

TARTU ÜLIKOOL
Arvutiteaduste Instituut
Informaatika õppekava

Henrik Tamm

**Stellar Manager - Transpordi ja majanduse
simulatsiooni mäng kosmoses**

Bakalaureuse lõputöö (9 EAP)

Juhendaja: Mathias Plans, MSc

Tartu 2025

Stellar Manager – Transpordi ja majanduse simulatsiooni mäng kosmoses

Lühikokkuvõte:

Käesolev lõputöö annab ülevaate transpordi ja majanduse simulatsiooni mängu “Stellar Manager” disainimisest, arendamisest ja testimisest. Mängu eesmärk on luua kaasahaarav simulatsiooni mäng kosmose keskkonnas, kus mängija saab avastada tähesüsteeme ja planeete, ehitada hooneid ning nendega ressursse toota ja teha planeetide vahelisi transpordi ahelaid. Arenduseks kasutati Unity mängumootorit, keskendudes majanduse süsteemile, kasutajaliidesele ning kosmose keskkonnale. Mängu testiti mängijatega kahes voorus, mille tagasiside põhjal muudeti implementeeritud. Lõputööga valminud mäng täidab algselt püstitatud eesmärged ning annab aluse edasiseks arendamiseks.

Võtmesõnad: mänguarendus, mängudisain, Unity, kasutajaliides, videomäng, simulatsioonimäng, haldusmäng, kosmos, majandus, transport, kosmoselaev

CERCS: P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

Stellar Manager – Transportation and Economy Simulation Game in Space

Abstract:

This thesis provides an overview of the design, development, and testing of the transport and economy simulation game "Stellar Manager." The aim of the game is to create an engaging simulation set in a space environment, where the player can explore star systems and planets, construct buildings to produce resources, and establish interplanetary transport chains. The game was developed using the Unity game engine, with a focus on the economic system, user interface, and space environment. The game was tested with players in two rounds, and based on their feedback, the implemented features were modified. The final version of the game meets the originally set goals and lays the foundation for further development.

Keywords: game development, game design, Unity, user interface, video game, simulation game, management game, space, economy, transportation, spaceship

CERCS: P170 Computer science, numerical analysis, systems, control

Sisukord

1. Sissejuhatus.....	6
2. Videomängud kosmoses	8
2.1 Prosperous Universe	8
2.2 Interstellar Transport Company	9
2.3 Dyson Sphere Program	10
2.4 Stellaris	10
3. Mängu disain.....	11
3.1 Ressursid ja raha	12
3.1.1 Algsed ressursid	12
3.1.2 Töödeldud ressursid	13
3.2 Hooned.....	14
3.3 Planeedid.....	15
3.3.1 Planeedi menüü	16
3.3.2 Ressursside lahter.....	16
3.3.3 Hoonete ehitamise lahtrid	17
3.3.4 Hoonete ehitamise menüü	17
3.3.5 Hoone menüü	18
3.3.6 Spetsialiseeritud hoonete ehitamise menüü	19
3.3.7 Teleskoobi menüü	20
3.3.8 Musta augu ohjeldamise jaama menüü	21
3.3.9 Kaubavahetuse menüü	22
3.3.10 Kosmoselaeva tehase menüü	23
3.4 Kosmoselaevad	24
3.4.1 Kosmoselaeva menüü	25

3.4.2 Marsruutimine.....	26
3.5 Keskkond	27
3.6 Põhi kasutajaliides	28
3.7 Aeg ja tsükkel	29
3.8 Kaamera navigeerimine	29
3.9 Mängu algus ja lõpp.....	30
4. Arendamine ja kasutatud tehnoloogiad.....	31
4.1 Majanduse loogika	31
4.1.1 Ressursi allikad	32
4.1.2 Ressursi haldajad	33
4.2 Kasutajaliides.....	34
4.2.1 UI Toolkit.....	35
4.3 Graafika.....	36
4.3.1 Tähtede varjutaja.....	37
4.3.2 Planeetide varjutaja	38
4.3.3 Musta augu varjutaja.....	39
5. Mängu Testimine	40
5.1 Esimene testimine	40
5.1.1 Mängu seis enne testimist	40
5.1.2 Testimine ja tagasiside	42
5.2 Teine testimine.....	43
5.2.1 Mängu seis enne testimist	43
5.2.2 Testimine ja tagasiside	43
5.3 Muudatused peale testimist.....	44
6. Kokkuvõte.....	45

Kasutatud kirjandus	46
Lisad.....	47
I. Sõnastik	47
II. Tehisintellekti kasutamine.....	48
III. Planeeritud muutused ja lisad	49
IV. Kaasatud failid	50
V. Mängu käivitamise juhend.....	51
Litsents	52

1. Sissejuhatus

Esimene tekstipõhine simulatsiooni mäng “The Sumerian Game”, mis on ka ühtlasi esimene majanduse simulatsiooni arvutimäng, arendati 1960ndatel [1]. Seega on simulatsiooni arvutimängude žanr palju laienenud ning sisaldab mitmete päriseluliste tegevuste simuleerimisega seotud alakategooriaid.

Üks populaarsemaid vanematest transpordi teemalistest simulatsioonimängudest on 1994. aastal ilmunud “Transport Tycoon”, millele lisati 1995. aastal uuendatud versiooniga “Transport Tycoon Deluxe”. “Transport Tycoon” mäng on siiani üsnagi populaarne ning on laienenud kohandatud mobiili versioonidega nii IOS kui ka Android platvormidele¹. “Transport Tycoon Deluxe” põhjal on entusiastide poolt arendatud ka avatud lähtekoodiga versioon OpenTTD, mida jätkuvalt uuendatakse ning on saadaval nii veebilehel² kui ka Steam platvormil. Nähtavalt on sellistel mängudel veel valdavas koguses huvilisi.

Modernsemate majanduse ja transpordi simulatsiooni mängude seas leidub väheseid, mida saaks nimetada ikooniliseks. Neid sirvides leiab üldiselt selliseid, nagu “Cities: Skylines” või “Transport Fever” seeria mängud, mille oluliseks teguriks on transpordi infrastruktuuri loomine ja ülalpidamine. Seejuures on hea infrastruktuuri loomine peamine viis, kuidas edukust saavutada. Transporditavaid ressursse, nii koguse kui ka hinna poolest, saab mängija mõjutada minimaalselt. Seega puudub nendel mängudel detailne logistika ahelate loomise võimalus.

Samuti toimub nende mängude tegevus tihti realistlikus, modernses linna keskkonnas. Harva esineb stiililiselt tavapäratuid valikuid, mille tõttu jääb temaatiline variatsioon nende mängude seas kitsaks. Lõputööga valmib transpordi ja majanduse simulatsiooni mäng kosmoses. Kosmose temaatikaga transpordi või majanduse simulatsiooni mängu leidub vähe, seega on “Stellar Manageri” üks peamiseid eesmärke selle tegevuse keskkonna ning selles arendatavate logistika ahelate loomine.

¹ Whitehead D., Transport Tycoon out now on iOS and Android, 2013, <https://www.eurogamer.net/transport-tycoon-out-now-on-ios-and-android> (04.12.2023)

² Transport Tycoon Deluxe vabavaralise lahenduse OpenTTD veebileht <https://www.openttd.org>

Mängu peamiseks publikuks on mängijad, keda huvitavad majanduse simulatsioonimängud, millel puuduvad otsesed riskifaktorid ja peamine raskus esineb majanduse ülalpidamises.

“Stellar Manageri” käik koosneb uute planeetide asustamisest, nendel ressursside töötlemisest ja ressursside transportimisest. Mängijale on antud vaba valik planeetide asustamisel ning nende vahel transpordi ühenduste loomisel, kuid on limiteeritud planeedil saadavate ressursside ja omatud kosmoselaevade võimete poolt. Mängu eesmärk on luua taevakehade vaheline tootmisliin, mis kasvaks mängija eduka haldamise abil terve tähtede klatri suuruseks.

Lõputööga arendatud mäng loodi Unity mängumootori abiga. Lisaks kasutati Paint.NET pilditötluse programmi ning tehisintellekti põhiste piltide genereerimise lahendusi.

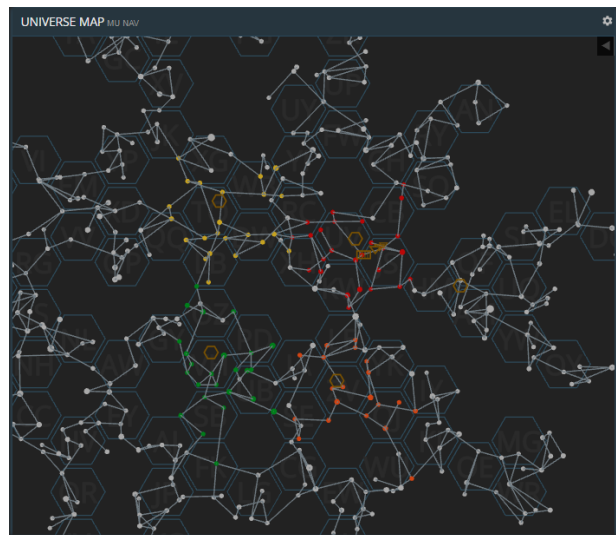
Lõputöö peatükk 2 annab ülevaate sarnastest mängudest ja teistest mängudest kosmoses, millest on saadud inspiratsiooni “Stellar Manageri” loomisel. Peatükk 3 räägib mängu struktuurist, disainist ning neid kujundanud otsustest. Peatükk 4 kirjeldab mängu “Stellar Manager” arendamise olulisemaid aspekte ning kasutatud tehnoloogiaid. Peatükk 5 annab ülevaate mängu testimise protsessist, testimise tulemustest ja tagasisidest ning järeltatud puudujääkide lahendamise kohta.

2. Videomängud kosmoses

Käesolevas peatükis tutvustab autor alapeatükkides 2.1 ja 2.2 kosmose keskkonnas toimuvaid arvutimänge, mis sarnanevad ülesehituse või ideede poolest mängule “Stellar Manager”. Samuti uuritakse teisi kosmoseteemalisi mänge peatükkides 2.3 ja 2.4, millest on autor võtnud inspiratsiooni mängu “Stellar Manager” mehaanikate loomisel.

2.1 Prosperous Universe

“Prosperous Universe”³ on mitmikmäng veebibrauseris, kus mängija kontrollib kosmoses tegutsevat firmat. Mängu taustal käib kogu mängu universumi ja majanduse simulatsioon, mis mõjutab kõiki mängijaid ja on samuti mõjutatud kõikide mängijate poolt. Mängija haldab enda ettevõtte majandust ja transportimist läbi keeruka kasutajaliidese. Mäng visualiseerib kosmost, mille kaarti on näha Joonisel 1, minimaalselt ning kõik mängu interaktsioonid käivad läbi liigselt kuhjatud kasutajaliidese, mille tõttu võib mäng olla raskesti õpitav ning algajale eemaletõukav.

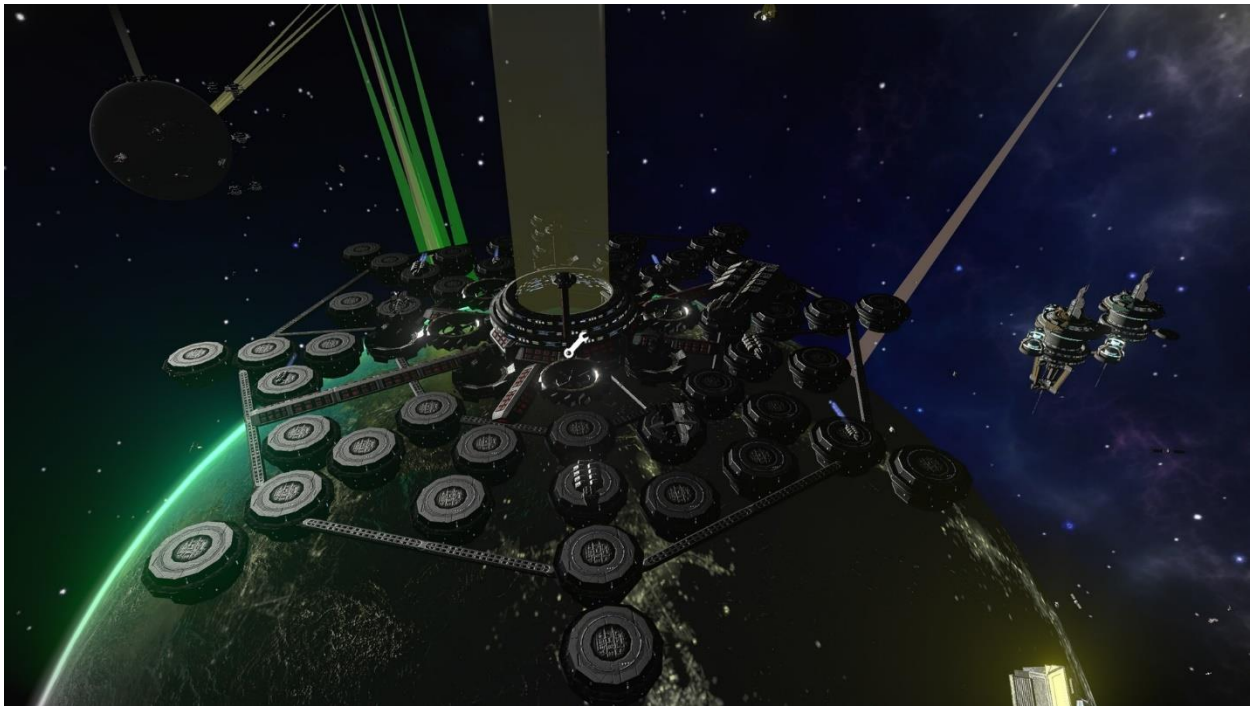


Joonis 1. “Prosperous Universe” universumi kaart.

