

POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA

INFORMATICA



Tesi di Laurea Magistrale

Rilevamento Automatico dei DPI tramite infrastruttura cloud

Relatore:
Prof. Mario Rossi

Candidato:
Luca Bianchi

Dicembre 2024

Indice

1	Introduzione	3
1.1	Importanza della Sicurezza sul Lavoro nell' Industria Manifatturiera	3
1.2	Conseguenze degli Incidenti sul Lavoro	3
1.3	Impatto Economico sulle Aziende e sulla Società	3
1.4	Rilevamento dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI)	4
1.5	Ruolo della Computer Vision e del Cloud Computing nella Sicurezza Industriale	4
1.6	Obiettivo della Tesi	5
2	Background	7
2.1	Sicurezza Industriale e DPI	7
2.2	Computer Vision e Sicurezza sul Lavoro	12
2.3	Cloud Computing nell'Industria	12
2.4	Amazon Rekognition	12
2.5	Normative e Standard di Sicurezza	12
	Bibliografia	14
A	Codice Sorgente	15

Elenco delle figure

2.1	Infortuni sul lavoro accertati positivi per genere e modalità di accadimento nell'anno 2022.	7
2.2	infortuni in occasione di lavoro accertati positivi per settore di attività nell'anno 2022	8
2.3	onere economico complessivo stimato (approccio bottom up)	9
2.4	stima dei costi complessivi approccio top down	10

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Importanza della Sicurezza sul Lavoro nell' Industria Manifatturiera

La sicurezza sul lavoro rappresenta un elemento fondamentale all'interno dell' industria manifatturiera, dove l'interazione tra macchinari complessi e operai espone a numerosi rischi. Come noto, gli infortuni sul lavoro nel settore manifatturiero sono tra i più frequenti e gravi, con conseguenze significative sia per i lavoratori che per le aziende. Garantire un ambiente di lavoro sicuro non solo tutela la salute e il benessere dei dipendenti, ma contribuisce anche a migliorare la produttività e a ridurre i costi associati agli incidenti.

1.2 Conseguenze degli Incidenti sul Lavoro

Gli incidenti sul lavoro nelle industria manifatturiera possono comportare gravi conseguenze per i lavoratori, inclusi infortuni permanenti, invalidità e, in casi estremi, decessi. Tali incidenti non solo influiscono sulla qualità della vita dei dipendenti e delle loro famiglie, ma comportano anche ripercussioni economiche rilevanti per le aziende. I costi diretti includono spese mediche e indennità di infortunio, mentre i costi indiretti comprendono la perdita di produttività, la necessità di sostituzione del personale e i danni alla reputazione aziendale.

1.3 Impatto Economico sulle Aziende e sulla Società

Oltre alle conseguenze dirette sugli individui, gli incidenti sul lavoro hanno un impatto economico significativo sulle aziende e sulla società nel suo complesso. Le aziende devono affrontare spese legali, aumenti dei premi assicurativi e potenziali sanzioni normative in

caso di inadempienza alle leggi sulla sicurezza. Inoltre, la perdita di fiducia dei consumatori e dei partner commerciali può influenzare negativamente le performance finanziarie e la competitività dell'azienda sul mercato.

Sul piano sociale, gli incidenti sul lavoro contribuiscono a un aumento dei costi sanitari e riducono la produttività nazionale. La società nel suo complesso subisce un impatto economico derivante dalla perdita di forza lavoro qualificata e dall'aumento delle richieste di assistenza sociale. Pertanto, investire nella sicurezza sul lavoro rappresenta non solo un obbligo etico e legale, ma anche una strategia economica vantaggiosa a lungo termine.

1.4 Rilevamento dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI)

I Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) sono strumenti essenziali per prevenire gli incidenti sul lavoro e ridurre l'esposizione dei lavoratori a rischi specifici. DPI comuni includono caschi, guanti, occhiali protettivi, maschere respiratorie e indumenti resistenti agli agenti chimici. L'uso corretto e costante dei DPI è fondamentale per garantire la sicurezza dei lavoratori, ma la loro efficacia dipende dalla conformità e dalla corretta applicazione delle normative da parte dei dipendenti.

