

## CZEŚĆ IX. GLEBY

Zygmunt Kamiński

### 1. OCENA JAKOŚCI GLEB

Gleba jest bardzo ważnym ogniwem agrosystemu, wpływającym na warunki wzrostu i rozwoju roślin. Uzyskiwanie dobrych jakościowo plonów uzależnione jest od bardzo wielu czynników, a powodzenie w produkcji rolnej można uzyskać jedynie w wyniku dogłębnego poznania i umiejętnego wykorzystania zarówno praw przyrody, fizjologii roślin, agrochemii, a szczególnie właściwości i żyzności gleb.

Gleba obok powietrza, wody i światła jest jednym z podstawowych elementów biosfery, a zarazem głównym czynnikiem warunkującym produkcję żywności. Charakteryzuje się ona określonymi właściwościami fizyczno-chemicznymi oraz biologicznymi, ukształtowanymi pod wpływem naturalnych i antropogenicznych czynników procesu glebotwórczego.

Gleba jest żywym układem dynamicznym, a związki organiczne i mineralne znajdujące się w niej ulegają ciągłym przemianom, co prowadzi do ich zwiększenia lub do ubytków, aż do całkowitego zubożenia gleby.

We współczesnym rolnictwie największe znaczenie mają oddziaływania następujących czynników degradujących i zubażających glebę:

- **chemiczne** – spadek zawartości próchnicy, silne zakwaszenie lub alkalizacja, nadmierne wyjałowienie gleby ze składników pokarmowych oraz zanieczyszczenie metalami ciężkimi i substancjami szkodliwymi,
- **biologiczne** – obniżenie biologicznej aktywności gleby i składu organizmów glebowych (mikroflory i mikrofauny),
- **mechaniczne** – pogorszenie struktury oraz zbytne ugniatanie warstw gleby,
- **fizyczne** – nasilenie procesów erozyjnych oraz nadmierne przesuszenie lub nawodnienie,
- **agrotechniczne** – wadliwy sposób użytkowania i uprawy gleby, nieprawidłowe zmianowanie roślin, powodujące jej zmęczenie.

Przywracanie naturalnych własności glebom zdegradowanym jest procesem trudnym i długotrwałym, dlatego wnikliwa obserwacja, a szczególnie systematyczne i ciągłe badania zmian ich właściwości fizyko-chemicznych i biologicznych są zagadnieniem bardzo istotnym w utrzymaniu kultury rolnej.



Miejscowość Hucisko, gmina Strawczyn

Dla jakości gleb najistotniejsze są:

- skład mechaniczny (granulometryczny),
- odczyn (zakwaszenie),
- zasobność w makro- i mikroelementy jako składniki pokarmowe roślin,
- zawartość substancji organicznej (próchnicy),
- zanieczyszczenie pierwiastkami toksycznymi, w tym metalami ciężkimi,
- właściwości biochemiczne i mikrobiologiczne.

Znajomość zawartości w glebach zarówno składników (pierwiastków przyswajalnych) pokarmowych, jak i metali ciężkich oraz ich zakwaszenia stała się zatem podstawowym wymogiem i koniecznym warunkiem utrzymania równowagi ekologicznej do prawidłowej produkcji rolniczej oraz utrzymania środowiska glebowego w odpowiednim stanie.

### 2. RODZAJE GLEB ROLNICZYCH

Obszar województwa świętokrzyskiego położony jest w zasięgu kilku makroregionów, co wpływa na silne zróżnicowanie warunków glebowych. Takie regiony jak Wyżyna Kielecka, Niecka Nidziańska, Wyżyna Przedborska czy Nizina Nadwiślańska różnią się zasadniczo budową geologiczną, rzeźbą terenu, stosunkami wodnymi oraz warunkami klimatycznymi. Skały macierzyste gleb są również silnie zróżnicowane, w związku z czym wszystkie te czynniki mają zasadniczy wpływ na jakość gleb i ich rolniczą przydatność. Takie zróżnicowanie terenu spowodowało dużą zmienność glebową, która zaznacza się w typologii, rodzajach i gatunkach gleb oraz ich lokalizacji przestrzennej. W związku z tym na terenie województwa występują różnorodne typy gleb, takie jak:

- **gleby bielcowe i pseudobielcowe** zajmujące w województwie największą powierzchnię. Wytworzyły się one na skałach macierzystych różnego pochodzenia geologicznego, ubogich

w składniki pokarmowe i przy współdziałaniu roślinności leśnej (lasy iglaste). Warunkami sprzyjającymi bielicowaniu są stosunkowo duże opady i niskie temperatury. Należą do gleb kwaśnych lub słabo kwaśnych i nie tworzą dużych kompleksów, lecz występują w mozaice z glebami brunatnymi,

- **gleby brunatne** wytworzyły się przy udziale roślinności leśnej, na różnych skałach macierzystych, zasobnych w glinokrzemiany zasadowe i węglan wapnia. Na terenie województwa zajmują drugie miejsce pod względem powierzchni występowania. Wśród tego typu gleb wyróżnia się gleby brunatne właściwe, które występują na terenach lessowych, gliniastych i piaszczystych polodowcowych oraz brunatne wylugowane, występujące na terenach infiltracyjnych, przemywanych przez wody opadowe lub na zwierzelinie piaskowców i piasków różnej genezy pozbawionych węglanu wapnia. W skład gleb brunatnych wchodzi jeszcze gleby brunatne kwaśne, gleby brunatne bielcowe (występują tylko w siedliskach leśnych) i gleby szarobrunatne,
- **czarnoziemy**, to gleby pochodzenia łąkowo-stepowego. Ich degradację przypisuje się późniejszemu pojawieniu się na nich roślinności leśnej. Z tych to względów na terenie województwa świętokrzyskiego dominują czarnoziemy zdegradowane i deluwialne. Są to gleby najżyźniejsze, charakteryzujące się dużą miąższością poziomu próchnicznego oraz zawartością próchnicy i w przeciwieństwie do wyżej wymienionych typów gleb, występują w zwartych kompleksach. Skałą macierzystą czarnoziemów są przeważnie utwory zwięzłe (gliny, iły, lessy) zasobne w węglany i minerały ilaste. Największe ich powierzchnie występują w południowej części województwa (Skalbmierz, Kazimierza Wielka), mniejsze w północno-wschodniej i wschodniej części (Waśniów, Opatów, Sandomierz) oraz w okolicach Pacanowa,
- **mady rzeczne** wytworzyły się z namulów osadzonych czasie wylewów w dolinach rzecznych w warunkach niesprzyjających rozwojowi procesu bagiennego. Dzieli się one na mady właściwe (gleby stosunkowo młode), rzeczne próchniczne (gleby bardzo żyzne) i rzeczne brunatne (najczęściej spotykane i najlepsze). Występują w dolinach wszystkich większych rzek (Wisły, Nidy i Kamiennej) i należą do żyźniejszych gleb na terenie województwa,
- **rędziny** są glebami powstałymi na zwierzelinie skał wapiennych, węglanowych lub siarczanowych. Skałami macierzystymi rędzin węglanowych są najczęściej wapienie różnych formacji geologicznych. W typie rędzin wyróż-

nia się siedem podtypów, a w dalszej kolejności w podtypach, wyróżnia się rędziny w zależności od rodzaju skał macierzystych, np. dewońskie, jurajskie, triasowe, trzeciorzędowe itp. Większe obszary rędzin, wytworzonych ze skał wapiennych węglanowych występują na obszarze Gór Świętokrzyskich, natomiast w okolicach Buska Zdroju i Wiślicy, na znacznym obszarze występuje odrębna grupa rędzin, tzw. rędziny siarczanowe,

