

## **STRESZCZENIE**

Tematem pracy inżynierskiej jest realizacja gry strategii czasu rzeczywistego osadzonej w realiach historycznych wybranej epoki. Niniejsza praca zawiera opis przykładowych rozwiązań zastosowanych w niektórych grach dostępnych na rynku oraz projekt i implementację wytwarzanego programu. Praca skupia się na przedstawieniu zaimplementowanych mechanik oraz sposobie oddania realiów, w których osadzona jest fabuła opracowanej gry.

Do przygotowania prototypu gry wykorzystano silnik Unity oraz udostępniane przez niego narzędzia. Za ich pomocą przygotowano podstawowe mechanizmy, typowe dla gier strategii czasu rzeczywistego oraz przykładowe zadania tworzące fabułę gry. Utworzony prototyp pozwala na dalsze rozwijanie świata gry poprzez dodawanie nowych zadań oraz elementów rozgrywki. Zagadnienia implementacyjne zostały opisane w rozdziale Implementacja, a efekt finalny w Przebiegu rozgrywki.

Podstawowym celem projektu jest przygotowanie gry, która w jak najdokładniejszy sposób oddawałaaby realia wybranej epoki. Zdecydowaliśmy się na osadzenie fabuły we wczesnym średniowieczu. Główną inspiracją stali się Celtovia, którzy w tamtych czasach zamieszkiwali tereny współczesnej Irlandii. W ramach projekty przede wszystkim skupiono się na opracowaniu sposobu nawigacji w grze oraz zachowania przeciwników, stosujących broń oraz słownictwo charakterystyczne dla realiów historycznych. W rozdziale Projekt została przedstawiona wizja autorów na poszczególne elementy gry.

W celu przygotowania się do projektu i implementacji gry, przeprowadzono przegląd wybranych mechanik w grach dostępnych na rynku. Niniejsza praca zawiera opis ich działania na podstawie przykładów z istniejących gier oraz sposobu, w jaki wpływają na ich rozgrywkę. Przedstawione rozwiązania stanowią inspirację dla wytwarzanej gry.

## **ABSTRACT**

The topic of the engineering thesis is a prototype of real-time strategy game set in historical reality of selected era. This work contains a description of sample solutions used in selected games available on the market and the design and a overview of the implementation of the produced program. The work focuses on the presentation of the implemented mechanics as well as the way of rendering the realities in which the plot of the developed game is set.

The Unity engine and the tools it provides were used to prepare a prototype of the game. Employing these tools, basic mechanics typical of real-time strategy games, were prepared, as well as sample tasks forming the game's plot. The devised prototype allows for further development of the game environment by adding new activities and gameplay elements. The implementation matters are described in the Implementation chapter, and the results in the Gameplay Course.

The fundamental goal of the project is to develop a game that would reflect the reality of the selected era as accurately as possible. The main inspiration came from the Celts, who at that time inhabited the territory of modern day Ireland. The project primarily focused on developing the means of navigation in the game and the behavior of opponents, using weaponry and vocabulary characteristic to the historical realities. The Project chapter presents the authors' vision for the various elements of the game.

In preparation for the design and implementation of the game, a review of selected mechanics in games available on the market were conducted. This paper describes how they work using examples from existing games and how they affect their gameplay. The solutions presented provide inspiration for the developed game.

## **SPIS TREŚCI**

Streszczenie .....	1
Abstract .....	2
Spis treści.....	3
Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów.....	5
1. Wstęp i cel pracy (Bogna Lew, Zofia Sosińska) .....	6
2. Przegląd strategii czasu rzeczywistego .....	7
2.1. Przegląd wybranych gatunków gier komputerowych .....	7
2.1.1. Specyfika komputerowych gier fabularnych (Bogna Lew) .....	8
2.2. Specyfika gier RTS (Bartosz Strzelecki).....	8
2.3. System dialogów w grach (Bartosz Strzelecki).....	9
2.4. Model sztucznej inteligencji przeciwników w grach RTS (Bartosz Strzelecki) .....	11
2.5. Mechanizm budowania oraz zarządzanie zasobami w Warhammer 40,000: Dawn of War (Bogna Lew) .....	11
2.6. Mechanizm walki oraz zarządzania ekipunkiem w Kingdom Come: Deliverance (Bogna Lew)	12
2.7. Pasek najważniejszych informacji w interfejsie użytkownika gry Warcraft3 (Zofia Sosińska)...	13
2.8. Sterowanie jednostkami w grze Mount&Blade (Zofia Sosińska).....	13
2.9. Kompas w grze Skyrim (Zofia Sosińska) .....	14
2.10. Przedstawienie dostępnych pułapek do zbudowania w grze Orcs must die! (Zofia Sosińska) ..	14
2.11. Przekazywanie informacji o świecie w grze Dead by Daylight (Bartosz Strzelecki).....	16
2.12. Model celowania w grze Phoenix Point (Bartosz Strzelecki) .....	16
2.13. System Nemesis w grach Middle-earth: Shadow of War oraz Middle-earth: Shadow of Mordor (Bogna Lew) .....	17
3. Technologie, algorytmy i narzędzia .....	18
3.1. Przegląd silników (Bogna Lew) .....	18
3.2. Narzędzia dostępne dla silnika Unity .....	19
3.2.1. Terrain Toolbox (Bogna Lew) .....	19
3.2.2. Navmesh (Bartosz Strzelecki).....	19
3.3. Struktury danych .....	20
3.3.1. ScriptableObject (Bogna Lew) .....	20
3.3.2. Protobuf (Bartosz Strzelecki).....	20
4. Projekt systemu .....	22
4.1. Organizacja (Bartosz Strzelecki) .....	22
4.1.1. Główne etapy projektu .....	22
4.2. Skład zespołu projektowego .....	22
4.3. Analiza i specyfikacja wymagań (Bogna Lew) .....	23
4.3.1. Specyfika wymagań wynikających z założeń projektu .....	23
4.3.2. Wymagania funkcjonalne .....	23
4.3.3. Wymagania niefunkcjonalne .....	23
4.3.4. Diagram przypadków użycia .....	24
4.3.5. Diagram stanów .....	24

4.3.6. Diagram klas .....	25
4.4. Opis świata gry (Bogna Lew).....	26
4.5. Poruszanie postacią (Bogna Lew).....	27
4.6. Interfejs użytkownika (Zofia Sosińska).....	27
4.6.1. Interfejs podstawowy .....	27
4.6.2. Menu stawiania budynków.....	27
4.6.3. Tryb walki .....	28
4.7. Nawigacja (Zofia Sosińska).....	29
4.8. Mechanizm budowania (Bogna Lew).....	29
4.9. Sterowanie jednostkami, podążanie za główną postacią (Zofia Sosińska) .....	30
4.10. System dialogów (Bartosz Strzelecki) .....	30
4.11. Sztuczna inteligencja (Bartosz Strzelecki) .....	31
4.12. Widzenie przez ściany (Bartosz Strzelecki) .....	31
5. Implementacja .....	32
5.1. Kontroler postaci (Bogna Lew) .....	32
5.2. Interfejs Użytkownika (Zofia Sosińska).....	33
5.2.1. Interfejs podstawowy .....	33
5.2.2. Menu stawiania budynków.....	33
5.3. Zasady działania kompasu (Zofia Sosińska) .....	34
5.4. Mechanizm budowania (Bogna Lew).....	37
5.5. System dialogów (Bartosz Strzelecki) .....	39
5.6. Sztuczna inteligencja (Bartosz Strzelecki) .....	40
5.6.1. Mechanika zachowań klas jednostek .....	41
5.6.2. Sztuczna inteligencja przyjaznych jednostek.....	41
5.7. Widzenie przez horyzont (Bartosz Strzelecki) .....	43
5.8. Zapis/Odczyt stanu gry (Bartosz Strzelecki) .....	44
6. Podsumowanie .....	46
Wykaz literatury .....	47
Wykaz rysunków .....	49
Wykaz tabel .....	50

## WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SKRÓTÓW

<b>RTS</b>	Gra strategii czasu rzeczywistego (ang. <i>real-time strategy</i> ). Jest to gatunek gier, w którym gracz nie jest ograniczany przez turowość i kolejność ruchów. Wymusza szybsze podejmowanie decyzji, a ich skutki są natychmiastowe.
<b>cRPG</b>	Komputerowa gra fabularna (ang. <i>computer role-playing game</i> ). Gatunek gier, w którym gracz wciela się w postać lub drużynę, przemieszczając się w świecie stworzonym przez autorów gry.
<b>AAA (Triple-A)</b>	Termin stosowany w przemyśle gier komputerowych. Służy do określenia wysoko-budżetowych gier, od których oczekuje się wysokiej jakości.
<b>Wielkie odkrycia geograficzne</b>	Termin odnoszący się do odkryć geograficznych, które miały miejsce na przełomie XV i XVI wieku.
<b>AI</b>	Sztuczna inteligencja (ang. <i>artificial intelligence</i> ) jest wykorzystywana do imitowania intelligentnego zachowania postaci niezależnych.
<b>NPC</b>	Termin określa postacie niezależne (ang. <i>non-playable character</i> ), czyli postacie, które nie są kontrolowane bezpośrednio przez gracza.

## **1. WSTĘP I CEL PRACY (BOGNA LEW, ZOFIA SOSIŃSKA)**

Postrzeganie świata przed erą wielkich odkryć geograficznych znacząco różniło się od tego, które dominuje obecnie. Dawniej nie podejmowano decyzji strategicznych na podstawie precyzyjnych map, lecz ludzie zmuszeni byli budować przestrzenny obraz istniejącej sytuacji w toku dyskusji z naocznymi świadkami, takimi jak dowódcy czy podróżnicy.

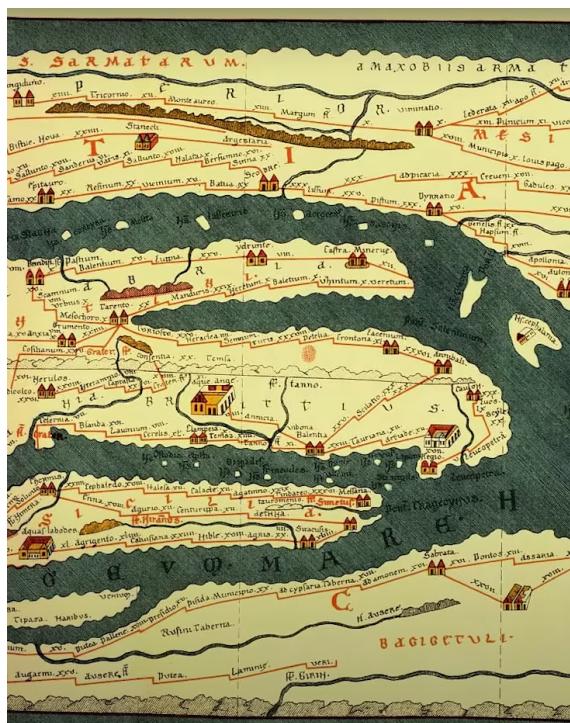
Współczesne gry komputerowe, których fabuła osadzona jest w tych czasach, stosuje wiele uproszczeń. Ma to na celu poprawienie jakości rozgrywki gracza, jednakże sprawia, że nie oddaje w pełni realiów. Często obraz dzisiejszych możliwości zasłania faktyczne dowodzenie w czasach, w których dzieje się gra. Technologia nieznana starożytnym teraz pozwala oficerom na wydawanie rozkazów na podstawie dokładnych map poprzez radio. Jednak w dawniejszych czasach było to niemożliwe. W większości gier historycznych grywalna postać momentami ma wręcz boskie umiejętności i wiedzę. Zwykły człowiek nie był w stanie w jednej chwili zobaczyć całego grywalnego świata i wydać komendę jednostkom, znajdującym się na drugim jego końcu, o przemieszczeniu się do punktu z dokładnością do jednego metra.

Celem projektu jest zaprojektowanie oraz zaimplementowanie gry strategii czasu rzeczywistego RTS (ang. real-time strategy) osadzonej we wczesnym średniowieczu z trybem rozgrywki dla jednego gracza. Udostępniane przez nią mechaniki mają jak najlepiej oddawać realia tamtych czasów, przy jednoczesnym zachowaniu podstawowych cech tego gatunku. Omówione rozwiązanie powinno zbalansować narzucone ograniczenia tak, aby nie pogarszać jakości rozgrywki.

W rozdziale "Wprowadzenie do dziedziny" zostały przedstawione przykłady podstawowych mechanik w grach strategii czasu rzeczywistego. Kolejny rozdział skupia się na podstawowych narzędziach oraz technologiach wykorzystywanych do wytwarzania gier komputerowych. Dodatkowo preczyje wybrane przez zespół środowiska, które zostaną wykorzystane do implementacji rozwiązań. W kolejnym rozdziale został przedstawiony projekt wytwarzanej gry. Skupia się on na wizji zespołu oraz oczekiwanych efektach. Na koniec, w rozdziale "Implementacja" zaprezentowane zostały osiągnięte rezultaty oraz w jaki sposób je opracowano.

## 2. PRZEGŁĄD STRATEGII CZASU RZECZYWISTEGO

"Starożytni świat widzieli inaczej, mniej płasko"[1]. Dobrze obrazującym ówczesne postrzeganie przestrzeni przykładem jest mapa Imperium Rzymskiego, pokazana na 2.1. Czytanie jej dosłownie mija się z celem. Nie są na niej zachowane ani proporcje, ani strony świata. Mimo tego, że basen Morza Śródziemnego został ówcześnie dosyć dokładnie oddany, "nie wydaje się, aby Rzymianom współczesna kartograficzna wierność była potrzebna"[1]. "Dowódcy opierali się na swojej wiedzy, wiedzy wynajętych przewodników oraz informacjach zwiodówców i tubylców"[1].



Rysunek 2.1: Mapa basenu Morza Śródziemnego z czasów Imperium Rzymskiego

Na odbiór gry wpływają zawarte w niej mechaniki. Twórcy bardzo częstoszą w nich uproszczenia, co ma na celu ułatwienie graczowi wykonywanie zadań. Ma to jednak ogromny wpływ na zachowanie realizmu w grach, zwłaszcza tych opartych na wydarzeniach historycznych oraz prawdziwym świecie.

W niniejszym rozdziale zostały przedstawione wybrane mechaniki wykorzystywane w grach typu RTS. Omówione zostało ich działanie na podstawie przykładów z wybranych gier. Celem tego jest obrazowe zaprezentowanie ich integralności w grach oraz wpływu na rozgrywkę.

### 2.1. Przegląd wybranych gatunków gier komputerowych

W niniejszym podrozdziale zostały przedstawione wybrane gatunki gier komputerowych, które są najistotniejsze z punktu widzenia projektu. Przede wszystkim zostały opisane gry typu strategii czasu rzeczywistego oraz strategiczne gry turowe. Ma to na celu zaprezentowanie podstawowych różnic pomiędzy tymi gatunkami.

### **2.1.1. Specyfika komputerowych gier fabularnych (Bogna Lew)**

Komputerowe gry fabularne biorą swój początek z tradycyjnych gier fabularnych, czerpiąc z nich inspirację. Komputerowa gra fabularna opowiada pewną historię, w której gracz odgrywa kluczową rolę, wcielając się w wybraną postać bądź drużynę. Za ich pomocą gracz eksploruje świat gry, wykonując zadania i rozwiązywając łamigłówki. Gry tego typu cechują się zwykle nieliniową, z góry zdefiniowaną fabułą. Czasami jest ona podzielona na rozdziały, które gracz musi kolejno ukończyć, aby móc kontynuować rozgrywkę.

Istotnym elementem gier fabularnych jest rozwój postaci. W trakcie rozgrywki gracz może kreować swojego bohatera poprzez podnoszenie jego współczynników, dodawanie mu nowych umiejętności, czy zmienianie ekwipunku. Gra umożliwia użytkownikowi zmianę statystyk swojej postaci za każdym razem, gdy osiągnie następny poziom doświadczenia. Zwyczajowo punkty doświadczenia są graczowi przyznawane po wykonaniu kolejnych zadań bądź pokonaniu przeciwników.

Komputerowe gry fabularne zwykle cechują się otwartym światem, czasem zawierającym niewielkie ograniczenia. Umożliwia to graczowi swobodne eksplorowanie świata. Aby ułatwić użytkownikowi nawigację i podróżowanie, komputerowe gry fabularne udostępniają mu system map, który pokazuje lokalizację głównych elementów świata. W trakcie swojej wędrówki gracz może wchodzić w interakcję z postaciami niezależnymi, od których może dostać zadania do zrealizowania. Może je wykonywać na różne sposoby, dzięki czemu może wpływać na fabułę gry.

