INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 7/2011, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 5–15
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Janusz Gołąb

PORÓWNANIE ZAPASÓW WODY W PROFILACH GLEBOWYCH LEŚNEJ ZLEWNI GÓRSKIEJ

COMPARISION OF WATER STORAGES IN SOIL PROFILES OF FOREST MOUNTAIN CATCHMENT

Streszczenie

W pracy przedstawiono porównanie zapasów wody gruntowej w profilach małej zlewni leśnej w Beskidzie Śląskim. Głównym celem badań było porównanie zapasów w profilach leżących blisko dróg (do 30m) i zapasów w profilach leżących poza strefą przydrożną. Do analizy wybrano dziesięć profili rozmieszczonych na terenie całej zlewni, które grupowano według kryteriów: odległość od drogi, odległość od najbliższego potoku, wysokość położenia nad poziomem morza, różnica rzędnych profilu i potoku mierzona wzdłuż spadku oraz różnica rzędnych profilu i najbliższego potoku. Porównywano zapasy jednostkowe, czyli przeliczane do warstwy profilu o grubości 1cm. Uzyskane średnie wartości zapasów jednostkowych z utworzonych grup profili pokazywano na tle profili położonych w strefie wpływu drogi. Według przeprowadzonej analizy czynnik położenia profilu względem drogi nie jest czynnikiem dominującym w różnicowaniu wielkości zapasów wody gruntowej. Za czynnik o takim znaczeniu można uznać wysokość położenia profilu.

Słowa kluczowe: bilans wodny; zapas wody w glebie; leśna droga stokowa, strefa przydrożna.

Summary

This elaboration presents a comparison of ground water reserves in profiles of little forest drainage area in the Silesian Beskid. The main target of researches was the comparison of water storages in ground profiles located near

the roads (no more than 30m) and located outside of this road zone. To the analysis there were chosen 10 profiles located in whole drainage area, that were grouped according to criteria as follow: road distance, the nearest stream distance, orientation of height a.s.l., difference between profile and stream ordinates measured slopeways and difference between profile ordinates and the nearest stream. Unit reserves were compared, which means calculated for 1cm thickness layer of the profile. Received average values of unit reserves from created groups of profiles were shown against the background of the profile of road influence area. According to analysis carried out, factor of location of profile regarding the road is not major dominant factor with quantity of ground water storage differentiation. As the significant factor it can be recognized an orientation of the profile height a.s.l.

Key words: *water balance, soil water storage, forest slope road, road zone*

WPROWADZENIE I CEL BADAŃ

Różnicowanie zapasu wody w glebach zlewni górskich jest uwarunkowane bardzo wieloma czynnikami. Wobec poglądów [Koczwański i in. 1994] oraz badań [Gołąb 2004] wskazujących, że bliskość położenia drogi stokowej biegnącej w wykopie wpływa obniżająco na zapasy wody w glebach strefy przydrożnej, podjęto analizę wpływu tego i kilku wybranych czynników natury fizjograficznej na wielkość obserwowanych zapasów.

Przedmiotem badań są zapasy wody mierzone konduktometrycznie w leśnych glebach górskich.

Celem badań jest porównanie wielkości zapasów wody w górskich glebach leśnych strefy przydrożnej z zapasami wody w glebach położonych poza przypuszczalną strefą wpływu dróg.