- **gleby glejowe (pseudoglejowe i gruntowo-glejowe)** należą do grupy gleb bagiennych, które wytworzyły się w warunkach nadmiernego zawilgocenia przy współdziałaniu roślinności hydrofilnej. Gleby glejowe stanowią naturalne siedliska roślinności łąkowo-pastwiskowej, olsów, lasów łągowych oraz wilgotnych borów. Większe ich powierzchnie występują na terenach zbudowanych ze skał słabo przepuszczalnych, w zachodniej i północno-zachodniej części województwa.

### 3. BONITACJA GLEB I ICH OCENA SIEDLISKOWA

Wśród gruntów ornych województwa największy udział, wynoszący ok. 42%, stanowią gleby średnio ciężkie (lessy, rędziny, mady, gliny). Około 36% powierzchni gruntów ornych stanowią gleby bardzo lekkie (piaski, mady). Udział gleb bardzo ciężkich (rędziny, mady, iły, gliny) wynosi ok. 11%. Dwa ostatnie rodzaje gleb, gleby lekkie (piaski, pyły, rędziny) zajmują ok. 7% powierzchni oraz gleby ciężkie (rędziny, mady, gliny) tylko ok. 4% powierzchni gruntów ornych.

Poniżej przedstawiono procentowy udział gleb w poszczególnych klasach bonitacyjnych.

Według szacunkowych obliczeń około 25,8% gruntów ornych stanowią gleby najlepsze (kl. I-IIIa), występujące głównie w gminach południowej i wschodniej części województwa. Duży udział gleb najlepszych występuje w powiatach: kazimierskim – 74,3%, sandomierskim – 69,8% i opatowskim – 53,7%. Około 41,3% stanowią gleby średniej jakości (kl. IIIb-IVb), które dominują w środkowej i częściowo północnej części województwa.

Gleby słabe i najsłabsze (kl. V-VI) stanowią około 32,9%. Gleby te występują głównie w gminach północnej i środkowej części województwa. Największy udział gleb najsłabszych występuje w powiatach: koneckim – 73,1%, skarżyskim – 67,1% i włoszczowskim – 58,1%.

W województwie świętokrzyskim rozróżnia się 10 następujących kompleksów przydatności rolniczej gruntów ornych, które występują w ramach poszczególnych jednostek administracyjnych:

1. Gleby **kompleksu pszennego bardzo dobrego**, zaliczone do I i II klasy bonitacyjnej, występują w gminach: Czarnocin, Złota, Opatowiec, Kazimierza Wielka, Waśniów, Skalbmierz, Opatów, Dwikozy, Lipnik, Obrazów, Ożarów, Samborzec, Wojciechowice, Klimontów. Potencjalna produktywność tych gleb jest bardzo wysoka, nadają się pod uprawę roślin o największych wymaganiach siedliskowych (pszenica, buraki cukrowe, warzywa).
2. Gleby **kompleksu pszennego dobrego**, do którego zalicza się gleby klasy II, IIIa i IIIb, występują głównie w gminach: Dwikozy, Klimontów, Lipnik, Sadowie, Samborzec, Działoszyce, Czarnocin, Skalbmierz. Dobór roślin uprawnych pokrywa się z doбором roślin w kompleksie 1.
3. Gleby **kompleksu pszennego wadliwego** spotkać można na obszarach lessowych, położonych na stokach o spadku powyżej 6% oraz na obszarach rędzinowych. Większe obszary gleb tego kompleksu występują w gminach: Działoszyce, Pińczów, Miedziana Góra, Sadowie, Iwaniska i Wilczyce. Ze względu na wrażliwość tych gleb na suszę dobór roślin jest ograniczony.
4. **Kompleks żytni bardzo dobry** obejmuje gleby o wszechstronnej przydatności rolniczej. Większe obszary tego kompleksu występują w gminach: Strawczyn, Bałtów i Gnojno. Kompleks ten, w zależności od stopnia agrotechniki, przydatny do uprawy niemalże wszystkich roślin, przy gospodarce ekstensywnej najlepsze plony uzyskuje się z produkcji ziemniaków i żyta.
5. Gleby **kompleksu żytniego dobrego** spotyka się w północno-zachodniej części województwa oraz w rozproszeniu w różnych rejonach województwa. Większe obszary występują w gminach: Pierzchnica, Łopuszno, Suchedniów, Gnojno, Bałtów i Tarłów. W doborze roślin przeważa tu uprawa żyta i ziemniaków, a na wilgotniejszych glebach owies.
6. **Kompleks żytni słaby** występuje na terenie całego województwa. Większość tych gleb jest sucha i możliwość intensyfikacji na drodze nawożenia jest ograniczona. Największe powierzchnie tego kompleksu można spotkać w gminach: Chęciny, Łopuszno, Radoszyce, Końskie, Brody, Moskorzew, Fałków, Radków, Gowarczów i Staszów. Dobór roślin w tym kompleksie jest zredukowany, uprawia się tutaj najczęściej żyto, seradełę, łubin i tytoń oraz owies.
7. **Kompleks żytni bardzo słaby** obejmuje gleby ubogie w składniki pokarmowe i suche. Gleby tego typu występują w rozproszeniu na terenie całego województwa. Największe ich powierzchnie są w gminach: Krasocin, Daleszyce, Moskorzew, Secemin, Końskie, Chęciny, Małogoszcz, Fałków, Kluczewsko, Gowarczów, Piekoszów,

Stąporków i Sitkówka. Zakres upraw na ogół zawęża się do żyta, łubinu i seradeli.

8. Gleby **kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego** występują również na terenie całego województwa, ale najwięcej w gminach: Solec Zdrój, Masłów, Pacanów, Nowa Słupia, Tuczępy, Wiślica, Bieliny, Łubnice, Baćkowice, Połaniec, Rytwiany, Iwaniska i Staszów. Gleby tego kompleksu użytkuje się przemienne jako użytki zielone i grunty orne.
9. **Kompleks zbożowo-pastewny słaby** występuje głównie w dolinach rzecznych i na obszarach piaszczystych. Gleby tego kompleksu najliczniej występują w gminach: Bliżyn, Radoszyce, Mniów, Stąporków, Oleśnica, Secemin, Kluczewsko, Fałków, Osiek, Staszów, Rytwiany i Połaniec. W doborze roślin przeważa tu żyto i ziemniaki.

