RYSUNEK TECHNICZNY
DLA INŻYNIERÓW cz. II

PODRĘCZNIK. STUDIA PRZYPADKÓW



MIROSŁAW GUZIK

Tom 21 Kompetencje, Wiedza, Innowacje – Zintegrowany Program Rozwoju WSEI w Lublinie – Etap II

21 TOM

RYSUNEK TECHNICZNY DLA INŻYNIERÓW

Część pierwsza
Podręcznik

Mirosław Guzik

Lublin 2021

WYŻSZA SZKOŁA EKONOMII I INNOWACJI W LUBLINIE
Seria wydawnicza:
Kompetencje, Wiedza, Innowacje – Zintegrowany Program Rozwoju WSEI w Lublinie – Etap II
Tom 21

RYSUNEK TECHNICZNY DLA INŻYNIERÓW
Cz. I – Podręcznik Cz. II – Studia przypadków

Autor:
Mirosław Guzik
ORCID: 0000-0003-3351-9039

Recenzenci:
dr hab. inż. Józef Stokłosa
dr hab. inż. Grzegorz Bartnik

Korekta:
Grzegorz Janowski

Skład, łamanie:
Marta Krysińska-Kudlak

Projekt okładki:
Patrycja Kaczmarek

Grafika na okładce:
fanjianhua/Freepik.com
rawpixel.com/Freepik.co

@Copyright by
Innovatio Press, Lublin 2021

Wszelkie prawa zastrzeżone. W sprawie kopiowania lub rozpowszechniania fragmentów albo całości niniejszej pracy należy kontaktować się z wydawcą.

Publikacja oraz recenzje zrealizowano w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Proces wydawniczy (korekta, skład) sfinansowano z dotacji na zadania związane z zapewnieniem osobom niepełnosprawnym warunków do pełnego udziału w procesie kształcenia.

Printed in Poland
Innovatio Press Wydawnictwo Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji
20-209 Lublin, ul. Projektowa 4
tel.: +48 81 749 17 77, fax: + 48 81 749 32 13
www.wsei.lublin.pl

ISBN – wersja elektroniczna: 978-83-66159-95-2

Spis treści

Wstęp 5

1. Rozpoczęcie pracy z programem 7
   1.1. Nawigacja w programie i ustawienia 9
   1.2. Funkcje narzędzi i praca z warstwami.....11

2. Podstawowe narzędzia do szkicowania 14
   2.1. Narzędzie ‘Linia’ 15
   2.2. Narzędzie ‘Przytnij’ i ‘Przytnij naroże’.....18
   2.3. Narzędzia ‘Prostokąt’ i ‘Okrąg’ 20
   2.4. Rodzaje linii i style.....21

3. Relacje i funkcje pomocnicze kursora 24
   3.1. Relacje ‘Połącz’ i ‘Poziomo-pionowo’ 27
   3.2. Relacja ‘Równość’ i ‘Styczność’ 30
   3.3. Zadawanie relacji hurtem – ‘Asystent relacji’.....32

4. Wymiary sterujące i pomocnicze 35
   4.1. Przykład – rysunek techniczny kołnierza.....40
   4.2. Przykład – rysunek techniczny wału.....45

5. Arkusz roboczy i arkusz tła 51
   5.1. Rysowanie tabliczki rysunkowej 53
   5.2. Umieszczenie rysunku na arkuszu roboczym 59

6. Ćwiczenia 61
6.1. Pytania kontrolne.....61
6.2. Zadania 69
6.2.1 ZADANIE: Wymiarowanie elementu płaskiego – Płytka PH.....69
Treść zadania 69
Przykład rozwiązania.....70
Założenia rysunkowe do ćwiczeń 72
6.2.2. ZADANIE: Rzutowanie i wymiarowanie przedmiotu danego rysunkiem poglądowym 75
Treść zadania 75
Przykład dydaktyczny 76
Założenia rysunkowe do ćwiczeń 80
6.2.3. ZADANIE: Rzutowanie i wymiarowanie symetrycznego elementu maszynowego.....83
Treść zadania 83
Przykład dydaktyczny 85
Założenia rysunkowe do ćwiczeń 92
6.2.4. ZADANIE: Rysunek techniczny wałka na podstawie skanowanego rysunku do pliku graficznego.....100
Treść zadania 100
Przykład rozwiązania.....101
Założenia rysunkowe do ćwiczeń 109
6.2.5. ZADANIE: Rzut cechowany – rozwiązanie sytuacji przestrzennej na planie warstwicowym 114
a) Punkt w rzucie cechowanym 114
b) Prosta dowolna w rzucie cechowanym 116
c) Powierzchnia (topografia terenu) w rzucie cechowanym 121
d) Płaszczyzna dowolna w rzucie cechowanym....122
Przykład rozwiązania.....126
Podsumowanie przedstawionych przykładów 132
Założenia rysunkowe do ćwiczeń 133

Literatura 137

Wstęp

Podręcznik stanowi zbiór materiałów przeznaczonych do realizacji odpowiednich zajęć, w oparciu o podstawową funkcjonalność aktualnej wersji **oprogramowania CAD Solid Edge na licencji studenckiej** w **zakresie modułu 'Rysunek', przeznaczonego do wykonywania technicznej dokumentacji rysunkowej 2D**. Przedstawione przykłady i zadania dotyczą takich zagadnień z dziedziny rysunku technicznego maszynowego jak wykonywanie wymiarowanych rzutów przedmiotów na podstawie aksonometrycznych rysunków poglądowych lub wymiarowanie wałków od baz obróbkowych.

Realizacja tego rodzaju zadań kreślarskich przy użyciu oprogramowania CAD w miejsce tradycyjnych technik kreślarskich, jakimi studenci posługują się w pierwszej części modułu o tej samej nazwie, ma na celu zarówno **naukę stosowania zasad rysunku technicznego maszynowego jak** i **naukę wykonywania dokumentacji rysunkowej przy** użyciu komputera. To ostatnie polega w zasadzie na rysowaniu szkiców 2D, co z kolei stanowi istotny z punktu praktycznego wstęp do modelowania 3D, opierającego się właśnie o takie same reguły i narzędzia szkicowania. Umiejętność rysowania odpowiednio sparametryzowanych szkiców, nadających się do łatwych i kontrolowanych modyfikacji, jest kluczowym elementem wykorzystywanym w dalszej nauce **modelowania 3D zarówno metodami bryłowymi jak** i **powierzchniowymi**.

Zakres przedmiotu został uzupełniony dla studentów kierunku Transport o niezbędne zagadnienia **rysunku budowlanego, dotyczące posługiwania się planem sytuacyjno-wysokościowym**, do wyznaczania granic projektowanych nasypów na potrzeby infrastruktury transportowej. W przypadku związanego z tym zadania, dopuszczalne jest jednak posłużenie się tradycyjną techniką kreślarską w miejsce proponowanego oprogramowania CAD, które z zasady

jest przeznaczone do opracowywania elementów i konstruowania maszyn, a nie obiektów architektoniczno-budowlanych.

Podręcznik podzielony jest na dwie główne części. W pierwszej omówiono **podstawy oprogramowania SolidEdge** w **zakresie opracowywania dokumentacji rysunkowej**. Natomiast druga część dotyczy **zadań** ćwiczeniowych, które wykonywane są przez studentów na ocenę. Każdy z tematów zawiera opis przykładowego rozwiązania oraz zbiór założeń rysunkowych, przeznaczonych do samodzielnego wykonania przez studentów.

Autor zastrzega sobie prawo do stosowania uproszczeń i nieprecyzyjnych pojęć wynikających z nazewnictwa polskiej wersji oprogramowania Solid Edge, które mogą nie odpowiadać standardom naukowym i obowiązującym normom. Stanowi to kompromis, którego celem jest uniknięcie niejednoznaczności podczas nauki tego oprogramowania. Wynikające rozbieżności względem poprawnego nazewnictwa używanego na wykładach, są wyjaśniane w trakcie odpowiednich zajęć.

1. Rozpoczęcie pracy z programem



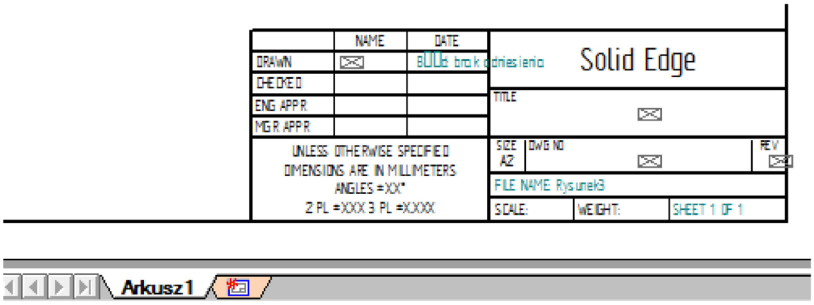
Pracę z programem na kursie ćwiczeń z modułu Rysunek techniczny II rozpoczynamy uruchamiając środowisko ‘Rysu**nek (ISO metryczne)’**. Informacje w nawiasie oznaczają przyjęte w szablonie standardy, odpowiadające normom ISO oraz obowiązującym na terenie Europy jednostkom metrycznym.



Rys. 1.1. Ikona rozpoczynająca pracę ze środowiskiem ‘Rysunek (ISO metryczne)’ w oprogramowaniu Solid Edge

Jeśli ustawienia regionalne zainstalowanego systemu operacyjnego są inne niż polskie, w menu środowiska Solid Edge może w tym miejscu figurować **amerykański odpowiednik ‘Rysunek (ANSI calowe)’**. Wówczas należy posłużyć się linkiem ‘Edytuj listę…’ aby zmienić standard środowiska na odpowiedni dla naszej lokalizacji.

Środowisko rysunku domyślnie otwiera się w widoku arkusza roboczego o formacie A2, który skojarzony jest z arkuszem tła, zawierającym domyślną tabliczkę rysunkową.



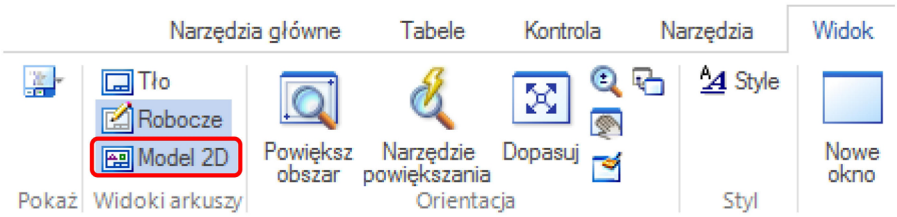
Rys. 1.2. Dolny pasek zakładek w widoku arkusza roboczego i domyślna tabliczka rysunkowa Solid Edge

Ćwiczenia rysunkowe, które będą wykonywane na zajęciach, przewidziane są do rozwiązania na arkuszu A4. Opracowany został

także **wzór tabliczki rysunkowej** odpowiadający nazwie Szkoły oraz modułu, który dostępny jest w postaci szablonu Solid Edge.

Arkusz roboczy nie jest miejscem odpowiednim do zasadniczego rysowania. Na nim umieszcza się, rozplanowuje i ewentualnie wymiaruje rzuty (widoki lub przekroje). Rzuty z kolei najczęściej generowane są na podstawie **modeli 3D** części lub powstają przez narysowanie na **arkuszu 'Model 2D'**.

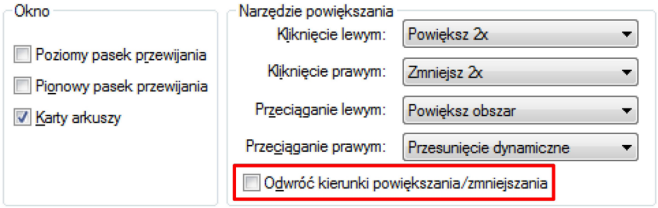
Z górnego menu wybierz **zakładkę 'Widok'**. W boksie 'Widoki arkuszy włącz **opcję 'Model 2D'**. Na dolnym pasku pojawi się zakładka z arkuszem '2D Model, który stanie się arkuszem aktualnym.



Rys. 1.3. Wstążka zawierająca opcje zmiany widoku arkuszy wpływające na zawartość dolnego paska zakładek

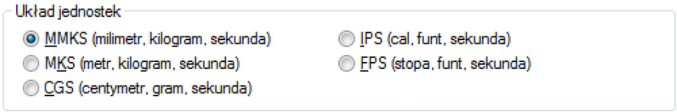
1.1. Nawigacja w programie i ustawienia

Nawigacja w **module 'Rysunek (ISO metryczne)'** jest dość intuicyjna. Aby się o tym przekonać dysponując tylko pustym dokumentem, odszukaj i włącz ikonę **'Pokaż siatkę'**, która znajduje się **w boksie 'Rysuj' na zakładce 'Narzędzia główne'**. Poruszając kursorem z wciśniętą rolką myszy (trzeci przycisk) przesuwamy obraz z rysunkiem (siatką). Obracając rolką powiększamy lub pomniejszamy widok rysunku (siatki). W zależności od preferencji, kierunek skalowania można zmienić w opcjach programu, dostępnych po naciśnięciu przycisku aplikacji znajdującego się w górnym lewym rogu ekranu (następnie 'Ustawienia', przycisk 'Opcje' i zakładka 'Widok').



Rys. 1.4. Opcje środowiska do zmiany sposobu powiększania obrazu

Większość z dostępnych ustawień dotyczy wszystkich modułów środowiska Solid Edge. Zwykle nie ma potrzeby ich zmiany. Jednak nie trudno wyobrazić sobie sytuację, w której potrzebujemy posłużyć się w rysunku np. innymi jednostkami długości, przykładowo by narysować plan sytuacyjno-wysokościowy na mapie w skali 1:500. Podstawową jednostką wówczas będzie metr, co można zmienić w zakładce ‘Jednostki’:

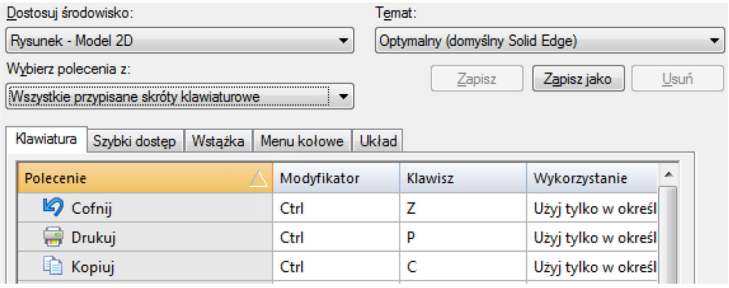


Rys. 1.5. Opcje środowiska umożliwiające ustalenie szeregu przyjętych jednostek

Program SolidEdge nie jest przeznaczony do wykonywania rysunków budowlanych lub planów terenu, nie mniej jest to możliwe. Tego rodzaju ustawienia dotyczą jednak danego dokumentu, są zapisywane wraz z nim i nie obowiązują dla całego środowiska. Ustawienia jednostek nowego projektu będą wynikać z szablonu jaki został użyty. Natomiast **ustawienia dotyczące interfejsu programu mają charakter trwały** i **zapisywane są** w **rejestrach systemowych**.

Pracując dłużej z programem, zapewne zechcesz dostosować go do swoich potrzeb. Możesz **zdefiniować własne skróty klawiaturowe do często używanych narzędzi lub wyłączyć zbędne animacje** w podpowiedziach. W tym celu wybierz **przycisk aplikacji**, a następnie ‘**Ustawienia’** i przycisk **‘Dostosuj’** lub prawym przyciskiem myszy kliknij na dowolnej wstążce interfejsu i z menu kontekstowego

wybierz **‘Dostosuj wstążkę’**. Odpowiednie opcje znajdziesz w następującym oknie dialogowym.



Rys. 1.6. Opcje interfejsu użytkownika do przypisania skrótów klawiaturowych dla wybranych narzędzi

Gdy zdarzy Ci się zapomnieć skrót klawiaturowy jaki przypisałeś danemu poleceniu, rozwijaną listę **‘Wybierz polecenia’** ustaw na **‘Wszystkie przypisane skróty klawiaturowe’**. W ten sposób zapoznasz się także z domyślnie przypisanymi skrótami klawiaturowymi, z których warto korzystać.

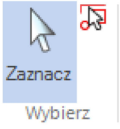
Aby zmiany odniosły skutek, należy zapisać je jako nowy temat.

1.2. Funkcje narzędzi i praca z warstwami

Z górnego menu wybierz zakładkę **‘Narzędzia główne’**. Tu znajduje się większość narzędzi pogrupowanych w kolejnych boksach, z których będziemy najczęściej korzystać.

Po wybraniu dowolnego z narzędzi dostępnego za pomocą odpowiedniej ikony, zmienia się kontekstowa zawartość dwóch stale widocznych elementów – **paska poleceń oraz paska podpowiedzi**.

a) **wybrane narzędzie:**



Rys. 1.7. Ikona wybranego narzędzia (w przykładzie narzędzie ‘Zaznacz’)

Dowolne narzędzie do rysowania, wstawiania lub edycji. Przykład dotyczy domyślnie aktywnego narzędzia **‘Zaznacz’**.

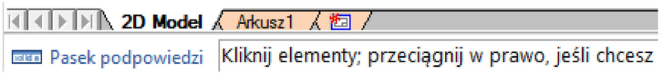
b) **pasek poleceń**:



Rys. 1.8. Pasek poleceń w kontekście wybranego narzędzia (w przykładzie ‘Zaznacz’)

Na pasku poleceń znajdziesz opcje narzędzia, które dostępne są po kliknięciu odpowiednich ikon lub rozwinięciu przycisków z listami wyboru. W przypadku bardziej złożonych narzędzi dostępna jest ikona „notesika” po wybraniu której mamy dostęp do zaawansowanych opcji, umieszczonych na kolejnym oknie dialogowym.

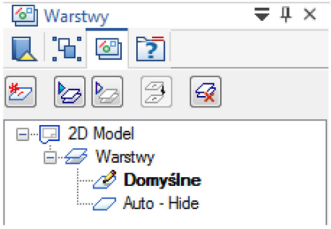
c) **pasek podpowiedzi:**



Rys. 1.9. Pasek podpowiedzi w kontekście wybranego narzędzia (w przykładzie ‘Zaznacz’)

Z kolei **pasek podpowiedzi jest niezbędnym źródłem informacji podczas nauki stosowania danego narzędzia**. Wyświetlane w nim podpowiedzi opisują typowy sposób posługiwania się narzędziem oraz alternatywne możliwości, które są dostępne po wciśnięciu lub przytrzymaniu danego przycisku klawiatury lub myszy.

Istotnym elementem interfejsu użytkownika, rozszerzającym możliwości pracy w środowisku **‘Rysunek’** jest zakładka **‘Warstwy’**, znajdująca się po lewej stronie ekranu:



Rys. 1.10. Zakładka ‘Warstwy’ ułatwiająca organizację złożonych rysunków

W przypadku bardziej złożonych projektów możemy wykorzystywać **warstwy do umieszczania grup elementów**. Na przykład na domyślnej warstwie rysujemy aktualny projekt przedmiotu, a na niższej warstwie umieszczamy „podkładkę” w postaci przybliżonego rysunku wykonanego na podstawie bezpośrednich pomiarów rzeczywistego obiektu.



WAŻNE

Warstwy można wykorzystywać także do wykonywania rysunku danego przedmiotu w różnych wersjach.

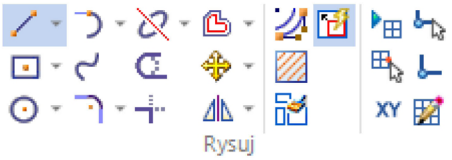
Kolejnym przykładem zastosowania warstw jest umieszczanie roboczych wymiarów sterujących, służących jedynie nadaniu szkicowi odpowiedniego kształtu i proporcji.

Chcielibyśmy **ukryć takie konstrukcje** na właściwym rysunku i zwymiarować go niezależnie po umieszczeniu na arkuszu roboczym, zgodnie z zasadami rysunku technicznego maszynowego. Wówczas robocze ciągi wymiarów sterujących i odpowiednie konstrukcje rysujemy lub przenosimy na warstwę, którą następnie ukrywamy. Odpowiednie opcje dostępne są po kliknięciu prawym przyciskiem myszy na danej warstwie. **Możemy ukryć lub pokazać wybraną warstwę lub wybrać jako aktywną jedną** z **widocznych warstw**. Przed rozpoczęciem rysowania należy się także upewnić czy aktywna jest właściwa warstwa, na której umieszczane będą kolejne elementy rysunku.

2. Podstawowe narzędzia do szkicowania



Boks ‘Rysuj’ podzielony jest na trzy części. W pierwszej znajdują się **podstawowe narzędzia do rysowania**. Na niektórych ikonach znajdują się przyciski służące do rozwijania listy w celu wyboru wariantu danego narzędzia. Na przykład klikając w ikonę łuku rozpoczniemy rysowanie łuku stycznego, natomiast rozwijając listę odpowiedniej ikony możemy wybrać inne warianty: łuk przez trzy punkty, łuk ze środka itp.



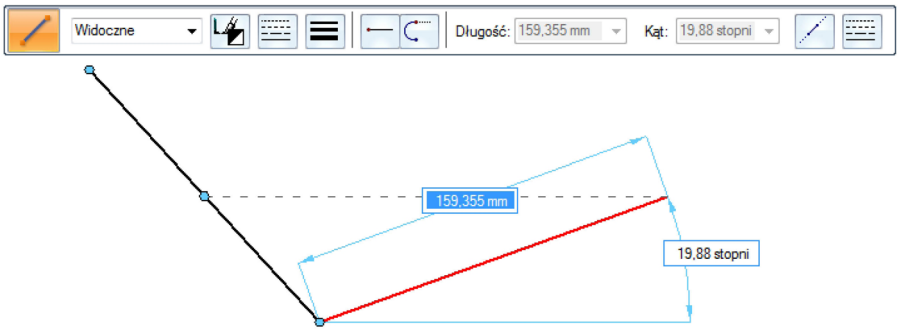
Rys. 2.1. Boks narzędzi ‘Rysuj’ – wybrana ikona narzędzia ‘Linia’

Niekiedy w listach rozwijanych ikon znajdują się narzędzia podobnego rodzaju. Na przykład pod ikoną **narzędzia ‘Przenieś’ znajdziemy ‘Obróć’**, natomiast pod ikoną **‘Symetria’** można znaleźć narzędzia do skalowania lub definiowania szyku.

Kolejne dwie części zawierają narzędzia wspomagające proces rysowania. Będziemy korzystać z narzędzia **‘Wypełnienie’** do kreskowania pól przekrojów, oraz z siatki pomocniczej ułatwiającej rysowanie regularnych kształtów.

2.1. Narzędzie ‘Linia’

Wybierz **narzędzie ‘Linia’**. Zanim rozpoczniesz rysowanie, rzuć okiem na pasek podpowiedzi, na którym widnieje informacja **„Kliknij lewym przyciskiem myszy, aby zdefiniować pierwszy punkt”.** Kierując się nawykami z programów do grafiki komputerowej, studenci zwykle próbują narysować linię przeciągając kursor myszą z wciśniętym lewym przyciskiem myszy, co nie daje oczekiwanego efektu. Kierując się natomiast podpowiedzią z paska dowiadujemy się, że linię rysujemy klikając punkt początkowy, a następnie końcowy odcinka.



Rys. 2.2. Pasek narzędzia 'Linia' – rysowanie drugiego odcinka, widoczne pola do wprowadzania wymiarów oraz wskaźnik wyrównania

Narzędzie przy tym nie kończy pracy, lecz jest gotowe do wskazania końca kolejnego odcinka łamanej. Zakończenie rysowania polega na kliknięciu prawym przyciskiem myszy, przy czym narzędzie nie wyłącza się, a jest gotowe do wyboru kolejnego punktu początkowego.

WAŻNE

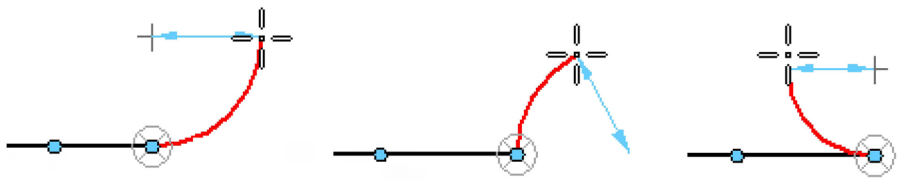
Regułą dla wszystkich modułów Solid Edge, jest stosowanie prawego przycisku myszy do kończenia bieżącej operacji lub przechodzenia do następnego etapu edycji.

Należy zwrócić uwagę na pomocnicze metody określania położenia aktualnie zadawanego punktu. Można skorzystać z pól edycyjnych wyświetlanych dynamicznie w okolicy tworzonego elementu. W **przypadku odcinka jest to wymiar długości oraz wymiar kąta**. Przełączamy się pomiędzy odpowiednimi polami edycyjnymi używając klawisza tabulacji, przy czym zadanie wartości danego pola z klawiatury musi być potwierdzone naciśnięciem klawisza ENTER lub klawisza tabulacji. Pola, którym nie nadano w ten sposób wartości w dalszym ciągu pozostaną odblokowane, a rysowany element będzie w tym zakresie zachowywał się swobodnie.

Kolejną **metodą jest posługiwanie się wskaźnikiem wyrównania**, którego działanie widoczne jest w postaci linii kreskowej, powstającej dynamicznie względem zwykle najbliższego z istniejących charakterystycznych punktów szkicu (naroża, punktu przecięcia, końca lub środka odcinka, środka okręgu, łuku itp.). Przytrzymanie z kolei klawisza SHIFT powoduje **zadawanie kąta odcinka ze skokiem 15°**, natomiast przytrzymanie klawisza ALT powoduje tymczasowe wyłączenie wskaźnika wyrównania, gdy aktualny element chcemy narysować swobodnie.

Parametry **odcinka, który chcemy narysować, można także „predefiniować" wpisując je** w **pola edycyjne paska poleceń**. Zadając w ten sposób długość 30 mm i kąt 0° rysowanie będzie polegało w zasadzie na wstawieniu odpowiedniego odcinka do szkicu. Z kolei wciśnięcie klawisza 'A' podczas rysowania kolejnego odcinka powoduje tymczasową zmianę rysowania odcinka prostego na styczny odcinek łukowy.

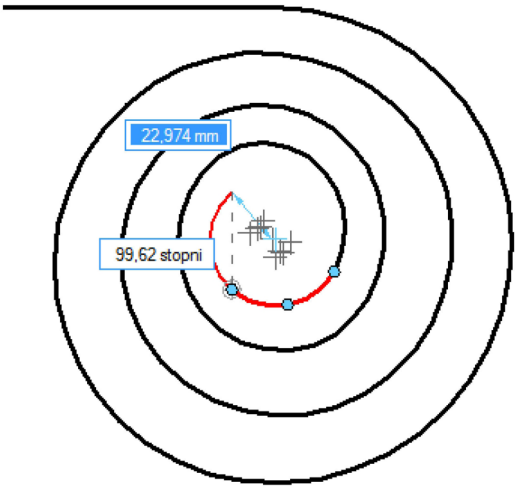
Rysowanie **odcinka łukowego** rozpoczynamy z tzw. „pola zamierzeń", które ma kształt koła podzielonego na ćwiartki. Wykonując ruch mszy od wybranej ćwiartki pola zamierzeń wpływamy na wybór warunku styczności łuku: styczny w przód, styczny do prostopadłej, styczny wstecz. Przedstawia to następujący rysunek:



Rys. 2.3. Rysowanie łuku stycznego przy użyciu narzędzia 'Linia' z klawiszem 'A' – kierunek łuku określany za pomocą „pola zamierzeń"

Rozpoczynając pracę z programem, szybko przekonasz się, że tego rodzaju opis jak powyżej jest po prostu zbędny. Środowisko Solid Edge nie wydaje się z początku intuicyjne, ale do większości technik można dojść samodzielnie, czytając „dymki" wyświetlane po wskazaniu dowolnej ikony oraz podpowiedzi w dolnym pasku podczas własnych eksperymentów.

W celu przyzwyczajenia się do specyficznej **techniki rysowania** w **Solid Edge**, z wykorzystaniem wyżej wspomnianych reguł, narysuj spiralę, rozpoczynając od odcinka prostego i kierując się do wewnątrz. Rysuj kolejne łuki starając się odrzucać propozycje wskaźnika wyrównania, ale bez jego wyłączania. Posługuj się rolką myszy do powiększania obrazu gdy zaczyna brakować miejsca wolnego od coraz częstszych propozycji.

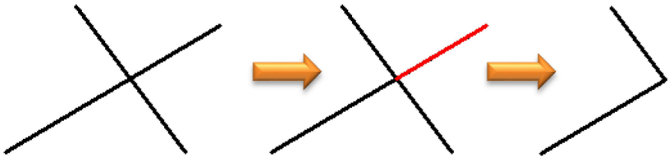


Rys. 2.4. Ćwiczenie polegające na narysowaniu spirali przy użyciu narzędzia 'Linia' – widoczny wskaźnik wyrównania oraz środki łuków

Narysuj w ten sposób jak największą liczbę zwojów spirali. Propozycje wyrównania będą coraz bardziej przeszkadzać w miarę wykonywania kolejnych łuków, bo zwiększa się liczba charakterystycznych punktów. Zwróć uwagę na koncentrację krzyżyków w środkowej części spirali, oznaczających środki istniejących łuków.

2.2. Narzędzie 'Przytnij' i 'Przytnij naroże'

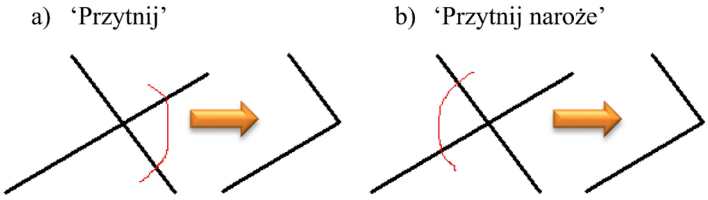
Narysuj dwie krzyżujące się linie jak na poniższym przykładzie. Naszym zadaniem jest przycięcie części odcinków wystających na prawą stronę od punktu przecięcia.



Rys. 2.5. Przykład użycia narzędzia ‘Przytnij’

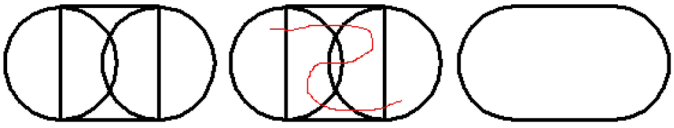
Użyj narzędzia **‘Przytnij’** i kliknij kolejno wystające części.

Ten sam skutek można uzyskać szybciej, „przekreślając” narzędziem ‘Przytnij’ z wciśniętym lewym przyciskiem myszy zamiast pojedynczych kliknięć.



Rys. 2.6. Porównanie działania narzędzia ‘Przytnij’ oraz ‘Przytnij naroże’

Przedstawiony przykład wskazuje, że zamierzone rozwiązanie można osiągnąć różnymi metodami. Naturalnie, w miarę postępów nauki odkrywasz i przyswajasz efektywniejsze sposoby, i praca w programie staje się coraz szybsza. Rozważmy kolejny przykład – rysowanie wpustu owalnego z prostokąta i dwóch okręgów:



Rys. 2.7. Przykład usunięcia wielu krawędzi przez wykonanie jednego przekreślenia narzędziem ‘Przytnij’

Stosując wyżej opisaną technikę, jednym pociągnięciem usuniesz wszystkie zbędne krawędzie wewnętrzne. W przeciwnym przy-

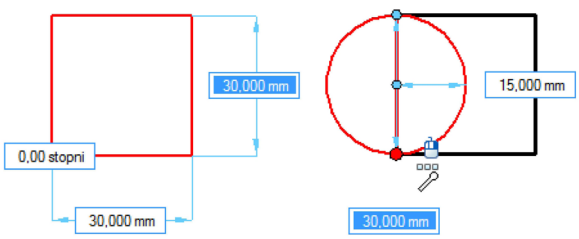
padku operacja wymagałaby aż ośmiu kliknięć, bo taka jest liczba fragmentów odcinków, które należałoby wskazać.

2.3. Narzędzia ‘Prostokąt’ i ‘Okrąg’

Wybierz domyślne narzędzie **‘Prostokąt ze środka’**. Przy okazji zapoznaj się z innymi wariantami narzędzia, jak **‘Prostokąt przez dwa punkty’** lub **‘Wielokąt ze środka’**. Przy użyciu tego ostatniego, możesz narysować np. sześciokąt będący obrysem zewnętrznym łba śruby lub nakrętki.

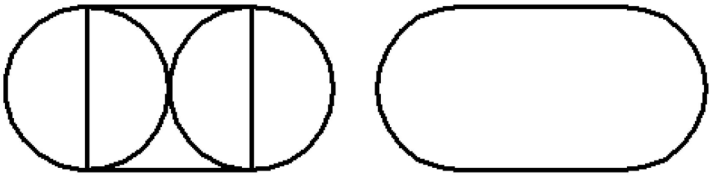
Wróćmy jednak do przykładu. Narysuj kwadrat o długości boku 30 mm wpisując odpowiednie wymiary w pola edycyjne. Kolejne pola przełączaj klawiszem tabulacji. Nie musisz jednak wpisywać wartości trzeciego pola – kąta, o ile wyrównasz ruchem kursora kwadrat tak, aby ten kąt miał wartość zero i w takim położeniu klikniesz lewym przyciskiem myszy, zatwierdzając operację. Naciśnięcie prawego przycisku myszy akurat w tym przypadku spowodowałoby anulowanie operacji.

Następnie wybierz **‘Okrąg ze środka’** i kliknij w środkowy punkt lewego boku kwadratu. Zauważ, że odpowiedni punkt został wyświetlony dopiero po wskazaniu odcinka kursorem myszy. Kliknij drugi punkt, będący jednym z końców tego samego odcinka. Zauważ, że nie było konieczne wpisywanie odpowiednich wymiarów przy rysowaniu okręgu. Operacja została wykonana z idealną precyzją wyłącznie na podstawie odnalezionych przez program charakterystycznych punktów (zdefiniowanych w funkcji **‘IntelliSketch’**).



Rys. 2.8. Przykład rysowania okręgu o średnicy równej długości boku prostokąta wyłącznie na podstawie podpowiedzi ‘IntelliSketch’

W identyczny sposób narysuj drugi okrąg opisany na prawym boku kwadratu i utwórz owal usuwając z wnętrza zbędne krawędzie przy użyciu poprzednio poznanej techniki.



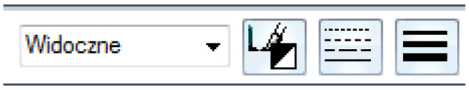
Rys. 2.9. Kontynuacja przykładu w celu otrzymania np. obrysu wpustu (wewnętrzne krawędzie usunięte narzędziem 'Przytnij')

Kolejne narzędzia do rysowania

Rozpoczynając pracę z programem, szybko zorientujesz się, że szczegółowy opis kolejnych narzędzi jest zbędny, ponieważ używa się ich w podobny do siebie sposób. Nowe narzędzia będą zatem opisywane niejako przy okazji kolejnych przykładów praktycznych w zakresie, w jakim będą stosowane.

2.4. Rodzaje linii i style

Zwróć uwagę, że dla każdego narzędzia, którego użycie polega na narysowaniu jakichkolwiek linii, główna część paska narzędzi jest zawsze jednakowa:



Rys. 2.10. Fragment paska dowolnego narzędzia do rysowania z opcjami do określania stylu, koloru, typu i grubości linii

W pierwszym polu wybierany jest styl linii, po naciśnięciu kolejnej ikony – kolor. Kolejne dwie ikony pozwalają na **wybór typu linii oraz grubości**. Wybierając odpowiedni styl linii z pierwszego pola, pozostałe parametry linii ustalają się automatycznie i zwykle nie ma potrzeby ich edytować. Każda edycja koloru, typu lub grubości

linii przy użyciu kolejnych ikon jest pewnego rodzaju nadpisaniem. Po wybraniu danego narzędzia należy wybrać odpowiedni styl linii, którym będziemy rysować. Dokonany wybór utrzymuje się po zakończeniu pracy z danym narzędziem i będzie aktualny przy rozpoczęciu kolejnej operacji. Z tego względu nie zmieniaj pochopnie parametrów linii przy użyciu wyżej opisanych ikon.

Możesz użyć **narzędzia 'Zaznacz'** do zmiany stylu już narysowanych linii wskazując je kursorem myszy pojedynczo lub zaznaczając większą grupę, przeciągając oknem. Na pasku narzędzia 'Zaznacz' pojawi się to samo pole wyboru stylu linii oraz ikony.



UWAGA

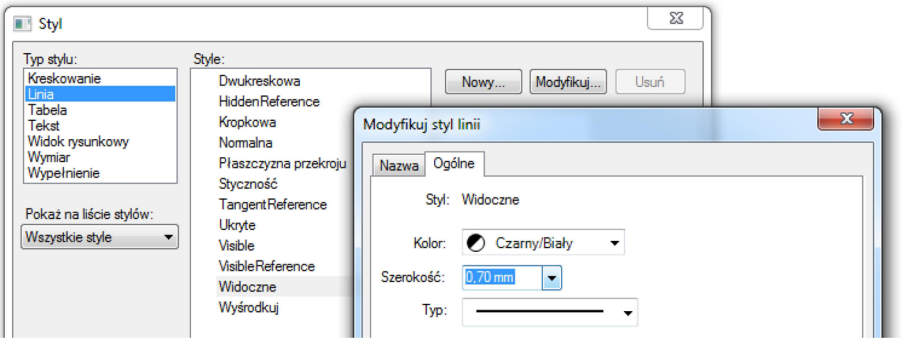
Dostępnych jest wiele stylów linii, których nazwy niezupełnie odpowiadają nazewnictwu stosowanemu w poznanych na wykładach normach.

Styl **'Widoczne'** można odnosić do krawędzi widocznych, rysowanych ciągłą grubą. Natomiast styl **'Ukryte'** raczej dotyczy tutaj krawędzi niewidocznych, do których stosuje się linię kreskową cienką. Następnie stylem **'Wyśrodkuj'** rysujemy osie symetrii, osie okręgów i ślady płaszczyzn symetrii, do których stosuje się długą kreskę – kropkę. Z kolei styl **'Normalna'** odpowiada wszelkim liniom pomocniczym, rysowanym z zasady cienką ciągłą.

Domyślna **grubość linii 'Widoczne' to 0,5 mm**. W przypadku wykonywanych przez nas rysunków technicznych, korzystamy z określonych w normie linii grupy 3 (cienka 0,25, gruba 0,7 mm), dlatego zmieńmy w projekcie styl tej linii w następujący sposób.

W zakładce **'Narzędzia główne'** boksie **'Wymiar'** znajduje się ikona **'Style'(dwie literki 'A').** Po kliknięciu otworzy się okno 'Styl' w którym należy zmienić grubość linii 'Widoczne' przy użyciu przyci-

sku **‘Modyfikuj’** jak na poniższym ekranie. Po zastosowaniu zmian, grubość wszystkich linii narysowanych tym rodzajem powinna się automatycznie zmienić.



Rys. 2.11. Okno do modyfikacji ‘Stylów’ umożliwiające wprowadzenie globalnych zmian dla nowych i dotychczas narysowanych linii

3. Relacje i funkcje pomocnicze kursora



Relacje są to pewnego rodzaju ograniczenia jakie narzucamy elementom szkicu. Na przykład szkic rozpadł by się podczas przeciągania jednej z krawędzi, gdyby ich końce nie były powiązane relacją **„Połącz”**. Z kolei dana krawędź nie zachowałaby pionowości lub poziomości, gdyby nie była oznaczona relacją **‘Poziomo-pionowo’**.

Narzędzia do zadawania relacji znajdują na zakładce **‘Narzędzia główne’** w odpowiednim boksie. Ikony relacji są dość sugestywne, dlatego nie ma potrzeby szczegółowego opisywania większości z nich.

Zaczniemy zatem od narzędzi pomocniczych: ikony **‘Zachowaj relacje’** (zaznaczona na rysunku) i leżącej poniżej **‘Symbole relacji’**.



Rys. 3.1. Boks ‘Relacje’ – wyróżniona ikona ‘Zachowaj relacje’

Relacje rysowanych elementów szkicu zadawane są na dwa sposoby.

Pierwszy – podczas rysowania – gdy włączony jest przycisk ‘Zachowaj relacje’. Wówczas propozycje programu (funkcji ‘IntelliSketch’ i wskaźnika wyrównania), które akceptujemy przekształcają się w relacje zadane rysowanym elementom.

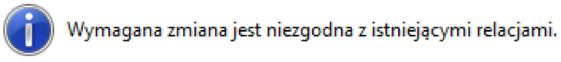
Częstym problemem początkujących studentów jest przypadkowe i nieświadome tworzenie relacji w sposób, który następnie ogranicza możliwości edycyjne szkicu, uniemożliwiając ukończenie zadania. W takim przypadku należy zidentyfikować niepożądaną relację i usunąć ją za pomocą narzędzia ‘Zaznacz’.

Lepiej natomiast na bieżąco zwracać uwagę na propozycje wyrównania kursora podczas rysowania. Technika odrzucania tych propozycji powinna być Ci znana z przykładu ze spiralą – najszybciej jest przesunąć kursor w inne miejsce, a jeśli to nie pomoże z powodu zbytniego zagęszczenia punktów odniesienia, powiększyć rolką docelowy obszar.

WAŻNE

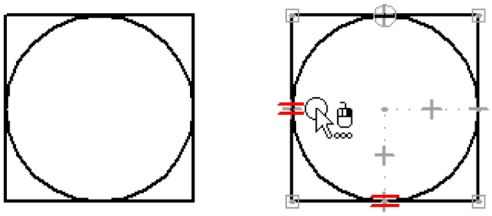
Zadawanie relacji podczas rysowania na podstawie tzw. „gestów myszy" jest jednak standardową techniką, znacznie skracającą czas pracy, dlatego lepiej jest „unikać" zadawania niepożądanych relacji, niż wyłączać odpowiednie funkcje programu.

Drugim sposobem zadawania relacji jest właśnie użycie odpowiednich ikon. Po wybraniu ikony danej relacji, np. **'Styczność'**, wskazujemy parami elementy, które mają zostać powiązane. Zwróć uwagę, że **pierwszy wskazany element dopasuje się do drugiego**. Nie zawsze relacja może zostać zadana, bo może być sprzeczna z już istniejącymi więzami. W takim przypadku zostaniemy o tym poinformowani odpowiednim komunikatem:



Rys. 3.2. Komunikat wyświetlany przez program w przypadku wykrycia kolizji zadawanej relacji z istniejącym zestawem reguł szkicu

W tej sytuacji należy odszukać problematyczną relację i usunąć ją. Można to zrobić jedynie przy włączonej opcji **'Symbole relacji'**, która umożliwi wyświetlenie znaków symbolizujących zadane relacje na wszystkich elementach szkicu, jak na poniższym przykładzie:



Rys. 3.3. Widok szkicu z wyłączoną (po lewej) lub włączoną (po prawej) opcją 'Symbole relacji'

Podczas pracy zwykle nie ma potrzeby wyłączania opcji ‘Symbole relacji’. Widok symboli relacji można porównać do widoku znaków białych w edytorze tekstu, używanych do formatowania dokumentu. Nie będą one drukowane w gotowym dokumencie, niezależnie od tego czy są widoczne.

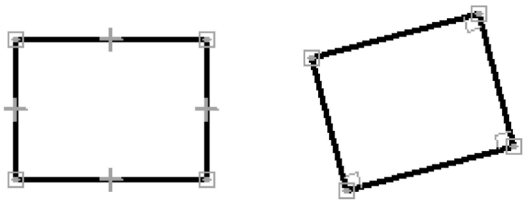
3.1. Relacje ‘Połącz’ i ‘Poziomo-pionowo’

Upewnij się, że opcje **‘Zachowaj relacje’** i **‘Symbole relacji’** są włączone. Przy użyciu narzędzia **‘Prostokąt ze środka’** narysuj prostokąt o dowolnych wymiarach.

UWAGA

Najlepiej jednak wyrobić sobie nawyk kontrolowania tego co i jakiej wielkości jest rysowane.

Dlatego postaraj się nie przekroczyć wymiarów rzędu kilkudziesięciu milimetrów. Jeśli rysowany kształt wydaje się zbyt mały, jest to kwestia powiększenia widoku. Jeśli Twoim zamiarem było narysowanie prostokąta o poziomych i pionowych bokach, to zapewne możesz zidentyfikować na nich symbole określające relację poziomości, pionowości i połączenia końców:

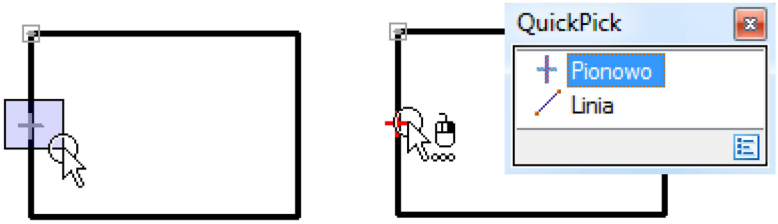


Rys. 3.4. Automatycznie zadane relacje podczas rysowania prostokąta odpowiednio nie obróconego (relacje ‘poziomo-pionowo’) i obróconego (relacje prostopadłości)

Jeśli w jakiś sposób został narysowany obrócony prostokąt, to zamiast relacji poziomości i pionowości, w jego narożach widoczne są symbole relacji **‘Prostopadłość’**.

