

JANUSZ HAMAN

## AGROEKOLOGICZNE ASPEKTY MECHANIZACJI ROLNICTWA

Każdy kolejny rocznik FAO przynosi informację, gdzie i jak wielu ludzi żywi jeden rolnik, jak szybko maleje w rozwiniętych krajach liczba ludności rolniczej, a jednocześnie jak wielkie nadwyżki produkcji rolnictwo tych krajów uzyskuje. Oznacza to, że tam rolnicy, oprócz kilku, a nawet kilkunastu dziesiątków własnych obywateli żywią lub mogliby żywić jeszcze wielu ludzi w krajach odczuwających deficyt żywności. W tym czasie rolnicy ubogich krajów świata o gospodarce prymitywnej z trudnością żywią własne rodziny, a często i tej nie mogą żywywić.

Znana jest sprawa niedostatku żywności w tych właśnie obszarach świata, w których zatrudnione jest w rolnictwie więcej niż 60% ludności. To one właśnie są importerami żywności, nawet tam, gdzie warunki naturalne sprzyjają produkcji rolniczej.

W czym leżą przyczyny tych różnic? Jeśli pominiemy te warunki naturalne, na które człowiek nie ma wpływu to wszelkie inne przyczyny sprowadzić można do dwóch syntetycznych czynników:

- dostęp i zdolność wykorzystania informacji,
- możliwość dysponowania energią.

Pierwszy czynnik zawiera w sobie zarówno uwarunkowania gospodarcze jak i błędy polityki rolnej, zawiera też poziom wiedzy ogólnej i zawodowej.

Drugi czynnik zawiera wszelkie nakłady materialne, jakie rolnik może skierować do produkcji. Wszystkie one bowiem — budynki, maszyny, paliwa, środki chemiczne dadzą się przedstawić w postaci energii skumulowanej. Istnieją oczywiście 4 hipotetyczne kombinacje tych czynników ilustrujące skrajne przypadki między którymi zawiera się rzeczywistość.

- 1 — mały dostęp do informacji i mało energii
- 2 — duży dostęp do informacji i mało energii
- 3 — mały dostęp do informacji i dużo energii
- 4 — duży dostęp do informacji i dużo energii.

Jakkolwiek najbardziej prawdopodobne są przypadki 1 i 4, nie trudno udowodnić istnienia krajów o nieźle rozwiniętej oświacie i znacznej

chłonności wiedzy w społeczeństwie rolniczym, a które nie rozwinęły gospodarki na tyle by zapewnić rolnictwu dostateczny dopływ energii w różnej postaci. Są też i takie kraje, które np. dzięki wielkim zasobom gotówki pochodzącej ze sprzedaży poszukiwanych surowców mogą swemu rolnictwu zapewnić każdy żądany poziom zaopatrzenia w środki produkcji, jednak nie zdołały zapewnić swemu rolniczemu społeczeństwu ani wystarczającego dopływu wiedzy, ani też nie przygotowały tego społeczeństwa do jej wykorzystania.

Każda z tych kombinacji czynników niesie ze sobą specyficzne zagrożenia. Rozważenie ich wszystkich wykracza jednak znacznie poza zamierzenia mojego referatu poświęconego ekologicznym aspektom energetyki rolniczej.

Ta część społeczeństwa, która żywo odczuwa zagrożenie środowiska i spostrzega niszczące skutki działania przemysłu, komunikacji czy brutalnej i bezmyślnej dewastacji przyrody nie docenia często zagrożeń wywodzących się z rolnictwa, gdyż wszelkie zjawiska występują w nim w mniej skoncentrowanej i spektakularnej formie. Jeśli już dostrzega się te szkody, to na ogół takie, które zagrażają bezpośrednio — zatrucie żywności chemikaliami, eutrofizację i zatrucie wód bądź erozję gleb. Często są to dokuczliwie cuchnące pola i wody zatrute odpadami rolnictwa, których racjonalne zagospodarowanie okazuje się niemożliwe. Uchodzą natomiast uwagi efekty pozornie mało widoczne i rozciągnięte w czasie, efekty najbardziej typowe dla rolnictwa, których skutki stają się widoczne po wielu latach, wtedy gdy są one już nieodwracalne lub wymagają ogromnych kosztów dla ich usunięcia. Tak stało się w przypadku źle wykonanego drenowania kreciego, które mimo użycia niezmiernie drogiego sprzętu doprowadziło do nieodwracalnej dewastacji gleby. Rolnictwo obfituje w takie właśnie przykłady.

Trzeba sobie zdawać sprawę, że wszelkie procesy rolnicze stanowią naruszenie biocenozy, naturalnego ekosystemu, przez co w sposób oczywisty stanowią zagrożenie środowiska naturalnego. Jest to jednak immanentna cecha działań ludzkich, które polegają przecież na redukcji wszystkich czynników ograniczających doraźnie wzrost własnej populacji, skłaniają do coraz dalszego i szybszego odchodzenia od naturalnych warunków życia człowieka jako elementu ekosystemu, tworzenia specyficznego środowiska biotechnicznego, które przynajmniej pozornie, najlepiej odpowiada psychologicznym mechanizmom człowieka.

Mechanizacja rolnictwa jest obok chemii tym czynnikiem, który najbardziej agresywnie atakuje środowisko. Atak ten ma wieloraki charakter, wpływ mechanizacji na agroekosystem przebiega bowiem różnymi drogami.

