

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Zastosowanie GIS w badaniach przyrodniczych (ArcGIS Pro), Ćwiczenie 7

# Morfologia centralnej części Rowu Krzeszowickiego

Podstawowe atrybuty topograficzne

---

Na podstawie materiałów szkoleniowych ESRI  
Wyłącznie do użytku wewnętrznego AGH

---

<http://home.agh.edu.pl/bartus>  
09.09.2024 11:46:00

## Wprowadzenie

Analiza rzeźby terenu pozwala rozwiązywać zapytania geograficzne dotyczące wiele dziedzin życia. Większość z nich została pokrótce wymieniona w części wstępnej do analiz NMT. Sam NMT jest wykorzystywany do wizualizacji przestrzennej i ortorektifikacji zdjęć lotniczych i satelitarnych.

Analizy rzeźby terenu dokonywane są w oparciu o wskaźniki morfometryczne obliczane na podstawie NMT. Wskaźniki te nazywane są atrybutami topograficznymi. Istnieją podstawowe i wtórne atrybuty topograficzne. **Podstawowe atrybuty topograficzne** (*primary topographic attributes*) są obliczane bezpośrednio na podstawie NMT. **Wtórne atrybuty topograficzne** (*secondary topographic attributes*) są obliczane z wykorzystaniem atrybutów pierwotnych (Urbański 2012).

Do najważniejszych podstawowych atrybutów topograficznych należą:

- nachylenie stoków,
- ekspozycja stoków,
- krzywizna planarna
- krzywizna wertykalna

W tym ćwiczeniu zapoznamy się z poszczególnych atrybutami i postaramy się je wykorzystać.

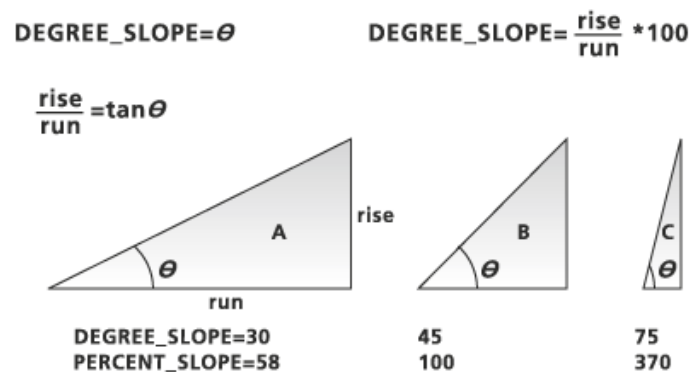
Wymagane oprogramowanie: ArcGIS Pro.

### 1. Nachylenie stoków

Nachylenie stoków (*Slope*) jest jednym z najważniejszych wskaźników morfometrycznych. Można go zdefiniować jako kąt zawarty pomiędzy powierzchnią terenu, a płaszczyzną poziomą, wyznaczany w kierunku największego spadku (Urbański 2012). Wielkość nachyleń stoków wpływa na rodzaj i dynamikę procesów morfotwórczych – denudacji i akumulacji. W zależności od natury zjawiska nachylenie stoków warunkuje jakość i intensywność ruchów masowych i spłukiwania (Klimaszewski 1963). Nachylenie stoków wpływa na ilość promieniowania słonecznego docierającego do eksponowanej powierzchni. Południowe stoki o nachyleniach około 30° absorbują o 30% promieniowania więcej w stosunku do powierzchni horyzontalnej, a do podobnych stoków o ekspozycji północnej dociera zaledwie o 10% promieniowania mniej niż do powierzchni poziomych (Kicińska i in. 2001). Nachylenie stoków jest także istotnym czynnikiem wpływającym na wegetację roślin (Bolińska & Znoj 2003), reguluje sposób rolniczego użytkowania ziemi, zagospodarowania terenu i warunkuje rozwój sieci komunikacyjnej.

Z praktycznego punktu widzenia warstwy nachyleń stoków są wykorzystywane w analizach przestrzennych stref zagrożeń ruchami masowymi (Traczyk 2000; Adams *i in.* 2003), do określenia skutków działania tych procesów (Wężyk 2012), w analizach spływu powierzchniowego, stopnia uwilgocenia gleby, pokrycia roślinnością, zmienności topoklimatycznej (Paszyński 1980; Kicińska *i in.* 2001), określenia jakości wegetacji (Bennie *i in.* 2006), definicji klasy gruntów (Witek 1973), różnorodności krajobrazowej (Wilson & Gallant 2000, Bartuś 2020) i innych.

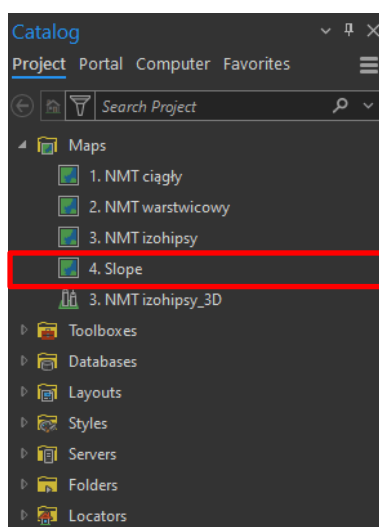
Nachylenie może być wyrażone w stopniach (ew. w radianach) lub w procentach (Ryc. 1).



**Ryc. 1. Obliczanie nachylenia stoków (w stopniach i w procentach)**

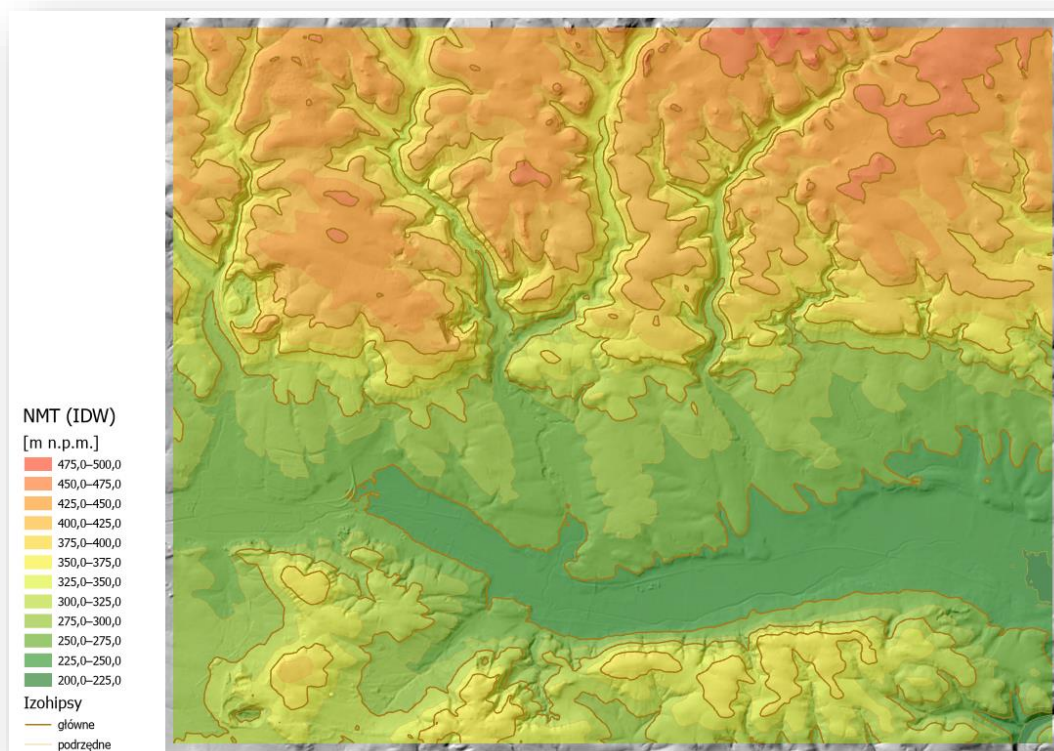
Wykonując ćwiczenie będziemy korzystać z danych NMT rejonu Rowu Krzeszowickiego wygenerowanych przez nas w [ćwiczeniu 6](#).

- 1.1. Otwórz plik projektowy `RowKrzeszowicki.aprx` z ćwiczenia 6.
- 1.2. Jeśli to konieczne zamknij scenę 3D 3. NMT `izohipsy_3D`.
- 1.3. W panelu *Catalog > Map* zduplikuj mapę 3. NMT `izohipsy`. Zduplikowanej mapie nadaj nazwę 4. `Slope` (Ryc. 2).