Pod względem oceny jakości i przydatności gleb (według IUNG) najwyższy wskaźnik waloryzacji mają gleby w powiatach: kazimierskim (77,1pkt), sandomierskim (75,0 pkt) i opatowskim (69,1 pkt); najniższy jest w powiatach: koneckim (32,1pkt), skarżyskim (34,4 pkt) i kieleckim (39,7 pkt); przy średniej dla województwa (**52,2 pkt**) i kraju (**49,5 pkt**).

W ogólnej ocenie waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej, uwzględniającej jakość gleb, agroklimat, stosunki wodne i rzeźbę terenu – do **grupy gmin** powyżej 100 pkt wchodzi: Obrazów (107,2), Wojciechowice (104,4), Lipnik (103,7), Sandomierz (101,7), Czarnocin (100,9) i Dwikozy (100,7), natomiast do **grupy gmin** poniżej 50 pkt wchodzi: Zagnańsk (49,8), Sitkówka-Nowiny (49,3), Morawica (49,0), Mniów (48,6), Stąporków (45,8), Daleszyce (45,8), Krasocin (45,7) i Chęciny (45,4).

Ogólny syntetyczny wskaźnik jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej województwa świętokrzyskiego jest wyższy od średniego dla Polski (**66,6 pkt**) i wynosi **69,3 pkt**, stawiając go na 7 miejscu w kraju.

#### 4. EROZJA GLEB

Kolejnym czynnikiem degradującym jest proces erozji polegający na zmywaniu, żłobieniu lub zwiewaniu wierzchniej warstwy gleby. Podatność gleb na erozję zależy od ich właściwości fizycznych, rzeźby terenu, ilości i nasilenia opadów atmosferycznych oraz struktury użytków. Rozróżnia się trzy rodzaje erozji: wodną powierzchniową, wietrzną i wąwozową.

Na erozję wodną powierzchniową narażone są przede wszystkim gleby lessowe i pyłowe, położone na stokach. Erozja bardzo silna występuje na stokach o nachyleniu powyżej 15°. Powoduje ona nie tylko zniszczenie całego profilu gleby, ale także inicjuje rozcięcie powierzchni terenu.

Erozji wietrznej ulegają przede wszystkim gleby piaszczyste, zalegające na powierzchniach pozbawionych szaty roślinnej. W naszych warunkach klimatycznych erozja wietrzna atakuje najsilniej piaski luźne i słabo gliniaste.

Erozja wąwozowa występuje głównie w krainach górskich oraz na terenach podgórskich i wyżynnych, na obszarach lessowych szczególnie silnie urzeźbionych.

Ogółem na obszarze woj. świętokrzyskiego ok. 38% powierzchni użytków rolnych położonych jest na spadkach powyżej 3°, a więc jest zagrożonych przez erozję potencjalną. Na erozję wodną narażone są grunty orne położone w dolinie Wisły oraz w gminach: Sadowie, Opatów, Iwaniska i Baćkowie w powiecie opatowskim i gminy Obrazów, Klimontów, Sandomierz i Dwikozy w powiecie sandomierskim.

Na erozję wietrzną narażone są przede wszystkim grunty znajdujące się w powiatach sandomierskim, kieleckim, częściowo w staszowskim i opatowskim. Około 60% powierzchni ornej w gminach, gdzie lesistość jest bardzo niska, a gleby są podatne na wywiewanie, ulega erozji wietrznej. Gleby te występują głównie w gminach położonych na Wyżynie Sandomierskiej, Pogórze Szydłowskim, w Górach Świętokrzyskich i Przedgórzu Łżeckim.

Znaczne rozmiary erozji wąwozowej można spotkać w powiecie sandomierskim i pińczowskim. Największe obszary rozczłonkowane przez erozję wąwozową występują w gminach: Dwikozy, Obrazów, Klimontów, Samborzec, Zawichost, Lipnik, Sandomierz, Bogoria, Ćmielów, Opatów i Ożarów. Ta część województwa jest bardzo silnie zdegradowana przez erozję wąwozową.

Zagrożenie gleb woj. świętokrzyskiego przez erozję jest bardzo poważne, bowiem występują wszystkie jej rodzaje. Zachodzi więc konieczność stosowania zarówno profilaktycznych zabiegów przeciwozyjnych, jak i bezpośrednich sposobów zmagania się z tym groźnym dla rolnictwa zjawiskiem przyrodniczym.

## 5. WŁAŚCIWOŚCI AGROCHEMICZNE GLEB

Przeprowadzone przez Okręgową Stację Chemiczno-Rolniczą w Kielcach badania za okres 2001-2005 (5-letnie) wykazują utrzymywanie się stanu zakwaszenia gleb i zasobności w podstawowe składniki pokarmowe na zbliżonym poziomie do wyników z poprzednich okresów badań.

### Zakwaszenie gleb

Odczyn (pH) gleby zależy od rodzaju skały macierzystej, składu granulometrycznego (zwięzłości) oraz zabiegów agrotechnicznych. Reguluje

on pobieranie składników pokarmowych przez rośliny z gleby. Odczyn kwaśny ogranicza pobieranie przyswajalnych składników z gleby, a równocześnie zwiększa dostępność metali ciężkich i pierwiastków szkodliwych.

Z badań wynika, że na terenie woj. świętokrzyskiego przeważają gleby zakwaszone (53%), w tym o odczynie bardzo kwaśnym 20%, kwaśnym 24%, lekko kwaśnym 20%, obojętnym 17% i zasadowym 19%.

Największy udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych (pH do 5,5) występuje na terenach, gdzie przeważają gleby bardzo lekkie i lekkie (bielicowe). Najwięcej gleb zakwaszonych jest w powiatach: skarżyskim – 85%, koneckim – 77% i włoszczowskim – 70%, najmniej w powiatach: sandomierskim – 25% oraz kazimierskim i pińczowskim po 20% (rys. 53).

W odniesieniu do potrzeb wapnowania wynikających z zakwaszenia gleb wapnowania koniecznego wymaga 26%, potrzebnego 12%, wskazane na 11%, a ograniczone i zbędne 51%.

Wapnowanie jest jednym z głównych zabiegów agrotechnicznych, które ma wpływ na żyzność gleby i zwiększenie jej zdolności produkcyjnych. Jest również najbardziej efektywnym sposobem ograniczania istniejących i potencjalnych skutków zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi.

