

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



Dottorato di ricerca in Ingegneria dei Sistemi Civili

XXXVI ciclo

**INNOVAZIONE DEI PARADIGMI
PER LA PROGETTAZIONE DELLE SCUOLE
NELLA TRANSIZIONE ECOLOGIA DEL XXI SECOLO:
DALLA PRESCRIZIONE METRICA
ALLA QUALITÀ DELLO SPAZIO**

Settore scientifico disciplinare ICAR/10

Tutor

prof. ing. Roberto Castelluccio

Dottorando

ing. Castrese Andrea Di Mare

Coordinatore:

prof. ing. Andrea Papola

Anno Accademico 2023-2024

Indice	3
Capitolo 1: Introduzione e struttura della ricerca	5
1.1 Inquadramento del problema scientifico	6
1.2 Obiettivo della ricerca	7
1.3 Metodologia in breve e fasi della ricerca	8
1.4 Risultati attesi	9
Capitolo 2: Il patrimonio dell'edilizia scolastica nazionale	11
2.1 Il sistema scolastico italiano e la consistenza dell'edilizia scolastica	12
2.2 Le linee di finanziamento nazionali	16
2.3 La normativa tecnica vigente	22
2.3.1 Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975	24
2.3.2 Linee guida Interministeriali 11 aprile 2013	27
Bibliografia e sitografia	29
Capitolo 3: Innovazione dei paradigmi per la progettazione delle scuole nella transizione ecologia del XXI secolo	33
3.1 I nuovi requisiti progettuali	42
3.2 Gli scenari di funzionamento	43
3.2.1 Condizioni ordinarie	43
3.2.2 Emergenza sanitaria	47
3.2.3 Emergenza per calamità naturale	50
3.3 Una nuova metodologia del processo di progettazione	55
Bibliografia e sitografia	60
Capitolo 4: Nuovi Strumenti per la progettazione	65
4.1 Analisi di funzionalità statica	66
4.1.1 Schede di controllo dei requisiti per la didattica e la sicurezza	66
4.1.2 Schede di analisi funzionale degli ambienti	67
4.1.3 Schemi di funzionamento di progetto	68
4.2 Analisi di funzionalità dinamica	71
4.2.1 Analisi dinamica	72
4.2.2 Confronto e potenzialità dei crowd simulators	73
4.2.3 Inputs e outputs del software	76
Bibliografia e sitografia	81
Capitolo 5: Casi studio nazionali e internazionali	85
5.1 I Circolo Didattico "G. Marconi" Plesso "A. Trincone"	88
5.1.1 Fase 1, raccolta dei dati	88
5.1.2 Fase 2, definizione dei progetti di gestione	89
5.1.3 Fase 3, simulazione	90
5.1.4 Fase 4, elaborazione e confronto dei risultati	93
5.2 Istituto Comprensivo Statale "A. Vespucci"	103
5.2.1 Fase 1, raccolta dei dati	103
5.2.2 Fase 2, definizione dei progetti di gestione	104
5.2.3 Fase 3, simulazione	105
5.2.4 Fase 4, elaborazione e confronto dei risultati	108

5.3 Istituto Statale di Istruzione Superiore "Vittorio Emanuele II"	119
5.3.1 Fase 1, raccolta dei dati	119
5.3.2 Fase 2, definizione dei progetti di gestione	120
5.3.3 Fase 3, simulazione	122
5.3.4 Fase 4, elaborazione e confronto dei risultati	123
5.4 Colegio Estudio	129
5.4.1 Fase 1, raccolta dei dati	133
5.4.2 Fase 2, definizione dei progetti di gestione	135
5.4.3 Fase 3, simulazione	135
5.4.4 Fase 4, elaborazione e confronto dei risultati	137
Bibliografia e sitografia	142
Capitolo 6: Conclusioni e ulteriori prospettive di ricerca	143
6.1 Confronto obiettivi e risultati	144
Bibliografia e sitografia	149
Allegati: Schede di analisi funzionale degli ambienti	163



RiGenerazione Scuola, Ministero dell'Istruzione e del Merito, 2020

Capitolo 1

Introduzione e struttura della ricerca

1.1 Inquadramento del problema scientifico

Alla luce dell'attuale crisi energetica, sociale e ambientale e del contestuale impatto dell'emergenza pandemica dovuta al Covid-19, è necessario che il settore delle costruzioni riesamini i paradigmi della progettazione, alla ricerca di soluzioni sostenibili e funzionali.

Il Pianeta è ormai entrato nell'Antropocene, epoca caratterizzata dalla forte influenza del comportamento umano nei processi chimici, biologici e geologici: l'aumento della popolazione, dell'urbanizzazione, del consumo di combustibili fossili e di acqua, la perdita di biodiversità e la crescita del numero di disastri naturali sono solo alcuni dei fenomeni che caratterizzano questa nuova epoca.

Questo approccio ha fortemente partecipato al crollo dell'assetto economico che dal 2007 ha colpito il mondo occidentale a seguito del fallimento della Lehman Brothers per poi investire i mercati finanziari dell'intero pianeta.

Le politiche di transizione ecologica del XXI secolo, atte a preservare il patrimonio umano e ambientale, richiedono di individuare soluzioni progettuali innovative all'interno di un contesto urbano in continua evoluzione.

La scuola, fucina del pensiero e culla della cultura, rappresenta il laboratorio di questo cambiamento, un'infrastruttura strategica per sviluppare nelle nuove generazioni la consapevolezza dell'importanza di preservare le risorse della Terra.

Il tema della transizione verso le nuove forme organizzativo-prestazionali viene declinato a livello nazionale nelle missioni del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (M1C1. Digitalizzazione, innovazione e sicurezza nella PA; M2C3. Efficienza energetica e riqualificazione degli edifici; M4C1. Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione; M5C2. Infrastrutture sociali, famiglie, comunità e terzo settore; M5C3. Interventi speciali per la coesione territoriale), caratterizza a livello europeo i contenuti delle principali call di Horizon Europe 21-27 (Cluster: 2. Culture, Creativity and Inclusive Society; 3. Civil Security for Society; 4. Digital, Industry and Space; 5. Climate, Energy and Mobility), e permea gli obiettivi dell'Agenda 2030 (Goals: 2. Zero Hunger; 3. Good Health and Well-being; 4. Quality Education; 7. Affordable and Clean Energy; 9. Industry, Innovation and Infrastructure; 11. Sustainable Cities and Communities; 12. Responsible Consumption and Production; 13. Climate Action; 14. Life Below Water; 15. Life on Land; 17. Partnerships for the Goals) ponendosi come elemento cardine per l'efficacia del cambiamento.