Niezależnie od uzyskanego efektu, usuń wszystkie relacje zaznaczając je pojedynczo przy użyciu narzędzia **‘Zaznacz’**. Relacja podświetli się na różowo, natomiast jej kontekst (np. odcinek, lub dwie krawędzie) na czerwono. Naciśnięcie klawisza DELETE spowoduje usunięcie tylko relacji, a nie jej kontekstu. Czynność powtarzaj usuwając pozostałe relacje.

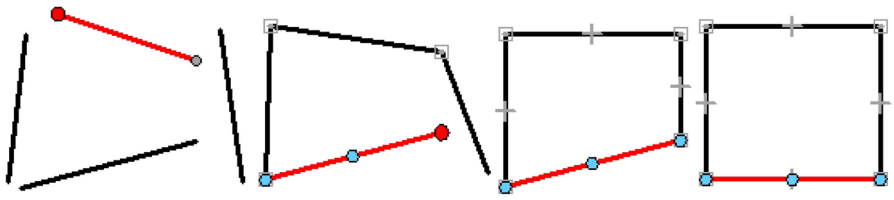
Można w jednej operacji zaznaczyć wszystkie relacje odpowiednio ustawiając opcje narzędzia **‘Zaznacz’** i **przeciągając oknem**, jednak celem ćwiczenia jest nabycie pewnej praktyki w zaznaczaniu pojedynczych symboli relacji. Znaki te są dość małe i nie zawsze jest to proste. W przypadku, gdy mimo starań zaznacza się inny element, można ułatwić sobie zadanie przeciągając małym oknem. Możesz także zatrzymać kursor nad danym elementem, a po trzech sekundach pojawi się ikonka myszki z trzema kropkami.



Rys. 3.5. Sposób wskazania i usuwania relacji po wyświetleniu ich symboli

Kliknięcie prawym przyciskiem myszy spowoduje wyświetlenie okna, w którym można wskazać żądany do wyboru element. Jest to szczególnie przydatne w przypadku skomplikowanych konstrukcji.

Przy użyciu narzędzia **‘Zaznacz’** przemieść i przekształć odcinki tak, aby ich układ był nieuporządkowany. Chwytając bezpośrednio odcinek, prawdopodobnie będziesz go przesuwać. Chcąc zmienić jego pochylenie, kliknij aby go zaznaczyć, a następnie przeciągaj za „kropkę” na jednym z końców.



Rys. 3.6. Ćwiczenie polegające na skonstruowaniu prostokąta ze swobodnych odcinków wyłącznie przy użyciu relacji 'Połącz' i 'Poziomo-pionowo'

Twoim zadaniem jest teraz **odtworzenie prostokąta** stosując wyłącznie ikony relacji. Przeciągając koniec jednego odcinka na koniec drugiego można szybciej utworzyć relację połączenia. Jeszcze szybciej można to zrobić używając poznanego wcześniej narzędzia **'Przytnij narożę'**, ale nie o to chodzi w tym ćwiczeniu. Wybierz zatem relację **'Połącz'** i wskazuj parami końce odcinków. W przypadku pomyłki, kliknięcie prawym przyciskiem myszy „zresetuje" narzędzie i umożliwi kolejną próbę.

Gdy wszystkie odcinki będą już połączone, zadaj relację **'Poziomo-pionowo'** klikając bezpośrednio linię odcinka, a nie jeden z jego punktów charakterystycznych (początek, koniec i środek). Narzędzie stosuje się bowiem na dwa sposoby – pierwszy to zadanie poziomości lub pionowości odcinkowi, a drugi to wyrównanie dwóch punktów względem siebie w pionie lub w poziomie. Jeśli wskażesz punkt zamiast odcinka, program będzie czekał na wskazanie kolejnego punktu, aby je wyrównać, co nie ma w tym przypadku zastosowania. Z tego ostatniego będziemy jednak często korzystać w kolejnych przykładach.

UWAGA

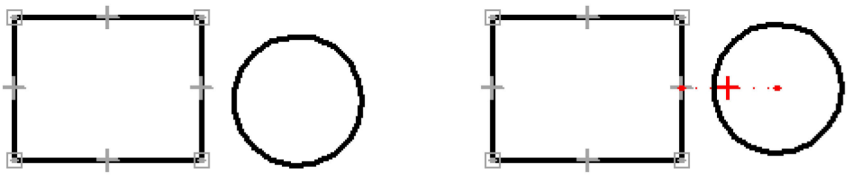
Zauważ, że program stara się zwykle znaleźć najbliższe rozwiązanie dla zadawanych zależności.

Gdy odcinek jest nachylony pod niewielkim kątem do poziomu, relacja **‘Poziomo-pionowo’** nada mu poziomość, natomiast gdy kąt jego nachylenia będzie większy od 45°, to stanie się pionowy. Warto mieć to na uwadze, bo niekiedy wykonane działanie mija się z naszymi oczekiwaniami. Wówczas należy „podpowiedzieć” programowi rozwiązania, przesuwając elementy tak, aby ich układ był zbliżony do założonego.

Wybierz narzędzie **‘Zaznacz’** i przeciągaj boki prostokąta lub jego naroże, sprawdzając przy tym działanie zadanych relacji.

3.2. Relacja ‘Równość’ i ‘Styczność’

Upewnij się, że aktywne są opcje **‘Zachowaj relacje’** i **‘Symbole relacji’**. Narysuj prostokąt i okrąg o wielkości kilkunastu – kilkudziesięciu milimetrów, unikając przy tym relacji, które wiązałyby te figury ze sobą.

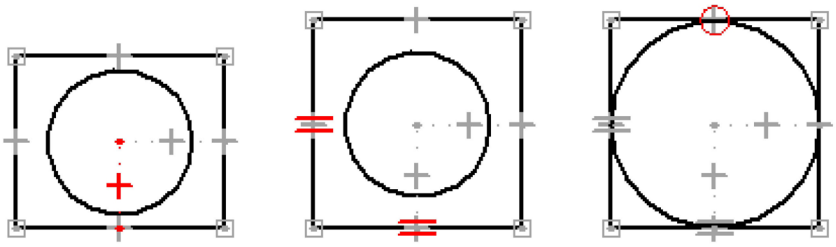


Rys. 3.7. Zadanie relacji ‘Pionowo-poziomo’ w celu wyrównania położenia okręgu i prostokąta w pionie

Zadaj relację **‘Poziomo-pionowo’** w celu wyrównania okręgu względem środka jednego z boków prostokąta. Następnie przeciągnij okrąg chwytając za jego punkt środkowy do wnętrza prostokąta, co ma na celu ułatwienie zadania relacji wyrównującej środek okręgu względem drugiego boku.

Zauważ na powyższym rysunku, że próba zadania relacji **wyrównania środka okręgu ze środkiem dolnego odcinka** nie udałaby się, ponieważ program próbowałby znaleźć najbliższe rozwiązanie wyrównując oba punkty poziomą relacją. Program zgłosiłby błąd zdawkowo informując o niezgodności relacji, którego rzeczywistą przyczyną była próba wyrównania środka okręgu względem dwóch

punktów w tym samym kierunku. **Przesunięcie okręgu do wnętrza prostokąta** ma na celu właśnie wstępne wyrównanie jego środka nad środek dolnego odcinka.



Rys. 3.8. Kolejne etapy przykładu prowadzące do otrzymania okręgu wpisanego w kwadrat wyłącznie przy użyciu odpowiednich relacji

Następnie zadaj **relację równości dwóch prostopadłych boków prostokąta, co zamieni go** w **kwadrat**. Ostatnią operacją jest zadanie **relacji styczności okręgu do jednego** z **boków kwadratu**. Ten element, który wskażesz jako pierwszy dopasuje się do drugiego. Zwróć uwagę, że nie wystarczy tylko jedna relacja styczności aby okrąg pozostawał wpisany w kwadrat. Taki skutek wymuszają istniejące relacje – wyrównanie środków obu figur i styczność okręgu do jednego z boków determinuje promień okręgu względem długości boku kwadratu.

UWAGA

Zwróć uwagę, że mimo to, możliwe jest zadanie relacji styczności do kolejnych boków i program nie traktuje tego jako błąd. Nie ma w tym przypadku kolizji – po prostu kolejne relacje są nadmiarowe, ale nie przeczą wcześniejszym. Jakkolwiek nadmiar relacji nie jest korzystny – zmniejsza czytelność i utrudnia ewentualne modyfikacje.

Na koniec **przeciągaj boki kwadratu, jego naroża lub środek okręgu**, sprawdzając przy tym działanie zadanych relacji. Zauważ, że możliwe jest tylko przesuwanie szkicu lub zmiana wielkości z zachowaniem proporcji.

3.3. Zadawanie relacji hurtem – ‘Asystent relacji’

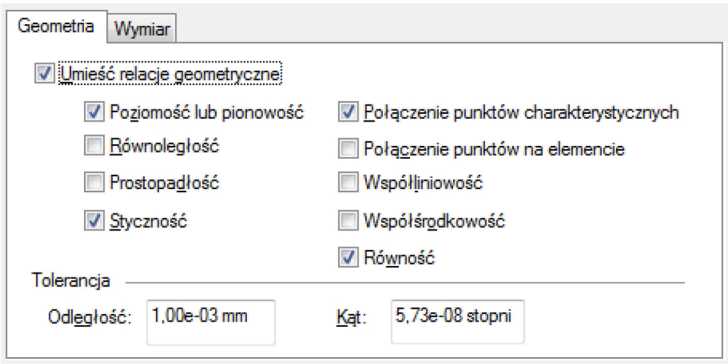
Jeśli z jakichś powodów zapomnisz o włączeniu przycisku **‘Zachowaj relacje’**, narysujesz szkic, który nie będzie powiązany. Nie musisz rozpoczynać rysowania od początku lub żmudnie zadawać relacji wskazując kolejne punkty szkicu, o ile tylko elementy nie zostały przypadkowo przesunięte względem siebie. Ikonę **‘Asystenta relacji’** znajdziesz w tej samej grupie. Wybranie tego narzędzia powoduje wyświetlenie następującego paska:



Rys. 3.9. Pasek kontekstowy narzędzia ‘Asystent relacji’ – wyróżniona ikona dodatkowych opcji

Kliknij **ikonę notesika** aby wyświetlić odpowiednie opcje. Przejdź na zakładkę **‘Wymiar’** i wyłącz opcję **‘Umieść wymiary’**. Oprócz zadawania relacji narzędzie może automatycznie zwymiarować szkic, jednak automat nie kieruje się zasadami wymiarowania, dlatego ręczne wykonanie tej czynności będzie z pewnością lepszym pomysłem.

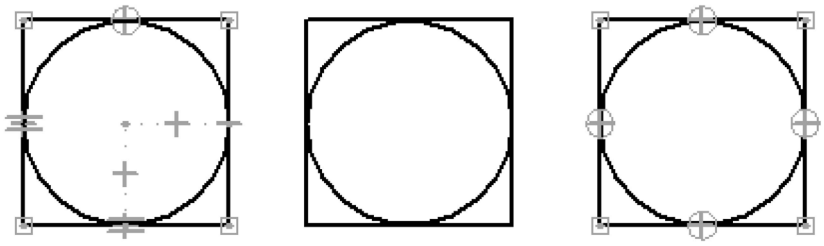
Z kolei na zakładce **‘Geometria’** możesz wybrać rodzaje relacji, jakich będzie poszukiwał program oraz tolerancję, która stanowi kryterium w jakim zakresie można przemieścić elementy aby dopasować wyszukiwane relacje.



Rys. 3.10. Okno opcji narzędzia ‘Asystent relacji’ umożliwiające wskazanie poszukiwanych relacji oraz tolerancję przybliżenia

W celu zastosowania ustawień do wybranego szkicu, należy go zaznaczyć przeciągając oknem oraz nacisnąć zielony przycisk **‘Akceptuj’** na pasku narzędzia.

Przykład z poprzedniego ćwiczenia okręgu wpisanego w kwadrat został poddany operacji usunięcia wszystkich zadanych relacji. Następnie relacje zostały odtworzone za pomocą **‘Asystenta relacji’** z takimi ustawieniami jak powyżej.



Rys. 3.11. Ćwiczenie polegające na usunięciu relacji z poprzedniego przykładu i próbie odtworzenia ich przy użyciu narzędzia ‘Asystent relacji’

Mimo, że automatycznie zostały odtworzone inne relacje od poprzednich (styczność okręgu do każdego boku zamiast wyrównania środków okręgu i boków), to zachowanie szkicu podczas modyfikacji nie ulegnie zmianie.



WAŻNE

Asystent relacji jest narzędziem, który może przydać się podczas importowania szkiców z innych programów CAD.

Uniwersalne formaty grafiki wektorowej nie umożliwiają zapisywania takich cech jak relacje, które w razie potrzeby można odtworzyć opisanymi sposobami.

Jakkolwiek import szkiców z takich programów jak CorelDRAW jest dość problematyczny ze względu na różne przeznaczenie. Jeden z takich przykładów będzie omówiony w studium przypadku.

4. Wymiary sterujące i pomocnicze



Narzędzia do wymiarowania są pogrupowane w jednym z kolejnych boksów. Najczęściej korzystamy z narzędzia **‘SmartDimension’**, które integruje funkcje kilku narzędzi do wymiarowania.



Rys. 4.1. Boks ‘Wymiar’ – wybrane uniwersalne narzędzie do wymiarowania ‘SmartDimension’

Chcąc zadać wymiar długości danego odcinka narzędziem **‘SmartDimension’** klikamy w ten odcinek. Następnie dalszy ruch myszy powoduje wyciągnięcie wymiaru do określonego położenia, którego zatwierdzenie odbywa się przez drugie kliknięcie.

Jeśli jednak zamiast tego kliknięty zostanie inny odcinek, to narzędzie dopasuje wymiar pomiędzy odcinkami lub wymiar kątowy, gdy te nie są do siebie równoległe. Podobnie w przypadku wymiarowania średnicy okręgu – pierwsze kliknięcie w okrąg powoduje umieszczenie wymiaru w jego wnętrzu, a drugie spowoduje akceptację położenia linii wymiarowej. Jeśli zamiast tego zostanie kliknięty drugi okrąg lub inny element, to narzędzie dopasuje odpowiedni wymiar względem środka okręgu.

UWAGA

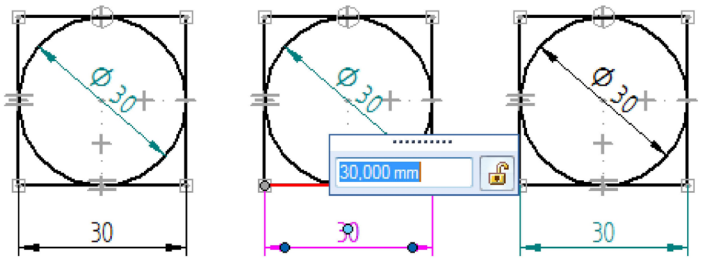
Nie należy zatem wskazywać środka okręgu aby wyprowadzić wymiar określający jego położenie.

Wymiar sterujący (niezależny) podobnie jak relacje, odbiera pewien stopień swobody określając np. długość jakiegoś elementu lub odległość pomiędzy elementami. Zmiana wartości wymiaru steru-

jącego spowoduje dopasowanie elementu w zakresie ograniczonym pozostałymi wymiarami i relacjami.

W przypadku **gdy zadawany wymiar jest nadmiarowy**, bo jego wartość wynika z istniejących ograniczeń, zostanie on umieszczony jako sterowany (zależny) i oznaczony cyjanowym kolorem. Domyślny kolor wymiarów sterujących jest natomiast czarny.

Poniższy przykład ilustruje zamianę wymiarów sterującego ze sterowanym:



Rys. 4.2. Etapy ćwiczenia polegającego na zamianie wymiarów sterującego ze sterowanym

Chcemy, aby rozmiar szkicu był definiowany średnicą okręgu. W tym celu należy w pierwszej kolejności kliknąć liczbę wymiarową poziomego wymiaru, a następnie ikonę kłódki.



WAŻNE

Otwarta kłódka symbolizuje wymiar zależny, a zamknięta sterujący. Ciąg wymiarowy zmieni kolor na cyjanowy.

Następnie, w analogiczny sposób możemy **przełączyć wymiar średnicy na sterowany.** Wcześniej nie było to możliwe, ponieważ średnica była zależna za pośrednictwem relacji, od poziomego wymiaru sterującego.

To, czy dany wymiar rysujemy jako sterujący czy sterowany, zależy także od ustawienia danego narzędzia do wymiarowania. Na pasku narzędzia widoczna jest ikona kłódki, której ustawienie wpływa na kolejno tworzone ciągi wymiarowe.



Rys. 4.3. Pasek narzędzia 'SmartDimension' po włączeniu ikony do zadawania wymiarów sterujących

W przypadku **gdy kłódka jest zamknięta**, program wstawi wymiar sterujący pod warunkiem, że istniejące więzy szkicu na to pozwalają.

UWAGA

Należy pamiętać, że ustawienia na pasku poleceń są trwałe.

Zdarza się czasem, że studenci podczas nauki programu nieopatrznie otworzą kłódkę na pasku narzędzia, następstwem czego tworzone są zależne ciągi wymiarowe.

Liczby wymiarowe wymiarów zależnych także można edytować. To jednak nie powoduje zmiany kształtu, tylko podkreślenie liczby wymiarowej. Podkreślona liczba wymiarowa jest oznaczeniem wymiaru nie zachowującego skali rysunku, co zgadza się z zasadami rysunku technicznego.

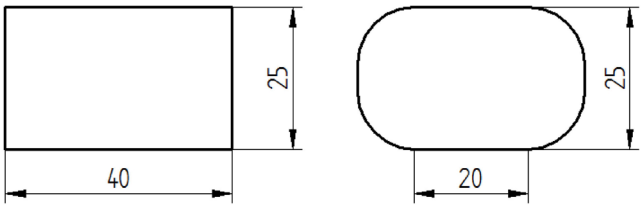
Po wskazaniu zadanego wymiaru narzędziem **'Zaznacz'**, na jego pasku również pojawi się większość ikon typowych dla narzędzia wymiarowania. Przełączenie znajdującej się tam ikony kłódki ma ten sam skutek, co przełączenie jej podczas edycji liczby wymiarowej.

Jednak ikony znajdujące się na pasku narzędzia **‘Zaznacz’** w kontekście zaznaczenia ciągu wymiarowego **pozwalają na większy zakres zmian edytowanego wymiaru**. Na przykład, gdy wskażesz wymiar średnicy, możesz zmienić ten wymiar na promień – wystarczy kliknąć odpowiednią ikonkę.

WAŻNE

Sposób, w jaki zadany jest dany wymiar liniowy, także nie jest bez znaczenia pod względem przyszłych zmian.

Poniżej przedstawiono przykład, na którym oba wymiary zostały zadane przy użyciu narzędzia **‘SmartDimension’** z tą różnicą, że wymiar poziomy jako długość odcinka, natomiast wymiar pionowy jako odległość pomiędzy dwoma poziomymi krawędziami. Następnie zostało użyte narzędzie **‘Zaokrąglenie’** na narożach prostokąta z promieniem 10 mm. Jak widać, wymiar poziomy został zredukowany do 20, bo był zadany jako długość odcinka, który uległ skróceniu. Odpowiedni wymiar gabarytowy figury nie został jednak naruszony podczas tego przekształcenia.



Rys. 4.4. Przykład ilustrujący wpływ sposobu zadania wymiarów liniowych prostokąta na ich zachowanie po zaokrągleniu naroży – wymiar pionowy „odległość pomiędzy”, wymiar poziomy „długość odcinka”

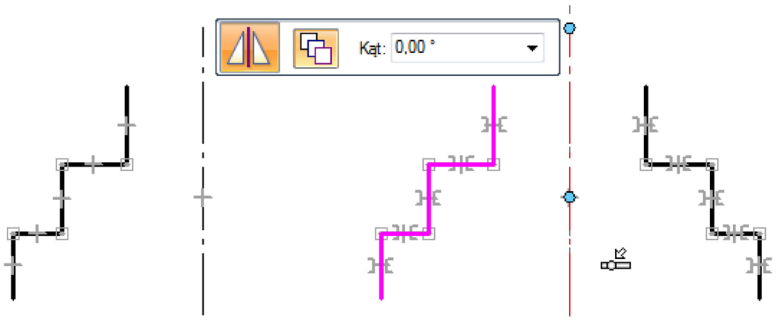
Wymiar pionowy nie uległ natomiast zmianie, gdyż przekształcenie nie wpłynęło na odległość elementów, na których został określo-

ny. Oczywiście zredukowany wymiar należałoby teraz usunąć i zadać tak, aby dotyczył obrysu tego rodzaju figury, co wynika z zasady wymiarowania. Stanowi to dodatkowy nakład pracy, którego można było świadomie uniknąć.

4.1. Przykład – rysunek techniczny kołnierza

Upewnij się, że jest **włączony przycisk 'Zachowaj relacje'** oraz **'Symbole relacji'**. Przy użyciu narzędzia **'Linia'** stylem **'Widoczne'** narysuj łamaną jak po lewej stronie poniższego rysunku. Długości rysowanych odcinków powinny wynosić kilkanaście milimetrów, natomiast tworzone dynamicznie relacje były tylko rodzaju **'Połącz'** oraz **'Poziomo-pionowo'**.

Zmień styl na pasku narzędzia na **'Wyśrodkuj'** i narysuj oś pionową. Następnie wybierz narzędzie **'Odbicie lustrzane'**, znajdujące się w tym samym boksie. Przeciągnij oknem tak, aby zaznaczyć wszystkie odcinki łamanej linii. Następnie kliknij na linii osi aby utworzyć odbicie lustrzane.



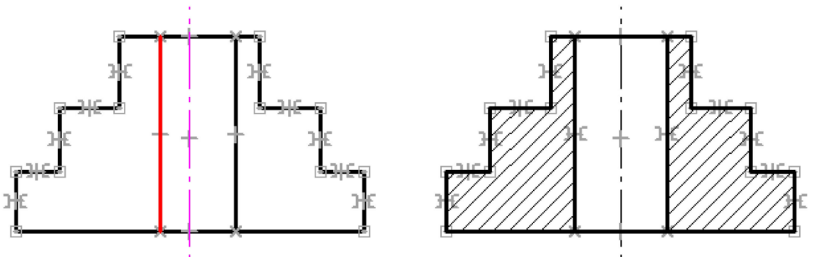
Rys. 4.5. Rysowanie krawędzi bocznych, osi symetrii i odbicie lustrzane – widoczne odpowiednie symbole automatycznie zadanych relacji

UWAGA

Zwróć uwagę na znaki relacji ‘Symetria’, które pojawiły się na wszystkich łamanych odcinkach. Dzięki temu podczas przekształcania szkicu, jego oś symetrii zawsze będzie znajdowała się w środku, a odcinki zachowają względem niej równe odległości.

Dorysuj stylem widoczne poziome linie łączące obrys szkicu, oraz dwie pionowe linie wewnątrz obrysu, które będą krawędziami otworu w przekroju. Następnie zadaj relację **‘Symetria’** wybierając odpowiednie narzędzie z boksu **‘Relacje’**.

Czytaj pasek podpowiedzi i postępuj zgodnie z ich treścią: „Kliknij oś symetrii”, „Kliknij element”, „Kliknij następną linię”.



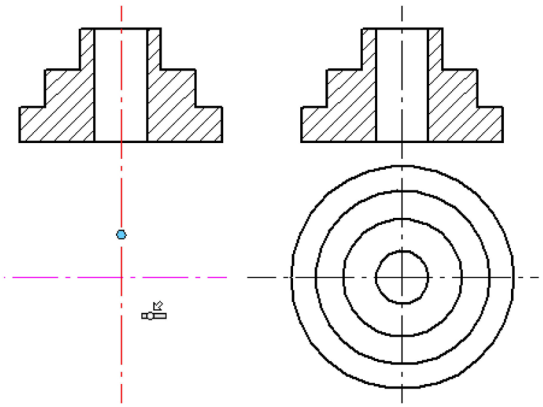
Rys. 4.6. Zadanie relacji symetrii wewnętrznym krawędziom oraz wypełnienie pól przekroju kreskowaniem

Następnie wybierz narzędzie **‘Wypełnienie’** i kliknij wewnątrz obszarów, które powinny być zakreskowane w przekroju.

Teraz narysujemy **rzut poziomy, czyli widok** z **góry przedmiotu**. Wybierz narzędzie **‘Zaznaczenie’**, kliknij na osi symetrii, a następnie chwyć za jej dolny koniec i przeciągnij tak, aby ją powiększyć mniej więcej trzykrotnie. Przy tym szkic pewnie będzie się poruszał,

ale nie zburzy to jego formy. Narysuj poziomą oś stylem **‘Wyśrodkuj’** tak aby krzyżowała się mniej więcej w połowie wystającej części pionowej osi.

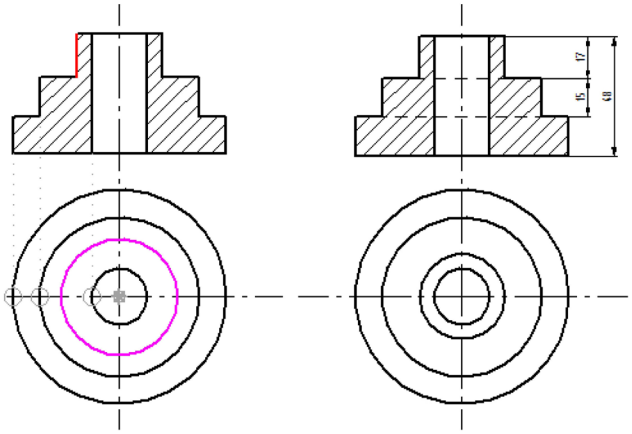
Wybierz relację **‘Połącz’** i kliknij najpierw punkt środkowy osi poziomej, a następnie oś pionową w okolicy tego punktu. Spowoduje to połączenie środka poziomej osi z punktem leżącym na pionowej w taki sposób, że tą pierwszą będzie można przesuwać wzdłuż drugiej.



Rys. 4.7. Dorysowanie prostopadłej osi oraz koncentrycznych okręgów wstępnie określających kolejne krawędzie w widoku z góry

Narysuj koncentryczne okręgi ze środka w liczbie odpowiadającej krawędziom widocznym w widoku z góry. Rozpocznij rysowanie z punktu przecięcia obu osi (lub punktu środkowego poziomej osi, który funkcja **‘IntelliSketch’** najpewniej zaproponuje).

Użyj relacji **‘Styczność’** do powiązania okręgów z odpowiednimi krawędziami pionowymi przekroju. Wskazuj kolejne pary okrąg –krawędź, aby pierwszy dopasował się do drugiej.



Rys. 4.8. Zadanie relacji styczności okręgów z odpowiednimi odcinkami pionowymi (po lewej) oraz zadanie pionowych wymiarów sterujących (po prawej)

Następnie zadaj wymiary pionowe przekroju w dwóch ciągach wymiarowych. Użyj narzędzia **‘SmartDimension’**, zadając z klawiatury odpowiednie liczby tworzonym wymiarom sterującym.

WAŻNE

Chcąc wyrównać aktualnie rysowaną linię wymiarową do innej, użyj gestu myszy polegającego na chwilowym przesunięciu kursora myszy podczas „wyciągania” wymiaru, aby nowy wymiar został odpowiednio dostawiony.

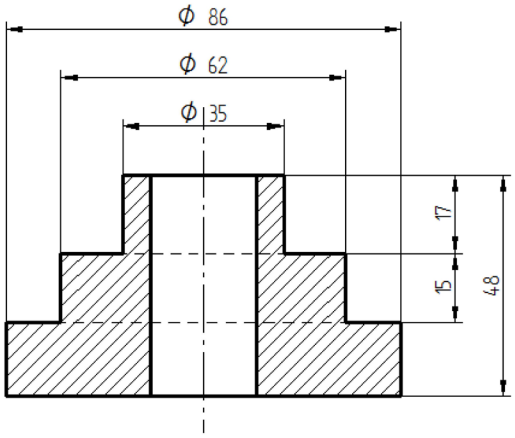
Powyższe dotyczy jednakowo wymiarowania w układzie szeregowym jak i równoległym.

W tym drugim przypadku powstaje sztywny zestaw równoodległych ciągów wymiarowych, które można razem przesuwać. Pionowy wymiar gabarytowy zadaj klikając narzędziem ‘SmartDimension’ kolejno na dwie zewnętrzne poziome krawędzie obrysu.

UWAGA

O czymś jednak zapomnieliśmy. Dorysuj poziome krawędzie niewidoczne stylem ‘Ukryte’.

Pozostaje już tylko nanieść **wymiary poziome na rzut pionowy**, stosując symetryczny układ wymiarowania. Narzędziem **‘SmartDimension’** wskazuj kolejne pary pionowych odcinków, aby zadawać wymiar pomiędzy nimi i zadawaj okrągłe liczby wymiarowe. Zauważ, że **zmiana wymiarów poziomych**, powodowana nadawaniem nowych długości, **powoduje dopasowanie średnicy okręgów na sąsiednim rzucie**, co wynika z poprzednio zadanych relacji styczności.

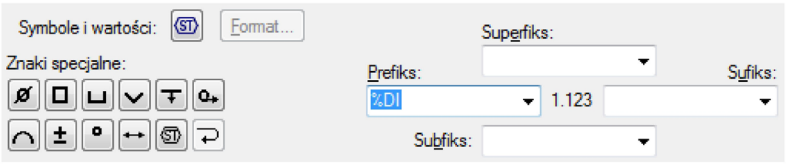


Rys. 4.9. Gotowy rysunek techniczny kołnierza

WAŻNE

Ciągi wymiarowe które utworzysz nie będą zawierały literki Ø, gdyż wymiary dotyczą odcinków a nie okręgów.

Zaznacz kolejno odpowiednie trzy ciągi wymiarowe, przytrzymując przy tym klawisz CTRL lub SHIFT. Następnie z paska narzędzi wybierz ikonę **‘Prefiks’**, umieść kursor w polu o tej samej nazwie i kliknij odpowiednią ikonę litery **‘fi’** po lewej stronie. Zmiana zostanie wprowadzona jednocześnie na uprzednio wybranych ciągach wymiarowych.



Rys. 4.10. Opcje dostępne po naciśnięciu ikony ‘Prefiks’ znajdującej się na pasku dowolnego narzędzia do wymiarowania lub narzędzia ‘Zaznacz’ po wybraniu edytowanego wymiaru – widoczny sposób zadania prefiksu Ø

Jak widać, **rzut poziomy** złożony z samych okręgów jest praktycznie zbędny w tym przypadku. Utworzyliśmy go raczej w celach dydaktycznych. **Wszystkie wymiary znajdują się na rzucie pionowym**, natomiast okrągłość detalu wynika z przedrostka Ø odpowiednich liczb wymiarowych.

4.2. Przykład – rysunek techniczny wału

Przejdź na arkusz **‘Model 2D’**. Upewnij się, że opcje **‘Zachowaj relacje’** oraz **‘Symbole relacji’** są włączone. Narysuj łamaną składającą się z czterech odcinków poziomych, o długościach od kilkuna-

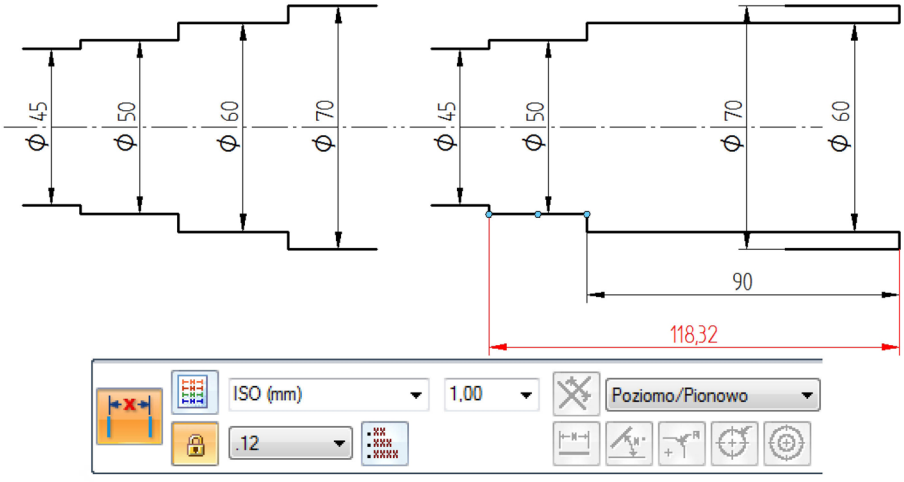
stu do kilkudziesięciu milimetrów oraz linię poziomą, stanowiącą jak w poprzednim przykładzie oś symetrii.



Rys. 4.11. Rysowanie głównych krawędzi zewnętrznych wałka oraz odbicie lustrzane względem osi symetrii – widoczne symbole relacji

Podobnie wykonaj odbicie lustrzane konturu względem osi, otrzymując przy tym relacje symetrii odpowiednich odcinków.

Wymiary średnic zadaj w poznany już sposób z poprzedniego przykładu. Natomiast do zadania wymiarów poziomych użyj tym razem narzędzia ‘Odległość pomiędzy’, które jest dostępne obok ikony ‘Smart Dimension’.



Rys. 4.12. Seryjne zadawanie ciągów wymiarowych przy użyciu narzędzia ‘Odległość pomiędzy’

Narzędzie **‘Odległość pomiędzy’** znacznie przyspiesza zadawanie serii wymiarów biegnących w jednym kierunku, niezależnie czy ich układ ma być szeregowy czy równoległy.

W przypadku tego narzędzia pierwszy element jest wymiarowany przez wskazanie dwóch jego końców, a każdy kolejny wymaga wskazania już tylko jednego punktu i wyboru oczekiwanego ułożenia wymiaru względem poprzedniego.

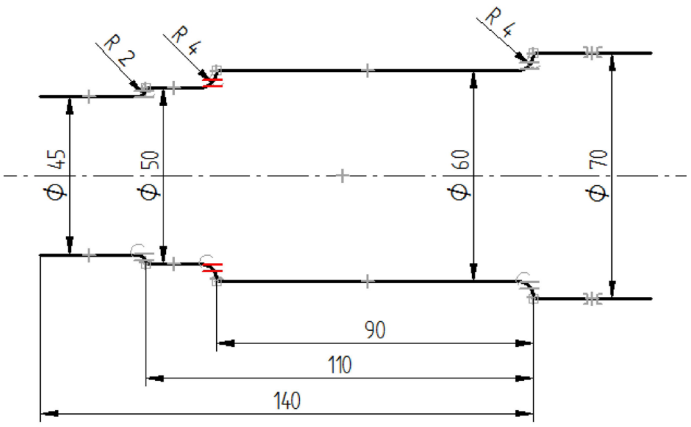


WAŻNE

Narzędzie powtarza ten cykl do czasu kliknięcia prawym przyciskiem myszy. Jest to najlepsza metoda szybkiego tworzenia uporządkowanych ciągów wymiarowych.

Gdy zmiana długości elementów przez zadanie wymiarów sterujących jest znaczna, może dojść do niepożądanego przemieszczenia sąsiednich elementów w granicach określonych istniejącymi relacjami. W takiej sytuacji (uchwyconej na powyższym rysunku), przesunięte elementy uporządkuj przy użyciu narzędzia **‘Zaznacz’**.

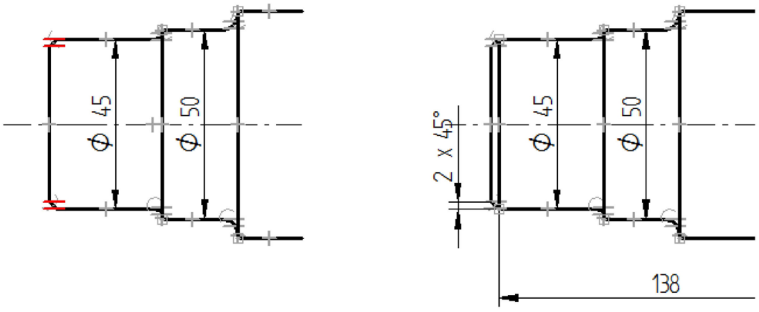
Przy użyciu narzędzia **‘Zaokrąglenie’** nadaj wyokrąglenia kolejnych karbów wałka. Zwymiaruj je po górnej stronie. Zauważ, że te nowo utworzone elementy nie są związane relacją symetrii względem osi. Nie musimy jednak zadawać łukom akurat tej relacji, aby zapewnić zachowanie ich symetrii podczas edycji. Zadaj parami relację równości łuków górnych i dolnych, co oznacza powiązanie ich jednakowym promieniem.



Rys. 4.13. Wykonanie zaokrągleń wewnętrznych naroży, zadanie wymiarów promienia oraz zadanie relacji równości odpowiednich łuków

Dorysuj pionowe krawędzie karbów wałka tworząc relację powiązania z odpowiednimi końcami poziomych odcinków. W tym celu najpierw nakieruj kursor nad linię, w kontekście której wskażesz odpowiedni punkt końcowy.

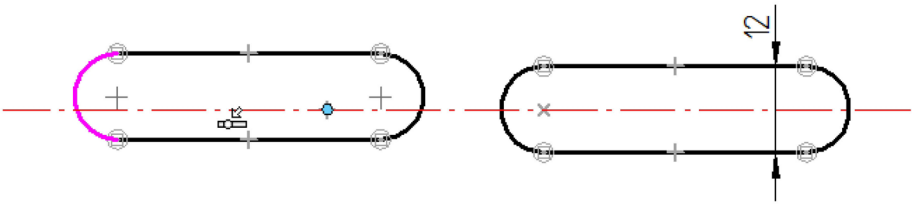
Wykonaj fazę czopa wału. W tym celu użyj narzędzia **‘Faza’** znajdującego się pod ikoną **‘Zaokrąglenie’**. Na pasku narzędzia ustal kąt 45° i cofnięcie A 2 mm (cofnięcie B wynika z wprowadzonych wartości). Zadaj relacje równości obu skośnym odcinkom fazy i dorysuj powstałą w wyniku fazowania krawędź widoczną.



Rys. 4.14. Dorysowanie fazowania czopa wału (po lewej) i odpowiedniego ciągu wymiarowego (po prawej) – widoczna degradacja poziomego wymiaru gabarytowego

Przy użyciu **‘Smart Dimension’** wyprowadź wymiar opisujący fazę. Następnie zmodyfikuj wymiar ikoną **‘Prefiks’** i dodaj do niego tekst „x 45°” w polu **‘Sufiks’**. Zauważ, że najdłuższy poziomy wymiar został zredukowany do wartości 138. Stało się tak dlatego, że został zadany jako długość odcinka, który uległ skróceniu. Należy w tej sytuacji usunąć ten wymiar i zadać go ponownie do końca czopu wału oraz wyrównać względem pozostałych wymiarów.

W głównej części wałka narysuj owalny wpust, którego obrys składa się z prostokąta i dwóch okręgów. Pomocny przykład był omawiany w rozdziale **2.3 Narzędzia ‘Prostokąt’** i **‘Okrąg’**. Po usunięciu wewnętrznych zbędnych krawędzi, zadaj relacje styczności w miejscu łączenia łuków z odcinkami prostymi i w razie potrzeby odtwórz brakujące relacje **‘Połącz’**. Następnie zadaj wymiar szerokości wpustu.

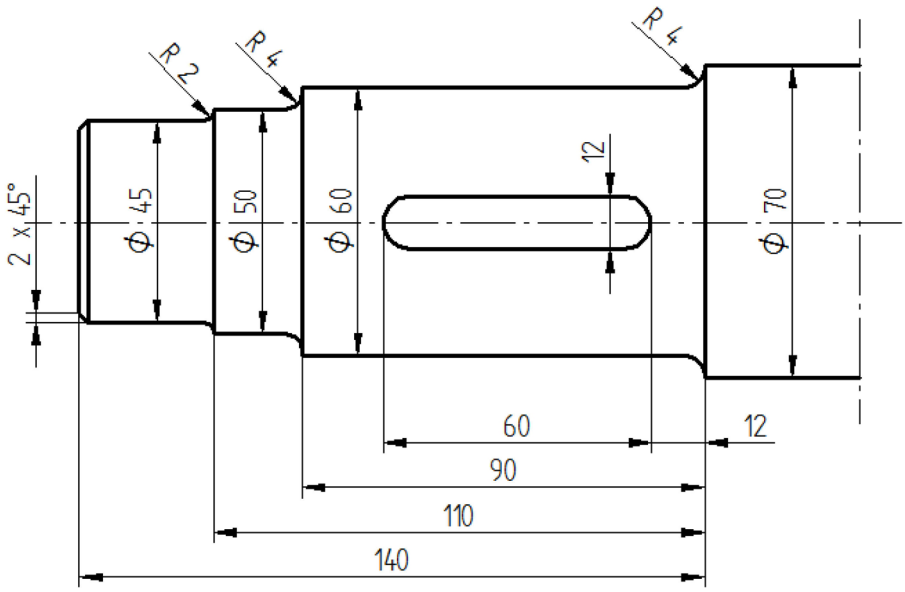


Rys. 4.15. Rysowanie wpustu – wyrównanie względem osi symetrii przez zadanie relacji połączenia środka jednego z łuków z punktem leżącym na osi (po lewej), skutek operacji oraz zadanie wymiaru szerokości wpustu (po prawej)

Zadaj relację **‘Połącz’** dla środka jednego z łuków z punktem leżącym na osi. Suma zadanych relacji jest już wystarczająca, aby obrys wpustu zachowywał symetrię względem wspólnej osi.

Zadaj wymiary poziome długości wpustu i jego odległości od bazy konstrukcyjnej. Wyrównaj poziome ciągi wymiarowe. Po prawej stronie narysuj pionową linię stylem **‘Wyśrodkuj’**, która oznacza ślad płaszczyzny symetrii. Połącz punkt środkowy tej linii z punktem leżącym na osi poziomej. Przytnij albo wydłuż krawędzie obrysu wałka aby łączyły się z pionową linią. Zależnie od sytuacji użyj odpowiednio narzędzia **‘Przytnij’** lub **‘Rozciągnij do następnego’**, znajdującego się pod ikoną **‘Podziel’**.

Gotowy rysunek powinien wyglądać tak jak poniżej:



Rys. 4.16. Gotowy rysunek techniczny wału

Umieść gotowy rysunek na arkuszu roboczym w formacie A4 o orientacji poziomej, zaopatrzonym w odpowiedni arkusz tła, zawierający obramowanie i tabliczkę rysunkową. W tym celu zapoznaj się z treścią kolejnego rozdziału.

1 2 3 4 5

5. Arkusz roboczy i arkusz tła

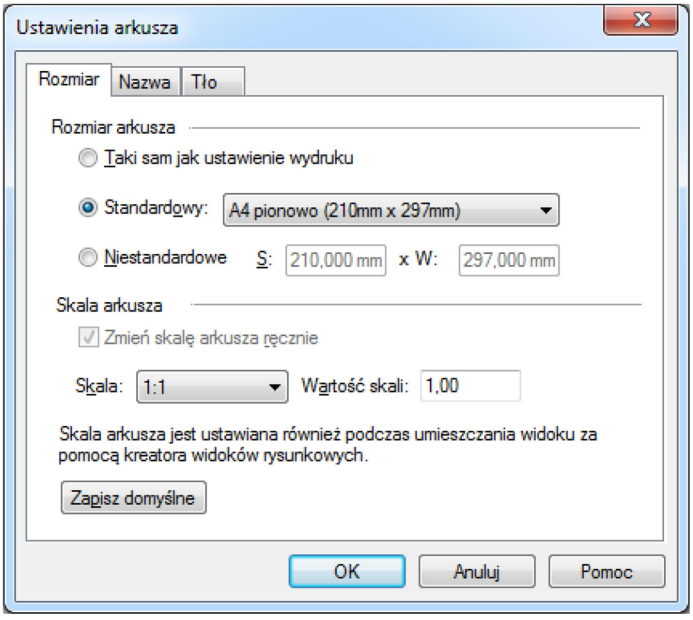


Jak już wspomniano, szkice rysowane w środowisku ‘**Rysunek (ISO metryczne)’** powinny być wykonywane w przestrzeni **‘Model 2D’**, która teoretycznie jest nieograniczona wymiarami.

WAŻNE

Arkusz roboczy z kolei służy do rozplanowania rysunku i ewentualnie zwymiarowania wykonanych rzutów. Jego wymiary są ściśle określone i odpowiadają typowym formatom arkuszy rysunkowych.

Kliknij dwukrotnie na dolnej zakładce **‘Arkusz 1’**. Otworzy się okno **‘Ustawienia arkusza’**. Przełącz na zakładkę **‘Rozmiar’** i zmień na **‘A4 pionowo’**.



Rys. 5.1. Okno zawierające opcje do ustawiania rozmiarów, skali oraz tła arkusza roboczego

Arkuszowi roboczemu przyporządkowany jest **arkusz tła**. Oba arkusze powinny do siebie pasować pod względem formatu i przyjętej orientacji. Przełącz na zakładkę **‘Tło’** i wybierz odpowiedni arkusz tła z aktualnie dostępnych w dokumencie.



UWAGA

Zauważ, że w ustawieniach arkusza znajduje się opcja ‘Skala’. Przyjęcie danej skali powoduje że wymiarowanie rysunku odbywa się przy użyciu rzeczywistych wartości, natomiast wielkość samego rysunku można dopasować do rozmiarów arkusza.

