj stosowanej amunicji. Zastosowanie technologii LOVA (małowrażliwe ładunki miotające i napędowe) oraz IM (małowrażliwe kruszące materiały wybuchowe) pozwala na znaczącą redukcję negatywnych następstw trafienia wozów bojowych przewożących amunicję. Jednak, aby amunicja elaborowana materiałami wybuchowymi o obniżonej wrażliwości była jednocześnie skuteczna i pewna w działaniu, wymaga stosowania w urządzeniach inicjujących (zapalnikach oraz zapałnikach) takich rozwiązań technicznych i materiałów wysokoenergetycznych, które będąc mniej wrażliwe na pobudzenie, będą jednocześnie w stanie przekazać odpowiednie impulsy inicjujące. Zastosowanie w amunicji wykorzystującej technologie LOVA i IM dotychczas stosowanych „zwykłych” urządzeń inicjujących nie pozwoli na uzyskanie wymaganej pewności pobudzenia środka bojowego ani nie zapewni wymaganego poziomu jego bezpieczeństwa.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Urządzenia inicjujące (zapalnikowe)
Nazwa technologii	Technologie urządzeń inicjujących materiały wybuchowe małowrażliwe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– możliwość inicjacji małowrażliwych ładunków miotających i napędowych oraz małowrażliwych, kruszących materiałów wybuchowych– zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa podczas eksploatacji i użycia środków bojowych
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	4 lata
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2026
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

12.2.2. Zapalniki zbliżeniowe

We współczesnych konfliktach zbrojnych największe straty zadawane są przez artylerię lufową oraz raketową. Dlatego też z punktu widzenia skuteczności prowadzonych działań bojowych i możliwości zabezpieczenia logistycznego operacji kluczową sprawą jest wprowadzanie takich technologii, które zwiększając efektywność oddziaływania na cel, zmniejszałyby jednocześnie liczbę amunicji potrzebnej do wykonania zadania bojowego. Środkiem do skokowej poprawy skuteczności amunicji artyleryjskiej jest zastosowanie zapalników zbliżeniowych, które użyte w amunicji artyleryjskiej pozwalają uzyskać znacznie większą strefę skutecznego rażenia, niż miałyby to miejsce w przypadku użycia zapalników kontaktowych lub czasowych. Uodpornienie zapalników zbliżeniowych na zakłócenia i cele pozorne pozwoli w krótszym czasie lub mniejszą liczbą dział wykonać zadanie bojowe albo zrealizować w tym samym czasie więcej zadań. Zastosowanie zapalników zbliżeniowych w pociskach przeciwlotniczych, precyzyjnie dostrojonych do wielkości głowicy, pozwoli na dalsze zwiększenie skuteczności tego typu amunicji, a użycie ich w innych aplikacjach (np. minach) umożliwi rażenie ściśle wyselekcjonowanego rodzaju celu i utrudni zwalczanie takich środków bojowych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Urządzenia inicjujące (zapalnikowe)
Nazwa technologii	Technologie zapalników zbliżeniowych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie skuteczności rażenia celów
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3 lata
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2025
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

12.2.3. Zapalniki czasowe i wielofunkcyjne

Zapalniki czasowe są podstawowym elementem inicjującym w artyleryjskiej amunicji kasetowej. Oprócz wysoce efektywnych podpocisków kumulacyjno-odłamkowych (Polska nie jest stroną konwencji o zakazie stosowania niektórych rodzajów amunicji kasetowej) kadłuby pocisków/głowic kasetowych mogą być elaborowane pomocniczymi ładunkami bojowymi (oświetlającymi, dymnymi, zakłócającymi itd.) lub wspomagającymi prowadzenie działań bojowych (np. agitacyjnymi). Jednak w szeregu przypadków dla danego środka bojowego istnieje potrzeba zastosowania różnych sposobów działania, aby możliwe było porażenie celów na różne sposoby. Dlatego też dla niektórych rodzajów amunicji zasadne jest opracowanie zapalników multifunkcyjnych, które pozwolą przy użyciu jednego zapalnika na uzyskanie różnych efektów działania rażącego. W tej liczbie oprócz funkcji czasowych (w tym programowanych dynamicznie dla pocisków typu ABM) można wymienić działanie kontaktowe, pobudzenie ze zwłoką czasową, działania zbliżeniowe oraz funkcjonowanie według specjalnie zaimplementowanego programu (np. dla min). Funkcje te, poprzez uzasadnioną ich agregację w ramach jednego zapalnika do określonego rodzaju amunicji bezpośrednio przyczyniają się do podniesienia efektywności jej rażenia. Kluczem do jej poprawy jest tu takie dobranie poszczególnych funkcjonalności w jednym zapalniku, aby pozwalały zmaksymalizować możliwe do uzyskania zdolności wynikające z potrzeb pola walki i z konstrukcji amunicji.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Urządzenia inicjujące (zapalnikowe)
Nazwa technologii	Technologie zapalników czasowych i wielofunkcyjnych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie efektywności rażenia danego wzoru amunicji
Początkowy PGT (Polska)	6/2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3–4 lata
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2026
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

12.2.4. Zapalniki modułów korekcji toru lotu

Oprócz donośności maksymalnej i wielkości strefy rażenia na efektywność amunicji artyleryjskiej wpływa precyzja prowadzonego ognia. Wraz ze zwiększeniem odległości strzelania powstały rozrzut pocisków sprawia, że znacząco wzrasta ilość amunicji potrzebnej do skutecznego porażenia celu. Zastosowanie modułów korekcji toru lotu pozwala ograniczyć

rozrzut pocisków do powierzchni nieprzekraczającej wielkości strefy rażenia – nawet na największych odległościach strzelania. Takie połączenie modułu korekcji toru lotu z klasycznym pociskiem pozwala na uzyskanie przezeń charakterystyk zbliżonych do amunicji precyzyjnej. Diametralnie mniejsze zużycie amunicji do realizacji zadania ogniowego umożliwi jego wykonanie szybciej i mniejszymi siłami (liczba dział i zaangażowanego potencjału logistycznego). Użycie tak uzbrojonej amunicji bardzo utrudnia kontrbaterijne oddziaływanie przeciwnika (krótki czas ostrzału) i jednocześnie, dzięki precyzji ognia, czyni niemalże niemożliwym wyjście spod uderzenia w czasie jego trwania (pociski atakują bezpośrednio otoczenie celu, a nie dalej położone od niego rejony). Pomimo wyższej ceny takich modułów względem innych typów zapalników koszt wykonania zadania mniejszym nakładem sił i środków jest znacząco niższy niż w przypadku dotychczas stosowanej amunicji klasycznej.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Urządzenia inicjujące (zapalnikowe)
Nazwa technologii	Technologie zapalnikowych modułów korekcji toru lotu
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zmniejszenie rozrzutu pocisków (nie większy niż rozmiar strefy skutecznego rażenia)
Początkowy PGT (Polska)	–
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

12.3. Technologie ochrony i przeciwwrażenia

12.3.1. Efektory systemów aktywnej ochrony (zwalczające cele produktami wybuchu bądź falą uderzeniową)

Efektory aktywnej ochrony platform można podzielić na systemy soft kill, czyli takie, których zadaniem jest zakłócić lub odezwalnic układ naprowadzania środka ataku, oraz systemy hard kill zdolne do zniszczenia zagrożenia.

Zasadniczą cechą efektorów aktywnej ochrony platform jest sterowalność w locie aktualizacja trajektorii zagrożenia dla wczesnego uruchomienia środków aktywnej ochrony. Po wykryciu zagrożenia efektor jest bezpośrednio wystrzeliwany. Później może zostać skierowany w stronę zagrożenia tylko wtedy, gdy potwierdzi to klasyfikacja zagrożenia (w zależności od tego, czy jest to zagrożenie i czy jest skierowane w stronę pojazdu). Alternatywnie misja może zostać przerwana.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie ochrony i przeciwwrażenia
Nazwa technologii	Efektory systemów aktywnej ochrony (zwalczające cele produktami wybuchu bądź falą uderzeniową)
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu zabezpieczenia platform i załóg przed bezpośrednim rażeniem środkami ogniowymi – minimalizowanie szkód oraz obrażeń
Początkowy PGT (Polska)	5
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030

Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF.
--	---

12.3.2. Systemy obezwładniające i zakłócające

Układy naprowadzania i sterowania przeciwpancernych pocisków kierowanych można zakłócać lub neutralizować poprzez zastosowanie różnorodnych środków przeciwdziałania, co skutkuje przerwaniem kanału naprowadzania pocisku lub zmianą toru jego lotu.

Optyczne układy detekcyjne stosowane w przeciwpancernych pocisków kierowanych można zakłócać poprzez zadymianie lub oślepienie. W przypadku stosowania systemów opartych na GPS można stosować zakłócanie elektroniczne. Pociski sterowane z wykorzystaniem fal elektromagnetycznych można zakłócać, zaburzając kanał komunikacyjny.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie ochrony i przeciwważenia
Nazwa technologii	Aktywna ochrona systemów lądowych Systemy obezwładniające i zakłócające
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie żywotności SpW – zwiększenie bezpieczeństwa załogi bez konieczności zwiększania opancerzenia
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

12.3.3. System ochrony przed kierowanymi i niekierowanymi pociskami przeciwpancernymi oraz pociskami podkalibrowymi

Systemy ochrony aktywnej przed kierowanymi i niekierowanymi pociskami przeciwpancernymi powinny chronić obiekty w pełnej półsferze zarówno przed kierowanymi, jak i niekierowanymi przeciwpancernymi pociskami raketowymi. W przypadku czołgów ochrona ta powinna również umożliwiać neutralizację pocisków podkalibrowych. Natomiast w przypadku radarów systemy te powinny neutralizować pociski przeciwradarowe.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie ochrony i przeciwważenia
Nazwa technologii	Aktywny system ochrony przed kierowanymi i niekierowanymi pociskami przeciwpancernymi i pociskami podkalibrowymi
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie żywotności SpW – zwiększenie bezpieczeństwa załogi, bez konieczności zwiększania opancerzenia
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe

12.4. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Rozwój nowych systemów rażenia wymaga przede wszystkim uwzględnienia i wykorzystania nowych technologii materiałowych oraz wytwarzania i produkcji materiałów wybuchowych i układów/podsystemów elektronicznych. Broń energii skierowanej wydaje się również skutecznym remedium dla użycia broni hipersonicznej.

W kontekście systemów służących przeciwdziałaniu systemów rażenia przeciwnika nowe rozwiązania mogą wykorzystywać doświadczenie i osiągnięcia w dziedzinach:

- sensorów (wykrywanie zagrożenia ze strony środków rażenia kinetycznego i niekinetycznego, odporność na środki rażenia niekinetycznego),
- wykorzystania sztucznej inteligencji w automatycznych/autonomicznych systemach kierowania ochroną aktywną SpW.

13. Technologie informacyjne i telekomunikacyjne

13.1. Bezpieczeństwo i ochrona sieci koalicyjnych

13.1.1. Technologie zabezpieczenia informacji przesyłanych w przewodowych i bezprzewodowych sieciach teleinformatycznych w zakresie kryptografii i cyberbezpieczeństwa

Kompleksowe zabezpieczenie przesyłanej w sieciach informacji przed jej przejęciem lub utratą stanowi istotny problem dla bezpieczeństwa danych. Jego rozwiązanie wiąże się z prowadzeniem badań w zakresie warstwy fizycznej systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych, protokołów komunikacyjnych, algorytmów kryptograficznych dla infrastruktury przewodowej i bezprzewodowej.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Bezpieczeństwo i ochrona sieci koalicyjnych
Nazwa technologii	Technologie zabezpieczenia informacji przesyłanych w przewodowych i bezprzewodowych sieciach teleinformatycznych w zakresie kryptografii i cyberbezpieczeństwa
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności w zakresie dowodzenia i rozpoznania (IMINT, COMINT i ELINT)
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.1.2. Technologie AI oraz ML w automatyzacji mechanizmów kryptografii i cyberbezpieczeństwa

Podstawowym celem zastosowania sztucznej inteligencji uczenia maszynowego jest analiza zbiorów danych i automatyzacja jak największej liczby procesów, co może znacząco skrócić czas reakcji oraz obniżyć koszty wykrycia wektorów ataku i likwidacji zagrożenia. Algorytmy AI i ML mogą zostać wykorzystane do monitorowania zachowania użytkowników sieci, analiz parametrów urządzeń sieciowych oraz wykorzystania danych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Bezpieczeństwo i ochrona sieci koalicyjnych
Nazwa technologii	Technologie AI oraz ML w automatyzacji mechanizmów kryptografii i cyberbezpieczeństwa
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności w zakresie dowodzenia i rozpoznania (IMINT, COMINT i ELINT)
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.1.3. Technologie kwantowe i postkwantowe w zastosowaniach kryptograficznych

Wykorzystanie technologii kwantowych w obszarze kryptografii związane jest z jednej strony z generacją i bezpieczną dystrybucją kluczy kryptograficznych poprzez kwantowe mechanizmy dystrybucji kluczy (ang. Quantum Key Distribution – QKD) używanych do zabezpieczania przesyłanych w sieciach teleinformatycznych informacji, a z drugiej z rozwojem komputerów i obliczeń bazujących na technologiach kwantowych (ang. Quantum Computing – QC). Ich wykorzystanie przyczyni się do wzrostu zagrożenia dla ochrony danych zapewnianej przez stosowane dotychczas konwencjonalne algorytmy szyfrujące. Wynika stąd potrzeba opracowywania innowacyjnych algorytmów szyfrujących, rozwiązań kryptografii postkwantowej (ang. Quantum Safe Cryptography – QSC).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Bezpieczeństwo i ochrona sieci koalicyjnych
Nazwa technologii	Technologie kwantowe i postkwantowe w zastosowaniach kryptograficznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie bezpieczeństwa przekazywania kluczy szyfrujących/desyfrujących wykorzystywanych do zapewnienia poufności przekazywanych informacji – zwiększenie odporności algorytmów kryptograficznych na działanie QC
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.1.4. Monitorowanie i analiza zagrożeń z zakresu cyberbezpieczeństwa w systemach teleinformatycznych

