Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027

Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich +

PODR POMORSKI OŚRODEK DORADZTWA ROLNICZEGO W LUBANIU

Dofinansowane przez Unię Europejską

Gospodarowanie na użytkach zielonych(łąki, pastwiska) z wykorzystaniem rolnictwa 4.0

Dariusz Gozdowski

Wydział Rolnictwa i Ekologii

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

„Forum Bydła Mlecznego i Mięsnego”

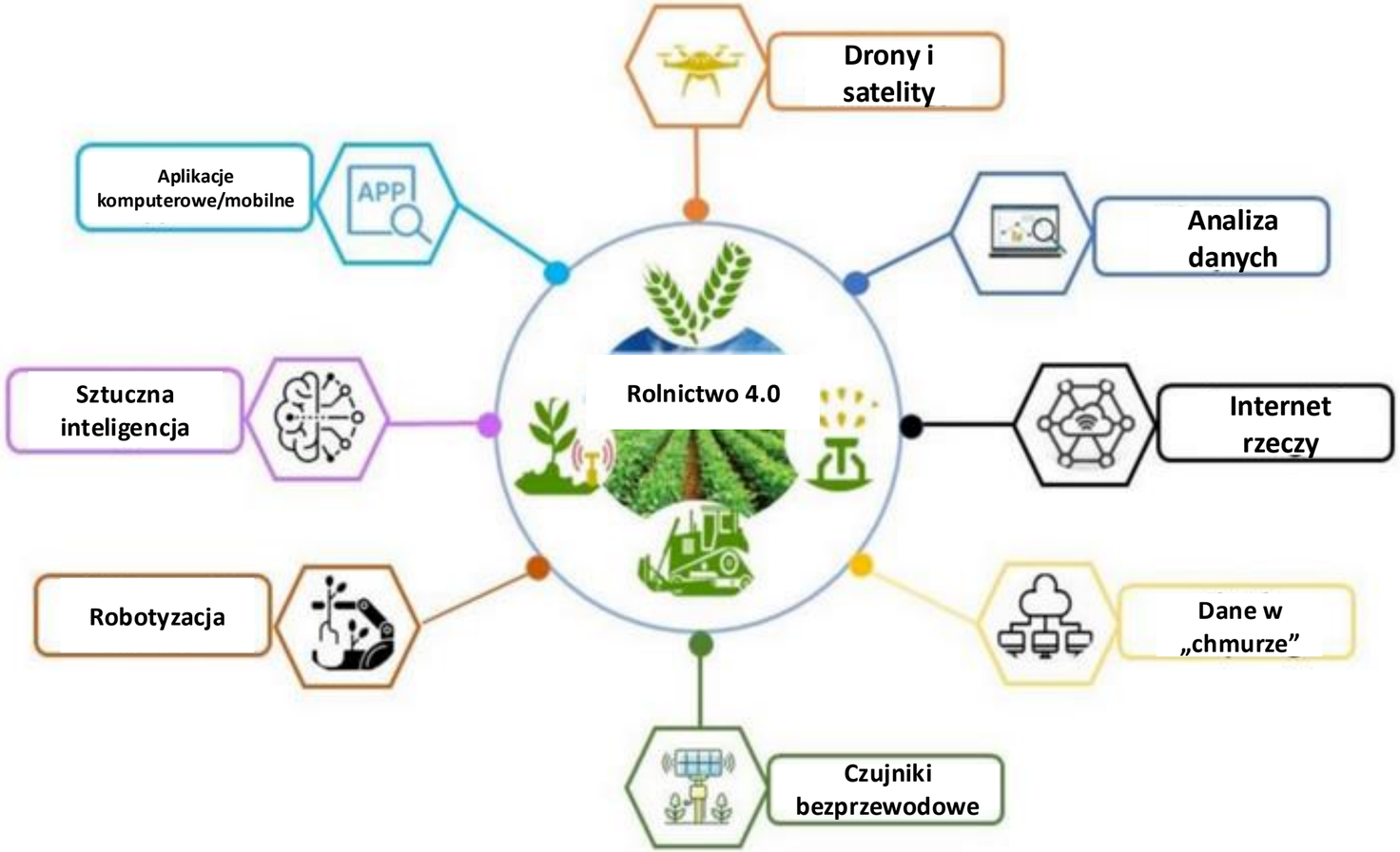
Stare Pole, 03.12.2025 r.

Operacja dofinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 – Schemat II Pomocy Technicznej WPR 2023-2027 – Wsparcie operacji realizowanych w ramach KSOW+. Operacja realizowana przez Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Lubaniu. Instytucja Zarządzająca Planem Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Rolnictwo 4.0 - wprowadzenie

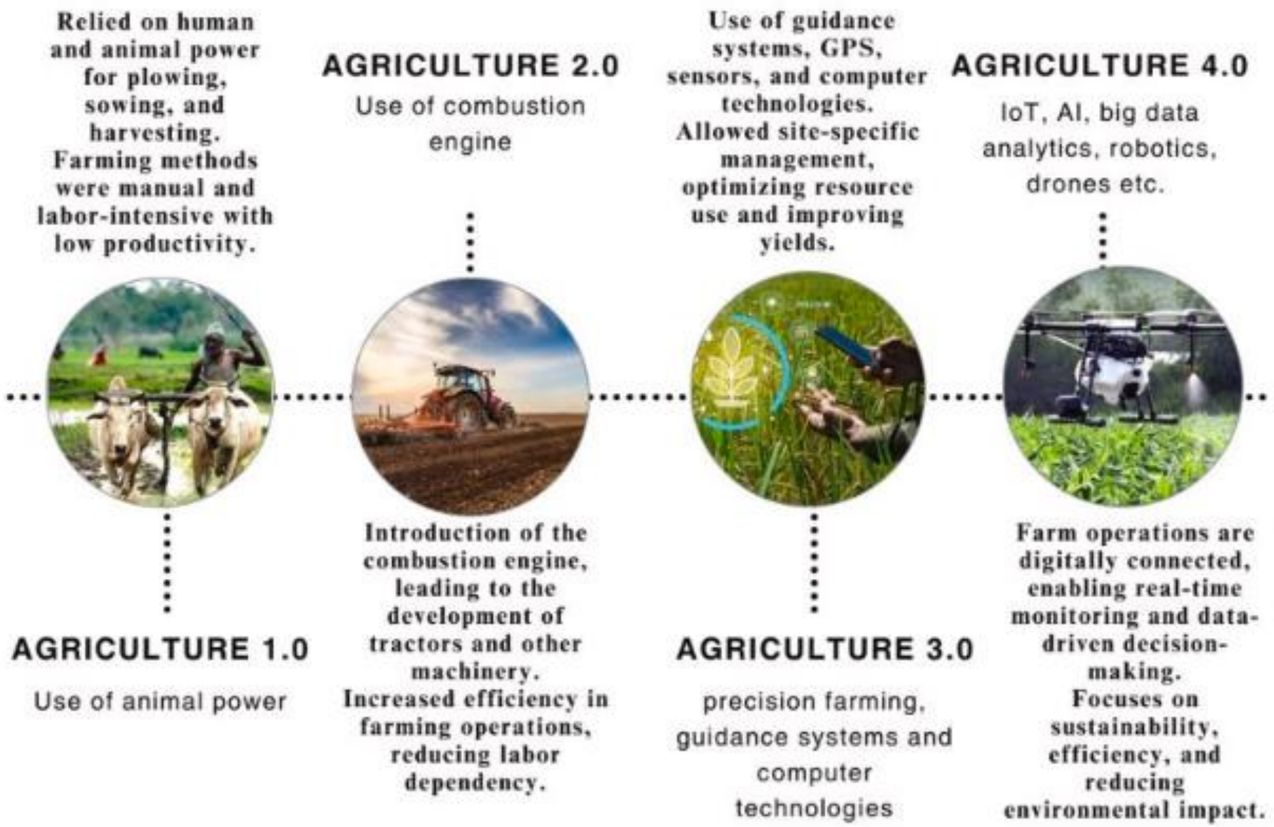
Rolnictwo 4.0 to nowoczesny model produkcji rolnej oparty na cyfryzacji, automatyzacji i wykorzystaniu zaawansowanych technologii, takich jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja, analiza danych, systemy GPS oraz robotyka, w celu zwiększenia efektywności produkcji, ograniczenia kosztów oraz zmniejszenia wpływu rolnictwa na środowisko.

