



EUGENIUSZ NOWOCIEŃ

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach
nowocien@iung.pulawy.pl



MARIAN GŁAŻEWSKI

Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie – pracownik emerytowany



KONRAD PIECHOWICZ

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – LBIŚ w Falentach
k.piechowicz@itp.edu.pl

Umacnianie i zagospodarowanie w pasie drogowym skarp dewastowanych przez erozję wodną i wietrzną

Najwięcej skarp naturalnych występuje na terenach silnie urzeźbionych, jako wynik procesów erozyjnych. Wiele z nich jednak należy zaliczyć do form antropogenicznych, ponieważ ich występowanie związane jest z działalnością człowieka. Będą to w większości skarpy w pasie drogowym [1].

Potencjalne zagrożenie gruntów erozją wodną powierzchniową i wietrzną (również w pasie drogowym) jest następstwem głównych kryteriów przyrodniczych: nachylenia terenu, podatności erozyjnej warstwy gruntu (gleby) na zmywy powierzchniowe, wielkości opadu rocznego i prędkości wiatru [2]. Przeprowadzone badania [3] wykazały, że około 29% obszaru Polski, w tym 21% użytków rolnych, głównie gruntów ornyczych i około 8% powierzchni lasów jest zagrożonych erozją wodną i wietrzną. Na tych obszarach zagrożone są również roboty ziemne w pasie drogowym, a szczególnie skarpy nasypów, wykopów i rowów nieumocnionych trwałą darnią.

Skarpy ze względu na silnie nachyloną powierzchnię podlegają intensywnie procesom erozyjnym. Dlatego też ich obudowa polegająca na odpowiednim profilowaniu, a następnie

w innych miejscach. Procesy te są rezultatem destrukcyjnego oddziaływania klimatu, a w szczególności wody i wiatru. Zdolność erozyjnego oddziaływania klimatu "R" jest wielkością wyrażającą siły odspajające i transportujące materiał podlegający erozji w określonym przedziale czasu.

Erozja wodna (ablacja) i wietrzna (deflacja) są tymi czynnikami, które, szczególnie w okresie budowy i początkach eksploatacji nasypów drogowych, stwarzają poważne trudności wykonawcom, służbom utrzymania i użytkownikom oraz przyległemu środowisku (osiedla, uprawy itp.).

Straty spowodowane erozją zależne są, oprócz wpływu erozyjnego oddziaływania klimatu, od podatności erozyjnej gruntu, rozumianej w szerokim sensie:

$$E = R \cdot Er \quad (1)$$

w którym:

E – erozja [g/m²/rok]

R – zdolność erozyjnego oddziaływania [J/m²/h]

Er – podatność erozyjna [g·h/J/rok]

Czynnikami, które wpływają na podatność erozyjną gleby są (rys. 1):

- topografia powierzchni (nachylenie i długość skarpy (zbozcza),
- stan zagęszczenia gruntu (gleby),
- przepuszczalność gruntu (gleby),
- stosowanie związków chemicznych,
- zabiegi uprawowe i wprowadzana roślinność.

Skarpy z utworów luźnych, takich jak piasek luźny lub słabo gliniasty, podlegają silnej erozji wodnej i wietrznej. Na rys. 1 w postaci ideogramu scharakteryzowano rodzaje erozji oraz ich przyczyny zarówno naturalne, jak i powstałe na skutek działalności człowieka. Na ogół w górnej ich części dominuje erozja powierzchniowa, w środkowej osadza się materiał zmywany, a w dolnej tworzą się żłobiny. Część żłobin zostaje wypełniona piaskiem podczas następnych spływów lub przy osypywaniu się piasku, a część powiększa się nawet do formy wąwozu. Małe formy wąwozowe mogą powstawać również przy wysięku wody ze skarpy. Erozja wąwozowa ze względu na łatwość rozmywania piasku może występować wyjątkowo silnie. W wyniku erozji wodnej teren przyległy do podnóża skarpy jest intensywnie zamulany zmytym piaskiem, a erozja wietrzna powoduje zapylenie deflatami otoczenia [5].

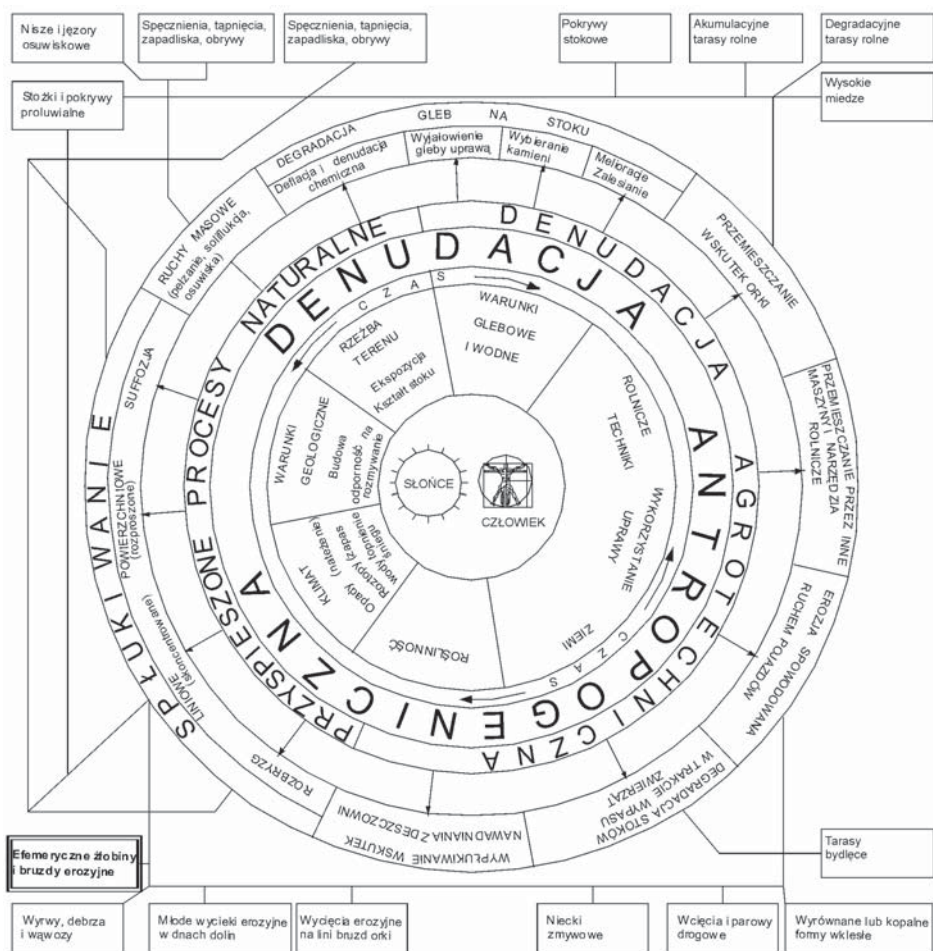
Erozja wodna na skarpach wykonanych z piasku i z domieszką żwiru ma podobny przebieg jak opisana poprzednio, z tym że jest mniej intensywna i ma bardziej selektywny charakter – wyplukuje piasek a podmywa żwir, który stacza się po zboczach i u podstawy tworzy stożki usypiskowe. Skarpy te mają zwykle kształt prosty, a nachylenie przybiera kąt naturalnego zsypania (stoku).

umocnieniu i zagospodarowaniu, jest jednym z ważniejszych ogniw w systemie melioracji przeciwezyjnych i prac rekultywacyjnych [4]. Umocnienie i zagospodarowanie skarp jest zagadnieniem trudnym ze względu na duże nachylenie, często niekorzystne właściwości gruntu (przeważnie są to utwory bezglebowe i nierzadko zanieczyszczone odpadami pochodzącymi z gospodarstw domowych), niedobory wodne i różnorodność zjawisk erozyjnych [5]. O sposobie umocnienia skarp decydują nachylenie oraz rodzaj gruntu [6], [7], [8], [9].

Celem niniejszego artykułu jest omówienie przyczyn erozji powstającej na drogowych nasypach ziemnych i sposobach jej zapobiegania.

