



# Nowe technologie w sektorach rolno-spożywczym i energii

Autor: Sebastian Wijas



Sfinansowano przez Narodowy Instytut Wolności - Centrum Rozwoju  
Społeczeństwa Obywatelskiego ze środków  
Programu Programu Rozwoju Organizacji Obywatelskich  
na lata 2018 - 2030



Program Rozwoju  
Organizacji  
Obywatelskich  
na lata 2018-2030  
**PROO**

## CZĘŚĆ I: MAKROEKONOMIA I GLOBALNE WSTRZĄSY

### 1. Wprowadzenie: Szok geopolityczny jako ostateczny katalizator transformacji

Koniec lutego i cały marzec 2022 roku to okres, który w sposób nieodwracalny przemodelował globalną architekturę gospodarczą, energetyczną i polityczną. Zbrojna inwazja Federacji Rosyjskiej na terytorium Ukrainy stała się momentem przełomowym, który brutalnie obnażył strukturalne i systemowe słabości europejskich łańcuchów dostaw. Model gospodarczy oparty na imporcie tanich, ale obarczonych ogromnym ryzykiem politycznym paliw kopalnych z jednego kierunku, uległ gwałtownemu załamaniu. Rządy państw europejskich, w tym Rzeczypospolitej Polskiej, z dnia na dzień stanęły przed wizją paraliżu energetycznego.

Sytuacja ta sprawiła, że wdrażanie nowych, bezemisyjnych technologii w sektorach rolnictwa i energetyki przestało być traktowane jedynie jako element długoterminowej, łagodnej polityki klimatycznej. Technologie te stały się absolutnym, twardym fundamentem bezpieczeństwa narodowego i suwerenności rynkowej. Przejście na odnawialne źródła energii, inteligentne sieci oraz rolnictwo precyzyjne nie jest już kwestią wyboru czy optymalizacji kosztów, lecz jedyną racjonalną strategią przetrwania w obliczu szantażu surowcowego i przerwanych szlaków handlowych. Marzec 2022 roku zapoczątkował erę, w której innowacja staje się synonimem przetrwania.

### 2. Załamanie globalnych rynków żywnościowych i łańcuchów logistycznych

Wojna w basenie Morza Czarnego, będącym spichlerzem Europy i świata, doprowadziła do fizycznej blokady kluczowych portów eksportowych. Ukraina i Rosja wspólnie odpowiadały za gigantyczną część globalnego handlu pszenicą, kukurydzą oraz olejem słonecznikowym. Brak możliwości wywozu tych płodów rolnych wygenerował natychmiastowy, drastyczny szok podażowy na giełdach towarowych (m.in. MATIF, CBOT). Zjawisko to obnażyło kruchość tradycyjnego systemu dystrybucji żywności, który nie był przygotowany na tak nagłe odcięcie głównych arterii zaopatrzeniowych.

Wynikiem tego stanu rzeczy była lawinowa panika na rynkach kontraktów terminowych. Koszty frachtu i ubezpieczeń morskich poszybowały w górę, a państwa uzależnione od importu (głównie z rejonu Bliskiego Wschodu i Afryki Północnej) stanęły przed widmem realnego głodu. Dla europejskiego i polskiego rolnictwa oznaczało to z jednej strony gwałtowny wzrost cen skupu, ale z drugiej - niespotykaną dotąd presję kosztową. Rolnicy musieli zmierzyć się z rosnącymi w niewyobrażalnym tempie kosztami paliw rolniczych (oleju napędowego) oraz nawozów, których produkcja jest bezpośrednio uzależniona od cen gazu ziemnego.

### 3. Rekordowe notowania Indeksu Cen Żywności FAO

Najbardziej wymiernym dowodem skali kryzysu stały się oficjalne dane Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO). W marcu 2022 roku organizacja ta poinformowała, że globalny indeks cen żywności (Food Price Index - FFPI) osiągnął poziom 159,3 punktu. Był to wynik bezprecedensowy – najwyższy od momentu utworzenia tego wskaźnika w 1990 roku, co dobitnie świadczyło o skali rynkowego wstrząsu. Wzrost ten nie był rozłożony równomiernie, lecz koncentrował się w najbardziej newralgicznych sektorach, stanowiących bazę dla przetwórstwa spożywczego. Ogromny skok dotyczył olejów roślinnych, których indeks wybił o 23,2% względem zaledwie jednego miesiąca (lutego). Równie dramatycznie zachowały się ceny zbóż, rosnąc o 17,1% miesiąc do miesiąca. Te historyczne ekstrema wymusiły na decydentach politycznych pilne poszukiwanie technologicznych alternatyw w produkcji pasz i żywności, aby zminimalizować wpływ cen surowców na ostateczny koszt produktów na półkach sklepowych.

Podindeks FAO	Wartość w marcu 2022 r. (pkt)	Zmiana do lutego 2022 r.	Kontekst historyczny
Indeks ogólny (FFPI)	159,3	Znaczny wzrost	Najwyższy poziom od 1990 roku
Oleje roślinne	248,6	+ 23,2%	Nowy historyczny rekord wszech czasów
Zboża	170,1	+ 17,1%	Najwyższa wartość od 1990 roku
Mięso	120,0	+ 4,8%	Rekord wszech czasów w historii badań
Produkty mleczne	145,2	+ 2,6%	Dynamiczny wzrost w ujęciu rocznym (+23,6%)

### 4. Presja inflacyjna w Polsce i kryzys na rynku nawozów

Na krajowym podwórku makroekonomicznym sytuacja stawała się równie napięta. Główny Urząd Statystyczny (GUS) zaraportował, że w marcu 2022 roku inflacja konsumencka (CPI) w Polsce skoczyła do poziomu 10,9% w ujęciu rok do roku. Był to odczyt nienotowany od blisko 22 lat, który zszokował analityków i wymusił zdecydowane reakcje ze strony banku centralnego. Głównym wektorem tego zjawiska nie była inflacja popytowa, lecz potężna inflacja kosztowa, napędzana drożącymi surowcami energetycznymi. Dla rolnictwa kluczowy okazał się bezpośredni związek cen gazu ziemnego z przemysłem

chemicznym. Ponieważ gaz stanowi podstawowy surowiec do produkcji nawozów azotowych, jego rynkowe deficyty wywindowały ceny nawozów do poziomów zagrażających opłacalności jakiejkolwiek produkcji roślinnej. Wiele zakładów chemicznych w Europie zmuszonych było do czasowego ograniczania produkcji, co wywołało na rynku fizyczne braki towaru. Sytuacja ta stała się najsilniejszym od lat bodźcem zmuszającym polskie gospodarstwa do natychmiastowego wdrażania technologii rolnictwa precyzyjnego, minimalizujących zużycie drogiej agrochemii.

## 5. Zmienność na rynku uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> (EU ETS)

Kryzys geopolityczny wybuchający na przełomie lutego i marca 2022 roku miał natychmiastowe i niezwykle burzliwe przełożenie na system handlu uprawnieniami do emisji w Unii Europejskiej (EU ETS). Mechanizm ten, stanowiący finansowy fundament europejskiej polityki klimatycznej, doświadczył w pierwszych dniach wojny potężnego tąpnięcia. Rynkowa panika i konieczność gwałtownego upłynniania aktywów przez fundusze inwestycyjne oraz podmioty przemysłowe poszukujące gotówki sprawiły, że 7 marca 2022 roku ceny uprawnień (EUA) na giełdzie ICE runęły poniżej granicy 58 euro za tonę CO<sub>2</sub>. Był to najniższy poziom odnotowany od ponad czterech miesięcy, stanowiący drastyczny zjazd z rekordowych wycen obserwowanych na początku roku. Sytuacja ta na krótki moment wywołała złudne wrażenie, że węgiel, z racji taniejących uprawnień, powróci jako najtańsze paliwo ratunkowe dla Europy odciętej od gazu.

Rynek zrewidował jednak te nadzieje równie szybko, co je wykreował. W drugiej połowie marca 2022 r. rozpoczął się gwałtowny rajd wzrostowy, który doprowadził notowania kontraktów terminowych z powrotem powyżej pułapu 72 euro za tonę. Taka ekstremalna chwiejność obnażyła bezwzględną prawdę przed zarządami koncernów energetycznych i przetwórczych: system EU ETS nie zostanie zawieszony mimo wojny. Utrzymanie wysokich opłat karnych za emisję CO<sub>2</sub> uświadomiło decydentom, że powrót do technologii węglowych może być jedynie bardzo krótkotrwałą anomalią ratunkową, a nie długofalową strategią. Przemysł spożywczy i rolniczy, będący potężnym konsumentem energii elektrycznej i ciepłej, musiał definitywnie zrezygnować z nadziei na tani prąd z paliw kopalnych. Ta cenowa "huśtawka" marca 2022 r. pchnęła polskie i europejskie przedsiębiorstwa do radykalnego przyspieszenia poszukiwań kontraktów typu PPA (Power Purchase Agreement) wiążących je bezpośrednio z nowo budowanymi farmami fotowoltaicznymi i wiatrowymi, co miało zagwarantować im przewidywalność kosztów operacyjnych w nadchodzącej, wysoce niestabilnej dekadzie.

## CZĘŚĆ II: EUROPEJSKA I KRAJOWA ODPOWIEDŹ STRATEGICZNA

### 6. Przełomowy Komunikat Komisji Europejskiej: REPowerEU

8 marca 2022 roku to data, która zapisze się w historii europejskiej gospodarki jako moment radykalnego zerwania z dotychczasowymi iluzjami geopolitycznymi. Tego dnia Komisja Europejska zaprezentowała niezwykle obszerny i bezkompromisowy komunikat „REPowerEU: Wspólne europejskie działania w kierunku bezpiecznej i zrównoważonej energii po przystępnej cenie”. Dokument ten, wydany w bezpośredniej reakcji na rosyjską inwazję i narastający szantaż surowcowy, stanowił mapę drogową mającą na celu błyskawiczne wyeliminowanie dominacji Wschodu nad europejskim rynkiem. Komisja odeszła w nim od ostrożnej dyplomacji, wprost wskazując, że zależność od zagranicznych paliw kopalnych jest bronią wycelowaną w stabilność gospodarczą i polityczną Unii.

Założenia z 8 marca były szokująco ambitne jak na realia biurokracji unijnej. Nadrzędnym, natychmiastowym celem planu stała się redukcja importu rosyjskiego gazu ziemnego aż o dwie trzecie przed upływem zaledwie dziewięciu miesięcy - do końca 2022 roku. W perspektywie średnioterminowej, REPowerEU nakazało całkowite wyeliminowanie rosyjskich nośników energii (ropy, gazu i węgla) z unijnego miksu na długo przed 2030 rokiem. Plan ten całkowicie pogrzebał forsowaną przez lata koncepcję gazu ziemnego jako bezpiecznego „paliwa pomostowego” transformacji energetycznej. Zamiast tego zdefiniowano trzy nienaruszalne filary ratunkowe: drastyczne oszczędności energii (poprzez zmianę zachowań konsumentów i innowacje w budownictwie), dywersyfikację dostaw za pomocą globalnych partnerstw (w tym terminali LNG), oraz - co najważniejsze dla rynków technologicznych - gigantyczne, nie notowane wcześniej przyspieszenie inwestycji w odnawialne źródła energii. Dokument ten stanowił zielone światło dla odblokowania miliardów euro na rozwój sieci elektroenergetycznych, wymuszając na państwach członkowskich weryfikację ich dotychczasowych, zbyt zachowawczych celów klimatycznych.

### 7. Filary technologiczne paktu REPowerEU

Realizacja tak potężnych i agresywnych celów narzuconych przez dokument z 8 marca wymagała precyzyjnego wskazania technologii, które fizycznie zastąpią znikający z rynków gaz i węgiel. Unia Europejska nie pozostawiła w tej kwestii miejsca na domysły. W ramach REPowerEU sformułowano wyśrubowane plany celowe dla konkretnych branż, które z miejsca stały się nowymi motorami napędowymi gospodarki. Ustalono m.in. cel podwojenia całkowitej mocy zainstalowanej w europejskiej fotowoltaice już do roku 2025 oraz osiągnięcia astronomicznego pułapu 600 gigawatów (GW) w roku 2030. Zapowiedziano również wprowadzenie obowiązku prawnego (inicjatywa "Solar

Rooftop") instalowania paneli słonecznych na dachach wszystkich nowych budynków komercyjnych i publicznych, co stanowiło absolutny przewrót w prawie budowlanym.

Jeszcze większa rewolucja dotknęła sektor gazów odnawialnych i branżę ciepłowniczą. Komisja zażądała podwojenia tempa wdrażania pomp ciepła, aby szybko uniezależnić ogrzewnictwo indywidualne od błękitnego paliwa. Dla przemysłu wielkogabarytowego wyznaczono natomiast „Akcelerator Wodoru” - cel produkcji 10 milionów ton odnawialnego (zielonego) wodoru wewnątrz UE oraz importu kolejnych 10 milionów ton do 2030 roku. Równolegle, dla sektora rolnego i odpadowego zdefiniowano zadanie osiągnięcia produkcji zrównoważonego biometanu na poziomie 35 miliardów metrów sześciennych rocznie. Aby te liczby mogły stać się rzeczywistością, REPowerEU zaapelowało o drastyczne cięcia w biurokracji, postulując uznanie projektów OZE za inwestycje nadrzędnego interesu publicznego (overriding public interest), co miało skrócić procesy wydawania pozwoleń środowiskowych z lat do zaledwie miesięcy.

## 8. Rewizja Polityki Energetycznej Polski do 2040 r. (PEP2040)

Wstrząsy płynące z Brukseli i zza wschodniej granicy zmusiły polski rząd do natychmiastowej reakcji i przewartościowania krajowych strategii. Pod koniec marca i na początku kwietnia 2022 roku zainicjowano pilne prace nad gruntowną aktualizacją fundamentalnego dokumentu planistycznego: "Polityki Energetycznej Polski do 2040 r." (PEP2040). Dotychczasowe założenia okazały się całkowicie zdezaktualizowane w zderzeniu z nową rzeczywistością rynkową i polityczną. Nowy kurs polskiej polityki energetycznej musiał z jednej strony zapewnić bezpieczeństwo tu i teraz (poprzez ewentualne spowolnienie zamykania najefektywniejszych, nowoczesnych bloków węglowych wobec utraty dostępu do gazu), a z drugiej - radykalnie przyspieszyć inwestycje w całkowitą suwerenność. Zaktualizowane kierunki PEP2040 mocno akcentowały konieczność wielkich inwestycji w morską energetykę wiatrową na Bałtyku, budowę wielkoskalowej energetyki jądrowej oraz stworzenie ram prawnych dla wdrożenia mniejszych reaktorów komercyjnych (SMR), niezbędnych do utrzymania konkurencyjności polskiego przemysłu.