La ricerca si inserisce all'interno dei Grandi Ambiti di Ricerca e Innovazione del Programma Nazionale per la Ricerca 21-27 investigando i temi delle trasformazioni sociali, sicurezza e digitale (Aree di intervento: 5.2. 5 Trasformazioni sociali e società dell'inclusione; 5.3.1 Sicurezza delle strutture, infrastrutture e reti; 5.4.1 Transizione digitale – i4).

In questo panorama, il presente contributo ha lo scopo di descrivere lo studio sviluppato presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale dell'Università degli Studi di Napoli Federico II sul tema dell'innovazione dei paradigmi progettuali per l'edilizia scolastica al tempo delle transizioni. Dall'inizio dell'Antropocene risulta, infatti, che il mutamento delle dinamiche sociali, economiche, politiche, culturali e tecnologiche porta inevitabilmente ad un'evoluzione del sistema pedagogico e, conseguenzialmente, del paradigma architettonico dell'edilizia scolastica. Oggi, nella quarta rivoluzione industriale dell'*internet of things*, alle porte della quinta rivoluzione della *collaborative industry* tra uomini e macchine, si assiste alla necessità di modificare il sistema educativo e il relativo sistema edilizio che non è stato in grado di tenere il passo alla repentinità con cui si è attuata l'evoluzione dei sistemi tecnologici.

Le industrie 4.0 comportano una ridefinizione dei parametri e delle esigenze della scuola che gli enti nazionali e internazionali del settore educativo, quali INDIRE, Fondazione Agnelli ed European Schoolnet investigano da tempo. Nel 2013 anche l'allora Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca si è espresso con l'emanazione delle Linee Guida per l'edilizia scolastica, un documento che ha l'obiettivo di rinnovare i criteri per la progettazione dello spazio e delle dotazioni per la scuola del nuovo millennio, distaccandosi dallo stile prescrittivo della Normativa per l'edilizia scolastica del 1975.

In tale documento viene anche definita una nuova funzione a cui la scuola deve assolvere, quella di *Civic Center*, punto di riferimento per le attività collettive della società, supporto per le famiglie e luogo di crescita per i ragazzi.

Essa non rappresenta l'unica nuova funzione attribuita alla scuola negli ultimi anni. Già nel 2003, infatti, con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 si è dato inizio ad un processo normativo che vede riconosciute le scuole nei Piani di Emergenza Comunali quali strutture emergenziali atte ad accogliere la popolazione o le attività della Protezione Civile a seguito di eventi calamitosi, comportando un'incongruenza tra i requisiti di progettazione e quelli di fruizione; nel 2021, inoltre, a seguito delle Indicazioni Strategiche rilasciate dall'Istituto Superiore di Sanità, è richiesto che l'edificio scolastico continui a svolgere la funzione didattica anche in condizioni di emergenza sanitaria.

1.2 Obiettivo della ricerca

Dalle analisi condotte, di natura fortemente multidisciplinare, scaturisce l'esigenza di sviluppare un nuovo approccio alla progettazione che riveda i parametri sostanziali per la progettazione dell'edilizia scolastica, proponga un modello dinamico-qualitativo in sostituzione di quello statico-prescrittivo e preveda l'eccezione emergenziale come condizione di progetto.

In quest'ottica si delinea l'esigenza primaria di individuare i nuovi requisiti progettuali per rispondere alle rinnovate funzioni di *Civic Center* in condizioni ordinarie e di Edificio di interesse strategico in condizioni emergenziali, capaci di consolidare il ruolo sociale delle scuole, promosso dalle normative nazionali, e coerenti con i modelli didattici innovativi, basati sulla fruizione dinamica dello spazio, esso stesso elemento di formazione e apprendimento.

Il nuovo paradigma della progettazione dovrà essere in grado di supportare i professionisti nella definizione di un complesso edilizio le cui funzioni mutano al variare degli scenari di esercizio:

- in condizioni ordinarie l'edificio scolastico deve rispondere alla funzione didattica e a quella di *Civic Center* (D.M. 18 dicembre 1975; D.I. 11 aprile 2013);
- in emergenza sanitaria deve essere garantito il proseguimento delle attività didattiche mitigando le probabilità di eventuali contagi (Indicazioni Strategiche I.S.S. 1 settembre 2021);
- in emergenza per calamità naturale bisogna garantire l'adeguamento repentino degli spazi alle attività di soccorso e accoglienza della Protezione Civile (O.P.C.M n.3274, marzo 2003).

Tali scenari possono o meno verificarsi nel ciclo di vita dell'edificio, a volte anche contemporaneamente. Per poter garantire la fruizione dell'edificio scolastico in ogni situazione è necessario definire uno strumento innovativo in grado di verificare e comparare le scelte progettuali, con lo scopo di poter delineare degli spazi architettonici che non siano il semplice accostamento di

ambienti utilizzabili in talune circostanze ma spazi flessibili, adattabili e fruibili nelle diverse circostanze.

La ricerca è destinata, in primo luogo, a progettisti, professionisti e tecnici del settore, attori principali nel processo di progettazione, e alle pubbliche amministrazioni, gestori della programmazione degli interventi di riqualificazione del patrimonio costruito, a scala urbana e dell'edificio, nonché protagonisti della rivisitazione dei testi normativi.

Non di meno, la ricerca si rivolge ad alunni, personale docente, non docente e dirigenti scolastici, utenti attivi dell'edificio scolastico e destinatari primari dell'opera edilizia.

Infine, la ricerca prevede come destinatario anche la comunità che vive il territorio in cui la scuola è inserita, affinché possa diventare per essa luogo di ritrovo e ristoro, centro di aggregazione e motore delle attività cittadine.

1.3 Metodologia in breve e fasi della ricerca

L'obiettivo della tesi scaturisce dalla necessità di rinnovare lo strumento normativo del 1975, non conforme alle esigenze della società del XXI secolo e alle politiche di transizione ecologica.

A questo scopo è stato effettuato innanzitutto un approfondito studio dello stato dell'arte della ricerca, a cui ha fatto seguito una fase di individuazione dei parametri progettuali e una successiva fase di elaborazione degli strumenti. In sintesi:

- *FASE 1 - Definizione dei requisiti*
I requisiti progettuali della scuola del nuovo millennio sono definiti a partire dall'analisi dell'avanzamento della ricerca nei diversi settori scientifici di applicazione;
- *FASE 2 - Individuazione dei parametri progettuali*
I requisiti vengono tradotti in parametri progettuali tramite analisi e scomposizione in criteri elementari;
- *FASE 3 - Elaborazione degli strumenti*
I parametri progettuali sono elaborati e organizzati per definire gli strumenti della progettazione.

Lo studio ha avuto origine da un'analisi dello stato d'avanzamento della ricerca internazionale, fortemente multidisciplinare, dove il settore di ricerca ingegneristico (ERC: PE8, PE10) si associa a quello delle scienze della vita, sociali e umanistiche (ERC: LS6, SH3).

