

# POLITECNICO DI TORINO

Laurea Magistrale  
in Ingegneria del Cinema e dei Mezzi di Comunicazione

Tesi di Laurea Magistrale

**Realtà virtuale per la gestione degli incendi boschivi:  
*Addestramento all'uso del soffiatore***



**Politecnico  
di Torino**

**Relatore**

prof. Fabrizio Lamberti

**Candidato**

Luca Pellegrino

Ottobre 2021



# Sommario

Questo lavoro di tesi è un'evoluzione di una serie di attività precedentemente svolte nell'ambito della collaborazione tra Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino e la Protezione Civile del Piemonte, nel contesto del progetto Interreg V-A Italia-Francia ALCOTRA 2014-2020 denominato RISK (sotto-progetti FOR e ACT), i cui obiettivi comprendono la realizzazione di soluzioni per la formazione alla gestione delle emergenze attraverso tecnologie di realtà virtuale.

Il beneficiario del progetto, per la Regione Piemonte, è la Protezione Civile, all'interno della quale è il Corpo Volontari AIB del Piemonte a occuparsi di prevenzione, sorveglianza e lotta attiva agli incendi boschivi.

In quanto sviluppo evolutivo, la tesi riprende l'applicazione in realtà virtuale realizzata in precedenza e finalizzata all'addestramento alla gestione di un incendio boschivo mediante tre diversi strumenti manuali (pala, rastro, flabello), andando ad aggiungere un altro strumento, *il soffiatore*.

Nella tesi si andrà quindi ad analizzare il nuovo strumento, il suo utilizzo nelle tre diverse modalità, ovvero *attacco diretto*, *attacco indiretto* e *bonifica*, e come l'utente debba comportarsi in ognuna di esse.

Si proseguirà con l'analisi di come il soffiatore interagisca con l'ambiente circostante, nello specifico mucchi di foglie e fuoco.

Si descriverà, infine, il processo di realizzazione dell'applicazione che, ricalcando il lavoro precedente, sarà composta da una parte *guidata* nella quale l'utente prenderà familiarità con lo strumento e con le corrette procedure di utilizzo, ed una parte *valutata* in cui l'utente dovrà creare una linea tagliafuoco o gestire le fiamme per poi ricevere una valutazione sul suo operato.



# Ringraziamenti

*Voglio ringraziare la mia famiglia che mi ha supportato durante tutto il mio percorso scolastico, assecondando le mie scelte e aiutandomi nei momenti di sconforto.*

*Voglio ringraziare i miei parenti e i miei amici per avermi offerto una via di uscita nei momenti difficili e aver condiviso con me le gioie.*

*Infine, voglio ringraziare i miei compagni di università, che hanno condiviso con me questo piccolo, grande percorso.*



# Indice

<b>Sommario</b>	p. 3
<b>Ringraziamenti</b>	p. 5
<b>Indice</b>	p. 7
<b>Elenco delle Figure</b>	p. 11

## Capitolo 1

<b>Introduzione</b>	p. 13
1.1 Contesto del progetto	p. 13
1.1.1 progetto PITEM RISK FOR	p. 13
1.2 Il Corpo Volontari AIB	p. 14
1.1.2 Diventare volontari	p. 14
1.3 Incendi boschivi	p. 14
1.1.3 Fuoco	p. 15
1.1.4 Tipi di incendi	p. 16
1.1.5 Struttura di un incendio	p. 17
1.1.6 Propagazione di un incendio	p. 18
1.3 Il soffiatore	p. 19
1.3.1 Scopo della tesi	p. 21

## Capitolo 2

<b>Stato dell'arte</b>	p. 23
2.1 Realtà Virtuale	p. 23
2.1.1 Immersione e presenza	p. 27
2.1.2 Ambiti di applicazione della VR e serious game	p. 28

2.1.3 Realtà virtuale e supporto all'addestramento	p. 28
2.2 Sistemi di addestramento antincendio	p. 29
2.2.1 Flaim Trainer	p. 29
2.2.2 Fire Safety Lab VR	p. 31
2.2.3 FireFighter VR	p. 32
2.2.4 SIMTABLE	p. 33
2.2.5 Yourescue	p. 35
2.2.6 Sistema di realtà virtuale per la gestione degli incendi in ambienti chiusi	p. 36

## **Capitolo 3**

<b>Tecnologie</b>	p. 39
3.1 Software	p. 39
3.1.1 Unity	p. 39
3.1.1.1 Animation Riggin	p. 40
3.1.1.2 Vector Field Maker	p. 41
3.1.2 Visual Studio	p. 42
3.1.3 Blender	p. 43
3.2 Hardware	p. 43
3.2.1 Oculus	p. 44
3.2.1.1 Visore Oculus	p. 44
3.2.1.2 controller Oculus	p. 45
3.2.2 HTC Vive	p. 46
3.2.2.1 Visore HTC Vive	p. 46
3.2.2.2 Controller Vive	p. 48
3.2.1.2 SteamVR Base Station	p. 49
3.2.1.2 Sensori Vive	p. 50

## **Capitolo 4**

<b>Progettazione</b>	p. 53
4.1 Acquisizione del materiale	p. 53
4.2 Soggetto e Storyboard	p. 54

4.3 Interazioni con l'applicazione	p. 54
4.3.1 Uso degli strumenti	p. 54
4.3.2 Locomozione	p. 55
4.4 Ambientazione	p. 55
4.5 NPC	p. 56
4.5.1 Operatore di supporto	p. 57
4.5.2 Corpo Volontari AIB	p. 58
4.5.3 Squadra AIB	p. 58
4.6 Menù iniziale	p. 59
4.7 Valutazione	p. 66
4.8 Validazione	p. 67

## Capitolo 5

<b>Realizzazione</b>	p. 69
5.1 Realtà virtuale in Unity	p. 69
5.1.1 Steam Vr	p. 70
5.1.2 Open Vr	p. 70
5.1.3 Gestione delle collisioni	p. 70
5.2 Realizzazione del soffiatore	p. 70
5.2.1 Interazione con le foglie	p. 71
5.2.2 Interazione con il fuoco	p. 73
5.3 Sistemi particellari ed effetti grafici	p. 74
5.3.1 VFX Graph	p. 75
5.3.2 Sistema particellare foglie	p. 77
5.3.3 Sistema particellare fuoco	p. 78
5.3.4 Sistema particellare getto d'aria	p. 81
5.4 Elementi grafici	p. 82
5.5 Sistema di valutazione	p. 83
5.5.1 Parametri	p. 84
5.5.1.1 Brandeggio	p. 84
5.5.1.2 Inclinazione	p. 84
5.5.1.3 Postura	p. 85
5.5.1.4 Cono di vista	p. 85

5.5.1.5 Bruciature	p. 85
5.5.2 Punteggio	p. 86
5.6 Voice-over	p. 87
5.7 Animazioni	p. 91

## **Capitolo 6**

<b>Conclusioni e sviluppi futuri</b>	p. 93
6.1 Conclusioni	p. 93
6.2 Sviluppi Futuri	p. 93

<b>Bibliografia e Sitografia</b>	p. 95
----------------------------------	-------

# Elenco delle figure

Figura 1.1: Triangolo del fuoco

Figura 1.2: Struttura di un incendio

Figura 1.3: Soffiatore in uso al Corpo Volontari AIB

Figura 2.1: Sensorama

Figura 2.2: The Sword of Damocle

Figura 2.3: Virtual Interface Environment Workstation

Figura 2.4: Nintendo Virtual Boy

Figura 2.5: Oculus Rift

Figura 2.6: Sistema FLAIM Trainer

Figura 2.7: simulazione Fire Safety Lab VR

Figura 2.8: Interazione dell'utente con l'ambiente in Firefighter VR.

Figura 2.9: Implementazione del menù nell'ambiente di gioco in Firefighter VR.

Figura 2.10: Proiezione di una cartina sulla sabbia nel sistema Simtable.

Figura 2.11: Utente durante l'utilizzo del software Yourescue.

Figura 2.12: Leap Motion connesso ad un HTC Vive Pro.

Figura 2.13: Le diverse versioni dell'applicazione

Figura 3.1: Interfaccia Unity

Figura 3.2: in blu si possono notare le ossa del modello

Figura 3.3: Esempio di Vector Field creato con il plug in

Figura 3.4: Interfaccia di Visual Studio

Figura 3.5: Interfaccia di Blender

Figura 3.6: Visore Oculus Quest

Figura 3.7: Controller Oculus Touch di seconda generazione

Figura 3.8: Sensore HTC Vive

Figura 4.1: Ambientazione

Figura 4.2: DPI di un operatore del Corpo Volontari AIB

Figura 4.3: Operatore del Corpo Volontari AIB di supporto

Figura 4.4: Capogruppo Corpo Volontari AIB

Figura 4.5: Squadra Corpo Volontari AIB

Figura 4.6: Flowchart menù iniziale

Figura 4.7: Selezione dello Strumento

Figura 4.8: Selezione della modalità

Figura 4.9: Inserimento altezza utente

Figura 4.10: caratteristiche fuoco

Figura 4.11: schermata attivazione NPC

Figura 4.12: Schermata selezione tipologia di attacco

Figura 5.1: Mesh del soffio con relativi punti cardinali

Figura 5.2: Foglie originali a sinistra, foglie derivate a destra

Figura 5.3: versione precedente e attuale del fuoco

Figura 5.4: VFX Graph

Figura 5.5: foglie in movimento

Figura 5.6: Valore size adattato per una tile 0.5m\*0.5m

Figura 5.7: Life = 1 e 1.25

Figura 5.8: Intensity = 1 e 1.25

Figura 5.9: fiamma colpita da un getto d'aria

Figura 5.10: Fuoco con colore più chiaro e più scuro

Figura 5.11: Polvere alzata

Figura 5.12: Particellare getto d'aria

Figura 5.13: Cerchio verde

Figura 5.14: Quadrato valutazione

Figura 5.15: Angolo corretto ed errato

Figura 5.16: valutazione attacco indiretto

Figura 5.17: valutazione attacco diretto

Figura 5.18: L'utente afferra lo strumento nella fase di accensione

# Capitolo 1

## Introduzione

In questo capitolo introduttivo si analizzerà il contesto del lavoro di tesi analizzando i progetti PITEM RISK FOR ed ACT e il Corpo Volontari Antincendi Boschivi (AIB) del Piemonte, ai quali questo lavoro è rivolto. Si procederà poi con una disamina sugli incendi, sulla loro struttura e propagazione ed infine si analizzerà lo specifico strumento tra quelli utilizzati dai volontari preso in considerazione in questo elaborato, ovvero il soffiatore.

### 1.1 Contesto del progetto

Questo lavoro di tesi si sviluppa nell'ambito dei progetti FOR ed ACT, facenti parte di una più ampia iniziativa denominata PITEM RISK finanziata da ALCOTRA (Alpi Latine Cooperazione TRAnsfrontaliera), nel quale si sono concretizzate una serie di attività che coinvolgono la regione alpina tra la Francia e l'Italia attraverso una collaborazione tra la Protezione Civile del Piemonte, beneficiaria del progetto la Regione Piemonte, e il Politecnico di Torino quale soggetto attuatore.

#### 1.1.1 Progetti PITEM RISK FOR ed ACT

I progetti PITEM RISK FOR ed ACT fa parte di un piano tematico integrato che si propone di sviluppare strumenti di realtà virtuale con finalità di apprendimento per migliorare la resilienza dei territori. Questi strumenti saranno rivolti a pubblici diversi e complementari e verranno utilizzati su tutto il territorio ALCOTRA [1].

### **1.1.2 Il Corpo Volontari AIB**

Il Corpo Volontari Antincendi Boschivi del Piemonte fonda le sue radici nel 1994 con la creazione dell'Associazione Regionale Volontari Antincendi Boschivi del Piemonte, un'associazione di volontariato comprendente oltre 6000 volontari suddivisi in 240 squadre distribuite su tutto il territorio montano e pedemontano del Piemonte e molto attive in tutte le fasi della lotta agli incendi boschivi.

Il 4 marzo del 2000, l'associazione cambia nome in Corpo Volontari Antincendi Boschivi (AIB) del Piemonte, diventando quindi una realtà unica in Italia supportata dalla Regione Piemonte, tramite la fornitura di dispositivi di protezione individuale, mezzi e risorse per formare i volontari.

L'accordo porta ad una riorganizzazione di tipo piramidale all'interno del corpo, partendo da una suddivisione dei soggetti in AIB volontari e AIB ausiliari, va inoltre a definire le figure dei Capisquadra, dei Comandanti di Distaccamento, degli Ispettori Provinciali, dei Referenti Provinciali, degli Ispettori Regionali e dell'Ispettore Generale del Corpo [2].

### **1.1.3 Diventare volontari**

L'iter per diventare volontari comprende una prima parte di formazione in aula e successive esercitazioni pratiche per verificare le conoscenze apprese.

La parte di formazione prevede nozioni su quali comportamenti adottare nelle varie situazioni e come adoperare correttamente l'attrezzatura. Questi corsi sono studiati in modo da utilizzare un linguaggio di facile comprensione per andare incontro ai vari livelli di scolarizzazione dei volontari.

## **1.2 Incendi boschivi**

Elemento fondamentale di questa tesi è come l'utente si rapporta con il fuoco nella forma di incendio boschivo. In base all'art. 2 della Legge n.353 del 2000, un incendio boschivo "è un fuoco che tende ad espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate che si trovano all'interno delle stesse aree, oppure su

terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi alle aree” [3]. Quindi, quando un fuoco si propaga in maniera incontrollata si parla di incendio.

### 1.2.1 Fuoco

Il fuoco è l'effetto di una combustione in cui si ha la manifestazione di un bagliore detto fiamma e il rilascio di una grande quantità di calore e gas [4].

Si tratta di una reazione di ossidazione esotermica irreversibile, con trasformazione del combustibile in anidride carbonica e monossido di carbonio.

Il modello che meglio rappresenta gli ingredienti necessari perché il fuoco si accenda è il *triangolo del fuoco* (Figura 1.1).

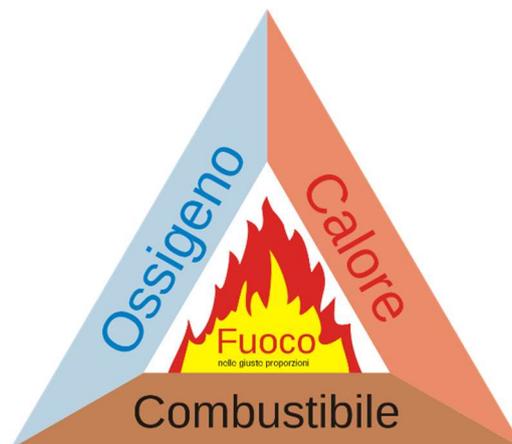


Figura 1.1: Triangolo del fuoco

Si tratta di un triangolo equilatero che vede ai suoi lati gli elementi necessari al processo chimico di combustione [5].

- Combustibile: qualsiasi sostanza, sia organica che inorganica, capace di infiammarsi, essa viene ossidata nel processo di combustione, producendo energia termica.
- Ossigeno: il comburente più comune, è una sostanza che agisce come agente ossidante di un combustibile in una reazione di combustione.
- Calore: ovvero la fonte d'innescio, la condizione necessaria perché avvenga la reazione di combustione.

Come fedelmente rappresentato dal modello, questi tre elementi partecipano in egual misura all'effetto di combustione, se uno di questi elementi risulta mancante o si estingue prima degli altri la reazione cessa.

Il soffiatore, uno degli strumenti utilizzati dai volontari assieme ad altri quali pala, rastro e flabello, interviene su questo modello in due modi diversi in base alla tipologia di attacco al fuoco: nell'*attacco diretto* si avrà un processo di *soffocamento* dove, con un getto violento sulla fiamma, si avrà la separazione del comburente dal combustibile. Con l'*attacco indiretto* si andrà a realizzare una linea di difesa davanti all'incendio in modo da accelerare l'*esaurimento del combustibile* andando a delimitarlo e controllarlo più facilmente.

Il terzo metodo per fermare una reazione di combustione, il *raffreddamento*, che comprende la sottrazione del calore in modo da ottenere una temperatura inferiore a quella di innesco, non sarà oggetto di questo lavoro di tesi.

## 1.2.2 Tipi di incendi

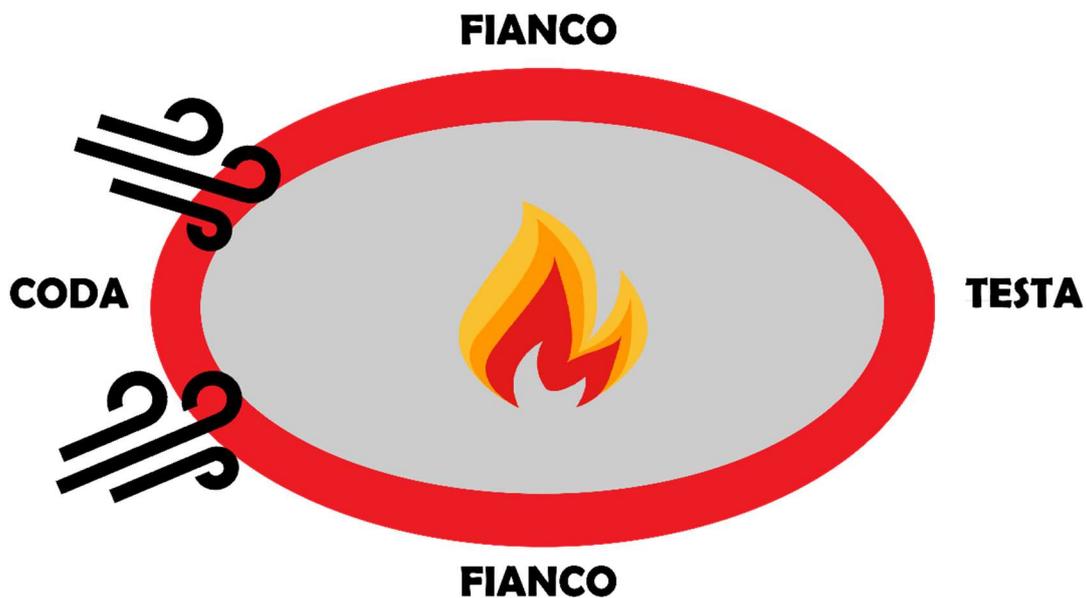
Esistono tre diverse categorie di incendi boschivi, che si differenziano in base al tipo di propagazione e al tipo di vegetazione che funge da combustibile [6].

- Incendio radente: riguarda la combustione di materiali sulla superficie del suolo. Costituisce il tipo più comune di incendio, nonché la fase iniziale e finale delle altre tipologie. Sarà questa la tipologia utilizzata nel lavoro di tesi.
- Incendio di chioma: il tipo di incendio più preoccupante. Si verifica quando l'incendio raggiunge le chiome degli alberi, percorre le parti alte della vegetazione e la propagazione dello stesso può avvenire anche indipendentemente dalla propagazione del fuoco sul suolo sottostante. Questa tipologia, ancora dipendente dal fronte radente, origina un fronte unico tra sottobosco e chiome, la variante indipendente dall'incendio radente, risulta essere invece la più veloce e quella che genera la maggior quantità di calore.
- Incendio sotterraneo: incendio che si sviluppa sotto la superficie del suolo bruciando radici e materiale organico. Di difficile gestione in quanto non facilmente identificabile, si caratterizza da una bassa quantità di fumo e da una lenta propagazione.