Ważnym aspektem gier fabularnych są przeciwnicy, z którymi gracz może walczyć. W trakcie potyczki może wykorzystywać specjalne umiejętności swojej postaci, wykonywać ataki bądź przemieszczać się. W zależności od przyjętej przez twórców formy, walka może mieć charakter turowy lub przebiegać w czasie rzeczywistym. Pokonanie przeciwników przynosi pewne korzyści w postaci zdobywania punktów doświadczenia bądź łupu.

Do gatunku komputerowych gier fabularnych należą takie tytuły jak:

- seria Divinity
- seria Wiedźmin
- seria The Elder Scrolls
- Darkest Dungeon

### **2.2. Specyfika gier RTS (Bartosz Strzelecki)**

Strategie czasu rzeczywistego (RTS) odróżnia się od innych gatunków występowaniem zarówno strategicznych, jak i taktycznych elementów rozgrywki. Podstawowe założenia gry RTS to skomplikowana równowaga pomiędzy zarządzaniem zasobami, budowaniem budynków oraz dowodzeniem armii. Centralnym elementem rozgrywki RTS jest zarządzanie różnorodnymi jednostkami, z których każda posiada unikalne zdolności i rolę na polu bitwy.

Gry te działają w dynamicznym środowisku czasu rzeczywistego, co odróżnia je od strategii turowych TBS (ang. *turn-based strategy*). Ten model wymusza szybkie podejmowanie decyzji i wymaga od gracza podzielności uwagi. Strategie czasu rzeczywistego zwykle też posiadają bardziej złożoną konstrukcję mapy, zawierającą skomplikowane rozłożenia celów i przeszkód, natomiast mapy w strategiach turowych zazwyczaj wykorzystują ruch oparty o siatkę, co zapewnia dużo bardziej zorganizowane środowisko rozgrywki.

W grach strategicznych czasu rzeczywistego w trybie kampanii zachowanie przeciwników jest zaprojektowane z myślą o zanurzeniu gracza w fabularnej opowieści, jednocześnie prezentując wyzwania

związane z rozgrywką. Akcje wykonywane przez sztuczną inteligencję są dostosowane do celów danej misji, co pozwala na dopasowanie do obowiązującej narracji.

Tego typu produkcje pozwalają również na wciągającą rozgrywkę w trybie wieloosobowym, w którym gracze mogą rywalizować między sobą, jak również współpracować w celu pokonania wspólnego przeciwnika kontrolowanego przez sztuczną inteligencję. Na ten styl rozgrywki jest nakładany istotny nacisk w wielu grach tego gatunku, poprzez zapewnienie zróżnicowanych grywalnych frakcji, zachowując przy tym symetrię balansu rozgrywki.

Ogólnie rzecz biorąc, gatunek RTS oddaje dreszcz emocji związanych z prowadzeniem działań strategicznych, co wymaga połączenia zaradności, przewidywania i sprytnego podejmowania decyzji na szybkim i stale zmieniającym się polu bitwy.

Do gatunku gier strategii czasu rzeczywistego należą takie tytuły jak:

- Company of Heroes 2
- Warcraft III
- StarCraft II
- Warhammer 40000: Dawn of War

### **2.3. System dialogów w grach (Bartosz Strzelecki)**

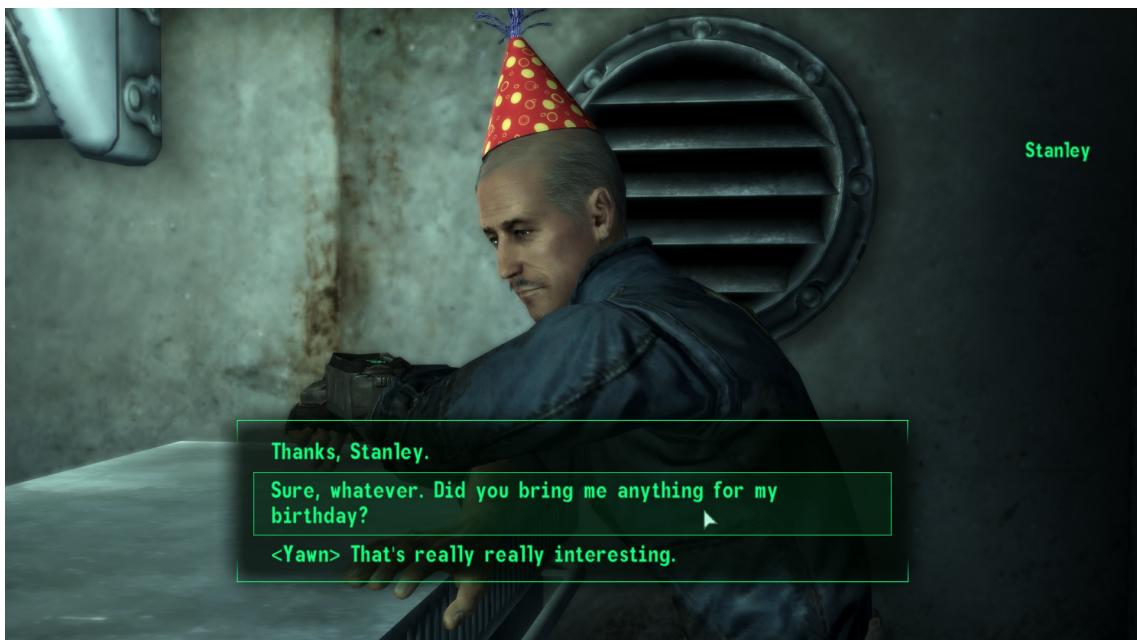
Systemy dialogów w grach video kształtują wciągającą historię, umożliwiając graczom dokonywanie wyborów, które wpływają na relacje między postaciami, zadania i narrację gry. Odkrywają wiedzę, pogłębiają zaangażowanie i oferują dynamiczną rozgrywkę poprzez różnorodne podejmowanie decyzji.

W Mass Effect 3 system dialogowy jest integralną częścią rozgrywki, pozwalając graczom na prowadzenie rozmów z różnymi postaciami w trakcie gry. System dialogów w Mass Effect 3 wykorzystuje interfejs oparty na kole dialogowym (rys. 2.2), które przedstawia graczom wiele opcji odpowiedzi podczas rozmów, zwykle podzielonych na kategorie według ich ogólnego tonu lub intencji. Dostępne opcje często obejmują wybory, dyplomatyczne, agresywne, konfrontacyjne oraz opcje neutralne lub śledcze. Podczas niektórych rozmów lub przerywników filmowych gracze mogą przerwać trwającą rozmowę, szybko wybierając określoną opcję dialogową. Te opcje przerywania pozwalają graczom podjąć natychmiastowe działania lub podjąć decyzje na miejscu, często wpływając na wynik sytuacji lub relacje postaci z innymi. Ogólnie rzecz biorąc, system dialogowy w Mass Effect 3 został zaprojektowany tak, aby zapewnić graczom bogate i wciągające doświadczenie w opowiadaniu historii, pozwalając im kształtować narrację poprzez wybory i interakcje z olbrzymią gamą postaci. System oferuje różnorodne opcje odpowiedzi, dynamiczne rozmowy i konsekwencje, przyczyniając się do fascynującej i rozgałęzionej narracji gry.

Alternatywnym rozwiązaniem jest to zaprezentowane w grze Fallout 3 (rys. 2.3). Odróżniają je przede wszystkim możliwe odpowiedzi gracza. W tym przypadku użytkownik wybiera z listy gotową odpowiedź, zamiast jedynie tonu jak w grze MassEffect. Pozwala to na większą kontrolę przez gracza oraz umożliwia uniknięcie sytuacji, w której gracz spodziewał się innej odpowiedzi, wybierając daną opcję dialogową.



Rysunek 2.2: Przykład koła dialogowego w grze Mass Effect



Rysunek 2.3: Kadr z gry Fallout 3 przedstawiający przykładowy dialog

## **2.4. Model sztucznej inteligencji przeciwników w grach RTS (Bartosz Strzelecki)**

W sferze gier RTS, sztuczna inteligencja AI (ang. *artificial intelligence*) odgrywa kluczową rolę, wspierając doświadczenia z rozgrywki. W tym przypadku termin odnosi się do zbioru algorytmów i systemów zaprojektowanych w celu symulacji zachowań podobnych do tych gracza. Między innymi umiejętność podejmowania decyzji i rozwiązywania problemów.

Sztuczna inteligencja przeciwników w grach takich jak Warcraft III lub StarCraft II, przede wszystkim w trybie kampanii, jest odpowiedzialna za kontrolowanie wrogich jednostek w celu zaofrowania gracowi wyzwania. Głównym zadaniem AI jest zasymulowanie strategicznych decyzji i wydajne zarządzanie zasobami. AI podejmuje decyzję na podstawie predefiniowanych zasad i algorytmów. Analizuje sytuację, w której się znajduje, biorąc pod uwagę siłę swojej własnej armii, siłę armii gracza oraz specjalne zdolności jednostek i środowiska, w którym toczy się gra. Ta analiza pozwala komputerowi na podejmowanie strategicznych decyzji jak na przykład, kiedy atakować, bronić się, eksplorować oraz rozwijać swoje terytorium. W tych grach sztuczna inteligencja może przybrać jeden z kilku wariantów wynikających z poziomu trudności. Wyższe poziomy dają przeciwnikowi przewagę taką, jak wydajniejsze zbieranie zasobów lub szybsza produkcja jednostek.

Początkowo przeciwnik konstruuje i rozbudowuje swoją bazę, w celu zgromadzenia odpowiedniej liczby zasobów, szkolenia jednostek i prowadzenia badań. AI strategicznie rozmieszcza budynki i struktury obronne, aby ochronić swoją fortę przed najazdami gracza. Misje kampanii często też zawierają oskryptowane wydarzenia lub walki, które dodają głębi rozgrywce. Podczas tych starć wroga sztuczna inteligencja może zachowywać się w specjalny sposób, kontrolując potężne jednostki, do których gracz normalnie nie ma dostępu lub inicjując działania, które popychają narrację do przodu. Zachowanie wroga w kampanii jest zróżnicowane i obejmuje różnorodne cele misji i scenariusze. Gracze mogą napotkać wrogów, którzy preferują agresywne ataki, inni skupią się na strategiach obronnych lub specjalizują się w taktyce hit and run. Sztuczna inteligencja dostosowuje proces podejmowania decyzji do konkretnych wymagań misji, często wykorzystując ukształtowanie terenu, synergię jednostek i scenariusze wydarzeń, aby rzucić wyzwanie umiejętnościom gracza. Motywuje to do wykorzystywania myślenia strategicznego, zarządzania zasobami i efektywnego składu jednostek, aby przezwyciężyć różnorodne strategie stosowane przez wrogą sztuczną inteligencję.

Ten model jest zaimplementowany między innymi przy użyciu algorytmu takich jak A\*, który jest rozszerzoną wersją algorytmu Dijkstry o wykorzystanie heurystyki optymalizującej wyszukiwanie. Stosowany jest również algorytm drzewa decyzyjnego pozwalający na zdefiniowanie zachowań agentów sztucznej inteligencji z zastosowaniem wydarzeń losowych.

## **2.5. Mechanizm budowania oraz zarządzanie zasobami w Warhammer 40,000: Dawn of War (Bogna Lew)**

Warhammer 40,000: Dawn of War jest grą typu RTS osadzoną w uniwersum gry bitowej Warhammer 40,000. Udostępnia ona tryb jednoosobowy oraz wieloosobowy dla maksymalnie sześciu graczy. W pierwszym wariantie gracz wciela się w postać dowódcy armii Space Marines z Blood Ravens i ma za zadanie zapobiec inwazji Orków. Gra Warhammer 40,000: Dawn of War bardzo szybko zyskała na popularności i oferowała wszystko, co było potrzebne dla tego gatunku. Z tego powodu warto się jej przyjrzeć, pomimo faktu, że jej realia znacząco odbiegających od tych, w których zostanie osadzona tworzona przez nas gra.

Warhammer 40,000: Dawn of War wyróżnia model pozyskiwania surowców. W grze dostępne są dwa rodzaje: Energia, która jest generowana przez dedykowane do tego budowle oraz Rekwizycja, której szybkość wytwarzania jest uzależniona od kontrolowanych przez gracza punktów strategicznych. Taka mechanika znacznie lepiej wpasowuje się w realia gry oraz wymusza na użytkowniku przyjęcie agresywniejszej strategii.

Dodatkowo Warhammer 40,000: Dawn of War posiada typowy dla gier RTS mechanizm tworzenia budowli. Gracz ma do dyspozycji jednostki, którym może zlecić budowę wybranego przez siebie obiektu po poniesieniu kosztów jego utworzenia. Zanim będzie możliwe rozpoczęcie budowania użytkownik musi wybrać miejsce, w którym budynek powstanie. Robi to, przesuwając jego podgląd po mapie. W tym czasie gra dokonuje walidacji miejsca i informuje gracza czy wybrany obszar jest poprawny, odpowiednio podświetlając widok budynku. Wybudowanie obiektu nie jest natychmiastowe, co sprawia, że gra lepiej oddaje realia, w których jest osadzona.



Rysunek 2.4: Budowanie budynku przez dedykowaną do tego jednostkę

## 2.6. Mechanizm walki oraz zarządzania ekwipunkiem w *Kingdom Come: Deliverance* (Bogna Lew)

Kingdom Come: Deliverance to gra z gatunku RPG osadzoną w realiach Europy Środkowej na początku XV wieku. Chociaż nie jest to gra czasu rzeczywistego to jest to pozycja warta wymienienia ze względu na dbałość twórców o zachowanie realizmu epoki oraz staranność wykonania mechanizmów walki oraz zarządzania ekwipunkiem. Jest ona przeznaczona dla jednego gracza, a całość zaprezentowana jest z perspektywy pierwszoosobowej. W trakcie rozgrywki użytkownik rozwija swoją postać, bierze udział w starciach, prowadzi rozmowy z niezależnymi postaciami i wiele więcej.

Godny uwagi jest mechanizm walki. Twórcy skupili się na jak najdokładniejszym oddaniu średniodwiecznego stylu walki. W tym celu skrupulatnie przestudiowali w jaki sposób władało mieczem w tamtych czasach, a następnie w pełni oddali to w grze. Wykorzystali do tego tysiące animacji oraz starannie oddali fizykę pojedynków. W efekcie powstał realistyczny mechanizm walki, który umożliwia

graczowi parowanie, zadawanie ciosów oraz blokowanie.

Kolejnym elementem wartym wymienienia jest rozbudowany system zarządzania ekwipunkiem. Przeznaczony do tego panel jest podzielony na dwie sekcje - jedna w której wyświetlona jest lista posiadanych rzeczy oraz druga przeznaczona na postać gracza. Może on dowolnie spersonalizować swoją postać, poprzez możliwość założenia wielu elementów ubioru naraz tworząc warstwy. Dodatkowo, każdy przedmiot posiada swoją wagę, a postać swój maksymalny udźwig. W przypadku przekroczenia limitu gracz zostaje ukarany poprzez spowolnienie ruchów w walce i uniemożliwieniu biegania. Jest to wzorowane na rzeczywistości, dzięki czemu gra jeszcze lepiej oddaje realia epoki.

## **2.7. Pasek najważniejszych informacji w interfejsie użytkownika gry Warcraft3 (Zofia Sosińska)**

Wcześniej wymieniona gra Warcraft III: Reign of Chaos studia Blizzard Entertainment skupia informacje o czasie gry i inventarzu w cienkim pasku na samej górze ekranu. Skład elementów tej części jest niezmienny: pola otwierające zakładki, pora dnia oraz trzy wskaźniki zasobów. Pasek jest widoczny podczas całej rozgrywki, niezależnie od wykonywanych czynności. W tym statycznie zakotwiczonym na górze ekranu elemencie, dynamicznie zmieniają się jedynie ciągle aktualizowane informacje. Odpowiednio podmieniana jest tekstura pory dnia, zmieniająca się ze Słońca na Księżyc oraz stan zasobów, zależnie od wydania, czy pozyskania.



Rysunek 2.5: Pasek z informacjami w grze Warcraft 3.

## **2.8. Sterowanie jednostkami w grze Mount&Blade (Zofia Sosińska)**

Mount&Blade jest to gra komputerowa z gatunku cRPG (komputerowa gra fabularna, ang. computer role-playing game) z elementami strategicznymi, stworzona przez turecką firmę TaleWorlds Entertainment i wydana przez Paradox Interactive. W otwartym świecie fikcyjnej krainy Calradia, stylizowanej na czasy średniowieczne, gracz ma pełną dowolność stylu rozgrywki. W jego mocy jest zarówno zbieranie armii i dążenie do zostania królem, jak i zostanie wasalem jednego z władców. Za pomocą dialogów i walk z postaciami gracz buduje unikatową historię. Jedną z wartych uwagi mechanik, zaimplementowaną w grze Mount&Blade, jest sterowanie jednostkami służącymi granemu charakterowi. Gracz bezpośrednio kieruje jedynie główną postacią. Podczas walki reszcie może wydawać rozkazy. Poprzez cyfry 0-4 wybiera grupę, do której się odnosi np. łuczników. Następnie przez klawisze F1-F11 wydaje konkretny rozkaz np. odwrót. Sztuczna inteligencja postaci zajmuje się już samym wykonaniem czynności. Gracz nie martwi się, czy jednostki znajdą optymalną drogę, będą celować w przeciwników, czy z nimi walczyć.



