



Wpływ rolniczego użytkowania na wybrane właściwości gleby rozwijającej się z gruntów pogórnich KWB Konin

Krzysztof Otremba, Mirosława Gilewska, Wojciech Owczarzak
Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

1. Wstęp

Na gruntach pogórnich Konińskiego Obszaru Przemysłowego dominuje rekultywacja rolnicza, która warunkowana jest głównie charakterem nadkładowej skały macierzystej [5]. Ścisłe doświadczenia polowe związane z tym kierunkiem rekultywacji założone zostały w 1978 roku przez Bendera i prowadzane są na zwałowisku wewnętrznym Pątnów. W badaniach stosowane są trzy podstawowe systemy płodozmienne: rzepakowo-zbożowy, polegający na przemiennej uprawie zbóż ozimych (głównie pszenicy) i rzepaku ozimego, paszowo-zbożowy, oparty na sześcioletnim płodozmianie, w którym tylko trzykrotnie realizuje się zabiegi uprawowe. Polega on na czteroletniej uprawie lucerny z trawami, a następnie dwuletniej uprawie zbóż ozimych, bądź rzepaku ozimego. Wieloletnia uprawa lucerny, która wzbogaca grunt w azot, obudowuje powierzchnię i skutecznie chroni grunt przed zakrzaczeniem nazywana jest konserwacją.

Ważną rolę w przekształcaniu gruntów pogórnich w glebę odgrywa nawożenie mineralne, zwane w terminologii rekultywacyjnej naprawą chemizmu gruntu skały [1]. Na uprawie wyżej wymienionych gatunków roślin oparta jest również praktyka rekultywacyjna.

Niniejsza praca dotyczy wpływu wymienionych systemów użytkowania na właściwości gleb rozwijających się z gruntów pogórnich. Szczególną uwagę zwrócono na właściwości warstwy próchnicznej tworzących się gleb, a wśród nich na jej strukturę, która należy do ważniejszych cech diagnostycznych gleby.

2. Materiał i metody

Badania przeprowadzono na polu doświadczalnym Katedry Gleboznawstwa i Rekultywacji Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Na każdym z analizowanych systemów użytkowania występowała kombinacja nawozowa ONPK – bez nawożenia mineralnego. W przypadku rzepakowo-zbożowego i paszowo-zbożowego systemów użytkowania stosowano, zgodnie z zasadami koncepcji Bendera [1] dwie kombinacje nawozowe 1NPK i 2NPK. Przy kombinacji nawozowej 1NPK dawki poszczególnych składników zależne były od uprawianych roślin. I tak, w systemie użytkowania rzepakowo-zbożowym dawka nawozowa pod rzepak wynosiła: 200 kg N, 70 kg P₂O₅ i 90 kg K₂O, a pod pszenicę 160 kg N, 40 kg P₂O₅ i 80 kg K₂O. Natomiast w systemie użytkowania paszowo-zbożowym dawka nawozowa pod lucernę wynosiła: 170 kg N, 60 kg P₂O₅ i 150 kg K₂O i analogicznie jak wyżej pod pszenicę. Dla kombinacji nawozowej 2NPK, w obydwu systemach użytkowania, dawki składników pokarmowych były podwójne. Jedyną formą nawożenia organicznego w tych płodozmianach było przyorywanie słomy i innych resztek roślinnych. Jako kontrolę w badaniach przyjęto grunt pogórnicy niepoddawany zabiegom rekultywacyjnym.

W roku 2010 na poletkach doświadczalnych objętych rzepakowo-zbożowym, paszowo-zbożowym i konserwacyjnym systemem użytkowania odkryto reprezentatywne profile glebowe. Z wyznaczonych poziomów genetycznych profili glebowych pobrano próbki o naruszonej i nienaruszonej strukturze w cylinderkach o pojemności 100 cm³, w celu określenia podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych. Próbki o naruszonej i nienaruszonej strukturze (próbki objętościowe o V = 1 cm³), do badań parametrów struktury, pobrane zostały pod koniec okresu wegetacyjnego po zbiorze roślin, z dwóch głębokości warstwy ornej: 7 i 15 cm, zgodnie z metodyką podaną przez Rżasę i Owczarzaka [13–16].

W badaniach oznaczono: skład granulometryczny – metodą Boyoucosa w modyfikacji Prószyńskiego, gęstość fazy stałej – metodą piknometryczną, gęstość objętościową rzeczywistą i porowatość gleb – w cylinderkach o pojemności 100 cm³, pH – przy pomocy pH-metru, zawartość węgla – metodą Tiurina a azotu – metodą Kjeldahla [9]. Pojemność higroskopową (H) i maksymalną pojemność higroskopową (MH) oznaczono grawimetrycznie dla agregatów o strukturze naturalnej [17].

Badania struktur glebowych realizowano w oparciu o metody opracowane w Katedrze Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów przez Rzęsę i Owczarzaka [13, 14, 15, 16]. Podstawą tych badań były agregaty o objętości 1 cm^3 pobrane z warstwy próchnicznej, dla których oznaczono następujące parametry:

- dynamiczną wodoodporność agregatów glebowych (DW) – przy pomocy analizatora dynamicznej wodoodporności agregatów; oznaczenie polega na pomiarze energii potrzebnej do rozbicia agregatu glebowego o $V = 1 \text{ cm}^3$ poprzez uderzenia spadających kropli wody o masie $0,05 \text{ g}$ z wysokości 1 m (energia kinetyczna jednej kropli – $E = 4,905 \cdot 10^{-4} \text{ J}$),
- statystyczną wodoodporność agregatów glebowych (SW) – przy pomocy urządzenia WSW; pomiar tej cechy sprowadza się do określenia czasu rozpadu („czasu rozmakania”) agregatów zanurzonych w wodzie,
- stan agregacji wtórnej po dynamicznym i statycznym działaniu wody – oznaczono metodą sitową na mokro, na zestawie sit o średnicy oczek: $7, 5, 3, 1, 0,5, 0,25 \text{ mm}$; sita zanurzano w naczyniu z wodą, gdzie następowała segregacja agregatów na frakcje,
- prędkość kapilarnego podsiąku (T_{kmin}) – oznaczono na zestawie filtracyjnym, a pomiar rozpoczynano z chwilą kontaktu agregatów z podsiąkającą wodą, a kończono w momencie całkowitego nawilgocenia górnej powierzchni agregatu,
- kapilarną minimalną (V_{kmin}) i maksymalną (V_{kmax}) pojemność wodną – oznaczono także na zestawie filtracyjnym, przy czym pojemność kapilarna V_{kmin} odpowiada ilości wody (% v/v) wchłoniętej przez agregat w czasie T_{kmin} lub pojemność kapilarna V_{kmax} – ilości wody wypełniającej wolne pory agregatu w czasie $T_{kmax} = 2 \text{ godz}$,
- wytrzymałość agregatów na ściskanie (R_c) – oznaczono aparatem wytrzymałościowym LRU-Ts zaadaptowanym do pomiaru małowymiarowych elementów o $V = 1 \text{ cm}^3$.