Inoltre, monitorare l'uso dei DPI in ambienti industriali può risultare complesso, soprattutto in contesti ad alta dinamicità e con elevati volumi di produzione. Tradizionalmente, questo monitoraggio è stato effettuato attraverso ispezioni manuali, che possono essere dispendiose in termini di tempo e risorse e soggette a errori umani. Pertanto, vi è una crescente necessità di soluzioni automatizzate e tecnologicamente avanzate per garantire un controllo efficace e continuo dell'utilizzo dei DPI.

1.5 Ruolo della Computer Vision e del Cloud Computing nella Sicurezza Industriale

L'innovazione tecnologica ha aperto nuove prospettive per migliorare la sicurezza sul lavoro nell'industria manifatturiera. In particolare, la computer vision e il cloud computing emergono come strumenti potenti per automatizzare il rilevamento dei DPI e monitorare in tempo reale le condizioni di sicurezza.

La **computer vision** permette alle macchine di interpretare e analizzare immagini e video, identificando automaticamente la presenza e l'uso corretto dei DPI. Attraverso algoritmi di deep learning e reti neurali convoluzionali, i sistemi di computer vision possono riconoscere oggetti specifici, come caschi e guanti, e verificare la loro corretta

indossatura da parte dei lavoratori. Questo approccio non solo aumenta l'efficienza del monitoraggio, ma riduce anche la dipendenza da interventi manuali, minimizzando gli errori e garantendo una supervisione costante e accurata.

Il **cloud computing**, d'altra parte, fornisce l'infrastruttura necessaria per gestire e analizzare grandi quantità di dati provenienti dai sistemi di computer vision. Attraverso piattaforme cloud, è possibile archiviare, elaborare e accedere ai dati in modo scalabile e flessibile, permettendo una gestione centralizzata e accessibile delle informazioni sulla sicurezza. Inoltre, il cloud computing facilita l'integrazione con altri sistemi aziendali, consentendo una visione completa delle operazioni e una risposta tempestiva agli incidenti rilevati.

L'integrazione di computer vision e cloud computing rappresenta quindi una svolta nel campo della sicurezza industriale, offrendo soluzioni avanzate per il monitoraggio proattivo dei DPI e la prevenzione degli incidenti.

1.6 Obiettivo della Tesi

In questo contesto, la presente tesi si propone di sviluppare un sistema basato su Amazon Rekognition, un servizio di computer vision offerto da Amazon Web Services (AWS), per il rilevamento automatico dei DPI nell'industria manifatturiera. L'obiettivo principale è quello di generare una infrastruttura scalabile per l'analisi di dati semistrutturati e non strutturati all'interno di una fabbrica. In particolare, dato un insieme di macchinari, come ad esempio bracci robotici, si vuole ottenere il controllo dell'effettivo indossamento dei dispositivi di sicurezza da parte degli operatori (operai, manutentori) all'interno di uno stabilimento, in modo tale da garantirne loro la sicurezza sul posto di lavoro.

Capitolo 2

Background

2.1 Sicurezza Industriale e DPI

La sicurezza sul lavoro nell'industria manifatturiera è di primaria importanza per garantire non solo la salute e il benessere dei lavoratori, ma anche l'efficienza operativa e la sostenibilità economica delle aziende. Secondo i dati forniti dall'Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL), nel 2022 il settore manifatturiero ha registrato un tasso di infortuni del 13,9% sul totale [1].

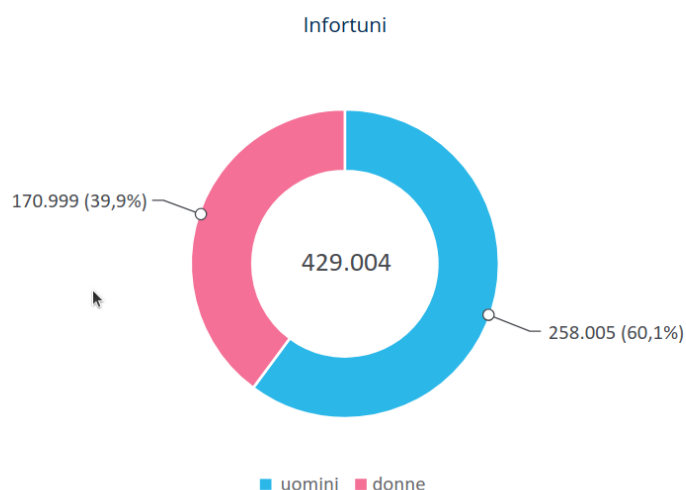


Figura 2.1: Infortuni sul lavoro accertati positivi per genere e modalità di accadimento nell'anno 2022.