Geneza erozji

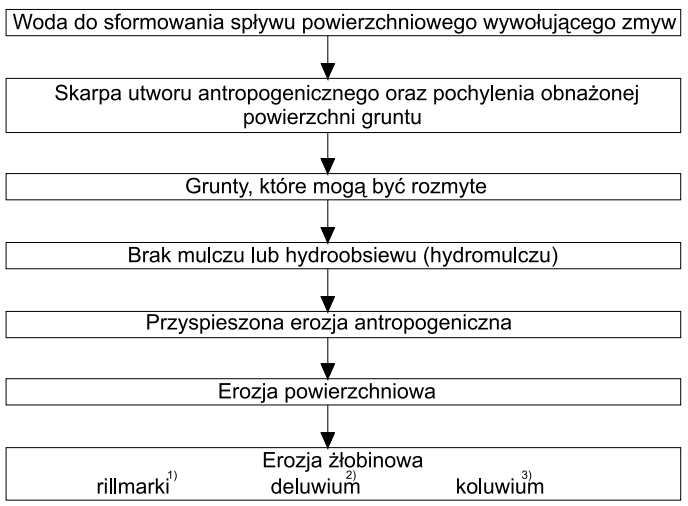
Pojęcie „erozja” obejmuje procesy odspajania i odrywania cząstek powierzchni gruntu, przenoszenie ich i osadzanie



Rys. 1. Ideogram denudacji antropogenicznej

Skarpy składające się z uwarstwionego gruntu, na przykład z warstw piasku i ilu, są najbardziej niszczone przez erozję żłobinową. Żłobiny szczególnie łatwo powstają na powierzchni kontaktowej obu warstw, ponieważ w tych miejscach występują zagłębienia (tab.1). Piasek jako grunt przepuszczalny kumuluje wody opadowe, powstaje uprzywilejowana droga filtracji, co w efekcie powoduje rozmycie powierzchni skarpy

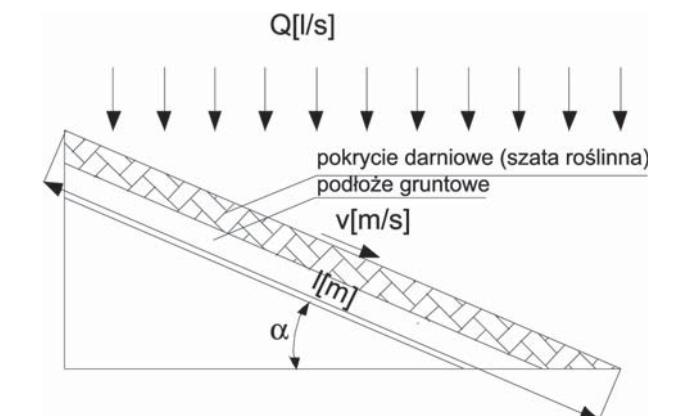
Tabela 1. Powstawanie antropogenicznej erozji przyspieszonej



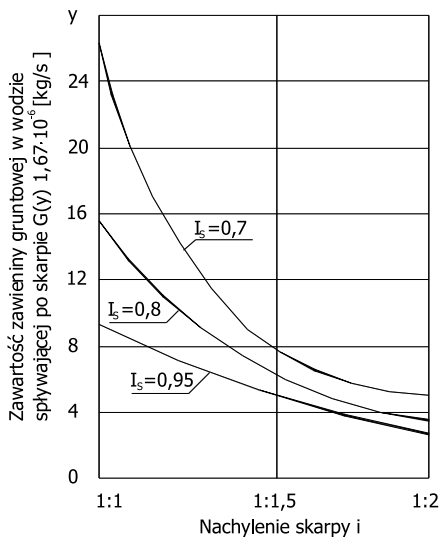
Wszystkie skarpy podlegają także erozji wietrznej, której intensywność zależy od siły wiatru, właściwości gruntu i rzeźby. Najsilniej wywiewane są najdrobniejsze części z górnych partii skarpy. Wywiewanie hamuje, a niekiedy zupełnie uniemożliwia proces glebotwórczy. Pozostawione na miejscu grubsze części pogarszają właściwości fizyko-chemiczne i warunki wodne gruntu.

Zjawiska erozyjne wywołują spustoszenia w morfologicznym ukształtowaniu terenu, a mianowicie niszczą naturalne lub wytworzone w budowlach ziemnych geometryczne formy, w wyniku czego zwykle następuje zmniejszenie, a nawet zanik (utrata) stateczności wytworzonego ośrodka gruntowego, która może wywołać zapadnięcia jezdni. Wytworzone u podnóży skarpy i w miejscach odkładów usypisk z wyerodowanych cząstek gruntu naturalnego lub antropogenicznego zanieczyszczają przyległe uprawy rolnicze i utrudniają właściwe odwodnienie. Wymieszane z wodą lub z wiatrem cząsteczki gruntu zamulają zbiorniki wodne, czynią szkody w faunie wodnej. Aby temu zaradzić, powierzchnia skarpy powinna mieć wytworzoną okrywę roślinną lub jeśli takowa jeszcze się nie wytworzyła to powinna być tymczasowa osłona antyerozyjna, np. w postaci geosiatki.

Intensywność zjawisk erozyjnych zależy od kąta nachylenia i długości zbocza/skarpy, ponieważ wraz ze zwiększeniem kąta nachylenia stoku, rośnie prędkość strumienia oraz jego energia kinetyczna i zwiększa masę spływającej wody (przy większym kącie nachylenia i większej prędkości spływu, mniej wody jest wchłaniane przez podłoże skarpy) (rys. 2).



Rys. 2. Schemat intensyfikacji erozji zależnie od opadu i kąta nachylenia skarpy



Równania krzywych określających zależność G od pochylenia skarpy i

$$\begin{aligned} \text{dla } I_s = 0,7; G(y) &= 94,16 + 280i + 96,32i^2 \\ \text{dla } I_s = 0,8; G(y) &= 32,86 + 74,72i + 108i^2 \\ \text{dla } I_s = 0,95; G(y) &= 213,6 + 712,9i + 749,3i^2 \end{aligned}$$

Rys. 3. Zależność między ilością gruntu unoszonego z wodami opadowymi a nachyleniem skarpy oraz wskaźnikiem zagęszczenia I_s [12]

Erozja budowli ziemnych jest czynnikiem hydromechanicznego naruszenia struktury gruntu. Intensywność zniszczeń erozyjnych zależy zwłaszcza od odporności gruntu na erozję, tj. od jego fizyko-mechanicznych właściwości [11].

W gruntach niespoistych odporność ta rośnie wraz ze wzrostem uziarnienia gruntu oraz wskaźnikiem jego zagęszczenia I_s , dodatkowo w gruntach spoistych wpływ ma kohezja i skonsolidowanie, i wilgotność (rys. 3).

Umacnianie i zagospodarowanie skarp

Na skarpach o gruncie ilastym pylastym i rumoszowym występuje intensywna erozja żłobinowa w wyniku rozmywania przez spływy powierzchniowe. Część żłobin może również powstać wskutek pęknięcia przesuszonej powierzchni (fot.1). Powszechne są także osuwiska i spływanie gruntu (gleby). W rezultacie, w wyniku działania erozji na skarpach omawianej grupy, w górnej ich części występuje gęsta sieć różnej wielkości rozmywów (żłobin, szczelin), a w dolnej namywy, jęzory osuwiskowe i soliflukcja. Nierzadkie są też przypadki pełznięcia gruntu [7].



Fot. 1. Przykład osuwiska powstałego wskutek erozji żłobinowej

W budownictwie drogowym, kolejowym, hydrotechnicznym i wszędzie tam, gdzie występują roboty ziemne, a zwłaszcza budowanie nasypów, w przypadku erozji wodnej, czyli w wyniku splukiwania, dopuszczalne jest jedynie powstawanie żłobin efemerycznych (tymczasowych), które zostaną usunięte w wyniku prac rekultywacyjnych.

Rekultywacja gruntów na skarpach ma za zadanie przygotowanie ich do biologiczno-inżynierskiego zagospodarowania, którego celem jest stworzenie niezbędnych warunków rozwoju produkcji roślinnej oraz rewegetacji roślinnej [4]. Gleba jest podstawowym nośnikiem biologicznym, która rozłożona cienką warstwą (do 20 cm) na podłożu bezglebowym (płonnym) jest głównym składnikiem żywienia roślin. Dlatego koniecznym jest dokładne każdorazowe ustalenie, czy dany grunt posiada dostateczną ilość składników do zagospodarowania biologicznego, a następnie, czy dla projektowanego typu wegetacji będzie się nadawał. W tym celu konieczne będą nie tylko standardowe analizy geotechniczne, ale również gleboznawcze i środowiskowo biologiczne. Wpływ będzie mieć również powiązanie zagadnień stateczności zboczy i skarp z wegetatywnymi możliwościami rozwoju roślinności na nich w funkcji ich pochylenia na skarpie.

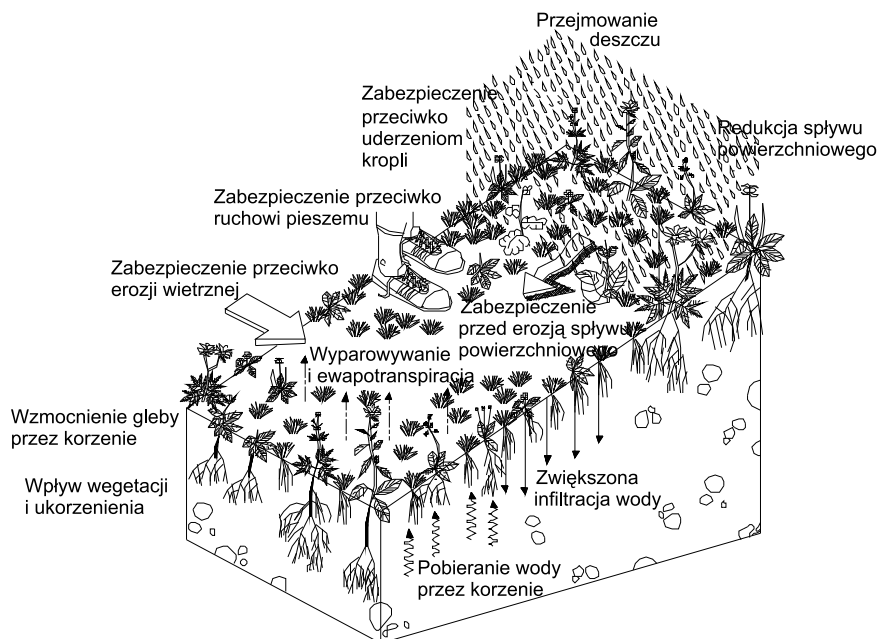
Nowoczesne środki do biologicznego umacniania niestabilnych powierzchni na zboczach i skarpach (rys. 5) powinny spełniać szereg warunków, m. in.:

- 1) skutecznie zagęścić podłoże gruntowe i zabezpieczyć powierzchnię skarpy, np. poprzez nałożenie siatki lub warstwy hydromulczu, również na okoliczność deszczów nawalnych do czasu ukorzenia się siewek;
- 2) pozwalać na ograniczenie do minimum zabiegów agrotechnicznych i pielęgnacyjnych;
- 3) w znacznym zakresie poprawić zasobność nawozową ustabilizowanego środka gruntowego, poprawić jego stosunki wodne i życie biologiczne;
- 4) zmniejszać swoją funkcję stabilizatora gruntu w miarę rozwoju okrywy roślinnej;
- 5) nie wносить do gruntu elementów niekorzystnych lub uciążliwych dla środowiska, nierozkładalnych lub trudno rozkładalnych.