Wymienione wyżej właściwości oznaczono w 5 powtórzeniach z losowo wybranych 5 agregatów, dla których – przy każdym oznaczanym parametrze – określono gęstość objętościową i porowatość w stanie powietrznie suchym.

3. Wyniki i dyskusja

Odkryte profile glebowe wykazują nieciągłość litologiczną związaną z genezą gruntów pogórnich [1, 3, 6]. W profilach dominowała glina zwałowa „szara” zlodowacenia Warty. Towarzyszyły jej nierównomiernie rozmieszczone w masie ziemnej soczewki i żyły piasków czwarto- i trzeciorzędowych, gliny zwałowe „brązowe” zlodowacenia Wisły oraz utwory pochodzenia wodnego – ily poznańskie. W całym profilu wyraźnie widoczne były konkracje węglanów wapnia.

Stosowane od 32 lat zabiegi rekultywacyjne i zainicjowane pod ich wpływem procesy glebotwórcze wywarły piętno na budowie tych profili. Najmniej morfologicznie zmieniony został profil odkryty na powierzchni z wieloletnią uprawą lucerny (tzw. „konserwacja”). W profilu wyróżniała się 1–2 cm warstwa organiczna, składająca się z resztek lucerny i traw. Pod nią występował około 15 cm poziom silnie poprzerastany korzeniami lucerny i traw, a także mniszka. Określono go jako poziom próchniczny. Charakteryzował się on ciemniejszym zabarwieniem i pewnym rozluźnieniem struktury spoiistej. Widoczne w nim były okrucuchy glin, piasków i iłów. Poniżej zalegał materiał macierzysty (grunt pogórnicy). Na głębokości 1 m znajdowały się pojedyncze grube korzenie lucerny i mniszka. Lucerna na tą powierzchnię była wprowadzana dwukrotnie, co oznacza iż w ciągu 32 lat tylko dwa razy wykonywano zabiegi uprawowe, które nie były w stanie przyczynić się do dobrej homogenizacji mas ziemnych w warstwie ornej.

Profile reprezentujące paszowo-zbożowy system użytkowania gruntów pogórnich wskazywały na bardziej zaawansowane stadium procesu glebotwórczego. Poziom próchniczny był wyraźny, o ciemnym zabarwieniu, a jej miąższość odpowiadała głębokości wykonywanej orki i wahała się od 20 do 28 cm. W jej masie, w różnym stopniu rozkładu, występowały korzenie lucerny i traw oraz słoma. Stosowane zabiegi uprawowe spowodowały tylko częściową homogenizację mas ziemnych. Pod poziomem próchnicznym zalegał materiał macierzysty. W ocenie cech makroskopowych profile glebowe na kombinacjach nawozowych 0NPK, 1NPK i 2NPK były bardzo podobne.

Efektom stosowanych corocznie zabiegów uprawowych, w technologii rekultywacyjnej nazywanych naprawą właściwości fizycznych, był najbardziej ujednoczony poziom próchniczny wytworzony na rzepakowo – zbożowym systemie użytkowania. W tym systemie płodozmien-

nym wyraźne różnice wystąpiły w morfologii profili pomiędzy kombinacjami nawozowymi (1NPK i 2NPK), a kombinacją bez nawożenia (0NPK). Na kombinacji bez nawożenia mineralnego poziom orny był najmniej zaznaczony. Zarówno struktura, jak i zagęszczenie tego poziomu były podobne do tych cech w poziomach niżej zalegających. Na kombinacjach 1NPK i 2NPK poziom próchniczny wyraźnie odcinał się od pozostałej części profilu glebowego. Charakteryzowały go: ciemna barwa, struktura, którą można określić jako subangularną z dużym udziałem gruzełków, znaczne ilości częściowo zhumifikowanej materii organicznej i obecność fauny glebowej. Miąższość tego poziomu, podobnie jak na kombinacji 0NPK, wyznaczał zasięg pługa (25–32 cm). W spągu poziomu ornego, w zasięgu 5 cm, widoczne były zmiany morfologiczne, które dotyczyły częściowo barwy i struktury. Poniżej miąższości 36 cm, poza korzeniami roślin uprawnych, które sięgały do około 60 cm, żadnych zmian nie zaobserwowano.

Najważniejszą właściwością gruntu pogórniczego decydującą o wyborze kierunku rekultywacji jest jego uziarnienie. W przypadku gruntów piaszczystych przyjmowana jest rekultywacja w kierunku leśnym, natomiast w przypadku gruntów spoistych – w kierunku rolniczym. Uziarnienie gruntów jest podstawową właściwością, która decyduje o właściwościach zarówno fizycznych, jak i chemicznych i biologicznych tworzących się gleb [11]. Szczególnie w przypadku badania właściwości fizycznych, takich jak gęstość, porowatość, zagęszczalność i strukturalność – ograniczenie się jedynie do ilościowego oznaczania poszczególnych frakcji jest dużym uproszczeniem. O budowie, złożeniu czy „upakowaniu” stałej fazy gleby decydują w dużym stopniu wzajemne proporcje oraz kształt i charakter powierzchni cząstek elementarnych. W konsekwencji wpływa to na zmiany w jakościowym układzie makro-, mezo- i mikroporów, a zatem w stosunkach powietrzno-wodnych gruntu czy gleby.

Uziarnienie gruntu pogórniczego i gleb rozwijających się z tego materiału macierzystego przedstawiono w tabeli 1. Grupy granulometryczne oraz poszczególne frakcje określono według nowej klasyfikacji uziarnienia przyjętej przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze w 2008 roku [12]. Zawartość poszczególnych frakcji w analizowanych próbkach była zróżnicowana. Frakcja piasku stanowiła od 62% do 70%. W tej frakcji największy udział od 25,6–29,3% miały ziarna o średnicy 0,25–0,1 mm. Zawartość frakcji pyłu w badanych próbkach kształtowała się

w przedziale od 17% do 25%, a ilu koloidalnego od 11% do 18%. Ilość frakcji koloidalnej ($<0,002$ mm) należy uznać za dużą. Jest to cecha charakterystyczna dla tego materiału glebowego [1–3, 10, 11] i dowodzi polifrakcyjnej struktury ich uziarnienia [8]. Pomimo istotnych różnic w uziarnieniu, analizowane próbki należały do dwóch sąsiadujących ze sobą grup granulometrycznych – glin piaszczystych i glin lekkich, przy czym znaczna większość próbek (12 z 16 analizowanych) zaliczona została do grupy glin lekkich.