Queste diverse tipologie vengono definite per individuare le modalità operative più idonee per la loro gestione.

### 1.2.3 Struttura di un incendio

Per organizzare in modo efficace le operazioni di spegnimento è necessario definire una terminologia tecnica che permetta di individuare le varie zone colpite dal fuoco (*Figura 1.2*).



*Figura 1.2: Struttura di un incendio*

L'incendio può essere suddiviso come riportato di seguito [6]:

- Testa o fronte: la parte più avanzata è con una probabilità di propagazione maggiore; solitamente il lato che si trova sottovento oppure, nel caso di un bosco in pendio, il lato in movimento verso monte.
- Fianchi: le parti posizionate lateralmente al fronte, normalmente, presentano una velocità di avanzamento ridotta rispetto alla fronte.
- Coda o fondo: il lato posteriore dell'incendio ed è quello che presenta la velocità di propagazione inferiore.
- Spotting: fenomeno per il quale materiali incandescenti, come ramaglia, frammenti di corteccia e strobili, possono essere trasportati dal vento a notevoli distanze, andando poi

a ricadere su aree non interessate dal fuoco e, se le condizioni sono idonee alla diffusione della combustione, generare nuovi focolai.

#### **1.2.4 Propagazione di un incendio**

Partendo dal focolaio iniziale, l'incendio si può allargare alle zone limitrofe in tre modi, che possono coesistere con diversa prevalenza l'uno sull'altro [6].

- **Convezione:** la massa d'aria scaldandosi sale verso l'alto e viene sostituita da aria fredda che si riscalda a sua volta e sale generando quindi un moto convettivo. Questi movimenti riscaldano il combustibile favorendo la propagazione del fuoco. Il trasferimento di calore per convezione è rilevante durante gli incendi boschivi perché permette il trasferimento dell'incendio dalla vegetazione più bassa alla chioma degli alberi e può quindi causare gravi danni agli operatori.
- **Irraggiamento:** l'aria calda irradiata nelle diverse direzioni, interessando la vegetazione prossima a quella che sta bruciando, la quantità di calore trasmesso per irraggiamento dipende dalla distanza e dall'intensità dell'incendio. Il calore radiante emesso dal fuoco è comunque sempre elevato ed è indispensabile per gli operatori indossare le dovute precauzioni.
- **Conduzione:** è il trasferimento di calore che avviene per contatto diretto da una molecola con temperatura maggiore e una con temperatura minore. Negli incendi boschivi è la tipologia di conduzione meno prevalente, in quanto il legno risulta essere un cattivo conduttore. Risulta però essere molto pericoloso per l'operatore dovuto al passaggio di calore dal materiale incandescente alla pelle.

Le tipologie di incendio boschivo e la loro dinamica evolutiva sono influenzate da una serie di variabili interagenti tra loro e raggruppabili in tre categorie [6].

- **Fattori meteorologici:** si tratta di fattori variabili e rivestono una particolare importanza sotto il profilo degli incendi boschivi.

I principali sono: l'umidità relativa dell'aria, il vento, le precipitazioni e la temperatura dell'aria.

L'umidità dell'aria viene definita come il rapporto percentuale tra la quantità di vapore contenuta in una massa d'aria e la quantità massima che stessa massa d'aria può contenere nelle stesse condizioni di temperatura e pressione; in presenza di elevate temperature il

valore di vapore acqueo nell'aria sarà inferiore. Questo porterà alla disidratazione del combustibile e quindi ad una maggior infiammabilità dello stesso.

Il vento ha un'influenza immediata sulla propagazione dell'incendio, agendo direttamente sulle fiamme, definendo la direzione e la velocità di propagazione e agendo sulla vegetazione favorendone così il disseccamento.

Le precipitazioni (pioggia, neve e grandine) agiscono sul combustibile prevenendone il disseccamento e diminuendone l'infiammabilità.

La temperatura dell'aria, infine, favorisce il disseccamento della vegetazione e ne aumenta quindi l'infiammabilità.

- Il combustibile vegetale: fattore molto importante da prendere in considerazione analizzando la tipologia di massa vegetale interessata dall'incendio e quella nelle immediate vicinanze; nello specifico bisogna tenere conto della qualità della massa vegetale viva o morta, morfologia delle piante, contenuto di umidità del combustibile, predisposizione del combustibile ad infiammarsi.
- Morfologia del terreno: rappresenta la forma del territorio. L'aspetto più importante da valutare in questo ambito è la pendenza, in quanto può aumentare la velocità dell'incendio nel caso quest'ultimo stia salendo il versante, perché l'aria calda va ad agire direttamente sulla vegetazione a monte seccandola, rendendola quindi più infiammabile. Nel caso invece in cui l'incendio stia scendendo dal versante la velocità di propagazione diminuirebbe.

Bisogna inoltre tenere conto della pendenza anche per definire un piano d'azione in quanto con un versante particolarmente ripido gli operatori non riuscirebbero a raggiungere il fronte di fiamma.

Mentre le prime due variabili sono state prese in considerazione per la realizzazione dell'applicazione, l'ultima, la morfologia, non è stata compresa in quanto l'esperienza si sviluppa in una zona pianeggiante o con pendenze limitate.

### **1.3 Il soffiatore**

Il soffiatore (*Figura 1.3*) è lo strumento preso in analisi in questo lavoro di tesi, che si aggiunge a quelli già considerati in attività precedenti del progetto, ovvero pala, rastro, flabello.

Il soffiatore è una macchina che genera un potente flusso d'aria e serve per eliminare preventivamente il combustibile spazzandolo dal terreno, fino a scoprirne lo strato minerale, prima che il fronte di fiamma sopraggiunga. Così, la combustione si esaurisce per mancanza di combustibile.



*Figura 1.3: Soffiatore in uso ai volontari AIB*

È composto da quattro elementi principali, descritti di seguito.

- Il gruppo motore – ventola: composto da un motore che fornisce movimento alla ventola che genera un flusso d'aria che viene indirizzato nel tubo convogliatore;
- Il tubo convogliatore: permette di direzionare il getto d'aria tramite un controller su cui sono posizionati un pulsante per l'accensione del dispositivo e uno per la regolazione del flusso, l'*acceleratore*;
- Il serbatoio del carburante: che fornisce combustibile al motore e fornisce un'autonomia di un paio d'ore circa;
- Il dispositivo per il trasporto: permette il trasferimento del corpo macchina in modo confortevole e sicuro.

È inoltre provvisto di uno sgancio rapido nel caso ve ne fosse necessità.

È uno strumento che supporta tre diverse tipologie di utilizzo.

- Attacco indiretto: come detto, è la tipologia di attacco che prevede la creazione di una linea tagliafuoco tra l'incendio e il resto del combustibile, in modo da arrestarne o ridurre la diffusione.

Questo utilizzo va ad agire sul combustibile del fuoco rimuovendolo per fermarne la combustione;

- Attacco diretto: è la tipologia di attacco che, come anticipato, prevede un'azione diretta sul fuoco, qualora la tipologia dell'incendio lo permetta.

Consiste nel soffiare un forte getto d'aria sulla base della fiamma, andando ad agire per soffocamento sulla fiamma, eliminando il comburente dal processo di combustione.

È un'operazione alla quale bisogna prestare molta attenzione perché potrebbe ravvivare la fiamma se usato sulle braci;

- Bonifica: è la tipologia di operazione che avviene una volta esaurito l'incendio. Consiste nell'isolare le braci e i focolai rimanenti, in modo che non si propaghino. Questa tipologia di operazione non è stata presa in considerazione in questa tesi essendo molto simile all'attacco indiretto.

### 1.3.1 Scopo della tesi

L'obiettivo primario di questo lavoro è stato quello di fornire uno strumento valido per la formazione del personale del Corpo dei Volontari Antincendi Boschivi della Protezione Civile del Piemonte (Corpo Volontari AIB) riguardo al soffiatore.

Questa applicazione in realtà virtuale si inserisce all'interno di una serie di attività precedentemente realizzate e si concentra principalmente sulla formazione ed il miglioramento delle abilità del singolo volontario, sulla sua capacità di utilizzare lo strumento e di muoversi in un'area in cui è presente un incendio e sulla sua attenzione al rispetto delle norme di sicurezza; è inoltre pensata per fornire agli istruttori la possibilità di monitorare e correggere le cattive abitudini degli allievi.

Va ricordato che questo strumento non è stato pensato, allo stato attuale, per sostituirsi all'addestramento del Corpo Volontari AIB, ma come aggiunta al percorso.

In questo elaborato si analizza dapprima lo stato dell'arte relativo ai *serious games*, (giochi che non hanno come scopo principale l'intrattenimento, ma sono progettati soprattutto a fini educativi), in particolar modo adibiti all'addestramento per la prevenzione di incendi.

Si procederà poi con una descrizione del soffiatore, per poi passare ad una descrizione degli strumenti software adoperati per la realizzazione vera e propria dell'applicazione in realtà virtuale e della suddivisione della stessa in due modalità, *guidata* e *valutata*.

# Capitolo 2

## Stato dell'arte

Citando l'enciclopedia Treccani la realtà virtuale è una “*simulazione all'elaboratore di una situazione reale, con la quale il soggetto umano può interagire, a volte per mezzo di interfacce non convenzionali, estremamente sofisticate, quali occhiali e caschi su cui viene rappresentata la scena e vengono riprodotti i suoni, e guanti (dataglove) dotati di sensori per simulare stimoli tattili e per tradurre i movimenti in istruzioni per il software*” [7] ed ha una storia lunga sessant'anni.

Questo capitolo tratterà la storia di questo campo della tecnologia e discuterà degli aspetti principali di un sistema di realtà virtuale; si andranno poi ad analizzare alcune applicazioni software il cui scopo è l'addestramento per la gestione degli incendi.

### 2.1 Realtà virtuale

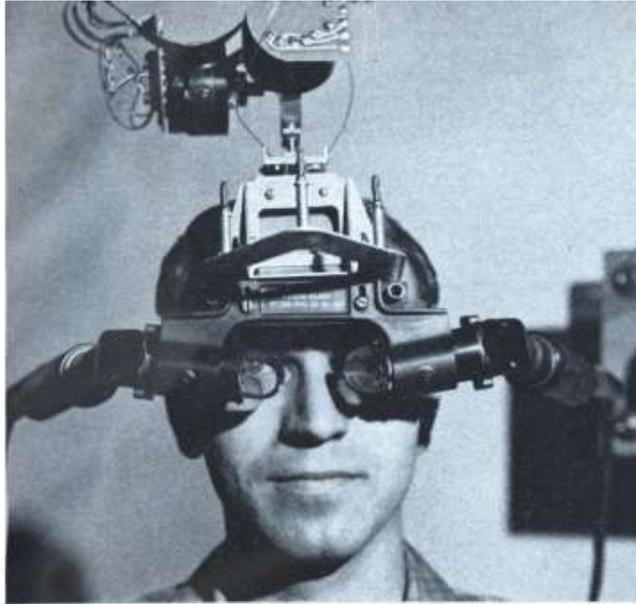
La realtà virtuale (VR), nonostante sia ancora vista in modo avveniristico, è una tecnologia che fonda le sue radici nel 1962 quando, Morton Leonard Heilig, brevetta il *Sensorama* (Figura 2.1), una macchina cinematografica pensata per rendere un prodotto audio-visivo maggiormente immersivo per l'utente, rispetto ad una normale proiezione cinematografica.



*Figura 2.1: Sensorama*

Scopo del dispositivo era quello di rendere l'esperienza il più immersiva possibile andando a stimolare tutti i sensi dello spettatore, non solo vista e udito, ma includendo nell'esperienza vibrazioni, soffi di vento e rilascio di odori.

Dato il successo del dispositivo iniziarono delle sperimentazioni su dispositivi più compatti e indossabili facilmente dall'utente. È del 1968 il primo prototipo di Head Mounted Display (HMD), considerato l'antenato dei moderni visori, realizzato da Ivan Sutherland e denominato The Sword of Damocles (La Spada di Damocle) (*Figura 2.2*).



*Figura 2.2: The Sword of Damocles*

Era composto da un display stereoscopico con il quale era possibile vedere ambienti virtuali rudimentali. Il dispositivo, inoltre, disponeva di un tracciamento dei movimenti della testa dell'utente.

Negli anni successivi la ricerca nel campo si intensificò portando alla realizzazione di numerosi prototipi di visori della realtà virtuale, come il Virtual Interface Environment Workstation (VIEW) della NASA (*Figura 2.3*) o il The Aspen Movie Map del MIT, che può essere definito come l'antenato di Google Maps.



*Figura 2.3: Virtual Interface Environment Workstation*

È solo negli anni '90 che vengono prodotti i primi visori consumer per il pubblico, grazie all'espansione del mercato videoludico, avvenuto proprio in quegli anni. Tecnologie come il Nintendo Virtual Boy (*Figura 2.4*), presentato nel 1995, ottennero subito grande successo, ma si rivelarono deludenti dal punto di vista delle vendite; ciò portò le aziende a ricredersi sulle possibilità della realtà virtuale portando ad una situazione di stallo del settore fino al 2012.



*Figura 2.4: Nintendo Virtual Boy*

In quell'anno viene lanciato sulla piattaforma di crowdfunding Kickstarter il prototipo di un visore, che data l'ergonomia e le specifiche tecniche sarà destinato a cambiare il settore: l'Oculus Rift (*Figura 2.5*).



*Figura 2.5: Oculus Rift*

Il successo del progetto ha ridato linfa alla realtà virtuale e, grazie all'interessamento delle grandi aziende protagoniste del settore informatico, ha portato ad un notevole avanzamento tecnologico del settore ampliando ad una grande quantità di campi differenti.

Da questa definizione e dalla storia del settore, partendo dal primo dispositivo fino ad arrivare ai più moderni visori, si capisce che lo scopo principale di un sistema di realtà virtuale è quello di immergere l'utente all'interno di un mondo, reale o immaginifico, permettendogli di interagire con esso mantenendo un certo livello di immersione e presenza, in base alle tecnologie utilizzate.

### **2.1.1 Immersione e presenza**

Con il termine immersione ci si riferisce, dal punto di vista percettivo, alla capacità dell'ambiente virtuale di coinvolgere direttamente i sensi del soggetto, isolandolo dagli stimoli dell'ambiente reale. Scopo quindi di un sistema di realtà virtuale è quello di rendere più immersiva possibile l'esperienza per l'utente, trasportandolo dentro la simulazione stimolandone i processi cognitivi, tramite i cinque sensi e favorendone l'attivazione di processi automatici [8].

Con presenza si intende il realismo psicologico che un utente sperimenta all'interno della simulazione, rendendo la simulazione reattiva alle interazioni con l'utente e che queste portino ad un'evoluzione coerente con le aspettative [8].

Questi due concetti sono molto importanti nell'ambito della progettazione di un ambiente virtuale ed in maggior misura in un ambiente adibito all'addestramento nel quale l'utente deve percepire la pericolosità della situazione ed eseguire le operazioni nel modo corretto in modo da non essere colto alla sprovvista in una situazione reale.

### **2.1.2 Ambiti di applicazione della realtà virtuale e serious game**

Attualmente la realtà virtuale trova utilizzo in una vasta gamma di applicazioni. La più conosciuta è sicuramente quella dell'entertainment, dominata dal mondo videoludico, nel quale i sistemi di realtà virtuale stanno prendendo molto piede negli ultimi anni, sebbene anche il cinema sia stato investito dal fenomeno che ha portato la Mostra Internazionale del Cinema di Venezia ad aggiungere una categoria dedicata ai progetti in realtà virtuale [9].

Il primo ambito per il quale venne adoperata la realtà virtuale è però quello museale e archeologico; la tecnologia, infatti, permette di "trasportare" l'utente in un'ambientazione appositamente ricostruita per ricalcare diverse epoche storiche o luoghi del mondo di difficile esplorazione.

Ultimamente anche il Museo Egizio e il Museo del Cinema si sono dotati di un supporto di tipo realtà virtuale per i visitatori [10].

Altro utilizzo dei sistemi di realtà virtuale è quello dei serious game ovvero applicativi che non hanno come scopo principale l'intrattenimento, ma sono progettati a fini educativi. Questo progetto di tesi va ad inserirsi in questa ultima categoria di utilizzo in quanto lo scopo ultimo è quello di sviluppare abilità e competenze (utili alla gestione di incendi, come detto) da applicare nel mondo reale tramite l'esercizio in un sistema virtuale e protetto.

### **2.1.3 Realtà virtuale e supporto all'addestramento**

Negli ultimi anni la realtà virtuale è sempre più utilizzata in ambito di addestramento; questo perché consente all'utente di completare un'operazione in modo sicuro senza correre il rischio di danneggiare gli strumenti o riportare ferite. Essendo inoltre una simulazione, risulta semplice modificare l'ambiente o l'esperienza in base alle esigenze, interrompere le operazioni per consentire all'istruttore di richiamare l'utente su particolari aspetti del loro operato ed errori.

È possibile archiviare i dati raccolti nella simulazione in modo da poter migliorare l'esperienza per meglio adattarle alle esigenze di istruttori e utenti.

Il materiale didattico tradizionale è facilmente riproducibile nella simulazione, in una forma più accattivante per l'utente e di più facile fruizione.

Importante è inoltre la possibilità di poter strutturare addestramenti per più persone contemporaneamente, che possono dialogare tra loro e superare i limiti geografici dei metodi tradizionali.

Nonostante i numerosi elementi a favore della realtà virtuale, questa presenta alcune criticità. La più importante è relativa alla non ancora completa diffusione verso il grande pubblico della tecnologia. Questo comporta la non abitudine all'utilizzo che, a primo impatto, potrebbe portare alla difficoltà nell'usare lo strumento rendendo quindi poco efficace l'addestramento.

Va inoltre tenuto conto dell'aspetto economico dell'operazione, perché, se nel lungo periodo una simulazione risulterebbe più vantaggiosa da questo punto di vista, lo sforzo iniziale per l'acquisto dell'attrezzatura necessaria potrebbe risultare scoraggiante.

## **2.2 Sistemi di addestramento antincendio**

Di seguito si analizzeranno alcune applicazioni, sia con scopi veri e propri di addestramento, sia con finalità più ludiche, in cui all'utente viene chiesto di svolgere le operazioni utili alla gestione di un incendio.

### **2.2.1 FLAIM Trainer**

FLAIM Trainer è un sistema in realtà virtuale adibito all'addestramento dei vigili del fuoco nello spegnimento degli incendi domestici e all'aperto [11].

Il comparto hardware si compone, oltre che di un visore per la realtà virtuale, nello specifico un HTC Vive Pro, anche di una serie di sensori ed attuatori che aumentano l'immersione, simulando il calore all'avvicinarsi all'incendio e monitorando lo stato fisico dell'utente (*Figura 2.6*).