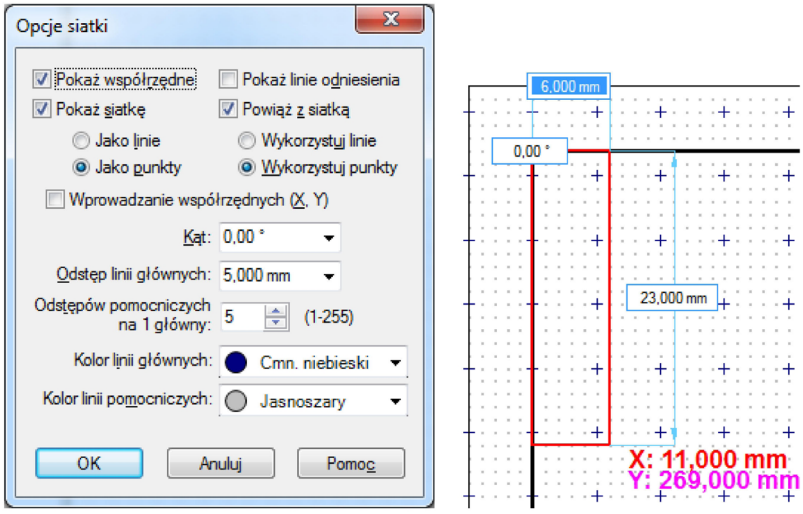
W większości ćwiczeń rysunkowych wykonywanych na zajęciach obowiązuje podziałka 1:1.

Widoczność przestrzeni **‘Tło’** ustawia się podobnie jak arkusza roboczego lub modelu 2D – w zakładce **‘Widok’**. Wyświetl arkusze tła, jeśli chcesz zmodyfikować tło skojarzone z arkuszem roboczym, zaktualizować dane w tabliczce rysunkowej lub wykonać własne tło rysunku.

5.1. Rysowanie tabliczki rysunkowej

Przejdź na zakładkę **‘Widok’**, następnie włącz znajdującą się w boksie **‘Widoki arkuszy’** opcję **‘Tło’**. Na dolne ekranu pojawią się dodatkowe cztery zakładki z predefiniowanymi arkuszami tła, o nazwach od **‘Arkusz-A4’** do **‘Arkusz-A1’**. Usuń wszystkie oprócz tego pierwszego, klikając na zakładce prawym przyciskiem myszy i wybierając **‘Usuń’** z menu kontekstowego. Kliknij dwukrotnie na zakładce pozostawionego arkusza tła i zmień jego format na A4 pionowy (identycznie jak poprzednio dla arkusza roboczego). Usuń całą zawartość arkusza tła zaznaczając ją oknem lub ‘CTRL+A’ i naciskając klawisz ‘DELETE’.

Wybierz zakładkę szkicowanie i rozpocznij rysowanie nowego obramowania arkusza. W tym celu posłużymy się odpowiednimi pomocami z boksu **‘Rysuj’**. Kliknij ikonę **‘Opcje siatki’** i w oknie zaznacz opcje **‘Pokaż siatkę’**, następnie **‘Jako punkty’** oraz zmień odstęp linii głównych na 5 mm. Odstępów pomocniczych także jest pięć, zatem punkty gęstszej siatki będą wyświetlane co jeden milimetr. Zaznacz także opcje **‘Powiąż** z **siatką’**, następnie **‘Wykorzystuj punkty’** i jeszcze **‘Pokaż współrzędne’**, która spowoduje wyświetlanie aktualnych współrzędnych kursora.

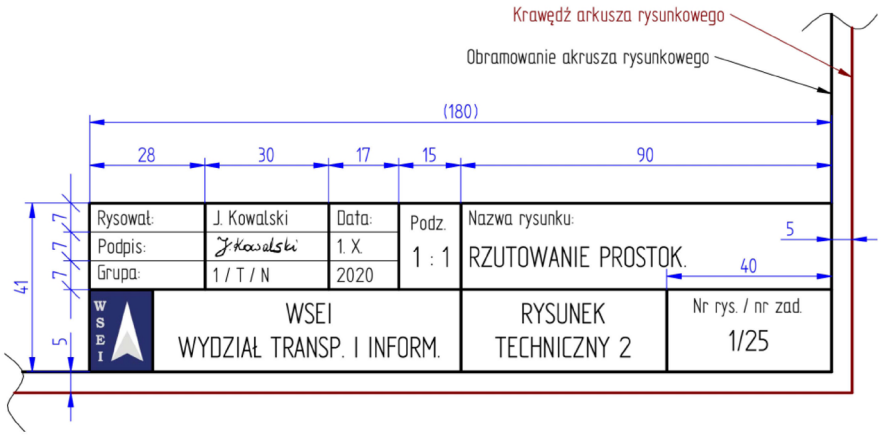


Rys. 5.2. Opcje siatki (po lewej) dostępne w boksie ‘Rysuj’ oraz widok siatki i współrzędnych podczas rysowania obramowania arkusza (po prawej)

Wybierz narzędzie **‘Prostokąt przez dwa punkty’** i narysuj obramowania stylem **‘Widoczne’** począwszy od punktu w lewym górnym rogu o współrzędnych ‘X: 5, Y: 292’ do punktu w prawym dolnym rogu o współrzędnych ‘X: 205, Y: 5’. Rysując tak duży prostokąt najlepiej przesuwaj ekran wciskając rolkę myszy (środkowy przycisk) aż dotrzesz do przeciwległego naroża. Odpowiednie współrzędne wynikają z formatu A4 (210x297) i odległości obramowania od granic obszaru arkusza 5 mm.

Wyłącz opcje **‘Pokaż siatkę’** i **‘Przyciągaj do siatki’** (możesz użyć ikon w boksie **‘Rysuj’**) oraz opcję **‘Pokaż współrzędne’** (tylko w **‘Opcje siatki’**).

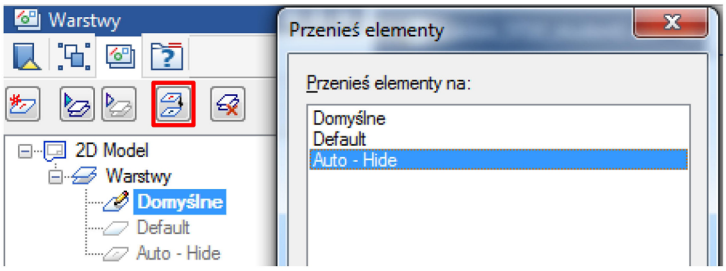
Stosując poznane techniki rysowania i wymiarowania szkiców narysuj krawędzie tabliczki rysunkowej, zgodnie z zamieszczonym wzorem.



Rys. 5.3. Wzór tabliczki rysunkowej dla kursu ćwiczeń Rysunek techniczny 2

Główne krawędzie tabliczki narysuj stylem **‘Widoczne’**, natomiast dwie wewnętrzne krawędzie oddzielające wiersze o najmniejszej wysokości narysuj linią cienką.

Zaznacz wszystkie naniesione wymiary sterujące i przenieś je na warstwę **‘Auto – Hide’**. W tym celu użyj ikony **‘Przenieś elementy’** znajdującej się w górnej części zakładki **‘Warstwy’**.



Rys. 5.4. Sposób przenoszenia wybranych elementów do innej warstwy w celu ich ukrycia – wyróżniona odpowiednia ikona

Upewnij się że nadal pracujesz na warstwie **‘Domyślne’**. Użyj narzędzia **‘Tekst’** (ikona z dużą literą A) znajdującego się w boksie **‘Adnotacje’**. Na pasku narzędzi ustaw następujące wartości. Czcionkę zmień **na ‘Solid Edge ISO Unicode’**, ponieważ domyślna nie obsługuje polskich znaków diakrytycznych.

UWAGA

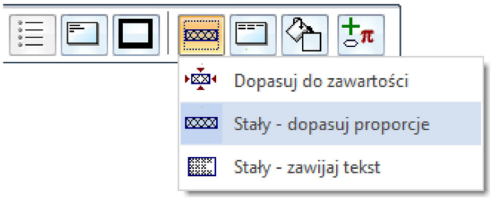
Dobrym pomysłem byłaby globalna zmiana tego ustawienia w ‘Stylach’ – pole ‘Tekst’.

Wysokość pisma dana jest w kolejnym polu. W tabliczce rysunkowej stosujemy pismo o wysokości 3,5 mm i 5,0 mm.



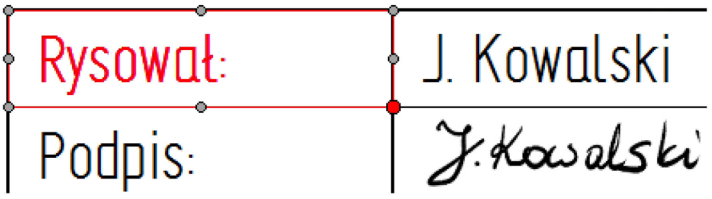
Rys. 5.5. Pasek wstawianego pola tekstowego – widoczny wybór odpowiedniej czcionki w celu obsługi polskich znaków diakrytycznych

W dalszej części paska znajdziesz ikony **‘Wyrównanie’** i **‘Kontrola tekstu’**. Pierwszą ustaw **‘Na środku do lewej’** lub **‘Wyśrodkuj’** – zależnie od justowania danej etykiety w udostępnionym wzorze tabliczki. Natomiast ikonę **‘Kontrola tekstu’** ustaw na **‘Stały – dopasuj proporcje’**.



Rys. 5.6. Pasek wstawianego pola tekstowego – widoczny wybór oddziaływania miedzy granicami pola tekstowego a zawieranym tekstem

W ten sposób będziesz mieć możliwość rozszerzenia pola tekstowego do granic komórki, dzięki czemu łatwo uzyskasz właściwe wyrównanie tekstu poszczególnych etykiet tabliczki, jedynie na podstawie opcji tekstowych. Wykonaj tą czynność starannie, w odpowiednio dużym powiększeniu:



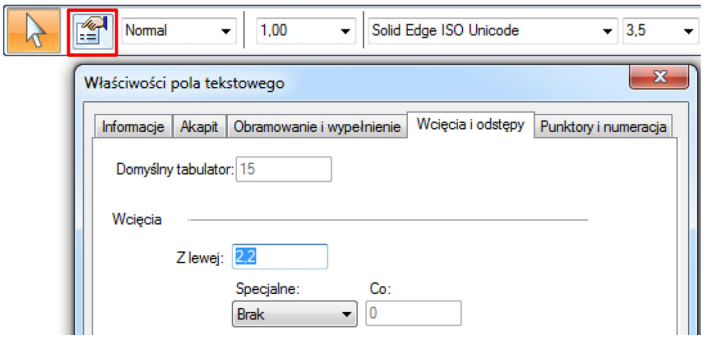
Rys. 5.7. Dopasowywanie granic pola tekstowego do krawędzi tabliczki rysunkowej, ułatwiające wyrównanie odpowiednich etykiet

Wyżej opisane opcje możesz zmieniać przy użyciu narzędzia **‘Zaznacz’** po wykonaniu odpowiednich pól tekstowych.

WAŻNE

W przypadku etykiet dwuwierszowych o tej samej wysokości pisma, stosuj jedno pole tekstowe.
Natomiast w przypadku dwóch wierszy o różnych wysokościach pisma, łatwiej jest wykonać dwa oddzielne pola tekstowe i wyrównać je względem odpowiednich krawędzi.

Pozostaje jeszcze kwestia odstępu tekstu wyrównanego do lewej krawędzi od granic komórki. Nie chcemy, żeby tekst był „przyklejony” do żadnej z krawędzi. Tego rodzaju polu nadaj odpowiednie wcięcie z lewej, edytując właściwości pola tekstowego przy użyciu narzędzia **‘Zaznacz’**.



Rys. 5.8. Edycja pól tekstowych przy użyciu narzędzia ‘Zaznacz’ – widoczne okno opcji pozwalających na ustalenie odpowiedniego wcięcia

UWAGA

Dobrą praktyką jest przygotowanie w wyżej opisany sposób jednego z pól tego samego rodzaju i kopiowaniu go do kolejnych komórek tabliczki rysunkowej.

W tym celu wystarczy przy użyciu narzędzia **‘Zaznacz’** przeciągnąć źródłową etykietę do miejsca docelowego, wykonując tę czynność z wciśniętym klawiszem CTRL.

Przy użyciu narzędzia **‘Obraz’** z boksu **‘Wstawianie’** wstaw obraz z logo WSEI w odpowiednie miejsce tabliczki rysunkowej. Należy w tym celu wskazać lokalizację wstawianego pliku w odpowiednim oknie dialogowym.

Ustaw pole filtru plików na **‘Wszystkie pliki obrazów’**, ponieważ domyślne ustawienie powoduje wyświetlenie tylko plików ‘*.bmp’. Przeskaluj obraz po wstawieniu do dokumentu i dopasuj go do miejsca docelowego. Upewnij się, że skalowanie odbywa się z zachowaniem proporcji. Po skończonej operacji **wyłącz widok obramowania.**

WAŻNE

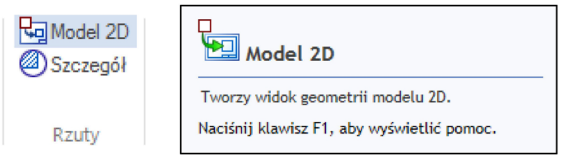
Odpowiednie ikony znajdziesz podczas edycji na pasku narzędzia ‘Zaznacz’.

Aby mieć pewność, że granice obrazu nie przesłaniają sąsiadujących krawędzi tabliczki, przenieś obraz pod spód używając odpowiedniej ikony z boksu ‘Rozmieść’.

W analogiczny sposób wstaw obraz z własnym podpisem, który możesz wykonać w programie do edycji grafiki rastrowej. Najlepiej jest to zrobić przy użyciu tabletu graficznego (jak w przykładzie „J. Kowalski”) lub zeskanować i poddać typowej obróbce graficznej.

5.2. Umieszczenie rysunku na arkuszu roboczym

Wykonany rysunek 2D umieszczany jest na arkuszu roboczym przy użyciu przycisku **‘Model 2D’**, dostępnym w zakładce **‘Szkicowanie’** w boksie **‘Rzuty’**.



Rys. 5.9. Ikona ‘Model 2D’ uruchamiająca narzędzie do umieszczania wybranego rysunku na aktywnym arkuszu roboczym

Gdy rysunek będzie ukończony, przełącz dolną zakładkę na **‘Arkusz 1’**, następnie wybierz górną zakładkę **‘Szkicowanie’**. Kliknij przycisk **‘Model 2D’** znajdujący się w boksie **‘Rzuty’**. Następnie wskaż odpowiedni obszar modelu 2D zawierający wstawiany rysunek, dwoma pojedynczymi kliknięciami, oznaczającymi kolejno pierwsze i drugie naroże zaznaczenia.

Program powróci do obszaru roboczego **‘Arkusz 1’** z przyklejoną do kursora ramką umożliwiającą wybór miejsca do wstawienia rysunku. Zanim ustawisz rysunek na arkusz, ustaw na pasku narzędzia odpowiedni współczynnik skali (możesz go także zmienić później, edytując wstawiony rzut narzędziem **‘Zaznacz’**).



WAŻNE

Granice i położenie wstawionego rysunku możesz dowolnie modyfikować. Klikając dwukrotnie na rysunku zostaniesz z powrotem przeniesiony do arkusza edycji modelu 2D.

Opisaną procedurę możesz przećwiczyć na udostępnionym przez nauczyciela pliku **‘Szablon_SE2020_student.dft’**. Szablon składa się z kilku elementów – arkusza roboczego, dwóch arkuszy tła i przykładowego modelu 2D. Jeśli przykładowy model nie będzie już potrzebny, możesz go usunąć naciskając ‘Ctrl + A’ i klawisz ‘Delete’, a następnie rozpocząć rysowanie własnego.

Danemu arkuszowi roboczemu nadaj format A4 o wybranej orientacji. Następnie przełącz na zakładkę **‘Tło’** aby dopasować odpowiedni arkusz tła – ‘WSEI A4 pion’ lub ‘WSEI A4 poz.’ z wykonanym obramowaniem i tabliczką rysunkową.

Zaktualizuj dane w **tabliczce rysunkowej edytując odpowiedni arkusz tła.**



UWAGA

Pamiętaj o wpisaniu odpowiedniego numeru zadania, zgodnego z otrzymanymi założeniami.



6. Ćwiczenia

6.1. Pytania kontrolne

1. Co to jest i do czego służy pasek narzędzia w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Jakiego rodzaju informacje dostępne są na pasku podpowiedzi podczas pracy z wybranym narzędziem? Podaj przykłady.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Do czego służy narzędzie ‘Zaznacz’ w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’? Podaj trzy przykłady zastosowania.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



4. W jaki sposób środowisko ‘Rysunek (ISO metryczne)’ umożliwia precyzyjne rysowanie bez konieczności definiowania i przyciągania do siatki?

……
……
……
……
……
……

5. Do czego służą tzw. gesty myszy? Jakie znasz opcje funkcji ‘IntelliSketch’ w środowisku ‘Rysunek(ISO metryczne)’?

……
……
……
……
……
……
……

6. Czym różni się działanie narzędzia ‘Przytnij’ od ‘Przytnij naroże’ w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’?

……
……
……
……
……
……
……

7. Do czego służy tzw. ‘Pole zamierzeń’ podczas rysowania łuków?

……
……
……
……
……
……
……

8. Jaki będzie skutek rysowania szkicu z wyłączonym przyciskiem ‘Zachowaj relacje’ w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’?



.....
.....
.....
.....
.....
.....

9. Jaki skutek ma zadanie relacji ‘Poziomo-pionowo’ pojedynczemu odcinkowi, a jaki skutek będzie mieć zadanie tej relacji dwom punktom należącym do różnych elementów?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

10. Jaki będzie skutek zadania relacji równości dwóm łukom? Co spowoduje zadanie relacji równości dwóm odcinkom prostym?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

11. Wymień pięć relacji jakimi możesz związać odcinek prosty z łukiem.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



12. Podaj przykłady trzech różnych par elementów, które mogą być powiązane relacją styczności.

……
……
……
……
……
……

13. Wymień dwa sposoby skutkujące utworzeniem relacji symetrii dla pary odcinków szkicu.

……
……
……
……
……
……

14. Podaj przykład zestawu elementów i relacji, który wymusi symetrię szkicu bez zadania relacji symetrii.

……
……
……
……
……
……
……

15. W przypadku zadawania relacji między elementami, pierwszy wskazany element dopasuje się do drugiego czy odwrotnie? Co stanie się w przypadku gdy jeden z tych elementów jest utwierdzony przez inną relację?

……
……
……
……
……
……
……

16. Jaki będzie skutek zadania relacji elementowi szkicu sprzecznej z istniejącym zestawem powiązań?



.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

17. W jaki sposób zadasz relację elementowi szkicu, która jest sprzeczna z istniejącym stanem powiązań?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

18. Do czego służy ‘Asystent relacji’? Podaj dwa przykłady, kiedy użycie tego narzędzia może być pomocne.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

19. Do czego służą ‘Style’ w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’? Wymień dwie metody zmiany stylu linii rysunku.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



20. W jaki sposób ustawisz grubość linii 0,7 mm dla widocznych krawędzi w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’ zarówno dla tych już narysowanych jak i nowo tworzonych?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

21. Podaj dwa sposoby zmiany wymiaru sterowanego na sterujący w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

22. Co spowoduje nadanie nowej wartości wymiarowi sterującemu?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

23. Co spowoduje nadanie nowej wartości wymiarowi sterowanemu?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

24. Jaka jest różnica przy zadawaniu wymiarów liniowych narzędziem ‘SmartDimiension’ a ‘Wymiar pomiędzy’ w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’?



.....
.....
.....
.....
.....
.....

25. Co to jest ‘prefiks’ i do czego może służyć w przypadku zadawania ciągów wymiarowych?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

26. W jakich sytuacjach korzystne jest wykonywanie rysunku na kilku warstwach?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

27. Do czego służy arkusz ‘Model 2D’ w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



28. Na jakiego rodzaju arkuszu umieścisz tabliczkę rysunkową i wykonasz obramowanie?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

29. Dlaczego należy korzystać z narzędzia służącego do umieszczania na arkuszu roboczym rysunku utworzonego na arkuszu 'Model 2D', a nie należy rysować bezpośrednio na arkuszu roboczym?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

30. Podaj przykłady, kiedy zasadna jest zmiana jednostek długości środowiska 'Rysunek (ISO metryczne)' na inne niż milimetry.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6.2. Zadania



6.2.1 ZADANIE: Wymiarowanie elementu płaskiego – Płytka PH

Celem ćwiczenia jest opanowanie umiejętności stosowania podstawowych zasad wymiarowania otworów okrągłych, otworów innych niż okrągłe, serii elementów powtarzających się w **jednakowych odległościach oraz stosowanie równoległych lub szeregowych ciągów wymiarowych**.

Odpowiednie założenia były niegdyś udostępniane studentom w formie płytek wykonanych z cienkiego tekstolitu i wyciętymi wewnątrz odpowiednimi otworami. Założenia wydawane w postaci fizycznych modeli charakteryzują się niezaprzeczalnymi walorami dydaktycznymi, jednak możliwość ich stosowania jest ograniczona, w odróżnieniu od założeń opracowanych w formie rysunkowej. Te ostatnie mogą być udostępniane studentom na karteczkach lub w plikach umieszczonych na platformie e-learningowej, co od strony praktycznej okazuje się wystarczająco skuteczne.

Treść zadania

Przerysuj założenia w skali 1:1, a następnie dokonaj wymiarowania zgodnie z zasadami rysunku technicznego maszynowego. Przedmiot powinien być wymiarowany od bazy.

A. Wykonaj kopię danego założenia rysunkowego z tego skryptu w dwukrotnym powiększeniu lub wydrukuj otrzymany od nauczyciela plik założeń z zachowaniem oryginalnego rozmiaru (opcje drukarki – brak skalowania).
B. Przerysuj rysunek w Solid Edge w skali 1:1 na podstawie pomiarów linijką poszczególnych elementów na rysunku. Jeśli kopia została wykonana prawidłowo, wymiary płytki powinny wynosić 100x60 mm. Nie zapomnij o wrysowaniu linią punktową cienką osi okręgów o średnicy większej od 12 mm.



C. Dokonaj wymiarowania przyjmując wybrane naroże płytki za wspólną bazę wymiarową dla wszystkich otworów. Dla zwiększenia czytelności rysunku, dopuszczalne jest wymiarowanie większych otworów okrągłych dodając szeregowo odległość między nimi.
D. Zastosuj prawidłowy sposób wymiarowania: położenie otworów okrągłych – względem ich środków, położenie otworów innych niż okrągłe – względem ich krawędzi. Zwróć uwagę na wymiarowanie elementów powtarzających się w stałej odległości – należy zastosować przeznaczoną do tego celu metodę.
E. Umieść rysunek na arkuszu o formacie A4 z wypełnioną aktualnymi danymi tabliczką rysunkową.

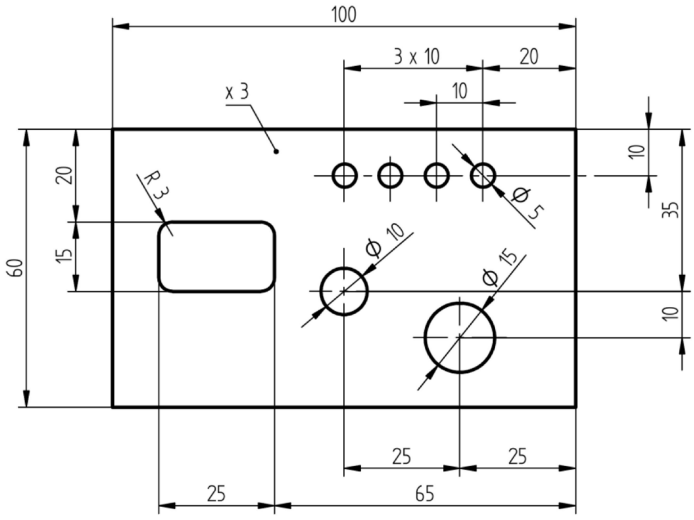
Przykład rozwiązania

Jako punkt odniesienia do wszystkich wymiarów (baza) przyjęto prawy górny róg detalu. Uzasadnieniem dokonanego wyboru jest rozmieszczenie elementów wewnątrz płytki, które najbardziej kumulują się w obszarze przylegającym do tego punktu. Dzięki temu niezbędne do zwymiarowania ciągi będą miały statystycznie najmniejszą długość, co z zasady sprzyja zwiększeniu czytelności rysunku. Kolejne ciągi wymiarowe umieszczane są tak, aby możliwie nie przecinały się ze sobą.

W tym celu krótsze wymiary zwykle umieszczane są bliżej obrysu przedmiotu, a **dłuższe „wyciągane" na zewnątrz**. Pamiętaj o zachowaniu odpowiednich odległości pomiędzy równoległymi ciągami wymiarowymi. Pierwszy powinien zostać umieszczony w odległości co najmniej 10 mm od obrysu przedmiotu. Każdy kolejny ciąg wymiarowy, w równoległym zestawie, powinien być oddalony o co najmniej 7 mm, przy czym należy przyjąć jedną wartość dla odległości tego rodzaju.

W niektórych przypadkach może okazać się, że nie jest możliwe takie wyprowadzenie pomocniczej linii wymiarowej na zewnątrz obrysu, które pozwala uniknąć przecinania jej z **jednym** z **sąsiednich elementów**. Warto wówczas rozważyć możliwość umieszczenia danego wymiaru wewnątrz obrysu przedmiotu. Uniknięcie omawianej kolizji drogą wyjątku od zasady wyprowadzania

wymiarów na zewnątrz obrysu, przełoży się na zwiększenie czytelności i poprawę estetyki wymiarowania.



Rys. 6.2.1. Płytka PH – przykładowe rozwiązanie zadania rysunkowego

Wymiarowanie serii małych okrągłych otworów polega na umieszczeniu wymiaru odległości pomiędzy powtarzającymi się elementami, a **następnie równolegle do niej odległości od pierwszego do ostatniego powtarzającego się elementu**. Wymiar ten podawany jest w formie iloczynu liczby wystąpień tej odległości i jej miary. Położenie tak „zgrupowanej" serii elementów podawane jest względem wybranego punktu odniesienia, przy czym odpowiednie wymiary dodawane są w układzie szeregowym.

Zwróć uwagę na wymiarowanie otworu prostokątnego. Otwory inne niż okrągłe najczęściej wymiaruje się w świetle, podając np. wysokość i szerokość. Wszystkie naroża prostokąta są zaokrąglone tym samym promieniem, wynoszącym 3 mm. W takim przypadku wystarczy ten wymiar podać jednokrotnie.

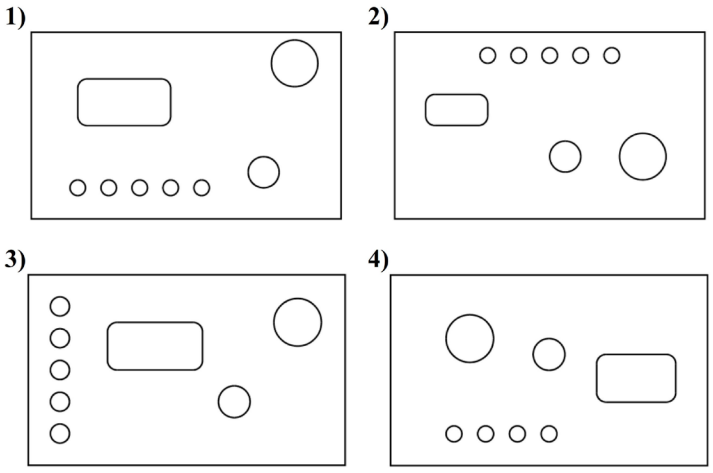
Przedmiot jest przedstawiony tylko jednym rzutem, ponieważ jego grubość jest jednakowa i może zostać określona przy pomocy adnotacji umieszczonej na linii odniesienia. W przykładzie odpowiedni wymiar wynosi 3 mm, jednak jego wartość w ćwiczeniu można przyjąć swobodnie, np. w zakresie wynikającym ze stosowanych grubości arkuszy blach.

Najczęściej powtarzającymi się błędami studentów, popełnianymi podczas opisywanego ćwiczenia, **jest wymiarowanie jednego elementu** w **obu kierunkach od różnych baz, oraz brak konsekwencji** w **przyjętym układzie wymiarowania**. Zwróć uwagę, że na przedstawionym przykładzie ciągi wymiarowe umieszczone na dole rysunku, odnoszą się jednak do tego samego punktu bazowego, mimo że ten znajduje się na górze. Podobna sytuacja ma miejsce dla wymiarów umieszczonych po lewej stronie, które odnoszone są w kierunku pionowym od góry, czyli od tego samego punktu bazowego, mimo że ten znajduje się po przeciwległej stronie obrysu.

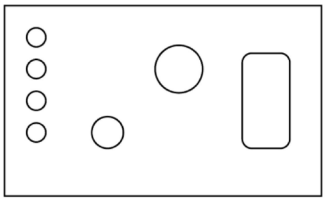
Baza zatem nie zostaje zmieniona, a **takie rozmieszczenie wymiarów niekiedy umożliwia uniknięcie przecinania się pomocniczych linii wymiarowych**. Zastosowany sposób wymiarowania powinien być jednak logiczny i konsekwentny. Jeśli np. położenie dwóch większych otworów dla uproszczenia podajemy względem siebie w ciągu szeregowym, to taki sposób należy zastosować zarówno w kierunku pionowym jak i poziomym.

W praktyce mogą zachodzić przypadki, w których zastosowanie różnych sposobów wymiarowania w obu kierunkach dla jednego elementu jest uzasadnione np. zagadnieniem zależności pola tolerancji położenia względem sąsiadujących elementów. W przypadku omawianego ćwiczenia taka sytuacja jednak nie zachodzi, zatem wymiarując, mamy na uwadze względy estetyczne i czytelność wykonanego rysunku.

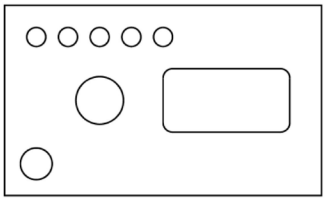
Założenia rysunkowe do ćwiczeń



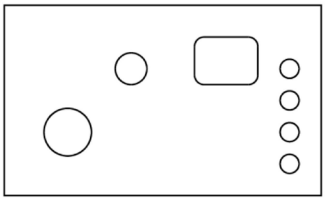
5)



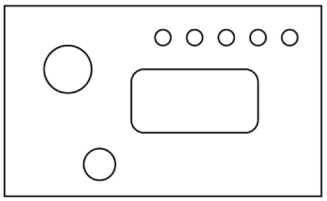
6)



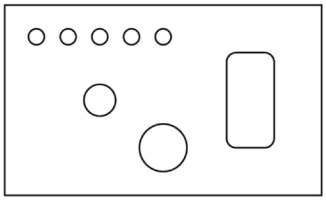
7)



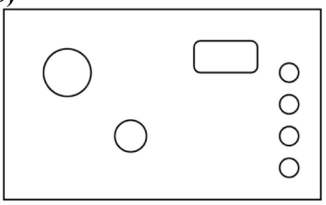
8)



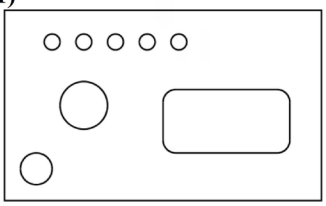
9)



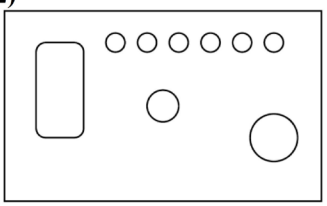
10)



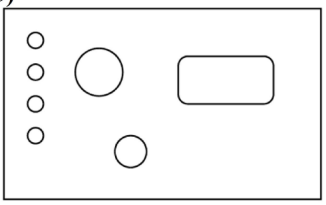
11)



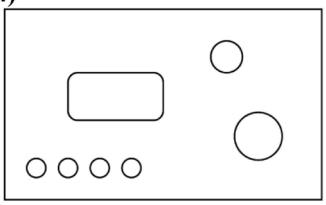
12)



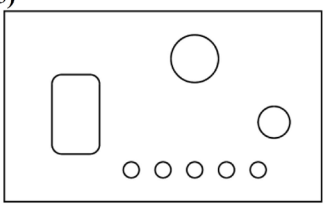
13)



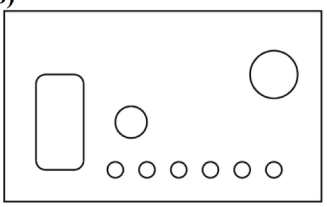
14)



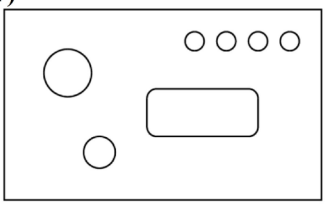
15)



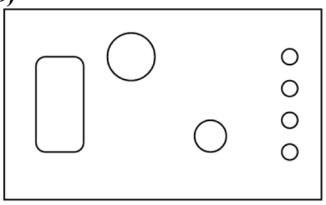
16)



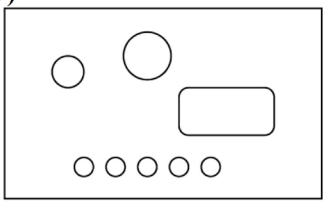
17)



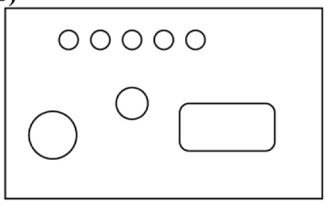
18)



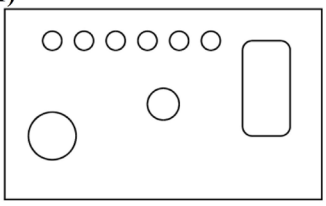
19)



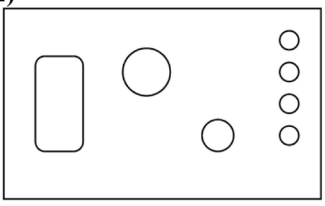
20)



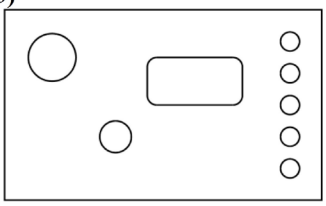
21)



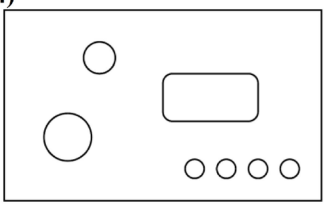
22)



23)



24)



6.2.2. ZADANIE: Rzutowanie i wymiarowanie przedmiotu danego rysunkiem poglądowym



Celem ćwiczenia jest nauka wymiarowania rzutowanych przedmiotów. Zadaniem studenta jest samodzielny dobór rzutów przedmiotu zobrazowanego aksonometrycznym rysunkiem poglądowym, narysowanie ich i **zwymiarowanie zgodnie** z **zasadami rysunku technicznego maszynowego.**

Treść zadania

Wykonaj dwa bezpośrednio związane rzuty prostokątne w skali 1:1 przedmiotu zobrazowanego rysunkiem poglądowym wskazanym przez nauczyciela. Dobierz rzuty kierując się zasadami rysunku technicznego maszynowego. Pamiętaj o prawidłowym rozplanowaniu rysunku na arkuszu.

Rzuty zwymiaruj zgodnie z zasadami rysunku technicznego maszynowego. W przypadku przedmiotów posiadających płaszczyzny symetrii, pamiętaj o wrysowaniu ich śladów linią punktową oraz o wymiarowaniu w układzie symetrycznym.

A. Wykonaj tyko dwa bezpośrednio związane rzuty (widoki) przedmiotu, samodzielnie wybierając rzut główny oraz drugi rzut (widok z góry lub z boku). Przy doborze rzutów kieruj się zasadami poznanymi w module Rysunek techniczny część I.
B. Dokonaj wymiarowania rzutów zgodnie z zasadami wymiarowania rysunku technicznego maszynowego. Nie podawaj wymiarów oczywistych, wynikowych i powielonych (dany wymiar umieszczaj tylko raz na wybranym rzucie). Zwykle najbardziej odpowiednim rzutem do umieszczenia większości wymiarów jest rzut główny. Unikaj wymiarowania krawędzi niewidocznych. Wymiaruj raczej krawędzie określające profil, niż te same przedstawione w planie na sąsiednim rzucie.
C. Stosuj odpowiedni sposób wymiarowania dla elementów symetrycznych aby zredukować liczbę wymiarów. Grupuj wymiary aby je odpowiednio uporządkować - np. wymiary danego szczegółu powinny być umieszczone w jednym obszarze i nie powinny „mieszać się” z wymiarami innych elementów. Zachowaj wymaganą odległość linii



wymiarowej co najmniej 10 mm od krawędzi przedmiotu i co najmniej 7 mm między równoległymi ciągami wymiarowymi.

D. Umieść rysunek na arkuszu o formacie A4 z wypełnioną aktualnymi danymi tabliczką rysunkową. Nie zapomnij o wpisaniu numeru rysunku i numeru założeń.

Przykład dydaktyczny

Na odpowiednim rysunku znajduje się przedmiot ustawiony w przestrzeni w taki sposób, aby jego lica były widoczne w trzech głównych kierunkach. Nie jest to typowy rzut aksonometryczny, tylko zrzut ekranu bryły wykonanej w Solid Edge w module „Część ISO metryczne", którą nauczyciel posługuje się podczas omawiania zadania na zajęciach. Manipulując modelem przedmiotu w wirtualnej przestrzeni 3D łatwiej jest uzasadnić wybór danego widoku jako rzut główny oraz wybór drugiego rzutu.

Zanim jednak przejdziesz do wyboru odpowiedniego rzutu, zwróć uwagę na sposób wymiarowania tego przedmiotu. Wszystkie wymiary przedmiotu są znane i niekoniecznie muszą być dane w sposób bezpośredni.

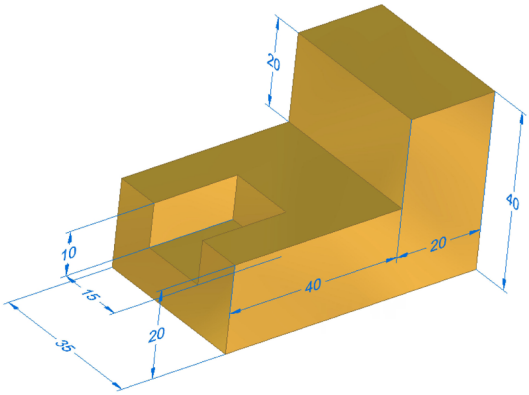


UWAGA

Układ wymiarowania celowo nie jest poprawny, ponieważ wymiary umieszczane na rysunku poglądowym służą jedynie do opisania przedmiotu.

Nie sugeruj się zatem rozmieszczeniem wymiarów na rysunku poglądowym, a samodzielnie buduj odpowiednie ciągi wymiarowe zgodnie z zasadami wymiarowania w rysunku technicznym maszynowym.

W ramach ćwiczenia spróbuj znaleźć nieprawidłowości w rozmieszczeniu lub liczbie wymiarów (nadmiarowość) na omawianym widoku pełniącym rolę założeń rysunkowych.



Rys. 6.2.2.1. Przykładowe założenia do zadania w postaci zwymiarowanego rzutu aksonometrycznego

W pierwszej kolejności stajemy przed zadaniem wyboru jednego z **widoków jako rzutu głównego**. Rzut główny jest rzutem pionowym, który zwykle najwięcej „mówi" o kształcie przedmiotu. Kierowanie się tą zasadą ułatwia ograniczenie liczby rzutów do niezbędnego minimum, pozwalającego jednoznacznie określić kształt przedmiotu oraz jego wymiary.

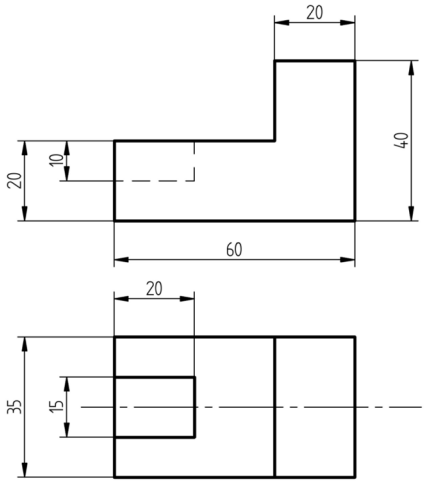
UWAGA

W omawianym przypadku najbardziej odpowiednim widokiem jest ten, w którym bryła byłaby przedstawiona w kształcie litery L.

Można powiedzieć, że **ten widok przedstawia profil**, podczas gdy widok z góry lub widok z lewej strony przedstawiałby prostokątny obrys z mniejszymi prostokątami wewnątrz. Nie trudno zauważyć, że mając do dyspozycji tylko jeden z rzutów, w których przedmiot przyjmuje prostokątny obrys, trudno byłoby domyślić się jego przestrzennego kształtu, co potwierdza słuszność naszych wcześniejszych rozważań.

Zgodnie z treścią zadania, **należy wykonać tylko dwa rzuty**. Mamy zatem do dyspozycji widok z góry lub widok, który wcześniej określiliśmy jako z lewej strony. Oba widoki byłyby do siebie bardzo podobne i niosłyby ze sobą zbliżoną ilość informacji. Podobna liczba krawędzi jest widoczna, brak krawędzi niewidocznych (dlatego nie rozważamy widoku z prawej strony lub od spodu). W takim przypadku wybieramy ten widok, który jest wyżej na liście widoków określonych względem rzutu pionowego: a – z przodu, B – z góry, C – z lewej strony, D – z prawej strony, E – od spodu, F – z tyłu. W rozważanym przypadku będzie to widok B – z góry. Kolejnym uzasadnieniem tego wyboru jest fakt, że rzut pionowy oraz rzut poziomy stanowią tzw. rzuty podstawowe, natomiast widoki z boku najczęściej pełnią rolę rzutów dodatkowych.

Przystępując do rysowania wybranych rzutów zauważamy, że przedmiot jest symetryczny względem pionowej płaszczyzny. Ślad tej płaszczyzny będzie widoczny w rzucie poziomym (widoku z góry) i tam powinien być zaznaczony linią długa kreska – kropka. Korzystając ze zidentyfikowanych symetryczności przedmiotów można znacznie ułatwić sobie rysowanie (półwidoki, ćwierćwidoki). Natomiast wykorzystanie tego rodzaju relacji w celu uproszczenia wymiarowania w kierunku prostopadłym do płaszczyzny symetrii jest wręcz obowiązkowe!



Rys. 6.2.2.2. Przykładowe rozwiązanie zadania rysunkowego, przedstawiające dwa prawidłowo zwymiarowane rzuty prostokątne

Wykonując rysunek jako szkice w **Solid Edge należy zadać takie relacje, które wymuszą połączenie geometryczne obu rzutów**. Zmiana danego wymiaru sterującego powinna skutkować dopasowaniem odpowiednich krawędzi na obu rzutach jednocześnie. W wyżej przedstawionym przykładzie symbole relacji zostały oczywiście ukryte w celu ukazania efektu końcowego.

Zgodnie z treścią zadania, należy posłużyć się rzutami bezpośrednio związanymi, tzn. odpowiednie krawędzie muszą być względem siebie wyrównane na obu rzutach. Nie należy jednak w tym celu rysować pomocniczych linii odnoszących, które zmniejszałyby czytelność rysunku. Rzuty względem siebie oczywiście należy rozmieścić zgodnie z Metodą Europejską.

Następnie przystępujemy do wymiarowania. Odpowiednie wymiary należy umieszczać na tym rzucie, w którym najlepiej opisują wymiarowany kształt. Zwykle jest to rzut główny, bo wynika to z zasady doboru rzutów. Wymiary możemy podawać w układzie równoległym lub szeregowym. Każda z tych metod ma pewne wady i zalety, dlatego najczęściej stosowany jest mieszany układ wymiarowania. Tak też jest w omawianym przykładzie. Posłużono się wymiarami gabarytowymi, bo te pozwalają bezpośrednio określić ilość potrzebnego materiału do wykonania detalu. Ważne jednak, aby układ wymiarowania był konsekwentny (jednakowy w obu kierunkach) lub uzasadniony względami technologicznymi związanymi z procesem wytworzenia produktu.

UWAGA

Zauważ, że większość wymiarów (oprócz tych biegnących w kierunku głębokości) została określona na rzucie głównym. Wyjątek stanowi wymiarowanie kieszeni (wycięcia) w dolnej części przedmiotu.

Powinniśmy w miarę możliwości **unika**ć wymiarowania krawędzi niewidocznych, dlatego długość wycięcia 20 mm została poda-

na w widoku z góry. Natomiast aby uniknąć wymiarowania krawędzi niewidocznej określającej głębokość kieszeni (10 mm) niezbędne byłoby wykonanie kolejnego rzutu, co przeczyłoby treści zadania, albo wykonanie w rzucie głównym przekroju (np. cząstkowego), który przedstawiałby odpowiednie krawędzie wewnętrzne. Jednak na potrzeby tego ćwiczenia takie dodatkowe zabiegi nie są wymagane ze względu na zwiększenie złożoności rozwiązania.