Zapewnienie odpowiedniego poziomu cyberbezpieczeństwa jest procesem cyklicznym, który wymusza konieczność ciągłej identyfikacji zagrożeń i podatności, analizowania incydentów oraz wdrażania metod minimalizowania ryzyka potencjalnego ataku. Aby ten proces był efektywny, niezbędne jest posiadanie narzędzi, które automatyzują wybrane czynności związane z zarządzaniem bezpieczeństwem systemów teleinformatycznych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Bezpieczeństwo i ochrona sieci koalicyjnych
Nazwa technologii	Monitorowanie i analiza zagrożeń z zakresu cyberbezpieczeństwa w systemach teleinformatycznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności w zakresie dowodzenia i rozpoznania (IMINT, COMINT i ELINT)
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.1.5. Projektowanie i wytwarzanie bezpiecznych układów scalonych

Jedynym sposobem zapewnienia całkowitego bezpieczeństwa układów i systemów elektroniki we wszystkich ich zastosowaniach jest nie tylko dbałość o cyberbezpieczeństwo na poziomie oprogramowania (software'owym), ale także – na poziomie hardware'owym. W praktyce oznacza to konieczność stosowania we wszystkich systemach i instalacjach bezpiecznych układów scalonych. Za takie można uważać jedynie układy zaprojektowane we własnych biurach projektowych oraz wykonane na własnych liniach produkcyjnych. W ramach tej grupy zadań należałoby wspierać zarówno zbudowanie odpowiedniej linii produkcyjnej, jak i prace badawczo-rozwojowe nad uruchomieniem, a w dalszej kolejności rozwojem technologii wytwarzania układów scalonych, aby nadążać za stale rosnącym zapotrzebowaniem pod względem zarówno ilościowym, jak i wbudowanych funkcjonalności. Tym sposobem jednocześnie zapewnić długofalowo w Polsce dostęp do bezpiecznych układów scalonych (ASIC, SoC i inne) i umożliwić polskim producentom systemów uzbrojenia osiągnięcie ogromnej przewagi konkurencyjnej i całkowitego bezpieczeństwa ich produktów.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Bezpieczeństwo i ochrona sieci koalicyjnych
Nazwa technologii	Projektowanie i wytwarzanie bezpiecznych układów scalonych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zwiększenie zdolności w zakresie dowodzenia i rozpoznania– uzyskanie pełnego bezpieczeństwa funkcjonowania systemów i urządzeń elektronicznych
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	8
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.2. Technologie kognitywne

13.2.1. Radio kognitywne

Radio kognitywne to koncepcja, w której środki radiowe posiadają cechy poznawcze człowieka: zdolność postrzegania otoczenia, uczenia się na doświadczeniach i działania w oparciu o rozumowanie. W aspekcie wojskowym, gdzie głównym problemem jest optymalizacja wydajności komunikacji w środowisku o ograniczonym dostępie do widma (z powodu zajętości lub celowego działania przeciwnika), systemy radia kognitywnego powinny zapewnić wydajny sposób jego wykorzystania, a tym samym wyższą jakość usług. Spośród zadań koniecznych do realizacji w tym zakresie można wyróżnić: sensing widmowy, dynamiczne zarządzanie widmem (optymalizacja wykorzystania, współdzielenie widma), wykorzystanie technologii AI oraz ML w mechanizmach wnioskowania i podejmowania decyzji, inżynierię międzywarstwową.

Technologia radia kognitywnego ma zapewnić wykorzystanie algorytmów sztucznej inteligencji do dynamicznego zarządzania i wykorzystania zasobów widmowych z zapewnieniem odporności na pojawiające się zakłócenia (w tym zakłócenia celowe) oraz kompatybilności elektromagnetycznej.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie kognitywne
Nazwa technologii	Radio kognitywne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – osiągnięcie zdolności sieciocentrycznych w zarządzaniu i dowodzeniu – możliwość tworzenia bezpiecznych i efektywnych sposobów komunikacji i współdzielenia informacji oraz jej skutecznego wykorzystywania
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.3. Infrastruktura taktycznej chmury dla systemów C4ISR

13.3.1. Mobilne sieci zapewniające transmisję dużych wolumenów danych, w tym obrazu w czasie rzeczywistym

Przetwarzanie w chmurze oraz przetwarzanie brzegowe to koncepcja, która umożliwia dostęp sieciowy na żądanie do współdzielonego zestawu konfigurowalnych zasobów obliczeniowych, aplikacji i usług. Z militarnego punktu widzenia redukuje to opóźnienie podczas wymiany informacji, a także obniża koszty instalacji, zwłaszcza w zakresie zasobów sprzętowych. Chmura taktyczna jest odpowiedzią na ograniczoną zdolność przyjmowania, analizowania i przetwarzania danych. Stanowić będzie środowisko sieciowe i usługowe systemów C4ISR.

Szybka, bezpieczna i niezawodna transmisja dużych wolumenów danych bezpośrednio przyczyni się do podniesienia efektywności pętli decyzyjnej wszystkich szczebli dowodzenia. Zapewni to dostępność różnorodnych danych w czasie zbliżonym do rzeczywistego, poprawiając obraz świadomości sytuacyjnej.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Infrastruktura taktycznej chmury dla systemów C4ISR
Nazwa technologii	Technologie mobilnych sieci zapewniających transmisję dużych wolumenów danych, w tym obrazu w czasie rzeczywistym
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie poziomu interoperacyjności systemów dowodzenia – zwiększenie świadomości sytuacyjnej
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.3.2. Taktyczny system transmisji danych

Taktyczny system transmisji danych (ang. Tactical Data Transmission System) umożliwia wymianę i zbieranie informacji pomiędzy stanowiskami dowodzenia różnych szczebli do pojedynczego obiektu oraz w systemach kierowania uzbrojeniem we wszystkich domenach fizycznych. W systemach tych wykorzystywane są informacje z urządzeń IoT, poprzez sensory oraz z bezzałogowych platform latających. System powinien umożliwiać przesyłanie informacji o klauzuli TAJNE/NATO SECRET.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Cyberobrona
Nazwa technologii	Taktyczny system transmisji danych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość transmisji danych umożliwia przesyłanie informacji o położeniu jednostek (obiektów) wojsk własnych i przeciwnika w czasie rzeczywistym – możliwość wymiany informacji pomiędzy wszystkimi stanowiskami dowodzenia i obiektami w domenach fizycznych – zwiększenie zdolności w zakresie rozpoznania – zbieranie informacji z urządzeń IoT i BSP – możliwość transmisji informacji do wojsk znajdujących się poza strefą działań – integracja z systemami kierowania uzbrojeniem <ul style="list-style-type: none"> – do przekazywania informacji o celach z podziałem na priorytety (targeting) – zwiększenie zdolności w zakresie ochrony i przetrwania wojsk <ul style="list-style-type: none"> – wykorzystanie informacji w systemie alarmowania i ostrzegania wojsk
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.3.3. Wykorzystanie algorytmów AI do identyfikacji sygnałów małej mocy oraz zapewnienia adaptacji systemów C4ISR do zmiennych warunków propagacji sygnałów

Wykorzystanie algorytmów AI do identyfikacji sygnałów szczytkowych oraz małej mocy pozwala na poprawę świadomości sytuacyjnej, zapewniając przy tym ciągłą i efektywną adaptację systemów C4ISR do zmian środowiska elektromagnetycznego, zapewniając odporność systemów zarówno na celowe, jak i niezamierzone zakłócenia.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Infrastruktura taktycznej chmury dla systemów C4ISR
Nazwa technologii	Algorytmy AI do identyfikacji sygnałów małej mocy oraz zapewnienia adaptacji systemów C4ISR do zmiennych warunków propagacji sygnałów
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość adaptacji systemów C4ISR do zmiennych warunków propagacji sygnałów dzięki efektywnym sposobom komunikacji i współdzielenia informacji
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6

Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.3.4. Dynamiczne zarządzanie spektrum elektromagnetycznym

Dynamiczne zarządzanie spektrum elektromagnetycznym pozwala na optymalne wykorzystanie zasobów widmowych i poprawia zdolności do komunikacji, a przez to dowodzenia. Rozwój technologii na poziomie programowym i sprzętowym znacznie zwiększy możliwości detekcji sygnałów, analizy zajętości widma i przydziału częstotliwości do zapewnienia niezakłóconej łączności.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Infrastruktura taktycznej chmury dla systemów C4ISR
Nazwa technologii	Dynamiczne zarządzanie spektrum elektromagnetycznym
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwości adaptacji systemów C4ISR do zmiennych warunków środowiska
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.3.5. Transmisja danych w warunkach zakłóceń

Odporność na zakłócenia systemów transmisji danych jest kluczowym aspektem zapewniającym niezawodny transfer informacji w środowisku zdegradowanym. Opracowanie nowych rozwiązań (w tym bazujących na algorytmach AI) ma na celu rozpoznanie zakłóceń, identyfikację emiterów oraz określenie ich potencjalnego wpływu na możliwości transmisyjne własnych systemów.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Infrastruktura taktycznej chmury dla systemów C4ISR
Nazwa technologii	Technologie zapewnienia transmisji danych w warunkach zakłóceń
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zapewnienie niezawodnej transmisji danych w warunkach zakłóceń
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.4. Technologie Internetu Rzeczy dla obronności

13.4.1. Bezpieczeństwo zapewniające możliwość wykorzystania cywilnej infrastruktury telekomunikacyjnej do celów wojskowych

Rozwiązania z zakresu Internetu Rzeczy (ang. Internet of Things) obejmujące infrastrukturę, aplikacje i zabezpieczenia, mogą m.in. poprawić świadomość sytuacyjną poprzez gromadzenie, wykorzystanie i przekazywanie danych z inteligentnych urządzeń. Zastosowanie dużej liczby urządzeń IoT umożliwi budowę adaptacyjnej sieci sensorowej, zapewniając dostęp do nowych i niedostępnych do tej pory źródeł informacji.

Urządzenia IoT podłączone do infrastruktury sieciowej, które komunikują się ze środowiskiem fizycznym, posiadają wiele niezidentyfikowanych podatności. Z punktu widzenia technologii bezpieczeństwa główny problem stanowią: niski poziom uwiarytelniania, niewystarczające zabezpieczenie sieci oraz rozproszony system zarządzania bezpieczeństwem. Istnieje potrzeba zbudowania komplementarnego systemu zarządzania bezpieczeństwem IoT dla przechowywanych i gromadzonych danych poprzez fizyczne zabezpieczenie urządzeń, odpowiednią autoryzację i identyfikację oraz zabezpieczenie komunikacji, w tym z chmurą.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie Internetu Rzeczy dla obronności
Nazwa technologii	Bezpieczeństwo zapewniające możliwość wykorzystania cywilnej infrastruktury telekomunikacyjnej do celów wojskowych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zwiększenie bezpieczeństwa wykorzystania cywilnej infrastruktury telekomunikacyjnej do celów wojskowych– zwiększenie zdolności systemów C4ISR w zakresie wymiany danych
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.4.2. Bezpieczne (odporne na przejęcie i zakłócenia) sieci Internetu Rzeczy, szczególnie samoorganizujących się i samozasilających się sieci czujników

Koncepcja Internetu Rzeczy, w której ogromna liczba węzłów sieci może się ze sobą wzajemnie komunikować, przekazywać dane wraz z lokalizacją ich źródła, stworzyła ogromne możliwości także w zakresie monitorowania przestrzeni chronionej lub na polu walki. Dodatkowe możliwości w kontekście tej grupy zastosowań stworzyła możliwość pozyskiwania dla tych węzłów sieci energii z otoczenia (ang. energy harvesting). Dalsze rozszerzenie zakresu zastosowań, a przede wszystkim wzrost niezawodności jej działania, a tym samym użyteczności takiej sieci dla realizacji zadań związanych z bezpieczeństwem przyniosła koncepcja zdolności do samoorganizacji systemu sieci, która może przeciwdziałać „wypadaniu” poszczególnych węzłów sieci, np. wskutek ich uszkodzenia. Wykorzystanie wszystkich tych atrybutów pozwoli w niedalekiej przyszłości na pokrycie bardzo dużych

przestrzeni siecią monitorowania bez konieczności jej serwisowania i zewnętrznego zasilania. Taka sieć może być budowana spontanicznie ad hoc, i to zarówno z ziemi, jak i z powietrza.