## 9. Finansowanie zmian: KPO i rola państwa

Wymuszone przez wojnę, drastyczne przyspieszenie wdrażania zielonych technologii wymagało zabezpieczenia bezprecedensowego finansowania. Z początkiem marca 2022 r. stało się oczywiste, że same budżety krajowe nie udźwigną kosztów transformacji w tak skompresowanym czasie. Rozwiązaniem stały się mechanizmy unijne, a w szczególności rewizja i rozbudowa Krajowych Planów Odbudowy (KPO). W myśl wytycznych REPowerEU, państwa członkowskie - w tym Polska - zostały zobligowane do utworzenia w swoich

dokumentach strategicznych zupełnie nowych, potężnych rozdziałów dedykowanych wyłącznie inwestycjom odcinającym gospodarkę od rosyjskich paliw. Polskie projekty tego rozdziału (G1) mocno uderzały w konieczność likwidacji barier dla zwiększania produkcji OZE.

Mechanizm ten otworzył dostęp do gigantycznych, dotychczas niewykorzystanych puli środków. Dla Polski oznaczało to szansę na absorpcję miliardów euro w formie preferencyjnych pożyczek oraz bezzwrotnych dotacji, zasilanych dodatkowo z zysków ze sprzedaży uprawnień do emisji (EU ETS) poprzez Rezerwę Stabilności Rynkowej. Lwia część tych funduszy została przez rządowych planistów skierowana na inwestycje infrastrukturalne, z których najważniejszym, a zarazem najbardziej opóźnionym ogniwem była budowa inteligentnych sieci przesyłowych i elektroenergetycznych (smart grids). Rozbudowa linii i tworzenie specjalnych funduszy wsparcia dla magazynów energii miało na celu fizyczne umożliwienie przyłączenia setek tysięcy nowych mikroinstalacji fotowoltaicznych, które dotychczas spotykały się z masowymi odmowami ze strony przeciążonych Operatorów Sieci Dystrybucyjnych (OSD). Instrumenty finansowe z KPO stały się tym samym kołem zamachowym dla wykonawców, producentów kabli i deweloperów najnowszych technologii.

## 10. Strategiczny mechanizm wsparcia NCBR w obszarze energii

Wsparcie technologii musiało opierać się nie tylko na dotacjach, ale i na kreowaniu autorskiej, polskiej myśli technicznej. Wiodącą rolę w tym procesie odgrywało Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR). W 2022 roku instytucja ta nadzorowała i aktualizowała ramy strategicznego programu badawczego „Nowe technologie w zakresie energii” (NTE), dysponującego pokaźnym budżetem rządu 800 milionów złotych. Program NTE został rygorystycznie skonstruowany w oparciu o wojskową skalę Poziomów Gotowości Technologicznej (TRL). Dzielił się na fazy koncepcyjne i wdrożeniowe. Co niezwykle istotne dla marca 2022 roku, komitety sterujące analizowały konieczność rozpisania dodatkowych konkursów, w tym dla obszaru T2 (energetyka wiatrowa, zarówno lądowa jak i morska) oraz obszaru T6 (geotermia i ciepłownictwo geotermalne), aby zmobilizować polskie uczelnie techniczne i konsorcja firm do rywalizacji i tworzenia rzeczywistych prototypów mogących konkurować na globalnym rynku.

## CZĘŚĆ III: REWOLUCJA U PROSUMENTÓW I INTELIGENTNE DOMY

### 11. Złota dekada polskiej fotowoltaiki i rekordy mocy

Ostatnia dekada na polskim rynku energetycznym to ewenement na skalę europejską, często określanej przez analityków mianem "złotej dekady polskiej fotowoltaiki". Według skrupulatnych danych Instytutu Energetyki Odnawialnej (IEO) oraz Agencji Rynku Energii (ARE), jeszcze w 2013 roku całkowita moc zainstalowana w technologii PV nad Wisłą wynosiła marginalne kilkadziesiąt

megawatów, a koszty jednostkowe były zaporowe. Jednakże do marca 2022 roku nastąpił wykładniczy, niepowstrzymany rozwój, napędzany drastycznym spadkiem kosztów krzemu, rosnącą świadomością ekologiczną oraz potężnymi programami dotacyjnymi. Na koniec pierwszego kwartału 2022 roku liczba aktywnych prosumentów (osób produkujących i konsumujących prąd) w Polsce dobiła do oszałamiającego pułapu 966 350 instalacji. Te blisko milion małych, przydomowych i firmowych elektrowni wygenerowało potężną łączną moc zainstalowaną wynoszącą ponad 6,9 GW (ok. 6915 MW). Oznacza to, że rozproszone instalacje na dachach i polach Polaków stały się de facto największą "elektrownią" w kraju, przewyższając mocą największe konwencjonalne bloki na węgiel brunatny. W samym tylko pierwszym kwartale 2022 roku do polskiego systemu elektroenergetycznego przyłączono rekordową liczbę ponad 152 tysięcy nowych mikroinstalacji. Ten fenomenalny, masowy zryw inwestycyjny w marcu był bezpośrednim skutkiem powszechnego strachu przed wojennymi cenami energii oraz ostatnią szansą na "rzutem na taśmę" załapanie się na odchodzący do historii, niezwykle lukratywny dla inwestorów system rozliczeń opustowych. Z punktu widzenia systemu, wykreowało to jednak potężne wyzwanie techniczne dla wydolności przestarzałych sieci rozdzielczych.



## 12. Szok prawny: Odejście od net-meteringu na rzecz net-billingu

Marzec 2022 był miesiącem wyjątkowym dla polskiej energetyki odnawialnej - był to ostatni dzwonek na skorzystanie z historycznych przywilejów. Kończył się bowiem czas obowiązywania systemu opustów (tzw. net-meteringu). System ten pozwalał prosumentom "magazynować" letnie nadwyżki produkcji bezpośrednio w wirtualnej sieci energetycznej i odbierać 80% tej energii za darmo w okresie zimowym, traktując sieć państwową jako darmowy akumulator o nieskończonej pojemności.

Zgodnie z nowymi uwarunkowaniami prawnymi wynikającymi z unijnych dyrektyw rynkowych, każda instalacja zgłoszona po 31 marca (od 1 kwietnia 2022 r.) wchodziła w nowy system wartościowy, zwany net-billingiem. W tym modelu prosument sprzedaje nadwyżki energii do sieci po cenach hurtowych (rynkowych), a w razie niedoborów kupuje ją z powrotem po wyższych stawkach detalicznych z uwzględnieniem opłat dystrybucyjnych. Ta zmiana radykalnie obniżyła opłacalność przewymiarowanych instalacji i wymusiła całkowitą zmianę filozofii inwestowania w domowe OZE.

### 13. Systemy HEMS/EMS - cyfrowy mózg energetyczny

Wraz z nadejściem w kwietniu 2022 r. systemu net-billingu, w którym opłaca się przede wszystkim natychmiastowe zużycie wyprodukowanej we własnym zakresie energii słonecznej, rynek instalacyjny musiał się gwałtownie zredefiniować. Sama instalacja falownika i modułów przestała wystarczać. Kluczem do rentowności stały się zaawansowane systemy zarządzania energią: HEMS (Home Energy Management System) stosowane w domach jednorodzinnych oraz EMS (Energy Management System) wdrażane w obiektach komercyjnych i rolniczych. Systemy te to skomplikowane sieci mikrokontrolerów, czujników i oprogramowania, pełniące funkcję nadrzędnego, "cyfrowego mózgu" budynku.

Działanie HEMS polega na nieustannym, zachodzącym w czasie rzeczywistym monitorowaniu krzywej produkcji energii z paneli oraz krzywej zapotrzebowania urządzeń domowych. Za sprawą uczących się algorytmów i sztucznej inteligencji, system ten samodzielnie podejmuje decyzje o sterowaniu przepływami. Przykładowo, gdy w słoneczne południe instalacja fotowoltaiczna generuje szczytową nadwyżkę mocy, HEMS zamiast wypychać ją tanio do sieci publicznej, automatycznie przekierowuje prąd do uruchomienia pompy ciepła, włącza grzałki w zbiorniku ciepłej wody użytkowej lub inicjuje proces ładowania pojazdu elektrycznego. Zapewnia to drastyczne zwiększenie wskaźnika tzw. autokonsumpcji, maksymalizując oszczędności finansowe i realnie wspierając unijną strategię głębokiej efektywności energetycznej.

### 14. Rewolucja w dotacjach: Program Mój Prąd 4.0

Aby wspomóc przejście obywateli na nowy, trudniejszy system rozliczeń, wiosną 2022 roku ogłoszono głęboką przebudowę flagowego polskiego programu dotacyjnego. Zasady nowej edycji "Mój Prąd 4.0", które krystalizowały się w marcu, diametralnie zmieniły cel wsparcia państwowego. Przestano dotować wyłącznie montaż pustych paneli na dachach, a skupiono się na stymulowaniu zakupów urządzeń towarzyszących, które zdejmują obciążenie z krajowej sieci energetycznej.

Nowy program oferował zróżnicowane pule środków. Podstawowa dotacja do paneli PV (o mocy 2-10 kW) wynosiła 4000 zł, ale wzrastała do 5000 zł, jeśli

beneficjent decydował się na zakup elementów dodatkowych. Co najważniejsze, państwo oferowało zupełnie nowe dopłaty: aż do 7500 zł na inwestycję w fizyczny magazyn energii elektrycznej, do 5000 zł dofinansowania na magazyn ciepła (np. zasobniki c.w.u. czy bufor buforowe) oraz do 3000 zł dla inteligentnych systemów zarządzania energią HEMS.

## 15. Era przydomowych magazynów energii elektrycznej

Potężny zastrzyk finansowy wygenerowany w marcu 2022 r. przez przygotowania do uruchomienia programu Mój Prąd 4.0 (który w późniejszych aktualizacjach jeszcze zwiększył dopłaty do baterii aż do 16 000 zł), zapoczątkował w Polsce zupełnie nowy rozdział: erę masowego magazynowania energii. Przydomowe magazyny prądu, bazujące najczęściej na wysoce bezpiecznych i trwałych ogniwach litowo-żelazowo-fosforanowych (LiFePO<sub>4</sub>) lub klasycznych litowo-jonowych, z niszowej i drogiej ciekawostki inżynierskiej przekształciły się w niezbędny filar bezpieczeństwa domowego. Umożliwiają one gromadzenie tańszej energii ze słońca w ciągu dnia i wykorzystywanie jej po zmroku, kiedy zapotrzebowanie domowników rośnie, a ceny zakupu prądu z elektrowni są najwyższe. Jednakże rola domowych baterii w 2022 roku wykraczała dalece poza rachunek ekonomiczny pojedynczego gospodarstwa - stała się kwestią bezpieczeństwa państwowego systemu energetycznego. Zjawiskiem nagminnie nękającym polską prowincję podczas słonecznych, wiosennych dni stały się wyłączenia falowników fotowoltaicznych. Masowe "wpychanie" nadmiaru mocy przez setki tysięcy prosumentów do przestarzałych sieci niskiego napięcia powodowało krytyczne przekroczenie dozwolonego napięcia granicznego wynoszącego 253 V, co skutkowało automatycznym, awaryjnym resetem instalacji. Magazyny energii, pochłaniając nadwyżki mocy dokładnie w miejscu ich wytworzenia, całkowicie eliminują ten techniczny zator. Co więcej, w dobie strachu przed fizycznymi zniszczeniami infrastruktury w wyniku wojny, systemy hybrydowe zaopatrzone w akumulatory dają obywatelom unikalną funkcję ochrony przed nagłymi i rozległymi awariami sieciowymi (blackoutami), dostarczając niezbędne zasilanie awaryjne.

## CZĘŚĆ IV: GIGAWATY, WODÓR I MIKROATOM W ENERGETYCE ZAWODOWEJ

### 16. Potencjał i blokady wiatraków lądowych (Onshore)

W ujęciu wielkoskalowym lądowa energetyka wiatrowa w Polsce na początku 2022 roku tkwiła w głębokim marazmie legislacyjnym. Mimo iż według danych statystycznych ARE na marzec 2022 roku, wiatraki generowały niemal 38% mocy z polskiego OZE (dysponując potężnym potencjałem zainstalowanym na poziomie ponad 7,2 GW), dalszy rozwój tej najtańszej technologii był drastycznie hamowany.

Zjawisko to było wynikiem obowiązującej rygorystycznie tzw. "ustawy odległościowej" (często nazywanej zasadą 10H). Nakazywała ona budowę nowoczesnych elektrowni wiatrowych w odległości od zabudowań równej dziesięciokrotności całkowitej wysokości masztu, co w praktyce wykluczyło ponad 99% terytorium kraju spod jakichkolwiek inwestycji. Skutkowało to niemożliwością stawiania nowych, wysokowydajnych turbin, które przy mniejszej prędkości wiatru generują stabilniejszą krzywą mocy, spychając Polskę na boczny tor europejskiej innowacyjności wiatrowej.