*Figura 2.6: Sistema FLAIM Trainer: si possono notare oltre che il visore e la tuta apposita, anche il controller che ricorda una tipica pompa per spegnere gli incendi e il computer posizionato sulla schiena dell'utente a sostituire le tipiche bombole dell'ossigeno.*

L'utente viene inoltre dotato di uno speciale controller simile alla pompa che i vigili del fuoco sono soliti utilizzare, in modo da restituire le stesse sensazioni che potrebbe dare una reale pompa antincendio.

Gli spostamenti vengono eseguiti usando la tecnica del *teleporting*; indicando con il joystick il punto verso il quale ci si vuole muovere e premendo l'apposito tasto ci si teletrasporta nel luogo selezionato. Sono presenti una grande quantità di scenari per abbracciare tutte le possibili situazioni nelle quali un pompiere può venire a trovarsi, che vengono continuamente aggiornati dall'azienda madre.

Nel sistema per il progetto AIB si è cercato di concentrarsi sull'immersione aggiungendo la possibilità di muoversi nell'ambiente circostante, sfruttando sensori che permettono di riportare il movimento dal reale nel virtuale.

### 2.2.2 Fire Safety Lab VR

Fire Safety Lab Vr [12] è un serious game presente sulla piattaforma di videogiochi Steam, prodotto da IMP Studio. Lo scopo del software è dare all'utente le informazioni teoriche riguardo alle procedure da eseguire in caso di incendio e all'utilizzo dei vari strumenti per domare le fiamme (*Figura 2.7*).



*Figura 2.7: simulazione Fire Safety Lab VR*

Il software si compone di tre moduli principali.

- Tutorial base: nel quale l'utente prenderà familiarità con l'ambiente virtuale, i controller e i relativi comandi.
- Scenario: il software dispone di quattro differenti scenari in ognuno dei quali l'utente verrà guidato nelle varie operazioni per una corretta riuscita dell'operazione. L'utente verrà indirizzato verso i vari oggetti tramite l'utilizzo di icone e schermate contenenti le spiegazioni delle varie procedure.
- Esaminazione: uno scenario non lineare nel quale l'utente dovrà usare le conoscenze apprese per portare a compimento correttamente le operazioni, alla fine delle quali otterrà una valutazione in base alla correttezza nell'operato.

Il software è supportato costantemente dall'azienda che ha come obiettivo l'aggiunta del multiplayer (più giocatori contemporaneamente). Tra le soluzioni analizzate è sicuramente la meno curata graficamente, ma è anche la più flessibile perché disponibile per la maggior parte dei visori in commercio e studiata non per personale specializzato, ma per un utente qualsiasi.

Nel sistema per il progetto AIB si è usata una struttura simile a quella implementata in questo software, con una prima fase di addestramento guidato e una seconda libera con valutazione finale; nello specifico, nella fase di addestramento si è preferito integrare l'esperienza con delle spiegazioni audio, per facilitare l'apprendimento semplificando la comprensione delle operazioni che l'utente deve compiere.

### 2.2.3 Firefighter VR

La piattaforma di formazione Firefighter VR [13] dei vigili del fuoco tedeschi, con il patrocinio dell'Associazione tedesca WFVD e gestita dalla Northdocks GmbH, offre un software come piattaforma di servizio per la formazione in realtà virtuale del personale.

Il software comprende, oltre a differenti scenari nei quali l'utente può esercitarsi, una modalità guidata che illustra all'utente la composizione delle varie attrezzature ed il loro corretto utilizzo. La piattaforma comprende diversi scenari, alcuni molto complessi, e riporta con realismo gli effetti del fuoco e delle operazioni dell'utente all'interno dell'ambiente, ricreando non solo l'avanzamento delle fiamme, ma anche eventuali esplosioni dovute al contatto con combustibile o frantumazioni di vetrate dovute all'eccessivo calore.

Va segnalata inoltre l'ottima interazione con l'ambiente di simulazione, che consente all'utente di esplorare al meglio lo scenario e agire quindi con maggior consapevolezza (Figura 2.8).

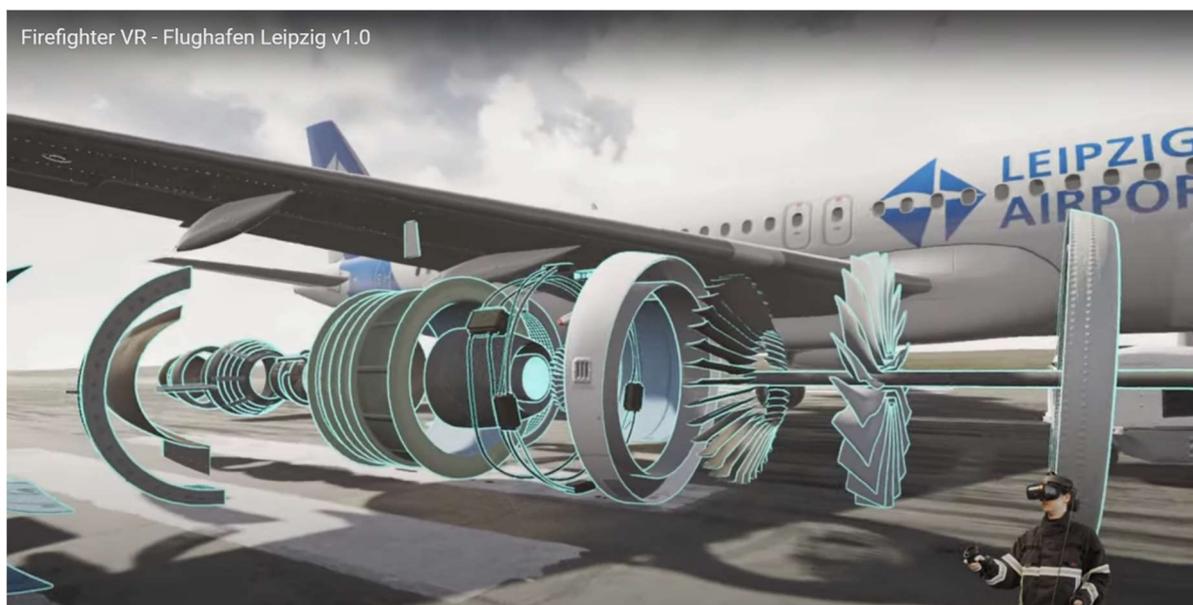
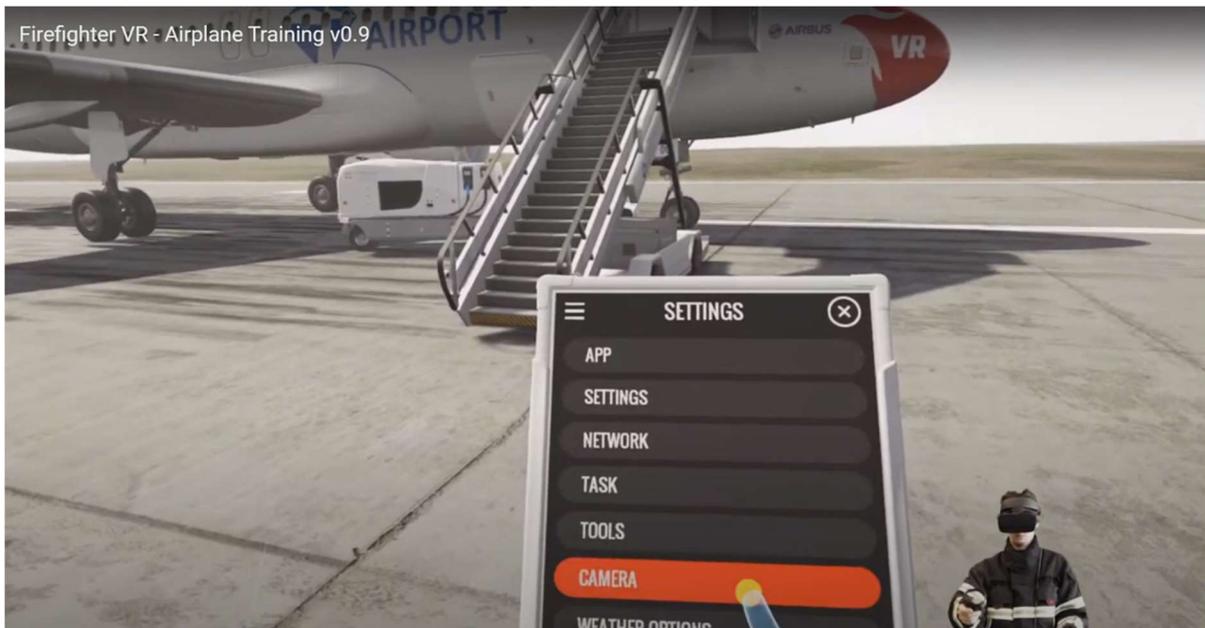


Figura 2.8: Interazione dell'utente con l'ambiente in Firefighter VR.

Lo spostamento può essere eseguito tramite teleporting o muovendo la levetta analogica del controller proprietario.

Molto interessante è infine l'implementazione del menu, trattato come se fosse un dispositivo nelle mani dell'utente (*Figura 2.9*).



*Figura 2.9: Implementazione del menù nell'ambiente di gioco in Firefighter VR.*

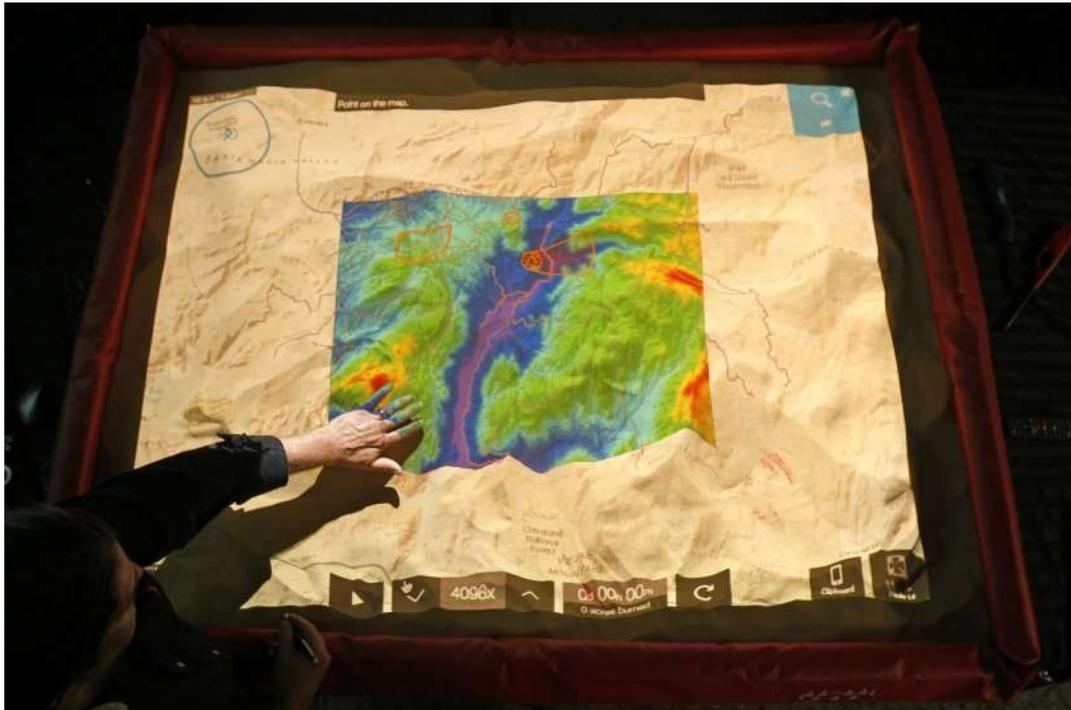
Anche in questo caso il software non dispone di indicazioni audio, ma solamente scritte; inoltre, gli spostamenti sono solo virtuali e non reali, ma la cura nell'ambientazione è stata presa d'esempio per la creazione del sistema per AIB.

## 2.2.4 Simtable

Simtable [14] è un progetto di realtà aumentata realizzato da Simtable LCC, che consiste in un tavolo di sabbia sul quale è possibile simulare un incendio su larga scala per studiarne la propagazione e le operazioni di contenimento.

È possibile proiettare una cartina topografica sulla sabbia (*Figura 2.10*) e successivamente andare a modificare la conformità del territorio in modo da rendere la simulazione il più realistica possibile. Una volta fatto partire la simulazione dell'incendio, è possibile modificare le variabili ambientali come vento e ora del giorno.

È inoltre possibile coordinare ed inserire all'interno della simulazione le varie unità adibite alle operazioni di spegnimento dell'incendio.



*Figura 2.10: Proiezione di una cartina sulla sabbia nel sistema Simtable*

Si tratta quindi di un sistema molto completo ed interessante per quanto riguarda lo studio della propagazione dell'incendio in un determinato territorio e della coordinazione delle unità sul campo per operare al meglio durante le operazioni di spegnimento.

Le criticità del software sono dovute principalmente al focalizzarsi su operazioni su larga scala e non sulle abilità del singolo operatore.

## 2.2.5 Yourescue

Yourescue è un progetto di realtà virtuale realizzato da Wanadev [15], società francese con sede a Lione, il cui scopo è la formazione del personale nella gestione di varie criticità, tra le quali è presente la gestione degli incendi.

Il comparto hardware è composto da un PC, un visore (HTC Vive Pro o Oculus Rift S) e relativi controller, il che ne rende facile il trasporto e l'installazione per operare corsi nelle varie aziende.

Sono disponibili, inoltre, speciali controller uguali in tutto e per tutto a un estintore in modo che l'utente possa immergersi maggiormente nella simulazione (*Figura 2.11*).



*Figura 2.11: Utente durante l'utilizzo del software Yourescue.*

Il software dispone di numerosi scenari in base alle esigenze, di un percorso guidato nel quale vengono illustrate le varie operazioni da eseguire nel giusto ordine ed una modalità valutata che si occupa di dare un punteggio all'utente in base al tempo impiegato per svolgere le varie operazioni.

Interessante l'aggiunta di uno speciale sensore (Leap Motion) (*Figura 2.12*) che consente la fedele riproduzione nell'ambiente virtuale dei movimenti delle mani dell'utente in modo da rendere la simulazione il più verosimile possibile [16].



*Figura 2.12: Leap Motion connesso ad un HTC Vive Pro.*

Yourescue offre un interessante spunto per quanto riguarda la portabilità del sistema e la ricerca per rendere la simulazione il più verosimile possibile ad una situazione reale. Curata è anche la veste grafica, molto pulita e di facile comprensione.

Sarebbe interessante, anche in questo progetto, l'aggiunta di un movimento reale dell'utente riproducibile nel virtuale e di una voce che spieghi le operazioni invece di presentarle solamente sotto forma di scritte.

### **2.2.6 Sistema di realtà virtuale per la gestione degli incendi in ambienti chiusi**

Questo programma, realizzato come Tesi di Laurea Magistrale presso il Politecnico di Torino nell'anno accademico 2018-2019 da Fabrizio Corelli [17], consiste in una simulazione di un incendio all'interno della scuola media Mascagni di Melzo, dove l'utente dovrà completare due operazioni in sequenza: salvare un gruppo di studenti intrappolati dalle fiamme e successivamente spegnere l'incendio adoperando un estintore nel modo corretto. Il tutto verrà poi valutato in base all'ordine delle operazioni e alla quantità di tempo impiegato per portarle a compimento.

Il progetto prevede tre diverse versioni: desktop, realtà virtuale con locomozione tramite controller e realtà virtuale con locomozione tramite pedana omnidirezionale KatWalk (*Figura 2.13*).



*Figura 2.13: Le diverse versioni dell'applicazione*

Nonostante l'applicazione appena descritta rappresenti un sistema utile per l'addestramento alla gestione degli incendi, presenta delle differenze rispetto a questo progetto di tesi: la principale risulta essere la scelta del mezzo di locomozione in quanto, per massimizzare la libertà di movimento dell'utente, non è stato scelto nessuno dei tre descritti in precedenza; inoltre la propagazione del fuoco nella struttura non è stata implementata, questo infatti reagisce solamente ai tentativi di spegnimento tramite estintore.



# Capitolo 3

## Tecnologie

In questo capitolo si analizzano le tecnologie utilizzate nel lavoro di tesi. Si parte dalla descrizione del software principale, Unity, che viene usato in combinazione con Visual Studio per la scrittura del codice e del software Blender, per la realizzazione dei modelli 3D, poi importati nel progetto, per poi descrivere l'apparato hardware, impiegato nel progetto.

### 3.1 Software

In questo lavoro di tesi sono stati utilizzati Unity, Visual Studio e Blender per, rispettivamente, comporre il progetto, scrivere il codice e modellare il soffiatore.

#### 3.1.1 Unity

Unity (*Figura 3.1*) è un motore grafico multiplatforma sviluppato da Unity Technologies, società fondata a Copenaghen nel 2004 e con sede in San Francisco, che consente lo sviluppo di videogiochi e altri contenuti interattivi, quali visualizzazioni architettoniche o animazioni 3D in tempo reale [18].

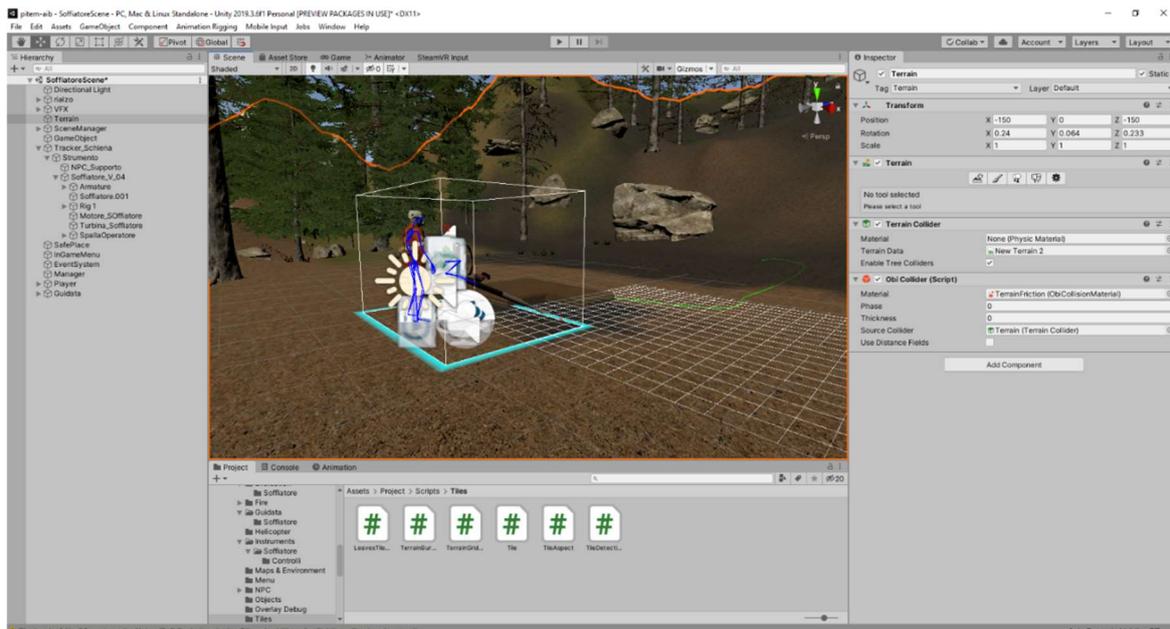


Figura 3.1: Interfaccia Unity

Il motore di gioco, negli anni, è stato esteso per supportare le piattaforme desktop, mobile, console e per la realtà virtuale. Consente la creazione di applicativi 2D e 3D e viene utilizzato non solo in ambito videoludico, ma in diversi altri campi come architettura, cinema, ingegneria, etc.