Grunty pogórnice, a także tworzące się z nich gleby miały odczyn zasadowy. Był on uwarunkowany obecnością węglanów wapnia, których ilość wynosiła od 40,31 do 55,52 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 2).

Oprócz uziarnienia, drugim bardzo ważnym składnikiem gruntu, a później tworzącej się gleby, jest materia organiczna, a ściślej próchnica, która stanowi niewielką część fazy stałej. Biorąc jednak pod uwagę jej szczególne właściwości, takie jak koloidalna postać, duże zdolności sorpcyjne oraz duża chłonność wodna, należy widzieć w niej jeden z ważniejszych czynników kształtujących trójfazowy ośrodek gruntowo-glebowy. Zdolność próchnicy do łączenia się w tzw. kompleksy mineralno-organiczne jest warunkiem decydującym, szczególnie w tworzących się glebach z biologicznie nieczynnego substratu mineralnego, o powstawaniu względnie trwałych, wodoodpornych mikroagregatów glebowych. Z doświadczeń i obserwacji wynika jednoznacznie, iż gleby zawierające więcej próchnicy charakteryzują się mniejszą gęstością, a więc większą porowatością, co w przypadku mineralnego gruntu pogórnicego ma doniosłe znaczenie w poprawie jego właściwości fizykomechanicznych.

Szczegółnej analizy wymaga zawartość węgla org. i azotu ogółem. Jest ona bowiem modyfikowana domieszką węgla brunatnego. Najmniej zasobny w węgiel org. i azot ogółem był grunt pogórnicy. Była to materia pochodzenia geogenicznego w postaci domieszki węgla brunatnego. W paszowo-zbożowym systemie użytkowania ilość węgla organicznego była od trzy- do czterokrotnie większa niż w gruncie pogórnicy i wahała się od 6,38 do 8,82 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wyższe wartości występowały w wierzchniej warstwie (7 cm) poziomu ornego. Pomiedzy kombinacją nawozową 0NPK, a 1NPK i 2NPK różnica w zawartości węgla wynosiła około 1 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a więc około 4,2 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. W rzepakowo-zbożowym systemie użytkowania ilość węgla była bardziej zróżnicowana. Na kombinacji nawozowej 0NPK była ona większa tylko o około 50%

w stosunku do gruntu pogórniczego i wynosiła około $3,1 \text{ g kg}^{-1}$. Natomiast na kombinacjach nawozowych 1NPK i 2NPK ilość węgla była dwukrotnie większa niż na kombinacji 0NPK i trzykrotnie większa niż w gruncie pogórnicznym, przy czym większe zawartości były charakterystyczne dla głębokości 15 cm poziomu ornego. Największa ilość węgla występowała w poziomie próchnicznym wytworzonym na powierzchni reprezentującej lucernę wieczną (tzw. konserwacja). Wynosiła ona ponad 11 g kg^{-1} i była ponad pięciokrotnie większa niż w gruncie pogórnicznym. Różnice występujące w zawartości węgla pomiędzy poszczególnymi płodzianami wynikają z odrębności gatunkowej uprawianych roślin i różnej ilości wprowadzanej do gruntu substancji organicznej w postaci resztek poźniwnych [4].

Uziarnienie gruntów pogórnicznych, systematycznie wzrastająca zawartość materii organicznej oraz większe przyrosty biomasy uprawianych roślin w wyniku stosowania, przez ponad 30 lat, dużych dawek nawożenia mineralnego, a także sposób ich użytkowania, wywołały znaczące zmiany również we właściwościach fizycznych tworzących się gleb.

Grunty pogórniczne niepoddawane zabiegom rekultywacyjnym (tab. 2) charakteryzowały się w stanie suchym największą gęstością objętościową rzeczywistą ($1,97\text{--}2,02 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$) i najmniejszą porowatością ogólną (23,6–25,3%). Gęstość objętościowa gleby w paszowo-zbożowym systemie użytkowania była o około $0,3 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ mniejsza, a porowatość o około 10% większa niż w gruncie pogórnicznym. W rzepakowo-zbożowym systemie użytkowania gęstość objętościowa była o około $0,1 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ większa, a porowatość o około 5% mniejsza niż w systemie paszowo-zbożowym. Najkorzystniejszą wartość gęstości objętościowej i porowatości ogólnej uzyskano dla lucerny wiecznej. Kształtowały się one odpowiednio w granicach $1,35\text{--}1,51 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ i 42,8–48,9%. Wzrost porowatości o 5%, jak to miało miejsce w rzepakowo-zbożowym systemie użytkowania, wskazuje na wzrost ilości porów w stosunku do kontroli o 20%. W systemie paszowo-zbożowym wzrost wyniósł już 40%, a w systemie konserwacyjnym aż 100%. Zmiany te w przypadku konserwacji zaszły jednak tylko w 15 cm wierzchniej warstwie. W płodzianie rzepakowo-zbożowym, na niezbyt korzystne właściwości fizyczne, duży wpływ mogła mieć uprawa rzepaku, rośliny o głębokim, silnym, palowym systemie korzeniowym. Ponadto charakteryzuje się ona dużą siłą ssącą w stosunku do wody, co sprzyja nadmiernemu przesuszeniu, a w konsekwencji zagęszczeniu gleby.

Tabela 1. Skład granulometryczny analizowanych próbek glebowych**Table 1.** Texture of investigated soil samples

System użytkowania System of use	Kombinacja nawozowa Fertilisation treatment	Poziom Depth (cm)	Procentowa zawartość frakcji o średnicy (mm) Percentage content of fractions in diameter (mm)								
			2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,002	<0,002	Według PTG 2009
Grunt pogórnicy Post mining grounds	0NPK	7	1,2	7,4	19,1	29,3	10	7	11	15	Gp
		15	1,4	8,5	19,6	28,5	12	4	13	13	Gp
Paszowo-zbożowy Fodder-cereals	0NPK	7	1,3	7,4	18,3	25,8	9	10	15	13	Gl
		15	1,0	7,8	19,3	26,8	8	11	14	11	Gl
	1NPK	7	1,6	6,4	18,0	27,9	8	10	11	15	Gl
		15	1,7	6,3	14,9	26,1	13	10	10	18	Gl
	2NPK	7	1,6	8,0	17,9	25,6	15	6	13	13	Gl
		15	1,0	7,3	17,9	25,8	14	8	13	13	Gl
Rzepakowo-zbożowy Rape-cereals	0NPK	7	1,6	8,5	18,1	26,8	10	5	19	11	Gl
		15	1,2	7,9	17,3	25,6	12	10	15	12	Gl
	1NPK	7	1,9	8,4	18,8	26,9	13	6	13	12	Gl
		15	1,4	7,5	17,8	25,3	13	2	21	12	Gl
	2NPK	7	1,9	10,0	20,6	28,5	9	9	9	12	Gp
		15	1,6	9,7	20,1	26,6	12	9	10	11	Gp
Lucerna wieczna Alfa alfa ageless	0NPK	7	1,0	6,7	17,6	26,7	12	9	16	11	Gl
		15	1,3	6,7	16,1	25,9	15	7	16	12	Gl