In questa fase è stata compiuta una *review* della letteratura scientifica analizzando monografie e articoli appartenenti ai diversi settori disciplinari nonché modelli di progettazione sviluppati in contesti internazionali per definire i requisiti dei nuovi paradigmi. L'analisi è stata condotta tramite le piattaforme Scopus, Springer, PubMed, Google Scholar utilizzando parole chiave italiane e inglesi afferenti al tema della progettazione, didattica, emergenza sanitaria e accoglienza degli sfollati per eventi calamitosi, quali: "scuola", "edilizia scolastica", "scuola del futuro", "edilizia scolastica innovativa", "Civic Center", "requisiti della progettazione", "transizione ecologica", "pedagogia", "didattica innovativa", "Covid-19", "mitigazione del contagio", "pandemia", "riapertura scuole", "effetti Covid-19", "contagi", "accoglienza sfollati", "emergenza naturale", "protezione civile", "centri di accoglienza".

Avendo come focus principale il D.M. 18 dicembre 1975, il campo di indagine è stato limitato ai contributi destinati agli indirizzi scolastici da esso presi in considerazione, ovvero scuola per

l'infanzia, primaria e secondaria, escludendo i risultati destinati a strutture universitarie, in quanto caratterizzate da utenza e dinamiche didattiche avulse dalle precedenti.

L'analisi ha permesso di definire tre requisiti: **impatto eco-sociale, flessibilità degli spazi e adattabilità in situazioni di crisi** (cfr. Capitolo 3).

Il secondo step consiste nella traduzione dei requisiti individuati in parametri progettuali di tipo qualitativo prestazionale. Per ottenere questo risultato è stato necessario analizzare i requisiti alla luce dei rispettivi scenari di funzionamento. La definizione degli stessi è avvenuta dall'analisi delle normative afferenti all'edilizia scolastica ed emanate dopo il 1975. Sono stati individuati tre scenari di riferimento, **condizione ordinaria, emergenza sanitaria ed emergenza per calamità naturale** (cfr. Capitolo 3), e per ognuno di essi sono stati analizzati separatamente i parametri progettuali.

Nel terzo step tali parametri sono stati riorganizzati per definire gli strumenti di supporto alla progettazione. Basati sul principio della polivalenza, adattabilità e dinamicità degli spazi per preservare le risorse naturali, gli strumenti sono caratterizzati da un approccio prestazionale e non prescrittivo, da una struttura flessibile e da parametri dinamici oltre che statici.

1.4 Risultati attesi

La ricerca intende definire un paradigma per la progettazione delle scuole del nuovo millennio, incentrato sul rapporto tra l'edificio e il contesto urbano di riferimento, la fruizione dinamica degli spazi e l'adattabilità in condizioni emergenziali.

Il risultato principale rappresenta una nuova metodologia progettuale applicabile sia per l'adeguamento dell'edilizia scolastica esistente che di nuova progettazione, un processo non metrico che intende supportare i criteri di polivalenza degli spazi, integrazione delle attività e contemporaneità di utenza per la progettazione di complessi polifunzionali.

Data la pluralità degli scenari di funzionamento interessati, la ricerca intende individuare e progettare strumenti innovativi di supporto a professionisti e pubbliche amministrazioni, utili all'analisi del patrimonio costruito e di nuova progettazione per la valutazione, verifica e validazione di scelte progettuali e modelli organizzativi che si differenziano dall'esistente normativa quantitativa-prescrittiva in favore di un modello qualitativo-prestazionale.

Per la verifica delle funzionalità statiche si prevede la progettazione di schede di analisi di funzioni, utenza, attività e requisiti di tutti gli ambienti scolastici definiti dal D.I. 11 aprile 2013, schede di verifica dei requisiti di normativa, e layout grafici (cfr. Capitolo 4).

Per la funzionalità dinamica, invece, la ricerca si è avvalsa della *crowd simulation* quale strumento di analisi, verifica e comparazione dei modelli progettuali nei diversi scenari verificabili. Dato l'innovativo ambito di applicazione dello strumento, lo studio ha prima progettato una metodologia di applicazione per poi validarlo su casi studio nazionali ed internazionali (cfr. Capitolo 4 e Capitolo 5).



RiGenerazione Scuola, Ministero dell'Istruzione e del Merito, 2020

Capitolo 2

Il patrimonio dell'edilizia scolastica nazionale

2.1 Il sistema scolastico italiano e la consistenza dell'edilizia scolastica

Il sistema scolastico italiano, inteso come centro di istruzione ed educazione per i ragazzi di ogni classe sociale organizzato dallo stato, ha origine dall'impostazione ottocentesca napoleonica.

Da quel momento si sono susseguite fasi di grandi cambiamenti e processi di ristrutturazione fino al raggiungimento della configurazione attuale (tab. 01).

L'inizio di questo processo può essere fissato al 30 novembre del 1847 con l'istituzione del Consiglio superiore della pubblica istruzione del Regno di Sardegna e, già prima dell'effettiva unificazione del regno d'Italia, è possibile identificare la formazione di un ordinamento organico dell'istruzione pubblica con la legge Casati del 1859.

Articolata in 5 titoli, disciplinava l'istituzione normale, elementare, tecnica, classica e superiore. In essa è possibile, riscontrare i principi della libertà d'insegnamento e dell'obbligo scolastico che, con la legge Coppino del 1877, venne estesa al corso elementare inferiore.

I dati raccolti da Carullo nel 2016 dimostrano come, a seguito di queste riforme, il tasso di analfabetizzazione scese dal 78% del 1861, al 62% nel 1881, fino al 37% nel 1911.

Nel 1923 la riforma Gentile modificò integralmente l'organizzazione scolastica istituendo i livelli della scuola materna, elementare, secondaria e superiore, nonché il dualismo tra gli studi umanistico-filosofici e le scuole professionalizzanti.

