

**Eugeniusz NOWOCIEŃ, Bogusław PODOLSKI**

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach  
Institute of Soil Science and Plant Cultivation – State Research Institute of Puławy

## **Dynamika rozwoju wąwozów drogowych w obszarach lessowych**

### **Dynamics of development of road gullies on loess areas**

**Słowa kluczowe:** drogi rolnicze, pas drogowy, tereny erodowane, wąwozy drogowe

**Key words:** agricultural roads, road belt, eroded terrain, road gullies

#### **Wprowadzenie**

Na terenach wyżynnych o urozmaiconej rzeźbie znaczna część dróg gruntowych przekształca się w wąwozy wskutek ruchu pojazdów, erozji wodnej i wietrznej oraz ruchów masowych. Pod pojęciem wąwozu drogowego rozumie się drogę zagłębioną w stosunku do przyległego terenu o co najmniej 0,5 m. Formy takie Bac (1982) nazywał wadołami, Reniger (1950) i Bury-Zalewska (1968) – głęboznicami, Klimaszewski (1963), Starkel (1980), Froehlich i Słupik (1980) wciętymi lub zagłębionymi drogami, a Ziemnicki (1960) oraz Józefaciuk i Józefaciuk (1969) – wąwozami drogowymi.

Wąwozy drogowe wykazują różnorodne negatywne oddziaływania na warunki przyrodnicze i gospodarcze.

Ziemnicki (1960) przypisuje wąwozom drogowym rolę głębokich rowów odwadniających. Według badań Froehlich i Słupika (1980), spływy wody drogami z ulewnych deszczy powodują lokalne zmiany w wąwozie drogi i wzmożony transport zawiesiny, której ilość przekracza nawet  $10 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ . Według Starkela (1980), w Karpatach gęsta sieć zagłębionych dróg odgrywa podobną rolę jak drenowanie, przyspiesza bowiem spływ śródpokrywowy, który jest bezpośrednią przyczyną wielkich wezbrań w dużych rzekach. Józefaciuk i Józefaciuk (1992) określają wąwozy drogowe jako ogniska erozji, będące głównym źródłem rumowiska powodującego zamulenie upraw, urządzeń melioracyjnych oraz cieków i zbiorników wodnych.

Największą szkodliwością wąwozów drogowych jest to, że powodują rozczłonkowanie pól, utrudniając uprawę gruntów oraz wykonywanie wszelkiego rodzaju prac urządzeniowo-rolnych, z melioracjami przeciwoerozyjnymi i scaleniami łącznie. Wąwozy drogowe utrudniają również dojazdy do pól.

Celem badań prezentowanych w pracy było rozpoznanie warunków i oceny dynamiki rozwoju wąwozów drogowych w terenach lessowych w zależności od okresu użytkowania drogi, podłużnego spadku drogi, wielkości zlewni i zbiorni drogi oraz prac konserwatorskich w pasie drogowym na skutek zniszczeń erozyjnych jezdni.

### Material i metody

Do badań dynamiki przekształcania się rolniczych dróg gruntowych w wąwozy wytypowano cztery obiekty z drogami o znanej dacie rozpoczęcia użytkowania:

1. Obiekt Gorajce (cztery wsie) na Roztoczu Środkowym – drogi zostały wytyczone podczas scalania gruntów i są użytkowane od 1974 roku. Badania przeprowadzono w latach 1984–1989 i powtórzono w latach 1999–2004. Objęto nimi około 10 km dróg, w tym około 8 km wąwozów.
2. Obiekt Olszanka położony w środkowej części Działów Grabowieckich Wyżyny Lubelskiej – drogi zostały wytyczone w 1976 roku podczas sadowniczego zagospodarowania gruntów i są użytkowane do obsługi sadu. Badania przeprowadzono w latach 1984–1989 i 1997–2004. Objęto nimi około 4 km dróg, w tym około 3,5 km wąwozów.
3. Wsie Bartłomiejowice – Rąblów na Płaskowyżu Nałęczowskim – drogi użytkowane są tu przez około 60 lat. Badania prowadzono w latach 1984–1989 i 1996–2001. Wykonano je na 15 km dróg, z czego wąwozy zajmowały około 10 km.