Wyżej wymienione warunki mogą spełniać m.in. środki zawierające składniki pochodzenia organicznego [13].

Składniki organiczne, które są produktem rozkładu materii roślinnej i zwierzęcej, mogą występować w formie płynnej, mulistej lub mazistej. Mogą one skutecznie wpływać na wodę w gruncie w następujący sposób:

- okrywa świeżej materii organicznej (ściółka, mulcz) redukuje zagęszczający wpływ uderzeń kropli deszczu, które bez tej okrywy powodowałyby zamykanie się porów i szczelin skurczowych w wierzchniej warstwie gruntu, co w konsekwencji dawałoby tylko spływ powierzchniowy, a nie wsiąkanie w grunt; okrywa taka spowalnia spływ wody i zapobiega erozji gruntu;
- świeża materia organiczna tworzy rodzaj dywanu (emulsja lub lepiszcze + ściółka) zabezpieczającego wierzchnią



Rys. 5. Schemat naturalnego zabezpieczenia skarpy przed działającymi na nią czynnikami

warstwę gruntu przed wyparowaniem. Przy wysokich temperaturach powietrza i silnych wysuszających wiatrach świeża materia organiczna utrzymuje właściwy stan wilgotności powierzchni gruntu, umożliwiając przy utrzymującym się reżimie wilgotnościowym szybkie kiełkowanie roślin;

- świeża materia organiczna dostarcza pokarmu dla drobnoustrojów, które zasiedlając wierzchnią warstwę inicjują życie biologiczne;
- rozkładająca się materia organiczna wydziela dwutlenek węgla przekształcający się w kwas węglowy, co pozwala na chemiczne reakcje z minerałami w gruncie i wytwarzanie odżywek dla wzrostu roślin;
- rozłożona materia organiczna tworzy w gruncie pakiety namulów i zlepieńców, przekształcając strukturę gruntu i wspomagając tworzenie się szczelin, pęknięć i rys skurczowych bardzo cennych dla procesu wsiąkania wody deszczowej oraz napowietrzania gruntu;
- równocześnie sam proces rozkładu materii organicznej i jej łączenia się z minerałami zawartymi w gruncie stwarza warunki do absorpcji wody i odżywek oraz transportu ich do układu korzeniowego roślin; ma to szczególne znaczenie w gruntach piaszczystych, gdzie w przypadku braku ww. procesów woda i zawarte w niej odżywki przefiltrowałyby przez warstwę piasku i nie miałyby dostępu do układów korzeniowych roślin.

Tabela 2. Czynniki środowiskowe rozwoju i wzrostu roślin

Lp.	Czynnik	Miejsce występowania
1.	Nasłonecznienie	atmosfera i gleba
2.	Temperatura	atmosfera i gleba
3.	Zawartość CO ₂	atmosfera i gleba
4.	Fauna i flora otaczająca	nad gruntem i w gruncie
5.	Woda	głównie w gruncie
6.	Tlen	głównie w gruncie
7.	Czynniki odżywcze	głównie w gruncie
8.	Kwasowość (pH)	głównie w gruncie

Podstawowe składniki masy roślinnej to węgiel, wodór i tlen, stanowiące od 94 do 99,5% masy. Są pobierane przez roślinę z powietrza i wody. Pozostałe od 0,5% do 6,0 % elementów masy roślinnej stanowią składniki odżywcze pobierane z gleby [4]. Aby rośliny mogły wzrastać i rozwijać się właściwie, potrzebują następujących składników: azot, fosfor, potas, siarka, wapno i magnez. Podane elementy zazwyczaj wchodzi w skład nawozów sztucznych stosowanych w procesie rekultywacji gruntów.

Dodatkowy wpływ mają czynniki środowiskowe (tab. 2).

Wybrane sposoby umacniania skarp

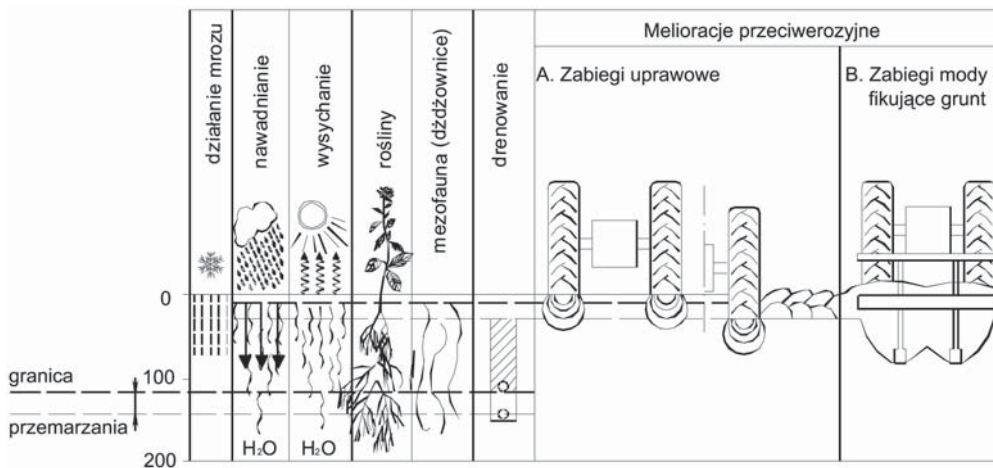
Przez pojęcie skarpy należy rozumieć nie tylko pochylone powierzchnie, lecz również przyległe pasy poziome („browki”) o odpowiedniej (wymaganej) szerokości na koronie (torowisku) i u jej podnóża [14].

Skarpa stanowi element konstrukcyjny budowli ziemnych. Umocnienie może być biologiczne, bądź techniczne, tzn. sztuczne. Jako umocnienie biologiczne najczęściej stosowana jest darni, wzmocniona niekiedy krzewami. Umocnienie sztuczne wykonywane jest z betonu, względnie z innych materiałów.

Sposób umocnienia skarpy zależy od jej przeznaczenia, a także od środowiska w jakim będzie się znajdowała, np. częste opady atmosferyczne, narażenie na działanie spływów powierzchniowych i tworzenie się żłobin, oraz od rodzaju i właściwości gruntów, wymaganego stopnia zabezpieczenia oraz warunków miejscowych. Pokrycie roślinnością skarp nasypów lub przekopów nie jest rzeczą prostą, ponieważ na powierzchni skarpy nowo powstałej budowli ziemnej nie występują idealne warunki glebowe do rozwoju roślin. Wobec tego, wprowadzana roślinność musi odgrywać rolę pionierską w procesie glebotwórczym. Pochylenia sprawiają, że nakładana warstwa ziemi urodzajnej – zabieg niezbędny do polepszenia warunków siedliskowych – ma tendencję do zsuwania się. Podobnie jak przemieszczane są nawozy czy nasiona, z górnej w dolną część skarpy [15].

Stąd też diametralnie różne są warunki rozwoju u góry i u dołu skarpy. U góry, gdzie jest najmniejsze uwilgotnienie, roślinność jest szczególnie narażona na nieprzyjęcie się, a system korzeniowy często ulega obnażeniu z powodu wywiewania gleby. W zimie wiatry bardzo często wywiewają z tych miejsc okrywą śnieżną, co przyczynia się do wymarzenia i osłabiania roślin. U dołu skarp gromadzi się natomiast ziemia urodzajna przemieszczona z górnej części skarpy, poziom próchniczny ma większą miąższość i gromadzi dzięki temu większe zapasy wody, co poprawia warunki wzrostu i rozwoju roślin.

Równie duże zróżnicowanie warunków siedliskowych może występować w wykopach (przekopach), gdzie na większości powierzchni skarp mamy do czynienia tylko ze skałą macierzystą (gruntem płonnym), która może charakteryzować się



A. Zabiegi agrouprawowe

- wyrównanie:
 - skarpowanie
 - plantowanie
- mieszanie:
 - kultywatorowanie
 - bronowanie
 - włókanie
 - frezowanie
- moletowanie (góra skarpy)
- bruzdowanie (dół skarpy)

B. Zabiegi modyfikujące i użyźniające grunty

- humusowanie
- mulczowanie (ściółkowanie)
- wapniowanie (gipsowanie)
- matowanie (ifowanie)
- nawożenie ograniczono-mineralne
- hydromulczowanie (hydroobsiew)

Rys. 6. Czynniki kształtujące profil gleb inicjalnych (na skarpach)

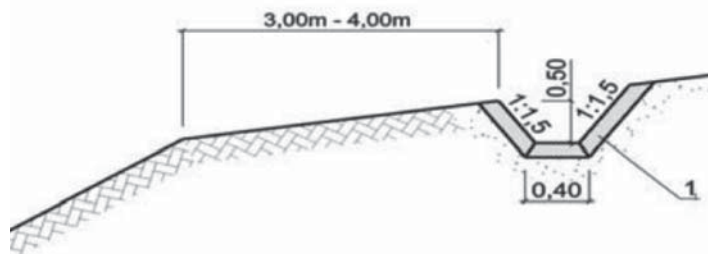
bardzo różnymi warunkami, jeśli chodzi o naturalną żyzność (troficzność), jak i stosunki wodne, dlatego też na powierzchniach skarp zachodzą czynniki kształtujące powstawanie profilu gleb (rys. 6).