Istnieje przekonanie, że głównym celem mechanizacji rolnictwa jest

zastąpienie pracy ludzi i zwierząt przez maszyny. Przekonanie, że prace te można by w gruncie rzeczy wykonać „chińską metodą” dysponując dostateczną ilością siły żywej. Jednak nie trudno udowodnić, że jeśli mają zostać zachowane warunki agrotechniczne narzucone przez klimat i fizjologiczne cechy roślin, to istnieją prace, których bez użycia maszyn napędzanych mechanicznie wykonać się w ogóle nie da. Jest to przede wszystkim głęboka uprawa gleby, nawożenie wysokimi dawkami nawozów i precyzyjna ochrona roślin.

Jeżeli zgodzimy się, że mechanizacja rolnictwa stwarza zagrożenia dla środowiska i nie należy działać tak by ich uniknąć, konieczne jest zadanie sobie pytania kto ma tworzyć bariery rozwoju mechanizacji w kierunkach niesprzyjających środowisku przyrodniczemu, kto zaś stymulować jej rozwój w sposób, który by to otoczenie ochraniał. Otóż wyrażam przekonanie, że zagrożenia powodowane przez mechanizację rolnictwa powstały w znacznej mierze dlatego, że takich mechanizmów nie było lub były one zbyt słabe.

Jeśli śledzić będziemy historię rozwoju rolnictwa to łatwo spostrzemy, że narzędzia rolnicze towarzyszyły pracy na roli od zarania dziejów. Ich rozwój był generowany przez różne przyczyny: ekonomiczne, psychologiczne, techniczne. Nie zdarzało się jednak do niedawna, by nie tyle celem, co jednym z warunków stawianych twórcom nowych konstrukcji było, nawet nie korzystane lecz nieszkodliwe dla środowiska działanie. Jest to tym bardziej istotne, że w gruncie rzeczy procesy biologiczne były zawsze najsłabszym motywem kształtującym technikę rolniczą. Rozwój jej od zarania podporządkowany był zawsze w rzeczywistości możliwościom technicznym wytwarzania narzędzi. Z reguły natomiast podporządkowywał sobie agrotechnikę doprowadzając do całkowitej zmiany technologii uprawy, a nawet do zaniechania produkcji wielu roślin, których mechanizacja była trudna lub kosztowna.

Historyczny rozwój techniki rolniczej nie przebiegał w sposób jednostajny, a progi okresów rozwojowych wyznaczane były na ogół przez opanowanie kolejnych problemów: materiałowych (np. wprowadzenie metali do budowy narzędzi), energetycznych oraz biologicznych, określających odmienne formy zabiegów agrotechnicznych.

Wybierając spośród wielu sposobów podziału okresów rozwoju mechanizacji rolnictwa podział opierający się na skutkach osiągniętych po wprowadzeniu nowych źródeł energii znajdujemy, że jest on szczególnie trafny i prosty. Kierując się takim podziałem, wypadnie wyróżnić co najmniej 3 okresy.

Pierwszy trwający do chwili wprowadzenia silnika parowego jako źródła energii w rolnictwie powodował przede wszystkim oszczędności w robociźnie lecz nie miał bezpośredniego wpływu ani na technologię

uprawy, ani na plony. Wszystkie prace wykonywane za pomocą ówczesnych narzędzi można było zasadniczo wykonać tak samo skutecznie i w takim samym terminie ręcznie, jeśli się miało pod dostatkiem robocizny. Rozwój mechanizacji szedł więc wtedy w kierunku rozładowywania szczytów zapotrzebowania na robociznę, a dopiero po niej następowała mechanizacja prac wymagających największego wysiłku fizycznego. Maszyny pochodzące z tego okresu charakteryzowały się bardzo małym zapotrzebowaniem energii, małymi prędkościami roboczymi i niewielkim ciężarem, toteż niezamierzone oddziaływanie na środowisko towarzyszące ich pracy było znikome.

Okres drugi zaczynający się w chwili wprowadzenia silnika parowego i trwający w wielu krajach po dzień dzisiejszy znamieny jest tym, że można było dysponować dowolną niemal ilością energii ze źródeł mechanicznych. Spowodował on wyraźny wzrost produkcji, gdyż umożliwił wykonywanie takich prac, które dla maszyn ręcznych i sprzężajnych były zbyt ciężkie lub przy będącej do dyspozycji ilości robocizny nie mogły być wykonane w optymalnych, z punktu widzenia agrotechniki, terminach.

Okres trzeci można obserwować obecnie w krajach o najbardziej rozwiniętej mechanizacji, wymagającej obsługi o najwyższych kwalifikacjach i o takim nasyceniu rolnictwa energią, że dalsze ulepszenia techniczne dają już niewielkie efekty produkcyjne. Rozwój mechanizacji w tych krajach ma podłoże i skutki przede wszystkim ergonomiczne. Konieczność zatrzymania w rolnictwie wysokopłatnych i nielicznych, a trudnych do zastąpienia operatorów maszyn uwarunkowana jest stworzeniem atrakcyjnych warunków pracy nawet kosztem znacznego podniesienia ceny maszyn.