Anno	Normativa di riferimento	Modifiche introdotte
1859	Legge Casati	Obbligatorietà e gratuità della scuola pubblica elementare di grado inferiore.
1877	Legge Coppino	Obbligo scolastico esteso fino a 9 anni di età
1904	Legge Orlando	Obbligo scolastico esteso fino a 12 anni di età
1911	Legge Credaro	Statalizzazione di gran parte delle scuole elementari e rafforzamento del processo di scolarizzazione
1923	Riforma Gentile	Obbligo scolastico esteso fino a 14 anni di età, ridefinizione dell'assetto scolastico e istituzione delle scuole speciali per studenti disabili
1962	Legge n.1859	Obbligatorietà e gratuità della scuola media unica
1997	Riforma Bassanini	Avvio del processo di decentramento delle funzioni nazionali alle Regioni
1999	D.P.R. n.275 Legge n.9	Regolamentazione dell'autonomia delle istituzioni scolastiche Obbligo scolastico esteso fino a 15 anni di età
2000	Legge n.30	Riordino dei cicli di istruzione
2003	Legge n.53	Introduzione del diritto/dovere all'istruzione e alla formazione fino a 18 anni di età
2006	Legge n.296 D.M. n.4018	Obbligo scolastico fino a 16 anni di età Sospensione del nuovo ordinamento della scuola secondaria superiore
2007	Legge n.40	Riordino degli istituti tecnici e professionali
2009	D.P.R. n.89	Riordino della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione
2010	D.P.R. n.89	Riordino delle scuole del secondo ciclo
2012	D.P.R. n.263	Riordino dei centri per l'istruzione degli adulti
2015	Legge della Buona Scuola	Introduzione dell'alternanza scuola-lavoro

Tabella 01. Principali modifiche del sistema scolastico italiano dal 1847 al 2015.

Con il passaggio alla Repubblica e con la formazione della Costituzione nel 1948, il sistema educativo scolastico subisce diversi cambiamenti, quali l'innalzamento degli anni di istruzione obbligatori, la riorganizzazione degli istituti tecnici e professionali, il rafforzamento dell'autonomia scolastica per l'offerta formativa e la riforma dell'esame di stato.

L'ordinamento scolastico attualmente in vigore è strutturato in quattro fasi (fig. 01):

- **sistema integrato zero-sei anni**, non obbligatorio, della durata complessiva di 6 anni, articolato in **servizi educativi per l'infanzia**, gestiti dagli Enti locali in maniera diretta o da altri enti pubblici o dai privati attraverso la stipula di convenzioni, che accolgono i bambini tra i tre e i trentasei mesi; **scuola dell'infanzia**, che può essere gestita dallo Stato o dai medesimi enti specificati per i servizi educativi per l'infanzia, che accoglie i bambini tra i tre e i sei anni;
- **primo ciclo di istruzione**, obbligatorio, della durata complessiva di 8 anni, articolato in **scuola primaria**, di durata quinquennale, per gli alunni da 6 a 11 anni; **scuola secondaria di primo grado**, di durata triennale, per gli alunni da 11 a 14 anni;
- **secondo ciclo di istruzione** articolato in **scuola secondaria di secondo grado**, di durata quinquennale, organizzato in licei, istituti tecnici e istituti professionali per gli studenti da 14 a 19 anni; o **percorsi triennali e quadriennali di istruzione e formazione professionale** (IeF.P.) di competenza regionale, rivolti sempre agli studenti che hanno concluso positivamente il primo ciclo di istruzione;
- **istruzione superiore** offerta dalle **Università**, dalle istituzioni **dell'Alta Formazione Artistica, Musicale e Coreutica** (AFAM) e dagli **istituti tecnici superiori** (ITS) con diverse tipologie di percorsi.

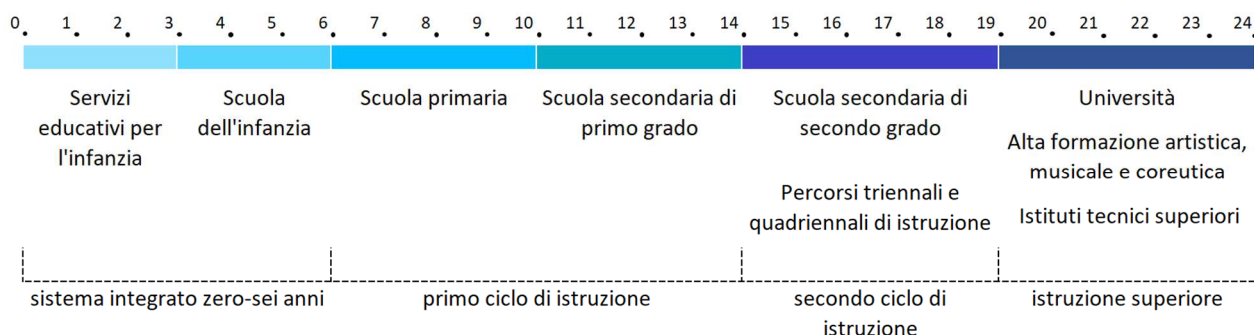


Figura 01. Ordinamento scolastico italiano in vigore.

L'istruzione obbligatoria ha, quindi, la durata di 10 anni, da 6 a 16 anni di età, e comprende gli otto anni del primo ciclo di istruzione e i soli primi due anni del secondo ciclo (Legge 296 del 2006) che possono essere frequentati nella scuola secondaria di secondo grado o nei percorsi di istruzione e formazione professionale regionale.

Inoltre, il diritto/dovere di istruzione e formazione si applica per almeno 12 anni o fino al conseguimento di una qualifica professionale triennale entro il diciottesimo anno di età in base a quanto previsto dalla legge n.53/2003.

L'istruzione obbligatoria può essere realizzata nelle scuole statali e nelle scuole paritarie (legge 62 del 2000), che costituiscono il sistema pubblico di istruzione, ma può essere assolta anche nelle scuole non paritarie (legge 27 del 2006) o attraverso l'istruzione familiare.

Dopo il superamento dell'esame di Stato conclusivo dell'istruzione secondaria di secondo grado, lo studente può accedere ai corsi di istruzione terziaria (Università, Afam e ITS).

L'articolo 33 della Costituzione italiana stabilisce due principi fondamentali: l'obbligo, per lo Stato, di offrire un sistema scolastico statale a tutti i giovani e il diritto, per le persone fisiche e giuridiche, di creare scuole e istituti di educazione senza oneri per lo Stato.

Per assolvere a questo diritto/dovere, con riferimento ai dati raccolti nell'Anagrafe Nazionale dell'Edilizia Scolastica per l'anno 2023/2024, sul territorio italiano (comprese le province autonome di Aosta, Trento e Bolzano) risultano 64.206 edifici scolastici, di cui l'81% di natura statale e il restante 19% paritaria.

L'intero patrimonio scolastico, la cui distribuzione completa è osservabile in figura 02, è suddiviso a seconda del grado di istruzione nelle seguenti percentuali:

- 34% scuola dell'infanzia;
- 28% scuola primaria;
- 13% scuola secondaria di primo grado;
- 16% scuola secondaria di secondo grado;
- 9% destinazione mista, per adulti o dato non disponibile.

Da evidenziare che il 58,10% del patrimonio censito risale a prima del 1974, anno dell'entrata in vigore della normativa antisismica, e del 1975, anno del decreto ministeriale in merito all'edilizia scolastica (fig. 03).

Il quadro di insieme più completo e significativo dello stato, delle problematiche e delle politiche riguardanti l'edilizia scolastica esistente in Italia è fornito dalla ricerca di Legambiente "Ecosistema scuola", giunto nel 2023 al XXII rapporto.