METODYKA I OPIS TERENU BADAŃ

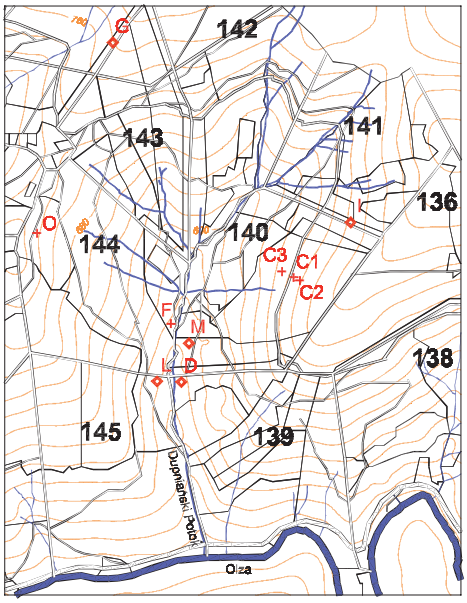
W latach 1995-2005 Katedra Inżynierii Leśnej UR w Krakowie prowadziła badania bilansu wodnego w eksperymentalnej zlewni Potoku Dupniańskiego (Beskid Śląski). Charakterystyka tego terenu podawana jest we wcześniejszych opracowaniach [Suliński i in. 1997, Czarniecka 1998]. Są również podane opisy położenia oraz charakterystyka profili pomiarowych leżących w strefie oddziaływania drogi [Gołąb 2004], jak i tych służących do porównania [Suliński i in. 2001].

W pracy porównano zapasy wody w poszczególnych warstwach profili, jakie zostały wyliczone na podstawie pomiarów wilgotności gruntu metodą konduktometryczną [Kucza i in. 2011] oraz charakterystyki poszczególnych profili badawczych [Suliński i in. 2001, Gołąb 2004] w ramach prac Katedry.

Jako profile znajdujące się w strefie wpływu traktuje się tu te, które są położone w odległości do 30 m (pomiar po stoku) od najbliższej drogi, zaś pozo-

stałe traktowane są jako obiekty porównawcze. Podział ten wynika z rzeczywistej odległości od drogi wszystkich przedstawianych tu profili.

Do zanalizowania problemu wybrano profile *C1, C2 i C3* (pomiary własne autora), oraz profile *D, F, G, I, L, M, O* (opis i pomiary udostępnione przez innych badaczy z Katedry). Potrzebne cechy wybranych profili (różnica rzędnych z potokiem w dolinie, różnica rzędnych z najbliższym potokiem, odległość od najbliższego potoku, odległość od najbliższej drogi oraz położenie profilu nad poziomem morza) określono według leśnej mapy cyfrowej zlewni potoku Dupniańskiego (rys. 1.) i zestawiono w tabeli 1. Według cech tam podanych profile *C1, C2, C3, F* oraz *O* należy traktować jako leżące w strefie wpływu drogi.



Rysunek 1. Mapa zlewni z rozmieszczeniem profili badawczych
Figure 1. Map of the catchment area with the profiles position

Wszystkie użyte tu oznaczenia są zaczerpnięte wprost z badań źródłowych. Dane do porównań pochodzą z okresu 23 VII – 30 VIII 1999 roku i są częścią większych obserwacji (od 6 IV do 29 X 1999 roku). Pomiary zapasu wykonywane były osobno w warstwie organicznej i każdej wydzielonej warstwie mineralnej. Porównuje się tu zapasy jednostkowe (z´), czyli zredukowane do warstwy o miąższości 1 cm, co pozwala porównywać zapasy z warstw i profili o różnych miąższościach.

Tabela 1. Charakterystyka profili glebowych.
Table 1. Soil profiles characteristic.

profil	rzędna profilu	różnica rzędnych z potokiem w dolinie	różnica rzędnych z najbliższym potokiem	odległość od najbliższego potoku	odległość od najbliższej drogi
	[m npm]	[m]	[m]	[m]	[m]
C1	684	114	20	95	10
C2	692	122	27	109	30
C3	665	95	0	73	30
D	535	5	5	27	41
F	557	7	7	27	18
G	780	125	15	77	165
I	722	100	0	131	113
L	542	12	12	68	45
M	550	10	10	55	55
O	725	75	50	182	9