Samozasilanie stawia jednak bardzo wysokie wymagania odnośnie do ekstremalnie niskiego zużycia energii elektrycznej, i to zarówno po stronie hardware'u, jak i software'u. W pierwszym przypadku oznacza to konieczność stosowania specjalnie zaprojektowanych i wykonanych w dedykowanych technologiach scalonych układów elektronicznych, jak i specjalnie do tego celu opracowanych sensorów i czujników. Także stosowane oprogramowanie (przetwarzanie danych, komunikacja i zarządzanie systemem) musi być specjalnie zoptymalizowane pod kątem minimalizacji zużycia energii.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie Internetu Rzeczy dla obronności
Nazwa technologii	Bezpieczne (odporne na przejęcie i zakłócenia) sieci Internetu Rzeczy, szczególnie samoorganizujących się i samozasilających się sieci czujników
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie zdolności w zakresie dowodzenia i rozpoznania – nowe możliwości dynamicznego zbierania danych sytuacyjnych na polu walki oraz na obszarach chronionych – zdolność do prostego i szybkiego budowania sieci monitorujących w trybie ad hoc
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.5. Technologie transmisji danych

13.5.1. Łączność akustyczna, optyczna i hybrydowa

Technologie łączności akustycznej, optycznej lub hybrydowej mają na celu zapewnienie alternatywnych form transmisji danych w ośrodkach, gdzie propagacja fal elektromagnetycznych jest ograniczona albo niemożliwa (m.in. w ośrodkach ciągłych takich jak woda). Rozwój technologii ma zapewnić szybką i niezawodną transmisję danych w zróżnicowanym środowisku, między obiektami (stacjonarnymi i w ruchu), przy występowaniu zakłóceń lub ograniczeniach w propagacji fali akustycznej, radiowej lub optycznej.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie transmisji danych
Nazwa technologii	Łączność akustyczna, optyczna i hybrydowa
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie skuteczności łączności z obiektami operującymi w środowiskach o ograniczonej możliwości propagacji fali radiowej
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat

Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.5.2. Łączność dalekosiężna

Technologia łączności dalekosiężnej (ang. Long Range Communications) ma na celu zapewnienie wymiany danych na bardzo dużych odległościach i bazuje na zakresach HF i komunikacji satelitarnej. Jest ona niezwykle istotna dla zapewnienia łączności w czasie przeprowadzania operacji militarnych, także koalicyjnych realizowanych z dala od granic państwa (operacje poza obszarem widoczności).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie transmisji danych
Nazwa technologii	Łączność dalekosiężna
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość zapewnienia niezawodnej łączności
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.5.3. Techniki i technologie trudnego wykrycia i przechwycenia

Techniki i technologie niskiego wykrycia i przechwycenia LPI (ang. Low Probability of Interception)/LPD (ang. Low Probability of Detection) mają na celu pozyskanie i rozwój zdolności do organizacji bezpiecznego radiowego systemu teleinformatycznego pola walki, wykorzystując do tego nowoczesne technologie lub rozwiązania innowacyjne w sferze bezpieczeństwa teleinformatycznego. Techniki LPI i LPD mają zapewnić realizację transmisji radiowej w sposób utrudniający jej wykrycie i przechwycenie.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie transmisji danych
Nazwa technologii	Techniki i technologie trudnego wykrycia i przechwycenia
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zapewnienie transmisji radiowej w sposób utrudniający jej wykrycie i przechwycenie
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.5.4. Technologie zapewniające wielozakresowość radiostacji

Technologie zapewniające wielozakresowość radiostacji (HF, VHF, UHF, SHF, Ka) mają na celu opracowanie rozwiązań, które z wykorzystaniem odpowiednich mechanizmów, przy dynamicznym reagowaniu na powstające zmiany (np. zakłócenia intencjonalne), wspierają

proces podejmowania decyzji w zakresie wyboru optymalnego kanału transmisji danych i zapewnienia niezawodnej łączności na różnych odległościach i w różnych pasmach.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie transmisji danych
Nazwa technologii	Technologie zapewniające wielozakresowość radiostacji
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zapewnienie wielozakresowej łączności – zwiększenie poziomu niezawodności łączności
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.5.5. Technologia 5G/6G dla obronności

Rozwój technologii 5G/6G dla obronności ma na celu opracowanie nowych standardów komunikacji bezprzewodowej, umożliwiającej wzrost liczby operujących użytkowników, szerokopasmową transmisję danych, niezawodną, masową komunikację między urządzeniami, zwiększoną dostępność i jakość usług.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie transmisji danych
Nazwa technologii	Technologia 5G/6G dla obronności
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zapewnienie bezprzewodowej szerokopasmowej łączności pomiędzy dużą liczbą operujących użytkowników wspierających proces wymiany danych – zwiększenie świadomości sytuacyjnej
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.6. Sieci SDN

Technologia sieci SDN (ang. Software Defined Network) optymalizuje zasoby sieciowe, umożliwiając adaptację do zmieniających się potrzeb oraz charakteru generowanego ruchu. Ze względu na oddzielenie warstwy sterowania od warstwy danych, a w konsekwencji zastosowanie narzędzi elastycznego zarządzania, jest to jeden z głównych kierunków rozwoju wojskowej architektury sieciowej. Wyzwaniami dla tego bloku są wirtualizacja i strojenie zasobów sieciowych, bezpieczeństwo transmisji danych, wsparcie dla mobilności użytkowników i zapewnienie im wymaganej jakości usług.

13.6.1. Mechanizmy adaptacyjne i routingu dla wykorzystania różnych technik łączności i autokonfiguracji sieci

Zastosowanie odpowiednich mechanizmów adaptacyjnych oraz routingu jest kluczowe do zapewnienia niezawodnej i wydajnej łączności w zdegradowanej infrastrukturze sieciowej.

Wsparcie istniejących metod rozwiązaniami bazującymi na algorytmach AI powinno przełożyć się na optymalizację połączeń sieciowych, identyfikację podatności, nieciągłości i zagrożeń, a w konsekwencji wskazywanie i uzupełnianie ad hoc brakujących elementów infrastruktury.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sieci SDN
Nazwa technologii	Mechanizmy adaptacyjne i routingu dla wykorzystania różnych technik łączności i autokonfiguracji sieci
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności w zakresie dowodzenia i rozpoznania (IMINT, COMINT i ELINT)
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.6.2. Zarządzanie warstwą fizyczną w wielozakresowych sieciach kognitywnych

Technologia budowy sieci kognitywnych, w których inteligencja ulokowana w warstwie fizycznej związana jest z zarządzaniem zasobami i powiązana z optymalizacją własności sieciowych pozwoli na komunikację pomiędzy urządzeniami na najniższym poziomie w zakresie zarówno interfejsów, jak i mechanizmów transmisji.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sieci SDN
Nazwa technologii	Zarządzanie warstwą fizyczną w wielozakresowych sieciach kognitywnych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności transmisji danych oraz protokołów komunikacyjnych
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.6.3. Wykorzystanie anten kierunkowych, adaptacyjnych i inteligentnych w infrastrukturze MANET

Rozwój anten kierunkowych, adaptacyjnych i inteligentnych ma zapewnić dynamiczną zmianę własnej charakterystyki, dopasowując ją optymalnie do warunków środowiskowych (do sygnałów zakłócających, interferujących, szumów itp.) przekładając się na optymalizację wydajności infrastruktury MANET. Dodatkowo ma pozwolić na zwiększenie zasięgu stacji bazowych poprzez zwiększanie zysku anten, redukując koszty instalacji, zapewniając zabezpieczenie systemu przed zakłóceniami, i poprawiając parametry łączności poprzez odpowiednie zarządzanie i wybór toru transmisji danych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Sieci SDN
Nazwa technologii	Wykorzystanie anten kierunkowych, adaptacyjnych i inteligentnych w infrastrukturze MANET
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– osiągnięcie zdolności w zakresie interoperacyjności i wsparcia procesów decyzyjnych
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.7. Zarządzanie i optymalizacja procesów logistycznych

13.7.1. Optymalizacja procesów logistycznych

Obszarem szczególnej eksploracji jest teoria i praktyka badań operacyjnych zajmujących się głównie racjonalizacją złożonych przedsięwzięć czasoprzestrzennych, czyli optymalizacją procesów logistycznych. Zasadniczym celem prowadzonych badań powinno być określenie wyzwań i oczekiwań w stosunku do systemu logistycznego oraz zdefiniowanie determinantu efektywności tego systemu. Należy zaznaczyć, że ta efektywność powinna być rozpatrywana pod kątem zarówno ekonomiczności, jak i skuteczności, które stają się podstawowym kryterium optymalizacji wszelkich działań logistycznych realizowanych przez właściwe jednostki logistyczne w rejonach swojej odpowiedzialności. Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania, prowadzone badania i prace rozwojowe w wojsku powinny skupiać się przede wszystkim na optymalizacji systemów logistycznych w dwóch aspektach, tj. operacyjnym i technicznym. W aspekcie operacyjnym działania optymalizacyjne powinny skupiać się na ograniczaniu kosztów związanych z realizacją procesów logistycznych. Takie podejście było wykorzystywane podczas budowy wielkopowierzchniowych składów magazynowych, w których zakładano zgromadzenie środków materiałowych zapewniających odpowiedni zapas bezpieczeństwa. Podobne założenia towarzyszyły tworzeniu rejonów odpowiedzialności dla wojskowych oddziałów gospodarczych i regionalnych baz logistycznych. W rozważanym aspekcie głównym celem prowadzonych działań optymalizacyjnych jest przede wszystkim znalezienie odpowiedzi dotyczącej określenia zdolności, jakimi powinny się charakteryzować stacjonarne i mobilne struktury logistyczne. Pozwoli to na optymalne wykorzystanie posiadanych środków technicznych i materiałowych oraz pomoże określić zdolności niezbędne do ich pozyskania. Z kolei aspekt techniczny działań optymalizacyjnych związany jest przede wszystkim z poszukiwaniem narzędzi umożliwiających zapewnienie realizacji efektywnego zabezpieczenia logistycznego pozwalającego w pełni wykorzystać potencjał Sił Zbrojnych. W tym celu w wojsku należy wdrażać najnowsze technologie informatyczne klasy ERP (ang. Enterprise Resource Planning), MRP II (ang. Manufacturing Resource Planning II), oraz BI (ang. Business Intelligence) do optymalizacji procesów logistycznych oraz wykorzystywać zintegrowane technologie informatyczne umożliwiające uzyskanie zobrazowania jednolitej sytuacji logistycznej. Duże możliwości zastosowania programów informatycznych oraz platform integrujących różne systemy informatyczne powodują, że należy dalej rozwijać problematykę optymalizacji procesów logistycznych w wojsku.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Zarządzanie i optymalizacja procesów logistycznych
Nazwa technologii	Optymalizacja procesów logistycznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość szacowania i odtwarzania zasobów środków bojowych, mps, żywności i wody – możliwość prognozowania uszkodzeń SpW w operacjach militarnych o dużej intensywności – zwiększenie możliwości ewakuacji technicznej, odtwarzania zdolności technicznej oraz wspomagania procesu eksploatacji
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2030–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

13.7.2. Technologie bazodanowe

Baza danych to struktura informacyjna przeznaczona do przechowywania danych o złożonych obiektach i powiązaniach między nimi. Struktura taka musi zapewniać bezpieczne i trwale przechowywanie informacji oraz udostępniać wybrane fragmenty swojej zawartości uprawnionym użytkownikom w dogodny dla nich sposób i w dogodnym dla nich czasie. Zasobem danych steruje system zarządzania bazami danych (ang. Database Management System – DBMS). System DBMS stanowi interfejs między bazami danych a jego użytkownikami końcowymi lub programami, umożliwiając użytkownikom pobieranie i aktualizowanie informacji oraz zarządzanie sposobem ich organizacji i optymalizacji. Oprogramowanie bazy danych służy do tworzenia, edycji, utrzymywania plików i rekordów baz danych, umożliwiając łatwiejsze tworzenie plików i rekordów, wprowadzanie, edycję, a także aktualizację danych oraz raportowanie. Oprogramowanie obsługuje także przechowywanie danych, tworzenie kopii zapasowych, kontrolę wielodostępu oraz, co jest szczególnie ważne, zabezpieczenia. Ułatwia także nadzorowanie i kontrolowanie baz danych, pozwalając na wykonywanie szeregu zadań administracyjnych, takich jak monitorowanie wydajności, optymalizację, tworzenie oraz przywracanie kopii zapasowych. Dane i system DBMS oraz powiązane z nimi aplikacje razem tworzą system bazodanowy. Systemy bazodanowe są integralną częścią nowoczesnych systemów zarządzania gospodarką materiałową. Obecnie wykorzystuje się chmurowe bazy danych oraz samoczynne bazy danych. Największe bazy danych obsługują bardzo złożone zapytania i oczekuje się od nich, że będą dostarczać natychmiastowych odpowiedzi na nie. Znaczący wzrost ilości gromadzonych danych, w tym pochodzących z czujników, podłączonych urządzeń i wielu innych źródeł wymaga efektywnego zarządzania danymi oraz ich odpowiedniego organizowania. Bardzo istotne jest zapewnienie bezpieczeństwa danych przy równoczesnym łatwym dostępie do nich przez użytkowników w czasie rzeczywistym. Wymagane jest spełnienie międzynarodowych obustronnych w tym zakresie, tj. zagwarantowanie certyfikowanego systemu zarządzania bezpieczeństwem informacji. Samoczynne bazy danych wykorzystują technologie chmurowe i uczenie maszynowe do automatyzacji wielu rutynowych zadań związanych z zarządzaniem bazami danych, takich jak optymalizacja, zabezpieczanie, tworzenie kopii zapasowych i instalowanie aktualizacji. Wykorzystywane technologie powinny uwzględnić: interaktywną wizualizację (np. tworzenie scenariuszy, animacje, kody kreskowe, filtry, szablony, biblioteki itp.), możliwość dostosowania platformy, etykietowanie, maksymalną przepustowość

ładowania danych, wgląd w procesy pozwalające na ocenę trendów danych i prognozowania, symulację porównawczą, a także analizę predykcyjną oraz bieżącą.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Zarządzanie i optymalizacja procesów logistycznych
Nazwa technologii	Technologie bazodanowe
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– usprawnienie procesu zarządzania gospodarką materiałową – pozyskanie, zapotrzebowanie i wykorzystanie środków materiałowych
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2026–2033
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

13.7.3. Systemy automatycznej identyfikacji, znakowania i śledzenia zasobów logistycznych

System automatycznej identyfikacji wymaga zastosowania etykiet zawierających informacje o towarze, czytnika oraz interfejsu pozwalającego przesyłać zeskanowane informacje do bazy danych systemu informatycznego. Zapisane na etykietach dane mogą być przesłane i przetwarzane m.in. w systemach realizacji produkcji (ang. Manufacturing Execution System – MES), zarządzania magazynem (ang. Warehouse Management System – WMS) czy zarządzania transportem (ang. Transport Management System – TMS). Systemy automatycznej identyfikacji (ang. Radio-Frequency Identification – RFID), znacząco przyspieszają i ułatwiają realizację zadań związanych z ewidencją zapasów, zarządzaniem stanami magazynowymi czy inwentaryzacją. Pozwalają na błyskawiczne rejestrowanie wyrobów gotowych na liniach produkcyjnych, a następnie dostarczanie tych informacji systemom realizacji produkcji. Są także istotnym elementem tworzenia genealogii produktu (tzw. traceability) w przebiegu całego łańcucha dostaw. Jednym z najważniejszych czynników determinujących wybór systemu automatycznej rejestracji jest ilość informacji, jaką potrzebujemy umieścić na etykietce. Wynika to ściśle z funkcji, jaką etykieta ma pełnić:

- funkcja prostej identyfikacji – na etykietce zapisywany jest wyłącznie kod, który następnie jest porównywany z bazą danych, w której znajdują się szczegółowe informacje, np. na temat towaru;
- funkcja złożonej identyfikacji – etykieta pozwala na zapisanie określonego zestawu danych, zawierających informacje o towarze.