4. Obiekt Ćmielów na Wyżynie Sandomiersko-Opatowskiej – droga została wytyczona około 1925 roku, a badania przeprowadzono w latach 1984–1889 i 1996–2001 na odcinku drogi długości około 2 km, z czego wąwóz zajmował około 1,8 km.

Badania dotyczyły głównie pomiarów terenowych i obliczeń kameralnych oraz analiz laboratoryjnych materiału, służącego do rozpoznania podłoża gruntowego w pasie drogowym.

Badania terenowe w wymienionych obiektach przeprowadzano zawsze po spływach wiosennych. Zakresem badań objęto:

- pomiary geodezyjne, wykonywane metodą przekrojów podłużnych i poprzecznych w dowiązaniu do reperów na początku i na końcu każdej drogi,
- pobranie próbek gruntu z pasa drogowego do oznaczenia jego właściwości,
- rejestrację procesów erozyjnych wykonaną po zakończeniu roztopów śniegowych i po ulewnych deszczach metodą Józefaciuka (1975).

Badania kameralne dotyczyły:

- analizy sytuacyjno-wysokościowej terenu, użytkowania i hydrologii obszaru zlewni drogi na podstawie mapy topograficznej w skali 1 : 25 000, zdjęć lotniczych i rozpoznania terenowego,
- określenia wielkości zbiorni drogi na podstawie mapy ewidencji gruntów w skali 1 : 5000.

Badania laboratoryjne dotyczyły określenia składu granulometrycznego gruntu metodą Casagrande'a w modyfikacji Pruszyńskiego oraz oznaczenia zawartości CaCO<sub>3</sub> metodą Scheiblera.

## Wyniki

Wszystkie badane wąwozy w pasie drogowym powstały na utworach lessowych, o czym świadczy skład granulometryczny (10% – piasek, 67% – pył, 23% – il) i zawartość  $\text{CaCO}_3$  3–5%.

Badaniami objęto 31 km odcinków dróg, na których wydzielono 23,3 km wąwozów drogowych.

W okresie badań terenowych pomiary geodezyjne w pasie drogowym poprzedzane były rejestrowaniem zniszczeń, powstałych w wyniku roztopów śniegowych i ulewnych deszczy. W wyniku zniszczeń powstały żłobiny, największe i najliczniejsze zlokalizowano w środkowej i dolnej części wąwozów. Szerokości żłobin wahały się od 0,2 do 0,5 m, a głębokości od 0,1 do 1,8 m. Żłobiny o głębokości powyżej 1,0 m nie przekraczały szerokości 0,2 m. Wyerodowany materiał osadzał się u wylotu wąwozu drogowego lub na przyległych polach ornych i użytkach zielonych.

Kubatura materiału ziemnego wyerodowanego była zróżnicowana, w zależności od szerokości i długości wąwozu. Jednak po przeliczeniu na metr kwadratowy powierzchni wąwozu dla każdej drogi była to wartość zbliżona i wynosiła około  $0,25 \text{ m}^3$ .

### Wpływ okresu użytkowania dróg na przekształcanie się w wąwozy drogowe

W Gorajcach wybrane drogi gruntowe poddano badaniom po 10, a następnie po 25 latach użytkowania. Na podstawie