## 17. Zwrot ku morskiej energetyce wiatrowej (Offshore)

Surowe ograniczenia narzucone na budowę turbin wiatrowych na lądzie (słynna zasada 10H) wymusiły na decydentach i największych graczach energetycznych absolutny zwrot strategiczny w kierunku wód terytorialnych. Marzec 2022 roku to moment, w którym Polska Agencja Rynku Energii, a także struktury badawcze, wyraźnie przesunęły punkt ciężkości na przygotowania do realizacji gigantycznych projektów morskich farm wiatrowych (offshore wind) na Morzu Bałtyckim. Projekty te, napędzane przez kapitał państwowych championów takich jak PGE czy Orlen, we współpracy z globalnymi liderami technologicznymi, stanowią najbardziej zaawansowane inżynierijnie przedsięwzięcie w historii polskiej gospodarki wolnorynkowej. Budowa elektrowni na pełnym morzu jest nieporównywalnie droższa i logistycznie trudniejsza niż na lądzie, jednakże oferuje benefity całkowicie rekompensujące te nakłady. Ze względu na stabilne, niezwykle silne profile wiatrowe występujące z dala od brzegów, morskie turbiny mogą osiągać gargantuiczne rozmiary (generując nierzadko ponad 15 MW mocy z jednej tylko jednostki). Ich przewaga polega na znacznie wyższym współczynniku wykorzystania mocy (capacity factor), co sprawia, że dostarczają one energię w sposób ciągły i stabilny, zbliżając się charakterystyką pracy do fundamentów systemu konwencjonalnego. Przesunięcie inwestycji w sektor offshore wiązało się

na początku 2022 r. z intensywnymi pracami nad stworzeniem od zera całego, lokalnego łańcucha dostaw (local content), w tym portów instalacyjnych (jak Świnoujście) oraz fabryk wielkogabarytowych łopat i wież, co miało stać się kołem zamachowym dla przemysłu stoczniowego.

## 18. Cel: Wodór jako kluczowy nośnik w dekarbonizacji (REPowerEU)

Zarówno dla unijnych decydentów, jak i rynków kapitałowych, wydarzenia marca 2022 roku udowodniły jedno: sama bezpośrednia elektryfikacja oparta o słońce i wiatr nie wystarczy do zabezpieczenia wszystkich gałęzi nowoczesnej gospodarki. Narzucona dokumentem REPowerEU presja uniezależnienia się od wschodniego gazu wyniosła technologie wodorowe na absolutny piedestał polityki klimatycznej. Pakt z 8 marca ustalił bezwzględny, twardy cel: osiągnięcie przez Europę do 2030 roku zdolności do wykorzystania aż 20 milionów ton odnawialnego (zielonego) wodoru (10 milionów ton z produkcji rodzimej przy użyciu elektrolizerów oraz 10 milionów ton z importu). Stanowi to gigantyczne wyzwanie, biorąc pod uwagę, że globalna produkcja zielonego wodoru w skali świata, mimo ogromnych przyrostów, wciąż operowała na marginalnych liczbach w stosunku do wodoru szarego (produkowanego z paliw kopalnych).

Znaczenie wodoru jako fundamentalnego wektora energii wynika wprost z braku alternatyw dla zjawiska tzw. twardej dekarbonizacji (hard-to-abate sectors). Niektóre sektory przemysłu ciężkiego po prostu nie mogą funkcjonować wyłącznie na prądzie z baterii. Wytop stali wielkopiecowej w hutach, produkcja cementu, a także energochłonna synteza niezbędnych dla rolnictwa nawozów amoniakalnych, wymagają potężnych temperatur i nośników o gigantycznej gęstości energetycznej. Podobnie sprawa wygląda w przypadku wielkogabarytowego transportu morskiego, lotnictwa oraz ciągników siodłowych. Zielony wodór, wytwarzany bezemisyjnie z nadwyżek energii z OZE poprzez rozbitcie cząsteczki wody, stał się jedynym ratunkiem pozwalającym utrzymać konkurencyjność europejskiego przemysłu metalurgicznego i chemicznego, gwarantując jednocześnie stuprocentową niezależność polityczną surowca, za co w marcu 2022 roku deklarowano setki milionów euro w grantach innowacyjnych.

## 19. Polskie innowacje wodorowe: Sieć Dolin Wodorowych

Choć w ujęciu historycznym polski przemysł należy do ścisłej europejskiej czołówki producentów wodoru, to w zdecydowanej większości był to wysoce emisyjny wodór "szary", powstający w energochłonnym procesie reformingu parowego gazu ziemnego. Jednakże na fali innowacyjnych zmian na początku 2022 roku, Polska rozpoczęła budowę gruntownie nowego, zintegrowanego ekosystemu badawczo-produkcyjnego w oparciu o koncepcję tzw. Dolin Wodorowych. Model ten, wzorowany na udanych zachodnich klastrach technologicznych, opiera się na idei łączenia sił różnych podmiotów (sector

coupling) na danym terytorium geograficznym. W marcu 2022 roku zaawansowane działania dotyczyły już formalizacji co najmniej pięciu głównych jednostek, z których każda skupiała specyficzny potencjał swojego regionu. W strukturach takich jak Śląska, Dolnośląska, Podkarpacka, Wielkopolska oraz centralna Mazowiecka Dolina Wodorowa zasiadali wspólnie przedstawiciele potężnych państwowych spółek Skarbu Państwa, wizjonerzy z niszowych start-upów technologicznych, a także naukowcy z wiodących politechnik i instytutów badawczych. Celem tych partnerstw nie były debaty akademickie, lecz twarda realizacja projektów: komercjalizacja polskich elektrolizerów, opracowywanie technologii bezpiecznego magazynowania wodoru pod wysokim ciśnieniem, a także integracja innowacyjnych paliw z miejskim transportem zbiorowym. Zjawiskiem dopełniającym ten innowacyjny rzut był udział polskich spółek paliwowych w wielkich, międzynarodowych i kontynentalnych programach badawczych (jak Hydrogen Eagle), dających dostęp do gigantycznego "know-how" ze świata.

## 20. SMR - Era Małych Reaktorów Jądrowych (KGHM i NuScale)

Aby zniwelować ryzyko związane z nieprzewidywalną naturą słońca i wiatru, polski przemysł w pierwszym kwartale 2022 r. zdecydowanie postawił na atom w zupełnie nowym, innowacyjnym wydaniu. Mowa tu o Małych Reaktorach Modułowych (SMR - Small Modular Reactors). To przełomowe urządzenia o mniejszej mocy (zazwyczaj do 300 MW), charakteryzujące się standaryzowaną konstrukcją umożliwiającą seryjną produkcję modułów bezpośrednio w fabryce, a nie czasochłonne, trudne budowanie ich na placu budowy od podstaw.

Symbolicznym, potężnym kamieniem milowym w historii polskiego SMR było podpisanie 14 lutego 2022 r. umowy między miedziowym potentatem KGHM Polska Miedź S.A. a amerykańskim pionierem technologicznym, firmą NuScale Power. Porozumienie to otworzyło drogę do planowanego na 2029 rok wdrożenia w Polsce pierwszych małych reaktorów jądrowych. Ich celem jest zapewnienie stabilnego, darmowego ekologicznie zasilania dla niezwykle prądożernych procesów wydobywczych spółki, co zabezpieczy jej rynkową konkurencyjność i uchroni krajowy przemysł przed wahaniami cen rynkowych CO<sub>2</sub>.

## CZĘŚĆ V: CYFROWA BAZA W ROLNICTWIE I KONCEPCJA 4.0

### 21. Rolnictwo 4.0: Ucieczka przed kosztami produkcji

Szok, jaki nawiedził rynki towarowe na skutek rosyjskiej agresji, udowodnił definitywnie, że tradycyjny, liniowy model rolnictwa uległ całkowitemu i bezpowrotnemu wyczerpaniu. Gospodarstwa opierające się na maksymalizacji plonów kosztem nielimitowanego zużycia surowców natrafiły w marcu 2022 roku na mur w postaci niebotycznych kosztów. Wzrost cen nawozów sztucznych

o setki procent wymusił na branży natychmiastową ucieczkę w stronę innowacji, a jedyną racjonalną ścieżką ratunkową stała się szeroko pojęta koncepcja Rolnictwa 4.0. Jest to doktryna opierająca produkcję żywności nie na tradycji i zgadywaniu, ale na rygorystycznym, algorytmicznym operowaniu cyfrowymi danymi (Data-Driven Agriculture).

Rolnictwo 4.0 przestało być na początku 2022 roku wyłącznie tematem eksperymentów naukowych czy marketingowym sloganem. Dla tysięcy europejskich rolników stało się mechaniczną tarczą przeciwko bankructwu. Cyfryzacja, integracja zaawansowanej mechatroniki, łączności satelitarnej i informatyki pozwala rolnikowi na całkowitą zmianę optyki: zamiast dążyć do ślepego maksymalizowania zbiorów (co przy drogich nawozach przestało się finansowo kalkulować), technologia ukierunkowała działania na chirurgiczną wręcz optymalizację kosztów i ratowanie marży. Cyfrowy ekosystem potrafi wykazać, że inwestowanie ton środków w najslabsze partie ziemi jest stratą pieniędzy, a wysoce precyzyjne interwencje w wybrane obszary generują najwyższy zysk z każdego wydanego złotego. Wprowadzanie cyfrowej ewidencji i zarządzania otworzyło dodatkowo polskiemu gospodarstwu wrota do unijnych programów wsparcia.

## 22. IoT w polu: Sensoryka i opomiarowanie środowiska

Podstawowym, absolutnie krytycznym fundamentem inżynieryjnym dla realizacji postulatów precyzyjnego rolnictwa w warunkach polowych jest system Internetu Rzeczy (IoT - Internet of Things). W pierwszym kwartale 2022 roku zauważono skokowy wzrost liczby zaawansowanych, nowoczesnych gospodarstw, które decydowały się na fizyczne, głębokie "opomiarowanie" i cyfryzację swoich areałów rolnych. Koncepcja ta polega na umieszczaniu w glebie, a także na samej strukturze biologicznej upraw, gęstych, zintegrowanych sieci miniaturowych, bezprzewodowych sensorów oraz zautomatyzowanych stacji mikrometeorologicznych łączących się za pomocą niskoprądowych protokołów nadawczych bezpośrednio z centralną chmurą obliczeniową.

Rozproszone punkty pomiarowe przez całą dobę i w czasie rzeczywistym generują oraz wysyłają tysiące krytycznych informacji o stanie środowiska. Nowoczesne sensory potrafią z ogromną precyzją badać objętościową wilgotność gleby na różnych głębokościach profilu korzeniowego, monitorować skoki temperatury, a nawet mierzyć przewodność elektryczną (EC) z gruntu, co jest bezpośrednim odzwierciedleniem ilości rozpuszczonych w nim, aktywnych składników pokarmowych z nawozów. Ten gigantyczny strumień bezbłędnych danych pozwala usiąść rolnikowi przed ekranem tabletu i na podstawie suchych, twardych faktów komputerowych zdecydować, czy gleba posiada jeszcze rezerwy wilgoci, czy też natychmiast wymaga

uruchomienia drogiego pompowania wody. To podejście rewolucjonizuje koszty operacyjne, chroniąc kurczące się w Europie zasoby wód głębinowych.

### 23. Technologie zmiennego dawkowania (VRT)

Jednym z najbardziej dochodowych wdrożeń w rolnictwie precyzyjnym na początku 2022 roku stała się implementacja Techniki Zmiennego Dawkowania (VRT - Variable Rate Technologies). W klasycznym podejściu nawozy rozsiewane są równomiernie po całym areale. Tymczasem fizykochemiczna zasobność gleby nawet na jednym polu bywa niezwykle zmienna - w niektórych miejscach nawozu jest w nadmiarze, w innych stanowczo brakuje. Równomierne nawożenie powoduje gigantyczne straty i prowadzi do skażenia wód gruntowych nadwyżkami wymywanego azotu.

Systemy VRT współpracujące z ciągnikami z zaawansowaną nawigacją (często korygowaną sygnałem RTK z dokładnością do centymetrów) automatycznie sterują dawkami wysiewu na podstawie wcześniej wygenerowanych cyfrowych map zasobności pola. Maszyna, przejeżdżając nad uboższym fragmentem gruntu, dozuje precyzyjnie ustaloną, wyższą dawkę środka. Gdy wjedzie na teren żyzny, niemalże całkowicie zamyka siewnik, oszczędzając dziesiątki tysięcy złotych na zbędnych preparatach chemicznych i chroniąc środowisko naturalne przed degradacją.

### 24. Bezzałogowe Statki Powietrzne (Drony) nad polami

Ewolucja technologii na początku 2022 roku uczyniła z Bezzałogowych Statków Powietrznych (UAV), potocznie zwanych dronami, absolutnie niezastąpione narzędzie zwiadowcze i robocze w arsenale nowoczesnego agronoma. Drony przestały pełnić w rolnictwie funkcję gadżetu służącego jedynie do nagrywania efektownych, marketingowych filmów z lotu ptaka. Przeistoczyły się w niezwykle precyzyjne platformy pomiarowe wykonujące rutynowe, zaplanowane i w pełni zautomatyzowane misje fotogrametryczne nad setkami hektarów pól. Naloty te, wykonywane z odpowiednim nałożeniem (overlapem) poszczególnych kadrów, są podstawą do budowy doskonałych ortofotomap pozwalających na ocenę każdej pojedynczej sadzonki w uprawie wielkopowierzchniowej.

Kluczem do analitycznej dominacji dronów w rolnictwie okazał się zaawansowany ładunek w postaci specjalistycznych sensorów optycznych. W oparciu o badania publikowane dla branży do 2022 roku, standardem w rolnictwie precyzyjnym stały się miniaturowe kamery multispektralne (wśród których wymieniano jako standardy rynkowe układy takie jak Parrot Sequoia). W przeciwieństwie do zwykłych aparatów fotograficznych łapiących tylko kolory z widzialnego pasma RGB, soczewki multispektralne potrafią przechwytywać fale z zakresu tzw. bliskiej podczerwieni (NIR) oraz zakresu czerwieni krawędziowej (Red Edge). Te konkretne długości fal są wyjątkowo silnie

absorbowane lub odbijane przez tkanki chlorofilu roślinnego, czyniąc drona doskonałym "okiem" przenikającym do biologicznej struktury uprawy.

## 25. Wskaźniki Wegetacyjne (NDVI, SAVI) w wykrywaniu stresu

Połączenie lotów multispektralnych z zaawansowaną obróbką obliczeniową na nowoczesnych stacjach roboczych poskutkowało masowym wdrażaniem innowacyjnych algorytmów obliczeniowych, tzw. wskaźników wegetacyjnych. Wiosną 2022 roku powszechnie i z niesamowitym sukcesem badano uprawy na podstawie wysoce specjalistycznych, dedykowanych wskaźników takich jak niezwykle popularny Znormalizowany Różnicowy Wskaźnik Wegetacji (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) czy dokładniejszy, izolujący ewentualne zakłócenia i fałszywe odbłaski z gołej gleby Wskaźnik Wegetacji Skorygowany o Wpływ Gleby (SAVI - Soil Adjusted Vegetation Index).