Rysunek 2.6: Wykaz dostępnych rozkazów z gry Mount&Blade.

### 2.9. Kompas w grze *Skyrim* (Zofia Sosińska)

The Elder Scrolls V: Skyrim (skrótnie Skyrim) jest to fabularna gra akcji o otwartym świecie, wyprodukowana przez Bethesda Game Studios i wydana przez Bethesda Softworks. Skyrim jest piątym tytułem z serii The Elder Scrolls oraz kontynuacją gry The Elder Scrolls IV: Oblivion. Jest to jednak nowa historia osadzona w uniwersum The Elder Scrolls, a nie kontynuacja poprzednika. Fabuła opiera się na powrocie smoków do krainy Tamriel. Bohater okazuje się posiadać moc Głosu, dzięki czemu jest w stanie posługiwać się zaklęciami tych starożytnych stworzeń. Z punktu tworzonej przez nas gry, szczególnie interesujące jest bardzo proste i sprytne rozwiązywanie, jakim jest pasek przedstawiający pole widzenia gracza. Służy on między innymi jako kompas, ponieważ jedną z jego mechanik jest pokazanie użytkownikowi stron świata, znajdujących się w kierunku, w którym on patrzy. Pasek ułatwia także poruszanie się po świecie, sygnalizując położenie wrogów, kompanów i ważnych dla rozgrywki lokalizacji.



Rysunek 2.7: Kompas z gry Skyrim

### 2.10. Przedstawienie dostępnych pułapek do zbudowania w grze *Orcs must die!* (Zofia Sosińska)

Orcs must die! to strategiczna gra akcji stworzona i wydana przez studio Robot Entertainment. Akcja toczy się w krainie fantasy, w której największym zagrożeniem dla ludzkości są orkowie. W obronie świata przed tymi stworzeniami staje Zakon dowodzony przez Wojennych Magów. Wznieśli oni system fortów odgradzających ojczystę orków od pozostałych ziem. Zadaniem gracza jest wcielenie się w jednego z Wojennych Magów i mordowanie nadciągających grup orków za pomocą różnorodnych broni i mechanizmów, które może postawić. W przejrzysty sposób zostało rozwiązane samo wyświetlenie dostępnych do zbudowania pułapek. Graczowi pokazują się wizerunki mechanizmów, które może postawić. Naciskając odpowiedni numer na klawiaturze, gracz wybiera, co chce zbudować. Po zatwierdzeniu lewym przyciskiem myszki, budynek pojawi się w zaznaczonym miejscu.



Rysunek 2.8: Wyświetlenie dostępnych pułapek w Orcs must die!

## **2.11. Przekazywanie informacji o świecie w grze *Dead by Daylight* (Bartosz Strzelecki)**

W grze *Dead by Daylight* mechanika widzenia przez przeszkody jest istotnym elementem rozgrywki, który zapewnia dodatkową warstwę strategii. Polega na wyświetlaniu reprezentacji odległych celów, przedmiotów i przeciwników zakrytych przez przeszkody. Ta zdolność odgrywa kluczową rolę dla obu stron konfliktu.

W przypadku ocalałych ta mechanika jest dostępna dzięki atutom i przedmiotom. Mechanika ujawnia lokalizację celów oraz innych ocalałych pozwalając na koordynację i opracowanie strategii wspólnych działań.

I odwrotnie, zdolność zabójcy do widzenia aury jest kluczowa dla jego mechaniki rozgrywki. Aury umożliwiają im śledzenie ocalałych, zwłaszcza gdy korzystają z ich unikalnych mocy lub specyficznych atutów. Mechanika ta zwiększa napięcie, ponieważ ocalali muszą zachować czujność i strategiczne podejście, aby uniknąć pola widzenia zabójcy lub zakłócić ich zdolność czytania aury, aby uciec i osiągnąć cele.



Rysunek 2.9: Przykładowe elementy widzenia przez horyzont w grze *Dead by Daylight*

Ogólnie rzecz biorąc, mechanika aury w *Dead by Daylight* służy jako podstawowy element rozgrywki, który równoważy wymianę informacji między ocalałymi a zabójcami, znacząco przyczyniając się do atmosfery napięcia i strategii w grze.

## **2.12. Model celowania w grze *Phoenix Point* (Bartosz Strzelecki)**

W *Phoenix Point* modelowanie dokładności to wieloaspektowy system, który w zawiły sposób definiuje wynik interakcji bojowych. Gra wykorzystuje dynamiczny system celowania, który uwzględnia różne elementy, takie jak postawa żołnierza, biegłość w posługiwaniu się bronią, zasięg, osłona i warunki środowiskowe, aby określić celność strzału. Każdy z tych elementów odgrywa znaczącą rolę w ogólnym obliczeniu trafienia w cel.

W przeciwieństwie do podobnej gry *XCOM*, gdzie celność jest zamodelowana za pomocą prostej szansy na trafienie, w grze *Phoenix Point* trajektoria każdego pocisku obliczana jest osobno. Podczas celowania widoczne są dwa okręgi: wewnętrzny, który reprezentuje miejsce, w którym znajdzie się 50% pocisków oraz zewnętrzny, który reprezentuje maksymalny rozrzut broni. W tym przypadku im celniejsza broń, tym okręgi będą mniejsze.

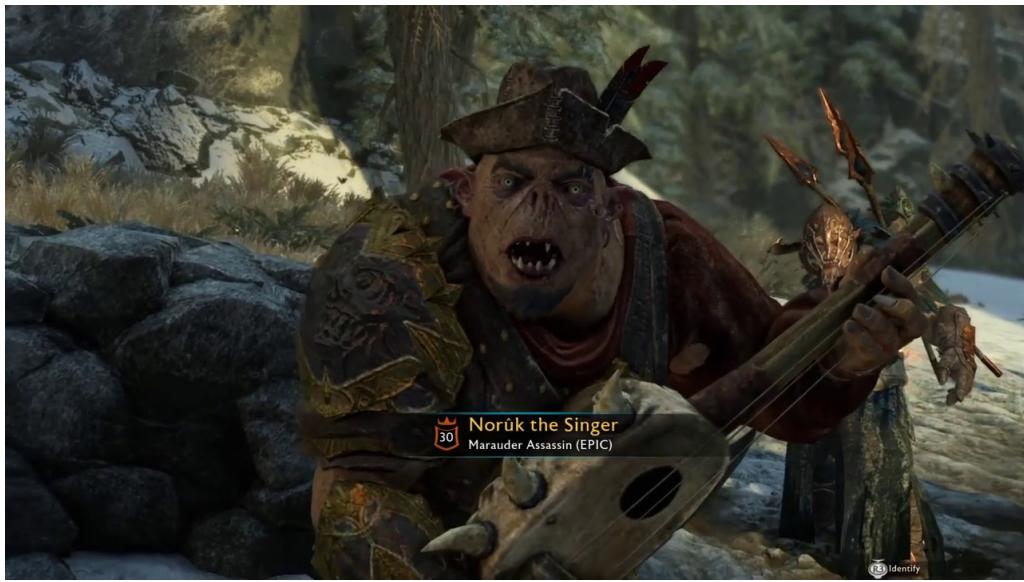


Rysunek 2.10: System celowania występujący w grze Phoenix Point.

## 2.13. System Nemesis w grach Middle-earth: Shadow of War oraz Middle-earth: Shadow of Mordor (Bogna Lew)

System Nemesis jest mechaniką generowania przeciwników zaimplementowaną w grze Middle-earth: Shadow of Mordor i rozwiniętą w Middle-earth: Shadow of War. Jest to mechanizm, który nadaje przeciwnikom ich unikalny charakter oraz wygląd. W ciągu gry system Nemesis dynamicznie wpływa na postacie, rozwijając je i odpowiednio zmieniając ich wygląd. Efektem tego jest płynnie zmieniająca się fabuła, która dla każdego gracza będzie inna.

Do podstawowych elementów tej mechaniki należy rozbudowany system relacji pomiędzy postaciami w grze, w tym postacią gracza. Dodatkowo buduje hierarchię wśród Orków, dynamicznie ją aktualizując w trakcie gry w zależności od śmierci poszczególnych bohaterów oraz gracza.



Rysunek 2.11: Przykładowa postać przeciwnika utworzona przez system Nemesis.

System Nemesis jest interesującą mechaniką budującą fabułę w grze. Pozwala na zbudowanie unikatowych przeciwników, którzy mają bezpośredni wpływ na rozgrywkę i kształtowanie jej przebiegu.

### 3. TECHNOLOGIE, ALGORYTMY I NARZĘDZIA

W niniejszym rozdziale zostały omówione wykorzystywane w trakcie pracy narzędzia wraz z przeglądem wybranych silników gier komputerowych. Dodatkowo przedstawiono wykorzystane w projekcie biblioteki i rozwiązań służące do zarządzania strukturami danych.

#### 3.1. Przegląd silników (*Bogna Lew*)

Podstawą tworzenia gier jest silnik graficzny. Stanowi serce kodu, odpowiadając za interakcję poszczególnych elementów. Dostarcza podstawowe narzędzia, dzięki którym łatwiej można dokonywać zmian w grze. Wybranie odpowiedniego silnika przed rozpoczęciem pracy ma kluczowy wpływ na proces twórczy i efekt końcowy.

Obecnie dostępnych jest wiele silników, a każdy z nich ma różne możliwości. W celu uproszczenia wyboru zdecydowaliśmy się zawęzić listę do trzech pozycji. Są to Godot, Unity oraz Unreal Engine.

Pierwszy z nich jest w pełni darmowym silnikiem open source. Posiada prosty i intuicyjny interfejs, a w Internecie tworzone jest przez społeczność wiele samouczków. Nie posiada on jednak oficjalnej dokumentacji oraz jest zdecydowanie mniej popularny od pozostałych dwóch.

Kolejny silnik, Unity jest określany jako przyjazny dla początkujących. Posiada bogatą dokumentację oraz jest dostępnych dużo samouczków stworzonych przez jego społeczność. Unity świetnie się nadaje do tworzenia gier 3D. Silnik ten jest dostępny w wersji bezpłatnej oraz oferującej więcej możliwości wersji płatnej. Co więcej, ma możliwość rozszerzenia o dodatkowe narzędzia dostępne w Asset Store.

Ostatni z silników jest najbardziej kojarzony z grami AAA. Cechuje go zaawansowana grafika, która umożliwia wytwarzanie fotorealistycznych gier. Korzystanie z niego jest darmowe, a opłata w wysokości 5% jest naliczana jedynie, gdy gra zarobi ponad milion USD.

Tabela 3.1 przedstawia porównanie wymienionych silników w istotnych, z punktu widzenia projektu, aspektach.

**Tabela 3.1:** Porównanie silników.

Silnik	Unity	Unreal Engine	Godot
Popularność	duża	duża	mała
3D	Tak	Tak	Tak
Język	C#	C++	C#, C++, GDScript
Baza wiedzy	dokumentacja, samouczki	dokumentacja, samouczki	samouczki, fora
Open source	Nie	Nie	Tak

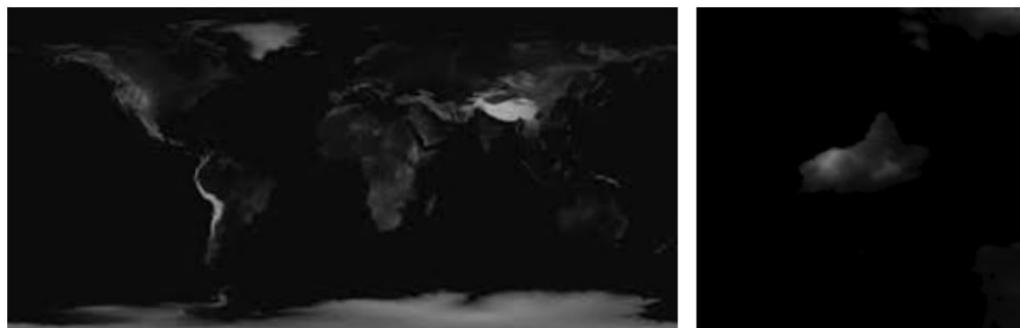
Finalnie zdecydowaliśmy się na implementację gry w Unity, ponieważ jest to silnik, który najlepiej odpowiada wymaganiom projektu.

### **3.2. Narzędzia dostępne dla silnika Unity**

#### **3.2.1. Terrain Toolbox (Bogna Lew)**

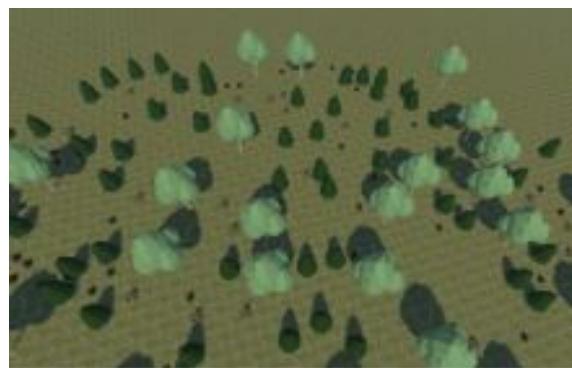
Terrain Toolbox jest narzędziem udostępnianym dla silnika Unity. Jest to zasób dostępny w paczce Terrain Tools, który upraszcza pracę nad modelowaniem terenu do gry.

Do podstawowych funkcjonalności udostępnianych przez Terrain Toolbox należy generowanie terenu na podstawie map wysokościowych (ang. heightmap) oraz podstawowych parametrów takich jak długość, szerokość i wysokość terenu. Pozwala to na szybkie utworzenie grywalnej mapy. Ponadto Terrain Toolbox umożliwia wygładzenie, dodatkowe wymodelowanie oraz nałożenie tekstuur na tak utworzony teren za pomocą udostępnionych przez nie narzędzi.



**Rysunek 3.1:** Przykładowe mapy wysokościowe

Kolejną istotną funkcjonalnością jest malowanie terenu drzewami. Umożliwia ona automatyczne umiejscowienie obiektów na mapie w losowy sposób. Pozwala to szybko utworzyć realistyczne skupiska obiektów, takich jak las. Poniżej został przedstawiony przykładowy rezultat. Wykorzystano do tego paczkę LowPoly Trees and Rocks dostępną w Unity Assets Store.



**Rysunek 3.2:** Widok na teren z drzewami.

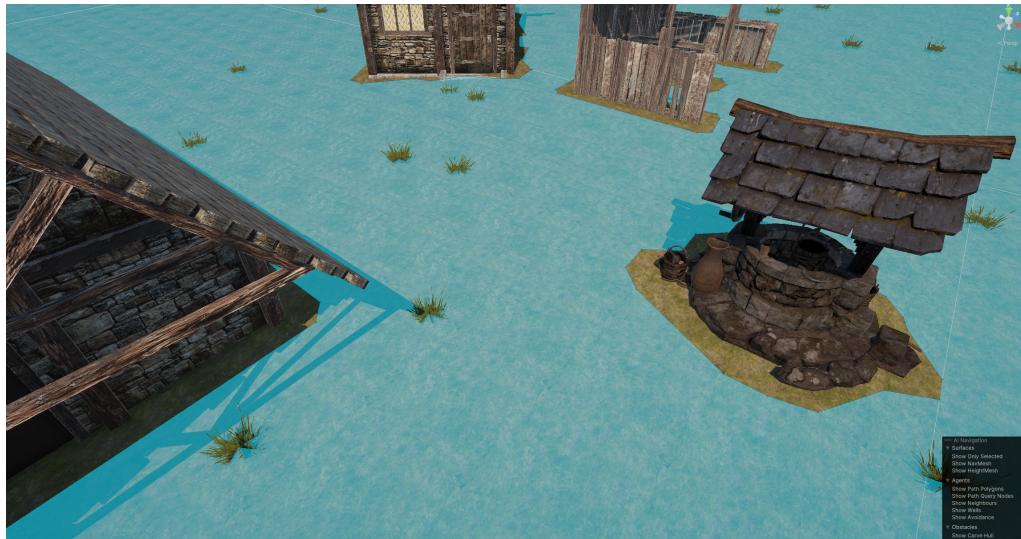
#### **3.2.2. Navmesh (Bartosz Strzelecki)**

Komponent Unity Navmesh jest podstawowym elementem wykorzystywanym w przypadku znajdywania ścieżek. Jest to mechanizm pozwalający na przechowywanie wyspecjalizowanych danych, które reprezentują powierzchnie, po których mogą poruszać się agenci sztucznej inteligencji.