Najczęściej popełnianymi błędami przez studentów podczas wykonywania tego ćwiczenia są:

- stosowanie nieodpowiednich grubości lub rodzajów linii,
- pomijanie rysowania krawędzi niewidocznych,
- niewłaściwy dobór rzutów lub zamiana kolejności rzutów jak w Metodzie Amerykańskiej,
- umieszczanie nadmiarowych wymiarów, które są powtórzone lub których wartość można obliczyć,
- chaotyczne rozmieszczanie ciągów wymiarowych.

Założenia rysunkowe do ćwiczeń

UWAGA

Zwróć uwagę, że wszystkie przedmioty są przedstawione rysunkiem aksonometrycznym w tzw. dimetrii, czyli aksonometrii dwumiarowej.

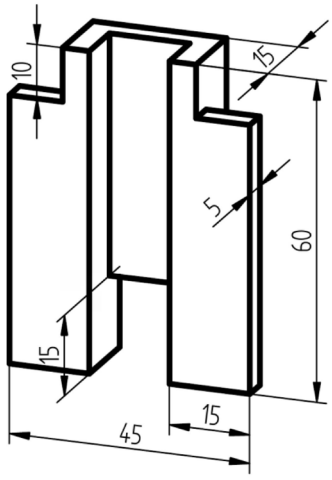
Oznacza to, że **dla trzech kierunków osi przestrzennego układu współrzędnych, obowiązują dwa** różne kąty skróceń, czyli miara jednego z tych kątów dla dwóch kierunków jest identyczna. Kąty skróceń w poszczególnych kierunkach, wynikają bezpośrednio z kątów jakie tworzą osie układu współrzędnych, narysowanych na płaszczyźnie.

Można je łatwo określić na przedłużeniu trzech krawędzi przedmiotu przedstawionego w rysunku aksonometrycznym, które zbiega-

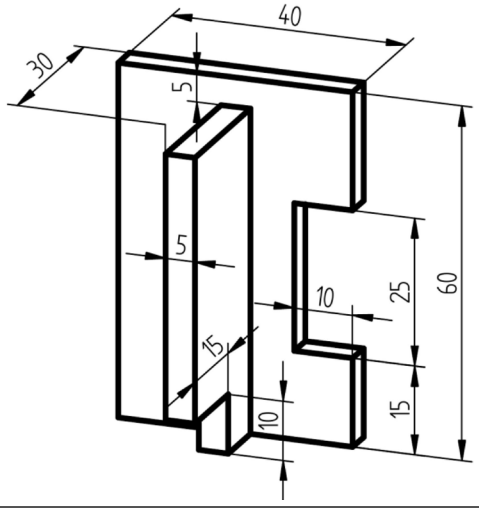
ją się w jednym punkcie. Gdyby zmierzyć długość krawędzi biegnącej w jednym z tych kierunków i pomnożyć przez funkcję trygonometryczną pewnego kąta, otrzymalibyśmy rzeczywistą miarę długości tego odcinka. Natomiast długość tego wybranego odcinka może być bezpośrednio odczytana z odpowiedniego rzutu prostokątnego, bo w takim przypadku jest on równoległy do rzutni.

Wskaż na poniższych rysunkach kierunki, które można określić jako „od lewej do prawej", „na głębokość" i „na wysokość". Zastanów się w którym z tych trzech kierunków krawędzie muszą być najbardziej skrócone, aby przedmiot na rysunku wyglądał proporcjonalnie.

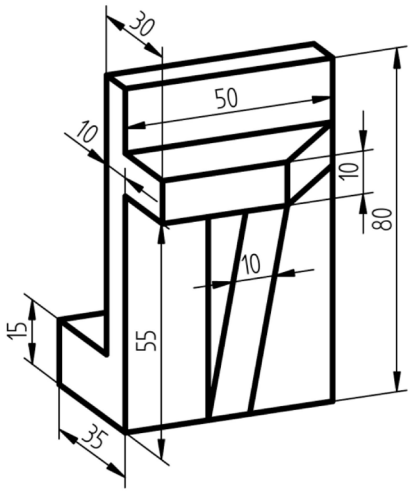
1)



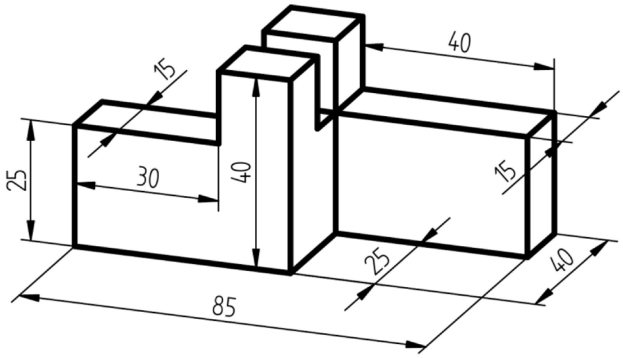
2)



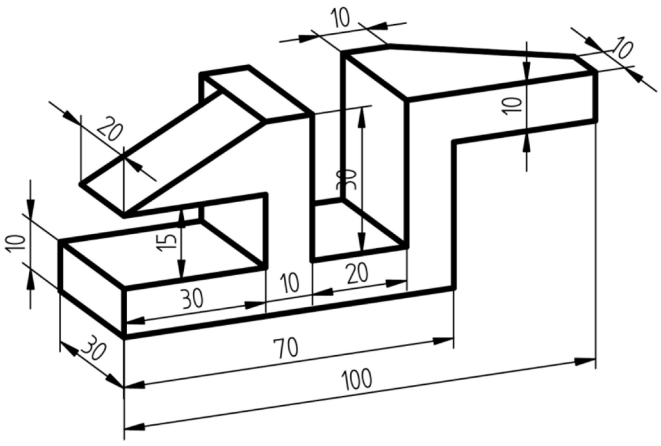
3)

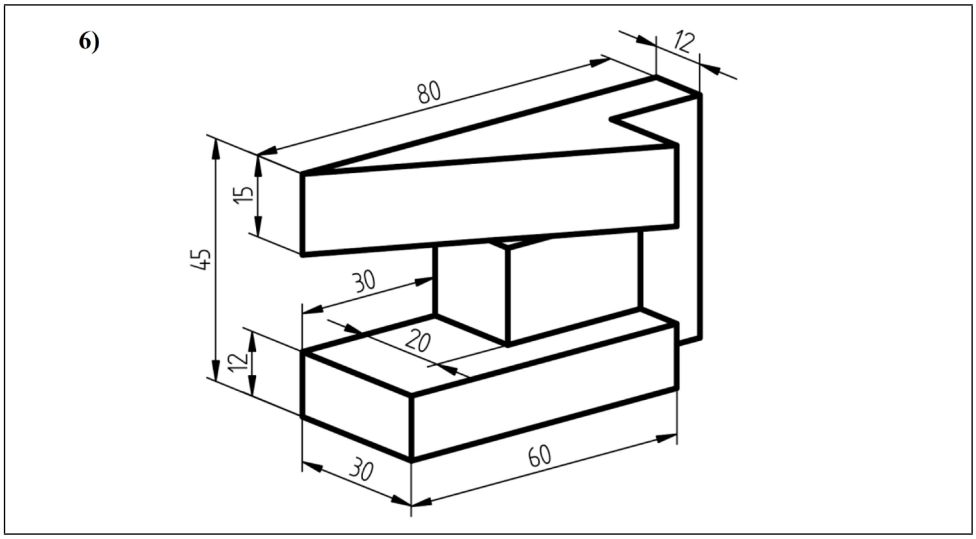

30
50
10
10
80
10
15
55
35

4)


40
15
25
30
40
15
25
40
85

5)


10
10
10
20
30
10
15
30
10
20
30
70
100



6.2.3. ZADANIE: Rzutowanie i wymiarowanie symetrycznego elementu maszynowego

Założenia rysunkowe tym razem charakteryzują się nieco bardziej złożonym kształtem, co wynika ze wzrastającego w **miarę postępu umiejętności, stopnia trudności.**

Jak poprzednio, zadanie polega na wykonaniu i **zwymiarowaniu dwóch bezpośrednio związanych rzutów prostokątnych przedmiotu. Podobnie, należy samodzielnie dobrać rzuty kierując się zasadami rysunku technicznego maszynowego.**

Ćwiczenie **odróżnia się jednak tym, że każdy przedmiot ma co najmniej jedną płaszczyznę symetrii, której** ślady należy **nanieść na rzuty** i **wykorzystać podczas wymiarowania.**

Treść zadania

Wykonaj i zwymiaruj dwa bezpośrednio związane rzuty prostokątne zadanego przez nauczyciela przedmiotu, danego aksonometrycznym rysunkiem poglądowym.

A. Dobierz rzuty kierując się zasadami rysunku technicznego maszynowego. Pamiętaj o prawidłowym rozplanowaniu rysunku na arkuszu zgodnie z Metodą Europejską. Narysuj rzuty na podstawie wymiarów opisanych w założeniach.



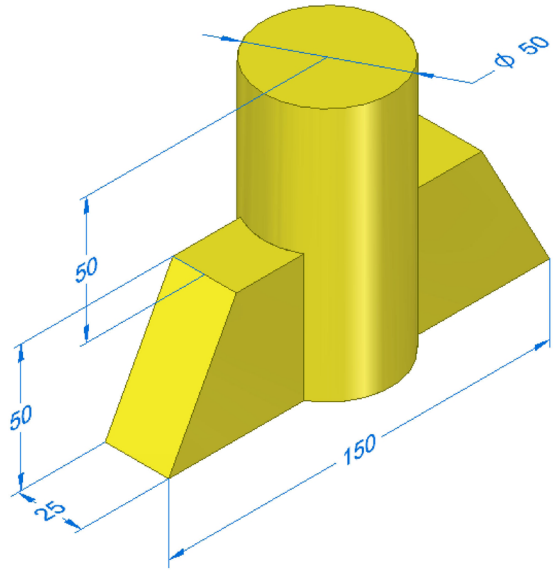
B. W niektórych przypadkach jeden z rzutów wykonaj jako przekrój - dotyczy to przedmiotów, które mają złożoną budowę wewnętrzną. Wykonanie przekroju w miejsce widoku umożliwia uniknięcie niepożądanego wymiarowania krawędzi niewidocznych.
C. Rzuty zwymiaruj zgodnie z zasadami rysunku technicznego maszynowego. W przypadku przedmiotów posiadających płaszczyzny symetrii, pamiętaj o wrysowaniu ich śladów linią punktową oraz o wymiarowaniu w układzie symetrycznym.
D. Podczas wymiarowania rzutów nie należy sugerować się rozmieszczeniem ciągów wymiarowych na założeniach! Wymiary umieszczone na rysunku aksonometrycznym służą wyłącznie do narysowania odpowiednich rzutów i obliczania zależności geometrycznych. Wymiarując, należy samodzielnie zadawać ciągi wymiarowe na odpowiednich rzutach niezależnie od tego w jaki sposób był zwymiarowany rysunek poglądowy. Sposób wymiarowania zastosowany na założeniach często nie jest poprawny, aby studenci kierowali się poznanymi zasadami wymiarowania w rysunku technicznym maszynowym.
E. Umieść rysunek na arkuszu o formacie A4 z wypełnioną aktualnymi danymi tabliczką rysunkową. Nie zapomnij o wpisaniu numeru rysunku i numeru założeń.

W trakcie tego ćwiczenia może wystąpić konieczność odgadnięcia niektórych zależności geometrycznych, ponieważ nie muszą one wynikać wprost z **umieszczonych wymiarów**. W większości przypadków okaże się, że nie jesteśmy w stanie narysować obu rzutów niezależnie, tzn. należy posłużyć się pewnymi konstrukcjami w celu odtworzenia niektórych elementów w jednym rzucie na podstawie drugiego. Niekiedy może również okazać się, że mamy jeden wymiar, np. szerokość prostokąta, ale nie mamy jego wysokości. Jednak zauważamy, że prostokąt jest kwadratem, stąd mamy brakującą wysokość.

Takie pozorne braki, które można uzupełnić np. odtwarzając kształt przedmiotu przed obróbką lub przenosząc właściwe punkty za pomocą linii odnoszących z sąsiedniego rzutu, zostaną omówione na podstawie przykładu dydaktycznego.

Przykład dydaktyczny

Założenia do analizowanego przykładu przedstawione są następującym rysunkiem:



Rys.6.2.3.1. Przykład założeń rysunkowych w postaci zwymiarowanego rzutu aksonometrycznego

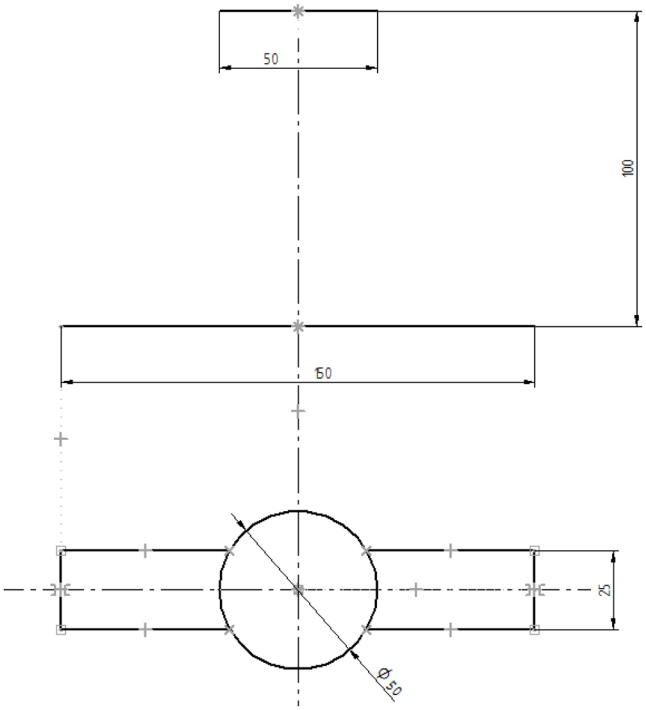
W pierwszej kolejności dobieramy dwa rzuty. Głównym rzutem będzie ten widok pionowy, w którym przedstawiony jest profil przedmiotu – trapezowy kształt dolnej części oraz prostokąt utworzony przez rzutowanie powierzchni walcowej. Drugim rzutem w tym przypadku zdecydowanie będzie widok z góry, bo w tym rzucie zaobserwujemy kołowy profil walca. Będzie on zresztą ciekawszy niż widok z boku, składający się jedynie z prostokąta w prostokącie.

Zauważ, że **w rysunku poglądowym pozornie brakuje wymiaru kątowego bocznych odcinków trapezu lub długości jego górnej podstawy**. Odtworzenie tego kształtu opisane jest w kolejnym rozdziale.

Przerysowanie elementów bezpośrednio z **założeń**

Rozpoczynając rysowanie rzutów, zauważamy że żadnego z nich nie można ukończyć niezależnie. Poniżej zostało przedstawione to, co udało się narysować bezpośrednio na podstawie ciągów wymiaro-

wych określonych w założeniach:

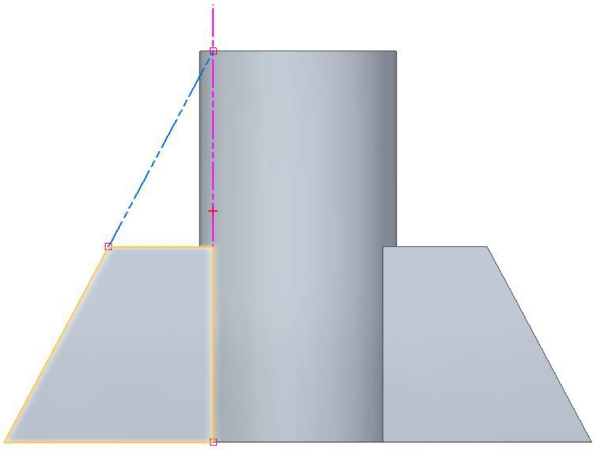


Rys. 6.2.3.2. Pierwszy etap rozwiązania – narysowanie elementów bezpośrednio wynikających z założeń rysunkowych

Jak widać, **bez dodatkowych konstrukcji można jednoznacznie określić zarys rzutu poziomego** i **tylko dwie krawędzie rzutu pionowego**. Nanoszone na tym etapie rysowania wymiary sterujące mają charakter techniczny (nadanie właściwych proporcji), zatem niekoniecznie będą umieszczone w tych samych miejscach w końcowej wersji rysunku.

Koncepcja odtworzenia brakujących elementów

Zastanówmy się, czy np. pewna część przedmiotu po prostu nie została odcięta. Domyślmy się, jak wyglądał przedmiot przed tą operacją i spróbujmy odtworzyć jego poprzedni zarys. Znajdźmy krawędź przenikania powierzchni walcowej z czołową ścianą dolnej trapezowej części i przedłużmy ją w górę, jak na rysunku (różowa linia).

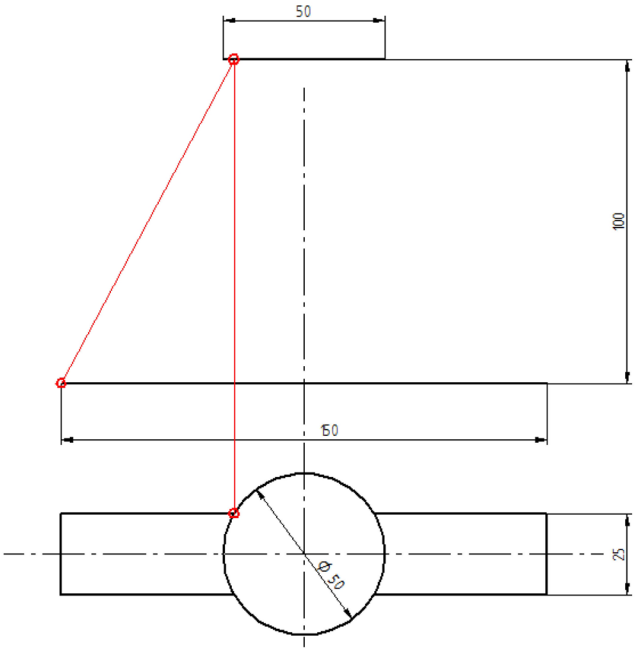


Rys. 6.2.3.3. Koncepcja konstrukcji umożliwiającej odtworzenie krawędzi nie wynikających bezpośrednio z założeń rysunkowych

Zauważamy, że przez punkt przecięcia tej tworzącej walec z jego górną podstawą przechodzi prosta będąca przedłużeniem ukośnej krawędzi trapezowej ściany (niebieska linia). Należy wykorzystać tę konstrukcję podczas rysowania rzutów, przez co kąt pochylenia bocznej krawędzi trapezu zostanie jednoznacznie określony.

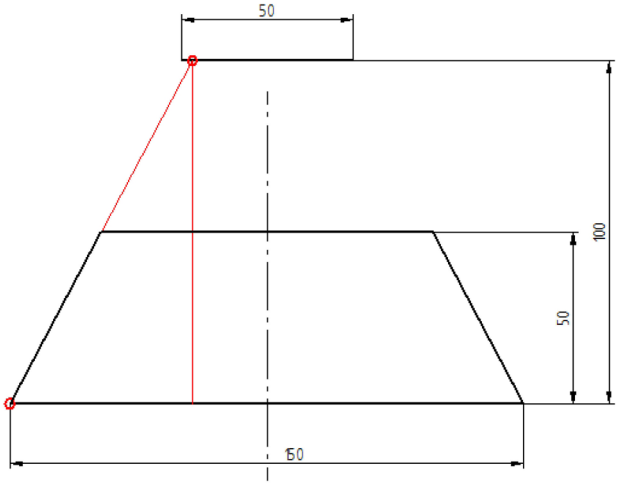
Uzupełnienie krawędzi w **rzucie głównym**
W celu uzupełnienia rzutu głównego o **pozostałe boki trapezu**, posługujemy się tą samą, poprzednio określoną konstrukcją, wykonywaną na obu rzutach przy użyciu pomocniczych linii odniesienia.

Odtwarzamy na rzucie pionowym tworzącą walca, która jednocześnie jest krawędzią wspólną płaskiej pionowej ściany i powierzchni walcowej. W miejscu przecięcia tej tworzącej z krawędzią górnej podstawy walca, określamy punkt, który łączymy z końcem krawędzi podstawy dolnej części przedmiotu. W ten sposób odtworzyliśmy trójkątny kształt jednego z bocznych elementów, który jest pierwotny względem docelowego trapezowego kształtu.



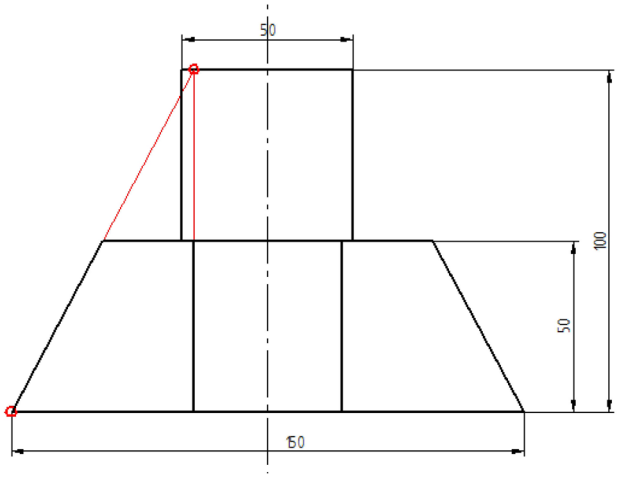
Rys. 6.2.3.4. Zastosowanie konstrukcji na rysunku w celu odtworzenia brakującej, skośnej krawędzi

Wiedząc, że górna podstawa trapezu znajduje się na wysokości 50 mm łatwo odtworzymy krawędź jego górnej podstawy.



Rys. 6.2.3.5. Odtworzenie widoku trapezowej części po uwzględnieniu wymiaru jej wysokości

Uzupełniamy pionowe odcinki. W górnej, walcowej części są to oczywiście zewnętrzne tworzące walca, a w dolnej – krawędzie przenikania powierzchni walcowej z płaszczyzną trapezowej ściany.



Rys. 6.2.3.6. Naniesienie pionowych krawędzi – obrysu walca oraz przenikania powierzchni walcowej z płaszczyzną lica dolnej części

UWAGA

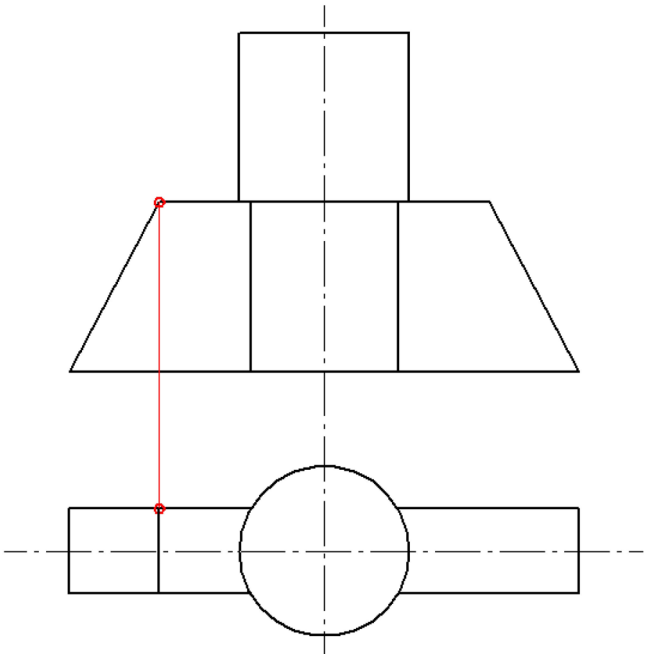
Zauważ, że tej krawędzi przenikania nie bylibyśmy w stanie narysować bez odniesienia się do rzutu poziomego – a konkretnie do punktu, w którym okrąg przecinał się z odpowiednim odcinkiem prostym.

Rzut pionowy jest kompletny. W przedstawionym przypadku nie występują żadne krawędzie niewidoczne. Przechodzimy zatem do uzupełnienia rzutu poziomego.

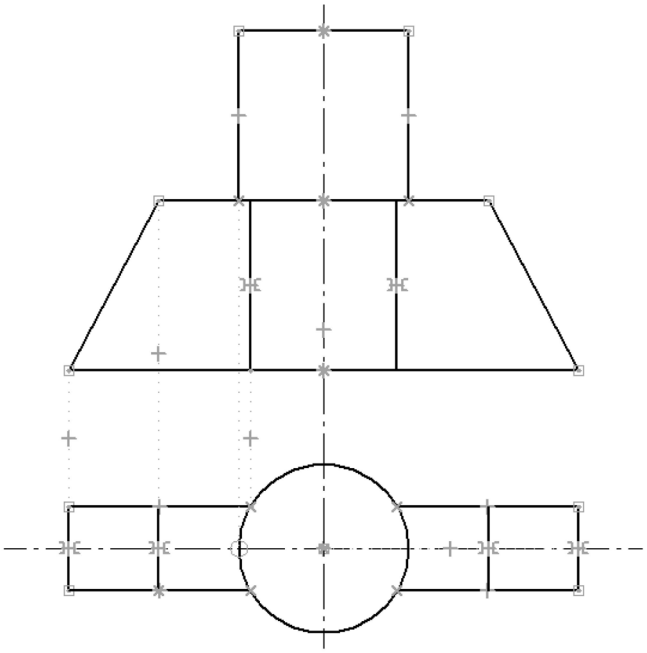
Uzupełnienie krawędzi w rzucie poziomym

W rzucie poziomym brakuje krawędzi wynikających z przecinania się pochyłych lic trapezu z płaszczyzną górnej podstawy. Położenie szukanych krawędzi można odnieść z rzutu pionowego.

Rysowanie konstrukcji na rysunkach przedstawianych do oceny, nie jest oczywiście wymagane, gdyż można je zastąpić przez zadanie relacji odpowiednim elementom szkicu. **Szkic powinien być właśnie w pełni określony relacjami tak, aby jego właściwości podczas edycji były zachowywane**. Poniżej znajduje się rysunek rzutów bezpośrednio związanych, w którym dzięki odpowiednim relacjom zachowywane są wszystkie stwierdzone zależności.



Rys. 6.2.3.7. Naniesienie brakującej krawędzie w widoku z góry przy pomocy odpowiedniej odnoszącej poprowadzonej z rzutu pionowego



Rys. 6.2.3.8. Widok symboli relacji zadanych w celu zapewnienia wzajemnego dopasowania rzutów przy zadawaniu wymiarów sterujących

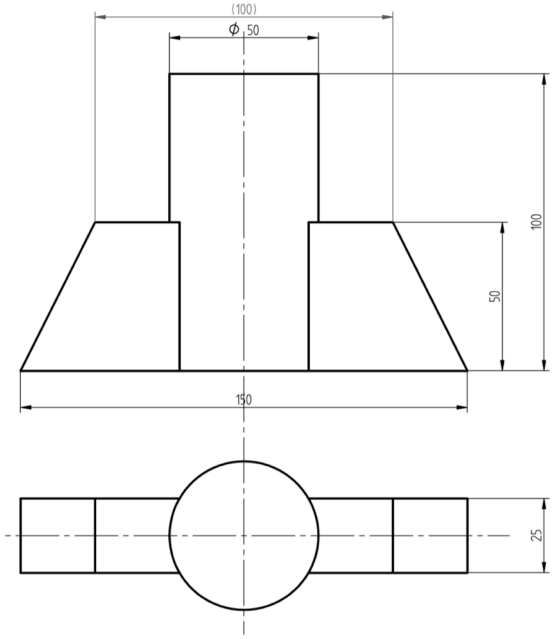
UWAGA

Zauważ, że tej krawędzi przenikania nie bylibyśmy w stanie narysować bez odniesienia się do rzutu poziomego – a konkretnie do punktu, w którym okrąg przecinał się z odpowiednim odcinkiem prostym.

Zwróć uwagę, że **nie zawsze konieczne jest zadawanie relacji symetrii wszystkim symetrycznym elementom**. W wielu przypadkach można uzyskać uproszczenie szkicu polegające na tym, że symetria niektórych elementów może być zapewniona dzięki połączeniu punktów, środkowych odcinków przecinających się z osią symetrii z punktami leżącymi na tej osi.

Z kolei, **relacja styczności tworzących walca** z **okręgiem będącym jego poziomym rzutem powoduje związanie obu rzutów** tak, że zmiana wymiaru sterującego jego średnicą na jednym z rzutów wymusza dopasowanie drugiego rzutu. W prostszych przypadkach wystarczy zadanie relacji wyrównania wskazanych punktów w pionie lub w poziomie (relacja ‚pionowo – poziomo').

Na poniższym rysunku przedstawione jest gotowe rozwiązanie opisanego przykładu.



Rys. 6.2.3.9. otowy rysunek techniczny stanowiący rozwiązanie opisanego przykładu

Założenia rysunkowe do ćwiczeń

Przedmioty na założeniach są przedstawione w **rzucie aksonometrycznym jednomiarowym, tzw. izometrii**. Charakteryzuje się ona tym, że osie układu współrzędnych rozmieszczone są względem siebie pod jednakowym kątem 120°, zatem kąty skróceń w trzech głównych kierunkach są jednakowe. Oznacza to, że pomiary długości poszczególnych krawędzi w głównych kierunkach rysunku izometrycznego, możemy bezpośrednio wykorzystać do rysowa-

nia rzutów prostokątnych. Uzyskane w ten sposób rzuty prostokątne **zachowałyby wszelkie proporcje, jednak nie dokładne wymiary**, ponieważ te zależą od współczynnika wynikającego z odpowiednich przekształceń geometrycznych.



Przedmioty na założeniach rysunkowych są jednak jednoznacznie zwymiarowane, dlatego nie ma potrzeby posługiwania się pomiarami długości krawędzi i przeliczaniem zmierzonych wartości.

Długość każdej krawędzi może być ustalona na podstawie istniejących ciągów wymiarowych bezpośrednio lub na podstawie prostych obliczeń.

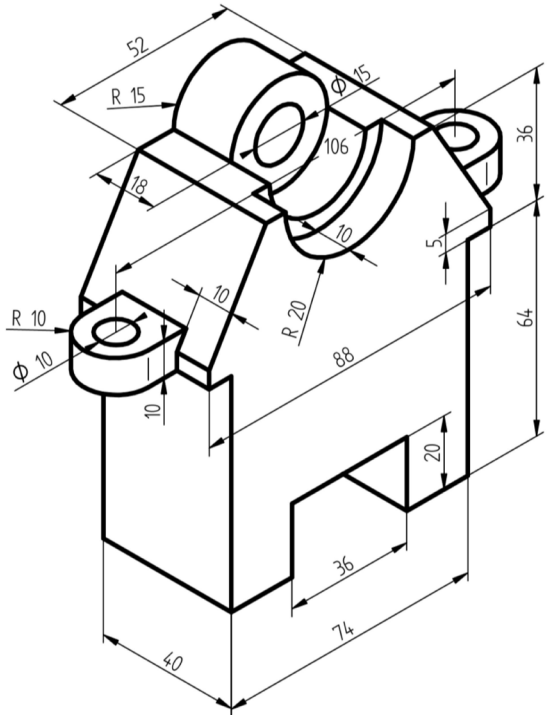


UWAGA

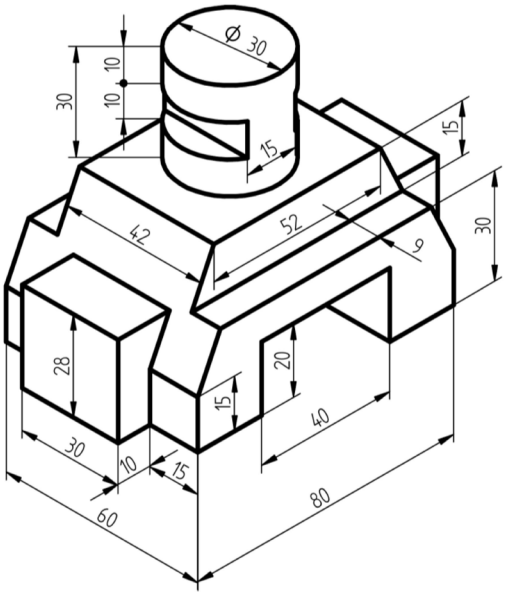
Nie sugeruj się jednak sposobem rozmieszczenia, układem i doborem ciągów wymiarowych na założeniach rysunkowych, które pod tym względem celowo zawierają wiele nieprawidłowości.

Wymiarowanie rzutów prostokątnych jest już samodzielnym zadaniem i stanowi sens omawianego ćwiczenia.

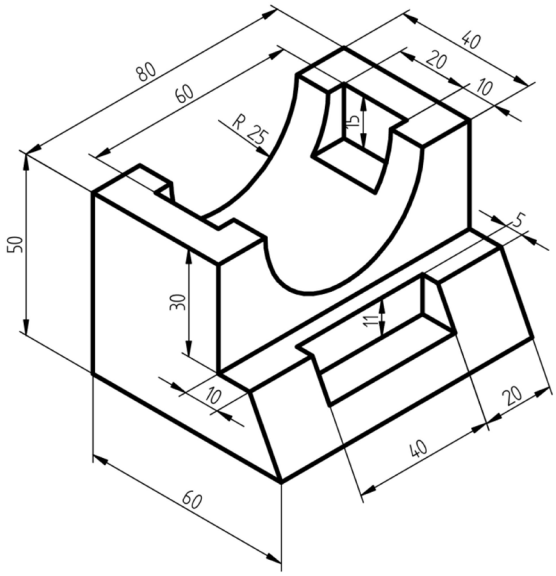
1)


52
R 15
Ø 15
106
36
18
10
5
R 10
Ø 10
10
R 20
88
64
10
20
36
74
40

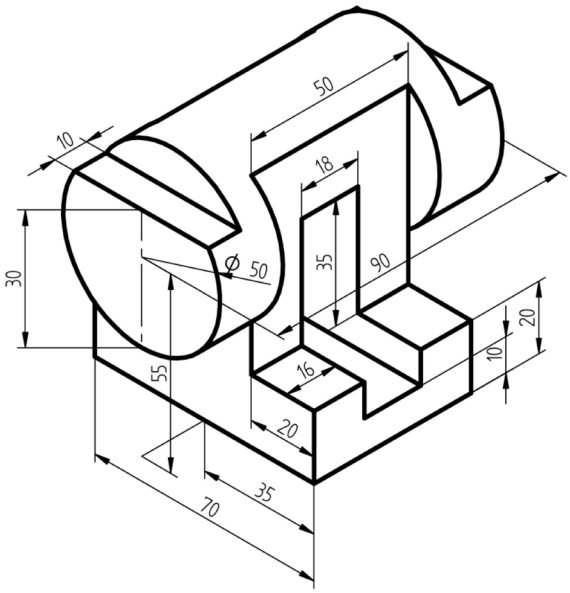
2)


Ø 30
10
10
30
15
15
42
52
9
30
28
20
15
40
30
10
15
60
80

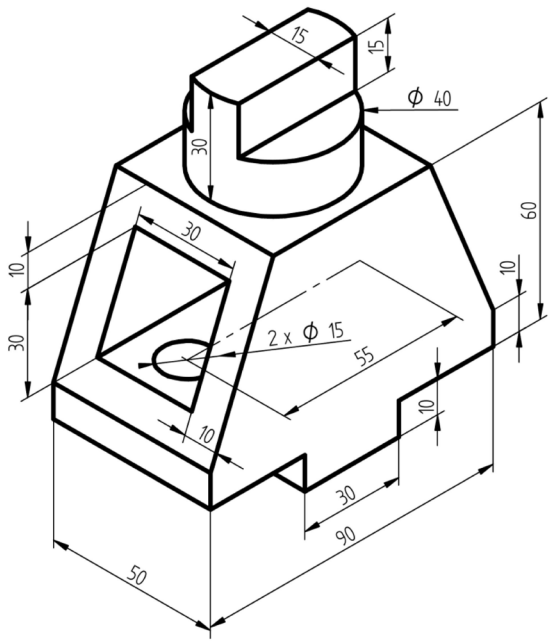
3)


80
60
40
20
10
R 25
15
50
30
5
11
10
20
40
60

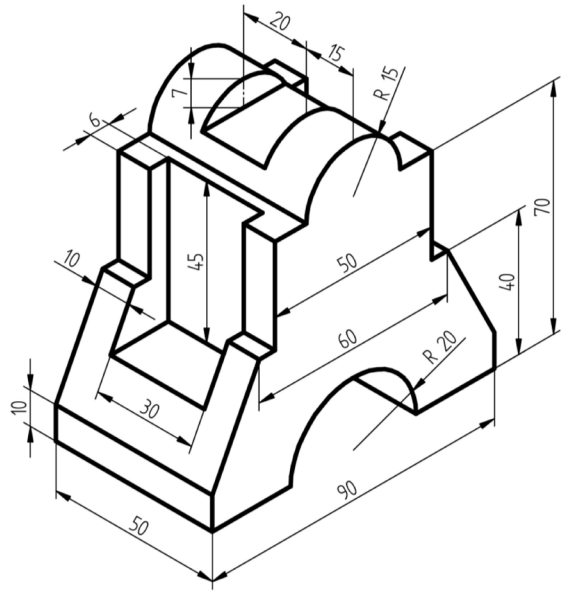
4)


50
10
18
30
Ø 50
35
90
20
10
16
55
20
35
70

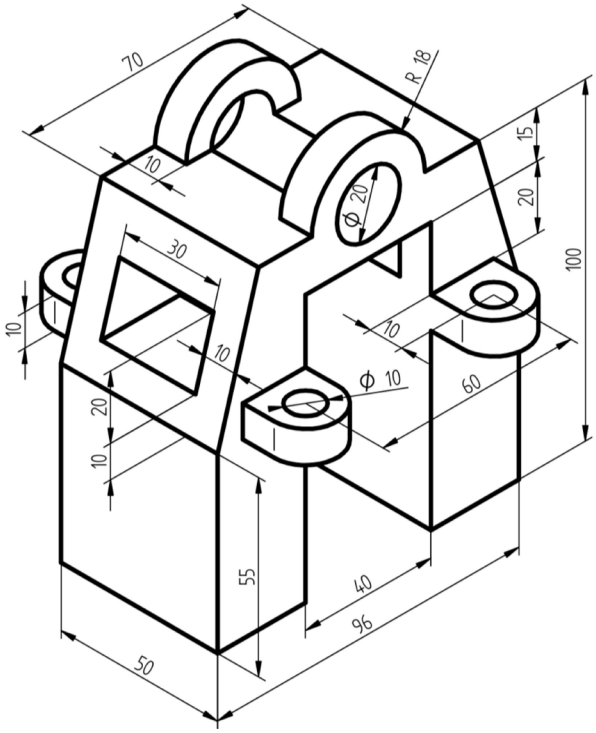
5)


15
15
ϕ 40
30
60
30
10
10
30
2 x ϕ 15
55
10
10
30
90
50

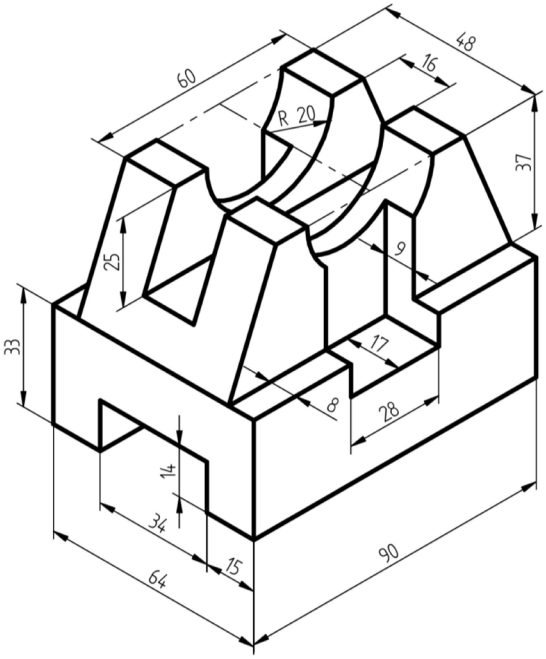
6)


20
15
R 15
7
6
70
10
45
50
40
60
R 20
10
30
90
50

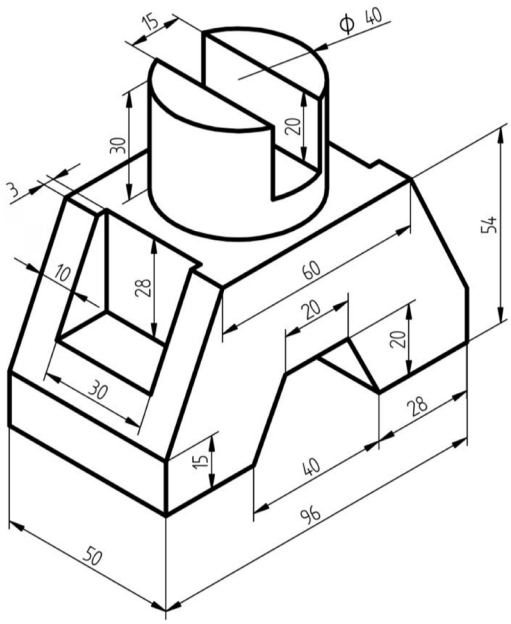
7)


70
10
R 18
15
20
100
Φ 20
30
10
10
10
Φ 10
60
20
10
55
40
96
50

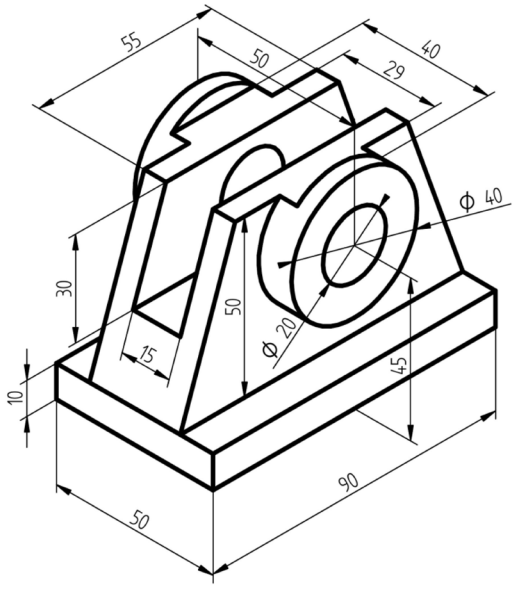
8)


60
48
16
R 20
37
25
9
33
17
8
28
14
34
15
64
90

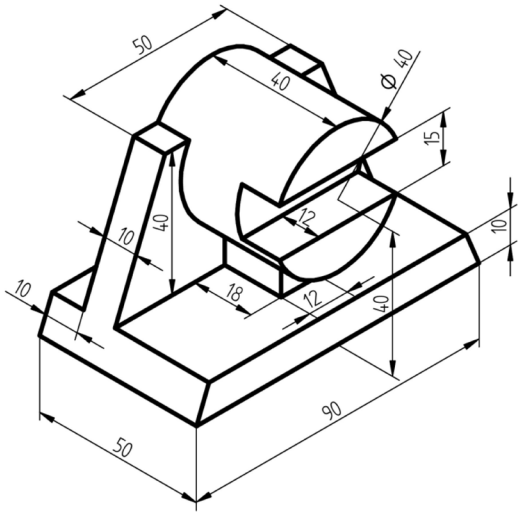
9)


15
ϕ 40
30
20
3
10
28
60
54
20
20
30
28
15
40
96
50

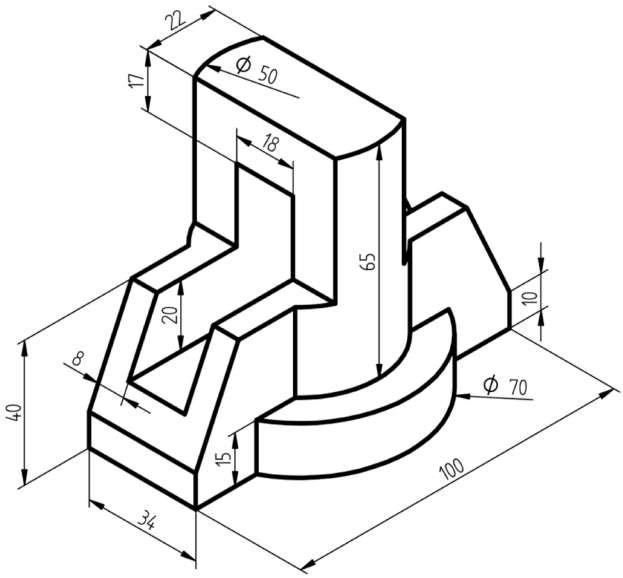
10)


55
50
40
29
ϕ 40
30
50
ϕ 20
15
45
10
90
50

11)


50
40
ϕ 40
15
10
40
10
12
10
18
12
40
90
50

12)


22
17
ϕ 50
18
65
10
20
8
40
ϕ 70
15
100
34



6.2.4. ZADANIE: Rysunek techniczny wałka na podstawie skanowanego rysunku do pliku graficznego

Merytorycznym celem ćwiczenia jest nauka wymiarowania wałków od baz obróbkowych i **rozwinięcie umiejętności uwzględniania przewidzianej technologii wykonania detalu** w **opracowywanej dokumentacji rysunkowej.**

Celem technicznym jest natomiast opanowanie umiejętności odtwarzania rysunków technicznych na podstawie skanowanych obrazów, których jakość może być różna. Założenia rysunkowe zostały wykonane w **odpowiednio pogorszonej jakości graficznej, aby zasymulować pracę** z **trudniejszymi przypadkami.**

Nie zawsze rysunek techniczny wykonywany jest od nowa w programie CAD. Niekiedy zadanie polega na odtworzeniu (przerysowaniu) istniejącej, tradycyjnej dokumentacji technicznej w celu dalszej modyfikacji bądź po prostu jej cyfryzacji. W tym celu można posłużyć się obrazem skanowanych rysunków, umieszczanym w nowym projekcie w charakterze „podkładki".