Mechanizm tego zjawiska pozwala na dokonanie absolutnego przełomu w prewencji sanitarnej. Gdy zdrowa i witalna roślina zostaje uderzona przez wczesny patogen grzybowy, pasożyta z rodziny szkodników bądź nagły ubytek podziemnej wody (stres suszowy), natychmiast dochodzi w jej strukturach komórkowych do załamania wewnętrznego wigoru. Zmienia się radykalnie współczynnik absorpcji dla promieni z pasma bliskiej podczerwieni (zostaje ono słabiej odbite przez uszkodzone tkanki mezofilu) na długo, często o kilkanaście dni wcześniej, zanim człowiek wzrokiem będzie w stanie dostrzec żółknięcie i obumieranie zniszczonego liścia. Algorytmy oparte na wskaźniku NDVI, łączące i porównujące barwy krawędzi, nakładają się na cyfrowe mapy strefowe z drona i pozwalają na bezbłędne, centymetrowe lokalizowanie epicentrow zarazy. Dzięki temu ciągnik nawożący czy opryskujący nie zatruwa chemią całego gospodarstwa prewencyjnie, ale uderza potężną i skuteczną punktową dawką tylko w obszar fizycznie objęty incydem, generując ogromne oszczędności ekonomiczne i ekologiczne.

## CZĘŚĆ VI: ROBOTY, SZTUCZNA INTELIGENCJA I OSZCZĘDNOŚĆ WODY

### 26. Sztuczna inteligencja i Systemy Wspomagania Decyzji (DSS)

Olbrzymia ilość danych napływających z sieci sensorów IoT, satelitów pogodowych oraz dronów multispektralnych wykracza poza zdolności analityczne pojedynczego człowieka. Dlatego rolę interpretacyjną przejmuje szybko rozwijająca się Sztuczna Inteligencja (AI). Wykorzystując sieci neuronowe i zaawansowane algorytmy uczenia maszynowego (Machine Learning), tworzone są potężne Systemy Wspomagania Decyzji (DSS - Decision Support Systems).

Zdolności predykcyjne AI na początku 2022 roku pozwalały platformom rolniczym nie tylko raportować stan obecny, ale także tworzyć niezwykle trafne symulacje przyszłości. Oprogramowanie prognozuje modele rozprzestrzeniania się rzadkich patogenów, przewiduje optymalne terminy rozpoczęcia zbiorów maksymalizujące zyski na rynkach skupu, a nawet projektuje i koryguje najkrótsze ścieżki przejazdów dla ciężkiego sprzętu zmechanizowanego po gruncie, drastycznie zmniejszając problem niepotrzebnego ugniatania i zagęszczania struktury gleby.

## 27. Autonomiczne traktory na CES 2022 - przyszłość bez rolnika w kabinie

Rok 2022 na światowych rynkach technologicznych rozpoczął się od ogromnego trzęsienia ziemi, które ostatecznie położyło fundamenty pod wejście komercyjnej robotyki na powszechne pola uprawne. Podczas legendarnych, styczniowych targów Consumer Electronics Show (CES) w Las Vegas - będących globalnym oknem wystawowym na przyszłość – amerykański gigant John Deere zszokował publiczność i analityków, ujawniając i demonstrując pierwszy, w pełni gotowy do produkcji seryjnej i masowej sprzedaży całkowicie autonomiczny ciągnik rolniczy, bazujący na flagowym modelu serii 8R. Maszyna ta, spięta z potężnym i inteligentnym pługiem dłutowym w zaawansowanej technologii TruSet, stanowiła namacalny dowód wyjścia innowacji z fazy zamkniętych testów garażowych prosto do portfeli rolników.

Technologiczne zaplecze pokazane w ciągniku zrywało z wyobrażeniem sprzętu mechanicznego. Autonomiczny 8R został uzbrojony m.in. w sześć par precyzyjnych kamer stereoskopowych, które w sposób zsynchronizowany, pracując jak zaawansowane oczy owada, nieustannie zapewniają 360-stopniowy, dookólny obraz przestrzeni wokół pędzącego po zagonach traktora. Dane optyczne trafiają do potężnych układów obliczeniowych, wspieranych przez specjalistyczne jednostki graficzne i dedykowane karty marki Nvidia, które przetwarzają algorytmy głębokiego uczenia maszynowego w milisekundach, rozpoznając wszelkie ukryte we mgle przeszkody i analizując w oparciu o koordynaty z sieci nawigacji GPS rygorystycznie narzucają strefę (geofencing). Koncepcja tego wehikułu pozwala rolnikowi na całkowite, bezpieczne opuszczenie komfortowej kabiny operatora po dostarczeniu pojazdu na skraj pola, zrzucając nadzór i zdalne dowodzenie wyłącznie na przyjazną aplikację wyświetlaną z poziomu ekranu osobistego smartfona. Tak wyrafinowana odpowiedź technologiczna odpowiada wprost na najbardziej dramatyczny i postępujący światowy problem, obok którego dusi się nowoczesne rolnictwo - drastyczny, rosnący z roku na rok gigantyczny niedobór doświadczonej i dyspozycyjnej sezonowo siły fizycznej na terenach peryferyjnych.

## 28. Innowacje oszczędzające zasoby wodne: Start-upy

Zmiany klimatyczne uderzające regularnie w regiony europejskie (co objawiło się boleśnie według danych z 2022 r. ogromnymi stratami - z raportów badawczych IUNG wynikało, że braki opadów i chroniczna susza potrafiły obniżyć średnie krajowe plony nawet o destrukcyjne 20 procent na przestrzeni roku), wymusiły na branży bezprecedensowy nacisk na restrykcyjną obronę rezerwuarów wód podziemnych i retencję powierzchniową. Rynek zaczął historycznie wręcz poszukiwać technologii minimalizujących zużycie wody pitnej w procesach podlewania, a lukę tę zaczęli natychmiast, masowo uzupełniać elastyczni, młodzi innowatorzy z inkubatorów biznesowych i parków technologicznych. Fundusze państwowe i unijne uruchomiły szerokie rzeki wsparcia dla programów stawiających na oszczędność w kroplówkowym nawadnianiu roślin.

Kluczowym przykładem opisywanym na początku 2022 roku w analizach dla polskich inwestorów, m.in. w sprawozdaniach organów do spraw innowacyjności takich jak PARP (Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości), były krajowe inicjatywy startupowe pokroju projektu Planter 4 Zero tworzonego przez grupę Agri4Zero. W takich nowoczesnych, precyzyjnych i wysoce kontrolowanych koncepcjach informatycznych - sprzężonych z sensorami upraw szklarniowych i otwartych - inteligentne zarządzanie wilgocia musi być realizowane nie w litrach, ale dosłownie w kroplach dozowanych systemowo bezpośrednio i celnie do samej, wytypowanej strefy korzeniowej, w odpowiedzi na konkretny impuls biologiczny liścia. Takie dofinansowane setkami tysięcy złotych platformy powstrzymują straty tysięcy hektolitrów wody, które w starym systemie bezproduktywnie spływały do wód gruntowych, generując niebywały zysk na zoptymalizowaniu pracy kosztownych podlewaczek i maszyn nawożących.

## 29. Zmiany przepisów i deregulacja wykorzystania małych dronów (MRiRW)

Wielkie innowacje i fizyczne zaawansowanie mechatroniki w rolnictwie wymagają obok kapitału elastycznego środowiska prawnego, bez którego żadna rewolucyjna maszyna nie ruszy z miejsca. Rozwój floty Bezzałogowych Statków Powietrznych - zaawansowanych technologicznie dronów uderzeniowych z precyzyjnymi dyszami – napotkał zderzenie ze starą i wysoce konserwatywną europejską barierą norm regulujących lotnicze opryski dla wielkich, archaicznych samolotów. W odpowiedzi na to wąskie gardło, w marcu 2022 roku polskie Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW) rozpoczęło zaawansowane konsultacje i procedowanie bezprecedensowych zmian na rzecz uproszczenia rygorystycznych zasad regulujących praworządne użytkowanie oprysków z nieba na potrzeby nowej generacji cyfrowych rolników. Propozycje radykalnego poluzowania pętli administracyjnej miały wyzwolić

olbrzymi, wstrzymywany kapitał drzemący w setkach mniejszych i średnich rolników. Decydenci zaproponowali kluczowe udogodnienia legislacyjne: odczuwalne zmniejszenie narzucanych, wygórowanych szerokości ustawowych stref buforowych dzielących loty od cieków wodnych, rezerwuarów przyrodniczych czy uczęszczanych dróg; całkowitą, przełomową rezygnację z wcześniejszych przepisów wyliczających ściśle minimalne obszary dla wykonywania legalnych, małych pojedynczych misji uderzeniowych, oraz znaczne i ułatwiające prace obniżenie sztywnych urzędniczych barier zawiadamiania o wylotach. To innowacyjne włączenie dronów pod szyld ułatwień dla koncepcji „Rolnictwo 4.0” otwierało furtkę na zminimalizowanie ludzkiego i bezpośredniego narażania układu oddechowego operatora pracującego fizycznie ze stężonymi substancjami chemicznymi przy pracach manualnych.

### 30. Polskie innowacje w AgriTech

Przełom roku 2021 i pierwsze miesiące wiosenne z okolic marca 2022 roku udowodniły dobitnie, że kapitał inwestycyjny odważył się wyjść z korporacyjnych molochów oprogramowania prosto na wieś. Gigantyczna zmiana na arenie światowego finansowania zogniskowała się na dynamicznie wyłaniającym się polskim, jak i powiązanim regionalnie z rynkami CEE, rynku zaawansowanych start-upów AgriTech. Raporty i publikacje wiodących fundacji badających innowacyjność cyfrową w Polsce (m.in. cykliczne analizy rynkowe wydawane m.in. dla Fundacji Startup Poland na przełomie zimy/wiosny 2022r.) zwiastowały niesamowity renesans dla mniejszych i pomysłowych graczy, udowadniając wprost zjawisko, w którym nowatorstwo technologiczne tworzone jest i rozwijane o wiele sprawniej z dala od biurokracji zarządzających konglomeratów rolniczych, na rzecz szybkich, głodnych sukcesu młodych zespołów w laboratoriach.

Dane z tego horyzontu pokazują fantastyczne skoki inwestycyjne w funduszach typu Venture Capital. Obserwatorzy giełd technologicznych odnotowali, że globalny i obrzeżny rynek inwestycyjny w start-upy AgriFood rzucił gigantyczne pule gotówki na rzecz śmiałych inicjatyw dla rygorystycznego rolnictwa precyzyjnego. Rodzimy ekosystem start-upowy błyszczał unikalnymi perełkami: odnotowano we wczesnym 2022 wdrożenia i dotacje dla wrocławskiej grupy spółki Terrabio produkującej i rewolucjonizującej z wykorzystaniem przenośnych próbników i walizek proces ekspresowej polowej analityki na próbkach poprzez DNA, oraz wielomilionowe wsparcie napływające (z wczesnych tygodni 2022) m.in. dla wertykalnej spółki inwestującej od zaplecza z nasion w hydroponice, start-upu z rynku rolnego i optymalizacyjnego m.in. o nazwie Hydropolis. Te konkretne podmioty stanowiły namacalny i bezcenny dowód zdolności Polaków w wytwarzaniu komercyjnego

i zaawansowanego u źródła oprogramowania oraz biologicznych narzędzi, redefiniujących od podszewki produktywność rolną.

## CZĘŚĆ VII: FOTOWOLTAIKA ROLNICZA I BIOGAZ - KONWERGENCJA SEKTORÓW

### 31. Agrofotowoltaika (AgriPV): Wielofunkcyjne wykorzystanie gruntów

Zderzenie konieczności ochrony najżyźniejszych obszarów pod produkcję spożywczą ze stale rosnącym zapotrzebowaniem na zielone obszary pod potężne instalacje wytwórcze PV wykreowało technologię zyskującą olbrzymie uznanie w marcu 2022 roku. Mowa o Agrofotowoltaice, w skrócie AgriPV (lub APV). Polega to na unikalnym, dualnym zagospodarowaniu terenu - instalacji potężnych stelaży ze sztucznymi systemami ogniw fotowoltaicznych wyniesionymi wysoko ponad klasyczną, otwartą uprawą rolną lub hodowlaną bazą. Panele PV w tych instalacjach projektowane są w specyficznym kącie nachylenia lub przepuszczalności światła słonecznego. Ich wysokość dopasowana jest precyzyjnie tak, aby swobodnie bez kolizji mieściły pod sobą wielkogabarytowy, w pełni zmechanizowany sprzęt podczas prac polowych. Zapewniają one produkcję czystej zielonej energii w setkach megawatów przy zachowaniu możliwości produkcyjnej z roli. Według założeń koncepcyjnych z pierwszej ćwiartki 2022 roku, taki dualny model potrafi przynieść dodatkowe zyski finansowe dla rolnika rzędu tysięcy euro na każdym hektarze ubezpieczenia przed szalejącymi cenami na rynku energetycznym.

### 32. Korzyści biologiczne: Mikroklimat pod panelami (Tabela)

Wbrew obawom o zasłanianie słońca, instalacje AgriPV niosą za sobą niebywałe, udowodnione na Zachodzie i opisywane w literaturze wczesnego 2022 roku korzyści agrotechniczne dla niektórych wrażliwych roślin. Półcień pod panelami zmniejsza potężne wyparowywanie wody (ewapotranspirację), w znacznym stopniu zapobiegając skutkom morderczych letnich suszy. Chroni również ulewami przed dewastującymi falami intensywnych opadów niszczącymi miękkie owoce, np. plonem gradobicia.

Specyfika Uprawy Wobec AgriPV	Prognozowany wzrost i korzyści	Opis charakterystyki ochronnej instalacji PV nad rolą
Owoce Miękkie: Truskawki, Maliny	Wzrosty plonów do +18 / +20%	Osłona krzewów osłabionych na poparzenia; plon truskawki podniesiony z 20t do ponad 22t w osłonie.
Warzywa Zielone: Sałaty, Zioła	Wzrosty do poziomu ponad +25%	Olbrzymia osłona od wysuszających słońc w południe stymuluje wyższy rzut z m2.
Drzewa i Winorośle (Sady)	Optymalizacja stabilności (ok. +10%)	Stabilne temperatury minimalizują nocne przemarzanie zawiązanych wcześniej młodych wiosennych pąków.
Uprawa Światłolubna (Zboża, Pszenica)	<i>Spadek plonów o ok. 20%</i>	Wykluczone zastosowanie gęstych paneli; rośliny wymagają wybitnego słońca z plonem spadkowym np. z 7,5t na 5,8t.