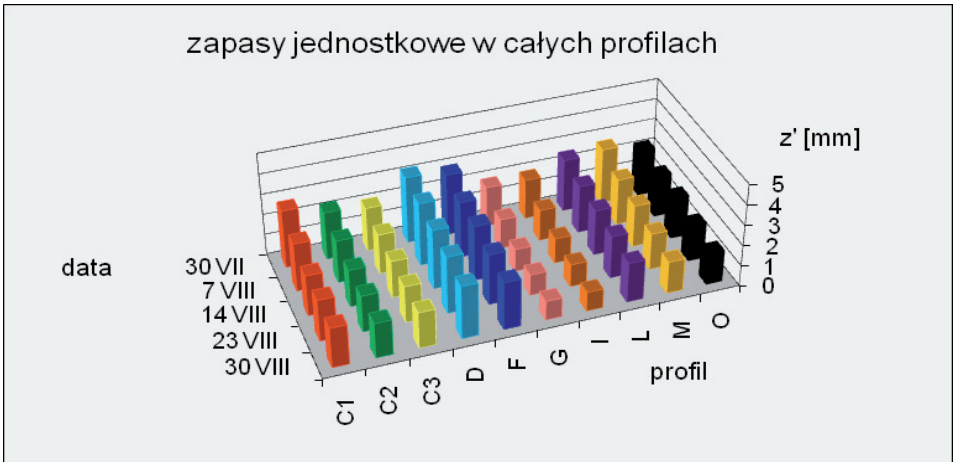
WYNIKI

Profile pogrupowane według cech określonych w tabeli 2 poddano analizie. Dla tak określonych grup wyliczono średni zapas jednostkowy z każdego dnia pomiarowego ze wszystkich profili wchodzących w skład grupy i na ich tle przedstawiono zapasy jednostkowe profili leżących w przyjętym zasięgu wpływu drogi.

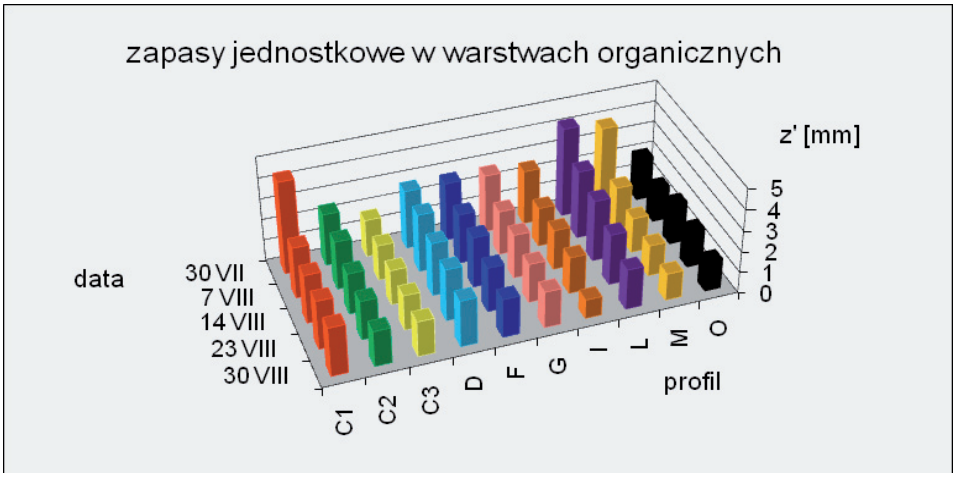
Tabela 2. Podział profili na grupy według wybranych cech.
Table 2. Division of profiles according to the selected features.

czynnik grupowania	grupa profile w grupie	grupa profile w grupie	grupa profile w grupie
Odległość od najbliższej drogi (pomiar po stoku)	*≤ 30 m* C1, C2, C3, F, O	*30 – 100 m* D, L, M	*> 100 m* G, I
Odległość od najbliższego potoku (pomiar po stoku)	*≤ 50 m* D, F	*50 – 100 m* C1, C3, G, L, M	*> 100 m* C2, I, O
Położenie profilu npm	*≤ 600 m* D, F, L, M	*600 – 700 m* C1, C2, C3	*> 700 m* G, I, O
Różnica rzędnych z potokiem w dolinie	*≤ 15 m* D, F, L, M	*> 15 m* C1, C2, C3, G, I, O	
Różnica rzędnych z najbliższym potokiem	*≤ 15 m* C3, D, F, G, I, L, M	*> 15 m* C1, C2, O	