³ “Prosperous Universe” veebimängu veebileht, <https://prosperousuniverse.com>

2.2 Interstellar Transport Company

“Interstellar Transport Company”⁴, mis on saadaval Steam platvormil, on 2019. aastal välja antud transpordi ja majanduse simulatsiooni mäng kosmoses ning on arendatud samuti Unity mängumootoriga. “Interstellar Transport Company” kontseptsioon on sarnane mänguga “Stellar Manager”, sest mängu käik põhineb transpordiahelate loomisel. Selleks vajaminev pakkumine ja nõudlus on mängu poolt genereeritud, erinevalt “Stellar Manager” mängust, kus pakkumine ja nõudlus tuleneb mängija tegevustest.



Joonis 2. Mängu “Interstellar Transport Company” kosmosejaam planeedi kohal.

⁴ “Interstellar Transport Company” Steam platvormi poe veebileht, https://store.steampowered.com/app/573490/Interstellar_Transport_Company/

2.3 Dyson Sphere Program

“Dyson Sphere Program”⁵ on tehase loomise mäng kosmoses, mis võtab inspiratsiooni populaarsest tehase loomise mängust “Factorio”⁶. “Dyson Sphere Program” eemaldub “Factorio” kahedimensionaalsest stiilist, luues kolmedimensionaalse kosmose ruumi, kuhu genereeritakse parkümmend tähte ning neid ümbritsevat planeetid, mida mängija saab mängu käigus avastada. “Stellar Manager” mängu keskkonna loomine on loodud selle põhjal. “Dyson Sphere Program” keskendub planeetidel ressursside kaevandamisele ja ümbertöötlemisele, sealhulgas ka sellele vajalikuks logistikaks. “Stellar Manager” läheneb planeedil ressursside kaevandamisele ja töötlemisele sarnaselt, kuid erinevalt “Dyson Sphere Program” mängust teeb seda läbi kasutajaliidese. Samuti on mängus “Dyson Sphere Program” oluline planeetide vaheline logistika, sest kõiki ressursse ei saa samal planeedil kaevandada ja töödelda. See on implementeeritud läbi individuaalsete kosmosejaamade nõudluse ja pakkumise süsteemi. “Stellar Manager” võimaldab sarnaselt mängule “Dyson Sphere Program” transportida ressursse planeetide vahel, kuid töötab mängija loodud marsruutide põhjal.

2.4 Stellaris

“Stellaris”⁷ on reaalaja strateegia arvutimäng kosmoses. Mängu eesmärgiks on enda galaktilise tsivilisatsiooni kasvatamine läbi planeetide infrastruktuuri haldamise, kosmose avastamise ning teiste tsivilisatsioonidega diplommatiliste suhete hoidmise või nendega sõja pidamise. “Stellaris” arvutab muutuseid planeetide ja ressursside omastel väärtustel iga kindla ajaühiku tagant. Kuna mängu mõjutavaid tegureid on palju, siis on otsuste tegemiseks antud mängijale võimalus aja kulgemise kiirust vähendada, suurendada või peatada. “Stellar Manager” arvutab sarnaselt ressursside väärtuseid kindlate ajaühikute tagant ning omab võimalust oluliste otsuste tegemiseks aja kulgu peatada.

⁵ “Dyson Sphere Program” Steam platvormi poe veebileht, https://store.steampowered.com/app/1366540/Dyson_Sphere_Program/, (3.28.2024)

⁶ “Factorio” koduleht, <https://www.factorio.com>, (3.28.2024)

⁷ “Stellaris” koduleht, <https://www.paradoxinteractive.com/games/stellaris/about>, (3.28.2024)

3. Mängu disain

Adam Kramarzewski ja Ennio De Nucci väidavad enda raamatus “Practical Game Design: Learn the Art of Game Design Through Applicable Skills and Cutting-edge Insights” [2], et iga mängu kontsept algab visiooniga mängija kogemusest. Valikud mängu disainimisel ehitavad sellele visioonile ning üritavad seda realiseerida. Seega on oluline mängu aspektide disainimisel lähtuda algsest ideest. Mängu disain on mõjutatud kasutatud tehnoloogiast, mängumehaanikast ning esteetilisest stiilist. Mängu disainist oleneb lõpliku mängu iseloom, mis kirjeldab millistele mängijatele mäng suunatud on.

Mängu “Stellar Manager” põhiline mängukäigu tsükkel seisneb tähesüsteemides planeetidele hoonete ehitamisel, nendega ressursside tootmisel ning kosmoselaevade abil ressursside transportimisel taevakehade vahel. Sarnane mängukäigu tsükkel ei ole ennekuulmatu, kuid üsnagi harvaesinev, kuna puudub tavapärase vaenlane, kes mängu jooksul aktiivselt mängija vastu tegeleks. Selle asemel tuleneb väljakutse laienemisest ja mängija enda otsustest, sest mängu “Stellar Manager” majandus on peamiselt mängija poolt mõjutatud. Sellised mängija kesksed väljakutse süsteemid esinevad paljudes linnahaldusmängudes nagu “Cities: Skylines”. See peatükk kirjeldab mängu “Stellar Manager” põhilise mängukäigu tsükli komponentide disaini, nii mehaanilisest kui ka stiililisest küljest.

3.1 Ressursid ja raha

Mängu “Stellar Manager” põhiliseks kursiks on ressursid ja raha. Ressursse saab transportida planeetide vahel ning neid saab müüa, osta ja toota vaid selle planeedil, kus nad kindlal mängu hetkel viibivad. Ressursid jagunevad algseteks ehk tooraineteks ja lõplikuteks ehk töödeldud ressurrsideks. Raha on universaalne ning ei ole seotud kindla planeediga. Raha kogus saab suurenda ressurrside müümisel ning kahaneb nii hoonete, laevade kui ka ressurrside ostmisel ja hoonete ülalpidamisel. Raha kasutatakse hoonete ja laevade ehitamiseks. Igal ressursil on kindel rahaline väärtus.

3.1.1 Algsed ressursid

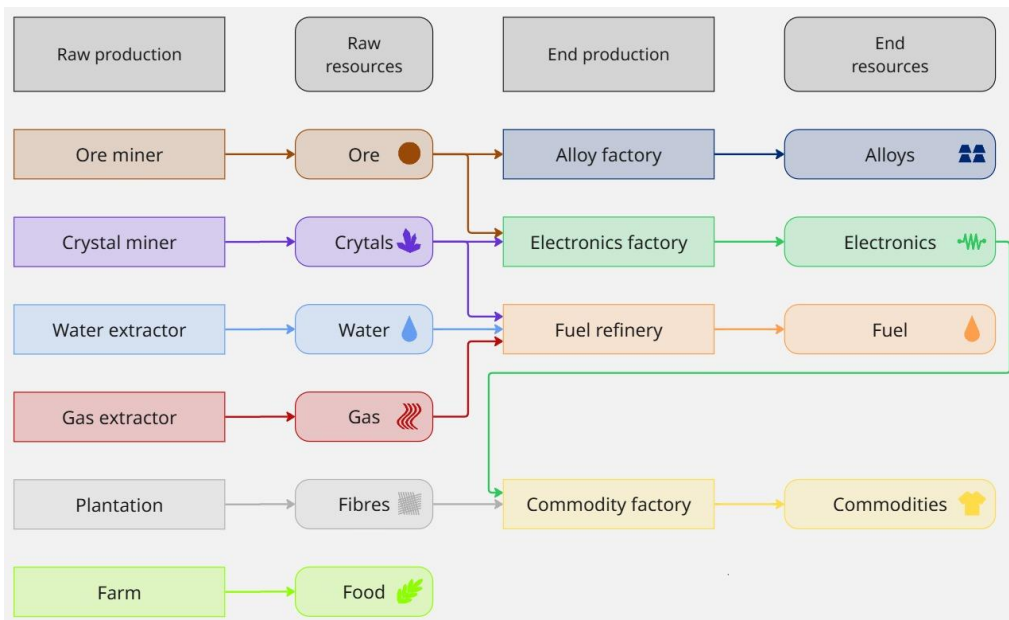
Algeid ressursse, mida näeb tulbas *Raw Resources* Joonisel 3, on kõige kergem omandada, sest nende tootmiseks on vaja vaid neid tootvat hoonet. Algeid ressursse kasutatakse peamiselt töödeldud ressurrside tootmiseks, kuid eri juhtudel on neil ka teisi kasutamismõimalusi. Algsed ressursid on järgmised:

- Maak (*Ores*) - kasutatav töödeldud ressurrside tootmisel ja hoonete ehitamisel
- Kristallid (*Crystals*) - kasutatav töödeldud ressurrside tootmisel ja hoonete ehitamisel.
- Gaas (*Gas*) - kasutatav töödeldud ressurrside tootmisel.
- Vesi (*Water*) - kasutatav töödeldud ressurrside tootmisel ja on müüdav.
- Kiudained (*Fibres*) - kasutatav töödeldud ressurrside tootmisel ja on müüdav.
- Toit (*Food*) - kasutatav avastamise ülalpidamiseks ja on müüdav.

3.1.2 Töödeldud ressursid

Töödeldud ressursse, mida näeb tulbas *End Resources* Joonisel 3, on raskem omandada, sest nende tootmiseks on vaja nii algseid ressursse kui ka nende toomiseks vaja minevat hoonet. Töödeldud ressursid on järgmised:

- Sulam (*Alloys*) - vajab tootmiseks vaid ühte ressursi, maaki, sest on peamine ressurss hoonete ja laevade ehitamisel, ning seega kõige enam vaja minev töödeldud ressurss.
- Kaup (*Commodities*) - vajab tootmiseks kiudaineid ja elektroonikat ning on ainult müümiseks, kuid omab mängu kõige kõrgemat rahalist väärtust, et tuua mängule tõhus raha teenimise väljund.
- Elektroonika (*Electronics*) - vajab tootmiseks maaki ja kristalle ning on kasutatav hoonete ja laevade ehitamisel, kuid vähemas koguses, kui sulam, sest vajab tootmiseks kahte ressursi. Kasutatakse ka teise töödeldud ressursi, kauba tootmisel.
- Kütus (*Fuel*) - vajab tootmiseks gaasi, vett ja kristalle. Kütuse tootmiseks on vaja kõige rohkem ressursse, sest see on vajalik kosmoselaevade lendamiseks, mis on üks olulisemaid mängukäigu osi.



Joonis 3. Hoonete ja ressursside vookeem.

3.2 Hooned

Hooned on mängu “Stellar Manager” peamised majanduse mõjutamise elemendid, mis võimaldavad ressursside tootmist, töötlemist ja erinevate mängumehaanikate kasutamist. Hooneid on kolm erinevat tüüpi.

Tootmise hooned, mida on kirjeldatud tulbas *Raw production* Joonisel 3, lisavad igal mängu tsüklil planeedi ressurssidele kindla arvu algseid ressursse, mida vastav hoone toodab. Nende ehitamiseks peab planeedil asuma maardla, mis võimaldab vastavat algset ressursi toota. Maardlad on visualiseeritud kollases kastis Joonisel 5.

Töötlemise hooned, mida on kirjeldatud tulbas *End production* Joonisel 3, toodavad iga tsüklil planeedile töödeldud ressursse, kuid vajavad tootmiseks vastavaid algseid või töödeldud ressursse, mis kas toodetakse sellel samal planeedil või tuuakse sellele planeedile mingilt teiselt planeedilt. Töötlemise hoone ehitamiseks peab planeedil asuma tööstussektor, mida on näha sinises kastis Joonisel 5.

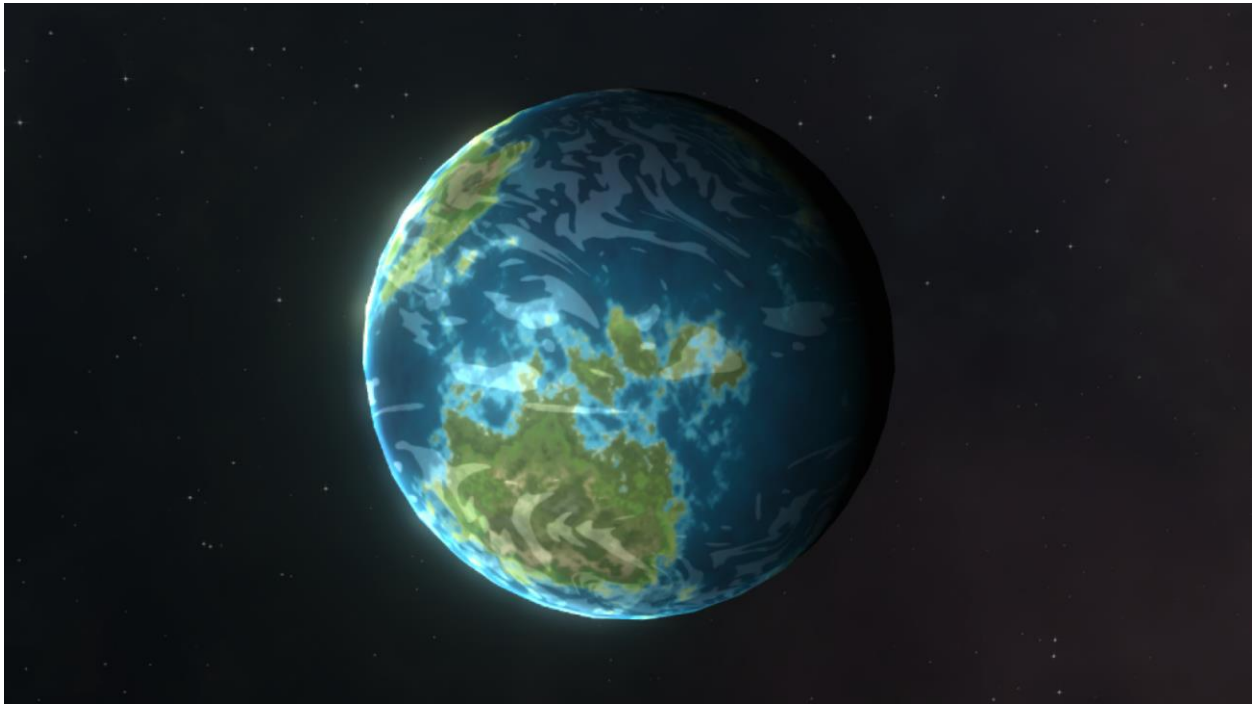
Kolmas tüüp hooneid on spetsialiseeritud hooned, mis mõjutavad tootmishoonete ja töötlushoonete produktiivsust või võimaldavad läbi planeedi interaktsiooni mingi mängu mehaanikaga. Kindlat tüüpi spetsialiseeritud hoonet saab ehitada ühte tähesüsteemi vaid üks. Spetsialiseeritud hooned on:

- Logistika hoone - suurendab tootmishoonete produktiivsust 50% ning vähendab töötlushoonete produktiivsust 50%.
- Masinavärgi hoone - suurendab töötlushoonete produktiivsust 50% ning vähendab tootmishoonete produktiivsust 50%.
- Teleskoop - võimaldab planeedi süsteemile lähedal asuvate tähesüsteemide avastamist ja vajab töötamiseks toidu ressursi.
- Kosmoselaeva tehas - võimaldab planeedil kosmoselaevade ehitamist
- Kaubavahetuse keskus - võimaldab planeedil ressursside ostmist ja müümist
- Musta augu ohjeldamise jaam - saab ehitada vaid musta auguga tähesüsteemis ning on seotud mängu lõpuga

Hoonete ehitamiseks on vaja kindel summa raha ja kindel arv ressursse vastaval planeedil, kuhu hoone ehitatakse. Tootmise hooned, töötlemise hooned ning osad spetsialiseeritud hooned vajavad püsivaks töötamiseks iga tsüklil ressursse hoone planeedil või raha ning vajamineva puudumise korral lülituvad automaatselt välja.

3.3 Planeedid

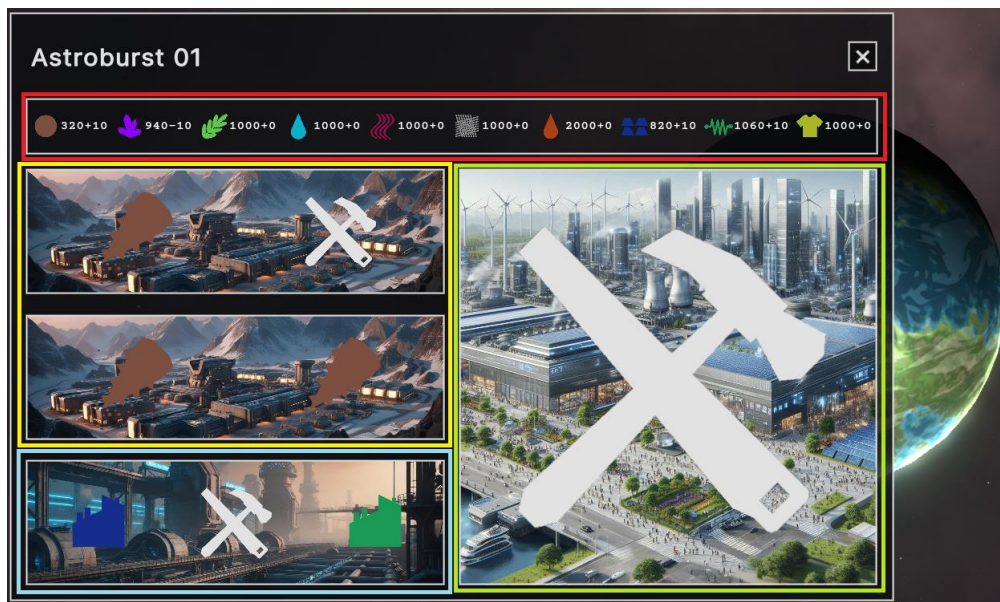
Suur osa mängust käib läbi planeetide (vaata Joonist 4). Planeetidel kaevandatakse ja töödeldakse hoonetega ressursse, mida kosmoselaevad transpordivad erinevate planeetide vahel. Planeedi väljanägemine ning sellele omased valikud on mõjutatud planeedi tüübi poolt. Tähtede ümber tiirlevad planeedid ja nende väärtused on iga uue mängu korral suvaliselt genereeritud. Selle puhul on erandiks algse tähesüsteemi planeedid, mille väärtused on fikseeritud, et anda mängijale kergemas keskkonnas mängu mehaanikate õppimise võimalus. Planeediga seotud mängu tegevusi saab mängija hallata läbi planeedi menüü.



Joonis 4. Üks planeetidest mängus “Stellar Manager”.

3.3.1 Planeedi menüü

Klikkides hiirega planeedile või vajutades nupule, mis viib planeedi juurde, liigub kaamera planeedi vaatesse ning avaneb planeedi menüü (vaata Joonist 5).



Joonis 5. Planeedi menüü illustatsioonidega.

3.3.2 Ressursside lahter

Planeedi menüüs ja peaaegu igas selle alammenüüs on ressursside lahter, mida on näha punases kastis Joonisel 5.

Ressursside lahtris on kujutatud kõik võimalikud ressursid, nende hetkeline arv sellel planeedil ning igal mängu tsükli jooksul muutuv ressursside kogus. Mingil mängu hetkel planeedil olevate ressursside arv sõltub ressursside sissetulekust. Ressursside sissetulek on

mõjutatud hoonetest ning transportimisest. Liikudes hiirega ressursside lahtris ressursi kohale avaneb infokast, milles on kirjeldatud kõik sissetulekut mõjutavad faktorid (vaata Joonist 6).



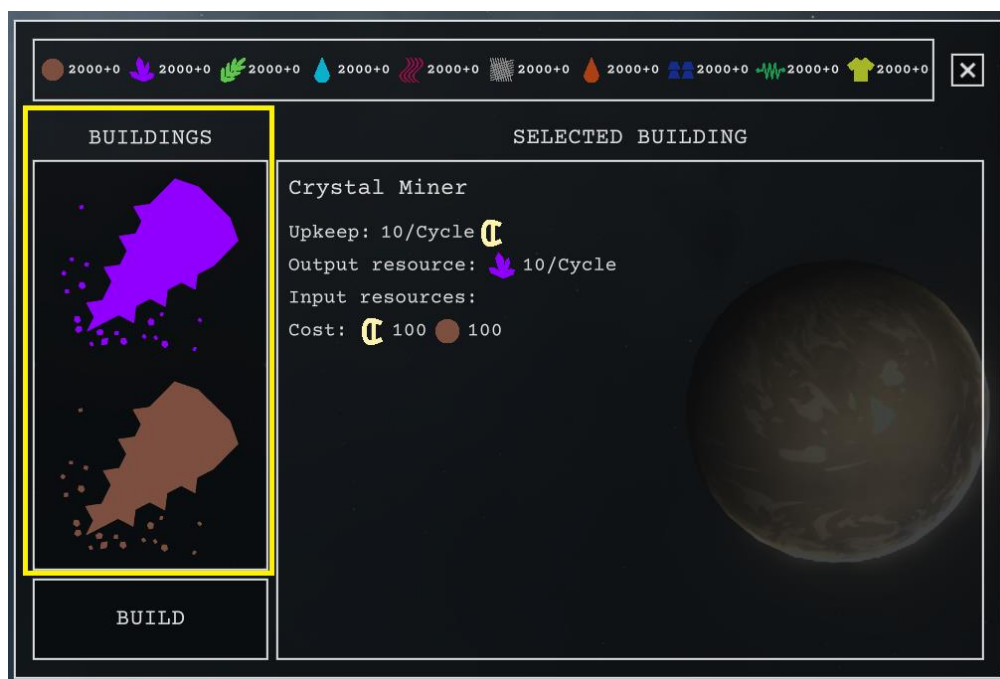
Joonis 6. Ressursside sissetuleku lahter.

3.3.3 Hoonete ehitamise lahtrid

Planeedi menüüs on visualiseeritud ka sellel planeedil asuvad hoonete ehitamise lahtrid, mida saab planeedil olla kuni kolm. Need jagunevad maardlateks, mida näeb kollases kastis Joonisel 5, ja tööstussektoriteks, mida näeb sinises kastis Joonisel 5. Planeedi tüüp määrab, milliseid ressursi maardlaid planeedil leidub. Tööstussektorid on igal planeedil samasugused, kuid ilmuvad vaid siis, kui planeet ei ole gaasiplaneet ja sellel on vähem kui kolm maardlat. Igale maardlale on võimalik ehitada kuni kaks hoonet ning tööstussektorile kolm. Tehes hiirevajutuse hoonete ehitamise lahtri ehitusikoonile, avaneb hoonete ehitamise menüü.

3.3.4 Hoonete ehitamise menüü

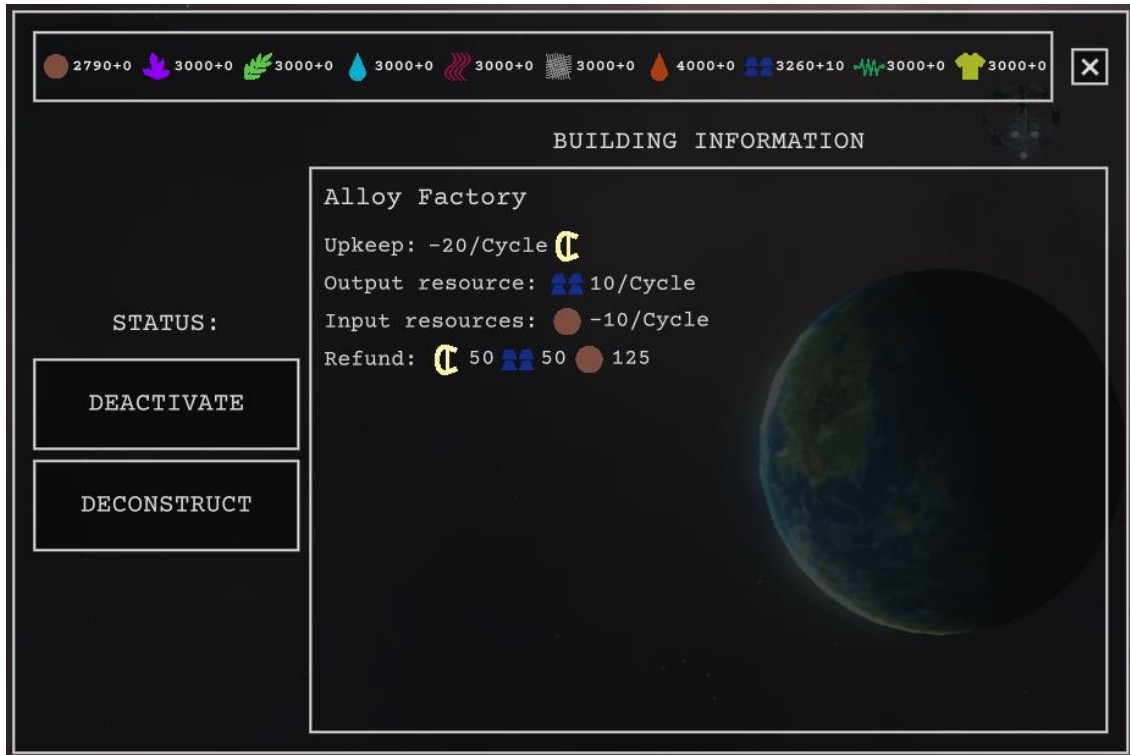
Hoonete ehitamise menüüs (vaata Joonist 7) on välja toodud võimalikud hooned, mida saab ehitada vastavale maardlale või tööstussektorile. Menüü vasakul asuvast tulbast, mis on toodud esile kollase kastiga Joonisel 7, saab valida soovitava hoone. Hoone valides tekib menüü paremal asuvasse aknasse informatsioon selle hoone kohta. Kui planeedil eksisteerivad valitud hoone ehitamiseks vajaminevad ressursid, siis saab vajutada hiirega menüü all vasakul nurgas olevat ehitamise nuppu, mida vajutades hoone ehitatakse vastavale maardlale ning menüü sulgeb.



Joonis 7. Hoonete ehitamise menüü illustatsioonidega.

3.3.5 Hoone menüü

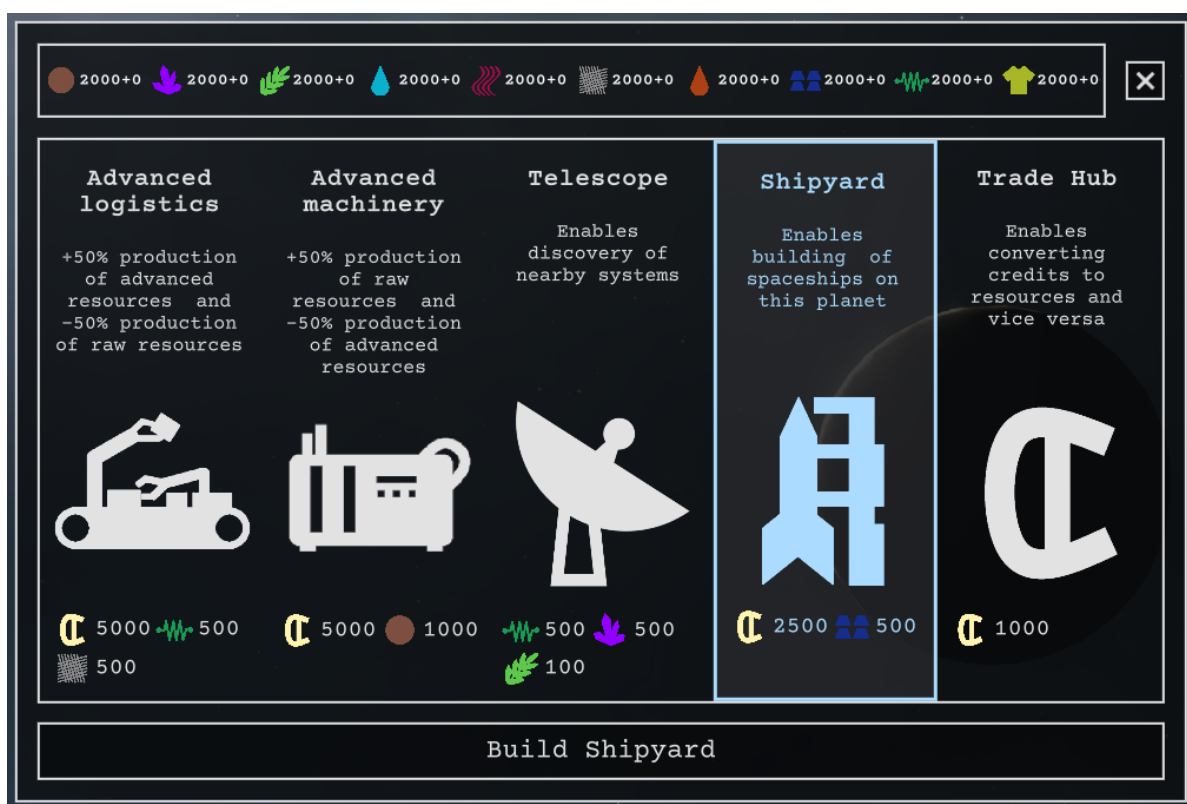
Planeedi maardlale või tööstussektorile ehitatud hoone puhul asendatakse planeedi menüüs ehitamise ikoon vastava hoone ikooniga. Hoone ikoonile klikkides avaneb hoone menüü (vaata Joonist 8). Hoone menüü paremal pool on infoaken, mis kajastab mängijale hoone ressursi ja raha sissetulekud ja väljaminekud. Vasakul pool on hoone aktiivsuse nupp, millega saab hoone töötlust aktiivseks ja mitteaktiivseks lülitada. Mitteaktiivsuse korral ei tooda hoone väljundressursse ning ei kasuta sisendressursse ega ülal pidamise raha. Aktiivsuse nupu all on lammutamise nupp, mida vajutades hävitatakse hoone ning tagastatakse tagasimakse koguses ressursse planeedile ning raha mängijale. Tagasimakse kogus on välja toodud hoone informatsiooni väljal “Refund” real.



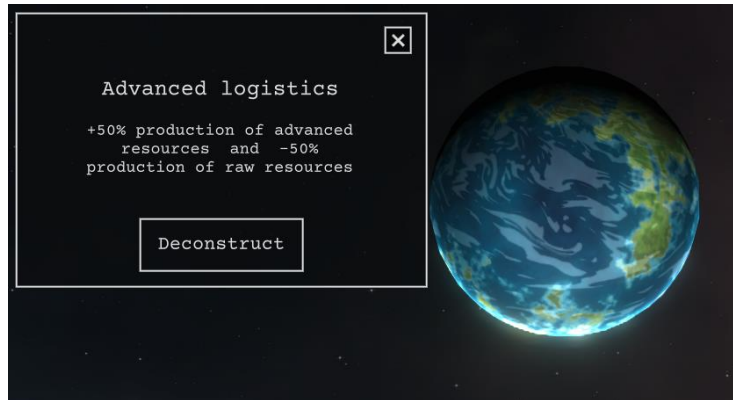
Joonis 8. Hoone menüü.

3.3.6 Spetsialiseeritud hoonete ehitamise menüü

Klõpsates planeedi menüüs spetsialiseeritud hoonete lahtrile, mis on ümbritsetud roheline kastiga Joonisel 5, avaneb spetsialiseeritud hoonete ehitamise menüü (vaata Joonist 9). Spetsialiseeritud hoonete ehitamise menüüs on toodud valik võimalike spetsialiseeritud hoonetega, mida antud planeedile ehitada saab. Vajutades ehitamise nupule sulgeb menüü ja valitud hoone saab ehitatud. Planeedi menüüs, millel on ehitatud spetsialiseeritud hoone, avaneb lahtri vajutamisel vastava hoone menüü. Tootmist ja tööstlust protsentuaalselt mõjutavate spetsialiseeritud hoonete puhul avaneb lihtsam infoaken hoone lammutamise nupuga (vaata Joonist 10).



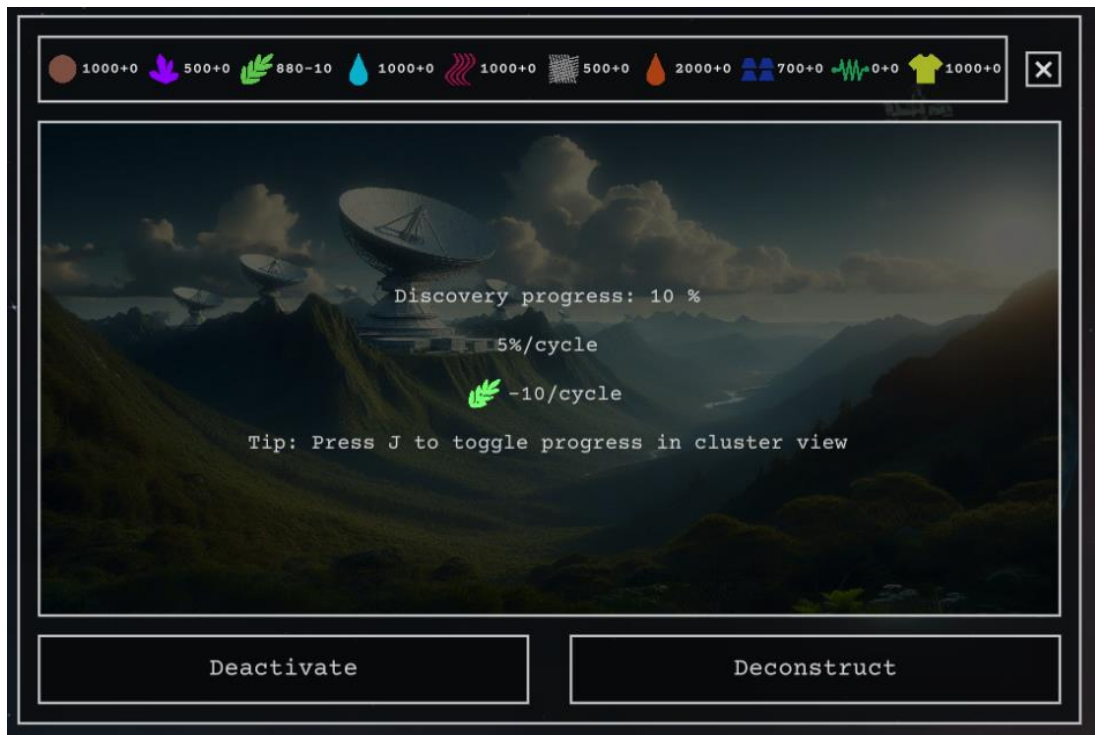
Joonis 9. Spetsialiseeritud hoonete ehitamise menüü.



Joonis 10. Logistika hoone aken.

3.3.7 Teleskoobi menüü

Teleskoobi menüü (vaata Joonist 11) annab ülevaate uute tähesüsteemide avastamise protsessist. Menüüs on välja toodud avastamise saavutus protsentuaalse väärtusena, avastamise iga tsükliline arenemine ja selleks vaja mineva ressursi kulu. Samuti võimaldab menüü teleskoobi avastamise protsessi peatada või teleskoobi hoone lammutada.



Joonis 11. Teleskoobi menüü.

3.3.8 Musta augu ohjeldamise jaama menüü

Ühes tähesüsteemis on tähe asemel must auk ning selle ümber tiirleb vaid üks planeet. Sellele planeedile on võimalik ehitada musta augu ohjeldamise jaam, mis on ühtlasi ainuke spetsialiseeritud hoone, mida sellele planeedile ehitada saab. Selle hoone ehitamine on üks tingimustest, et mäng võita. Musta augu ohjeldamise jaam sarnaneb funktsionaalselt teleskoobile ning seega on selle menüü (vaata Joonist 12) samuti teleskoobi hoone menüüga sarnane. Menüüs on välja toodud tehtud töö musta augu ohjeldamiseks protsentuaalse väärtusena, ohjeldamise iga tsükliline arenemine ja selleks vajaminevate ressursside kulu. Hoone tööd on võimalik läbi menüü peatada, kuid erinevalt teistest spetsialiseeritud hoonetest ei anna musta augu ohjeldamise jaama menüü mängijale võimalust seda lammutada.



Joonis 12. Musta augu ohjeldamise jaama menüü.

3.3.9 Kaubavahetuse menüü

Planeedi menüüs, millele on ehitatud kaubavahetuse hoone, avab spetsialiseeritud hoone lahtri vajutamine kaubavahetuse menüü (vaata Joonist 13). Läbi kaubavahetuse menüü on võimalik raha eest ressursse osta või müüa. Ostmise ja müümise hinnad varieeruvad olenevalt ressursist, ning on reeglina kallimad ostmisel, kui müümisel. Müüdüd ressursid peavad olema samal planeedil ja ostetud ressursid ilmuvad samuti kaubavahetuse hoonega samale planeedile.



Joonis 13. Kaubavahetuse menüü illustatsioonidega.

3.3.10 Kosmoselaeva tehase menüü

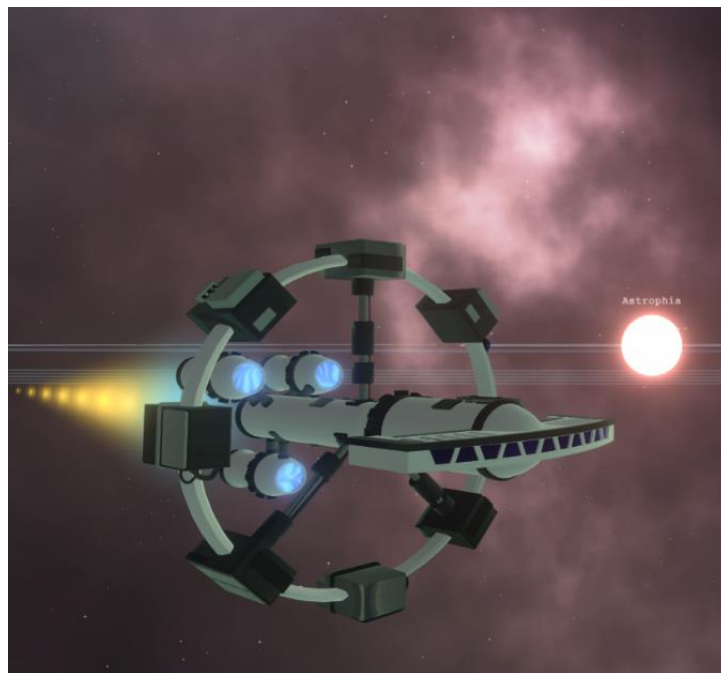
Kosmoselaeva tehase menüüs (vaata Joonist 14) on välja toodud võimalikud kosmoselaevad, mida saab ehitada. Menüü vasakul asuvast tulbast, mis on ümbritsetud kollase kastiga Joonisel 14 kosmoselaeva, saab valida sobiva kosmoselaeva. Kosmoselaeva valik tehes tekib menüü paremal asuvasse aknasse informatsioon selle kosmoselaeva kohta. Kui planeedil eksisteerivad valitud kosmoselaeva ehitamiseks vajaminevad ressursid, siis saab vajutada hiirega menüü vasakus servas asuvat ehitamise nuppu, mille järgselt menüü sulgub ning ehitatud kosmoselaev ilmub planeedi kohale.



Joonis 14. Kosmoselaeva tehase menüü.

3.4 Kosmoselaevad

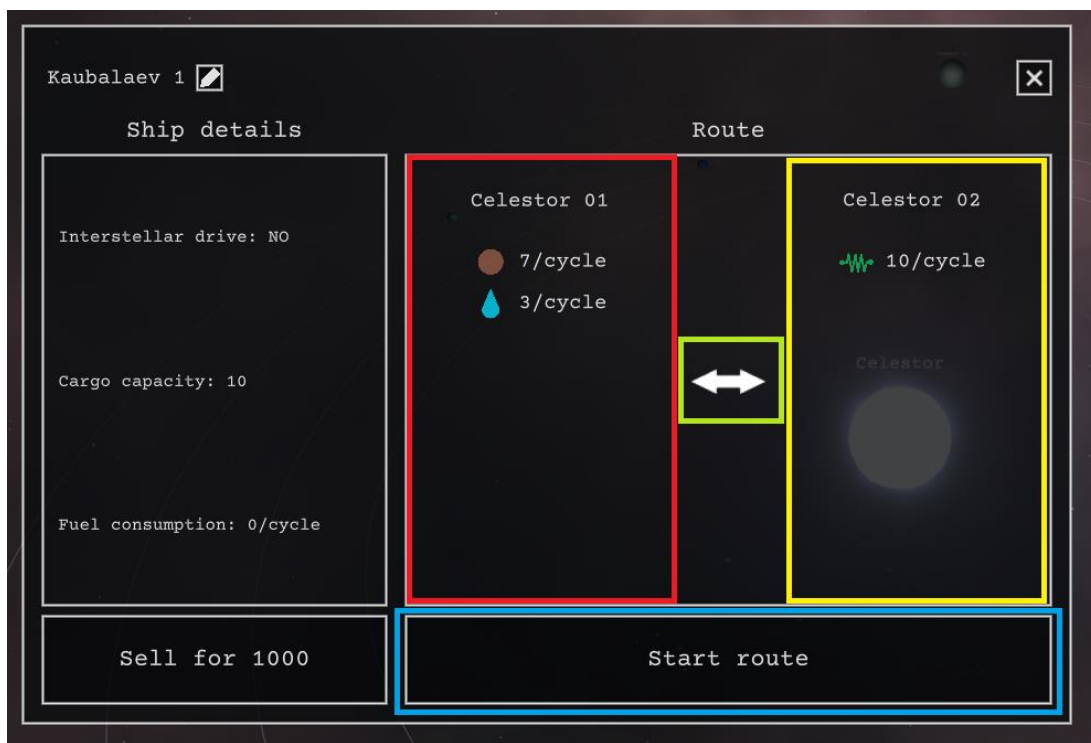
Ühel planeedil ei saa alati toota samasid ressursse, mida saab toota teisel planeedil. Et planeedil kasutada ressursse, mis sellel toota ei saa, tuleb need ressursid transportida kohale teistelt planeetidelt. Ressursside transportimiseks tuleb kasutada kosmoselaevu, mida saab ehitada läbi kosmoselaeva tehase (vaata Joonist 14). Planeet, millel laev ehitati on alati selle koduplaneet. Transportimise alustamiseks tuleb luua laevale marsruut. Marsruut tehakse määrates laevale peale koduplaneedi ka sihtplaneet, mille valik sõltub omakorda kosmoselaeva tüübist. Kosmoselaeva tüüpe on mängus “Stellar Manager” kaks tükki. Väiksema lasti mahutavusega kosmoselaev võimaldab sihtplaneedi valimist vaid koduplaneedi tähesüsteemis ning kasutab lendamiseks vähe kütust. Suurema lasi mahutavusega kosmoselaev suudab liikuda ka tähtedevaheliselt, kuid kulutab rohkem kütust. Samuti, kui samas tähesüsteemis liikuv kosmoselaeval läheb marsruudi ühe otsa läbimiseks reeglina aega alati üks mängu tsüklil, siis tähtedevahelise marsruudi läbimise kiirus sõltub vahemaast ning on ajaliselt pikem. Kütuse ressurss, mida kosmoselaev lendamisel kasutab, eemaldatakse iga tsüklil kosmoselaeva koduplaneedilt. Kosmoselaevale saab marsruuti määrata läbi kosmoselaeva menüü.



Joonis 15. Kosmoselaev lendamas ühelt planeedilt teisele.

3.4.1 Kosmoselaeva menüü

Vajutades hiirega kosmoselaevale või seda kirjeldavale nupule avaneb kosmoselaeva menüü (vaata Joonist 16). Kosmoselaeva menüü üleval vasakus nurgas on kosmoselaeva nimi ning selle muutmise nupp. Klõpsates nime muutmise nupule avaneb tekstiväli, kuhu sisestades saab laeva nime muuta. Vasakul ääres on kosmoselaeva info aken, mis annab mängijale teada laeva tähtedevahelise lennu võimekusest, lasti mahutavusest ning kütuse kogusest, mida laev sellel aja hetkel kasutab. All vasakul asub kosmoselaeva müümise nupp, millel on kirjeldatud rahaline väärtus, mille mängija saab laeva müües tagasi.



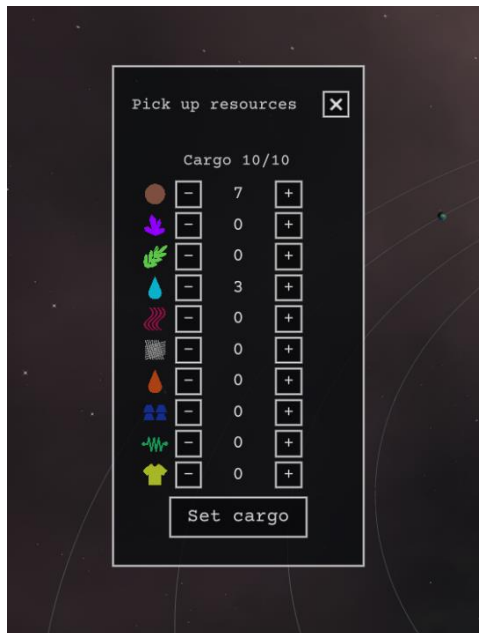
Joonis 16. Kosmoselaeva menüü.

3.4.2 Marsruutimine

Kosmoselaeva menüü (vaata Joonist 16) paremal pool saab hallata laeva marsruuti. Marsruudi haldamise akna vasakul pool asub koduplaneedi nupp, mis on visualiseeritud Joonisel 16 punase kastiga ning paremal on sihtplaneedi nupp, mis on visualiseeritud Joonisel 16 kollase kastiga. Kuna ehitatud laeval algselt marsruuti ei ole, siis vajutades sihtplaneedi nupule kosmoselaeva menüü peitub ning avaneb vaade, mille kaudu valitakse sihtplaneet (vaata Joonist 17). Sobiva sihtplaneedi valimisel määratakse kosmoselaevale marsruut, vaade sulgub ning kosmoselaeva menüü muutub taas nähtavaks.



Joonis 17. Sobiva planeedi indikaator sihtplaneedi valimise vaates.



Joonis 18. Transporditavate ressursside valikute aken.

Vajutades marsruudiga kosmoselaeva menüüs kummagi otspunkti nupule avaneb ressursside laadimise aken (vaata Joonist 18). Selles aknas saab määrata vastavalt planeedilt teisele planeedile transporditavate ressursside kogused. Valitud ressursside kogused kuvatakse kas koduplaneedi või sihtplaneedi nupule. Marsruuti saab käivitada või peatada kosmoselaeva menüüs all paremal asuva nupuga, mis on kujutatud sinise kastiga Joonis 16. Klõpsates nupule, mis asub Joonisel 16 rohelises kastis, kustutatakse kosmoselaeva sihtplaneet ja marsruut. Juhul, kui marsruudi peatamine või kustutamine toimub keset kosmoselaeva lendu, naaseb laev koduplaneedile ning marsruudi, käivitamine või uue sihtplaneedi määramine pole enne võimalik.

3.5 Keskkond

Mängu keskkonnaks on tähtede klaster, mis koosneb kuni kahekümnest tähest ja ühest mustast august. Tähtede limiteeritud arv sai valitud, et mängijat mängu mastaabiga mitte üle koormata, kuid anda siiski võimalust huvitavate transpordi ahelate tekitamiseks. Klatri vaates (vaata Joonist 19) on nähtavad kõik tähed, mis on mängija poolt avastatud.



Joonis 19. Tähtede klaster.

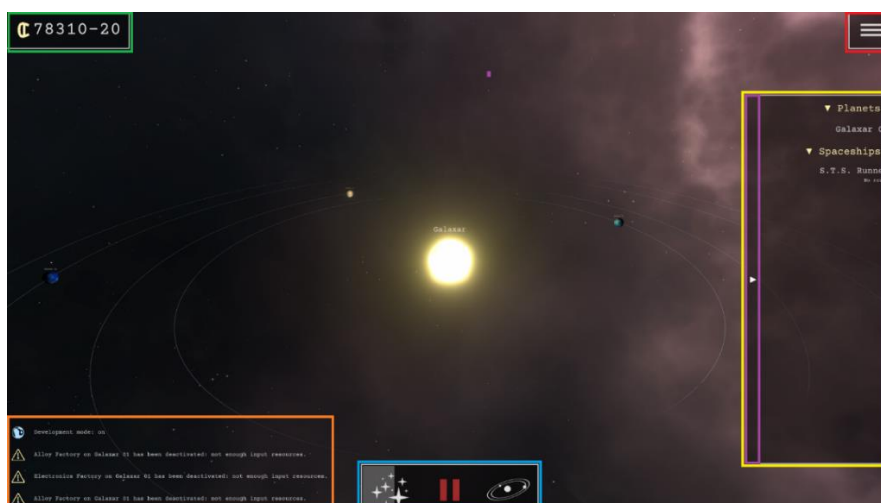
Hiire taevakehadele liigutades ilmub valge rõngas, et informeerida mängijat võimalikust hiirekliki interaktsioonist taevakehaga. Klakkides tähele liigub kaamera tähesüsteemi vaatesse (vaata Joonist 20), kus näeb täpsemalt tähte ning selle ümber tiirlevaid planeete. Selles vaates on iga taevakeha koha selle nimi. Iga tähe ümber tiirleb 3-5 planeeti, et lisada variatsiooni iga erineva tähesüsteemi korral.



Joonis 20. Tähesüsteem mängus “Stellar Manager”.

3.6 Põhi kasutajaliides

Mängu “Stellar Manager” peamise kasutajaliidese (vaata Joonist 21) eesmärk on võimaldada mängijale kergelt ligipääsu mängu mehaanikatele ning universaalset ülevaadet mängu osadest. Peamine kasutajaliides on mängijale alati saadaval ning peidetud vaid erandkordades. Võttes inspiratsiooni strateegiamängust “Stellaris”, asub kasutajaliidese paremas küljes planeetide ja kosmoselaevade loetelu. Loetelus on kõik mängija poolt omatud laevad ning planeedid, millele mängija on ehitanud vähemalt ühe hoone. Nii planeetide kui ka kosmoselaevade loendit saab vajaduse korral minimiseerida tehes klikk vastava loendi pealkirjale. Samuti saab peita ja avada kogu loetelu vajutades loetelu paremas servas asuvale nupule, mis on toodud Joonisel 21 lilla kastiga. Rohelises kastis Joonisel 21 on infokast, mis annab ülevaate mängija rahalisest seisust ja sissetulekust. Sarnaselt planeedimenüüs ressursinäitajatele avab hiire lohustamine raha infokastile ajutise akna lisainformatsiooniga raha sissetulekute ja väljaminekute kohta. Vasakul all nurgas on hoiatuste ja teadete loend, milles nähtavad hoiatused ja teated on Joonisel 21 ümbritsetud oranži kastiga. Hoiatused ilmuvad loendisse, kui mingi mängu element on peatatud või deaktiveeritud, alati ressursside või raha puuduse tõttu. Uute taevakehade avastamisel või nendeni jõudmisel lisatakse loendisse uus teade. Hoiatusi ja teadaandeid saab eristada ikoonide ning heliefektide abil. All keskel asub aja manipulatsiooni ja kaamera navigeerimise nuppude lahter, mida on näha sinises kastis Joonisel 21. Kasutajaliidese paremas ülemises nurgas asub pausimenüü nupp, mis on punases kastis Joonisel 21.



Joonis 21. Mängu “Stellar Manager” põhi kasutajaliides.

3.7 Aeg ja tsükkel

“Stellar Manager” imiteerib RTS žanri mängude ajasüsteemi. Aja voogu saab klaviatuuri sisendi või Joonisel 21 sinises kastis kujutatud keskel asuva nupu abil peatada. Aja peatamisel peatub taevakehade liikumise simuleerimine ning mängu tsüklite kulg. Mängu tsükkel on kindla pikkusega ajaintervall, mis mängu jooksul ei muutu. Iga tsükli lõpus lisatakse planeetidele nendel toodetud ning nendele transporditud ressursid. Tsükli kulg on visualiseeritud kasutajaliidesel nuppude tausta ehk Joonis 21 sinise kastiga kujutatud ala täitumisega vasakult paremale.

3.8 Kaamera navigeerimine

Kaamera liigutamine mängus “Stellar Manager“ on üsnagi lihtne, sest erinevaid vaateid, kuhu kaamera saab liikuda, on vaid kolm. Nendeks on klatri vaade, tähesüsteemi vaade ja planeedi vaade. Planeedi vaatesse on võimalik liikuda klikkides planeedile, nupule planeetide loendis või planeediga seotud teadetele või hoiatustele. Planeedi vaatesse liikumisel avaneb alati planeedi menüü. Tähele või Joonisel 21 sinises kastis asuvale parempoolsele tähesüsteemi nupule hiirega klikkides liigub kaamera tähesüsteemi vaatesse. Klatri vaatesse saab liikuda vajutades Joonisel 21 sinises kastis kujutatud vasaku klatri vaate nupuga. Lisaks nendele on mängus “Stellar Manager” kaamera liigutamiseks *undo-redo* süsteem, mis salvestab erinevate vaadete ja taevakehade vahelist kaamera liikumist ajalukku ning võimaldab klahvivajutustega minna vaate võrra edasi või tagasi.

3.9 Mängu algus ja lõpp

“Stellar Manager” algab mängu menüüs (vaata Joonist 22) “uus mäng” nupu vajutamisel tähtede klastri keskel asuvas tähesüsteemis, mis on ühtlasi ka ainuke tähesüsteem, mis mängu alguses mängijale klastri vaates nähtav on. Teiste süsteemide nägemiseks ning nendesse liikumiseks peab mängija kasutama spetsialiseeritud hoone, teleskoobi avastamise mehaanikat. Erinevalt



Joonis 22. Mängu menüü.

teistest tähesüsteemidest, mille planeedid ning nende maardlad ja tööstussektorid genereeritakse suvaliselt, on alguse tähesüsteemis alati neli planeeti fikseeritud maardlatega, et teha mängijale mängu mehaanikatega tutvumine kergemaks. Ühe planeedil on mängu alguses ka kindlad ressursid ja kosmoselaev, et algne tööstus ilma probleemideta üles ehitada.

Mäng lõppeb, kui musta auguga tähesüsteemis on ehitatud spetsialiseeritud hoone, musta augu ohjeldamise jaam ning see on enda töö lõpetanud. Mängu lõpul kuvatakse kasutajaliidesele teade musta augu töö ohjeldamise jaama töö lõpetamisest ning avaneb mängu lõpu aken (vaata Joonist 23). Mängu lõpu aknas antakse mängijale valik mängu jätkata või mäng sulgeda. Mängu sulgemise valikul avaneb mängu menüü.



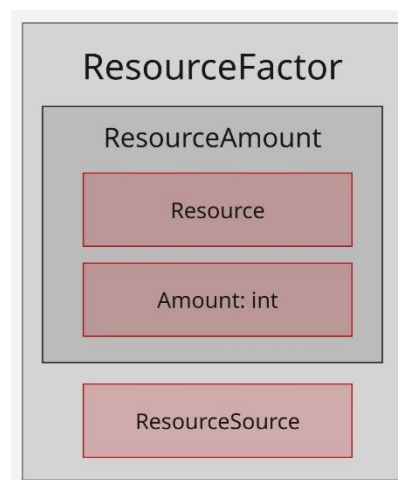
Joonis 23. Mängu lõpu aken.

4. Arendamine ja kasutatud tehnoloogiad

Mängu “Stellar Manager” arendamiseks kasutati Unity mängumootorit, mis sai valitud, sest autoril oli selle mängumootoriga kõige rohkem varasemat kogemust lõpetatud projektidega CGVR ainetes “Arvutimängude loomine ja disain” ja “Arvutigraafika”. Käesolev peatükk toob ülevaate mängu arendamise kõige olulisematest osadest. Alapeatükk 4.1 kirjeldab majanduse loogika ülesehitust, sest see on mängu loogika töötamiseks kõige olulisem süsteem. Mängija interaktsiooni jaoks on mängus “Stellar Manager” kõige olulisem kasutajaliides, mille süsteemi ning loomiseks kasutatud tehnoloogiaid kirjeldatakse peatükis 4.2. Alapeatükk 4.3 toob ülevaate mängu graafika aspektidest, mis aitasid mängu keskkonda luua.

4.1 Majanduse loogika

Mängu “Stellar Manager” tsüklipõhine majanduse süsteem on vaieldamatult mängu kõige tähtsam funktsionaalne osa. Ilma töötava majanduse süsteemita ei tööta kogu mäng. Et majandus töötaks, peab tsükli vahetustel arvestama mitme mängu elemendiga, mis mõjutab ressursside või raha kogust. Selle jaoks implementeeriti süsteem, mis jaguneb struktuurilt ressursi allikateks ja ressursi haldajateks, mis suhtlevad omavahel kasutades ressursi faktoreid. Ressursi faktor kirjeldab kindla ressursi muutust igal tsükli vahetusel ning selle muutuse allikat (vaata Joonist 24).



Joonis 24. Ressursi faktori struktuur.

4.1.1 Ressursi allikad

Ressursi allikas on iga mängu element, mis mängus mõjutab pidevalt ehk iga tsükkel ressursside kogust planeedil või mängija raha. Seega on ressursi allikad hooned, mis toodavad mingit ressurssi, osad spetsialiseeritud hooned, mis kasutavad ressursse ja kosmoselaevade marsruudid, mis mõjutavad transportimise ja kütuse kulutusega ressursse planeetidel. Näiliselt ei ole kõik ressursi allikad samasugused mängu elemendid. Selle lahendamiseks implementeeriti baasklass `ResourceSource`, millel on ressursi allika jaoks oluline muutuja, aktiivsuse tõeväärtus. Ressursi allika inaktiivsus tähendab hoonete puhul mitte töötamist ning kosmoselaevade marsruudi puhul laeva lendamist. Baasklassi `ResourceSource` laiendavad omapärase funktsionaalsusega kõik erinevad ressursi allikate haldusklassid. Erinevat tüüpi ressursi allika haldusklassid on visualiseeritud roheliste kastidena Joonisel 25:

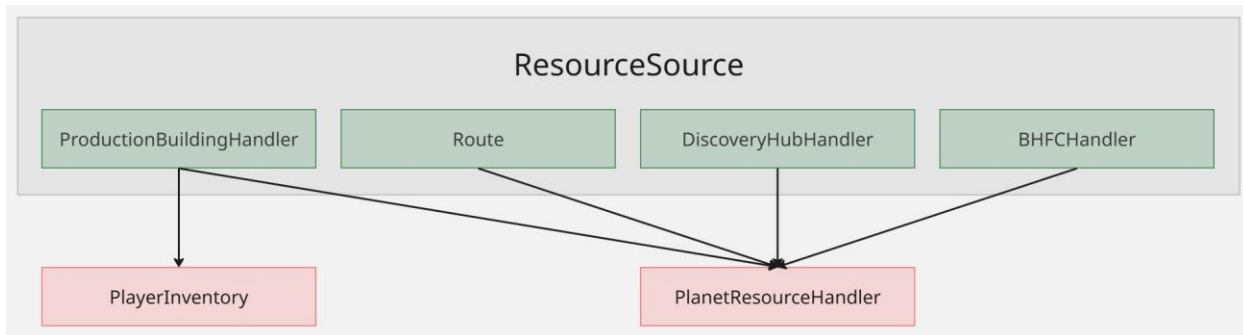
- `PlanetResourceHandler` – tootmise ja töötlemise hoonete haldusklass
- `Route` – kosmoselaeva marsruudi haldusklass
- `DiscoveryHubHandler` – teleskoobi hoone haldusklass
- `BHCFHandler` – musta augu ohjeldamise jaama haldusklass

Ressursi allika mängu elemendi loomisel määratakse sellele omased ressursi faktorid, mis saadetakse ressursi haldajale ning selle elemendi kustutamisel eemaldatakse määratud faktorid ressursi haldajast. Ressursi allikale määratud ressursi faktorid sisaldavad ka viidet neid omavale ressursi allikale, mis on illustreeritud Joonisel 24 kastiga “`ResourceSource`”. Erinevate ressursi allikate suhtlust ressursi haldajatega on kirjeldatud mustade nooltega Joonisel 25.

4.1.2 Ressursi haldajad

Ressursi haldajad jagunevad tüübilt kaheks, need on kujutatud punaste kastidena Joonisel 25. Igal planeedil on oma ressursi haldaja, mis tegeleb selle planeedi ressurssidega. Teine tüüp on mängija inventari süsteem, mis tegele raha koguse ja muutuse haldamisega. Kuigi mängija inventari süsteem tegeleb peale raha ka kosmoselaevade haldamisega, loetakse teda siiski ressursi haldajaks, sest on mõjutatud ressursi allikate poolt ning kasutab väga sarnast loogikat. Seega räägime arendamise puhul rahast kui ressursist, kuigi ta mängu disaini kontekstis ressurss ei ole.

Ressursi haldajad hoiavad endas ressursside koguseid, nende iga tsüklilist muutust ja neid mõjutavaid faktoreid. Mängu tsükli vahetusel käivad ressursi haldajad läbi kõik hallatud ressursside kogused ning üritava neid muuta hetkelise muutuse võrra. Kui ressursi kogus läheks miinusesse, siis muutust ei tehta ning kõik vastava ressursi allikad inaktiveeritakse. Iga ressursi allika puhul kuvatakse mängu kasutajaliidesele sõnum desaktiveerimisest ning selle põhjusest. Peale ressursside koguste muutmist käiakse uuesti läbi iga hallatud ressurss ning arvutatakse sellele uus muutus summeerides kõikide ressursi faktorite muutused, mille allikas on aktiivne. Planeedi ressursi haldajate puhul võetakse eeltoodud summeerimisel arvesse ka kordajat, mis muutub, kui planeedile on ehitatud üks kahest spetsialiseeritud hoonest, mis mõjutavad ressursside tootmise kogust protsentuaalselt. Tänu ressursi faktorite struktuurile on teistel mängu süsteemidel, näiteks kasutajaliidesele lihtne saada ressursi haldajatelt täpset, aktuaalset informatsiooni ressursside sissetulekute ja väljaminekute kohta (vaata Joonist 6).



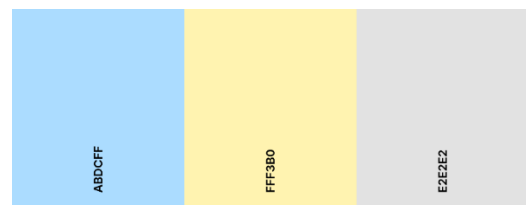
Joonis 25. Ressursi allikate ja ressursi haldajate suhtluse vooskeem.

4.2 Kasutajaliides

Mängu “Stellar Manager” žanri tõttu käib enamus mängust läbi kasutajaliidese, nii mängija interaktsioonil mänguga kui ka mängu tagasisidel mängijale. Seega oli oluline, et kasutajaliides kajastaks selgelt sujuvaks mängu kulgemiseks vajaminevat informatsiooni ja funktsionaalsust. Selle lahendamiseks jaotati erinevate mängu osade kasutajaliidese elemendid eraldi seisvateks menüüdeks, et minimeerida kuvatud informatsiooni kogust. Teoorias saaks kõik planeediga seotud funktsionaalsused mahutada ühte menüüsse, kuid see tekitaks informatsiooni üleküllastuse ning rikuks kasutajaliidese kasutuskõlblikust.

Mitme erineva kasutajaliidese menüüga tekib samuti üleküllastuse probleem. Seega peab kuvatud menüüde arvu rangelt limiteerima. Korraga minimaalse arvu menüüde kuvamiseks ning nende vahel intuitiivse navigeerimise loomiseks implementeeriti kasutajaliidese menüüde haldamise süsteem, mis imiteerib pinu andmestruktuuri omadusi. Sarnasus pinumäluga seisneb selles, et süsteem kuvab ekraanile ainult viimasena avatud menüü ning selle sulgemisel nupuga või klaviatuuri klahvivajutusel eemaldab süsteem ainult viimase kuvatud menüü ning teeb taas eelmise nähtavaks. See kasutajaliidese süsteem võimaldab eelmist menüüd ka vajadusel nähtavaks jätta ning kõikide menüüde korraga eemaldamist.

Kasutajaliidese disainimisel üritati säilitada lihtne, kasutuskõlblik stiil. Seetõttu koosneb kasutajaliides peamiselt riskülikukujulistest elementidest, mis aitavad intuitiivselt eraldada menüüdes esinevat informatsiooni ja funktsionaalsust. Lähiva stiili jaoks kasutati kasutajaliidese disainimisel värvipaletti



Joonis 26. Värvipalett.

(vaata Joonist 26) ja teksti fonti Courier Prime⁸. Ressursside, hoonete ja kasutajaliidese funktsionaalsuse ikoonid loodi pilditöötlusprogrammiga Paint.NET. Kasutajaliidese menüüdes esinevad illustreerivad taustapildid genereeriti kasutades tehisintellekti platvormidel Canva ja Microsoft Designer.

⁸ Courier Prime font Google Fonts lehekül <https://fonts.google.com/specimen/Courier+Prime>

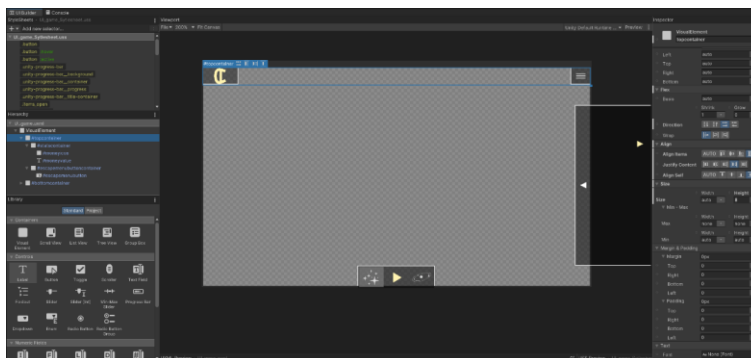
4.2.1 UI Toolkit

Kasutajaliidese implementeerimisel oli ka oluline selle modulaarsus, et mitme erineva funktsionaalsusega menüü puhul hoida ühtset disaini. Seetõttu sai kolme Unity mängumootori poolt pakutava kasutajaliidese süsteemi hulgast valitud mängu “Stellar Manager” jaoks UI Toolkit.

UI Toolkit⁹ on kollektsioon tööriistu, ressursse ja funktsionaalsust kasutajaliidese loomiseks, pakkudes teistest Unity kasutajaliidese süsteemidest paremat jõudlust ja modulaarsust. UI Toolkit on inspireeritud standardsest veebitehnoloogiast, mis teeb selle kasutamise hõlpsamaks nendele, kes on varem veebilehe ehitamisega kokku puutunud.

UI Toolkit süsteemi kasutajaliidese abil saab Unity mängumootoris luua kasutajaliideste struktuure, kasutades erinevaid olemasolevaid elemente (nupp, teksti silt, kerimise ala ja mitmed teised). Need struktuurid salvestatakse UXML failidena, mis on inspireeritud HTML ja XML keeltest. Samas kasutajaliidese saab muuta ja defineerida elementide stiile ja paigutuse reegleid, mis salvestatakse CSS keele omaduste ja klassidena USS faili.

UI Toolkit vähendas märkimisväärselt mängu “Stellar Manager” kasutajaliidese loomise ajakulu ja keerukust. Kõik mängu menüüid ja nendes esinevad elemendid salvestati UXML dokumentidena ning neid sai vajadusel mallina kasutada. USS fail võimaldas kõiki stiile hoida ühes kohas ning neid sujuvalt uutele kasutajaliidese elementidele rakendada. Kasutajaliidese elementide funktsionaalsus implementeeriti C# programmeerimiskeele skriptides.



Joonis 27. UI Toolkit kasutajaliides.

⁹ Unity UI Toolkit lehekülj <https://unity.com/features/ui-toolkit>

4.3 Graafika

Mängu “Stellar Manager” loomisel oli oluline, et visuaalne külg suudaks panna mängijat uskuma, et mängu tegevus toimub kosmoses. Graafikal külje pealt oli vaja seega tegeleda enamuse mängu elementidega, mis ei ole osa kasutajaliidesest. Kosmose tausta implementeerimine oli väga lihtne, sest Unity võimaldab kaamerale lisada tausta taevakastina. Sobilik kosmose taevakast, mis on sisuliselt kuus üksteise vahel kokku sobivat tekstuuri, valiti Unity vahendite poest (*Asset Store*).

Taevakehade graafilise külje lahendamine püstitas suurema probleemi. Lihtsalt tekstuuride lisamine sfääridele ei oleks piisav, sest nii tähtedel kui ka planeetidel on visuaalselt mitte staatilisi omadusi. Seetõttu oli vaja lisada taevakehadele materjali komponent, mille väljanägemist tuli muuta kohandatud varjutaja failiga. Unity varjutaja failid kirjutatakse HLSL keeles, kuid antud projekti mastaapi arvestades oleks nende käsitsi kirjutamine olnud liigselt ajakulukas. Kasutajasõbralikum ning kergem oli kasutada kohandatud varjutaja graafide loomist, mida võimaldas mängu jaoks valitud renderdamise torustik, URP¹⁰, mis on üks kolmest renderdamise torustikust, mida Unity pakub.

¹⁰ Universal Render Pipeline, kirjeldav veebileht: <https://unity.com/features/srp/universal-render-pipeline>

4.3.2 Planeetide varjutaja

Planeetidel on mitmeid omadusi, millega peab varjutaja loomisel arvestada. Lihtsuse mõttes keskenduti planeedi varjutaja graafi loomisel kolmele aspektile: planeet pöörleb, pilved liiguvad ja planeedi pool, mis vaatab tähe poole, on valgustatud. Planeedi pöörlemine ja pilvede liikumine saavutati varjutajale sisendiks antud planeedi ja selle pilvede tekstuuride nihutamise ja mangu aja ühiku võrra. Nende nihkumise suund on umbkaudselt kirjeldatud nooltega Joonisel 29, kus roheline nool on planeedi tekstuuri nihkumise ning lilla pilvede tekstuuri nihkumise suund. Pilvede tekstuurile lisati ka radiaalse nihkumise efekt, et nende liikumist hoovuslikuks teha. Planeedi ühe külje valgustamise simuleerimine reaalses saavutati võttes skalaarkorrutis planeedi pinna normaalvektorist ja planeedist tähe suunas vektorist. Varjutajale lisati ka Fresneli¹⁴ efekt atmosfääri kuma tähe valguses imiteerimiseks, millest osale on rõhutatud punase ringiga Joonisel 29.

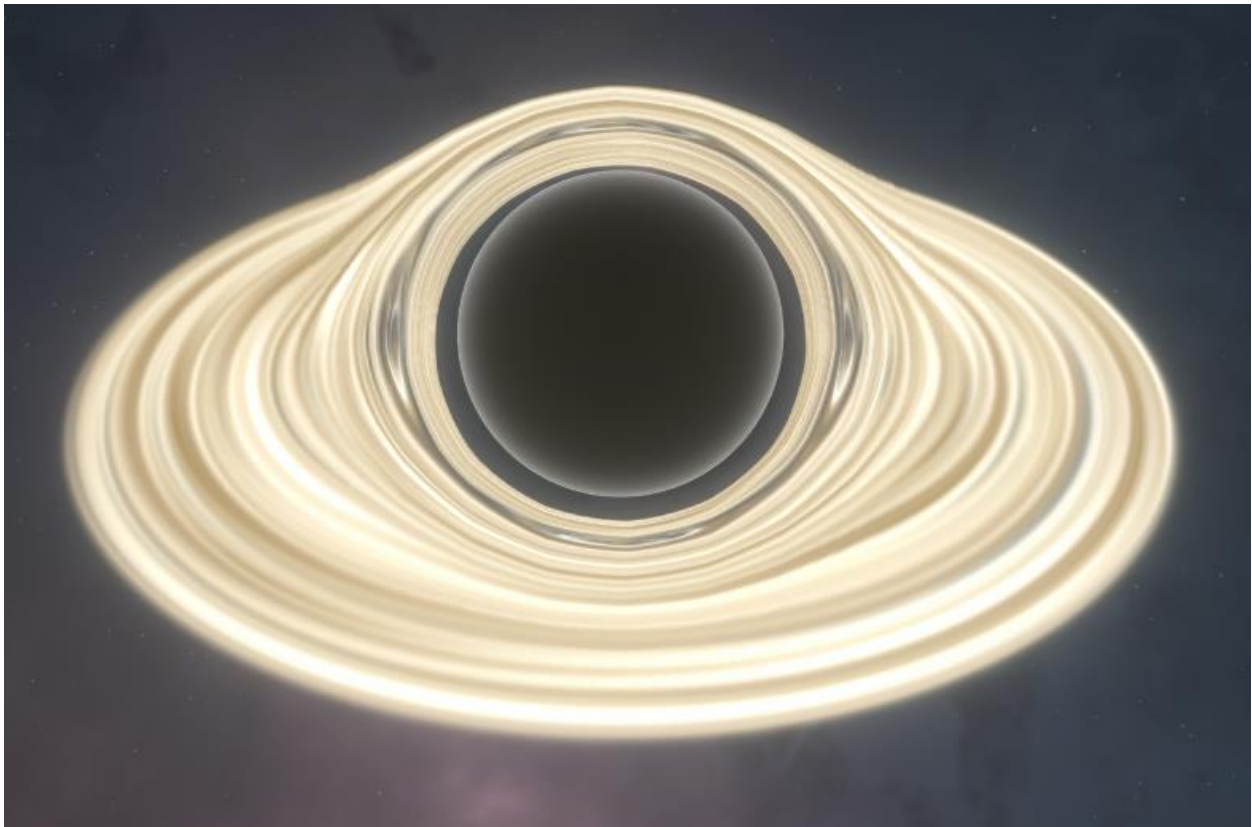


Joonis 29. Planeedi efektide kirjeldus.

¹⁴ Fresneli efekt Unity varjutaja graafi süsteemis
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.shadergraph@6.9/manual/Fresnel-Effect-Node.html>

4.3.3 Musta augu varjutaja

Must augu ja gravitatsiooniläätse varjutaja graaf koostati kasutades loogikat Unity projektist¹⁵, mis imiteerib mängus “Outer Wilds”¹⁶ esinenud musta auku. Musta augu ümber tiirlev akretsiooni ketas loodi kasutades Unity osakeste süsteemi. Et gravitatsiooniläätse efekt mõjutaks visuaalselt ka teisi elemente mängus kasutati kohandatud Unity paketti URPGGrabPass¹⁷. See pakett võimaldab musta augu varjutaja graafil saada kaameralt värvi tekstuuri peale läbipaistmatute mängu objektide renderdamist, et kasutada seda tausta tekstuurina musta augu moonutusefektide arvutamisel.



Joonis 30. Must auk.

¹⁵ Mängust “Outer Wilds” musta auku imiteeriva Unity projekti GitHubi link <https://github.com/QuentinKing/OuterWildsBlackHole>

¹⁶ Mängu “Outer Wilds” veebileht <https://www.mobiusdigitalgames.com/outer-wilds.html>

¹⁷ URPGGrabPass GitHubi link <https://github.com/Haruma-K/URPGGrabPass>

5. Mängu Testimine

Käesolev peatükk annab ülevaate mängu “Stellar Manager” testimisest. Mängijatega mängu “Stellar Manager” testimine jagunes kahte vooru, mis toimusid vastavalt 2024 ja 2025 aasta kevadel. Alapeatükid 5.1 ja 5.2 toovad mõlema testimise vooru puhul välja mängu seisu enne testimist, testimisel vaadeldu, tagasiside ning tehtud järeldused. Alapeatükk 5.3 kirjeldab tehtud muutuseid peale testimist.

Autorid Ran Zhang ja Wei Wang on artiklis *Improved Game Units Balancing In Game Design Through Combinatorial Optimization* väitnud, et numbriliste väärtustega süsteemi tasakaalustamine on pidev ülesanne, mis kestab isegi peale mängu avalikuks tegemist [3]. Selle tõttu pöörati mängu tasakaalustamisele enne testimist minimaalselt tähelepanu, ning olulisemad tasakaalustamise otsused tehti just testimistel vaadeldu ja tagasiside põhjal. Nii kujunes üheks testimiste eesmärgiks testijate mängumaneeride jälgimine. Lisaks sellele oli testimistel oluline väljund vigade ja tõrgete leidmine.

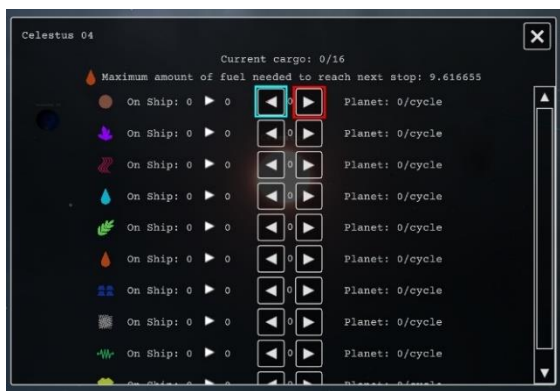
5.1 Esimene testimine

Esimene mängijatega testimine toimus 2024 aasta mai kuus. Mängu testisid kolm mängijat. Mängu mastaapi arvestades anti testimisel mängijatele eesmärk saata kosmoselaev alguse tähesüsteemist teise süsteemi. Eeldati, et uuele mängijale läheb selle ülesande täitmiseks aega umbes 30 minutit.

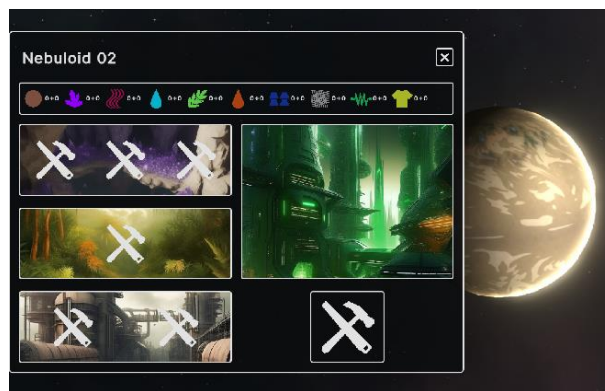
5.1.1 Mängu seis enne testimist

Enne esimest testimist olid enamus mängu käigule olulised süsteemid loodud, kuid mingil määral arendaja poolt testimata. Majanduse süsteemis eksisteerisid vaid ressursi haldajad, mis hoidsid lihtsalt numbrilisi väärtuseid ning majanduse mõjutajad suurendasid või vähendasid neid numbreid. Majanduse mõjutajate aktiivsuse ning töötluse kontroll ressursi haldajatel puudus ning seega oli kogu süsteem rohkem aldis katki minema. Kosmoselaevade marsruutimine süsteem oli tunduvalt erinev võrreldes lõppversiooniga, sest võimaldas rohkem kui kahe planeediga marsruute. Selle tõttu käis marsruudi loomise kasutajaliidese lahendus läbi mitme erineva menüü (vaata Joonist 31 ja Joonist 33) ja sisaldas kordades rohkem informatsiooni. Ühtlaselt funktsioneeriva

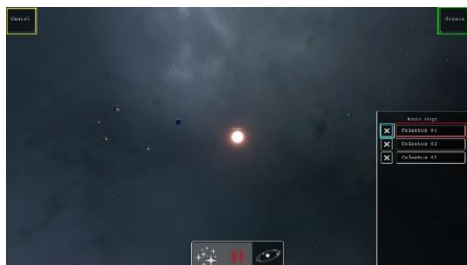
majanduse süsteemi puudumine tähendas, et mitme planeediga marsruudi puhul tekkis veel rohkem võimalusi majanduse katki minemiseks. Laevade ja planeetide loendid asetsevad eraldi menüüdes, mis tegi neile ligipääsu keerukamaks. Nende menüüde avamise nuppe ja kosmoselaevade loendi menüüd on näha Joonisel 34. Kaubavahetuse menüü ei olnud spetsialiseeritud hoone, kuid selle kasutamine oli võimalik igal planeedil, mis enamjaolt välistas vajaduse marsruutide kasutamiseks. Seetõttu oli esimese testimise mängu versioonis planeedi menüü paremal poolel suur nupp, millega avati kaubavahetuse menüü ning selle all väike nupp, millega pääseti ligi spetsialiseeritud hoonetele (vaata Joonist 32). Samuti ei eksisteerinud musta augu süsteemi ning sellele omast spetsialiseeritud hoonet. Avastamise mehaanikat ei eksisteerinud, mistõttu puudus ka teleskoobi hoone. Kaamera liigutamise süsteemil puudus kindel oleku muutuste kontroll ning eksisteeris kosmoselaeva vaade, kuhu kaamera liikus kosmoselaevale hiirega klikkides.



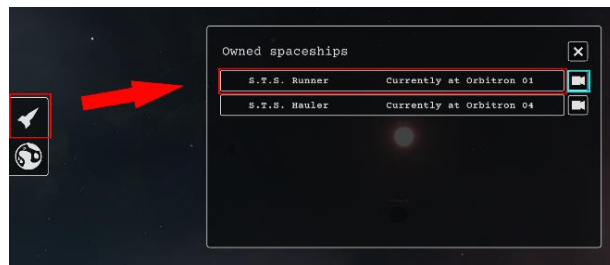
Joonis 31. Marsruudi peatuse menüü esimeses testimise mängu versioonis.



Joonis 32. Planeedi menüü esimese testimise mängu versioonis



Joonis 33. Marsruudi loomise vaade esimese testimise mängu versioonis.



Joonis 34. Kosmoselaevade loendi menüü esimese testimise mängu versioonis.

5.1.2 Testimine ja tagasiside

Mängu testimise käigus ilmnisid huvitavad erinevused mängijate vahel olenevalt nende varasemast kogemusest sarnaste mängudega. Kaks testijat, kes olid rohkem kokku puutunud strateegia- või majandusmängudega lähenesid mängule analüüsivalt ning rahuliku tempoga. Enamus vigu või tõrkeid, mis nende mängus esinesid, tekkisid läbi majanduse süsteemi. Kolmas testija, kelle kokkupuude sarnaste mängudega oli minimaalne, lähenes mängule hoopis teistmoodi. Tema esimesed minutid mängus möödusid paaniliselt igale poole klikkides ning kaamera vaadete muutmisega. Esimese olulise sammu, planeedi menüü avamise ja selle uurimise jaoks läks sellel mängijal hulgaliselt aega. Kuid tänu kolmanda testija kaootilisele mängustiilile ilmnisid mitmed vead ja probleemid kaamera navigeerimisel ja vaadete vahetamisel. Kõikide mängijate testimise vältel tekkisid tõrked mängu koodis, mille tõttu pidi mängu uuesti alustama ning testimise aeg venis pikemaks. Testimisel püstitatud eesmärgini jõudnud testijad ei teinud seda legitiimselt, kasutades mängu mehaanikates vigu, meelega või mitte meelega.

Üleüldine tagasiside kõikide testijate poolt oli kosmoselaevade marsruutimise süsteemi keerukuse või puuduvate abistavate vihjete kohta. Kahelt mängijalt tuli soovitus teha võimalikuks kaamera liigutamine klaviatuuri klahvi vajutusega ning võimalus liigutada kaamera eelmisesse vaatesse. Lisaks toodi välja, kuidas kaubavahetuse menüü igal planeedil võtab ära vajaduse üldse kosmoselaevu kasutada, mis väljendus ka testimise jooksul.

Esimene testimine oli edukas, sest testimisest ja tagasisidest kujunes selge pilt mängu probleemidest ning mis mängu süsteeme peab muutma, täiendama või lisama.

5.2 Teine testimine

Teine testimine toimus 18. Aprillil aastal 2025. Testimisel osales kaks mängijat ning mõlemad olid mänginud sarnaseid mängu. Eesmärk testimisel oli taaskord jõuda alguse süsteemist teise tähesüsteemi.

5.2.1 Mängu seis enne testimist

Peale esimest testimise voori kasutati tagasisidet ja vaadeldut, et ehitada ümber mängu käigu põhi süsteemid ning lisada soovitatud muudatused. Majandust mõjutavatele mängu elementidele lisati ressursi allika omadused, ressursi haldajad kirjutati ümber ning nende vaheline suhtlus viidi vastavusse mängu lõppversiooni majanduse süsteemiga. Kosmoselaevade marsruutimise süsteem muudeti kaheotsaliseks ning marsruudi loomise jaoks tehti uus, intuitiivsem kasutajaliides. Planeetidelt võeti ära kaubavahetuse menüü, mis tehti spetsialiseeritud hooneks. Kaubavahetuse menüüs muudeti ümber müüdavad ja ostetavad ressursid Kaamera liikumisele lisati oleku muutuse süsteem, et igast vaatest teise liikudes käituks mäng korrektselt. Planeetide ja kosmoselaevade loendid liigutati eraldiseisvatest menüüdest põhi kasutajaliidesele, et parandada kasutuskõlblikust. Mängija kogemuse viimistlemiseks lisati kasutajaliidesele ka heliefektid ning hoiatuste ja teavituste süsteem.

5.2.2 Testimine ja tagasiside

Teise testimise vältel tekkisid samuti erinevad mängustiili erinevuse. Üks mängija kasutas ettenähtult viisil kosmoselaevu, et planeetide vahelist majandust üles ehitada, kui teine mängija kasutas peamiselt kaubavahetuse hoonet. Testimise käigus tekkinud vead ja tõrked olid peamiselt seotud ümber ehitatud marsruutimise süsteemiga ning teised muudetud või lisatud süsteemid töötasid korrektselt, peale paari erandjuhtumi.

Mängijate tagasisidest selgus, et eelmise testimise peamine probleemne osa, kosmoselaevade marsruutimise süsteemi muudetud versioon on kergemini mõistetav, vaatamata selle vigasele olekule. Taaskord toodi üles kaubavahetuse mehaanika probleem, kuidas mängija on sunnitud seda mängu alguse planeedile ehitama. Kosmoselaevade loendis sooviti näha selle marsruudi staatust

või võimalust kosmoselaeva nime muuta, et eristada erinevate marsruutidega laevu. Testijaid häiris ka mängu tsükli liigne pikkus, sest tihti pidi lihtsalt ootama kuni hooned ressursse toodavad.

5.3 Muudatused peale testimist

Teadusartiklis *Balancing Turn-Based Games With Chained Strategy Generation* on autorid toonud välja, kuidas tasakaalustamata mängu süsteem paneb mängijaid mängima ettearvamatul viisil [4]. Esimesel testimisel kasutati kaubavahetuse menüüd ettenähtust rohkem, sest marsruutimise süsteem oli mängijatele segadust tekitav. Kuid teisel testimisel, millel oli uus ning enamjaolt töötav kosmoselaevade marsruutimise süsteem, fokuseeris üks testijatest siiski kaubavahetuse mehaanikale majanduse ülal hoidmiseks. Selgelt oli tekkinud mängus olukord, kus kaubavahetuse mehaanika ei olnud tasakaalus muude mängu mehaanikatega. Selle leevendamiseks kahekordistati ressursside ostmise hinda kaubavahetuse menüüs ning alguse planeedile lisati kindel hulk ressursse, et mängija ei peaks kaubavahetuse hoonet ehitama majanduse püsti panemiseks. Kaubavahetuse menüü saadavas limiteerimiseks määrati kõikidele spetsialiseeritud hoonetele limiit üks tähesüsteemi kohta.

Teisel testimise voorul oli murekohaks ka uus marsruutimise süsteem. Süsteemi korrektseks funktsioneerimiseks pidi lisama kosmoselaevale liikumise olekud, mille abil saab kosmoselaev marsruudi muutmise või kustutamise korral õigesti käituda.

Testimise tagasiside põhjal implementeeriti kosmoselaeva nime vahetus ning marsruudi staatuse kuvamine kosmoselaevade loendis. Kaamera liigutamise mugavuseks lisati esimesest testimise voorust soovitud *undo-redo* süsteem. Mängu tsükkel tehti ajaliselt poole lühemaks, sest teisel voorul tekkis olukordi, kus mängijad ei teinud pikalt midagi oodates ressursside tootmist. Lisati ka mängu lõpu menüü.

6. Kokkuvõte

Lõputöö raames valmis transpordi ja majanduse simulatsiooni mäng “Stellar Manager”. Mängu eesmärk oli laiendada transpordi ja majanduse simulatsiooni žanr alternatiivsesse, vähe esinevasse kosmose keskkonda. Mängu disainimisel keskenduti kolmele aspektile: majanduse süsteem, kasutajaliides ning mängu keskkond. Efektive majanduse jaoks disainiti eraldatud majandustega planeedid ning kosmoselaevade marsruutimine, mis transportimisega planeetide majandust ühendab. Kasutajaliidese puhul disainiti läbiv stiil ning pinusüsteem hulgaliste menüüide intuiitseks navigeerimiseks. Kaasahaarava kosmose keskkonna jaoks loodi tähtede klaster erinevate tähtede ja planeetidega ning kaamera liigutamise süsteem nende vahel mugavaks navigeerimiseks. Mängu “Stellar Manager” disainimisel võeti inspiratsiooni ka teistelt kosmose mängudelt, nagu “Dyson Sphere Program” ja “Stellaris”.

“Stellar Manager” arendati Unity mängumootoriga, mille erinevad tööriistad aitasid kaasa mängu erinevate osade loomisele. Mängu laialdase kasutajaliidese implementeerimise tegi kergemaks Unity UI Toolkit, mis pakkus standardse veebiarenduse sarnase ülesehitusega tuttavat struktuuri ning modulaarsust. Unity URP renderdamise torustik võimaldas varjutaja graafide loomist, mis aitas kaasa silmatorkavate taevakehade ja keskkonna loomisel. “Stellar Manager” arendamine toimus 2024 ja 2025 kevadsemestritel.

Mängu “Stellar Manager” testiti kahes voorus mõlema arendamisperioodi lõpus. Mängijatega testimise eesmärgiks oli leida tõrkeid ning hinnata implementeeritud süsteemide ja kasutajaliidese kasutajakõlblikust. Testimisega tuvastati hulgaliselt vigu eksisteerivates süsteemides ning mängijate tagasiside aitas planeerida vajaminevaid muutuseid ja lisasid.

Valminud mäng “Stellar Manager” on lõputöö kontekstis veidike liiga suure mastaabiga, mis tegi selle disainimise ja arendamise protsessi väga ajakulukaks. Selle tõttu esineb valminud mängu erinevate süsteemidega läbi käies veel anomaaliaid, mis ei ole ette nähtud. Samuti vajavad paljud mängu osad lihvimist, et täiustada mängu käiku ja kasutaja kogemust. Arvestades mängu algse idee skoopi, mis oli valminud versioonist kordades suurem, ning testimisel saadud tagasiside positiivsust, on kindlasti põhjust mängu disainimise ja arendamise jätkamiseks. Planeeritud muutused ja lisad mängule “Stellar Manager” on detailsemalt välja tood lisade peatükis III.

Kasutatud kirjandus

- [1] C. Rollinger, "Classical Antiquity in Video Games: Playing with the ancient World," Bloomsbuty Publishing, 2020.
- [2] Kramarzewski ja E. De Nucci, "Practical Game Design: Learn the art of game design through applicable skills and cutting-edge insights," Packt Publishing, 2018.
- [3] W. Wang ja R. Zhang, "Improved Game Units Balancing In Game Design Through Combinatorial Optimization," *IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE)*, Guangzhou, Hiina, 2021, lk 1, doi: 10.1109/ICEBE52470.2021.00022.
- [4] W. Kavanagh, A. Miller, G. Norman ja O. Andrei, "Balancing Turn-Based Games With Chained Strategy Generation," *IEEE Transactions on Games*, kd 13, nr 2, lk 1, 2021, doi: 10.1109/TG.2019.2943227.

Lisad

I. Sõnastik

eestikeelne väljend	inglise keelne termin
reaalaja strateegia	<i>real-time strategy</i>
varjutaja	<i>shader</i>
mängumootor	<i>game engine</i>
mängu käik	<i>gameplay loop</i>

II. Tehisintellekti kasutamine

Tehisintellekti abi kasutati peamiselt kasutajaliidesel illustreerivate taustapiltide genereerimiseks. Selleks kasutati Canva ja Microsoft Designer platvorme. Kõik genereeritud pildid on kaasatud failides, kus iga pildi faili nimi on selle genereerimiseks kasutatud käsk tehisintellektile.

ChatGPT-4 abil genereeriti tähtede nimed.

III. Planeeritud muutused ja lisad

Mängu “Stellar Manager” olemasolevatele süsteemidele ja osadele planeeritud muutused.

1. Lähtekoodi korrastamine ning projekti struktuuri ümbertöötlemine, et viia esinevad sõltuvussuhted standardselt aktsepteeritud kujule.
2. Majanduse süsteemi täiustamine, et võimaldada kosmoselaevadega ressursside transportimisel ressursside lugemine otspunktidesse jõudmisel, mitte igal mängu tsükli.
3. Tähtede ja planeetide genereerimise süsteemi muutmine rohkem deterministlikuks, et välistada suvalise genereerimise korral esinevaid raskust tekitavaid olukordi.
4. Hiirega kosmose vaadetes navigeerimise parandamine.
5. Üleüldine majanduse tasakaalustamine.

Lisaks muutustele on planeeritud hulgaliselt lisasid, et mängu käiku täiendada.

1. Planeetidel võimalike toodetavate ressursside ja ehitatavate hoonete informatsiooni visualiseerimine planeedi menüüs ning tähesüsteemi ja planeedi vaadetes.
2. Kosmoselaevade ja nende liikumise illustreerimine ikoonidega kõikides mängu vaadetes.
3. Eksootiliste ressursside lisamine süsteemidesse väljaspool alguse tähesüsteemi, et tootmisahelat huvitavamaks teha.
4. Erinevate võimetega kosmoselaevade lisamine, et anda rohkem valikuid vastavalt transportimise vajadustele.
5. Piraatlusega tähesüsteemide lisamine, mis võimaldavad uute ressursside ja hoonetega mängimist, kuid keelustavad tavalisi.
6. Spetsialiseeritud hoone, kaubanduskeskuse lisamine, mis võimaldab valitud ressursside automaatset müümist.
7. Valikulise ohufaktori lisamine musta augu liikumise kujul.

IV. Kaasatud failid

Siin on toodud kõik lõputööga kaasatud failid.

1. /AI generated images – tehisintellekti abil genereeritud pildid
2. /StellarManager – kompileeritud mängu failid, Windows ja MacOS platvormidele
3. /StellarManager source – mängu lähtekood ja failid

V. Mängu käivitamise juhend

Vastavalt operatsioonisüsteemile käib mängu käivitamine järgmiselt:

- Windows
 1. Liikuge kaasatud failides kausta “/StellarManager/Windows/StellarManager”
 2. Jooksutage faili “Stellar Manager.exe”
- MacOS
 1. Liikuge kaasatud failides kausta “/StellarManager/MacOS/StellarManager”
 2. Jooksutage faili “StellarManager.app”

Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Henrik Tamm,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose
Stellar Manager - Transpordi ja majanduse simulatsiooni mäng kosmoses,
mille juhendaja on Mathias Plans,
reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada Tartu Ülikooli
digitaalarhiivi kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
2. annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu
Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi kaudu Creative Commons'i litsentsiga
CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele
suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse
kehtivuse lõppemiseni;
3. olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
4. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse õigusaktides tulenevaid õigusi.

Henrik Tamm

15.05.2025