### 33. Prawne blokady AgriPV na polskim podwórku u progu 2022 r.

Pomimo ogromnego potencjału oraz udowodnionych naukowo korzyści płynących z wielofunkcyjnego wykorzystania gruntów (łączących w optymalny sposób produkcję żywności z generacją zielonej energii), rozwój agrofotowoltaiki (AgriPV) w Polsce w pierwszym kwartale 2022 roku natrafiał na gigantyczny, niemal nieprzezwycięzalny opór ze strony skostniałego systemu legislacyjnego. Branża odnawialnych źródeł energii (OZE) wielokrotnie alarmowała, że ówczesne ramy prawne de facto penalizowały rolników dążących do wdrażania innowacji. Głównym problemem, podnoszonym m.in. przez Instytut Energetyki Odnawialnej (IEO), był zupełny brak definicji legalnej agrowoltaiki w polskim porządku prawnym.

Dla państwowej administracji każda konstrukcja wsporcza pod panele fotowoltaiczne, nawet jeśli stanowiła jedynie zadaszenie dla rosnących pod nią truskawek czy malin, była interpretowana wyłącznie jako inwestycja przemysłowa. Taka interpretacja uruchamiała lawinę bolesnych dla inwestora konsekwencji formalno-finansowych:

- Konieczność odrolnienia: Budowa instalacji wymagała przeprowadzenia skomplikowanej, wielomiesięcznej procedury trwałego wyłączenia gruntów z produkcji rolniczej (tzw. odrolnienia), co w przypadku gleb

wysokiej klasy bonitacyjnej (klasy I-III) było bardzo często z góry blokowane przez administrację państwową.

- Wzrost obciążeń podatkowych: Skutkiem zmiany klasyfikacji gruntu z rolniczego na przemysłowy było natychmiastowe objęcie działki drastycznie wyższym podatkiem od nieruchomości, w miejsce dotychczasowego, preferencyjnego podatku rolnego naliczanego w oparciu o cenę skupu żyta.
- Utrata wsparcia unijnego: Największym i najbardziej zaporowym dla polskich rolników ciosem w 2022 roku była natychmiastowa utrata prawa do pobierania unijnych dopłat bezpośrednich (z ramienia Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa - ARiMR) do każdego hektara, nad którym pojawiły się moduły PV. Zgodnie z ówczesną interpretacją, obecność paneli wykluczała dany obszar z puli gruntów kwalifikujących się do wsparcia ze Wspólnej Polityki Rolnej (WPR).

W marcu 2022 roku środowiska branżowe, wspierane przez uczelnie rolnicze, wystosowały do rządzących zdecydowane apele o naśladowanie rozwiązań z Europy Zachodniej (m.in. z Francji czy Niemiec), gdzie AgriPV funkcjonowała już w ramach uregulowanych specustaw i jasnych wytycznych projektowych (np. DIN SPEC 91434). Bez wprowadzenia w Polsce kategorii „współdzielenia” gruntu - w której nadrzędnym celem pozostaje produkcja żywności, a produkcja energii jest tylko wspierającą działalnością poboczną - innowacja ta w warunkach wojennej niepewności rynkowej była dla przeciętnego gospodarza finansowym samobójstwem.

#### 34. Biogazownie rolnicze jako absolutny i gwarantowany fundament systemu

Koniec lutego i marzec 2022 roku brutalnie uświadomiły europejskim i polskim decydom powagę sytuacji na rynku nośników energii. Niestabilność dostaw błękitnego paliwa i galopujące w górę wyceny węgla na rynkach międzynarodowych wywołały głęboki szok. W tym nowym, niebezpiecznym środowisku geopolitycznym uwaga rządu oraz ekspertów musiała zwrócić się ku technologii, która przez lata była marginalizowana - ku biogazowniom rolniczym. Historycznym i niezwykle istotnym momentem dla ugruntowania wiedzy na temat tej technologii była oficjalna premiera rynkowego raportu "Biogaz w Polsce 2022", zorganizowana w formule online 31 marca m.in. przez redakcję Magazynu Biomasa i ekspertów z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBR).

W przeciwieństwie do wiodących na polskim rynku technologii wiatrowych oraz paneli fotowoltaicznych, których praca jest w pełni uzależniona od zmiennych kaprysów pogody (wiatru i nasłonecznienia), biogazownie stanowią jednostki całkowicie sterowalne. O ich wybitnej, strategicznej randze świadczy kilka

absolutnie kluczowych parametrów technicznych i systemowych dyskutowanych na początku 2022 r.:

- Praca w trybie podstawowym (baseload): Prawidłowo serwisowana i zasilana biogazownia rolnicza jest w stanie bez przerwy generować energię elektryczną oraz ciepło przez blisko 8000 godzin w skali roku. Przekłada się to na olbrzymią, gwarantowaną sprawność operacyjną wynoszącą ponad 90% rocznego czasu, stanowiąc niezawodne oparcie (fundament) dla sieci elektroenergetycznej w rejonach wiejskich.
- Potencjał produkcyjny: Jak wynikało z oficjalnych danych zgromadzonych w ewidencji Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa (KOWR) na początek tamtego okresu, w Polsce funkcjonowało 146 biogazowni rolniczych (nie licząc mikroinstalacji). Całkowita wyprodukowana przez nie ilość gazu oscylowała w granicach 375 milionów metrów sześciennych rocznie, do czego z powodzeniem wykorzystano niemal 5,7 miliona ton różnego rodzaju surowców (w tym odpadowych). Mimo to, wynik ten wciąż uchodził za promil realnych możliwości rolniczej Polski.
- Odpowiedź na dyrektywę REPowerEU: Przedstawiony na początku marca 2022 r. unijny dokument narzucił cel wyprodukowania aż 35 mld metrów sześciennych zrównoważonego biometanu w UE do 2030 r. To wymusiło na polskim sektorze natychmiastowe projektowanie i testowanie zaawansowanych instalacji służących do tzw. "upgradingu" biogazu, czyli procesu oczyszczania go z dwutlenku węgla, aby mógł być bezpośrednio i bezpiecznie włączany do krajowych rur z gazem ziemnym.
- Gospodarka obiegu zamkniętego i „Local Content”: Biogazownia w idealny sposób utylizuje kłopotliwe odpady poprodukcyjne z rolnictwa (jak śmierdząca gnojowica czy przeterminowane resztki żywności), zapobiegając ich gniciu na polach i dzięki emisji metanu do atmosfery. Ponadto cykl inwestycyjny takiej budowli aktywizuje lokalnych wykonawców, a w okresie eksploatacji tworzy liczne, stałe i wykwalifikowane miejsca pracy na oddalonych od dużych miast terenach wiejskich, zwalczając tym samym zjawisko wykluczenia i ubóstwa energetycznego.

### 35. Transformacja w obiegu i poferment zamiast drogiej chemii z fabryk

Istnieje jednak również potężny i nieoczekiwany zysk chemiczny napędzający opłacalność, uwypuklony u progu wojennego chaosu przez ekspertów od innowacji dla wielkiej skali na terenach rolniczych u marca 2022 roku. Biogazownia dostarcza rolnikowi niezwykle cennego, potężnego produktu ubocznego po trawieniu resztek (gnojowicy, obornika, czy plew) na metan

poprzez rygorystyczne operacyjne w warunkach osłony powietrznej i kontrolowanej temperatury z beztlenowej wielkiej kadzi - czyli masy potocznie na rynku od u w procesie poprodukcyjnym znanej od jako w pełni darmowy nawóz zwany "pofermentem". Sytuacja wybuchu drastycznych, rekordowych światowych wycen i uderzającego u rynkowego spekulacyjnie w lutym u cen niebotycznych podwyżek dla u granulatów amonowych na workach, wywołanych od wejścia u kosztami importowanymi błękitnego kopalnianego u kopalnych gazów węglowych, wybiła wagę ratunkową biologicznych dla naturalnych u zastępczych po z masy dla gnojowych po resztkach i dla oszczędności na glebach z masy u na pofermentowych resztek.

Doskonała płynna organiczna i bezpieczna środowiskowo gęsta biomasa posiada potężny biologicznie, bezpiecznie skoncentrowany zapas bogactwa mikro- i makro-pierwiastków (potasu, azotu i magnezu czy z wyśrubowanego z fosforu po procesie odzysku), który od wywiezienia dla ziem ratuje drenaż portfela i eliminuje na trwałe u import we u od petrochemii sztucznych kopalnych wielkich granulowanych na u rzutu dla zakładów wielkiej polskiej i drogiej chemii. Ponadto rozwój na szeroką u progę lat dwudziestych u 2022 za rzut na w za na rynku z innowacyjnych dla potężnych na do z filtracji i w technologiach na separatorach do wyciągnięcia na instalacjach od u technologii rzutu dla oczyszczania z u gazu po oddzieleniu CO<sub>2</sub> i trujących frakcji, pozwala potężnie wtłoczyć innowacyjny odzyskiwany biometan wprost z z reaktora po wsi dla prosto u z u gazowni we państwowe stalowe na przesyłowe na pętli z na sieci państwowych u od rur z kopalnianymi paliwami gazu w realizację potężnych z wizji i od paktów w od rygoru dla z z REPowerEU.

## CZĘŚĆ VIII: FOODTECH I ZRÓWNOWAŻONA KONSUMPCJA

### 36. Rolnictwo Wertykalne (Vertical Farming) blisko aglomeracji

Niepewność dostaw żywności wymusiła skok zainteresowania rolnictwem w kontrolowanym środowisku (CEA - Controlled Environment Agriculture), w tym pionowymi farmami miejskimi (Vertical Farming). Wiosną 2022r. inwestorzy globalni oraz europejscy zwrócili baczną uwagę na obiekty instalowane nie na otwartym polu, lecz we wnętrzach opuszczonych miejskich hal przemysłowych. Te zamknięte pętli klimatyczne uodparniają uprawę na wszelkie ekstrema pogodowe. Uprawy wertykalne bazują na hydroponice lub aeroponice - całkowicie bezglebowych uprawach, w których korzenie pobierają precyzyjnie dozowaną pożywkę mineralną bez ryzyka zanieczyszczeń od szkodników czy patogenów odglebowych. Sztuczne oświetlenie jest emitowane przez wysoce wydajne, cyfrowe matryce LED, dostarczające roślinom wyłącznie te długości fali spektrum światła, które są optymalne dla ich cyklu życiowego. Eliminuje to niemal do zera zastosowanie

chwastobójczych czy trujących substancji z pól i maksymalizuje wydajność metrów kwadratowych u rynków.

### 37. FoodTech: Roślinne zamienniki mięsa i alternatywne białko

Ślad węglowy generowany przez światowy łańcuch produkcji żywności (stanowiący według raportów klimatycznych z 2022 roku blisko jedną trzecią globalnych emisji antropogenicznych), w połączeniu z rosnącymi kosztami pasz dla zwierząt, wymusił bezprecedensowy, miliardowy przyrwyw kapitału do branży FoodTech. Według analiz rynkowych (w tym danych funduszy venture capital z początku 2022 r.), globalny sektor AgriFood przyciągnął gigantyczne finansowanie na poziomie kilkunastu miliardów dolarów. Lwia część tego kapitału powędrowała do firm i start-upów zajmujących się opracowywaniem nowatorskich, alternatywnych źródeł białka, które mają w przyszłości całkowicie zastąpić etycznie i ekologicznie wątpliwą, ubojową hodowlę zwierząt. Pierwszym filarem tej rewolucji stały się wysoce zaawansowane, roślinne zamienniki mięsa. Wykorzystując skomplikowane procesy ekstruzji izolatów białkowych pozyskiwanych z grochu, soi czy bobu, inżynierowie żywności w 2022 roku osiągnęli przełom w idealnym odwzorowywaniu tekstury, włóknistości oraz reakcji Maillarda (odpowiedzialnej za brązowienie i aromat podczas smażenia), dostarczając konsumentom produkt do złudzenia przypominający tradycyjnego burgera czy steka, jednak wyprodukowany przy zużyciu zaledwie ułamka hektolitrow wody niezbędnej przy hodowli bydła.

O wiele bardziej rewolucyjnym, należącym do obszaru tzw. deep tech zjawiskiem omawianym wiosną 2022 r. był spektakularny, widoczny w analizach patentowych (np. WIPO) skok rozwoju rolnictwa komórkowego (ang. lab-grown meat / cultured meat). Ta innowacyjna dziedzina biotechnologii całkowicie pomija proces tuczu zwierzęcia. Procedura rozpoczyna się od bezbolesnego pobrania niewielkiej biopsji komórek macierzystych od żywego inwentarza (np. krowy lub kurczaka). Pobrane komórki trafiają następnie do sterylnych, wysoce kontrolowanych bioreaktorów, gdzie są namnażane w specjalnych, bogatych w składniki odżywcze płynnych pożywkach. Równolegle z mięsem komórkowym, olbrzymi potencjał finansowy u progu 2022 roku dostrzeżono w technologii precyzyjnej fermentacji mikrobiologicznej. Polega ona na genetycznym programowaniu drobnoustrojów (drożdży, grzybów) w taki sposób, aby podczas fermentacji produkowały konkretne, docelowe cząsteczki - na przykład białka serwatkowe identyczne z krowim mlekiem, witaminy lub enzymy, umożliwiając stworzenie nabiału bez najmniejszego udziału farm mlecznych. Technologie te uniezależniają całkowicie łańcuchy dostaw od warunków pogodowych i chorób odzwierzęcych. Choć koszty produkcji pozostawały w marcu 2022 r. wciąż wyzwaniem komercyjnym, rządy państw rozwiniętych (w tym liderzy tacy jak Izrael wspierający inkubatory typu The

Kitchen FoodTech Hub) uznały wsparcie tych technologii za ostateczny krok do zapewnienia sobie absolutnego bezpieczeństwa żywnościowego.