Dzięki temu proces rysowania jest szybszy, szczególnie gdy źródłowy rysunek nie zawiera ciągów wymiarowych, które ułatwiłyby odtworzenie rysunku. W przedstawiony w tym ćwiczeniu sposób można uniknąć żmudnych pomiarów dla zachowania odpowiednich proporcji i skali rysunku.

Treść zadania

Narysuj rzut wałka na podstawie założeń zawartych w pliku graficznym o obniżonej jakości. Zwymiaruj wałek względem baz obróbkowych, biorąc pod uwagę technologię jego wykonania.

A. Pobierz wskazany przez nauczyciela plik założeń w graficznym formacie *.jpg. lub pozyskaj go drogą skanowania z niniejszego skryptu.
B. Osadź plik graficzny w arkuszu modelu 2D. Obróć obraz wałka tak, aby wypoziomować jego oś, a następnie wyskaluj tak, aby jego długość wynosiła 140 mm.
C. Traktując osadzony obraz rastrowy jako podkładkę, wykonaj rysunek techniczny wałka, przybliżając jego wymiary nominalne.

D. Zwymiaruj otrzymany rysunek, stosując jako bazę podstawy obróbkowe wałka.
E. Umieść rysunek na arkuszu o formacie A4 z wypełnioną aktualnymi danymi tabliczką rysunkową. Nie zapomnij o wpisaniu numeru rysunku i numeru założeń.

Przykład rozwiązania

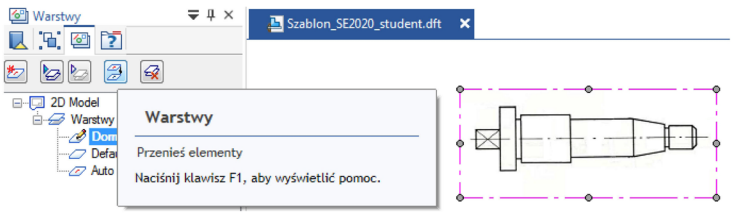
Do rysowania wałka, należy przyjąć poziomą orientację arkusza. Sposób przygotowania arkusza rysunkowego został opisany w pierwszej części niniejszego skryptu.

Import założeń w **postaci pliku grafiki rastrowej**

Wybierz górną zakładkę **‘Narzędzia główne’**, a następnie w boksie **‘Wstawienie’** odszukaj i kliknij ikonę **‘Obraz’**. W otwartym oknie kliknij przycisk **‘Przeglądaj…’** i znajdź folder, w którym zapisałeś pobrane założenia. Następnie kliknij przycisk typu plików (domyślnie jest tam **‘Mapa bitowa (*.bmp)’** i wybierz **‘Obraz JPEG’** albo **‘Wszystkie pliki obrazów’**. Wybierz właściwy plik do wstawienia. Obraz zostanie umieszczony w bieżącej warstwie. Upewnij się że numer założeń jest zgodny z zadanym przez nauczyciela.

Dobrą praktyką jest przeniesienie wstawionego obrazu na inną od domyślnej warstwę. Można stworzyć nową lub skorzystać z **istniejącej.** W przykładzie posłużono się warstwą **‘Auto-Hide’**.

Wybierz narzędzie **‘Zaznacz’**, kliknij w ramkę obrazka aby go zaznaczyć. Następnie kliknij przycisk **‘Warstwy – przenieś elementy’** i z listy warstw wybierz np. **‘Auto-Hide’**.



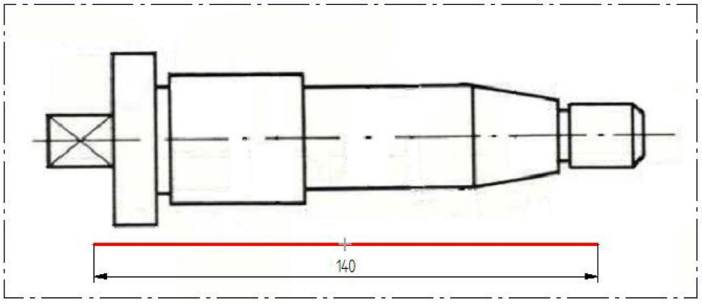
Rys. 6.2.4.1. Sposób przeniesienia wstawionego obrazu rastrowego do innej warstwy w celu ułatwienia procesu odrysowania jego zawartości

Obraz został przeniesiony, choć na pierwszy rzut oka nie widać różnicy. Możesz jednak kliknąć prawym na warstwie **‘Auto-Hide’** i wybrać **‘Ukryj’**. Obraz powinien zniknąć, jednak będzie nam potrzebny, więc przywróć go wybierając **‘Pokaż’**.

To jest dobry moment na zapisanie projektu. Kliknij przycisk aplikacji w górnym lewym rogu i użyj **‘Zapisz jako’**, aby nie nadpisywać szablonu, który potrzebny będzie do kolejnych zajęć.

Wyrównanie i **przeskalowanie obrazu założeń**

Plik graficzny nie jest właściwie wyskalowany. Należy przyjąć że rzeczywista długość wałka wynosi 140 mm. Zakładając że aktywna warstwa (nazwa pogrubiona) to warstwa domyślna, narysuj na niej poziomą linię o długości 140 mm. Najlepiej zmień jej kolor na kontrastowy – np. czerwony.



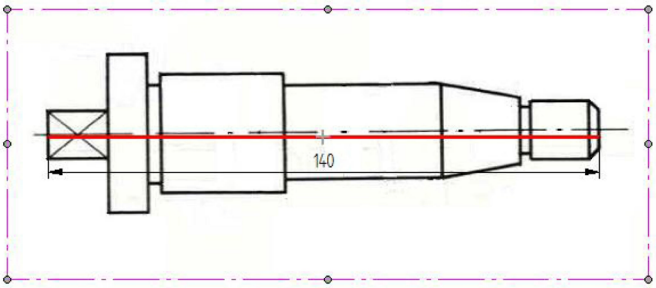
Rys. 6.2.4.2. Przygotowanie referencyjnego odcinka o długości 140 mm w celu właściwego wyskalowania wstawionego obrazu wałka

Następnie przy użyciu narzędzia ‘Zaznacz’ wskaż ramkę obrazka i przeciągaj za punkty narożne aby dopasować rozmiar lub za odcinki aby dopasować położenie względem linii.

UWAGA

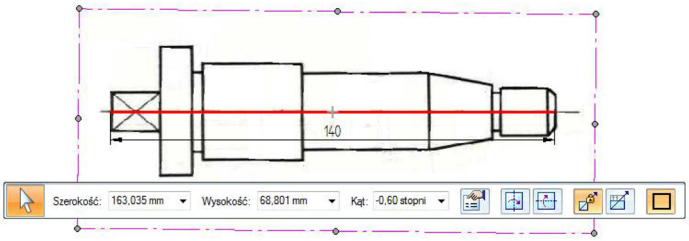
Nie przeciągaj za punkty środkowe odcinków, ponieważ powoduje to nieproporcjonalne skalowanie.

Współczynnik kształtu jest domyślnie zablokowany przyciskiem na wstążce, jednak w przypadku pomyłki najlepiej cofnij ostatnią operację, aby uniknąć odtworzenia zniekształconego rysunku.



Rys. 6.2.4.3. Ilustracja sposobu skalowania obrazu rastrowego w celu uzyskania długości wałka równej 140 mm

Oś skanowanego rysunku nie jest pozioma, dlatego należy rysunek obrócić dobierając odpowiednią wartość kąta wpisywana w polu **'Kąt'** na wstążce.



Rys. 6.2.4.4. Ilustracja sposobu wyprostowania obrazu wałka przez edycję wartości pola 'Kąt' na pasku narzędzia 'Zaznacz'

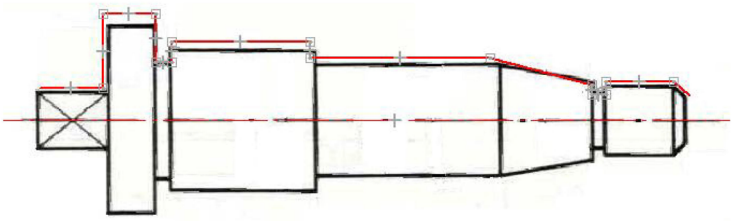
Rozpoczęcie rysowania

Upewnij się, że masz włączone opcje **‘Zachowaj relacje’** i **‘Symbole relacji’**.

Kliknij prawym przyciskiem myszy na warstwie **‘Auto-Hide’** i wybierz **‘Zablokuj możliwość zlokalizowania’**. W ten sposób rysując na domyślnej warstwie nie przesuniesz lub nie zmodyfikujesz przypadkowo znajdującego się pod spodem obrazu. Usuń poprzednio narysowaną linię.

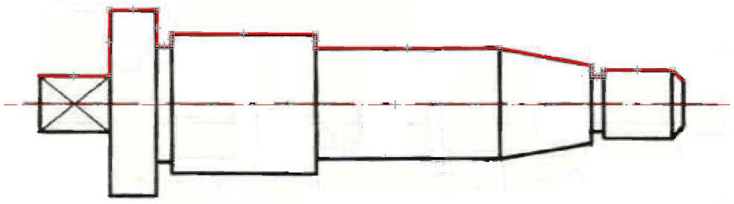
Wybierz narzędzie linia. Wybierając na wstążce odpowiednie rodzaje linii, zmieniaj również ich kolor na kontrastowy, np. czerwony. Narysuj oś symetrii wybierając rodzaj ‘**Wyśrodkuj’**. Następnie obrysuj górne krawędzie wałka linią **‘Widoczne’**. Nie musisz tego robić precyzyjnie – ważne, aby podczas rysowania powstawały pożądane relacje poziomości i pionowości oraz żeby zgadzała się liczba odcinków.

Podczas rysowania **może przeszkadzać tzw. ‘wskaźnik wyrównania’**, przez który mogą powstawać niepożądane relacje wyrównania elementów szkicu. Możesz wyłączyć tą opcję w boksie ‘IntelliSketch’ lub po prostu unikać pojawiającego się wyrównania przez powiększenie obszaru lub przesunięcie kursora w inne miejsce.



Rys. 6.2.4.5. Wykonanie przybliżonego szkicu głównych krawędzi wałka linią o kontrastowym kolorze

Przy użyciu narzędzia **‘Zaznacz’** dopasuj narysowany kontur do obrysu wałka. Przeciągaj za punkty narożne lub za odcinki, ale nie w ich środkach, ponieważ tam znajdują się symbole relacji ‘poziomo-pionowo’.

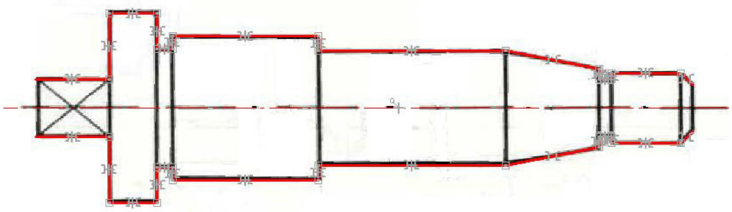


Rys. 6.2.4.6. Dopasowanie narysowanych krawędzi do obrysu wałka przez przeciąganie wierzchołków odcinków narzędziem 'Zaznacz'

Dobrą praktyką jest zablokowanie osi symetrii klikając ją narzędziem 'Zaznacz' a **następnie ikonę 'Blokuj' (kłódka)** w **boksie 'Relacje'. Na środku linii powinna pojawić się szpilka. Dzięki temu unikniemy przypadkowych przesunięć względem odtwarzanego obrazu.**

Następnie wykonaj odbicie symetryczne konturu wałka. W tym celu zaznacz odpowiednie odcinki najlepiej przez przeciągnięcie kursora z wciśniętym lewym przyciskiem myszy. Z boksu **'Rysuj'** wybierz **'Odbicie lustrzane'**, kliknij lewym w oś symetrii, a następnie prawym przyciskiem myszy w celu zakończenia operacji.

Popraw dopasowanie narysowanego konturu minimalizując odchyłkę względem oryginału zarówno dla dolnego jak i górnego obrysu. Oś nie powinna się przesuwać, o ile wcześniej została zablokowana.

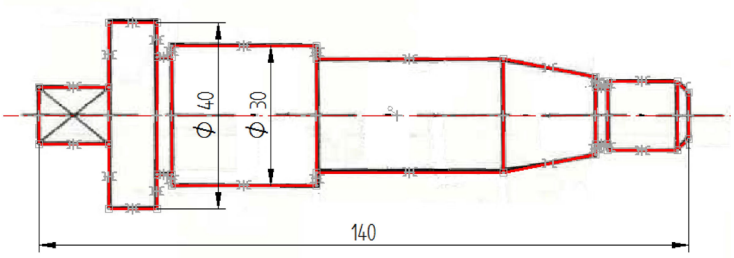


Rys. 6.2.4.7. Wynik wykonania odbicia lustrzanego względem osi symetrii – widoczne symbole relacji

Kontynuowanie rysowania bez „podkładki"

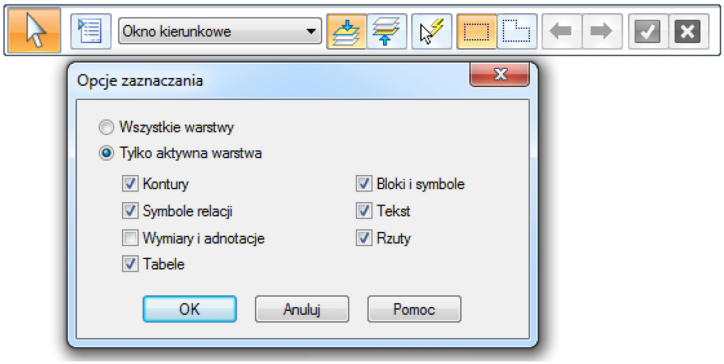
Dorysuj pionowe krawędzie. Rozpocznij wymiarowanie zadając wymiary sterujące i dobierając zbliżone, zaokrąglone wartości liczb wymiarowych. Zadawaj odpowiednie wymiary i prowadź je w wyrów-

nanych ciągach wymiarowych. Zastosuj układ wymiarowania od baz obróbkowych.



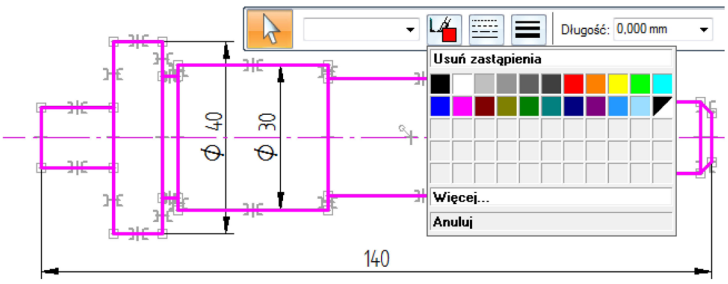
Rys. 6.2.4.8. Zadawanie pierwszych wymiarów sterujących, zgodnie z koncepcją wymiarowania rysunku technicznego wałka

Gdy już „podkładka" nie będzie potrzebna, kliknij prawym przyciskiem w drzewie warstw na nazwie **'Auto-Hide'** i wybierz **'Ukryj'**. Zaimportowany obraz powinien zniknąć. Wybierz narzędzie **'Zaznacz'**, następnie na wstążce kliknij ikonę **'Opcje'** (notesik) i wyłącz fiszkę **'Wymiary** i **adnotacje'**.



Rys. 6.2.4.9. Zmiana opcji narzędzia 'Zaznacz' w celu selektywnego zaznaczenia przez przeciągnięcie oknem linii wraz z symbolami relacji, ale bez ciągów wymiarowych

Zaznacz cały rysunek w dowolny sposób (najlepiej przeciągając oknem) i na wstążce zmień kolor, ale nie na czarny – tylko kliknij **'Usuń zastąpienia'**. To spowoduje zresetowanie linii do ustawień zdefiniowanych w stylach, których domyślny kolor jest właśnie czarny.

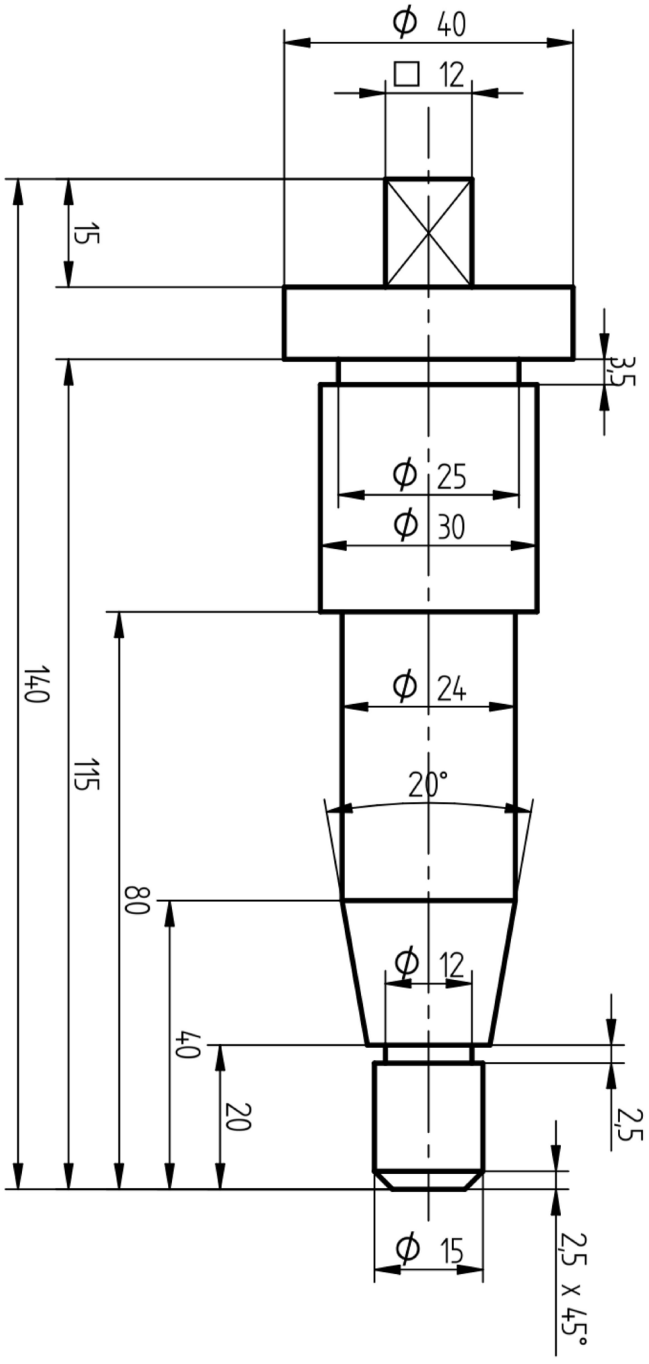


Rys. 6.2.4.10. Edycja grupy zaznaczonych krawędzi w celu przywrócenia domyślnego koloru linii – możliwa dla wspólnych cech elementów tego samego rodzaju

UWAGA

W opcjach narzędzia ‘Zaznacz’ włącz z powrotem fiszkę ‘Wymiary i adnotacje’ aby umożliwić edycję wymiarów.

Kontynuuj wykonywanie rysunku, zadając wszystkie niezbędne wymiary zgodnie ze znanymi zasadami rysunku technicznego maszynowego. **Umieść gotowy rysunek na arkuszu** z **odpowiednią tabliczką rysunkową**. Nie zmieniaj wpisanej podziałki 1:1 ponieważ uznajemy że rzeczywisty wałek ma właśnie założone 140 mm długości. Poniżej przedstawione jest gotowe rozwiązanie opisanego przykładu. Rysunek został obrócony o 90° z powodów edycyjnych.



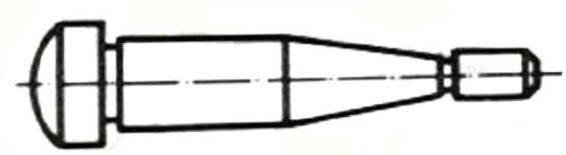
Rys. 6.2.4.11. Gotowy rysunek techniczny wałka (obrócony ze względów edycyjnych) stanowiący rozwiązanie opisanego przykładu

Założenia rysunkowe do ćwiczeń

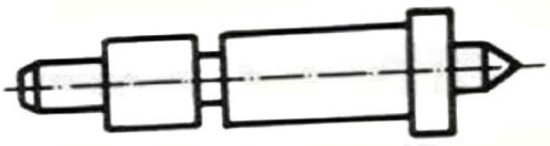
Jakość rysunków na założeniach została celowo pogorszona. Rozdzielczość obrazu jest zmniejszona, krawędzie są mniej ostre, a w dodatku obraz jest nieco obrócony. Stanowi to pewnego rodzaju utrudnienie, które jest jednak często spotykane w praktyce odtwarzania rysunków technicznych na podstawie istniejącej dokumentacji, np. wykonywanej tradycyjnymi technikami kreślarskimi i zachowanej w nie najlepszym stanie.

Poniższe założenia opracowano na podstawie rysunków zawartych w pozycji literaturowej [1].

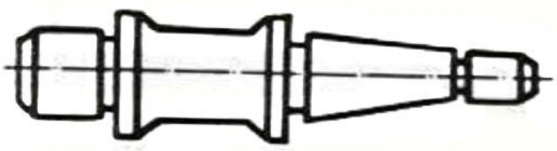
1)



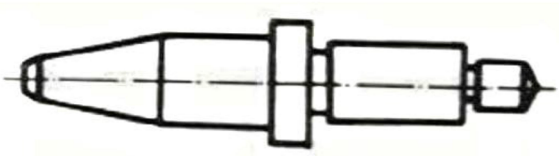
2)



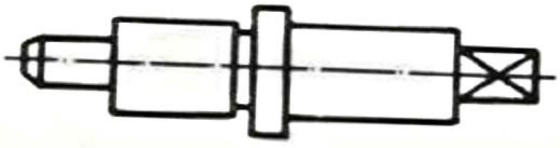
3)



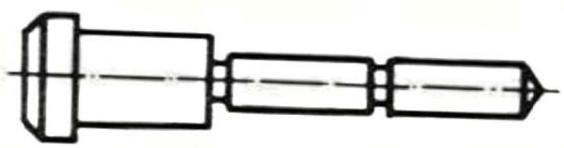
4)



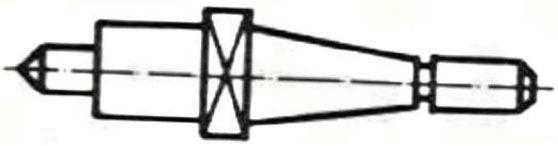
5)



6)



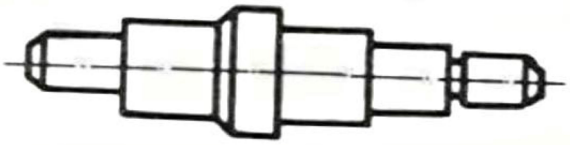
7)



8)



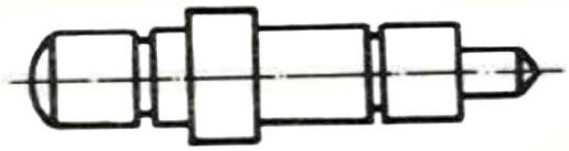
9)



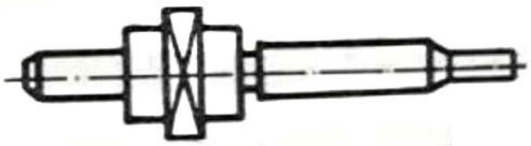
10)



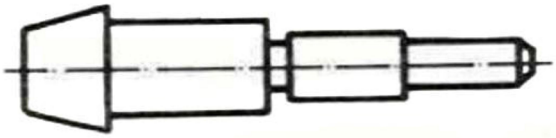
11)



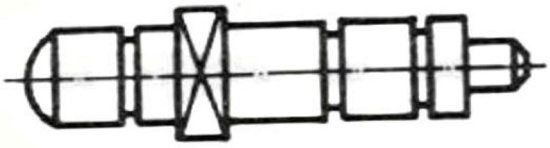
12)



13)



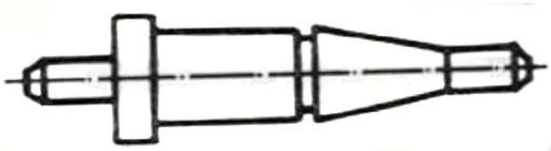
14)



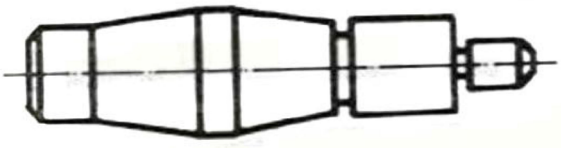
15)



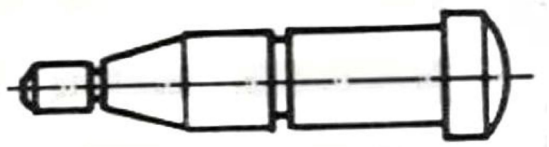
16)



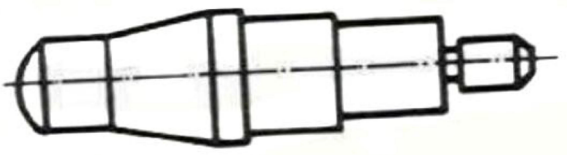
17)



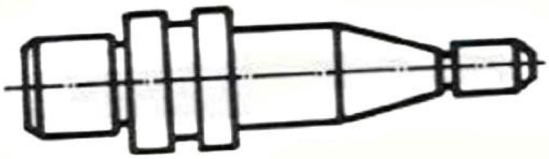
18)



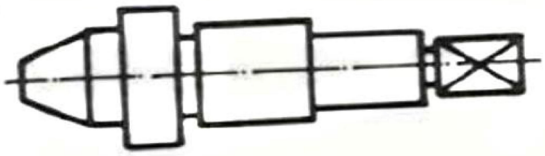
19)



20)



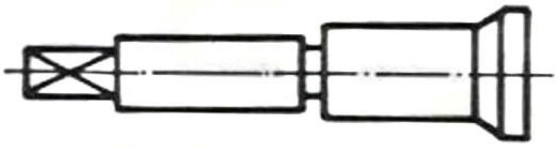
21)



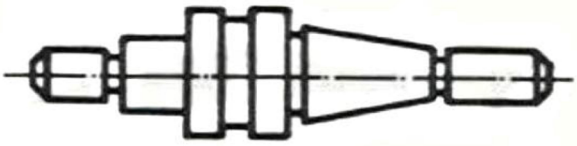
22)



23)



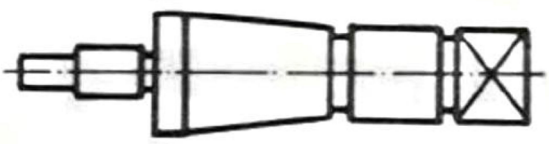
24)

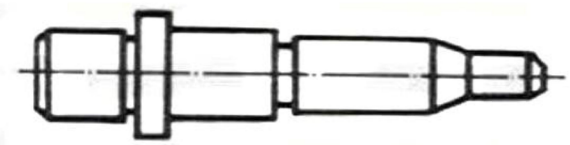
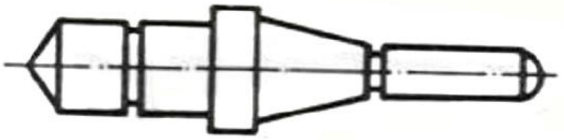
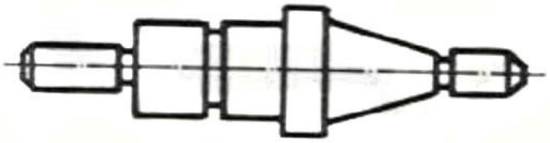
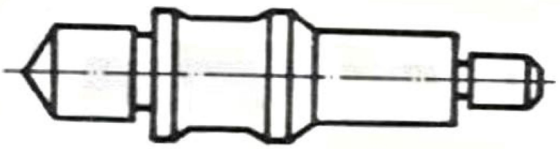


25)



26)



27)	
28)	
29)	
30)	



6.2.5. ZADANIE: Rzut cechowany – rozwiązanie sytuacji przestrzennej na planie warstwicowym



WAŻNE

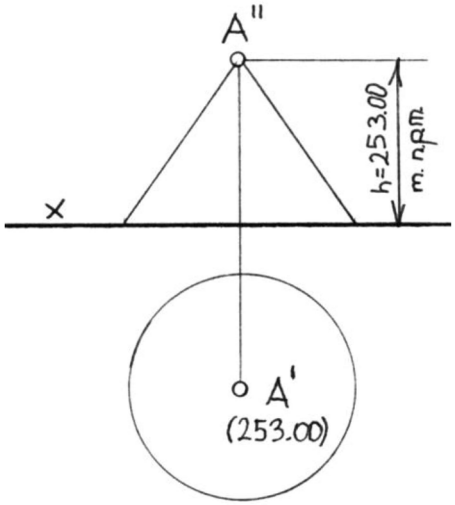
Metoda Monge'a polegająca na rzutowaniu przedmiotu na wzajemnie prostopadłe rzutnie doskonale nadaje się do zapisu konstrukcji.

Nie nadaje się natomiast do takich celów, jak zapis sytuacji przestrzennej terenu i związanej z nim infrastruktury.

W tym przypadku właśnie **widok** z **góry, będący rzutem poziomym, dostarcza najwięcej użytecznych informacji.** Natomiast rzut pionowy, skonstruowany zgodnie z zasadami rysunku maszynowego, obrazowałby oprócz zarysu terenu – widok całej masy obiektów znajdujących się na pierwszym planie oraz w tle, których kontury zachodziłyby na siebie tworząc nieczytelną plątaninę linii. W zapisie sytuacji przestrzennej w terenie, kluczową rolę odgrywa zatem rzut poziomy, będący planem terenu i znajdujących się na nim obiektów.

a) Punkt w rzucie cechowanym

Sam zarys obiektów w **widoku** z **góry oczywiście nie zapewnia możliwości zapisu** i **odczytu wysokości**. Do tego celu w rysunku technicznym maszynowym służy pionowy rzut główny, z którego można odczytać wymiary pionowe. Dla przykładu rozważmy zapis położenia punktu A w przestrzeni, którego obraz został odwzorowany na rzutni poziomej A^{I} oraz pionowej A^{II}.



Rys. 6.2.5.1. Bezpośrednio związane rzuty prostokątne stożka z naniesioną cechą punktu a w widoku z góry

Wyróżniając w przestrzeni oś rzutów x, odczytujemy odległość rzutu pionowego punktu od tej osi jako wysokość, natomiast rzutu poziomego jako głębokość. Możemy sobie wyobrazić, że punkt A jest szczytem wzgórza o wysokości 253 metrów nad poziomem morza. W widoku pionowym pojawi się zarys profilu tego wzgórza, a w widoku z góry możemy określić „granice zasięgu" wzgórza, czyli krawędź przenikania jego powierzchni z płaszczyzną podstawy. Oznaczając z kolei rzut poziomy punktu A cechą (253) otrzymujemy zapis, w którym rzut pionowy staje się zbędny do określenia wysokości wzgórza.

UWAGA

Nazwa metody rzut cechowany wiąże się właśnie z pojęciem cech, stanowiących rzędne wysokości punktów lub linii oznaczonych na rzucie poziomym, czyli w widoku z góry.

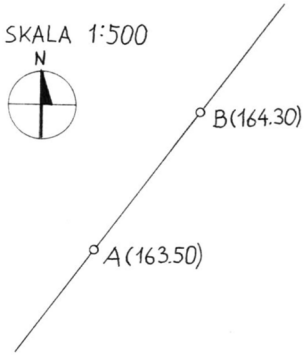
b) Prosta dowolna w rzucie cechowanym

Sam obraz prostej w **widoku** z **góry nie wystarczy aby określić pod jakim kątem i w którą stronę jest nachylona względem rzutni poziomej**. Jednak wystarczy określić cechy dwóch nie pokrywających się punktów należących do tej prostej, aby w sposób jednoznaczny określić położenie tej prostej w przestrzeni tylko na podstawie zapisu w rzucie poziomym.

WAŻNE

Najwygodniej posługiwać się punktami o cechach całkowitych, jednak takich okrągłych wartości zwykle nie otrzymamy w wyniku pomiarów.

W związku z tym, wykonujemy pewne obliczenia, **których celem jest uproszczenie zapisu**. Różnica cech dwóch punktów jest oczywiście odległością pionową Dh między tymi punktami. Natomiast zmierzona w terenie odległość pozioma jest odnoszona na planie z uwzględnieniem założonego współczynnik skali. Załóżmy zatem, że posługujemy się planem o podziałce 1:500, na którym w celu wyznaczenia pewnej prostej (np. osi drogi), zaznaczono dwa zmierzone punkty A i B o cechach odpowiednio (163,50) i (164,30) metra.



Rys. 6.2.5.2. Prosta w rzucie cechowanym wyznaczona punktami A i B o znanych, jednak nie całkowitych cechach

Odległość pionową między tymi punktami policzymy jako wartość bezwzględną różnicy ich cech:

$$Dh_{AB} = |163,5 - 164,3| = 0,8 \text{ [m]}$$

Mierząc odległość poziomą tych punktów na mapie otrzymujemy wynik 3,8 cm, który należy przeliczyć na rzeczywistą wartość uwzględniając obowiązujący współczynnik skali (podziałkę rysunku):

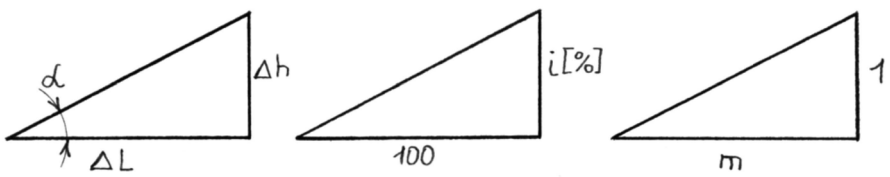
$$\Delta L = 3,8 / (1 : 500) = 1900 \text{ [cm]} = 19 \text{ [m]}$$

W praktyce wygodnie jest integrować stałe liczby wynikające z podziałki oraz przeliczania jednostek w jeden współczynnik, co w omawianym przypadku zredukuje wyrażenie do postaci:

$$\Delta L \text{ [m]} = \Delta L_S \text{ [cm]} \times 5$$

gdzie ΔL oznacza długość rzeczywistą, natomiast ΔL_S długość zmierzoną na mapie (w skali).

Przyrostowi długości ΔL odpowiada przyrost wysokości Dh, co można zobrazować przez odpowiednie przyprostokątne trójkąta. Stosując ten model, możemy wyprowadzić sposób przeliczania najczęściej stosowanych miar pochylenia prostych lub płaszczyzn względem poziomu.



Rys. 6.2.5.3. Ilustracja różnych sposobów określania nachylenia prostych lub płaszczyzn – przydatna do wykonywania przeliczeń na podstawie proporcji lub twierdzenia Talesa

Kąt nachylenia: α = arcus tangens (Dh / ΔL).

WAŻNE

Podawanie wartości kąta wyrażonego w stopniach lub radianach jest najbardziej uniwersalne i najczęściej stosowane w obliczeniach geometrycznych.

Jednak w szczególnych sytuacjach bywa niewygodne, gdy mamy np. do czynienia z wąskim zakresem małych wartości lub ograniczamy rozważania tylko do pierwszej ćwiartki płaskiego układu współrzędnych.

Nie mniej, **przy użyciu skali stopniowej podawana jest wartość kąta stoku naturalnego dla gruntów niespoistych**. W wyniku swobodnego usypywania sypkiego materiału powstaje stożek, którego tworząca jest nachylona właśnie pod tym kątem do płaszczyzny poziomej.

Spadek: i **= (Dh / ΔL) x 100%.**

WAŻNE

Stosowany jest do podawania małych nachyleń, które występują w otaczającym nas środowisku.

Na przykład tabliczka informacyjna umieszczana pod znakiem drogowym ostrzegającym o wzniesieniu przedstawia liczbę wyrażoną w procentach oznaczającą właśnie spadek. Mniejsze wartości spadku można wyrażać w promilach. W ten sposób wyrażane są spadki odcinków sieci kanalizacyjnych, instalacji wodociągowych i centralnego ogrzewania, spadki powierzchni płaskich jak tarasy, balkony, parapety itp.

Nachylenie: n = 1 / (∆L / Dh).

Dość obrazowy sposób na podawanie sporych nachyleń – np. skarp nasypów lub rowów.



WAŻNE

Nachylenie jest wyrażone w postaci ułamka, w liczniku którego znajduje się liczba 1.

Na przykład nachylenie 1/3 można obrazowo zinterpretować jako „jedna łopata w dół, trzy łopaty w bok". Natomiast nachylenie 1/1 oznaczałoby po prostu kąt 45°. Nie mniej, projektując kształt rowów lub nasypów, niezbędna jest znajomość parametrów występującego gruntu – **szczególnie kąta stoku naturalnego**.

Zwiększenie nachylenia związane z przekroczeniem tej wartości spowoduje osuwanie się budowanych skarp, co każdy z pewnością nieraz zaobserwował. Właśnie w takiej sytuacji (zależnie od przypadku) muszą być stosowane odpowiednie umocnienia w postaci prefabrykowanych płyt, konstrukcji betonowych, tzw. geowłókniny lub po prostu roślinności wyższej, zabezpieczającej skarpę korzeniami.

Wracając do przykładu dotyczącego prostej (np. osi drogi) wyznaczonej przez punkty A i B o znanych cechach, jej spadek wyniesie:

i = (0,8 / 19) x 100% = 4,21%

Jak już wspomniano, w celu uproszczenia zapisu sytuacji przestrzennej w rzucie cechowanym, wygodnie posługiwać się **całkowitymi wartościami rzędnych określających wysokość poszczególnych punktów**. Jednostkowy przyrost wysokości wynosi oczywiście 1 metr, któremu dla danej prostej dowolnej odpowiada stały przyrost długości. Znajomość tego przyrostu długości jest tak pomocna w konstrukcjach wykonywanych na planie rzutu cechowanego, że został on zdefiniowany jako **moduł**.

Moduł jest zatem odległością poziomą, której odpowiada **1 metr różnicy wysokości nachylonej prostej**.

W celu obliczenia wartości modułu, można posłużyć się np. twierdzeniem Talesa lub po prostu proporcją. Skoro na 0,8 m wysokości przypada 19 m długości, to na 1 m wysokości przypadnie m:

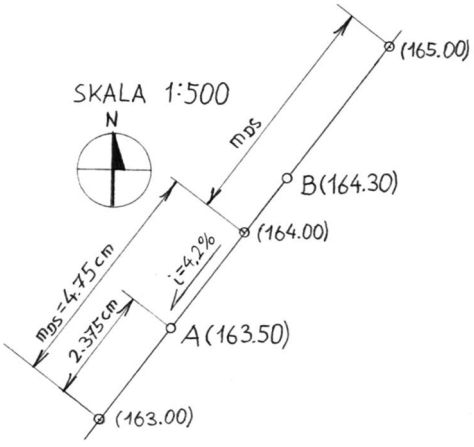
0,8 – 19
1 – m
m = (1 x 19) / 0,8 = 23,75 [m]

Aby posłużyć się modułem m na planie, należy przeliczyć jego **wartość m_S uwzględniając współczynnik skali (podziałkę)**:

m_S [cm] = m [m] x 100 / 500 = 23,75 / 5 = 4,75 [cm]

Wyznaczmy teraz punkty o całkowitych wartościach rzędnych prostej opisanej w przykładzie. W tym celu, odmierzając – na przykład pół modułu w dół po prostej od punktu A o cesze (163,50), wyznaczymy leżący na niej punkt o całkowitej cesze (163,00).

Należy zatem odmierzyć na planie 0,5 x 4,75 = 2,375 [cm] zgodnie z kierunkiem spadku aby otrzymać punkt o cesze (163,00) lub przeciwnie do kierunku spadku, aby otrzymać punkt o cesze (164,00).



Rys. 6.2.5.4. Rzut cechowany tej samej co poprzednio prostej z naniesionymi na podstawie obliczeń sąsiednimi punktami o całkowitych cechach

Wybierając punkt B o cesze (164,30) jako punkt odniesienia, w celu otrzymania sąsiednich całkowitych rzędnych, należałoby „pójść” 0,7 modułu „w górę” lub 0,3 modułu „w dół”.

c) Powierzchnia (topografia terenu) w rzucie cechowanym

Z pewnością każdy student spotkał się z pojęciem **planu warstwicowego powierzchni terenu**.

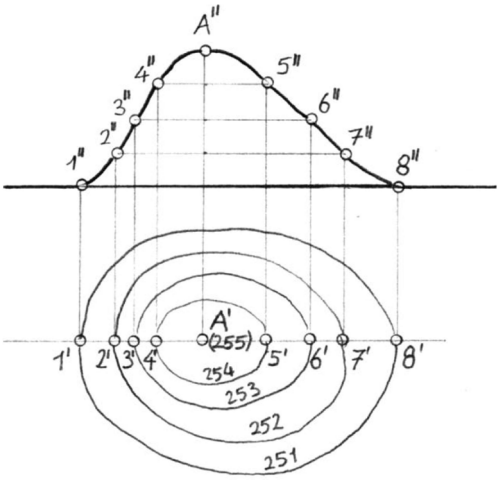
WAŻNE

Powstaje on przez połączenie zrzutowanych na planie punktów o tej samej cesze, liniami krzywymi – właściwymi dla naturalnych form geometrycznych występujących w przyrodzie.

Linie stanowiące nieprzerwany zbiór punktów o tej samej, całkowitej cesze, nazywane są warstwicami.

Kolejne warstwice stanowią jakby kontury danej formy geometrycznej, powstałe na planie w wyniku przekrojów kolejnymi poziomymi płaszczyznami oddalonymi od siebie co 1 metr wysokości.

Biorąc za przykład wzgórze jako formę geometryczną, bliskie sąsiedztwo kolejnych warstwic mówi o stromości zbocza, natomiast warstwice układające się w większej odległości od siebie świadczą o jego łagodności.



Rys. 6.2.5.5. Ilustracja rzutu cechowanego wzniesienia – im mniejsze odległości między sąsiednimi warstwicami tym większe nachylenie powierzchni

Warstwice rysuje się linią cienką ciągłą, natomiast rzędne oznacza się pismem technicznym o wysokości 2,5 mm.

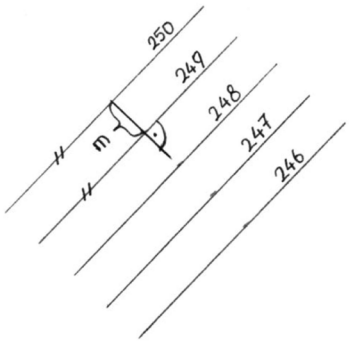
d) Płaszczyzna dowolna w rzucie cechowanym

Jak wykazano, prostą dowolną można przedstawić w rzucie cechowanym jako uporządkowany zbiór rzutów punktów o kolejnych, całkowitych cechach.

WAŻNE

Podobnie płaszczyznę można przedstawić jako uporządkowany zbiór rzutów prostych o kolejnych całkowitych cechach, będących jej warstwicami.

W przypadku płaszczyzny, kolejne warstwice są równoodległe i równoległe do siebie.



Rys. 6.2.5.6. Rzut cechowany nachylonej płaszczyzny – ilustracja pojęcia modułu

Okazuje się, że w celu jednoznacznego opisania płaszczyzny w rzucie cechowanym, **wystarczy wyróżnić** w **niej prostą, która będzie prostopadła do warstwic**. Kolejne punkty powstające w wyniku przecięcia tej prostej z kolejnymi warstwicami powodują jej zestopniowanie. Taka „zestopniowana" prosta nosi nazwę prostej spadu.

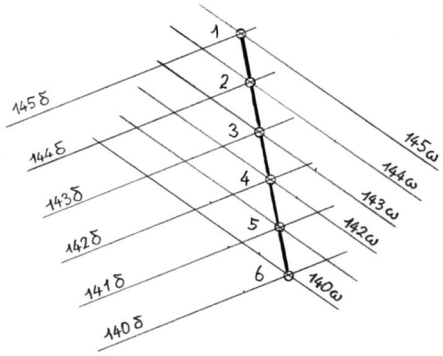
UWAGA

W zasadzie do opisania płaszczyzny wystarczy rzut tej prostej oraz rzuty leżących na niej dwóch sąsiednich punktów różniących się wartością rzędnej o 1 metr.

W razie potrzeby taki zapis możemy łatwo rozwinąć do planu warstwicowego tej płaszczyzny, powielając odległość między opisanymi punktami (moduł) w obu kierunkach oraz prowadząc przez nie proste prostopadłe do prostej spadu (warstwice).

W rzucie cechowanym w łatwy sposób można określić krawędzie przenikania się dwóch płaszczyzn. W tym celu należy znaleźć kolejne punkty, w których przecinają się warstwice o tych samych rzędnych obu płaszczyzn, a następnie połączyć je prostą. W przy-

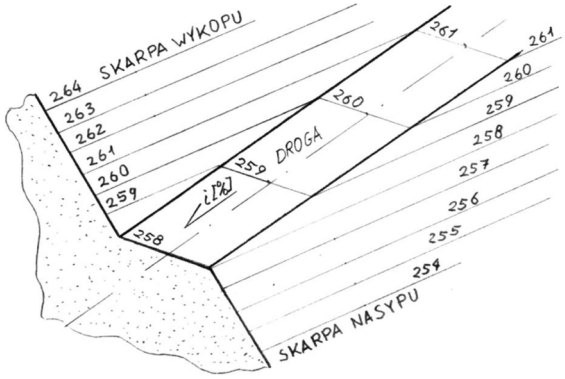
padku przenikania powierzchni niepłaskich, krawędź przenikania stanowi oczywiście pewna krzywa.