Warstwa darniowo-glebowa zostaje zdjeta w trakcie wykonywania liniowych budowli ziemnych, co powoduje, że odsłonięte grunty, zwłaszcza na pochyłościach, podlegają intensywnej wodnej i wietrznej erozji, będącej wynikiem wpływu warunków atmosferycznych. Dlatego zagadnienia stateczności, prawidłowego utrzymania i estetyki skarp drogowych (zwałowisk gruntów antropogenicznych, a także zboczy oraz stoków naturalnych) jest zadaniem trudnym, kosztownym i wymaga starannego wykonania. Zastosowane elementy zbudowane nawet z najtrwalszego, lecz martwego materiału ulegają niszczeniu w miarę upływu czasu i niestety nie wykazują cechy elastycznego dostosowania się do zmian siedliska ani nie „wrastają w grunt” tak jak roślinność. Wobec czego istnieje zawsze obawa, co do pełnej efektywności ich działania w przewidzianym okresie eksploatacji. Z powyższych względów stosowanie umocnień technicznych należy możliwie ograniczać do minimum, a wykonywać tylko w przypadkach niezbędnych, gdzie rzeczywiście nie uda się ich zastąpić inną formą obudowy. Sposoby obudowy technicznej są różne, poczynając od bardzo prostych, a kończąc na skomplikowanych budowlach inżynieryjnych. Zależnie od funkcji można je podzielić na cztery grupy.

Do grupy pierwszej należą urządzenia hydrotechniczne regulujące stosunki wodne na samych skarpach, jak też na terenie przyległym, zwłaszcza leżącym bezpośrednio ponad umocnioną skarpią. Do grupy tej należą:

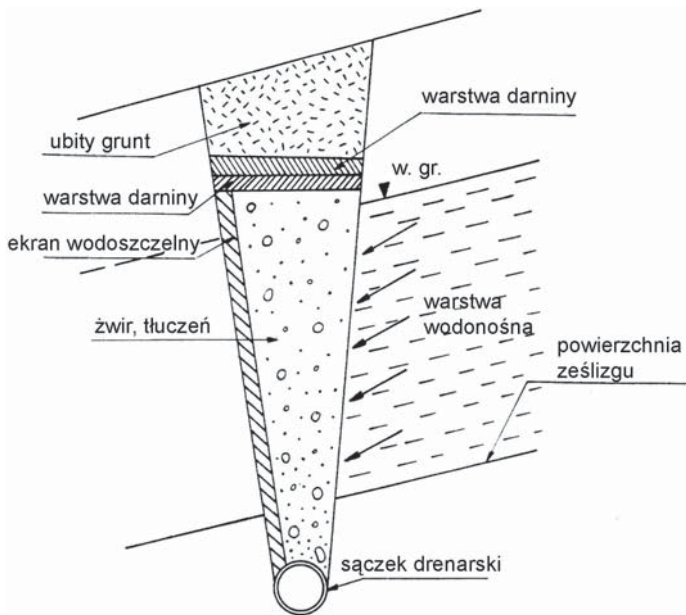
- rowy stokowe – stosowane do przechwycenia wód powierzchniowych z obszaru leżącego powyżej skarpy i do ochrony skarpy. Wykonuje się je powyżej górnej krawędzi skarpy, a projektuje według ogólnie przyjętych zasad. Rowy stokowe tylko okresowo odprowadzają wody ze spływów powierzchniowych i przez większą część roku są suche. Dlatego w większości przypadków dostatecznym ich umocnieniem jest obsiew mieszkanką traw. Skarpy i dno w pierwszym okresie po wykonaniu rowów, zanim trawy przejmą funkcję ochronną, warto umocnić geosyntetykami (rys. 7);
- bystrotoki – odprowadzają wody powierzchniowe z rowów stokowych wykonanych na wierzchołku poza jej obręb poprzez skarpię. Bystrotoki są kosztowną formą umocnienia i dlatego muszą być systematycznie kontrolowane,

a ponadto stosowane na skarpach o wzmocnionym podłożu. Sprowadzają one mniejsze przepływy wody, zwłaszcza na skarpach o niestabilnym (ruchomym) gruncie.



Rys. 7. Przykład umocnienia rowu stokowego geosyntetykami

Drugą grupę obudowy technicznej stanowią umocnienia przeciwdziałające osuwiskom. Stosuje się je przeważnie na skarpach w terenach zabudowanych, a także na odcinkach szlakowych. Dotychczasowe metody ochrony zboczy przed osuwiskami są zwykle bardzo kosztowne. Dlatego zabiegi ochronne powinno się rozpoczynać od uporządkowania powierzchni – zlikwidowania lokalnych wklęsłości terenowych, w których mogą gromadzić się wody i wykonania powierzchniowego odprowadzenia wód rowami otwartymi lub przez drenowanie, włącznie z ujęciem wysięków i źródeł oraz zmianą użytkowania gruntów, np. wprowadzenie trwałych użytków zielonych lub zadrzewień z gatunków o silnym i głębokim systemie korzeniowym, zużywających duże ilości wody. Jeżeli tego rodzaju zabiegi okażą się niewystarczające, to

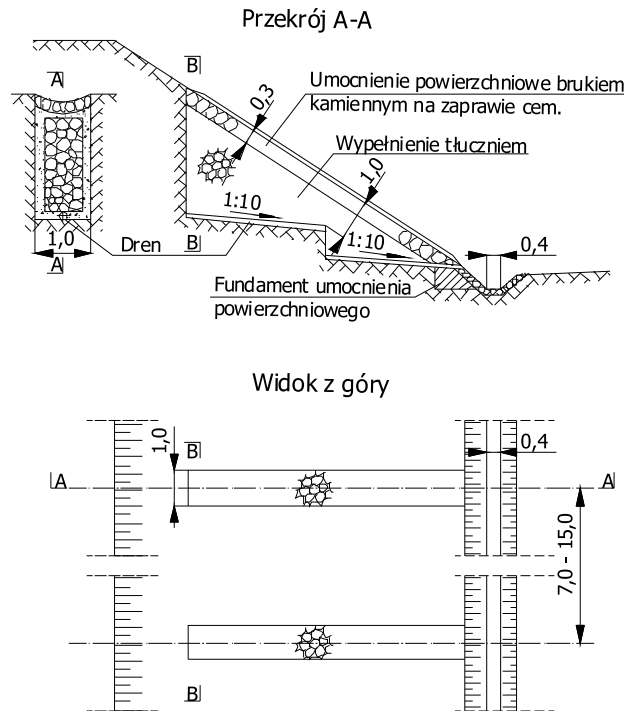


Rys. 8. Drenowanie podłużne skarpy

dopiero wówczas wykonuje się typowe zabiegi przeciwosuwiskowe, do których należą drenowanie lub sztolnie, mury oporowe i inne.

Drenowanie wgłębne ma na celu odprowadzenie wody, która na styku warstwy nieprzepuszczalnej z warstwami wyżej położonymi tworzy powierzchnię ześlizgu. Drenowanie wgłębne może być poprzeczne lub podłużne w stosunku do nachylenia skarpy (rys. 8). Drenowanie poprzeczne jest skuteczniejsze, ponieważ ujmuje i odprowadza całą wodę z obszaru leżącego powyżej ciągu drenarskiego (rys. 9). Jednak drenaż taki założony w terenie ruchomym, w przypadku przesunięcia warstw zostaje przerwany i wówczas zamiast odwadniać to nawadnia powierzchnię ześlizgu, uaktywniając ruchy mas osuwiskowych. Z tych względów wykonuje się go tylko powyżej obszaru osuwiskowego. Natomiast na powierzchni osuwiskowej wykonuje się drenaż podłużny. Wprawdzie jest on mniej skuteczny, ponieważ odwadnia tylko wzdłuż sączka pas gruntu, ale jest bezpieczniejszy w wykonaniu i wywołuje mniej ujemne skutki w przypadku jego uszkodzenia. Drenowanie skarpy jest nie tylko skomplikowane, ale bardzo pracochłonne i niebezpieczne. Rowy są głębokie, wąskie o niemal pionowych ścianach i kopie się je na dużych głębokościach, kilku a nawet kilkunastu metrów. Jeżeli głębokość posadowienia drenów jest zbyt duża i przekracza 10 m to drenowanie zastępuje się sztolniami, które wykonuje się z drewna, betonu lub żelbetonowych elementów prefabrykowanych.