**Ryc. 2. Zawartość map projektu po dodaniu mapy 4. Slope**

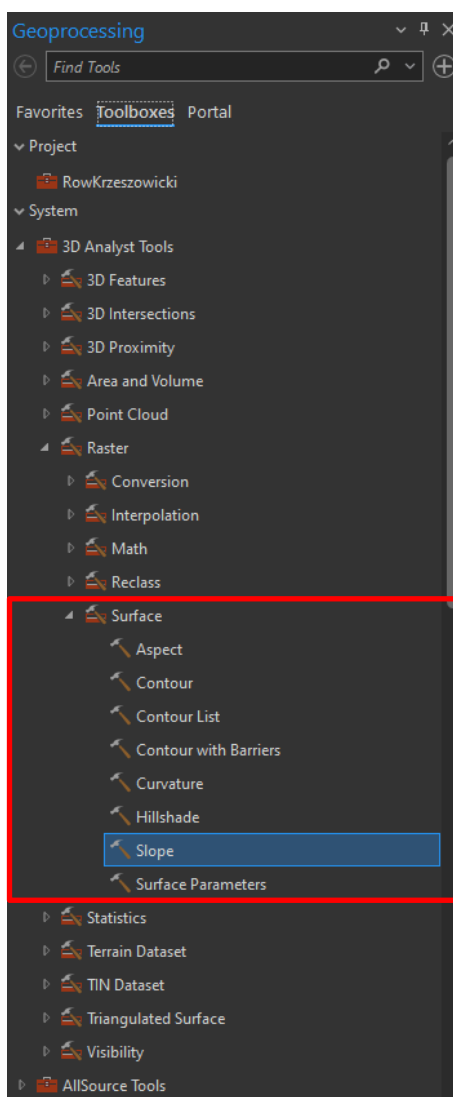
- 1.4. W panelu *Catalog* otwórz mapę *Slope* do edycji (Ryc. 3).



**Ryc. 3. Mapa 4. Slope z NMT rejonu Rowu Krzeszowickiego**

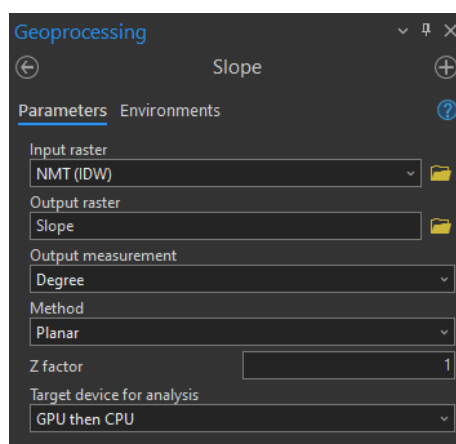
- 1.5. W panelu *Contents* wyłącz widoczność warstw: izolinii *NMT\_izolinie*, *NMT (IDW)* oraz cieniowany relief terenu *ISOK\_cien*.
- 1.6. Na wstążce aplikacji przejdź do karty *Analysis (Analiza)*. W grupie *Geoprocessing (Geoprzetwarzanie)* wybierz narzędzie *Tools (Narzędzia)*.

- 1.7. W otwartym panelu *Geoprocessing* (*Geoprzetwarzanie*) przejdź do karty *Toolboxes* (*Skrzynki narzędziowe*).
- 1.8. Wewnątrz systemowych skrzynek narzędziowych otwórz toolbox *3D Analyst Tools* > *Raster* > *Surface*, a następnie uruchom narzędzie *Slope* (*Nachylenie*) (Ryc. 4).



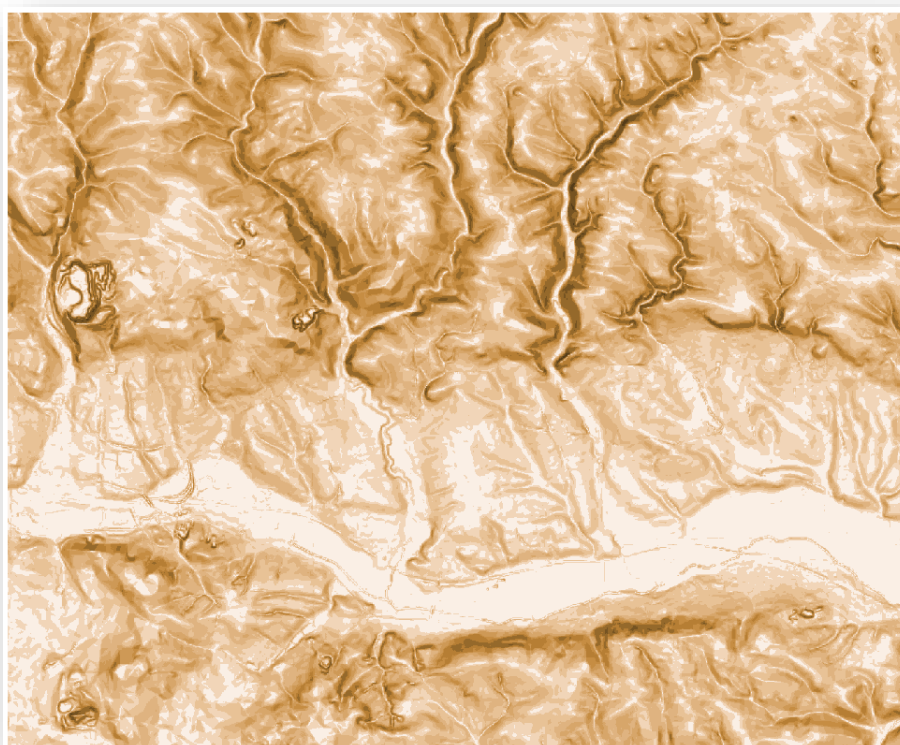
**Ryc. 4. Okno *Geoprocessing* z rozwiniętą skrzynką narzędziową podstawowych atrybutów topograficznych**

- 1.9. W panelu *Geoprocessing* – *Slope* (*Nachylenie*), w polu *Input raster* (*Raster wejściowy*) wybierz warstwę NMT (IDW) (Ryc. 5).
- 1.10. Obliczony zbiór nachyleń stoków zapiszemy w folderze ...\\RowKrzyszowski\\NMT\\, w którym mamy zapisany raster NMT\_IDW. Rastrowi wynikowemu nadaj nazwę *Slope*.
- 1.11. Jako format wyjściowy (*Output measurement*) pozostaw domyślne *Degree* (*Stopnie*), po czym naciśnij przycisk *Run*.



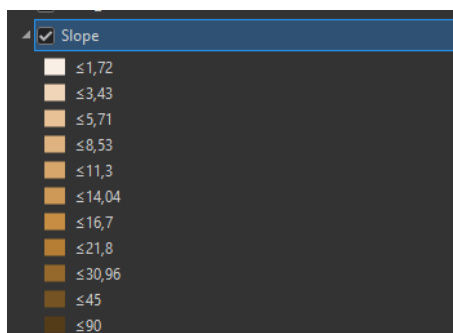
**Ryc. 5. Panel narzędzia geoprzetwarzania *Slope***

W wyniku działania narzędzia otrzymujemy raster nachyleń stoków *Slope* (Ryc. 6).



**Ryc. 6. Raster nachyleń stoków *Slope***

Przyjrzyjmy się otrzymanemu wynikowi. ArcGIS Pro wygenerował raster nachyleń stoków i sklasyfikował go w 9-ciu kategoriach (Ryc. 7).



**Ryc. 7. Fragment panelu *Contents* z domyślnymi kategoriami nachyleń stoków**

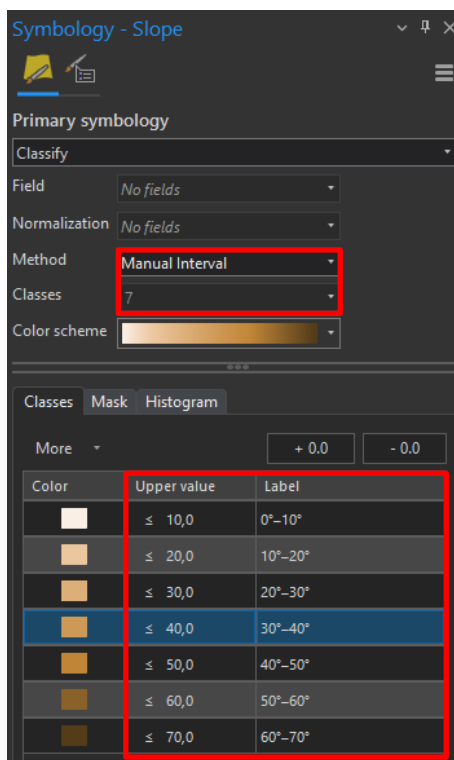
Jak widać nachylenia zboczy zostały domyślnie sklasyfikowane w zakresie od 0° (obszary płaskie) do 90° (pionowe ściany). Przedziały nie są równe (co 10°), więc domyślamy się, że program dokonał podziału na klasy domyślną metodą klasyfikacji – *metodą naturalnych przerw (Jenks)*. Największe nastromienie stoków obserwujemy wzdłuż krawędzi dolinek podkrakowskich (o biegu południkowym) oraz wzdłuż niektórych fragmentów Rowu Krzeszowickiego (zwłaszcza w obrębie północnej krawędzi Garbu Tenczyńskiego).