Presenta inoltre una nutrita community che produce plug-in resi poi disponibili, gratuitamente o a pagamento, nello store accessibile dalla schermata principale del software.

Di seguito si descriveranno i due plug-in maggiormente utilizzati nel progetto.

### 3.1.1.1 Animation Rigging

L'Animation Rigging è un plug-in creato da Unity Technologies [19] che permette di semplificare il rigging, ovvero il processo che consiste nella creazione di un insieme gerarchico di ossa interconnesse tra di loro impiegato per animare la *mesh*, ovvero il modello del personaggio, tramite un'armatura (Figura 3.2). Questo processo in assenza di un software di supporto può risultare lungo e complesso.



*Figura 3.2: in blu si possono notare le ossa del modello*

Nel lavoro di tesi, l'Animation Rigging è stato usato per definire le animazioni degli operatori di supporto e del capo operatore nella modalità guidata.

### 3.1.1.2 Vector Field Maker

Vector Field Maker è un plug-in, disponibile nello Unity Asset Store, sviluppato dall'utente Anas.

Questo software permette di creare dei Vector Field, modificarli e salvarli come texture 3D per essere poi utilizzati nel VFX Graph (*Figura 3.3*) [20].



*Figura 3.3: Esempio di Vector Field creato con il plug in. Fonte: Unity Store*

Il Vector Field è una costruzione del calcolo vettoriale che associa a ogni punto di una regione di uno spazio Euclideo un vettore dello spazio stesso [21]. In questo progetto sono stati utilizzati due Vector Field per definire la direzione delle particelle nelle animazioni gestite dal VFX Graph.

### 3.1.2 Visual Studio

Visual Studio è un ambiente di sviluppo integrato sviluppato da Microsoft, multi-linguaggio, che facilita la creazione di progetti per varie piattaforme, tra cui anche piattaforme mobile e console (Figura 3.4) [22].

Supporta diversi linguaggi di programmazione, tra cui il C#, usato in questo lavoro di tesi.

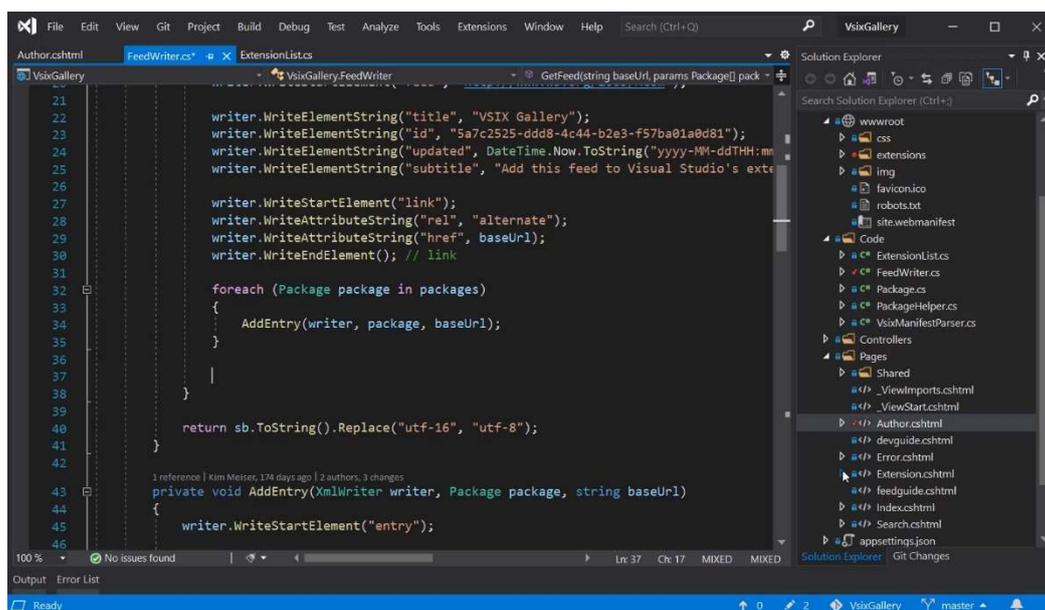


Figura 3.4: Interfaccia di Visual Studio

È stato selezionato in quanto Integrated Development Environment (IDE) proposto da Unity, permettendo quindi di implementare al meglio tutte le librerie di Unity stesso.

### 3.1.3 Blender

Blender è un software libero, multiplatforma, supportato dalla Blender Foundation e da una community molto attiva [23].

Come molti dei suoi concorrenti, consente la modellazione, il rigging, l'animazione di modelli, il rendering, il texturing, il montaggio video e la composizione sia di contenuti bidimensionali che tridimensionali (Figura 3.5).

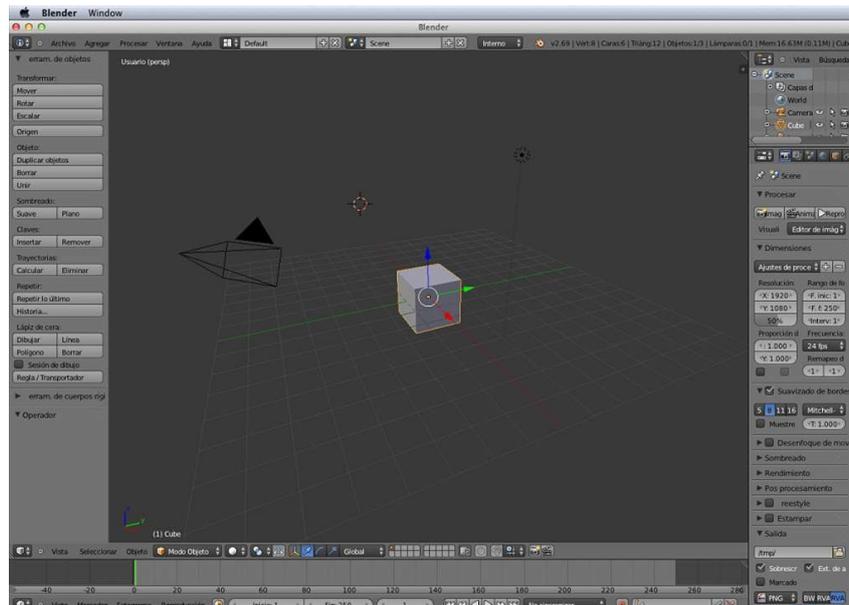


Figura 3.5: Interfaccia di Blender

È uno dei software più famosi nel settore e uno dei più usati in quanto gratuito, utilizzato in questo lavoro di tesi per la creazione del modello del soffiatore e per alcune aggiunte grafiche all'ambiente virtuale.

## 3.2 Hardware

Nella fase di sviluppo del progetto si è deciso di limitare la componente hardware al visore di realtà virtuale e ai due controller forniti con esso. La scelta del modello è ricaduta sull'Oculus Quest, per il fatto di essere molto più plug-and-play dei visori concorrenti.

Si è poi deciso di finalizzare il progetto utilizzando un vero soffiatore dotato di tracker per poterlo tracciare nell'ambiente virtuale. Tale attività ha però portato a modificare la scelta inizialmente fatta sull'Oculus perché quest'ultimo non supporta l'aggiunta di tracker, optando

quindi su un HTC Vive, dotato invece della componentistica necessaria a soddisfare le varie esigenze.

Nella versione precedente con l'Oculus Quest il soffiatore seguiva i movimenti del visore e quindi della testa dell'utente, causando movimenti innaturali dello strumento ed errori nelle valutazioni. Per questo motivo si è proceduto all'inserimento del tracker e del suo successivo posizionamento sul simulacro del soffiatore, perché in questo modo si svincolavano i movimenti del tracker dalla testa dell'utente, andando a tracciare i veri movimenti di un soffiatore e quindi dando origine ad un movimento naturale, più vicino alla realtà.

### **3.2.1 Oculus**

Oculus è un'azienda del gruppo Facebook Technologies, LLC, sussidiaria di Facebook Inc. Fondata nel 2012, è stata supportata nel suo primo progetto, il Rift S, da una campagna Kickstarter, per poi essere acquistata nel 2014 da Facebook [24].

Il visore utilizzato in questo lavoro, l'Oculus Quest è un dispositivo *standalone* commercializzato dal 2019 che permette di eseguire il software in modo wireless ed è gestito su un sistema operativo basato su Android.

#### **3.2.1.1 Visore Oculus**

La parte principale del dispositivo è il visore, o HMD, (*Figura 3.6*), nel quale sono posizionati due schermi OLED, uno per ogni occhio, con una risoluzione di 1440 x 1660 ed un refresh rate di 72Hz; altro elemento fondamentale del visore sono le quattro camere grandangolari posizionate sulla parte frontale che gli permettono di essere indipendente da sensori aggiuntivi per definire lo spazio di utilizzo e di supportare il *tracking* posizionale con sei diversi gradi di libertà [8].



*Figura 3.6: Visore Oculus Quest*

### **3.2.1.2 Controller Oculus**

I controller utilizzati nel lavoro sono la seconda generazione di Oculus Touch, il cui design è stato modificato da Oculus spostando gli anelli per il tracking dalla parte frontale a quella posteriore, in modo che fossero meglio visibili dalle quattro camere (*Figura 3.7*) [25].

Implementare i controller dell'Oculus Quest all'interno del progetto è stato molto semplice e naturale, data la similitudine di forma e posizione dei tasti tra questi ed il soffiatore.



*Figura 3.7: Controller Oculus Touch di seconda generazione*

I tasti che vengono gestiti sono il grilletto posteriore, che permette di dosare il getto d'aria del soffiatore, ed il grilletto laterale, usato per accendere la macchina nella parte guidata.

### **3.2.2 HTC Vive**

L'HTC Vive è un visore per la realtà virtuale progettato e prodotto da Valve in collaborazione con HTC, presentato nel 2015 e rilasciato nel 2016.

Il sistema è composto da un Head-Mounted Display (HMD), da sensori per il tracciamento dell'utente, chiamati Base Station e da due controller. Al sistema base è stato aggiunto un sensore utilizzato per tracciare il soffiatore nell'ambiente.

#### **3.2.2.1 Visore HTC Vive**

Il visore (*Figura 3.8*) del sistema HTC Vive è costituito da due schermi AMOLED 1440x1600 pixel per una risoluzione totale di 2880x1600 pixel, con una frequenza di aggiornamento di 90 Hz. È dotato di una coppia di microfoni e due fotocamere frontali.

Sono inoltre presenti due cuffie a padiglione integrate nella struttura del visore.



*Figura 3.8: Visore HTC Vive*

L'HTC Vive Pro consente di integrare nell'headset un adattatore wireless (Figura 3.7) che permette all'utente di vivere una esperienza con libertà di movimento a 360° in VR senza latenza e con altissime performance. La batteria può durare fino a due ore e mezza. Si è scelto di implementare questa soluzione data la necessità dell'utente di muoversi liberamente in uno spazio limitato.



*Figura 3.9: Visore HTC Vive con modulo wireless*

### 3.2.2.2 Controller Vive

I controller (*Figura 3.10*) sono gli oggetti che l'utente prende fisicamente in mano durante un'esperienza virtuale. Sono dotati di 24 sensori per il rilevamento della loro posizione e sono caratterizzati da tre tasti, un touchpad cliccabile ed un sistema aptico chiamato force feedback.



*Figura 3.10: Controller HTC Vive*

Nel progetto, il controller destro è stato inserito al posto del manicotto del tubo convogliatore (*Figura 3.11*) per dare all'utente le stesse sensazioni che avrebbe maneggiando un vero soffiatore. Per posizionare il controller è stata forata la plastica del tubo ed è stato fissato il controller con delle fascette.



*Figura 3.11: Controller posizionato nel tubo convogliatore*

### **3.2.1.2 SteamVR Base Station**

Le SteamVR Base Station (*Figura 3.11*) sono i dispositivi che permettono il tracciamento del visore e degli altri sensori e consentono anche la sincronizzazione wireless. Con quattro SteamVR Base Station 2.0, il Vive Pro può coprire un'area fino a 10mx10m, mentre con due SteamVR Base Station 2.0, può coprire un'area di 5mx5m.



*Figura 3.11: SteamVR Base Station 2.0*

### **3.2.1.2 Sensori Vive**

Il sensore (*Figura 3.12*) è un dispositivo di tracciamento che può essere associato ad oggetti fisici o parti del corpo.



*Figura 3.12: Tracker HTC Vive Pro*

In questo lavoro di tesi il sensore viene posto sul retro di un soffiatore, tramite un supporto, per tracciarne la posizione all'interno dell'ambiente (*Figura 3.13*).



*Figura 3.13: Sensore Vive posizionato sul retro del soffiatore*



# Capitolo 4

## Progettazione

La fase più importante della tesi è stata quella della progettazione. Si è deciso, innanzitutto, insieme ai responsabili del Corpo Volontari AIB, su quali aspetti fosse necessario concentrarsi: ne è venuto fuori quello che può essere definito come il soggetto della tesi, ovvero l'elaborazione a

grandi linee dell'idea alla base del progetto da realizzare. Nel progettare un'applicazione come quella oggetto di questo lavoro di tesi, è necessario capire quali siano gli elementi da inserire e come organizzare efficacemente il lavoro. Fondamentale in questo processo il ruolo dello storyboard, documento in cui si inseriscono tutte le caratteristiche che dovrà avere l'applicazione finale: quali saranno le procedure e le logiche di gioco.

Si passa poi a definire in cosa esattamente consisterà la simulazione e si fornisce un quadro su quello che sarà il sistema di valutazione.

### 4.1 Acquisizione del materiale

La parte iniziale ha previsto l'acquisizione di materiale fotografico e video oltre che di spiegazione sull'utilizzo dello strumento e sulle corrette procedure da seguire. Queste operazioni hanno avuto luogo presso il centro FORMONT presso Peveragno, adibito alla formazione dei volontari AIB del Piemonte. Questa fase è stata svolta con i responsabili della formazione che hanno fornito una spiegazione e dimostrazione sull'utilizzo del soffiatore.

## **4.2 Soggetto e storyboard**

Partendo dal progetto preesistente si è cercato di inserirvi il soffiatore senza stravolgere la struttura, già approvata in precedenza dallo stesso Corpo Volontari AIB. Dopo aver visionato il materiale raccolto, definito gli aspetti fondamentali dello strumento e limato gli aspetti secondari in fase di utilizzo o quelli non più importanti dovuti al progredire della tecnologia è stato quindi possibile redigere un documento che contenesse tutti gli aspetti chiave dell'esperienza.

Importante era presentare gli aspetti teorici relativi all'utilizzo dello strumento e al suo funzionamento, rimarcando le giuste indicazioni da seguire durante l'uso dello stesso. Inoltre fondamentale doveva essere la parte nella quale l'utente avrebbe dovuto gestire in autonomia le operazioni, ricevendo una valutazione del suo operato, come illustrato nel seguito.

## **4.3 Interazioni con l'applicazione**

Assume fondamentale importanza l'interazione dell'utente con l'ambiente virtuale. Per questo sono state valutate e gestite le possibili azioni possibili per l'utente e i relativi *feedback* forniti dall'applicazione, in modo che il grado di immersione fosse il più elevato possibile.

### **4.3.1 Uso degli strumenti**

Come soluzione iniziale si è scelto di utilizzare solamente il controller dell'Oculus per simulare il soffiatore; in una fase iniziale questa soluzione si è rivelata essere la migliore data la similitudine tra il controller e quello che consente di direzionare il getto d'aria.

Le criticità risultano essere relative ai diversi feedback dati all'utente, in quanto il soffiatore reale presenta un ingombro ed un peso non indifferenti, che non sono ovviamente percepibili con il solo utilizzo di un controller di pochi grammi; i controller, essendo wireless, non presentano impedimenti al movimento del polso lasciandolo completamente libero, cosa non realistica, in quanto nella realtà vi è la presenza di un tubo rigido che limita sicuramente la libertà di azione.

Si è quindi deciso di dotare l'utente di un soffiatore reale opportunamente modificato per poter inserirvi un controller all'interno del tubo convogliatore e un sensore nella parte posteriore dello

strumento. Questa aggiunta dona all'esperienza un maggiore realismo in quanto l'utente percepirà anche l'ingombro ed il peso dello strumento.

### **4.3.2 Locomozione**

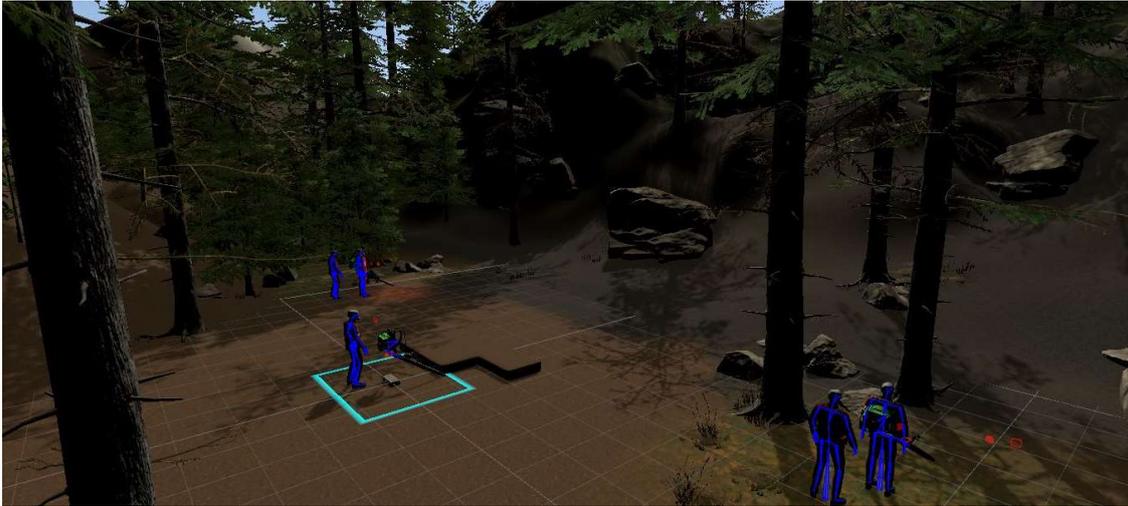
In ambito di realtà virtuale sono state definite diverse tecniche per la locomozione, ognuna con aspetti positivi e negativi.