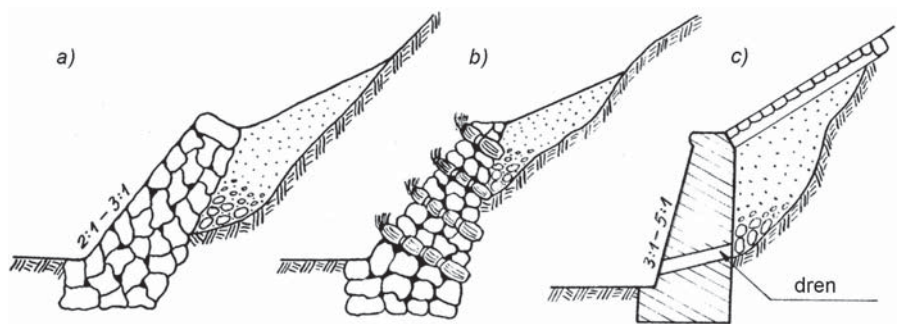
Mury oporowe mają zróżnicowane konstrukcje (rys. 10). Wszystkie mury oporowe, bez względu na rodzaj materiału, z którego są zbudowane, mają kształt trapezu oraz fundamenty posadowione na gruncie trwałym. Nachylenie ścian zewnętrznych muru zależy od materiału, wynosi od 2:1 do 3:1 w kamiennych i od 3:1 do 5:1 w betonowych. W przypadku



Rys. 9. Drenowanie wgłębne poprzeczne odwadniające

ścian wewnętrznych może być prawie pionowe w murach kamiennych, a pionowe w betonowych. Poza murem, w szczególności posadowionym na gruncie zwięzłym, powinien być wykonany bardzo starannie drenaż odwadniający. W murze pozostawia się otwory o średnicy około 20 cm, a przestrzeń między murem a skarpą wypełnia się materiałem przepuszczalnym. Zbieranie się wody za murem jest niebezpieczne, ponieważ może spowodować rozmięknienie gruntu pod fundamentem i naciski na mur przy zamrożeniu.

Do obudowy technicznej skarpy z mniejszymi osuwiskami stosuje się umocnienia o lżejszej konstrukcji niż omówione poprzednio. Stosuje się umacnianie gruntu zastrzykami, które polegają na wprowadzeniu w określonym układzie przestrzennym do gruntu pewnych substancji, takich jak zaprawa cementowa, bitumiczna lub krzemowa, szkło wodne i inne związki chemiczne. Zabieg ten jest coraz częściej stosowany, skutecznie zwiększa wytrzymałość i spójność mas ziemnych. W utworach gruboziarnistych, piaskach i żwirach oraz w spękaniach skalnych dobre wyniki dają zastrzyki cementowe i bitumiczne, a w gruntach drobnoziarnistych, np. py-



Rys. 10. Mury oporowe z: a) kamienia, b) kamienia i faszyny oraz c) z betonu zbrojonego

lastych i ilastych (zwłaszcza przy dużej zawartości CaCO_3) stosuje się zaprawę krzemową. Przy dużych nachyleniach można stosować zbrojenie w postaci kotw gruntowych.

Do trzeciej grupy umocnień technicznych należą te, które utrwalają wierzchnią warstwę gruntu na skarpach, a więc przeciwdziałają przede wszystkim takim zjawiskom erozyjnym jak zmywy powierzchniowe, żłobienie, spływanie gleby, deflacja. Są to zabiegi mniej skomplikowane, tańsze i łatwiejsze do wykonania niż omówione poprzednio. Zalicza się do nich:

- przegrody (bardzo często stosowane), np. na skalistych lub kamienistych skarpach najłatwiej wykonuje się murki z kamienia lub rumoszu. Na skarpach ziemnych o gruncie mało spoistym i zwięzłym, ale niezbyt stromych o nachyleniu do 45° (100%) najczęściej zakłada się kieszki lub płotki z martwej faszyny, trzciny a nawet słomy lub chrustu. Na skarpach stromych o nachyleniu ponad 45° , niekiedy wykonuje się przegrody z desek o szerokości około 10 cm i rozstawie co 1 m;
- stopnie – umacnia się nimi miejsca, gdzie występują wcięcia terenu (progi) stanowiące różnicę wysokości, których nie da się złagodzić lub zlikwidować. Są to budowle o różnej formie i z różnego materiału, a celem jest przeciwdziałanie cofaniu się w górę progów i rozpraszanie energii spadającej wody;
- siatki z drutu lub tworzyw sztucznych przytwierdzone kotwami do warstwy nieruchomego gruntu są szczególnie wskazane na skarpy z osypującym się rumoszem;
- matowanie – stanowi zabieg okresowy, ochraniający powierzchnie do czasu wprowadzenia roślinności, a ponadto stwarza korzystniejsze warunki do wzrostu i rozwoju roślin;
- hydroobsiew – naturalna metoda zabezpieczenia przed erozją skarp mieszanką traw i motylkowatych drobnonasiennych.

Techniczną formę umocnień stanowią również niektóre roboty ziemne związane z kształtowaniem powierzchni skarp. Należą do nich tarasowanie, grobelkowanie i bruzdowanie. Tarasowanie skarp jest celowe w przypadku użytkowego zagospodarowania. Stanowi ono bardzo korzystny zabieg na skarpach z rumoszu i gruntu zwięzłego o właściwych stosunkach wodnych, mniej korzystny na skarpach piaszkowych, a wręcz niewskazany na skarpach zbudowanych z wilgotnych ilów. Grobelkowanie i bruzdowanie, oczywiście o kierunku poprzecznym do nachylenia skarp, stosuje się pod zadarnienie i zalesianie. Przy tego rodzaju zabiegach trzeba bezwzględnie stworzyć możliwość odpływu nadmiaru wód opadowych, aby zapobiec ewentualnemu żłobieniu powierzchni. W tym celu stosuje się system przeorywanych grobelek lub bruzd albo wykonuje się umocnione tory odpływu wody.

Czwarta grupa obudowy technicznej dotyczy skarp bezpośrednio przyległych do otwartego lustra wody rzek czy zbiorników, narażonych na niszczące działania fal. Są to umocnienia następujące:

- kołki i płotki faszynowe – umocnienie bardzo często stosowane, ale nietrwałe ponieważ funkcjonuje 2–3 lata;

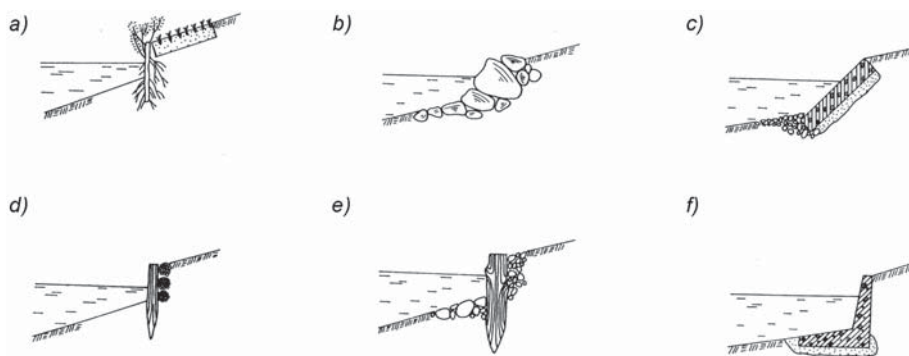
- bloki skalne i kamienne – stosuje się tam, gdzie je łatwo uzyskać. Sposób trwały, ale pracochłonny. Przy połączeniu narzutów kamiennych z zasadzonymi drzewami otrzymuje się doskonały efekt techniczny i krajobrazowy;
- palisady z trwałych lub impregnowanych pali drewnianych – umocnienie bardzo dekoracyjne, ale niestety coraz trudniej o materiał na jego wykonanie. Ponadto w przypadku skarp o gruncie ciężkim, może nastąpić spływanie przez pale rozmięknętej ziemi. W takim przypadku palisadę oblicowuje się z obu stron tłuczniem, żwirem itp.;
- płyty betonowe – bardzo trwałe i często stosowane. Kąt ułożenia płyt wynosi 100% (45°). Płyty ułożone zbyt płasko obsuwają się, a zbyt stromo, mogą być wypychane przez osuwający się lub zamrożony grunt skarpy;
- prefabrykaty betonowe – zaletą ich jest zmechanizowane układanie.

Podnóża skarp od strony zalewowej mogą z powodzeniem zostać umocnione różnym materiałem (rys. 11). Zasadą jest, aby krawędzie wszystkich omówionych umocnień wystawały ponad poziom wody, a pas ziemi w bezpośrednim sąsiedztwie został umocniony (obsiany trawą lub obłożony darnią).

Obudowa biologiczna jest następnym i powszechnie stosowanym umocnieniem skarp. Wadą jej jest wprawdzie to, że przez okres do wytworzenia się zwartej okrywy roślinnej, powierzchnia skarpy nadal podlega erozji, ale przy obecnych możliwościach utrwalania zasiewów kwestia ta staje się coraz mniej istotna. Rzecz polega natomiast na właściwym doborze gatunków i odpowiedniej pielęgnacji. Elementy obudowy biologicznej stanowią zadarnienia i zadrzewienia. Stosuje się je oddzielnie lub łączy razem.

Darniowanie jest znanym od dawna sposobem utrwalania skarp, jednak stosunkowo kosztownym i pracochłonnym. Sposób przestrzennego rozmieszczenia darni jest bardzo różny – jednolitą płaszczyzną, w skośną kratę, pasami itp.