Innym ważnym aspektem wyboru są warunki środowiskowe panujące podczas przechowywania, transportu i odczytywania etykiet, np. temperatura, zanieczyszczenia, wilgotność, promieniowanie oraz poziom oświetlenia. W sytuacji gdy towary przemieszczają się po taśmie, istotna jest także szybkość odczytu. Obecnie wykorzystywane w systemach automatycznego identyfikowania towarów są m.in. kody kreskowe (ang. Optical Character Recognition – OCR) oraz DPM (ang. Direct Part Marking). Można również łączyć wyżej wymienione technologie w skuteczne systemy automatycznej identyfikacji z uwzględnieniem metod uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji. Użycie technologii informatycznej zapewnia odpowiedni poziom zaopatrzenia, zmniejszenie kosztów funkcjonowania systemu, a także utrzymanie przewagi technologicznej. W rezultacie systemy automatycznej identyfikacji znalazły szerokie zastosowanie w:

- identyfikacji towarów w gospodarce magazynowej;
- weryfikacji osób;
- ochronie stref dostępu, zabezpieczeniach fizycznych;
- rozpoznawaniu klas przedmiotów;
- rozpoznawaniu formularzy.

W logistyce automatyczna identyfikacja wspomaga procesy związane z zarządzaniem w poszczególnych ogniwach łańcucha dostaw. Pozwala na wzmocnienie procesów planowania, kierowania, sterowania oraz kontrolowania. Ponadto umożliwia:

- prowadzenie racjonalnej gospodarki zapasami (w wyniku automatycznej ewidencji, a tym samym znajomości stanów oraz wielkości obrotów);
- przeprowadzenie inwentaryzacji zapasów magazynowych;
- wprowadzenie elektronicznego obiegu informacji.

W ramach rozwoju przedmiotowej technologii należy ukierunkować badania na możliwość zastosowania zaawansowanych sensorów/czujników bezprzewodowych do automatycznej identyfikacji, znakowania i śledzenia zasobów logistycznych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Zarządzanie i optymalizacja procesów logistycznych
Nazwa technologii	Systemy automatycznej identyfikacji, znakowania i śledzenia zasobów logistycznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość śledzenia zasobów przy użyciu systemów automatycznej identyfikacji – możliwość pozyskania bieżących informacji bezpośrednio z pola walki w zakresie zużywanego paliwa, stanu płynów eksploatacyjnych i środków bojowych
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	9 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2027–2035
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use)

13.7.4. Systemy diagnozowania stanu amunicji w oparciu o IoT

Starzenie się materiałów ma duży wpływ na bezpieczeństwo i wydajność amunicji oraz pocisków, zwłaszcza tych narażonych na ekstremalne warunki środowiskowe (wysokie/niskie temperatury przechowywania, wibracje itp.). Materiały energetyczne są najbardziej krytycznymi materiałami, a ich niekontrolowane starzenie może mieć dramatyczny wpływ na funkcjonowanie systemów bezpieczeństwa. Właściwą kontrolę funkcjonalności amunicji można zapewnić poprzez monitorowanie procesów starzenia się wszystkich jej podzespołów. Obecnie podejście do konserwacji jest zwykle reaktywne, jednakże nie odzwierciedla ono faktycznego stanu różnych partii amunicji, gdyż są one narażone na różne warunki środowiskowe. W związku z powyższym konieczna jest zmiana podejścia na konserwację opartą na bieżącym stanie technicznym, aby zapewnić bezpieczny, niezawodny, tani i skuteczny sposób sprawdzania starzejących się podzespołów. Pozwoli to również na przedłużenie żywotności amunicji, która nadal spełnia wymagania związane z bezpieczeństwem użytkowania. Rejestracja parametrów środowiskowych (temperatura, wilgotność, drgania, tarcia itp.), które mają wpływ na procesy starzenia, pozwoliłaby zaplanować rozsądne ramy czasowe prac konserwacyjnych w oparciu o rzeczywisty i aktualny stan amunicji. Ponadto opracowane algorytmy starzenia się pozwolą na lepsze przewidywanie

stanu technicznego amunicji. Obecnie algorytmy starzenia są częściowo znane dla ograniczonej liczby materiałów energetycznych – rozszerzenie tej wiedzy na resztę systemu uzbrojenia wymaga teoretycznego opracowania algorytmów, pomiarów „w terenie” oraz ulepszenia w konfrontacji z realnymi danymi operacyjnymi. Aktualnie na rynku nie ma zintegrowanych, „dojrzałych” rozwiązań zdolnych do połączenia ogromnej ilości danych pochodzących z rozległej sieci czujników środowiskowych i wykorzystania tych informacji w celu wdrożenia predykcyjnego modelu prognostycznego opartego na algorytmach sztucznej inteligencji. Zaletą korzystania z technologii AI jest możliwość zarządzania ogromnymi ilościami informacji. Oznacza to konieczność posiadania dużej liczby czujników połączonych w sieci w celu umożliwienia efektywnej nauki.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Zarządzanie i optymalizacja procesów logistycznych
Nazwa technologii	Systemy diagnozowania stanu amunicji
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– możliwość diagnozowania aktualnego stanu uzbrojenia i środków bojowych
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2029–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

13.8. Systemy wspierające sterowanie platformami

13.8.1. Systemy sterowania platformami wykorzystujące interfejsy człowiek-maszyna

Ze względu na przewidywane znaczne zwiększenie ilości gromadzonych danych z różnych źródeł, zagregowanych w sieciocentrycznej architekturze misji, istnieje możliwość „przeciążenia informacyjnego” operatora. Automatyzacja oraz autonomizacja pewnych zadań wykonywanych przez platformy może zniwelować powyższe ryzyko, jednakże dla utrzymania człowieka w pętli decyzyjnej istnieje konieczność zachowania wysokiego poziomu świadomości sytuacyjnej operatora w celu jego ciągłego zaangażowania i zachowania gotowości do podejmowania decyzji. W ramach rozwoju technologii (ang. Human/Machine Interface – HMI) optymalizacji wymagają takie zagadnienia jak: geometria i układ urządzeń wyświetlających informację, format, rodzaj i ilość wyświetlanych danych, możliwość interakcji operatora z systemami wspierającymi, współpraca człowieka z urządzeniem, systemem oraz tzw. systemem systemów (ang. System-of-Systems – SoS) w oparciu o sztuczną inteligencję oraz uczenie maszynowe. Konieczne jest opracowanie zdatnych do noszenia interfejsów (np. na hełmach) zoptymalizowanych pod kątem wykorzystania innowacyjnych technologii, jak rzeczywistość rozszerzona, wirtualna czy mieszana, rozpoznawanie głosu lub gestów, składane lub elastyczne wyświetlacze, Internet Rzeczy, śledzenie ruchu głowy lub oczu. Wspomniane urządzenia wyświetlające interfejsy powinny zapewniać szerokie pole widzenia, niezbędną moc obliczeniową pozwalającą na generowanie wirtualnego środowiska oraz odpowiednią ergonomię (waga i wyważenie na głowie użytkownika). Należy również opracować scenariusze operacyjne uwzględniające przyszłą rolę i zaangażowanie operatora (np. zmianę funkcji z operatora na nadzorcę systemu) w związku z zauważalnym trendem automatyzacji oraz autonomizacji procesów.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Systemy wspierające sterowanie platformami
Nazwa technologii	Human/Machine Interface (HMI)
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu świadomości sytuacyjnej operatora, m.in. poprzez uwzględnienie „czynnika ludzkiego”, tj. dostosowanie przekazywanych informacji dostosowanych do percepcji człowieka
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2026–2035
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane przez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

13.8.2. System przewidywania przejeźdności

Przewidywanie przejeźdności pojazdów jest istotne w kontekście planowania misji. Opracowane narzędzie pozwoli operatorom pojazdów bezzałogowych przewidzieć mobilność i prędkość podczas przemieszczania się po bezdrożach, co może okazać się konieczne w przypadku zniszczenia lub zablokowania sieci transportowej kraju. W ramach opracowania architektury systemu przewidywania mobilności należy opracować:

- środowisko danych – metody pozyskiwania wiadomości z systemu informacji geograficznej (lub alternatywa dla pozyskiwania danych o aktualnej sytuacji terenowej), dane platform lądowych oraz przewidywane scenariusze użycia;
- środowisko modelowania i symulacji – pozyskane dane pozwolą na opracowanie zdigitalizowanych modeli platform lądowych oraz otoczenia (w tym terenu) w celu określenia zależności między pojazdem a podłożem (modele terramechaniki), a także oszacowania niepewności;
- wskaźniki mobilności – powyższe modele pozwolą na opracowanie stochastycznej mapy mobilności (możliwej do wykorzystania podczas planowania operacyjnego) oraz określenie parametrów jezdnych pojazdów (możliwych do wykorzystania w procesie projektowania).

W ramach rozwoju systemu należy również stworzyć przyjazny interfejs użytkownika (np. z wykorzystaniem technologii rzeczywistości rozszerzonej), wykorzystać technologie kwantowe do usprawnienia możliwości obliczeniowych środowiska symulacyjnego oraz zbadać możliwość zastosowania jako sensorów samych platform lądowych lub teledetekcji (ang. remote sensing).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Systemy wspierające sterowanie platformami
Nazwa technologii	System przewidywania przejeźdności pojazdów
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zmniejszenie ryzyka ugrzęźnięcia pojazdów autonomicznych realizujących zadanie na zadanej trasie lub ze wskazaniem punktu docelowego
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	9 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane przez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, aktywności w ramach panelu AVT NATO STO

13.8.3. Technologie immersyjne

Potencjalne zastosowania technologii immersyjnych (wirtualna, rozszerzona oraz mieszana rzeczywistość), łączących świat realny z cyfrowym, obejmują szeroki zakres działań Sił Zbrojnych, takich jak: rozpoznanie, dowodzenie, szkolenie czy logistyka. Główny rozwój przedmiotowych technologii napędzany jest najbardziej przez rynek cywilny, jednakże nie uwzględnia on potrzeb wojska. Istotne jest zatem dostosowanie rozwiązań cywilnych do specyfiki wojskowej. Kierunki rozwoju, jakie należy uwzględnić, to: modelowanie obiektów fizycznych z wykorzystaniem wbudowanych czujników, metody produkcji wyposażenia zapewniającego wykorzystanie technologii immersyjnych (wyświetlacze), zapewnienie odpowiedniego poziomu ochrony przetwarzanych danych, standaryzacja rozwiązań oraz eliminacja kinetozy u użytkowników.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Systemy wspierające sterowanie platformami
Nazwa technologii	Technologie immersyjne
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie percepcji operatorów SpW poprzez zobrazowanie istotnych informacji w czasie rzeczywistym
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	9 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, Horizon Europe (dual use), aktywności w ramach grupy NMSG NATO STO

13.9. Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych

13.9.1. Kryptograficzne metody ochrony informacji

Kryptografia dostarcza metody ochrony informacji o różnych klauzulach tajności i poziomach wrażliwości. Ochrona poufności, integralności i dostępności informacji ma zasadniczy wpływ na bezpieczeństwo działań Sił Zbrojnych. W celu zapewnienia atrybutów poufności i integralności stosowane są algorytmy i protokoły kryptograficzne, które muszą być odporne na ataki kryptoanalityczne. Część rozwiązań ustandaryzowanych można adaptować na potrzeby Sił Zbrojnych, ale dla wyższych klauzul tajności należy opracować własne, narodowe algorytmy i protokoły kryptograficzne. Rozwój kryptograficznych metod ochrony informacji powinien uwzględniać przewidywane postępy w technologiach używanych do kryptoanalizy (w tym m.in. rozwój komputerów kwantowych). Celem badań będzie rozwój algorytmów symetrycznych umożliwiających ochronę informacji w systemach o przepływności 40 Gb/s oraz algorytmów i protokołów kryptograficznych wspierających implementację podejścia Data Centric Security, tj. np. szyfrowania opartego na parowaniu krzywych eliptycznych (ang. Attribute Base Encryption) lub rodziny zastosowań szyfrowania homomorficznego (ang. Search Able).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych
Nazwa technologii	Kryptograficzne metody ochrony informacji
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu bezpieczeństwa informacji – ochrona poufności, integralności i dostępności informacji
Początkowy PGT (Polska)	4

Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3 lata i dalszy rozwój
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

13.9.2. Konstrukcje elektroniczne zapewniające wysokowydajne i bezpieczne implementacje algorytmów i protokołów kryptograficznych

Konstrukcje elektroniczne powinny umożliwiać bezpieczne implementacje algorytmów i protokołów kryptograficznych sprzętowo (w układach programowalnych) i programowo (w układach mikrokomputerowych) przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiej wydajności tych implementacji – do i powyżej 10 Gb/s. Bezpieczeństwo konstrukcji elektronicznych wynika z zastosowanych mechanizmów zapewniających niezawodność implementacji funkcji kryptograficznych oraz minimalizowanie emisji ujawniającej. Konstrukcje tego typu mogą służyć do budowy szyfratorów oraz modułów generacji i zabezpieczenia kluczy. Do wyższych klauzul tajności (krajowych i NATO/EU) wymagane są implementacje sprzętowe zasadniczych funkcji kryptograficznych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych
Nazwa technologii	Konstrukcje elektroniczne zapewniające wysokowydajne i bezpieczne implementacje algorytmów i protokołów kryptograficznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu bezpieczeństwa informacji – ochrona poufności, integralności i dostępności informacji
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3 lata i dalszy rozwój
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

13.9.3. Wysokowydajna sprzętowa generacja ciągów losowych

Sprzętowa generacja ciągów losowych jest podstawowym narzędziem do generacji danych kryptograficznych, w tym kluczy (dokumentów kryptograficznych), na potrzeby niejawnych systemów ochrony informacji. Wysokowydajną generację zapewniają m.in. kwantowe źródła mikrofalowe. Generacja ciągów losowych z szybkością co najmniej 1 Gb/s jest niezbędna do generacji kluczy jednorazowych, wymaganych do ochrony informacji o najwyższych klauzulach tajności. Dodatkowo należy zapewnić możliwość oceny losowości ciągów binarnych na różnych etapach ich produkcji. W tym celu rozwijane są i implementowane testy losowości.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych
Nazwa technologii	Wysokowydajna sprzętowa generacja ciągów losowych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu bezpieczeństwa informacji – ochrona poufności, integralności i dostępności informacji
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9

Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3 lata i dalszy rozwój
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

13.9.4. Ochrona przed emisją ujawniającą

Emisja ujawniająca może mieć różnorodny charakter. Może to być emisja elektromagnetyczna (w różnym zakresie fal oraz przewodzona), emisja optyczna i akustyczna, a także związana z poborem mocy lub czasem obliczeń. Tego typu emisje mogą pozwolić przeciwnikowi na konstruowanie ataków z kanałem pobocznym (ang. Side Channel) i odkrycie informacji niejawnych bądź kluczy kryptograficznych, którymi są chronione te informacje. Stąd powinny być rozwijane technologie ochrony urządzeń oraz systemów teleinformatycznych i telekomunikacyjnych przed emisją ujawniającą. Środki zapewniające tego typu ochronę obejmują zagadnienia z zakresu kompatybilności i obniżania emisji elektromagnetycznej, odpowiednich konstrukcji urządzeń i pomieszczeń, gdzie są przetwarzane informacje niejawne, ich ekranowania oraz filtrowania interfejsów i zasilania. Istotne znaczenie ma także skuteczne kasowanie wrażliwych informacji, gdy już nie są wykorzystywane bądź w warunkach zagrożenia ich przejścia. Zapewnienie odpowiedniego poziomu ochrony przed emisją ujawniającą ma bardzo duże znaczenie dla ochrony informacji mających wpływ na bezpieczeństwo działań Sił Zbrojnych i suwerenność Polski. Te technologie powinny być ciągle rozwijane, by sprostać rosnącym możliwościom wykorzystywania emisji ujawniającej przez przeciwnika.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych
Nazwa technologii	Ochrona przed emisją ujawniającą
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu bezpieczeństwa informacji – ochrona poufności, integralności i dostępności informacji – zwiększenie ochrony informacji wrażliwych
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3 lata i dalszy rozwój
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

13.9.5. Zarządzanie kluczami i bezpieczeństwem systemów kryptograficznych

Zarządzanie kluczami kryptograficznymi oraz zarządzanie bezpieczeństwem systemów kryptograficznych jest nieodłącznym elementem ochrony informacji w systemach teleinformatycznych i telekomunikacyjnych. Wszelkie funkcje ochrony informacji wymagają zapewnienia (wygenerowania i dostarczenia) bądź uzgodnienia kluczy kryptograficznych, którym należy zapewnić poufność oraz integralność i uwierzytelnienie). Istotnym elementem jest także możliwość zarządzania zarówno kluczami, jak i działającymi na ich bazie systemami kryptograficznymi. Podobnie jak dla urządzeń kryptograficznych również wobec systemów zarządzania wymagane będą implementacje sprzętowe zasadniczych funkcji. Celem badań są protokoły i algorytmy kryptograficzne, np. protokoły podziału sekretu, dowody wiedzy

zerowej, wielopodpis (ang. multisign), obliczenia wielostronne, które będą stanowić rozwój zdolności zarządzania kluczami i urządzeniami kryptograficznymi.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych
Nazwa technologii	Zarządzanie kluczami i bezpieczeństwem systemów kryptograficznych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu bezpieczeństwa informacji – ochrona poufności, integralności i dostępności informacji
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3 lata i dalszy rozwój
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

13.9.6. Bezpieczeństwo transmisji i sieci

Na skuteczną ochronę komunikacji i systemów informacyjnych, oprócz ochrony informacji, ma wpływ bezpieczeństwo transmisji i sieci. Dotyczy to zarówno sieci przewodowych, jak i bezprzewodowych we wszystkich domenach fizycznych, które powinny być odporne na zakłócenia wynikające z warunków naturalnych oraz na zakłócenia celowe wywoływane przez przeciwnika. Stąd w różnych mediach transmisji, w różnych warstwach (np. wg modelu ISO/OSI) implementowane są mechanizmy zabezpieczające transmisje danych i integralność budowanych sieci. Bezpieczeństwo transmisji i sieci rozpatrywane jest w najniższych warstwach: fizycznej, łącza danych i sieciowej. Szczególną uwagę należy poświęcić technologiom ochrony wojskowych sieci radiowych wąsko- i szerokopasmowych, połączeniom radioliniowym i satelitarnym oraz ochrony sieci budowanych na bazie cywilnych technologii, jak WiFi, LTE i 5G. Współcześnie w warstwie sieciowej uwaga skupiona jest głównie na bezpieczeństwie sieci IP, ale i niższe warstwy komunikacji wymagają ochrony, np. Ethernet i warstwa fizyczna. Technologie ochrony transmisji i sieci (TRANSEC i NETSEC) wzmacniają niezawodność i bezpieczeństwo systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych oraz uzupełniają działanie mechanizmów ochrony komunikacji (COMSEC), w tym opartych na kryptografii.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych
Nazwa technologii	Bezpieczeństwo transmisji i sieci
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu bezpieczeństwa informacji – ochrona poufności, integralności i dostępności informacji – zwiększenie bezpieczeństwa transmisji i sieci
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3 lata i dalszy rozwój
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

13.9.7. Internet Rzeczy, sieć globalna i sieci typu mesh

Internet Rzeczy jest technologią, której rozwój może zapewnić wprowadzenie przełomowych zdolności z punktu widzenia potrzeb i specyfiki przyszłych operacji militarnych. Inteligentne urządzenia, np. sensory, połączone za pomocą sieci łączności można wykorzystać na polu bitwy do wsparcia żołnierza. Jednocześnie należy zapewnić autoryzowane wykorzystanie tego typu urządzeń i łączności z nimi. Globalne sieci wojskowe i wojskowe sieci typu mesh zapewniają infrastrukturę, którą inteligentne urządzenia (również cywilne) mogą wykorzystywać do komunikacji z innymi urządzeniami oraz z centralnymi usługami sieciowymi z systemów C2 na różnych poziomach. Obszarem badań są protokoły wymiany informacji w środowisku federacyjnym zawierającym urządzenia w wykonaniu wojskowym i cywilnym. Będzie to miało wpływ na poprawę świadomości sytuacyjnej w operacjach wojskowych i humanitarnych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych
Nazwa technologii	Internet Rzeczy oraz sieć globalna i sieci typu mesh
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu bezpieczeństwa informacji – zwiększenie świadomości sytuacyjnej w operacjach wojskowych i humanitarnych
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	5 lat i dalszy rozwój
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

13.9.8. Sieci Peer to Peer i aplikacje oparte na Blockchain

Sieci Peer to Peer to sieci z luźno powiązanim i rozproszonym środowiskiem serwerowo-klienckim. Sieci te są odporne na różne formy ataków, głównie ataki typu DoS, i skutecznie się skalują. Niektóre z nich stają się szybsze w miarę podłączania większej liczby urządzeń. Tego typu sieci, ze względu na odporność na ataki blokujące dostępność dostarczanych usług oraz dużą odporność na awarie poszczególnych węzłów, stanowią dobre rozwiązanie do wymiany danych o dużej objętości w czasie działań różnorodnych platform bojowych tworzących, poprzez względnie szybką i łatwą wzajemną integrację, większe komponenty np. w koncepcji „Mosaic Warfare”. Wojskowe aplikacje Blockchain są kolejnym technologicznym elementem budulcowym dla wojny mozaikowej. W tego typu sieciocentrycznej i federacyjnej sytuacji bitewnej potrzebne są bezpieczne, zaufane rejestry, aby zidentyfikować nowe urządzenia, wchodzące do sieci, w szczególności w celu wykrycia przyjaciół lub wrogów. Wojskowe technologie księgi rozproszonej są obsługiwane przez aplikacje Blockchain.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych
Nazwa technologii	Sieci Peer to Peer i aplikacje oparte na Blockchain w zastosowaniach wojskowych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie poziomu bezpieczeństwa informacji i odporności na ataki blokujące dostępność dostarczanych usług – zwiększenie poziomu integracji pomiędzy platformami
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat i dalszy rozwój

Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

13.9.9. Działania analityczne w chmurze obliczeniowej

Obliczenia w chmurze mogą zapewnić skalowalne, wysokowydajne usługi teleinformatyczne, o zwiększonej mocy przetwarzania i możliwości przechowywania dużych ilości danych. W rozwiązaniach wojskowych największy nacisk powinien być położony na wykorzystanie tzw. chmury prywatnej. Jednocześnie należy zapewnić bezpieczeństwo dla tego typu obliczeń w chmurze prywatnej, by unikać awarii na dużą skalę i wycieków danych. Dodatkowo badania skupiałyby się wówczas na opracowaniu technologii umożliwiającej tworzenie własnej chmury prywatnej, niezależnej lub zależnej w niewielkim stopniu od rozwiązań publicznych, aby zrozumieć możliwe konsekwencje dla zastosowań wojskowych. Badania te dotyczą także m.in. technologii Trusted Execution Environment (SGX, SEV) oraz protokołów Private Set Intersection oraz szyfrowania homomorficznego.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Ochrona komunikacji i wojskowych systemów informacyjnych
Nazwa technologii	Działania analityczne w chmurze obliczeniowej
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość skalowania usług teleinformatycznych o zwiększonej mocy przetwarzania – możliwość przechowywania dużych wolumenów danych – zwiększenie bezpieczeństwa przechowywanych i przetwarzanych danych
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat i dalszy rozwój
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia/finansowania prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

13.10. Cyberobrona

13.10.1. Świadomość sytuacyjna w zakresie cyberobrony

Świadomość sytuacyjna w zakresie cyberobrony (ang. Cyberdefense Situation Awareness) zapewnia kompleksowe poznanie środowiska, zagrożeń, słabych punktów i zależności domeny cybernetycznej w celu usprawnienia działań związanych z reagowaniem, ograniczaniem ryzyka i podejmowaniem decyzji w czasie rzeczywistym.

Sukces operacji wojskowych zależy od umiejętności przetwarzania i oceny informacji w celu uzyskania odpowiedniego zrozumienia sytuacji bojowej, co dotyczy również działań w cyberprzestrzeni. Będzie wymagało to zastosowania: systemów wspomagania decyzji w cyberprzestrzeni, dowodzenia i kontroli w zakresie operacji cybernetycznych, zobrazowania operacji w cyberprzestrzeni, modelowania i symulacji sytuacji w cyberprzestrzeni, analizę wizualną, analizę danych, analizę predykcijną, zapobieganie, ocenę skutków, zarządzanie ryzykiem, wykrywanie złośliwego oprogramowania, wykrywanie ukrytych kanałów informacyjnych, analizę zagrożeń cybernetycznych i udostępnianie informacji oraz analizę i szacowanie kluczowych wskaźników cyberbezpieczeństwa (KPI). Integracja cyberprzestrzeni

w procesie planowania operacyjnego może pomóc w opracowaniu zbiorów danych do potwierdzenia rozwiązań cyberobrony.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Cyberobrona
Nazwa technologii	Świadomość sytuacyjna w zakresie cyberobrony
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie poziomu reagowania przy jednoczesnym zmniejszeniu ograniczania ryzyka podczas podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym – zwiększenie świadomości sytuacyjnej – możliwość detekcji cyberzagrożeń
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.10.2. Konwergencja cyberoperacji i wojny elektronicznej

Systemy komunikacyjne i informatyczne oraz systemy uzbrojenia muszą być odporne na cyberataki wykorzystujące widmo elektromagnetyczne. Połączenie działań w cyberprzestrzeni i walki elektronicznej będzie powodować zwiększenie odporności systemów na zagrożenia w szeroko rozumianej infosferze. Cyberobrona powinna uwzględniać jako główny czynnik obszar wojny informacyjnej. Ważne jest wykrywanie działań ofensywnych przeciwnika w cyberprzestrzeni i przeciwdziałanie im.

Operacje obronne w cyberprzestrzeni mogą korzystać z technik WRE w sytuacji, gdy widmo elektromagnetyczne jest wykorzystywane jako środek do cyberataku. Kontrola informacji ma kluczowe znaczenie dla operacji wojskowych, sieci komunikacyjne i komputery mają w tym kluczowe znaczenie. Kontrolowanie i zakłócanie przepływu informacji jest ogólnie nazywane: wojną informacyjną, wojną elektroniczną, cyberwojną, wojną sieciową i operacjami informacyjnymi (działania niekinetyczne). Widmo elektromagnetyczne jest wykorzystywane w cyberprzestrzeni, podobnie jak w domenach fizycznych. Działania militarne w cyberprzestrzeni obejmują obronę przed złośliwą aktywnością w internecie i w innych systemach oraz w całym spektrum widma elektromagnetycznego, tj. w pasmach widma radiowego, mikrofalowego, podczerwieni, promieniowania rentgenowskiego.