L'indagine è svolta con la partecipazione degli enti locali per restituire un'immagine del livello qualitativo offerto dalle strutture scolastiche dell'infanzia, primaria e secondaria di primo grado.

I dati raccolti, condivisi da 94 comuni capoluoghi di regione per un totale di 5.616 edifici nel 2021, riguardano molteplici aspetti e permettono di ricavare informazioni riguardanti:

- indicazioni anagrafiche sugli edifici;
- certificazioni;
- sicurezza e manutenzione;
- servizi scolastici;
- politiche di intervento.

Dall'ultimo rapporto pubblicato si evidenzia che i dati riguardanti il possesso di certificati sono in peggioramento, a eccezione del certificato di agibilità che è salito dal 50,1% al 51,5% tra il 2022 e il 2023. Il certificato di collaudo statico, invece, è sceso dal 53,2% al 46,7%; il certificato di prevenzione incendi dal 56,1% al 51,4%; gli accorgimenti per il superamento delle barriere architettoniche sono presenti nel 86,5% dei casi, l'1,3% in meno rispetto all'anno precedente.

Un dato positivo è la realizzazione di edifici secondo criteri di bioedilizia che dal 2022 al 2023 vede un aumento delle amministrazioni coinvolte del 4,7%.

La ricerca sui temi delle dotazioni spazio-funzionali mostra che la dotazione di spazi verdi o giardini è diminuita dell'1,0%, mentre la presenza di spazi dedicati ad attrezzature sportive è aumentata del 3%. Si evidenzia, inoltre, come solo il 22,2% presenta impianti per lo sport sia indoor sia outdoor (nel 71% dei casi solo indoor), e che il 24,4% necessita di interventi di riqualificazione urgenti.

A garantire il servizio mensa, invece, è attualmente il 73,5% degli istituti, un aumento del 14,1% rispetto all'anno precedente (tab 02).

Inoltre, si rileva che per far fronte dell'emergenza Covid-19 le amministrazioni comunali hanno realizzato nuove aule, potenziato i trasporti e la rete internet tra il 2020 e il 2021.

Nello specifico, in 1.960 scuole sono state realizzate 1.109 nuove aule e rifunzionalizzate altre 634. Due amministrazioni su tre dichiarano di aver adottato misure specifiche per il trasporto scolastico che è stato incrementato nel 40,3% dei casi. Infine, il 69% dei comuni ha realizzato interventi di potenziamento della rete internet.

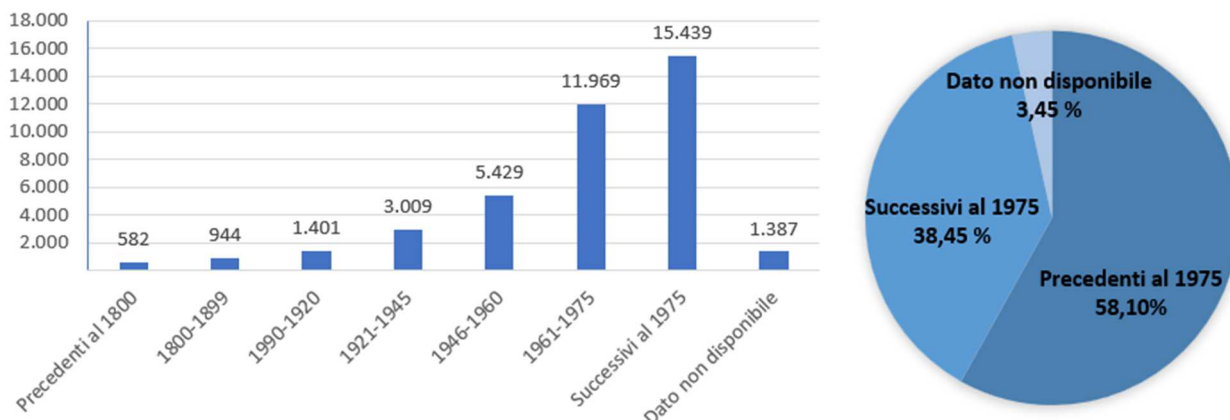


Figura 03. Edifici attivi per periodo di costruzione. Fonte dati: iNumeriDi Edilizia Scolastica.

	2020	2021	Variazione percentuale
Certificato di agibilità	50,1%	51,5%	+1,4%
Certificato di collaudo statico	53,2%	46,7%	-6,5%
Certificato di prevenzione incendi	56,1%	51,4%	-4,7%
Accorgimenti per il superamento di barriere architettoniche	87,8%	86,5%	-1,3%
Comuni che hanno utilizzato criteri di bioedilizia	28,2%	32,9%	+4,7%
Spazi verdi e giardini	72,3%	71,3%	-1,0%
Palestre o impianti per lo sport	48,9%	51,9%	+3,0%
Mense	59,4%	73,5%	+14,1%

Tabella 02. Dati significativi dei certificati e dei servizi presenti negli edifici scolastici analizzati. Fonte dati: Rapporto EcoSistema Scuola

2.2 Le linee di finanziamento nazionali

Dalla ricerca svolta emerge che negli ultimi anni sono stati svolti numerosi interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, volti a migliorare i servizi forniti dalla scuola e la qualità degli ambienti, attuati grazie a diverse linee di finanziamento (tab. 03).

La spinta decisiva a questi cambiamenti proviene dal PNRR, che ha stanziato un totale di 12,689 miliardi di euro al fine di rendere la scuola parte integrante del processo di superamento delle sfide poste dalla modernità. Attualmente, nel suddetto piano sono previste sei linee di intervento:

- **costruzione di nuove scuole.** Questa linea di investimento mira a realizzare nuove scuole del primo e secondo ciclo di istruzione che siano sicure, inclusive, innovative e altamente sostenibili, abbassando del 20% i parametri energetici NZEB nazionali. Nella consapevolezza che gli ambienti scolastici sono fondamentali per poter garantire una didattica di qualità e innovativa, gli interventi sono inoltre finalizzati a realizzare spazi che possano garantire una didattica basata su metodologie innovative, in grado di stimolare la creatività ponendo gli studenti e la loro crescita al centro di una prospettiva educativa orientata al futuro. **Stanziamento pari a 1,189 miliardi di euro** (800 milioni più 389 milioni di budget aggiuntivo);
- **asili nido e scuole dell'infanzia.** Con questa linea di investimento si intende aumentare l'offerta educativa nella fascia 0-6 anni su tutto il territorio nazionale, attraverso la costruzione di nuovi asili nido e nuove scuole dell'infanzia o la messa in sicurezza di quelli esistenti, in modo da migliorare la qualità del servizio, facilitare le famiglie, il lavoro femminile e incrementare il tasso di natalità. Il fine è raggiungere l'obiettivo europeo del 33% relativo ai servizi per la prima infanzia colmando il divario oggi esistente sia per la fascia 0-3 che per la fascia 3-6 anni, riconoscendo a bambine e bambini il diritto all'educazione fin dalla nascita e garantendo un percorso educativo unitario e adeguato alle caratteristiche e ai bisogni formativi di quella fascia d'età, anche grazie a spazi e ambienti di apprendimento innovativi. **Stanziamento pari a 4,6 miliardi di euro;**
- **potenziamento delle infrastrutture per lo sport a scuola.** Questa linea di investimento mira ad aumentare l'offerta di attività sportive, già dalle prime classi della primaria, su tutto il territorio nazionale, anche oltre l'orario curricolare, attraverso il potenziamento delle infrastrutture per lo sport a scuola, che saranno dotate di tutte le attrezzature sportive moderne e innovative, inclusa, ove possibile, una componente ad alta tecnologia. È importante valorizzare le competenze legate all'attività motoria e sportiva per le loro valenze trasversali e per la promozione di stili di vita salutari, per garantire l'inclusione sociale, favorire lo star bene con se stessi e con gli altri, scoprire e orientare le attitudini personali, per il pieno sviluppo del potenziale di ciascuno. La realizzazione di impianti sportivi e palestre è inoltre un investimento per le comunità, consentendo di aprire le scuole ai territori oltre l'orario scolastico. **Stanziamento pari a 300 milioni di euro;**
- **mense.** L'obiettivo di questa linea di investimento è garantire un potenziamento degli spazi per le mense, con la costruzione di nuove o la riqualificazione di quelle esistenti, in modo da superare uno storico divario esistente tra nord e sud del Paese. L'investimento è sinergico rispetto all'estensione del tempo pieno: per aumentare l'offerta di istruzione a tempo pieno occorre infatti partire proprio dalla maggiore disponibilità di strutture, a iniziare dalle mense e poi dalle strutture per lo sport. **Stanziamento pari a 600 milioni di euro** (400 milioni più 200 milioni di budget aggiuntivo);
- **messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole.** L'obiettivo è rendere gli edifici pubblici, adibiti a scuole del primo e secondo ciclo di istruzione, innovativi, sostenibili, sicuri e inclusivi tramite interventi di messa in sicurezza, adeguamento sismico, efficientamento energetico e sostituzione edilizia. L'edilizia scolastica costituisce una priorità assoluta non solo per garantire la sicurezza degli edifici scolastici, ma anche per assicurare una reale ed effettiva fruibilità degli ambienti didattici, essi stessi risorse educative che contribuiscono alla crescita dei giovani. L'investimento si concentrerà sulla ristrutturazione, messa in sicurezza e riqualificazione energetica degli edifici, puntando a ridurre le emissioni e

migliorare le classi energetiche degli edifici, aumentare la sicurezza sismica e digitalizzare gli ambienti di apprendimento. **Stanziamiento pari a 3,9 miliardi di euro;**

- **scuole 4.0, nuove aule didattiche e laboratori.** Accompagnare la transizione digitale della scuola italiana, trasformando le aule scolastiche precedentemente dedicate ai processi di didattica frontale in ambienti di apprendimento innovativi, connessi e digitali e potenziando i laboratori per le professioni digitali: questo l'obiettivo di questa sesta linea di investimento per completare la modernizzazione di tutti gli ambienti scolastici italiani dotandoli di tecnologie utili alla didattica digitale. Trasformare gli spazi fisici delle scuole, i laboratori e le classi fondendoli con gli spazi virtuali di apprendimento rappresenta un fattore chiave per favorire i cambiamenti delle metodologie di insegnamento e apprendimento, nonché per lo sviluppo di competenze digitali fondamentali per l'accesso al lavoro nel campo della digitalizzazione e dell'intelligenza artificiale. **Stanziamiento pari a 2,1 miliardi di euro.**

Nome	Descrizione	Finanziamento
Scuole nuove	<i>Sono 454 i comuni che, grazie al Decreto Legge 66/2014, hanno potuto attuare interventi che rientrano nel progetto #scuolenuove, finalizzato a nuove edificazioni di Istituti scolastici o alla ristrutturazione completa di quelli esistenti. Questo grazie allo sblocco del patto di stabilità con un'importo medio, per ciascun cantiere, di 500mila euro. Lo sblocco del patto per il 2014 ha permesso la disponibilità di 122 milioni e di altrettanti nel 2015. Nella legge di Stabilità sono già previsti - per le Province e Città metropolitane - 50 milioni di sblocco patto nel 2015 e altrettanti 50 milioni per il 2016.</i>	244 milioni di euro
Scuole sicure	<i>Messa in sicurezza e messa a norma: sono le azioni previste dal capitolo #scuolesicure. Con la delibera Cipe del 30 giugno 2014 sono stati stanziati 400 milioni di euro per 1.636 interventi di cui 1.533 già aggiudicati. Con il Decreto del 'Fare', 150 milioni, sono stati finanziati 692 interventi dei quali 418 conclusi (60,4%), 227 avviati (32,8%) e 47 non avviati (6,8%) o non aggiudicati. Altri 381 interventi delle graduatorie del DI del 'Fare', saranno finanziati con i ribassi d'asta che serviranno anche per 845 interventi per il conseguimento del certificato di agibilità e per il completamento della messa a norma previsti dal Miur.</i>	400 milioni di euro
Alluvione Sardegna	<i>La legge 23 dicembre 2014, n. 190, recante disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge di stabilità 2015) e, in particolare, l'articolo 1, comma 152, ha autorizzato per il 2015, la spesa di 5 milioni di euro per la realizzazione di interventi di messa in sicurezza e ristrutturazione degli edifici scolastici dei comuni della Sardegna danneggiati dagli eventi alluvionali del mese di novembre 2013.</i>	5 milioni di euro
Programmazione nazionale	<i>Per la prima volta l'Italia si è dotata a maggio 2015 di una programmazione nazionale triennale degli interventi di edilizia scolastica per il periodo 2015/2017. Oltre 6.000 gli interventi richiesti dalle Regioni, sentiti gli Enti Locali. Per un fabbisogno totale di 3,7 miliardi di euro. I primi 1.300 interventi saranno finanziati grazie a 905 milioni dei cosiddetti mutui BEI (Banca europea per gli Investimenti), mutui agevolati con oneri di ammortamento a carico dello Stato che potranno essere accesi dalle Regioni. Saranno finanziati interventi di ristrutturazione, messa in sicurezza, adeguamento antisismico, efficientamento energetico di scuole, immobili all'Alta formazione artistica, musicale e coreutica o adibiti ad alloggi e residenze per studenti universitari. Si potranno costruire nuovi edifici e realizzare palestre. Beneficiari dei mutui saranno gli enti locali proprietari degli immobili che dovranno procedere all'aggiudicazione almeno provvisoria degli interventi entro il 31 ottobre 2015.</i>	3,7 miliardi di euro
8 x 1000	<i>L'articolo 1, comma 172, della legge 13 luglio 2015, n. 107 ha stabilito che le risorse della quota a gestione statale dell'otto per mille</i>	Quota annua otto per mille