Obsiewanie trawą jest coraz bardziej popularne. Roślinność trawiastą stosuje się nie tylko w celu ochrony przed erozją, ale również do poprawienia fizykochemicznych właściwości gruntu i mikroklimatu, szczególnie w przypadku, kiedy stanowi ona przedplon pod zadrzewienia. Zadarnia się przede wszystkim skarpy stanowiące budowle ziemne, nasypy, ściany itp. Wówczas kontrola technicznego stanu skarp jest łatwa, a konserwacja nieskomplikowana i tania. Zadarnienia oprócz tego powinny zawsze stanowić przedplon



Rys. 11. Umocnienie skarpy nasypu na obszarze wód zalewowych: a) płotek faszynowy, b) narzut kamienny, c) płyta betonowa na podsypce z piasku, d) palisada umocniona kieszkami faszynowymi, e) palisada umocniona narzutem kamiennym, f) żelbetowy mur oborowy

pod zadrzewienia leśne oraz grunty orne, jeżeli takie planuje się np. na zwałowiskach. W wysiewanych mieszankach powinno się uwzględniać zarówno motylkowate, jak i trawy, na co wyraźnie wskazuje naturalna sukcesja roślinności. Trawy bowiem zdecydowanie przeważają nad motylkowymi prawie we wszystkich inicjalnych zbiorowiskach zapoczątkowujących proces utrwalania różnego rodzaju nieużytków, w tym i skarp. Motylkowe wkraczają bardzo żywiołowo, ale dopiero w następne stadia sukcesyjne. Darni złożona z roślinności obu grup botanicznych ma większe zdolności przystosowania się do siedliska i wykazuje pełniejsze oddziaływanie ochronne i glebotwórcze.

Dobór gatunków do zadarniania skarp ziemnych nie wykazujących właściwości fitotoksycznych jest stosunkowo łatwy. Podstawowymi kryteriami wyboru komponentów do mieszank na takie skarpy, są rodzaj i gatunek gruntu oraz warunki wodne, a następnie kierunek zagospodarowania (ochronny, ochronno-produkcyjny, przedplon pod zalesienie) [14, 17].

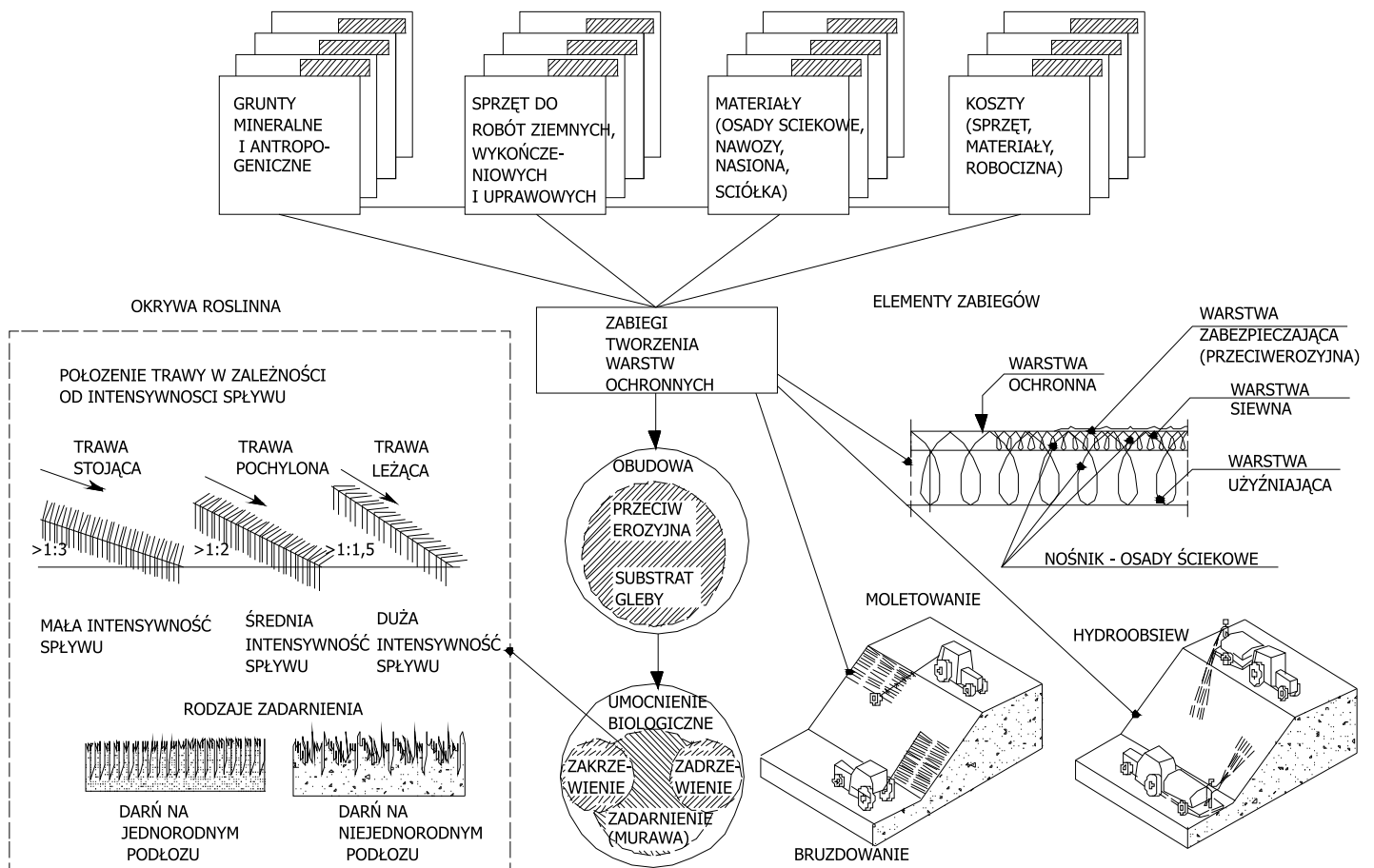
Efektywność zadarnienia skarp przez siew zależy nie tylko od doboru właściwej mieszanki, ale również od odpowiedniej adaptacji terenu – ukształtowania możliwie najłagodniejszej rzeźby, ochrony przed erozją, uregulowania stosunków wodnych, uzdatnienia gruntu (polepszenie składu mechanicznego oraz chemicznych i biologicznych właściwości), starannego wyrównania powierzchni i utrwalenia zasiewów (matowanie, stosowanie środków chemicznych). Nie wszystkie zabiegi będą zawsze potrzebne, należy jednak dążyć do

tego, aby wykonać te, które są absolutnie konieczne w danym przypadku.

Zabiegi pratotechniczne, a zwłaszcza nawożenie i koszenie zwiększają zagęszczenie, trwałość oraz wydajność darni. Pełne nawożenie mineralne powinno się stosować przynajmniej raz w roku. Nawozy najlepiej rozsiewać wiosną, ponieważ wówczas wykorzystanie ich przez szybko rosnącą roślinność trawiastą jest najbardziej efektywne. W roku wysiewu traw bardzo korzystne jest pogłowne nawożenie azotem po kilku, np. po 6 tygodniach po siewie. Koszenie (o ile jest to możliwe), ale nie podczas suszy, odchwaszcza ruń i wzmacnia jej krzewienie, co jest bardzo potrzebne w pierwszym roku wegetacji. Wskazane również i w dalszych latach, z tym że, jeżeli zachodzi konieczność zagęszczania darni, to pierwszy odrost można pozostawić do osypania się nasion.

Zabiegi agrogeotechniczne polegają na utrzymaniu odpowiedniej wilgotności gruntu. Można to uzyskać przez matowanie, nawadnianie itp. Zabiegi naruszające strukturę darni są nie tylko bezcelowe, ale wręcz szkodliwe. Każde mechaniczne uszkodzenie rozluźnia powierzchnię gruntu, hamuje rozwój roślin, zwiększa zachwaszczenie, pogarsza warunki życia drobnoustrojów i obniża tempo tworzenia się próchnicy. Zabiegi agro-geotechniczne dobrane w zależności od warunków miejscowych, są następujące:

- a) likwidacja rillmarek – usunięcie drobnych rynienek erozyjnych o głębokości ≤ 10 cm,



Rys. 12. Schemat zabiegów agrogeotechnicznych przygotowujących skarpy do zadarnienia metodą hydroobsiewu

- b) bezpośredni siew rzutowy krzyżowy wybranych mieszanek traw i motylkowatych (najczęściej ręczny) z grabieniem i ubijaniem,
- c) humusowanie z uprzednim wykonaniem poziomych brzd, naniesieniem ziemi urodzajnej, dogęszczeniem naniesionej warstwy, siew rzutowy krzyżowy dobranych kompozycji nasion traw i motylkowatych oraz moletowanie (dogęszczenie) obsianych powierzchni,
- d) hydrodynamiczne (torkretowanie) naniesienie warstw użyźniająco-przeciwoerozyjnych (mulczowanie, hydromulczowanie) z zastosowaniem odpowiednich do warunków miejscowych środków nośnych (mediów) oraz mieszanek nasion traw i motylkowatych oraz obsiew,
- e) darniowanie w kratkę z humusowaniem i hydroobsiew (preferowane),
- f) geosyntetyki, humusowanie i obsiewy,
- g) płotki faszynowe wypełnione ziemią urodzajną i obsiane ręcznie lub hydroobsiew (preferowane).

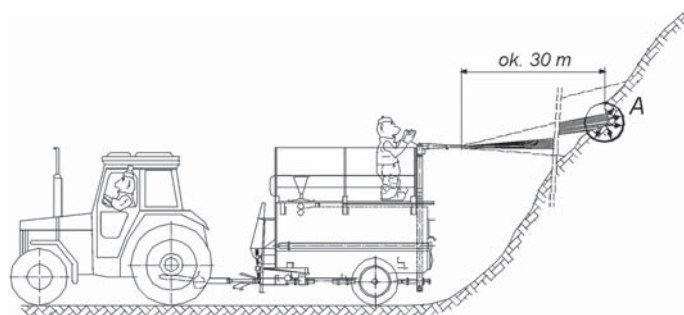
Efektom zabiegów agrotechnicznych jest zwarta szata roślinna, pod warunkiem, że zostaną poczynione odpowiednie kroki umożliwiające jej prawidłowy rozwój (rys.12).