Rys. 6.2.5.7. Przykład wyznaczania krawędzi przenikania dwóch nierównoległych płaszczyzn w rzucie cechowanym

Dla przykładu załóżmy, że mamy do czynienia z **odcinkiem drogi, który można przybliżyć pewnym wycinkiem płaszczyzny**. Profil drogi jest nachylony z pewnym spadkiem i_D, natomiast prostopadle do osi drogi wrysujemy kolejne warstwice.

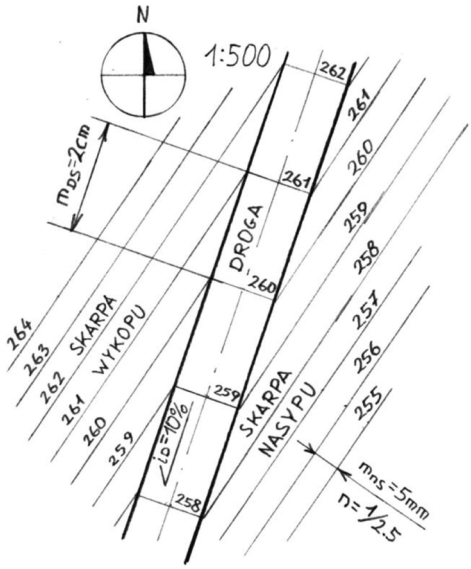
Po prawej stronie znajduje się zbocze nasypu, a po lewej – zbocze wykopu. Obie skarpy dla ułatwienia przybliżamy również płaszczyznami, aby ich warstwice były także liniami prostymi. Zwróćmy uwagę, że warstwica np. (260) wycinka drogi, łączy się spójnie na krawędziach pobocza z warstwicami o tej samej cesze obu skarp.



Rys. 6.2.5.8. Ilustracja tworzenia warstwic na przestrzeni trzech przecinających się płaszczyzn – odpowiednio skarpy wykopu, płaszczyzny drogi i skarpy nasypu

Użyjmy wyobraźni, aby sytuację przedstawioną na powyższym rysunku poglądowym zobaczyć w widoku z góry, w formie rzutu cechowanego. Zwróćmy uwagę jak „rozbiegają się" warstwice zbocza nasypu (zgodnie „z prądem") oraz warstwice zbocza wykopu (jakby „pod prąd") patrząc zgodnie ze spadkiem drogi.

Ta prosta zasada pomaga uniknąć pomyłki w przypadku projektowania zboczy skarp.



Rys. 6.2.5.9. Rzut cechowany tej samej co poprzednio sytuacji przestrzennej, złożonej z trzech przecinających się płaszczyzn z uwzględnieniem podziałki i odpowiednich wartości modułów

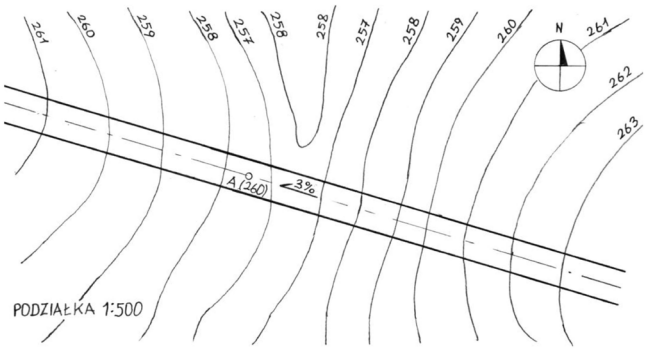
Rozważany **płaski odcinek drogi charakteryzuje się znacznym spadkiem i_D** (10% oznacza 10 metrów różnicy wysokości na 100 metrów długości) z którego wynika moduł drogi m_D (np. 100 / 10 = 10 [m]). Nachylenie skarp jest z pewnością większe, dlatego wyrażane w postaci współczynnika nachylenia np. n = 1/2.5 (załóżmy tą samą wartość dla nasypu i wykopu).

Moduł skarp można odczytać bezpośrednio z nachylenia – przyjmując że „jedna łopata w dół" to jeden metr, natomiast „dwie i pół łopaty w bok" to właśnie 2.5 metra, czemu z definicji równy jest w tym przypadku moduł nasypu m_N lub wykopu m_W. Uwzględniając podziałkę rysunku np. 1:500 otrzymamy m_{DS} = 2 cm, natomiast $m_{NS} = m_{WS}$ = 5 mm.

Przykład rozwiązania

Dany jest plan sytuacyjno-wysokościowy terenu w **skali 1:500,** na którym projektowany jest prosty odcinek drogi o szerokości 6 metrów. W rozważanym obszarze powierzchnia drogi jest wycinkiem płaszczyzny nachylonym wzdłużnie o spadku 3%. W osi drogi został określony punkt o rzędnej 260 m n.p.m.

Z racji formatu niniejszego skryptu i konieczności pomniejszania rysunków podziałka 1:500 nie jest tu zachowana. Kolejne rysunki musiałby zostać powiększone do formatu A4 aby odpowiadały skali. Założenia wydawane w trakcie zajęć do samodzielnego wykonania ćwiczenia rysunkowego są wydawane jako pełnowymiarowe, zachowując określony współczynnik skali.



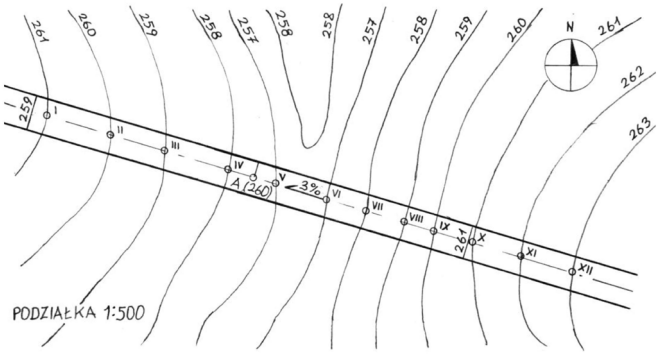
Rys. 6.2.5.10. Przykładowe założenia rysunkowe do wykonania zadania

A. Na planie warstwicowym narysuj i opisz kolejne warstwice płaszczyzny drogi. Oznacz punkty w których oś drogi pokrywa się z kolejnymi warstwicami terenu oznaczając je liczbami rzymskimi.
B. Na oddzielnym arkuszu narysuj profil terenu A-A w osi drogi zakładając podziałkę 1:500 dla kierunku poziomego oraz 1:100 dla kierunku pionowego.
C. Wrysuj profil drogi na odpowiedniej wysokości z odpowiednim spadkiem i określ punkty przecięcia się jej osi z profilem terenu.
D. Na planie warstwicowym wrysuj warstwice nasypów, które należy wykonać w miejscu gdzie powierzchnia projektowanej drogi znajduje się powyżej powierzchni terenu. Nachylenie projektowanych nasypów wynosi n = 1/3.
E. Wyznacz krawędzie przenikania się płaszczyzn nasypów z powierzchnią terenu, określające granice zasięgu projektowanych nasypów. Oznacz koronę nasypów.

Opis rozwiązania

Ad. A:

Pierwszą warstwicę o **rzędnej (260) możemy wrysować natychmiast, ponieważ przechodzi przez dany punkt a o takiej cesze**. Warstwica jest prostopadła do osi, która w tym przypadku jest prostą spadu płaszczyzny drogi. W celu wrysowania kolejnych warstwic należy wyznaczyć moduł drogi w skali – m_{DS}. Znając spadek drogi i_D = 3%, wiemy że 3 metry różnicy wysokości przypada na 100 metrów długości, zatem moduł drogi m_D = 100 / 3 = 33,3 [m]. W skali 1:500 będzie to m_{DS} = 33,3 x 100 / 500 = 6,67 [cm]. Kolejne warstwice wrysujmy zatem co 6,67 centymetrów w obu kierunkach od punktu A.

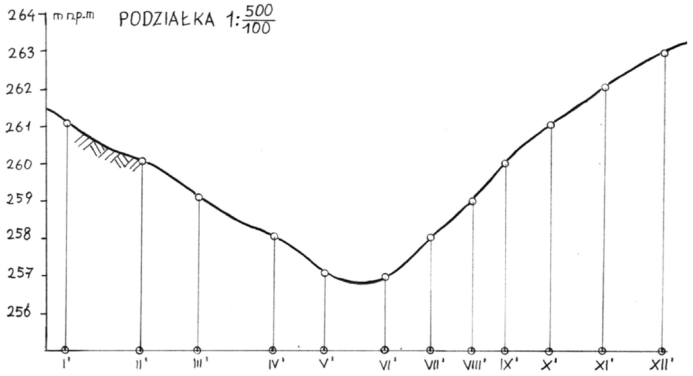


Rys. 6.2.5.11. Naniesienie warstwic drogi oraz oznaczenie punktów krzyżowania się warstwic terenu z osią drogi

Ad. B:

Profil terenu rysujemy podobnie do wykresu, gdzie na osi poziomej odnosimy kolejne punkty przecięcia się warstwic ze śladem płaszczyzny przekroju, przechodzącej w **tym przypadku przez oś drogi.** Ponieważ podziałka osi poziomej jest zgodna z planem sytuacyjno-wysokościowym, odległości pomiędzy kolejnymi punktami przenosimy 1 do 1 np. przy użyciu cyrkla.

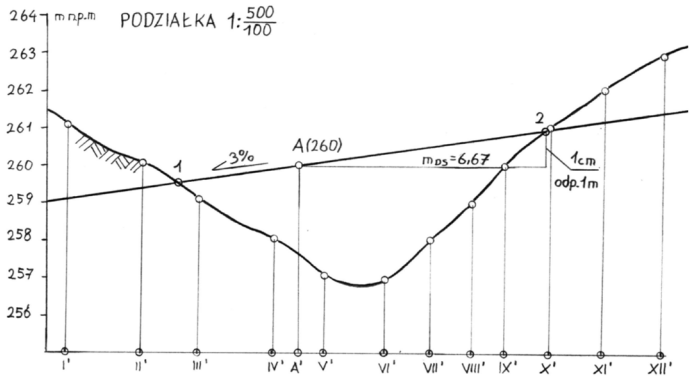
Natomiast oś pionowa jest wyskalowana 1:100, co oznacza że 1 centymetr na rysunku odpowiada jednemu metrowi w terenie. W związku z tym odznaczamy na osi pionowej kolejne rzędne w jedno-centymetrowych odległościach. Nanosimy punkty na tak skonstruowany „wykres" i łączymy je „miękką" krzywą, właściwą dla łagodnych form występujących w przyrodzie. Profil terenu rysujemy linią grubą i oznaczmy wybrany fragment właściwym „trójkreskowym" deseniem.



Rys. 6.2.5.12. Profil terenu w osi drogi wykonany na podstawie planu warstwicowego

Ad. C:

Nanosimy na „wykres" punkt A o **rzędnej (260). Jego położenie poziome określamy względem sąsiednich punktów warstwic oznaczonych liczbami rzymskimi. Położenie pionowe wynika oczywiście** z **cechy.** Odmierzamy od tego punktu 6,67 cm (moduł w skali) w kierunku poziomym oraz 1 centymetr (1 metr w terenie) w kierunku pionowym, wyznaczając w ten sposób drugi punkt prostej profilu drogi. Podane wartości należy odmierzyć tak, aby zachować właściwą stronę spadku – strzałka wskazuje dół, a więc profil drogi powinien opadać w lewą stronę na „wykresie".



Rys. 6.2.5.13. Profil drogi wyznaczony na profilu terenu na podstawie obliczeń i prostej konstrukcji

Punkty 1 i 2 przecięcia profilu drogi z profilem wykresu ograniczają zakres inwestycji. Na tym odcinku będzie znajdował się projektowany nasyp. Warto przenieść te punkty w osi drogi na plan warstwicowy.

Ad. D:

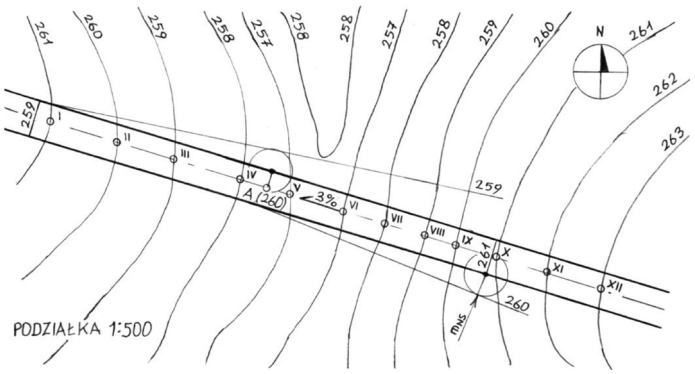
Najtrudniejszym zadaniem jest narysowanie pierwszej warstwicy nasypu. Przede wszystkim należy obliczyć moduł nasypu w **skali m_{NS}.**

Dla nachylenia n = 1/3 moduł nasypu wynosi po prostu 3 m, co w przeliczeniu na skalę rysunku wyniesie: m_{NS} = 3 x 100 / 500 = 0,6 [cm] = 6 mm. Jeden punkt dowolnie wybranej warstwicy jest dany bezpośrednio na krawędzi pobocza, np. od warstwicy drogi o rzędnej (260) będzie odchodziła warstwica nasypu o tej samej rzędnej. Znajdujemy na poboczu drogi kolejny punkt, którego rzędna jest o jeden większa (261). Od tego punktu należy odmierzyć wartość modułu nasypu w skali (6 mm) w kierunku prostopadłym do **warstwicy nasypu.**

Odmierzenie wartości modułu w tym kierunku spowoduje wyznaczenie punktu o cesze o 1 niższej a więc wynoszącej (260), który można byłoby połączyć prostą tworząc właśnie **warstwicę nasypu.** Problemem jest odmierzenie długości odcinka w kierunku prostopadłym do warstwicy, której jeszcze nie narysowaliśmy, bo robimy to właśnie w celu jej narysowania.

Należy posłużyć się **konstrukcją polegającą na wrysowaniu okręgu** o **promieniu równym modułowi nasypu** w **skali i** środku w **punkcie krawędzi pobocza** o **cesze** o **1 metr większej**.

W rozważanym przykładzie punkt o cesze (261) jest jakby wierzchołkiem stożka, którego wysokość wynosi 1 metr, natomiast promień podstawy jest równy modułowi w skali. Zauważmy, że warstwica nasypu o rzędnej (260) będzie styczna do tego okręgu, przez co łatwo jest ją precyzyjnie narysować. Opisana konstrukcja gwarantuje odmierzenie modułu nasypu w skali w kierunku prostopadłym, ponieważ promień okręgu przechodząc przez punkt styczności jest zawsze prostopadły do stycznej.

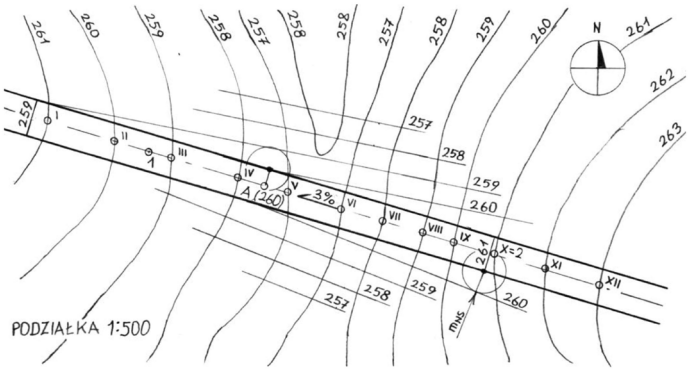


Rys. 6.2.5.14. Konstrukcja ułatwiająca wyznaczenie pierwszej warstwicy płaszczyzny skarpy projektowanego nasypu

Analogicznie, wychodząc z punktu pobocza o rzędnej 260, wyprowadzona została warstwica przeciwległego nasypu o rzędnej 259.

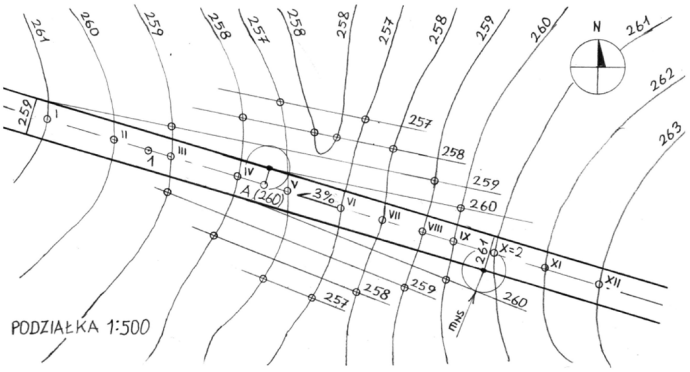
Ad. E:

Wrysowanie kolejnych warstwic nasypu jest już łatwe, ponieważ polega na rysowaniu linii równoległych do pierwszej warstwicy w **odległościach co 6 mm.** Każdą kolejną warstwicę opisujemy cechą o 1 metr niższą. Aby nie zaciemniać rysunku, warstwice należy wrysowywać tylko w obszarze spodziewanego rozwiązania, czyli konstrukcji krawędzi przenikania płaszczyzny nasypu z powierzchnią terenu.



Rys. 6.2.5.15. Wyznaczenie kolejnych warstwic płaszczyzn skarp projektowanego nasypu

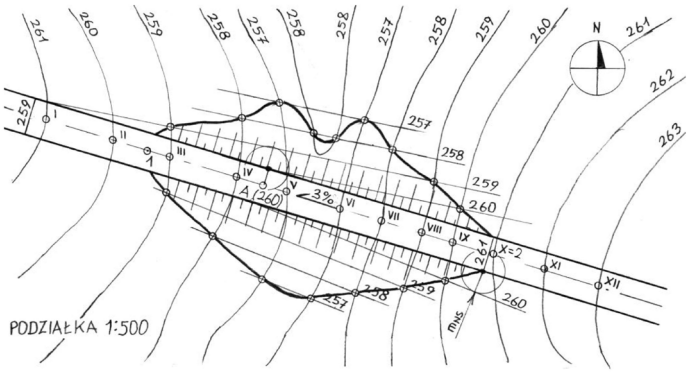
Następnie znajdujemy punkty przecinania się warstwic terenu z warstwicami nasypu o tych samych rzędnych.



Rys. 6.2.5.16. Wyznaczenie punktów wynikających z przecinania warstwic terenu z warstwicami nasypów

W razie potrzeby dokładniejszego rozwiązania, możemy zwiększyć liczbę wyznaczonych punktów, przez wrysowanie warstwic „połówkowych", czyli leżących w równej odległości pomiędzy całkowitymi warstwicami analizowanych powierzchni i uwzględnienie ich w konstrukcji.

Wyznaczone punkty łączymy „miękką" linią określającą granice projektowanego nasypu. Stosujemy w tym celu linię grubą ciągłą rysując ją najlepiej przy pomocy krzywików kreślarskich. Koronę nasypu oznaczamy deseniem składającym się naprzemiennie z dłuższej i krótszej kreski. Analogiczną konstrukcję wykonujemy po przeciwległej stronie nasypu.



Rys. 6.2.5.17. Wyznaczenie krawędzi przenikania powierzchni terenu z płaszczyznami nasypów, określających zewnętrzne granice nasypów

Podsumowanie przedstawionych przykładów

Należy sobie zdać sprawę z poczynionych w celach dydaktycznych uproszczeń.

WAŻNE

Odcinki drogi mogą być w pewnych obszarach przybliżane płaszczyznami, ale zwykle są to powierzchnie charakteryzujące się zmiennym spadkiem.

Warstwice skarp znajdujących się na łukach drogi prowadzonej z pewnym spadkiem będą miały kształt krzywych, sklejanych z łuków o narastającym promieniu.

Pewnym uproszczeniem jest także rysowanie przekroju w osi drogi przy założeniu, że jej oś znajduje się w płaszczyźnie przekroju. W praktyce znacznie częściej wykonywane jest **rozwinięcie** w osi drogi, która jest pewną krzywą określającą bieg drogi wraz z zakrętami. Rozwinięcie różni się tym od wykonanego przekroju, że na osi

poziomej odkładane są długości kolejnych odcinków drogi – niezależnie czy są to odcinki proste, czy odcinki łuków. W rozważanym przypadku nie ma żadnej różnicy między przekrojem a rozwinięciem, ponieważ przykład dotyczył prostego odcinka drogi.

Jednak przedstawione rozwiązanie **ograniczyliśmy tylko do projektu nasypu**.

UWAGA

Zwróćmy uwagę, że z obu stron gdzie kończy się nasyp, konieczne jest zaprojektowanie wykopów, aby utrzymać założony w projekcie prosty profil drogi.

Rozwiązanie tego problemu jest analogiczne jak w przypadku projektowanego nasypu.

Należałoby w tym celu przyjąć wartość współczynnika nachylenia skarp wykopu, wrysować warstwice wykopu (które będą „rozbiegać się" w przeciwną stronę od pobocza niż w przypadku nasypu) oraz znaleźć punkty przecinania się z warstwicami powierzchni terenu.

Założenia rysunkowe do ćwiczeń

Dany jest plan sytuacyjno-wysokościowy terenu w **skali 1:500 na którym projektowany jest prosty odcinek drogi** o **szerokości 6 metrów. W rozważanym obszarze powierzchnia drogi jest wycinkiem płaszczyzny nachylonym wzdłużnie** o **spadku i_{D1} lub i_{D2}. W osi drogi został określony punkt a o rzędnej h_A.**

A. Na planie warstwicowym narysuj i opisz kolejne warstwice płaszczyzny drogi. Oznacz punkty w których oś drogi pokrywa się z kolejnymi warstwicami terenu oznaczając je liczbami rzymskimi.
B. Na oddzielnym arkuszu narysuj profil terenu A-A w osi drogi zakładając podziałkę 1:500 dla kierunku poziomego oraz 1:100 dla kierunku pionowego.

C. Wrysuj profil drogi na odpowiedniej wysokości z odpowiednim spadkiem i określ punkty przecięcia się jej osi z profilem terenu.
D. Na planie warstwicowym wrysuj warstwice nasypów, które należy wykonać w miejscu gdzie powierzchnia projektowanej drogi znajduje się powyżej powierzchni terenu. Nachylenie projektowanych nasypów wynosi n = 1/3.
E. Wyznacz krawędzie przenikania się płaszczyzn nasypów z powierzchnią terenu, określające granice zasięgu projektowanych nasypów. Oznacz koronę nasypów.

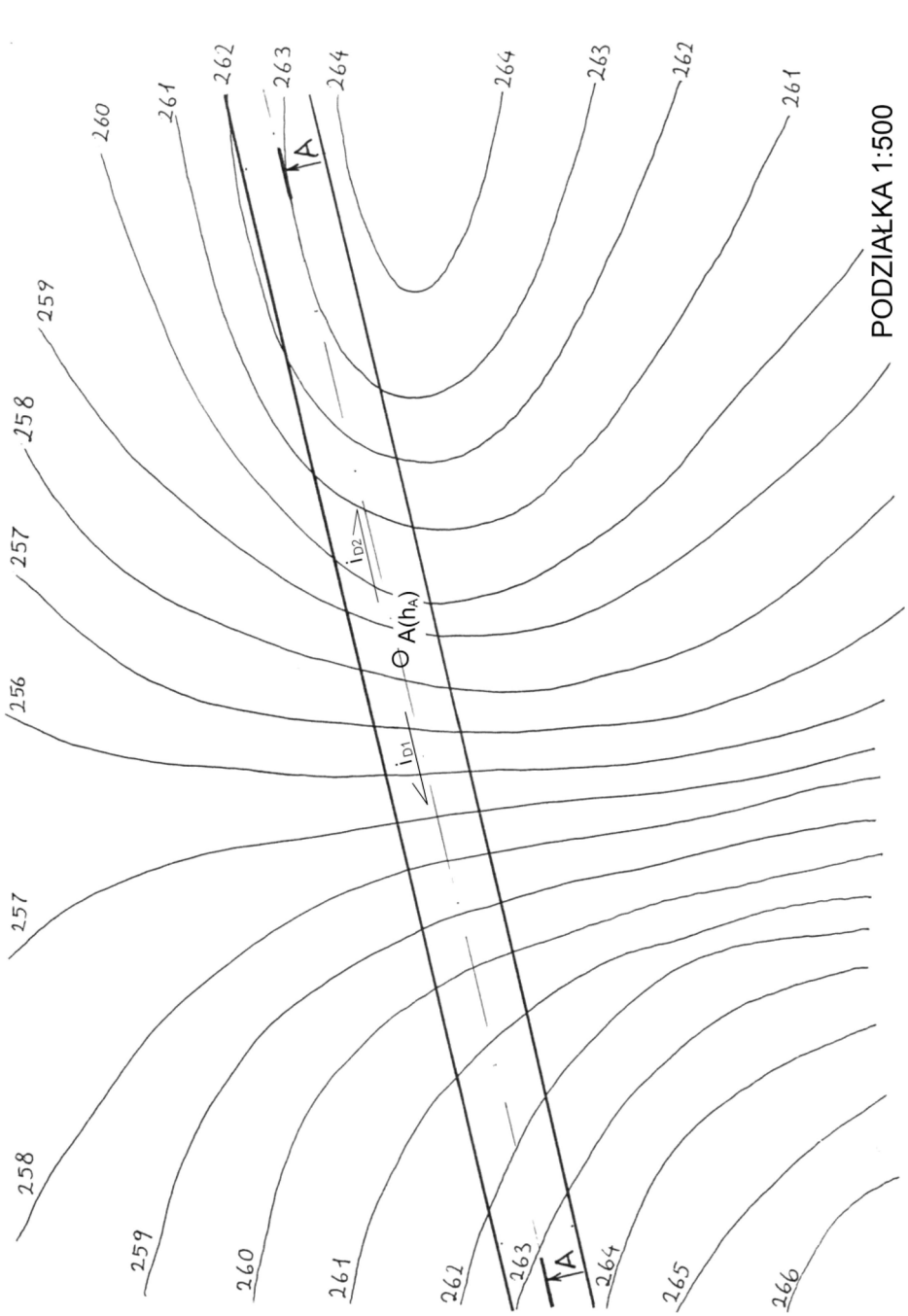


WAŻNE

Wszystkie założenia rysunkowe wydawane są na podstawie jednakowego planu warstwicowego przedstawionego na zamieszczonym rysunku (wymagane przeskalowanie kopii do formatu A4).

Różnią się między sobą rzędną h_A punktu A należącego do płaszczyzny drogi oraz wartością i kierunkiem spadku i_{D1} lub i_{D2}.

Odpowiednie wartości dla poszczególnych wariantów zostały zestawione w tabeli.


PODZIAŁKA 1:500
A(hA)
iD1
iD2
A
A
258
259
260
261
262
263
264
265
266
257
256
257
258
259
260
261
262
263
264
264
263
262
261

Nr założeń	Rzędna h_A punktu a [m npm.]	Zwrot x spadku i_{Dx}	Wartość spadku i_D [%]
01	261	1	4
02	261	2	3
03	258	2	2,5
04	258	2	2
05	260	1	2,5
06	260	1	5
07	259	2	2
08	260	1	2
09	259	2	5
10	260	1	3

Literatura

1. Bober A., Dudziak M., Zapis konstrukcji. Wydaw. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1995.
2. Bajkowski J.: Podstawy zapisu konstrukcji. Wyd. Politechniki Warszawskiej, 2005
3. Dobrzański T.: Rysunek techniczny maszynowy. WNT, W-wa 2015 i nowsze
4. Droździel P., Gajewski j., Krzywonos L., Nieoczym A., Wójcik A., Zniszczyński A.: Grafika Inżynierska. Przewodnik do ćwiczeń projektowych. Cz. II, Podstawy zapisu konstrukcji. Wyd. LIBER DUO. Lublin 2006
5. Janecki P.H., Informatyka i komputerowe wspomaganie prac inżynierskich, Wydaw. Politechniki Radomskiej, Radom 2012
6. Jaskulski A., AutoCad 2018/LT2018/360+. Kurs projektowania parametrycznego i nieparametrycznego 2D i 3D, Wydaw. Naukowe PWN, Warszawa 2017
7. Kazimierczak G., Pacula B., Budzyński A., Solid Edge: komputerowe wspomaganie projektowania, Helion 2014
8. Kazimierczak G., Solid Edge 8/9, Wydaw. Helion, Gliwice 2011
9. Krawiec P. (red.), Grafika komputerowa: laboratorium. Wyd. 5 rozszerz., Poznań 2011
10. Krzysiak Z., Modelowanie 3D w programie AutoCAD, Wydawnictwa Nauka i Technika, Warszawa 2017
11. Orłowski C., Informatyka i komputerowe wspomaganie prac inżynierskich, PWE, Warszawa 2012
12. Osiński J. (red.), Wspomagane komputerowo projektowanie typowych zespołów i elementów maszyn: praca zbiorowa, Warszawa 2010
13. Pikoń A., Autocad 2018 PL, Helion, Gliwice 2018

14. Schabowska K., Wójcik A., Gajewski J., Zapis konstrukcji, Przewodnik do zajęć projektowych wspomaganych komputerowo. Wydaw. Drukarnia Liber DUO s.c., Lublin 2008
15. Suseł M., Makowski K., Grafika inżynierska z zastosowaniem programu AutoCAD, Wrocław 2015
16. Szymczak P., Solid Edge with Synchronous Technology, Wydaw. CAMdivision. Wrocław 2012

Grafika użyta do rozdzielania poszczególnych rozdziałów:

1. - fanjianhua/Freepik.com
2. - fanjianhua/Freepik.com
3. - mindandi/Freepik.com
4. - mindandi/Freepik.com
5. - mindandi/Freepik.com

RYSUNEK TECHNICZNY DLA INŻYNIERÓW

Część druga
Studia przypadków

Mirosław Guzik

Lublin 2021

Spis treści

Studium przypadku 1.
Grafika wektorowa 2D w odtwarzaniu płaskich elementów o swobodnym kształcie....141
1.1. Opracowanie szablonów do lakierowania ozdobnych elementów motocykla....141
1.2. Opracowanie szablonu do frezowania emblematu silnika motocykla....146

Studium przypadku 2.
Zastosowanie oprogramowania CAD do przygotowania ilustracji dokumentów tekstowych....152
2.1. Aksonometryczne rysunki poglądowe utworzone na podstawie bryły 3D....154
2.2. Przetwarzanie rysunków Solid Edge w celu umieszczenia w dokumentach tekstowych....160
2.3. Zgrubna obróbka skanowanego rysunku technicznego....165

Studium przypadku 3.
Zastosowanie rysunku wektorowego 2D do rozplanowania części budowanego urządzenia....174

Studium przypadku 4.
Odtwarzanie projektu istniejącego budynku mieszkalnego przy użyciu środowiska Solid Edge....179

Studium przypadku 5.
Korekta wykonawczych rysunków technicznych w celu zapewnienia wymaganej jakości wymiarowej....186

Studium przypadku 1.

Grafika wektorowa 2D w odtwarzaniu płaskich elementów o swobodnym kształcie

W programie do grafiki wektorowej 2D jak np. **Solid Edge** w zakresie modułu **‘Rysunek (ISO metryczne)’** można w łatwy sposób tworzyć obrysy, które mogą być wykorzystane do **programowania ścieżek ruchu urządzenia kontrolowanego numerycznie**. Takim urządzeniem, zależnie od docelowej technologii wykonania elementu, może być **frezarka CNC, ploter tnący, wycinarka drutowa, laserowa** itp. Dostęp do tego rodzaju urządzeń jest dość powszechny w formie zlecanych usług. Najważniejsze, to prawidłowo opracować odpowiednie kontury elementu jaki chcemy wykonać, oraz dobrać odpowiedni materiał.

1.1. Opracowanie szablonów do lakierowania ozdobnych elementów motocykla

Szablony lakiernicze, które służą do wykonania elementów dekoracyjnych można wykonać ręcznie. Jednak zdecydowanie **lepszą jakość**, a w przypadku renowacji – **wierność oryginałowi** – można uzyskać, korzystając z łatwo dostępnych **narzędzi komputerowych**. W ten sposób wykonamy projekt w różnych wersjach, które można edytować, aż do uzyskania oczekiwanego efektu lub w identycznych kopiach, które można wykorzystać do przeprowadzenia praktycznych prób.

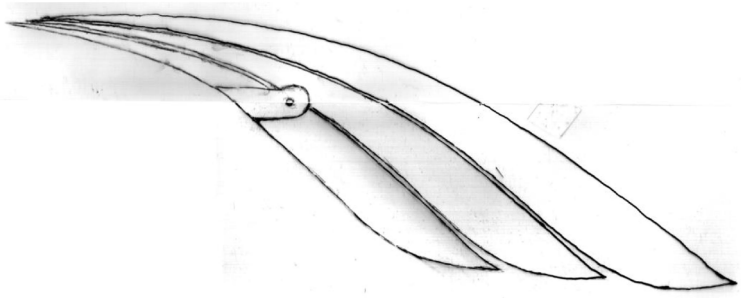
Motocykl przeznaczony do renowacji będzie wymagał położenia nowego lakieru. Chcąc zachować oryginalny wygląd motocykla, warto postarać się o **odtworzenie lakierowanych elementów ozdobnych**, jak te umieszczone na zbiorniku paliwa. W przypadku nowszych lub popularnych motocykli, odpowiednie szablony a nawet gotowe naklejki, przeznaczone do lakierowania konkretnej marki i modelu motocykla, można dość ławo nabyć. Natomiast w przypadku rzadszych egzemplarzy, najczęściej okazuje się, że jesteśmy zdani tylko na własną pomysłowość.



Rys. 1.1. Odtwarzane elementy ozdobne na zbiorniku paliwa motocykla

Kształt elementu możemy odrysować posługując się kalką techniczną. W tym projekcie z powodu braku lepszego nośnika, wykorzystano folię do bindowania odzyskaną ze zbędnego dokumentu. Ponieważ element jest nieco większy od rozmiaru arkusza A4, należało go wykonać w dwóch łączonych częściach. Odpowiedni kształt został odrysowany na folii przy użyciu długopisu.

Następnie arkusze zostały przekształcone przy użyciu domowego skanera dokumentów do plików grafiki rastrowej, które z kolei zostały poddane zgrubnej obróbce i połączeniu w typowym do tego celu programie jak np. GIMP.



Rys. 1.2. Obraz rastrowy złożony w programie graficznym GIMP z dwóch skanów folii z odrysowanym na motocyklu wzorem

Pliki rastrowe mogą być użyte jako „podkładka" do łatwego odtworzenia szkicu, o czym była mowa w jednym z ćwiczeń opisanych w skrypcie. Jednak nie zawsze najlepszym do tego celu będzie Solid Edge.

Niekiedy lepiej posłużyć się innym programem do grafiki wektorowej, umożliwiającym pracę na warstwach. W tym przypadku wykorzystano program **CorelDRAW** w leciwej wersji 9.0. Rysowanie krzywych w tego rodzaju programie do grafiki komputerowej różni się od metody stosowanej w oprogramowaniu typu CAD. W pierwszym przypadku najczęściej mamy do czynienia z **krzywymi Beziera**, natomiast w drugim – są **to krzywe B-sklejane, tzw. „Splainy"**.



WAŻNE

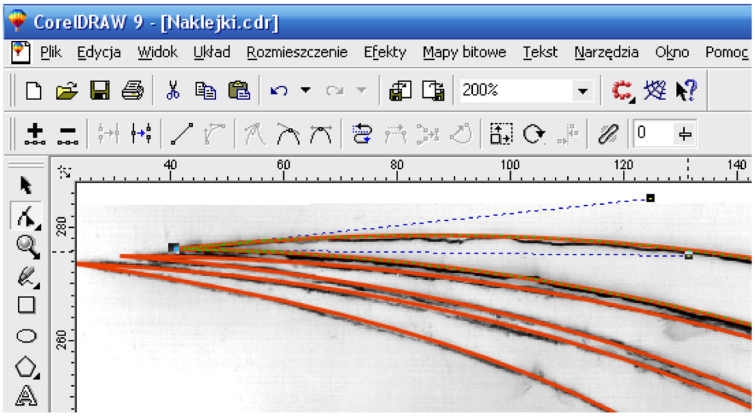
Za pomocą krzywych Beziera łatwiej obrysujemy swobodny kształt i dopasujemy je do niego. Natomiast swobodna edycja krzywych B-sklejanych jest zdecydowanie mniej intuicyjna, ale za to powtarzalna, bo łatwo daje się określić ciągami wymiarowymi lub relacjami.

Opisane różnice i zakres projektu przesądziły o wyborze właśnie programu CorelDRAW do dalszej pracy.

Po umieszczeniu **obrazu grafiki rastrowej (tzw. „bitmapy") w projekcie CorelDRAW**, należy sprawdzić rozmiar rysunku. Wskutek przekształceń lub zastosowania nieodpowiednich ustawień skanera, albo nieodpowiedniego formatu pliku, może on nie zachowywać odpowiedniej skali, co w grafice rastrowej ściśle zależy od współczynnika rozdzielczości wyrażonego w „dpi" (*dots per inch*).

W tym celu **mierzy się odległość miedzy charakterystycznymi punktami rysunku i przeskalowuje go** tak, aby uzyskać wartość zgodną ze zmierzoną na rzeczywistym obiekcie. Jeśli program nie oferuje odpowiedniego narzędzia do pomocniczych pomiarów (jak np. 'linijka'), można posłużyć się narzędziem do rysowania linii prostych i odczytać jej wektorowe właściwości (jedną z nich jest właśnie długość).

Właściwy rysunek został wykonany kontrastowym kolorem na innej warstwie, zabezpieczając „podkładkę" przy użyciu odpowiednich opcji warstwy przed przypadkowym przesunięciem. W przypadku **krzywych Beziera kolejne węzły zadaje się w szczytowych punktach kolejnych łuków lub w punktach przegięcia łuków**. Należy dążyć do zadania minimalnej liczby węzłów do uzyskania żądanego kształtu, dzięki czemu późniejsza precyzyjna edycja krzywych jest łatwiejsza. Następnie dąży się do jak najlepszego dopasowania krzywych do kształtu wzorca przez naprzemienne korygowanie raz lokalizacji węzłów, a raz kąta oraz długości odcinków sterujących.



Rys. 1.3. CorelDRAW – obrysowanie krzywymi zeskanowanego wzoru umieszczonego w tle

Po zakończeniu edycji kształtu krzywych, **rysunek rastrowy może być ukryty lub usunięty**, natomiast **kolor właściwego szkicu jest zmieniany na czarny**. Motocykl jest ozdobiony z obu stron symetrycznymi elementami, co ułatwiło wykonanie drugiego szkicu jako kopii lustrzanej. Ze względów estetycznych można nadać szkicowi większą grubość linii, co w żaden sposób nie wpływa na dalsze operacje techniczne, polegające na wykorzystaniu szkicu do zaprogramowania ścieżki ruchu narzędzia.

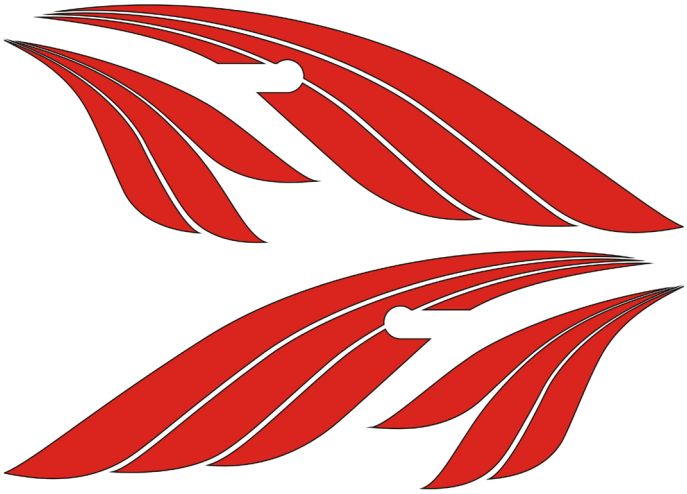
Szablon jest przeznaczony do wykonania go na ploterze tnącym z folii samoprzylepnej. Ostatnią operacją edytorską jest **rozmieszczenie szkiców w obszarze rysunku w taki sposób, aby zajmowały jak najmniej miejsca** oraz określenie najmniejszego standardowego formatu arkusza mieszczącego wszystkie elementy.

UWAGA

Zakłady poligraficzne, mające wykonać odpowiednią usługę na podstawie zaprojektowanych szkiców, zwykle preferują dostarczenie projektu w natywnym formacie CorelDRAW (*.cdr).

Natomiast w przypadku projektów przeznaczonych do realizacji na maszynach sterowanych numerycznie, może okazać się niezbędne wyeksportowanie szkiców do jednego z formatów grafiki wektorowej o technicznym zastosowaniu (*.dxf, *.dwg).

Poniżej przedstawiono gotowe szablony, uzupełnione jeszcze o elementy znajdujące się na bocznych osłonach motocykla. Na potrzeby wklejenia do niniejszego tekstu, szablony zostały wyeksportowane do formatu wektorowego *.wmf, który świetnie sprawdza się w zastosowaniach pakietu Office.

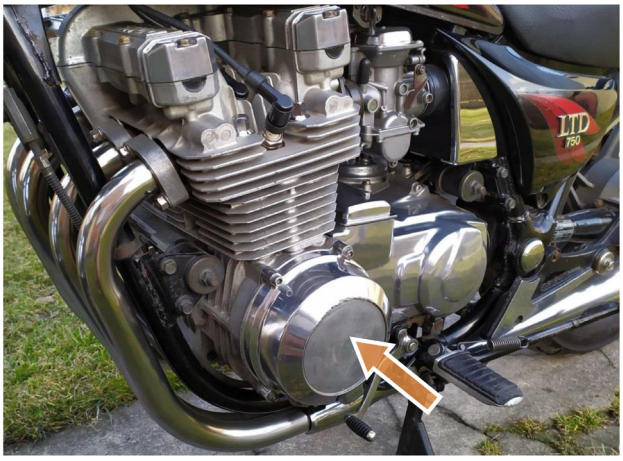


Rys. 1.4. Gotowy rysunek wektorowy szablonów do wykonania kompletu ozdobnych elementów zbiornika i osłon bocznych

Warto zaznaczyć, że ten plik graficzny ma rozmiar jedynie 34 kB, natomiast obraz wydrukuje się z możliwie najlepszą rozdzielczością. W przypadku konwersji dokumentu tekstowego zawierającego obraz w formacie wektorowym do pliku *.pdf, zachowa on swoje wektorowe właściwości i również będzie wyświetlany w najwyższej jakości, niezależnie od stopnia powiększenia okna przeglądarki.

1.2. Opracowanie szablonu do frezowania emblematu silnika motocykla

Drugi przypadek dotyczy **odtworzenia brakującego emblematu, który powinien znajdować się na pokrywie alternatora motocykla**.

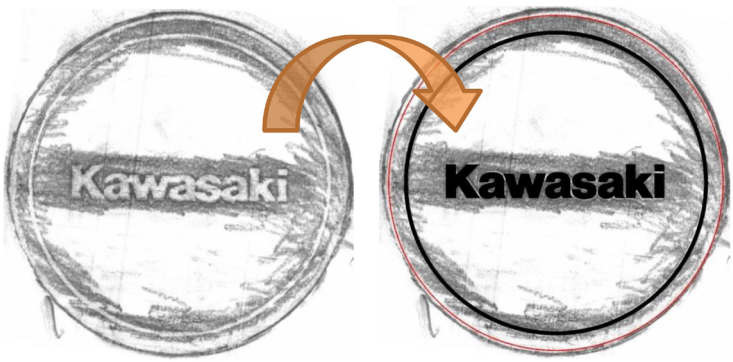


Rys. 1.5. Pokrywa alternatora z miejscem montażu brakującego emblematu

Jako wzór posłużył oryginalny emblemat znajdujący się po przeciwnej stronie silnika – na pokrywie aparatu zapłonowego. Fabrycznie oba detale były tłoczone z blachy aluminiowej. Kopię można natomiast wykonać **metodą frezowania CNC** z blachy aluminiowej. W tym celu niezbędny jest szkic, na podstawie którego można wygenerować odpowiednie ścieżki narzędzia.

Do odrysowania emblematu można użyć tym razem kartki papieru i stępionego ołówka w osnowie drewnianej o mniejszej twardości rysika. Odrysowanie polegało po prostu na wykonaniu dowolnych

kresek na papierze przyłożonym do powierzchni emblematu. W miejscach krawędzi nacisk ołówka gwałtownie wzrasta, przez co ulegają one wyrazistemu odwzorowaniu. Natomiast w miejscach zagłębień papier nie ma wystarczającego podparcia, przez co nacisk ołówka jest wielokrotnie mniejszy i odpowiednie obszary wypełniają się jasnym odcieniem.