Aby zacząć korzystać z komponentu należy wygenerować mapę w edytorze Unity. W ramach tego procesu wykonywane są obliczenia mające na celu wykrycie powierzchni, po której może poruszać się

dany agent. Ten system bierze pod uwagę kąt nachylenia powierzchni, szerokość przejścia, jak i wysokość stropu.

W trakcie rozgrywki komponent NavMesh Agent wykorzystuje wcześniej wygenerowane dane do wyznaczenia najlepszej ścieżki do celu. Z poziomu skryptów można dynamicznie modyfikować powierzchnię nawigacyjną, umożliwiając w ten sposób uzyskanie poruszających się przeszkód i dynamicznie powstających budynków.



Rysunek 3.3: System nawigacji w Unity

Podsumowując system NavMesh istotnie upraszcza zadanie odnajdywania ścieżki, co pozwala na łatwe zaimplementowanie realistycznych zachowań agentów sztucznej inteligencji. Znacznie ułatwia też zadanie tworzenia świata gry ze względu na automatyczny sposób generowania danych nawigacyjnych.

### 3.3. Struktury danych

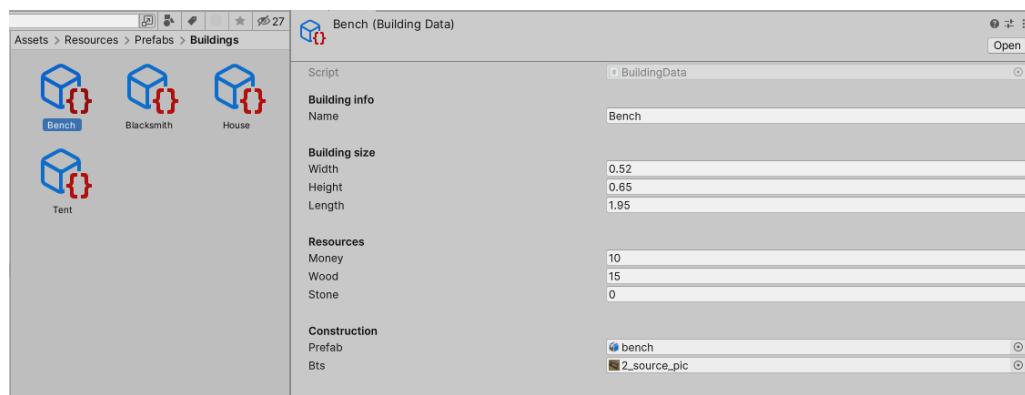
#### 3.3.1. ScriptableObject (Bogna Lew)

Silnik Unity umożliwia użytkownikom tworzenie klas typu ScriptableObject. Jest to struktura danych, która pozwala na tworzenie wielu instancji klasy bez konieczności kopiowania danych. Poszczególne instancje współdzielą informacje, dzięki czemu możliwe jest znaczące zoptymalizowanie użycia pamięci.

Do podstawowych zalet ScriptableObject należy możliwość wykorzystania go do tworzenia zasobów, które można by wykorzystać w trakcie gry. Dzięki temu w prosty sposób można utworzyć szablony dla obiektów takich jak budowle, bronie i inne przedmioty, które następnie można użyć do utworzenia jego instancji podczas rozgrywki.

#### 3.3.2. Protobuf (Bartosz Strzelecki)

Biblioteka Protobuf jest wydajnym i uniwersalnym rozwiązaniem przystosowanym do serializacji danych. Służy do zdefiniowania formatu przechowywanych informacji, który jest neutralny dla platformy. W swojej istocie protobuf definiuje niezależny od języka programowania schemat opisu interfejsu, który pozwala na określenie struktury danych za pomocą prostej i intuicyjnej składni. Elastyczność Protobufa wykracza poza proste struktury danych, oferując obsługę złożonych typów danych, pól opcjonalnych i powtarzalnych, a także struktur zagnieżdzonych. Dodatkowo udostępnia narzędzia do generowania



Rysunek 3.4: Przykład zasobów typu ScriptableObject.

kodu, które automatycznie tworzą implementację specyfczną dla danego języka, ułatwiając pracę programistom.

## 4. PROJEKT SYSTEMU

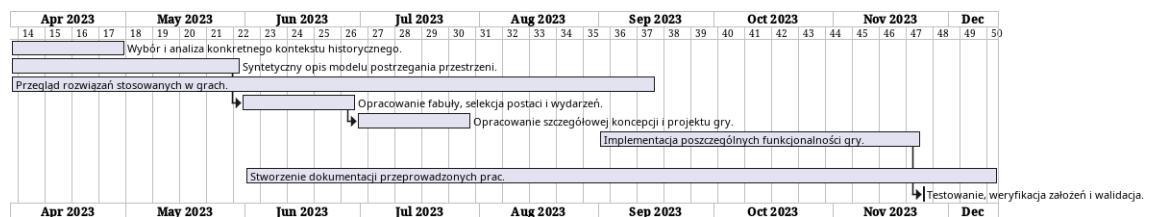
W tym rozdziale został przedstawiony zamysł członków zespołu na opracowywaną grę. Stanowi on opis pożądanych rezultatów, do których zespół będzie dążyć w trakcie implementacji. Kolejno zostały opisane oczekiwane działanie poszczególnych mechanik, z których będzie się składał ostateczny produkt.

### 4.1. Organizacja (*Bartosz Strzelecki*)

#### 4.1.1. Główne etapy projektu

Etap	Termin realizacji
Wybór i analiza konkretnego kontekstu historycznego.	Kwiecień 2023
Syntetyczny opis modelu postrzegania przestrzeni na podstawie dzieł pisanych, architektury i sztuki.	Kwiecień — Maj 2023
Przegląd rozwiązań stosowanych w grach strategicznych z wybranego okresu oraz dodatkowo mechanizmów z innych gier, które mogłyby być zaadoptowane na potrzeby projektu.	2, 3 kwartał 2023
Opracowanie fabuły, selekcja postaci i wydarzeń, a także określenie zakresu autonomii świata gry oraz możliwości modyfikowania go przez gracza.	Czerwiec 2023
Opracowanie szczegółowej koncepcji i projektu gry, w tym projekt mechanizmów zawartych w prototype.	Lipiec 2023
Implementacja poszczególnych funkcjonalności gry.	4 kwartał 2023
Testowanie, weryfikacja założeń i walidacja.	Listopad — Grudzień 2023
Stworzenie dokumentacji przeprowadzonych prac.	3, 4 kwartał 2023

Przewidywany termin zakończenia prac nad projektem to grudzień 2023 roku.



Rysunek 4.1: Harmonogram przedstawiony w postaci diagramu gantta.

### 4.2. Skład zespołu projektowego

Bogna Lew	184757
Zofia Sosińska	184896
Bartosz Strzelecki	184529

### **4.3. Analiza i specyfikacja wymagań (Bogna Lew)**

W niniejszej sekcji przedstawiono specyfikę wymagań funkcjonalnych, pozafunkcjonalnych oraz tych, wynikających z głównych założeń projektu. Dodatkowo zawiera ona diagramy przypadków użycia, maszyny stanów oraz klas prototypowej gry.

#### *4.3.1. Specyfika wymagań wynikających z założeń projektu*

Z punktu widzenia projektu kluczowe jest jak najdokładniejsze oddanie realiów historycznych przy jednoczesnym uwzględnieniu jakości rozgrywki gracza oraz cech charakterystycznych dla gier typu RTS. Z założeń wynika, że fabuła gry powinna zostać osadzona w czasach sprzed wielkich odkryć geograficznych. Na tej podstawie zostały zdefiniowane dodatkowe wymagania, które powinien spełniać prototyp:

- Sposób nawigacji powinien jak najdokładniej odpowiadać temu stosowanemu w wybranej epoce
- Postacie w grze powinny stylistycznie pasować do realiów historycznych
- Postacie powinny posługiwać się słownictwem adekwatnym do czasów, w których osadzona jest gra
- Postacie powinny jak najlepiej oddawać światopogląd w danych czasach
- Oręż stosowany w grze powinien odpowiadać realiom historycznym
- Budowle w grze powinny stylistycznie odpowiadać wybranej epoce
- Sposób komunikacji z postaciami powinien imitować ten stosowany w danych czasach

#### *4.3.2. Wymagania funkcjonalne*

W przedstawionej liście zostały zapisane wymagania funkcjonalne, które powinien spełniać prototyp gry.

- Zapis oraz odczyt wybranego stanu gry lokalnie na komputerze użytkownika
- Uruchomienie nowej gry
- Możliwość sterowania postacią gracza
- Możliwość nawigacji w świecie gry
- Możliwość wchodzenia w interakcję z postaciami niezależnymi
- Możliwość przyjmowania zleceń od postaci niezależnych
- Możliwość najmowania postaci wojowników
- Możliwość wydawania komend wynajętym postaciom
- Możliwość zlecania budowy
- Możliwość zdobywania zasobów

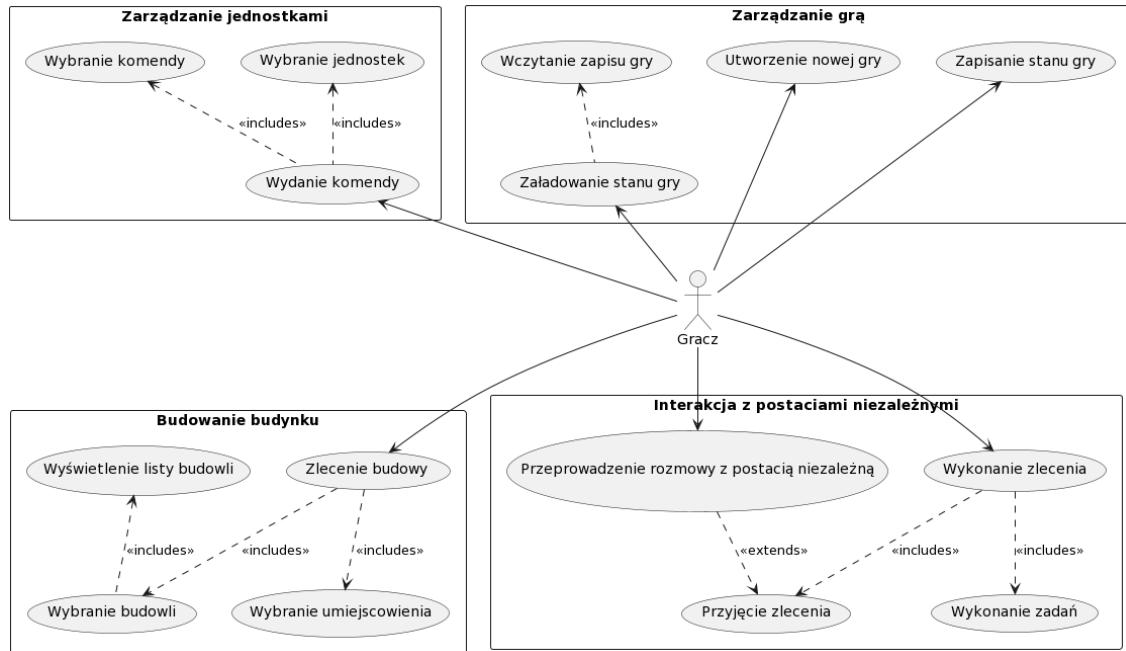
#### *4.3.3. Wymagania niefunkcjonalne*

Poniższa lista przedstawia wymagania niefunkcjonalne projektu.

- Rozgrywka w trybie offline
- Działanie na urządzeniach z systemem Windows lub Linux
- Dostosowywanie rozmiaru do wielkości ekranu komputera użytkownika
- Obsługa klawiatury oraz myszy
- Działanie w czasie rzeczywistym

#### 4.3.4. Diagram przypadków użycia

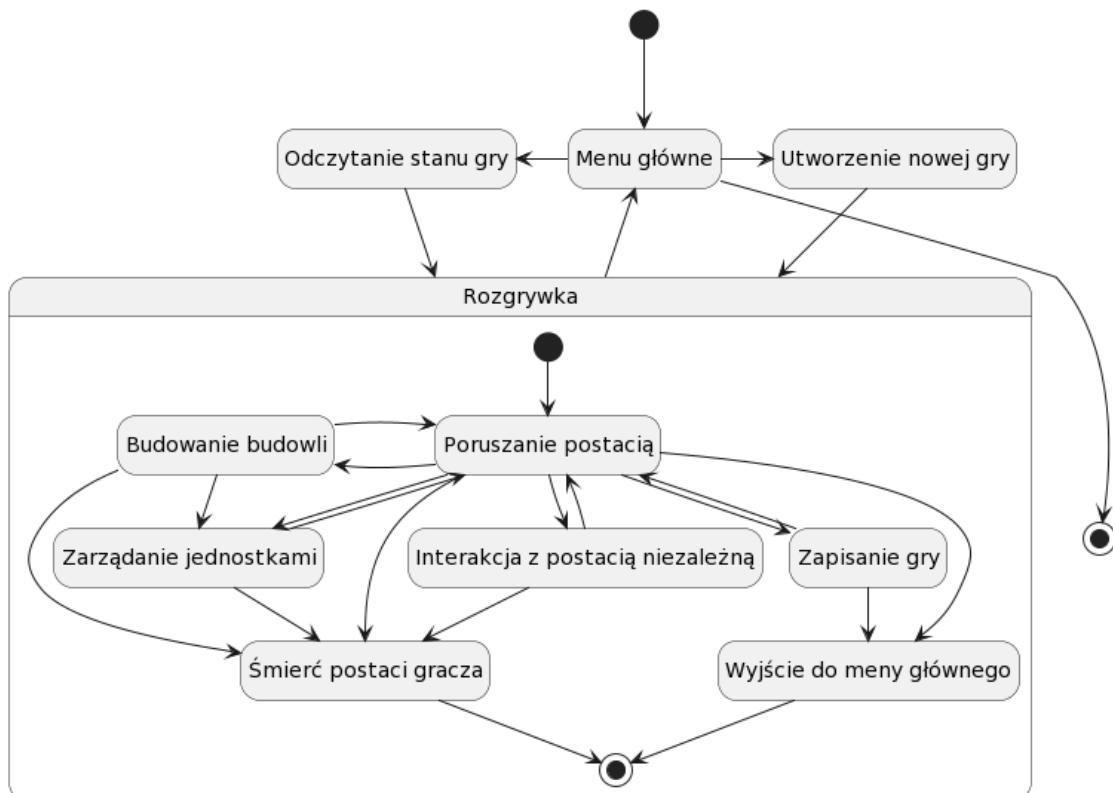
Niniejsza sekcja przedstawia diagram przypadków użycia dla głównych funkcjonalności, które będzie zawierać prototypowa gra. Opisuje on przewidywane usługi oferowane przez poszczególne mechaniki programu.



Rysunek 4.2: Diagram przypadków głównych mechanik gry.

#### 4.3.5. Diagram stanów

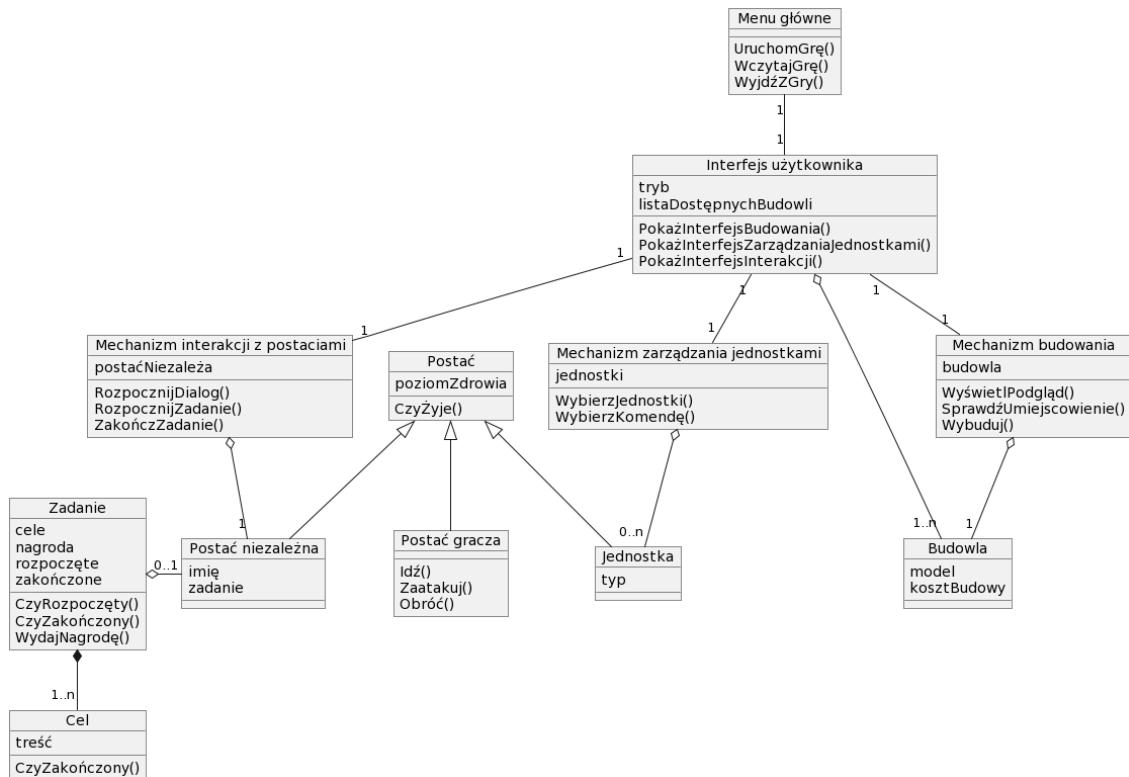
W tym podpunkcie został przedstawiony diagram stanów prototypowej gry, który ukazuje jej przewidywany sposób działania. Prezentuje on podstawowe stany, w których może się znaleźć system gry.