- **Arm swinging:** tecnica che prevede l'oscillazione dei controller per simulare la camminata. Il movimento dei controller permette di spostarsi in avanti nella direzione in cui si sta guardando; questa opzione è stata scartata in quanto uno dei controller è utilizzato per gestire il movimento del tubo del soffiatore.
- **Teleporting:** tecnica che prevede il teletrasporto in un punto indicato dall'utente, scartata perché troppo discordante dalla realtà.
- **Room scale:** questa è stata la tecnica selezionata per il progetto, in quanto, tramite sensori esterni o interni al visore si può riprodurre il movimento reale nell'ambiente simulato. È la tecnica di locomozione più immersiva, ma la più limitante in quanto l'ambiente virtuale deve essere modificato in base alla grandezza dell'ambiente reale che si ha a disposizione.

Per l'utilizzo di questa tecnica è stata adibita un'apposita stanza di dimensione 5x5 metri nel centro di formazione Corpo Volontari AIB di Peveragno.

### **4.4 Ambientazione**

L'ambientazione utilizzata (*Figura 4.1*), definita nella fase precedente del progetto, consiste in una zona pianeggiante circondata da pendenze e alberi. Il terreno, nella modalità valutata, viene ricoperto da foglie ed erba per permettere al fuoco di espandersi. In aggiunta all'ambiente preesistente è stato inserito un leggero rialzo, in modo da permettere all'utente di sperimentare le diverse inclinazioni del tubo convogliatore al cambiare dell'inclinazione del terreno.



*Figura 4.1: Ambientazione*

## 4.5 NPC

L'applicativo dispone di tre diversi tipi di *Non Playable Character* (NPC), con diversi compiti. La lotta agli incendi boschivi comporta per i volontari l'esposizione a pericoli di diversa natura e gravità, il cui principale è l'ustione. Per questo tutti gli operatori devono correttamente indossare tutti i Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) e seguire le regole base di sicurezza imparate durante il corso, come quella di mantenere sempre una distanza di almeno 4m dai compagni di squadra.

I DPI di un operatore del Corpo Volontari AIB (*Figura 4.2*) si dividono in DPI per il capo, per il viso, per gli occhi, per le vie respiratorie, per il corpo e per le mani. Nello specifico, si parla di:

- giacca;
- pantaloni;
- caschetto dotato di visore per gli occhi;
- sotto-casco;
- occhiali;
- kit antifumo;
- guanti;
- scarponi.



*Figura 4.2: DPI di un operatore del Corpo Volontari AIB*

#### **4.5.1 Operatore di supporto**

L'operatore di supporto (*Figura 4.3*) è una figura chiave nella modalità guidata nell'uso dello strumento. Avverte l'utente degli sbagli e nelle fasi successive, qualora il capogruppo fosse troppo lontano per essere sentito, indica al soggetto utilizzatore le attività da eseguire.

Nella modalità valutata avverte l'utente del pericolo, qualora si dovesse avvicinare troppo al fuoco o ad un'altra unità.



*Figura 4.3: Operatore del Corpo Volontari AIB di supporto*

### 4.5.2 Capogruppo

È l’NPC adibito alla spiegazione nella modalità guidata (*Figura 4.4*).

Si occupa di mostrare all’utente le corrette pratiche da mantenere durante l’uso del soffiatore, lo guiderà tra le varie fasi e offrirà le relative spiegazioni per i vari tipi di attacco.



*Figura 4.4: Capogruppo del Corpo Volontari AIB*

### 4.5.3 Squadra AIB

Basandosi sulla versione precedente del progetto, sono state aggiunte due squadre NPC (*Figura 4.5*) che mostrano all’utente il corretto approccio al fronte di fuoco. Il funzionamento è simile a quello degli NPC già presenti nell’applicazione; le uniche modifiche apportate sono state quelle relative alle animazioni di trasporto, utilizzo, e intermedie tra le due.



*Figura 4.5: Squadra AIB*

## **4.6 Menù iniziale**

Dopo una prima fase nella quale l'attuale progetto di tesi doveva andare ad inserirsi nel programma preesistente, si è deciso di non integrarlo per una più facile gestione dello strumento. Partendo dal menù originale, definito nel progetto sugli strumenti rastro, flabello e pala, sono state apportate alcune modifiche in modo da adattarlo al soffiatore. È stata eliminata la selezione della mano dominante, in quanto lo strumento può essere utilizzato esclusivamente da destrorsi. È stata aggiunta, inoltre, la possibilità di scegliere tra le due modalità di attacco (diretto o indiretto) per esercitarsi meglio su ognuna delle due.

Il menù iniziale, per quanto riguarda la scelta dello strumento soffiatore, risulta essere strutturato come riportato di seguito (*Figura 4.6*).

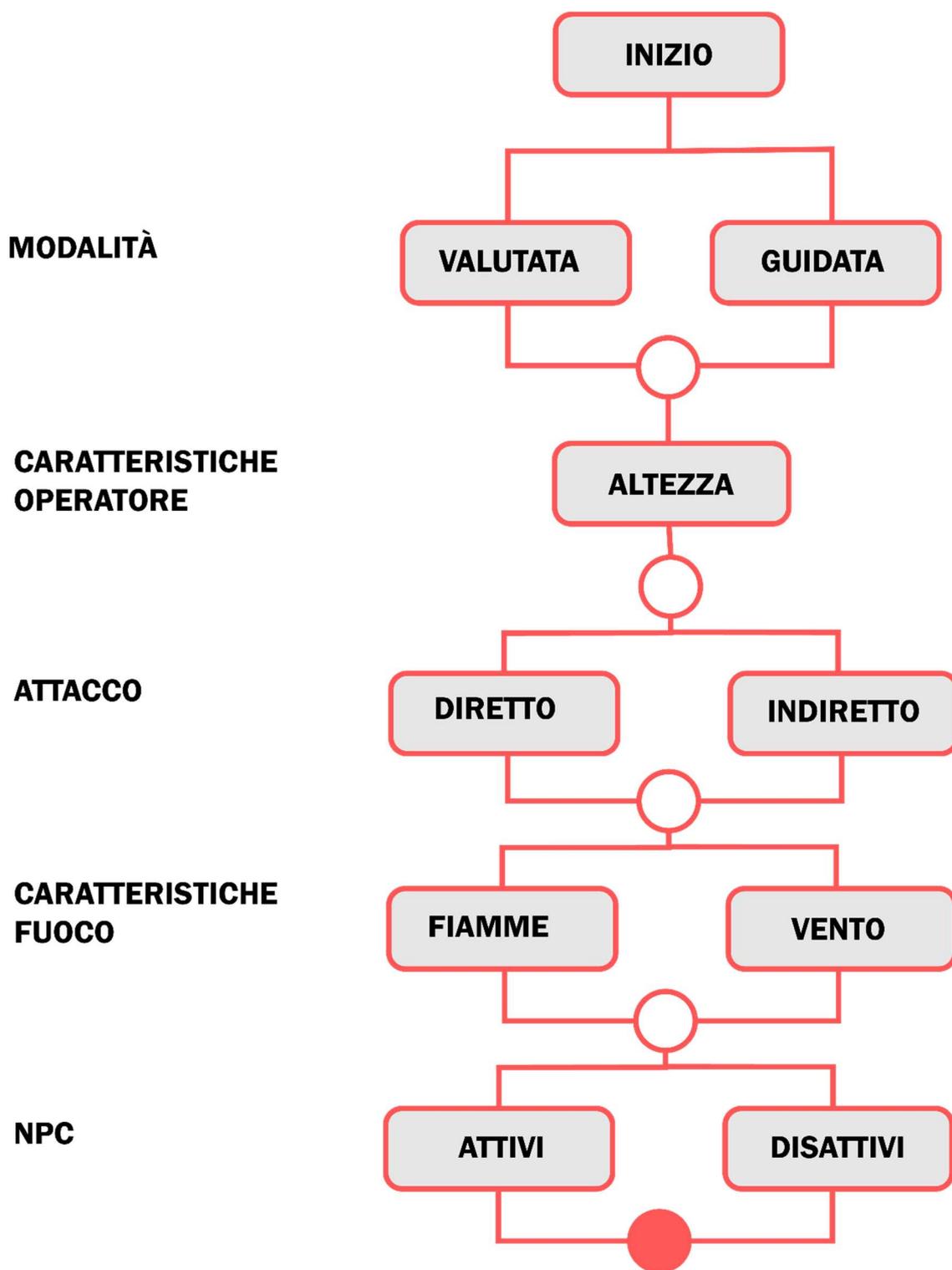


Figura 4.6: Flowchart menù iniziale

- Modalità: in questa schermata (Figura 4.8) è possibile selezionare la modalità desiderata tra le due disponibili:

1. La modalità *guidata*, che consiste in un'esperienza che permette all'utente di prendere confidenza con l'ambiente virtuale e le operazioni che dovrà compiere con lo strumento, venendo seguito passo-passo dal capogruppo.
2. La modalità *valutata*, che consiste in una modalità libera dove l'utente dovrà creare una linea tagliafuoco o gestire un fronte di fiamma tramite attacco diretto, in modo autonomo, ricevendo poi una valutazione sul suo operato.



*Figura 4.8: Selezione della modalità*

- Caratteristiche operatore: in questa schermata l'utente dovrà inserire la sua altezza. Questo valore sarà usato in fase di valutazione (*Figura 4.9*).



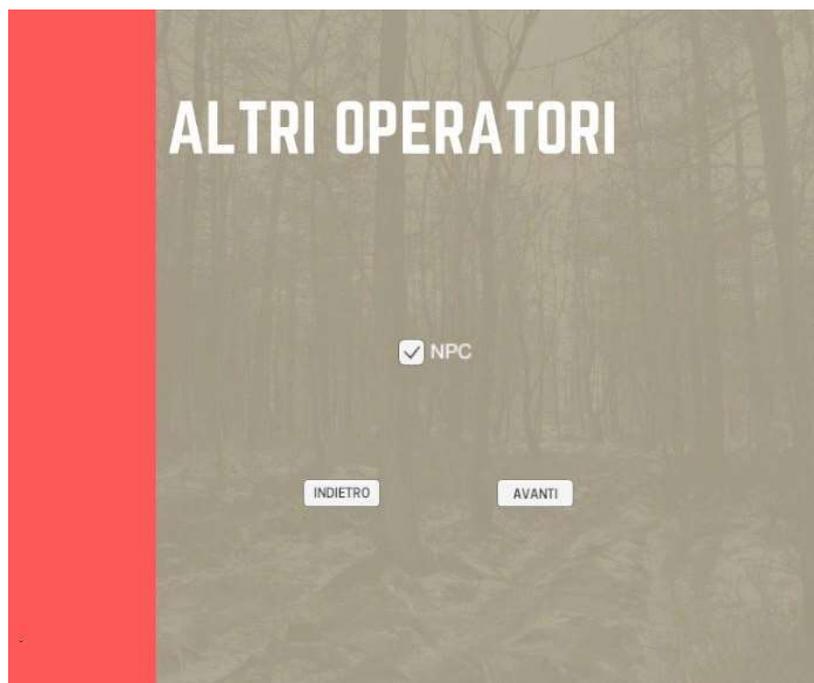
*Figura 4.9: Inserimento altezza utente*

- **Caratteristiche fuoco:** questa schermata si occupa di definire le caratteristiche del fuoco, che l'utente andrà ad affrontare. Si potranno definire l'intensità del vento e del fumo, la velocità delle fiamme e il loro innesco (*Figura 4.10*).



*Figura 4.10: Caratteristiche fuoco*

- NPC: in questa schermata si andranno ad abilitare gli NPC di supporto all'utente nella modalità valutata (*Figura 4.11*).



*Figura 4.11: Schermata attivazione NPC*

- Scelta attacco: in questa schermata, esclusiva del soffiatore, si andrà a selezionare la tipologia di attacco tra indiretto e diretto. Questo determinerà le operazioni da compiere con lo strumento e i campi tramite i quali verrà valutato l'utente (*Figura 4.12*).



*Figura 4.12: Schermata selezione tipologia di attacco*

Come detto, basandosi sulla struttura precedente dell'applicazione sono state ideate due diverse modalità.

Nella modalità guidata, il soggetto viene guidato nelle varie fasi da un capogruppo che mostra all'utente la struttura del soffiatore e come adoperarlo correttamente nelle varie fasi. La notifica degli errori viene svolta passo passo dal capogruppo o dall'operatore di supporto, nel caso il primo risulti troppo distante per essere sentito dall'utente. Per passare da una fase all'altra vi sono dei vincoli di correttezza che l'utente deve rispettare. Il fuoco risulta essere di contorno per la fase di attacco indiretto e fisso per la fase di attacco diretto.

La modalità valutata, invece, simula un incendio vero e proprio, dove l'utente dovrà mettere in pratica ciò che ha imparato. È possibile selezionare la tipologia di attacco per la quale l'utente vuole essere valutato. In base alla selezione cambieranno le tipologie di parametri, che porteranno alla valutazione finale mostrata in centesimi alla fine della simulazione.

## 4.7 Valutazione

I parametri attraverso i quali si viene valutati sono quelli definiti nel corso di formazione dei volontari e variano in base alla tipologia di attacco. Entrambe necessitano di una valutazione su postura e brandeggio, ma la parte di attacco indiretto necessita di una valutazione su gestione del fuoco e inclinazione del tubo convogliatore.

Nella fase guidata un capogruppo accompagna l'utente nelle diverse fasi, mentre nella fase valutata l'utente sarà tenuto ad eseguire correttamente le operazioni senza il supporto di una voce guida.

Di seguito vengono indicate le varie fasi della modalità guidata.

- **Presentazione:** in questa fase l'utente verrà accolto nella simulazione e gli verrà presentato il soffiatore e gli elementi che lo compongono. Verrà poi invitato ad accendere il dispositivo prima avvicinandosi al controller e quindi premendo l'apposito pulsante per cinque secondi. Postosi, una volta avviato il motore, con la schiena rivolta al soffiatore, dovrà portare indietro le mani e a questo punto verrà eseguita un'animazione dove il capogruppo posizionerà il soffiatore sulla schiena dell'utente.
- **Attacco indiretto:** una volta che l'utente avrà avviato il soffiatore e si sarà voltato verso il capo operatore verranno eseguite alcune animazioni per spiegargli lo sgancio rapido dello strumento e l'importanza dell'operatore di supporto. Successivamente sarà invitato a ripulire una zona dell'area di gioco delimitata da un quadrato azzurro, coperta da foglie. In questa fase si controllerà che l'utente presti attenzione a dove indirizza il getto d'aria, che mantenga una posizione dritta e naturale e che brandeggi il tubo convogliatore. Nel caso di errore verrà richiamato dall'operatore di supporto. Una volta che la zona sarà ripulita dalle foglie verrà invitato a tornare al cerchio verde vicino al capogruppo.
- **Inclinazione:** una volta entrato nel cerchio verde, il capogruppo presenterà all'utente la corretta inclinazione da mantenere durante le operazioni di attacco diretto; apparirà una metafora ad indicare l'angolo da mantenere che mostrerà all'utente la corretta inclinazione, di circa trenta gradi con il terreno e alcune inclinazioni errate; quindi, il capogruppo inviterà l'utente a posizionare correttamente il tubo convogliatore. Tramite una metafora, l'utente visualizzerà la sua inclinazione e dovrà mantenerla per cinque secondi per poter procedere alla fase successiva.
- **Attacco diretto:** in questa fase, l'utente dovrà agire direttamente sul fuoco, dopo una spiegazione sulla corretta procedura. Dovrà dirigersi poi verso un cerchio verde posto

al centro della scena; una volta entrato apparirà un fronte di fuoco statico che l'utente dovrà spegnere. Verrà valutato, oltre che sui parametri già presenti nell'attacco indiretto, anche su inclinazione, direzione del getto e propagazione del fuoco. Nel caso sbagliasse, verrà richiamato dall'operatore di supporto. Una volta gestito l'incendio verrà invitato dal capogruppo a tornare verso il cerchio verde posto davanti a lui.

- Fase finale: in questa fase il capogruppo farà un riassunto delle corrette procedure durante le operazioni e inviterà l'utente a spostarsi verso il cerchio verde alle sue spalle per completare la modalità guidata.

Nella modalità valutata si potrà scegliere solo uno dei due attacchi alla volta e non si avrà una suddivisione in fasi, ma l'utente dovrà preoccuparsi di prestare attenzione a tutti i parametri per i quali verrà valutato contemporaneamente.

## **4.8 Validazione**

Le varie aggiunte e modifiche apportate all'applicazione sono sempre state valutate con gli esperti del Corpo Volontari AIB. È proprio questo continuo dialogo che ha permesso di realizzare un sistema utile per i volontari, creato su misura per le loro necessità.



# Capitolo 5

## Realizzazione

La fase di realizzazione del lavoro di tesi è stata quella più lunga ed impegnativa. In questo capitolo si analizza l'implementazione del soffiatore e le modifiche apportate per la sua integrazione nell'applicazione precedente. Si passerà poi a descrivere il sistema di valutazione analizzando i parametri che vengono presi in considerazione e come vengono assegnati i punteggi. Si descriverà quindi l'interfaccia utente, passando per il voice over. Si descriveranno, infine, le animazioni e gli effetti grafici presenti nell'applicazione.

### 5.1 Realtà virtuale in Unity

Per tutte le funzionalità richieste e il livello di dettaglio necessario ad effettuare una valutazione oggettiva dei movimenti, è stato indispensabile utilizzare la realtà virtuale.

In Unity per far questo è indispensabile appoggiarsi su un plug-in esterno, Steam VR.

#### 5.1.1 Steam VR

Questo plug-in permette di utilizzare strumenti di realtà virtuale direttamente in Unity. È compatibile con diversi dispositivi, quali HTC Vive, Oculus Rift e Windows Mixed Reality.

### 5.1.2 Open VR

Open VR è un framework di cui è disponibile un SDK per Unity utile ad interfacciare il programma con Steam VR. Dispone di una serie di elementi utilizzabili già pronti, come i modelli 3D delle mani, le loro animazioni di base, la mappatura dei tracker nello spazio e altro.

### 5.1.3 Gestione delle collisioni

In questo lavoro di tesi sono presenti numerosi interazioni tra elementi grafici; essenziale è dunque il ruolo ricoperto dalla gestione delle collisioni. L'elemento principale delle collisioni in Unity è il *collider* che consiste in un reticolo che ricopre la *mesh* dell'oggetto. Questo ha la capacità di rilevare le collisioni con altri collider: a queste collisioni è possibile associare eventi tramite script, in particolare tramite le funzioni *OnCollisionEnter*, *OnCollisionExit*, *OnCollisionStay*.

In questo software di addestramento però si è scelto di usare i *trigger*, ovvero delle versioni alternative di *collider*, deputati al rilevamento delle collisioni mantenendo il modello 3D immutato.

## 5.2 Realizzazione del soffiatore

Per la realizzazione del soffiatore si è partiti da un'analisi dello strumento e del suo utilizzo, andando a definire i tre tipi di attività ovvero attacco diretto, attacco indiretto e bonifica.