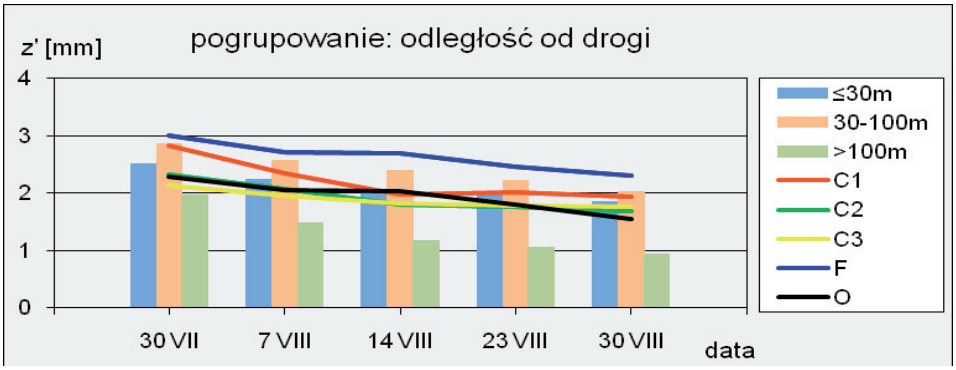
Zestawienia te przedstawiono w formie wykresów (rys. 2 - 8).



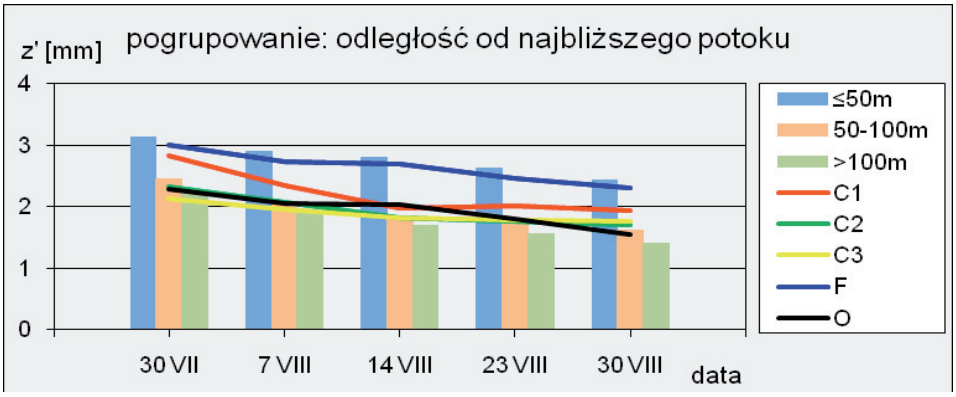
Rysunek 2. Zapasy jednostkowe wyliczone dla całych miąższości profili glebowych
Figure 2. Unitary water storages calculated for the total depth of profiles



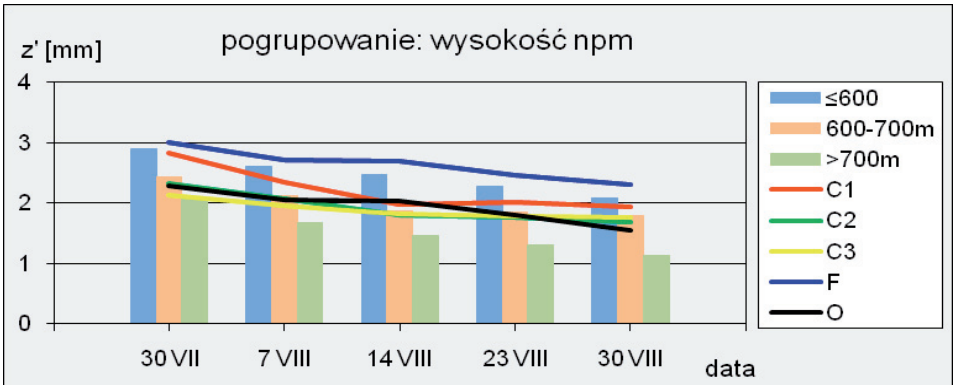
Rysunek 3. Zapasy jednostkowe wyliczone dla warstw organicznych profili glebowych
Figure 3. Unitary water storages calculated for organic layers of profiles