Współczesne cyberoperacje oraz wojny informacyjne wykraczają poza tradycyjne ich rozumienie jako zakłócanie komunikacji radioelektronicznej. Istotnym elementem tego rodzaju działań jest publikowanie w szeroko rozumianej infosferze treści o charakterze dezinformacyjnym oraz manipulacyjnym. W celu przeciwdziałania tego rodzaju aktywności należy tworzyć zaawansowane systemy umożliwiające pozyskiwanie w sposób anonimowy wszelkich treści, a następnie ich analizę pod kątem wykrywania wiadomości o charakterze dezinformacyjnym, a także umożliwiające identyfikację fałszywych siatek kont społecznościowych. Systemy tego rodzaju powinny także umożliwiać prowadzenie własnej działalności dezinformacyjnej.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Cyberobrona
Nazwa technologii	Konwergencja cyberoperacji i wojny elektronicznej
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie odporności systemów cybernetycznych na zagrożenia w infosferze – możliwość wykrywania działań ofensywnych przeciwnika w cyberprzestrzeni i przeciwdziałanie im

	– możliwość prowadzenia własnej działalności dezinformacyjnej
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.10.3. System rozpoznania w cyberprzestrzeni

System rozpoznania w cyberprzestrzeni (ang. Cyberspace Intelligence System) umożliwia rozpoznanie obiektów (sieciowych, domen, adresów, usług, serwisów, plików, systemów, wskaźniki zagrożeń: IoC, IoA, IoB, podatności, kont, użytkowników, aktorów, organizacji, infrastruktury techniczno-systemowej, programowej, malware'u, akcji/działań/kampanii itp.) oraz powiązań, związków i zależności na różnych płaszczyznach (technicznych, technologicznych, organizacyjnych, finansowo-ekonomicznych, społecznych, formalnych i nieformalnych, bezpośrednich i pośrednich – korelacje, wnioskowanie itp.), a także metod, technik i technologii wykorzystywanych do działań w cyberprzestrzeni w obszarach teleinformatycznych i informacyjnych z uwzględnieniem zmienności w czasie obiektów i ich własności oraz powiązań, związków i zależności pomiędzy nimi.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Cyberobrona
Nazwa technologii	System rozpoznania w cyberprzestrzeni
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie zdolności w zakresie rozpoznania, identyfikacji, gromadzenia obiektów własnych i przeciwnika oraz ich powiązań – zwiększenie zdolności do rozpoznania – rozpoznawanie obiektów wojsk własnych i przeciwnika – zwiększenie zdolności w zakresie ochrony i przetrwania wojsk – wykorzystanie informacji w systemie alarmowania i ostrzegania wojsk
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.10.4. Inteligentne, adaptacyjne, kooperujące rozwiązania monitorowania, detekcji i neutralizacji cyberzagrożeń

Złożoność i różnorodność stosowanych metod, technik i technologii rozwiązań powodujących cyberzagrożenia przez adwersarzy w cyberprzestrzeni wymaga stosowania nowego podejścia umożliwiającego wykorzystanie rozwiązania sztucznej inteligencji do monitorowania systemów/obiektów oraz detekcji i neutralizacji wykrytych cyberzagrożeń. Kooperacja tych rozwiązań (wymiana informacji, wspólne działania itp.) ma za zadanie umożliwić uzyskanie efektu synergii zwiększającego zdolności do cyberobrony w ramach kolektywnej obrony autonomicznych rozwiązań.

Inteligentne, adaptacyjne, kooperujące rozwiązania monitorowania, detekcji i neutralizacji cyberzagrożeń (ang. Intelligent, Adaptive, Cooperating Solutions of Monitoring, Detection

and Neutralization of Cyber Threads) umożliwi efektywniejsze i kompleksowe monitorowanie, detekcję oraz neutralizację cyberzagrożeń w systemach będących w obszarze nadzorowania i odpowiedzialności przez jednostki SZ RP.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Cyberbrona
Nazwa technologii	Inteligentne, adaptacyjne, kooperujące rozwiązania monitorowania, detekcji i neutralizacji cyberzagrożeń
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie poziomu monitorowania, detekcji i neutralizacji cyberzagrożeń umożliwi efektywniejsze i kompleksowe monitorowanie, detekcję oraz neutralizację cyberzagrożeń w systemach będących w obszarze nadzorowania i odpowiedzialności – zwiększenie zdolności w zakresie ochrony i przetrwania wojsk <ul style="list-style-type: none"> – wykorzystanie w ochronie i obronie wojsk własnych – zwiększenie zdolności w obszarze rozpoznania – detekcja, identyfikacja obiektów i działań wojsk własnych i przeciwnika
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

13.11. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Rozwój technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych oraz poszukiwania nowych rozwiązań w tym zakresie są nieuniknione ze względu na obecny charakter konfliktów, gdzie często o przewadze decyduje posiadanie informacji i możliwość jej bezpiecznego i szybkiego przekazania w odpowiednie miejsce.

Technologie te łączą w sobie i wykorzystują najnowsze osiągnięcia w obszarach technologicznych:

- sztucznej inteligencji,
- przetwarzania danych Big Data,
- automatyzacji i autonomii działań cybernetycznych,
- wytwarzania,

a w przyszłości technologii kwantowych.

14. Systemy symulacyjne

14.1. Rozszerzona, wirtualna i mieszana rzeczywistość zwiększająca możliwości poznawcze

Systemy symulacyjne wykorzystujące technologie rzeczywistości: rozszerzonej (AR), wirtualnej (VR) i mieszanej (MR), bazując na algorytmach modelowania scenariuszy i środowiska operacyjnego, stają się niezbędne do efektywnego i skutecznego zarządzania operacjami wojskowymi. Dodatkowo mogą być wykorzystywane na wszystkich szczeblach dowodzenia w procesie szkolenia i przygotowywania wojsk do działania w warunkach realnych scenariuszy operacyjnych.

Technologie rzeczywistości rozszerzonej (AR), wirtualnej (VR) i mieszanej (MR) mają wspierać proces szkoleniowy żołnierzy i odzwierciedlać rzeczywiste warunki operacyjne. Rozwiązania te mają stanowić narzędzia wsparcia i poprawy świadomości sytuacyjnej żołnierzy na każdym szczeblu dowodzenia w zakresie wsparcia procesów decyzyjnych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Systemy symulacyjne
Nazwa technologii	Rozszerzona, wirtualna i mieszana rzeczywistość zwiększająca możliwości poznawcze
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zwiększenie zdolności poznawczych w symulacyjnych systemach szkolenia wojsk– zwiększenie skuteczności obsługi technicznych SpW– zwiększenie skuteczności szkolenia medycznego, taktyki działań, a także wspierania świadomości sytuacyjnej na polu walki
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2025–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe realizowane poprzez NCBR

14.2. Modelowanie i symulacja w cyberobronie

Zdolności symulacyjne w zakresie cyberobrony mają zasadnicze znaczenie dla zapewnienia siłom zbrojnym kompleksowego zrozumienia ich podatności na cyberzagrożenia oraz przewidywania cyberzagrożeń, które mogłyby zagrozić prowadzeniu operacji w cyberprzestrzeni oraz innych domenach operacyjnych.

W SZ RP istnieje obecnie luka w zakresie symulacji cyberzagrożeń w wojskowych systemach C2/3/4/5 ISR, uznawanych za krytyczne w perspektywie przyszłej współpracy w walce opartej na systemie SoS. Ta luka w możliwościach stanowi poważny problem, ponieważ na poziomie misji personel wojskowy w coraz większym stopniu wykorzystuje w swoich codziennych zadaniach połączone systemy cyfrowe i polega na nich, niekoniecznie będąc specjalistami w zakresie cyberobrony lub nie będąc przeszkolonym w zakresie przeciwdziałania cyberatakami na swoje systemy C2/3/4/5/ ISR.

Aby wyszkolić personel wojskowy niebędący ekspertami w dziedzinie cyberprzestrzeni, pracujący na poziomie misji, w zakresie stawiania czoła cyberatakami mającym wpływ na systemy C2/3/4/5 ISR, a tym samym na ich zdolności operacyjne, należy rozważyć zastosowanie systemów symulacji cyberobrony podłączonych bezpośrednio do rzeczywistej

wojskowej sieci informatycznej w celu przyjęcia przyjaznej dla użytkownika końcowego perspektywy szkolenia w zakresie cyberobrony.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Systemy symulacyjne
Nazwa technologii	Modelowanie i symulacja w cyberobronie
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie skuteczności i bezpieczeństwa w połączonych (zintegrowanych) systemach cyfrowych – zwiększenie odporności systemów na cyberzagrożenia
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3 lata i dalszy rozwój
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

14.3. Symulatory w środowisku sieciocentrycznym

Obecnie szkolenie symulatorowe jest bardzo ważne ze względu na koszty szkolenia i wysokie wymagania stawiane różnym rodzajom wojsk. Współcześnie symulatory służą do nauki wyrafinowanych elementów szkolenia i treningu skomplikowanych scenariuszy i misji. Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie symulacji umożliwiają szkolenie w skomplikowanym, wielowymiarowym oraz środowisku sieciocentrycznym pola walki (ang. Simulators with Network-Centric Capabilities) i przygotowanie do wykonywania misji przed rozmieszczeniem w rejonie operacji. Obszar powinien uwzględniać symulatory i trenażery, w tym symulatory/emulatory monolityczne/jednostanowiskowe, rozproszone – federacyjne, chmurowe, usługi Simulation as a Service, rozproszone symulacje.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Systemy symulacyjne
Nazwa technologii	Symulatory w środowisku sieciocentrycznym
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zmniejszenie kosztów utrzymania SpW – możliwość tworzenia zaawansowanych systemów szkoleniowych – integracja z technologiami sztucznej inteligencji oraz uczenia maszynowego
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	3 lata i dalszy rozwój
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2035
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe, wykorzystanie dorobku międzynarodowego

14.4. Digital Twin

Technologiczny trend digitalizacji otwiera nowe możliwości w diagnostyce i projektowaniu komponentów oraz systemów. Cyfryzacja pozwala na większą elastyczność w adaptacji systemu do różnych wymagań, podłączenie narzędzi symulacyjnych oraz zamodelowanie systemu, a tym samym zmniejszenie wysiłków związanych z przeprojektowaniem w przypadku zmian lub odchylenia od oczekiwanych wyników. Poprzez cyfryzację oraz fuzję danych z sensorów, dany komponent lub system można łatwo monitorować (monitoring stanu systemu może być realizowany bez udziału człowieka),

upraszczając w ten sposób proces obsługiwań technicznych. Zastosowanie technologii Digital Twin, tzw. cyfrowego bliźniaka, obejmuje zasadniczo trzy kierunki zastosowania:

- wsparcie analiz technicznych (kondycji obiektu rzeczywistego w celu usprawnienia planowania i czynności obsługowo naprawczych oraz konserwacyjnych);
- cyfrowe odzwierciedlenie życia obiektu fizycznego, aby zbadać jego długoterminowe zachowanie, przewidzieć jego działanie, zapewnić ciągłość informacji na różnych etapach cyklu życia, prowadzić VC (tzw. Virtual Commissioning) lub zarządzać cyklem życia urządzeń;
- wspomaganie w podejmowaniu decyzji poprzez wykonywanie analiz inżynierskich i statycznych, w celu optymalizacji zachowania systemu na etapie projektowania, przewidywania i ulepszania przyszłych osiągnięć czy parametrów produktu.

Technologia Digital Twin jest już z powodzeniem wykorzystywana w modelowaniu zużycia obiektów o ograniczonej liczbie stopni swobody w maszynach wirujących. Wraz ze wzrostem mocy obliczeniowej oraz rozwojem technologii i narzędzi modelowania oraz nadzorowania złożonych procesów rośnie prawdopodobieństwo jej wdrożenia w przemyśle w niedalekiej przyszłości – począwszy od najbardziej kluczowych urządzeń i węzłów technologicznych lub miejsc, gdzie dokładniejsza ocena ryzyka zaprocentuje wysoką stopą zwrotu z ograniczonego postępu i zużycia urządzeń. Możliwości stworzone przez nowoczesne technologie uwalniają szereg dotąd trudno dostępnych rozwiązań, w szczególności w zastosowaniu w urządzeniach, które nie są łatwo dostępne podczas badań technicznych. Badania konieczne do ustalenia aktualnego poziomu bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń często wymagają kosztownych wyłączeń z użytkowania. Występujące w urządzeniach mechanizmy degradacji eksploatacyjnej wymagają również odpowiednich przygotowań i znacznych nakładów lub ingerencji w ich konstrukcje.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Systemy symulacyjne
Nazwa technologii	Digital Twin
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie możliwości weryfikacji i walidacji platform – zwiększenie żywotności i niezawodności SpW – diagnostyka uszkodzeń, awarii i zużycia części w SpW
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	7 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2024–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF, kontynuacja projektu SAMAS, projekt EDA 3D 4 Land, Horizon Europe (dual use), aktywności w ramach panelu AVT NATO STO

14.5. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Nowe rozwiązania systemów symulacyjnych wykorzystywać będą osiągnięcia w dziedzinach takich jak:

- sztuczna inteligencja (np. symulacja działań przeciwnika),
- Big Data (możliwość wykorzystania bogatych zasobów modeli i sygnatur SpW),
- szybkie kanały łączności (proces szkoleniowy realizowany w różnych lokalizacjach jednocześnie),
- technologie kwantowe (symulacja zjawisk fizycznych i reakcji chemicznych).

Technologie takie jak Digital Twin pozwolą na dokładne testowanie i wprowadzanie usprawnień w SpW jeszcze przed wprowadzeniem go do produkcji, a doświadczenie budowane w oparciu o wyniki symulacji działania nawet najbardziej rozbudowanych systemów będą wykorzystywane do „uczenia” algorytmów sztucznej inteligencji.

15. Medyczne zabezpieczenie pola walki oraz środki przeciwdziałania skutkom użycia BMR

Priorytetowy blok technologii zabezpieczenia medycznego oraz organizacji i funkcjonowania wojskowej służby zdrowia skupia w sobie technologie dotyczące wspomagania transportu i ewakuacji (w tym bezzałogowej) medycznych środków materiałowych oraz rannych, w przypadku skażenia, z zachowaniem izolacji od czynników (patogenów) zagrażających zdrowiu lub życiu załogi. Technologie wspomagające lokalizację rannych na polu walki, a także technologie dotyczące automatyzacji i robotyzacji procedur medycznych (w tym autonomiczne systemy podtrzymywania życia i zdrowia) stanowią integralną część tego bloku technologicznego. W ramach bloku prowadzone powinny być również badania nad technologiami indywidualnej i zbiorowej ochrony przed czynnikami CBRN, a także dekontaminacji ludzi (zwierząt) i sprzętu oraz technologiami nowej generacji odkażalników umożliwiających likwidację skażeń w warunkach polowych, niezależnie od pory roku, w dzień i w nocy. W zabezpieczeniu medycznym oraz organizacji i funkcjonowaniu wojskowej służby zdrowia ważne są badania, których celem jest opracowanie systemów wspomagania zarządzaniem informacją medyczną, w tym wspierających śledzenie przepływu rannych (wewnątrz placówek i między etapami ewakuacji) oraz automatyzację procesów wypełniania dokumentacji medycznej (kodowanie QR, karty chipowe). Technologie sztucznej inteligencji w medycynie (diagnostyka, wspomaganie decyzji, modelowanie, symulacja, porównanie wzorców i analiza danych) stanowią istotną część badań prowadzonych w bloku zabezpieczenia medycznego oraz organizacji i funkcjonowania wojskowej służby zdrowia. Badania w zakresie systemów przechowywania medycznych środków materiałowych oraz krwi i preparatów krwiopochodnych, technologie produkcji i przechowywania leków (generowania tlenu do zastosowań medycznych) w warunkach polowych, a także transportu oraz poboru krwi i preparatów krwiopochodnych powinny być prowadzone w ramach wymienionego bloku. Badania nad technologiami druku addytywnego w medycynie to ostatnia gałąź technologiczna bloku, w ramach której przykładowo mogą być prowadzone prace nad zastosowaniem przenośnych, polowych drukarek 3D do druku medycznych środków materiałowych. Technologia ta jest praktycznie wykorzystywana przez Siły Zbrojne Ukrainy do druku 3D wyrobów medycznych przy użyciu drukarek dostarczonych z Polski i powinna być rozwijana w ramach wymienionego bloku.