W okresie pierwszym narzędzia powstawały na ogół z inicjatywy rolników lub też przy daleko sięgającym ich nadzorze. Były to urządzenia dopasowane do tradycyjnej agrotechniki i do uprawianych gatunków roślin. W okresie drugim i trzecim inicjatywa konstrukcyjna przechodzi coraz bardziej w ręce przemysłu, poddana zostaje wymaganiom technologii wytwarzania maszyn, często w ogóle rolnikowi nieznaney i wywiera na rolnictwo nacisk nie tylko w kierunku zmiany agrotechniki przez dopasowanie jej do wytwarzanego sprzętu, lecz zmusza do hodowania odmian roślin i zwierząt przydatnych najbardziej w procesie produkcji zmechanizowanej. Kierując się przede wszystkim minimalizacją kosztów wytwarzania i względami konkurencji rynkowej zaniedbywano wszelkie inne względy, w tym również agresywne oddziaływanie maszyn na środowisko przyrodnicze. Zagrożenia jakie z tego powodu powstały nie mogą być lekceważone. To, że zdajemy sobie obecnie sprawę z ich długotrwałych, a często nieodwracalnych konsekwencji nie znaczy wcale, że pro-

ducenci maszyn zdają sobie też z nich sprawę, a nawet zdając sobie sprawę z tego zechcą te zagrożenia wziąć pod uwagę.

Postęp we współczesnej technice nigdy prawie nie rodzi się jako wynik jednej genialnej wizji lecz wykluwa się ewolucyjnie drogą stopniowych przemian rozwiązań istniejących, często w kolejnych przeobrażeniach powtarzając ich mankamenty. Można przytaczać dziesiątki przykładów na dowód tej tezy.

Wróćmy tu do stwierdzenia przedstawionego poprzednio. Chodzi mianowicie o przejmowanie przez przemysł coraz bardziej inicjatyw w konstrukcji maszyn rolniczych. Ten zaś jest motywowany przede wszystkim atrakcyjnością maszyny dla klienta poszukującego dużej rentowności szczególnie przy obecnych, niezwykle wysokich cenach tych maszyn. Ważne są dla nabywcy maszyny skutki doraźne, a nie efekty o długim horyzoncie czasowym, tym bardziej, gdy są one bezpośrednio niedostrzegalne, a ujawniają się czasem w następnym pokoleniu.

Tymczasem przemysł zmuszony konkurencją na rynku nie może, gdyż nie ma po prostu czasu poddawać swoich wyrobów badaniom dostatecznie długotrwałym i pozwalającym na jednoznaczne stwierdzenie braku szkód w środowisku, tym bardziej, że kryteria oceny tych szkód są nader często dalekie od jednoznaczności.

Przy rozbieżnych interesach przemysłu i rolnika bądź biologa, stroną silniejszą bywa na ogół przemysł. Współczesna technologia wielkoprzemysłowej produkcji maszyn, urządzeń automatyki, a w ostatnich latach coraz szerzej wdrażanej elektroniki jest wiedzą tak wyspecjalizowaną i hermetyczną dla dobrze nawet w technice wyszkolonego rolnika, iż na ogół nie trudno go przekonać, że proponowane rozwiązanie jest jedynie możliwe i należy raczej dopasować działania rolnika do oferowanej techniki, niż technikę do potrzeb rolnika. Zresztą ogromny potencjał finansowy, jakim w porównaniu do pojedynczego rolnika dysponuje przemysł, stwarza względną łatwość „indoktrynacji” użytkownika w pożądanym dla przemysłu kierunku.

Nie wydaje mi się potrzebne prezentowanie korzyści wynikających z mechanizacji rolnictwa. Są one tak oczywiste jak oczywistym jest fakt, że bez mechanizacji zaniechać musielibyśmy w ogóle produkcję żywności na skalę jakiej wymaga, a tym bardziej wymagać będzie ludność Ziemi.

Chciałbym jednak w tym miejscu zwrócić uwagę na błąd metodyczny, a może raczej logiczny popełniany często w rozważaniach nad produkcją rolniczą. Twierdzi się bowiem, że produkcja rolnicza daje, w przeciwieństwie do np. wydobywania surowców mineralnych, produkt odtwarzalny.

Byłoby tak wtedy, gdybyśmy się zadowolili jedynie takimi plonami jakie dać może rolnictwo nie korzystające w ogóle ze środków produkcji

wytwarzanych przez przemysł. Te bowiem z reguły są wytwarzane z nieodtworzanych surowców, podlegać więc muszą wszelkiego rodzaju podobnym ograniczeniom. Jeśli więc twierdzimy, że rolnictwo bez mechanizacji i chemii nie jest możliwe, musimy te ograniczenia uznać.

Wróćmy jednak do negatywnych oddziaływań mechanizacji na agroekosystemy. Temat jest tak szeroki, że konieczne będą znaczne jego ograniczenia. Przedmiot mojego wystąpienia chciałbym więc ograniczyć wyłącznie do pierwotnej produkcji rolnictwa to jest produkcji roślinnej, ta bowiem odgrywa zasadniczą rolę w procesach wymiany masy i energii.

Chciałbym również zająć się przykładami wynikającymi wyłącznie ze zużycia energii przez maszyny. Jest to ważne rozróżnienie chodzi bowiem o to, by nie mylić tej energii z całkowitą skumulowaną energią zużywaną przez rolnictwo, w której zawiera się również cała energia niezbędna do wytwarzania stosowanych przez rolnictwo środków produkcji. Są to wielkie ilości energii zawarte np. w środkach chemicznych, która zostaje wprowadzona do systemów ekologicznych i ujawnia się w zmianach metabolizmu organizmów w tych systemach egzystujących. Nie będzie jednak ona stanowić przedmiotu naszych rozważań mimo, że poprzednio została wymieniona.