Mentre attacco e diretto e bonifica sono risultati essere simili nelle operazioni da compiere avendo come obiettivo la realizzazione e gestione di una interazione con le foglie, l'attacco diretto ha necessitato di una realizzazione a parte dovendo integrare una interazione con il fuoco, e ciò ha portato a modificare l'effetto particellare del fuoco preesistente.

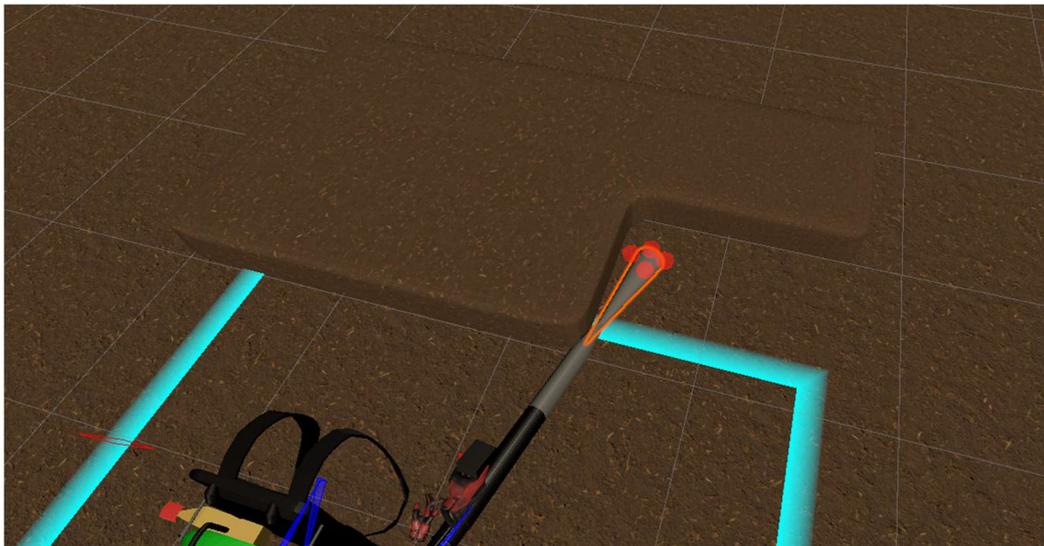
### 5.2.1 Interazione con le foglie

Si è deciso di partire dall'attacco indiretto in quanto rappresenta perfettamente lo scopo principale del soffiatore ovvero agire sul combustibile, spostandolo dal terreno, fino a scoprirne lo strato minerale creando così una linea tagliafuoco che impedisce il propagarsi dell'incendio. Scopo principale di questa modalità era spostare il fogliame sottostante andando ad operare sia in modo visivo sullo spostamento delle foglie, sia in modo parametrico sulle *tile* con l'effettiva rimozione del carburante.

Si è partiti con il realizzare una classe *Soffiatore* che permettesse di gestire lo strumento; al suo interno il parametro più importante è l'*accelerazione*, che viene gestita dall'azione dell'utente sul *trigger* (grilletto) del controller destro del sistema di realtà virtuale. Questo valore è cardine nell'uso dello strumento perché permette di modificare la distanza alla quale i nuovi mucchi di foglie cadranno e quanto una fiamma dovrà piegarsi.

Per simulare il getto d'aria viene usata una *mesh* conica (*Figura 5.1*), la quale è stata dotata di un *MeshCollider* e un *Rigidbody*, in modo da essere rilevato dagli oggetti *Mucchio di Foglie* e *Fuoco*.

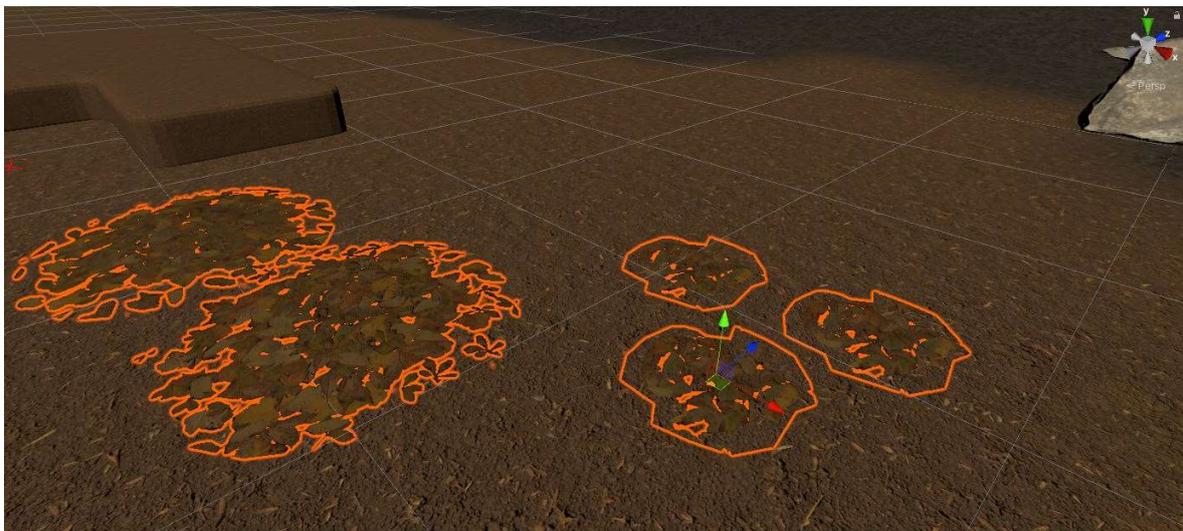
Essa è stata dotata di quattro *GameObject* posti ai quattro punti cardinali del cono *soffio*, che sono stati aggiunti per poter simulare l'ampiezza dell'effetto del getto d'aria sulle foglie e sulla fiamma.



*Figura 5.1: Mesh del soffio con relativi punti cardinali*

Per l'aspetto grafico relativo alla rimozione delle foglie si è utilizzato lo script preesistente, il quale però non era stato predisposto per accettare nuovi mucchi di foglie al di fuori di quelli generati con la creazione del terreno.

Per ovviare questo problema è stato creato uno script apposito, *Leaf*. Esso eredita *Tile Aspect*, ovvero quello originale, riutilizzandone la gestione della *mesh*, ma va ad aggiungere la gestione e creazione del nuovo mucchio di foglie derivativo (*Figura 5.2*) nella posizione calcolata tramite il valore di accelerazione.



*Figura 5.2: Foglie originali a sinistra, foglie derivate a destra*

Si occuperà inoltre di andare ad aggiornare i valori di *fuel* e *moisture* delle *tile* che saranno ricoperte dal nuovo mucchio di foglie derivativo.

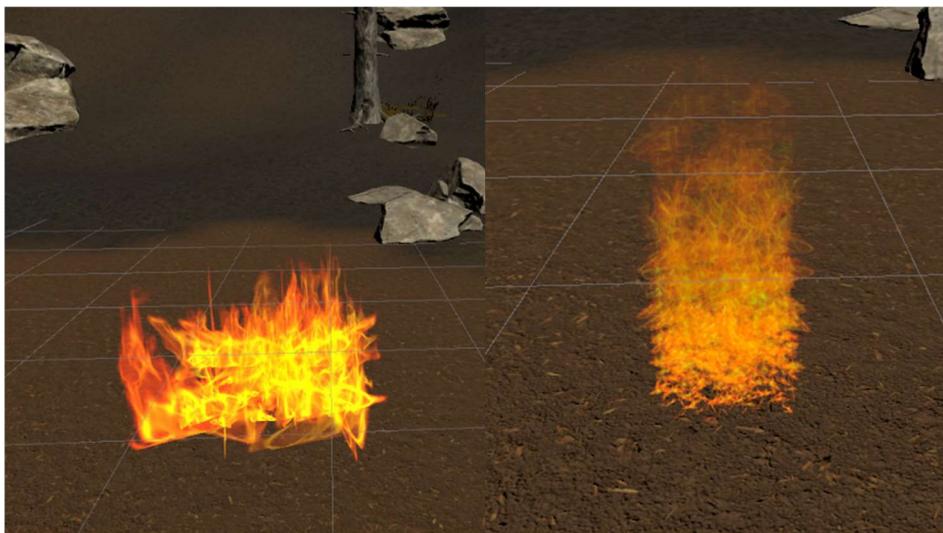
Questo script dota il mucchio di un valore *life* che consente di capire quante foglie siano rimaste e quindi l'intensità dell'effetto dello spostamento.

Lo script si occupa di gestire tutte le fasi dell'interazione tra lo strumento ed il mucchio di foglie, andando a valutare il valore di *accelerazione* dato dall'utente allo strumento e che determina se le foglie si dovranno alzare o meno.

## 5.2.2 Interazione con il fuoco

Per la seconda modalità di utilizzo del soffiatore, l'attacco diretto, l'obiettivo è la gestione dell'interazione con il fuoco.

Il sistema che regola il modo in cui le fiamme si propagano è interamente costruito sulle *tile* preesistenti. Il fuoco, infatti, si diffonde spostandosi da una *tile* a quelle adiacenti. Il fuoco presenta due diversi comportamenti: uno più generale come incendio, ed uno più specifico come singolo fuoco. Mentre il comportamento generale non è stato modificato rispetto a quello già presente, il singolo fuoco ha necessitato di modifiche necessarie all'interazione con lo strumento soffiatore (*Figura 5.3*).



*Figura 5.3: A sinistra la versione precedente del fuoco, a destra la versione attuale*

Ogni fuoco ha un comportamento proprio e indipendente dagli altri, e segue il proprio ciclo di vita da quando comincia a bruciare fino a quando si estingue. L'insieme dei singoli fuochi compone l'incendio di cui è possibile osservare un comportamento complessivo definito dal modo in cui si espande.

Ogni fiamma è composta da un *GameObject* che ne gestisce l'aspetto grafico e logico ed è composto da:

- un effetto grafico particellare che riproduce le fiamme;
- un collider che, assegnato ad un oggetto, permette di rilevare le collisioni;
- uno script denominato *Fire*, che ne gestisce il ciclo di vita.

Aspetto fondamentale nell'interazione con il fuoco è dove si va a colpire la fiamma per spegnerlo: il soffio deve essere alla base della fiamma, perché il getto d'aria elimini il comburente.

Quindi, una volta che il fuoco sarà colpito dal soffio del soffiatore, si valuterà lo stato di accelerazione: se questo valore dovesse essere maggiore di 0.1, valore minimo per evitare possibili errori di valutazione del software quando si decellera, allora vorrà dire che l'utente starà accelerando lo strumento sulla fiamma. Verrà innanzitutto valutato dove l'utente colpisce il fuoco. Se il valore  $y$  dell'oggetto *soffio* è all'interno di parametri prestabiliti allora si andrà ad abbassare il valore di *ossigeno* della fiamma andando a sottrarre un "danno" preimpostato. Se l'utente dovesse spostarsi dalla fiamma o decelerare, il valore di ossigeno ritornerà a salire verso il valore massimo.

Aspetto fondamentale è quello relativo alla direzione verso la quale l'utente sta direzionando la fiamma. Se essa dovesse incrociare una *tile* con del carburante, allora il fuoco potrebbe propagarsi; quindi, una volta che l'utente colpisce la fiamma, si andranno a valutare i valori di *fuel*, *moisture* e i campi che definiscono lo stato attuale della tile ovvero:

- *OnFire*: indica che sulla *tile* è attualmente presente un fuoco e quindi non può generarne altri;
- *Burned*: indica che la *tile* è già stata consumata da un fuoco e non vi è più carburante per generarne uno nuovo;
- *Flammable*: indica che la *tile* è disponibile a generare un fuoco.

Nel caso in cui una *tile* sia disponibile per la generazione di un fuoco e i valori di *fuel* e *moisture* lo consentano allora l'incendio si propagherà su di essa.

### 5.3 Sistemi particellari ed effetti grafici

Un sistema di particelle simula ed esegue il rendering di molte piccole immagini o *mesh*, chiamate particelle, per produrre un effetto visivo. Ogni particella in un sistema rappresenta un singolo elemento grafico nell'effetto. Il sistema simula ogni particella collettivamente per creare l'impressione dell'effetto completo. I sistemi di particelle sono utili quando si desidera creare oggetti dinamici come fuoco, fumo o liquidi difficilmente realizzabili con una *mesh* (3D) o *sprite* (2D), che risultano invece più efficaci nel rappresentare oggetti solidi.

Per realizzare i sistemi particellari presenti nell'applicazione si è utilizzato il Visual Effect Graph. Questo package di Unity è stato scelto perché molto efficiente dal punto di vista delle prestazioni, in quanto consente di simulare il comportamento delle particelle utilizzando la GPU invece che la CPU.

Alcuni sistemi particellari erano preesistenti nell'applicazione, come fuoco e fumo, ma non risultavano essere adatti nel contesto di utilizzo del soffiatore; questo ha portato alla necessità di modificare il precedente effetto, realizzato tramite la tecnica del *billboarding*, con uno più facilmente modificabile.

### 5.3.1 VFX Graph

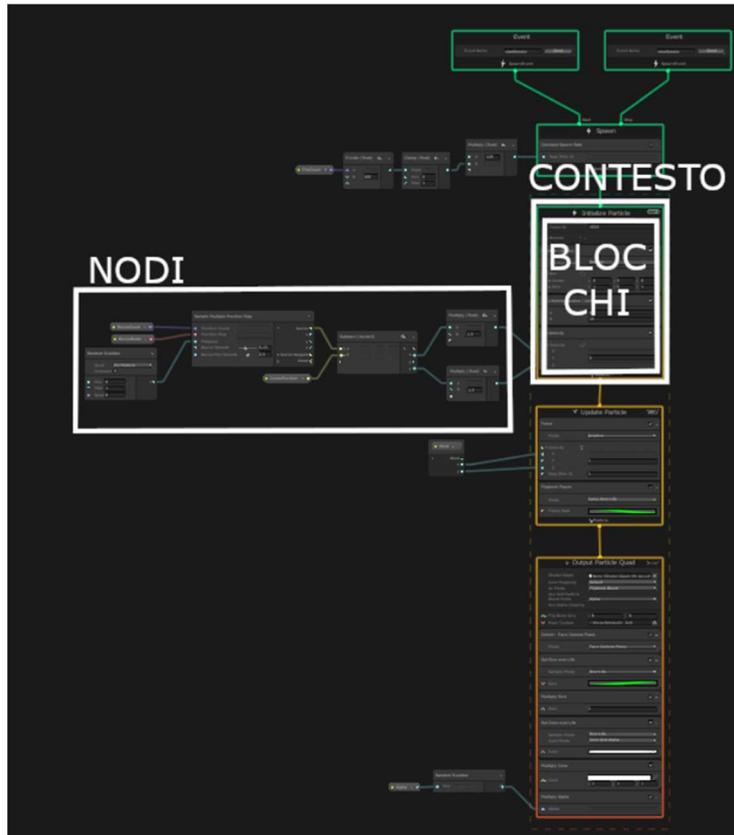
Introdotta nella versione 2018.3 di Unity il Visual Effect Graph è il più recente sistema di simulazione per creare effetti visivi in tempo reale. Si basa su un sistema grafico di nodi e blocchi (*Figura 5.4*) che, connessi tra loro, permettono di realizzare i diversi effetti visivi desiderati.

I blocchi sono contenuti in quelli che vengono chiamati “contesti” e si dividono in *Spawn*, *Initialize*, *Update* ed *Output*:

- *Spawn* definisce la quantità di particelle da generare ed il tempismo con cui generarle;
- *Initialize* contiene i blocchi che servono a definire le caratteristiche iniziali delle particelle;
- *Update* contiene i blocchi che modificano le proprietà delle particelle nel tempo;
- *Output* definisce il modo in cui le particelle devono essere reindirizzate.

I nodi, invece, possono essere connessi per eseguire i vari calcoli necessari a fornire l'output desiderato che può essere utilizzato come informazione di input per i vari blocchi che rappresentano le trasformazioni da applicare in ordine alle particelle.

Ogni sistema particellare deve essere composto almeno dal contesto di *Spawn*, *Initialize* e *Output*.



*Figura 5.4: VFX Graph*

Il punto di forza di questo sistema risiede nel fatto che la simulazione delle particelle viene effettuata sulla GPU invece che sulla CPU. Ciò permette di simulare contemporaneamente milioni di particelle senza impattare sulle prestazioni dell'applicazione, ma presenta anche alcuni svantaggi: essendo simulato sulla GPU non è possibile sfruttare il sistema fisico presente nel Game Engine e realizzare interazioni tra particelle simulate e gameplay risulta più complesso e limitato.

In questo lavoro di tesi si è comunque preferito utilizzare il VFX Graph data la grande quantità di particelle presenti contemporaneamente e si è quindi deciso di dare maggior importanza alla fluidità del sistema per renderlo più realistico.

### 5.3.2 Sistema particellare delle foglie

È stato il sistema più complesso da gestire, nonché quello che ha richiesto più tempo di progettazione, dovuto al moto caotico e “ondoso” delle foglie spostate dall’aria. Si è partito analizzando il materiale disponibile online e i video direttamente registrati al centro del Corpo Volontari AIB di Peveragno durante l’utilizzo da parte degli operatori del soffiatore, e si è creato un apposito effetto composto da quattro diversi generatori di particelle.

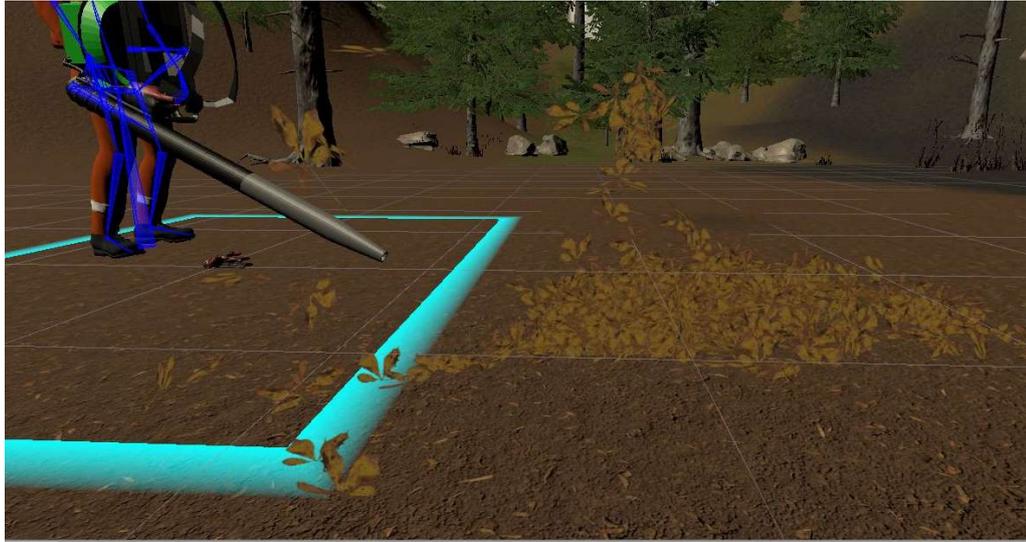
Il primo, nelle immediate vicinanze del soffio, genera delle foglie che si alzano in modo più repentino delle altre; questo effetto è dovuto alla maggiore forza alla quale sono soggette e all’opposizione portata dalle foglie poste di fronte a queste ultime.

Gli altri tre generatori sono invece posizionati dietro il primo e si occupano di definire il movimento “ondoso” delle foglie alzate e allargare l’area interessata dal getto a ventaglio. Sono composte ognuna da due *Vector Field*: i primi direzionano le foglie in salita con un’inclinazione di circa 30°, i secondi li riportano verso il terreno con un’inclinazione più marcata.

Sia i *Vector Field* che i generatori sono tracciati su degli oggetti posizionati come figli del soffio, per rendere più semplice e manovrabile il getto; inoltre, i campi di forza che si occupano dell’abbassamento del fogliame, vengono avanzati o retrocessi in base all’accelerazione data dall’utente, in modo da rendere più realistico l’effetto (*Figura 5.5*).

I parametri che regolano il getto di foglie sono i seguenti.

- *totFoglie*: nodo connesso allo *Spawn* e definisce la quantità di foglie che verranno alzate una volta che l’utente interagirà con il mucchio.
- *Soffio\_Pos e Direction*: due nodi che definiscono la posizione dalla quale si originerà il getto e la direzione verso la quale sarà rivolto.
- *Alzate*: questo nodo permette di definire il movimento delle prime foglie che vengono alzate per poi subire una forza che le farà retrocedere di qualche centimetro.



*Figura 5.5: Foglie in movimento*

Nel VFX Graph appena descritto sono inoltre presenti i campi che permettono di posizionare i vari *Vector Field* nello spazio e consentono di muoverli con maggiore facilità.

### **5.3.3 Sistema particellare del fuoco**

Il sistema particellare del fuoco è stato modificato partendo da una tecnica di *billboarding*, che non consentiva alla fiamma di piegarsi sotto l'effetto dell'aria del soffiatore, arrivando ad un sistema di gestione simile a quello delle foglie, composto da tante piccole fiammelle pilotate da un campo forza che permette di indirizzarle.

Questo approccio era stato scartato nella versione precedente dell'applicazione in quanto comporta l'aggiunta di numerose particelle che potrebbero andare ad appesantire l'applicazione ed una maggiore complicazione nella gestione della fiamma, ma è risultata imprescindibile nell'interazione tra soffiatore e fuoco.

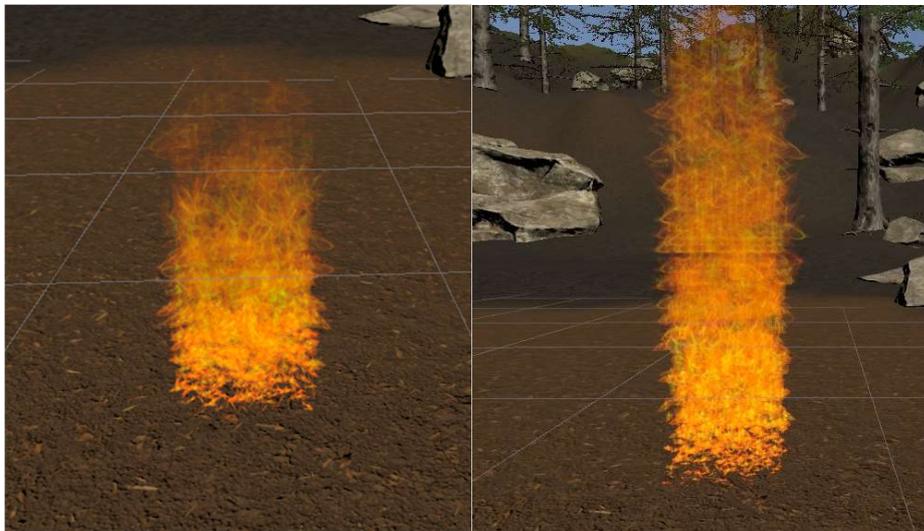
I valori che pilotano la fiamma sono i seguenti.

- *Size*: determina la grandezza della fiamma ed il numero di particelle che la compongono. È un campo determinato dalla grandezza della *tile* sulla quale è posizionata la fiamma e può avere un valore compreso tra 0 e 1 (*Figura 5.6*).



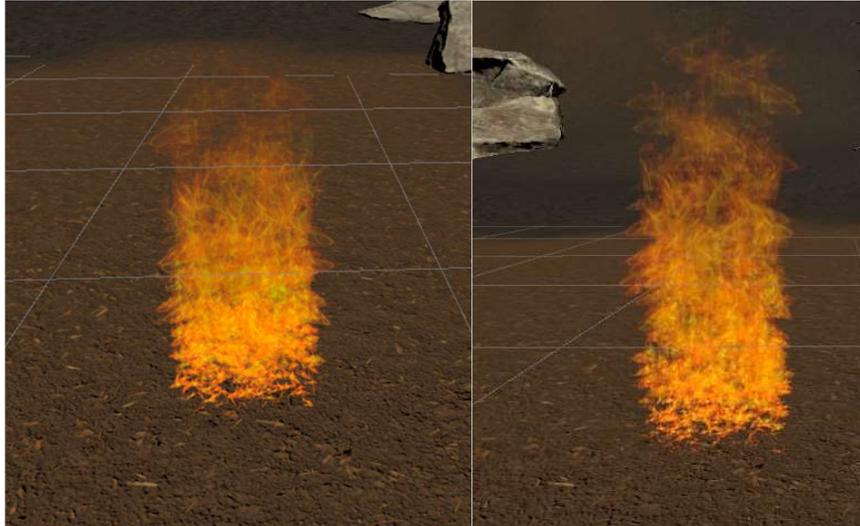
*Figura 5.6: Size adattato per una tile 0.5m x 0.5m*

- *Life*: nodo che definisce la vita della fiamma e consente di alzarla o abbassarla in base ai valori di *fuel* e *ossigeno* della stessa *Figura 5.7*).



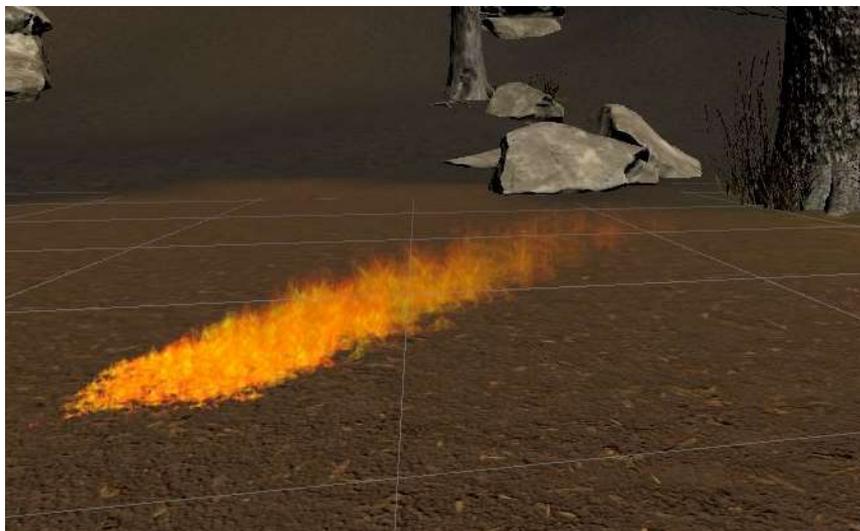
*Figura 5.7: A sinistra Life = 1, a destra Life = 1.25*

- *Intensity*: nodo che permette di gestire la velocità delle particelle verso l'alto. È un valore fisso per tutta la vita della fiamma (*Figura 5.9*).



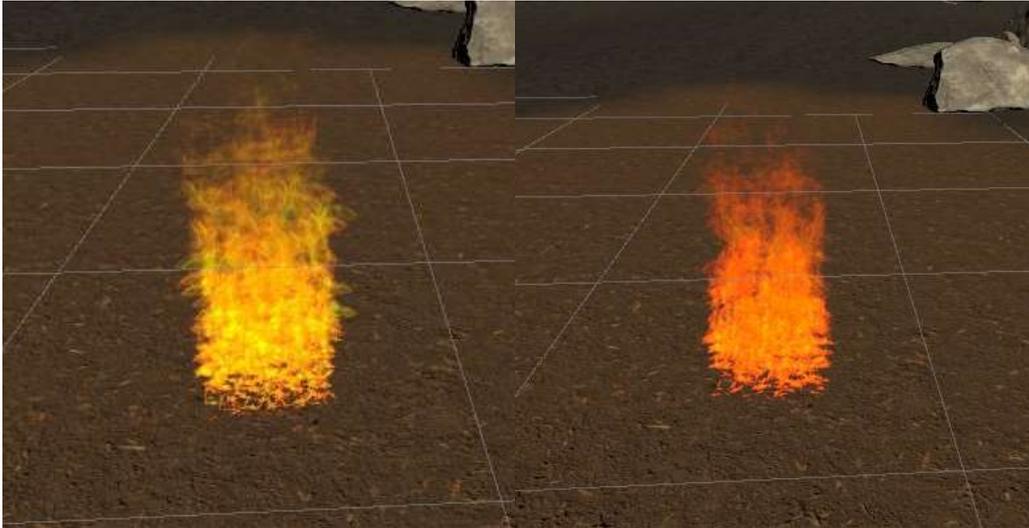
*Figura 5.8: a sinistra Intensity = 1, a destra Intensity = 1.25*

- *Attractive*: questo nodo permette di indirizzare le particelle della fiamma una volta che questa interagisce con il soffiatore. Dipende dall'accelerazione del soffiatore e dalla direzione verso cui è rivolto (*Figura 5.9*).



*Figura 5.9: Fiamma colpita da un getto d'aria*

- *Color*: va a modificare il colore della fiamma. Oltre a cambiare colore, è possibile renderla più o meno brillante (*Figura 5.10*).



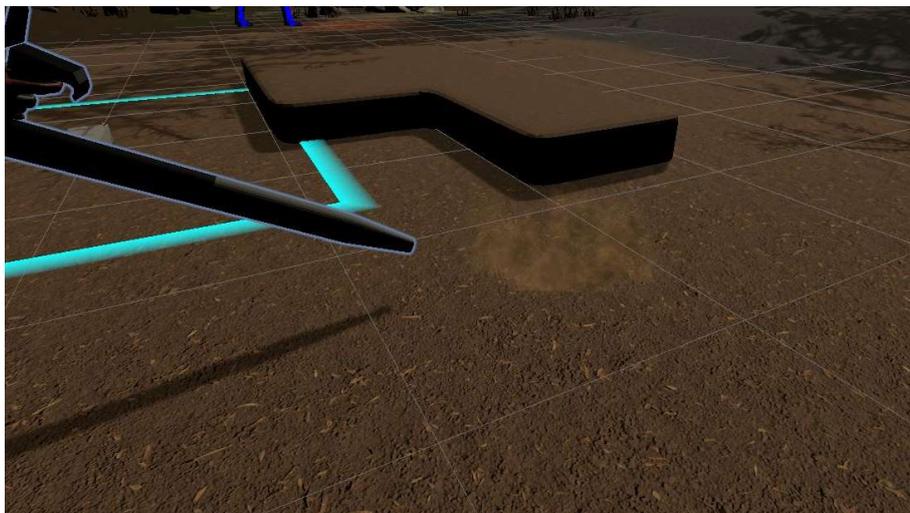
*Figura 5.10: a sinistra fuoco con colore più chiaro, a destra con colore più scuro*

### **5.3.4 Sistemi particellari del getto d'aria**

Per meglio far capire all'utente l'ampiezza del getto d'aria che fuoriesce dal tubo convogliatore sono stati aggiunti due diversi sistemi particellari. Il primo consiste in un effetto che va a riprodurre la polvere che viene alzata una volta che il getto colpisce il terreno (*Figura 5.11*), ed è composto da un emettitore a forma di circonferenza.

I parametri che pilotano l'effetto sono i seguenti.

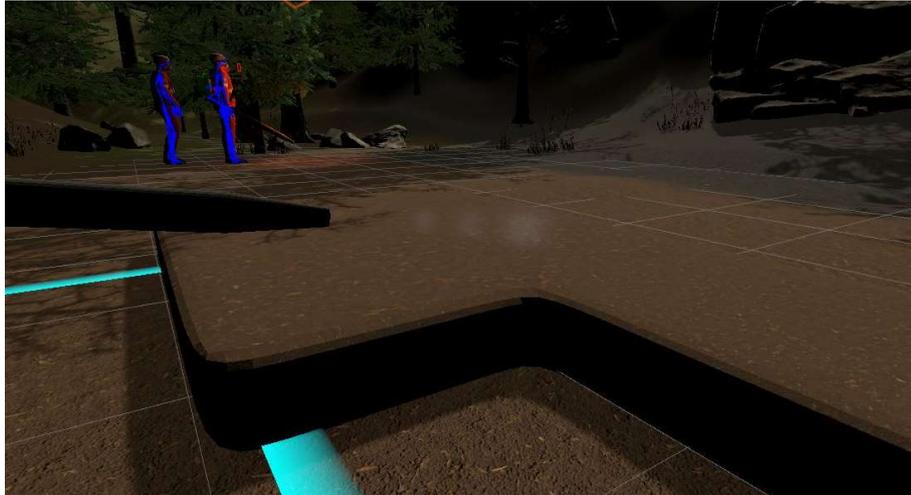
- *Soffio*: determina il luogo ove il getto d'aria va a colpire il terreno e sarà quindi il centro dell'emettitore.
- *Accelerazione*: determina la quantità e la velocità delle particelle, dipende dal valore di accelerazione che l'utente dà al soffiatore



*Figura 5.11: Terra alzata*

Il secondo sistema particellare (*Figura 5.12*) utilizzato per definire il getto d'aria consiste invece in alcune minuscole particelle bianche usate per dare l'effetto dell'aria che viene spinta dal soffiatore. È composto da un emettitore di forma triangolare ed è pilotato da un solo parametro.

- *Accelerazione*: determina la quantità e la velocità delle particelle, dipende dal valore di accelerazione che l'utente dà al soffiatore



*Figura 5.12: Particellare getto d'aria*

## 5.4 Elementi grafici

Nella modalità guidata è stato necessario trovare un modo per segnare il passaggio da una fase all'altra e dall'inizio di una valutazione alla successiva. Nella versione precedente dell'applicazione si faceva uso di cerchi verdi e blu evidenziati da un cilindro verticale, elementi grafici tipicamente utilizzati per indicare il teletrasporto. In questa versione si è cercato di mantenere il codice colore preesistente, verde per indicare inizio o fine di una fase e blu per indicare il punto in cui avviene la valutazione.

I cerchi cilindrici sono stati sostituiti da semplici cerchi verdi sul terreno, mentre per la parte di valutazione nell'attacco indiretto è stato utilizzato un quadrato azzurro attorno all'area da liberare dal fogliame (*Figura 5.13*).

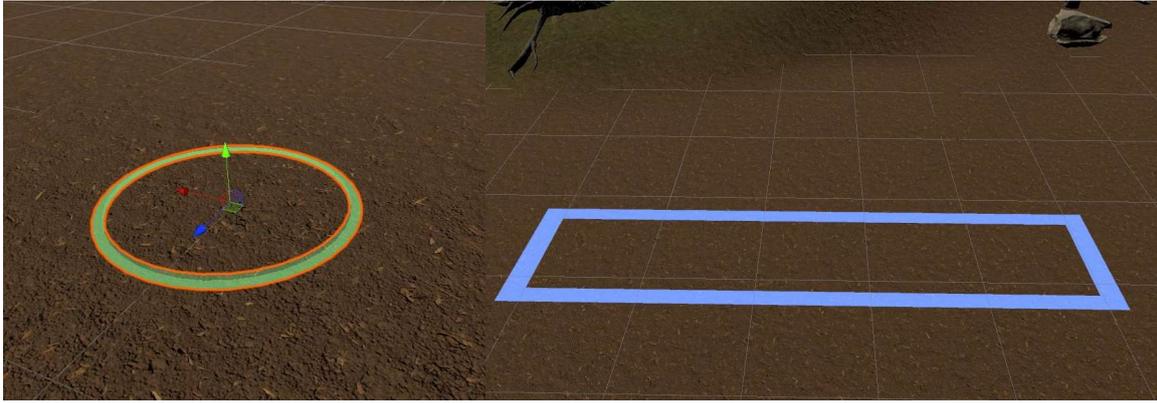


Figura 5.13: A sinistra cerchio verde, a destra riquadro valutazione

Sono state aggiunte poi delle metafore visive per aiutare l'utente nel posizionare correttamente il tubo convogliatore. Esse consistono in un *Line Renderer* e un *TextMesh*, i quali vengono pilotati dal tubo convogliatore e cambiano colore in base alla correttezza della posizione: verde se l'angolo è corretto, rosso altrimenti (Figura 5.14).

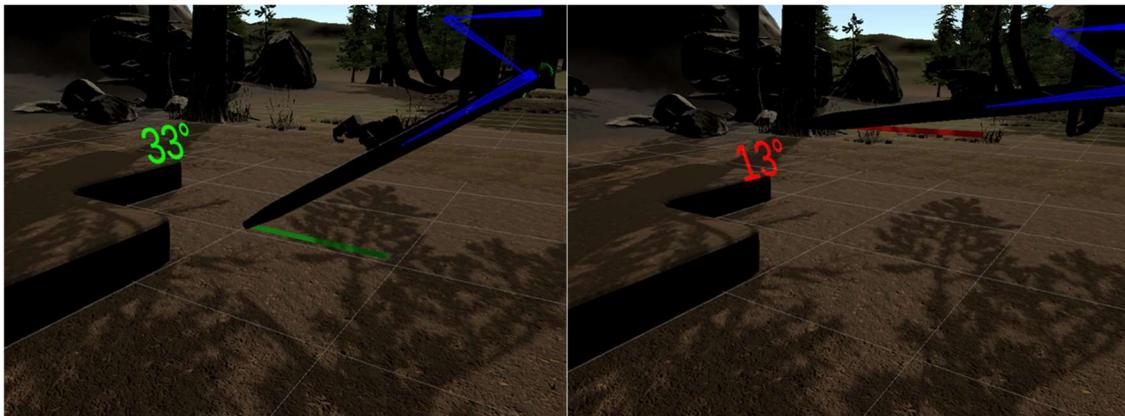


Figura 5.14: A sinistra angolo corretto, a destra angolo errato

## 5.5 Sistema di valutazione

Il sistema di valutazione è basato su determinati parametri, la combinazione dei quali fornisce un'indicazione di correttezza formalizzata tramite un punteggio nella modalità valutata.

## 5.5.1 Parametri

La valutazione si basa sui parametri acquisiti tramite il visore, il tracker posto sul soffiatore e i controller utilizzati.

In base alle indicazioni del Corpo Volontari AIB sono stati indicati cinque parametri da valutare, descritti di seguito.

### 5.5.1.1 Brandeggio

Movimento di rotazione del tubo convogliatore.