Domyślna kategoryzacja zaproponowana przez program nam nie odpowiada. Zmieńmy ją na 7 kategorii o szerokości 10° za pomocą *metody równych przedziałów*.

- 1.12. W panelu zawartości zaznacz raster *Slope*, a następnie na karcie *Raster Layer (Warstwa rastrowa)*, w grupie *Rendering (Renderowanie)* wybierz polecenie *Symbology (Symbolizacja)*.
- 1.13. W panelu *Symbology – Slope*, w polu *Method (Metoda)* wybierz klasyfikację danych metodą równych przedziałów (*Equal Interval*), a w polu *Classes (Klasy)* wpisz liczbę 7.
- 1.14. W kolumnie *Upper value (Górna granica)* zdefiniuj następujące granice przedziałów klasowych:
  - 0°–10°
  - 10°–20°
  - 20°–30°
  - 30°–40°
  - 40°–50°
  - 50°–60°
  - 60°–70°

Program w tym momencie zmieni metodę klasyfikacji na manualną (*Manual Interval*).

- 1.15. Korzystając z powyższego spisu, zmień etykiety klas w kolumnie *Label* (Ryc. 8).



**Ryc. 8. Klasyfikacja wartości pikseli rastra Slope do 7 kategorii metodą równych przedziałów**

Jak widać (Ryc. 9), obserwowany obraz zmienił się. Zarówno w rejonie Rowu Krzeszowickiego jak i na wierzcholinie przeważają obszary płaskie i o niewielkim nachyleniu zboczy. Większe nachylenia stoków występują wzdłuż krawędzi rowu oraz wzdłuż dolinek podkrakowskich.



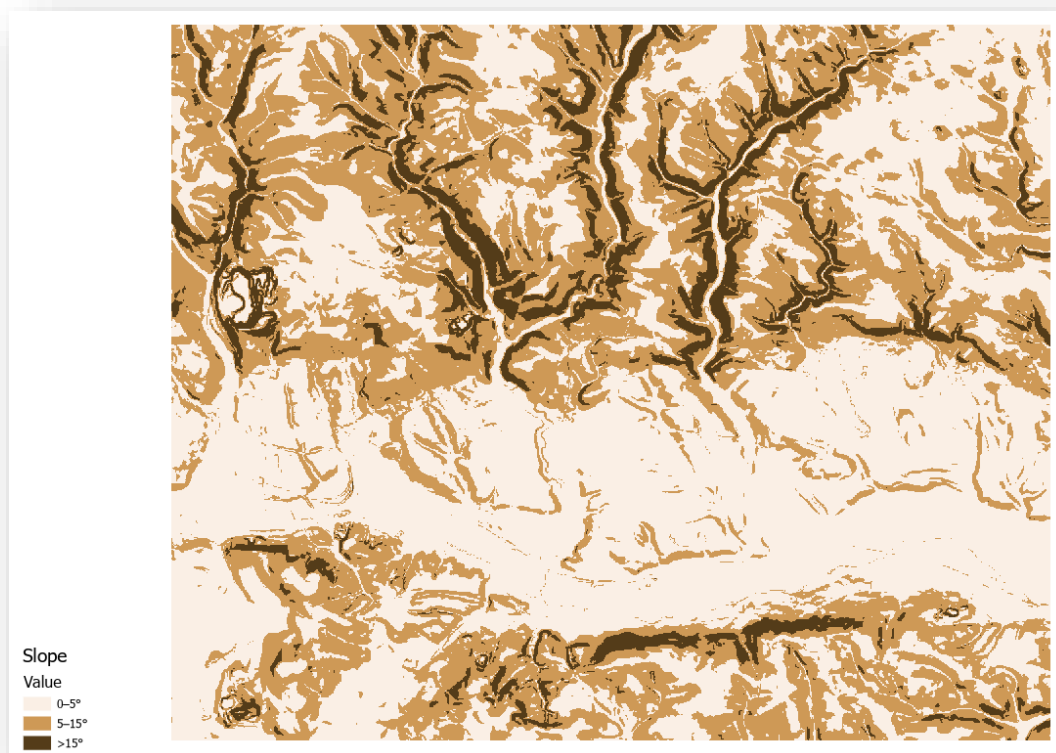


**Ryc. 9. Raster nachyleń stoków Slope skategoryzowany w 10-stopniowych przedziałach**

- 1.16. Na koniec dokonajmy jeszcze kategoryzacji 3-klasowej. Przyjmijmy, że za obszary płaskie (np. umożliwiające różnorodne inwestycje) przyjmujemy te, które są nachylone pod kątem  $0-5^{\circ}$ , za obszary o niewielkim nachyleniu stoków –  $5-15^{\circ}$ , a o dużym nachyleniu  $>15^{\circ}$ .

W wyniku reklasyfikacji otrzymujemy nowy obraz nachyleń stoków (Ryc. 10).

- 1.17. W panelu *Contents* wyłączmy widoczność warstwy Slope.
- 1.18. Zduplikuj 3. Layout NMT izohipsy, zmień nazwę zduplikowanego elementu na 4. Layout Slope.
- 1.19. W układzie 4. Layout Slope podmień mapę w ramce danych na 4. Slope.
- 1.20. Zmień skalę mapy na 1:55 000.
- 1.21. Uporządkuj położenie ramki danych, mapę oraz legendę (Ryc. 10).



**Ryc. 10. Raster nachyleń stoków Slope, kremowe – obszary o nachyleniu zboczy 0–5°, jasnobrązowe – 5–15°, ciemnobrązowe – >15°**

1.22. Zamknij otwarte mapy i układy, a następnie zachowaj projekt.

## 2. Ekspozycja stoków

Jednym z ważniejszych egzogenicznych czynników morfotwórczych jest położenie stoku względem kierunku padania promieni słonecznych czyli tzw. ekspozycja solarna (*Aspect*; [Urbański 2012](#)). Obszary o monotonnej, poziomej morfologii są nasłonecznione w podobnym stopniu. Na obszarach o zróżnicowanej morfologii, ekspozycja zboczy wpływa na ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni terenu i jest bezpośrednim powodem powstawania przestrzennej zmienności temperatury i wilgotności podłoża ([Paszyński 1980, 2004](#); [Paszyński i in. 1999](#); [Kicińska i in. 2001](#)). Ekspozycja stoków, obok zmienności litologicznej oraz nachylenia zboczy, w największym stopniu wpływa na procesy wietrzenia fizycznego skał oraz jakość i intensywność procesów rzeźbotwórczych ([Recha i in. 2001](#); [Burnett i in. 2008](#)). Do głównych efektów wietrzenia spowodowanego nasłonecznieniem zalicza się dezintegrację granularną, eksfoliację i dezintegrację blokową ([Klimaszewski 1963](#)). W rzeczywistości, w strefie umiarkowanej, wychodnie skalne są często pokryte zwietrzeliną skalną i roślinnością, które zaburzają opisywane zjawiska i w znacznym stopniu spowalniają procesy wietrzeniowe. Efektywne wietrzenie wskutek nasłonecznienia, warunkują także: wysoki stopień nagrzania skał oraz wahania temperatury w trakcie ogrzewania i ochładzania.

Ekspozycja stoków, w pewnym zakresie, może wpływać na sposób i intensywność zmian morfologii poprzez zjawisko zamrozu. Gdy skały są uszczelinione lub porowate, puste przestrzenie są wypełnione wodą (opadową, roztopową lub z kondensacji mgły), a temperatura oscyluje wokół 0°C, w wyniku zamarzania i zwiększenia objętości lodu o ok. 9%, dochodzi do wzrostu ciśnienia i niszczenia spójności skał. Głównym efektem tego zjawiska jest rozpad blokowy. Produktem wietrzenia fizycznego tego typu jest zwietrzelina blokowo-ziarnisto-pylasta o charakterze glin. Intensywność zjawiska jest silnie uzależniona od litologii skał (Klimaszewski 1963). W umiarkowanych szerokościach geograficznych, poza obszarami wysokogórkimi, zjawisko zamrozu zachodzi głównie w zimie i wiosną. W Polsce ze względu na dużą liczbę dni z przymrozkami (w roku 1990-200), istnieją warunki klimatyczne sprzyjające rozwojowi wietrzenia zamrozowego. Podlegają mu pozbawione pokrywy zwietrzelinowej, nagie wychodnie skalne.