Również tak spektakularne i często prezentowane efekty jak totalne zatrucie środowiska ściekami, odchodami i gazami niewiele mają wspólnego z mechanizacją i spotyka się je również często tam, gdzie maszyny praktycznie nie znajdują użytku. Można tu mówić jedynie o zmianie skali zagadnienia. Jest to jednak zmiana ilościowa, a nie jakościowa.

W pierwszym więc rzędzie wypadnie się zająć oddziaływaniem energii maszyn i traktorów na środowisko glebowe.

Wyłączmy z tego przykładu te wszystkie oddziaływania techniczne, które zmierzają do radykalnego przekształcenia środowiska glebowego. Mam tu na myśli procesy rekultywacyjne, niwelacyjne, melioracje podstawowe i wszelkie formy nawadniania. Są to zabiegi, które niewąściwie zaprojektowane i źle wykonane, zupełnie niezależnie od poziomu mechanizacji prowadzą, jak poprzednio wspomniałem do totalnych uszkodzeń gleby i całej produkcji rolnej. I tu jednak mechanizacja zasadniczo zmienia skalę problemu powodując, że przestrzeń poddana tym zmianom może daleko przekraczać zjawiska lokalne, które można by uznać za pomijalnie małe dla środowiska przyrodniczego.

Należy jednak przede wszystkim poznać skalę zagadnienia. Na ogół rozważa się bilans energetyczny rolnictwa na tle ogólnego bilansu energetycznego kraju i wydaje się wtedy, że są to ilości niewielkie, leżące w granicach od 2—6% zużycia energii w krajach uprzemysłowionych. Uchodzi jednak naszej uwadze fakt, iż w bilansie światowym przeważają

kraje o niezmiernie słabej mechanizacji, w których zużycie energii mechanicznej jest minimalne, po drugie zaś to, że oceniać trzeba nie ogólną ilość energii, lecz ilość energii przekazaną do środowiska. Rozważmy więc oba problemy. W krajach prowadzących bardzo intensywną uprawę, skrajne nasycenie energią tj. moc silników traktorów i wszystkich innych maszyn przypadająca na 1 ha użytków rolnych może sięgać powyżej 10 kW. Średnio jednak przekracza ono 3 kW/ha. W krajach o mało rozwiniętej, prymitywnej gospodarce rolnej, gdzie większość stanowi ludność rolnicza, a główna część prac wykonywana jest ręcznie lub narzędziami poruszonymi przez zwierzęta nasycenie energią rzadko sięga 1/2 kW/ha, a często jest rzędu 0,1 kW/ha.

W warunkach intensywnego rolnictwa ilość energii zużywanej przez maszyny i ciągniki na odkształcenie gleby, może na 1 ha przekraczać 300 MJ. Gleba jest odkształcona zarówno przez działanie narzędzi uprawowych, jak też przez oddziaływanie kół traktorów i maszyn rolniczych. Zważyć należy, że ciśnienia na roboczych organach współczesnych maszyn uprawowych sięgają 1 MPa, a obciążenie koła sięgać może 30 kN. Prócz tego na koła napędzanych występują wielkie siły wywołujące siłę pociągową. Siły te sięgające niekiedy 40—50 kN na jedno koło powodują wzajemne przesuwanie się warstw gleby zwane poślizgiem. Poślizg kół wzrasta przy towarzyszącym mu ścinaniu gleby, nośność gleby maleje przy tym, a wzrasta głębokość kolein i opory przetaczania, a więc i towarzyszące im naprężenia ścinające.

Taka ilość energii jest równoznaczna, uwzględniając sprawność maszyn, ze spalaniem 600 kg oleju napędowego na 1 ha w ciągu roku. Jest to ilość paliwa, która wystarcza by współczesny samochód osobowy przejechał 15 000 km, zaś traktor o mocy 50 kW pracował 60 godzin. Gdyby pomnożyć to przez prędkość i szerokość opon to okazało by się, że każdy punkt na powierzchni pola był w ciągu roku ugnieciony 50 razy. Energia 300 MJ/ha przekazana do gleby przez maszyny i koła ciągników wystarcza by całą warstwę orną podnieść na wysokość 20 m, a raczej biorąc pod uwagę skutki, zrzucić z wysokości 20 m. Są to oczywiście wartości bliskie maksymalnym, lecz już obecnie w USA, gdzie rolnictwo nie jest najbardziej intensywne, średnie zużycia skumulowanej energii na produkcję kukurydzy przekracza 350 MJ na hektar, z czego około 240 MJ zużywane jest bezpośrednio na prace narzędzi w polu. Jest to więc bliskie podanym wartościom. Przy uprawie bawełny zużycie jest o 30% większe (odliczając energię zużytą za nawadnianie) \*.

Trzeba więc sobie wyobrazić jakie skutki biologiczne przyniosłoby zrealizowanie takiego właśnie eksperymentu — zrzucenie tej masy gle-

\* Agriculture and Energy ed William Lockeretz Acad. Press 1977.

by z wysokości 6-piętrowego budynku i powtarzanie tego w każdym kolejnym roku. Jakkolwiek w rolnictwie prace rozłożone są w czasie, co pozwala na częściową regenerację środowiska, to przecież musi działać prawo zachowania energii, która w podanej wyżej ilości ulega dyssypacji w glebie. Tu tkwią więc przyczyny niszczenia struktury gleby, jej rozpylenia tak sprzyjającego późniejszej erozji.