Essi comportano gravi conseguenze per i dipendenti, inclusi infortuni permanenti, invalidità e, nei casi più gravi, decessi. Oltre al costo umano, gli incidenti sul lavoro hanno un impatto significativo sull'economia delle aziende, generando costi diretti come

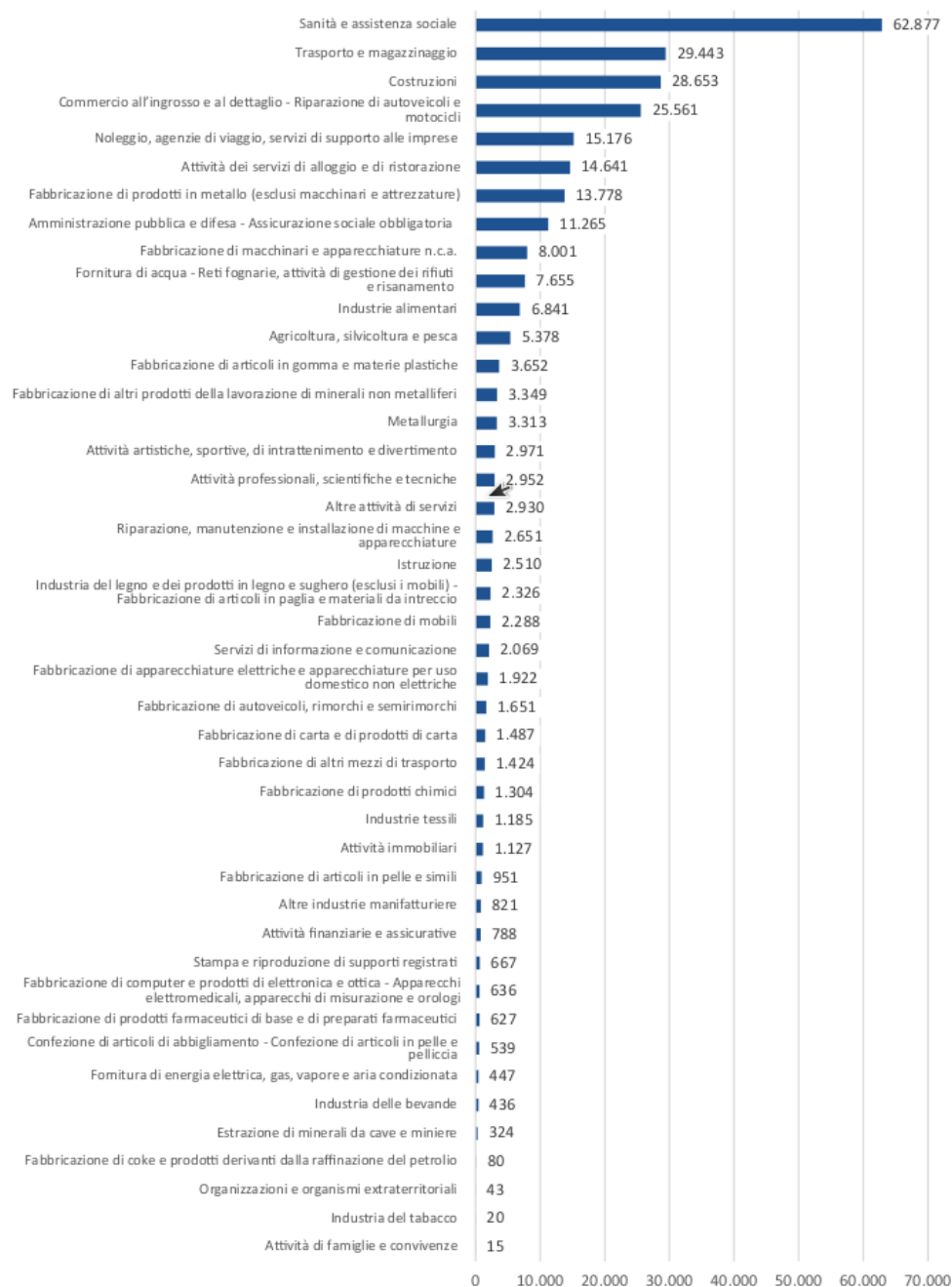


Figura 2.2: infortuni in occasione di lavoro accertati positivi per settore di attività nell'anno 2022