Elementy rolnictwa 4.0



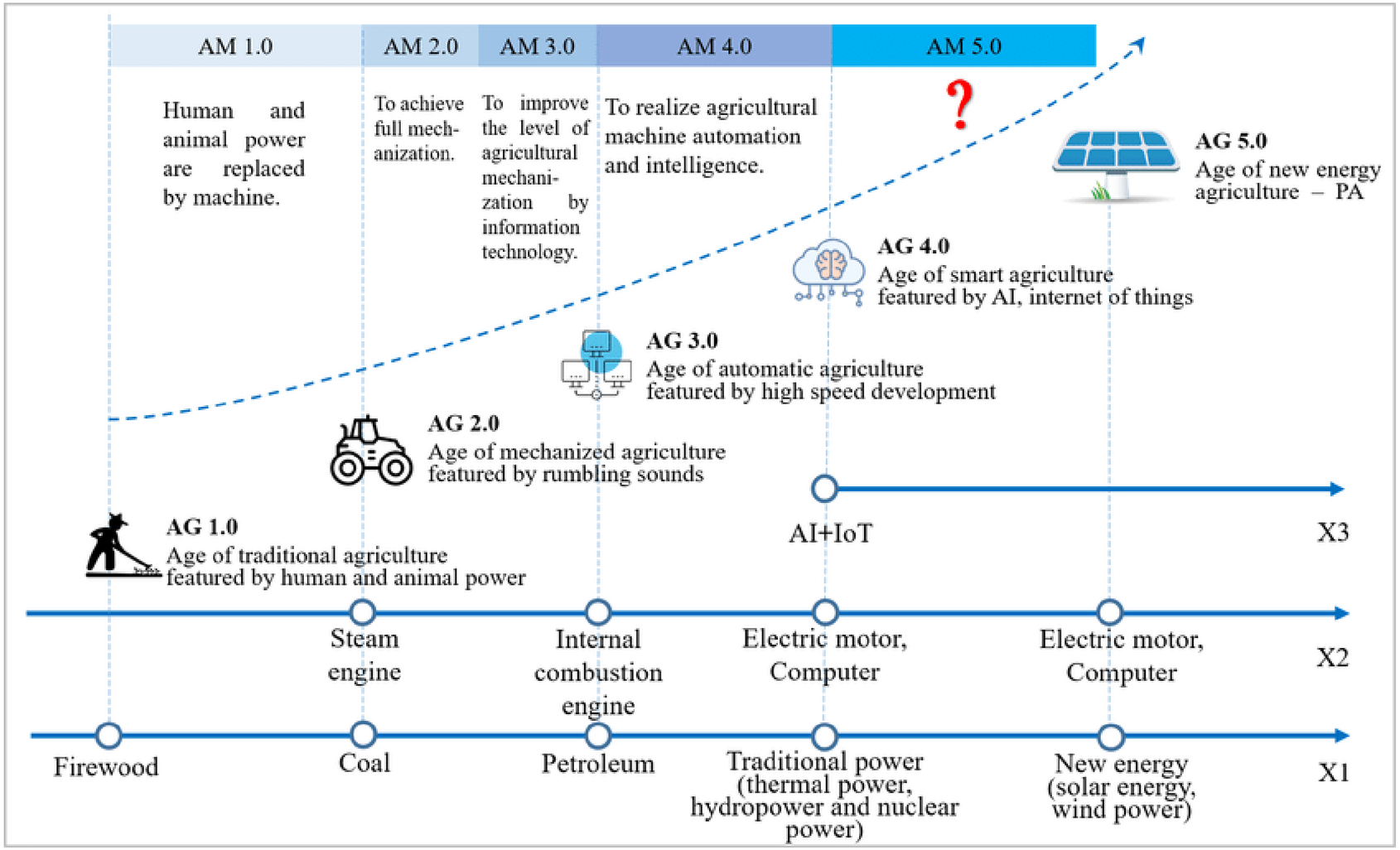
Na podstawie: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/20/14824

Ewolucja rolnictwa



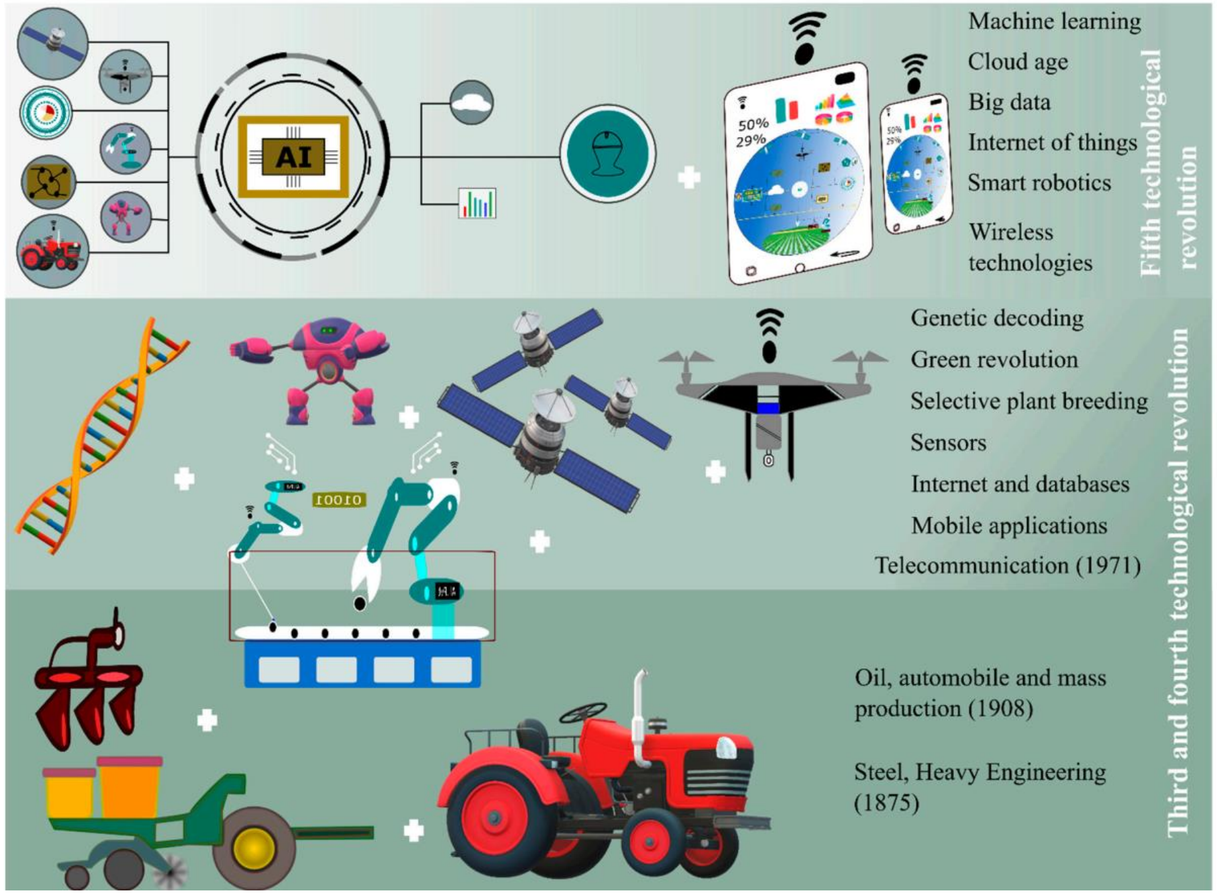
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949824425001120

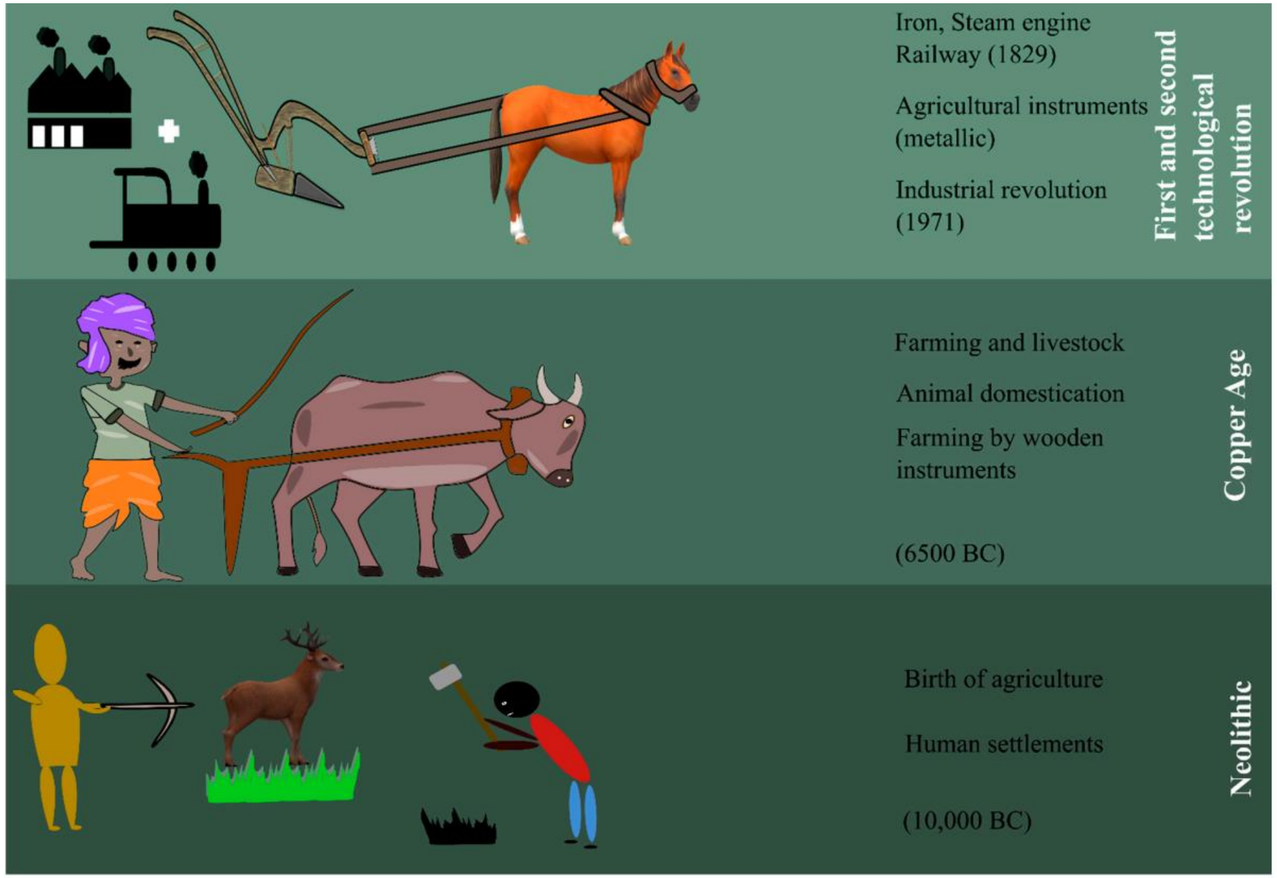
Ewolucja rolnictwa – od rolnictwa 1.0 do rolnictwa 5.0