### Zawartość przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu

Stan zasobności gleb w przyswajalne makroelementy jest w znacznym stopniu związany ze składem geochemicznym gleby, ale równocześnie jest wskaźnikiem poziomu produkcji roślinnej (m.in. wielkości nawożenia). Znajomość zawartości tych składników w glebie jest podstawą do prowadzenia zrównoważonego i racjonalnego nawożenia, zgodnie z Kodeksem Dobrej Praktyki Rolniczej, uwzględniającego jego optymalizację ekonomiczną i ekologiczną. Zasobność gleb województwa świętokrzyskiego w makroelementy przedstawiono w tabeli 56.

Bardzo niską i niską zawartość fosforu wykazuje 56% badanych gleb. Najbardziej ubogie w fosfor są gleby w powiatach: staszowskim – 83%, starachowickim – 76% i koneckim – 65%. Podobnie bardzo niska i niska zawartość potasu występuje na 59% badanych gleb. Najbardziej ubogie w potas są gleby w powiatach: skarżyskim i staszowskim – po 72% i koneckim – 65%.

Inaczej przedstawia się zasobność gleb w magnez, gdyż aż 72% gleb użytków rolnych wykazuje korzystną zawartość, a tylko 26% gleb zawartość bardzo niską i niską.

Generalnie należy stwierdzić, że najmniej gleb zakwaszonych oraz zasobnych w składniki pokarmowe jest w południowej i wschodnio-południowej części województwa świętokrzyskiego. Udział

Rys. 53. Zakwaszenie gleb województwa świętokrzyskiego

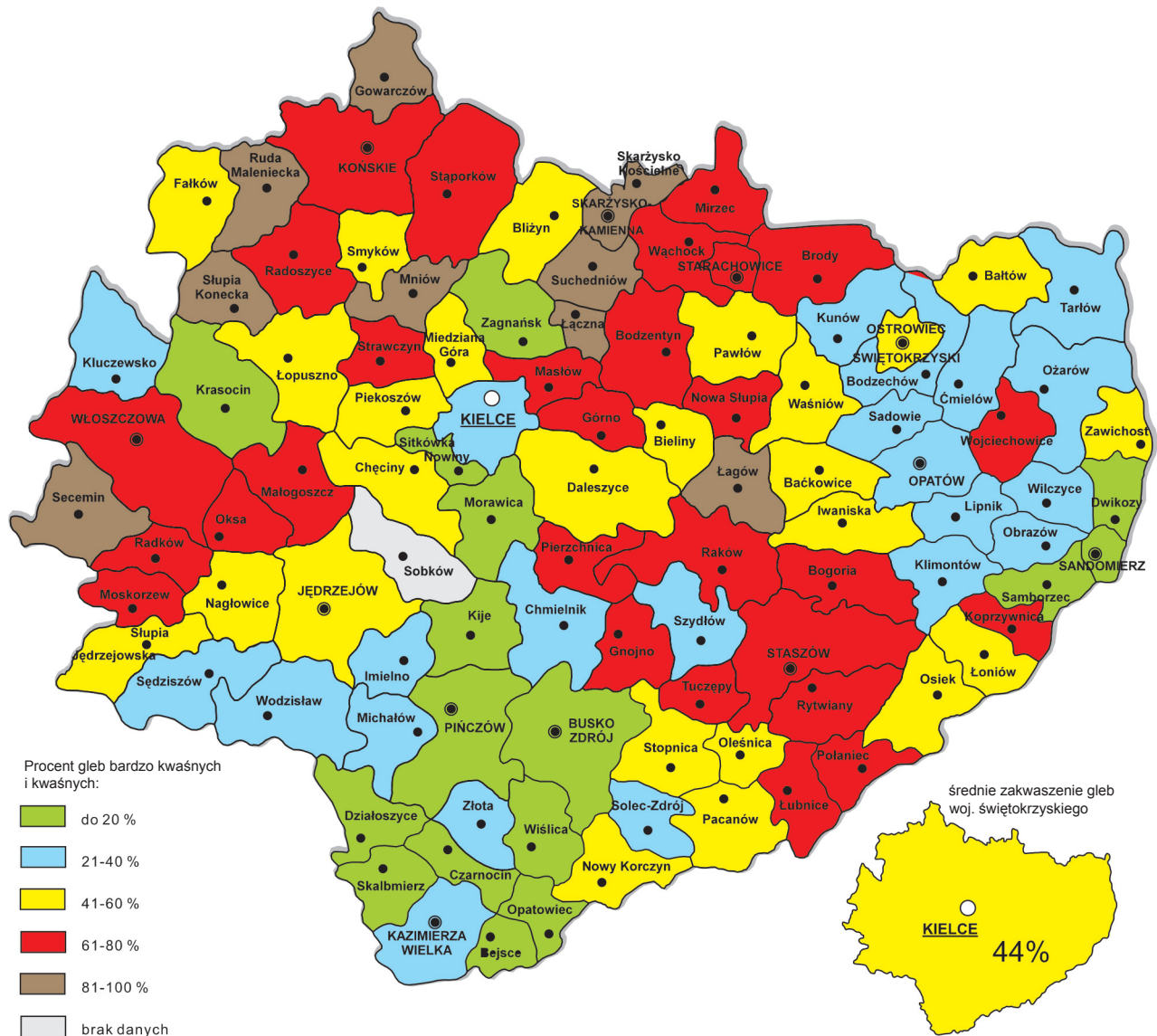


Tabela 56. Zasobność gleb województwa świętokrzyskiego w makroelementy

Zawartość	Zasobność gleb w % pow. użytków rolnych		
	fosfor	potas	magnez
bardzo niska	26	27	10
niska	30	32	16
średnia	16	20	22
wysoka	10	10	19
bardzo wysoka	18	11	33

zakwaszenia i niskiej zasobności w makroelementy gleb poszczególnych powiatów podano w tabeli 57.

Wyniki badań zakwaszenia i zasobności gleb w fosfor, potas i magnez dla obszaru całego województwa za lata 2001–2005 roku zobrazowano

na rys. 54., natomiast dynamikę tych czynników w przekroju lat 2001–2005 przedstawia tabela 58.

Zużycie nawozów mineralnych i wapna nawozowego w woj. świętokrzyskim jest stosunkowo niskie (tabela 59), co ma niekorzystny wpływ na właściwości agrochemiczne gleb i plonowanie roślin.