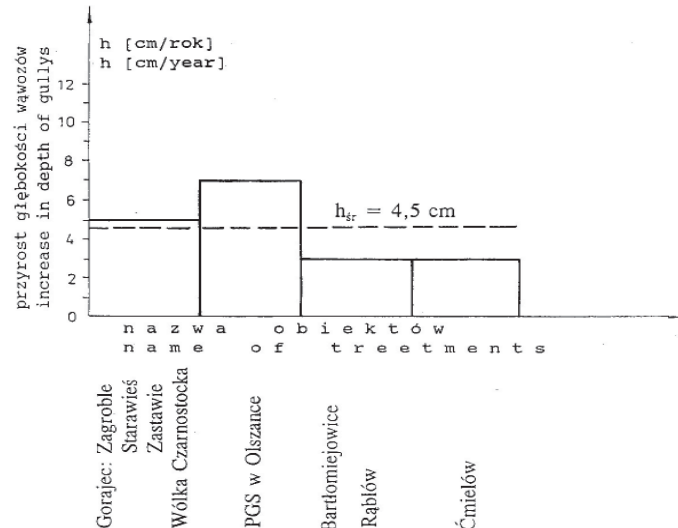
pomiarów geodezyjnych stwierdzono, że niektóre odcinki dróg gruntowych przekształciły się w wąwozy, średnie zagłębienie wynosiło około  $5 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Pomiary geodezyjne w Olszance wykonane po 10 i powtórzone po 25 latach wykazały, że drogi pogłębiały się średnio o  $7 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Należy zaznaczyć, że drogi przyległe do kwater zagospodarowanych zgodnie z zasadami ochrony gleb przed erozją (sady na tarasach) podlegały mniejszemu zagłębieniu, średnio  $5 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Natomiast drogi przyległe do kwater sadu o układzie rzędów drzew północ – południe, czyli przeważnie równoległym do kierunku spadku stoków, pogłębiały się średnio o  $9 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

We wsiach Bartłomiejowice i Rąblów drogi badano po około 50 latach po oddaniu do eksploatacji, a następnie po upływie kolejnych 10 lat. Analiza danych wykazała, że tempo przyrostu zagłębiania się wąwozów na drogach gruntowych wynosiło średnio  $3 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Droga w Ćmielowie po 60 latach eksploatacji przekształciła się w wąwóz drogowy o średniej głębokości 1,8 m. Po dalszych 10 latach eksploatacji wąwóz pogłębił się o 0,4 m. Pogłębienie się drogi w tym okresie wyniosło średnio około  $3 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Reasumując, średni przyrost głębokości wąwozów drogowych we wszystkich badanych obiektach wyniósł  $4,5 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$  (rys. 1), przy czym największy –  $7 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$ , wystąpił na drogach w Olszance, a najmniejszy –  $3 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$ , we wsiach Bartłomiejowice i Rąblów oraz na drodze w Ćmielowie.



RYSUNEK 1. Przyrost głębokości wąwozów w analizowanych obiektach  
 FIGURE 1. Increase in depth of gullies for studied sites

### Wpływ podłużnego spadku drogi na rozwój wąwozów drogowych

Objęte badaniami drogi gruntowe, w których pasie występują wąwozy drogowe, mają zróżnicowane warunki transportowe pod względem pokonywania podjazdów i zjazdów (tab. 1). W Gorajcach i Ćmielowie około 60% badanych dróg usytuowanych jest w warunkach korzystnych, ponieważ spadki podłużne nie przekraczają 6%, natomiast pozostałe drogi (40%) zlokalizowane są w warunkach niekorzystnych, pochylenia są znacznie większe i przekraczają 6%. W Olszance warunki transportowe są korzystne i dotyczą 81% badanych dróg, pozostałych 19% usytuowanych jest w warunkach niekorzystnych. Drogi w Bartłomiejowicach i Rąblowie posiadają również poprawne rozmieszczenie przestrzenne, około 77% posiada warunki korzystne, a tylko 23% niekorzystne.

Na przekształcanie się dróg w wąwozy istotny wpływ mają warunki transportowe. Najgłębsze wąwozy drogowe powstały na stokach o nachyleniu od 8 do 12%, a naj płytsze na stokach o nachyleniu do 6% i powyżej 14% (tab. 2, rys. 2).

W terenach silnie urzeźbionych podstawowa sieć rolniczych dróg gruntowych (co najmniej 25% ogólnej długości dróg) zlokalizowana jest na stokach o nachyleniu od 6 do 12%. Intensywny transport po tych drogach powoduje szybkie niszczenie jezdni, co w konsekwencji przyczynia się do rozwoju wąwozów. Przy spadkach powyżej 14% ruch pojazdów na drogach jest niewielki i najczęściej odbywa się zgodnie z kierunkiem spadku. W takiej sytuacji następuje wolniejsze niszczenie jezdni, co z kolei stwarza warunki do samoczynnego zadarniania pasa drogowego.