https://vantage-ro.com/wp-content/uploads/2020/11/connected_farm.jpg

Ewolucja rolnictwa





https://www.mdpi.com/2076-3417/11/13/5911

Drony i satelity

- Monitoring stanu użytków zielonych – ocena wzrostu traw, wykrywanie chorób i zachwaszczenia.
- Szacowanie plonu biomasy – określanie plonu koszeniem lub wypasem.
- Mapowanie zmienności pola – tworzenie map pokazujących różnice w wzroście traw w różnych częściach łąki/pastwiska.
- Wykrywanie niedoborów składników pokarmowych – analiza barwy i kondycji roślin w celu optymalizacji nawożenia.
- Dokumentacja i archiwizacja zmian – porównywanie stanu użytków zielonych w czasie na podstawie zdjęć i map.

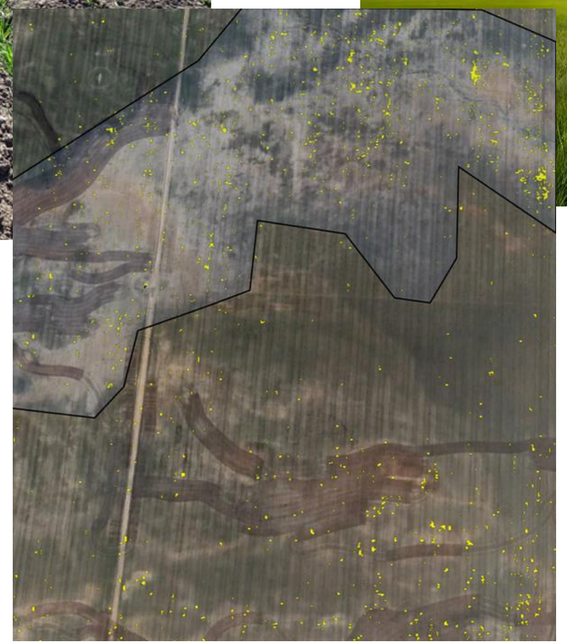
Rodzaje dronów rolniczych

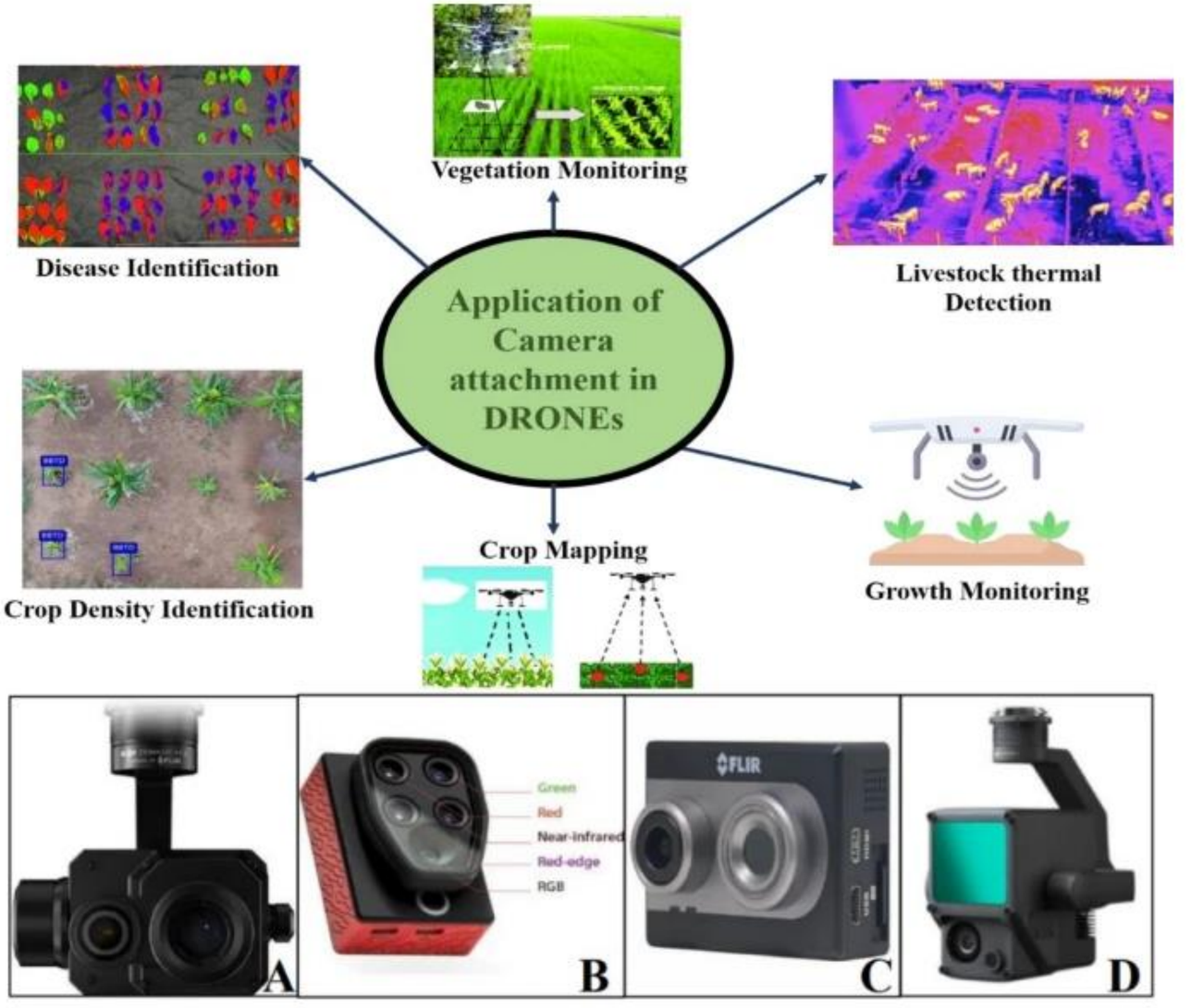
- Drony wielowirnikowe: stabilne, łatwe w obsłudze, idealne do oprysków.
- Drony stałopłatowe: większy zasięg, stosowane do mapowania.
- Drony hybrydowe: łączą zalety obu typów.

Przykłady zastosowań

– monitorowanie upraw, w tym ocena szkód, ocena potrzeb nawożenia

– precyzyjne opryski (chwasty, miejsca trudno dostępne, itp.)

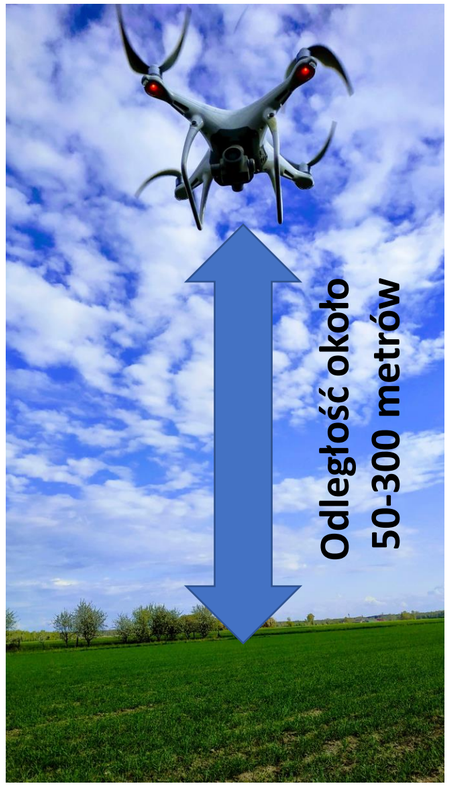




Cameras types and their applications in farm activities. **a** Visual camera, **b** multispectral camera, **c** thermal camera and **d** LiDAR cameras

Drony w monitorowaniu upraw

Drony, czyli bezzałogowe statki powietrzne (unmanned aerial vehicle, UAV) pozwalają na wykonanie zdjęć w zakresie światła widzialnego, jak również bliskiej podczerwieni w przypadku wykorzystania kamer multispektralnych. Zdjęcia są najczęściej wykonywane z wysokości od kilkudziesięciu do kilkuset metrów od poziomu gruntu.