Tabela 2. Wybrane właściwości chemiczne**Table 2.** The some chemical properties

System użytkowania System of use	Kombinacja nawozowa Fertilisation treatment	Poziom Depth [cm]	pH		CaCO ₃	C	N
			H ₂ O	KCl			
Grunt pogórnicy Post mining grounds	0NPK	7	8,67	7,86	54,78	2,65	0,23
		15	8,68	7,87	50,82	2,84	0,23
Paszowo-zbożowy Fodder-cereals	0NPK	7	8,44	7,52	47,99	6,89	0,80
		15	8,49	7,64	49,11	6,45	0,79
	1NPK	7	8,62	7,81	55,52	8,82	0,98
		15	8,33	7,60	58,37	6,38	0,92
	2NPK	7	8,40	7,59	40,31	8,20	0,95
		15	8,29	7,49	42,29	7,96	0,98
Rzepakowo- zbożowy Rape-cereals	0NPK	7	8,81	7,99	53,58	3,14	0,42
		15	8,51	7,65	51,04	3,07	0,44
	1NPK	7	8,75	7,97	54,78	6,78	0,67
		15	8,49	7,57	59,06	6,81	0,66
	2NPK	7	8,41	7,59	46,56	6,67	0,75
		15	8,42	7,63	43,15	7,65	0,75
Lucerna wieczna Alfa alfa ageless	0NPK	7	8,55	7,73	46,28	11,45	1,10
		15	8,39	7,76	44,85	12,68	1,11

W warunkach gleb rozwijających się z gruntów pogórnicych, ilość wody dostępnej dla roślin uzależniona jest od ilości i rozkładu opadów w okresie wegetacyjnym oraz ilości wody retencjonowanej w glebie w okresie jesienno-zimowym. Na tych terenach występują częste susze atmosferyczne [19, 21], a deficyty wilgotności w tych glebach występują nawet w latach mokrych [18]. Pokreślić również należy, że cechą charakterystyczną poziomu uprawnego tych gleb jest duże zagęszczenie jego stropowej części. Jest to spowodowane przede wszystkim obecnością minerałów ilastych (illitu i smektytu), o czym donoszą Bender i Waszkowiak [2]. W wyniku zmiennych warunków atmosferycznych i zachodzących na przemian procesów nawilżania i wysychania minerały te ulegają na przemian pęcznieniu i kurczeniu, wskutek czego zachodzi zagęszczenie i zaskorupienie powierzchni gleby. W płodozmianach z uprawą lucerny, przed zaskorupianiem powierzchni chroniła glebę 1–3 cm warstwa organiczna. W prezentowanych wynikach, nie uwidocznił się w sposób jednoznaczny wpływ zwiększonego poziomu nawożenia mineralnego na poprawę gęstości objętościowej i porowatości gleby, aczkolwiek badania wcześniejsze na taką zależność wskazywały [5–7]. Na ogół mniejsze wartości gęstości i nieco większą porowatość, przy analogicznych dawkach nawozowych, miała gleba w systemie uprawy paszowo-zbożowym niż rzepakowo-zbożowym. Taka zależność wskazuje na nieco większe znaczenie rodzaju uprawianej rośliny niż wysokości dawek nawozowych.

Wszystkie scharakteryzowane wyżej właściwości fizyczne oraz zawartość materii organicznej miały wpływ na parametry wytrzymałościowe agregatów glebowych, które określają w pewnym sensie podatność agregatu na rozpad podczas mechanicznej uprawy. Najbardziej odporne na działanie sił zewnętrznych były agregaty pobrane z gruntu pogórnicych (tab. 3). Wartość nacisku, przy którym destrukcji ulegał agregat, wahała się od 1,424 do 1,548 MPa. Bardzo zbliżone wartości osiągały agregaty pobrane z kombinacji nawozowej 0NPK w płodozmianie rzepakowo-zbożowym. Na kombinacjach z nawożeniem mineralnym w dawkach 1NPK i 2NPK wartość nacisku powodującego rozpad agregatów była nieco mniejsza i wahała się od 1,261 do 1,370 MPa. Ten niewielki spadek wytrzymałości agregatów na ściskanie przypisywać można zwiększającej się zawartości materii organicznej wraz ze wzrostem dawki nawozów mineralnych. W paszowo-zbożowym systemie płodozmien-

nym wartości wytrzymałości agregatów mieściły się w przedziale od 1,204 do 1,447 MPa, a więc nieco szerszym niż w systemie rzepakowo-zbożowym. Najmniejszą odpornością na ściskanie charakteryzowały się agregaty pobrane z „konserwacji”. Ich wytrzymałość na ściskanie była prawie 40% niższa niż agregatów pobranych z gruntu pogórniczego.

Działanie wody, jak podaje Owczarzak [11], w procesie niszczenia struktury agregatowej gleby może być dwojakie – dynamiczne (energia kinetyczna spadających kropeł deszczu) lub statyczne (rozpad podczas cyklicznych procesów nawilżania i osuszania). Agregaty pobrane z gruntu pogórniczego niepoddawane zabiegom rekultywacyjnym charakteryzowały się największą odpornością na dynamiczne działanie wody ($14,03\text{--}22,73 \text{ J} \cdot 10^{-2}$). Zbliżoną dynamiczną wodoodporność stwierdzono dla agregatów pobranych z płodozmianu rzepakowo-zbożowego i kombinacji bez nawożenia mineralnego. Natomiast agregaty pobrane z pozostałych kombinacji nawozowych i płodozmianów charakteryzowały się mniejszą dynamiczną wodoodpornością bo w zakresie $5,62\text{--}8,97 \text{ J} \cdot 10^{-2}$. W rzepakowo-zbożowym systemie płodozmiennym uwidocznił się wpływ wzrastających dawek nawożenia mineralnego na tę cechę. Wraz ze wzrostem poziomu nawożenia dynamiczna wodoodporność znacząco maleje. We wszystkich analizowanych płodozmiennych bardziej odporne na dynamiczne działanie wody były agregaty pobrane z głębokości 7 cm, a więc warstwy wierzchniej, w której obserwowano silniejsze niż w głębszej warstwie poziomu próchnicznego przerośnięcie gleby systemem korzeni włośnikowych.