TABELA 1. Procentowy udział dróg o korzystnych i niekorzystnych warunkach transportowych  
TABLE 1. Percentage of roads with advantageous and disadvantageous transport conditions

| Lp. No | Obiekty Sites           | Warunki korzystne (spadek < 6%)<br>Advantageous conditions (slope < 6%) | Warunki niekorzystne (spadek > 6%)<br>Disadvantageous conditions (slope > 6%) |
|--------|-------------------------|---|---|
| 1      | Gorajce                 | 60,2  | 39,8  |
| 2      | Olszanka                | 81,5  | 18,5  |
| 3      | Bartłomiejowie – Rąblów | 77,1  | 22,9  |
| 4      | Ćmielów                 | 59,9  | 40,1  |

TABELA 2. Głębokość wąwozów drogowych [m] dla wyodrębnionych klas podłużnego spadku drogi  
TABLE 2. Depth of the road-gullies [m] for classes of longitudinal road's slope

| Lp. No | Obiekty Sites            | Podłużny spadek drogi<br>Longitudinal slope of road |           |           |           |        |
|--------|--------------------------|---|-----------|-----------|-----------|--------|
|        |                          | < 6%  | 6–8%      | 8–12%     | 12–14%    | > 14%  |
| 1      | Gorajce                  | 0–0,35  | 0,36–0,60 | 0,60–0,80 | 0,36–0,60 | 0–0,30 |
| 2      | Olszanka                 | 0–0,55  | 0,50–0,60 | 0,60–0,70 | 0,50–0,60 | –      |
| 3      | Bartłomiejowice – Rąblów | 0–70  | 0,70–1,00 | 1,00–1,20 | 0,70–1,00 | 0–0,80 |
| 4      | Ćmielów                  | 0–75  | 0,75–1,95 | 1,95–2,00 | 0,75–1,95 | –      |

### Wpływ wielkości zlewni drogi na dynamikę przekształcania się ich w wąwozy

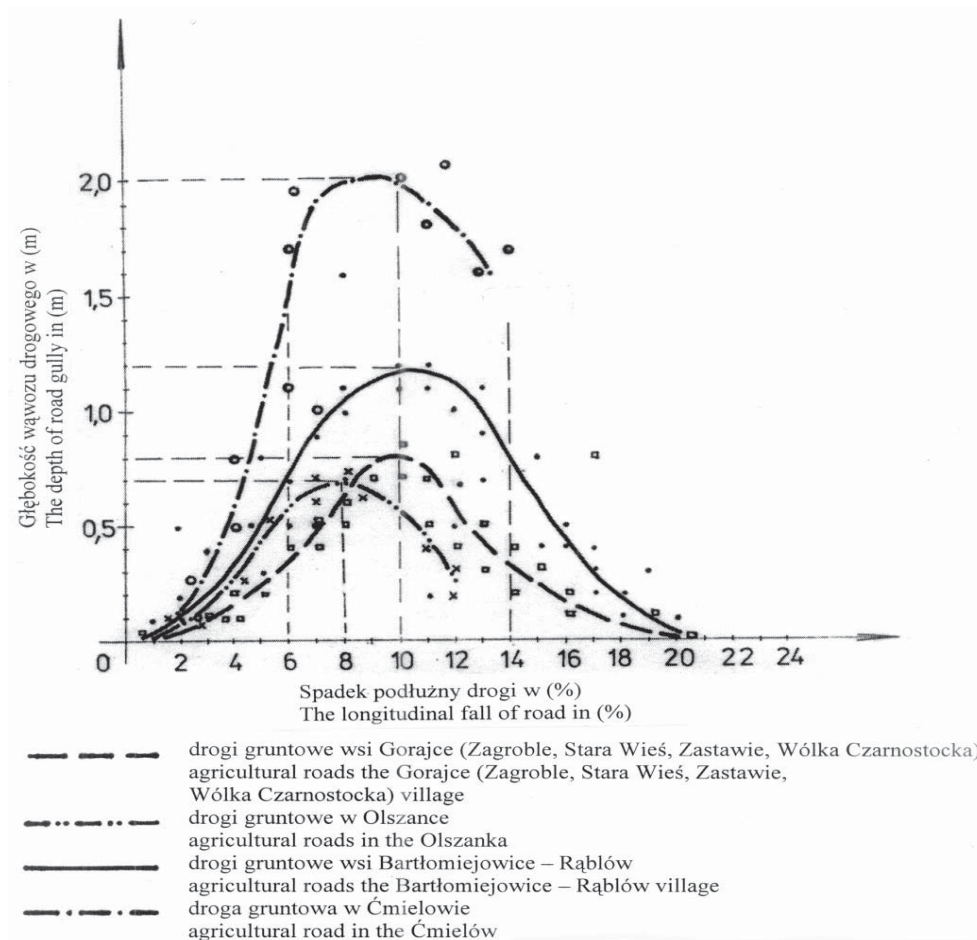
Zlewnie badanych dróg stanowią grunty orne, przeważnie o wzdłużstokowym i skośnostokowym układzie działek i pól. Na rozwój wąwozów drogowych najbardziej wpływają skośnostokowe układy działek i pól ze spadkiem granic w kierunku drogi. Nie zaobserwowano natomiast różnicy we wpływie układu pól wzdłużstokowych i poprzeczstokowych na rozwój wąwozów drogowych.