Zalety w stosunku do satelitów:

- Mniejszy rozmiar piksela (zwykle kilka cm)
- Możliwość wykonania zdjęć przy zachmurzeniu
- Możliwość wyboru dokładnego terminu wykonania zdjęcia
- Możliwość wygenerowania numerycznego modelu terenu

Wady:

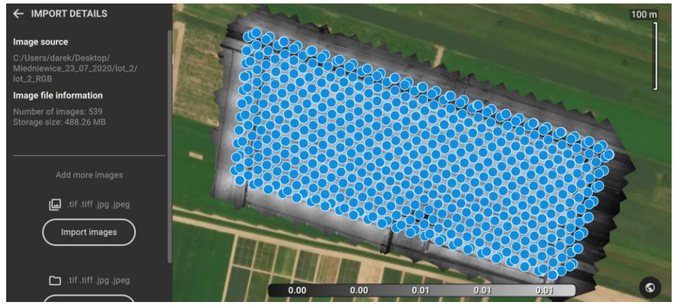
- Duża ilość danych, wymagająca ich przetworzenia do ortofotomapy
- Mała wydajność, tj. powierzchnia objęta zdjęciami zwykle nie przekracza kilku km^2 dziennie (zależy od typu drona)
- Wrażliwość na wiatr, deszcz.

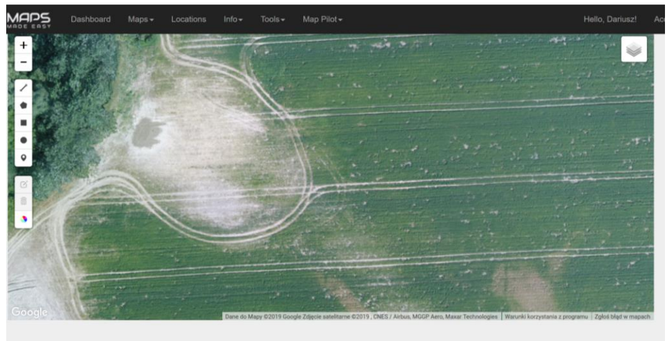
Proces wykonania ortofotomapy z wykorzystaniem zdjęć z drona

Wykonanie zdjęć (zaplanowanie misji, wykonanie lotu)

Przeniesienie zdjęć do komputera

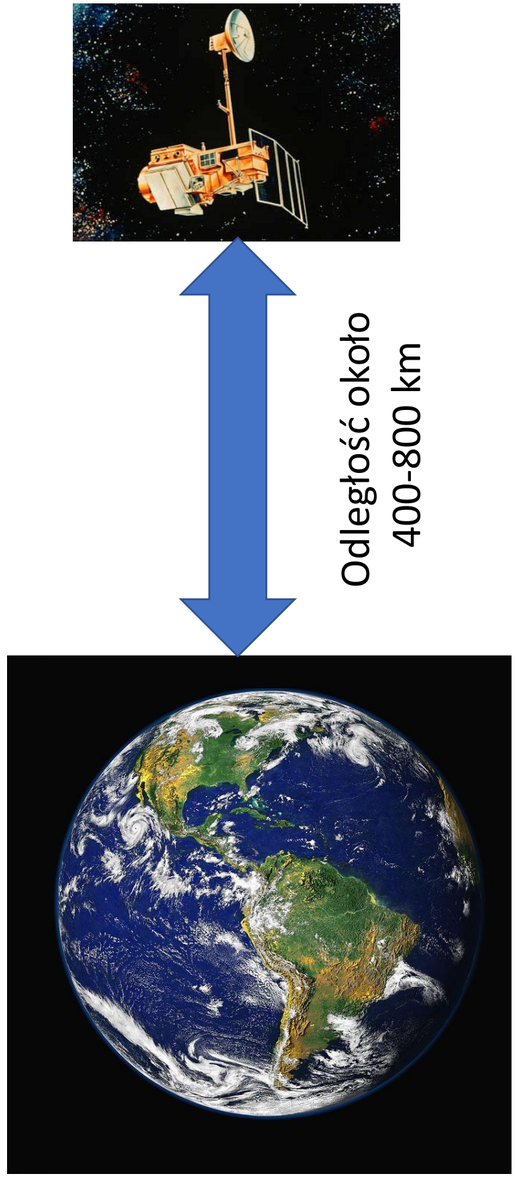
Wygenerowanie ortofotomapy z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania





Monitorowanie powierzchni ziemi z użyciem satelitów

- Rok 1957 - pierwsze zdjęcia satelitarne były zrobione przez radzieckiego satelitę Sputnik 1 w 1957 roku
- Rok 1972 – rozpoczęcie programu Landsat przez USA (NASA)
- 400-900 km - odległość od powierzchni ziemi większości satelitów wykonujących zdjęcia wykorzystywane na potrzeby m.in. monitorowania upraw
- 30 cm – 1 km - wielkość piksela na zobrazowaniach satelitarnych większości satelitów rejestrujących odbicie światła w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni.



Źródło: Wikipedia

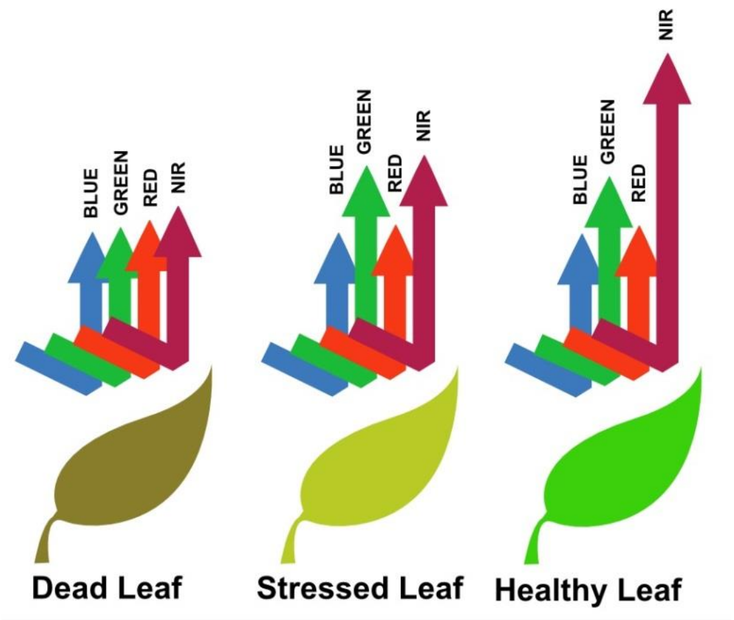
Satelity mające obecnie największe znaczenie w monitorowaniu upraw na potrzeby rolnictwa precyzyjnego

Nazwa satelity (lub zespołu satelitów) oraz adres internetowy operatora	Wielkość piksela (dla zakresu światła widzialnego i bliskiej podczerwieni: RGB+NIR)	Czas rewizyty	Dostępność zdjęć
Landsat-8 https://landsat.usgs.gov	30 m	16 dni	Bezpłatne
Sentinel-2 https://sentinel.esa.int/	10 m	około 3-5 dni (dla pary satelitów Sentinel-2A i 2B)	Bezpłatne

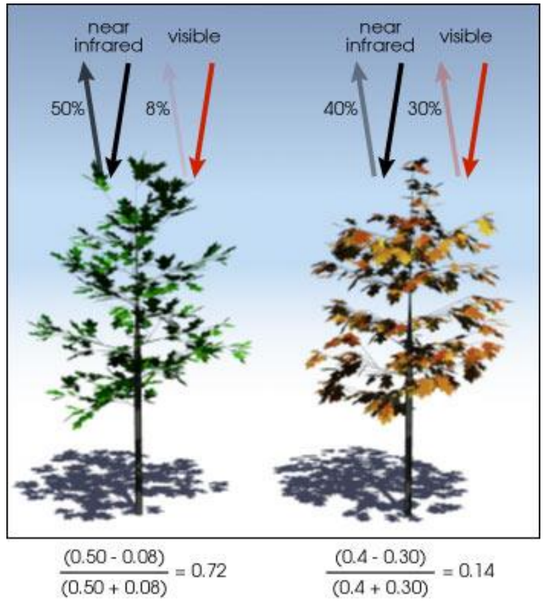
Wybrane serwisy dedykowane dla rolników pozwalające wykorzystanie zdjęć satelitarnych do monitorowania upraw w skali pojedynczych pól uprawnych