Problem energii w rolnictwie, w przeciwieństwie do przemysłu, to nie problem jej wielkiej koncentracji, lecz problem skali przestrzennej w jakiej rolnictwo działa. Skali, która jest trudna do oceny, gdyż w pracy na roli uczestniczy do dziś, ogromna ilość ludzi i zwierząt. Gdyby jednak całe rolnictwo świata działające na 40 mil km<sup>2</sup> osiągnęło poziom mechanizacji współczesnej Polski, a więc poziom relatywnie niewysoki, to musiałoby w nim pracować ok. 150 mln ciągników o średniej mocy 40 kW, gdy dziś pracuje ich około 20 mln, musiałoby pracować 10 mln samobieżnych maszyn do zbioru roślin, gdyż dziś jest ich 3,7 mln, wreszcie odpowiednio więcej innych maszyn rolniczych, samochodów itp. Ich łączna moc przekroczyłaby 1 mln MW a roczne zużycie paliw sięgałoby 1000 mln ton. Jest to 47,5% całej obecnej światowej produkcji paliw płynnych łącznie z olejem opałowym, która nieznacznie przekracza 2100 mln ton rocznie. Jest to bardzo oszczędnie licząc ok. 3000 PJ rocznie, co oznacza około 10% całkowitej obecnej produkcji energii elektrycznej na świecie. A przecież wielu specjalistów widzi rozwiązanie problemu światowej produkcji żywności w intensyfikacji prac rolnych przez szybkie wdrażanie technologii, które dominują obecnie w krajach rozwiniętych, nie biorąc pod uwagę jak wielkie zagrożenie energetyczne niesie za sobą dla całego środowiska tak olbrzymia ilość energii rozproszona w agroekosystemie. Dla zilustrowania skali tego zagadnienia chciałbym posłużyć się tylko jednym przykładem z mojego kraju o średnio zmechanizowanym rolnictwie, to jest z Polski. Jest to jednak kraj znany z wydobywania węgla, którego jest jednym z największych światowych producentów. Wydobywa się go blisko 200 mln ton rocznie. Jeśli jednak obliczymy jaką masę gleby to średnio zmechanizowane rolnictwo corocznie przemieszcza w pracach uprawowych i przy zbiorze roślin to okaże się, że sięga ona 20 mld ton, to jest 100 razy więcej niż wydobywa się węgla. Możemy więc zapytać: czy dzieje się to bez wpływu na środowisko glebowe? Bez wpływu na ekosystem?

Dostrzegając zagrożenia ekosystemu jakie nieść może nadmierne zużycie energii przez maszyny rolnicze musimy zdawać sobie sprawę, że nie wynika ono ani z nadmiaru rozproszonego ciepła, ani z nadmiernej koncentracji spalin, lecz przede wszystkim z nadmiernej agresywnego mechanicznego oddziaływania maszyn na glebę co prowadzi do zmian wszystkich jej właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. Spro-



wadza się to do zmian stosunków wodno-powietrznych i w konsekwencji zmian właściwości termicznych. Ostatecznie wynika z nich zmiana urodzajności gleb. O stosunkach wodnych i gazowych w glebie decyduje zaś struktura przestrzeni wolnych pomiędzy ziarnami. Są to większe pory oraz kapilary o różnych wymiarach. Rozkład wielkości i ogólna objętość tych kapilar decyduje zarówno o retencji wody jak i o jej dostępności dla korzeni roślin. Decyduje również o wymianie gazowej to jest o dyfuzji w głąb gleby i o dyfuzji gazów w układzie gleba—korzeń rośliny. Stosunki powietrzno-wodne mają również decydujący wpływ na mikroflorę i mikrofaunę glebową i na chemizm gleby, to jest przede wszystkim na kompleks sorbcyjny. Ten zaś kolejno wpływa na zdolność wiązania związków chemicznych wprowadzanych do gleby w procesie jej uprawy, a więc również na wypłukiwanie związków chemicznych do wód wglębnych i otwartych.

Ciśnienie wywierane na glebę przez elementy i koła maszyn powodują destrukcję systemu kapilarnego. Charakterystyczne jest przy tym, że w pierwszym rzędzie zniszczeniu ulegają duże kapilary. Zmniejsza się ogólna porowatość gleby, a jednocześnie woda przemieszcza się do małych kapilar, w których potencjał wodny jest tak duży, że utrudnia pobieranie jej przez korzenie. Gwałtownie zmniejsza się dyfuzja tlenu do gleby, a jeszcze bardziej z gleby do korzeni. W tej sytuacji procesy oddychania powodują szybkie zużycie tlenu w powietrzu glebowym i jednocześnie zakwaszenie wody glebowej wskutek wydzielania dwutlenku węgla. Zwiększa się wydzielanie etylenu, który gwałtownie hamuje wzrost korzeni. Zawartość tlenu spada często znacznie poniżej 1% co w ogóle wyklucza dalszy wzrost korzeni.

Jest to powszechnie dziś znane zjawisko głębokiego ugniecenia gleby przez koła maszyn i narzędzi i wytworzenia się tzw. podeszwy płuznej, która ogranicza wzrost korzeni w głąb gleby.

Zahamowanie wzrostu korzeni przypisuje się zbyt wielkim oporom mechanicznym stawianym przez silnie zagęszczoną glebę. W rzeczywistości jest to przyczyna występująca nader rzadko. Przyczyną staje się zachwianie gospodarki wodnej i gazowej znacznie ponad tolerancję roślin uprawnych. Znoszą to natomiast dobrze rośliny odporne na niedostatek wody, a więc rozliczne chwasty i kserofityczna mikroflora glebowa.