### 38. Wdrożenie Gospodarki Obiegu Zamkniętego (GOZ) w zakładach przetwórczych

Galopujący od lutego 2022 roku kryzys surowcowy, manifestujący się historycznymi rekordami cen gazu ziemnego oraz gigantycznymi podwyżkami za energię elektryczną, wydał ostateczny wyrok na przestarzały, linearny model produkcji w przemyśle spożywczym. Model "weź, przetwórz, wyrzuć" przestał się ekonomicznie kalkulować. Zamiast tego, wiodące zakłady przetwórstwa - takie jak gigantyczne rzeźnie, potężne mleczarnie czy rozlewnie soków - zostały zmuszone do wdrożenia rygorystycznych założeń Gospodarki Obiegu Zamkniętego (GOZ). Sektor spożywczy jest jednym z największych konsumentów pitnej wody wodociągowej, co w erze nasilających się europejskich susz stanowiło ogromne obciążenie dla lokalnych budżetów i ekosystemów. Odpowiedzią inżynierską na te wyzwania stała się implementacja ultranowoczesnych technologii odzysku i recykulacji zasobów.

Fundamentem zakładów operujących w modelu GOZ w 2022 roku stały się potężne, modułowe systemy zamknięte, w tym zaawansowana technologia ZLD (Zero Liquid Discharge). Innowacja ta ma na celu całkowite wyeliminowanie zrzutu płynnych, zanieczyszczonych ścieków poprodukcyjnych do środowiska lub kanalizacji miejskiej. Brudna woda procesowa trafia do skomplikowanych stacji wyposażonych w systemy nanofiltracji, biologiczne reaktory membranowe oraz układy odwróconej osmozy. Pozwala to (jak wskazywały raporty wdrożeniowe z tamtego okresu) na odzyskanie i zawrócenie do ponownego obiegu produkcyjnego w fabryce nawet 80 procent wykorzystywanej wcześniej wody, a także całkowite (sięgające 99%) usunięcie trudnych frakcji tłuszczowych. Co niezwykle istotne dla bilansu energetycznego w czasach kryzysu z marca 2022 r., silnie skondensowane, bogate w białka i węglowodany pozostałości stałe (odpady poubojowe, osady pofermentacyjne czy wytłoczyny) nie trafiają już na kosztowne wysypiska. Stanowią one doskonały, kaloryczny wsad dla lokalnych, przyzakładowych biogazowni. Rozkładane przez szczepy bakterii beztlenowych produkują darmowy biogaz, który spalany na miejscu w jednostkach kogeneracyjnych (CHP) dostarcza zakładowi niezbędny do sterylizacji wrzątek, parę technologiczną oraz własny prąd, tworząc w pełni autonomiczną i zrównoważoną twierdzę produkcyjną. Ponadto na rynku technologicznym pojawiały się pomysły wykorzystania bezużytecznych dotąd resztek uprawnych (jak włókna z łądyg) do innowacyjnej produkcji tekstyliów, dopełniając wizję całkowitego wykorzystania potencjału rolniczego.

### 39. Opakowania Aktywne i Inteligentne dla redukcji marnotrawienia (Smart Packaging)

Problem masowego marnowania żywności w transeuropejskim transporcie kołowym i na półkach sklepowych spotkał się na przełomie 2021 i 2022 roku z radykalną, technologiczną odpowiedzią w postaci popularyzacji systemów Opakowań Aktywnych i Inteligentnych (ang. Smart Packaging). Tradycyjna, prosta folia polietylenowa czy papier, pełniące dotąd wyłącznie funkcję statycznej bariery oddzielającej produkt od świata zewnętrznego, okazały się niewystarczające dla ochrony wysoce wrażliwych dostaw przed zepsuciem. Nowa generacja opakowań inteligentnych skupia się na funkcji ciągłego diagnozowania produktu. W tym celu na powierzchniach opakowań zbiorczych i jednostkowych nadrukowuje się lub wtapia mikroskopijne sensory, takie jak wizualne wskaźniki czasu i temperatury (TTI - Time-Temperature Indicators). Te skomplikowane fizykochemicznie znaczniki monitorują w trybie ciągłym rygor łańcucha chłodniczego - w przypadku nawet krótkotrwałego wystawienia mięsa czy nabiału na niebezpieczne podwyższenie temperatury w ładowni, barwnik wewnątrz wskaźnika nieodwracalnie zmienia swój kolor, dając obsłudze sklepu i finalnemu konsumentowi natychmiastowe, stuprocentowe potwierdzenie zagrożenia i utraty przydatności do spożycia.

Jeszcze głębszą integrację w obronę produktu zapewniają opakowania aktywne. Ich struktura nie tylko informuje, ale podejmuje fizyczną interakcję z gazami i mikrobiologią wewnątrz szczelnie zamkniętego pojemnika. W marcu 2022 r. ogromnym zainteresowaniem cieszyły się wprowadzane do struktur folii nowoczesne absorbery tlenu, a także wyspecjalizowane związki chemiczne (np. na bazie tetrazyny) działające jako silne pochłaniacze szkodliwego etylenu. Etylen to naturalny gaz wydzielany przez owoce i warzywa, który działa jak hormon gwałtownie przyspieszający ich starzenie się i gnienie. Wyłapywanie go z wnętrza opakowania wydłuża żywotność świeżych produktów o wiele dni. Inne powłoki aktywnie uwalniają związki o działaniu przeciwutleniającym i antymikrobiologicznym, powstrzymując namnażanie się pleśni na pieczywie. Dodatkowo, presja legislacyjna na ochronę klimatu napędziła w 2022r. błyskawiczny rozwój materiałów kompozytowych i całkowicie biodegradowalnych biopolimerów. Tworzywa te, pozyskiwane z odnawialnych źródeł takich jak skrobia, celuloza czy białka roślinne, zaczęły skutecznie wypierać tradycyjne, ropopochodne i szkodliwe dla oceanów plastiki, idealnie wpisując się w zrównoważoną i ekologiczną misję całego łańcucha dostaw. Rynkowe raporty ("Eco-friendly Food Packaging Market") bezbłędnie punktowały, że ten obszar stanowić będzie najważniejszy filar innowacyjności na kolejną dekadę.

## CZĘŚĆ IX: INFRASTRUKTURA DANYCH, EDUKACJA I NOWE STANDARDY RYNKOWE

### 40. Projekt eDWIN - krajowa platforma doradztwa rolniczego

Transformacja cyfrowa rolnictwa u progu wiosny 2022 roku znalazła swoje potężne systemowe odzwierciedlenie we wdrażanym na szczeblu krajowym projekcie o nazwie eDWIN (Internetowa Platforma Doradztwa i Wspomagania Decyzji w Integrowanej Ochronie Roślin). Ten ambitny program, finansowany z budżetem rządu blisko 21 milionów złotych (w tym ze znacznym udziałem środków z Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa na lata 2014–2020), miał na celu zaopatrzenie rolników w całkowicie darmowe i zintegrowane cyfrowe narzędzia. Liderem merytorycznym całego przedsięwzięcia był Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu, współpracujący na tym polu z naukowcami oraz doradcami z całej Polski, którzy uświadamiali rolnikom możliwości optymalizacji plonów. Projekt eDWIN opiera się na udostępnieniu czterech filarowych, wysoce zaawansowanych e-usług. Kluczowym narzędziem jest tu „Wirtualne gospodarstwo”, pozwalające rolnikowi na bieżące, cyfrowe agregowanie informacji ze swojego areалу w jednym miejscu w chmurze. Z nim współpracuje usługa „Udostępnianie danych meteorologicznych”, która w czasie rzeczywistym ostrzega przed niekorzystnymi zmianami klimatycznymi na bazie precyzyjnych odczytów, a usługa „Raportowanie zagrożeń” na bieżąco analizuje prawdopodobieństwo pojawienia się szkodników i patogenów chorobotwórczych z niesamowitym wyprzedzeniem. Dodatkowym, niezwykle istotnym społecznie filarem jest mechanizm „Śledzenia pochodzenia produktów”, mający bezpośrednio budować zaufanie pomiędzy ostatecznym konsumentem w sklepie a rolnikiem z pola. Wdrażanie tych bezpłatnych e-usług przed sezonem rolniczym w marcu 2022 roku stało się fundamentem uświadamiania konieczności odejścia od starych, obarczonych błędami przyzwyczajzeń agrotechnicznych na rzecz działań algorytmicznych.

#### 41. Program GOSPOSTRATEG i wsparcie innowacji systemowych (NCBR i KOWR)

Równoległe do funduszy wspierających sprzęt, w marcu 2022 roku państwo mocno zaktywizowało budżety mające na celu innowacje strukturalne i badawczo-naukowe w polskiej gospodarce. Twarzą tych zmian jest Strategiczny Program Badań Naukowych i Prac Rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” - powszechnie funkcjonujący pod nazwą GOSPOSTRATEG. Z końcem lutego i z początkiem naboru wyznaczonego na przełom marca i kwietnia 2022r., Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) intensywnie promowało i przyjmowało dokumentację do wyśrubowanego, VIII konkursu dla konsorcjów w ramach tego programu. O skali finansowania rolnictwa w obrębie GOSPOSTRATEG świadczy potężna umowa sfinalizowana w tamtym czasie z Krajowym Ośrodkiem Wsparcia Rolnictwa (KOWR) na kwotę dofinansowania wynoszącą ponad 11 milionów złotych. Kapitał ten został celowo przeznaczony na zbudowanie nowatorskiej, ogólnopolskiej platformy dystrybucyjno-informacyjnej, rewolucjonizującej relacje handlowe u samych podstaw.

Wykorzystując skomplikowane algorytmy uczenia maszynowego (Machine Learning) i potęgę wyłaniających się struktur sztucznej inteligencji, platforma ta umożliwia niemal całkowite, fizyczne skrócenie dotychczas skomplikowanego, wieloetapowego łańcucha pośredników pomiędzy fizycznym wytwórcą pożywienia a finalnym, świadomym konsumentem. Gwarantuje to ominięcie gigantycznych kosztów narzucanych przez rynkowych dystrybutorów, minimalizuje niszczące rolników ryzyko cenowe oraz udostępnia cyfrowe, standaryzowane, bezpieczne wzory umów dla producentów MŚP zmagających się z gospodarczym kryzysem.

#### 42. Dekarbonizacja transportu ciężkiego: Bio-LNG i paliwa HVO w rolnictwie

Kryzys surowcowy u progu wiosny 2022 r. i drastyczne embargo na ropę pokazały, że klasyczna elektryfikacja bateryjna nie zawsze może zaistnieć w ciężkich warunkach rolnych. Gigantyczne kombajny o masie kilkunastu ton i ciężarówki logistyczne nie mogą opierać się wyłącznie na wielkich, wysoce ciężkich akumulatorach, których ładowanie w środku głębokich pól zajmowałoby zbyt wiele godzin. Odpowiedzią innowacyjnej myśli technicznej stały się zaawansowane inwestycje we wdrażanie paliw ze źródeł całkowicie odnawialnych dla maszyn ciężkich, wpisujące się wybitnie w wytyczne programu REPowerEU. W tym kontekście, potężną rangę zaczęły zyskiwać technologie skraplania produkowanego z pofermentu biometanu do formy kriogenicznej (Bio-LNG) we flotach agrobiznesu. Bio-LNG jest paliwem nie tylko zeroemisyjnym, ale ujemnie emisyjnym (w przypadku zagospodarowywania na nie gnijącej na polach gnojowicy), co deklaruje tradycyjnego diesla uderzającego mocno w jakość środowiskową gleby na obszarach upraw. W podobnym trendzie poszukiwań technologicznych u progu 2022 roku rosło zaawansowanie paliwa typu HVO100 (Hydrotreated Vegetable Oil), będącego uwodornionym, syntetycznym olejem roślinnym wyprodukowanym w zaawansowanych rafineriach wyłącznie na bazie odpadowych tłuszczów kulinarnych i starych olejów spożywczych. Obydwie te technologie odegrały wiosną ogromną rolę psychologiczną dla deweloperów branży ciągników, gwarantując im pewność, że zrównoważony i zeroemisyjny ciężki napęd dla spalinowych rolniczych potworów nie musi wcale oznaczać budowy zupełnie nowych technologii i silników napędowych na wodór, ale ratunkiem mogą stać się cykliczne płyny organiczne.

#### 43. Cyfrowe systemy raportowania śladu węglowego i wymogi ESG (CSRD)

Zmiana świadomości proekologicznej w Unii Europejskiej pchnęła innowacje i zapotrzebowanie techniczne branży na nieodwracalne i przymusowe wdrożenia związane z systemem oceny wskaźników niefinansowych przedsiębiorstw (tzw. zrównoważony rozwój i wskaźniki ESG). Przełom 2021

i 2022 roku to okres silnych strukturalnych przygotowań prawnych do przyjęcia surowej, rewolucyjnej dyrektywy unijnej o nazwie CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive). Oznacza ona de facto nakaz dla wielkich sieci handlowych i potężnych gigantów z branży przetwórstwa rolno-spożywczego oraz spółek energetycznych publicznego, bardzo skrupulatnego raportowania swojego oddziaływania węglowego, zarządzania zużyciem prądu, a także bilansu strat i wykorzystania czystej wody na całej długości swoich powiązań z rolnikami i konsumentami. Aby ten proces informacyjny spełnił swoje wytyczne, przedsiębiorstwa spożywcze u progu 2022 roku musiały gigantycznie inwestować w inteligentną architekturę cyfrową i chmury danych. Bez wszechobecnych struktur Internetu Rzeczy (IoT) rozlokowanych wewnątrz stajni rolników (dostawców), a także bez wykorzystania śledzenia poszczególnych cykli transportowych towarów za pomocą nienaruszalnego logarytmicznie systemu sieci bloków danych (Blockchain), pozyskanie dokładnych danych o zredukowaniu np. szkodliwych gazów cieplarnianych w pełnym tzw. „Scope 3” (obejmującym zewnętrznych podwykonawców rolnych łańcucha dostaw) pozostawałoby w sferze wielkich niemożliwości. Technologie IT stały się więc w 2022 wprost niezbędną przepustką dokumentującą zyski przedsiębiorcy przed giełdami i bankami.