Nazwa serwisu	Strona internetowa	Wersja na telefon	Polska wersja językowa	Opłaty	Uwagi
OneSoil	https://onesoil.ai	tak	Nie (wersja angielska)	Bezpłatny	Generowanie map aplikacyjnych nawożenia N, P i K.
CropSAT	https://cropsat.com/	nie	tak	Bezpłatny	Generowanie map aplikacyjnych nawożenia N.
SatAgro	https://satagro.pl/	tak	tak	Opłata 10 zł/ha w wersji Professional	Generowanie map aplikacyjnych nawożenia N.
Atfarm	https://www.at.farm/	tak	nie	Bezpłatny	Generowanie map aplikacyjnych nawożenia N.
FertiSat	https://fertisat.com/	tak	tak	Opłata 5 zł/ha	Generowanie map aplikacyjnych nawożenia N.
LandViewer	https://eos.com/landviewer/	nie	nie	Częściowo bezpłatny	Wyświetlanie map i wskaźników wegetacyjnych (np. NDVI)

Wskaźniki wegetacyjne (vegetation indices) źródło informacji o stanie roślin i łanu



http://agribotix.com



http://earthobservatory.nasa.gov

Jednym z najczęściej wykorzystywanych wskaźników wegetacyjnych jest NDVI (normalized difference vegetation index). Wyższy wskaźnik NDVI świadczy o lepszym odżywieniu roślin, natomiast niższy świadczy o ich gorszym stanie, czego powodem jest często niedobór azotu.

$$NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED)$$

NIR – near infrared (bliska podczerwień); RED - czerwień

Zasada działania serwisów służących do optymalizacji nawożenia z wykorzystaniem zobrazowań satelitarnych

Określenie granic pola przez użytkownika → Pobranie zdjęć satelitarnych i przygotowanie mapy z wskaźnikiem wegetacyjnym, np. NDVI → Wydzielenie stref z różnymi zakresami NDVI → Przyporządkowanie dawek nawożenia dla poszczególnych stref

NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED)

gdzie

RED – odbicie w paśmie czerwieni

NIR – odbicie w paśmie podczerwieni

Tworzenie mapy aplikacyjnej nawożenia azotem w serwisie CropSAT

- Utworzenie obrysu pola (wymaga ręcznego narysowania)

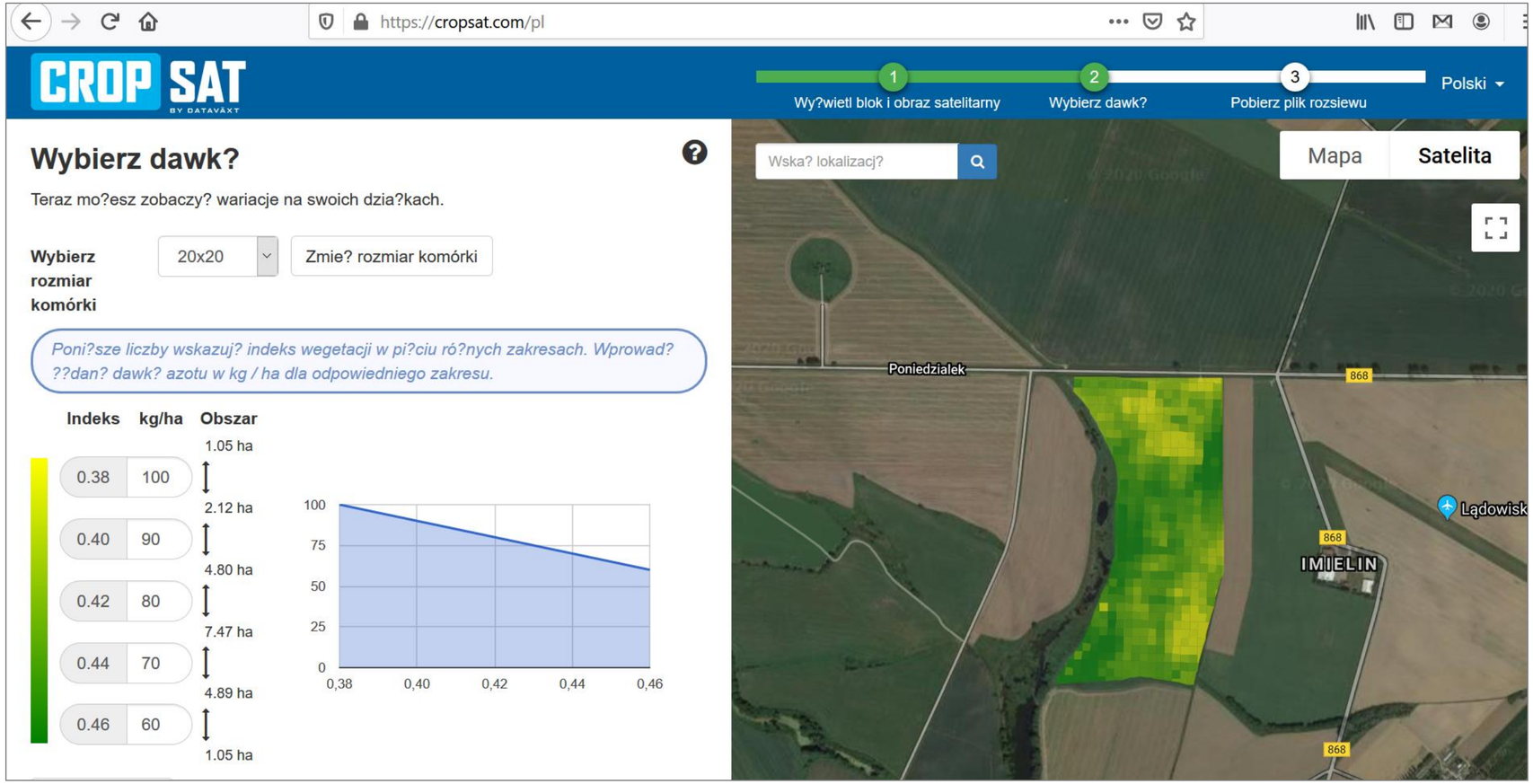
- Wybór zdjęcia satelitarnego tj. daty wykonania zdjęcia (należy wybrać zdjęcie bezchmurne, jeśli używany zdjęcie do wygenerowania mapy aplikacyjnej zwykle wybieramy zdjęcie z jak najbliższego terminu, aby przedstawiało w miarę aktualny stan rozwoju roślin)

- Określenie rozdzielczości (wielkości piksela) w jakiej jest generowana mapa aplikacyjna (do wyboru są piksele będące kwadratami o boku: 10, 20 i 30 m)

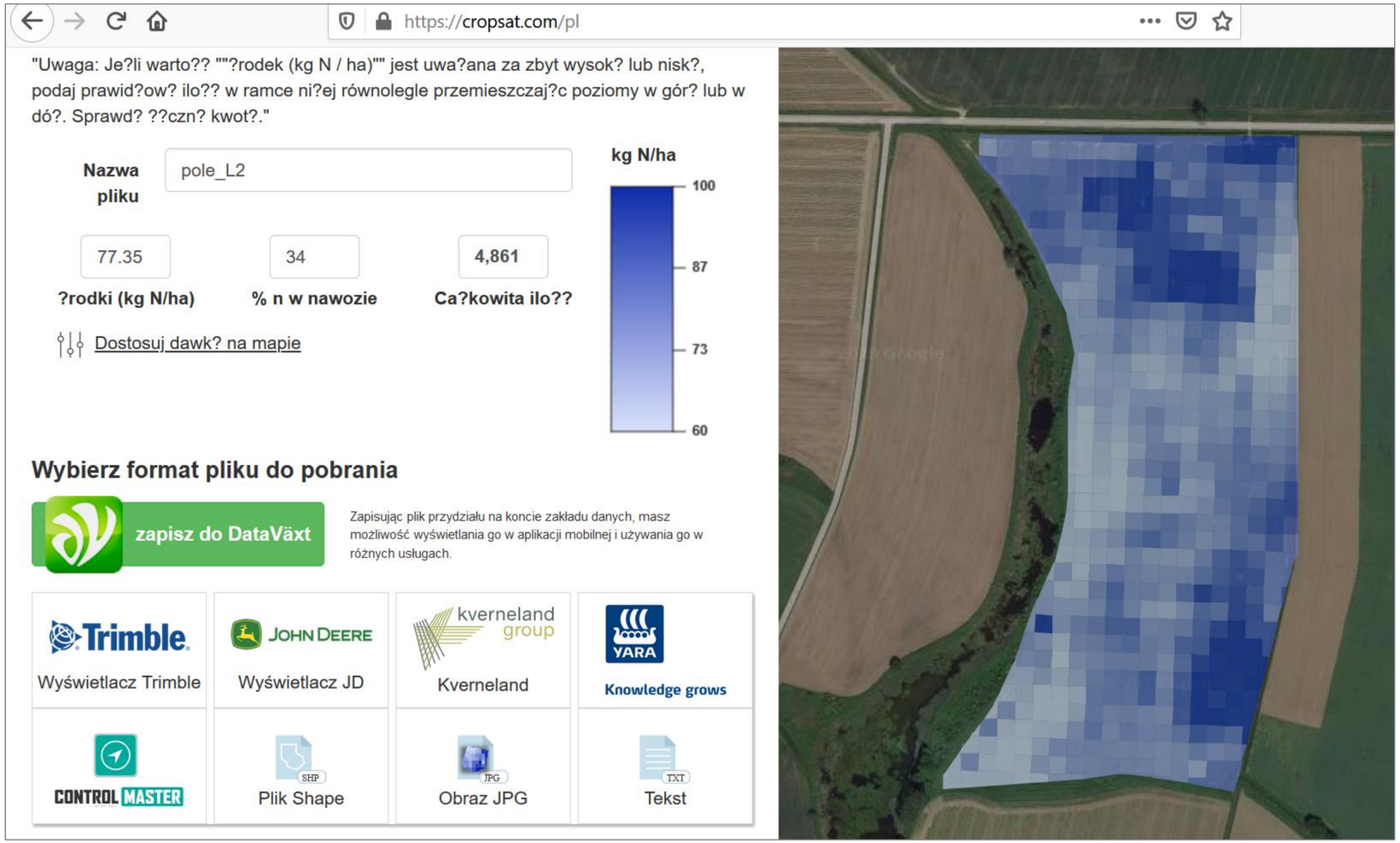
- Określenie dawek N (w kg/ha) dla wydzielonych pięciu stref na podstawie wskaźnika NDVI określonego na podstawie zdjęć satelitarnych z satelitów Sentinel-2.