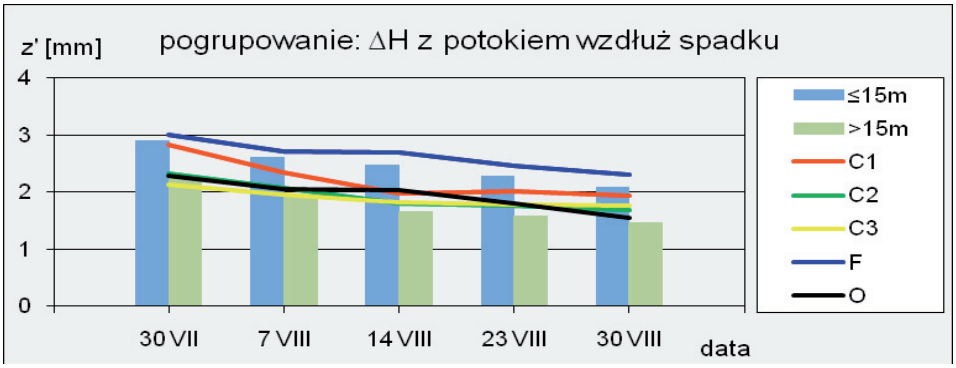
Rysunek 4. Średnie zapasy jednostkowe w wydzielonych grupach profili (odległość od drogi) na tle zapasów jednostkowych profili leżących w strefie wpływu drogi
Figure 4. Average unitary water storages in selected profile groups (distance to the road) vs. there are unitary water storages in profiles classified as "in slope road zone"



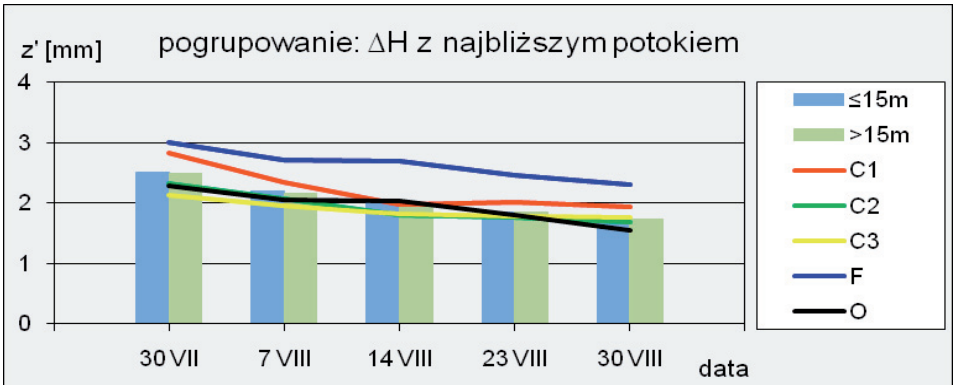
Rysunek 5. Średnie zapasy jednostkowe w wydzielonych grupach profili (odległość od najbliższego potoku) na tle zapasów jednostkowych profili leżących w strefie wpływu drogi
Figure 5. Average unitary water storages in selected profile groups (distance to the stream nearby) vs. there are unitary water storages in profiles classified as "in slope road zone"



Rysunek 6. Średnie zapasy jednostkowe w wydzielonych grupach profili (wysokość nad poziomem morza) na tle zapasów jednostkowych profili leżących w strefie wpływu drogi
Figure 6. Average unitary water storages in selected profile groups (absolute height) vs. there are unitary water storages in profiles classified as "in slope road zone"