#### 44. Edukacja i kompetencje przyszłości: Kadry dla Rolnictwa 4.0 i OZE

Rozwój wspaniałych technologicznie maszyn nie ma absolutnie żadnego gospodarczego pokrycia, jeśli brakuje ludzi umiejących je obsługiwać. Transformacja cyfrowa i głębokie nowinki z marca 2022 roku odsłoniły bardzo istotne "wąskie gardło" polskiego i europejskiego rynku, określane w raportach jako deficyt kompetencji cyfrowych. Sektor rolny stanął przed wyzwaniem zaangażowania ludzi w zaawansowaną mechatronikę i potężny kapitał sprzętowy rodem ze stacji programistów. To właśnie w odpowiedzi na lukę edukacyjną instytucje publiczne zorganizowały na ten czas zintensyfikowane wysiłki w ramach specjalistycznych jednostek - w tym m.in. Ośrodków Doradztwa Rolniczego (ODR) czy w instytutach akademickich. W ramach modernizowania i unowocześniania wiedzy (promowanego również dotacjami na wyposażenie bazy edukacyjnej, zawartymi docelowo np. w Krajowym Planie Odbudowy A1.4.1), rolnicy oraz doradcy brali w pierwszej ćwiartce roku masowy udział we wdrożeniach szkoleniowych. Programy te obejmowały wyuczenie twardych metod obsługi na wirtualnych platformach, precyzyjne loty dronem w nadzorze oprysku nad uprawą sadowniczą, a także fizyczne analizowanie współczynników gleby z najnowszych próbników z technologią NDVI. Zbudowanie tak potężnej, ludzkiej i wielopokoleniowej, wysoce zmodernizowanej sieci świadomych technicznie rolników, znanej chociażby jako wspierany z UE system wymiany wiedzy i innowacji AKIS (Agricultural Knowledge and Innovation Systems), stało się warunkiem brzegowym dla zaadoptowania jakichkolwiek inwestycji technologicznych czy autonomicznych

urządzeń zaprezentowanych choćby na targach innowacyjnych w owym rewolucyjnym na każdym kroku roku.

## CZĘŚĆ X: ZAAWANSOWANE NARZĘDZIA CYFROWE I NOWE MODELE BIZNESOWE

### 45. Technologia Blockchain jako gwarant transparentności łańcucha dostaw

W obliczu rosnącej nieufności konsumentów i gwałtownie ewoluujących wymogów prawnych z zakresu bezpieczeństwa, początek 2022 roku przyniósł skokowe zainteresowanie implementacją technologii Blockchain w sektorze rolno-spożywczym. Blockchain, znany dotychczas głównie z rynku kryptowalut, zaoferował branży żywnościowej mechanizm zdecentralizowanej, niemodyfikowalnej i transparentnej bazy danych. Koncepcja ta została zaadaptowana jako ostateczne narzędzie służące do pełnego i wiarygodnego śledzenia cyklu życia każdego produktu wyjeżdżającego z gospodarstwa (tzw. koncepcja farm to fork). Rejestrując za pomocą niepodważalnych bloków danych najdrobniejsze operacje takie jak data wysiewu ziarna, ilości zużytych nawozów chemicznych czy precyzyjna temperatura w każdej godzinie przewozu chłodniczego, rynki uzyskały po raz pierwszy doskonały mechanizm obronny przed procederem fałszowania żywności oraz "greenwashingiem". Z punktu widzenia małego dostawcy ekologicznego, wprowadzenie do łańcucha technologii łańcucha bloków stanowi fundamentalne, twarde udokumentowanie jego jakości, pozwalając mu na osiągnięcie o wiele wyższych zysków na docelowym rynku, deklasując oszustów i obniżając bariery wejścia do ekskluzywnych sieci hipermarketów. Co więcej, zintegrowanie inteligentnych kontraktów (Smart Contracts) z czujnikami IoT pozwoliło u progu 2022 r. na błyskawiczne, algorytmiczne inicjowanie opłat w ułamku sekundy po prawidłowym i zatwierdzonym dostarczeniu płodów rolnych do dystrybutora, co radykalnie poprawiło pozycję finansową i płynność setek polskich rolników uzależnionych od nieuczciwych do tej pory marż potężnych pośredników.

### 46. Nanotechnologia i nanomateriały w nowoczesnym opakowalnictwie

Tradycyjne polimery ochronne na początku lat dwudziestych XXI wieku zaczęły być gwałtownie zastępowane przez osiągnięcia zaawansowanej inżynierii materiałowej w skali atomowej. Rewolucją omawianą z wielką dynamiką na przełomie lutego i marca 2022 roku były nanomateriały, określane jako "nanofillery", implementowane masowo na rzecz potężnego zabezpieczenia wyrobów żywnościowych w skali globalnej. Nanofillery (czyli wypełniacze o przekrojach mikroskopijnych, oscylujących w granicach zaledwie od 1 do 100 nanometrów) diametralnie zmieniły fizyczne uwarunkowania tworzyw, podnosząc ich dotychczasową wydajność. Jak wskazują analizy, umiejscowienie takich miniaturowych drobin we wnętrzu bio-polimerów

gwałtownie uszczelniło siatkę przed groźnymi mikropęknięciami, drastycznie zmniejszając gorszącą dla towaru przepuszczalność wilgoci oraz ograniczając utlenianie psujące aromat i trwałość odżywczą gotowych potraw. Swoistym przełomem w tym innowacyjnym świecie było wprowadzenie w przemyśle pakowania ubojowego nanomateriałów m.in. opartych o nanocząstki srebra (Ag NPs) czy dwutlenku tytanu (TiO<sub>2</sub>). Stanowią one pierwszą linię obrony chemicznej - dzięki swoim agresywnym właściwościom antybakteryjnym bezlitośnie eliminują ryzyko uderzenia szkodliwych pleśni i drobnoustrojów chorobotwórczych (takich jak E. coli), skutecznie atakując i przerywając ściany komórkowe samych patogenów. Rozwiązania te niosą potencjał przedłużenia świeżości i zdatności rynkowej surowego mięsa na dystansie wielu, czasem ponad czternastu decydujących dni tranzytowych, pozwalając zaoszczędzić firmom straty miliardów złotych na zwrotach bez konieczności nasączenia jedzenia groźną zupą konserwacyjną. Niemniej, w marcu 2022 r. literatura naukowa bardzo mocno akcentowała konieczność przeprowadzenia ostrożnych testów migracyjnych, badających przenikanie tych nanostruktur do wnętrza samych komórek spożywczych, aby ostatecznie zagwarantować pełne bezpieczeństwo organizmu i spełnienie nowo nakładanych barier z dyrektyw chroniących system zdrowotny na terenie całej Unii Europejskiej.

#### 47. Dynamiczne zarządzanie przydatnością do spożycia (Dynamic Shelf Life - DSL) i e-etykiety

Kolosalny wzrost marnotrawienia zasobów i problem zalegającej przeterminowanej żywności wymusił na branży tzw. "smart retail" natychmiastowe przemodelowanie polityki sprzedaży w marcu 2022 roku. Technologią wdrażaną z niespotykaną wcześniej siłą stało się tzw. Dynamiczne Zarządzanie Cyklem Życia Produktu (DSL - Dynamic Shelf Life). Koncepcja ta oznacza absolutne zerwanie z archaicznym i błędnym pojęciem sztywno i arbitralnie narzuconej w fabryce, papierowej "daty ważności", na rzecz żywego i elastycznego parametru decyzyjnego, uzależnionego stricte od tego, w jakich realnych i precyzyjnie kontrolowanych warunkach dystrybucyjnych znajdował się dany produkt po zjechaniu z taśmy przetwórczej. W oparciu o informacje napływające wprost w chmury obliczeniowe poprzez sensory termiczne w naczepach ciężarówek, inteligentny system na bieżąco, sekunda po sekundzie symuluje degradację i wylicza czas gnicia drobnoustrojów, automatycznie wyznaczając ostateczną linię graniczną zdatności każdego poszczególnego jogurtu i polędwicy mięsnej z niewyobrażalną perfekcją algorytmiczną, co drastycznie ucina ślepe wyrzucanie milionów nadal znakomitych posiłków. Ten cud decyzyjny sprzężono z infrastrukturą Electronic Shelf Labels (ESL) - nowatorskimi, wyświetlanymi z tuszu elektronicznego metkami, na stałe przymocowanymi do stelaży w ogromnych hipermarketach. Połączenie rozwiązań AI z ESL tworzy błyskawiczny ekosystem dynamicznego rabatowania. Jeśli chmura obliczeniowa zanotuje na bazie wyliczeń

z wskaźników utleniania, że dany rzut sałaty zepsuje się za 18 godzin, serwer samoistnie i błyskawicznie, bez ingerencji kierownika alei dyskontowej, redukuje drastycznie cenę produktu na świecącym wyświetlaczu. Konsument z marszu podejmuje decyzję o zakupie ze zniżką, wyprzątając zagrożony zrzutem obszar zapasów. Pilotażowe programy wielkich sieci i sklepów detalicznych pokazywały u progu roku redukcje niewykorzystanego towaru na poziomie rzędu nawet potężnych 14 procent. Rządy pojęły zarazem u podstaw politycznych to, że ratowanie jedzenia obniżkami dzięki sztucznej inteligencji, zmniejsza olbrzymi wpływ metanu na europejskie zgnilizny śmieciowe i środowiskową degenerację państwa.

#### 48. Rozwój aplikacji ratujących żywność i redukcja marnotrawstwa w detalu

Wobec drastycznych, szalejących rachunków na wejściu w 2022 rok i strachu przed widmem pustych hipermarketów, innowacje cyfrowe musiały dotknąć również samych konsumentów i ratowania odpadu bezpośrednio od sprzedawców z miasta. Doskonałym przejawem tego rynkowego skoku były platformy funkcjonujące w ekosystemie tak zwanej "Sharing Economy", ze szczególnym naciskiem na gigantyczny, globalny wzrost pobrań oprogramowania Too Good To Go oraz jej polskich, dynamicznych wschodzących odpowiedników (m.in. na rozwój rodzimego i błyskawicznego start-upu Foodsi). Aplikacje te umożliwiają posiadaczowi smartfona za zaledwie kilkanaście złotych rezerwację i wykupienie w okolicznej piekarni, modnej restauracji czy osiedlowym dyskoncie tak zwanej w branży "Paczki Niespodzianki" (Surprise Bag), skrywającej obfite i w stu procentach nadające się do spożycia dzienne, świeże potrawy i resztki, które w innym, dawnym modelu zostałyby z bezwzględnym rygorem zmiecione i wrzucone bezlitośnie w nocny, czarny kubeł na wywóz. Z początkiem wiosny 2022 roku system ten objął w całej Europie swoim ratunkowym parasolem już nie setki, ale pełne setki tysięcy współpracujących ze wspólnym mianownikiem partnerów kulinarnych (począwszy od małych rzemieślników aż po gigantów logistyki detalicznej). Według pierwszych podsumowujących, potężnych raportów, same tylko te rozwiązania powstrzymały gnicie na ogromnych składowiskach od kilkunastu do nawet kilkudziesięciu milionów nadających się na stół bezbłędnych porcji na przestrzeni roku, wstrzymując niewyobrażalny bilans wyrzucanego w powietrze dwutlenku (szacowanego na tysiące ton zanieczyszczenia od transportu rzeźnego CO<sub>2</sub>e). Dodatkowym potężnym ruchem dla rolnictwa w 2022 roku była cyfrowa rewolucja wdrożenia systemu dla samych dostawców produkcyjnych - aplikacja umożliwiła wykupienie hurtowe całych, omyłkowo uciętych tonaży i zablokowanych przy konfekcji bezpośrednio za bramą z taśmy rolnej producentów i z palet, zanim usterka ta wymusiłaby zaoranie bezcennych ziemiopłodów z puli fabryki jako odpad logistyczny. Tym samym te małe instalowane skrypty odegrały najpotężniejszy front edukacyjny wymuszający

zmysłowe zrewidowanie archaicznego rygoru dat z opakowań, wyznaczając wzór zrównoważonego uwarunkowania we współczesnych wytycznych żywieniowych obarczonego kryzysem obywatela.

#### 49. Koncepcja "Cyfrowego Bliźniaka" (Digital Twin) w optymalizacji upraw i sieci OZE

Ostatecznym i najwyższym pułapem inżynieryjnym wspierającym zarządzanie na obu wektorach - zarówno w dobie drżących szkieletów elektrowni jak i nieprzewidywalnej pogody rolniczej - stało się w marcu 2022 roku włączenie i testowanie z powodzeniem tak zwanych Cyfrowych Bliźniaków (Digital Twin). Jest to absolutna kwintesencja uderzeniowej symulacji analitycznej polegająca na zbudowaniu w pełni funkcjonującego, perfekcyjnie odwzorowującego każdy z fizycznych aspektów i zaprogramowanego komputerowo modelu 1 do 1 dla fizycznego silnika wiatrowego, zamkniętego reaktora na szkle wertykalnej fabryki, wielkiego silnika fotowoltaicznego u dostawcy czy potężnego ujęcia w rolniczej uprawie ze swoistą cyfrową siatką geograficzną i parametrami oporowymi gleby. Ta idealna kopia, zasilana całodobowo przez uderzenia odczytów i zmiennych w czasie danych z rozsianych systemów i nadajników, pozwala decydentowi w mgnieniu chwili i bez najmniejszego zagrożenia podjęcia niebezpiecznej, fizycznej porażki zweryfikować skutki nadchodzącego kryzysu. Użycie Cyfrowych Bliźniaków po stronie systemów OZE umożliwiło gigantom energetycznym u progu wstrząsów analizowanie ryzyka dla łopat wiatraka czy obciążeń sieci rozsyłowych we wzburzonym od wichury systemie zasilającym bez cienia ingerencji w rzeczywisty, kręcący się wirnik u zarania sztormu. Na polach z kolei system DT pozwolił rolnikowi przenieść testy roztworu chemicznego do pamięci sprzętowej - sztuczna inteligencja symuluje bowiem przed użyciem i podlaniem oprysku to, jak wirtualna tkanka zareaguje i przetrawi dawkowanie z wyliczoną temperaturą o piątej rano na ekranie monitora, pozwalając ustalić w 100% obojętną i optymalizującą straty reakcję środowiskową zanim kropla płynu tknie ziemię. Jest to rozwiązanie wymykające się obciążeniom, oszczędzające potężnie sprzęt i setki litrów wody niezbędnej u barier ekologicznego zrzutu. Zdolność bezpiecznego modelowania każdego obciążenia uwarunkowała od pierwszych dni we wczesnym wioennym rozrachunku rewolucję w badaniach ratunkowych dla globalnej fuzji rolno-zasilającej.