Kolejne uprawy prowadzone tradycyjnie z nadmiernym nakładem energii pogarszają jeszcze sytuację, lecz nawet całkowite zaniechanie uprawy nie jest zdolne przez wiele lat usunąć skutków zniszczenia gleby. Są to sprawy znane od dawna rolnikom, na temat których napisano setki rozpraw i dziesiątki książek. Jednakże nigdzie nie znajdziemy wystarczająco ścisłej interpretacji energetycznej tych zjawisk. Stąd tak wiele niejasności, sprzecznych obserwacji i sprzecznych zaleceń praktycznych.

Konieczne jest oczywiście poszukiwanie nowych metod uprawy, które byłyby mniej energochłonne nie tyle z racji konieczności oszczędzania paliwa, co właśnie ograniczenia zaburzeń ekosystemu powodowanych przez mechanizację. W ostatnich latach rozpowszechniają się coraz bardziej różne tzw. ograniczone uprawy — minimum tillage ub no tillage systems. Te systemy prowadzą jednak z reguły do znacznej intensyfikacji nawożenia mineralnego, a przede wszystkim użycia znacznie większej ilości herbicydów do zwalczania chwastów. Są to ilości przekraczające łącznie 500 kg/ha, których rozrzucenie na polu bez użycia ciężkiego sprzętu mechanicznego jest w ogóle niemożliwe. Ilość energii zawartej w takiej ilości związków chemicznych jest ogromna i może być dla środowiska niezmiernie szkodliwa o ile użyte środki nie zostaną całkowicie zbilansowane w miejscu ich aplikacji. Wymaga to nie tylko doskonałej znajomości procesów biologicznych na rzecz których są te zabiegi wykonywane lecz również wielkiej precyzji działania maszyn. Z jednej bowiem strony nadmierna lokalna koncentracja środków chemicznych powoduje ich przemieszczanie się do cieków wodnych i bezpośrednio szkody dla roślin, z drugiej zaś niedobór zmniejsza plony, a w przypadku środków ochrony roślin stwarza lokalne źródła zakażeń rozprzestrzeniających się nieraz na znaczne powierzchnie. Niestety, współczesne konstrukcje maszyn nie zabezpieczają dostatecznej precyzji pracy, szczególnie przy stosowaniu środków o wielkiej koncentracji.

Szczególne niebezpieczeństwa mogą wystąpić w przypadku wykonywania zabiegów agrolotniczych. Zagrożenia wiążą się nie tylko z jakością aparatury lecz z potrzebą znakomitego wyszkolenia personelu i niezwyklej staranności pracy, tym bardziej, że użytkownik nie jest praktycznie w ogóle w stanie ocenić i korygować jakości zabiegów wykonywanych na jego polach. Szybkość pracy i zasięg sprzętu agrolotniczego powoduje, że zagrożone zostają znaczne przestrzenie wokół terenu poddanego zabiegom.

Lecz problem energetyki rolniczej nie ogranicza się jedynie do ogólnych bilansów i do oddziaływania na glebę. Nie ma oczywiście żadnej możliwości omawiania tu wszelkich rodzajów maszyn, których w rolnictwie pracuje kilka tysięcy. Spośród nich chciałbym więc jedynie przedstawić problematykę zbioru, energetycznie, po uprawie gleby najbardziej obciążającą środowisko. A ponieważ zjawiska jakie występują przy zbiorze wszelkiego rodzaju korzeni są podobne do tych, o których była mowa w przypadku uprawy gleby, zwrócimy uwagę na zbiór zbóż, których uprawa jest na świecie najbardziej rozpowszechniona. Dominującą maszyną do zbioru zbóż jest dziś kombajn zbożowy. Pracuje ich na świecie prawie 4 mln. Możliwość stosowania silników o mocy rzędu 250kW skłania konstruktorów do budowania coraz większych maszyn o bardzo du-

żej wydajności, lecz o masie przekraczającej znacznie 10 ton, co przy konstrukcyjnie ograniczonych wymiarach kół prowadzi do wielkich sił występujących w glebie. Nie jest to jednak jedyny negatywny efekt możliwości stosowania wielkich ilości energii w maszynach żniwnych.

Kombajn jest maszyną, która powstała w warunkach zbioru samego ziarna, gdy całą resztę roślinną pozostawiało się na polu. Wtedy wprowadzenie maszyny dokonującej omłotu na polu miało sens. Dziś, gdy zbiera się cały plon łącznie ze słomą, traci sens dokonywanie omłotu na polu. Oznacza to bowiem wprowadzenie na pole bardzo ciężkiej młocarni. Pracę tę można wykonać w gospodarstwie, a skosić zboże bardzo lekką i o małej mocy żniwiarką (windrower). Oszczędziłoby to energię i zmniejszyło zniszczenie gleby. Istnieją takie technologie — zwane zbiorem całościowym (totalnym). Nie znalazły jednak szerokiego zastosowania gdyż są bardziej organizacyjnie skomplikowane i nieco droższe. Problemu ekologicznego nikt przy tym nie bierze pod uwagę. A przecież kombajn powoduje szereg dalszych szkód. Wszystkie dawne metody zbioru polegały na zwiezieniu całego plonu wraz ze słomą do gospodarstwa. Kombajn młoci na polu, pozostawiając tam wszystko za wyjątkiem samego ziarna. Omłot dokonywany jest przy tym w fazie końcowej dojrzałości zboża, a więc znacznie później niż innymi metodami. Powoduje to, że znaczna część chwastów zdąży się przed zbiorem osypać, reszta zostanie omłócona przez kombajn i rozsiana na polu. Zbiór słomy prasą przyczynia się do dalszego zachwaszczenia pola. W efekcie liczba chwastów wschodzących na polu przekracza do 5 razy liczbę chwastów wschodzących po zbiorze innymi metodami. Powoduje to całkowite przekształcenie biocenozy siedliska i konieczność bardzo agresywnego chemicznego zwalnia chwastów ze wszystkimi związanymi z tym konsekwencjami.