Rysunek 7. Średnie zapasy jednostkowe w wydzielonych grupach profili (różnica rzędnych profilu i potoku mierzona wzdłuż spadku) na tle zapasów jednostkowych profili leżących w strefie wpływu drogi
Figure 7. Average unitary water storages in selected profile groups (difference between profile elevation and stream elevation, measuring along the slope) vs. there are unitary water storages in profiles classified as "in slope road zone"



Rysunek 8. Średnie zapasy jednostkowe w wydzielonych grupach profili (różnica rzędnych profilu i najbliższego potoku) na tle zapasów jednostkowych profili leżących w strefie wpływu drogi
Figure 8. Average unitary water storages in selected profile groups (difference between profile elevation and stream elevation, measuring next to the stream) vs. there are unitary water storages in profiles classified as ”in slope road zone”

W tabeli 3 podano przykładowe wartości zapasów jednostkowych jednego z profili wraz z tygodniową sumą odpływu wody ze zlewni, tygodniową sumą opadu i średnią wartością (z tygodnia) niedosytu wilgotności powietrza

Tabela 3. Zapasy jednostkowe zmierzone w profilu C1 wraz z tygodniową sumą opadu, średnią tygodniową wartością niedosytu wilgotności powietrza i tygodniową sumą odpływu wody ze zlewni
Table 3. Unitary water storages measured in C1 profile with rainfall (P; weekly sum), deficiency of air humidity (e; average of week) and catchment outflow (Q; weekly sum)

data pomiaru	z´ [mm] dla całego profilu C1	z´ [mm] dla warstwy organicznej profilu C1	P [mm]	e [hPa]	Q [mm]
30 VII	2,83	4,43	1,2	3,81	5,0
7 VIII	2,35	2,43	5,6	6,34	3,1
14 VIII	1,97	2,30	10,5	3,50	2,1
23 VIII	2,02	2,30	9,5	2,45	2,1
30 VIII	1,93	2,30	14,1	4,29	1,3

ANALIZA WYNIKÓW

W dostępnych badaniach wielkości zapasu wody w profilach położonych blisko leśnej drogi stokowej i związanej z nią nieciągłości pokrywy glebowej na stoku (droga w wykopie) [Gołąb 2004] wykazano, że położenie profilu wzglę-

dem drogi ma statystycznie istotny wpływ na zapas wody w gruncie. W przedstawianych tu nieco szerszych badaniach , opartych częściowo na tym samym materiale uwidoczniają się inne czynniki, które wydają się mieć silniejszy wpływ na wielkość zapasu wody w gruncie niż czynnik bliskości drogi leśnej.

Zamieszczone w tabeli 3 sumy tygodniowe opadów są bardzo małe (od 1,2 do 14,1 mm) i mimo wzrastającej wartości tych sum obserwowany jest systematyczny spadek wielkości odpływu ze zlewni. Dla porównania: w tym samym roku (w okresie 6 IV – 29 X) notowano tam tygodniowe sumy opadów o wielkościach 58 mm (11-18 VI), 86 mm (8-15 X), 50 mm (24 IX-1 X), ale zanotowano także dwutygodniowy okres bezopadowy (7-24 IX). Zmniejszający się odpływ świadczy o tym, że niewielki opad albo w całości jest intercepowany na powierzchni roślinności, albo uzupełnia w gruncie ubytki wody utrzymywanej między ziarnami gruntu siłami kapilarnymi. Po uzupełnieniu tych ubytków nie ma już lub są bardzo niewielkie ilości wody mogącej stanowić wodę grawitacyjną w profilu i zasilać stan potoku.

Dla porównania przytacza się poniżej zapasy jednostkowe maksymalne, minimalne i średnie dla warstwy próchnicznej oraz dla całego profilu w okresie, w którym prowadzono szersze badania zapasu (od 6 IV do 29 X 1999 roku). Otrzymano dla poziomu próchnicznego zapas jednostkowy: maksymalny w wysokości 5,10 mm, minimalny 2,30 mm i średni 3,75 mm oraz dla całego profilu (liczony jako średnia ważona miąższością poszczególnych poziomów): maksymalny 3,07 mm, minimalny 1,76 mm i średni 2,47 mm.