15.1. Bezzałogowa ewakuacja medyczna poszkodowanych oraz transport medycznych środków materiałowych

Bezzałogowa ewakuacja poszkodowanych w znaczny sposób usprawni funkcjonowanie systemu zabezpieczenia medycznego SZ RP. Zastosowanie rozwiązań bezzałogowej ewakuacji poszkodowanych przy wykorzystaniu np. zunifikowanej kapsuły ewakuacyjno-ratunkowej, transportowanej przez bezzałogową autonomiczną platformę lądową lub bezzałogowy statek powietrzny, umożliwi ich ewakuację z pola walki w określonym reżimie czasowym, do odpowiednich poziomów opieki medycznej, celem zastosowania zabiegów ratujących życie. Odpowiednie wspomaganie podsystemu kierowania danymi dotyczącymi parametrów życiowych żołnierza na polu walki (monitorowanymi w czasie rzeczywistym) ułatwi szybkie i sprawne wprowadzenie procedur leczniczo-ewakuacyjnych na miejscu zdarzenia oraz podjęcie decyzji przez personel medyczny – koordynujący ewakuację medyczną o priorytetach ewakuacyjnych i kierunkach wysuniętej ewakuacji. Proces decyzyjny dotyczący ewakuacji dodatkowo powinien być wspierany poprzez zastosowanie AI.

Zunifikowane kapsuły ewakuacyjno-ratunkowe mogą mieć również zastosowanie podczas ewakuacji na wyższe poziomy zabezpieczenia medycznego, tj. ewakuacja taktyczna,

ewakuacja poza teatr działań, ewakuacja strategiczna. Odpowiednie przystosowanie kapsuł ewakuacyjno-ratowniczych zapewniające w przyszłości zdalną kontrolę (na odległość) nad stanem klinicznym pacjenta (monitorowanie funkcji życiowych, zdalna możliwość aplikacji leków, możliwość wprowadzenia pacjenta w stan śpiączki farmakologicznej, możliwość transportu pacjenta wysoko zakaźnego itd.) umożliwiłaby optymalizację oraz kontrolę nad przepływem pacjentów między placówkami medycznymi, jak również wymianę danych klinicznych pomiędzy specjalistami zapewniającą wsparcie medyczne na odległość.

Modułowe i zunifikowane podejście konstrukcyjne dla przyszłych kapsuł ewakuacyjno-ratowniczych pozwoli w przyszłości odpowiednio zorganizować system leczniczo-ewakuacyjny bez względu na zastosowaną platformę transportową (bezzałogową, załogową, lądową powietrzną, morską), zapewniając odpowiednią opiekę medyczną podczas transportu (zdalną opiekę medyczną), minimalizując liczebność personelu medycznego zaangażowanego w proces ewakuacji.

Zastosowanie bezzałogowych środków transportu w znaczny sposób usprawni podsystem logistyki medycznej. Kierowanie procesem zaopatrywania poszczególnych poziomów zabezpieczenia medycznego w medyczne środki materiałowe – MSM (w tym krwi i produktów krwiopochodnych) z wykorzystaniem bezzałogowych platform transportowych umożliwi szybką i sprawną dystrybucję MSM wynikającą z potrzeb raportowanych przez poszczególne placówki medyczne (poziomy zabezpieczenia medycznego).

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Medyczne zabezpieczenie pola walki oraz środki przeciwdziałania skutkom użycia BMR
Nazwa technologii	Bezzałogowa ewakuacja medyczna poszkodowanych oraz transport medycznych środków materiałowych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie zdolności bezzałogowej ewakuacji rannych i poszkodowanych – zwiększenie szybkości stosowania procedur leczniczo-ewakuacyjnych na miejscu zdarzenia oraz podjęcia decyzji przez personel medyczny koordynujący ewakuację medyczną o priorytetach ewakuacyjnych i kierunkach wysuniętej ewakuacji. – możliwość aplikacji leków oraz wprowadzenia pacjenta w stan śpiączki farmakologicznej – możliwość transportu pacjenta wysoko zakaźnego – zwiększenie optymalizacji oraz kontroli nad przepływem pacjentów między placówkami medycznymi jak również odpowiednia wymiana danych klinicznych pomiędzy specjalistami zapewniająca odpowiednie wsparcie medyczne na odległość – zmniejszenie liczebności personelu medycznego zaangażowanego w proces ewakuacyjny
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

15.2. Automatyzacja i robotyzacja

Automatyzacja i robotyzacja obejmuje adaptację, integrację oraz rozwój nowych technologii robotycznych wspomagających lokalizację, identyfikację, ocenę, leczenie i ratowanie ofiar na współczesnym polu walki, ze szczególnym uwzględnieniem realizacji zadań w trudnych warunkach, ewakuacji poszkodowanych z pola walki za pomocą półautonomicznych i autonomicznych platform ewakuacyjnych oraz systemów wsparcia pacjenta. Automatyzacja i robotyzacja obejmuje badania nad projektowaniem i wdrażaniem do opieki medycznej inteligentnych autonomicznych robotów medycznych lub systemów robotów, które wspomagać będą czynności ratownicze, np. lokalizacja rannych, stabilizowanie i przywracanie funkcji życiowych oraz zdalny triage (przypisanie pilności ewakuacji poszkodowanych), na podstawie informacji fizjologicznych uzyskiwanych w czasie rzeczywistym, z uwzględnieniem pracy w środowisku skażonym czynnikami CBRN.

Badania nad robotami powinny być realizowane w kierunku osiągnięcia zdolności do prowadzenia diagnostyki zarówno zdalnej, jak i prowadzonej w czasie rzeczywistym za pomocą algorytmów heurystycznych zintegrowanych z systemami obrazowania rozpoznającymi wzorce i czujnikami fizjologicznymi, w tym skanowania ciała poszkodowanego w celu wykrycia obrażeń. W ramach bloku technologicznego powinny być prowadzone badania nad zdalnymi jednostkami chirurgicznymi, w tym do zadań mikro-zręcznościowych, autonomicznymi i/lub sterowanymi przez chirurga zdalnie (telechirurgii), z czułą funkcją dotykową (sprzężeniem zwrotnym) i szerokopasmowymi możliwościami transmisji trójwymiarowych obrazów, w tym umożliwiającymi zastosowanie minimalnie inwazyjnych metod wspieranych wideoendoskopowo. Zastosowanie znajdują również roboty wspierające inwazyjne zabiegi chirurgiczne.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Medyczne zabezpieczenie pola walki oraz środki przeciwdziałania skutkom użycia BMR
Nazwa technologii	Automatyzacja i robotyzacja
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none">– zwiększenie poziomu komunikacji z poszkodowanym– zwiększenie poziomu diagnostyki nieinwazyjnej– zmniejszenie czasu ewakuacji chorych i rannych– zmniejszenie poziomu śmiertelności
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	10 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2032
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

15.3. Technologie informacyjne w medycynie oraz wspomagania zarządzaniem informacją medyczną

15.3.1. Technologia zarządzania informacjami medycznymi

Jedną z istotniejszych korzyści z zastosowania tej technologii będzie możliwość projektowania systemu zarządzania informacjami medycznymi planowanego do wykorzystania w ramach misji wielonarodowych i współdzielenia informacji medycznych przy zapewnieniu bezpieczeństwa danych i ochrony prywatności pacjentów (w czasie przechowywania i przenoszenia), w tym poufności, integralności, dostępności oraz niezaprzeczalności (dla realizowanych procedur medycznych). Ze względu na możliwy duży

wolumen gromadzonych danych medycznych technologia zarządzania informacjami medycznymi umożliwi analizę tych danych z zastosowaniem zaawansowanych technik przetwarzania dużych zbiorów danych. Proces ten obejmie zbieranie, gromadzenie, dystrybucję, agregację oraz analizę danych wraz z mechanizmami zarządzania dużym wolumenem danych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie informacyjne w medycynie oraz wspomaganie zarządzaniem informacją medyczną
Nazwa technologii	Technologia zarządzania informacjami medycznymi
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie poziomu zarządzania informacjami medycznymi oraz zabezpieczenia medycznego działań wojsk – usprawnienie procedur rejestrowania i przetwarzania informacji medycznych na temat pacjenta, w tym jego danych osobowych (z funkcją ich anonimizacji), a także danych na temat jego opieki medycznej i ewakuacji – możliwość prowadzenia kontroli stanu zdrowia żołnierzy i rozprzestrzeniania się chorób – zwiększenie przetwarzania danych osobowych, jak również poufności, integralności oraz niezaprzeczalności informacji – możliwość tworzenia bezpiecznych baz danych medycznych, których zawartość w postaci dokumentacji medycznej może być częścią budowy dowodów klinicznych
Początkowy PGT (Polska)	6
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	4 lata
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2026
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

15.3.2. Wspomaganie procesu ewakuacji medycznej i śledzenia przepływu rannych

W ramach technologii wspomagany powinien być proces ewakuacji medycznej. Technologia dostarczy narzędzi potrzebnych do cyfrowego zapisu i przekazywania krytycznych danych medycznych z miejsca zdarzenia poprzez środki zaangażowane w proces ewakuacji medycznej, a kończąc na placówkach medycznych, w których udzielana jest specjalistyczna pomoc lekarska i prowadzona jest hospitalizacja do czasu przywrócenia właściwego stanu zdrowia. Zastosowanie technologii wspomaganie procesu ewakuacji medycznej umożliwi planowanie pomocy medycznej poprzez opracowanie procedur oceny stanu zdrowia pacjenta oraz planowania najbardziej efektywnej metody udzielania mu pomocy medycznej wraz z wyborem odpowiedniego ośrodka pomocy medycznej (pod względem odległości, wyposażenia technicznego i potencjału ludzkiego). Technologia ta pozwoli na ewakuację medyczną żołnierzy z pola walki przy zachowaniu właściwych standardów poprzez zgromadzenie danych medycznych pacjentów wymagających dalszych czynności oraz właściwe i częściowo zautomatyzowane zarządzanie tymi danymi. Technologia, wspomagając ratownictwo na polu walki, przyczyni się do zapewnienia ratownikom mającym pierwszy kontakt z poszkodowanym możliwości szybkiego sporządzenia (w formie elektronicznej) dokumentacji medycznej w miejscu zdarzenia z możliwością szybkiego jej przekazywania do wyższych poziomów opieki medycznej. Technologia ta sprawi, że tworzenie i dystrybucja tej dokumentacji będzie odbywać się w sposób, który nie utrudni prowadzonych czynności

ratowniczych, np. poprzez elektroniczne urządzenie dotykowe lub automatycznej transkrypcji rejestrowanego dźwięku (głosu ratownika). Technologia wspomagać będzie personel medyczny w szybkiej analizie sytuacji oraz podjęcia decyzji w zakresie wyboru środków ewakuacji medycznej w zależności od wskazań medycznych grupy pacjentów oraz uwzględniając możliwości efektywnego wykorzystania tych środków. Możliwe stanie się wspomaganie decyzji (w tym decyzji o ewakuacji) oraz predykcji stanu psychofizycznego. W tym celu technologia dostarczy innowacyjnych metod wnioskowania pozwalającego na wspomaganie decyzji operatora i wybór najlepszych strategii ewakuacji, a także ich oceny pod kątem różnych, czasem sprzecznych ze sobą celów (np. najszybszy, ale najdroższy transport, konieczność zabrania kilku osób do różnych szpitali itp.). Technologia wspierać powinna identyfikację i śledzenie rannych i poszkodowanych, pozwalając na przekazywanie w czasie rzeczywistym danych o liczbie i położeniu pacjentów w łańcuchu leczniczo-ewakuacyjnym do innych urzędów pracujących w strukturach elementów sojusznicznych i wielonarodowych. Technologia pozwoli na identyfikację pacjentów już na polu walki w punkcie zdarzenia, np. poprzez nadanie niepowtarzalnego unikalnego kodu oznaczania pacjenta oraz odwzorowania identyfikatora pacjenta na jego rzeczywiste dane personalne. Dzięki zastosowaniu technologii identyfikacji możliwe stanie się śledzenie pacjenta podczas całego procesu wsparcia medycznego do chwili jego pełnej rekonwalescencji bądź śmierci wraz z informacją dotyczącą statusu jego leczenia oraz miejsca przebywania, w tym podczas przemieszczenia pomiędzy medycznymi placówkami leczniczymi (ang. Medical Treatment Facility – MTF). Technologia dostarczy mechanizmy zapisywania wszelkich informacji związanych z udzielaniem pomocy pacjentowi w sposób zapewniający niezaprzeczalność (jednoznaczne i niepodważalne wskazanie źródła danych) oraz integralność (brak możliwości w nieuprawniony sposób zmiany zapisanych danych) tych danych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie informacyjne w medycynie oraz wspomaganie zarządzaniem informacją medyczną
Nazwa technologii	Technologia wspomaganie procesu ewakuacji medycznej i śledzenia przepływu rannych
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość opracowania skutecznego wielokryterialnego algorytmu pozwalającego na zaplanowanie działań w ramach ewakuacji medycznej – zapewnienie ciągłej i stosownej do wskazań medycznych opieki, ze stałym nadzorem do czasu otrzymania przez pacjenta wykwalifikowanej pomocy medycznej – możliwość interaktywnego tworzenia i przesyłu dokumentów w łańcuchu dowodzenia – zwiększenie efektywności działań w zakresie ewakuacji medycznej prowadzonej przez siły i środki na różnych poziomach opieki medycznej – możliwość szybkiego sporządzania (w formie elektronicznej, nie utrudniając prowadzonych czynności) dokumentacji medycznej w miejscu zdarzenia z możliwością szybkiego jej przekazywania do wyższych poziomów opieki medycznej – zwiększenie zdolności w zakresie wyboru środków ewakuacji medycznej w zależności od wskazań medycznych grupy pacjentów oraz uwzględniając możliwości efektywnego wykorzystania tych środków – możliwość identyfikacji i śledzenia poszkodowanych – wzrost świadomości sytuacyjnej w czasie działań oraz możliwość koordynowania przebiegiem ewakuacji medycznej – możliwość tworzenia historii śledzenia pacjenta (zgodnie ze STANAG 2231)
Początkowy PGT (Polska)	6

Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	6 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2028
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

15.3.3. Zarządzanie zestawami medycznymi

Technologia zarządzania zestawami medycznymi zapewnia zautomatyzowane zarządzanie zasobami zestawów medycznych (sprzęt i materiały) wykorzystywanych w medycznych placówkach leczniczych (MTF). Technologia zapewnia dowódcy MTF możliwość śledzenia nadwyżek, niedoborów, informacji o kontroli jakości oraz lokalizacji każdego zestawu. Informacje dotyczące zarządzania zestawami medycznymi przyczynią się do poprawy zdolności określenia stanu gotowości zespołów medycznych w danym MTF.