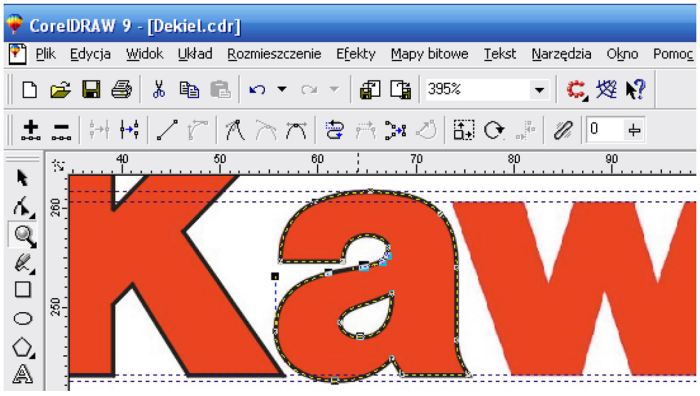


Rys. 1.6. Odrysowany wzór istniejącego emblematu oraz koncepcja sposobu odtworzenia w programie do grafiki wektorowej

Elementem, który w tym projekcie mógł sprawić największy kłopot był napis – **logo producenta motocykla**. Nie jest on wykonany standardowym krojem czcionki. Mimo dobrej jakości krawędzi odrysowanego emblematu, odtworzenie tego napisu mogło być jeszcze lepsze przy wykorzystaniu grafiki tego logo pozyskanej z Internetu. Jakkolwiek, nie ma co liczyć na znalezienie w Internecie gotowego pliku wektorowego, natomiast z dużym prawdopodobieństwem można znaleźć plik rastrowy o wystarczająco dużej rozdzielczości.

Tym razem również do dalszej pracy zastosowano **program CorelDRAW**, ponieważ lepiej nadaje się on do pracy z krzywymi, którymi określane są czcionki komputerowe (tzw. czcionki „TrueType" są to właśnie obiekty wektorowe). Najbardziej pracochłonnym etapem była właśnie **wektoryzacja logo** przez wykonanie obrysu poszczególnych liter **przy użyciu krzywych Beziera**. Krzywe B-sklejane w Solid Edge nie miałyby tu zupełnie zastosowania.

W tym celu – jak poprzednio – użyto **obrazu grafiki rastrowej** jako „podkładkę" napisu. Skala obrazu rastrowego jednak nie miała tu większego znaczenia, ponieważ gotowy, wektorowy napis logo i tak należało następnie dopasować do odrysowanego emblematu.



Rys. 1.7. CorelDRAW – odrysowanie liter napisu przy użyciu krzywych Beziera na podstawie obrazu rastrowego w tle

Zeskanowany rysunek emblematu został z kolei umieszczony jako **podkładka w projekcie CorelDRAW**. Rozmiar wklejonego rysunku został skorygowany na podstawie pomiaru średnicy zewnętrznego okręgu. Następnie dopasowano wektorowy napis do tego znajdującego się w tle na obrazie rzeczywistego elementu.

W ten sposób został **odtworzony projekt istniejącego, prawego emblematu**. Ten brakujący, charakteryzował się jednak nieco większym rozmiarem. W oryginale wielkość napisu była jednakowa, jedynie średnica zewnętrznego obrysu i koncentrycznego okręgu była zwiększona. Średnicę zewnętrznego okręgu łatwo określono na podstawie pomiarów zarysu gniazda w pokrywie alternatora. Natomiast średnica wewnętrznego, koncentrycznego okręgu została obliczona na podstawie zmierzonego odsunięcia, występującego na istniejącym emblemacie.

Gotowy szkic służy do określenia ścieżki odpowiednio dobranych narzędzi frezarki CNC w celu wygrawerowania emblematu w blasze aluminiowej. Natywny format pliku CorelDRAW będzie nieodpowiedni do tego celu. Odpowiednie szkice można na-

tomiast wyeksportować do formatu grafiki wektorowej o technicznym zastosowaniu (*.dxf). Tego rodzaju eksport nie zawsze daje przewidywalne efekty. W celu zapewnienia pełnej kompatybilności pliku ze szkicem, względem oprogramowania CAM (*Computer Aided Manufacturing*), w którym zostanie opracowany odpowiedni program dla maszyny CNC, **projekt został w pośrednim etapie przetworzony w środowisku Solid Edge**.

W ten sposób okazało się, że **jakość eksportu łuków** z projektu CorelDRAW do formatu *.dxf była jednak zbyt niska. Łuki nie zachowały swoich matematycznych właściwości charakterystycznych dla krzywych, tylko były aproksymowane linią łamaną. Było to wynikiem przestarzałej wersji programu (9.0), która została wydana w latach, gdy dużo mniejsze możliwości komputerów wymagały stosowanie takich uproszczeń w celu zachowania wydajności pracy. Oprogramowanie najczęściej zachowuje tzw. kompatybilność wsteczną, dlatego nie było konieczne wykonywanie pracy od początku w nowszej wersji CorelDRAW, a posłużenie się nią jedynie do odczytania projektu i dokonania eksportu szkicu. Poniżej przedstawiono porównanie wyniku eksportu łuków w obu wersjach na przykładzie fragmentu litery ‘a’:



Rys. 1.8. Porównanie dokładności odwzorowania krzywych eksportowanych ze starszej (po lewej) i nowszej wersji (po prawej) programu CorelDRAW do formatu Autodesk

Nowsza wersja programu w dodatku umożliwiała eksport do pliku *.dwg, który jest binarną wersją formatu *.dxf.

Przekazując zlecenie do dalszej realizacji w formacie płaskiego szkicu, należy określić co oznaczają pola ograniczone sąsiednimi zarysami. Z rysunku tego rodzaju programista CNC może niewłaściwie zinterpretować, które pola stanowią tzw. „wyspę”, a które „kieszeń” – czyli skąd rzeczywiście ma zostać wybrany materiał. W tym

przypadku zewnętrzny okrąg stanowi zewnętrzny obrys emblematu, a dwa koncentryczne wewnętrzne okręgi określają granice okrągłego rowka. Z kolei litery napisu są również zagłębieniami. W analizowanym przypadku, wszystkie zagłębienia miały ten sam wymiar 1,5 mm, co zostało określone przy użyciu głębokościomierza suwmiarki.



Rys. 1.9. Obraz wektorowy zaimportowany w programie Solid Edge do środowiska ‘Szkic (ISO metryczne)’

Skoro projekt jest już przetwarzany w oprogramowaniu Solid Edge, nic nie stoi na przeszkodzie, aby **na podstawie zaimportowanego szkicu utworzyć bryłę 3D emblematu.** W takim przypadku nie wystąpią niejednoznaczności w interpretacji płaskich zarysów. Natomiast bryła 3D zapisana do pliku w jednym z uniwersalnych formatów CAD z pewnością bez problemu zostanie odczytana w oprogramowaniu CAM. Poniżej przedstawiono **wizualizację opracowanego modelu 3D emblematu, wykonaną w programie KeyShot (instalowanym wraz z oprogramowaniem Solid Edge).**

UWAGA

Ten etap projektu nie był już konieczny, jednak został wykonany jako kontynuacja przykładu graficznego o zastosowaniach inżynierskich.

Do wizualizacji opracowanego modelu 3D można również użyć programu Blender, po uprzednim przekonwertowaniu pliku do siatki trójkątów w formacie *.stl.



Rys. 1.10. Wizualizacja odtworzonego emblematu wykonana w programie KeyShot na podstawie opracowanego modelu 3D

WAŻNE

Wizualizacja projektu jest jednym z ważniejszych elementów promocji gotowego produktu.

Natomiast w przypadku realizacji usług, wykonanie renderingu wirtualnego modelu umożliwi klientowi przybliżenie jego wyglądu i z pewnością pozytywnie wpłynie na ocenę umiejętności zleceniobiorcy.

Studium przypadku 2.

Zastosowanie oprogramowania CAD do przygotowania ilustracji dokumentów tekstowych

Dokumentacja rysunkowa to nie tylko rysunki techniczne, konstrukcyjne, wykonawcze lub złożeniowe, kreślone na odpowiednim arkuszu zaopatrzonym w obramowanie i tabliczkę rysunkową.

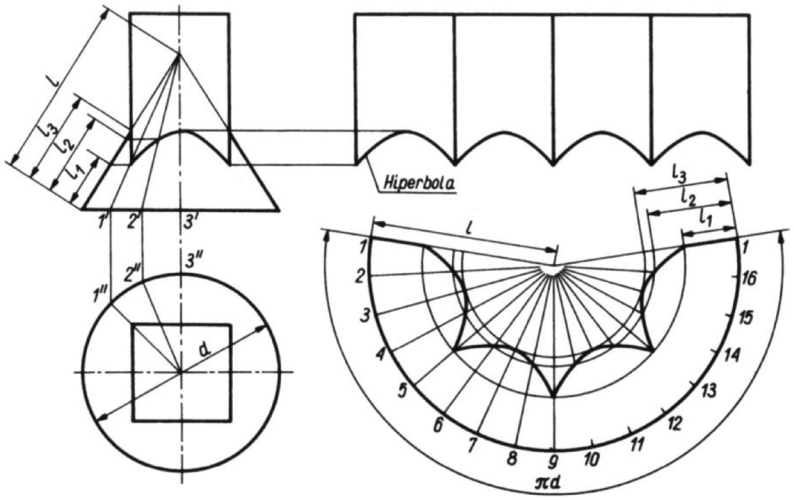


WAŻNE

Jednym z istotnych zadań grafiki inżynierskiej jest przygotowywanie różnego rodzaju ilustracji, przeznaczonych do publikacji w materiałach tekstowych.

Materiały te mogą pełnić różną rolę – opisu technicznego urządzenia, artykułów naukowych lub technicznych, instrukcji obsługi lub napraw, publikacji internetowych, skryptów, podręczników itp.

Jeszcze parę dekad temu większość z tego rodzaju rysunków było wykonywanych ręcznie. Do wykonania ilustracji technicznych używano narzędzi służących do kreślenia w tuszu na kalce technicznej. Nawet współczesne publikacje zawierają często starsze rysunki wykonane tą techniką, bądź to w formie cytowanych zapożyczeń, bądź jako kolejne nieco zaktualizowane wydania niemal ponadczasowego dzieła (np. Tadeusz Dobrzański „Rysunek techniczny maszynowy” – wydanie aktualne).



Rys. 2.1. Ręcznie wykonany rysunek ilustrujący rozwinięcie krawędzi przenikania brył w podręczniku autorstwa Tadeusza Dobrzańskiego [źródło: *WNT*]

Jakość tak wykonanych ilustracji budzi wielki szacunek. Często odnosi się mylne wrażenie, że rysunki nie były kreślone ręcznie, lecz wykonane komputerowo. Uświadomienie sobie pracochłonności i czasochłonności przygotowywania ilustracji tą techniką wzbudza podziw dla kunsztu konstruktorów starszej daty, ale także refleksję nad wartością ludzkiej pracy i jej owoców.

We współczesnym, szybko zmieniającym się świecie technika wraz z ekonomią stają się narzędziami zmian kulturowych i społecznych. Można odnieść wrażenie, że ludzka praca jest coraz bardziej pospieszna, rutynowa, mniej twórcza i gorzej wartościowana. Powszechna staje się „byle jakość" jako wynik bilansu ekonomicznego, który można w skrócie zdefiniować jako „minimum kosztów – maksimum zysków". Kierowanie się taką doktryną w osobistej działalności stanowi poważne zagrożenie dla rozwoju człowieka, który przestaje odczuwać satysfakcję z dobrze wykonanej pracy i piękna utworzonego dzieła.

W dalszej części rozdziału zostaną opisane przykłady przygotowywania technicznych ilustracji przy użyciu ogólnie dostępnych

i bezpłatnych programów komputerowych. Do pewnego stopnia można do nich zaliczyć także **oprogramowanie Solid Edge**, które na licencji akademickiej może być używane do niekomercyjnych celów.

2.1. Aksonometryczne rysunki poglądowe utworzone na podstawie bryły 3D

Wykonywanie rysunków aksonometrycznych na płaskim arkuszu jest zadaniem dość złożonym, wymagającym dużej staranności, bez względu na to czy rysunek wykonywany jest klasyczną techniką kreślarską, czy w programie do edycji wektorowej grafiki 2D. Wymaga to znajomości zasad budowania rysunków aksonometrycznych, umiejętności posługiwania się zależnościami wynikającymi z występowania odpowiednich kątów skróceń w różnych kierunkach osi przyjętego układu współrzędnych, a w niektórych przypadkach – znajomości zasad perspektywy.



UWAGA

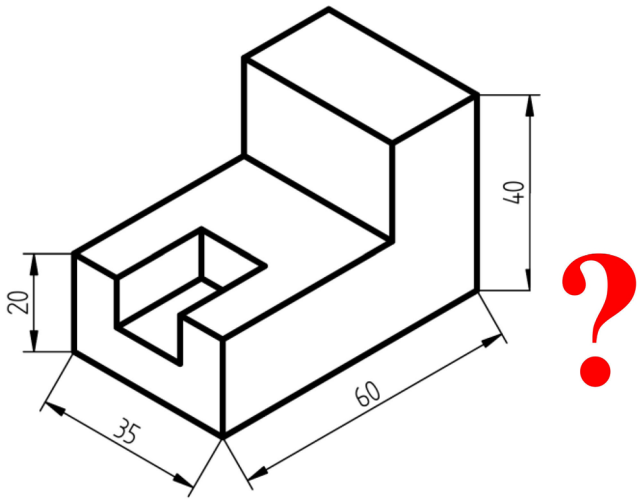
Rzut aksonometryczny bezpośrednio rysowany na płaszczyźnie przy użyciu technik komputerowych jest znacznie trudniejszy w edycji niż rzuty prostokątne, w których większość krawędzi jest pionowa lub pozioma.

Wykonany rzut aksonometryczny przedstawiający przedmiot pod pewnym kątem, nie daje się przekształcić w taki sposób, aby w razie potrzeby zmienić kąt widoku, czyli np. zmienić typ aksonometrii z jednomiarowej na dwumiarową lub odwrotnie.

Należałoby wówczas ponownie rozpocząć rysowanie przyjmując inny układ osi współrzędnych.

Niekiedy takie rzuty w rysunku poglądowym mają zawierać orientacyjne ciągi wymiarowe. Zadanie takich ciągów przy użyciu narzędzi wymiarowania w programie CAD (jak np. **‘Smart Dimension’**

w Solid Edge) nie da oczekiwanych efektów w przypadku krawędzi, które w rzucie aksonometrycznym biegną w głąb rysunku. Zadana linia wymiarowa będzie równoległa do krawędzi, ale pomocnicze linie wymiarowe zostaną wyprowadzone przez program prostopadle. Sprawia to wrażenie, że wymiar dotyczy płaskiego rysunku i nie integruje się z regułami przestrzeni trójwymiarowej, którym podlega rzut aksonometryczny.



Rys. 2.2. Wymiarowanie rzutu aksonometrycznego wykonanego jako płaski rysunek przy użyciu podstawowych narzędzi oprogramowania Solid Edge

UWAGA

Aksonometria bowiem polega na oszukaniu obserwatora, że przedstawiony przedmiot jest trójwymiarowy, mimo że jest wykonany na płaskim arkuszu.

Zadane w opisany sposób ciągi wymiarowe będą temu przeczyć, powodując pogorszenie wizualnego wrażenia obserwatora.

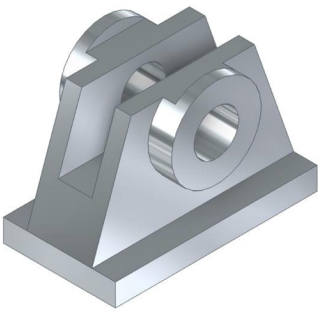
Inną możliwością zniwelowania tego problemu jest po prostu żmudne składanie ciągów wymiarowych z oddzielnie rysowanych elementów, jak pomocnicze linie wymiarowe, znaki ograniczające, wstawianie liczb wymiarowych jako etykiet tekstowych. Można sobie wyobrazić, że wykonany w ten sposób rysunek aksonometryczny przy użyciu komputera będzie daleko bardziej pracochłonny niż rysunek wykonany tradycyjną techniką kreślarską.

WAŻNE

Najlepszym rozwiązaniem przedstawionego problemu jest wykonanie modelu bryłowego danego przedmiotu.

Wymaga to oczywiście podstawowych umiejętności pracy w środowisku 3D, które jednak są powszechne w praktyce inżynierskiej.

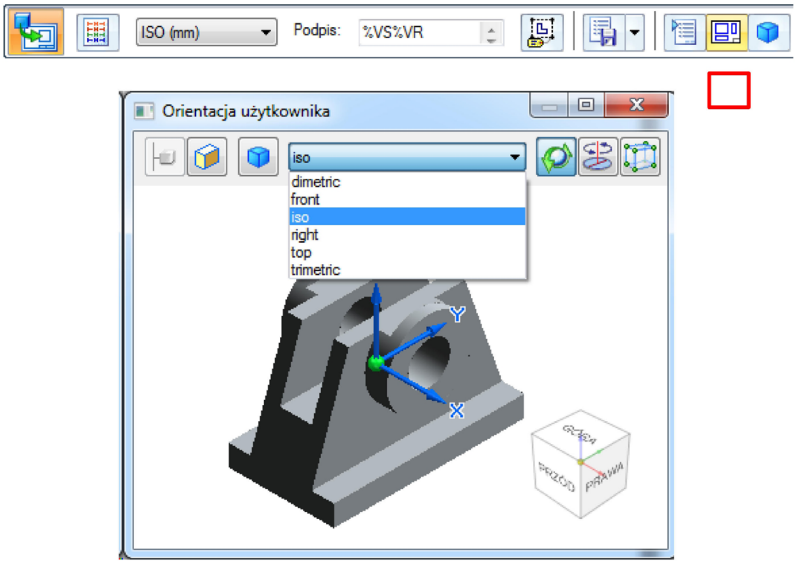
W przedstawionym przypadku, modelowane przedmioty charakteryzowały się prostą budową i nie przewidywano ich dalszych modyfikacji, dlatego zostały wykonane w trybie synchronicznym środowiska **‘Część (ISO metryczne)’**, stanowiącego podstawowy moduł oprogramowania Solid Edge. Tryb synchroniczny stanowi obecnie najszybszą i najbardziej wydajną technikę modelowania bryłowego 3D, polegającą na wykonywaniu bezpośrednich operacji na powstającej bryle.



Rys. 2.3. Model 3D wykonany w środowisku ‘Część (ISO metryczne)’ w celu wygenerowania rysunku aksonometrycznego w programie Solid Edge

Utworzony model 3D może być wykorzystany na wiele sposobów.

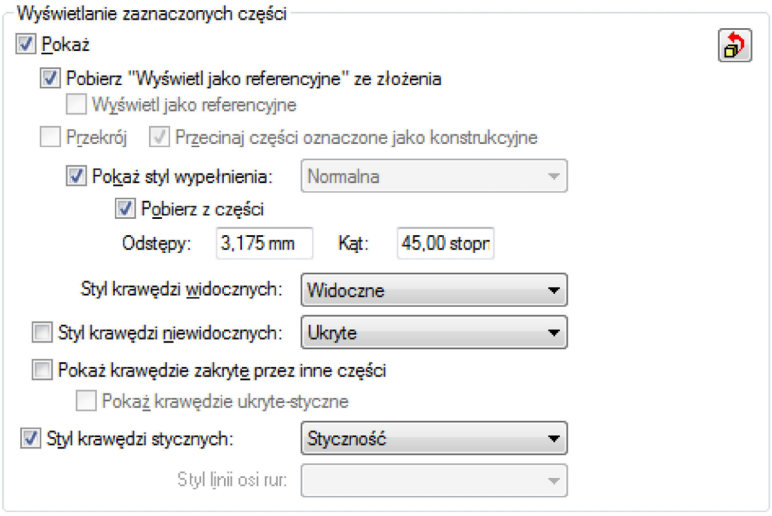
Jednym z nich jest wykonanie płaskiej dokumentacji technicznej w środowisku **‘Rysunek (ISO metryczne)’** polegającej na automatycznym wygenerowaniu odpowiednich rzutów – widoków lub przekrojów. Zadaniem rysowniczym jest wówczas tylko dobór odpowiedniego arkusza roboczego, rozplanowanie i zwymiarowanie gotowych rzutów oraz uzupełnienie rysunku o odpowiednie adnotacje tekstowe. Widoki generowane są na podstawie bryły na tej samej zasadzie – niezależnie która strona zostanie wybrana jako rzut główny. Równie dobrze może być to jeden z predefiniowanych widoków aksonometrycznych **‘Iso’**, **‘Dimetric’**, **‘Trimetric’**, które wskazuje się w ustawieniach narzędzia służącego do wstawienia rzutu danej bryły.



Rys. 2.4. Opcje wyboru rzutu rysowanego w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’ na podstawie modelu bryłowego

Chcąc **skorygować wielkość rysunku** utworzonego na podstawie modelu o rzeczywistych wymiarach, **dobiera się odpowiedni współczynnik skali**. Niekoniecznie musi to być typowa skala – w razie potrzeby można posłużyć się wartościami niecałkowitymi, zwłaszcza że rysunki aksonometryczne w dokumentach tekstowych najczęściej pełnią rolę poglądową.

W następnej kolejności należy **edytować właściwości wstawionego rzutu**, gdzie można wybrać rodzaje elementów jakie mają być uwzględnione i odpowiadające im style linii. Można np. zdecydować czy widok ma zawierać krawędzie styczne, krawędzie niewidoczne itp. W przypadku rzutów aksonometrycznych są one zwykle pomijane ze względu na czytelność rysunku.



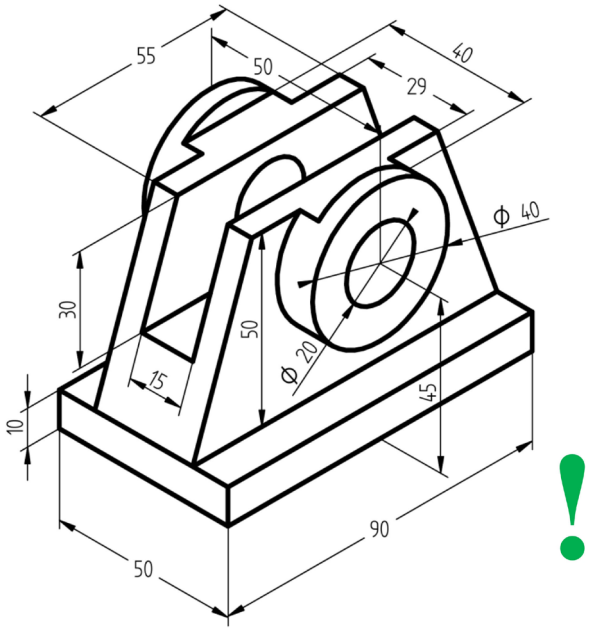
Rys. 2.5. Opcje rysunku utworzonego w środowisku 'Rysunek (ISO metryczne)' na podstawie modelu bryłowego

Kolejnym etapem jest **zadawanie orientacyjnych ciągów wymiarowych**.

UWAGA

Mimo, że rzut aksonometryczny jest płaskim rysunkiem, podczas zadawania wymiarów program „orientuje" się w kierunkach przestrzeni i rysuje je tak, jakby znajdowały się na jednej z płaszczyzn tej przestrzeni.

Każdy poziomy lub pionowy wymiar liniowy w takiej przestrzeni można narysować na jednej z dwóch płaszczyzn, a dodatkowo można narysować go tak, jakby leżał na nachylonym licu przedmiotu. Dany kierunek można wybrać podczas zadawania wymiaru narzędziem **‘SmartDimension’** przez naciśnięcie klawisza ‘n’.



Rys. 2.6. Gotowy, odpowiednio zwymiarowany rysunek aksonometryczny utworzony na podstawie modelu bryłowego

Jedyną niekonsekwencją umieszczenia wymiarów tak, jakby były kreślone na płaszczyznach przestrzeni trójwymiarowej rysunku aksonometrycznego, jest zjawisko powodowane przez równoległość liczb wymiarowych do linii wymiarowych (porównaj na powyższym przykładzie wymiar wycięcia 40 mm z wymiarem szerokości 29 mm). Wykonując ręcznie rysunek aksonometryczny, moglibyśmy wpisać liczbę wymiarową tak, jakby np. stała lub leżała w danej płaszczyźnie, przez zadanie jej identycznej deformacji jak elementom przedmiotu. W środowisku Solid Edge możemy ten szczegół dopracować przy użyciu alternatywnego rozwiązania.



WAŻNE

Wystarczy edytować właściwości zadanych ciągów wymiarowych i ustawić je tak, żeby liczba wymiarowa znajdowała się w linii wymiarowej a nie nad nią. To spowoduje przerwanie linii wymiarowej tam gdzie znajduje się liczba wymiarowa i zorientowanie jej pionowo lub poziomo względem arkusza rysunku.

Dzięki tej prostej do wykonania zmianie, walory wizualne rysunku jeszcze nieco się poprawią, ponieważ odbiorca nie będzie miał wrażenia stosowania zbyt wielu różnych płaszczyzn w przestrzeni definiującej rzut aksonometryczny.

2.2. Przetwarzanie rysunków Solid Edge w celu umieszczenia w dokumentach tekstowych

Wykonanie rysunku w Solid Edge to nie wszystko. Pozostaje jeszcze kwestia **przekształcenia go do takiej formy, która nadaje się do wykorzystania w edytorze tekstu**, gdzie rysunek ma być docelowo umieszczony.

UWAGA

W przypadku tak różnych środowisk jak oprogramowanie CAD oraz pakiet aplikacji biurowych, nie ma co liczyć na kompatybilność pozwalającą na umieszczanie edytowalnych obrazów osadzonych.

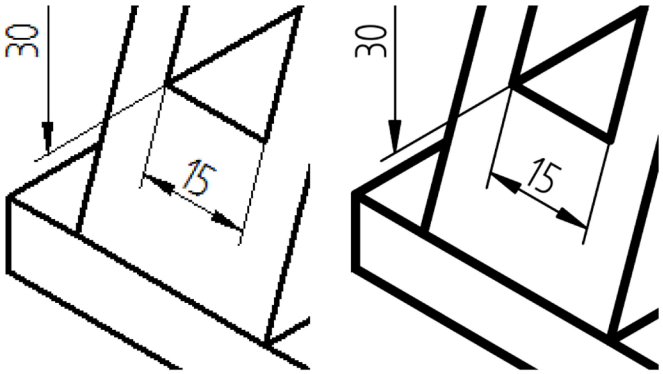
Co więcej, mimo że rysunek w Solid Edge jest w pełni wektorowy, nie znajdziemy takiego wektorowego formatu, który nadawałby się do jego eksportu w celu wklejenia w edytorze tekstu.

Jak wiadomo **zachowanie wektorowego formatu graficznego zapewniałoby najlepszą jakość rozwiązania**, ponieważ umożliwiałoby dopasowanie się obrazu do maksymalnej rozdzielczości urządzenia wyjściowego (drukarka, ekran).

Najprostszym i niestety najgorszym rozwiązaniem jest wykonanie zrzutu ekranu w programie Solid Edge. Nie ma wówczas kontroli nad wielkością i rozdzielczością obrazu, która zależy od zastosowanego powiększenia, a także nad grubością wyświetlanych linii. Program wyświetla obraz dynamicznie i jego zadaniem jest to robić jak najszybciej, dlatego wiele elementów jest upraszczanych w takim widoku. W dodatku maksymalna rozdzielczość otrzymanego zrzutu ekranu będzie ograniczona rozdzielczością monitora, która w porównaniu do takich urządzeń jak drukarka jest kilkakrotnie niższa, zatem nie spełnia wymagań wydawniczych.

W środowisku **‘Rysunek (ISO metryczne)’** znajdują się opcje pozwalające na zapis rysunku w formacie innych aplikacji. W tym przypadku chodzi o pliki grafiki rastrowej (polecenie **‘Zapisz jako obraz’**). W opcjach co prawda możemy wybrać docelową rozdzielczość obrazu, ale działa to niestety tak, jak zrzut ekranu, a nawet gorzej, bo mniej przewidywalnie. Obraz widoczny aktualnie na ekranie jest dopasowany do rozdzielczości przestrzeni generowanej do pliku grafiki rastrowej. Dla przykładu, przedstawiono porównanie powiększonego

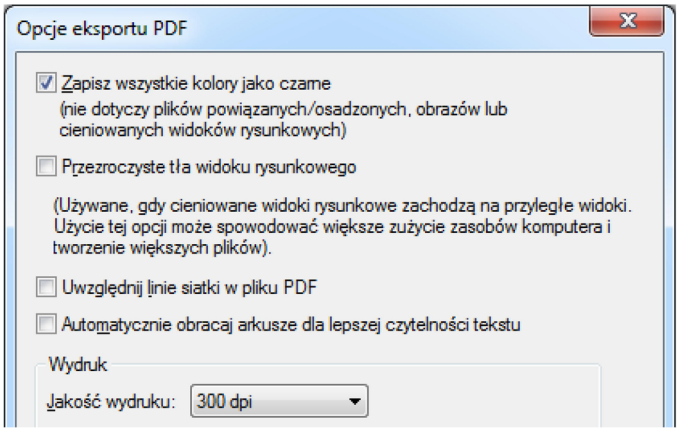
fragmentu właśnie tak otrzymanego rysunku (po lewej) z fragmentem obrazu przygotowanego do wklejenia w niżej opisany sposób (po prawej).



Rys. 2.7. Porównanie jakości obrazu rastrowego bezpośrednio eksportowanego ze środowiska 'Rysunek (ISO metryczne)' do pliku graficznego (po lewej) lub za pośrednictwem pliku *.pdf (po prawej)

Oba obrazy zostały wyeksportowane w tej samej rozdzielczości 300 dpi. Zjawisko tzw. „pikselozy" w pierwszym przypadku powodowane jest małym rozmiarem rysunku względem rozmiarów wyeksportowanego obrazu, na co użytkownik programu nie ma większego wpływu. Zwraca uwagę także różnica grubości linii. Otóż eksportując do *.pdf linie są „drukowane" do pliku o grubościach dokładnie odpowiadających zadanym podczas rysowania wartościom.

Najlepszym rozwiązaniem okazuje się zatem **eksport do pliku dokumentu AcrobatReader (*.pdf)**. Pliki tego typu powstają przez zapisanie instrukcji **języka PostScript**, które są identyczne jak instrukcje kierowane na drukarkę. Elementy wektorowe dopasowują się do rozdzielczości urządzenia wyjściowego, o czym można w łatwy sposób się przekonać dowolnie powiększając w przeglądarce PDF dokument utworzony w edytorze tekstu i wyeksportowany do omawianego formatu. Znaki danego kroju pisma tak samo są obiektami wektorowymi jak rysunki. Zatem rysunek wyeksportowany do tego formatu również będzie zachowywał możliwie najlepszą jakość.



Rys. 2.8. Okno opcji eksportu rysunku do pliku *.pdf ze środowiska ‘Rysunek (ISO metryczne)’ – wybór zastąpienia kolorów czarnym i rozdzielczości wydruku

Zaznaczając dodatkowo opcję **‘Zapisz wszystkie kolory jako czarne’**, w prosty sposób można rozwiązać problem zależnych ciągów wymiarowych, które program oznacza kolorem cyjanowym. Jest to zdecydowanie lepsze rozwiązanie niż modyfikacja **‘Stylów’** lub ręczna zmiana koloru wymiarów przy użyciu narzędzia **‘Zaznacz’**.

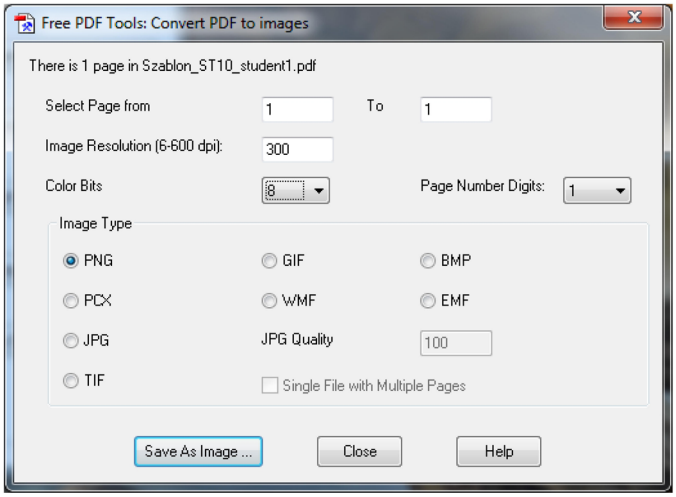
WAŻNE

Jedynym problemem na bieżącym etapie projektu okazuje się brak możliwości wklejenia dokumentu typu PDF lub jego fragmentu jako wektorowego obiektu w edytorze tekstu.

Jednak dysponując obrazem wektorowym w tym formacie, można dokonać jego rasteryzacji, czyli przekształcenia do grafiki rastrowej w dowolnie wysokiej rozdzielczości.

Mimo, że obraz będzie rastrowy, to wygenerowany zależnie od potrzeb do rozdzielczości 300 dpi lub 600 dpi, zachowa znakomitą

szczegółowość. Do tego celu można posłużyć się bezpłatnym programem PDFill PDF Tolls. Jedna z opcji programu umożliwia konwertowanie plików PDF do obrazów.



Rys. 2.9. Okno opcji programu Free PDF Tools przy eksporcie pliku w formacie *.pdf do pliku obrazu rastrowego

Wybierając **‘PNG’ jako docelowy format obrazu**, zostanie on poddamy jedynie bezstratnej kompresji, co jest wręcz regułą w przypadku obróbki grafiki rastrowej z rysunkami technicznymi. Na przykład popularny format ‘JPG’ nie nadaje się do tego celu, za to jest niezastąpiony do zapisu dużych fotografii.

Rozmiar docelowego pliku grafiki rastrowej bez żadnych konsekwencji można zredukować trzykrotnie przez wybór 8 bitów na piksel, zamiast domyślnych 24 bitów. Ma to zastosowanie w rysunkach technicznych, które w ogromnej większości są czarno-białe. Ośmiobitowa głębia powoduje zapisanie jednego kanału – 256 poziomów szarości. Zapisując w 24-bitowej głębi obraz czarno-biały (ściślej – w odcieniach szarości), plik przechowuje dokładnie te same informacje w trzech różnych kanałach przestrzeni RGB. Rozmiar pliku jest zatem trzykrotnie większy bez jakiegokolwiek wpływu na jakość zapisanego obrazu.

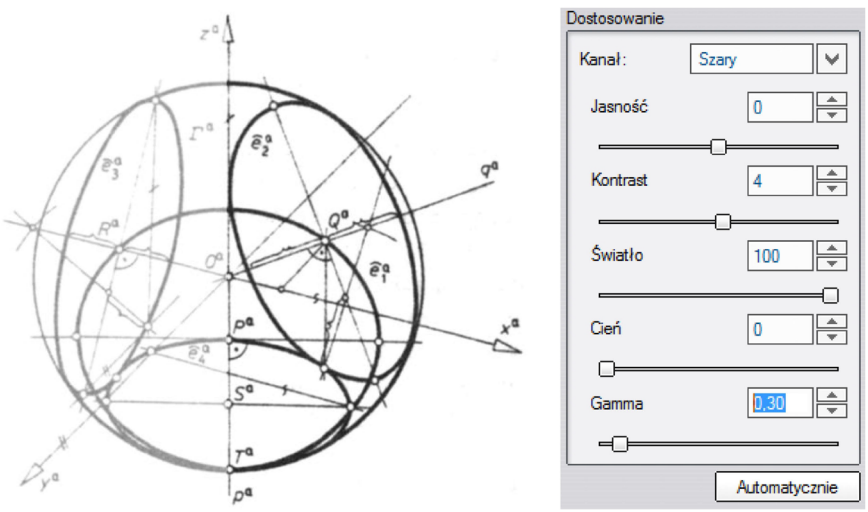
Gotowy plik można wykadrować w dowolnym programie do edycji grafiki wektorowej. Odpowiednie przykłady zostały opisane w następnym rozdziale.

2.3. Zgrubna obróbka skanowanego rysunku technicznego

Częstą praktyką jest stosowanie w dokumentach tekstowych ilustracji, których nośnikiem jest papier. Skanowanie obrazów przy użyciu skanerów biurowych jest czynnością powszechną. Aplikacja obsługująca sterowniki skanera oferuje zwykle kilka predefiniowanych ustawień, które sprawdzają się w typowych zastosowaniach, takich jak skanowanie kolorowych obrazów lub ilustrowanego tekstu.

W praktyce **skanowania rysunków technicznych**, dążąc do optymalnych efektów, najczęściej trzeba samodzielnie dobrać odpowiednie ustawienia na podstawie przeprowadzonych prób. Zaawansowane opcje aplikacji skanera niekiedy pozwalają na dobranie poziomów obrazu oraz korekcję współczynnika gamma.

Poniżej znajduje się przykład porównujący rysunek skanowany przy użyciu predefiniowanych ustawień ‘Tekst/Zdjęcie’ (lewa połówka) z efektem skanowania przy zmodyfikowanym współczynniku gamma (prawa połówka).



Rys. 2.10. Porównanie rysunku skanowanego przy domyślnych ustawieniach skanera (po lewej) oraz po zmodyfikowaniu współczynnika gamma [źródło: OW *PRz*]

Zmiana tego rodzaju parametrów jest wizualizowana w oknie podglądu na próbnym obrazie, jednak należy to potraktować raczej jako symulację. Autentyczny skutek będzie widoczny dopiero po skanowaniu obrazu i wyświetleniu go w przeglądarce lub w programie graficznym. Z tego względu opisywane opcje skanera należy zmieniać tylko w niewielkim zakresie, choć dla mniej wymagających zastosowań lub do skanowania dużej liczby podobnych dokumentów ich zmiana w szerszym zakresie może okazać się uzasadniona.



WAŻNE

Skanując rysunki techniczne formatu A4 należy ustalić właśnie ten format w ustawieniach programu, rezygnując z najczęściej domyślnej opcji dopasowania granic skanowanego obszaru do widoku podglądu dokumentu.

Kolejną opcją wymagającą świadomej zmiany jest **wybór odpowiedniej rozdzielczości obrazu**. Typową wartością do większości zwykłych zastosowań jest 300 dpi. Wyjątkowo można zmniejszyć tą rozdzielczość do 200 dpi, np. gdy rysunek będzie wklejany w znacznym pomniejszeniu. Rozdzielczości 600 dpi i wyższe stosuje się w bardziej wymagających przypadkach. Im większa rozdzielczość, tym dłuższy czas skanowania oraz wielkość pliku wyjściowego.

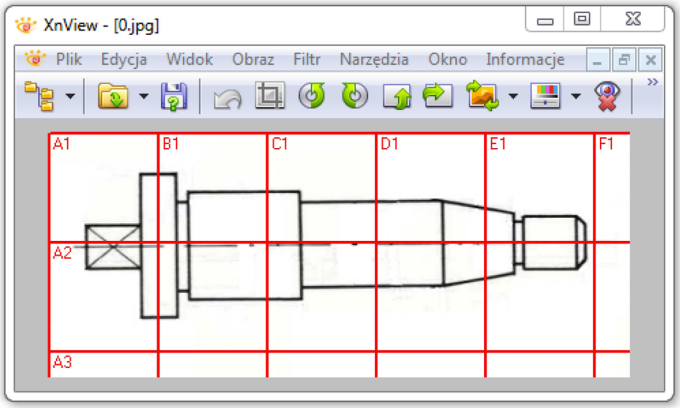
Kolejne, warte rozważenia ustawienie dotyczy **palety kolorów**. w przypadku czarno-białych rysunków technicznych w zupełności wystarczy skala odcieni szarości. Proces skanowania jest trzykrotnie krótszy niż w pełnym kolorze, ponieważ przetwarzane dane dotyczą tylko jednego kanału.

UWAGA

Skanowany obraz najlepiej zapisać do formatu *.png, ponieważ podlega bezstratnej kompresji lub do pliku *.tif, jeśli będzie poddany zaawansowanej obróbce w programie graficznym.

W tym drugim przypadku otrzymamy wielokrotnie większy rozmiar pliku. Jeśli z jakichś przyczyn obraz może być zapisany jedynie w najpopularniejszym formacie *.jpg, to należy ustawić wyższy współczynnik jakości (nie mniej niż 8). Nie należy zapisywać skanowanego obrazu bezpośrednio do *.pdf, ponieważ zamknie to drogę poprawy jakości obrazu lub zmniejszenia rozmiarów pliku.

Zapisany plik grafiki rastrowej można **szybko wykadrować i nadpisać w programie XnView**. Jest to jedna z popularnych, bezpłatnych przeglądarek plików graficznych, jednak oferująca znaczną liczbę podstawowych narzędzi do ogólnej obróbki obrazu. Poniżej widok okna programu XnView podczas używania narzędzia **‘Obróć\ Własne…’** z podglądem siatki do wyprostowania obrazu.



Rys. 2.11. Okno programu XnView podczas prostowania obrazu rastrowego



WAŻNE

Przeglądarka obsługuje bardzo dużą liczbę formatów graficznych, a co bardzo istotne – nie zmienia w niejawny sposób właściwości nadpisywanych plików.

Niepożądane byłoby np. trzykrotne zwiększenie rozmiarów pliku przez odtworzenie przestrzeni RGB obrazu zapisanego w skali szarości po operacji polegającej jedynie na jego wykadrowaniu. Podobnie należy unikać niepożądanego zwiększania rozmiaru plików przez zapisywanie ich w wysokiej jakości, gdy zostały wczytane jako mocno skompresowane. Najczęściej będzie to tylko strata miejsca.

Program umożliwia także zapamiętanie rozmiarów żądanego zaznaczenia, dzięki czemu w prosty sposób można np. kadrować serię obrazów uzyskując grafiki o dokładnie takich samych rozmiarach.



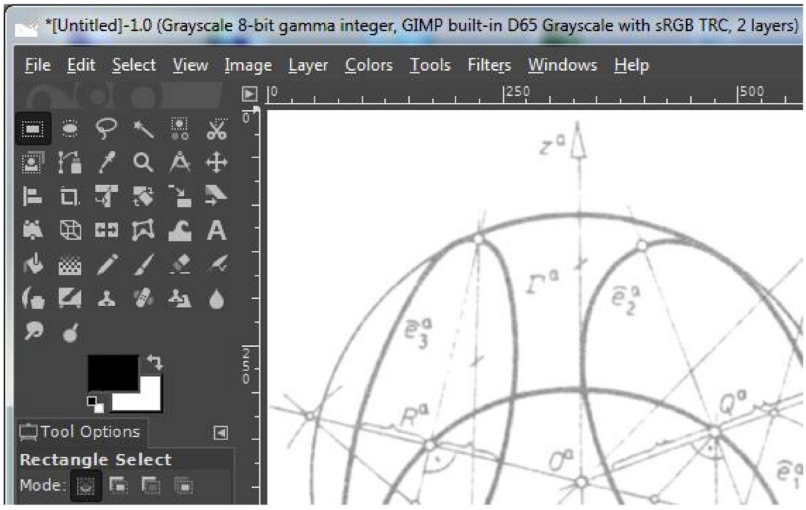
UWAGA

Na uwagę zasługuje też narzędzie do konwertowania wielu plików, przy użyciu którego można jednocześnie zadać żądane przekształcenia dla całej wybranej serii plików.

Powszechnie rozumiany jest **kompromis między wielkością pliku grafiki rastrowej, a jakością zapisanego obrazu**. Jednak jak wykazano wyżej często dochodzi do sytuacji, gdy duży rozmiar pliku wynika tylko z błędnego zarządzania jakością obrazu, wynikającą z nieznajomości specyfikacji odpowiednich formatów graficznych. Jest to temat, którego nie uda się tu wystarczająco rozwinąć.

Należy mieć jednak świadomość, że najczęściej **duży rozmiar plików dokumentów tekstowych wynika niemal wyłącznie z dużych rozmiarów umieszczanych w nim plików graficznych**. Powszechne są przypadki że kilkunastostronicowe dokumenty mają rozmiary rzędu kilkudziesięciu megabajtów, mimo że znajdująca się w nich grafika wcale nie jest wysokiej jakości. Jako przeciwny przykład można przytoczyć skrypt ‘Rysunek techniczny dla inżynierów’, składający się z 80 stron zawierających liczne rysunki i zrzuty ekranowe, który w oryginale zajmuje jedynie 7 MB przestrzeni na dysku.

Typowa obróbka skanowanych rysunków w programie graficznym polega najczęściej na wyprostowaniu, wykadrowaniu i zwiększeniu kontrastu obrazu. Można do tego celu wykorzystać bardziej zaawansowany, **bezpłatny program GIMP**, oferujący znaczne możliwości edycji grafiki rastrowej.