Per valutarlo, il sistema, quando l'utente preme sull'acceleratore, salva la rotazione del tubo convogliatore sull'asse delle y rispetto allo sguardo dell'utente in quel dato momento; dopo 0.2 secondi, ricontrolla la rotazione, verificando se sia avvenuta una variazione maggiore di 5 gradi rispetto alla posizione registrata precedentemente; nel caso non si sia verificata alcuna rotazione o la stessa sia stata inferiore ai 5° il sistema segnala un errore. In ogni caso la nuova posizione viene salvata in memoria per la verifica successiva.

Va ricordato che ogni rilevamento viene svolto rispetto allo sguardo dell'utente per evitare che una rotazione dell'utente venga rilevata come un corretto movimento di brandeggio.

I valori di 0.2s e 5° sono stati selezionati in quanto consentono l'adattamento e la rilevazione del movimento per differenti ritmi di brandeggio.

### 5.5.1.2 Inclinazione

L'inclinazione del tubo convogliatore tenuta dall'utente è fondamentale per l'attacco diretto e va modificata in base all'altezza del terreno. Per valutarla vengono presi i valori di posizione della punta del tubo convogliatore e del giunto di quest'ultimo, calcolando la distanza trigonometrica tra questi punti si ottiene la lunghezza del tubo, che in un ipotetico triangolo rettangolo rappresenta l'*ipotenusa*, ad ogni frame si calcolano i due cateti che permettono di valutare l'angolo. Il primo, chiamato *catetoA* viene calcolato sottraendo dal valore di y del giunto del tubo convogliatore il valore di y della punta del tubo convogliatore, il secondo, definito come *catetoB* viene calcolato come la distanza sulla coordinata x tra i due punti.

Successivamente tramite la formula:

$$\arcsin(a) = \frac{\text{cateto}B}{\text{ipotenusa}} \quad \text{Eq. 5.1}$$

si procede al calcolo dell'angolo tenuto dal tubo convogliatore rispetto al terreno e si valuta se sia all'interno dei valori limite.

Se l'utente dovesse mantenere un angolo errato per più di 5 secondi il sistema segnalerà un errore.

### **5.5.1.3 Cono di vista**

Lo sguardo dell'utente deve sempre essere rivolto verso il getto d'aria; per controllarlo è stato dotato l'utente di una mesh a forma rettangolare che simula il cono di vista dell'utente e controlla che la punta del tubo convogliatore sia sempre all'interno della mesh.

Il cono di vista ha come centro la posizione della testa dell'utente e viene tracciato sul visore, nel caso l'utente dovesse indirizzare la punta del tubo convogliatore al di fuori della mesh per più di tre secondi, il sistema segnalerà un errore.

### **5.5.1.4 Postura**

La postura deve essere eretta e con le gambe non troppo vicine per evitare di sbilanciarsi; viene valutata, per ora, solamente la postura prendendo come riferimento il valore inserito nell'apposito campo del menù iniziale. Pertanto si controlla che l'utente non si abbassi più di 10 cm rispetto all'altezza indicata, altrimenti verrà segnalato l'errore.

### **5.5.1.5 Bruciature riportate**

Valore che indica se l'utente è stato a contatto con le fiamme per un tempo prolungato e quindi, in un contesto reale, potrebbe riportare bruciature.

Viene valutata andando a controllare che l'utente non stia per più di tre secondi nell'immediata vicinanza di una fiamma, nel caso questo dovesse succedere il sistema segnalerà un errore.

## 5.5.2 Punteggio

Il punteggio si basa su un sistema decrementale, ovvero ogni errore comporta una diminuzione dello stesso; è stato scelto questo sistema in quanto la modalità valutata non è suddivisa in fasi, e l'utente dovrà quindi prestare attenzione ad ogni singolo parametro contemporaneamente.

Essendo previste due diverse versioni della modalità valutata, in base al tipo di attacco, diretto e indiretto, differiscono anche i campi attraverso i quali si viene valutati.

Per l'attacco indiretto (*Figura 5.15*) l'utente sarà valutato su brandeggio, postura, e cono di vista oltre al fatto se si sarà bruciato o meno.



*Figura 5.15: valutazione attacco indiretto*

Per l'attacco diretto (*Figura 5.16*) l'utente verrà valutato su brandeggio, postura, cono di vista, bruciature riportate, inclinazione e gestione dell'incendio. Inoltre, essendo questa tipologia di attacco diretta sul fuoco, aumenterà l'apporto al punteggio finale delle bruciature in quanto più rilevanti rispetto al caso dell'attacco indiretto dove, normalmente, si lavora a distanza rispetto al fronte di fiamma.



Figura 5.16: valutazione attacco diretto

## 5.6 Voice-over

Il voice-over ha un ruolo importantissimo all'interno di un'applicazione in realtà virtuale pensata per l'apprendimento. Esso viene modulato, in questo caso, in due voci maschili diverse: una del caposquadra, che illustra le varie fasi nella modalità guidata, l'altra dell'NPC di supporto che richiama l'utente qualora non segua le corrette indicazioni.

Il testo del voice-over è stato scritto solo dopo un attento studio del materiale fornito dai responsabili del Corpo Volontari AIB. È infatti fondamentale che non ci siano imprecisioni che possano portare ad un uso scorretto dello strumento mettendo a rischio l'incolumità dell'utente in una situazione reale. Il testo è stato quindi sottoposto alla validazione dei responsabili Corpo Volontari AIB che ne hanno approvato il contenuto.

La voce del caposquadra, all'ingresso dei vari cerchi che definiscono le varie fasi, recita quanto riportato di seguito.

### Presentazione

- *“Benvenuto a questa esperienza in realtà virtuale sull'uso del soffiatore”.*

- *“Il soffiatore è una macchina che genera un potente flusso d’aria e serve per eliminare preventivamente il combustibile spazzandolo dal terreno, fino a scoprirne lo strato minerale, prima che il fronte di fiamma sopraggiunga. Così, la combustione si esaurisce per mancanza di combustibile. Ha un peso variabile da 7 a 12 chili secondo i modelli”.*

Indicando i vari componenti del soffiatore

- *“È composto da un gruppo motore ventola nel quale il motore fornisce movimento alla ventola che genera un flusso d’aria e lo spinge nel tubo convogliatore”.*
- *“Il serbatoio del carburante assicura un’autonomia di un paio d’ore circa”.*
- *“L’intensità del flusso d’aria è regolabile tramite un apposito pulsante detto acceleratore”.*

Fase di accensione

- *“L’accensione dello strumento avviene premendo il pulsante posto a fianco dell’acceleratore fino a che non si sente il motore avviarsi. Successivamente occorre posizionarsi con la schiena rivolta al soffiatore per farsi aiutare ad indossarlo. Ricorda di eseguire queste operazioni lontano da fonti di calore”.*

Una volta che l’utente si è girato, dopo aver indossato il soffiatore

- *“Tieni a mente che qualora ve ne fosse necessità l’imbracatura del soffiatore dispone di uno sgancio rapido, ti basterà portare le mani ai ganci sulle spalliere e premerli per far cadere il soffiatore al suolo”.*

Presentazione dell’operatore di supporto

- *“Durante le operazioni ti assisterà un operatore di supporto. Per utilizzare il soffiatore con efficacia ed in sicurezza è indispensabile lavorare in coppia. Così ci si alterna al lavoro e si assicura continua assistenza a chi opera. Dopo averti aiutato ad indossare il soffiatore, l’operatore di supporto ti aiuterà a mantenere l’equilibrio durante le operazioni, controllerà anche che il soffiatore non si impigli nella vegetazione, si assicurerà dell’assenza di materiale in combustione”.*

- *“Altro compito dell’operatore di supporto è quello di mantenere sia il contatto visivo con gli altri operatori del Corpo Volontari AIB nelle vicinanze, sia i contatti radio con le altre unità, il rumore del motore, infatti, rende molto difficile riuscire a sentire la loro voce, ed in tali condizioni non è improbabile il rischio di restare isolati”.*

#### Attacco indiretto

- *“In questa fase sperimenterai l’attacco indiretto, dovrai creare una linea tagliafuoco spostando le foglie dall’area delimitata da un fascio azzurro, questo tipo di operazione è fondamentale per creare una separazione tra l’incendio e il resto del combustibile per arrestarne la propagazione. Ricorda di mantenere una postura eretta ed i piedi non troppo vicini tra loro per evitare di sbilanciarti. Continua a brandeggiare il tubo convogliatore durante le operazioni e presta sempre attenzione a dove indirizzi il getto d’aria”.*
- *“Posizionati nel cerchio verde per iniziare le operazioni”.*

Una volta che la zona delimitata è stata completamente ripulita dalle foglie

- *“Bene ora prosegui verso il cerchio verde per continuare l’esperienza”.*

#### Attacco diretto

- *“La seconda tipologia di operazioni con il soffiatore è denominata attacco diretto, consiste nell’agire direttamente sul fuoco, fondamentale in questo tipo di operazioni è l’inclinazione che viene data al soffiatore, con il getto che deve essere sempre rivolto alla base della fiamma per poter allontanare l’ossigeno e bloccare così il processo di combustione”.*
- *“Evita quindi di alzare eccessivamente la parte terminale del tubo convogliatore o di portarlo a toccare il terreno, ricorda inoltre che l’inclinazione deve adattarsi all’inclinazione del versante”.*
- *“Ora prova tu a posizionare il soffiatore alla giusta inclinazione”.*

- *“Bene ora proverai l’attacco diretto sul fuoco, ricorda di brandeggiare il tubo convogliatore durante le operazioni e di rivolgere il getto verso una parte di terreno già bruciata e con il combustibile esaurito in modo da non propagare l’incendio in zone non ancora colpite”*
- *“Posizionati nel cerchio verde per iniziare le operazioni”.*
- *“Ricordati di brandeggiare, prestare attenzione a dove indirizzi il getto d'aria, alla postura e all'inclinazione del tubo convogliatore”*

Una volta che l’utente ha estinto il fronte di fuoco

- *“Bene, ora puoi dirigerti verso il cerchio verde vicino al capo operatore”.*

Fase finale

- *“Qui si conclude l’esperienza guidata, ricorda che per qualunque attività in prossimità della combustione o di un fuoco si devono utilizzare solo soffiatori appositamente progettati per questi scopi e di idoneità accertata. Procedi verso il cerchio verde per uscire dall’esperienza”.*

Se l’utente non segue le spiegazioni del capogruppo relative alle parti del soffiatore viene richiamato all’attenzione:

- *“Presta attenzione al soffiatore posizionato sul rialzo”*

Se l’utente non guarda il soffiatore mentre il capogruppo mostra la corretta inclinazione:

- *“Presta attenzione mentre ti mostro la corretta inclinazione”*

Le possibili correzioni nella fase di attacco indiretto sono:

- *“Ricorda di mantenere una posizione eretta e di non avvicinare eccessivamente le gambe”*
- *“Mantieni lo sguardo dove stai usando il soffiatore”.*

- *“Ricorda di brandeggiare il tubo convogliatore”.*

Le possibili correzioni nella fase di attacco diretto sono:

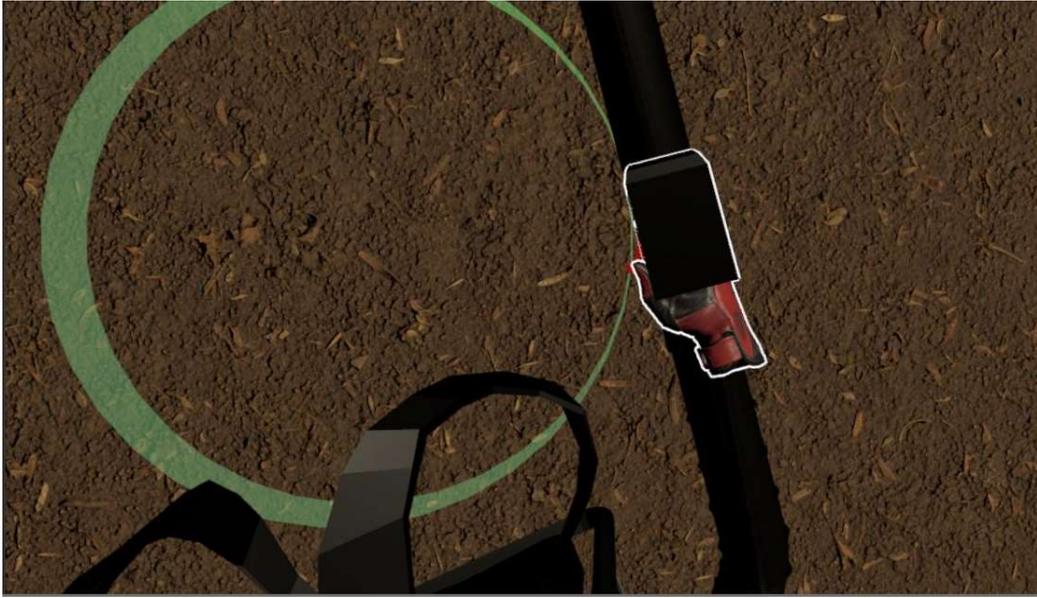
- *“Mantieni i 30° di inclinazione rispetto al terreno”.*
- *“Ricorda di mantenere una posizione eretta e di non avvicinare eccessivamente le gambe”*
- *“Dovresti spegnere il fuoco propagarlo”.*
- *“Ricorda di mantenere una posizione eretta e di non avvicinare eccessivamente le gambe”*
- *“Mantieni lo sguardo dove stai usando il soffiatore”.*
- *“Ricorda di brandeggiare il tubo convogliatore”.*

Durante la modalità valutata, l’NPC di supporto avrà premura di avvertire l’utente nel caso si dovesse avvicinare troppo alle fiamme o ad un’altra unità:

- *“Attenzione le fiamme si stanno avvicinando troppo”.*
- *“Attento ci stiamo avvicinando troppo ad un’altra unità”.*

## **5.7 Animazioni**

Nell’applicazione, oltre alle animazioni più evidenti e significative, ovvero quelle riguardanti gli NPC nella parte guidata e valutata che mostrano all’utente alcune operazioni particolari ed il corretto utilizzo dello strumento, sono presenti anche le animazioni delle mani dell’operatore quando afferra e accende il soffiatore (*Figura 5.17*) e quando accelera.



*Figura 5.17: L'utente afferra lo strumento nella fase di accensione*

# Capitolo 6

## Conclusioni e sviluppi futuri

### 6.1 Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha portato all'implementazione del soffiatore nel sistema di supporto all'addestramento degli operatori del Corpo Volontari AIB in realtà virtuale che verrà utilizzato dai volontari nel loro centro presso FORMONT a Peveragno.

Le varie prove effettuate con i volontari hanno avuto riscontri positivi nonostante l'epidemia di COVID-19 abbia rallentato l'integrazione dell'applicazione all'interno dei corsi.

Il lavoro ha prodotto un'applicazione che potrà aiutare i volontari nella gestione degli incendi permettendo loro di sperimentare le pratiche corrette in un ambiente sicuro e controllato.

### 6.2 Sviluppi futuri

L'applicazione si presta a diversi sviluppi futuri. Vi è la possibilità di ampliare l'offerta di strumenti utilizzabili aggiungendo la pompa spallabile. Vi sarebbe inoltre la possibilità di aggiungere una modalità multi-giocatore per permettere ad un altro utente di impersonare l'operatore di supporto, sostituendo l'attuale NPC, oppure una modalità "sfida" per sfruttare la competizione tra volontari.

Un altro possibile sviluppo potrebbe essere quello di introdurre delle difficoltà in tempo reale tramite un centro di controllo, simulando raffiche di vento, aumento della velocità del fuoco e così via.

Un'ultima possibile implementazione potrebbe essere data dall'aggiunta di terreno irregolare o in forte pendenza o cespugli o alberi da aggirare oltre che da fonti di calore che aumenterebbero notevolmente il realismo della simulazione. Queste opzioni però porterebbero ad una difficile scalabilità del sistema, perché richiederebbero un allestimento dedicato per ogni diversa situazione.



# Bibliografia e Sitografia

[1] ALCOTRA

URL: <https://www.interreg-alcotra.eu/it/decouvrir-alcotra/les-projets-finances/risk>.

[2] CORPO VOLONTARI AIB

URL: <https://www.corpoaibpiemonte.it/?page=44556&c=44582&s=1651>

[3] Incendio boschivo

URL: <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/protezione-civile-difesa-suolo-opere-pubbliche/protezione-civile/incendi-boschivi/che-cose-un-incendio-boschivo>

[4] Fuoco

URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Fuoco>

[5] Triangolo del fuoco

URL: [https://it.wikipedia.org/wiki/Triangolo\\_del\\_fuoco](https://it.wikipedia.org/wiki/Triangolo_del_fuoco)

[6] Tipologie di Incendi boschivi

URL: <https://www.regione.veneto.it/static/www/agricoltura-e-foreste/tipologiediincendioA5.pdf>

[7] Realtà Virtuale

URL: <https://www.treccani.it/enciclopedia/realta-virtuale>

[8] Realtà Virtuale

URL: [https://it.wikipedia.org/wiki/Realtà\\_virtuale](https://it.wikipedia.org/wiki/Realtà_virtuale)

[9] Venice Vr Expanded

URL: <https://www.labiennale.org/it/cinema/2020/venice-vr-expanded>

[10] Museo del Cinema di Torino Vr

URL: <https://www.museocinema.it/it/news/8535>

[11] Flaim system

URL: <https://flaimgsystems.com/about>

[12] Fire Safety Lab Vr

URL: [https://store.steampowered.com/app/1250170/Fire\\_Safety\\_Lab\\_VR/](https://store.steampowered.com/app/1250170/Fire_Safety_Lab_VR/)

[13] Fire Fighetr Vr

URL: <https://www.firefightervr.de>

[14] You Rescue

URL: <https://www.yourescue.fr>

[15] Ultraleap

URL: <https://www.ultraleap.com/product/leap-motion-controller/>

[16] Addestramento Realtà Virtuale dei vigili del fuoco

URL: <https://webthesis.biblio.polito.it/13153/> [1]

[17] Unity

URL: [https://it.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(motore\\_grafico\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Unity_(motore_grafico))

[18] Animation Rigging Unity

URL: <https://learn.unity.com/tutorial/working-with-animation-rigging#>

[19] Vector Field Maker

URL: [https://assetstore.unity.com/packages/tools/particles-effects/vector-field-maker-lite-](https://assetstore.unity.com/packages/tools/particles-effects/vector-field-maker-lite-141215)

141215

[20] Campo Vettoriale

URL: [https://it.wikipedia.org/wiki/Campo\\_vettoriale](https://it.wikipedia.org/wiki/Campo_vettoriale)

[21] Visual Studio

URL: [https://it.wikipedia.org/wiki/Visual\\_Studio\\_Code](https://it.wikipedia.org/wiki/Visual_Studio_Code)

[22] Blender

URL: [https://it.wikipedia.org/wiki/Blender\\_\(programma\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Blender_(programma))

[23] Oculus VR

URL: [https://it.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_VR](https://it.wikipedia.org/wiki/Oculus_VR)

[24] Oculus Quest

URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_Quest](https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Quest)