Rysunek 4.3: Diagram stanów gry.

#### 4.3.6. Diagram klas

W tej sekcji został pokazany uproszczony diagram klas, przedstawiający główne elementy gry. Obrazuje podstawową strukturę tworzonego systemu oraz zależności pomiędzy poszczególnymi komponentami.



Rysunek 4.4: Diagram klas gry.

#### 4.4. Opis świata gry (Bogna Lew)

Fabuła wytwarzanej gry ma zostać osadzona w realiach wczesnośredniowiecznych. Została ona za-inspirowana Celtami, których w tym okresie można było spotkać głównie w Irlandii. Z tego powodu mapa świata gry będzie prezentować górzystą wyspę, na której gracz będzie mógł znaleźć niewielką wioskę oraz obozowiska.

Graczowi udostępniona zostanie jego własna postać do bezpośredniego sterowania. Takie rozwiązanie "czyni gracza kreatywnym elementem działającym wewnątrz dyskursu, który posiada przestrzenny charakter" [2]. Typowym elementem gry są zadania poboczne, czasem pośrednio związane z głównym celem gry. Stanowi to urozmaicenie rozgryki i dodatkowo zachęca gracza do zagłębiania się w nią. "W odniesieniu do gier komputerowych można więc mówić o podwójnym motywowaniu ich użytkowników, które dokonuje się na dwóch narracyjnych poziomach: jedna z motywacji wyznacza cel całej rozgrywce, druga natomiast jest ulokowana w przestrzeni pojedynczej misji i kończy wraz z jej zakończeniem" [2]. Z tego powodu w trakcie gry użytkownik będzie mógł spotkać postaci niezależne, z którymi możliwe będzie wejście w interakcje, kończące się np. zleceniem wykonania zadania. W ich realizacji będą mu pomagać jednostki, z którymi się zaprzyjaźni podczas rozgrywki i którym będzie mógł wydawać komendy zgodnie z ich typem. Dodatkowo w trakcie eksploracji świata natrafi na nieprzyjazne postacie, z którymi będzie toczyć walki. Grę urozmaicą postaci zwierząt, które mogą być neutralne, bądź agresywne wobec gracza.

Gra będzie udostępniać trzy podstawowe surowce, za które gracz będzie mógł budować budynki. Przewidywane są dwa sposoby ich pozyskiwania. Pierwszym z nich jest wykonywanie zadań, za które może uzyskać nagrody w postaci pewnej ilości surowców. Kolejnym sposobem jest zbieranie kłód drewna oraz kamieni leżących na ziemi. Podnoszenie ich dostarczy jednorazowy przypływ odpowiadającego im

zasobu.

#### **4.5. Poruszanie postacią (Bogna Lew)**

Podstawową mechaniką, którą będzie oferować implementowana gra, jest sterowanie postacią przez gracza. Użytkownik będzie mieć do dyspozycji jedną postać, którą będzie bezpośrednio zarządzać. Umożliwi mu ona przede wszystkim eksplorację świata oraz walkę z przeciwnikami.

Poruszanie postacią będzie analogiczne jak w grze The Elder Scrolls V: Skyrim. Gracz będzie mógł przemieszczać się do przodu, do tyłu, na boki oraz na ukos. Sterowanie będzie możliwe za pomocą klawiszy "w", "a", "s" oraz "d". Dodatkowo użytkownik będzie mieć możliwość obracania postaci, a tym samym zmiany kierunku, w który jest zwrócona poprzez przemieszczanie myszy. Ponadto, gra udostępní możliwość przesunięcia kamery po łuku do góry bądź do dołu.

Kolejnym aspektem jest walka. Użytkownik będzie mógł wykonać atak poprzez naciśnięcie prawego przycisku myszy. Postać gracza będzie mogła wykonywać wyłącznie ataki bronią białą, która zostanie dobyta w momencie, gdy znajdzie się on w walce.

#### **4.6. Interfejs użytkownika (Zofia Sosińska)**

Interfejs użytkownika (ang. user interface, UI) jest to zbiór najważniejszych informacji przedstawiony graczu w sposób czytelny. Może się to odbywać za pomocą np. obrazków, tekstów, czy wskaźników. Dzięki UI możliwy jest wgląd w aktualny stan wiedzy grywalnej postaci.

Projekt interfejsu użytkownika przewiduje trzy tryby: zwykły, budowania oraz walki. Zadaniem każdego z nich będzie odzwierciedlenie aktualnej wiedzy granej postaci z naciśnięciem na najpotrzebniejsze w danej chwili informacje.

##### *4.6.1. Interfejs podstawowy*

Interfejs podstawowy przewiduje funkcje, takie jak pokazanie:

- surowców i funduszy,
- aktualnego czasu w grze,
- kompasu,
- informacji o możliwym rozpoczęciu konwersacji z inną postacią;

Inspiracją dla górnego paska z informacjami jest ten użyty w grze Warcraft 3. Prostota i surowość stylu będą współpracować z klimatem gry.

W naszej grze skupimy się jednak na tym, aby interfejs użytkownika zabierał jak najmniej miejsca. Dlatego też projekt zakłada, że poszczególne obiekty nie będą ze sobą połączone, a jedynie "dryfować" w przestrzeni. Jako ważny element tej części UI zawarty zostanie kompas, wzorowany na tym z gry The Elder Scrolls V: Skyrim.

Szacowany projekt interfejsu podstawowego UI wyświetlono na rysunku 4.5 .

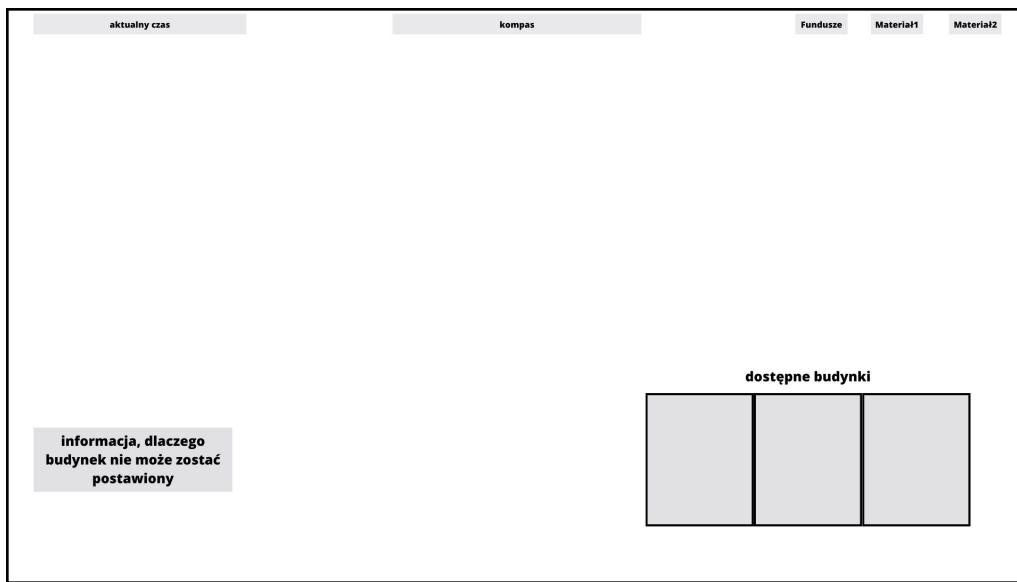
##### *4.6.2. Menu stawiania budynków*

W menu stawiania budynków informacje wcześniej przedstawione zostaną na ekranie. Dodatkowo pokażą nam się dostępne do zbudowania budynki, a po wybraniu pojawią się przed nami. Po zatwierdzeniu budynek zostanie wybudowany. Inspiracją do przedstawienia dostępnych budowli jest rozwiązanie gry Orcs must die!



Rysunek 4.5: Projekt interfejsu podstawowego UI.

Szacowany projekt trybu budowania UI wyświetlono na rysunku 4.6 .

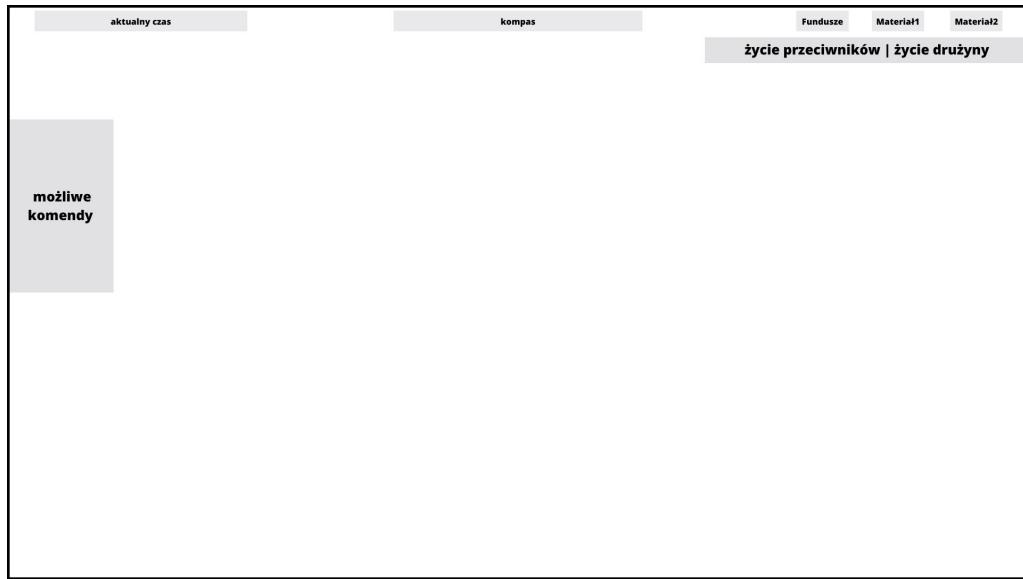


Rysunek 4.6: Projekt menu stawiania budynków UI.

#### 4.6.3. Tryb walki

Bliżniaczo do trybu budowania, gdy rozpocznie się walka, podstawowe informacje zostają na ekranie, a dodatkowo gracz dostaje informacje o dostępnych rozkazach do wydania. Nasze rozwiązanie będzie podobne do pomysłu z gry Mount&Blade.

Szacowany projekt trybu budowania UI wyświetlono na rysunku 4.7 .



Rysunek 4.7: Projekt trybu walki UI.

#### 4.7. Nawigacja (Zofia Sosińska)

Kluczowym dla gry założeniem jest ułatwienie graczowi wczucia się w realia świata, w którym się znajduje. Jako jeden z głównych warunków pogłębienia immersji uwypuklono brak implementacji mapy, na której gracz widziałby świat. W ten sposób nie upraszczamy mu poruszania się i odnajdywania lokacji tak, jak i człowiek w realnym świecie w czasach średniowiecznych nie kierował się zapisanymi na kartce kartograficznymi obrazami, ale własną i zdobytą od innych wiedzą o otaczającym go terenie. Jedyną pomocą, jaką otrzyma gracz, będzie pasek obrazujący pole widzenia granej postaci. Pierwszą rolą narzędzia będzie pokazanie kierunku świata, który znajduje się w polu widzenia gracza. Zakładamy, że grana postać potrafi sama taką, informację odczytać chociażby z położenia Słońca. Nie jest to więc sztucznie upraszczająca rozgrywkę mechanika, a jedynie odciążenie użytkownika kompasem. Kolejną informacją na omawianym polu będzie miejsce w którym znajduje się przeciwnik. Dotyczy to antagonistów widocznych w polu widzenia, jak i ukrytych za ścianą. Druga część będzie logicznie możliwa dzięki specjalnej umiejętności widzenia wrogów za przeszkodą zaimplementowanej dla postaci druida. Po przyłączeniu takiej osoby do drużyny użytkownik może poprosić przyjaciela o użyczenie mu swojej mocy.

#### 4.8. Mechanizm budowania (Bogna Lew)

Inspiracją do implementacji tego mechanizmu są gry Orcs must die! oraz Warhammer 40,000: Dawn of War. Do pożądanych efektów, które oba tytuły zapewniają, są walidacja terenu oraz wymuszanie poniesienia kosztów budowy. Dodatkowo wytwarzana gra będzie implementować proces budowania oraz przynoszenie korzyści przez budynek analogicznie jak w Warhammer 40,000: Dawn of War.

Najważniejszym aspektem implementowanego mechanizmu będzie walidacja terenu. Zostanie ona uzyskana poprzez wyświetlenie podglądu budowli w trakcie umiejscawiania konstrukcji na mapie. Jeśli miejsce w którym gracz chce postawić budynek jest poprawne tzn. nie nachodzi na inne obiekty oraz teren jest odpowiedni to pokazywany widok jest podświetlany na zielono, w przeciwnym razie - na czerwono. Jest to efekt, który wytwarzana przez zespół gra będzie zawierać.

Kolejnym pożądany efektem, oferowanym przez oba tytuły, jest konieczność poniesienia przez użytkownika kosztów wybudowania obiektu. W tym celu gra będzie monitorowała, czy gracz posiada wystarczającą ilość wymaganych zasobów, a w przypadku niespełnienia tych warunków - blokowała możliwość wybudowania.

Dodatkowo budowa obiektu nie może być natychmiastowa, gdyż nie jest to zgodnie z rzeczywistością. Dlatego podobnie jak w grze Warhammer 40,000: Dawn of War każdy budynek będzie musiał zostać wybudowany przez dedykowaną do tego postać. Będzie ona imitowała proces budowania i dopiero gdy ukończy to zadanie, dana budowla zacznie przynosić graczowi korzyści.

#### **4.9. Sterowanie jednostkami, podążanie za główną postacią (Zofia Sosińska)**

Na samym początku gry stworzona przez gracza postać pojawia się sama. W tym momencie jest to jedyny obiekt, którym gracz może sterować. Kontroluje, gdzie postać idzie, jak walczy oraz z kim rozmawia. Z biegiem czasu gra będzie jednak naciskać na formowanie drużyny, ponieważ pokonywanie wielu przeciwników w pojedynkę będzie się stawało zbyt trudne. Pojawia się w takim momencie problem. Stworzenie mechaniki poruszania się i oddziaływania na otaczający świat dla jednej postaci wydaje się być proste i intuicyjne, ale kierowanie wieloma osobami już nie. ez wprowadzenia zmian, używając jednego sposobu dyrygowania wszystkimi jednostkami tak samo, gra będzie prędko męczyć gracza. Dla czynności małoznaczących, takich jak przemieszczenie drużyny w konkretne miejsce wprowadzi monotonię i czasochłonność. Każdą postać należy wybrać i przemieścić ją w konkretne miejsce. Kilka kliknięć przy jednej postaci jest akceptowalne, ale przy kilku wprowadzi to ogromne opóźnienia. Gracz byłby już wielokrotnie dalej. Jeszcze gorsze skutki pokazałyby się podczas walki. Szybkie przeskakiwanie pomiędzy postaciami podniosłoby zauważalnie trudność gry. Poruszanie się jedną postacią i zabijanie przeciwników nie ma sensu, gdy reszta drużyny jest bita i nie może się obronić, ponieważ gracz musi się przełączyć na inną postać, aby ta wykonała ruch. Stąd potrzeby jest algorytm odpowiadający za właściwe poruszanie się pobocznych postaci . Tworzona gra będzie dopuszczała małe, kilkunastoosobowe drużyny z przywódcą - postacią grywalną przez użytkownika - na czele. Podczas walki graczowi pokażą się możliwe do wydania polecenia oraz specyfikacja, jakiej grupy mają one dotyczyć. Za pomocą określonych klawiszy klawiatury będzie on mógł kontrolować zachowanie kompanów. Po rozwiązaniu problemu mechaniki sterowania jednostkami w walce, nie można przeoczyć samego poruszania się oraz interakcji ze światem. Najprostszym rozwiązaniem będzie implementacja mechanizmu, według którego drużyna, po wykryciu znacznego przemieszczenia się przywódcy, sama będzie za nim podążać. Kompani nie będą też mieli opcji samodzielnnej interakcji ze światem. Poza walką zostaną jedynie biernymi obserwatorami.