Technika zbioru przy użyciu szybkich samobieźnych maszyn pracujących na ogół metodą objeżdżania pola powoduje szczególnie dramatyczne skutki dla zwierząt żyjących i żerujących na polach i łąkach. Są one zganiane przez hałaśliwe maszyny stopniowo na środek pola i tam często, bez wiedzy operatora znajdującego się często w zakurzonej kabinie, wybijane w sposób szczególnie okrutny przez aparaty tnące maszyn. Szczególnie dużo ginie w ten sposób zajęcy i młodych saren polnych. Niszczona są gniazda ptaków — mieszkańców pól. Straty te są często pomijane milczeniem, a rosną one groźnie w miarę wprowadzania coraz większych i szybszych maszyn. Tak bowiem jest, że groźbę dla środowiska stanowi wielkie nasycenie energią. Jest ona bowiem w stanie dokonać wielkich przemian, które bądź są trwałe, bądź ich likwidacja wymaga podobnych nakładów energetycznych. Energia ta może się wyrażać mocą maszyn użytych do pracy, może się też wyrażać na przykład energią zużytą dla produkcji substancji chemicznych stosowanych jako środki produkcji.

Przy tym w odniesieniu do substancji chemicznych jest obojętne, czy chodzi o energię zużytą w procesie produkcji przemysłowej, czy też energię naturalną potrzebną dla powstania surowców kopalnych. Jest to ten sam problem, gdy usuwamy drzewa maszynami o wielkich mocach dokonując spustoszenia w drzewostanie i gdy niszczy je naturalna, wielka energia huraganu. Istnieją ogromne możliwości zmniejszenia nakładów energii. Wiele z tego rodzaju sugestii znalazło się w opracowaniu W. Lockeretz: *Agriculture and Energy*. Przedstawiono w nim zestawienie możliwości zaoszczędzenia energii jedynie na drodze zmian organizacyjnych i agrotechnicznych w produkcji rolniczej i przetwórstwie żywności, posługując się już dziś istniejącymi metodami. W samych USA pozwoliłoby to zaoszczędzić energię w ilości odpowiadającej  $23,5 \cdot 10^9$  ltr oleju. Tego rzędu oszczędność jest równoznaczna zmniejszeniu przebiegu rocznego każdego samochodu osobowego w USA o przeszło 1600 km.

Prócz tego, gdyby udało się zmienić dietę mieszkańców USA na równie zdrową, lecz przy mniejszym spożyciu produktów zwierzęcych, zaoszczędziłoby się dalszych  $3,7 \cdot 10^9$  ltr paliwa.

Rezygnacja z palenia tytoniu przyniosłaby dalsze  $2,5 \cdot 10^9$  ltr paliwa. A więc łącznie można by zaoszczędzić wtedy prawie 20% więcej energii. Znamienne jest, że ilość energii zużywanej corocznie tylko na uprawę i przetwórstwo tytoniu w USA odpowiada energii zużywanej przez wszystkie samochody osobowe USA na drodze 175 km.

Zważając, że w rolnictwie uprzemysłowionych krajów Europy zużywa się ok. 30% energii więcej niż w USA i przyjmując realne warunki (bez zmiany diety i bez zaniechania uprawy tytoniu) można liczyć oszczędności energii na poziomie 35—45 mln ton oleju napędowego.

Powyższe obliczenia zostały dokonane przy założeniu, że nie wprowadza się rolnictwa naturalnego i że nie ma żadnych zmian w konstrukcji współczesnych maszyn rolniczych. Powstaje więc pytanie czy przez zmiany konstrukcji maszyn można spodziewać się dalszych oszczędności energii. Tymczasem już od bardzo długiego czasu obserwuje się brak istotnego postępu w konstrukcji maszyn rolniczych. To co otrzymuje rolnictwo od przemysłu to w ogromnej większości maszyny, które są po prostu większymi i cięższymi kopiami maszyn produkowanych od dziesiątków, a często od setek lat, to jest od czasów, gdy jedynym źródłem energii było zwierzę. Nie było wtedy problemu zagrożenia ekosystemu. Konstrukcje pozostały, tylko ich moce wzrosły 100-krotnie.

Istnieje wiele przeszkód na drodze zmiany tej sytuacji. Wiele z nich znalazło się w materiałach konferencji Klubu Rzymskiego z 1983 r., niektóre jednak chciałbym tu wymienić:

— zjawisk wywołanych nadmiernymi wydatkami energii w rolni-

ctwie nie dostrzegają dostatecznie wyraźnie ani rolnicy, ani tym bardziej producenci maszyn;

— doraźne korzyści którymi kieruje się rolnictwo i przemysł przemawiają za coraz większym nasyceniem rolnictwa maszynami o wielkiej mocy;

— nie ma żadnych możliwości, ani potrzeby, by dążyć do zmechanizowania rolnictwa światowego na poziomie rolnictwa współczesnych krajów rozwiniętych. Przekracza to możliwości światowej podaży energii i stwarza zagrożenia nieodwracalnymi szkodami ekologicznymi;

— brak jednak dotychczas realistycznej koncepcji rozwoju techniki rolniczej w skali odpowiadającej możliwościom i potrzebom współczesnego świata.