- Określenie zawartości azotu w nawozie.

- Wygenerowanie mapy aplikacyjnej nawożenia azotem. Dostępne formaty map w serwisie CropSAT to: pliki w formacie .shp dla komputerów Trimble, John Deere, Kverneland; plik w formacie .grd Yara; plik w formacie ControlMaster (chmura internetowa firmy DataVaxt); plik graficzny .jpg oraz plik tekstowy .txt.



Zrzut ekranu z serwisu CropSAT z przykładowym polem. Przedstawiony jest etap określania dawek nawożenia.



Zrzut ekranu z serwisu CropSAT z przykładowym polem. Przedstawiony jest etap określania zawartości azotu w nawozie oraz generowania mapy aplikacyjnej nawożenia azotem.

Drony, czy satelity?

	Drony	**Satelity**
Koszt wykorzystania	Wysoki	Niski (przy wykorzystaniu bezpłatnych danych)
Ilość danych (w przeliczeniu na jednostkę powierzchni)	Bardzo duża	Mniejsza
Problemy z pozyskaniem zdjęć z powodu niekorzystnych warunków pogodowych	Dość częste	Bardzo częste
Łatwość wykorzystania	Umiarkowana	Łatwe/umiarkowanie łatwe
Wielkość piksela	Mała	Dość duża

Zmienne dawkowanie środków produkcji
Variable-Rate Application/Techniology – VRA lub VRT

Zmienne dawkowanie nawozów, wapna, środków ochrony roślin i nasiona.

Dostępnych jest wiele technologii VRA, z których można korzystać z wykorzystaniem GPS lub bez geolokalizacji.

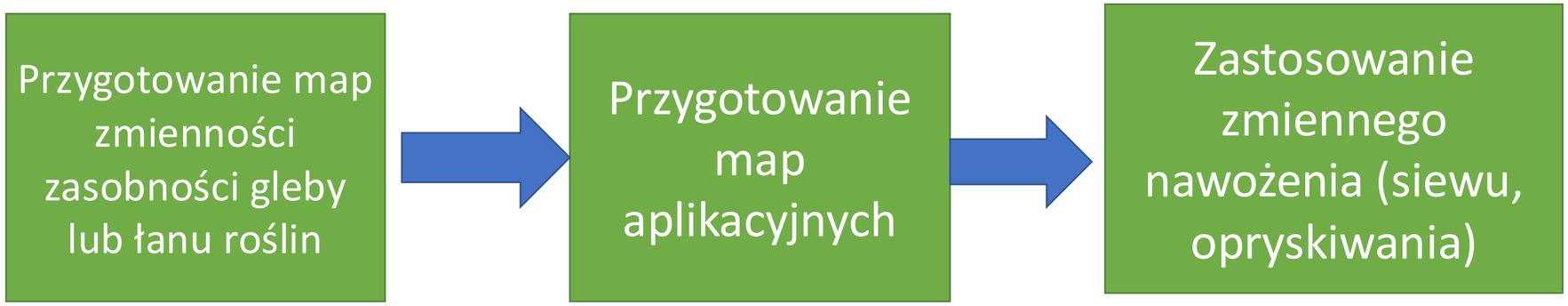
Technologie te możemy podzielić na dwa typy:

- oparte na mapach (map based) - wymaga przygotowania map przed zabiegiem

- oparte na czujnikach (sensor based) – nie wymaga przygotowania map, wszystko dzieje się w czasie wykonywania zabiegu

Zmienne dawkowanie środków produkcji w oparciu o mapy

Oparta na mapie technologia zmiennego dawkowania (VRA) dostosowuje dawkę na podstawie wcześniej przygotowanej mapie w formie wektorowej, zwanej również mapą aplikacyjną. Korzystając z pozycji na polu wyznaczonej z wykorzystaniem odbiornika GPS oraz mapy aplikacyjnej z dawkami nawożenia (lub innego środka produkcji), zmienia się automatycznie dawka nawożenia (lub innego środka produkcji).



Zmienne nawożenie azotem w oparciu o zdjęcia satelitarne

Przygotowanie map zmienności łanu roślin (w tym np. prognoza plonowania)

→

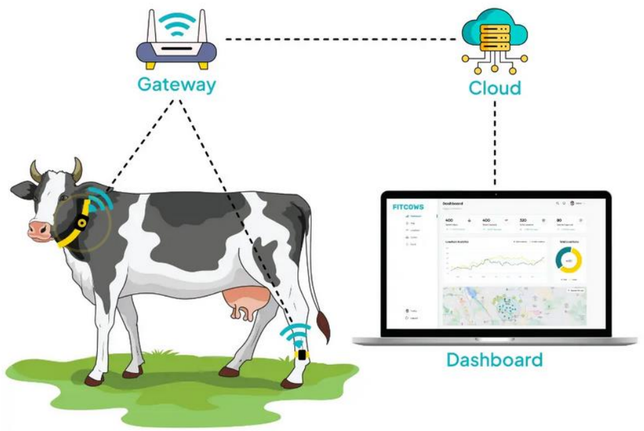
Przygotowanie map aplikacyjnych (np. z uwzględnieniem potrzeb nawozowych określonych w oparciu o prognozowany plon)

→

Przeniesienie map na komputer sterujący nawożeniem i zastosowanie zmiennego nawożenia

Internet rzeczy (IoT) – przykładowe zastosowania

- Stały monitoring wilgotności i temperatury gleby za pomocą czujników polowych
- Automatyczne sterowanie systemami nawadniającymi
- Zdalna kontrola pracy maszyn i urządzeń rolniczych
- Monitorowanie wzrostu i kondycji roślin
- Śledzenie lokalizacji i aktywności zwierząt (obroże GPS)
- Wirtualne ogrodzenia i sterowanie wypasem
- Zbieranie i analiza danych w czasie rzeczywistym



https://www.fitcows.com/

Internet rzeczy (IoT) – typy czujników

Typ sensora	Funkcja
Sensory mechaniczne	Mierzą zagęszczenie gleby i siłę, jaką korzenie wywierają w glebie podczas pobierania wody
Sensory optyczne	Określają właściwości gleby i roślin
Sensory lokalizacji (GPS)	Umożliwiają określenie szerokości i długości geograficznej pola
Sensory elektrochemiczne	Wykrywają zawartość różnych pierwiastków w glebie, mierzą pH gleby
Dielektryczne sensory wilgotności gleby	Używają elektrod do pomiaru stałej dielektrycznej gleby, określając zawartość wody, np. pomiar wilgotności gleby

https://www.greenhousegrower.com/technology/how-iot-in-agriculture-is-transforming-the-way-we-grow/

https://www.telit.com/agriculture/

Maszyny autonomiczne i roboty

- **Autonomiczne kosiarki i przetrząsacze** – samodzielnie koszą trawę i przygotowują ją do zbioru, bez potrzeby operatora.
- **Roboty do belowania i zbioru paszy** – automatyczne zbieranie i formowanie balotów siana lub sianokiszonki.
- **Maszyny do nawożenia i rozsiewania** – precyzyjne dawkowanie nawozów w wyznaczonych strefach pola.
- **Monitoring i mapowanie stanu runi** – drony i roboty poruszające się po łące zbierają dane o wzroście i kondycji roślin.
- **Redukcja nakładu pracy ręcznej** – roboty wykonują prace fizycznie wymagające, zmniejszając potrzebę obsługi przez człowieka.

https://lemken.com/en-en/news/agriculture-news/detail/expansion-range-of-applications-autonomous-process-unit

https://www.mdpi.com/2813-477X/3/2/10

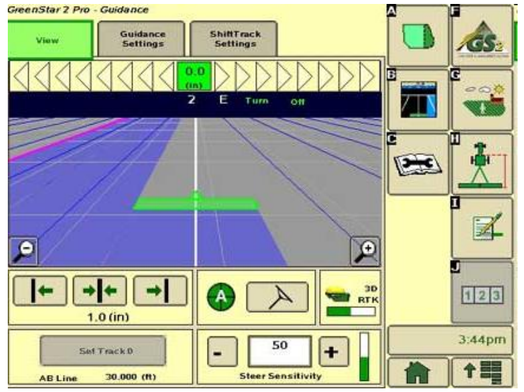
Nawigacja/geolokalizacja w rolnictwie

Cele:

- wykorzystanie pełnej szerokości roboczej ma

- określenie pozycji na polu
w celu zastosowania zmiennego nawożenia

- pobieranie próbek gleby



Jak jest definiowany błąd wyznaczania pozycji odbiornika GPS/GNSS?