spese mediche e indennità di infortunio, e costi indiretti come perdita di produttività, danni reputazionali e aumento dei premi assicurativi. L'EU-Occupational Safety and Health Administration (EU-OSHA) a questo proposito ha stimato in due diversi approcci l'impatto degli incidenti sul lavoro all'interno dell'Unione Europea[2]. Nell'indagine sono stati presi in esame i dati relativi a 5 Paesi, poiché più completi e accessibili, tra cui figura anche l'Italia e sono stati mostrati i risultati seguendo due diversi approcci: uno bottom-up, perché prende i valori dei costi per ciascun infortunio e li valuta globalmente; l'altro top-down, in quanto stima l'impatto dell'infortunio sulla vita del lavoratore e da valori macroeconomici come il PIL pro-capite valuta il costo effettivo dell'infortunio sul singolo. In termini pratici, nel primo caso si tiene conto dei costi diretti, indiretti e immateriali (effetti sulla vita e sulla salute) mentre nel secondo del valore monetario espresso in DALY, cioè il costo in termini di anni di vita persi a causa di un infortunio o di una malattia.

Paese		Finlandia	Germania	Paesi Bassi	Italia	Polonia
Numero di casi		131 867	2 262 031	323 544	1 907 504	1 156 394
Costi diretti	In Mio EUR	484	10 914	2 137	8 491	1 882
Costi diretti, % rispetto al totale		8	10	9	8	4
Costi indiretti	In Mio EUR	4 362	70 658	6 468	58 961	19 588
Costi indiretti, % rispetto al totale		72	66	69	56	45
Costi immateriali	In Mio EUR	1 196	25 557	5 147	37 392	22 311
Costi immateriali, % rispetto al totale		20	24	22	36	51
Onere economico complessivo	In Mio EUR	6 042	107 129	23 751	104 844	43 781
Percentuale rispetto al PIL		2,9	3,5	3,5	6,3	10,2

Figura 2.3: onere economico complessivo stimato (approccio bottom up)

Il risultato di queste analisi ha mostrato che per l'Italia il costo di un infortunio o malattia causata dal posto di lavoro aveva un impatto percentuale sul PIL del 6,3% nel primo caso, mentre nell'approccio top down, riferendosi alla metodologia VSLY - considerata più coerente con i risultati dell'approccio bottom up - il valore medio era del 7,7% rispetto alla produzione interna. Da questi valori quindi si può dedurre quanto questo problema sia reale e impatti sulla società e sull'economia dell'Italia, dove il posto di lavoro è in gran parte costituito dall'industria.

	Germania	Finlandia	Italia	Paesi Bassi	Polonia
DALY					
Totale dei DALY professionali	1 236 855	64 516	853 817	248 464	507 068
Percentuale rispetto ai DALY totali	4,9	4,2	5,1	5,7	4,0
DALY professionali per ogni 10.000 persone occupate	308	265	380	299	315

	Mio EUR	% rispet to al PIL	Mio EUR	% rispet to al PIL	Mio EUR	% rispet to al PIL	Mio EUR	% rispet to al PIL	Mio EUR	% rispet to al PIL
COSTI										
Approccio basato sul capitale umano										
Valore minimo	24 597	0,8	1 419	0,7	13 530	0,8	5 290	0,8	2 692	0,6
Media	55 429	1,8	3 106	1,5	31 475	1,9	11 879	1,7	6 929	1,6
Mediana	39 712	1,3	2 291	1,1	23 865	1,4	8 708	1,3	4 656	1,1
Massimo	138 404	4,5	7 393	3,5	69 671	4,2	30 114	4,4	17 037	4,0
Approccio WTP										
Valore minimo	32 324	1,1	1 637	0,8	20 929	1,3	3 276	0,5	5 118	1,2
Media	66 251	2,2	5 814	2,8	42 895	2,6	14 613	2,1	9 676	2,3
Mediana (*)	66 251	2,2	4 335	2,1	42 895	2,6	13 953	2,0	8 863	2,1
Massimo	100 177	3,3	17 453	8,3	64 861	3,9	30 767	4,5	15 861	3,7
Approccio VSLY/VOLY										
Valore minimo	60 609	2,0	4 214	2,0	52 304	3,2	9 649	1,4	12 790	3,0
Media	191 939	6,3	9 345	4,5	133 789	8,1	38 016	5,6	43 836	10,2
Mediana	166 943	5,5	8 633	4,1	126 876	7,7	33 248	4,9	31 026	7,2
Massimo	420 489	13,8	19 425	9,3	256 120	15,5	77 016	11,3	119 149	27,7

(*) Nel caso della Germania e dell'Italia i valori mediani e medi dell'approccio WTP coincidono perché, per questi due paesi, abbiamo potuto inserire solo due valori centrali europei di riferimento (i valori minimi e massimi riportati nella tabella).

Figura 2.4: stima dei costi complessivi approccio top down

*****da revisionare*****

L'utilizzo corretto dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) è fondamentale per prevenire tali incidenti. I DPI sono strumenti progettati per proteggere i lavoratori da rischi specifici presenti nell'ambiente di lavoro. Tra i DPI più comuni nell'industria manifatturiera troviamo:

- **Caschi Protettivi:** Proteggono la testa da urti, cadute di oggetti e altre lesioni fisiche. Sono essenziali in ambienti dove operano macchinari pesanti o dove vi è rischio di caduta di materiali.
- **Guanti Protettivi:** Offrono protezione alle mani contro tagli, abrasioni, sostanze chimiche e alte temperature. La scelta del tipo di guanto dipende dal rischio specifico presente nell'ambiente di lavoro.
- **Occhiali Protettivi:** Proteggono gli occhi da particelle volanti, spruzzi di sostanze chimiche e radiazioni nocive. Sono indispensabili in operazioni di taglio, saldatura e manipolazione di materiali pericolosi.
- **Indumenti di Protezione:** Comprendono tute, grembiuli e abbigliamento resistente al fuoco, progettati per proteggere il corpo dai rischi specifici dell'ambiente industriale.

- **Protezioni Uditive:** Come tappi per le orecchie e cuffie antirumore, utilizzate in ambienti con livelli elevati di rumore per prevenire danni all'udito [3].
- **Mascherine Respiratorie:** Proteggono dalle polveri sottili, vapori e gas nocivi, fondamentali in operazioni di saldatura, verniciatura e manipolazione di sostanze chimiche.

L'efficacia dei DPI dipende dall'uso corretto e dalla loro manutenzione regolare. È fondamentale che i lavoratori ricevano una formazione adeguata sull'uso e l'importanza dei DPI, e che le aziende garantiscano la disponibilità di DPI adeguati e in buono stato. Inoltre, i DPI devono essere sostituiti periodicamente e ispezionati per garantirne l'integrità e la funzionalità [3].

Le normative vigenti in Italia, principalmente il Decreto Legislativo 81/2008, noto come Testo Unico sulla Sicurezza sul Lavoro, regolamentano l'uso dei DPI [4]. Questo decreto stabilisce le disposizioni generali per la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori, specificando le responsabilità dei datori di lavoro nell'analisi dei rischi e nella fornitura di DPI appropriati. Secondo l'articolo 77, i datori di lavoro devono fornire ai lavoratori i DPI necessari per proteggersi dai rischi identificati, garantendo che siano adeguati al tipo di attività svolta e conformi alle normative vigenti.

Il Decreto 81/2008 stabilisce inoltre che i DPI devono essere utilizzati come ultima linea di difesa, dopo aver adottato misure di prevenzione e protezione collettive. Questo principio di gerarchia delle misure di prevenzione sottolinea l'importanza di eliminare o ridurre i rischi a monte prima di affidarsi ai DPI. Inoltre, il decreto prevede che i DPI siano forniti gratuitamente ai lavoratori, che devono essere informati e formati sull'uso corretto degli stessi, e che venga effettuata una valutazione periodica della loro efficacia e conformità [4].