Jeśli więc mamy rozwiązać problem to trzeba na nowo przemyśleć wszelkie technologie prac rolniczych i zastanowić się jakie maszyny winny je realizować. Muszą to być technologie odpowiednie do warunków przyrodniczych, gospodarczych i społecznych.

To jest wielkie zadanie, gdyż rolnictwo w skali świata jest wielkim jeśli nie największym problemem. Kto więc ma stymulować rozwój mechanizacji w kierunku jeśli niesprzyjającym to przynajmniej chroniącym otoczenie przyrodnicze? Sądzę, że istnieje jedna odpowiedź. Powinna to robić nauka wszelkimi dostępnymi sobie środkami, gdyż jedynie nauka widzi te zagrożenia w dostatecznej perspektywie.

Dobrze się stało, że wśród specjalistów ekologów sprawa znajduje zainteresowanie, a nie wiem czy właśnie nie stąd powinna wyjść inicjatywa dalszych prac w tym kierunku. Tu bowiem nie powinno zabraknąć tego właśnie szerszego spojrzenia, którego brak w samym rolnictwie.

Zadanie wydaje się niezwykle trudne, ale pocieszymy się podobnie jak Mildews, że „w każdej sprawie brakuje precedensu tak długo, aż go się pierwszy raz nie stworzy”. I zakończmy Pierwszym Prawem Bouldinga: „Wszystko co istnieje jest możliwe”.

Materiały nadesłano do redakcji w wrześniu 1987 r.

# PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO ROLNICZE I LEŚNE POLECA

DR BARBARA H. ŁABANOWSKA, DR ANNA BIELENIN,  
DR TERESA CIANCIARA

## OCHRONA PLANTACJI ROŚLIN JAGODOWYCH

WARSZAWA 1987, NAKŁAD 30 000 EGZ., STRON 317, CENA ZŁ 550,—

Jest to publikacja z serii „Biblioteka ogrodnika sadownika”.

Książka przeznaczona głównie dla producentów, choć może być przydatna dla studentów akademii rolniczych oraz uczniów techników ogrodniczych. W ostatnich latach obserwuje się spore zainteresowanie uprawą krzewów jagodowych. Polska zajmuje pierwsze miejsce w produkcji światowej porzeczek i malin a także czołowe miejsce pod względem powierzchni zajmowanej przez uprawę truskawek. Produkcja owoców jagodowych w latach osiemdziesiątych wzrosła do 410,5 tys. ton. Ludności przybywa, areal uprawy kurczy się a więc maksymalne wykorzystanie zasobów gruntów orných przez ich intensyfikację staje się nakazem chwili. Właściwa ochrona roślin, bez której straty w zbiorach owoców jagodowych wynoszą do 20%, co stanowi ok. 80 tys. ton owoców w skali roku, jest naczelnym zagadnieniem w procesie uprawy.

Autorzy przekazując niniejszą publikację mają nadzieję, że przyczyni się ona do ograniczenia strat powodowanych przez choroby i szkodniki dzięki lepszemu poznaniu patogenów oraz metod i środków ograniczających ich szkodliwość.

Publikacja składa się z dwóch części. W pierwszej ogólnej, Autorzy omawiają metody ochrony roślin przed chorobami i szkodnikami. Wprowadzają Czytelnika w zagadnienia związane z przygotowaniem gleby przed założeniem plantacji, wskazując na zmianowanie co ma zdecydować o zmianie składu gatunkowego i ilościowego czynników chorobotwórczych i szkodników w glebie. Z dalszych ważnych podkreślono rolę zdrowego materiału szkółkarskiego (materiał wolny od chorób wirusowych, grzybowych i nicieni). Na dalszych stronach części ogólnej podano metody mechaniczno-fizyczne, biologiczne i chemiczne w zwalczaniu chorób i szkodników roślin oraz chwastów. Następnie podano charakterystykę preparatów chemicznych stosowanych w ochronie roślin jagodowych uwzględniając sposoby ich stosowania.

W dalszej części omówiono szkodniki i choroby kwarantannowe wielożerne występujące na różnych gatunkach roślin jagodowych oraz choroby występujące na wielu gatunkach roślin jagodowych (choroby infekcyjne i nie-infekcyjne).

W części szczegółowej podano dokładnie dane odnośnie ochrony poszczególnych krzewów jagodowych. Przed podaniem szczegółowych danych odnośnie chorób i szkodników oraz możliwości ich zwalczania podano klucz do oznaczania szkodników i chorób poszczególnych roślin jagodowych. Omówiono ochronę następujących roślin: truskawek, porzeczek, ochronę malin i jeżyn, agrestu, borówki wysokiej, żurawiny i winorośli. Podano także tabele mieszania środków owado- i roztoczobójczych, tabelę mieszania środków owado- i roztoczobójczych ze środkami grzybobójczymi oraz tabelę mieszania środków grzybobójczych. Literatura krajowa i zagraniczna uzupełnia publikację jak również skorowidz polskich nazw chorób, patogenów i szkodników roślin oraz ich wrogów naturalnych a także skorowidz łacińskich nazw chwastów, skorowidz aparatury i środków ochrony roślin.