#### **4.10. System dialogów (Bartosz Strzelecki)**

System dialogów jest podstawową metodą, którą gracz będzie wykorzystywał, aby pozyskać informacje o świecie oraz celach misji. Gracz może inicjować konwersacje z postaciami niezależnymi, po czym zostaną mu zaproponowane opcje sposobu prowadzenia rozmowy. W zależności od wybranych opcji dialogowych gracz może się spodziewać różnych konsekwencji.

Dialogue Editor autorstwa Grasshop Dev jest prostym narzędziem pozwalającym na szybkie dodawanie i modyfikację dialogów. Zawiera zestaw elementów ułatwiających wdrożenie systemu do projektu oraz udostępnia struktury danych wykorzystywanych do tworzenia interfejsu użytkownika. Podczas rozmowy z postaciami niezależnymi gracz będzie mógł pozyskać informację o geografii świata, możliwych

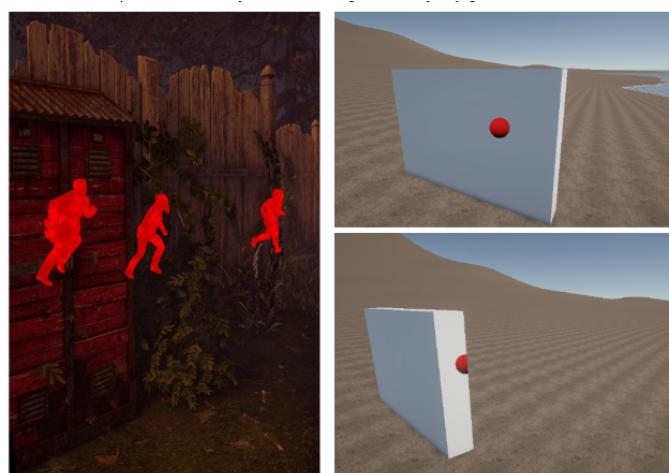
zagrożeniach oraz zadaniach do wykonania. Podobne systemy występują w grach takich jak Pillars of Eternity oraz w grach z serii Mass Effect. (por. 2.3)

#### **4.11. Sztuczna inteligencja (Bartosz Strzelecki)**

W przypadku implementacji mechanizmów sztucznej inteligencji przeciwników będziemy się inspirować trybami kampanii w grach Warcraft III oraz Starcraft II. Na mapie będą rozsiane punkty, w których będą pojawiać się przeciwnicy. Tak długo, jak drużyna gracza jest poza zasięgiem, wrogowie pozostają nieaktywni. Aktywni przeciwnicy zachowują się zgodnie z ich archetypem (klasą postaci) oraz pozostają aktywni tak długo, jak drużyna gracza jest w zasięgu. Zdezaktywowani przeciwnicy wracają do swojego oryginalnego stanu. Gracz będzie napotykał tego typu obozowiska przede wszystkim w trakcie eksploracji świata. Innym planowanym przykładem implementacji sztucznej inteligencji przeciwników jest model, w którym jednostki wroga poruszają się z punktu początkowego w stronę bazy gracza. Jeśli podczas swojej podróży napotkają drużynę gracza, wtedy niezwłocznie zmieniają swój cel ataku. Będziemy wyróżniać trzy archetypy jednostek w zależności od sposobu walki (bliski zasięg, średni zasięg, daleki zasięg). Postacie walczące na bliski zasięg mają na celu podejście w stronę najbliższego przeciwnika i wykonać atak. Jednostki średnio zasięgowe w momencie, w którym najbliższy przeciwnik jest odpowiednio daleko, wykonują atak dystansowy, w przeciwnym wypadku zachowują się tak jak jednostki walczące w zwarciu. Postacie dalekodystansowe dokonują ataków dystansowych w kierunku najbliższego przeciwnika, natomiast uciekają, gdy ten podejdzie zbyt blisko.

#### **4.12. Widzenie przez ściany (Bartosz Strzelecki)**

Do umiejętności wykorzystywanych przez gracza będzie należeć zdolność widzenia przeciwników oraz innych istotnych obiektów przez przeszkody. Gracz po wcisnięciu przycisku przez krótki okres będzie w stanie zobaczyć sylwetki przeciwników znajdującymi się w jego polu widzenia. Rozwiązanie jest inspirowane wcześniej wspomnianą grą Dead by Daylight (por. 2.11). Markery nie poruszają się za celem lecz pojawiają się i pozostają w tym samym miejscu przez czas trwania animacji.



**Rysunek 4.8:** Po lewej stronie przykład z gry Dead by Daylight. Po prawej zachowanie shadera w przypadku przysłaniania markera przez przeszkody.

## 5. IMPLEMENTACJA

Ten rozdział skupia się na zaprezentowaniu implementacji projektu w silniku Unity. Przedstawia on wykorzystane metodyki i narzędzia wykorzystane do osiągnięcia określonych wymagań. Jak również zawiera fragmenty wykorzystanych algorytmów i zrzuty ekranu reprezentujące efekty pracy.

### 5.1. Kontroler postaci (*Bogna Lew*)

W trakcie rozgrywki istotnym aspektem wpływającym na jakość jest mechanizm sterowania postacią. Z tą mechaniką gracz ma bezpośredni kontakt, ponieważ to właśnie za jej pomocą może eksplorować świat.

Do implementacji tego mechanizmu zainspirowaliśmy się grą Skyrim. Postać jest sterowana za pomocą klawiszy "w", "a", "s" oraz "d", natomiast jej rotacja oraz obrót kamery jest kontrolowany przez mysz. Dodatkowo, gracz może wykonywać ataki poprzez naciśnięcie lewego przycisku myszy.

Pierwszy element kontrolera odpowiada za przemieszczanie się postaci. Do tego wykorzystuje Input Manager, w którym zostały zmapowane odpowiednie klawisze dla każdej z osi, wzdłuż której gracz może się przemieszczać. W rezultacie powstały dwa kierunki - przód/tył oraz prawo/lewo. Naciśnięcie odpowiedniego przycisku skutkuje zwróceniem wartości 1 bądź -1, które symbolizują zwrot wektora przemieszczenia wzdłuż osi. Na tej podstawie wyznaczane jest faktyczne przesunięcie postaci względem kierunku, w którym jest zwrócona oraz modyfikowane jest jej położenie. Dodatkowo ten komponent odpowiada za wyznaczenie prędkości, z jaką gracz się porusza. Domyślnie postać przemieszcza się tempem chodu, jednakże jeśli gracz przytrzyma lewy klawisz Shift, to zacznie się poruszać biegiem.

Ten element dodatkowo odpowiada za wykrywanie, czy gracz chce wykonać atak. Przekazuje on następnie tę informację do komponentu odpowiedzialnego za określenie powodzenia ataku oraz wywołanie odpowiedniego mechanizmu informowania przeciwnika o odniesionych obrażeniach.

Druga część kontrolera odpowiada za ustawienie odpowiedniej animacji. Udostępnia metody umożliwiające uruchomienie animacji ataków, odniesienia obrażeń, śmierci lub przemieszczania się. Ostatnia z nich wykorzystuje wartości zwrota wzdłuż obu osi oraz prędkość, które są wyznaczane w poprzednim komponencie. Na ich podstawie definiuje kolejne części nazwy animacji, po czym, jeśli jest inna niż aktualnie wyświetlana, uruchamia ją.

Kolejny komponent nadzoruje rotację postaci oraz co za tym idzie - kamery. Analogicznie wykorzystywany jest Input Manager, jednak w tym przypadku przechwytywane jest przesunięcie myszy. Komponent udostępnia graczu możliwość sterowania kierunkiem, w którym postać patrzy, a co za tym idzie - względem którego się przemieszcza. Jednocześnie następuje dostosowanie położenia kamery tak, aby zawsze patrzyła w tym samym kierunku co postać gracza. Ponadto komponent umożliwia przesunięcie kamery po łuku do góry bądź do dołu. Dzięki temu gracz może dokładniej zobaczyć, co znajduje się nad oraz tuż przed nim.

Ostatni komponent odpowiada za kontrolowanie przybliżania kamery. W tym celu w Input Managerze zostało zmapowane kółko myszy. Zwrócona przez system wartość jest wykorzystywana do obliczenia odległości kamery od postaci przy zachowaniu ustalonych przez grę ograniczeń. Dodatkowo komponent dokonuje również automatycznego przybliżania, jeśli wskutek przemieszczania się postaci, pomiędzy nią a kamerą miałyby się znaleźć przeszkoda. Dzięki temu nie zostanie zasłonięty widok tego co się dzieje wokół postaci. Odsunięcie się od przeszkody zaskutkuje oddaleniem kamery do poprzedniej odległości.

## 5.2. Interfejs Użytkownika (Zofia Sosińska)

Interfejs użytkownika, jako uporządkowany i przejrzysty obraz wiedzy i możliwych opcji granej postaci odciąża użytkownika aplikacji, zdejmując z niego przymus pamiętania dokładnie każdej pojawiającej się informacji. Umililiśmy i uprościliśmy rozgrywkę, przedstawiając suche dane w postaci przyjemnych dla oka obrazów, wyszczególniając najważniejsze informacje.

Tak jak przewidywano, UI udostępnia 3 główne tryby: podstawowy, budowania budynków oraz walki. Wszystkie łączy surowy i prosty przewodni motyw graficzny, wykorzystujący także różnorodne obrazy dla urozmaicenia obrazu. Przy implementacji ważne także było, aby UI zabierał jak najmniej miejsca, jednocześnie podając jak najwięcej przydatnych informacji.

### 5.2.1. Interfejs podstawowy

Interfejs podstawowy towarzyszy graczowi podczas całej rozgrywki. Skupia się on w górnej części ekranu. Jego zadaniem jest pomóc użytkownikowi w ogólnym odnalezieniu się w świecie. W tym celu są mu ukazane następujące informacje:

- aktualny stan surowców i funduszy, aby nie był obarczony kalkulacjami przy każdym zakupie lub przypływie zasobów,
- aktualna godzina w grze, aby stworzyć iluzję upływającego czasu w świecie gry,
- aktualne położenie gracza względem stron świata oraz wrogów ukazane na kompasie, aby ułatwić nawigację,
- zaistnienie możliwości rozpoczęcia konwersacji z inną postacią, aby zwrócić graczowi uwagę na potencjalnie ważne lub użyteczne postacie;



Rysunek 5.1: Implementacja paska z najważniejszymi informacjami o stanie gry: aktualnym czasie, posiadanych surowcach i funduszach, położeniu i otoczeniu gracza oraz o możliwości rozpoczęcia konwersacji z inną postacią.

### 5.2.2. Menu stawiania budynków

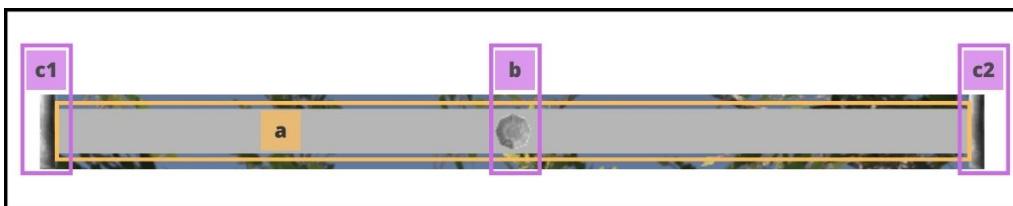
Typowa mechanika gier typu RTS, czyli budowanie budynków ma specjalnie przygotowany interfejs, wyświetlany po wciśnięciu klawisza "B". Ulokowany on został w dolnej części ekranu. Najważniejszym elementem menu stawiania budynków jest lista dostępnych budowli. Widnieją tam obrazy ukazujące każdą z nich. Gracz prawą i lewą strzałką może wybrać pożądaną. Wtedy wokół niej pokażą się także informacje dotyczące jej kupna, a po lewej stronie ekranu - informacja o ewentualnym nieprawidłowym umiejscowieniu. W wypadku, gdy zakup jest niemożliwy z powodu niewystarczającej liczby surowców, pojawi się stosowny komunikat.



**Rysunek 5.2:** Implementacja menu stawiania budynków, na którym pokazane są możliwe do zbudowania budowle i szczegółowe informacje o ich dostępności.

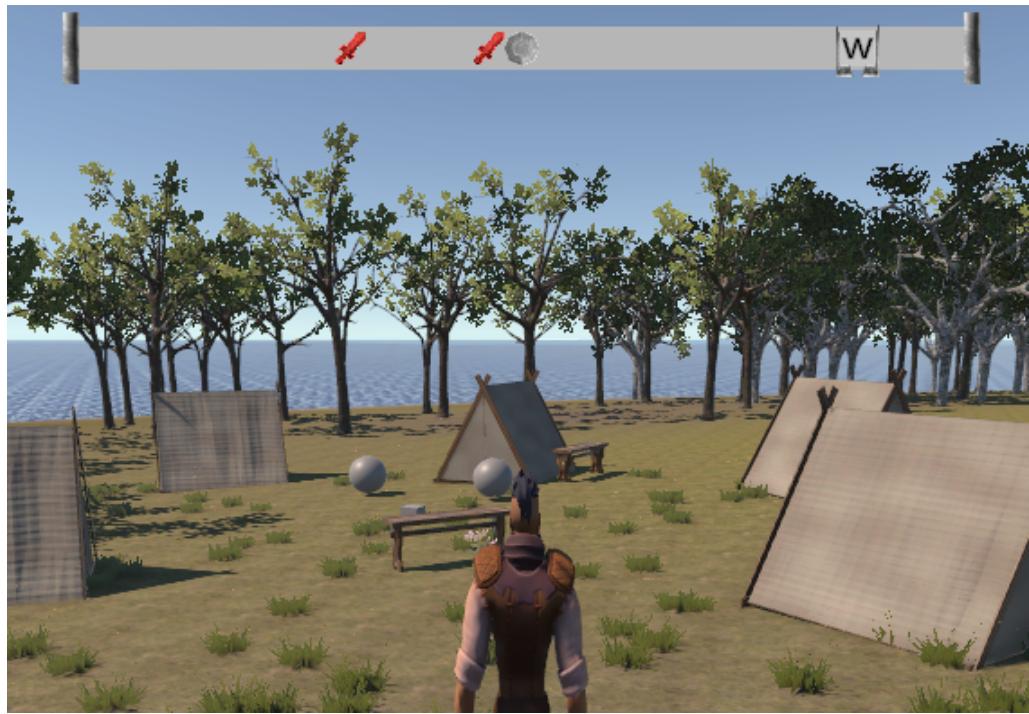
### 5.3. Zasady działania kompasu (Zofia Sosińska)

Projekt kompasu jest na tyle prosty, aby nie przytłoczyć gracza nadmierną liczbą bodźców. Składa się z horyzontalnego, jednolitego paska, na którym wyświetlane będą najważniejsze informacje o otoczeniu, symbol ośmiokąta, wskazujący na przestrzeń znajdującą się centralnie przed bohaterem oraz z bocznych pasków, wyróżniających końce narzędzia.



**Rysunek 5.3:** Rozpiska elementów: a. główny pasek, b. symbol środka, c1., c2. paski końców kompasu.

Ikony wyświetlane na kompasie będą przedstawiać najważniejsze informacje w polu widzenia gracza, czyli stronę świata, w kierunku której jest on zwrócony, oraz przeciwników. Poniżej przedstawiono kod odpowiedzialny za wyznaczenie pozycji symbolu na omawianym narzędziu. Wejściem jest komponent RectTransform symbolu przypisanemu danemu obiektyowi oraz jego położenie. Po obliczeniu wektora prowadzącego do uzyskania np. pozycji wroga, wyznaczany jest kąt, o jaki musi się obrócić. To przeliczamy na pozycję na kompasie i jeśli obiekt jest w polu widzenia, wyświetlamy symbol.