Najczęściej jest to określane jako maksymalny błąd pomiaru przez większość czasu pracy odbiornika (np. 95% lub 99% czasu).
Możliwe są jednak również inne definicje błędu wyznaczania pozycji, tak więc samo określenie „błąd” nie jest jednoznaczne.

Mówiąc o dokładności wyznaczania pozycji może to być dokładność:

1) Bezwzględna, czyli odnosząca się do rzeczywistych współrzędnych geograficznych (czasami nazywana dokładnością „rok do roku”).

2) Względna, czyli odnosząca się do pozycji wyznaczonej przez odbiornik GPS w ciągu stosunkowo krótkiego czasu (kilka-kilkanaście minut). Nazywana dokładnością „przejazd do przejazdu (ang. „pass to pass”).

Dokładność wyznaczania bezwzględnej pozycji odbiorników GPS

-odbiorniki jednoczęstotliwościowe (niska cena, zwykle tylko pasmo L1) – do ok. 5-10 m

- odbiorniki dwuczęstotliwościowe L1+L2 (wysoka cena, często również możliwość korzystania z satelitów GLONASS) do ok. 2-5 m

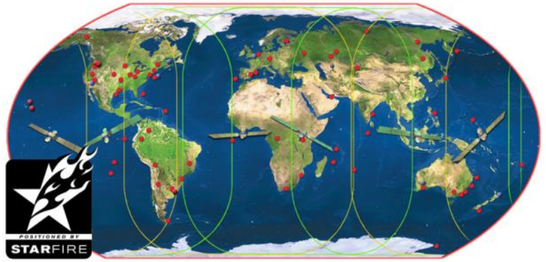
Możliwości zwiększenia precyzji pomiaru pozycji

-Korzystanie z satelitarnego sygnału korekcyjnego np.

EGNOS (bezpłatny) – zwiększenie dokładności do ok. 1m

StarFire (dla odbiorników firmy John Deere) - do ok. 5-10 cm

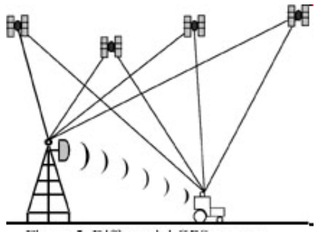
Omnistar (dla odbiorników Trimble, Topcon) - do ok. 5-10 cm



Korzystanie z naziemnego sygnału korekcyjnego np.

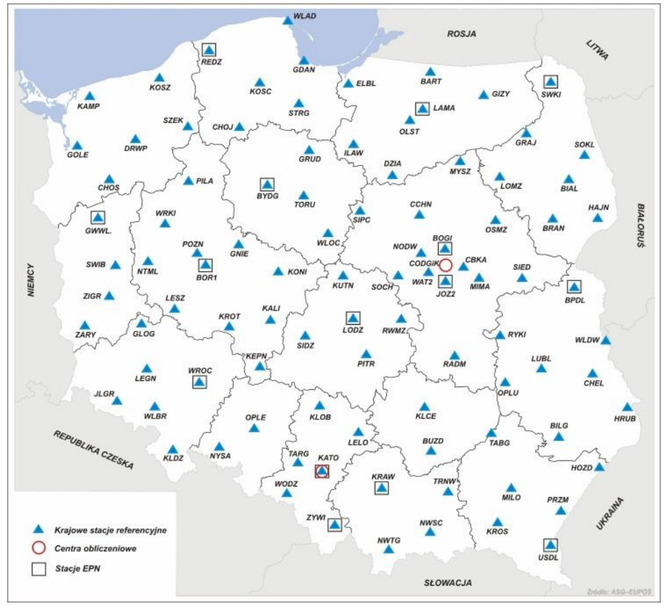
-ASG Aktywna Sieć Geodezyjna (www.asgeupos.pl - bezpłatna), TPI NET (www.tpinet.pl), SmartNet (pl.smartnet-eu.com) – dokładność do ok. 3 cm (koszt abonamentu ok. 1500 zł/rok)

- własna stacja RTK (dokładność do ok. kilku cm)

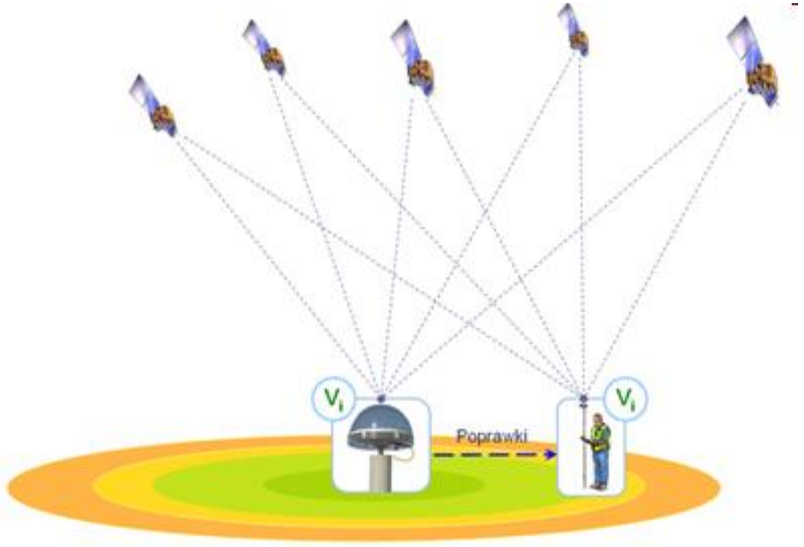


Przykład działania korekcji pozycji z użyciem ASG

Rodzaj	Nazwa	Metoda pomiaru	Transmisja danych	Zakładana dokładność	Minimalne wymagania sprzętowe
Serwisy czasu rzeczywistego	NAWGEO	kinematyczna (RTK)	Internet, GSM (GPRS)	do 0,03 m (poz.) do 0,05 m (pion.)	Odbiornik L1/L2 RTK, moduł komunikacyjny
	KODGIS	kinematyczna (DGPS)		do 0,25 m	Odbiornik L1 DGPS, moduł komunikacyjny
	NAWGIS			do 3 m	



Mapa rozmieszczenia stacji referencyjnych



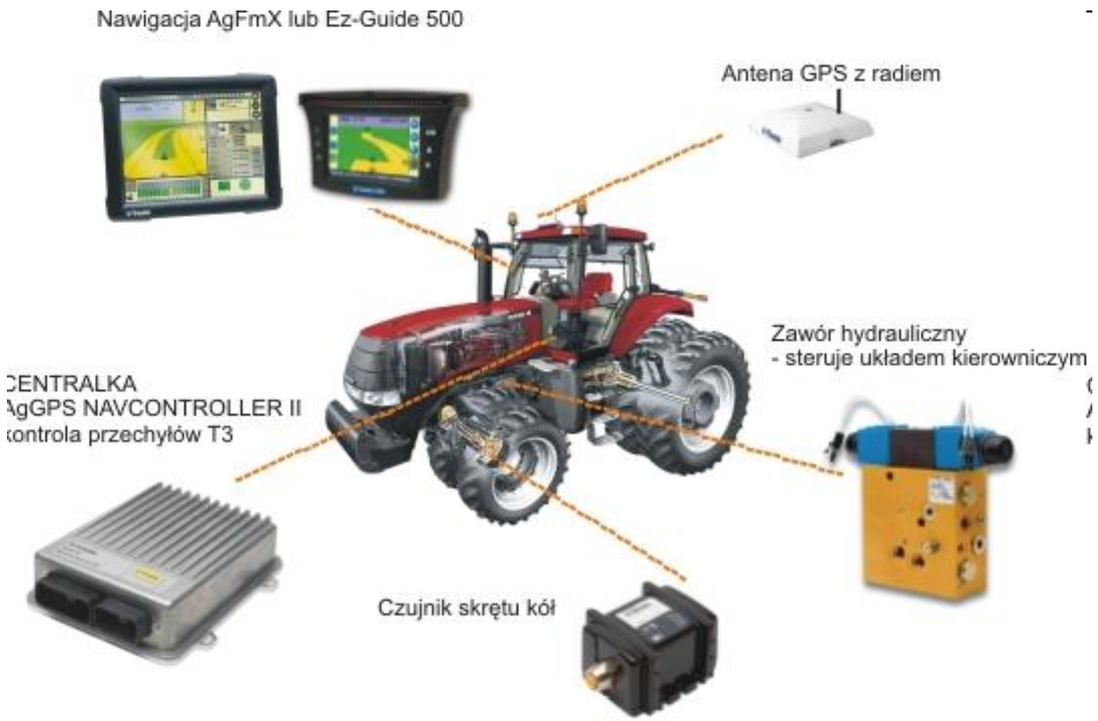
Korekcja pozycji przesyłana przez internet (GSM)