Technologia umożliwi ponadto zarządzanie zapotrzebowaniem, odbiorem zamówionych materiałów oraz przestrzeganiem terminów ich przydatności. Do realizacji tych zadań tworzone są oddzielne procesy, które przyspieszają zamawianie brakującego sprzętu i materiałów, rejestrowanie ich odbioru i zarządzanie zamówieniami na wymagane materiały. Technologia ta wspiera również planowe utrzymanie i naprawę sprzętu medycznego niezbędnego do leczenia pacjentów. W oparciu o dostępność zasobów medycznych (sprzęt i materiały) procesy te pozwalają na dokładne przewidywanie gotowości MTF do świadczenia opieki medycznej na rzecz rannych i poszkodowanych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Technologie informacyjne w medycynie oraz wspomaganie zarządzaniem informacją medyczną
Nazwa technologii	Technologia zarządzania zestawami medycznymi
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość dokładnego przewidywania gotowości medycznych placówek leczniczych do świadczenia opieki medycznej na rzecz rannych i poszkodowanych – zwiększenie sprawności zarządzania zapotrzebowaniem, odbiorem zamówionych materiałów oraz przestrzeganiem terminów ich przydatności – zwiększenie możliwości w zakresie planowego wsparcia utrzymania i naprawy sprzętu medycznego
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	6
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	8 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2030
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

15.4. Dekontaminacja i sterylizacja

Likwidacja skażeń jest procesem mającym na celu zapewnienie bezpieczeństwa osobom, obiektom i rejonom poprzez usunięcie z nich substancji promieniotwórczych, absorpcję, niszczenie, neutralizację lub usuwanie środków biologicznych albo chemicznych skażających powierzchnie lub znajdujących się w ich pobliżu. Proces likwidacji skażeń jest najtrudniejszym z przedsięwzięć realizowanych w ramach systemu obrony przed bronią masowego rażenia. Wymaga on zaangażowania znacznych sił i środków oraz zajmuje dużo czasu (jednorazowy proces może trwać od 10 minut nawet do kilku godzin). Z uwagi na ciągłe wprowadzanie nowych materiałów oraz nowoczesnych urządzeń elektronicznych tradycyjny proces likwidacji skażeń nie może spełnić aktualnych wysokich wymagań dotyczących zakresu likwidacji skażeń sprzętu i obiektów technicznych. Technologie dezynfekcji rozwijają metody fizyczne, chemiczne i termiczno-chemiczne.

Likwidacja skażeń ma zapewnić usuwanie lub neutralizację środków chemicznych, toksycznych i biologicznych z powierzchni ciała oraz umundurowania. Likwidacja skażeń skóry skażonej BST jest niezwykle skomplikowana, maksymalny czas (liczony od momentu skażenia), po jakim prawdopodobnie wystąpią objawy zatrucia, jest równy około pięciu minutom. Odkazanie powinno więc odbyć się natychmiastowo po wystąpieniu skażenia, za pomocą indywidualnych pakietów do likwidacji skażeń. Pakiety powinny bazować na uniwersalnych odkażalnikach zapewniających jednoczesną likwidację różnych środków biologicznych i chemicznych z powierzchni skóry (twarz, dłonie, szyja) oraz umundurowania. Nowe odkażalniki powinny być skuteczne w likwidacji różnych skażeń chemicznych i biologicznych oraz przyjazne dla środowiska naturalnego.

Do zaawansowanych technologii odkazania biologicznego można zaliczyć kabiny i komory dekontaminacyjne. Innowacjami są technologie niskotemperaturowej sterylizacji lub dekontaminacji, z użyciem suchego gazu, który wykazuje większą zdolność penetracji, a przez to skuteczność w biobójczości mikroorganizmów, w porównaniu do ciekłego roztworu. Technologie nowoczesnej dekontaminacji powinny wykazywać:

- uniwersalność użytkowania: możliwość stosowania jako systemy przenośne, przewożne, stacjonarne oraz zintegrowane,
- szeroki zakres stosowania: poprzez wytwarzanie i wydajność wysoce efektywnych substancji odkazających (mgła, piana) do odkazania powierzchni skażonych,
- łatwe stosowanie: poprzez modułową budowę i zautomatyzowane przepływy,
- niezawodne funkcjonowanie: poprzez konsekwentną redukcję ustawień ręcznych,
- wytrzymała konstrukcja: poprzez zastosowanie wytrzymałych elementów konstrukcyjnych,
- wysokie bezpieczeństwo pracy: poprzez nowoczesne systemy sterowania,
- ochrona środowiska: poprzez niewielkie zapotrzebowanie wody,
- bezpieczne działanie dla środowiska z minimalną ilością ścieków.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Medyczne zabezpieczenie pola walki oraz środki przeciwdziałania skutkom użycia BMR
Nazwa technologii	Technologie dekontaminacji i sterylizacji
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie bezpieczeństwa żołnierzy, obiektów i rejonów poprzez sorpcję, usunięcie z powierzchni substancji promieniotwórczych, a także zbieranie, niszczenie, neutralizację oraz usuwanie środków biologicznych i chemicznych skażających powierzchnie lub znajdujących się w ich pobliżu

	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość natychmiastowej likwidacji skażeń – zwiększenie przeżywalności wojsk – poprawa zdolności operacyjnych w zakresie ochrony i przetrwania wojsk
Początkowy PGT (Polska)	4
Końcowy PGT (Polska)	10
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	15 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2037
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

15.5. Sztuczna inteligencja w medycynie

Rozwój AI jest ściśle powiązany z powstawaniem nowych urządzeń medycznych. Szczególne miejsce w medycynie zajmują urządzenia do zdalnej diagnostyki oraz wspomagania decyzji np. co do wyboru sposobu leczenia pacjenta. Zdalne monitorowanie stanu zdrowia pacjenta, w połączeniu z algorytmami AI, może doprowadzić do znacznie szybszej i skuteczniejszej diagnostyki. W takich zadaniach AI wyszukuje i przedstawia dane, ułatwiając znajdowanie przydanych informacji zdrowotnych i podejmowanie uzasadnionych decyzji.

Innymi przykładami wykorzystania AI w medycynie mogą być: porządkowanie dokumentacji medycznej oraz modelowanie i przewidywanie odpowiedzi na leczenie. W medycynie AI znajduje zastosowanie również w diagnostyce obrazowej typu MRI (ang. Magnetic Resonance Imaging) oraz tomografii komputerowej (ang. Computed Tomography – CT) do wykrywania np. zmian chorobowych. W branży medycznej AI pojawia się także w formie wirtualnego asystenta lub chatbota na stronie internetowej, lub też w postaci aplikacji kontrolującej stan psychiczny pacjenta (AI potrafi wykrywać zmiany nastroju, wczesne zaburzenia emocjonalne, a nawet myśli samobójcze u młodzieży). Dzięki technologiom AI lekarze mogą znajdować informacje w nieustrukturyzowanych zasobach literatury medycznej, tak by podejmować trafniejsze decyzje dotyczące leczenia pacjentów. Narzędzia bazujące na AI stosowane są również do skanowania bazy leków i efektów ich stosowania w konkretnych jednostkach chorobowych. Poszukiwanie takich związków może wskazać skuteczniejsze metody wykorzystania tych leków.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Medyczne zabezpieczenie pola walki oraz środki przeciwdziałania skutkom użycia BMR
Nazwa technologii	Technologie sztucznej inteligencji w medycynie
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość wsparcia lekarzy oraz personelu medycznego w zakresie zadań administracyjnych, w procesie diagnostyki i leczenia chorych – możliwość przeprowadzenia wywiadów medycznych (e-wywiad) oraz postawienia wstępnej diagnozy, do dalszej medycznej weryfikacji – możliwość nadzorowania prostych zabiegów przez roboty, np. szycie rany oraz wspomaganie decyzji w zakresie stosowanego leczenia – zwiększenie poziomu zarządzania ewakuacją medyczną poprzez wskazanie najbardziej efektywnej metody udzielania pomocy medycznej wraz z wyborem odpowiedniego ośrodka (pod względem odległości, wyposażenia technicznego)

	i potencjału ludzkiego) – również w przypadku wystąpienia zdarzeń masowych – zwiększenie zdolności w zakresie telemedycyny poprzez zdalne badania z zastosowaniem asystenta stanu pacjenta
Początkowy PGT (Polska)	3
Końcowy PGT (Polska)	9
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2034
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania krajowe z budżetu MON, badania krajowe realizowane poprzez NCBR, badania w ramach konsorcjów międzynarodowych, np. EDF

15.6. Medyczne środki przeciwdziałania skutkom użycia BMR

Technologie w obszarze wykrywania i ochrony przed skażeniami mają duży potencjał, ale nie są w stanie w pełni zabezpieczyć wojsk na wszystkie istotne scenariusze zagrożeń CBRN. Medyczne środki przeciwdziałania w zakresie zapobiegania, diagnostyki i leczenia następstw narażenia na czynniki CBRN stanowią zatem niezbędny filar zdolności bojowych wojsk.

Obecnie istnieje niewiele swoistych MCM dla czynników CBRN, co wynika m.in. z czasochłonnych i kosztownych badań rejestracyjnych, szczególnie w przypadku produktu leczniczego. Co więcej, dla przemysłu farmaceutycznego rynek MCM jest niszą. Przewyciężenie tych trudności i wyewoluowanie z obecnej sytuacji braku rozwiązań i uzależnienia od pozaeuropejskich MCM, których pozyskiwanie może być ograniczone w przypadku globalnego kryzysu (co zaobserwowano w przypadku pandemii COVID-19), jest kluczowe dla budowania zdolności Sił Zbrojnych RP w wieloletniej perspektywie.

Rozwój technologii w obszarze MCM powinien uwzględniać poniższe zagadnienia:

1. Zagrożenia chemiczne
 - odtrutki na związki fosforoorganiczne (w tym środki paralityczno-drgawkowe) o szerokim spektrum działania;
 - swoiste metody leczenia przeciwko środkom parzącym;
 - profilaktyka i przedleczenie (bez skutków ubocznych, w tym odległych);
2. Zagrożenia biologiczne
 - antybiotyki, leki przeciwwirusowe, immunoterapia, szczepionki – jeśli nie istnieją dla wybranych czynników;
 - leki o szerokim spektrum działania obejmujące kilka wybranych czynników (m.in. w celu ograniczenia kosztów i wymagań logistycznych);
3. Zagrożenia radiacyjne
 - usuwanie skażeń wewnętrznych;
 - likwidacja skażeń skóry i ran;
4. Diagnostyka polowa
 - odczynniki i sprzęt dostosowane do przechowywania i użycia w trudnych warunkach klimatycznych;
 - łatwe w użyciu i niezawodne protokoły dla personelu działającego z dala od infrastruktury medycznej.

Poziomy gotowości technologicznej mogą obejmować szeroki zakres badań od opracowania technologii niezbędnych do uzupełnienia podstawowych braków, poprawy skuteczności istniejących MCM lub zwiększenia stopnia zdolności i gotowości produkcyjnej do wytwarzania produktów leczniczych.

Nazwa bloku/obszaru technologicznego	Medyczne zabezpieczenie pola walki oraz środki przeciwdziałania BMR
Nazwa technologii	Medyczne środki przeciwdziałania BMR
Wpływ zastosowania technologii na funkcjonowanie Sił Zbrojnych	– zwiększenie zdolności wojsk w zakresie zapobiegania, diagnostyki i leczenia następstw narażenia na czynniki CBRN
Początkowy PGT (Polska)	2
Końcowy PGT (Polska)	8
Oczekiwana długość okresu rozwoju technologii	12 lat
Przedział czasowy prac badawczych/rozwojowych	2023–2034
Proponowany tryb prowadzenia prac badawczych/rozwojowych	Badania realizowane poprzez NCBR, EDA, Komisję Europejską (EDF, programy ramowe)

15.7. Powiązania i zależności z innymi technologiami i blokami technologii

Postęp w dziedzinie medycznego zabezpieczenia pola walki oraz środków przeciwdziałania BMR uzależniony jest od osiągnięć w innych obszarach, tj.:

- sztuczna inteligencja,
 - technologie materiałowe,
 - autonomia i automatyzacja,
 - zarządzanie i przetwarzanie danych,
 - sensoryka (w odniesieniu do BMR),
 - systemy symulacyjne (szkolenie personelu medycznego),
- a w przyszłości technologie kwantowe (opracowywanie nowych leków).