Tabela 57. Zakwaszenie, potrzeby wapnowania i zasobność w składniki pokarmowe gleb użytków rolnych województwa świętokrzyskiego za lata 2001-2005 (w % powierzchni użytków rolnych)

Lp.	Powiat Miasto	Odczyn bardzo kwaśny i kwaśny %	Potrzeby wapno- wania konieczne i potrzebne %	Zawartość składnika bardzo niska i niska		
				Fosfor %	Potas %	Magnez %
1	buski	37	25	59	61	29
2	jędrzejowski	44	34	60	59	38
3	kazimierski	20	19	33	61	1
4	kielecki	61	49	64	55	39
5	konecki	77	65	74	72	40
6	opatowski	34	38	49	52	23
7	ostrowiecki	44	45	50	65	16
8	pińczowski	20	19	49	63	24
9	sandomierski	25	29	38	47	12
10	skarżyski	85	80	59	72	53
11	starachowicki	62	55	76	63	35
12	staszowski	65	55	83	72	30
13	włoszczowski	70	57	66	55	39
14	Kielce miasto	34	29	59	63	24
województwo świętokrzyskie		44	38	56	59	26
POLSKA		57	57	41	49	37

Rys. 54. Wyniki badań gleb w województwie świętokrzyskim za lata 2001-2005 (w % powierzchni użytków rolnych)

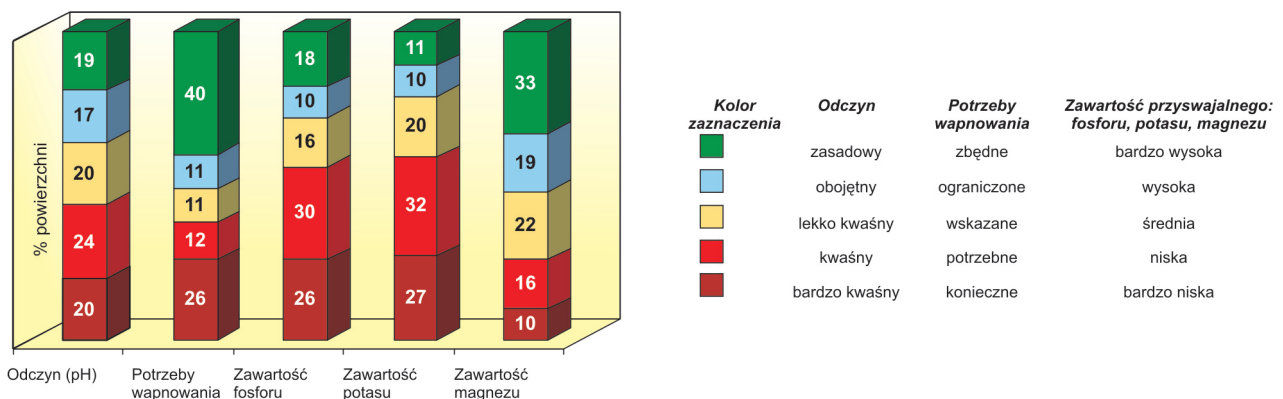


Tabela 58. Zmiany w zakwaszeniu i zasobności gleb w fosfor, potas i magnez w województwie świętokrzyskim za lata 2001-2005 (w % powierzchni użytków rolnych)

Lata badań (okresy)	Zakwaszenie (odczyn) bardzo kwaśny + kwaśny	Potrzeby wapnowa- nia konieczne + potrzebne	Zawartość składnika bardzo niska + niska		
			Fosfor	Potas	Magnez
1997 – 2001	54	48	52	53	22
1998 – 2002	52	48	53	54	23
1999 – 2003	51	47	57	58	20
2000 – 2004	48	43	56	59	23
2001 – 2005	44	38	56	59	26
<b>Różnica (plus-minus)</b>	<b>+ 10</b>	<b>+ 10</b>	<b>- 4</b>	<b>- 6</b>	<b>- 4</b>

Tabela 59. Zużycie nawozów mineralnych i wapna nawozowego (w kg czystego składnika na 1 ha użytków rolnych) w roku 2004/2005 (dane GUS)

nawozy mineralne i wapno nawozowe	województwo świętokrzyskie	Polska	Dynamika 2003/2004 : 2004/2005			
			województwo świętokrzyskie		Polska	
			kg	%	kg	%
NPK	84,2	102,4	11,2	115,3	3,1	103,2
w tym:						
N	44,6	56,3	5,6	114,4	1,5	102,7
P	21,7	20,4	3,8	121,2	0,7	103,6
K	17,9	25,7	1,8	111,2	0,9	103,6
CaO	82,1	91,5	22,7	138,2	- 2,0	97,9

## 6. ZANIECZYSZCZENIE GLEB METALAMI CIĘŻKIMI I SIARKĄ

### 6.1. Źródła zanieczyszczenia gleb

Emisja pyłów, zwłaszcza metalonośnych, oraz gazów przemysłowych i komunalnych jest podstawową przyczyną zanieczyszczenia gleb terenów rolniczych. Stopień zanieczyszczenia gleb i roślin pierwiastkami metali ciężkich i siarką zależy od wielu czynników, między innymi od usytuowania i odległości od źródeł emisji. Znajomość stopnia zanieczyszczenia obszarów rolniczych tymi pierwiastkami pozwala podejmować działania zmierzające do zmniejszenia zawartości pierwiastków śladowych w roślinach uprawnych.

Zachowanie się metali ciężkich i siarki w glebach jest wypadkową naturalnych właściwości gleb oraz czynników zewnętrznych, a mianowicie: klimatycznych, biologicznych oraz związanych z działalnością człowieka (antropogenicznych).

Jednym z głównych czynników glebowych, decydujących o ruchliwości metali ciężkich, jest odczyn pH. Prawie wszystkie metale są bardziej ruchliwe i łatwiej pobierane przez rośliny z gleb kwaśnych. Na ogół intensywność pobierania metali ciężkich przez rośliny maleje w miarę wzrostu wartości pH gleb (do około 6,5–7,5).

Wszystkie gleby zawierają pewne ilości pierwiastków śladowych. Do tej grupy pierwiastków zaliczane są przede wszystkim: kadm, ołów, chrom, nikiel, miedź, cynk i mangan. Zawartości tych metali w glebach uwarunkowane są wieloma czynnikami, do których zalicza się głównie: rodzaj skały macierzystej, z której wykształciła się gleba, zanieczyszczenia zewnętrzne spowodowane przez przemysł, energetykę, działalność komunalną, motoryzację i utylizację rolniczą odpadów przemysłowych i komunalnych oraz stosowanie różnorodnych agrochemikaliów zawierających pierwiastki śladowe.

Bardzo istotne, w aspekcie badań środowiska, jest chemiczne zanieczyszczenie gleby, a w szczególności zanieczyszczenie metalami ciężkimi i siarką.

Degradacja chemiczna gleby występuje głównie:

- na terenach i w otoczeniu dużych zakładów przemysłowych, w tym głównie przemysłu chemicznego,
- w aglomeracjach miejsko-przemysłowych,
- na terenach składowania odpadów przemysłowych i komunalnych,
- wzdłuż dróg o bardzo dużym natężeniu transportu kołowego,
- na terenach górnictwa surowców mineralnych,
- nieodpowiednie stosowanie chemicznych środków do produkcji rolnej.

Ze wszystkich elementów środowiska naturalnego, gleba opiera się najdłużej presji czynników degradujących, lecz jej zanieczyszczenie z reguły ma charakter trwały i nie należy oczekiwać szybkiego jej oczyszczenia.