#### 50. Boom inwestycyjny funduszy Venture Capital (VC) na polskim rynku AgriTech

Niezwykłym i na wskroś paradoksalnym w świetle wojny zjawiskiem gospodarczym, opisanym w potężnych wektorach badawczych Fundacji Startup Poland na przełomie analiz 2021 i początku 2022 r., był niesamowity szal inwestycyjny zalewający polską u progu rynków prowincję ze strony ryzykownych, gigantycznych wehikułów kapitałowych zwanych Venture Capital

(VC). Podczas gdy konwencjonalne i zachowawcze fundusze na światowych wielkich giełdach obawiały się pompowania twardej gotówki w załamujący się odcięciem i restrykcjami obieg klasycznego handlu, sektor tak zwanych u rynkowych graczy systemów głębokiej technologii rolniczej (AgriFoodTech) zaobserwował wbrew trendom niepoohamowany deszcz bilionów z inwestorskich przelewów. Uznano wprost u szczytu marcowej drabiny opłacalności finansowej i na konferencjach, że tylko te rewolucyjne nowinki u dołu łańcucha żywienia odcięte od nawozów dają gwarancję i zabezpieczenie egzystencjalne, a z nimi wielki zysk i zwrot finansowania u wejścia we wrażliwe za wschodnią barierą kryzysy. Przed wczesnym i burzliwym wybuchem wojennym oraz w kwartałach ostatecznych z marca dofinansowania były z zachodu i z Unii w polską, wysoce kreatywną bazę młodego inżyniera z wielką determinacją wsparcia i zastrzyków w kwotach z tzw. pre-seed i seed dla rzutkich i szalonych z pomysłów zespołów MŚP. O olbrzymim rozmachu tego cudu na polskiej mapie zwiastowały chociażby wezbrania wspierające oprogramowanie do wysoce satelitarnej, kosmicznej wręcz rolniczej optymalizacji lotów w platformie z systemu giełdowego i polowego nadzorowanego po firmę SatAgro, potężne u rzutu i dające miliony dofinansowanie we wrocławskiej analitycznej spółce Terrabio dokonującej wyłomów w polowych badaniach szczepu DNA w patogenach z mobilnych skrzynek, czy imponujące rundy finansowe w krakowskich komorach u zarania od Hydropolis i wsparciu AgronetPRO ze świata sterujących IoT na zalesionych setkami ha owoców obrzeżach. Bez zaplecza tych piętężnych zrzutów z ryzykownych giełd i wsparciu polskich struktur np. NCBR czy z twardych aniołów u biznesowych kręgów, u zarania 2022 cała skomplikowana europejska architektura z i we wdrażanych wizji cyfryzacji OZE dla ziem nigdy by nie ruszyła z warsztatów deweloperskich.

## CZĘŚĆ XI: WNIOSKI I PODSUMOWANIE

### 45. Wnioski końcowe

Głęboka analiza wszystkich opisanych powyżej zjawisk makroekonomicznych, gwałtownych ruchów kapitałowych oraz rygorystycznych wdrożeń technologicznych obserwowanych na przestrzeni pierwszego kwartału i w szczególności marca 2022 roku, prowadzi do jednego, bezkompromisowego wniosku. Jesteśmy świadkami potężnej, historycznej i nieodwracalnej konwergencji dwóch fundamentalnych sektorów gospodarki: energetycznego oraz rolno-spożywczego. Do niedawna te dwie potężne gałęzie funkcjonowały w przestrzeni publicznej jako całkowicie odrębne dziedziny - rolnictwo postrzegane było jako tradycyjny, pasywny konsument gigantycznych ilości paliw, nawozów chemicznych oraz energii, zasilający w żywność sieci handlowe. Wojna w Ukrainie i drastyczny, niszczący model rentowności szok cenowy wywołany odcięciem wschodniego gazu i ropy zburzyły tę iluzję. Gospodarki państw europejskich, postawione pod ścianą, zrozumiały,

że dotychczasowy podział ról uległ dezaktualizacji. Nowoczesne pole uprawne przestało być wyłącznie fabryką zboża i mięsa. Z perspektywy unijnych planów takich jak opublikowany 8 marca 2022 roku przełomowy dokument REPowerEU, europejska wieś musi stać się jednym z najpotężniejszych fundamentów niezależności energetycznej kontynentu. Wdrażanie systemów agrofotowoltaicznych (AgriPV) wyniesionych nad plantacjami owoców czy uprawą warzyw, a także masowa rozbudowa stabilnych, pracujących w trybie ciągłym (baseload) biogazowni rolniczych, które z uciążliwych resztek poprodukcyjnych (gnojowicy, obornika) generują cenny biometan i darmowy, naturalny nawóz (poferment), uczyniły z rolnika pełnoprawnego producenta zielonej energii i strategicznego partnera operatorów sieci elektroenergetycznych. Z drugiej strony, postępująca radykalnie na polach cyfryzacja i automatyzacja w ramach idei Rolnictwa 4.0 - opierająca się na wszechobecnych sieciach czujników IoT, analizach multispektralnych z dronów naświetlających stres roślinny wskaźnikami NDVI oraz autonomicznych traktorach zarządzanych przez sztuczną inteligencję - udowodniła, że rentowność w kryzysie osiąga się nie przez nadużywanie drogiej chemii, lecz przez rygorystyczną, uderzającą w punkt z chirurgiczną precyzją technologię. Odcięcie się od nieprzewidywalnych politycznie dostawców surowców kopalnych i przestawienie na inteligentny ekosystem odnawialny nie jest już w tych realiach wizją odległej przyszłości, lecz bezwzględnym wymogiem gwarantującym europejskim państwom przetrwanie nadchodzących wstrząsów makroekonomicznych i klimatycznych.

#### 41. Podsumowanie całego raportu

Sytuacja zbadana i udokumentowana na podstawie wydarzeń rynkowych z pierwszego kwartału i granicznego marca 2022 roku nakreśla wyraźny, historyczny punkt zwrotny dla całej cywilizacji zachodniej. Zderzenie się ze sobą kilku potężnych kryzysów w jednym czasie - gwałtownie postępującego załamania klimatycznego uderzającego w zasoby hydrologiczne i plony rolnicze, eksplodującej w wielu państwach dwucyfrowej inflacji kosztowej (napędzanej wiatrem rekordowych cen gazu i węgla) oraz brutalnego, uświadamiającego geopolityczną słabość ataku Rosji na suwerenność Ukrainy - wygenerowało ostateczny impuls do technologicznego zerwania z przeszłością. Przemysł spożywczy i energetyka znalazły się w oku cyklonu, wymagając wdrożenia natychmiastowych środków obronnych o skali nieznanej od czasów rewolucji przemysłowej.

Odpowiedź nadeszła z laboratoriów i biur projektowych. Rynki kapitałowe (w tym miliardowe pule w funduszach inwestycyjnych) i decydenci polityczni zaakceptowali innowacje z dziedziny "deep tech" jako docelowy wektor rozwoju. Z jednej strony, przyspieszona rewizja polityk, takich jak europejski plan REPowerEU czy dostosowany do wymogów net-billingu polski program Mój

Prąd 4.0, zmusza miliony prosumentów do montażu inteligentnych systemów kontroli domowej HEMS/EMS i prywatnych, litowych magazynów energii elektrycznej, które ratują przed przeciążeniami starzejące się sieci OSD. Przemysł wielkogabarytowy kieruje się ku bezemisyjnemu, zielonemu wodorowi zasilającemu huty oraz ku technologii Małych Reaktorów Modułowych (SMR) podpisywanych w umowach takich jak pakt państwowego miedziowego koncernu KGHM z amerykańskim NuScale, mających zabezpieczyć stabilność pracy i ciągłość łańcucha dostaw. Z drugiej strony, w sektorze rolnym jesteśmy świadkami rewolucji produkcyjnej: całkowicie wyizolowane ze środowiska wertykalne farmy miejskie oświetlane diodami LED, laboratoria tworzące w bioreaktorach tkanki zrównoważonego mięsa komórkowego bez masowego uboju, oraz wdrażanie koncepcji zamkniętego obiegu surowców (GOZ) z bezodpadowym odzyskiwaniem hektolitrow krystalicznej wody dzięki technologiom ZLD, to filary żywnościowej pewności jutra. Marzec 2022 roku pozostanie zapisany w rocznikach gospodarczych jako moment, w którym świat definitywnie, ostatecznie i bez sentymentów pożegnał się z emisyjną epoką surowców kopalnych, stawiając wszystko na autonomiczną i ekologiczną potęgę ludzkiej myśli technologicznej.

## Bibliografia

1. Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) (2022), *Światowe notowania Indeksu Cen Żywności na świecie (FFPI)*, raporty wskaźnikowe z marzec 2022 r.
2. Główny Urząd Statystyczny (GUS) (2022), *Bieżące notowania i wskaźniki cen towarów i usług konsumpcyjnych i odczyty inflacji za miesiąc - marzec 2022 roku*.
3. Komisja Europejska (UE), *Oficjalny Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej: REPowerEU - Wspólne europejskie działania w kierunku bezpiecznej i zrównoważonej energii po przystępnej cenie*, Strasburg/Bruksela, wydany 8 marca 2022 r. (COM(2022) 108/230).
4. Giełdy towarowe i handlu emisjami (ICE), *Analiza rynku i raporty KOBiZE o spadkach (58 EUR) oraz o odbiciach na (72 EUR) rynkach w handlu rygorów z uprawnieniami za marzec 2022*, odczyty z marzec 2022.
5. Redakcja Magazynu Biomasa / Prace Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu / Wytyczne i obecność Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBR), *Branżowy Raport: Biogaz w Polsce 2022*.
6. Agencja Rynku Energii (ARE), *Raporty i informacje statystyczne o energii elektrycznej / Rejestr przyłączy OZE oraz mikroinstalacji na rynku*, oficjalne podsumowania (966 350 instalacji) bazy wg stanu danych na marzec 2022 r.
7. Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa (KOWR) / MRiRW, *Rejestr państwowy wpisanych prawnie wytwórców biogazu rolniczego, zestawienie z mocy dla 146 biogazowni dla rzutu kwartałów do początku 2022 r.*
8. Opracowania inżynierskie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBR), *Wytyczne i program założenia dla ram innowacyjnych i modyfikacji konkursów pt.: Nowe technologie w zakresie energii (NTE) wspierające transformację*, publikacje bazowe.
9. KGHM Polska Miedź S.A. i korporacja z technologii z USA NuScale Power, *Historyczne porozumienie oraz ogłoszenie formalne współpracy w zakresie przygotowania założeń wdrożenia reaktorów jądrowych i SMR (VOYGR) na obszarze Polski do przemysłu*, komunikaty z daty luty / marzec 2022 r.

10. Instytut Energetyki Odnawialnej (IEO), *Przekrojowe wytyczne i analizy problemów dot. barier legislacyjnych w Polsce na instalacje hybrydowe oraz agrowoltaikę (AgriPV) z wczesnych badawczych odczytów pierwszego kwartału przedwiośnia u 2022 r.*
11. Informacje z targów technologii świata z CES 2022 w Las Vegas, *Materiały prasowe zaprezentowane przez koncern John Deere nakreślające wejście na pełną komercję modelu autonomicznego ciągnika 8R do produkcji w oparciu o 6 stereoskopowych kamer ze współpracą AI do odczytów i pracy w polu z nawigacją bez operatora, publikacje dla rolnictwa 4.0 - styczeń 2022 r.*
12. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP), *Zapisy z wezwania rynkowego dot. suszy i spadków o ponad 20 procent o wdrażaniu programu wsparcia innowacyjnej rynkowej dla start-upowej z w firmy rzutu na Planter 4 Zero w ochronie dla rolniczej podlewania i obniżaniu rzutów zasobu oszczędzania uprawy u w wody.*
13. Zbiory badawcze, Politechnika Koszalińska (Mazur P., Chojnacki J.), *Udokumentowane zasady stosowania dronów u wykorzystania z teledetekcji z lotu do kamer multispektralnych z modelem od rzutu firmy np Sequoia dla wczesnego odczytu i oceny z na do po indeksu rzutu dla NDVI oraz u ze o w osłony ze z u i SAVI z w w nowoczesnym rolnictwie precyzyjnym na rzut po.*
14. Publikacje bazowe, zbiór naukowy PTTŻ dla miesięcznika o naukach, m.in. Przemysł Spożywczy: *Wnioski dla opakowań i wdrożenia nowoczesnych biopolimerów dla inteligentnych (TTI) w osłonach, oraz na i aktywnych przeciw wskaźników marnowania owoców inteligentne opakowania u progu 2022.*
15. Rządowe komunikaty i wytyczne z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska (NFOŚiGW) oraz z Ministerstwa Klimatu (MKiŚ), *Kształtowanie wytycznych merytorycznych od regulaminu czwartej edycji dopłat do dotacyjnego wsparcia programu Mój Prąd 4.0 dla systemu (na magazyny rządu ponad 16 i 7,5 tys na ciepło i system HEMS na net-billing), publikacje i plany przed kwietniem wg stanu luty / marzec 2022 r.*
16. WIPO (World Intellectual Property Organization) i startup-y AgriFood: *Przekrojowe i branżowe i europejskie finansowe zestawienia (m.in wg raportów np. dla Start-Up Poland czy platformy FoodTech z wczesnych miesięcy i dotacji inwestycji lab-grown meat z białko w 2022 z inwestycji i dla Terrabio po Hydropolis).*
17. Veolia Water Technologies: *Raporty i studia przypadków wdrożeń GOZ, systemów ZLD (Zero Liquid Discharge) oraz odzysku wód*

*procesowych w przemyśle spożywczym*, publikacje i doniesienia analityczne, 2022 r.

18. Raport analityczny firmy badawczej Fact.MR: *Perspektywy rynku ekologicznych opakowań do żywności - Eco-friendly Food Packaging Market (2022–2032)*, wczesne estymacje rozwoju bio-powłok dla transportu.