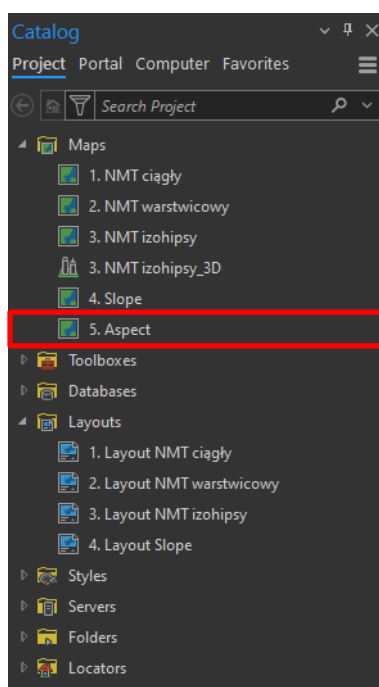
Ekspozycja stoków, poprzez przestrzenną zmienność temperatury wpływa także na intensywność parowania. Zjawisko to ma szczególne znaczenie na nagich wychodniach skał ilastych np. łowców, mułowców, glin, lessów lub margli. Utwory te w stanie wilgotnym cechują się znaczną spójnością. Po odparowaniu wody, rozpadają się na drobne okruchy lub tworzą na powierzchni wychodni charakterystyczne szczeliny dzielące powierzchnię na wieloboczne wklęsłe fragmenty. Powstające formy ułatwiają rozmywanie i modelowanie powierzchni (Klimaszewski 1963).

Na półkuli północnej, na północ od Zwrotnika Raka (23°27' N), Słońce zawsze świeci od południowej strony. Za ciepłą ekspozycję solarną, na półkuli północnej, w strefie umiarkowanej, uważana jest ekspozycja południowo-zachodnia. Skały są w ciągu dnia silnie nagrzewane, a w nocy, zwłaszcza w warunkach górskich, szybko ochładzane. Powoduje to, że w umiarkowanych szerokościach geograficznych, nagie wychodnie skał eksponowane w tym kierunku, w pewnym zakresie, poddawane są temu rodzajowi wietrzenia (Klimaszewski 1963).

Analiza kierunków nachylenia zboczy ma istotne znaczenie w modelowaniu hydrologicznym (określa on kierunek spływu wody po terenie). Ilość światła docierającego do powierzchni w istotny sposób wpływa także na vegetację roślin (Davis & Goetz 1990; Bennie *i in.* 2006) i zmienność siedliskową organizmów roślinnych i zwierzęcych (Stage 1976; Burnett *i in.* 1998).

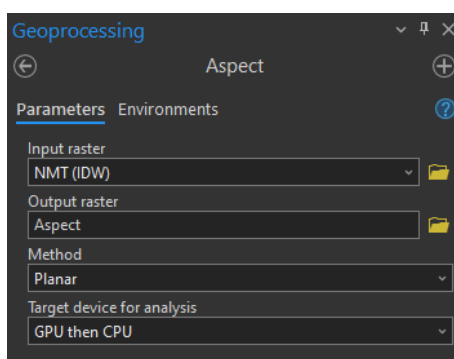
Wartości ekspozycji są wyrażane azymutem (w stopniach) i zmieniają się w zakresie 0–359°.

- 2.1. W panelu *Catalog* zduplikuj mapę 4. Slope. Zduplikowanej mapie nadaj nazwę 5. Aspect (Ryc. 11).



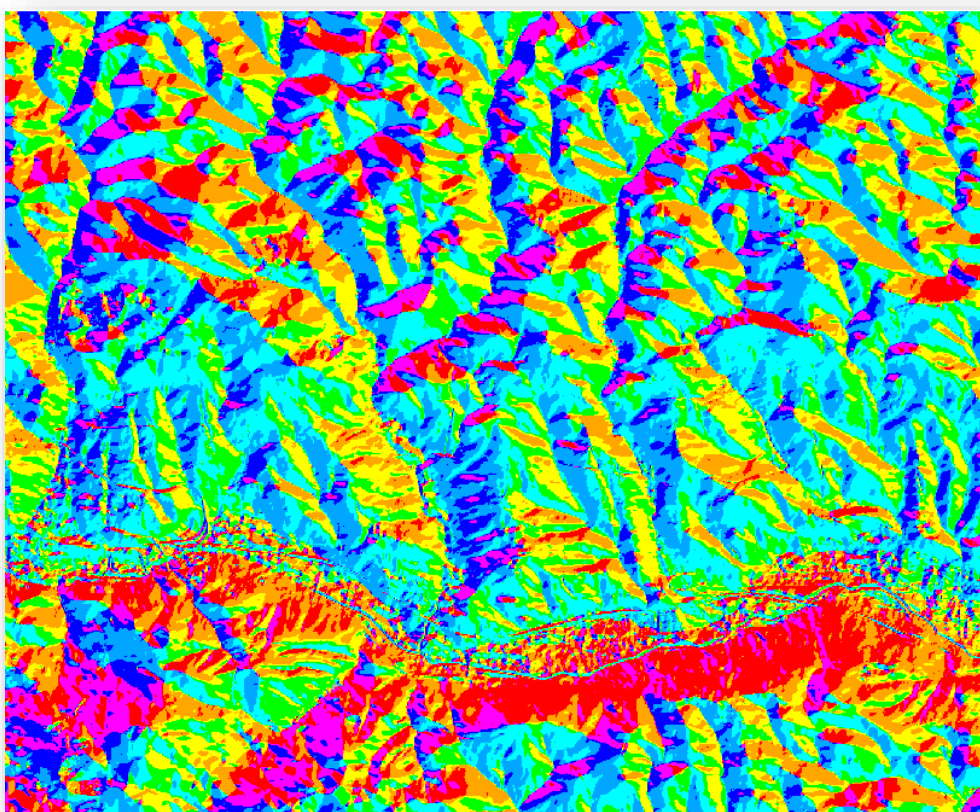
**Ryc. 11. Zawartość map projektu po dodaniu mapy 5. Aspect**

- 2.2. Otwórz mapę 5. Aspect do edycji.
- 2.3. W panelu *Contents* usuń warstwy *NMT\_Izolinie* oraz *Slope*.
- 2.4. Jeśli to konieczne wyłącz widoczność cieniowanego reliefu terenu *ISOK\_cien*.
- 2.5. Na wstążce aplikacji przejdź do karty *Analysis (Analiza)*. W grupie *Geoprocessing (Geoprzetwarzanie)* wybierz narzędzie *Tools (Narzędzia)*.
- 2.6. W otwartym panelu *Geoprocessing (Geoprzetwarzanie)* przejdź do karty *Toolboxes (Skrzynki narzędziowe)*.
- 2.7. Wewnątrz systemowych skrzynek narzędziowych otwórz toolbox *3D Analyst Tools > Raster > Surface*, a następnie uruchom narzędzie *Aspect (Ekspozycja)* (Ryc. 4).
- 2.8. W panelu *Geoprocessing – Aspect*, jako *Raster wejściowy (Input raster)*, wybierz *NMT (IDW)* (Ryc. 12).
- 2.9. Raster danych wyjściowych o nazwie *Aspect* zapiszemy do tego samego podfolderu *...\NMT\*, w którym mamy zapisane zbiory *NMT\_IDW* i *Slope*.
- 2.10. Pozostałe opcje pozostaw bez zmian. Gdy będziesz gotowy, aby uruchomić narzędzie naciśnij przycisk *Run*.



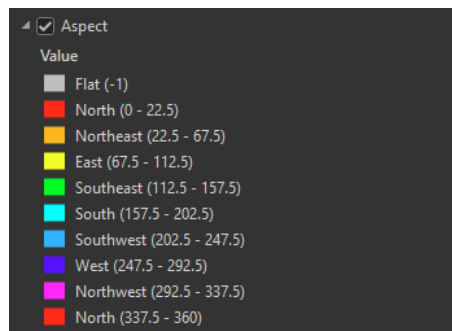
**Ryc. 12. Panel narzędzia geoprzetwarzania *Aspect***

W wyniku działania narzędzia generowany jest zbiór rastrowy *Aspect* (Ryc. 13).