W tych warunkach (poza początkiem przedstawianego tu okresu) zapasy jednostkowe są niewielkie i stosunkowo wyrównane (rys. 2), choć wyróżniają się największymi zapasami (w sensie średniej z okresu badań) profile: D i F, oraz najmniejszymi: G oraz I. Różnica zapasów między najbardziej wilgotnym profilem D, a najbardziej suchym G jest ponad dwukrotna i wynika wprost z położenia obu profili: jeden bezpośrednio przy potoku, drugi na wododziale. Inne czynniki, według których grupowano profile w zestawieniach wydają się mieć tu znaczenie drugorzędne. Zestawienie zapasów jednostkowych dla warstw próchnicznych (rys. 3) wyłoniło nieco inne grupy profili. Najbardziej wilgotne poziomy próchniczne posiadały profile: L, D i C1, zaś najbardziej suche: C3, I oraz O. W obu porównaniach wyróżnia się profil D (grupa z największymi zapasami) oraz profil I (grupa z najmniejszymi zapasami).

Grupowanie pod względem odległości profilu od drogi (rys. 4) nie pokazuje bardzo wyraźnego wpływu tego czynnika na zapas wody polegającego na jego zmniejszaniu.

Profile „przydrożne" są w różnych grupach, ale żaden z nich nie plasuje się w grupie profili najbardziej suchych. Zaznaczone jest wprawdzie lekkie przesuszenie profili położonych najbliżej drogi w stosunku do usytuowanych nieco dalej, ale najbardziej suche okazują się profile położone najdalej od drogi, które jednocześnie leżą najwyżej, blisko wododziału. Mówi to o tym, że położenie profilu względem drogi nie jest czynnikiem dominującym jeśli chodzi o osuszanie profilu.

Położenie profilu w stosunku do najbliższego potoku, w sensie odległości, (rys. 5) wyraźnie pokazuje wpływ tego czynnika na wielkość zapasu w profilu. Najbliższe lokalizacje (do 50m) posiadają większe zapasy niż pozostałe grupy, zaś dalsze różnicowanie odległości wpływa na obniżenie zapasu już tylko nieznacznie. Zaznacza się tu wyraźnie większy wpływ na wielkość zapasu opisywanego czynnika, niż położenia względem drogi.

Grupowanie profili według wysokości bezwzględnej (rys. 6.) ukazuje następujący stan: najsuchsze są profile położone najwyżej, mimo największych opadów rocznych. Według wzoru na roczny opad normalny podany przez Sulińskiego [Suliński 1999], wiążącego wielkość opadu na terenie Polski ze współrzędnymi geograficznymi i wysokością npm., dla najniżej położonego profilu (535m npm) roczny opad wynosi 902mm, dla najwyżej położonego (780m npm) roczny opad sięga 1027mm. Różnica opadów dla tych stanowisk wynosi zatem 125mm. Pomimo większej ilości wody docierającej w postaci opadu do profili położonych najwyżej ich średnie zapasy są najmniejsze, gdyż woda odsącza się z tych miejsc grawitacyjnie do profili leżących niżej. Te niżej położone profile poddane są temu samemu procesowi, ale ubytki te uzupełniane są wodą spływającą wewnątrzgruntowo właśnie z profili położonych wyżej. Dlatego ich średni zapas jednostkowy jest większy. Jest to czynnik o wyraźnie większym wpływie na zapas w profilach, niż położenie względem drogi.

Różnica rzędnych profilu i potoku mierzona wzdłuż spadku wykazuje dość dużą różnicę zapasów w wydzielonych grupach. Wpływ bliskości potoku jest tu ewidentny i zupełnie zrozumiały, potwierdzający ogólnie znaną prawidłowość. Czynnik ten również silniej wpływa na obserwowane wielkości zapasów niż odległość od drogi, chociaż nie bez znaczenia jest tu bardzo duża zbieżność grup tej kategorii z grupami kategorii omawianej poprzednio.