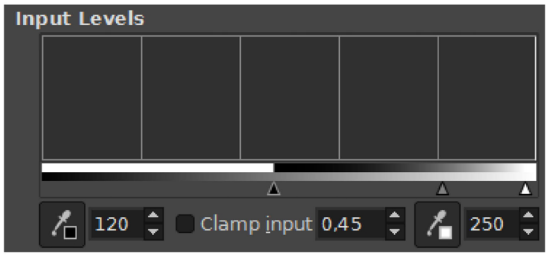


Rys. 2.12. Edycja obrazu rastrowego w programie GIMP

Nie należy stosować narzędzia typu **‘Jasność/kontrast’**, ponieważ powoduje to zawężenie zakresów tonalnych. Natomiast automatyczne ustawienie balansu bieli najczęściej nie zapewni optymalnego efektu. Najlepiej sprawdza się ustawienie **‘Poziomy’** (ang. *‘Levels’*). Przesuwanie białego lub czarnego trójkąta do wewnątrz zakresu, powoduje zwiększenie wyrazistości obrazu przez odcięcie wszystkich

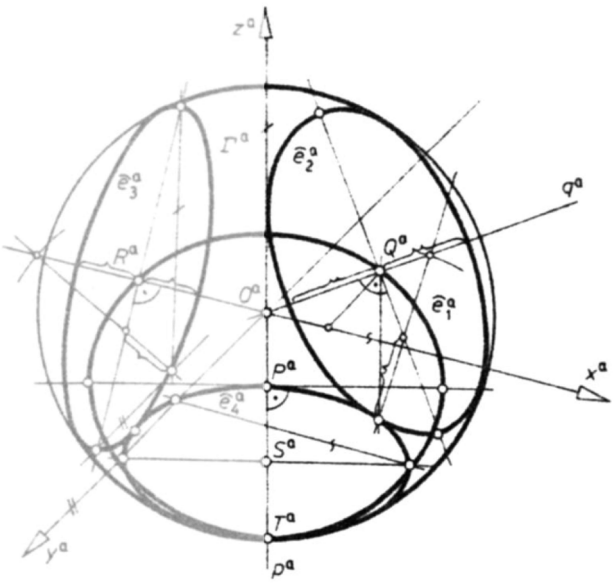
poziomów znajdujących się na zewnątrz zawężonego zakresu, które stają się odpowiednio białe lub czarne. **Zwiększany jest zatem udział w obrazie skrajnie kontrastowych kolorów**, przez co staje się on bardziej wyrazisty. Czynność należy przeprowadzić ostrożnie, zostawiając odpowiedni zakres pośrednich poziomów do zachowania „płynności" linii rysunku.

Jeżeli **zmiana opisanych parametrów nie daje oczekiwanych efektów** (np. w tle pozostaje znaczna liczba niepożądanych artefaktów lub uzyskanie żądanego kontrastu obrazu powoduje zbytnie zwężenie linii rysunku), należy **odsunąć trójkątne suwaki na zewnątrz i zmniejszyć nieco wartość współczynnika gamma**, która reprezentowana jest także szarym trójkątem. Następnie podejmuje się ponowną próbę korekty kontrastu przy użyciu skrajnych suwaków, co powinno dać lepszy efekt.



Rys. 2.13. Okno narzędzia programu GIMP do zmiany poziomów obrazu (czarny i biały trójkąt) oraz współczynnika gamma (szary trójkąt)

Rysunek, podczas skanowania którego zastosowano typowe ustawienia (lewa połówka), został poddany dalszej edycji. W programie **GIMP** dość znacznie zwężono zakres poziomów i zmniejszono wartość współczynnika gamma (prawa połówka).



Rys. 2.14. Porównanie obrazu zeskanowanego z domyślnymi ustawieniami skanera przed (po lewej) i po korekcje poziomów (po prawej) w programie GIMP [źródło: OW *PRz*]

Widocznym **skutkiem modyfikacji w programie GIMP**, w porównaniu do edycji ustawień aplikacji skanera, jest uzyskanie nieco wyraźniejszych linii o głębszej czerni. Jednak największą zaletą tej metody **jest pełna kontrola i doskonały podgląd wprowadzanych zmian, a w przypadku edytowania obrazu zduplikowanego w programie na kolejnej warstwie – także ich pełna odwracalność**.

Skrajnym przypadkiem może być rysunek wykonany ołówkiem na arkuszu brystolu, w którym linie siłą rzeczy mają kolor zbliżony do szarego. Po skanowaniu z użyciem domyślnych ustawień aplikacji skanera, rysunek staje się jeszcze bledszy. Korzystając z wyżej opisanej techniki, można zwiększyć wyrazistość rysunku wykonanego ołówkiem – do stopnia znacznie przekraczającego możliwości tej najprostszej metody kreślarskiej.

Gotowy **obraz należy wyeksportować tylko do formatu, który zachowuje informację o rozdzielczości obrazu** wyrażoną w ‘dpi’. W przeciwnym przypadku należy liczyć się z utratą skali pozyskane-

go obrazu. Z tego powodu nie stosuje się np. formatu *.gif. Zalecane są te same formaty, które wskazano w opisie procesu skanowania. W przypadku potrzeby pliku graficznego do formatu *.pdf można podobnie użyć opcji eksportu programu GIMP lub poprzednio wspominanego programu PDFill Tolls.



UWAGA

Należy zwrócić uwagę, czy po wykonaniu przekształceń w kolejnych programach obraz zachowuje właściwy współczynnik rozdzielczości.

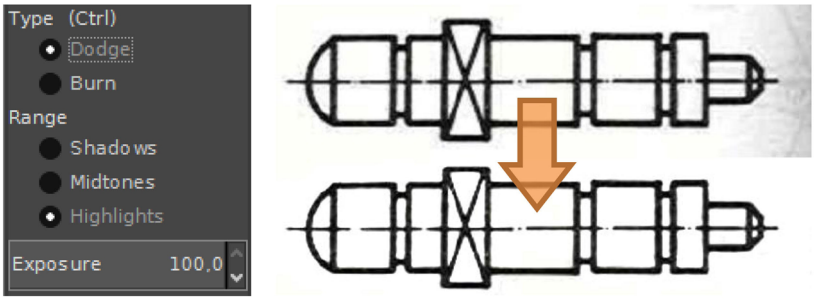
W tym celu warto wyświetlić go w przeglądarce obrazów zadając powiększenie 100%. Rozmiar rysunku na ekranie powinien wówczas zgadzać się z rozmiarem rysunku rzeczywistego.

Niekiedy zdarza się, że **wstawiany obraz jest zapożyczony z innego źródła** (oczywiście z podaniem źródła i zachowaniem praw dotyczących własności intelektualnej). Mógł on zostać już wcześniej poddany niezbyt korzystnej obróbce, a także znacznie skompresowany. Wpływa to na rozmycie linii rysunkowych, natomiast tło może zawierać liczne wtrącenia lub ciemniejsze plamy.

Do pewnego stopnia **można poprawić jakość obrazu** dobierając odpowiednie poziomy. Jednak pracując na przykład z obrazem w niskiej rozdzielczości niekoniecznie uda nam się rozwiązać w ten sposób problemy, polegające na czymś, co można określić zanieczyszczeniami obrazu.

Do „oczyszczenia" obrazu świetnie nada się narzędzie **'Rozjaśnianie'** (ang. *'Dodge'*), ustawione w zakresie tonalnym świateł (ang. *'Highlights'*). Sposób użycia tego narzędzia jest analogiczny do pędzla – podobnie korzysta się z końcówki z odpowiednio dobraną średnicą oraz twardością. Zawężenie zakresu działania narzędzia do świateł powoduje że praktycznie nie naruszane są czarne krawędzie,

natomiast rozjaśniane są ich jaśniejsze fragmenty co sprawia wrażenie wyostrzenia. W ten sposób można pozbyć się również szarych, niepożądanych plam w tle lub innych, mniej wyrazistych wtrąceń.



Rys. 2.15. Efekt „oczyszczania" zeskanowanego rysunku przy użyciu narzędzia 'Rozjaśnianie' w zakresie świateł w programie GIMP [źródło: *WPP*]

W analogiczny sposób można użyć narzędzia **'Ściemnianie'** (ang. *'Burn'*) ustawiając zakres na cienie (ang. *'Shadows'*) do zwiększenia stopnia „zaczernienia" linii lub innych elementów rysunku. Jednak w tym celu w pierwszej kolejności warto spróbować **globalnie zwiększyć kontrast obrazu** wyżej opisanym sposobem, polegającym na korekcie poziomów. Natomiast lokalne problemy polegające na słabym kontraście z powodzeniem mogą być naprawione z użyciem narzędzia **'Ściemnianie'**.

W przypadku bardziej uporczywych błędów lub elementów rysunku przeznaczonych do usunięcia, stosuje się typowe narzędzia do malowania typu '**Pędzel'** (ang. *'Brush'*) lub **'Ołówek'** (ang. *'Pencil'*). Opis działania tych narzędzi w tak prostych przypadkach jest z pewnością zbędny.

Studium przypadku 3.

Zastosowanie rysunku wektorowego 2D do rozplanowania części budowanego urządzenia

Istotną cechą rysunków wektorowych jest to, że wszystkie elementy charakteryzują się konkretnymi wymiarami, określonymi liczbami.



WAŻNE

W programach typu CAD, w odróżnieniu od popularnych programów do tworzenia użytkowej grafiki wektorowej, w łatwy sposób można nadawać kształt szkicu oraz określać rozmiar jego elementów posługując się relacjami i sterującymi ciągami wymiarowymi.

Idąc dalej, powszechną praktyką inżynierską jest wykonywanie modeli 3D części, składanie ich w podzespoły, a nawet w gotowe urządzenia. Dzięki temu już na etapie projektowania, rozwiązuje się wiele problemów praktycznych, np. unikanie kolizji współpracujących elementów i upewnienie się o ich właściwym dopasowaniu.

Nic oczywiście nie zastąpi technicznej dokumentacji rysunkowej. Ta jest wówczas tworzona na podstawie modeli części lub całych złożeń.

UWAGA

Należy jednak zwrócić uwagę, że modele 3D charakteryzują się wymiarami nominalnymi.

Nie posiadają takich cech, jak np. wymagana chropowatość powierzchni czy informacji o sposobie wykonania i obróbki (np. cieplnej). Tego rodzaju informacje jak wartości tolerancji wymiarów, lokalizacja baz pomiarowych, adnotacje o dodatkowych cechach powierzchni detalu i wiele innych, mogą znaleźć się tylko na odpowiednich rysunkach technicznych, wchodzących w skład projektu.

Przykład, którego dotyczy ten rozdział stanowi jednak celowe uproszczenie wyżej opisanych sytuacji. **Bazuje jedynie na właściwości zachowania skali** i **proporcji** w **programie do wykonywania rysunk**ów **2D.** Zadanie polegało na zaprojektowaniu skrzynki sterowniczej do włączania, wyłączania i zmiany kierunku obrotów trójfazowego silnika klatkowego, napędzającego wrzeciono wiertarki stołowej. Natomiast założonym celem była budowa kompaktowego urządzenia, mieszczącego się w obudowie o możliwie małych rozmiarach, o optymalnie rozmieszczonych podzespołach pod względem sposobu połączeń elektrycznych, zapewniając także ergonomiczną obsługę.

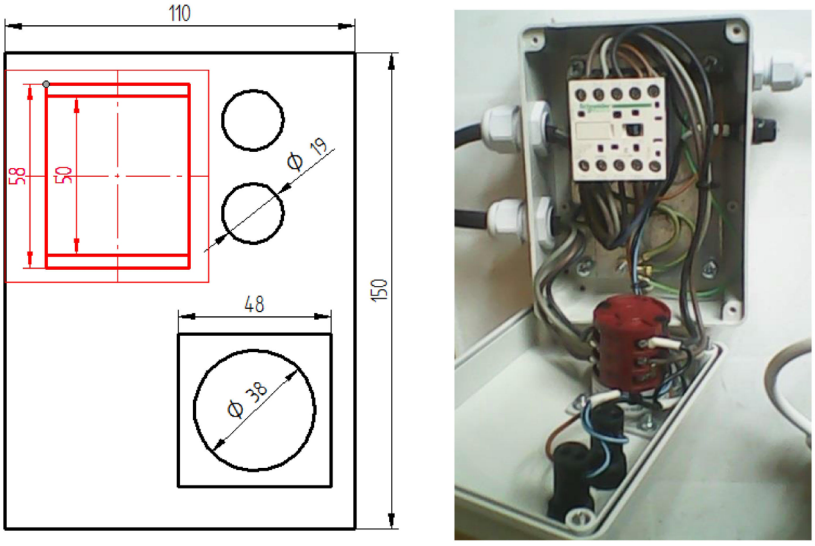
Składowe podzespoły elektryczne to: obudowa hermetyczna, stycznik trójfazowy, łącznik krzywkowy, dwie lampki kontrolne, bezpiecznik układu sterowania stycznikiem oraz trzy dławice do wyprowadzenia odpowiednich przewodów. Poniżej przedstawiono fotografie katalogowe ważniejszych części wykonywanej skrzynki sterowniczej.



Rys. 3.1. Elementy składowe projektowanego urządzenia – kolejno od góry: obudowa hermetyczna, stycznik trójfazowy, łącznik krzywkowy, lampki kontrolne, gniazdo bezpiecznika
[źródło: *Canalplast, Schneider Electric, APATOR, EMAS*]

Opis techniczny wszystkich dobieranych elementów jest łatwo dostępny w Internecie. Na tej podstawie dobrano poszczególne elementy, aby ich parametry elektryczne odpowiadały projektowi. Udostępniane przez producenta dane techniczne zawierają także informacje o wymiarach gabarytowych poszczególnych podzespołów. W programie do rysunku wektorowego 2D, np. Solid Edge, środowisko **‘Rysunek (ISO metryczne)’** z łatwością można wykonać kształty odpowiadające obrysom poszczególnych elementów w danym rzucie prostokątnym z zachowaniem odpowiednich wymiarów i skali. Rozmieszczenie elementów we wnętrzu obudowy w danym rzucie płaskim, może być symulowane przez dopasowanie położe-

nia wykonanych obrysów. Zadanie staje się jeszcze łatwiejsze, gdy obrysy poszczególnych części zostaną wykonane jako **'Bloki'** (lub grupy w przypadku innych programów). Poniżej przedstawiono rysunek koncepcyjny z zaznaczonym blokiem stycznika oraz fotografię wnętrza gotowego do montażu urządzenia.



Rys. 3.2. Rysunek koncepcji rozmieszczenia elementów w obudowie, wykonany w programie Solid Edge (po lewej) oraz fotografia wnętrza gotowego urządzenia (po prawej)

Opisana technika znacznie ułatwiła i **przyspieszyła praktyczną realizację projektu**. Tego rodzaju rysunek może być także użyty do wydrukowania szablonów ułatwiających wykonanie otworów montażowych. Dysponując wszystkimi częściami i schematem elektrycznym, zasadne jest jak najszybsze przejście do budowy urządzenia. Nie ma sensu tracić czasu na wykonywanie szczegółowych modeli 3D i składania ich w programie CAD.

Z drugiej strony, poleganie na własnej wyobraźni przestrzennej przy budowie urządzenia, może doprowadzić **do popełnienia pewnych nieodwracalnych błędów**. Wystarczy, że rozmieszczenie wykonanych już otworów montażowych okaże się nieprawidłowe, żeby stanąć przed dość frustrującym problemem, którego można było uniknąć. Opisana technika, z użyciem zgrubnych obrysów elementów

rozmieszczanych na płaszczyźnie, jest uzasadnionym kompromisem w tej sytuacji. Oczywiście można ją jeszcze uprościć, przez zastąpienie oprogramowania CAD arkuszem brystolu, linijką i nożyczkami, aby odpowiednie szablony elementów wyciąć i rozplanować względem siebie. Wykorzystanie w podobnym przypadku oprogramowania, którego obsługa została już dobrze poznana na naszych zajęciach, okaże się jednak zdecydowanie szybsze i dokładniejsze.



Rys. 3.3. Fotografia działającego urządzenia zamontowanego na wiertarce stołowej WS-15

Na koniec parę słów o **celowości budowy tego urządzenia**. Ma ono za zadanie realizować pośrednie sterowanie silnikiem wiertarki stołowej przy użyciu łączników monostabilnych znajdujących się w kasecie sterującej. Jednocześnie urządzenie ma zapewnić możliwość przełączania prawych i lewych obrotów. Łącznik krzywkowy służy do załączania zasilania urządzenia oraz wyboru kierunku obrotów.

Zasilanie sygnalizowane jest niebieską lampką w każdym z dwóch położeń roboczych L i P. Start wiertarki następuje jednak dopiero po wciśnięciu przycisku kasety i sygnalizowany jest zieloną lampką. Wiertarkę zatrzymuje się przyciskiem STOP znajdującym się w kasecie w przypadku próby przełączenia kierunku obrotów wrzeciona podczas pracy, wiertarka zatrzyma się do czasu ponownego naciśnięcia przycisku START, po czym kierunek obrotów oczywiście będzie przeciwny.

Studium przypadku 4.

Odtwarzanie projektu istniejącego budynku mieszkalnego przy użyciu środowiska Solid Edge

Środowisko **‘Rysunek (ISO metryczne)’** może być z powodzeniem użyte także do innego rodzaju rysunków technicznych niż maszynowy, choć samo **oprogramowanie Solid Edge** zostało opracowane dla branży przemysłowej związanej z dziedziną mechaniki i budowy maszyn.



WAŻNE

Środowisko ‘Rysunek’ jest jednak dość uniwersalne. Zmieniając ustawienia środowiska, można ustalić jednostki długości odpowiadające wprowadzanym wymiarom elementów.

Korzystając ze stylów można dostosować wygląd ciągów wymiarowych oraz zmienić jednostki w jakich wyświetlane są liczby wymiarowe.

Elementy charakterystyczne dla różnych, branżowych rysunków technicznych można utworzyć samodzielnie i zapisać w postaci obiektu lub grupy.

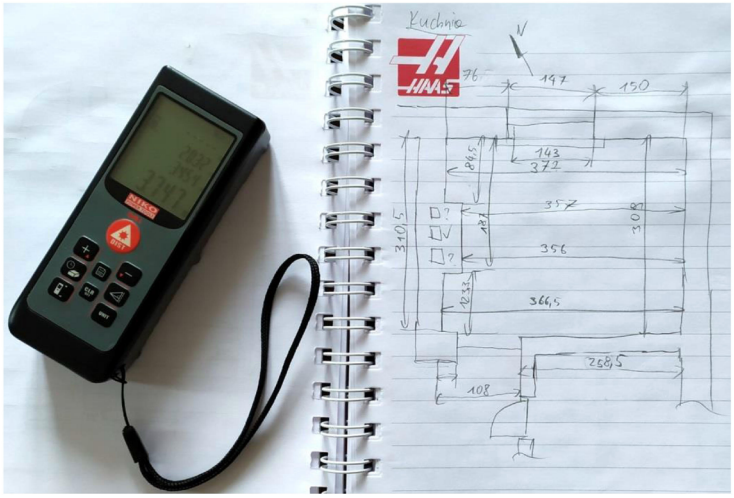
Przykładami mogą być symbole wylewki, zlewu, wanny lub trójnika w rysunku instalacji sanitarnych. W przypadku rysunku instalacji grzewczych niezbędne symbole to kocioł, pompa, grzejnik, zawory itp. W projekcie instalacji wentylacyjno-klimatyzacyjnych będą to np. symbole wentylatorów, kształtek kanałów wentylacyjnych, modułów klimatyzacji. **Wszystkie tego rodzaju elementy można zapisywać** w **formie edytowalnych, gotowych do wstawienia obiektów, two-**

rząc swojego rodzaju bazę elementów i **rozszerzając** w **ten sposób możliwości oprogramowania**.

Jako przykład zostanie przedstawione zadanie polegające na **odtworzeniu dokumentacji architektoniczno-budowlanej domu** wybudowanego kilkadziesiąt lat temu. Każda rozbudowa lub większy remont takiego domu wymaga aktualnych planów budynku. Te, na podstawie których był on budowany mogły z różnych przyczyn się nie zachować lub zupełnie nie pasować do stanu faktycznego, z powodu poczynionych modyfikacji zarówno na etapie budowy, jak i w trakcie wieloletniego użytkowania. Prawo budowlane kilkadziesiąt lat temu nie było tak restrykcyjne jak obecnie, a przypadki budowania nawet bez projektu nie należały do rzadkości.

Przystępując do próby **odtworzenia rzutów architektoniczno -budowlanych** kolejnych kondygnacji istniejącego budynku, należy w pierwszej kolejności wykonać stosowne pomiary i zanotować ich wyniki na odręcznych szkicach. Do pomiaru został użyty dalmierz laserowy, którego fotografia została przedstawiona na kolejnym rysunku wraz z odręcznym szkicem jednego z pomieszczeń.

Już na tym etapie okazało się, że ściany budynku nie zawsze są prosto rozmieszczone. Występują nierównoległości osi istniejących ścian i inne – większe lub mniejsze - błędy geometryczne. Jest to normalne dla techniki budownictwa z tamtych lat. Na przykład na temat krzywizn bloków mieszkalnych wybudowanych z tzw. „wielkiej płyty” powstawały nawet żarty.



Rys. 4.1. Dalmierz laserowy i odręczny szkic rzutu pomieszczenia (kuchni) wykonany podczas pomiarów

W każdym razie, **dokonanie pomiaru obiektów zachowujących odpowiednie relacje geometryczne** jest stosunkowo łatwe. W przypadku tych, które odbiegają od nominalnego kształtu, trzeba wykonywać dodatkowe pomiary i ciągi wymiarowe.

Dla przykładu można porównać sposób wymiarowania prostokąta do równoległoboku nie zachowującego kątów prostych albo do trapezu. Traktując te figury jako zdeformowane prostokąty, należy posłużyć się większą liczbą ciągów wymiarowych aby na podstawie pomiarów opisać ich rzeczywisty kształt. Z tego względu niezależnie od spodziewanego przypadku, odległości ścian danego pomieszczenia były mierzone w co najmniej czterech liniach. Dodatkowo można przy użyciu miary zwijanej zmierzyć długość obu przekątnych pomieszczenia, które dla planu prostokąta powinny być sobie równe.



UWAGA

Warto zwrócić uwagę, że to co tak naprawdę było mierzone, to wymiary wewnętrzne pomieszczeń.

Grubości ścian można było zmierzyć orientacyjnie jedynie w okolicy otworów drzwiowych. Biorąc jednak pod uwagę dużą liczbę opisanych w ten sposób pomieszczeń, które w bryle budynku muszą do siebie pasować na przestrzeni wszystkich kondygnacji, można wykonać uśrednione rzuty, które by uwzględniały wszystkie stwierdzone zależności.



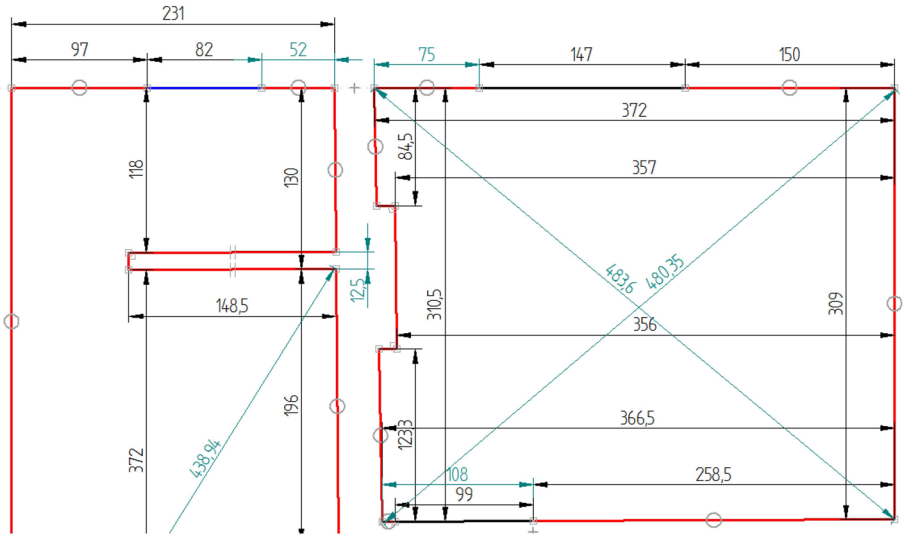
WAŻNE

Przechodząc do pracy w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne)’ zmieniony został układ jednostek na centymetry, co jest wygodne do tego rodzaju celów.

Zaktualizowana norma dotycząca rysunku architektoniczno-budowlanego nakazuje stosowanie milimetrów, identycznie jak w rysunku maszynowym.

Jednak ze względu na konieczność posługiwania się dużymi liczbami, nie wszyscy architekci się do tego stosują. Dla przykładu w aktualnym wydaniu podręcznika **„Rysunek techniczny maszynowy” autorstwa Tadeusza Dobrzańskiego**, w jednym z ostatnich rozdziałów omówione są zasady rysunku budowlanego, gdzie nadal figurują wymiary określone w centymetrach.

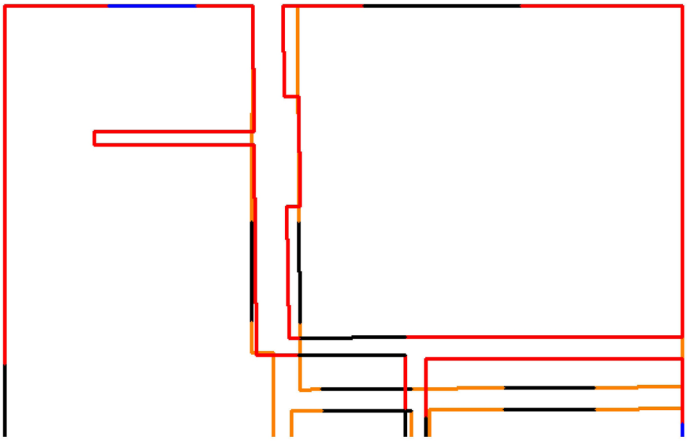
W pierwszej kolejności tworzone były szkice opisujące rzuty poszczególnych pomieszczeń. Poniżej przedstawiono szkic tego samego pomieszczenia (kuchni) z fotografii z pomiarów.



Rys. 4.2. Przykładowe szkice pomieszczeń wykonane w środowisku ‘Rysunek (ISO metryczne) na podstawie wcześniejszych pomiarów

Zadanie zmierzonych wymiarów jako sterujące (za wyjątkiem przekątnych pomieszczeń) nie powoduje jeszcze odebrania wszystkich stopni swobody rysowanym szkicom. Dzięki temu szkice pomieszczeń można dopasowywać do siebie tak aby odpowiadały wymiarom szkiców sąsiednich pomieszczeń (w przykładzie – klatka schodowa).

Praca przypominała trochę zabawę w układankę. Szkice pomieszczeń różnych kondygnacji były układane na odpowiednich warstwach. Możliwe zatem było **dopasowywanie poszczególnych elementów do siebie również** w **trzecim wymiarze** – po włączeniu widoczności odpowiednich warstw, co przedstawia kolejny rysunek. Pomarańczowe linie należą do krawędzi ścian znajdujących się na niższej kondygnacji.

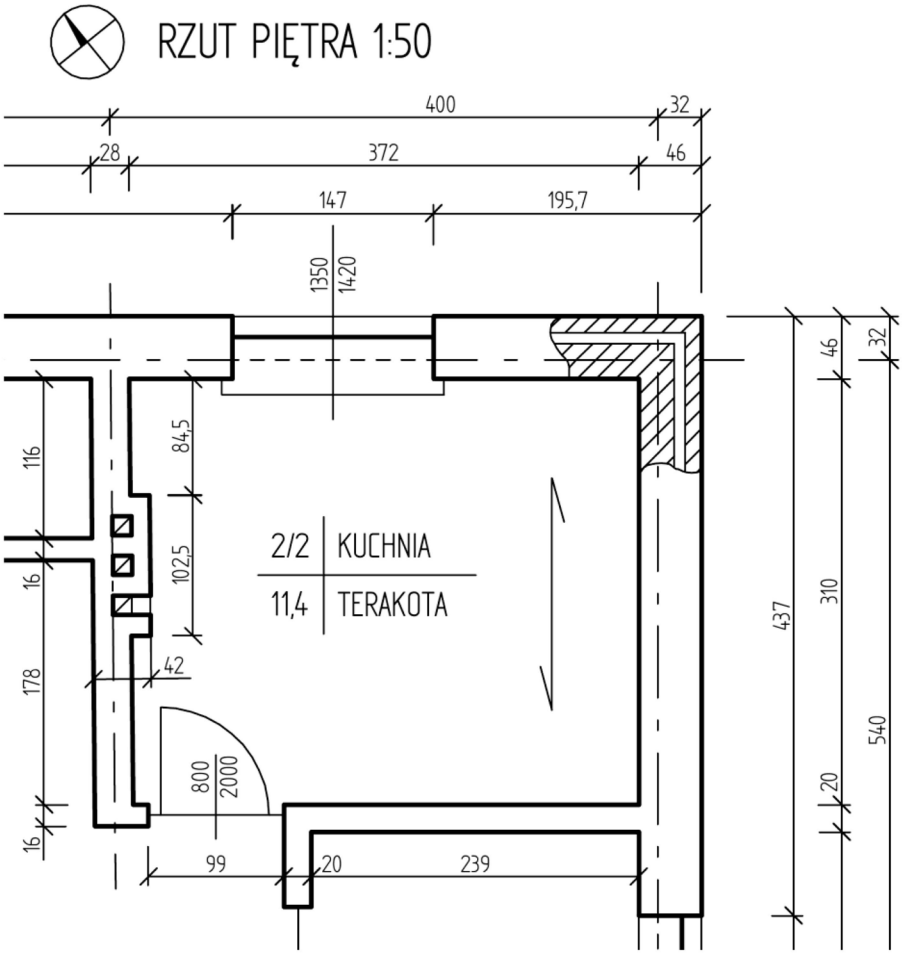


Rys. 4.3. Zarysy ścian sąsiednich pomieszczeń dopasowane względem siebie w programie Solid Edge dla dwóch kondygnacji (linie pomarańczowe – warstwa parteru, linie czerwone – warstwa piętra)

Nanosząc zmierzony obrys zewnętrzny budynku oraz zakładając orientacyjne wymiary grubości przegród wewnętrznych, dysponuje się już wystarczającą ilością danych do wykonania rzutów budynku, dość dokładnie odpowiadających rzeczywistości.

Odpowiednio rozmieszczone i **dopasowane szkice, wykonane na podstawie pomiarów,** służą **w kolejnym etapie projektu jako „podkładka" do narysowania właściwych rzutów architektoniczno-budowlanych.** Tu należało zdecydować, czy stwierdzone krzywizny ścian zostaną zniwelowane przez uśrednienie położenia, ponieważ projekt z zasady przedstawia teoretyczną, wyidealizowaną sytuację. **Jednak spowodowałoby to utratę pewnej dokładności względem rzeczywistego obiektu**. Z tego względu zdecydowano się na wykonaniu rysunku rzutów zgodnie z wynikami pomiarów. Natomiast ciągi wymiarowe zostały nanoszone tak, jakby rzuty były teoretyczne – tzn. nie uzupełniano ciągów o wymiary stwierdzonych odchyłek.

Poniżej zamieszczono fragment odtworzonego planu budynku z analizowanym w przykładzie pomieszczeniem.



Rys. 4.4. Fragment planu architektoniczno – budowlanego przedstawiającego rzut piętra z odtworzonym przykładowym pomieszczeniem

Studium przypadku 5.

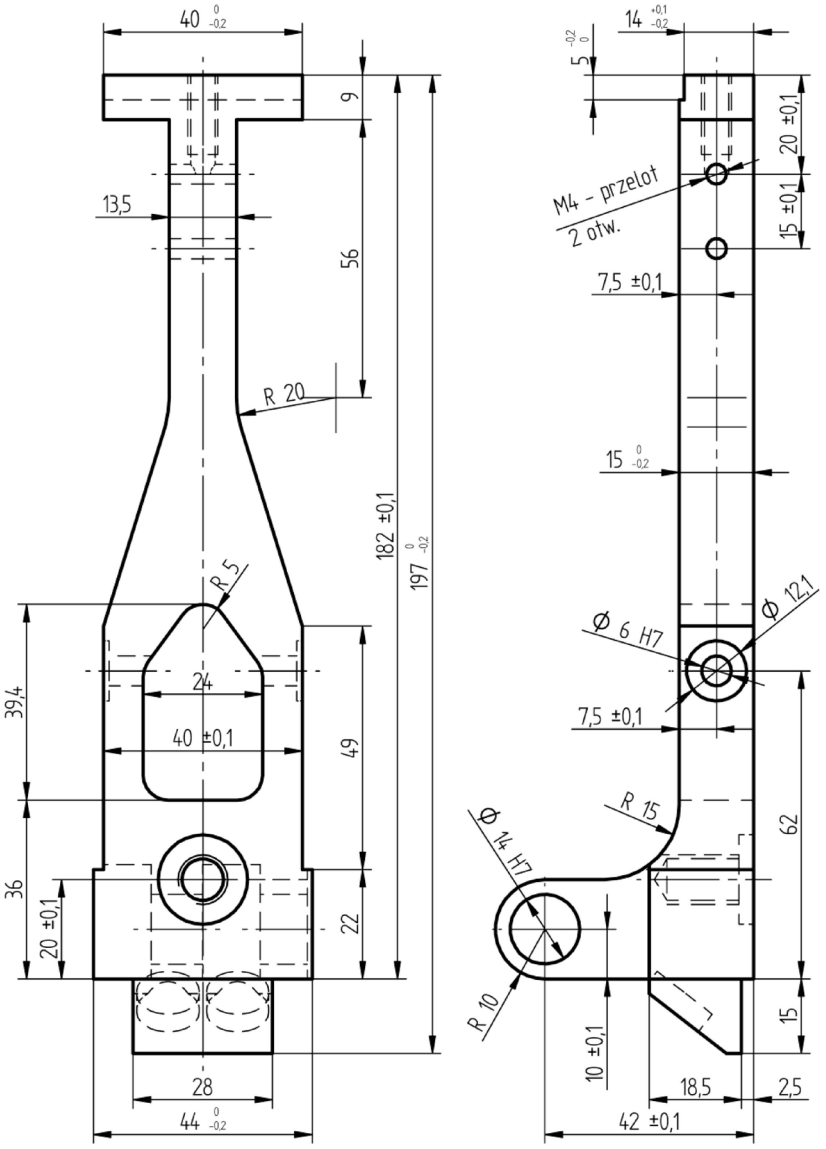
Korekta wykonawczych rysunków technicznych w celu zapewnienia wymaganej jakości wymiarowej



WAŻNE

Wykonawcze rysunki techniczne zawierają istotne informacje, określające wymogi jakim powinien odpowiadać produkowany detal.

Zawiera się w nich adnotacje informujące o rodzaju materiału, klasie dokładności nietolerowanych wymiarów, wymogu obróbki ostrych krawędzi, wymogu obróbki termicznej lub polerskiej do uzyskania określonej klasy chropowatości powierzchni itp.



Rys. 5.1. Rysunek techniczny detalu przeznaczonego do wykonania metodą skrawania na obrabiarce CNC, zawierający elementy o wymiarach tolerowanych asymetrycznie

Natomiast przy użyciu wymiarów tolerowanych określa się wymaganą dokładność wymiarową detalu.



WAŻNE

Wymiary tolerowane dotyczą zwykle najważniejszych pod względem konstrukcyjnym elementów detalu.
Wymóg podwyższonej dokładności mocno wpływa na zwiększenie kosztu produkcji z powodu konieczności wykonania dodatkowych operacji.

Rozważmy jako przykład **wytworzenie pewnego detalu przy użyciu obrabiarki CNC na podstawie wykonawczej dokumentacji rysunkowej.** Przykładowym detalem jest dźwignia automatu produkcyjnego, zlecona do wykonania z danego stopu aluminium.

Pierwsza niezbędna informacja odczytana z dokumentacji rysunkowej to **wymiary gabarytowe detalu pozwalające określić ilość potrzebnego materiału** i **jego rodzaj** określony w tabliczce rysunkowej. Zależnie od umowy usługi, wykonawca zaopatruje się w odpowiedni materiał lub pracuje na materiale powierzonym przez zleceniodawcę. Następnie technolog, który jednocześnie może być programistą CNC, **planuje kolejne operacje prowadzące do wykonania detalu**. Dobór odpowiednich narzędzi do obróbki zgrubnej i wykończeniowej dla doświadczonego technologa jest czynnością dość rutynową. Nieco większe trudności wiążą się z planowaniem kolejności operacji i wyboru stron zamocowania przygotówki oraz zmiany zamocowania w kolejnych etapach obróbki.

Jednak najważniejsze i najtrudniejsze jest **takie zaplanowanie kolejnych operacji, aby wymiary gotowego detalu mieściły się** w **zadanych polach tolerancji,** w sytuacji gdy dopuszczalne odchyłki są stosunkowo niewielkie (czasem nawet na granicy możliwości danej technologii). Spełnienie takich wymogów wiąże się często ze zwiększeniem liczby operacji. Nawet zakładając bardzo dużą dokładność maszyny oraz narzędzi, nie ma możliwości wykonania doskonałego detalu.

Każdy materiał posiada w **sobie tzw. naprężenia wewnętrzne**. Usuwając gruby nadmiar materiału tak, aby nadać mu kształt zbliżony do wykonywanego detalu, uwalniane naprężenia powodują jego deformacje. Część uwalnianych naprężeń wewnętrznych odbierana jest przez przytwierdzenie detalu do stołu roboczego. Zatem, po uwolnieniu detalu z mocowania, deformacja jeszcze się zwiększy. Na podstawie bezpośrednich pomiarów, może się okazać, że wskutek opisanego zjawiska**, detal nie spełnia wymogów jakości wymiarowej, określonych** w **dokumentacji rysunkowej**. Z tego względu technolog musi przewidywać zakres, rodzaj i stan deformacji występujący pomiędzy kolejnymi operacjami.



UWAGA

Najczęściej krytyczne wymiary osiąga się w ostatnich operacjach polegających na minimalnym zebraniu materiału, ale nawet siła z jaką zamocowany jest niemal gotowy detal w ostatniej obróbce tolerowanego elementu, może mieć wpływ na jego kształt i rzeczywisty wymiar.

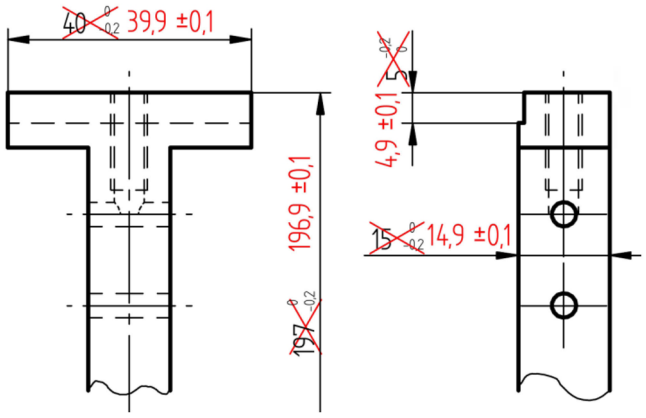
W wymagających przypadkach istotny okazuje się nawet **wpływ temperatury detalu** i **maszyny**. Podczas długotrwałej obróbki temperatura chłodziwa wzrasta, co wskutek rozszerzalności termicznej przekłada się na rzeczywiście uzyskiwane wymiary obrabianego detalu. Natomiast wpływ **zużycia narzędzi** w **trakcie obróbki na wymiary** jest z tego wszystkiego najłatwiejszy do przewidzenia i kontrolowania.

W przypadku wykonywania elementu z wąsko określonym polem tolerancji – z technologicznego punktu widzenia – najlepiej jest „celować" w jego środek. Zakłada się wówczas **jednakowy margines błędu po obu stronach docelowego wymiaru**. Najczęściej trudno bowiem przewidzieć, która z wyżej opisanych przyczyn będzie miała największy wpływ na ostateczny kształt wytwarzanego detalu.

WAŻNE

Projektanci często posługują się wymiarami tolerowanymi asymetrycznie tzn. takimi, których jedna z odchyłek równa się zeru. Oznacza to, że wymiar nominalny określa jedną z granic (wewnętrzną lub zewnętrzną) tolerowanego pola.

Aby przekształcić to zagadnienie do postaci **wymiaru tolerowanego symetrycznie**, należy zmodyfikować wymiar nominalny przez dodanie do niego wartości połowy odchyłki, z uwzględnieniem jej znaku. Taka teoretyczna modyfikacja jest prosta i wymaga jedynie zmiany odpowiednich liczb wymiarowych i wartości odchyłek na istniejących rysunkach. Ze względu na małe wartości tych zmian w skali arkusza, uwzględnianie przesunięcia odpowiednich krawędzi na rysunku jest zbędne.



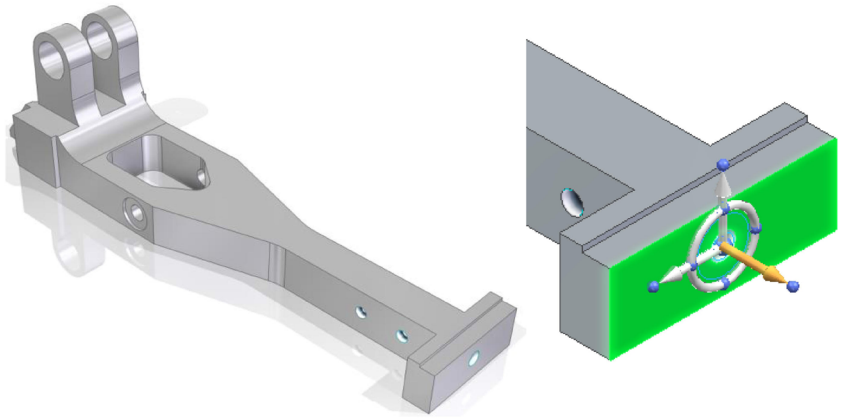
Rys. 5.2. Sposób modyfikacji rysunku w celu przekształcenia wymiarów tolerowanych asymetrycznie do tolerowanych symetrycznie

W parze z techniczną dokumentacją rysunkową, zleceniodawca najczęściej udostępnia **model bryłowy CAD**, przeznaczony do wy-

tworzenia detalu. Ten jest określony wymiarami nominalnymi, które obowiązywały w poprzedniej wersji rysunków. Programista CNC jest zmuszony zatem wykonać **przesunięcia odpowiednich ścianek detalu**, tak aby dane wymiary odpowiadały tym skorygowanym. Model CAD, udostępniany podwykonawcom lub usługodawcom, różni się zwykle od modelu natywnego. Projektant eksportuje go do pliku o uniwersalnym formacie, który nie zawiera elementów właściwych dla zastosowanego środowiska CAD.

Jest to typowe, ponieważ **podwykonawca nie zawsze** będzie dysponował takim samym środowiskiem CAD, dlatego plik w natywnym formacie może nie zdać się na wiele, albo wręcz przeciwnie. W pliku modelu zostałoby przekazane drzewo operacji dające pełną kontrolę, umożliwiając przypadkowe popsucie lub wykorzystanie w celach niezgodnych z umową.

Przesunięcie ścianek w udostępnionym przez zleceniodawcę modelu wykonuje się w środowisku **‘Część (ISO metryczne)’** oprogramowania Solid Edge, pracującym w tzw. trybie synchronicznym. Przy użyciu wielofunkcyjnego narzędzia, jakim jest tzw. **‘torus’,** można bezpośrednio zadać przesunięcia wybranym licom modelu bryłowego, niezależnie od tego, w jaki sposób został on utworzony.



Rys. 5.3. Sposób modyfikacji modelu CAD w trybie synchronicznym środowiska ‘Część (ISO metyczne)’ w celu przesunięcia wybranego lica do środka pola tolerowanego wymiaru

Przesunięcie jak w przykładzie czołowego lica o -0,1 mm spowoduje za jednym razem skorygowanie dwóch wymiarów: 197 i 5 mm do wartości znajdujących się w środku pola tolerancji. W analogiczny sposób przesuwa się lica dla pozostałych wymiarów wymagających technologicznej korekty. Opisana funkcjonalność oprogramowania Solid Edge jest w pełni dostępna także na bezpłatnej licencji studenckiej.



Rys. 5.4. Fotografia gotowego detalu wykonanego na obrabiarce CNC

Na powyższej fotografii przedstawiono rzeczywisty detal wykonany w krótkiej serii w laboratorium CNC Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji w Lublinie.

Grafika użyta do rozdzielania poszczególnych rozdziałów:

1. Ad. 1 – fanjianhua/Freepik.com
2. Ad. 2 – fanjianhua/Freepik.com
3. Ad. 3 – mindandi/Freepik.com
4. Ad. 4 – mindandi/Freepik.com
5. Ad. 5 – mindandi/Freepik.com

Z recenzji:

Rysunek techniczny jest uniwersalnym narzędziem komunikacji pomiędzy inżynierami, konstruktorami, a przemysłem. Rysunek umożliwia komunikowanie się nawet pomiędzy osobami, które nie mówią w tym samym języku. Z drugiej strony wymaga to jednak poznania wspólnych zasad czytania rysunku technicznego ze zrozumieniem i jednoznaczną interpretacją przekazywanych poprzez rysunek informacji.

Wraz z rozwojem informatyki również proces tworzenia rysunku technicznego, jego zapis, przechowywanie i przesyłanie może być wspomagane komputerowo. Komputer wraz z oprogramowaniem stanowi narzędzie projektanta na każdym etapie (od projektowania wstępnego aż do konstruowania poszczególnych elementów i sporządzania końcowej dokumentacji projektowej). Jednym z takich popularnych i często stosowanych narzędzi jest program CAD Solid Edge, który został przedstawiony przez Autora.

dr hab. inż. Grzegorz Bartnik

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
20-209 Lublin, ul. Projektowa 4
tel.: +48 81 749 17 77
www.wsei.lublin.pl

ISBN – wersja elektroniczna: 978-83-66159-95-2

WSEI LUBLIN
WYDAWNICTWO NAUKOWE
INNOVATIO PRESS

KOMPETENCJE WIEDZA INNOWACJE
Zintegrowany program rozwoju WSEI III ETAP

Fundusze Europejskie Program Regionalny

Rzeczpospolita Polska

Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny