

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

Ustvarjanje virtualnih scenografij s programskim okoljem Unreal Engine

Kandidat: Marko Janžič

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Medijska produkcija

Mentor predavatelj: mag. Rene Maurin

Mentor v podjetju: Arjang Varahram

Lektorica: Jasmina Vajda Vrhunec, prof. slov.

Maribor, 2023

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Marko Janžič sem avtor diplomskega dela z naslovom Ustvarjanje virtualnih scenografij s programskim okoljem Unreal Engine, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Reneja Maurina.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, maj 2023

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem ljudem, ki so bili kdaj del videoprodukcijske industrije ter so s svojimi izdelki navdihovali mene in številne druge ljudi po svetu. Brez njih danes ne bi bil na tej poti, ki me dejansko veseli, in upam, da bom tudi jaz s svojim delom navduševal naslednje generacije.

Zahvaljujem se tudi vsem zaposlenim na Akademii. Hvala za vse izkušnje in uresničitev nekaterih sanj. Mednje spada ureditev vsega potrebnega za prakso v Berlinu, ki je bila zame eno izmed najlepših in najbolj navdihujočih obdobj zadnjih let.

Predvsem pa se zahvaljujem predavateljem smeri Video produkcija za bogate izkušnje, navdih in njihovo strpnost pri prenašanju znanja. Ti predavatelji so Danei Perdiguero Rodríguez, Samir Bajrić in mentor mag. Rene Maurin.

Zahvaljujem se tudi vsem sošolcem in prijateljem, ki so s svojimi pogledi na življenje, delom, vztrajnostjo in srčnostjo inspirirali tudi mene.

POVZETEK

Diplomsko delo Ustvarjanje virtualnih scenografij s programskim okoljem Unreal Engine obravnava proces virtualne filmske produkcije, ki temelji na ustvarjanju virtualnih scenografij s pomočjo LED sten. V povezavi s tem je Unreal Engine trenutno najbolj priljubljena programska oprema, ki omogoča ustvarjanje fotorealističnih računalniško ustvarjenih podob. Zraven odlične skupnosti, ki prispeva svoje izdelke v skupno javno knjižnico, so razvijalci programa v tesnem stiku z ljudmi, ki uporabljajo program in ga tako sproti izboljšujejo.

Peta različica programa, Unreal Engine 5, je bila izdana aprila 2022. Naslednja večja posodobitev, poimenovana Unreal Engine 5.1, ki je dodatno razvila možnosti ponazarjanja še bolj realne svetlobe in uvedla nov način računanja geometrije, pa je bila na voljo že pol leta kasneje.

Zraven odlične kakovosti grafičnih podob je njihovo realnočasovno ustvarjanje razlog za uporabo programa pri virtualnih filmskih produkcijah. Na prizoriščih lahko tako s pomočjo sledilnikov beležimo premike fizične kamere in jih v programu dodelimo virtualni kameri. Ta virtualno okolje premika skladno s premiki fizične kamere. S tem dobimo realnočasovno ustvarjanje okolice.

Del diplomskega dela se nanaša na fizično upodabljanje teh virtualnih lokacij s pomočjo LED panelov. Ti so osnova pri večjih filmskih produkcijah. Omogočajo, da celotno prizorišče zasije v svetlobi virtualne okolice.

V diplomskem delu je predstavljena virtualna produkcija s poudarkom na ustvarjanju virtualnih scenografij v programskem okolju Unreal Engine in fizični predstavitvi teh scenografij na LED stenah. Drugi del naloge je primerjava TV serij, ki so uporabljale virtualno scenografijo, s tistimi, ki so uporabljale konvencionalni način video produkcije.

Skozi celotno diplomsko delo je tako mogoče spoznati pozitivne in negativne lastnosti tega načina virtualne produkcije, kdaj jo je smiselno uporabiti in kakšne omejitve lahko pričakujemo pri njeni uporabi.

Ključne besede: *virtualna video produkcija, Unreal Engine, LED paneli, virtualna scenografija, realnočasovna produkcija, konvencionalna video produkcija.*

ABSTRACT

Creating virtual sets with Unreal Engine

The thesis ‘Creating virtual sets with Unreal Engine’, deals with the process of virtual film production, which is based on the creation of virtual sets. In this context, Unreal Engine is currently the most popular software package that allows the creation of almost photorealistic computer-generated images. In addition to a robust community that contributes its products to a shared public library, the developers of the software are in close contact with the users of the software and continually improve it.

The fifth version of the program, Unreal Engine 5, was released in April 2022. The next major update, Unreal Engine 5.1, which further developed the real-life rendering capabilities and introduced a new way of calculating geometry, became available six months later.

In addition to the excellent quality of the graphic images, the real-time creation of these images is one of the main reasons for its presence in virtual movie productions. On physical sets, camera movements can be recorded in the software and assigned to the virtual camera with the help of trackers. The virtual camera moves the environment in line with the movements of the physical camera. This results in a real-time creation of the environment.

The thesis concerns the physical rendering of these virtual locations using LED panels. These are the basis for major movie productions. They emit the light from the virtual location and light the whole physical set with it. This gives natural lighting in the physical environment from the virtual location.

The thesis thus presents virtual production with a focus on the digital creation of virtual sets in Unreal Engine, and the physical presentation of these on LED walls. The second part of the thesis is devoted to comparing TV series that have used virtual production with those that have used conventional video production.

Throughout the thesis, it is possible to learn about the positive and negative features of virtual production, when it makes sense to use it, and what limitations can be expected in its use.

Keywords: *virtual video production, Unreal Engine, LED panels, virtual sets, real-time production, conventional video production.*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	6
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	6
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	7
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	7
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	8
2	VIRTUALNA PRODUKCIJA	9
2.1	KAJ JE VIRTUALNA PRODUKCIJA?	9
2.2	OSNOVE VIRTUALNE PRODUKCIJE	11
2.3	PROJICIRANJE OZADJA	13
3	UNREAL ENGINE	15
3.1	KAJ JE UNREAL ENGINE?	15
3.2	OSNOVE PROGRAMA UNREAL ENGINE.....	18
3.2.1	<i>Premik predmetov</i>	21
3.2.2	<i>Premik svetlobe</i>	21
3.2.3	<i>Virtualna kamera</i>	22
3.2.4	<i>Live link</i>	24
3.3	RAZŠIRJENOST UNREAL ENGINE IN UNITY NA PODROČJU VIDEO PRODUKCIJE.....	25
3.4	PREDSTAVITEV LASTNIH PROJEKTOV	27
4	PRIMERJAVA VIRTUALNE IN KONVENCIONALNE VIDEO PRODUKCIJE	32
4.1	CENA	33
4.2	POTEK DELA	34
4.3	PRODUKCIJSKA EKIPA	35
4.4	USTVARJANJE LOKACIJ	36
4.5	FIZIČNE LOKACIJE VIRTUALNIH STUDIEV	37
5	PRIMERJAVA PRODUKCIJ SERIJ THE MANDALORIAN IN THE EXPANSE	40
5.1	THE MANDALORIAN	41
5.2	THE EXPANSE.....	42
5.3	PRORAČUN	43
5.4	SNEMALNE LOKACIJE	45
5.5	PRODUKCIJA	47
5.6	PRIMERJAVA Z DRUGIMI SERIJAMI	56

5.7	IZSLEDKI PRIMERJAVE SERIJ	62
6	ODZIV UMETNOSTI, OBLIKOVANJA IN MEDIJEV NA PODNEBNO KRIZO	64
7	SKLEP	66
8	VIRI	69
9	PRILOGA	76

KAZALO SLIK

SLIKA 1: VIRTUALNO PRIZORIŠČE PRI PRODUKCIJI THE MANDALORIAN	10
SLIKA 2: PRIMER POTEKA KONVENCIONALNE PRODUKCIJE	12
SLIKA 3: PRIMER POTEKA VIRTUALNE PRODUKCIJE.....	12
SLIKA 4: PRIMER PROJICIRANJA OZADJA	13
SLIKA 5: TEHNIČNI PRIKAZ UPORABE PROJICIRANJA OZADJA	14
SLIKA 6: PRIKAZ OKOLJA, USTVARJENEGA V UNREAL ENGINE	15
SLIKA 7: KADER IZ REALNOČASOVNO USTVARJENEGA OKOLJA V UNREAL ENGINE 5	16
SLIKA 8: OSNOVNI DELOVNI PROSTOR V UNREAL ENGINE 5.1	18
SLIKA 9: DEL VSEH DATOTEK, KI SO UPORABLJENE V PROJEKTU	19
SLIKA 10: PRIMER HIERARHIČNE RAZPOREDITVE ELEMENTOV	19
SLIKA 11: OKNO S PODROBNOSTMI DOLOČENEGA ELEMENTA.....	20
SLIKA 12: OKNO ZA ANIMIRANJE IN NELINEARNO MONTAŽO	20
SLIKA 13: PREMIK PREDMETA V UNREAL ENGINE.....	21
SLIKA 14: MESTO S SPREMENJENO SVETLOBO.....	22
SLIKA 15: VIRTUALNA KAMERA V ZRAKU IN NOVO MAJHNO OKNO NJENEGA VIDNEGA POLJA	23
SLIKA 16: POVEČANO OKNO VIDNEGA POLJA VIRTUALNE KAMERE.....	23
SLIKA 17: DIAGRAM UPORABE KAMERE S SLEDILNIKI PRI VIRTUALNI PRODUKCIJI.....	24
SLIKA 18: SNEMANJE PEVKE PRED ZELENIH ZASLONOM ZA VIDEO SPOT REBORN.....	29
SLIKA 19: UREJANJE MATERIALA ZA VIDEO SPOT REBORN	29
SLIKA 20: SNEMANJE VIDEO SPOTA SO EIN SCHÖNER TAG.....	30
SLIKA 21: ANIMIRANJE LETEČE LADJE V UNREAL ENGINE ZA VIDEO SPOT SO EIN SCHÖNER TAG.....	30
SLIKA 22: SNEMANJE VIDEO SPOTA SUPERLOVE	31
SLIKA 23: KADER IZ DOKONČANEGA VIDEO SPOTA SUPERLOVE	31
SLIKA 24: PRIMER LED STENE PRI VIRTUALNI PRODUKCIJI.....	32
SLIKA 25: PRIMER PRIZORIŠČA PRI VIRTUALNI PRODUKCIJI.....	34
SLIKA 26: GLOBALNI TRG VIRTUALNE PROIZVODNJE PO REGIJAH V LETU 2021.....	38
SLIKA 27: GLOBALNI TRG VIRTUALNE PROIZVODNJE PO REGIJAH V LETU 2022.....	39
SLIKA 28: THE MANDALORIAN (DESNO)	41
SLIKA 29: KADER IZ SERIJE THE EXPANSE	42
SLIKA 30: VIRTUALNO PRIZORIŠČE PRI THE MANDALORIAN.....	45
SLIKA 31: DREVEŠA NA PRIZORIŠČU PRI THE EXPANSE.....	47
SLIKA 32: SNEMANJE PRI THE MANDALORIAN.....	48
SLIKA 33: PRIMER VIRTUALNE SCENOGRFIJE PRI THE MANDALORIAN.....	49
SLIKA 34: PRIKAZ KONČNEGA REZULTATA SNEMANJA PRI THE MANDALORIAN (DESNO SPODAJ)	50
SLIKA 35: UPORABA MODREGA ZASLONA PRI PRODUKCIJI THE EXPANSE	51

SLIKA 36: PRIMER UPORABE TEHNIKE »CHROMA KEY«	52
SLIKA 37: FIZIČNE KONSTRUKCIJE PRI THE EXPANSE.....	53
SLIKA 38: ADAM SAVAGE IN PRODUCENT TONY IANNI V KONSTRUKCIJI ENE OD VESOLJSKIH LADIJ.....	53
SLIKA 39: PRIMER RAZSEŽNOSTI VIZUALNIH UČINKOV PRI THE EXPANSE	55
SLIKA 40: KADER IZ SERIJE GAME OF THRONES.....	57
SLIKA 41: KADER IZ SERIJE WESTWORLD	58
SLIKA 42: PRIMER OKOLJA PRI SERIJI THE LORD OF THE RINGS: THE RINGS OF POWER.....	59
SLIKA 43: REALNO OKOLJE PRI SERIJI ANDOR.....	60
SLIKA 44: KADER IZ SERIJE ANDOR.....	61
SLIKA 45: UPORABA VIRTUALNEGA OKOLJA IZ UNREAL ENGINE V VIDEOSPOTU XANDRIA – REBORN.....	76
SLIKA 46: UPORABA VIRTUALNEGA OKOLJA IZ UNREAL ENGINE V VIDEOSPOTU XANDRIA – REBORN.....	76
SLIKA 47: UPORABA VIRTUALNEGA OKOLJA IZ UNREAL ENGINE V VIDEOSPOTU XANDRIA – REBORN.....	77
SLIKA 48: UPORABA VIRTUALNEGA OKOLJA IZ UNREAL ENGINE V VIDEOSPOTU MALCOLMA BAEZA – SUPERLOVE	77
SLIKA 49: UPORABA VIRTUALNEGA OKOLJA IZ UNREAL ENGINE V VIDEOSPOTU MALCOLMA BAEZA – SUPERLOVE	78
SLIKA 50: UPORABA VIRTUALNEGA OKOLJA IZ UNREAL ENGINE V VIDEOSPOTU MALCOLMA BAEZA – SUPERLOVE	78
SLIKA 51: UPORABA VIRTUALNEGA OKOLJA IZ UNREAL ENGINE V VIDEOSPOTU ROSSA ANTONYJA – SO EIN SCHÖNER TAG.....	79
SLIKA 52: UPORABA VIRTUALNEGA OKOLJA IZ UNREAL ENGINE V VIDEOSPOTU ROSSA ANTONYJA – SO EIN SCHÖNER TAG.....	79

KAZALO TABEL

TABELA 1: PRIMERJAVA SERIJ THE MANDALORIAN IN THE EXPANSE.....	44
TABELA 2: PRIMERJAVA POPULARNEJŠIH SERIJ	56

1 UVOD

Za pisanje diplomskega dela na to temo sem se odločil, ker sem želel izvedeti, kaj točno virtualna video produkcija je, kako poteka in kaj omogoča v primerjavi s konvencionalno video produkcijo.

Pred pisanjem diplomskega dela sem veliko slišal o programskem okolju Unreal Engine in o tem, kako je to nekaj, na kar moramo biti vsi v filmski industriji pozorni. Hkrati sem opazil naraščajoče število člankov, ki so govorili o priljubljenih televizijskih serijah v povezavi z virtualno produkcijo in napredkom filmske industrije. Virtualna produkcija je bila zame nekaj novega. Sodeč po naslovih novic, je ta način produkcije imel same pozitivne lastnosti in je nasploh bil predstavljen kot novo čudo sveta.

Kot človeku, ki rad raziskuje, širi svoja obzorja in se navdušuje nad novo tehnologijo, mi je bilo v veselje sprejeti izziv in se poglobiti v to novo področje.

Namen diplomskega dela je raziskati virtualno produkcijo, program Unreal Engine, LED stene in virtualne scenografije ter pri tem spoznati razlike med virtualno in konvencionalno video produkcijo.

Cilj diplomskega dela je bil poiskati odgovore na moja vprašanja, ki sem jih na koncu tudi dobil.

1.1 *Opis področja in opredelitev problema*

Z izkušnjami, iznajdljivostjo in potrebo po novem sistemu produkcije se je v Severni Ameriki pojavil nov način produkcije, ki ga danes imenujejo »virtual production« (virtualna produkcija). Čeprav izraz lahko zajema več načinov virtualne produkcije, je v najnovejšem smislu uporabljen pri zajemanju vizualnih učinkov v kameri, med katere spadajo tudi virtualne scenografije.

Ta način je bilo mogoče ustvariti zaradi napredka igralnih pogonov in tehnologije, ki se sicer uporablja za ustvarjanje videoiger. Ti programi omogočajo prikazovanje grafičnih oblik v realnem času. V zadnjih letih so dosegli nivo kakovosti slike, ki je že skoraj enak podobam našega sveta. Eden teh programov je Unreal Engine.

V tej nalogi bodo raziskane pozitivne in negativne lastnosti uporabe teh tehnologij.

1.2 *Namen, cilji in osnovne trditve*

Glavni namen dela je bil raziskati virtualno video produkcijo in jo primerjati s konvencionalno video produkcijo.

Specifično pa sem se hotel seznaniti z virtualnimi okolji in njihovim ustvarjanjem, saj postajajo stalnica moderne video produkcije.

Zraven tega sem želel spoznati programsko okolje Unreal Engine in s tem pridobiti znanje za lastno ustvarjanje virtualnih scenografij.

Zastavil sem si trditve, ki sem jih preveril:

Hipoteza 1: Pri visokoproračunskih ameriških filmih so stroški virtualne filmske produkcije nižji od stroškov konvencionalne filmske produkcije.

Hipoteza 2: Unreal Engine je najbolj priljubljen program za produkcijo virtualnih scenografij pri sodobnejših filmskih produkcijah.

Hipoteza 3: Virtualna filmska produkcija se več uporablja na ameriškem kot na evropskem filmskem trgu.

Hipoteza 4: Uporaba virtualnih prizorišč je manj škodljiva do podnebja kot uporaba konvencionalnih prizorišč.

1.3 *Predpostavke in omejitve*

Virtualna produkcija se je pojavila v zadnjih nekaj letih in je doživela razcvet v času pandemije, ko se je svet navidezno ustavil.

Pričakoval sem, da za nove stvari ne bo veliko ustrezne literature, ki bi razlagala in opisovala podrobno delovanje vseh procesov in komponent. Bil sem pozitivno presenečen, ko sem našel priročnike od Unreal Engine in intervjuje oseb, ki so se ukvarjali z virtualno produkcijo v zadnjih letih.

Predpostavljal sem, da bo večina literature v angleškem jeziku, in tako je tudi bilo. To je zahtevalo več časa pri prevajanju določenih besed v slovenski jezik, kjer še ni ustaljenih prevodov.

1.4 *Uporabljene raziskovalne metode*

V nalogi sem uporabil primerjalno raziskovalno metodo, analizo podatkov in študije primerov. Primerjal sem priljubljene televizijske oddaje, ki so uporabljale nove metode virtualne produkcije, s tistimi, ki teh niso uporabljale.

Našel sem priročnike za Unreal Engine, članke o realnočasovni virtualni produkciji, veliko intervjujev in videov na obe temi ter članke hollywoodskih reportaž, ki so pod drobnogled vzele najnovejše in največje serije ter filme.

S praktično uporabo programa Unreal Engine in pomočjo videov na spletu sem uspel dojeti osnove ustvarjanja virtualnih scenografij in to, kako jih prinesiti v realno okolje.

2 VIRTUALNA PRODUKCIJA

2.1 *Kaj je virtualna produkcija?*

»Virtualna produkcija je stičišče fizičnega in digitalnega sveta.« (Kadner, 2019, str. 3)

Virtualna produkcija (angl. virtual production) je pojem, ki ga vedno pogosteje slišimo v povezavi z video produkcijo. Razvoj programske in strojne opreme omogoča ustvarjalcem vedno več možnosti in filmska industrija pri tem ni izjema.

»Primer prve večje uporabe virtualne produkcije na prizorišču je bil pri snemanju Disneyjevega filma Knjiga o džungli, ki je izšel leta 2016. S pomočjo programa za izdelavo videoiger Unity 3D so v živo ustvarjali predvizualizacijo digitalnega okolja, kar je bilo v pomoč vsem, saj je 95 % prizorov vsebovalo modre in zelene zaslone. Je pa bil film Avatar prvi, ki je uporabljal drug način virtualne produkcije. Z virtualno kamero so lahko posnete akcije, ki so jih snemali z oblekami za zajem gibanja (angl. motion capture bodysuits), umestili v digitalna okolja in jih tam spreminjali po volji.« (What is Virtual Production? Definition & Examples, brez datuma)

Društvo za vizualne učinke (angl. The Visual Effects Society) je ustvarilo glosar virtualne produkcije, kar vsem omogoča lažje razumevanje pojmov. Tako v glosarju piše: »Virtualna produkcija uporablja tehnologijo za spajanje digitalnega sveta s fizičnim svetom v realnem času. Filmskim ustvarjalcem omogoča interakcijo z digitalnim procesom na enak način, kot jo imajo pri produkciji v živo.« (Kadner, in drugi, 2023) Naprej so še naštet primeri virtualne produkcije, ki jih bom podrobneje opisal v nadaljevanju.

Virtualna produkcija se od konvencionalne video produkcije torej razlikuje po tem, da zraven konvencionalnih elementov uporablja digitalne podobe.

Zadnja leta valove ustvarjajo programske okolje Unreal Engine in studii, ki scenografijo predstavljajo s številnimi LED paneli in brišejo meje med realnim in virtualnim svetom.

Ti studii pojem virtualna produkcija uporabljajo kot sinonim za najnovejšo vrsto virtualne produkcije, ki jo imenujejo Live LED Wall In-Camera in omogoča uporabo tehnike in-camera visual effects – ICVFX. Pri tej tehniki vizualne učinke, med katere spadajo tudi virtualne scenografije, zajamemo v kameri v času snemanja namesto v tradicionalnem postprodukcijskem postopku.

»ICVFX kot eden od stebrov virtualne produkcije omogoča filmskim ustvarjalcem, da zajamejo in vidijo virtualna sredstva, kot da bi bila dejansko fizično prisotna v resničnem svetu.« (NEP Group, 2023)

»S pomočjo LED sten in realnočasovnih programskih okolij za izdelovanje videoiger se ozadje, ki je po navadi bilo sestavljeno iz zelenih zaslonov, nadomesti z dejanskim digitalnim okoljem, ki vsebuje vizualne učinke, se premika s premiki kamere in ga lahko po želji prilagajamo potrebam. Ta način produkcije tvori virtualno prizorišče in predstavlja najsodobnejšo obliko virtualne produkcije.« (Lindgren, 2021)

Diplomsko delo se osredotoča na to najsodobnejše področje virtualne produkcije. Pojem »virtualna produkcija« (angl. virtual production) bo uporabljen kot sopomenka za ustaljene načine virtualne produkcije in bo po potrebi dodatno specificiran za jasno razumevanje besedila.



Slika 1: Virtualno prizorišče pri produkciji The Mandalorian

Vir: (<https://nofilmschool.com/ilm-stagecraft-mandalorian>)

2.2 Osnove virtualne produkcije

Virtualna produkcija uporablja konvencionalne elemente produkcije, vendar tem dodaja digitalne elemente računalniško generiranega okolja.

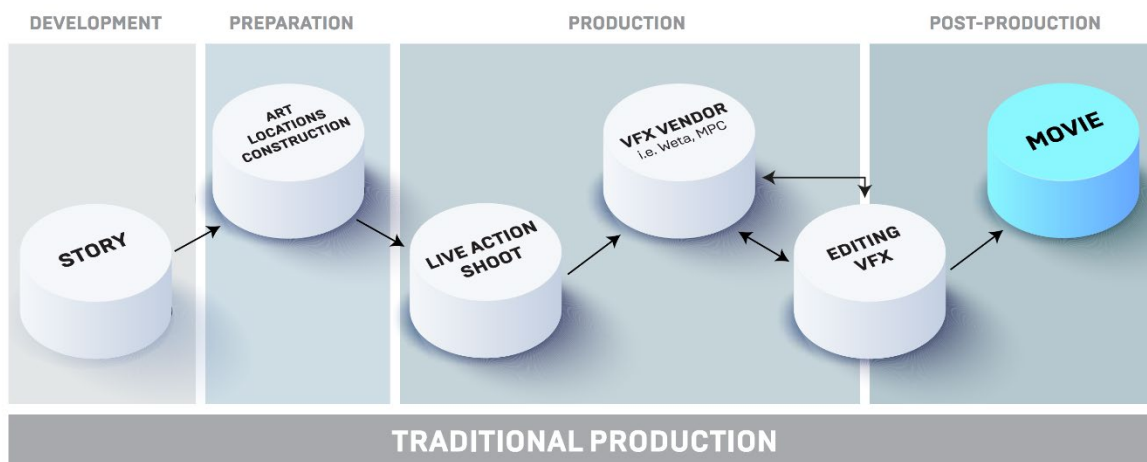
Na splošno poznamo štiri vrste virtualne produkcije. Vsem omenjenim je skupno to, da jih poganja programska oprema.

»Prva od štirih omenjenih metod je vizualizacija, ki jo lahko opredelimo kot prototipno sliko, ustvarjeno za poustvarjanje namena posnetka. Vizualizacija je lahko v obliki pitchvis, previs, techvis, stuntvis in postvis.« (Kadner, 2019)

»Druga metoda je Performance Capture, pod katerega sodi najbolj znani Motion Capture. Je postopek zajemanja gibov predmetov ali igralcev. Ti podatki se nato uporabijo za animacijo digitalnih modelov.« (Kadner, 2019)

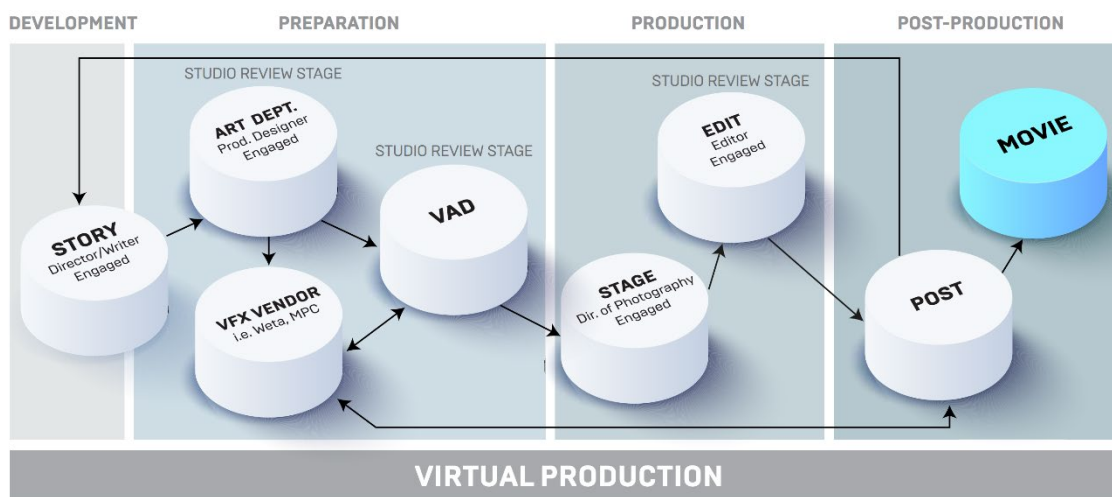
»Tretja metoda je hibridna virtualna produkcija, ki uporablja sledenje kamere za proizvodnjo računalniških elementov na zelenem zaslonu. Tako lahko v živo vidimo predogled tega, kar bo kasneje uporabljeno v postprodukciji. Ta način se že dolgo uporablja v TV studiih.« (Kadner, 2019)

»Zadnja metoda virtualne produkcije je Live LED Wall In-Camera. Pri tej se računalniško generirane podobe v realnem času izrisujejo na LED steni, v kombinaciji s premikom kamere, da zajamemo končen rezultat v živo na prizorišču. To je trenutno vrhunec virtualne produkcije, saj vsi sodelujoči vidijo končni rezultat v živo.« (Kadner, 2019)



Slika 2: Primer poteka konvencionalne produkcije

Vir: (Kadner, 2019, str. 6)



Slika 3: Primer poteka virtualne produkcije

Vir: (Kadner, 2019, str. 6)

Iz zgornjih slik je razvidno, da upodobitev računalniških podob v realnem času spreminja potek filmske produkcije. »Postproduksijski del je zdaj v istočasnem kontaktu s predprodukcijo. Režiser, snemalci, igralci, scenografi, direktorji fotografije, vsi lahko v realnem času vidijo končni izdelek in ga tudi spremenijo. To vsem udeležencem olajša delo in hkrati odvzame večino postproduksijskega časa.« (Kadner, 2019)

2.3 Projiciranje ozadja

Pri virtualni produkciji pa ne moremo mimo zgodovinsko pomembne filmske tehnike projiciranja ozadja (angl. rear projection), ki je tudi nedvoumno prispevala k napredovanju virtualne produkcije v filmski industriji.

»Pri tej tehniki se dogajanje odvija pred zaslonom, na katerega se projicirajo slike. Končni rezultat je kompozit dveh posnetkov.« (Shields, 2020)



Slika 4: Primer projiciranja ozadja

Vir: (<https://nofilmschool.com/2017/05/rear-projection-movie-magic-hokey-homage>)

S tem so lahko igralce postavili v razna okolja, ki bi sicer bila nemogoča. Zraven znanstvenofantastičnih okolij so bili velikokrat tako posneti prizori v avtomobilih.

»Ta kompozitna tehnologija je bila primarno uporabljena od sredine 1930 in se je uporabljala skozi zlato dobo Hollywooda do zgodnjih sedemdesetih let.« (Shields, 2020)

»V začetku 1980 je bil ravno George Lucas in njegova ideja o izvedbi Vojne zvezd razlog za nov korak v razvoju vizualnih učinkov filmske industrije in s tem popularizacijo modrega zaslona, ki ga je optimiziralo podjetje Industrial Light and Magic.« (Maher, 2016)



Slika 5: Tehnični prikaz uporabe projiciranja ozadja

Vir: (<https://www.shutterstock.com/blog/projection-technology-history>)

3 UNREAL ENGINE

3.1 *Kaj je Unreal Engine?*

»Unreal Engine je ustvarjalna platforma in digitalni peskovnik (angl. sandbox), v katerem lahko sodeluje več ljudi. Čeprav je bil njen prvi namen ustvarjati videoigre, je razvoj v virtualno produkcijsko orodje rezultat usklajenih prizadevanj družbe Epic Games. (...) Ti strokovnjaki veliko razmišljajo o novih možnostih za Unreal Engine, da bi ustvarili revolucionarna zabavna doživetja. Veliko tudi komunicirajo s filmskimi ustvarjalci in uporabniki, da bi razvili orodja, ki jih bodo potrebovali v prihodnje.« (Kadner, 2021, str. 9)

Unreal Engine je bila torej prvotno programska oprema, namenjena izdelavi videoiger. V zadnjih letih pa je postala ključnega pomena pri ustvarjanju virtualnih okolij tudi za namene snemanja filmov. V program lahko tudi uvozimo oblike iz drugih 3D-programov in jih uskladimo z okolico.

Podjetje Epic Games je razvijalec programa in tega ponujajo čisto zastonj. Celoten program je dostopen vsem.



Slika 6: Prikaz okolja, ustvarjenega v Unreal Engine

Vir: (https://www.youtube.com/watch?v=FUGqzE6Je5c&ab_channel=UnrealSensei)

Eden glavnih razlogov učinkovitosti Unreal Engine je spletna trgovina podjetja Epic games. Tukaj uporabniki s celega sveta nalagajo svoje ustvarjene predmete, ki jih lahko uporabimo v naših projektih. Ti predmeti se imenujejo asseti.

Velik del teh assetov je del skupine Megascann. Megascann so 3D-skenirana realna okolja, ki jih zajemajo in nalagajo ljudje s celotnega sveta. Tako imamo na voljo digitalne 3D-kopije realnih predmetov. V večini se tako najde modele pravih kamnov, rastlin in zgradb, ki jih zdaj lahko poljubno uporabljamo. Knjižnica Megascannov je brezplačna.

Okolja, ki vsebujejo celotne nivoje in imajo veliko uporabljenih objektov, so pa bolj kompleksna in v večini niso brezplačna. Cene teh se gibljejo med 50 in 500 EUR. Ko jih enkrat kupimo, so shranjene v našo knjižnico in lahko z njimi razpolagamo, kakor želimo. Z nekaj kliki jih lahko kopiramo, premeščamo, preoblikujemo in s tem ustvarjamo lastne pokrajine.



Slika 7: Kader iz realnočasovno ustvarjenega okolja v Unreal Engine 5

Vir: (<https://www.eurogamer.net/digitalfoundry-2020-unreal-engine-5-playstation-5-tech-demo-analysis>)

Kot vidimo na zgornji sliki, se je peta različica Unreal Engine že zelo približala fotorealizmu. Zato ni presenetljivo, da se okolja s takšno kakovostjo že uporabljajo za virtualne scenografije pri snemanjih filmov.

Na prizorišču lahko takoj brez dolgega preračunavanja programa zamenjamo okolje ali le majhne dele ter nadaljujemo s snemanjem. Ena velika prednost je tudi dinamična svetloba. To lahko pustimo konstantno ali jo animiramo. Tako lahko prikazujemo sončni zahod, kakor dolgo želimo.

V to okolje lahko vstavimo igralce, če jih na primer postavimo pred zeleni zaslon. Najboljši rezultat pa dobimo, kadar okolje prinesemo v resničnost, kar najlažje storimo v kupolah z LED stenami.

3.2 Osnove programa Unreal Engine

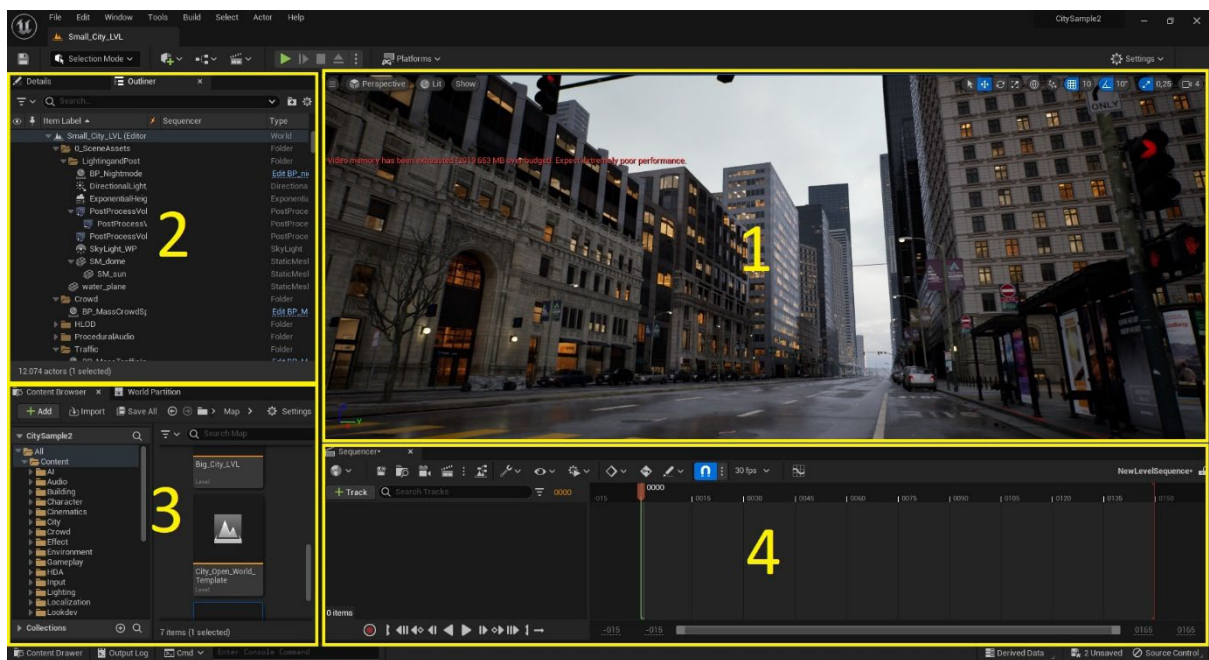
Unreal Engine združuje 3D-oblikovanje predmetov, animiranje, snemanje prizorov, nelinearno montiranje posnetih prizorov in živo pretakanje.

Na naslednjih slikah bodo predstavljeni osnovni delovni prostor in okna, ki jih potrebujemo za ustvarjanje lokacij. Kot predloga bo uporabljen nivo City Sample, ki je na voljo vsem uporabnikom v Unreal Engine Marketplace.

Največje okno je **Level Viewport**, v katerem vidimo raven, predmete (asset), igralce (actor) in kamere, ki smo jih postavili vanj.

»Actor je katerikoli predmet, ki ga lahko postavimo v raven in podpira 3D-transformacije ter ga je mogoče ustvariti ali odstraniti.« (Epic Games, brez datuma)

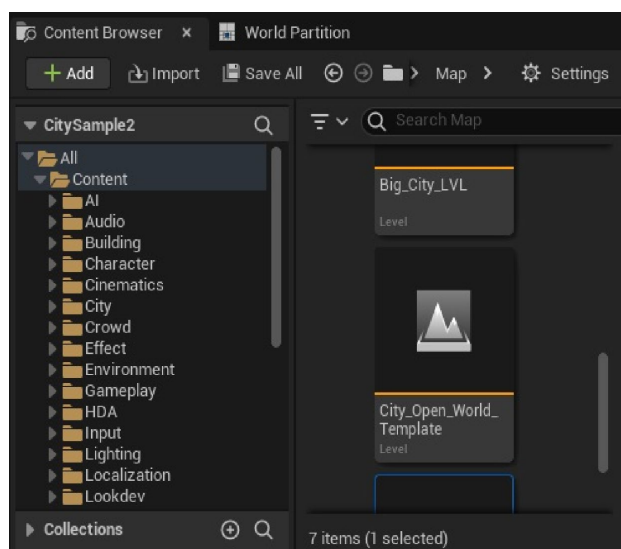
Vsem vidnim predmetom lahko z nekaj kliki spreminjamo lastnosti.



Slika 8: Osnovni delovni prostor v Unreal Engine 5.1

Vir: (Lastni vir)

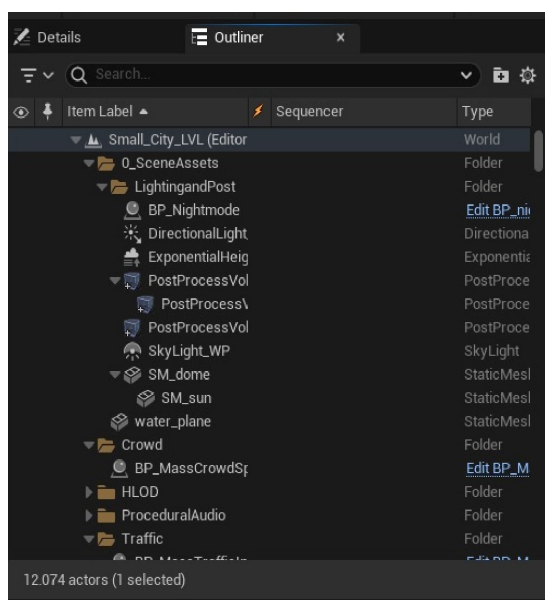
Content Browser vsebuje vse asete, načrte in ostale datoteke, ki so v projektu. Kot omenjeno, lahko veliko assetov prenesemo brezplačno iz spletne trgovine Unreal Engine Marketplace, kjer jih nalagajo uporabniki s celotnega sveta.



Slika 9: Del vseh datotek, ki so uporabljene v projektu

Vir: (Lastni vir)

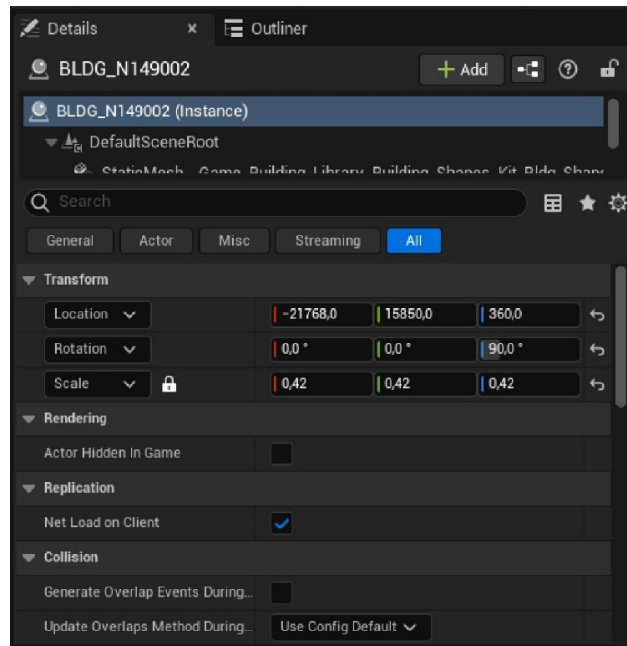
World Outliner prikaže hierarhični prikaz vse vsebine v nivoju. Tukaj lahko vključimo ali izključimo vidljivost elementov in vidimo njihove povezave z drugimi elementi.



Slika 10: Primer hierarhične razporeditve elementov

Vir: (Lastni vir)

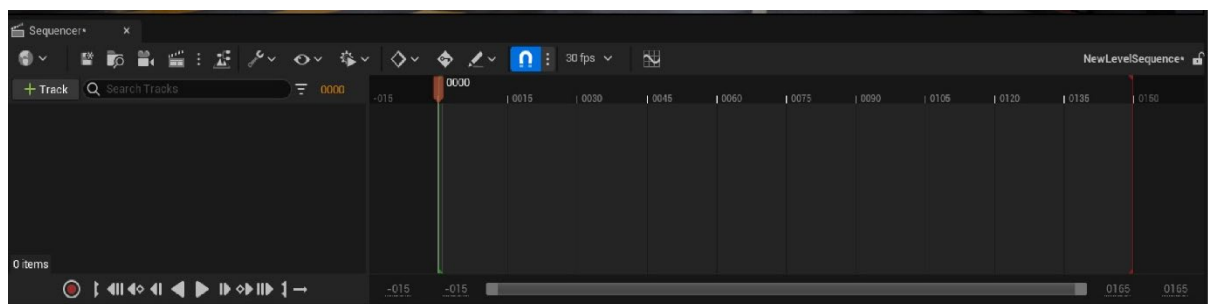
Details je okno, ki prikazuje lastnosti izbranega predmeta. Tam lahko ročno vnesemo pozicijo v nivoju, statično mrežo materiala ter fizikalne in druge nastavitve.



Slika 11: Okno s podrobnostmi določenega elementa

Vir: (Lastni vir)

Sequencer je nabor filmskih orodij, s katerimi lahko neposredno animiramo igralce, kamere, in druge predmete skozi čas. Podoben je drugim razširjenim nelinearnim urejevalnikom.

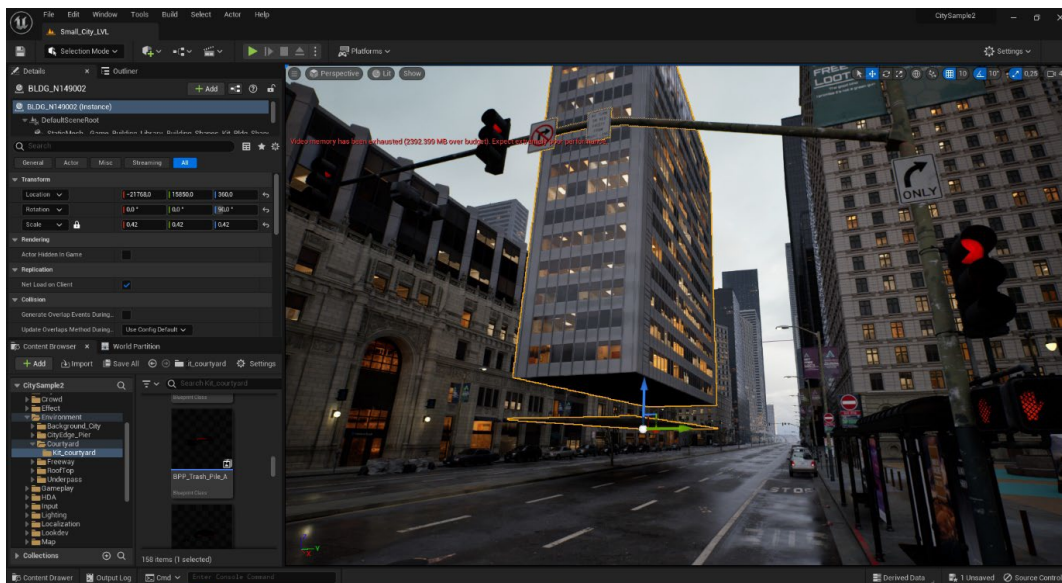


Slika 12: Okno za animiranje in nelinearno montažo

Vir: (Lastni vir)

3.2.1 Premik predmetov

Vse, kar vidimo, lahko enostavno premaknemo z levim klikom miške na predmet ali v World Outlinerju. S tem se pokažejo tri puščice za vse tri smeri v prostoru – x, y, z. Predmet lahko premikamo ročno ali z vnosom številk v oknu details. S pritiskom na tipko za presledek se puščice spremenijo v kroge in z njimi lahko spreminjamo naklon objekta v stopinjah.



Slika 13: Premik predmeta v Unreal Engine

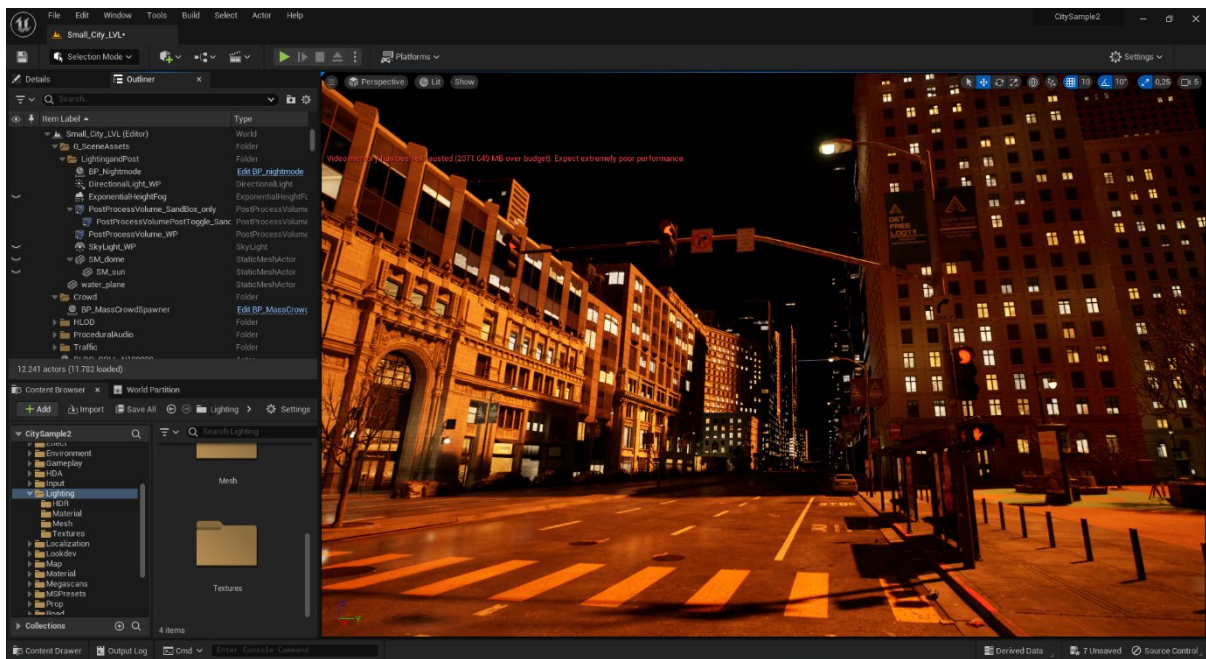
Vir: (Lastni vir)

3.2.2 Premik svetlobe

Če držimo CTR+L lahko s premikom miške v realnem času spreminjamo vir svetlobe in tako ustvarjamo različne čase v dnevu. V oknu details je možnih še več možnosti prilagajanja jakosti, barve in temperature svetlobe, kar nudi dodatne možnosti ustvarjanja okolice.

Na spodnji sliki je bila večina naravnih virov svetlobe izklopljenih ali prilagojenih, tako da je nastal občutek umetno osvetljene okolice v nočnem času.

Vsa svetloba je tudi prilagodljiva v realnem času, tako da lahko z nekaj kliki zamenjamo okolje, ne da bi bilo potrebno dolgotrajno preračunavanje programa.



Slika 14: Mesto s spremenjeno svetlobo

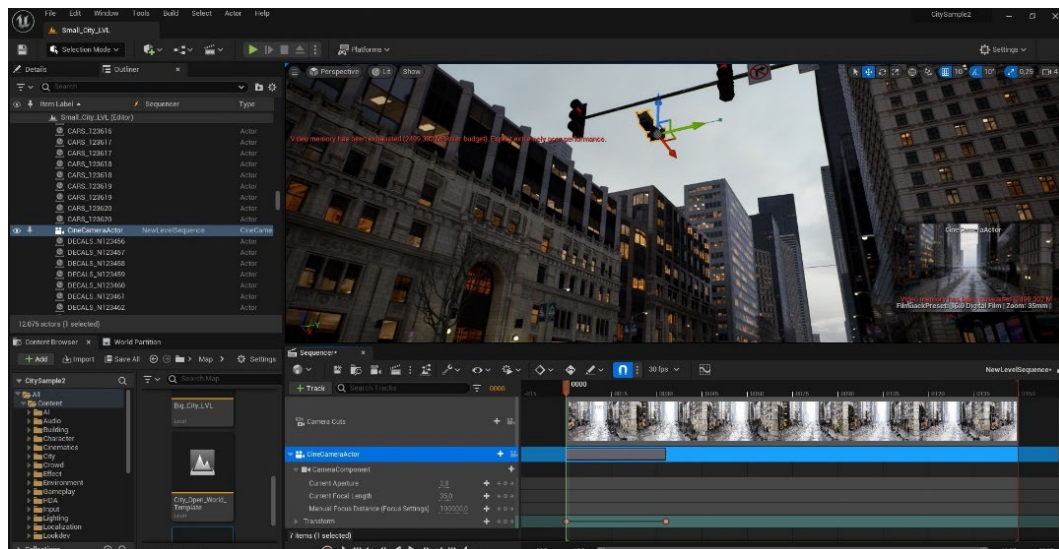
Vir: (Lastni vir)

3.2.3 Virtualna kamera

Eden glavnih elementov programa za uporabo v filmski industriji je uporaba virtualnih kamer. Te omogočajo snemanje prizorov iz sicer nemogočih kotov in hkrati prenos realnih premikov fizične kamere v virtualno okolje.

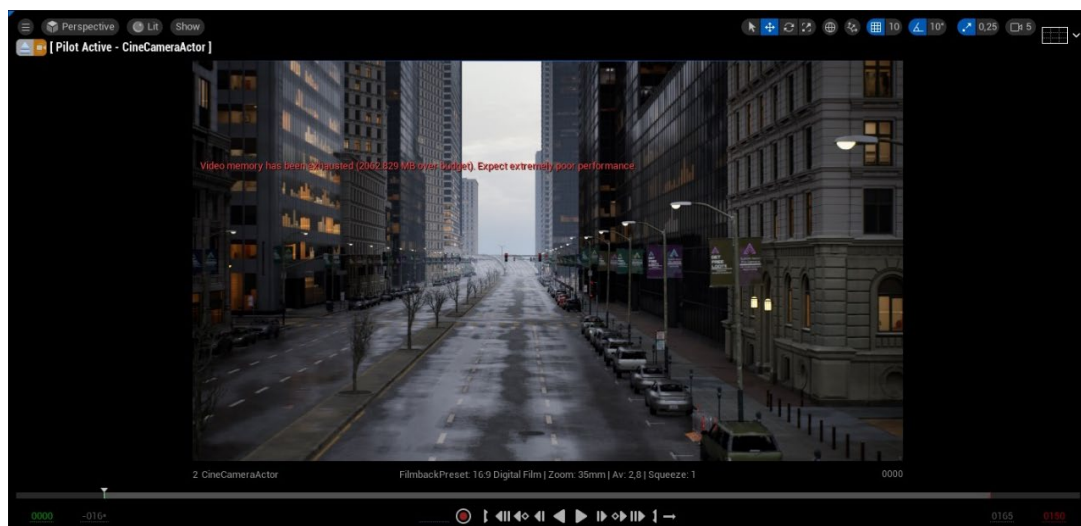
Cine Camera Actor je ena izmed virtualnih kamer in vsebuje nastavitve, ki posnemajo obnašanje kamere v realnem okolju. Možno ji je prilagoditi nastavitve ohišja, objektiva in ostrine. Ohišja kamer vsebujejo seznam prednastavljenih lastnosti fizičnih kamer. Te nastavitve vplivajo na velikost senzorja, vidno polje in razmerje stranic.

Ko izberemo Cine Camera Actorja, se v Level Viewportu desno spodaj pojavi novo okno, kjer lahko vidimo zorni kot kamere in kakšne nastavitve ima.



Slika 15: Virtualna kamera v zraku in novo majhno okno njenega vidnega polja

Vir: (Lastni vir)



Slika 16: Povečano okno vidnega polja virtualne kamere

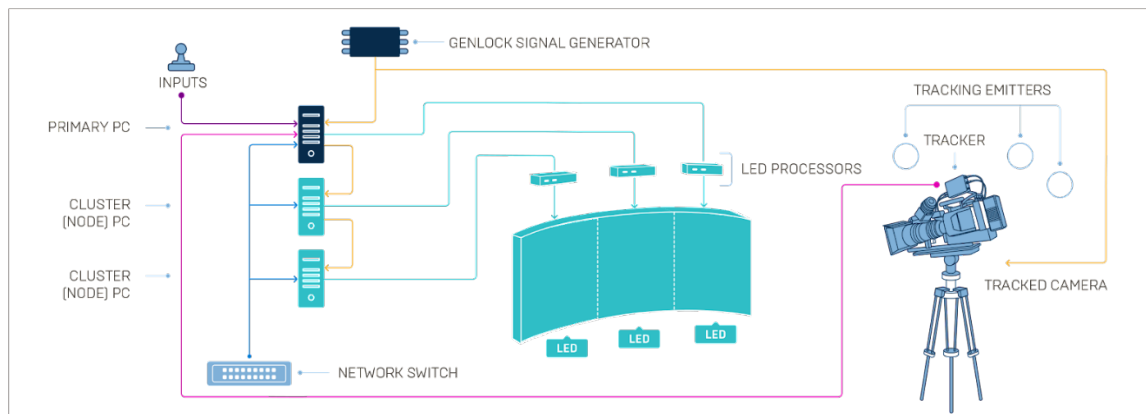
Vir: (Lastni vir)

3.2.4 *Live link*

»S funkcijo Live Link lahko povežemo Unreal Engine z drugimi fizičnimi napravami.«
(Kadner, 2021)

»S sledilniki, kot na primer Vive Tracker, lahko v 3D-prostoru z oddajniki ter preko programa Steam VR prenesemo premike prave kamere na virtualno kamero v okolju Unreal Engine.«
(Want, 2021)

S tem lahko pri virtualni produkciji vplivamo na premik ozadja v realnem času, če imamo za igralci dovolj veliko površino, na katero lahko prenesemo okolje. V večini se večje video produkcije odločajo za ozadja z LED paneli.



Slika 17: Diagram uporabe kamere s sledilniki pri virtualni produkciji

Vir: (<https://docs.unrealengine.com/5.1/en-US/in-camera-vfx-quick-start-for-unreal-engine/>)

3.3 Razširjenost Unreal Engine in Unity na področju video produkcije

Unreal Engine in Unity sta dva najbolj priljubljena programa za ustvarjanje visokokakovostnih videoiger. V zadnjih desetih letih je začela oba uporabljati filmska industrija zaradi fotorealističnih podob, ki jih zmoreta prikazovati v realnem času.

Podjetje Epic Games, ki je lastnik Unreal Engine, na svoji spletni strani program opisujejo kot osrednjega v virtualni produkciji, ki je vodilni in še naprej razvija vse vidike produkcijskega procesa. To navedbo krepi dejstvo, da imajo na svoji spletni strani navedenih 27 partnerjev, ki so vsi ogromna podjetja. Med njimi so Profile Studios, Sony, Stargate Studios, Stiller Studios, The Third Floor, Sutdio BROS, Animatrik, VFX Lab, ARRI, Nvidia, Halon Entertainment, ILM x LAB in LUX Machina.

»Leta 2017 je družba Walt Disney objavila, da bo Epic Games med podjetji, ki bodo del Disney Accelerator programa, ki pomaga graditi prihodnost medijev in zabave. Ta je zasnovan tako, da povezuje Disneyjeva portfeljska podjetja z ustvarjalnostjo in strokovnim znanjem družbe The Walt Disney Company ter udeležencem omogoča dostop do Disneyjeve vodstvene ekipe in podpore. V letih pred tem so že Unreal Engine umestili v njihove tematske parke ter filme *Vojna zvezd*.« (Kayser, 2017)

Ta podpora bo program le dodatno razširila po svetu. »Disney je leta 2016 z letnim prihodkom 55,6 milijarde dolarjev bil med 30 najuspešnejšimi ameriškimi podjetji.« (Kayser, 2017)

»Vodja filmske in televizijske industrije pri Epic Games, Miles Perkins, je dejal, da so zaradi naložb studiev, odrskih kompleksov in podjetij VFX svoje zmogljivosti lahko povečali in tako podpirajo 300 studiev. V letu 2019 so jih le tri.« (Giardina, 2022)

Te produkcije so proizvajale ene izmed najbolj dovršenih filmov zadnjih let: *Ahsoka*, *Thor: Love and Thunder*, *Ant-Man and the Wasp: Quantumania*, *Star Trek: Discovery*, *Megalopolis*, *Bullet Train* in druge.

Zraven hollywoodske filmske industrije tudi »eno najbolj znanih podjetij za vizualne učinke *The Third Floor*« (Epic Games, 2020) in Netflixove produkcije, kot na primer »*Space Sweepers*«, uporabljajo program Unreal Engine (Choi, 2021).

Na drugi strani se podobno kakovosten program Unity uporablja več v drugih industrijah, saj je skozi leta bil še ena priljubljena izbira pri ustvarjanju videoiger in virtualnih okolij. Najde pa se tudi pri filmskih produkcijah. »Pri filmski industriji je bil Unity na področju virtualne produkcije prisoten pri novejših filmih, kot so Jungle Book ter Blade Runner 2045.« (Lindgren, 2021)

Čeprav sta bila Unity in Unreal Engine vedno konkurenčna pri izdelavi videoiger, zdaj deluje, kot da Unity sledi Unreal Engine, ki se je v zadnjih letih ustalil kot osnova za virtualne video produkcije. »Unity se še vedno uporablja pri modernih video produkcijah.« (Zargarpour & Samandari, 2022)

»Začetki Unreal Engine segajo v leto 1998, Unity pa je bil izdan leta 2005 in je bil prvotno namenjen le Applovim operacijskim sistemom« (Wirtz, 2023), kar je verjetno tudi eden od razlogov za trenutno razliko v priljubljenosti.

Zelo podrobno primerjavo obeh programov je opravil Anthony Koithra, ki pravi: »Verzija Unreal Engine 5 prevladuje v večini aspektov nad verzijo Unity 2021.x, ker je novejša in ima boljše funkcije, na katere Unity še nima odgovora.« (Koithra, 2022)

Prav te posodobitve in izredno hiter napredek so temeljne lastnosti, ki Unreal Engine postavljajo na prvo mesto pri izbiri programa za virtualno video produkcijo.

3.4 Predstavitev lastnih projektov

Diplomsko delo sem začel pisati, ko sem bil na praktičnem izobraževanju v Berlinu, in sicer v podjetju AVA Studios, ki ustvarja videospote. Tam sem prvič dobil priložnost spoznati Unreal Engine v praksi.

Predstavil bom tri videospote, ki vsebujejo prizore, ustvarjene v Unreal Engine, in pri katerih sem sodeloval. To so bili *Xandria – Reborn*, *Malcolm Baez – Superlove* in *Ross Antony – So ein schöner Tag*.

Pri teh smo uporabljali hibridni način virtualne produkcije. To pomeni, da smo določene prizore z izvajalci posneli pred zelenimi zasloni in jih naknadno umestili v okolje, ustvarjeno v Unreal Engine.

Pri vseh snemanjih sem bil na prizorišču kot pomočnik. Pripravljal sem scenografijo, postavljal luči in zeleni zaslon, ustvarjal veter s puhalnikom listja ter dež s prilagojeno vodno cevjo.

V postprodukciji sem z napotki sodelavca ločil osebe od zelenega zaslona in jih umestil v okolje Unreal Engine. V tem sem urejal pokrajine in z režiserjem ustvarjal premike virtualne kamere. Zraven teh sem v Unreal Engine spreminjal gostoto megle, animiral določene predmete, kot je leteča ladja v videu *So ein schöner Tag*, ustvarjal učinke, kot je na primer superherojski pristanek v videu *Superlove*, in vstavljaval vizualne učinke v *Reborn*.

Pri *Reborn* so bili prizori iz Unreal Engine uporabljeni za sekvenco, kjer se pevka prebudi v puščavi in se spopade s temnimi silami. Vzporedno se s konvencionalnimi posnetki odvija sekvenca, kjer skupina izvaja pesem. Te prizore smo snemali v starem kopališču v Leipzigu. Pri tem videospotu sem osebe ločil od zelenega ozadja in jih umestil v okolje Unreal Engine. Na koncu smo uporabili samo prizore s pevko in jim dodali vizualne učinke. Pesem govori o preporodu, saj je to prva pesem skupine z novo pevko.

Pri *So ein schöner Tag* so bili vsi prizori snemani pred zelenim zaslonom. Uporabljali smo številne rekvizite za dodatno zlivanje obeh okolij. Tako smo sestavili podlago za lutko opice, da je lahko sedela na nivojih, kot so bili ustvarjeni v okolju Unreal. Namestili smo lestev, po kateri se je pevec povzpел, in to kasneje vstavili v Unreal Engine, da izgleda, kot da je plezal na letečo ladjo. Pripravili smo rjuho in košaro za piknik, kar sem nato umestil v okolje Unreal. Video prikazuje pevca in opico, s katero se spoprijatelji na tako lep dan.

Pri *Superlove* je bila večina posnetkov ustvarjenih pred zelenim zaslonom. Dodatno je bil en prizor pred črnim ozadjem in pod lučmi, še en pa zunaj pod dežnikom. V Unreal Engine sem s

sodelavcem postavljaj pevca v razne zanimive prostore. Kmalu zatem sem z veseljem sprejel izziv narediti superherojski pristanek pevca. V Adobe Premiere Pro sem posnetek njegovega skoka in pristanka ločil od zelenega ozadja ter ga vstavil v okolje, ki ga je pripravil sodelavec. Iz Unreal Engine je izvozil premik kamere v ustvarjenem digitalnem okolju. To sem nato uporabil kot ozadje. Velikost pevca sem animiral glede na lokacijo, premik pa prikazal z njegovo zameglitvijo. Temu sem dodal elemente, kot so iskre in padajoče kamenje, ki sem jih snel s spleta. Na koncu sem kompoziciji dodal še tresljaj kamere, da deluje, kot da je sila njegovega pristanka premaknila gledalca. Video na eni strani prikazuje pevca v raznih fantastičnih prostorih, vzporedno pa prikazuje njegovo interakcijo z dekletom.

Od začetka snemanja do oddaje prve različice videospota smo v povprečju imeli na voljo dva tedna časa.

V nadaljevanju je nekaj lastnih slik iz snemanj in postprodukcije teh projektov. Več slik iz končanih videospotov je v prilogi.



Slika 18: Snemanje pevke pred zelenim zaslonom za videospot Reborn

Vir: (Lastni vir)



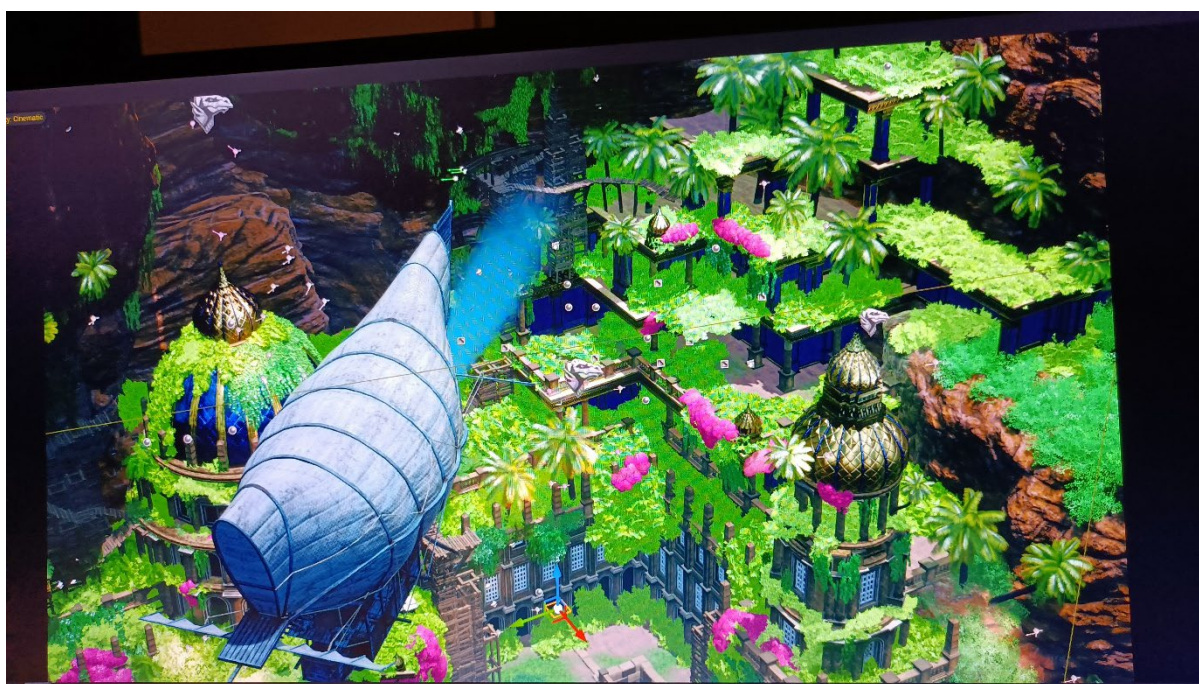
Slika 19: Urejanje materiala za videospot Reborn

Vir: (Lastni vir)



Slika 20: Snemanje videospota So ein schöner Tag

Vir: (Lastni vir)



Slika 21: Animiranje letеče ladje v Unreal Engine za videospot So ein schöner Tag

Vir: (Lastni vir)



Slika 22: Snemanje videospota Superlove

Vir: (Lastni vir)



Slika 23: Kader iz dokončanega videospota Superlove

Vir: (Lastni vir)

4 PRIMERJAVA VIRTUALNE IN KONVENCIONALNE VIDEO PRODUKCIJE

Nekateri ljudje v filmski industriji realnočasovno virtualno filmsko produkcijo enačijo z iznajdbo modrega in zelenega zaslona, drugi jo primerjajo s preskokom iz nemega na zvočni film. Tretji pravijo, da je to dobrodošel spomin na čas, ko še ni bilo tako obsežne postprodukcije in so vse odločitve morale biti sprejete v predprodukciji.

»Veliko ljudi misli, da je to velika in draga stvar, saj naše delo vključuje hollywoodske filmske uspešnice. Toda v resnici obstaja veliko možnosti za veliko več filmov in projektov, in mislim, da bo Unreal Engine omogočil množičen dostop do tovrstnih orodij in zmožnosti.« (Edwards C., v Virtual production on the battlegrounds of “Game of Thrones”, 2020)



Slika 24: Primer LED stene pri virtualni produkciji

Vir: (<https://www.premiumbeat.com/blog/virtual-production-for-filmmakers/>)

4.1 Cena

Cena je zelo fleksibilna in odvisna od potreb produkcije. Na splošno velja, da večja kot je površina, dražji je najem ali nakup. Zato je ključno, da produkcije premislijo, kolikšen volumen LED prizorišč potrebujejo.

Eden od razlogov za uporabo virtualne produkcije je potreba po številnih različnih lokacijah. Če bi v enem dnevu morali posneti deset različnih lokacij, bi bilo to verjetno bolj poceni posneti v virtualnem okolju, ker bi prihranili čas in denar za premik na fizične lokacije.

»Vsaka ura predprodukcije je vredna dveh ur produkcije.« (Alexander Z., v *The Virtual Production Field Guide*, Volume 1, 2019, str. 3)

»1 ura pri snemanju reklame na konvencionalnem prizorišču lahko stane 100.000,00 \$ ali 500.000,00 \$, in če je potrebno menjavati lokacije, se ta čas hitro sešteva. Zato je lahko virtualna produkcija ugodnejša rešitev.« (Harner S., v *On Set with the Latest In-Camera VFX Feature Set in UE 4.27 | Spotlight | Unreal Engine*, 2021, 3: 40)

Drugi od razlogov za uporabo virtualne produkcije je, če želimo specifični čas dneva, ob katerem bi snemali. Tako lahko snemamo več ur v svetlobi virtualnega sončnega zahoda, kar lahko prihrani dodatne snemalne dneve.

Prihranek pri virtualni produkciji pride tudi zaradi manjšega obsega dela v postprodukciji.

»Od zelenega zaslona je boljše, ker se ne rabi maskirati ven ljudi. Ampak, če je vredno milijon dolarjev? Odvisno od tega, kako pogosto bi uporabljali LED steno. Stena je tudi sama po sebi draga. Potem pa še strojna oprema, ki mora to vse poganjati. Produkcija mora sama pri sebi vedeti, če in zakaj potrebuje to drago okolje. Morajo tudi vedeti, kaj so stvari, ki jih ne morejo narediti brez virtualnega studia, ter če se jih res ne da rešiti na drug način.« (Want, 2021)

»Z oskarjem nagrajeni strokovnjak za vizualne učinke Ben Grossmann, čigar podjetje Magnopus je bilo ključno pri razvoju delovnih postopkov virtualne produkcije za filma Jona Favreauja *Knjiga o džungli* in *Levji kralj*, ocenjuje, da lahko stroški za izgradnjo prizorišča LED za virtualno produkcijo znašajo **od 3 do 30 milijonov dolarjev**. Odvisno je od velikosti LED stene in strukturnega inženiringa – izmenični tok in napajanje, podpora za teže stene, dodatna razsvetljava in tehnologija za sledenje kameram itd. Poleg tega je lahko vsebina, ki se projicira na stene LED za snemanje, najdražji element v postopku; ta kompleksna, v celoti računalniško obdelana okolja lahko zahtevajo od štiri do šest mesecev dela umetnikov VFX.« (Giardina, 2022)

Konkretni prihranek je navedla serija Snowfall, ki prikazuje Los Angeles v 80. letih prejšnjega stoletja. »Z uporabo virtualne tehnologije so prihranili približno 50.000 dolarjev na epizodo.« (Beacham, 2022)

4.2 Potek dela

Pri virtualni produkciji se faza postprodukcije skoraj v celoti premakne v predprodukcijo. S tem se premakne tudi čas dela celotnih ekip in načrtovanja projekta. Vse odločitve o virtualnem okolju morajo biti sprejete na začetku, pred produkcijo.

»Ko osvetlimo virtualno lokacijo, takoj vidimo, kako bo osvetljeno prizorišče. Uporaba Unreal Engine nam omogoča osvetlitev, popravljanje kompozicije in ustvarjanje učinkov hkrati. Kar napravimo v programu, se prikaže na prizorišču.« (Peter S., v Why Real-Time Technology is the Future of Film and Television Production, 2017, str. 10)



Slika 25: Primer prizorišča pri virtualni produkciji

Vir: (<https://docs.unrealengine.com/5.1/en-US/in-camera-vfx-production-test-sample-project-for-unreal-engine/>)

Upodabljanje v realnem času pomeni, da virtualno okolje ustvarijo pred snemanjem prizora, nato pa se med snemanjem upodablja v realnem času. Kamera tako zajema hkrati akcijo pred LED steno in dinamično ozadje na njej.

S sledilniki kamere je mogoča tudi paralaksa. Ker je okolje 3D, se s premikanjem kamere v realnem času spreminja okolje na LED steni. »Če gre kamera višje, se tudi obzorje okolja premakne. Preko mrežnega kabla je možno tudi povečevanje in ostrenje fizične kamere prenesti na virtualno.« (Resolution Productions Group, 2021)

»Za igralce je bolj resnično. Si predstavljate, da bi teden dni sedeli na modelu vlaka pred zelenim zaslonom? Virtualna produkcija vam omogoča, da ste tam. Vsi se počutijo, kot da so na vlaku, kar je neizmerna pomoč igralcem in režiserju.« (Nicholson S., v *The Virtual Production Field Guide*, Volume 1, 2019, str. 79)

Ko torej pridejo ljudje na prizorišče, takoj vidijo, kakšno je okolje, v katerem bodo delali. Če celotna ekipa vidi, kako je videti okolje, namesto da ugibajo, kaj predstavlja zeleni zaslon, se igralci lahko odzovejo na to, kar dejansko vidijo, snemalci pa lahko lažje načrtujejo kadre in osvetljavo.

»V mnogih pogledih produkcijski dan postane izvajanje skrbno potrjenega načrta namesto ugibanja, kot se pogosto zdi pri konvencionalnih produkcijah z zelenimi zasloni.« (Kadner, 2019)

4.3 *Produkcijska ekipa*

Ena od prednosti tega načina produkcije je, da vsi oddelki skupaj delajo na isti viziji in so bolj povezani kot pri konvencionalnih produkcijah. Drugačna tehnologija pa potrebuje tudi drugačen kader, ki mora biti prisoten ob snemanjih.

»Toda tehničnega in operativnega učinka te tehnologije, ki občutno zmanjša potrebo po veliki ekipi ter odpravlja potrebo po delu in potovanju do lokacije, ni mogoče preceniti.« (Kadner, 2021)

Čeprav očitno potrebujemo manj ljudi za delo na virtualnih prizoriščih, vseeno potrebujemo tri nove oddelke.

»Prvi so inženirji za virtualne učinke, ki skrbijo za pravo skladanje realnega in virtualnega sveta ter LED zaslone. Naslednji so ustvarjalci vizualnih učinkov. Ti gradijo virtualni svet.

Potrebuje pa še nadzornika virtualne produkcije, ki zagotavlja, da se igralci, ekipa in naročniki med produkcijo razumejo in lahko skupaj načrtujejo virtualne elemente. Ti trije oddelki dopolnijo konvencionalno sestavo produkcijske ekipe.» (Kadner, 2021)

4.4 Ustvarjanje lokacij

Pri ustvarjanju virtualnih okolij se lahko po teh sprehodimo tudi z očali za virtualno resničnost. Tam lahko s krmilniki premikamo elemente in jih prilagajamo našim željam. V knjižnici Megascans lahko 3D-skenirane slike pravih lokacij uporabimo v naših projektih in s tem ustvarimo fotorealistične pokrajine.

Za razliko od njih smo pri konvencionalni produkciji odvisni od fizične lokacije. Po navadi je ne moremo veliko spreminjati. Uporabimo lahko le različne zorne kote ali pa se premaknemo na drugo lokacijo. Pri tem načinu produkcije smo omejeni z resničnim svetom. Če imamo na razpolago več sredstev, pa lahko pa tudi fizično zgradimo prizorišče in želeno scenografijo, kot to počnejo večje produkcije.

Na koncu je izbira virtualne ali realne okolice spet odvisna od naših potreb in proračuna.

Je pa svetloba pri virtualni produkciji z LED stenami ena največjih prednosti pred uporabo zelenega zaslona. »Svetloba, ki jo oddajajo LED paneli, omogoča, da je vse dogajanja pred njimi osvetljeno s svetlobo virtualne lokacije. To se najbolj opazi v svetlečih ali prozornih predmetih, kot so okna, steklo in kovine. To zelo olajša delo osvetljevalcem ter ekipi vizualnih učinkov.« (Resolution Productions Group, 2021)

Vsa svetloba virtualne lokacije je spremenljiva. Tako lahko spreminjamo barve le določenih delov prizorišča. Ena zelo všečna lastnost je tudi konstantna svetloba ob danem času dneva. Tako lahko imamo na primer cel snemalni dan svetlobo sončnega zahoda.

So pa ena težava LED panelov »moire« vzorci, saj v principu snemamo ekran.

»Vzorec moire nastane takrat, ko senzor v kameri vidi vzorec, ki se ustvari zaradi prostora med diodami na LED zaslonu.« (Kadner, 2021) Tega se lahko znebimo z bolj kakovostnimi paneli, ki imajo manjše diode, vendar je cena teh veliko višja. To težavo se da odpraviti tudi s tem, da ozadje ni nikoli čisto izostreno, saj se dogajanje odvija nekaj metrov pred paneli.

»Sicer pa je rešitev tudi zamenjava kamere z drugo, ki ima drugačno velikost senzorja. Možna opcija je tudi zamenjava objektiv.« (Seymour, 2020)

Moramo pa pri virtualni produkciji dodaten čas v predprodukciji nameniti ogledovanju in pripravljanju virtualne okolice in ne moremo kar vstopiti vanjo kot pri pravi lokaciji. Čeprav je tudi pravo lokacijo treba obiskati, da dejansko vidimo, kaj ponuja, in urediti potrebna dovoljenja. S tem oba načina produkcije potrebujeta svoj čas za pripravo snemalnih lokacij.

4.5 Fizične lokacije virtualnih studiev

»Septembra 2020 je bilo po vsem svetu več kot 120 večjih LED studiev, njihovo število pa konstantno narašča.« (Kadner, 2021)

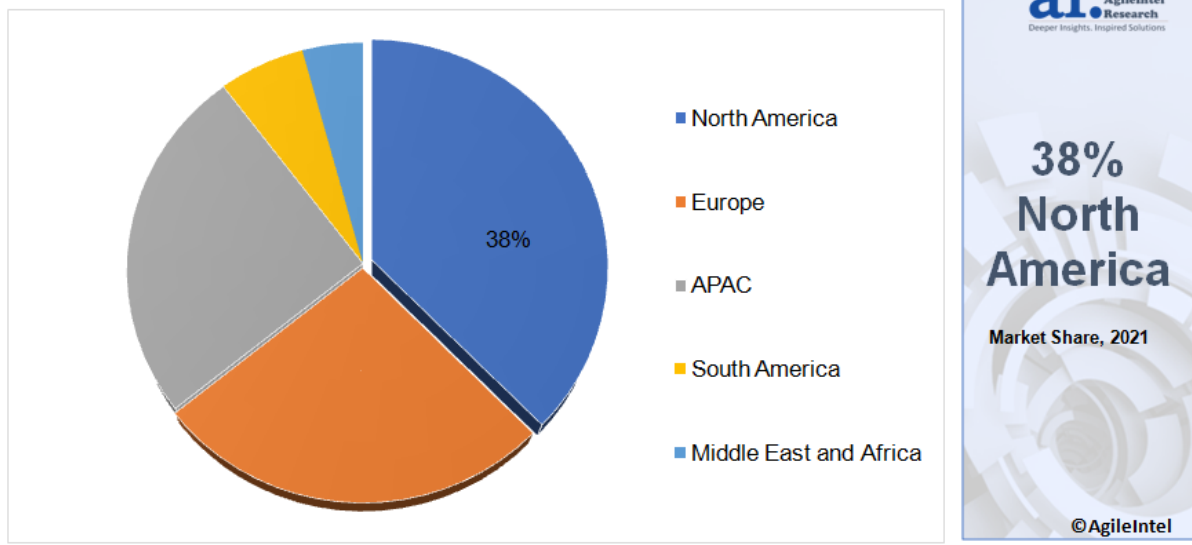
Največji med njimi je v Vancouvru. »Prizorišče je široko 24,3 m in visoko 8,3 m ter pokriva površino 2.044 m². V kupoli je na stenah 2.500 LED panelov, na stropu pa dodatnih 760.« (Campos, 2022)

Tudi v Evropi se število virtualnih studiev povečuje. »Največ, 13, jih je še 2021 bilo v Združenem kraljestvu, vendar se jih veliko najde tudi po drugih evropskih državah. Eno izmed novejših virtualnih prizorišč je 2021 nastalo v Potsdamu v Nemčiji in se imenuje Dark Bay Stage. Tam so za Netflix snemali serijo z naslovom 1899.« (British Cinematographer, 2022)

»Globalni trg virtualne produkcije je bil leta 2021 ocenjen na 1,56 milijarde ameriških dolarjev.« (AgileIntel Research, 2022) »Ocenjujejo, da bo do leta 2030 vreden 6,78 milijarde ameriških dolarjev.« (Grand View Research, 2023)

Ni presenetljivo, da Severna Amerika vodi na tem področju. »2021 so si lastili kar 38-% delež celotnega svetovnega trga virtualne produkcije. To število sicer zajema vse od filmske in TV industrije do videoiger.« (AgileIntel Research, 2022)

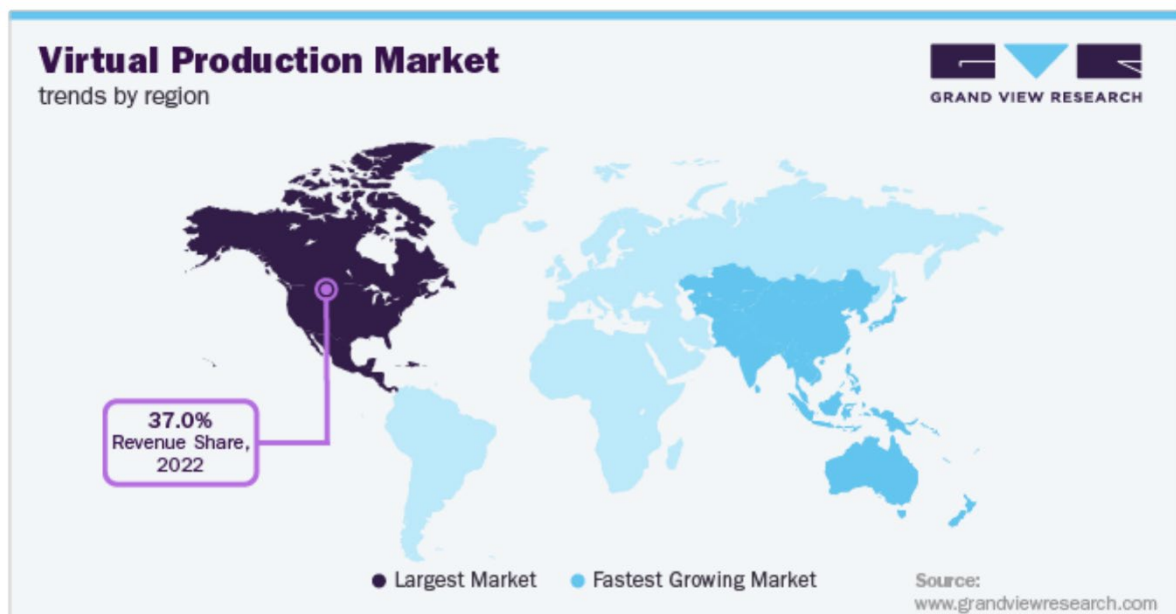
Global Virtual Production Market by Region in 2021, %



Slika 26: Globalni trg virtualne proizvodnje po regijah v letu 2021

Vir: (<https://www.agileintelresearch.com/reportdetails/Global-Virtual-Production-Market/10>)

Leta 2022 je na trgu še vedno prevladovala Severna Amerika, ki je imela 37-odstotni delež. »To je mogoče pripisati obsežni uporabi virtualne produkcije v večjih filmskih studiih v regiji, vključno z NBC Universal, Viacom CBS, Warner Media in Walt Disney Studios. Poleg tega razvoj regionalnega trga podpirajo tudi znatna vlaganja podjetij v raziskovalne in razvojne dejavnosti za razvoj naprednih programskih rešitev za virtualno produkcijo.« (Grand View Research, 2023)



Slika 27: Globalni trg virtualne proizvodnje po regijah v letu 2022

Vir: (<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-production-market#:~:text=The%20global%20virtual%20production%20market,17.8%25%20from%202022%20to%20230>)

»Če še pogledamo razlike v finančni podpori med Francijo, Združenim kraljestvom in ZDA, ki jo države namenijo filmski industriji, opazimo, da so produkcije v ZDA v zadnjem desetletju prejemale vsote, ki so bile konstantno vsaj dvakrat višje od teh v Evropi.« (Messerlin in Parc, 2020)

S tem vidimo, da se virtualna produkcija več uporablja na ameriškem kot na evropskem trgu.

5 PRIMERJAVA PRODUKCIJ SERIJ THE MANDALORIAN IN THE EXPANSE

Da bi na praktičnih primerih odkril prednosti in slabosti produkcije z virtualno scenografijo, sem se odločil za primerjavo dveh novejših serij, ki obe uporabljata veliko število posebnih in vizualnih učinkov in se veliko časa odvijata v vesolju. Ena od teh pri produkciji uporablja LED kupole in virtualno scenografijo, druga pa stavi na uveljavljeno postavljanje fizičnih prizorišč in uporabo modrega zaslona.

Prva je serija The Mandalorian, ki jo opisujejo kot akcijsko vesoljsko western serijo in je postavila temelje novega načina virtualne produkcije, ki se je razširil po vsem svetu. Na drugi strani pa je serija The Expanse, ki jo uvrščajo pod znanstveno fantastiko in pri kateri so zgradili večino fizičnih prizorišč in uporabili utečen potek ustvarjanja vizualnih učinkov.

Obe seriji sta prejeli veliko priznanih nagrad in imata po svetu veliko oboževalcev.

5.1 *The Mandalorian*

The Mandalorian je ameriška vesoljska western serija, ki spada v svet Vojne zvezd. Dogaja se pet let po padcu Imperija v filmu Jedijska vrnitev (Epizoda VI) in 25 let pred filmom Sila se prebuja (Epizoda VII). V glavni vlogi je Mandalorian, lovec na glave na obrobju galaksije.

Serija velja za projekt, ki je ustalil način virtualne produkcije z realnočasovnim premikom virtualne okolice in uporabo LED kupole, imenovane The Volume, ki igralce potopi v virtualni svet.

Prvi del je izšel 12. 11. 2019. Do zdaj so na voljo tri sezone, vsaka z osmimi deli.

Na spletni strani IMDb ima trenutno oceno 8,7 s 489.916 glasovi, na Rotten Tomatoes pa povprečno oceno občinstva 92 %.



Slika 28: The Mandalorian (desno)

Vir: (<https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/4NfSgAgDEutHdgRKaLsAHn.jpg>)

5.2 *The Expanse*

Prva sezona *The Expanse* je izšla štiri leta pred *The Mandalorian* in je uporabljala ustaljen način produkcije s fizičnimi prizorišči in modrimi zasloni. Nekateri serijo imenujejo Igra prestolov v vesolju. Zadnji del šeste sezone je bil objavljen 14. 1. 2022.

The Expanse je ameriška znanstvenofantastična serija, ki se odvija 300 let v prihodnosti. Takrat je človeštvo že zasedlo večino sončnega sistema. Ob odkritju tuje molekule se vse obstoječe napetosti stopnjujejo do potencialne vojne med planeti v sončnem sistemu.

Serija daje velik poudarek na potencialno resnično prihodnost, zato so bili tudi vpleteni ljudje, ki se spoznajo na vesoljske fizikalne zakone. Prav tako so imeli pri izdelavi predmetov prisotne ljudi NASE, ki so podajali svoja mnenja. Ta pozornost na podrobnosti se opazi pri okoljih, ki so bila v večini fizično zgrajena. Vsi notranji prostori vesoljskih ladij dejansko obstajajo in ta občutek resničnosti občuti tudi gledalec.

Na spletni strani IMDb ima trenutno oceno 8,5 s 156.046 glasovi, na Rotten Tomatoes pa povprečno oceno občinstva 92 %.



Slika 29: Kader iz serije *The Expanse*

Vir: (<https://www.hudsandguis.com/home/2021/theexpanse>)

5.3 Proračun

»Prva sezona **The Mandalorian** je imela proračuna okrog 100 milijonov dolarjev ali 12,5 milijona na epizodo.« (Clark, 2019) To jo uvršča med najdražje serije modernega časa. Ustvarjena je bila za Disney+, ki je naročniška storitev pretakanja videov na zahtevo, kot so na primer Netflix, Amazon Prime Video in HBO Max.

»Disney je 30. oktobra 2012 kupil Lucasfilm Ltd za 4,06 milijarde dolarjev in s tem pravice za nadaljevanje franšize Vojna zvezd.« (Fink, 2022) To je danes opazno s številnimi izidi novih serij.

»Velik del stroškov pri The Mandalorian je šel za izgradnjo studia in uporabo virtualnih okolij.« (Cataldo, 2022) Te so potopile igralce v digitalno okolje s pomočjo LED zaslonov in upodabljanja okolice v realnem času.

The Expanse je last zasebnega podjetja Alcon Entertainment in proračun ni nikjer javno objavljen. Je pa na spletu veliko drobtin, s katerimi lahko sestavimo spodnjo in zgornjo mejo proračuna.

Serijo so večkrat opisovali kot Igro prestolov v vesolju, a je Bob Munroe, nadzornik vizualnih učinkov in producent serije napisal: »Nimamo niti približno tako velikega proračuna kot Igra prestolov.« (Munroe B., 2017) Tako lahko trdimo, da en del ni stal več kot 6 milijonov, kot povprečna epizoda Igre prestolov.

Na drugi strani imamo intervjuje, v katerih sta avtorja knjig, po katerih je serija posneta, hudomušno povedala: »Serija je večmilijonska promocija za knjige.« (Miller, 2020) Torej je spodnja meja serije okrog milijon dolarjev na en del.

Še bolj zanesljiva stvar, ki jo imamo na voljo, so proračuni podobnih serij. »Ti se gibljejo med 3 do 4 milijoni.« (Mui, 2018) Tako lahko zagotovo rečemo, da je serija v tem rangu.

Za lažjo primerjavo in pregled sem napravil spodnjo preglednico, ki vsebuje pomembne podatke za analizo obeh oddaj. Podatki so bili posredovani s spletne strani www.IMdb.com.

Tabela 1: Primerjava serij The Mandalorian in The Expanse

Serijska	The Mandalorian	The Expanse
Proračun	12,5 milijona dolarjev na epizodo – 100 milijonov za prvo sezono	3,5 milijona dolarjev na epizodo – približno 40 milijonov za prvo sezono
Distributer	Disney+	Syfy (s. 1-3), Amazon Prime Video (s. 4-6)
Število epizod	24	62
Število sezon	3	6
Začetek produkcije	Oktober 2018	Oktober 2014
Objava prvega dela	12. 11. 2019	23. 11. 2015
Kraj produkcije	Manhattan Beach Studios, Los Angeles.	Pinewood Toronto Studios, Toronto
Uporaba virtualnih realnočasovnih scenografij	Da	Ne
Uporaba modrega zaslona	Da	Da
Število glavnih snemalnih lokacij	3	2

Vir: (Lastni vir)

5.4 Snemalne lokacije

Pri produkciji **The Mandalorian** so uporabili tehnologijo Stagecraft, ki jo je ustvarila družba Industrial Light and Magic. Ta je omogočila, da so v kupolnem studiu The Volume v Manhattan Beach Studios posneli skoraj polovico prizorov. Z uporabo LED panelov in naprednimi računalniškimi programi so ustvarili virtualne lokacije, pred katerimi so se odvijale akcije.

»The Mandalorian je prva produkcija, ki uporablja upodabljanje v realnem času in video stene za učinke v kameri, kar je bila nujnost, saj smo skušali ugotoviti, kako bi produkcijo izvedli v tem časovnem okviru in s tem proračunom, a še vedno dosegli celoten videz, ki smo ga vajeni videti,« je povedal izvršni producent in snovalec serije Jon Favreau v Disney Gallery Star Wars: The Mandalorian (S01E04, 05:25).



Slika 30: Virtualno prizorišče pri The Mandalorian

Vir: (<https://techcrunch.com/2020/02/20/how-the-mandalorian-and-ilm-invisibly-reinvented-film-and-tv-production/>)

»Prva sezona je bila skoraj izključno snemana v Kaliforniji. Z uporabo kupolnega studia smo prihranili stroške, ki se pojavljajo pri snemanjih na oddaljenih lokacijah.« (Coldewey, 2020)

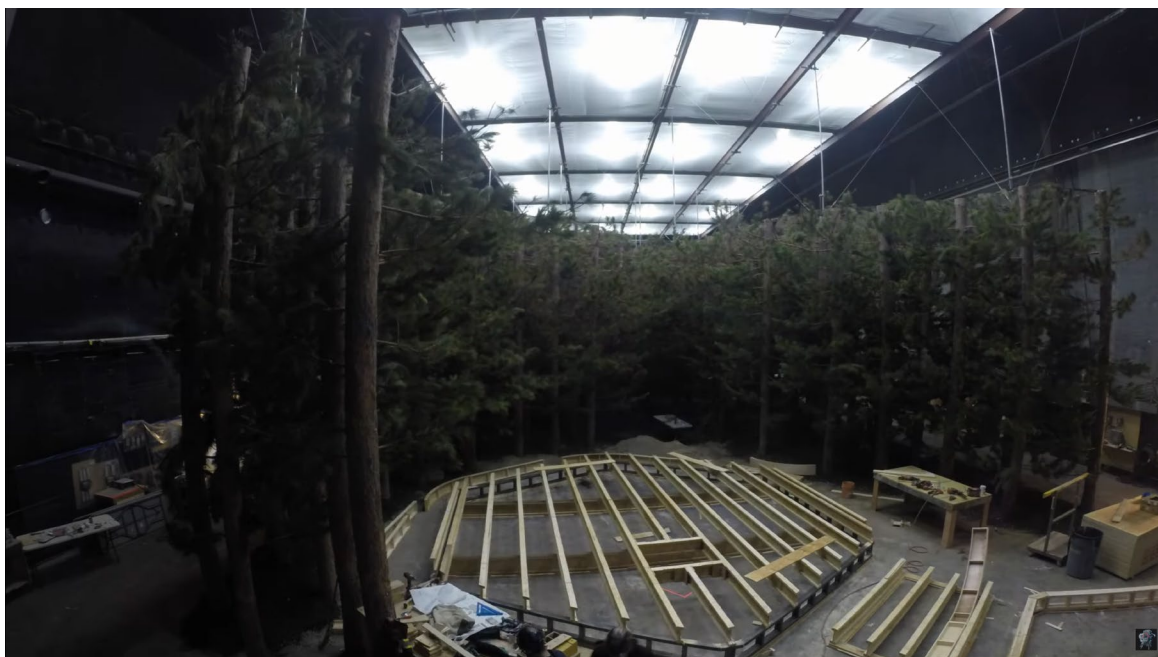
»Druga polovica snemanja se je odvijala v zunanjem studiu El Segundo nekaj kilometrov stran od glavnega studia.« (Shibuya, 2020)

Eden glavnih razlogov za snemanje od zunaj so bili akcijski prizori, ki so vključevali večje posebne učinke. »Te so snemali s pomočjo zelenih zaslonov in se tako izognili potencialnim poškodbam LED stene.« (Goodley, 2022)

Na drugi strani kontinenta pa so v Torontu snemali serijo **The Expanse**. Tam se nahaja tudi Pinewood Toronto Studios, kjer so snemali večino prizorov. »Območje sestavlja 10 velikih studiev ter eden še večji Mega studio s površino 4280 m². Zraven teh so na voljo tudi zunanje snemalne lokacije, s skupno 8 ari površine, kar skupno tvori enega izmed največjih snemalnih prostorov v Severni Ameriki.« (Pinewood Toronto Studios, 2023)

S tako velikim območjem je bila serija v večini snemana na teh lokacijah. »So pa tudi uporabili zgradbe, ki že obstajajo v Torontu, in njihov izgled uporabili za druge zgradbe v seriji. Tako sta bili dve glavni snemalni lokaciji Pinewood Toronto Studios in mesto Toronto.« (Biswas, 2022)

Ker je The Expanse znanstvenofantastična serija, so veliko stvari snemali z modrimi zasloni v studiih. Je pa zanimivo, da so producenti vseeno želeli imeti čim več realnih konstrukcij, zato je bila večina notranjosti vesoljskih plovil izdelana v celoti. »Postavili so tudi celoten gozd in na prava debela dreves pritrdili veje v obratni smeri, saj se je v seriji ta gozd nahajal na drugem planetu in naj bi izgledal drugače kot na Zemlji. Na strop studia so pritrdili luči in tako posnemali dnevno svetlobo. Sredi mrzle kanadske zime so tako lahko brez težav snemali znotraj. Okoli prizorišča pa so namestili modra platna, da so kasneje v postprodukciji dopolnili dele lokacije.« (Danelon, 2022)



Slika 31: Drevesa na prizorišču pri The Expanse

Vir: https://www.youtube.com/watch?v=nK6mkaAeadc&ab_channel=ChrisDanelon

5.5 *Produkcija*

»Ena od stvari, ki smo jih želeli narediti, je opustiti zelene zaslone in poskrbeti, da bo Vojsna zvezd delovala v obliki televizijske oddaje. Vedeli smo, da potrebujemo tehnološko inovacijo, ki bo premaknila meje in zagotovila rešitev za produkcijo. V sodelovanju z Jonom Favreauom, Greigom Fraserjem, ILM (*Industrial Light & Magic*), Epic Games in drugimi smo prišli do zamisli o uporabi tehnologije video sten,« je povedal Richard Bluff, nadzornik vizualnih učinkov pri seriji **The Mandalorian** (Baver, 2020).

»The Volume je kupola v studiu, ki vsebuje potrebno konstrukcijo za virtualno scenografijo. Ta zajema ukrivljen 20-metrski 270-stopinjski video LED zid, sestavljen iz 1326 LED zaslonov.« (Baver, 2020)

»Nad njim je strop, ki je sestavljen iz šibkejših LED zaslonov, ki služijo bolj za ustvarjanje svetlobe okolja kot pa za dejansko visokokakovostno scenografijo.« (Coldewey, 2020)

»V notranjosti kupole je bil 22-metrski uprizoritveni prostor, kamor so postavili fizične rekvizite ter dele scenografije, ki so prostor navidezno zlili z ozadjem in ustvarili prepričljivo okolje.« (Baver, 2020)



Slika 32: Snemanje pri The Mandalorian

Vir: (<https://blog.filmsupply.com/articles/5-takeaways-from-editing-the-mandalorian/>)

»Pri snemanju so ugotovili, da je ekipa z virtualno produkcijo posnela na dan 30–50 % več kot na konvencionalnih snemanjih.« (Bredow, 2021)

S pomočjo programa Unreal Engine je bilo možno ustvariti paralakso. Tako se je ozadje spreminjalo glede na pozicijo kamere. Zraven tega, da so okolje dejansko videli igralci in režiser, je to pomenilo manj dela v postprodukciji in hkrati manj stroškov za menjavo lokacij.



Slika 33: Primer virtualne scenografije pri The Mandalorian

Vir: (https://www.youtube.com/watch?v=Ufp8weYYDE8&ab_channel=Insider)

»Polovico vseh prizorov so posneli v kupoli.« (Seymour, 2020) »V prvi sezoni so uporabili več kot 60 fotorealističnih realnočasovnih okolij, ustvarjenih v Unreal Engine. Zraven teh so v postprodukciji vseeno dodatno ustvarili več kot 4000 posnetkov z vizualnimi učinki.« (Industrial Light & Magic, brez datuma)

Industrial Light & Magic (ILM) je podjetje, ki se ukvarja z ustvarjanjem vizualnih učinkov in ga je George Lucas ustvaril leta 1975 za film Vojna zvezd.

»ILM je definiral industrijo vizualnih učinkov in še vedno je v njenem ospredju. Zato so bili prisotni tudi pri produkciji te serije in so z drugimi hišami za vizualne učinke skupaj ustvarjali vizualne učinke pri The Mandalorian.« (Watters, 2021)

Glede poteka dela je producent Doug Chiang dejal: »Vse je tekoče – dizajni gredo naprej in nazaj že od faze predprodukcije. Celotna ekipa je skozi vključena. Ni več pred- in postprodukcije, ampak je vse skupaj en velik proces. Popravki scenografije se delajo sproti, če komu kaj ne ustreza ali se spremenijo deli zgodbe. V večini pa se dizajni stvari ne spremenijo od zasnove do konca postprodukcije.« (Bluff, Doug, & Jones, 2021)



Slika 34: Prikaz končnega rezultata snemanja pri The Mandalorian (desno spodaj)

Vir: (<https://www.fxguide.com/featured/art-of-led-wall-virtual-production-part-one-lessons-from-the-mandalorian/>)

V celoti je snemanje prve sezone trajalo pet mesecev – od začetka oktobra 2018 do konca februarja 2019.

Pri **The Expanse** pa je snemanje prve sezone trajalo od 29. 10. 2014 do 27. 3. 2015, torej tudi pet mesecev. Za razliko od Mandaloriana tukaj niso uporabljali virtualnih okolij v realnem času, ampak so jih v konvencionalnem načinu dodali posnetkom v postprodukciji.

»V seriji The Expanse je veliko več modrih zaslonov in računalniških grafik kot samo za vesoljska plovila in razširitev prizorišč. Samo v prvem dejanju prve epizode je 80 posnetkov VFX – to je norost,« je povedal nadzornik vizualnih učinkov Robert Munroe (Cospective, brez datuma).



Slika 35: Uporaba modrega zaslona pri produkciji The Expanse

Vir: (https://www.youtube.com/watch?v=NvqorYw72B8&list=PLJtitKU0CAeiFIQUX81qqt4laVWfa-Gtz&index=16&ab_channel=AdamSavage%E2%80%99sTested)

»Za ustvarjanje vseh digitalnih okolij, vesoljskih sekvenc, animacij bitij, digitalnih dvojnikov, simulacij učinkov in drugih stvari v postprodukciji so potrebovali običajno do sedem mesecev.« (Allain, 2021)



Slika 36: Primer uporabe tehnike »chroma key«

Vir: (https://www.youtube.com/watch?v=UQTaH1HcxwI&ab_channel=MovieVFX)

»Serija je zelo obsežna z vidika vizualnih učinkov. Imeli smo veliko lepo oblikovanih fizičnih konstrukcij, ampak je seveda bilo še prisotnih nekaj modrih zaslonov. Poleg modrih zaslonov, ki razširjajo prizorišča, se je treba zavedati, da se serija večinoma dogaja v vesolju, zato so ogromne ladje in bitke v celoti digitalne. (...) Všeč mi je, ko vidim, kako se vse skupaj sestavlja – od konceptov umetniškega oddelka, gradnje scenografije do zdaj, ko v postprodukciji vidim, kako je ekipa za vizualne učinke dokončala scenografije in prizore,« je povedala Cailin Munroe, koordinatorka vizualnih učinkov pri *The Expanse* (Munroe C., 2015).

Ustvarjalci so dali velik poudarek na fizično scenografijo in delujoče rekvizite, kot so pametni zasloni. »To je pri glavnem plovilu pomenilo izdelavo tri nadstropja velike konstrukcije. V prvi sezoni so potrebovali dva meseca za pripravo vseh notranjih prostorov vesoljskih ladij. Te premične konstrukcije smo lahko uporabili večkrat ali jih z malo spremembami uporabili kot nove lokacije.« (Danelon, 2022)



Slika 37: Fizične konstrukcije pri The Expanse

Vir: (https://www.youtube.com/watch?v=O2ICDTv3VJA&list=PLJtitKU0CAeiFIQUX81qqt4laVWfa-Gtz&index=18&ab_channel=AdamSavage%E2%80%99sTested)



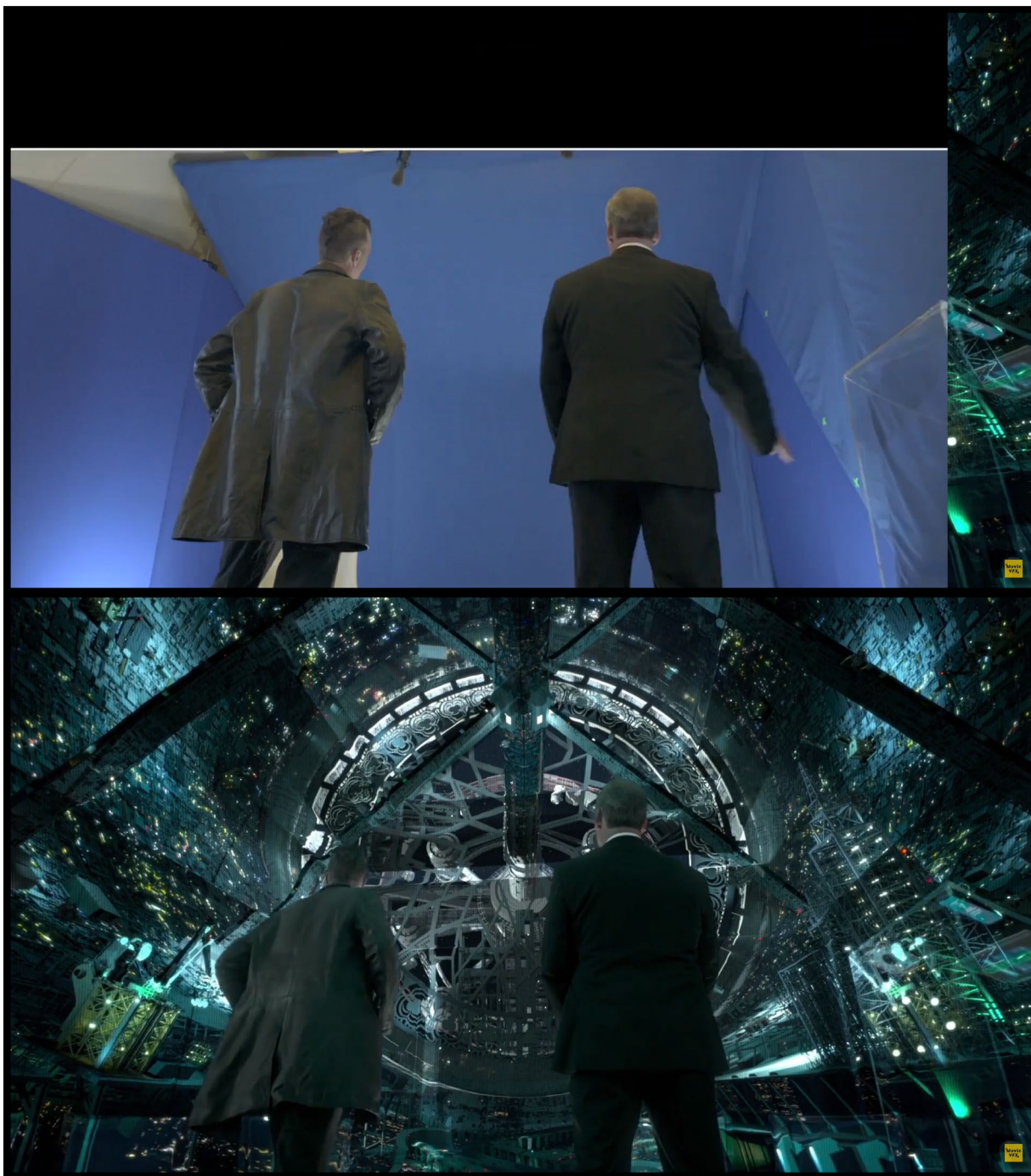
Slika 38: Adam Savage in producent Tony Ianni v konstrukciji ene od vesoljskih ladij

Vir: (https://www.youtube.com/watch?v=O2ICDTv3VJA&list=PLJtitKU0CAeiFIQUX81qqt4laVWfa-Gtz&index=18&ab_channel=AdamSavage%E2%80%99sTested)

Na sodelovanje so povabili tudi razne znanstvenike in sodelavce NASE, da bi ustvarili čim bolj realna vesoljska plovila in predmete.

»To je pomenilo, da je moral biti vsak zaslon videti kot delujoč. Čeprav je to zahtevalo veliko časa in dodatnega dela, menim, da je bila to dobra odločitev, ki se je oddaji obrestovala. Imeli smo srečo, da nas je med tretjo sezono obiskal nekdanji astronaut agencije NASA – ki je z nami razpravljal o Nasini filozofiji oblikovanja. To se je ujemalo s tem, za kar smo si prizadevali v oddaji, in ker sam prihajam iz vojaškega okolja, sem poskušal čim bolj upoštevati splošne vojaške smernice oblikovanja,« je povedal Rhys Yorke, grafični oblikovalec pri The Expanse (The Expanse UI Design, 2021).

Ekipa je od tretje sezone (2017) naprej uporabljala Unity za virtualno oblikovanje prizorišč. »Prednost je bila v tem, da je Unity že dolgo obstajal in smo lahko vsa navodila in pomoč našli na spletu. (...) Ostale produkcije zelo rade uporabljajo Unreal Enginem,« pa je pojasnil glavni oblikovalec za virtualno okolje pri The Expanse Chris Danelon (Danelon, 2021).



Slika 39: Primer razsežnosti vizualnih učinkov pri The Expanse

Vir: (https://www.youtube.com/watch?v=UQTaH1HcxwI&ab_channel=MovieVFX)

5.6 Primerjava z drugimi serijami

Za še natančnejšo vzpostavitev možnih vzporednic med proračunom, uporabo realnočasovnih virtualnih scenografij in prepričljivostjo okolja sem primerjal še druge priljubljene serije tega časa.

Tabela 2: Primerjava priljubljenih serij

Seriya	Game of Thrones	The Expanse	Westworld	The Mandalorian	The Rings of Power	Andor
Proračun na epizodo (v USD)	6 mio (s. 1) 15 mio (s. 8)	3,5 mio	9 mio (s. 1-3) 20 mio (s. 4)	12,5 mio	58 mio	15-25 mio
Distributer	HBO	Syfy (s. 1-3), Amazon Prime Video (s. 4-6)	HBO	Disney+	Amazon Prime Video	Disney+
Število epizod v sezoni	10 (s. 1-6) 7 (s. 7) 6 (s. 8)	10 (s. 1, 4, 5) 13 (s. 2, 3) 6 (s. 6)	10 (s. 1, 2) 8 (s. 3, 4)	8	8	12
Število sezon	8	6	4	3	1	1
Trenutno število vseh epizod	73	62	36	24	8	12
Začetek produkcije	Julij 2010	Oktober 2014	Avgust 2014	Oktober 2018	Februar 2020	November 2020
Objava prvega dela	17. 4. 2011	23. 11. 2015	2. 10. 2016	12. 11. 2019	2. 9. 2022	21. 9. 2022
Kraj produkcije	Hrvaška, Maroko, Združeno kraljestvo, ZDA idr.	Pinewood Toronto Studios, Toronto	Kalifornija, Arizona, Singapur, NYC	Manhattan Beach Studios, Los Angeles.	Nova Zelandija, Združeno kraljestvo	Združeno kraljestvo
Uporaba virtualnih realnočasovnih scenografij	Ne	Ne	Od 3. sezone naprej	Da	Ne	Ne
Uporaba modrega zaslona	Da	Da	Da	Da	Da	Da
Število glavnih snemalnih lokacij	53	2	22	3	6	5

Vir: (Lastni vir)

Game of Thrones (Igra prestolov) je v svojih desetih letih snemala večino prizorov v studiih in na lokacijah po Evropi. Na njih so v različnih obsegih bili uporabljeni zeleni zasloni.

Je najstarejša serija v tej primerjavi, saj je prvi del izšel že leta 2011. Že za takrat ogromen proračun »6 milijonov dolarjev na epizodo se je v zadnji sezoni leta 2019 več kot podvojil, na 15 milijon dolarjev za epizodo« (Hedash, 2022).

»Pri zadnji sezoni so začeli uporabljati Unreal Engine za predvizualizacijo prizorov, ki so bili ogromnih razsežnosti. S tem so pomagali celotni produkcijski ekipi načrtovati in izpeljati snemanja. Ogromen proračun je šel predvsem v upodabljanje velikih bojev.« (Epic Games, 2020)



Slika 40: Kader iz serije Game of Thrones

Vir: (<https://www.unrealengine.com/es-ES/spotlights/virtual-production-on-the-battlegrounds-of-game-of-thrones>)

Znanstvenofantastična serija **Westworld** je v tretji sezoni (2019) začela uporabljati LED zaslone kot scenografijo pri naknadnih snemanjih določenih prizorov.

Miles Perkins, direktor poslovnega razvoja pri Unreal Engine, je povedal: »Namesto da bi igralci in ekipa poleteli na lokacijo v Španijo, smo prizorišče virtualno poustvarili v studiu v Los Angelesu.« (Vü, brez datuma) To je zmanjšalo stroške in čas, povezan s postprodukcijo.

Hkrati pa je že od začetka (2014) serija s povprečno 9 milijoni dolarji na en del predstavljala ogromno tveganje za takratni čas. Zraven visokih honorarjev igralcev je večina stroškov šla v ustvarjanje izrednih vizualnih učinkov.

Izvršni producent J. J. Abrams je dejal: »Produkcijska vrednost te stvari je absurдна. Ampak to je HBO. Takšen je njihov način dela.« (Goldber, 2016)



Slika 41: Kader iz serije Westworld

Vir: (<https://www.nytimes.com/2020/03/11/arts/television/westworld-season-3.html>)

Doslej najdražja serija na svetu pa je lanskoletna **The Lord of the Rings: The Rings of Power** (Gospodar prstanov: Prstani moči), ki razširja svet Gospodarja prstanov na male zaslone. »Prva sezona je produkcijo stala 465 milijonov ameriških dolarjev, z dodatnimi 250 milijoni, porabljenimi za zakup pravic do dodatkov, ki jih je Tolkien vključil na koncu svojih knjig in niti ne zajemajo glavne zgodbe Gospodar prstanov.« (Weaver, 2022)

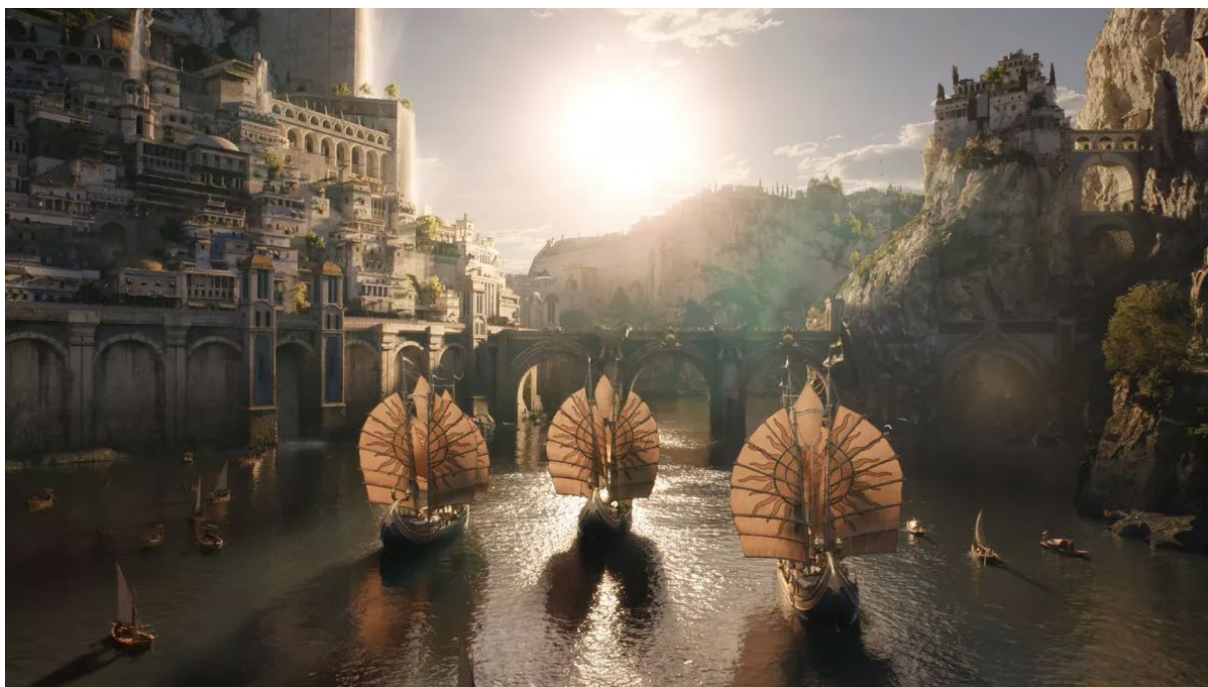
Čeprav so tesno sodelovali s produkcijo, ki je ustvarila Stagecraft oziroma LED kupolo The Volume za snemanje The Mandaloriana, so se pri The Rings of Power odločili, da ne bodo

uporabljali LED sten za ponazarjanje okolice, ampak bodo raje snemali na lokacijah, da bi ohranili občutek, ki ga je ustvarila originalna trilogija filmov Gospodar prstanov.

Ron Ames, ustvarjalec vizualnih učinkov, je dejal: »Virtualno produkcijo smo uporabljali na vseh področjih, vendar nismo uporabljali LED sten, ker smo se odločili za snemanja na lokaciji. Uporaba The Volume bi bila za nas zapletena. Če pogledate naše posnetke, so široki in obsežni. Poskus, da bi to zajeli na steni LED, bi bil nemogoč.« (Power, 2022)

So pa enega od novih načinov virtualne produkcije uporabljali za predvizualizacijo okolja, podaljševanje prizorišč in ustvarjanje računalniških elementov v kameri.

»Med snemanjem so lahko direktor fotografije, snemalec in igralci dejansko videli ta ozadja. Medtem ko nismo imeli stene LED, smo imeli Ncam, ki je v realnem času predvajal ozadja. Na tak način smo speljali na tisoče snemanj. Ko smo montirali in so voditelji oddaj gledali posnetke, smo jih sproti posodabljali. Na tisoče teh smo naredili z uporabo druge oblike virtualne produkcije, ki ne vključuje uporabe LED stene,« je povedal producent Ron Ames (Loftus, 2022).



Slika 42: Primer okolja pri seriji The Lord of the Rings: The Rings of Power

Vir: (<https://www.cgw.com/Publications/CGW/2022/October-November-December-2022/The-Lord-of-The-Rings-The-Rings-of-Power.aspx>)

Producenti pri **Andor**, najnovejši seriji iz sveta Vojne zvezd, v katerega spada tudi The Mnadalorian in sta obe v lasti Disneyja, pa so se odločili za drugo produkcijsko pot kot producenti Mandaloriana.

»Čeprav so imeli na voljo 15–25 milijonov ameriških dolarjev na en del serije, so te namenili pravim lokacijam in hkrati čim bolj omejili število računalniško generiranih podob.« (Friedman, 2022)

Ob tem, da je produkcijska ekipa imela na voljo vsa mogoča moderna orodja, so želeli ustvariti pristen občutek sveta, kot ga je imela izvirna trilogija Vojna zvezd.



Slika 43: Realno okolje pri seriji Andor

Vir: (<https://www.techradar.com/features/rebels-with-a-cause-how-andor-confidently-reinvents-star-wars-by-untraditional-means>)

»V Pinewood Studios v Združenem kraljestvu so na zunanjih 4 hektarih zgradili prizorišče za glavno mesto Ferrix. Lokacija je ekipi omogočila, da je lahko snemala v kateri koli ulici, v kateri koli stavbi in iz katerega koli zornega kota ter tako ujela najbolj divje, mirne ali eksplozivne trenutke na načine, ki jih z uporabo kupole The Volume ne bi bilo mogoče.« (Power, 2022)

Producent serije Tony Gilroy je povedal, zakaj niso uporabili LED kupole: »To, kar ljudje počnejo s to tehnologijo, je neverjetno. Toda težava je v tem, da ne moreš početi obojega [uporabljati The Volume in biti popolnoma svoboden]. Z veseljem bi uporabljali sistem The Volume – bil bi odličen za nas –, vendar ga ne moreš kombinirati. Če gledate našo serijo, boste videli, da je velika, široka in ljudje gredo ven iz določenih okvirjev. The Volume je fizično omejujoč – ne moreš preteči 100 metrov, naši igralci pa morajo biti tega sposobni. The Volume ne omogoča tega poteka dela. Čeprav je lep in neverjeten, ni ustrezal temu, kar smo želeli narediti. Naš direktor fotografije in epizodni režiserji so se lahko sprehajali po ulicah in snemali, kot so želeli, kar je odlično, saj se na koncu [prve sezone] zgodi ogromna stvar, ki je ne bi bilo mogoče posneti v The Volume. Mislim, da še nikoli nisem sodeloval v seriji, ki bi imela tako veliko prizorišče.« (Power, 2022)

Je pa kljub čudovitim lokacijam in posnetkom, ki serijo približujejo našemu pravemu svetu, serija imela slabšo gledanost kot The Mandalorian, čeprav so ji gledalci dali visoko oceno (91 % Rotten Tomatoes, 8,4 na IMDb) in »jo marsikdo smatra kot najlepšo in najboljšo serijo iz Vojne zvezd. Druga sezona je že v fazi produkcije.« (Everitt, 2022)



Slika 44: Kader iz serije Andor

Vir: (<https://www.techradar.com/reviews/a-blood-pumping-spy-thriller-that-might-be-the-best-star-wars-show-yet-andor-review>)

5.7 *Izsledki primerjave serij*

Opazil sem, da LED kupola in virtualna scenografija nista rešitev za vse produkcije.

Med sabo sem primerjal ene izmed najbolj priljubljenih in proračunsko mogočnih televizijskih serij zadnjega desetletja.

Game of Thrones je s prvim objavljenim delom leta 2011 najstarejša v tej primerjavi. V osmi sezoni (2017) so začeli uporabljati Unreal Engine za virtualno načrtovanje snemanj v predprodukciji. Tudi pri the Expanse so v tretji sezoni (2017) začeli uporabljati vizualno predprodukcijo, vendar z Unity. The Mandalorian je leta 2018 uporabil The Volume in tudi West World so nekatere dele prizorov posneli s pomočjo tega. The Rings of Power so imeli za celotno sezono na voljo 465 milijonov ameriških dolarjev in so se vseeno zaradi velikosti kadrov in želene upodobitve sveta raje odločili za snemanje na lokaciji s konvencionalnim podaljševanjem prizorišč z zelenimi in modrimi zasloni. Pri seriji Andor, ki je najnovejša izmed vseh in spada v isti svet kot Mandalorian, ki je populariziral način realnočasovne produkcije virtualnih okolij v kameri, pa so se odločili za snemanje na lokacijah, ker so želeli ohraniti pristnost občutka izvirne trilogije Vojne zvezd.

LED stene nudijo nov način video produkcije. Kot vsaka tehnologija ima tudi ta omejitve. V kupoli je tako na primer težko snemati prizore velikih razsežnosti.

So pa pri uporabi LED zaslonov in virtualne scenografije tudi številne prednosti, ki jih ni mogoče zanemariti. To so naravna osvetlitev okolja, hitro premeščanje okolja in potopljenost, ki celotno ekipo dejansko postavi v določeno okolje. To izjemno pomaga režiserjem in igralcem. Energija okolja in svetlobe vpliva na igralce ter na njihov nastop. Hkrati se lahko akcije dogajajo v okoljih, ki jih drugače ne bi mogli obiskati.

V primerjavi dveh sorodnih serij iz istega žanra ter iste družine The Mandalorian in Andor smo opazili, da sta obe imeli proračun na epizodo nad 10 milijoni ameriških dolarjev. Prva je večino teh porabila za uporabo LED kupole, druga pa za fizično izgradnjo lokacij. The Mandalorian je imel to prednost, da je bila prva serija Vojne zvezd, ki je bila namenjena za televizijske zaslone in je bila s tem deležna veliko več promocije kot najnovejši Andor, ki pa ga ljudje hvalijo kot najbolj vizualno spektakularno serijo Vojne zvezd, ki pa ima še vedno manjšo gledanost kot The Mandalorian.

V primerjavi z obema je The Expanse vizualno enako vrhunska serija, ki pa je uporabljala kombinacijo pravih in virtualnih okolij s proračunom le 3 milijonov ameriških dolarjev na del. Fizične lokacije izgledajo vrhunsko, prav tako kot virtualne. Prednost virtualnih je, da so bile izgrajene kasneje in so imeli čas za njihovo izpopolnjevanje.

The Mandalorian je od začetka snemanja do objave prve oddaje potreboval dobrih 13 mesecev, Andor pa 22. V primerjavi so pri The Expanse, kjer so tudi gradili večino prizorišč, potrebovali 13 mesecev. V teh produkcijskih časih je veliko spremenljivk in je težko trditi, da virtualne scenografije pospešijo celotno produkcijo. Je pa res, da je produkcijska ekipa pri The Mandalorian posnela 30–50 % več pri virtualni produkciji kot pri konvencionalni. Ostaja tudi dejstvo, da lahko lokacije hitro spreminjamo in veliko učinkov posnamemo že v kameri, kar olajša delo v postprodukciji.

Pri seriji Andor so se odločili za čim pristnejšo upodobitev okolja in tudi meni je to bolj všeč kot pa virtualno okolje. Treba pa se je zavedati, da z vedno bolj naprednimi paneli, strojno opremo in posodabljanjem programske opreme ne bo več mogoče razlikovati med naravnimi in virtualnimi ozadji, kar zna virtualno produkcijo ustaliti kot osnovo za nadaljnje produkcije.

Treba je še omeniti potek dela, ki spremeni celotno konvencionalno produkcijsko miselnost. Dobra stvar je, da vsi oddelki skozi celotno produkcijo sodelujejo, tako kot so v starih časih, ko še ni bilo tako razdelanih faz produkcije. Informacije, ideje in skice konstantno potujejo med celotno ekipo, ki skupaj dela na enotni viziji.

Na drugi strani pa je treba imeti izdelke in pokrajine izdelane pred začetkom snemanja in številni niso navajeni tega poteka dela.

Sam mislim, da so inovacije dobra stvar in da bo vedno več produkcij uporabljalo virtualne elemente ter digitalno tehnologijo za udejstvovanje njihovih idej. Je pa odvisno od posameznika, kaj, kako in s kakšnim namenom želi to prikazati.

6 ODZIV UMETNOSTI, OBLIKOVANJA IN MEDIJEV NA PODNEBNO KRIZO

V času pandemije smo bili priča novim načinom dela, ki so imeli pozitiven učinek na podnebno krizo in s tem povezano segrevanje planeta.

V letu, ko je večina ljudi delala od doma in komunicirala prek virtualnih srečanj, se je globalni izpust toplogrednih plinov občutno zmanjšal.

To se je zdaj spet spremenilo, saj veliko ljudi spet neomejeno potuje po svetu. Hkrati pa je dober del ljudi ohranil novo prakso. Podjetja so opazila, da je zanje in za zaposlene cenovno ugodneje, če jim ni treba vsak dan potovati na delovno mesto in nazaj. Tako je zdaj postalo delo na daljavo nekaj normalnega.

Prav tako so filmske produkcije, ki so ustvarjale z virtualno produkcijo, imele možnost nadaljevanja dela, saj so virtualne lokacije ustvarjali sami in so dejansko delovale brez večjih težav. Tako je bilo na primer tudi v Čikagu: »Filmsko produkcijo so uvrstili v skupino za obnovo gospodarstva po pandemiji. Država je tamkajšnji filmski produkciji omogočila dodatna sredstva za odprtje novih virtualnih lokacij. Hkrati pa ta tehnologija omogoča delovanje v sicer težavnih vremenskih pogojih in privablja nove produkcije v mesto.« (Resolution Productions Group, 2021)

Tudi vpliv na okolje je boljši, če celotne ekipe ne potujejo na drugo stran sveta in s tem ne povzročajo dodatnih emisij. Je pa dejstvo, da tudi studii virtualne produkcije potrebujejo določeno količino energije.

»En priljubljen LED panel ROE, DM 2.6 povprečno potrebuje 90 W za delovanje.« (ROE Visual, brez datuma) Če to pomnožimo s 300 za celotno ravno steno panelov ali s 1500 za celotni volumen kupole, si lahko predstavljamo, da je poraba energije kar precejšnja.

V idealnem primeru bi potrebna elektrika morala biti iz obnovljivih virov energije, kar pa vemo, da je eden od izzivov trenutne družbe. Tudi električni avtomobili niso tako nedolžni, saj za njihovo izgradnjo potrebujejo veliko spornih produktov, kot so litijeve baterije. Najpomembneje pa je spet, od kod pride ta električna energija za polnjenje teh akumulatorjev.

Reševanje planeta, okolja in naših življenj je kompleksen projekt, ki se ga v medijih vedno znova predstavlja, vendar se izvajanje tega premika prepočasi. »To je predvsem zaradi monopola industrije fosilnih goriv, ki poganja svet. Glavni proizvajalci emisij so velika podjetja

in ta valijo krivdo na končne kupce njihovih izdelkov. Edina stvar, ki jo lahko fizične osebe naredijo, je to, da volijo na pozicije politične moči ljudi, ki jim je mar za planet, in da ti poskušajo uvesti regulacije in spremembe na nacionalni ravni.« (Kurzgesagt - In a Nutshell, 2021)

Skozi medije ljudje vedno bolj zagreto poročajo o nujnosti sprememb in mislim, da bomo čez čas vsi uvideli, kam smo zabredli, upam le, da ne bo prepozno.

7 SKLEP

V diplomskem delu sem odgovoril na vprašanje, kaj virtualna video produkcija sploh je. Spoznal sem stvari, ki jih potrebujemo za njeno izvedbo in v katerih primerih jo je najboljšje uporabiti. Opazil sem, da največje video produkcije, ki uporabljajo virtualno produkcijo, uporabljajo LED kupole in Unreal Engine za realnočasovno predstavitev virtualnega okolja v fizičnem svetu.

S konstantnim posodabljanjem programske opreme, nepogrešljivo skupnostjo, ki s celega sveta zbira 3D-fotografirane predmete, ter sodelovanjem razvijalcev in uporabnikov je Unreal Engine trenutno najbolj priljubljena programska oprema za ustvarjanje virtualnih scenografij.

Znani obrazi filmske industrije ta novi način produkcije obravnavajo kot mejnik v filmski produkciji. V nekaj sekundah lahko menjamo virtualno lokacijo, ki s fotorealističnimi podobami zapolni prostor. Tako igralci, režiserji in nasploh vsi, ki sodelujejo pri produkciji, vidijo okolje in si lažje predstavljajo končni izdelek.

Spoznal sem, kako delujejo LED kupole za virtualno produkcijo. Na LED panelih je mogoče prikazati virtualne pokrajine. Na stropu je še en nabor panelov, ki služijo kot dodatna osvetlitev fizičnega prostora s svetlobo virtualnega sveta. S konvencionalnimi fizičnimi elementi scenografije, ki so v istem polju kot igralci, in ob LED steni dobimo najprepričljivejše zlivanje virtualne okolice z realno.

Kamera s sledilniki premika, povezana z Unreal Engine, pošlje te informacije virtualni kameri, ki povzroči, da se vidno virtualno okolje v fizičnem studiu premika skladno z dejanji snemalca.

Vse elemente v virtualnem okolju je mogoče spreminjati, tako da lahko brez težav na primer odstranimo ali dodamo gore, drevesa ali samo nekaj listov, da zapolnijo prostor. Vse barve in svetlobo je tudi mogoče uskladiti ali animirati. S tem lahko celoten snemalni dan snemamo s svetlobo sončnega zahoda. To je zelo velika prednost v primerjavi z zelenim zaslonom, kjer igralci ne vidijo, kaj se dogaja na platnu in v njihovem okolju.

Opazil sem, da je trg virtualne produkcije najbolj razširjen na ameriškem trgu, saj so tam izumili te nove načine produkcije. Hkrati je tam filmska industrija veliko večja kot na evropskem trgu. Postavitev celotnih LED kupol stane več milijonov dolarjev, a kljub temu zaradi možnosti snemanja različnih lokacij v istem prostoru produkcije vseeno beležijo prihranek ob njihovi uporabi.

Spoznal sem tudi, da je potek dela pri virtualni filmski produkciji precej drugačen kot pri konvencionalnem načinu. Večino dela, ki je bilo prej namenjenega postprodukciji, je pri virtualni produkciji zahtevanega v predprodukciji.

Zaradi priljubljenosti tega načina snemanja so filmski trg v zadnjem letu preplavili projekti, ki so uporabljali ta način virtualne produkcije, in ljudje so začeli biti pozorni nanje. Ljudje raje vidijo prave lokacije, ker jih te zgodbo prizemljijo. Je pa dejstvo, da z napredkom tehnologije ne bo mogoče več razlikovati med virtualnimi in resničnimi pokrajinami.

Z raziskovanjem tega področja sem tako prišel do zaključkov mojih hipotez.

H1: Pri visokopračunskih ameriških filmih so stroški virtualne filmske produkcije nižji od stroškov konvencionalne filmske produkcije. Hipotezo lahko potrdim, saj premik celotne produkcije na različna fizična prizorišča in poudarek na ustvarjanju vizualnih učinkov v postprodukciji predstavljata velik del stroškov hollywoodskih filmov, ki se z uporabo enega virtualnega prizorišča znatno znižajo, kar potrjuje dejstvo, da vedno več večjih produkcij uporablja ta način produkcije.

H2: Unreal Engine je najbolj priljubljen program za produkcijo virtualnih scenografij pri sodobnejših filmskih produkcijah. Hipotezo potrjujem. Unreal Engine je najbolj razširjen program na svetu za ustvarjanje virtualnih scenografij. Odlično sodelovanje razvijalcev in uporabnikov vseh povezanih področij program konstantno izboljšuje. Posodobitve pa so skladne s potrebami filmske industrije. Hkrati je program prosto dostopen vsem ljudem, ki želijo ustvarjati z njim.

H3: Virtualna filmska produkcija se več uporablja na ameriškem kot na evropskem filmskem trgu. Hipotezo potrjujem. Ameriška filmska industrija je večja kot evropska. Prav tako zajema tretjino celotnega svetovnega trga virtualne produkcije. Prvi koraki v smeri virtualne filmske produkcije so nastali tam. Z idejami in motivacijo za razvoj novega načina filmske produkcije, ki bi uporabljal moderno tehnologijo, so izpilili produkcijski postopek, ki se zdaj razširja po vsem svetu.

H4: Uporaba virtualnih prizorišč je manj škodljiva do podnebja kot uporaba konvencionalnih prizorišč. Virtualna prizorišča so lahko vseh oblik in velikosti. To je pomembno pri izračunavanju porabe energije. Vsekakor veliko prizorišče z 2000 LED paneli ni okolju najprijaznejša produkcija. Če imamo manjšo steno z varčnimi LED paneli, ker ne potrebujemo izjemnih podrobnosti, pa je to ugodnejša rešitev, kot če bi morala celotna ekipa potovati po svetu in s prevozi škoditi podnebjju. Tudi za snemanja, pri katerih bi potrebovali

več dni, na primer, ker ob določenem delu dneva ne dobimo potrebnih posnetkov, lahko z virtualnim prizoriščem v enem dnevu ob konstantni želeni svetlobi posnamemo vse. Najbolj okolju prijazna rešitev bi bila uporaba virtualnih prizorišč z elektriko, pridobljeno iz obnovljivih virov, kar pa je v trenutni realnosti za zdaj malo verjetno. Na koncu je vse odvisno od velikosti produkcije, posnetkov, ki jih potrebujemo, in vrste energije, ki jo porabimo za njihovo ustvarjanje.

Pod črto večje produkcije prihranijo denar in čas pri uporabi virtualnih prizorišč. S tem se bistveno zmanjša ogljični odtis celotne produkcije. Tako potrjujem hipotezo.

Proces pisanja tega diplomskega dela je bil izjemno zanimiv. Področje raziskovanja je bilo nekaj, kar je luč svet ugledalo v zadnjih letih in še vedno ustvarja valove po filmski industriji. Ko sem iskal članke, se učil programskega okolja, spremljal videe, ki so prikazovali zakulisje virtualne produkcije, in poslušal intervjuje znanih obrazov Hollywooda, ki so iskali optimalni delovni potek za ta novi način produkcije, sem se večkrat moral vrniti do nekaterih stvari, ki sem jih napisal prejšnje dni, in jih popraviti, ker se je celotni delovni proces še vedno razvijal na globalni ravni in se še zdaj ni ustavil.

Tako kot so bile za popularizacijo modrega zaslona zaslužne ekipe, ki so delale na viziji Georgea Lucasa in njegovi znanstvenofantastični franšizi Vojna zvezd, je bila zdaj, petdeset let za njim, ta franšiza spet razlog za napredek vizualnih umetnosti in nov mejnik filmske industrije.

Glede na to, kaj vse se je zgodilo v tej industriji v zadnjih letih in kako hitro napreduje računalniška tehnologija, se veselim prihodnosti, novih inovacij in predvsem novih filmov.

8 VIRI

- 5th Kind. (brez datuma). *What is Virtual Production? Definition & Examples*. Pridobljeno iz 5th Kind: <https://www.5thkind.com/post/what-is-virtual-production-definition-examples>
- AgileIntel Research. (22. april 2022). *Global Virtual Production Market - Trends, COVID-19 impact and Growth Forecasts to 2029*. Pridobljeno iz AgileIntel Research: <https://www.agileintelresearch.com/reportdetails/Global-Virtual-Production-Market/10>
- Allain, K. (2021). *Adapting to lockdown on Amazon's The Expanse Season 5*. Pridobljeno iz ftrak: <https://www.ftrack.com/en/portfolio/the-expanse-season-5>
- Baruh, B. (režiser). (2020). *Disney Gallery Star Wars: The Mandalorian, S01E04* [Film].
- Baver, K. (15. maj 2020). *This is the Way: How Innovative Technology Immersed Us in the World of The Mandalorian*. Pridobljeno iz Star Wars: <https://www.starwars.com/news/the-mandalorian-stagecraft-feature>
- Beacham, F. (2. junij 2022). *Virtual Production Comes of Age*. Pridobljeno iz Tv tech: <https://www.tvtechnology.com/opinion/virtual-production-comes-of-age>
- Biswas, S. D. (1. avgust 2022). *Where Was The Expanse Filmed?* Pridobljeno iz TheCinemaholic: <https://thecinemaholic.com/where-was-the-expanse-filmed/>
- Bluff, R., Doug, C., & Jones, A. L. (29. julij 2021). Behind The Screen - "The Mandalorian". (C. Giardina, Izpraševalec) Pridobljeno iz <https://www.hollywoodreporter.com/tv/tv-features/the-mandalorian-visit-to-corvus-detailed-thr-behind-the-screen-1234989119/>
- Bredow, R. (1. april 2021). *The Virtual Production of The Mandalorian Season Two*. Pridobljeno iz YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=-gX4N5rDYeQ&ab_channel=IndustrialLight%26Magic
- British Cinematographer. (22. julij 2022). *Virtual production studios for film and TV in Europe*. Pridobljeno iz British Cinematographer: <https://britishcinematographer.co.uk/virtual-production-studios-in-europe/>

- Campos, G. (19. maj 2022). *World's largest LED virtual production stage named*. Pridobljeno iz AV Magazine: <https://www.avinteractive.com/markets/media/worlds-largest-led-virtual-production-stage-revealed-19-05-2022/>
- Cataldo, A. (8. september 2022). *10 Most Expensive TV Series Ever Made*. Pridobljeno iz Collider: <https://collider.com/most-expensive-tv-series-ever-made/>
- Choi, J. (25. avgust 2021). *Netflix smash hit Space Sweepers harnesses Unreal Engine for real-time previs*. Pridobljeno iz Unreal Engine: <https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/netflix-smash-hit-space-sweepers-harnesses-unreal-engine-for-real-time-previs>
- Clark, T. (22. oktober 2019). *Disney's 'Star Wars' TV series, 'The Mandalorian,' cost \$100 million to make — but its Marvel shows cost even more*. Pridobljeno iz Insider: <https://www.businessinsider.com/budget-of-disney-plus-star-wars-series-the-mandalorian-2019-10>
- Coldewey, D. (1. februar 2020). *How 'The Mandalorian' and ILM invisibly reinvented film and TV production*. Pridobljeno iz TechCrunch: <https://techcrunch.com/2020/02/20/how-the-mandalorian-and-ilm-invisibly-reinvented-film-and-tv-production/>
- Cospective. (brez datuma). *The Expanse*. Pridobljeno iz Cospective: <https://cospective.com/news/the-expanse/>
- Danelon, C. (24. november 2021). *How The Expanse turned me into a Game Developer*. Pridobljeno iz YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=Rk6gw9OF7M&ab_channel=ChrisDanelon
- Danelon, C. (7. september 2022). *Laconia Set Tour (Season 6)*. Pridobljeno iz YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=nK6mkaAeadc&ab_channel=ChrisDanelon
- Danelon, C. (23. september 2022). *When the Scirocco became the Rocinante*. Pridobljeno iz YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=7JZQalqbaAk&ab_channel=ChrisDanelon
- Edwards, C. (18. marec 2020). *Virtual production on the battlegrounds of "Game of Thrones"*. Pridobljeno iz <https://www.unrealengine.com/es-ES/spotlights/virtual-production-on-the-battlegrounds-of-game-of-thrones>

- Epic Games. (2017). *Why Real-Time Technology is the Future of Film and Television Production*. Cary, North Carolina.
- Epic Games. (18. marec 2020). *Virtual production on the battlegrounds of "Game of Thrones"*. Pridobljeno iz Unreal Engine: <https://www.unrealengine.com/es-ES/spotlights/virtual-production-on-the-battlegrounds-of-game-of-thrones>
- Epic Games. (21. julij 2021). *On Set with the Latest In-Camera VFX Feature Set in UE 4.27 | Spotlight | Unreal Engine*. Pridobljeno iz YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=VZ6PUPz22j0&ab_channel=UnrealEngine
- Epic Games. (brez datuma). *Creating Actors*. Pridobljeno iz Unreal Engine Documentation: <https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/ProgrammingAndScripting/ProgrammingWithCPP/UnrealArchitecture/Actors/>
- Everitt, L. (20. oktober 2022). *With a \$15 Mil Budget per Episode, is Andor a Flop Already?* Pridobljeno iz Startefacts: https://startefacts.com/news/lucasfilm-is-not-done-with-star-wars-sequel-era-yay-we-guess_a133
- Fink, R. (29. oktober 2022). *Disney Purchased Star Wars 10 Years Ago: What is its Legacy?* Pridobljeno iz Movieweb: <https://movieweb.com/disney-star-wars-10th-anniversary/>
- Friedman, M. (22. oktober 2022). *Andor Viewership Disappoints Despite a Hefty Budget*. Pridobljeno iz Inside The Magic: <https://insidethemagic.net/2022/10/andor-viewership-disappoints-ed1/>
- Giardina, C. (19. oktober 2022). *Too Much Volume? The Tech Behind 'Mandalorian' and 'House of the Dragon' Faces Growing Pains*. Pridobljeno iz The Hollywood Reporter: <https://www.hollywoodreporter.com/business/digital/volume-house-of-the-dragon-stage-mandalorian-1235244158/>
- Goldber, L. (01. oktober 2016). *HBO's 'Westworld,' With \$100 Million Price Tag, Faces Huge Expectations*. Pridobljeno iz The Hollywood Reporter: <https://www.hollywoodreporter.com/tv/tv-news/hbos-westworld-100-million-price-934347/>
- Goodley, A. (8. februar 2022). *10 of the Most Expensive TV Shows Ever Produced*. Pridobljeno iz Rarest: <https://rarest.org/entertainment/expensive-tv-shows>

- Grand View Research. (2023). *Virtual Production Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component (Hardware, Software, Services), By Type, By End-user, By Region, And Segment Forecasts, 2023 - 2030*. Pridobljeno iz Grand View Research: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-production-market#>
- Hedash, K. (1. november 2022). *Game Of Thrones Budget Explained: How Much The Show Cost To Make*. Pridobljeno iz Screen Rant: <https://screenrant.com/game-thrones-budget-show-cost-explained/>
- HUDS+GUIS. (2021). *The Expanse UI Design*. Pridobljeno iz Huds and Guis: <https://www.hudsandguis.com/home/2021/theexpanse>
- Industrial Light & Magic. (brez datuma). *The Mandalorian (Season 1)*. Pridobljeno iz Industrial Light & Magic: <https://www.ilm.com/vfx/the-mandalorian/>
- Kadner, N. (2019). *The Virtual Production Field Guide, Volume 1*. Cary, North Carolina: Epic Games.
- Kadner, N. (2021). *The Virtual Production Field Guide, Volume 2*. Cary, North Carolina: Epic Games.
- Kadner, N. (7. september 2021). *Virtual Production Essentials: 10 Things to Know Before You Start Shooting*. Pridobljeno iz frame.io: <https://blog.frame.io/2021/09/07/10-things-to-know-about-virtual-production/>
- Kadner, N., Bath, A., Keegan, M., Morin, D., Perkins, M., Schneider, B., & Sylwan, S. (9. marec 2023). *Virtual production*. Pridobljeno iz The Virtual Production Glossary: <https://www.vpglossary.com/vpglossary/virtual-production/>
- Kayser, D. (11. julij 2017). *Epic Games Selected to Join Disney's Accelerator Program*. Pridobljeno iz Unreal Engine: <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/epic-games-selected-to-join-disneys-accelerator-program>
- Koithra, A. (14. junij 2022). *Real-time Animated Filmmaking: Unity or Unreal?* Pridobljeno iz Medium: <https://medium.com/locodrome/real-time-animated-filmmaking-unity-or-unreal-5b0e40a4f8ce>
- Kurzgesagt - In a Nutshell. (22. september 2021). *Can YOU Fix Climate Change?* Pridobljeno iz YouTube:

https://www.youtube.com/watch?v=yiw6_JakZFc&ab_channel=Kurzgesagt%E2%80%93InaNutshell

Lindgren, J. (16. november 2021). *Best Virtual Set Software For 3D Assets*. Pridobljeno iz Perforce: <https://www.perforce.com/blog/vcs/best-virtual-set-software>

Loftus, M. (2022). *The Lord of The Rings: The Rings of Power*. Pridobljeno iz Computer Graphics World: <https://www.cgw.com/Publications/CGW/2022/October-November-December-2022/The-Lord-of-The-Rings-The-Rings-of-Power.aspx>

Maher, M. (19. julij 2016). *How The Empire Strikes Back Perfected Blue Screen in the 1980s*. Pridobljeno iz PremiumBeat: <https://www.premiumbeat.com/blog/how-the-empire-strikes-back-perfected-blue-screen-in-the-1980s/>

Messerlin, P., & Parc, J. (9. august 2020). *The myth of subsidies in the film industry: a comparative analysis of European and US approaches*. Pridobljeno iz ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/344059534_The_myth_of_subsidies_in_the_film_industry_a_comparative_analysis_of_European_and_US_approaches

Miller, L. S. (16. december 2020). *'The Expanse' Creators on Season 5 & Why the Show's Ending Won't Be Like the Books*. Pridobljeno iz Collider: <https://collider.com/the-expanse-season-5-creators-interview-book-show-ending-differences/>

Mui, S. (1. junij 2018). *Quantifying The Expanse Cancellation: Diving Into the Numbers, Syfy, & the Future at Amazon*. Pridobljeno iz Destroy the comics: <https://www.destroythecomics.com/nerd-tv-shows/quantifying-the-expanse-cancellation-diving-into-the-numbers-syfy-the-future-at-amazon/>

Munroe, B. (2. marec 2017). <https://collider.com/most-expensive-tv-series-ever-made/>. Pridobljeno iz Reddit: https://www.reddit.com/r/TheExpanse/comments/5x3yij/incredible_the_expanse_production_values_and_vfx/

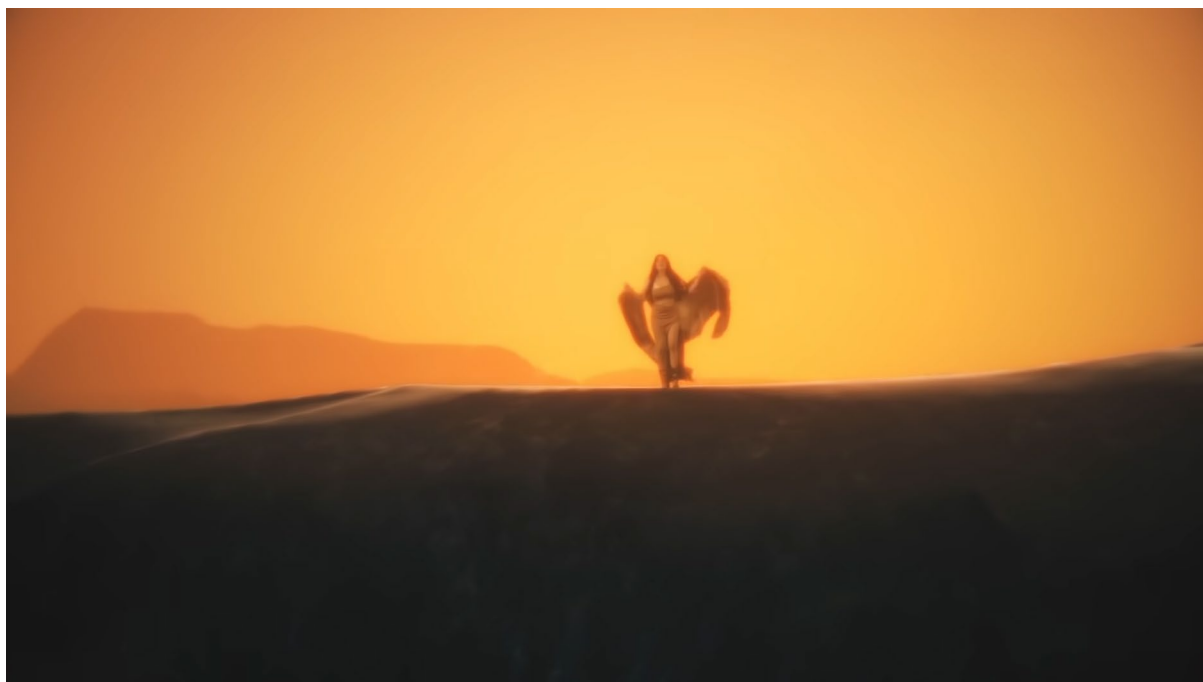
Munroe, C. (10. november 2015). Interview with Cailin Munroe, VFX Coordinator on The Expanse. (AyeCapn, Izpraševalec) Pridobljeno iz https://expansion.fandom.com/wiki/User_blog:AyeCapn/Interview_with_Cailin_Munroe,_VFX_Coordinator_on_The_Expanse

NEP Group. (9. marec 2023). *IN-CAMERA VISUAL EFFECTS (ICVFX)*. Pridobljeno iz NEP Group: <https://www.nepgroup.com/tech-blog/in-camera-visual-effects-icvfx>

- Pinewood Group Limited. (2023). *Pinewood Toronto Studios*. Pridobljeno iz Pinewood: <https://pinewoodgroup.com/studios/pinewood-toronto-studios/stages-facilities/stages>
- Power, T. (24. september 2022). *Rebels with a cause: how Andor confidently reinvents Star Wars by untraditional means*. Pridobljeno iz Techradar: <https://www.techradar.com/features/rebels-with-a-cause-how-andor-confidently-reinvents-star-wars-by-untraditional-means>
- Power, T. (4. oktober 2022). *The Rings of Power didn't utilize Star Wars' Volume technology for one key reason*. Pridobljeno iz Techradar: <https://www.techradar.com/news/the-rings-of-power-didnt-utilize-star-wars-volume-technology-for-one-key-reason>
- Resolution Productions Group. (9. februar 2021). *LED // UNREAL ENGINE Virtual Production Demo at Resolution Studios in Chicago*. Pridobljeno iz YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=c3AtksnPr-o&ab_channel=ResolutionProductionsGroup
- ROE Visual. (brez datuma). *DIAMOND SERIES, A Lightweight Small-Pitch Alternative*. Pridobljeno iz ROE Visual: <https://www.roevisual.com/en/products/diamond>
- Seymour, M. (4. marec 2020). *Art of LED Wall Virtual Production, Part One: 'Lessons from the Mandalorian'*. Pridobljeno iz fxguide: <https://www.fxguide.com/ffeatured/art-of-led-wall-virtual-production-part-one-lessons-from-the-mandalorian/>
- Shibuya, D. (27. oktober 2020). *Where was The Mandalorian Filmed? A Guide to ALL The Mandalorian Filming Locations!* Pridobljeno iz Geek trippers: <https://geektrippers.com/mandalorian-filming-locations/>
- Shields, M. (14. september 2020). *How Does Rear Projection Work?* Pridobljeno iz Film School Rejects: <https://filmschoolrejects.com/rear-projection/>
- Virtual production on the battlegrounds of "Game of Thrones"*. (18. marec 2020). Pridobljeno iz Unreal Engine: <https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/virtual-production-on-the-battlegrounds-of-game-of-thrones>
- Vũ. (brez datuma). *Five Videos You Didn't Know Were Virtual Production*. Pridobljeno iz Vu network: <https://www.vu.network/blog/five-videos-you-didnt-know-were-virtual-production>

- Want, T. W. (16. september 2021). *Podcast: How To Build a Video LED Wall, XR Stage and Virtual Production!* Pridobljeno iz YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=HDb6EGipO-Y&t=2582s&ab_channel=TechWeWant
- Watters, C. (18. maj 2021). *Meet Hybride, the Ubisoft Studio That Helped Bring The Mandalorian To Life.* Pridobljeno iz Ubisoft: <https://news.ubisoft.com/en-us/article/3ApiCUi3JLTnBcZxYQj8SN/meet-hybride-the-ubisoft-studio-that-helped-bring-the-mandalorian-to-life>
- Weaver, J. (4. september 2022). *Rings of Power could cost \$1B. What's making TV so expensive?* Pridobljeno iz CBS: <https://www.cbc.ca/news/entertainment/rings-of-power-expensive-1.6571965>
- Wirtz, B. (27. februar 2023). *Unreal or Unity Engine: Fight for Supremacy.* Pridobljeno iz Game Designing: <https://www.gamedesigning.org/engines/unity-vs-unreal/>
- Zargarpour, H., & Samandari, S. (21. december 2022). *Real-time virtual production: Collaborating with Unity | SIGGRAPH 2022.* Pridobljeno iz YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=Bn-QU4iGbw0&ab_channel=Unity

9 PRILOGA



Slika 46: Uporaba virtualnega okolja iz Unreal Engine v videospotu Xandria – Reborn

Vir: (Lastni vir)



Slika 45: Uporaba virtualnega okolja iz Unreal Engine v videospotu Xandria – Reborn

Vir: (Lastni vir)



Slika 47: Uporaba virtualnega okolja iz Unreal Engine v videospotu Xandria – Reborn

Vir: (Lastni vir)



Slika 48: Uporaba virtualnega okolja iz Unreal Engine v videospotu Malcolma Baeza – Superlove

Vir: (Lastni vir)



Slika 49: Uporaba virtualnega okolja iz Unreal Engine v videospotu Malcolma Baeza – Superlove

Vir: (Lastni vir)



Slika 50: Uporaba virtualnega okolja iz Unreal Engine v videospotu Malcolma Baeza – Superlove

Vir: (Lastni vir)



Slika 51: Uporaba virtualnega okolja iz Unreal Engine v videospotu Rossa Antonyja – So ein schöner Tag

Vir: (Lastni vir)



Slika 52: Uporaba virtualnega okolja iz Unreal Engine v videospotu Rossa Antonyja – So ein schöner Tag

Vir: (Lastni vir)