Różnica wysokości położenia profilu z najbliższym potokiem pokazuje natomiast brak wpływu tego czynnika grupowania na wielkość zapasu w gruncie. Jest to spowodowane prawdopodobnie silnym rozczłonkowaniem sieci potoków odwadniających tę dolinę.

Należy też przyjąć, że na wielkość zapasów wody w profilach wpływa cały kompleks czynników, nie tylko tych rozpatrywanych w niniejszym opracowaniu. Zakres zmienności tych czynników i ich mozaikowy układ w naturalnym środowisku leśnym oraz trudności pomiarowe i interpretacyjne nie dają możliwości, na podstawie zgromadzonego materiału, ustalenia rankingu ich ważności.

WNIOSKI

Na podstawie analizy wyników powyższych badań można wnioskować, że:

– spośród analizowanych czynników, modyfikujących wielkość zapasów wody w gruntach leśnych, czynnik położenia profilu gruntowego w bliskiej odległości od drogi i związany z tym drenaż spowodowany rozcięciem stoku, nie jest tym, którego znaczenie można by określić jako dominujące,

– najsilniej działającym, analizowanym tu czynnikiem, wydaje się być wysokość położenia profilu w zlewni i związany z tym wewnątrzgruntowy, grawitacyjny odpływ wody. Z jednej strony uszczuplany jest w ten sposób zapas profili położonych wyżej, a z drugiej zasilane są profile o niższym położeniu. Nawet naturalnie większa ilość opadów dla wyższych położeń w zlewni nie rekompensuje wpływu tego czynnika,

– czynnikiem o wyraźnym przełożeniu na wielkość zapasu wody w profilu jest odległość od najbliższego potoku.

BIBLIOGRAFIA

Czarniecka A. *Systemy informacji przestrzennej - odwzorowanie wybranych elementów ekosystemu za pomocą atrybutowej bazy danych i cyfrowych map wektorowych*. Pr. magisterska, maszynopis, Wydział Elektrotechniki AGH, Kraków, 1998.

Gołąb J. *Influence of forest slope road on water storage in adjoining soils*, EJPAU, Ser. Forestry, www.ejpau.media.pl/series/volume7/issue2, 2004

Koczwański S., Nowakowska-Moryl J., Plewniak J. *Badania leśnych gruntowych dróg stokowych w aspekcie zjawisk erozyjnych*. Sylwan, 2, s. 41-47, 1994.

Kucza J., Suliński J., Gołąb J. *Przydatność metody konduktometrycznej pomiaru wilgotności gruntu z zastosowaniem czujników gipsowych do badania dynamiki zapasu wody w szkieletowych glebach leśnych*, 2011 (w druku).

Suliński J. *Sprawozdanie z prac wykonanych w I etapie badań „Zbadanie bilansu wodnego świerczyn rasy istebniańskiej*. (red. pr. zb.), maszynopis, ZIL AR w Krakowie, 1997.

Suliński J. *Wzór empiryczny wyrażający zmienność obszarową normalnego rocznego opadu atmosferycznego w granicach Polski*. Acta Agr. et Silv. ser. Silv., Nr 37, 1999.

Suliński J., Kucza J., Gołąb J., Małek S., Abratowski A., Borowski P., Czarniecka A., Starzak R., Sułkowski S., Wężyk P. *Zbadanie czynników określających dynamikę zapasu wody, chemizm i produkcyjność gleb leśnych wytworzonych z piaskowców istebniańskich*. Sprawozdanie końcowe. MSK, KIL AR w Krakowie, GDLP w Warszawie. 2001.

Dr inż. Janusz Gołąb
Katedra Inżynierii Leśnej
Uniwersytet Rolniczy
Al. 29-listopada 46,
31-425 Kraków
rlgolab@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Antoni T. Miler*

Badania wykonano na zlecenie Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych (umowa z dnia 6 X 1998) jako część zadania badawczego: „Zbadanie czynników określających dynamikę zapasu wody, chemizm i produkcyjność gleb leśnych wytworzonych z piaskowców istebniańskich”.