**Ryc. 13. Mapa ekspozycji stoków *Aspect***

Program utworzył mapę ekspozycji stoków *Aspect* (Ryc. 13). Spójrzmy do panelu zawartości. ArcGIS Pro generując raster skategoryzował go w dziesięciu kategoriach: *Flat* (obszary płaskie), *North* (eksponowane na północ), *Northeast* (eksponowane na północny-wschód), *East* (eksponowane na wschód), *Southeast* (eksponowane na południowy-wschód), *South* (eksponowane na południe), *Southwest* (eksponowane na południowy-zachód), *West* (eksponowane na zachód), *Northwest* (eksponowane na północny-zachód) i *North* (eksponowane na północ) (Ryc. 14).



**Ryc. 14. Domyślne kategorie dyskretyzacji rastrów ekspozycji stoków**

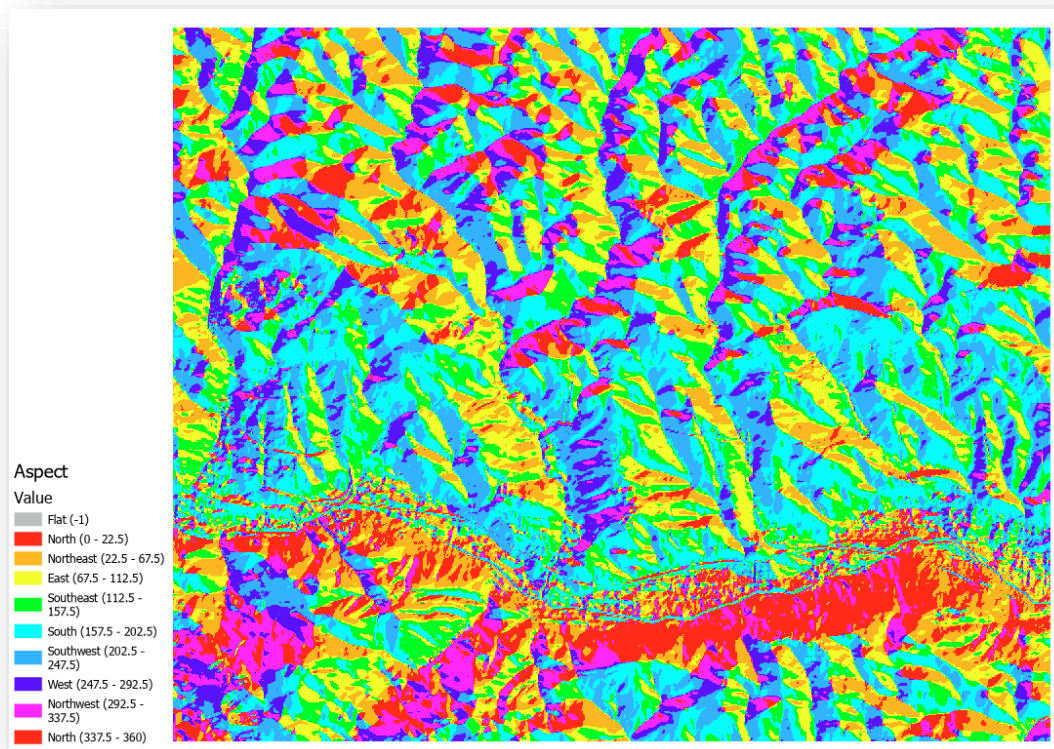
Innymi słowy pola oznaczone na mapie odpowiednimi kolorami posiadają ekspozycję zgodną z diagramem [Ryc. 15](#).



**Ryc. 15. Diagram ekspozycji stoków (kolory zgodne z wydzieleniami mapy)**

- 2.11. W panelu *Catalog* zduplikuj układ 4. *Layout Slope*, zmień nazwę zduplikowanego elementu na 5. *Layout Aspect*.
- 2.12. W układzie 5. *Layout Aspect* podmień mapę w ramce danych na 5. *Aspect*.
- 2.13. Zmień skalę mapy na 1:55 000.
- 2.14. Uporządkuj położenie ramki danych, mapę oraz legendę ([Ryc. 16](#)).





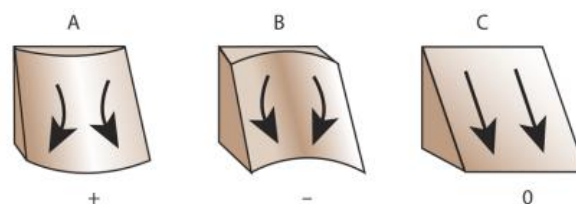
**Ryc. 16. Układ ekspozycji stoków 5. Layout Aspect**

2.1. Zamknij otwarte mapy i układy, a następnie zachowaj projekt.

### 3. Krzywizna stoków

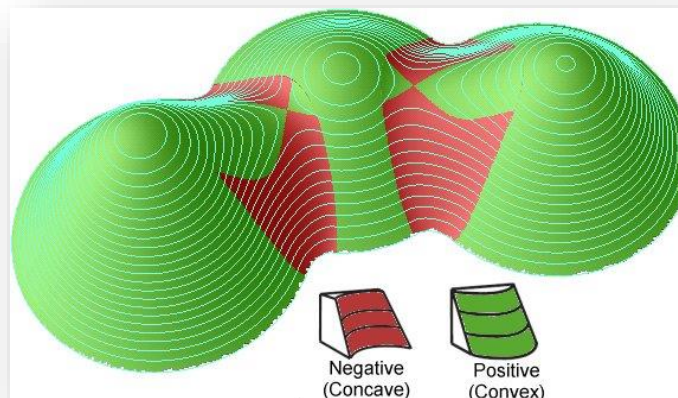
Krzywizna należy do grupy podstawowych atrybutów topograficznych i służy do opisu kształtu stoków (Urbański 2012). Współczesne oprogramowanie umożliwia wyznaczenie krzywizny planarnej (poziomic, *plan curvature*), wertykalnej (profilu, *profile curvature*) oraz krzywizny sumarycznej.

**Krzywizna planarna** opisuje kształt poziomic na powierzchni poziomej. Pozwala na wyodrębnienie fragmentów zboczy posiadających tendencję do konwergencji (zbieżność spływu powierzchniowego) oraz obszarów powodujących jego dywergencję (rozbieżność) (Ryc. 17).



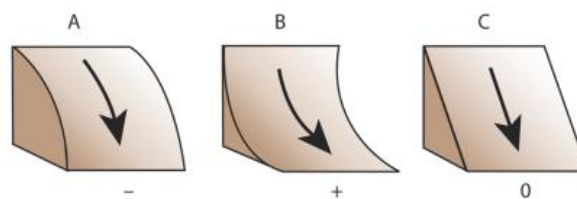
**Ryc. 17. Idea atrybutu topograficznego krzywizny planarnej. Wskaźnik przyjmuje wartości dodatnie w miejscach o tendencji do dywergencji i ujemne w miejscach o tendencji do konwergencji. Wartości krzywizny planarnej równe „0” cechują obszary bez wyraźnej krzywizny**

Atrybut przyjmuje wartości ujemne dla dolin, natomiast dodatnie dla grzbietów (Ryc. 18).



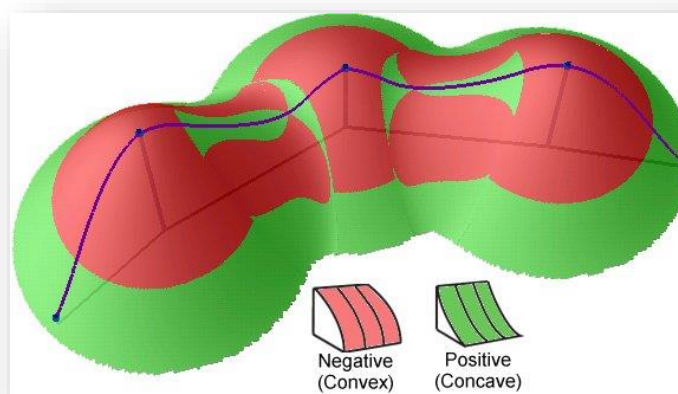
**Ryc. 18. Przykład obliczenia wartości atrybutu krzywizny planarnej**

**Krzywizna profilu** opisuje zmianę nachylenia wzdłuż linii spływu i pozwala na określenie kształtu stoku (Ryc. 19).



**Ryc. 19. Idea atrybutu topograficznego krzywizny profilu. Wskaźnik przyjmuje wartości ujemne dla stoków wypukłych, dodatnie – dla stoków wklęsłych i równe „0” dla stoków bez wyraźnej krzywizny**

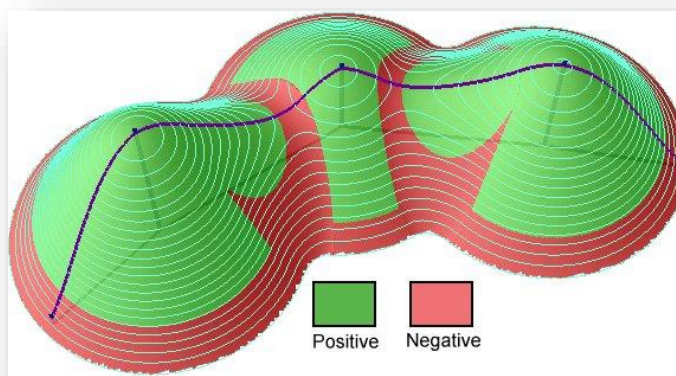
Atrybut przyjmuje wartości dodatnie dla stoków wklęsłych oraz ujemne dla stoków wypukłych (Ryc. 20). Wartości zbliżone do zera charakteryzują obszary płaskie bądź o stałym nachyleniu.