Hydroobsiew – bardzo ekonomiczny sposób zadarniania skarp, zwłaszcza wysokich. Polega na równoczesnym wykonaniu kompleksu zabiegów: użyźnieniu i uzdatnienie gruntu, obsiewie mieszkanką traw, deszczowaniu i utrwalaniu obsianej powierzchni skarpy różnorodnymi emulsjami bitumicznymi, przy użyciu specjalnego urządzenia – hydrosiewnika (rys. 13 i 14).

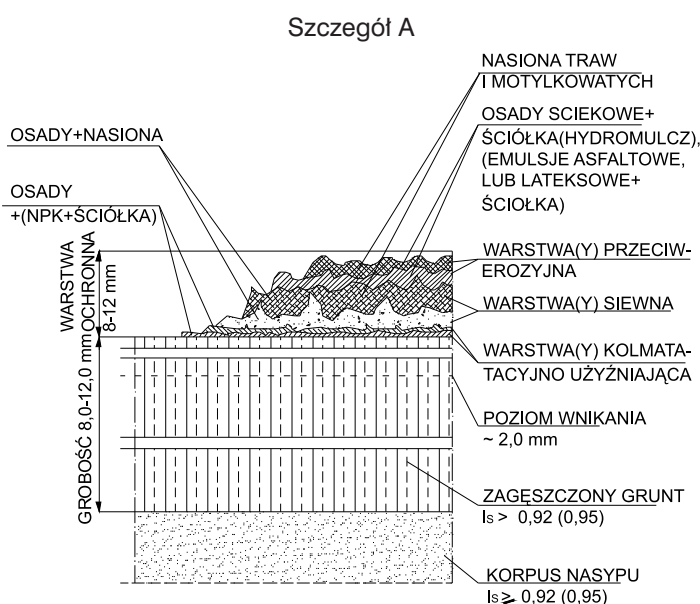
Wymagania dotyczące hydroobsiewu:

- a) Wykonanie techniczno-biologicznego umacniania skarp nasypów powinno być zgodne z technologią, która jest dokładnie omówiona np. w [16]. Natomiast sam proces techniczno-biologicznego umacniania skarp nasypów należy przeprowadzić pod nadzorem merytorycznym i technologicznym jednostki naukowo-badawczej, która zajmuje się tego rodzaju tematyką;
- b) Wyposażenie hydrosiewnika w aparaturę (wskaźniki), umożliwiającą pomiar na wale mieszadła mocy lub momentu obrotowego, w celu odbioru odpowiedniej do warunków atmosferycznych i gruntowo-wodnych konsystencji (lepkości) mieszaniny siewnej;
- c) Właściwe przygotowanie składu hydromieszaniny i dobór mieszanek traw oraz motylkowatych. W przypadku wykorzystywania osadów ściekowych, uzyskujemy z oczyszczalni ścieków dopłatę z tytułu utylizacji kłopotliwych odpadów;
- d) Możliwość przejazdu wzdłuż nasypu lub wykopu ciągnika z hydrosiewnikiem;
- e) Jak pokazuje praktyka, wykonywanie siewu po terminie 15 września jest niewskazane, ponieważ trawy, które wszędą nie zdążą się dobrze ukorzeni i wymarzną z chwilą nadejścia pierwszych mrozów. W takim wypadku najlepiej wykonać samo hydromulczowanie lub pokryć skarpy siatką z drobnymi oczkami, np. taką, którą stosuje się do ostony rusztowań.

Żywopłaty są kolejną i często stosowaną formą obudowy biologicznej skarp. Sposób ten polega na sadzeniu w określonym układzie przestrzennym żywych części wierzb krzewiastych (doskonała np. kaspijska) lub rdestów (sachaliński i ostrokończysty). Żywopłatki najlepiej wykonywać wczesną



Rys. 13. Hydrodynamiczne nanoszenie komponentu siewnego formującego warstwę ochronną na skarpie



Rys. 14. Warstwy naniesionego komponentu siewnego formującego na powierzchni skarpy

wiosną. Materiał (kołki, zręzy, gałęzie, kłacza) korzystniej pozyskać jesienią, ponieważ daje to możliwość wytworzenia się tkanki ochronnej wokół zranionych miejsc. Jeżeli jednak nie ma pewności właściwego przechowywania ściętego materiału, to lepiej przygotować go bezpośrednio przed sadzeniem.

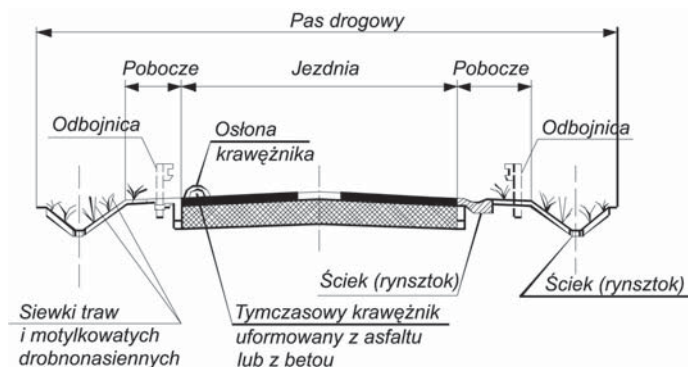
Zakrzewienia są istotnym i często stosowanym sposobem obudowy biologicznej. Krzewy najczęściej stosuje się jako rośliny podszywkowe w zalesieniach. Na skarpy o glebie ubogiej i płytkiej lub utworach bezglebowych, ale nie toksycznych i nie podmokłych najodpowiedniejsze są: czeremcha amerykańska, wiśnia wonna, ligustr pospolity, dereń świda, śnieguliczka biała, głóg, suchodrzew zwyczajny, dziki bez czarny, bez koralowy i kolcowój szkarłatny. Na skarpy o gruncie zasobniejszym i średnio wilgotnym mogą być również stosowane: kalina koralowa, trzmielina brodawkowata, berberys. Na skarpy słoneczne o niezasobnym gruncie nadają się: róża dzika, rokitnik zwyczajny, bez lilak, pęcherzyca kalinolistna, karagana syberyjska, wierzba ostrolistna i wiciowa, oliwnik wąskolistny. Oliwnik wąskolistny ponadto zalecany jest na skarpy o gruncie zasobnym oraz na skarpy znajdujące się w strefie zanieczyszczeń powietrza.

Większą uwagę należałoby zwrócić na szersze stosowanie leszczyny tureckiej. Jest to gatunek mrozoodporny, wybitnie światłolubny, suszoodporny, dymoodporny, wprawdzie wol-

no rosnący, ale długowieczny. Nadaje się na nasłonecznione zbocza, skarpy, zwałowiska o gruncie średniozwięzłym i ciężkim oraz wapiennym w terenach miejskich, przemysłowych i erodowanych.

Zadrzewienia są formą biologicznej obudowy skarp o stosunkowo niskiej popularności. Na skarpach w terenach zabudowanych i na szlakach komunikacyjnych stosuje się głównie do poprawienia walorów krajobrazowych, ponieważ ich wartość ochronna jest tu znacznie mniejsza niż zadarnień, na co składają się: mniejsza udatność, gorszy wzrost i rozwój nasadzeń ze względu na trudne warunki siedliskowe (nachylenie, niedobory wilgoci, erozja) oraz właściwości biologiczne zadrzewień takie jak: duże obciążenie masą drzew na jednostkę powierzchni, nikłe runo zielne i przesiąkanie wody wokół korzeni, co w sumie sprzyja występowaniu erozji na powierzchni, w głębi gruntu i grawitacyjnemu przemieszczaniu się mas ziemnych. Z podanego powodu takie skarpy lepiej obsadzać jedynie krzewami. Natomiast na skarpach zwałowisk, zadrzewienia są często nie tylko dobrą formą obudowy, ale w wielu przypadkach najbardziej ekonomicznym sposobem zagospodarowania.

Obudowa techniczno-biologiczna jest powszechnie stosowana. Połączenie w niej elementów technicznych i biologicznych gwarantuje wysoką efektywność i zapewnia dobre funkcjonowanie od momentu wykonania. Zabiegi techniczne nie tylko umacniają powierzchnię do czasu przejścia tej funkcji przez roślinność, ale stwarzają lepsze warunki do wzrostu i rozwoju roślin.



Rys. 15. Stopniowe zagospodarowanie poboczy, skarp rowów i ścieków

Podsumowanie

Budowle ziemne, tj. skarpy drogowe, są narażone na erozję powierzchniowo-żłobinową, w trakcie ich budowy i późniejszej eksploatacji.

Aby skutecznie temu przeciwdziałać, pomocna jest znajomość następujących zagadnień:

- przygotowanie gruntu i zagęszczenie podłoża również po powierzchni skarp (geotechnika),
- przygotowanie podłoża pod zasiew (zabiegi agrotechniczne),
- znajomość pojęcia erozji, związanych z tym procesów i sposobów zabezpieczania przed tego rodzaju zjawiskiem,
- metod obudowy skarp, technicznych i biologicznych.