Statyczna wodoodporność agregatów, mierzona czasem ich rozpadu, była również bardzo zróżnicowana (411–7200 s). Grunt pogórniczny niepoddawany zabiegom rekultywacyjnym charakteryzował się agregatami o statycznej wodoodporności w przedziale 1321–1770 s. Najbardziej odporne na statyczne działanie wody były agregaty pobrane z systemu „konserwacji”. Ich statyczna wodoodporność była czterokrotnie większa niż agregatów pobranych z gruntu pogórniczego. Agregaty reprezentujące paszowo-zbożowy system użytkowania w stosunku do kontroli, charakteryzowały się średnio o 50% wyższą statyczną wodoodpornością. Z kolei w rzepakowo-zbożowym systemie użytkowania analizowana cecha była niższa niż w kontroli. Wyższą odporność na statyczne działanie wody stwierdzono w agregatach pobieranych z głębokości 7 cm, na co, analogicznie jak w przypadku dynamicznej wodoodporności, wpływało lepsze przerośnięcie materiału glebowego systemem korzonków włośnikowych.

Tabela 3. Gęstość i porowatość gleby oraz wytrzymałość na ściskanie, agregatów glebowych**Table 3.** Bulk density and porosity of soil and compressive strength of soil aggregates

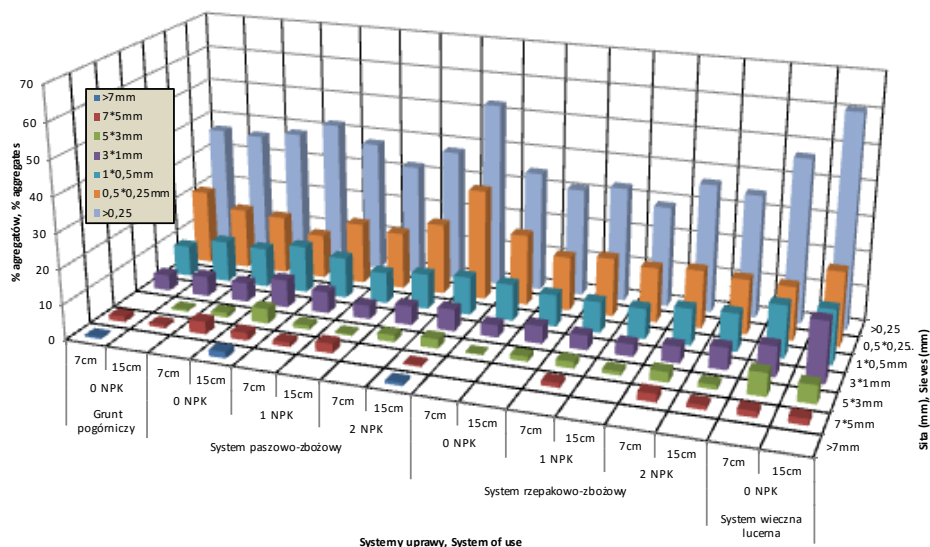
System użytkowania System of use	Kombinacja nawozowa Fertilisation treatment	Poziom Horizon (cm)	Gęstość objętościowa Bulk density ζ_o ($Mg \cdot m^{-3}$)	Porowatość ogólna Total porosity Pc (%)	Wytrzymałość na ściskanie Compressive strength Rc (MPa)
Grunt pogórnicy Post mining grounds	0NPK	7	1,97	25,31	1,424
		15	2,02	23,62	1,548
Paszowo-zbożowy Fodder-cereals	0NPK	7	1,71	35,23	1,396
		15	1,79	32,20	1,447
	1NPK	7	1,61	39,02	1,446
		15	1,76	33,33	1,410
	2NPK	7	1,71	35,23	1,204
		15	1,67	36,74	1,209
Rzepakowo-zbożowy Rape-cereals	0NPK	7	1,79	32,45	1,430
		15	1,84	30,57	1,395
	1NPK	7	1,82	31,32	1,261
		15	1,80	32,08	1,303
	2NPK	7	1,84	30,57	1,370
		15	1,77	33,21	1,285
Lucerna wieczna Alfa alfa ageless	0NPK	7	1,35	48,86	0,989
		15	1,51	42,80	0,937

Tabela 4. Dynamiczna i statyczna wodoodporność, pojemność higroskopowa, czas podsiąku kapilarnego oraz kapilarna pojemność wodna agregatów glebowych

Table 4. Dynamic and static water resistance, higroscopic capacity, time of capillary rise and capillary water capacity of soil aggregates

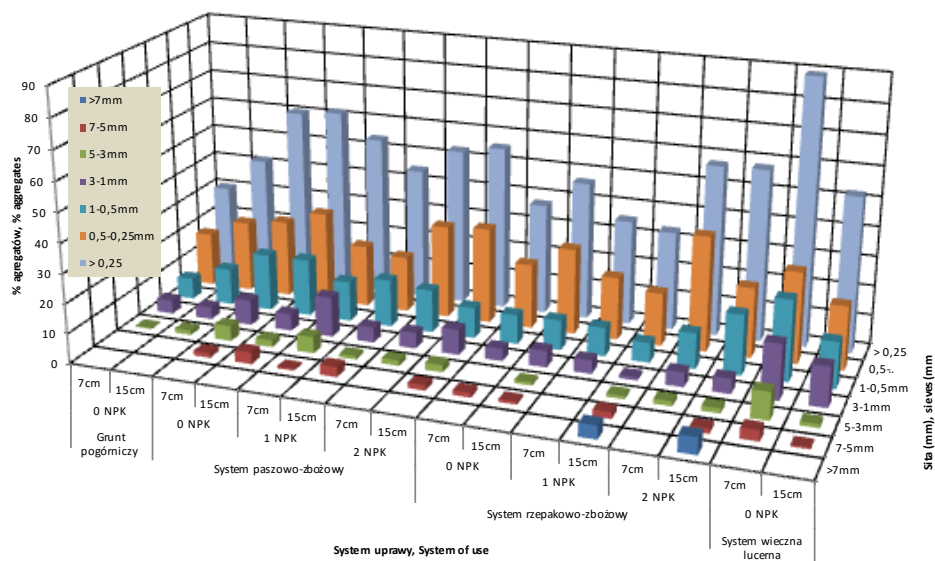
System użytkowania System of use	Kombinacja nawozowa Fertilisation treatment	Poziom, Horizon (cm)	Wodoodporność Water resistance		Pojemność higroskopowa Higroscopic capacity (%obj.)		Czas podsiąku kapilarnego Time of capil- lary rise T_{kmin} (s)	Kapilarna pojemność wodna Capillary water capacity	
			Dynamiczna Dynamic DW ($J \cdot 10^{-2}$)	Statyczna Static SW (s)	H	MH		V_{kmin}	V_{kmax}
								%obj.	%obj.
Grunt pogórnicy Post mining grounds	0NPK	7	14,03	1770	1,84	6,48	159	55,50	63,62
		15	22,73	1321	1,76	6,70	202	60,10	63,15
Paszowo-zbożowy Fodder-cereals	0NPK	7	5,62	1411	1,72	6,17	90	43,99	45,54
		15	6,45	989	1,64	6,77	121	39,06	48,12
	1NPK	7	8,69	3527	1,75	6,97	77	42,08	44,14
		15	9,67	1686	1,77	6,96	131	34,99	49,25
	2NPK	7	6,52	4579	1,46	5,63	90	38,12	43,35
		15	7,66	3117	1,51	5,75	101	34,24	45,14
Rzepakowo-zbożowy Rape-cereals	0NPK	7	11,74	1399	1,29	6,60	136	27,97	48,13
		15	12,44	668	1,49	6,55	87	29,02	43,11
	1NPK	7	8,97	2260	1,44	5,90	120	32,37	43,24
		15	9,36	581	1,55	6,35	85	32,16	42,06
	2NPK	7	7,05	3900	1,47	5,92	102	33,25	47,35
		15	8,31	643	1,27	5,62	85	36,99	41,42
Lucerna wieczna Alfa alfa ageless	0NPK	7	8,95	6481	1,97	7,11	137	34,55	55,08
		15	7,43	7200	1,93	7,03	197	29,99	38,12