Wielkość zlewni ma duży wpływ na tempo rozwoju wąwozów drogowych, ponieważ decyduje o ilości okresowych wód powierzchniowych dopływających do drogi i powodujących jej rozmywanie (tab. 3). Powierzchnie zlewni na bada-

nych obiektach są niewielkie, nie przekraczają 0,3 km<sup>2</sup>, mimo to mają wpływ na głębokość wąwozów. Głębokości wąwozów w zależności od powierzchni zlewni różnią się i wynoszą od 0,1 do 0,25 m (tab. 3).

### Wpływ zbiorni drogi na intensywność zagłębiania się wąwozów drogowych

Wielkość zbiorni, czyli powierzchnia gruntów obsługiwanych przez drogę, oraz rodzaj i intensywność produkcji decydują o nasileniu ruchu pojazdów. Powierzchnie zbiorni na badanych obiektach są niewielkie, nie przekraczają 0,4 km<sup>2</sup>, mimo to mają wpływ na głębokość wąwozów, których przyrost wynosi od 0,2 do 0,4 m (tab. 4).



RYSUNEK 2. Wpływ spadku podłużnego drogi na głębokość wąwozu  
 FIGURE 2. The influence of road's longitudinal slope on the gully's depth

TABELA 3. Głębokość wąwozów drogowych [m] w odniesieniu do klas wielkości zlewni  
 TABLE 3. Depth of road gullies [m] for classes of drainage area

| Lp.<br>No | Obiekty<br>Sites         | Liczba zlewni<br>Number of<br>drainage area | Powierzchnia zlewni [km <sup>2</sup> ]<br>Drainage area |           |           |
|-----------|--------------------------|---|---|-----------|-----------|
|           |                          |   | < 0,1   | 0,1 – 0,2 | 0,2 – 0,3 |
| 1         | Gorajce                  | 9   | 0,45  | 0,65      | 0,75      |
| 2         | Olszanka                 | 6   | 0,35  | 0,55      | 0,80      |
| 3         | Bartłomiejowice – Rąblów | 12  | 0,45  | 0,55      | 0,80      |
| 4         | Ćmielów                  | 2   | 0,45  | 0,65      | –         |

TABELA 4. Zagłębienie się dróg gruntowych (m) w odniesieniu do klas wielkości zbiorni  
 TABLE 4. Deepening of ground roads for classes of transport supply area

| Lp.<br>No | Obiekty<br>Sites            | Liczba<br>zbiorni<br>Number of<br>transport<br>catchments | Powierzchnia zbiorni [km <sup>2</sup> ]<br>Transport supply area |         |         |         |
|-----------|-----------------------------|---|--|---------|---------|---------|
|           |                             |   | < 0,1  | 0,1–0,2 | 0,2–0,3 | > 0,3   |
| 1         | Gorajce                     | 20  | 0,2–0,8  | 0,4–0,8 | 0,5–0,8 | 0,4–0,8 |
| 2         | Olszanka                    | 9   | 0,1–0,4  | 0,2–0,5 | 0,3–0,6 | –       |
| 3         | Bartłomiejowice<br>– Rąblów | 15  | 0,2–0,6  | 0,4–0,8 | 0,5–0,8 | –       |
| 4         | Ćmielów                     | –   | –  | –       | –       | –       |

Drugi w Gorajcach oraz w Bartłomiejowicach i Rąblowie są najbardziej narażone na przekształcanie się w wąwozy w wyniku ruchu pojazdów w strefie ciężenia (około 40% dróg o pochyleniu podłużnym powyżej 6%). Najkorzystniejszą pod tym względem jest rozwiązana sieć dróg w Olszance.