**Ryc. 20. Przykład obliczenia wartości atrybutu krzywizny profilu**



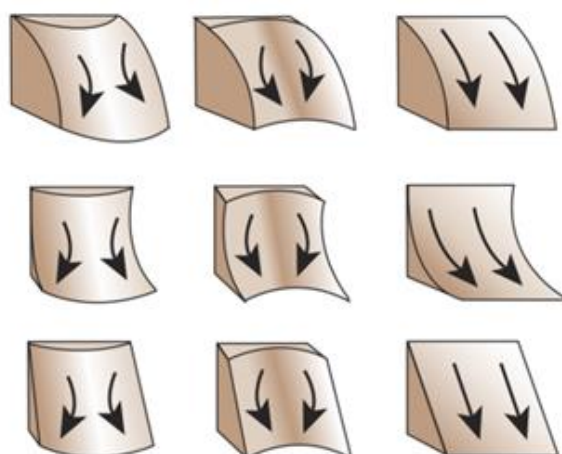
**Krzywizna sumaryczna** (in. całkowita, generalna) nie opisuje zakrzywienia linii (poziomic bądź profilu) lecz wyznacza zakrzywienie płaszczyzny topograficznej (Ryc. 21). Tak jak poprzednio, atrybut może przyjmować wartość ujemne (dla obszarów wklęsłych) bądź dodatnie (dla obszarów wypukłych).



**Ryc. 21. Przykład obliczenia wartości atrybutu krzywizny sumarycznej**

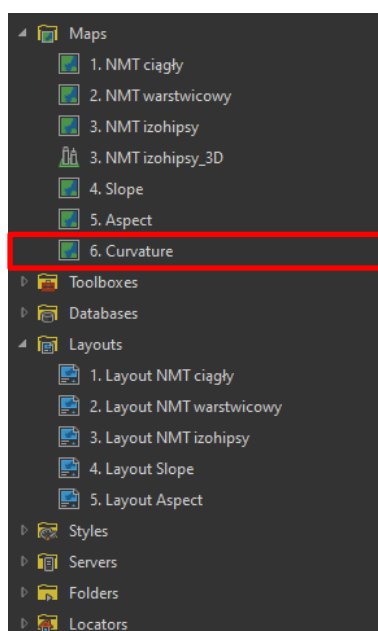
Krzywizna profilu wpływa na przyspieszenie bądź spowolnienie spływu, a zatem wpływa na erozję i sedymentację. Krzywizna planarna wpływa na zbieżność i rozbieżność spływu. Analiza atrybutów krzywizny planarnej i wertykalnej umożliwia dokładniejsze zrozumienie charakteru spływu powierzchniowego.

Na Ryc. 22 kolumny przedstawiają rodzaje krzywizny planarnej, a wiersze – rodzaje krzywizny profilu. W kolumnach, od lewej do prawej, atrybut krzywizny planarnej przyjmuje wartości: dodatnie, ujemne i równe „0”. W wierszach, atrybut krzywizny profilu, z góry do dołu przyjmuje wartości: ujemne, dodatnie i „0”.



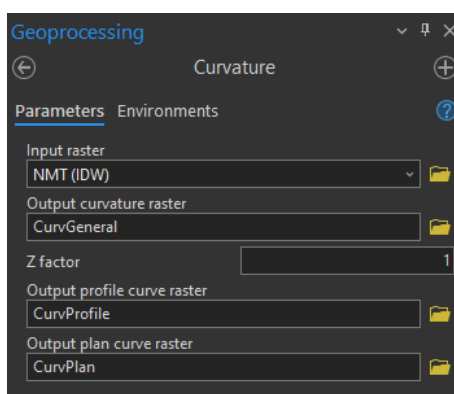
**Ryc. 22. Kombinacje krzywizn planarnej i profilu. Opis w tekście powyżej**

- 3.1. W panelu *Catalog* zduplikuj mapę 5. *Aspect*. Zduplikowanej mapie nadaj nazwę 6. *Curvature* (Ryc. 23).



**Ryc. 23. Zawartość map projektu po dodaniu mapy 6. Curvature**

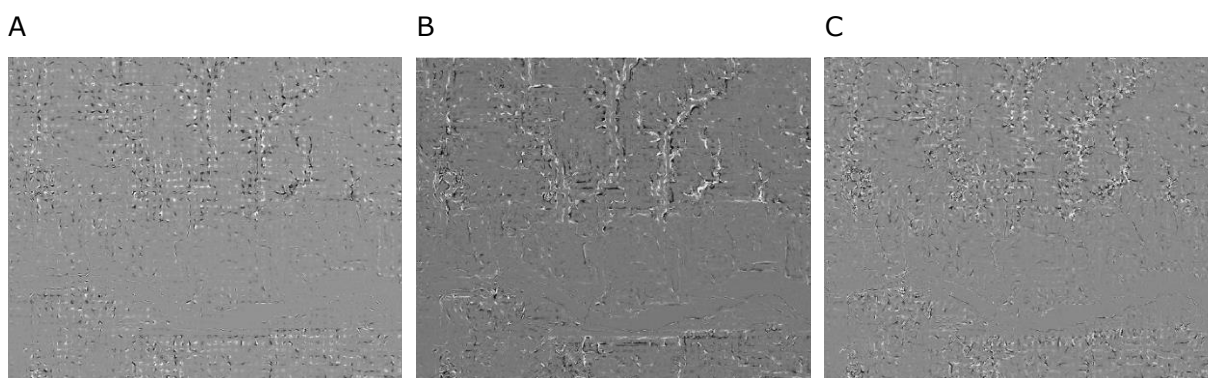
- 3.2. Otwórz mapę 6. Curvature do edycji.
- 3.3. W panelu *Contents* usuń warstwę *Aspect*.
- 3.4. Na wstążce aplikacji przejdź do karty *Analysis (Analiza)*. W grupie *Geoprocessing (Geoprzetwarzanie)* wybierz narzędzie *Tools (Narzędzia)*.
- 3.5. W otwartym panelu *Geoprocessing (Geoprzetwarzanie)* przejdź do karty *Toolboxes (Skrzynki narzędziowe)*.
- 3.6. Wewnątrz systemowych skrzynek narzędziowych otwórz toolbox *3D Analyst Tools > Raster > Surface*, a następnie uruchom narzędzie *Curvature (Krzywizna)* (Ryc. 4).
- 3.7. W panelu *Geoprocessing – Curvature*, jako *Raster wejściowy (Input raster)*, wybierz *NMT (IDW)* (Ryc. 24).
- 3.8. Narzędzie umożliwia generowanie trzech zbiorów wyjściowych: krzywizny sumarycznej, planarnej i wertykalnej. Wszystkie rastry wynikowe o nazwach: *CurvGeneral*, *CurvProfile* i *CurvPlan* zapiszemy do tego samego podfolderu ...\\NMT\\, w którym mamy już zapisane zbiory *NMT\_IDW*, *Slope* i *Aspect*. Uzupełnij odpowiednie pola formularza.



**Ryc. 24. Panel narzędzia geoprzetwarzania *Curvature***

3.9. Aby uruchomić narzędzie naciśnij przycisk *Run*.

Narzędzie utworzyło w lokalizacji ...\\NMT\\trzy zbiory danych rastrowych :  
CurvGeneral, CurvProfile i CurvPlan, po czym dodało je do aktywnej mapy  
6. Curvature (Ryc. 25).