Prowadzony program badań gleb miał za zadanie określenie faktycznego stopnia ich zanieczyszczenia, w celu wypracowania skutecznych metod umożliwiających zapobieganie niekorzystnym zjawiskom.

### 6.2. Wyniki badań zanieczyszczeń gleb metalami ciężkimi

W latach 1992-1997, w ramach Ogólnokrajowego Programu Badań Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej, Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Kielcach, pod kierunkiem IUNG w Puławach, przeprowadziła badania gleb mające na celu ocenę stopnia zanieczyszczenia tego elementu środowiska. W województwie świętokrzyskim przebadano łącznie 1898 próbek gleb. Według przyjętej siatki, 1 punkt poboru reprezentował około 400 ha użytków rolnych. Z badań wyłączono tereny położone w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł zanieczyszczeń przemysłowych oraz blisko tras komunikacyjnych o nasilonym ruchu.

Pobrane próby glebowe analizowano pod względem zawartości metali ciężkich, tj. **kadmu, ołowiu, niklu, miedzi i cynku**.

Aktualnie obowiązujące kryteria oceny zanieczyszczeń gleb metalami ciężkimi zawarte w załączniku do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów

jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165 z 2002 r., poz. 1359) oraz załączniku do rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie dopuszczalnych

**Tabela 60. Ocena zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi**

Lp.	METALE CIĘŻKIE	I. WARTOŚCI DOPUSZCZALNE STĘŻEŃ METALI CIĘŻKICH W GLEBIE LUB ZIEMI (mg /kg suchej masy)		II. WARTOŚCI DOPUSZCZALNE STĘŻENIA METALI CIĘŻKICH ZANIECZYSZCZAJĄCYCH GLEBĘ (w mg/kg suchej masy)		
		Wyciąg z załącznika do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, poz. 1359)		Wyciąg z załącznika do rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie dopuszczalnych stężeń metali ciężkich zanieczyszczających glebę w gospodarstwach rolnictwa ekologicznego (Dz. U. Nr 37, poz. 344)		
		Rodzaj gruntów		Rodzaj gleby		
		grupa A*	grupa B** warstwa 0-30 cm	lekka <sup>1/</sup>	średniociężka <sup>2/</sup>	ciężka <sup>3/</sup>
1	Kadm (Cd)	1	4	0,75	1	1,5
2	Ołów (Pb)	50	100	50	70	100
3	Chrom (Cr)	50	150	50	80	100
4	Nikiel (Ni)	35	100	30	50	75
5	Miedź (Cu)	30	150	30	50	70
6	Cynk (Zn)	100	300	100	200	300
7	Rtęć (Hg)	0,5	2	0,5	1	2

Objaśnienia:

\* Grupa A:

- nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie przepisów ustawy – Prawo wodne
- obszary poddane ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody; jeżeli utrzymanie aktualnego poziomu zanieczyszczenia gruntów nie stwarza zagrożenia dla zdrowia ludzi lub środowiska – dla obszarów tych stężenia zachowują standardy wynikające ze stanu faktycznego.

\*\* Grupa B – grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych.

Rodzaj gleby – kategoria agronomiczna:

1/ Gleba zawierająca do 20% frakcji sflawialnej,

2/ Gleba zawierająca od 21% do 35% frakcji sflawianej

3/ Gleba zawierająca powyżej 35% frakcji sflawialnej

**Tabela 61. Zawartość metali ciężkich w glebach województwa świętokrzyskiego na tle ich zawartości w Polsce**

Metale ciężkie		Ilość prób	Średnia geometryczna	Zakres stwierdzony
			w mg/kg	
Kadm (Cd)	a	1 898	0,33	0,02-1,85
	b	48 594	0,21	0,01-49,73
Ołów (Pb)	a	1 898	16,9	1,50-100,2
	b	48 594	13,6	0,1-5000,0
Cynk (Zn)	a	1 898	50,9	2,0-332,2
	b	48 594	32,4	0,5-5754,0
Miedź (Cu)	a	1 898	8,5	0,5-78,8
	b	48 594	6,5	0,2-725
Nikiel (Ni)	a	1 898	10,1	0,5-60,0
	b	48 594	6,2	0,1-328,3

a – województwo świętokrzyskie; b – Polska

stężenie metali ciężkich zanieczyszczających glebę w gospodarstwach rolnictwa ekologicznego (Dz. U. Nr 37, poz. 344) zestawiono w tabeli 60.

Zawartość metali ciężkich w glebach województwa świętokrzyskiego na tle ich zawartości w Polsce przedstawia tabela 61.

Podsumowując całość przeprowadzonych badań pod względem zawartości metali ciężkich w odniesieniu do standardów jakości gleb użytkowanych rolniczo stwierdzić należy, że tylko w kilku przypadkach zanotowano przekroczenie

(zanieczyszczenie) w glebach powiatu kieleckiego (gm. Miedziana Góra) pierwiastka **ołowiu i miedzi** oraz w glebach powiatu buskiego (gm. Nowy Korczyn) pierwiastka **cynku** (tabela 62). Stwierdzone zanieczyszczenia mają charakter punktowy, a nie przestrzenny.

Badania te potwierdzają, że gleby w woj. świętokrzyskim odpowiadają warunkom do podejmowania upraw rolniczych metodami ekologicznymi i produkcji nieskażonej żywności.

**Tabela 62. Zawartość badanych metali ciężkich w układzie poszczególnych powiatów województwa świętokrzyskiego**

Powiat	Ilość prób	Pierwiastek	Zawartość w mg/k		
			minimalna	maksymalna	średnia
1	2	3	4	5	6
miasto Kielce	8	Cd	0,36	1,18	0,57
		Cu	0,8	78,8	16,8
		Ni	1,0	29,5	9,0
		Pb	9,0	68,0	37,6
		Zn	9,3	165,8	78,4
powiat buski	146	Cd	0,03	1,29	0,30
		Cu	1,0	28,5	9,8
		Ni	1,2	60,0	13,6
		Pb	3,0	70,0	15,3
		Zn	6,0	332,2	58,6
powiat jędrzejowski	38	Cd	0,04	1,63	0,36
		Cu	0,5	25,5	5,9
		Ni	0,5	38,0	8,1
		Pb	1,5	47,5	15,1
		Zn	2,5	271,5	52,6
powiat kazimierski	67	Cd	0,14	0,93	0,41
		Cu	1,9	30,8	11,7
		Ni	3,3	25,0	16,5
		Pb	6,2	70,0	21,2
		Zn	19,8	194,1	78,3
powiat kielecki	370	Cd	0,07	1,6	0,36
		Cu	0,8	44,2	6,2
		Ni	1,0	47,5	7,8
		Pb	4,5	100,2	20,7
		Zn	5,6	213,9	53,3
powiat konecki	159	Cd	0,02	0,99	0,22
		Cu	1,2	20,3	5,1
		Ni	1,0	24,0	5,2
		Pb	3,5	34,0	12,8
		Zn	6,2	156,6	26,0
powiat opatowski	185	Cd	0,2	0,77	0,26
		Cu	0,9	22,5	7,9
		Ni	1,1	32,5	11,2
		Pb	3,0	52,0	14,2
		Zn	8,9	103,5	40,7
powiat ostrowiecki	118	Cd	0,08	0,56	0,26
		Cu	1,2	29,5	7,1
		Ni	1,2	34,8	11,5
		Pb	3,5	58,5	14,7
		Zn	10,0	253,0	55,5