Nawigacja w rolnictwie precyzyjnym

Stosowane urządzenia

wyświetlanie kierunku jazdy

wyświetlanie kierunku jazdy + sterowanie układem kierowniczym



Nawigacja w rolnictwie precyzyjnym

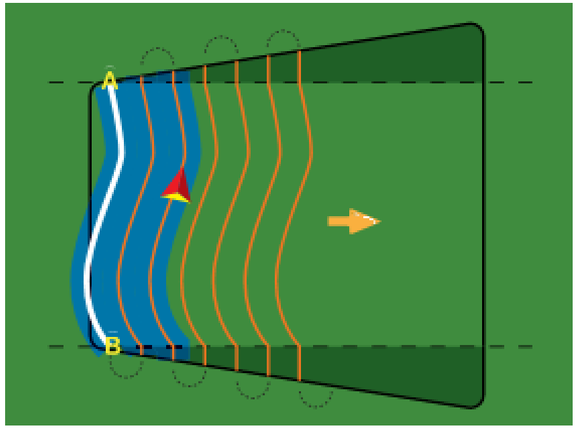
Sposób działania

- Określenie szerokości roboczej maszyny

- Pierwszy przejazd bez nawigacji

- Określenie dodatkowych parametrów np.
  -pochylenie terenu,
  - czy przejazdy będą obok siebie, czy co drugi,
  - zdefiniowanie granic pola

Możliwości różnych urządzeń i oprogramowania mogą się znacznie różnić



Schemat przedstawiający elementy składowe wchodzące w skład systemu stosowania zmiennej dawki środków produkcji

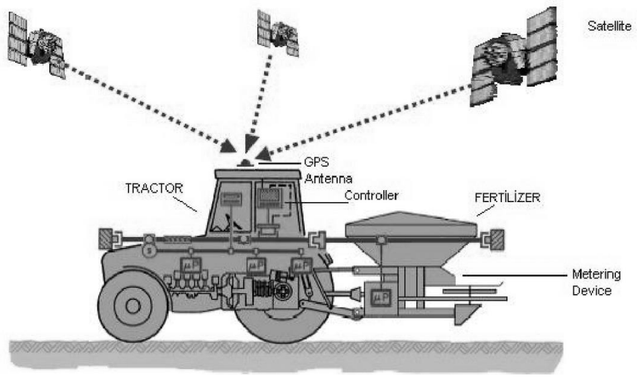
Odbiornik GPS

Komputer sterujący systemem stosowania zmiennej dawki środków produkcji (tzw. wyświetlacz/panel)

Mapy zaleceń (przygotowane wcześniej) lub informacja o zmienności łanu lub gleby z bieżących odczytów wykonanych przez czujniki

Kontroler sterowania rozsiewaczem lub opryskiwaczem lub siewnikiem

Sterowanie zasuwami rozsiewacza lub przepływem cieczy opryskiwacza lub dozowaniem nasion napędzane hydrauliczne lub elektryczne



https://portal.agleader.com/community/s/article/2063

Autonomiczne ciągniki i maszyny rolnicze

https://www.fwi.co.uk/machinery/technology/driverless-tractors-which-manufacturer-is-leading-the-race

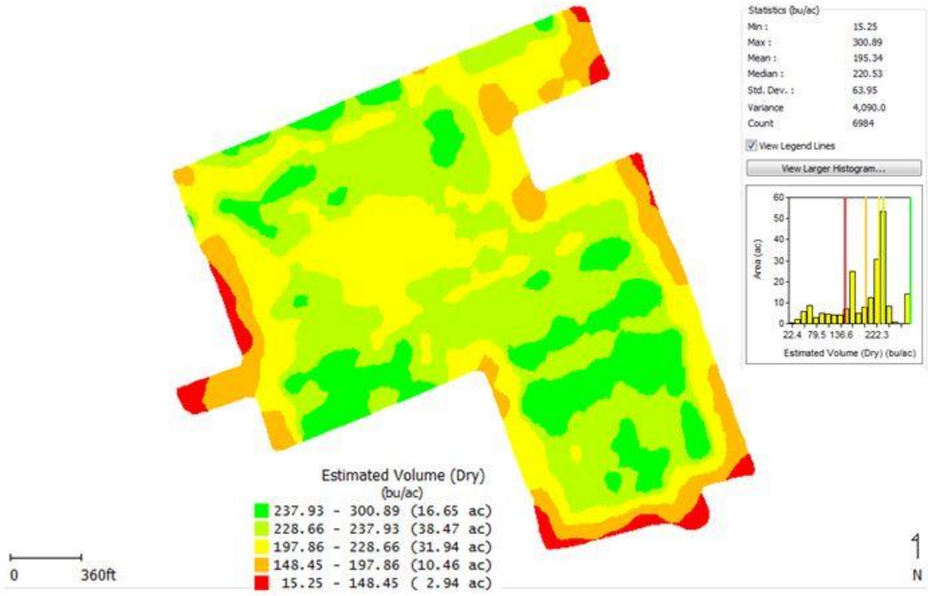
https://www.fwi.co.uk/machinery/technology/driverless-tractors-which-manufacturer-is-leading-the-race

https://www.fwi.co.uk/arable/sugar-beet/autonomous-sugar-beet-planting-and-weeding-shows-promise

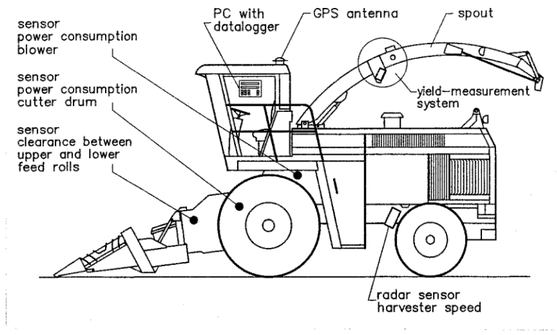
https://www.producer.com/crops/weed-plucking-robot-roams-fields/

Monitorowanie/mapowanie plonów

https://www.fwi.co.uk/livestock/forager-weighing-systems-the-options



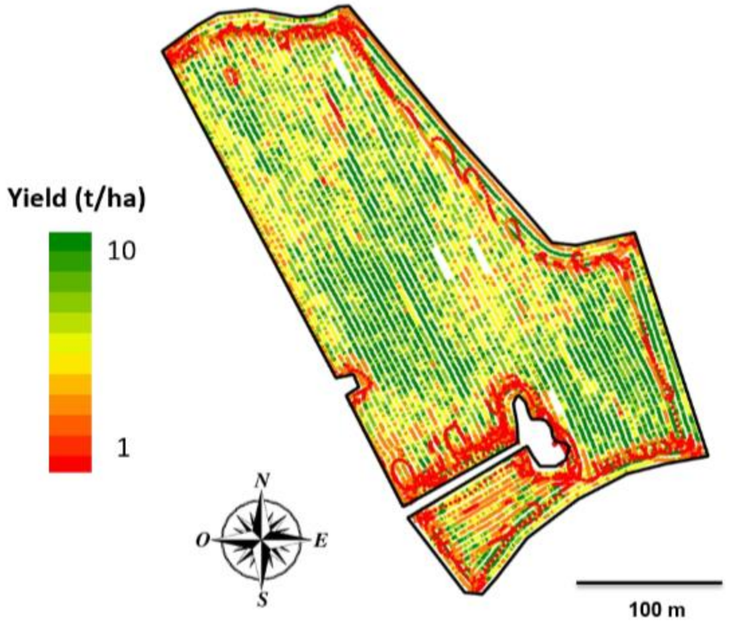
https://fieldcropnews.com/2021/03/harvesting-yield-monitor-plot-data-with-free-gis-software/



https://www.semanticscholar.org/paper/Yield-Measurement-on-Self-Propelled-Forage-Auernhammer-Demmel/43cd65b7d57581208c75e141fa3655bfd74ca39d

Przykład mapy plonów

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-03448-1_11



https://www.aspexit.com/yield-maps-in-precision-agriculture/

Podsumowanie i perspektywy rozwoju rolnictwa 4.0

- Rolnictwo 4.0 zwiększa efektywność produkcji i ogranicza zużycie zasobów.
- Nowoczesne technologie poprawiają jakość zarządzania gospodarstwem.
- Automatyzacja i sztuczna inteligencja stają się standardem w rolnictwie.
- W przyszłości przewiduje się większy udział maszyn autonomicznych i robotów.
- Rolnictwo będzie bardziej precyzyjne, cyfrowe i przyjazne środowisku.

Dziękuję za uwagę