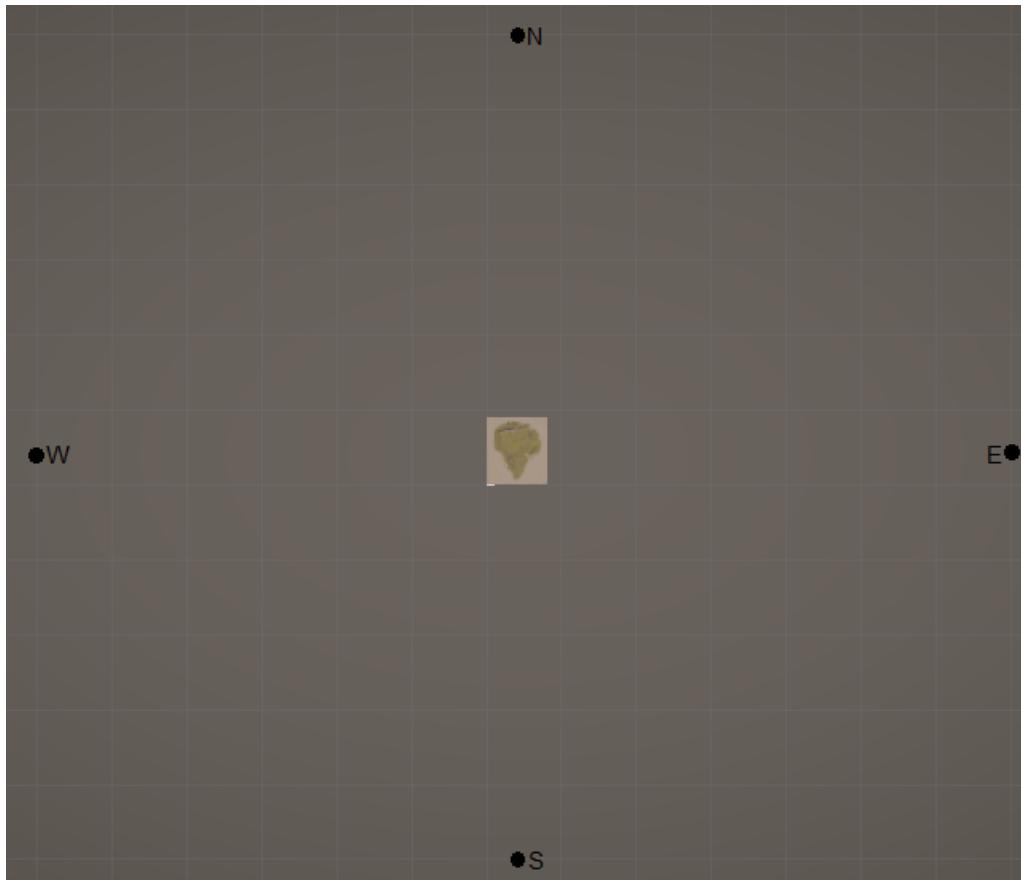
**Rysunek 5.4:** Wizualizacja przypadku, w którym gracz patrzy centralnie na obozowisko wrogów. Na przeciwnie oraz po lewej stronie znajdują się przeciwnicy, co jest zasygnalizowane na kompasie za pomocą symboli mieczy. Znajduje się na nim także informacja, że bohater jest lekko odchylony od Wschodu.

**Listing 5.1:** Fragment kodu odpowiedzialny za ustawienie symbolu na pasku kompasu

```
void SetMarkerPosition(RectTransform markerTransform, Vector3 worldPosition)
{
    Vector3 dirToTarget = worldPosition - CameraTransform.position;
    float angle = Vector2.SignedAngle(
        new Vector2(dirToTarget.x, dirToTarget.z),
        new Vector2(CameraTransform.transform.forward.x,
        CameraTransform.transform.forward.z));
    float compassPositionX = Mathf.Clamp(
        2 * angle / Camera.main.fieldOfView, -1, 1);
    if (compassPositionX == 1 || compassPositionX == (-1))
    {
        markerTransform.anchoredPosition = new Vector2(0, 100);
    }
    else
    {
        markerTransform.anchoredPosition = new Vector2(
            compassBarTransform.rect.width / 2 * compassPositionX, 0);
    }
}
```

Problem lokalizacji stron świata pojawił się, gdy nieprawidłowo wyświetlały się symbole po użyciu najprostszego rozwiązania. Na przykład dla Północy było to pobranie wartości od Vector3.forward, co

jest skrótownym zapisem `Vector3(0, 0, 1)`. Lewy dolny róg mapy jest położony w punkcie `(0, 0, 0)`, co oznacza, że wymagane jest przesunięcie, aby prawidłowo zasymulować strony świata. Północ i Południe przesunęliśmy do połowy szerokości, a Wschód i Zachód - długości mapy. Każde z nich oddaliliśmy o 60000 jednostek, co pozwala na wiarygodną symulację stron świata na kompasie.



Rysunek 5.5: Rozmieszczenie zasymulowanych stron świata.

Wykrycie wrogich jednostek znajduje się w funkcji `Start`. Każdemu obiektyowi jest przypisywany symbol czerwonego miecza i w zależności od położenia wroga, obrazek wyświetlany jest odpowiednio na kompasie.

**Listing 5.2:** Fragment kodu odpowiedzialny za połączenie wrogich obiektów na mapie z symbolami wyświetlanymi na kompasie

```
void SetPositionOfEnemies()
{
    foreach (
        var e in enemiesOnMap .Zip(
            enemiesOnUI , (x, y) => new {
                enemyOnMap = x, enemyOnUI = y })) {
        SetMarkerPosition(
            e.enemyOnUI .GetComponent<RectTransform >(),
            e.enemyOnMap .transform .position );
    }
}
```

#### 5.4. Mechanizm budowania (Bogna Lew)

Opracowany mechanizm umożliwia graczowi na przełączenie się w tryb budowania poprzez naciśnięcie klawisza "B", który od razu wyświetli podgląd bazowego obiektu. Widok budynku przemieszcza się przed postacią oraz odpowiednio obraca się razem z nią. Efekt poruszania się podglądu został uzyskany za pomocą poniższych wzorów:

$$x = r \times \sin(\alpha) \quad (5-1)$$

$$y = 0 \quad (5-2)$$

$$z = r \times \cos(\alpha) \quad (5-3)$$

gdzie  $r$  to odległość środka obiektu od postaci gracza, natomiast  $\alpha$  to kąt o jaki jest on obrócony względem osi  $y$ .

Podgląd budynku będzie widoczny do czasu, aż gracz go umieści naciskając prawy przycisk myszy bądź wychodząc z trybu edycji naciskając klawisz Escape. Jeżeli widok budowli znajduje się w poprawnym do umieszczenia miejscu to jest on podświetlany na zielono, w przeciwnym razie - na czerwono. Wybudowanie powoduje przywrócenie bazowych kolorów obiektu oraz włącza wykrywanie kolizji z nim, dzięki czemu budynek poprawnie oddziałuje z otaczającym go środowiskiem.



Rysunek 5.6: Przykład podglądu w poprawnym umiejscowieniu.

Do walidacji poprawności umiejscowienia budynku wykorzystano mechanizmy wyzwalacza (ang. trigger) oraz rzucania promienia (ang. Raycasting). Pierwszy z nich polega na wykrywaniu czy obiekt znalazł się w obszarze kolizji bez brutalnego zatrzymywania go. Oznacza to, że może on przeniknąć przez inny element bez widocznych konsekwencji, jedynie wysyłając sygnał, że dana sytuacja nastąpiła. Druga metoda natomiast polega na wypuszczeniu promienia o pewnej długości w zadanym kierunku i sprawdzeniu, czy z czymś się zderzył.

Wyzwalacz został zastosowany do wykrywania kolizji z innymi obiektami na mapie takimi jak postacie, czy elementy scenerii niebędące terenem. W tym celu wykorzystano metody `OnTriggerEnter()` i `OnTriggerExit()`, które są wywoływanie odpowiednio gdy, dany obiekt znalazł się w obszarze kolizji

innego elementu, bądź go opuścił. Każda z nich odpowiednio zmienia poprzez inkrementację bądź dekrementację licznika kolizji obiektu. Jeżeli jego wartość jest różna od zera, tzn. obiekt z czymś koliduje, to umiejscowienie jest uznawane za niepoprawne.

Drugi z mechanizmów został wykorzystany do sprawdzenia nabylenia podłożą. Efekt został osiągnięty poprzez rzucenie promienia o niewielkiej długości z każdego z dolnych narożników obiektu i zliczeniu ile z nich wykryło kolizję z ziemią. Brak wykrycia kolizji można zinterpretować jako zapadanie się bądź zbyt mocne lewitowanie danego narożnika nad powierzchnią ziemi. Z tego powodu przyjęto, że jeśli co najmniej trzy z nich zderzyły się z podłożem, to umiejscowienie jest poprawne.



Rysunek 5.7: Przykład podglądu w niepoprawnym umiejscowieniu.

Dodatkowo metodę rzucania promienia wykorzystano do wykrycia kolizji z drzewami. Obiekty te są traktowane przez silnik jako część terenu, przez co metoda wykorzystująca wyzwalacz pomija je. Dlatego w celu wykrywania kolizji z nimi zdecydowano się na rzucenie dwóch grup promieni biegących w głąb obiektu z naprzeciwległych krawędzi prostopadłych do osi y. Każdy z promieni biegnie w połowie wysokości obiektu i sięga przeciwniej ściany. Tak skomplikowany układ ma na celu zapewnienie poprawności wykrywania kolizji w przypadku, gdy początki promieni znajdują się wewnątrz kolidującego obiektu. Jeśli którykolwiek z nich zderzy się z drzewem, to wybrane miejsce jest uznawane za niepoprawne.

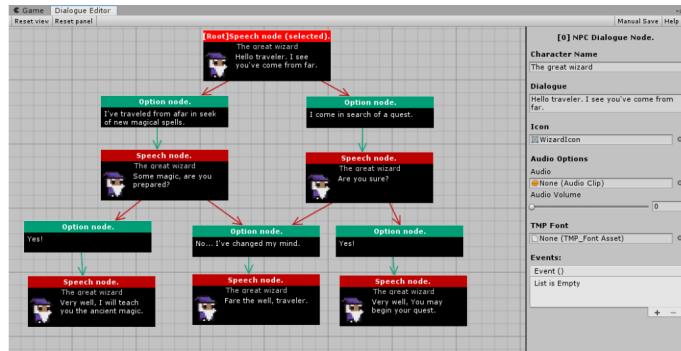


Rysunek 5.8: Podgląd budynku kolidujący z drzewem.

### 5.5. System dialogów (Bartosz Strzelecki)

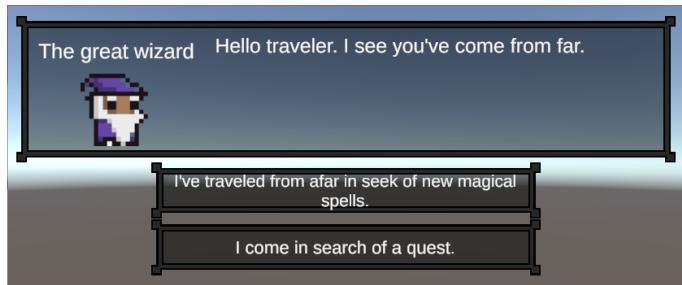
W naszej implementacji konwersacje składają się z dwóch rodzajów węzłów. Jednego odpowiedzialnego za wypowiedzi postaci niezależnych oraz drugiego pozwalającego na podjęcie przez gracza decyzji. Dodanie nowej konwersacji odbywa się poprzez stworzenie obiektu z przypisanym komponentem NPC Conversation. Wywołanie dialogu można osiągnąć poprzez wykorzystanie metody

```
ConversationManager.Instance.StartConversation(/*NPCConversation*/);
```



Rysunek 5.9: Przykładowa konwersacja z wykorzystaniem Dialogue Editor

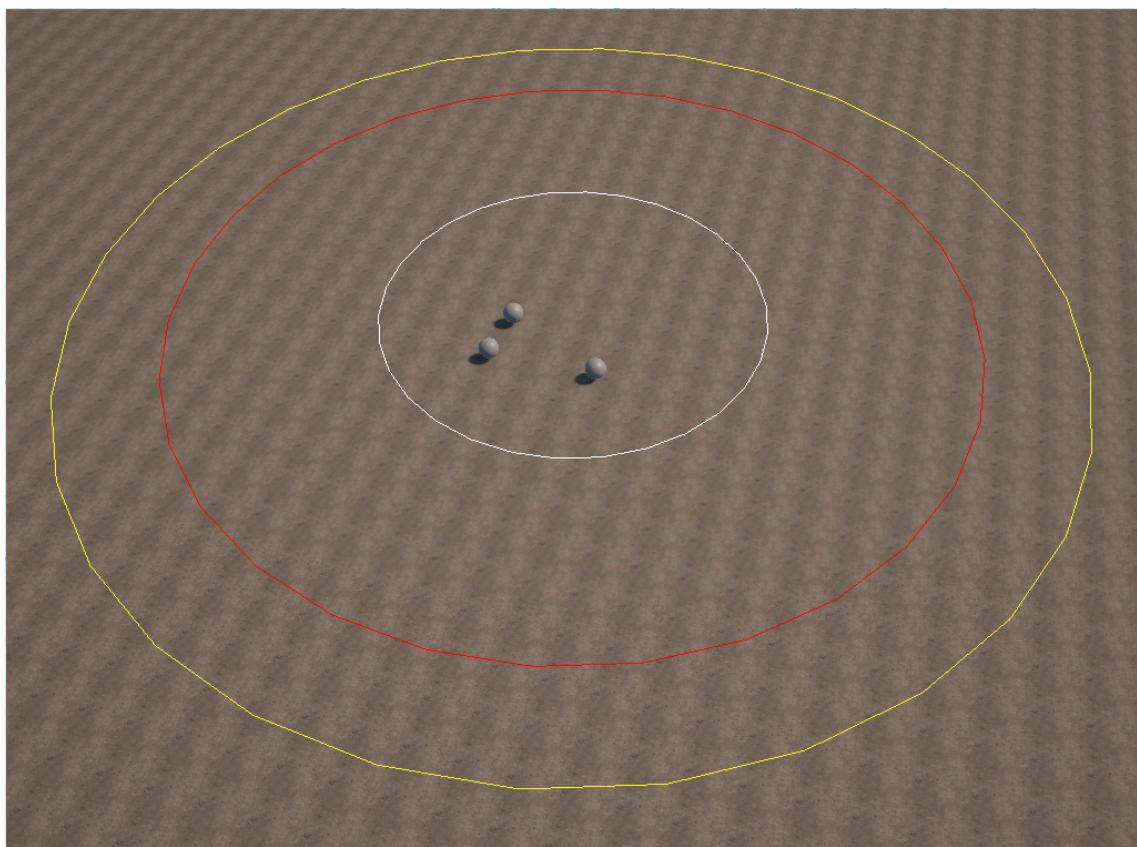
System pozwala na łatwe dostosowanie elementów interfejsu użytkownika odpowiedzialne za wyświetlenie dialogów, aby jak najlepiej wpasować się w styl graficzny gry.



Rysunek 5.10: Przykładowe okno dialogowe widziane z perspektywy gracza.

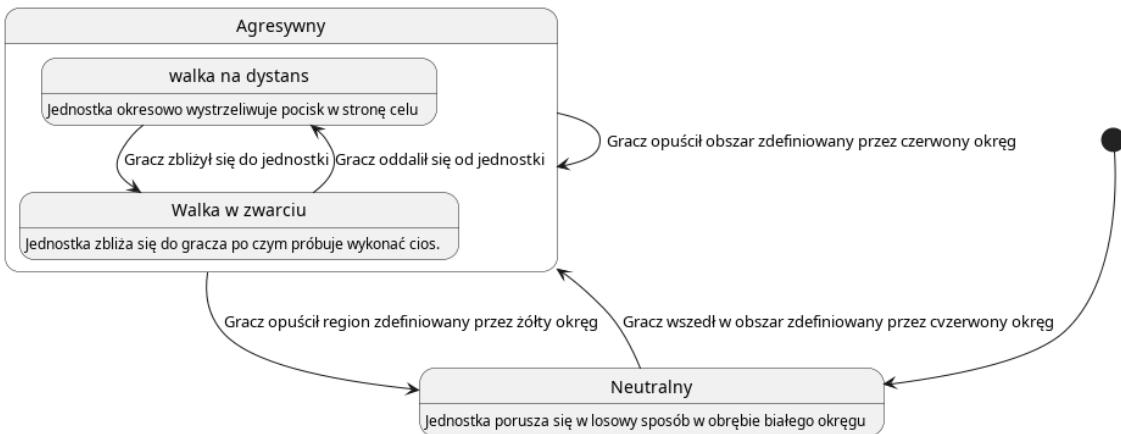
### 5.6. Sztuczna inteligencja (*Bartosz Strzelecki*)

Nawigacja przeciwników została zrealizowana poprzez wbudowany w silnik Unity system NavMesh. Pozwala nam on na łatwe wyznaczenie powierzchni, po której mogą poruszać się postacie niekontrolowane przez gracza oraz realizuje zadanie wyznaczania ścieżki dla tych postaci.