1	2	3	4	5	6
powiat pińczowski	92	Cd	0,13	1,5	0,47
		Cu	1,8	23,0	10,1
		Ni	1,3	39,0	14,3
		Pb	5,0	93,3	17,2
		Zn	14,8	178,8	64,1
powiat sandomierski	112	Cd	0,05	0,75	0,25
		Cu	1,6	68,0	13,5
		Ni	1,3	35,5	15,3
		Pb	4,0	46,8	12,9
		Zn	6,9	152,4	47,9
powiat skarżyski	57	Cd	0,07	0,8	0,24
		Cu	1,3	14,6	5,2
		Ni	0,7	28,7	5,9
		Pb	4,0	95,5	12,1
		Zn	6,2	128,8	39,5
powiat starachowicki	76	Cd	0,05	0,48	0,22
		Cu	0,8	16,5	5,2
		Ni	0,5	28,0	6,0
		Pb	2,9	55,0	11,8
		Zn	4,1	109,0	35,1
powiat staszowski	161	Cd	0,05	0,7	0,26
		Cu	1,1	32,2	6,9
		Ni	1,0	46,5	10,0
		Pb	2,1	43,0	13,3
		Zn	5,1	238,4	40,4
powiat włoszczowski	109	Cd	0,07	1,85	0,54
		Cu	1,0	20,1	7,1
		Ni	0,5	20,1	7,5
		Pb	2,5	57,5	18,6
		Zn	2,0	227,9	43,2

### 6.3. Wyniki badań zanieczyszczeń gleb siarką

Siarka w glebie występuje w różnych formach, lecz z punktu widzenia rolnictwa i ochrony środowiska najistotniejsze jest jej występowanie w związkach siarczanowych.

Siarka siarczanowa jest składnikiem pokarmowym, a jej nadmiar – wskaźnikiem antropogenicznego zanieczyszczenia środowiska glebowego.

Zawartość siarki w glebach ocenia się na podstawie liczb granicznych opracowanych przez IUNG w Puławach – „Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb siarką” (B.M.S., Warszawa 1995).

Skalę naturalnej zawartości siarki określają stopnie 0, 1 i 2, jako zawartość niską, średnią i wysoką. Są to zawartości naturalne, niezbędne do rozwoju roślin. Dopiero stopień 3 określa zawartość bardzo wysoką.

Zawartość siarki siarczanowej w badanych glebach województwa świętokrzyskiego waha się w granicach 0,02 – 41,75 mg/100 g gleby. Przeciętna zawartość siarki siarczanowej kształtuje się na poziomie 2,02 mg/100 g gleby. Niską zasobność gleb w siarkę siarczanową stwierdzono w 75,34%, średnią w 13,96% i wysoką w 5,43% prób. Tylko 5,27% ogólnej ilości zbadanych próbek wykazało

bardzo wysokie ilości siarki (skażenie siarką – zasiarczenie).

Najwięcej gleb zanieczyszczonych siarką jest w powiatach: kazimierskim (19,4%), skarżyskim (12,3%) i włoszczowskim (11,9%), najmniej zaś w powiatach: koneckim (1,9%), jędrzejowskim (2,1%) i opatowskim (3,2%).

## 7. BADANIA MONITORINGOWE GLEB I WÓD GRUNTOWYCH

Od roku 1997 na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi pod nadzorem metodycznym Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach wykonywane są badania monitoringowe azotu mineralnego (N-min) w glebach gruntów ornych. Obejmują one 303 stałe punkty, zlokalizowane na gruntach ornych, z których pobierane są w dwóch terminach (wczesna wiosna i jesień) próbki gleb z trzech warstw (0-0 cm, 30-60 cm, 60-90 cm). W ciągu roku badania zawartości azotu wykonywane są w 1812 próbkach glebowych.

Monitoring stanu żyzności gleb i stanu chemicznego wód gruntowych prowadzony jest w 60 gospodarstwach, w których wyznaczono punkty

kontrolne do pobierania próbek gleby i wód gruntowych.

Łączna ilość pól objętych badaniami wynosi 260. Obok próbek gleby monitoringiem objęte są wody drenarskie (glebowe) – 151 próbek. Zakres badania gleb obejmuje, oznaczanie właściwości fizykochemicznych – kwasowość hydrolityczną, odczyn (pH), zawartość próchnicy, zawartość kationów wymiennych i zawartość makroelementów. Zakres badania próbek wody gruntowej obejmuje oznaczenie zawartości anionów i kationów. Wyniki badań analitycznych łącznie z częścią informacyjną sporządzoną przez specjalistów terenowych stacji chemiczno-rolniczych, dotyczącą gatunku uprawianych roślin na danym polu oraz poziomu nawożenia, są przekazane do Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach i udostępniane praktyce rolniczej.

### 7.1. Badania zawartości azotu mineralnego w glebach

W badaniach monitoringowych zawartości azotu mineralnego w glebach ornych Polski, zarówno w aspekcie rolniczym, jak i ochrony środowiska, Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Kielcach uczestniczy od 1997 r.

W badaniach obejmuje się azot w formie azotanowej ( $\text{NO}_3^-$ ) i amonowej ( $\text{NH}_4^+$ ), jako łączny azot mineralny (N-min).

Wpływ na zawartość azotu mineralnego (N-min.) w glebie mają właściwości glebowe, ilość opadów atmosferycznych oraz nawożenie azotem w formie nawozów naturalnych i mineralnych pod uprawiane rośliny.

Badania te są zlokalizowane w stałych punktach kontrolnych (na polach, w gospodarstwach) rozmieszczonych w każdej gminie województwa (w ilości 1-3 pól). W każdym punkcie pobierane są próbki glebowe z 3 poziomów profilu glebowego, a mianowicie 0-30 cm, 31-60 cm i 61-90 cm, w dwóch terminach: wczesno-wiosennym i po zbiorach roślin (jesienią). Punkty zlokalizowano na glebach bardzo lekkich (36), lekkich (23), średnich (56) i ciężkich (27) – łącznie 142. Wyniki średniej zawartości azotu mineralnego w profilu glebowym

0-90 cm w województwie świętokrzyskim w 2005 roku przedstawia tabela 63.

Badania monitoringowe prowadzone są w oparciu o ustalenia (instrukcję) Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach oraz zbierane tam i przetwarzane wszystkie uzyskiwane wyniki. W zależności od zawartości azotu (N-min) w glebach w warstwie od 0-30 cm wydzielono w kraju 7 grup województw, gdzie woj. świętokrzyskie znalazło się w 2 grupie o niskiej zawartości azotu.

Należy zaznaczyć, że zawartość azotu mineralnego w warstwie ornej (0-30 cm) w próbkach badanych wiosną w 2005 r. stanowi średnio 41% całkowitej jego zawartości w całym profilu glebowym (0-90 cm) i waha się od 18 do 64%, a w próbkach pobranych po zbiorach roślin zawartość ta stanowi 43% i waha się od 23 do 70%.

Azot w okresie wiosny nie stwarza zagrożenia dla wód gruntowych, ponieważ pobierany jest przez rośliny, natomiast podwyższona jego zawartość w okresie jesiennym może zanieczyszczać wody gruntowe.

Z przeprowadzonej analizy zawartości azotu mineralnego w poszczególnych poziomach wynika, że w warstwie od 0-60 cm, czyli w warstwie gleby dostępnej dla większości uprawianych roślin znajduje się około 78% azotu mineralnego, a w warstwie od 61-90 cm tylko około 22%, co nie zagraża zanieczyszczeniu wód glebowych azotem pochodzenia rolniczego.

Zawartość azotu mineralnego w warstwie do 60 cm jest głównie wykorzystywana przez rośliny, natomiast w warstwie od 61-90 cm może stanowić zagrożenie dla wód glebowych. Wyższe zawartości azotu w glebach w okresie wiosennym nie stanowią zagrożenia dla wód glebowych, ponieważ azot w okresie wegetacyjnym jest wykorzystany przez rośliny.

Przestrzegając zasad Dyrektywy Azotanowej – dla rolników, u których w okresie jesieni wartości azotu mineralnego wyniosły ponad 300 kg/ha w całym profilu glebowym, zostały wystosowane odpowiednie zalecenia, mające na celu uniknięcie przedostania się azotu do wód gruntowych. Należy zaznaczyć, że za rok 2005 nieznaczne przekroczenie granicy 300 kg azotu mineralnego wystąpiło tylko w dwóch gospodarstwach na 142 zbadane.

**Tabela 63. Wyniki średniej zawartości azotu (N-min.) w kg/ha w profilu glebowym 0-90 cm w województwie świętokrzyskim w 2005 r.**

Kategoria gleby (zwięzłość)	Wczesna wiosna	Po zbiorach roślin (jesień)
Gleby bardzo lekkie	75	72
Gleby lekkie	112	101
Gleby średnie	140	96
Gleby ciężkie	147	106
<b>Przeciętna zawartość N-min</b>	<b>118,5</b>	<b>93,8</b>

Przyjęto, że zawartość azotu mineralnego w glebie w całym profilu 0–90 cm przekraczająca 300 kg/ha w okresie jesieni poprzez wymywanie tego składnika w głąb i przedostawanie się do wód gruntowych, powoduje zanieczyszczenie ich azotem pochodzenia rolniczego.

Na podstawie powyższych wyników województwo świętokrzyskie stawiane jest w grupie województw o niskiej zawartości azotu w glebach. Wyniki badań przekazywane są sukcesywnie do Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, w celu ich praktycznego wykorzystania w stosowaniu nawożenia azotem w poszczególnych regionach kraju.

## 7.2. Kontrola stanu wód glebowych

Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Kielcach od 1998 roku uczestniczy w ogólnopolskim monitoringu dotyczącym badania wód glebowych w gospodarstwach rolnych. Badania te prowadzone są w 39 gospodarstwach, w których zlokalizowane jest 76 punktów pobierania wody (ujścia drenów, studzienki melioracyjne, rowy melioracyjne i piezometry).

Próbki wody pobierane są dwa razy w roku – wiosną i jesienią. W województwie świętokrzyskim w okresie wiosny pobrane zostały 152 próbki wody, a w okresie jesieni 123 próbki.

Średnią zawartość składników mineralnych (kationów i anionów) w mg/dm<sup>3</sup> w badanych wodach glebowych woj. świętokrzyskiego w latach 2004-2005, pobranych wiosną i jesienią, na tle średnich wyników w kraju, a także w porównaniu do średnich zawartości podawanych w literaturze, przedstawia tabela 64.

Przedstawione wyniki świadczą, że średnie zawartości składników w wodach naszego województwa są zbliżone do średnich krajowych i mieszczą się w przedziałach średnich zawartości stężeń tych składników wg literatury rolniczej.

Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Kielcach posiada laboratorium dobrze wyposażone w aparaturę kontrolno-pomiarową dostosowaną do nowoczesnych metod badawczych. Wykorzystuje się techniki oparte o absorpcję atomową, laserową, fotometrię płomieniową, jonometrię, mineralizację mikrofalową i inne. Na wyposażeniu posiadamy m.in. spektrofotometrię absorpcji atomowej, automatyczny analizator przepływowy do oznaczania azotu mineralnego, laserowy miernik pomiaru cząstek, fotometrię, kolorymetrię, jonometrię i mineralizatory.

W analityce laboratoryjnej stosuje się ujednolicone metodyki badań w stałej współpracy z instytutami rolniczymi. Wszystkie badania prowadzone są w oparciu o procedury badawcze opracowane na podstawie norm krajowych i zagranicznych.

Stacja posiada od 2001 r. Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego Nr AB 333, wydany przez Polskie Centrum Akredytacji w Warszawie.

Wieloletnie badania w zakresie ochrony rolniczej przestrzeni produkcyjnej i bieżące badania agrochemiczne dają podstawę producentom rolnym do stosowania zasad racjonalnego nawożenia zgodnie z kodeksem „Dobrej Praktyki Rolniczej” oraz pozwalają na ekologiczną i ekonomiczną produkcję rolniczą.

**Tabela 64. Średnia zawartość składników mineralnych (kationów i anionów) w wodach glebowych województwa świętokrzyskiego w latach 2004-2005**

Składniki	Średnie przedziały stężeń (wg literatury)	Woj. świętokrzyskie		Polska	
		wiosna	jesień	wiosna	jesień
N-NO <sub>3</sub>	8-10	5,06	5,00	7,04	3,60
N-NH <sub>4</sub>	1-3	0,13	0,14	0,17	0,28
PO <sub>4</sub>	1-2	0,13	0,25	0,12	0,15
Ca	70-80	89,30	74,40	84,20	85,00
Mg	12-15	14,30	15,40	13,70	13,70
K	6-7	6,10	6,90	4,00	4,70
Na	10-12	11,80	12,30	10,30	11,10
Cl	30-35	26,90	23,50	27,50	26,90
SO <sub>4</sub>	50-60	67,50	57,00	52,00	54,90