Le aziende hanno l'obbligo legale di garantire la sicurezza e la salute dei propri dipendenti, conformemente alle leggi nazionali e alle direttive europee. Questo obbligo non è solo un dovere giuridico, ma anche un imperativo morale che riflette l'etica aziendale e il rispetto per la dignità umana. La mancata osservanza delle normative sulla sicurezza può comportare gravi conseguenze legali, incluse sanzioni economiche e responsabilità penali in caso di incidenti gravi [4].

Sul piano morale, le aziende hanno la responsabilità di proteggere i propri lavoratori non solo per adempiere agli obblighi legali, ma anche per promuovere un ambiente di lavoro sano e sicuro che favorisca il benessere e la produttività. Un impegno serio nella sicurezza sul lavoro contribuisce a costruire una cultura aziendale positiva, migliorando la motivazione e la fidelizzazione dei dipendenti, e rafforzando la reputazione dell'azienda sul mercato [5].

In conclusione, la sicurezza industriale e l'uso corretto dei DPI sono elementi fondamentali per prevenire gli incidenti sul lavoro e proteggere la salute dei lavoratori nell'industria manifatturiera. Le aziende devono adottare un approccio proattivo nella gestione della sicurezza, combinando misure di prevenzione collettive con l'uso appropriato dei DPI, e rispettando rigorosamente le normative vigenti. Solo attraverso un impegno costante e un'attenzione continua alla sicurezza si può garantire un ambiente di lavoro sicuro ed efficiente, a beneficio sia dei lavoratori che delle aziende stesse. *****

2.2 Computer Vision e Sicurezza sul Lavoro

Si introdurrà il concetto di computer vision, spiegando come questa tecnologia permetta alle macchine di interpretare e comprendere le immagini.

Verranno discusse le applicazioni della computer vision nella sicurezza sul lavoro, come il monitoraggio automatico dell'uso dei DPI e la prevenzione degli incidenti attraverso l'analisi in tempo reale.

2.3 Cloud Computing nell'Industria

In questa sezione verrà presentato il cloud computing come modello di erogazione di servizi IT. Si evidenzieranno i vantaggi in termini di scalabilità, flessibilità e riduzione dei costi infrastrutturali. Si collegherà il concetto all'Industria 4.0, spiegando come il cloud sia un elemento chiave per lo sviluppo di fabbriche intelligenti e connesse.

2.4 Amazon Rekognition

Si descriverà in dettaglio il servizio Amazon Rekognition, sottolineando le sue capacità di analisi delle immagini e dei video attraverso algoritmi di deep learning. Si spiegherà come il servizio possa essere utilizzato per il riconoscimento di oggetti, volti e scene, e perché è particolarmente adatto per il rilevamento dei DPI.

2.5 Normative e Standard di Sicurezza

Questo paragrafo esaminerà le principali normative internazionali e nazionali sulla sicurezza sul lavoro, come le direttive europee e le leggi locali. Si discuterà l'importanza della conformità a questi standard e come le tecnologie avanzate possano aiutare le aziende a rispettare le normative e a migliorare la sicurezza complessiva.

Bibliografia

- [1] I. N. per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL), “Rapporto annuale inail 2023,” 2023, accesso: 24 settembre 2024. [Online]. Available: <https://www.inail.it/content/dam/inail-hub-site/documenti/2023/09/infografiche-relazione-annuale-inail-2022.pdf>
- [2] O. Safety and H. A. E. Union, “Il valore della sicurezza e della salute sul lavoro e i costi sociali degli infortuni e delle malattie professionali,” 2019, accesso: 26 settembre 2024. [Online]. Available: https://osha.europa.eu/sites/default/files/Summary_Value_of_OSH_and_societal_costs_injuries_and_diseases_IT.pdf
- [3] M. del Lavoro e delle Politiche Sociali, *Guida ai DPI nella Sicurezza sul Lavoro*, 2023. [Online]. Available: <https://www.lavoro.gov.it>
- [4] G. Ufficiale, *Decreto Legislativo 81/2008*, 2008. [Online]. Available: <https://www.normattiva.it>
- [5] A. I. Sicurezza, *Valori e Benefici della Sicurezza sul Lavoro*, 2023. [Online]. Available: <https://www.associazionesicurezza.it>

Appendice A

Codice Sorgente

Se appropriato, verranno inclusi estratti significativi del codice sviluppato, soprattutto se aiutano a comprendere meglio l'implementazione. Il codice sarà formattato in modo leggibile e organizzato.