**Ryc. 25. Zbiory krzywizn: generalnej – CurvGeneral (A), profilu – CurvProfile (B) oraz planarnej – CurvPlan (C)**

3.1. Zamknij otwartą mapę i zachowaj projekt.

#### 4. Wyszukiwanie miejsc o zadanych warunkach morfologicznych.

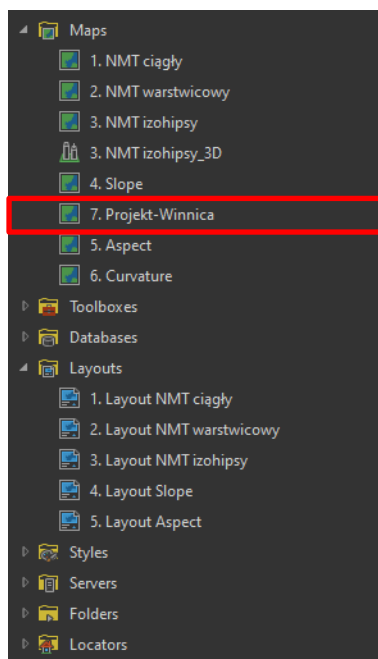
Podstawowe atrybuty topograficzne są powszechnie wykorzystywane do wyszukiwania miejsc spełniających określone kryteria, np. jeśli projektujemy budowę ośrodka narciarskiego, będzie nam najprawdopodobniej zależało na ekspozycji terenu w kierunku północnym (śnieg na tak eksponowanych stokach będzie utrzymywał się wiosną najdłużej) oraz takich, które posiadają duże nastromienie zboczy. Jeśli zaś będziemy projektowali budowę pola golfowego będzie nam najprawdopodobniej zależało na terenach płaskich, przez które przepływają niewielkie ciekі wodne.

Wyobraźmy sobie, że poszukujemy w rejonie Rowu Krzeszowickiego dogodnej lokalizacji pod małą winnicę.

#### KRYTERIA ANALIZY

Kryteria spełniające warunki dobrej lokalizacji określamy jako obszary o nachyleniu 15–20° eksponowane na południe. Postaramy się utworzyć mapę obszarów spełniających oba kryteria.

- 4.1. W panelu *Catalog > Map* zduplikuj mapę 4. *Slope*. Zduplikowanej mapie nadaj nazwę 7. *Projekt-Winnica* (Ryc. 2).



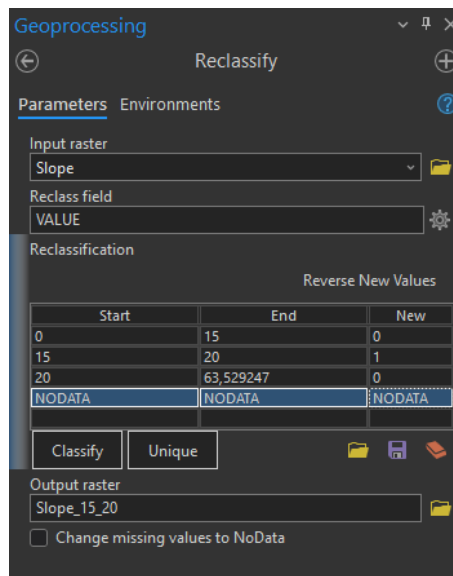
**Ryc. 26. Zawartość map projektu po dodaniu mapy 7. Projekt-Winnica**

- 4.2. W panelu *Catalog* otwórz mapę 7. *Projekt-Winnica* do edycji.

Na początek zajmiemy się utworzeniem mapy obszarów spełniających kryterium nachylenia stoków. Musimy opracować binarną mapę, na której wszystkie obszary spełniające założone kryterium nachylenia stoków mają wartość pikseli = 1, zaś wszystkie pozostałe obszary mają wartość pikseli = 0. Musimy nadać pikselom zbioru *Slope* nowe wartości. Służy do tego narzędzie *Reclassify* (*Reklasyfikacja*).

- 4.3. Odszukaj narzędzie geoprzetwarzania *Reclassify* (*Reklasyfikacja*).
- 4.4. Jako zbiór wejściowy geoprzetwarzania wprowadź wcześniej utworzony rastrowy zbiór nachyleń stoków *Slope*.
- 4.5. W tabeli *Reclassification* zadeklaruj teraz warunki reklasyfikacji spełniające nasze wymagania. Kliknij na przycisk *Classify...*, wybierz rodzaj klasyfikacji – *Natural Breaks (Jenks)*, liczbę kategorii określ na 3 i dla utworzonych klas zadeklaruj podział zmienności nachyleń stoków na: 0–15; 15–20 i 20–63,529... (Ryc. 27).
- 4.6. Dla utworzonych kategorii przypiszmy nowe wartości pikseli, kolejno: 0, 1 i 0.

- 4.7. Raster wynikowy geoprzetwarzania zapiszmy w folderze ...\\NMT\\ i nazwijmy go: Slope\_15\_20.



**Ryc. 27. Panel narzędzia geoprzetwarzania *Reclassify* z kryteriami reklasyfikacji nachylenia stoków**

- 4.8. Po wypełnieniu wszystkich pól, naciśnij przycisk *Run*.

W wyniku reklasyfikacji zostanie utworzona nowa rastrowa binarna warstwa, która będzie zawierała dwie kategorie: „0” – oznaczającą obszary nie spełniające naszego kryterium oraz „1” – obszary o nachyleniu stoków 15–20°.

- 4.9. W panelu *Contents* usuń warstwę *Slope*. Nie będzie nam już potrzebna.
- 4.10. Zmieńmy symbolizację nowej warstwy na czarno/bezbarwną. Obszary bezbarwne (*NoColor*) nie spełniają kryterium, czarne – spełniają (Ryc. 28).



**Ryc. 28. Mapa obszarów spełniających kryterium nachylenia stoków 15–20°**

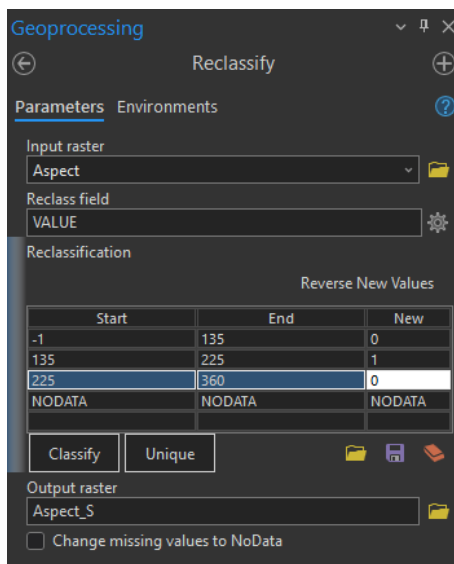
Mamy już mapę pierwszego kryterium. Teraz zajmijmy się drugim kryterium, czyli ekspozycją stoków.

- 4.11. Z panelu *Catalog* dodaj na scenę mapy 7. Projekt-Winnica raster *Aspect*. Jeśli zostaniesz zapytany o zbudowanie piramid, potwierdź to przyciskiem *Yes*.
- 4.12. Ponownie odszukaj narzędzie *Reclassify*.
- 4.13. Jako klasę wejściową geoprzetwarzania tym razem wprowadź rastr ekspozycji stoków *Aspect*.

Obszary eksponowane na południe zdefiniujemy jako takie, których ekspozycja wynosi 135–225° (zob. [Ryc. 15](#)).

- 4.14. W polu *Reclassification* zadeklarujemy teraz warunki rekasyfikacji spełniające nasze wymagania. Kliknijmy na przycisk *Classify...*, wybierzmy rodzaj klasyfikacji – *Natural breaks (Jenks)*, liczbę kategorii określmy na 3 i dla utworzonych klas zadeklarujemy podział zmienności nachyleń stoków na: 0–135; 135–225 i 225–360... ([Ryc. 29](#)).

- 4.15. Raster wynikowy geoprzetwarzania zapisz w folderze ...\\NMT\\ i nazwij go Aspect\_S.
- 4.16. Dla utworzonych kategorii przypisz nowe wartości pikseli, kolejno: 0, 1 i 0. Zwróć uwagę na poprawne zdefiniowanie tych wartości.