Największe nasilenie transportu występuje w Olszance i jest związane ze stosowaniem zabiegów ochrony roślin w sadzie, nawożeniem oraz wywożeniem gałęzi i owoców. W pozostałych obiektach nasilenie ruchu pojazdów jest mniejsze i proporcjonalnie do wielkości zbiorni.

Droga w Ćmielowie ze względu na usytuowanie i zagłębienie nie posiada zbiorni.

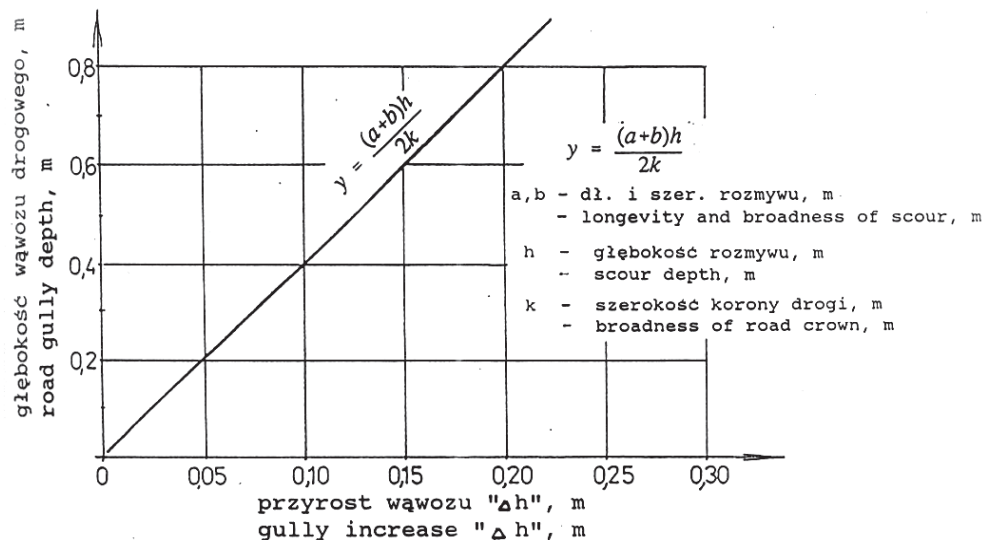
### Wpływ prac konserwatorskich w pasie drogowym na pogłębienie wąwozu drogowego

Drugi gruntowe podczas powierzchniowych spływów wody podlegają rozmywom w formie żłobin i wyrw o różnej głębokości, co utrudnia lub wręcz uniemożliwia przejazdy. W początkowym okresie badań prace konserwacyjne polegały na zasypywaniu rozmywów przy

użyciu łopat i szpadli gruntem ze skarp istniejącego wąwozu. W ostatnich latach rozmywy zasypywane są przy użyciu spycharek lub równiarek gruntem z warstwy jezdnej, przemieszczanym do rozmywów. Powoduje to pogłębienie się dróg wprost proporcjonalnie do powierzchni przekroju poprzecznego rozmywu, a odwrotnie proporcjonalnie do szerokości drogi (rys. 3).