Wodoodporność agregatów jest bardzo ważną właściwością, ale bardziej istotną cechą jest stopień i charakter rozpadu agregatów pierwotnych na agregaty wtórne pod wpływem dynamicznego czy statycznego działania wody, a więc tzw. agregacja wtórna (rys. 1, 2).



Rys. 1. Agregacja wtórna po dynamicznym działaniu wody
Fig. 1. Secondary aggregation after dynamic water action

W ogólności suma wtórnych agregatów (>0,25 mm) powstała po dynamicznym działaniu wody, niezależnie od systemów użytkowania, była silnie zróżnicowana i zawierała się w przedziale 31,6–50,7%. Największą ilością mezoagregatów (46,7–50,7%) charakteryzowała się gleba pobrana z systemu konserwacji. Natomiast najmniej mezoagregatów (33,3–35,7%) tworzyło się z gruntu pogórnicy, ale także (31,6–34,8%) w systemie rzepakowo-zbożowym bez nawożenia mineralnego i przy poziomie nawożenia 1NPK. Korzystna agregacja wtórna (około 38–42%) pojawiła się w kombinacji systemów uprawy paszowo-zbożowym przy wysokim nawożeniu mineralnym (2NPK). W tych kombinacjach uprawowych odnotowano również najkorzystniejszą agregację, mierzoną ilością frakcji agregatów wtórnych, gdyż w wyniku rozpadu tworzyły się wszystkie wielkości frakcji w przedziale od 0,25 do 7 mm.



Rys. 2. Agregacja wtórna po statycznym działaniu wody

Fig. 2. Secondary aggregation after static water action

Jeszcze korzystniejszy stan agregacji wtórnej odnotowano w przypadku statycznego działania wody. Przy tym mniej inwazyjnym działaniu wody ilość agregatów wtórnych kształtowała się na wyższym poziomie niż w przypadku dynamicznego działania wody. Agregacja wtórna zawierała się w szerokim przedziale procentowym bo od około 30–37% agregatów $>0,25$ mm w gruncie pogórnicy do prawie 90% w systemie konserwacyjnym. analogicznie jak w przypadku wodoodporności dynamicznej, najkorzystniejsza agregacja zarówno pod względem ilości frakcji, jak i procentowej zawartości sumy agregatów $>0,25$ mm wystąpiła w systemach uprawowych paszowo-zbożowym i rzepakowo-zbożowym. Szczególnie dobra agregacja wtórna na poziomie 51–58% sumy mezoagregatów dała zauważyć się przy nawożeniu mineralnym dawką 2NPK, co w porównaniu z agregacją wtórną gruntu pogórnicy (30–37%) stanowi wzrost sumy agregatów wtórnych odpowiednio o około 70–57%.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy wodoodporności agregatów, korzystna agregacja wtórna poziomu orno-próchniczego warunkowana jest działaniem zarówno systemu korzeniowego uprawianych ro-

ślin, jak i wysokiego nawożenia mineralnego. Te korzystne zmiany w budowie (strukturze) poziomu uprawnego wpływają pozytywnie na różne jego właściwości wodne, takie jak ruch wody w glebie oraz jej pojemność wodną (tab. 4).

Jednymi z podstawowych właściwości informujących o zdolności gleby do pochłaniania pary wodnej są pojemność higroskopowa (stan powietrznie suchy) i maksymalna pojemność higroskopowa (przy pełnym wysyceniu atmosfery parą wodną). Zależą one przede wszystkim od uziarnienia gleby, głównie ilości minerałów ilastych, od zawartości materii organicznej oraz stopnia zagęszczenia gleby (porowatość). Analizowane agregaty wykazywały zróżnicowaną pojemność higroskopową w przedziale od 1,37% obj. w systemie rzepakowo-zbożowym przy nawożeniu dawką 2NPK do 1,94% obj. w uprawie lucerny wiecznej. We wszystkich kombinacjach uprawowych pojemność higroskopowa agregatów była wyraźnie mniejsza (1,37–1,70% obj.) od wartości tej pojemności uzyskanych dla agregatów pobranych z gruntu pogórniczego (1,76–1,84% obj.). W przypadku maksymalnej pojemności higroskopowej jej wartości były bardziej wyrównane. Wyjątek stanowiły agregaty pobrane z systemów paszowo-zbożowego i rzepakowo-zbożowego przy jednoczesnym wysokim nawożeniu mineralnym (2NPK), dla których to kombinacji uprawowych wartości maksymalnej pojemności higroskopowej wynosiły około 5,7% obj. i były o około 1% obj. mniejsze od agregatów pobranych z gruntu pogórniczego i około 1,5% obj. mniejsze od systemu konserwacyjnego. Spowodowane było to nie tylko różnicami w porowatości agregatów (tab. 3), ale przede wszystkim zmianami w strukturze porów, a ściślej zwiększeniem się ilości makroporów w systemach uprawy z roślinami i wysokim nawożeniem mineralnym.