Rysunek 5.11: Obraz przedstawia zasięgi odpowiednich regionów.

Przeciwnicy są kontrolowani poprzez jeden obiekt przydzielający cele każdemu przypisanemu wrogowi. W normalnym trybie wrogowie poruszają się w sposób losowy w obrębie wyznaczonej przestrzeni (biały okrąg). Kiedy przyjazne jednostki znajdą się w wystarczającej odległości (czerwony okrąg), przeciwnicy obiorą sobie za cel jedną z nich. Po opuszczeniu przez drużynę gracza wyznaczonego obszaru (żółty okrąg) wrogowie wracają do poruszania się w sposób losowy w obrębie białego okręgu.



**Rysunek 5.12:** Diagram przedstawiający przepływ stanów dla sztucznej inteligencji przeciwników.

#### 5.6.1. Mechanika zachowań klas jednostek

##### Jednostki walczące w zwarciu

Zachowanie jednostek bliskozasięgowych polega na wybraniu przeciwnika będącego w czerwonym obszarze, który ma najwyższą wartość priorytetu obliczonego między innymi na podstawie odległości, ilości innych atakujących przeciwników oraz klasy celu. Jednostka posiadająca cel ataku zmierza w jego kierunku, obierając najkrótszą drogę. Po dotarciu do celu podróży jednostki biorące udział w walce losują naprzemiennie liczby, od których zależy wynik walki, jak i aktualnie wykorzystywana animacja.

##### Jednostki walczące na dystans

Takie jednostki wystrzeliwują w stronę przeciwników pociski, których celność jest reprezentowana przez dwie strefy. Jedną oznaczającą 50% celności, czyli rozrzut, który będzie posiadała połowa pocisków, oraz drugą oznaczającą maksymalny rozrzut. Ten mechanizm pozwala na łatwe zamodelowanie celności ze względu na odległość, wielkość celu oraz na osłony, za którymi może stać wroga jednostka.

##### Jednostki hybrydowe

Obejmują zachowanie dwóch powyższych klas jednostek w zależności od odległości od przeciwnika. W sytuacji, w której wroga jednostka znajduje się w pobliskim otoczeniu, wykorzystywany jest kod przeznaczony dla bliskozasięgowych jednostek, w przeciwnym przypadku wybierana jest logika jednostek zasięgowych.

#### 5.6.2. Sztuczna inteligencja przyjaznych jednostek.

Kontrola jednostek przez gracza odbywa się za pomocą wybory jednej z opcji w dwóch fazach

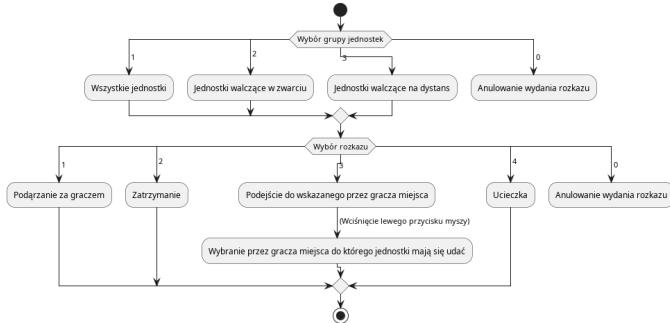
- Faza wybrania jednostek
  - Wszyscy
  - Jednostki bliskozasięgowe
  - Jednostki hybrydowe
  - Jednostki dalekozasięgowe
  - Opcja anulowania wyboru
- Faza wydania rozkazu



**Rysunek 5.13:** Reprezentacja graficzna celowania widziana z perspektywy jednostki dalekozasięgowej. Czerwony okrąg reprezentuje obszar, w którym znajdzie się 50% pocisków. Żółty obszar pokazuje maksymalny rozrzut.

- Podążanie za graczem
- Zatrzymanie
- Atak
- Podejście do wskazanego przez gracza miejsca
- Ucieczka
- Opcja anulowania rozkazu

Wydanie rozkazu polega na kliknięciu przycisku odpowiedzialnego za wejście w tryb wydawania poleceń, a następnie wybraniu numeru opcji reprezentującej grupę jednostek, której komenda ma dotyczyć. Ostatecznie należy podać numer rozkazu, który zostanie wydany. Przykładowa reprezentacja graficzna systemu jest widoczna na rysunku 2.6. Wykorzystanie tego modelu pozwala na łatwe rozwinięcie systemu o dodanie nowych metod wyboru grup jednostek oraz możliwych instrukcji dla przyjaznych agentów.



Rysunek 5.14: Wizualizacja przepływu sterowania podczas wydawania poleceń jednostkom.

### 5.7. Widzenie przez horyzont (Bartosz Strzelecki)

Efekt został osiągnięty poprzez zmodyfikowanie potoku renderowania w taki sposób, że w zależności od wartości w buforze głębi jest wykorzystywany inny shader. W tym przypadku, jeżeli sfera jest przysłonięta przez ścianę jest ona narysowana w przeciwnym wypadku jest uruchamiany pusty shader. "Unity domyślnie sortuje obiekty na podstawie odległości od kamery. Tak więc w miarę zbliżania się obiektu do kamery, będzie on rysowany nad wszystkimi obiektemi znajdującymi się dalej od kamery. W większości przypadków sprawdza się to dobrze podczas tworzenia gier, ale znajdują się sytuacje, w których będziemy chcieli mieć większą kontrolę nad sortowaniem obiektów na scenie. Używając bloku Tags możemy kontrolować to sortowanie. Unity udostępniło nam kilka domyślnych kolejek renderowania, z których każda ma unikalną wartość, którą kieruje Unity, kiedy należy narysować obiekt na ekranie. Te wbudowane kolejki renderowania o nazwach Background, Geometry, AlphaTest, Transparent i Overlay nie zostały stworzone arbitralnie; w rzeczywistości służą one celowi, jakim jest ułatwienie nam życia podczas pisania shaderów i interakcji z rendererem czasu rzeczywistego." [3]. Wykorzystując ten mechanizm możliwe jest uzyskanie efektu widzenia przez postać gracza poprzez horyzont.

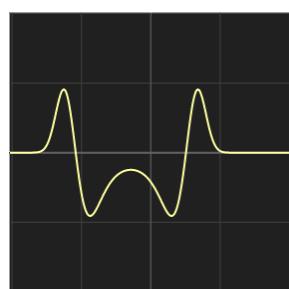
Po naciśnięciu przycisku E następuje zagranię animacji opisanej wzorami

$$w(t, offset) = 1.1 \times 2.1^{-\left(\frac{(\sin(t)+1-0.4-offset)^2}{0.02}\right)} \quad (5-4)$$

oraz

$$w(t, 0) - w(t, -0.2) + w(t, -1) - w(t, -1.2) \quad (5-5)$$

Od podanych funkcji zależy przeźroczystość, jak i natężenie efektu Fresnella.



Rysunek 5.15: Wykres przedstawiający funkcję opisującą natężenie efektu w animacji markera

Listing 5.3: Fragment shadera odpowiedzialny za animację

```

fixed4 frag (v2f i) : SV_Target
{
    float t = 6.2 * _Progress - 0.6;
    fixed4 pattern = tex2D(_PatternTex, i.uv + _Speed *t);
    float fresnellInfluence = dot(i.worldPos, i.viewDir);
    float saturatedFresnel = saturate(1 - fresnellInfluence);

    float g = w(t, 0) - w(t, -0.2) + w(t, -1) - w(t, -1.2);
    float4 color = pow(saturatedFresnel, g * _FresnelPow) * (_Color * _ColorIntensity) * p
    color.a *= dot(i.worldPos, i.viewDir);
    return color;
}

```

### **5.8. Zapis/Odczyt stanu gry (Bartosz Strzelecki)**

Gracz w dowolnym momencie rozgrywki może przerwać grę i dokonać zapisu. Wykonuje to za pomocą skrótu klawiszowego F8. Powoduje to zapisanie na dysk danych wszystkich obiektów posiadających komponent "Saveable". Strukturę serializowanych danych reprezentuje plik proto 5.4.

**Listing 5.4:** Plik .proto reprezentujący strukturę zapisu stanu gry

```

syntax = "proto3";

package base;

message Save {
    repeated SaveableEntity entities = 1;
}

message Float3 {
    float x = 1;
    float y = 2;
    float z = 3;
}

message Location {
    Float3 position = 1;
    Float3 rotation = 2;
}

message Param {
    string key = 1;
    string value = 2;
}

message SaveableEntity {

```

```

    string name = 1;
    Location transform = 2;
    int32 hp = 3;
    string prefab = 4;
    repeated Param params = 5;
}

```

Powstały po zapisie plik jest przechowywany na dysku w lokalizacji zdefiniowanej przez stałą `Environment.SpecialFolder.MyDocuments` w formie binarnej. W tym przypadku zapamiętywane są jedynie dane, które zmieniają się w trakcie rozgrywki, takie jak położenie gracza, przeciwników, itd. Zawartość statyczna taka jak krzywizna terenu i flora występująca na mapie nie jest zapisywana, a jej wczytywanie jest rozwiązywane w trakcie ładowania sceny przez Unity Runtime.

00000000	0a 25 0a 0a 57 6f 72 6b	65 72 20 28 32 29 12 13	.%.Worker (2)..
00000010	0a 0f 0d ec b3 2d 45 15	af 1b 48 41 1d ca 63 13	.....-E...HA.c.
00000020	45 12 00 22 02 6e 61 0a	3a 0a 0d 46 72 69 65 6e	E..".na:::Frien
00000030	64 6c 79 20 63 75 62 65	12 18 0a 0f 0d af ca 28	dly cube.....(
00000040	45 15 4f 4f 52 41 1d 3b	57 17 45 12 05 15 52 f4	E.OORA.;W.E..R.
00000050	9a 43 18 0a 22 02 6e 61	2a 09 0a 04 54 65 61 6d	.C..".na*...Team
00000060	12 01 30 0a 25 0a 0f 57	6f 72 6b 65 72 20 28 33	..0%.Worker (3)
00000070	29 12 13 0a 0f 0d ec b3	2d 45 15 7f 74 48 41 1d	).....-E..tHA.
00000080	cb 53 13 45 12 00 22 02	6e 61 0a 2b 0a 09 45 6e	.S.E..".na+.En
00000090	65 6d 79 20 28 31 29 12	18 0a 0f 0d 75 6f 20 45	emy (1)....uo E
000000a0	15 f5 ac 64 41 1d 5a 86	18 45 12 05 15 62 95 c6	...dA.Z..E...b..
000000b0	42 18 05 22 02 6e 61 0a	3e 0a 11 46 72 69 65 6e	B..".na>..Frien
000000c0	64 6c 79 20 63 75 62 65	20 28 31 29 12 18 0a 0f	dly cube (1)....
000000d0	0d 3c 03 29 45 15 aa 2d	51 41 1d 78 48 17 45 12	.<.)E..-QA.xH.E.
000000e0	05 15 39 3d 98 43 18 0a	22 02 6e 61 2a 09 0a 04	..9=..C..".na*...
000000f0	54 65 61 6d 12 01 30 0a	27 0a 05 45 6e 65 6d 79	Team..0.'..Enemy
00000100	12 18 0a 0f 0d b0 74 20	45 15 b9 50 63 41 1d 74	.....t E..PcA.t
00000110	5c 18 45 12 05 15 3d 0c	9f 43 18 05 22 02 6e 61	\.E...=.C..".na
00000120	0a 28 0a 06 50 6c 61 79	65 72 12 18 0a 0f 0d c5	.(..Player.....

Rysunek 5.16: Zawartość przykładowego zapisu gry.

W momencie, w którym gracz zażąda odczytania zapisu gry, następuje proces odwrotny. Odpowiednie obiekty zostają utworzone, a następnie przypisywane są im wartości na podstawie danych zawartych w pliku zapisu. Obiekty identyfikowane są po ich nazwie, w taki sposób, w jaki są zarządzane przez Unity. Tę akcję gracz wykonuje za pomocą przycisku F9 lub poprzez wybranie interesującego go zapisu z menu głównego.

## **6. PODSUMOWANIE**

## WYKAZ LITERATURY

- [1] G. Bobrek. "Historyczne bzdury, które na stałe trafiły do gier." (), [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=-eySMANZ80k&t=2s>. (accessed: 24.06.2023).
- [2] J. Argasiński, B. Augustynek, and inni, *Olbrzym w cieniu: Gry wideo w kulturze audiowizualnej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2012.
- [3] K. Lammers, *Unity Shaders and Effects Cookbook*. Packt Publishing, 2013.

## WYKAZ RYSUNKÓW

2.1	Mapa basenu Morza Śródziemnego z czasów Imperium Rzymskiego . . . . .	7
2.2	Przykład koła dialogowego w grze Mass Effect . . . . .	10
2.3	Kadr z gry Fallout 3 przedstawiający przykładowy dialog . . . . .	10
2.4	Budowanie budynku przez dedykowaną do tego jednostkę . . . . .	12
2.5	Pasek z informacjami w grze Warcraft 3. . . . .	13
2.6	Wykaz dostępnych rozkazów z gry Mount&Blade. . . . .	14
2.7	Kompas z gry Skyrim . . . . .	14
2.8	Wyświetlenie dostępnych pułapek w Orcs must die! . . . . .	15
2.9	Przykładowe elementy widzenia przez horyzont w grze Dead by Daylight . . . . .	16
2.10	System celowania występujący w grze Phoenix Point. . . . .	17
2.11	Przykładowa postać przeciwnika utworzona przez system Nemesis. . . . .	17
3.1	Przykładowe mapy wysokościowe . . . . .	19
3.2	Widok na teren z drzewami. . . . .	19
3.3	System nawigacji w Unity . . . . .	20
3.4	Przykład zasobów typu ScriptableObject. . . . .	21
4.1	Harmonogram przedstawiony w postaci diagramy gantt. . . . .	22
4.2	Diagram przypadków głównych mechanik gry. . . . .	24
4.3	Diagram stanów gry. . . . .	25
4.4	Diagram klas gry. . . . .	26
4.5	Projekt interfejsu podstawowego UI. . . . .	28
4.6	Projekt menu stawiania budynków UI. . . . .	28
4.7	Projekt trybu walki UI. . . . .	29
4.8	Po lewej stronie przykład z gry Dead by Daylight. Po prawej zachowanie shadera w przypadku przysłaniania markera przez przeszkody. . . . .	31
5.1	Implementacja paska z najważniejszymi informacjami o stanie gry: aktualnym czasie, posiadanych surowcach i funduszach, położeniu i otoczeniu gracza oraz o możliwości rozpoczęcia konwersacji z inną postacią. . . . .	33
5.2	Implementacja menu stawiania budynków, na którym pokazane są możliwe do zbudowania budowle i szczegółowe informacje o ich dostępności. . . . .	34
5.3	Rozpiska elementów: a. główny pasek, b. symbol środka, c1., c2. paski końców kompasu.	34
5.4	Wizualizacja przypadku, w którym gracz patrzy centralnie na obozowisko wrogów. Na przeciwnko oraz po lewej stronie znajdują się przeciwnicy, co jest zasygnalizowane na kompasie za pomocą symboli mieczy. Znajduje się na nim także informacja, że bohater jest lekko odchylony od Wschodu. . . . .	35
5.5	Rozmieszczenie zasymulowanych stron świata. . . . .	36
5.6	Przykład podglądu w poprawnym umiejscowieniu. . . . .	37
5.7	Przykład podglądu w niepoprawnym umiejscowieniu. . . . .	38
5.8	Podgląd budynku kolidujący z drzewem. . . . .	39

5.9 Przykładowa konwersacja z wykorzystaniem Dialogue Editor . . . . .	39
5.10 Przykładowe okno dialogowe widziane z perspektywy gracza. . . . .	40
5.11 Obraz przedstawia zasięgi odpowiednich regionów. . . . .	40
5.12 Diagram przedstawiający przepływ stanów dla sztucznej inteligencji przeciwników. . . . .	41
5.13 Reprezentacja graficzna celowania widziana z perspektywy jednostki dalekozasięgowej. Czerwony okrąg reprezentuje obszar, w którym znajdzie się 50% pocisków. Żółty obszar pokazuje maksymalny rozrzut. . . . .	42
5.14 Wizualizacja przepływu sterowania podczas wydawania poleceń jednostkom. . . . .	43
5.15 Wykres przedstawiający funkcję opisującą natężenie efektu w animacji markera . . . . .	43
5.16 Zawartość przykładowego zapisu gry. . . . .	45

## **WYKAZ TABEL**

3.1 Porównanie silników. . . . .	18
----------------------------------	----