W przypadku stosowania naturalnych metod umacniania skarp, trzeba odczekać, zanim wytworzy się okrywa roślinna na powierzchni skarpy. Do tego czasu potrzebne jest tymczasowe zabezpieczenie przeciwoerozyjne obsianych powierzchni skarp, np. za pomocą tymczasowych krawężników lub ujęć ścieków po boku nawierzchni, a także doraźne zabezpieczenie naddatków skarp, zwłaszcza na nasypach należy chronić powierzchnie skarp przed erozją. Trawy przejmują funkcję przeciwoerozyjną oraz są odporne na działanie mrozu, gdy rozwinię się trzeci listek trawy, tj. w przypadku skarp o wystawie północnej po 40 dniach, a w przypadku skarp o wystawie południowej po 60 dniach od momentu obsiewu.

Właściwa technologia formowania zbocza (z zachowaniem wymaganego zagęszczenia), jak i sposób nakładania poszczególnych warstw hydromieszanki o odpowiednich właściwościach gwarantują skuteczność hydroobsiewu jako metody ochrony przeciwoerozyjnej powierzchni pochyłych z utworów antropogenicznych. Nieprzestrzeganie tych zasad, ujętych dotychczas częściowo w obowiązujących normach, specyfikacjach [13] i/lub instrukcjach, skutkuje potrzebą zwiększenia nakładów inwestycyjnych, a równie często jest przyczyną strat w produkcji rolniczej (zanieczyszczenie rowów melioracyjnych), np. przy budowie obwodnic drogowych.

Bibliografia

- [1] Wawer R., Nowocień E., Podolski B., Szewrański Sz., Żmuda R.: 2008. Analiza sieci dróg rolniczych pod kątem ochrony przed erozją wodną powierzchniową. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 526, ss:257-264
- [2] Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: 1992. Struktura zagrożenia erozją wodną fizjograficznych krain Polski. Pam. Puł., suplement do zeszytu 101, ss: 23-50
- [3] Stochlak J. 1994. Osady deluwialne jako nieudaczny efekt procesu spłukiwania gruntówi propozycja ich podziału. Lublin
- [4] Głazewski M., Piechowicz K.: 2009. Budowa i umocnienie przeciwoerozyjne skarp drogowych. Drogi i mosty 3/2009, ss:12-16
- [5] Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: 1996. Erozja wąwozowa i metody zagospodarowania wąwozów. Bibl. Monit. Srod., Warszawa, ss:89
- [6] Głazewski M., Nowocień E., Piechowicz K.: 2011. Roboty ziemne i rekultywacyjne w budownictwie komunikacyjnym. WKŁ, Warszawa, ss: 456
- [7] Gil E.: 1994. Monitoring obiegu wody i spłukiwania na stokach. Biblioteka Monitorowania Środowiska, Warszawa, ss:159
- [8] Nowocień E.: 1996. Dynamika rozwoju wąwozów drogowych na obszarach lessowych. Pam.puł. nr 107, Puławy, ss:101-111
- [9] Edel R.: 2006. Odwodnienie dróg. WKŁ, Warszawa, ss:189
- [10] Toepfer A.C.: Herstellung von Geländeinschnitten und Boschungen. Ernst & Sohn Wydanie V cz.2, Berlin 1996
- [11] Gajewska B. Kłosiński B. Rychlewski P.: 2002. Materiały do ochrony przeciwoerozyjnej skarp drogowych. VIII Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe“ Kielce
- [12] Jewgieniew I.E., Sawin W.W.: 1989. Zaszczita prirodnoj sredy pri stroitelstwie i soderżani awtomobilnych dorog. Wyd. Transport, Moskwa
- [13] PN-B-12082, 1996: Urządzenia wodno-melioracyjne. Darniowanie. Wymagania i badania przy odbiorze
- [14] Głazewski M., Ziaja W.: 1992. Przygotowanie skarp do zadarniania. Drogownictwo 3/1992, ss:5-10
- [15] Morgan R.P.C. 1991: Soil erosion and conservation. Longman Scientific and Technical, New York
- [16] Ogólna Specyfikacja Techniczna D – 06.01.01.001 „Umocnienie powierzchniowe skarp, rowów i ścieków (rynszoków)”
- [17] Begeman W. Schiechtel H.M.: 1999 Arkady Warszawa s.199. Inżynieria ekologiczna w budownictwie wodnym i ziemnym
- [18] Głazewski M.: 2007. Skarpy i pobocza budowli ziemnych w procesie budowy i eksploatacji. L. Techniczne Dni Drogowe. Międzyzdroje 6-8 listopada 2007 str. 133-146

- [19] Czechanowicz W.: 2007. Problemy w projektowaniu, wykonaniu i utrzymaniu zieleni przydrożnej. L Techniczne Dni Drogowe. Międzyzdroje 6-8 listopada 2007 r., str. 147-166
- [20] Strycharz B.: 2007. Odwodnienie dróg – problem na lato. L Techniczne Dni drogowy. 6-8 listopada 2007, str. 175-186
- [21] Datka S.: 1979. Odwodnienie dróg i ulic. Wkił. Warszawa
- [22] Głazewski M.: 2001. Hydroobsiew z użyciem osadów ściekowych – skuteczny sposób ochrony przeciwoerozyjnej skarp antropogenicznych utworów nasypowych. II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Nowoczesne Technologie w budownictwie drogowym. Poznań 6-7 Września 2001 r. str. 470 -480
- [23] Szydło A. Spuziak c. 2001. Wpływ pobocza na funkcjonalność i trwałość nawierzchni drogowej. II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Nowoczesne Technologie w budownictwie drogowym. Poznań 6-7 Września 2001 r. str. 250 -259
- [24] Głazewski M. Kalotka: W. 1999. Hydrodynamic seeding with the use of sewage sludge and fly-ash for slope protection. Slope stability Engineering, Matsuyama, Japan
- [25] Głazewski M. Eymontt A.: 2005. Agritechnical and antierosion reinforcement of slopes in the linear earthen structures by hydro-seeding with fly – ash utilization. IBMER Warszawa

Z ŻAŁOBNEJ KARTY

Doc. dr inż. Marian Pałys (1931–2015)

W dniu 29 grudnia 2015 r. w Sulejówku zmarł doc. dr inż. Marian Pałys – zasłużony drogowiec, wybitny naukowiec i praktyk, wieloletni pracownik Instytutu Badawczego Dróg i Mostów, który w znaczący sposób przyczynił się do przeobrażeń w polskim drogownictwie.

Urodził się w 1931 r. w Lisnowie k. Grudziądza. Jego młodość przypadła na trudny okres dla naszego Państwa. Wywieziony wraz z rodziną na roboty do Niemiec jako młody chłopak pracuje ciężko fizycznie przy pracach w gospodarstwie rolnym. Po powrocie do Polski kończy szkołę średnią i w 1952 r. rozpoczyna studia na Wydziale Komunikacji Politechniki Warszawskiej. Kończy studia w 1957 r. uzyskując dyplom mgr inżyniera komunikacji.

Podjeżdża pracę zawodową w wykonawstwie – początkowo w Warszawskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym, a następnie w Rejonie Dróg Publicznych w Warszawie. W 1961 r. przechodzi do pracy w Centralnym Ośrodku Badań i Rozwoju Techniki Drogowej – aktualnie Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie (IBDiM). Zajmuje się badaniami mieszanek mineralno-bitumicznych. W 1969 r. broni na Politechnice Warszawskiej pracę doktorską pt. „Lekkie nawierzchnie na obiektach mostowych”. Następnie kontynuuje pracę w Zakładzie Technologii Nawierzchni IBDiM, zajmując się podstawowymi dla tamtego okresu zagadnieniami dotyczącymi głównie wykonania nawierzchni smołowych i asfaltowych.



W tym okresie wdraża nowe technologie z zakresu mieszanek mineralno-asfaltowych, a także zajmuje się wykorzystaniem materiałów odpadowych z przemysłu.

W 1983 r. w ramach Przedsiębiorstwa Eksportu Budownictwa Komunikacyjnego „Dromex” jako główny technolog wyjeżdża do Libii na roboty realizowane na terenie Cyrenajki. Spędza tam pracowite 4 lata – w czasie, w którym nastąpił szczytowy okres realizacji przez Dromex inwestycji drogowych na terenie Wschodniej Li-

bii. Pod jego nadzorem wykonano wówczas kilkaset kilometrów dróg. Staje się prawdziwym autorytetem w dziedzinie budownictwa drogowego w tym kraju.

Po powrocie z kontraktu w 1987 r. do 2001 r., tzn. do chwili przejścia na emeryturę, kontynuuje pracę zawodową w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w Zakładzie Technologii Nawierzchni. W dalszym ciągu intensywnie pracuje i publikuje. Między innymi jest jednym z głównych inicjatorów i wdrażających nowy rodzaj asfaltowych warstw ścieralnych, tzn. mastyks grysowo-asfaltowy SMA, obecnie powszechnie stosowany na naszych drogach i autostradach. Jest autorem zasadniczej polskiej normy „Nawierzchnie asfaltowe – wymagania” z 2000 roku, jak i współautorem zeszytów IBDiM dotyczących projektowania, wytwarzania i stosowania SMA.

Doc. dr inż. Marian Pałys był autorem bardzo wielu publikacji zamieszczonych w literaturze technicznej, szeregu instrukcji oraz opinii. Był nie tylko naukowcem, ale i doświadczonym praktykiem. Współdziałał przy wielu nadzorach i przy opracowaniu ekspertyz. Niebywale pracowity i skromny.

Pan Marian Pałys pozostawił po sobie trwały ślad w polskim drogownictwie.

Niech Spoczywa w Pokoju.