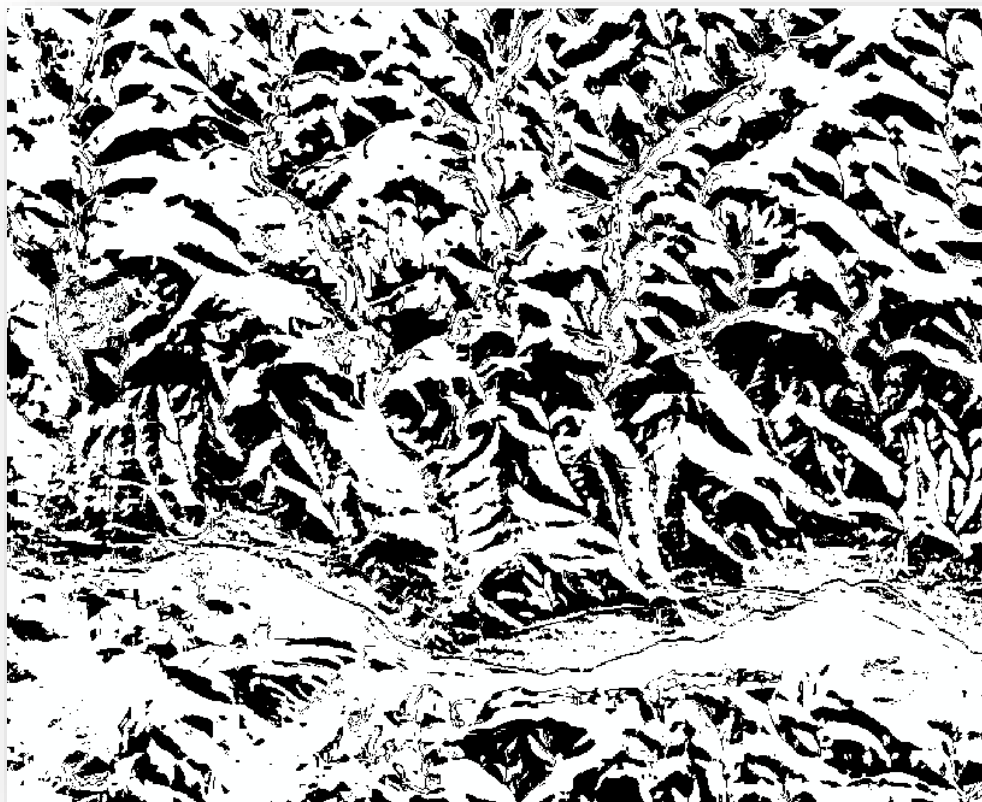
**Ryc. 29. Panel narzędzia geoprzetwarzania *Reclassify* z kryteriami reklasyfikacji ekspozycji stoków**

- 4.17. Po wypełnieniu wszystkich pól naciśnij przycisk *Run*.

W wyniku reklasyfikacji zostanie utworzona nowy binarny raster, który będzie zawierała dwie kategorie: „0” – oznaczającą obszary nie spełniające naszego kryterium oraz „1” – obszary o ekspozycji stoków 135–225°.

- 4.18. Zmieńmy symbolizację nowej warstwy na czarno/bezbarwną. Obszary bezbarwne (*NoColor*) nie spełniają kryterium, czarne – spełniają (Ryc. 30).





**Ryc. 30. Mapa obszarów spełniających kryterium ekspozycji stoków 135–225°**

4.19. W panelu *Contents* usuń warstwę *Aspect*. Nie będzie nam już potrzebna.

W ostatnim kroku musimy określić, które obszary spełniają oba nasze kryteria. Wykorzystamy do tego narzędzie algebry map bazujące na binarnej algebrze Boole’a i funkcji iloczynu logicznego (Tab. 1).

**Tab. 1. Tabela prawdy iloczynu logicznego AND**

a	b	$a \times b$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tab. 1 należy rozumieć tak, że interesują nas wyłącznie obszary spełniające oba kryteria ( $a = 1$  i  $b = 1$ ).

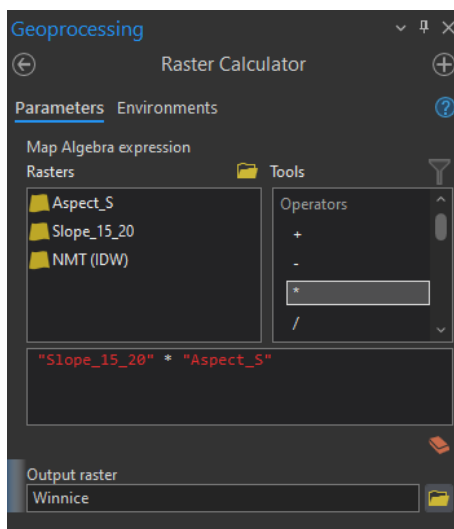
4.20. Wykonywanie operacji algebraicznych na rastrach umożliwia narzędzie *Raster Calculator* (Kalkulator rastrów). Wyszukaj je za pomocą narzędzia *Command Search*.

4.21. Uruchom narzędzie.

4.22. Z listy dostępnych rastrów dwukrotnym kliknięciem wybierz *slope\_15\_20*.



- 4.23. Wprowadź operator mnożenia „\*”, a następnie dodaj raster drugiego kryterium (*Aspect\_S*). Raster wynikowy (*Output raster*) analizy tradycyjnie zapisz w folderze ...\\NMT\\ i nadaj mu nazwę *Winnice* (Ryc. 31).

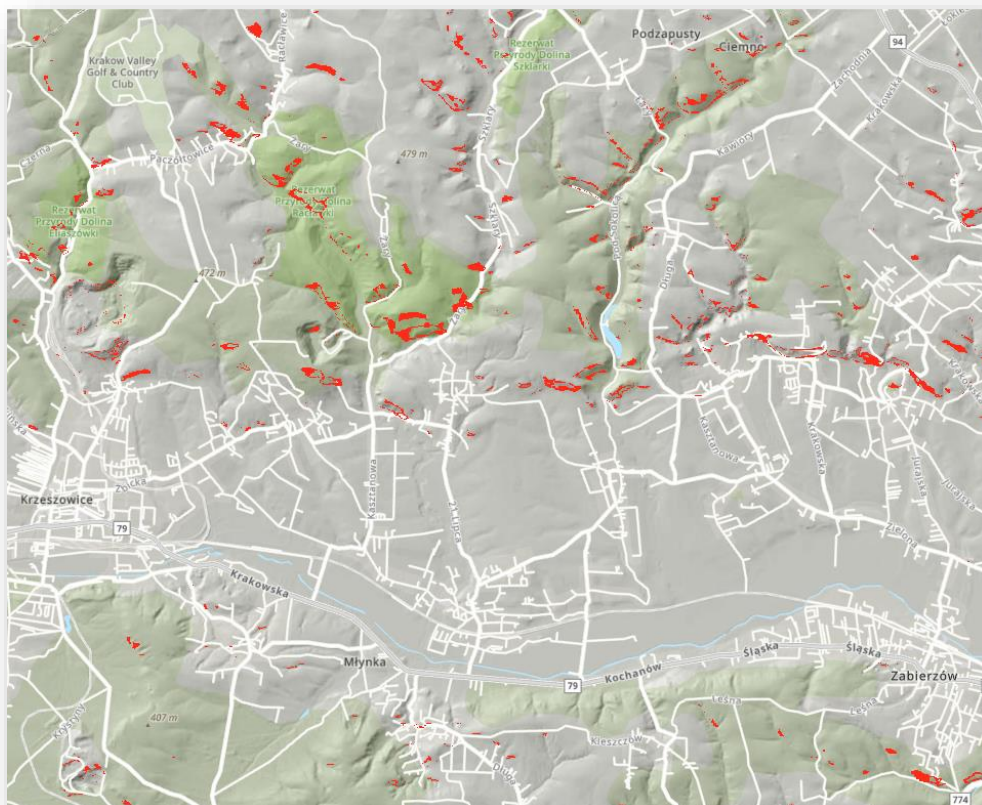


**Ryc. 31. Panel narzędzia geoprzetwarzania *Raster Calculator* ze zdefiniowanym iloczynem logicznym dwóch binarnych kryteriów analizy**

- 4.24. Po wypełnieniu wszystkich pól naciśnij przycisk *Run*.
- 4.25. Zmień symbolizację kategorii rastra wynikowego *Winnice* na: piksele „0” – przeźroczyste; „1” – czerwone.
- 4.26. Wyświetl raster wynikowy na tle map bazowych *World Topographic Map* oraz cieniowanego reliefu terenu.

W wyniku przeprowadzenia operacji mnożenia map. Każda wartość piksela pierwszego kryterium została pomnożona przez odpowiadającą mu wartość piksela wyrażającego drugie kryterium. Mapa wynikowa *Winnice* przedstawia wszystkie obszary spełniające oba kryteria, czyli obszary o nachyleniu stoków 15–20° i eksponowane w kierunku południowym (Ryc. 32).

- 4.27. Zamknij aktywne karty map i układów.
- 4.28. Zachowaj projekt i wyjdź z ArcGIS Pro.



## Bibliografia

## Bibliografia

Tchoukanski I., Raster Curvature, URL: [http://www.et-st.com/et\\_surface/userguide/Raster/ETG\\_RasterCurvature.htm](http://www.et-st.com/et_surface/userguide/Raster/ETG_RasterCurvature.htm).

Urbański, J., 2011. GIS w badaniach przyrodniczych. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 252.

Wieczorek, M., Żyszkowska, W. 2011. Geomorfometria – parametry morfometryczne w charakterystyce rzeźby terenu. *Polski Przegląd Kartograficzny*, 43(2), 130–144.