Potwierdzeniem zmian w procentowej zawartości makro-, mezo- i mikroporów w agregatach pobranych z przyjętych systemów użytkowania są różnice w czasie podsiąku kapilarnego. Z danych zawartych w tabeli 4 wynika, iż najwolniej przemieszczała się woda kapilarna w agregatach pobranych z gruntu pogórniczego bo około 180 s – średnia dla całego poziomu uprawowego i nieco tylko szybciej (ok. 165 s) – w systemie konserwacyjnym. W pozostałych systemach użytkowania czas podsiąku kapilarnego w agregatach był wyraźnie mniejszy (90–105 s). W systemie paszowo-zbożowym prędkość podsiąku kapilarnego była zawsze mniejsza (ok. 10–20%) w agregatach pobranych z głęboko-

ści 7 cm, w odróżnieniu od systemu rzepakowo-zbożowego, w którym była ona zawsze większa (ok. 30%) w agregatach pobranych z głębokości 15 cm. Niezależnie od systemu użytkowania prędkość przemieszczania się wody kapilarnej w agregatach maleje wraz ze wzrostem dawki nawożenia mineralnego.

Możliwość i szybkość przemieszczania się wody w porach kapilarnych decyduje o wielkości kapilarnej pojemności wodnej agregatów glebowych, która spełnia ważną rolę w kształtowaniu klimatu glebowego. Minimalna kapilarna pojemność wodna agregatów (V_{kmin}) kształtowała się w szerokim przedziale wartości bo od około 28% obj. do 60% obj. Zdecydowanie największe wartości (55–60% obj.) wystąpiły w agregatach pobranych z gruntu pogórniczego, pomimo małej porowatości agregatów (zaledwie około 24%). Fakt ten tłumaczyć należy prawie 2-krotnie dłuższym czasem podsiąku kapilarnego, podczas którego – z braku przerośnięcia korzonkami roślin – zachodzi zjawisko silnego pęcznienia agregatów, w wyniku czego następuje prawie całkowite wypełnienie wodą porów glebowych. Znajduje to potwierdzenie w uzyskanych wartościach kapilarnej maksymalnej pojemności wodnej (V_{kmax}), które zwiększyły się zaledwie 3–8% obj.. Tak duże wysycenie wodą porów glebowych nie sprzyja utrzymaniu korzystnych stosunków powietrzno-wodnych w glebie. Zastosowane pozostałe trzy systemy użytkowania charakteryzowały się zdecydowanie mniejszymi pojemnościami kapilarnymi. Kapilarna minimalna pojemność wodna agregatów zawierała się w przedziale 28–43% obj., przy czym w systemie paszowo-zbożowym stopniowo malała wraz ze wzrostem dawki nawożenia mineralnego, a w systemie rzepakowo-zbożowym – nieco wzrastała. Natomiast kapilarna maksymalna pojemność wodna agregatów, z wyjątkiem gruntu pogórniczego, niezależnie od zastosowanego systemu użytkowania kształtowała się na wyrównanym poziomie od 43% obj. do 47% obj.

Podsumowując przedstawione rezultaty kompleksowych badań dotyczących wpływu 32-letniego rolniczego użytkowania gruntu pogórniczego na tworzenie się jakościowo gleby, należy podkreślić współczesną rolę czynnika ludzkiego w tym procesie. Coraz lepsza znajomość praw fizyki, chemii i biologii poparta nowoczesną wiedzą z zakresu nauk stosowanych (genetyka, szeroko pojęta agronomia) pozwala na względnie szybkie czasowo przywrócenie zdegradowanego przez działalność

przemysłową środowiska glebowego do stanu dynamicznej, biologicznie czynnej równowagi, pozwalającej nawet na rolnicze jego użytkowanie.

4. Wnioski

1. Stosowane przez 32 lata rekultywacyjne płodozmiany na gruntach pogórnich spowodowały widoczne zmiany w morfologii profili tworzących się gleb, głównie w ich warstwie uprawnej. Najbardziej zaawansowane procesy glebotwórcze zaszły w rzepakowo-zbożowym systemie użytkowania gruntów pogórnich.
2. Kompleksowa naprawa właściwości fizyczno-chemicznych poziomu uprawnego warunkuje kształtowanie się korzystnej jego struktury. W toku rekultywacji następuje przekształcenie struktury spójnej, charakterystycznej dla gruntu pogórnich, w strukturę agregatową, o zróżnicowanym stopniu wykształcenia.
3. Konsekwencją powstania korzystnej struktury poziomu uprawnego jest poprawa klimatu glebowego, a więc stosunków powietrzno-wodnych determinujących prawidłowy wzrost i rozwój systemu korzeniowego, a w następstwie tego zdecydowane zwiększenie plonowania uprawianych roślin.

Literatura

1. **Bender J.:** *Rekultywacja terenów pogórnich w Polsce*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 418, 75–86 (1995).
2. **Bender J., Waszkowiak M.:** *Wiązanie jonu amonowego przez utwory nadkładu kopalni węgla brunatnego "Konin"*. Arch. Ochr. Środ., 1–2, 125–133 (1989).
3. **Gilewska M.:** *Wpływ zabiegów rekultywacyjnych na kształtowanie agregatowej struktury gruntów pogórnich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 418, 703–707 (1995).
4. **Gilewska M., Otremba K.:** *Wpływ dwudziestoletnich zabiegów rekultywacyjnych na właściwości gruntów pogórnich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 477, 209–215 (2001).
5. **Gilewska M., Otremba K.:** *Właściwości gleb formowanych z gruntu pogórnich*. Roczn. Gleb. 55, 2, 111–121 (2004)
6. **Gilewska M., Otremba K.:** *Struktura gleb rozwijających się z gruntów pogórnich*. Roczn. AR Pozn. CCCLVII, 61–69 (2004).