### Wnioski

1. W czasie badań nie uwzględniano zniszczeń erozyjnych nawierzchni powstałych podczas ekstremalnych opadów deszczu typu „oberwanie chmury”, ponieważ nie miały miejsca. Gdyby zdarzenia takie wystąpiły, nie zostałyby uwzględnione przy opracowaniu dynamiki zagłębienia się dróg w wąwozy.
2. Dynamika pogłębienia się drogowych wąwozów lessowych – średnio 4,5 cm·rok<sup>-1</sup> (minimalnie 3 cm·rok<sup>-1</sup>, maksymalnie 9 cm·rok<sup>-1</sup>) nasilała się w miarę upływu okresu użytkowania, wzrostu wielkości obszaru zlewni i zbiorni drogi, a także zwiększania się jej podłużnego



RYSUNEK 3. Wpływ głębokości rozmywu ( $h$ ) na przyrost głębokości wąwozu ( $\Delta h$ ) po wykonaniu robót ziemnych

FIGURE 3. The relationship between scour depth ( $h$ ) and increase of gully depth ( $\Delta h$ ) after performance of earth work

- spadku (najgłębsze drogi o spadku 8–12%, naj płytsze o spadku do 6% i powyżej 14%).
3. Na rozwój wąwozów drogowych wywierały wpływ prace konserwacyjne. Usuwanie rozmywów na drogach przez skrawanie gruntu z jezdni i przemieszczanie go do rozmywów powoduje pogłębianie się dróg wprost proporcjonalnie do powierzchni przekroju poprzecznego rozmywu, a odwrotnie proporcjonalnie do szerokości drogi.
  4. Największą szkodliwością wąwozów drogowych jest to, że powodują rozczłonkowanie pól, utrudniając uprawę gruntów oraz wykonywanie wszelkiego rodzaju prac urządzeniowo-rolnych, z melioracjami przeciwoerozyjnymi i scaleniami łącznie. Wąwozy drogowe utrudniają również dojazdy do pól.
  5. Tworzenie się na terenach lessowych Wyżyny Wschodniomałopolskiej licznych wąwozów drogowych o dużej dynamice rozwoju wskazuje na potrzebę intensyfikacji badań nad zasadami właściwego sytuowania w rzeźbie terenu, sposobami utwardzania dróg gruntowych i umacniania urządzeń odwadniania powierzchniowego.

### Literatura

- BAC S. 1982: Przyczynek do badań nad zmianą położenia powierzchni ornych gruntów lessowych. *Rocz. Nauk Rol.* XIX (3): 1–28.
- BURY-ZALEWSKA J., PIĘTA J. 1968: Przebieg procesu przemieszczania materiału ziemnego w wąwozie lessowym. *Pam. Pul.* 34: 31–53.
- FROEHLICH W., SŁUPIK J. 1980: Drogi polne jako źródło dostawy wody i zwietrzliny do koryta ciekłu. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 225: 257–268.



- JÓZEFACIUK A., JÓZEFACIUK Cz. 1969: Erozja w wąwozach lessowych oraz sposób ich biologicznej zabudowy. *Wiad. IMUZ* 8(3): 97–124.
- JÓZEFACIUK Cz. 1975: Struktura przestrzenna erozji wąwozowej na Lubelszczyźnie. *Pam. Pul.* 65: 143–160.
- JÓZEFACIUK Cz., JÓZEFACIUK A. 1992: Gęstość sieci wąwozowej w fizjograficznych krainach Polski. *Pam. Pul.* 101: 51–66.
- KLIMASZEWSKI M. 1963: Geomorfologia ogólna. PWN, Warszawa.
- PROCHAL P. 1964: Zwalczanie erozji liniowej w terenach górskich i podgórskich. *Wiad. Inst. Melior.* 5(4): 101–115.
- RENIGER A. 1950: Zalesianie i zadrzewiania śródpolne jako czynnik ochrony gleb polski przed erozją. *Rocz. Nauk. Rol.* 54: 81–108.
- STARKEL L. 1980: Erozja gleb a gospodarka wodna w Karpatach. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 235: 103–118.
- ZIEMNICKI S. 1960: Ochrona gleb przed erozją wodną w Elizówce. *Ann. UMCS* E15: 152–172.

## Summary

**Dynamics of development of road gullies on loess areas.** The paper presents the development of road gullies in the area covered with loess deposits. The study showed a substantial rate of the development of loess road gullies which averaged  $4.5 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$ , the minimum rate being  $3 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$ , and the maximum of  $9 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$ . The deepening of the gullies increased with exploitation time, drainage area and with longitudinal slope.

### Authors' address:

Eugeniusz Nowocień, Bogusław Podolski  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa  
– PIB w Puławach  
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony  
Gruntów  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy  
Poland