7. **Gilewska M., Otremba K.:** *Wpływ paszowego systemu użytkowania na właściwości fizyczne gleb rozwijających się z gruntów pogórnich.* Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.: 163–169 (2008).
8. **Gilewska M., Otremba K., Owczarzak W.:** *Wpływ dodatku wełny mineralnej na cechy struktury gleby rozwijającej się ze spoistych materiałów pogórnich.* Roczn. Gleb. 62, 2, 115–123 (2011).
9. **Mocek A., Drzymala S.:** *Geneza analiza i klasyfikacja gleb Polski.* Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, ss 416 (2011).
10. **Otremba K., Kaczmarek Z., Gajewski P.:** *Wpływ dodatku pyłu węgla brunatnego na podstawowe właściwości fizyczne i wodne poziomu uprawnego gleby powstającej z gruntów pogórnich KWB Konin.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 14, 741–751 (2012).
11. **Owczarzak W.:** *Struktura gleb mineralnych Polski – Badania modelowe.* Poznań Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, ss 183 (2002).
12. **Polskie Towarzystwo Gleboznawcze:** *Klasyfikacja uziarnienia gleb i gruntów mineralnych,* PTG 2008, Roczn. Gleb., 60, 2, 5–16 (2009).
13. **Rząsa S., Owczarzak W.:** *Struktura gleb mineralnych.* Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, ss 394 (2004).
14. **Rząsa S., Owczarzak W.:** *Modelling of soil structure and examination methods of water resistance, capillary rise and mechanical strength of soil aggregates.* Ann. Pozn. Agric. Univ. Sci. Diss., ss 35 (1983).
15. **Rząsa S., Owczarzak W.:** *Maximum compaction and maximum loosening – methods of investigation and interpretation of results.* Roczn. A. R. Pozn. Rozp. Nauk., 202, 1–20 (1990).
16. **Rząsa S., Owczarzak W., Spsychalski W.:** *Methodological advances used (MH) in soils different structure.* Int. Agrophys., 7, 213–220 (1994).
17. **Stachowski P.:** *Celowość stosowania nawodnień deszczownianych w zagospodarowaniu rolniczym gruntów pogórnich.* Roczn. Ochrony Środ., 11, 2 Wyd. Środkowopomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Koszalin, 1131–1142, 2004
18. **Stachowski P.:** *Ocena suszy meteorologicznej na terenach pogórnich w rejonie Konina.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 12, 587–606 (2010).
19. **Suwara I., Gawrońska-Kulesza A.:** *Wpływ roślin uprawianych w wąskie i szerokie rzędy na strukturę gleby.* Fragmn. Agron. 28(2): 98–105 (2011).
20. **Szafrański Cz., Stachowski P., Kozaczyk P.:** *Stan aktualny i prognozy poprawy gospodarki wodnej gruntów na terenach pogórnich* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 13, 485–510 (2011).

Influence of Agricultural Use on Some Properties of Soils Developing from Post-Mining Grounds of Konin Brown Coal Mine

Abstract

An attempt was made in this investigation to determine the impact of the following four systems of soil agricultural use: not subjected to any reclamation treatment, fodder-cereal reclamation treatment, rape-cereal reclamation treatment and the so-called “conservation” treatment (permanent lucerne) on the properties of soils developing from post-mining grounds. A particular attention was paid to the properties of the humus layer of the developing soils, among them, their texture which belongs to the most important soil diagnostic features.

Experiments were carried out in 2010 on the experimental field of the Department of Soil Science and Reclamation of the University of Life Sciences in Poznań. A combination without mineral fertilisation (0NPK) was established on each of the analysed use systems. In the case of the fodder-cereal and rape-cereal systems, additionally, two levels of mineral fertilisation: 1NPK – in rape-cereal system (rape: 200 kg N, 70 kg P₂O₅, 90 kg K₂O; wheat: 160 kg N, 40 kg P₂O₅, 80 kg K₂O) and in fodder-cereal (lucerne: 170 kg N, 60 kg P₂O₅, 150 kg K₂O; wheat: 160 kg N, 40 kg P₂O₅, 80 kg K₂O) and 2NPK were applied. The control was post-mining ground which was not subjected to any reclamation treatment.

The evaluation of changes in the selected, most important soil structure parameters was based on the original methodological solution elaborated at the Department of Soil Science and Reclamation of the University of Life Sciences in Poznań in which the basic element is a regular soil aggregate of 1 cm³ volume. The following parameters were determined for such aggregates cut out from two depths of the humus layer (7 and 15 cm): dynamic water resistance (SW), static water resistance (SW), secondary aggregation after dynamic and static water action, time of capillary rise (T_{kmin}), capillary minimal (V_{kmin}) and maximal (V_{kmax}) water capacity and compression strength (Rc). The above-mentioned properties were determined in 5 replications. Using methods commonly employed in soil science, the following parameters were determined: texture composition, solid phase density, bulk density and porosity, hygroscopic capacity and maximal hygroscopic capacity as well as soil reaction and carbonate, carbon and nitrogen contents.

Reclamation treatments applied in the course of the past 32 years and soil-forming processes taking place under their influence led to distinct changes in the morphological structure of the examined profiles, primarily, in their sur-

face layer. The smallest morphological changes were observed in the profile sampled from the plot with long-term lucerne cultivation (so-called “conservation”). The profiles representing the fodder-cereal use system exhibited a more advanced stadium of soil-forming processes. Their humus layer was more distinctive, with dark colour, its thickness ranged from 20 to 28 cm corresponding to the depth of the performed ploughing. Identical features and better homogeneity were observed in the case of the humus horizon developed in the rape-cereal system of agricultural use, although certain differences were recorded in profile morphology depending on the level of the applied mineral fertilisation (1NPK and 2NPK).

Post-mining ground which was not subjected to any reclamation treatment was found to contain the smallest quantities of organic material – carbon and nitrogen (2.65-2.84 g·kg⁻¹). The amount of oxidisable carbon in the fodder-cereal system of agricultural use was 2.5 to 3 times higher (6.45-8.82 g·kg⁻¹) than in the untreated post-mining ground irrespective of the level of mineral fertilisation. On the other hand, the amount of carbon was more varied in the rape-cereal system of use. In the case of absence of fertilisation (0NPK), this quantity was by about 50% higher in comparison with the post-mining ground and amounted to 3.1 g·kg⁻¹. Elevated fertilisation with 1NPK and 2NPK doses increased levels of carbon to values similar as in the fodder-cereal system. The highest quantity of carbon of about 12 g·kg⁻¹ was recorded in the humus horizon developed on the surface representing permanent lucerne (so-called “conservation”).

A distinct variability was also observed in the physical properties of soils from the examined systems of agricultural use. Untreated post-mining grounds were characterised by high bulk density (1.97–2.02 Mg·m⁻³) and, consequently, by low general porosity (23.6 to 25.3%). In the fodder-cereal use system, soil density was found to be by about 0.30 Mg·m⁻³ lower and porosity – by about 10% higher. In the case of the rape-cereal system of agricultural use, soil density was only by about 0.1 Mg·m⁻³ higher and general porosity – by about 5% lower in comparison with the fodder-cereal system. Bulk density and general porosity in the so-called “conservation” system of use amounted to 1.35–1.51 Mg·m⁻³ and 42.8–48.9%, respectively, in other words, exhibited the most advantageous values of these features from the point of view of agricultural usage.

Recapitulating, it should be emphasised that widely distinguished two soil-forming factors, namely: time and human activity begin to play a dominant role in the formation of soils, especially in areas which undergo large industrial geomechanical transformations mainly as a result of open-cast mining of different minerals.