	dell'imposta sul reddito delle persone fisiche, di cui all'articolo 48 della legge 20 maggio 1985, n. 222, e successive modificazioni, relative all'edilizia scolastica sono destinate prioritariamente agli interventi di edilizia scolastica che si rendono necessari a seguito di eventi eccezionali e imprevedibili individuati annualmente con decreto del Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca, anche sulla base dei dati contenuti nell'Anagrafe dell'edilizia scolastica. Con decreto del Ministro dell'istruzione 11 novembre 2019, n. 1021 sono stati individuate le tipologie di interventi urgenti a) gli interventi conseguenti a episodi di crollo di solai e controsoffitti; b) interventi urgenti a seguito di eventi sismici, calamitosi o eccezionali e non prevedibili; c) interventi necessari per il ripristino delle condizioni di agibilità a seguito di chiusura disposta da Autorità competente; d) interventi indispensabili per garantire il diritto allo studio e il regolare svolgimento dell'attività didattica.	
Mutui BEI	Con decreto del ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca di concerto con il ministro dell'Economia e delle Finanze e con il ministro dell'Infrastruttura e dei Trasporti del 1 settembre 2015 numero 640, è stata autorizzato l'utilizzo dei contributi pluriennali di 40 milioni decorrenti dal 2015 e fino al 2044, da parte delle regioni, per il finanziamento degli interventi inclusi nei piani regionali di edilizia scolastica.	905 milioni di euro
Scuole antisismiche	Con decreto del ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca del 23 dicembre 2015 numero 943 sono stati approvati gli interventi regionali e assegnati 37,5 milioni i cui criteri e modalità erano state definite con DPCM del 12 ottobre 2015. Dalla data di pubblicazione del decreto numero 943 sulla Gazzetta ufficiale gli enti hanno 10 mesi di tempo per aggiudicare gli interventi.	40 milioni di euro
Fondo Comma 140	L'articolo 25, comma 1 e 2-bis, del decreto-legge n. 50 del 2017 assegna una quota del fondo di cui all'articolo 1, comma 140, della legge n. 232 del 2016 in favore di Province e Città metropolitane per interventi di edilizia scolastica per un importo complessivo di circa 321 mln di euro. Si tratta principalmente di interventi di adeguamento sismico e di messa in sicurezza di edifici scolastici. Con decreto del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca 8 agosto 2017, n.607 sono stati individuate le Province e le Città metropolitane beneficiarie del predetto finanziamento. Il decreto è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana in data 13 novembre 2017. Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 21 luglio 2017 sono state invece assegnate al Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca risorse per oltre un 1 mld di euro da destinare a interventi di edilizia scolastica che interesseranno per la maggior parte i Comuni. In data 28 novembre 2017 è stato adottato decreto del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca con il quale si è proceduto a ripartire tra le Regioni la quota di finanziamento pari a circa 1058 mln di euro. Con successivo decreto del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca saranno ripartite le risorse in favore dei Comuni, individuando gli interventi di adeguamento sismico e di messa in sicurezza di edifici scolastici, ammessi a finanziamento.	1,379 miliardi di euro
Verifiche Vulnerabilità Sismica	In esecuzione di quanto previsto dall'articolo 20-bis del decreto-legge 9 febbraio 2017, n. 8, convertito, con modificazioni, dalla legge 7 aprile 2017, n. 45 e dall'articolo 41 del decreto-legge 24 aprile 2017, n. 50, convertito, con modificazioni, dalla legge 21 giugno 2017, n. 96, il Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca, d'intesa con il Dipartimento Casa Italia presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri, ha indetto pubblica selezione per erogare contributi finalizzati alla verifica di vulnerabilità sismica e progettazione di interventi di adeguamento antisismico sugli edifici di proprietà pubblica adibiti ad uso scolastico ricadenti nelle zone sismiche 1 e 2.	100 milioni di euro
Poli per l'Infanzia	L'articolo 3 del decreto legislativo 13 aprile 2017, n. 65 stabilisce che al fine di favorire la costruzione di edifici da destinare a Poli per l'infanzia innovativi a gestione pubblica, l'Istituto Nazionale per l'Assicurazione	150 milioni di euro

	contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL), nell'ambito degli investimenti immobiliari previsti dal piano di impiego dei fondi disponibili di cui all'articolo 65 della legge 30 aprile 1969, n. 153, destina, nel rispetto degli obiettivi programmatici di finanza pubblica, fino ad un massimo di 150 milioni di euro per il triennio 2018-2020 comprensivi delle risorse per l'acquisizione delle aree. La norma prevede che le Regioni procedano ad individuare da una a tre proposte di poli innovativi sulla base dei criteri stabiliti dal Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca da ammettere a finanziamento. Con decreto del MIUR del 23 agosto 2017, n. 637 sono state ripartite tra le Regioni le risorse e individuati i criteri per l'acquisizione delle manifestazioni di interesse da parte degli enti locali.	
Progettazione di interventi di messa in sicurezza di edifici scolastici	Al fine di consentire la messa in sicurezza degli edifici scolastici, il Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca, dando attuazione a quanto previsto dall'articolo 42 del decreto-legge 28 settembre 2018, n. 109, convertito, con modificazioni, dalla legge 16 novembre 2018, n. 130, ha proceduto alla costituzione di un fondo per il finanziamento della progettazione di interventi di messa in sicurezza da parte degli enti locali competenti degli edifici scolastici. Le risorse disponibili sono state accertate con decreto del Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca 10 dicembre 2018, n. 850.	50 milioni di euro
Piano Palestre	Con decreto del Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca 11 febbraio 2019, n. 94 sono stati finanziati interventi per la messa in sicurezza e/o nuova costruzione di edifici scolastici da destinare a palestre e/o strutture sportive.	50 milioni di euro
Piano Antincendio	Con decreto del Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca 13 febbraio 2019, n. 101 sono stati stanziati ed assegnati contributi pari € 114.160.000,00 per l'adeguamento alla normativa antincendio degli edifici scolastici. Con successivo decreto del Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca 29 novembre 2019, n. 1111 è stato autorizzato un secondo piano del valore complessivo di € 98.000.000,00 per l'adeguamento alla normativa antincendio degli edifici scolastici.	€ 212,16 milioni di euro
Sisma 120 Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria	Con decreto del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca n. 427 del 21 maggio 2019, è stato istituito un fondo di 120 milioni destinati alla messa in sicurezza, all'adeguamento antisismico e/o alla nuova costruzione di edifici pubblici, adibiti ad uso scolastico statale richiedenti nelle zone sismiche 1 e 2 delle quattro Regioni del Centro Italia interessate dagli eventi sismici del 2016 e del 2017 (Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria).	120 milioni di euro
Indagini diagnostiche	Al fine di garantire la sicurezza degli edifici scolastici e di prevenire eventi di crollo dei relativi solai e controsoffitti, in esecuzione del decreto del Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca dell'8 agosto 2019, prot. n. 734, il Ministero indice una procedura pubblica nazionale per l'erogazione di contributi per indagini e verifiche dei solai e controsoffitti degli edifici scolastici pubblici.	40 milioni di euro
Finanziamenti Province e Città metropolitane	L'articolo 1, commi 63 e 64, della legge 27 dicembre 2019, n. 160, così come modificato dall'articolo 38-bis del decreto-legge 30 dicembre 2019, n. 162, convertito, con modificazioni, dalla legge 28 febbraio 2020, n. 8 ha previsto il finanziamento di interventi di manutenzione straordinaria ed efficientamento energetico delle scuole superiori di competenza di province e città metropolitane. Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 7 luglio 2020 sono stati definiti i criteri di riparto delle risorse e con successivo decreto del Ministro dell'istruzione di concerto con il Ministro dell'economia saranno ripartite le risorse tra Province e Città metropolitane.	1,08 miliardi di euro
Asili nido, Scuole dell'infanzia e Centri Polifunzionali	L'articolo 1, comma 59, della legge 27 dicembre 2019, n. 160 stanziava risorse pari a 100 milioni di euro per ciascuno degli anni dal 2021 al 2023 e a 200 milioni di euro per ciascuno degli anni dal 2024 al 2034 per il finanziamento degli interventi relativi ad opere pubbliche di messa in sicurezza, ristrutturazione, riqualificazione o costruzione di edifici di proprietà dei comuni destinati ad asili nido e scuole dell'infanzia. Le risorse sono, in particolare, destinate a progetti di costruzione, ristrutturazione, messa in sicurezza e riqualificazione di asili nido, scuole dell'infanzia e centri polifunzionali per i servizi alla famiglia, con priorità	700 milioni di euro

	per le strutture localizzate nelle aree svantaggiate del Paese e nelle periferie urbane, con lo scopo di rimuovere gli squilibri economici e sociali ivi esistenti e a progetti volti alla riconversione di spazi delle scuole dell'infanzia attualmente inutilizzati, con la finalità del riequilibrio territoriale, anche nel contesto di progetti innovativi finalizzati all'attivazione di servizi integrativi che concorrano all'educazione dei bambini e soddisfino i bisogni delle famiglie in modo flessibile e diversificato sotto il profilo strutturale ed organizzativo. Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri di concerto con il Ministro dell'interno, con il Ministro dell'economia e delle finanze, con il Ministro per le pari opportunità e la famiglia e con il Ministro dell'istruzione 30 dicembre 2020, sono state individuate le modalità e le procedure di trasmissione dei sopracitati progetti da parte dei comuni e disciplinati i criteri di riparto e le modalità di utilizzo delle risorse.	
Piano 2019	Con un primo decreto del Ministro dell'istruzione 10 marzo 2020, n. 175 sono state ripartite le risorse pari a € 510.000.000,00 tra le Regioni e individuati gli interventi degli enti locali da ammettere a finanziamento. Con successivo decreto saranno assegnati ulteriori € 320.000.000,00 per finanziare altri interventi rientranti nella programmazione triennale.	830 milioni di euro
Fondi edilizia scolastica per avvio anno scolastico 2020-2021	L'articolo 232, comma 8, del decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34, convertito, con modificazioni, dalla legge 17 luglio 2020, n. 77 ha stabilito che al fine di supportare gli enti locali in interventi urgenti di edilizia scolastica, nonché per l'adattamento degli ambienti e delle aule didattiche per il contenimento del contagio relativo al Covid-19 per l'avvio del nuovo anno scolastico 2020-2021, il fondo per le emergenze di cui al Fondo unico per l'edilizia scolastica di cui all'articolo 11, comma 4-sexies, del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, convertito, con modificazioni, dalla legge 17 dicembre 2012, n. 221, è incrementato di euro 30 milioni per l'anno 2020". I 30 milioni sono stati assegnati con decreto del Ministro dell'istruzione 29 luglio 2020, n. 77 in favore di Province, Città metropolitane e Comuni con popolazione pari o superiore ai 10.000 studenti. Successivamente, l'articolo 32 del decreto-legge 14 agosto 2020, n. 104, attualmente in corso di conversione, ha destinato una quota parte dell'incremento del fondo di cui all'articolo 235 del decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34, convertito, con modificazioni, dalla legge 17 luglio 2020, n. 77, agli enti locali, titolari delle competenze relative all'edilizia scolastica ai sensi della legge 11 gennaio 1996, n. 23, "ai fini dell'acquisizione in affitto o con le altre modalità previste dalla legislazione vigente, inclusi l'acquisto, il leasing o il noleggio di strutture temporanee, di ulteriori spazi da destinare all'attività didattica nell'anno scolastico 2020/2021, nonché delle spese derivanti dalla conduzione di tali spazi e del loro adattamento alle esigenze didattiche". Le risorse sono destinate al regolare svolgimento delle attività didattiche nell'anno scolastico 2020-2021 in condizioni di sicurezza, in considerazione dell'emergenza sanitaria da Covid-19 attualmente in corso.	100 milioni di euro
Piano 2020	La legge 30 dicembre 2020, n. 178 ha stanziato in favore del Ministero dell'istruzione per interventi di edilizia scolastica la somma di € 500.000.000,00 che è stato destinato al finanziamento di un primo piano di interventi a valere sull'annualità 2020 della programmazione triennale in materia di edilizia scolastica. A tali risorse si aggiungono ulteriori 210 milioni derivanti dal decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 dicembre 2020 sempre per interventi di messa in sicurezza degli edifici scolastici e che consentiranno di finanziare un secondo piano di interventi a valere sempre sull'annualità 2020 della programmazione triennale in materia di edilizia scolastica.	710 milioni di euro
Fondi INAIL	L'articolo 1, commi 203, 204 e 205, della legge 30 dicembre 2020, n. 178, prevede che, per le finalità di cui all'articolo 1, commi 677 e 678 della legge 27 dicembre 2017, n. 205, e per contrastare il fenomeno dello spopolamento dei piccoli comuni del Mezzogiorno d'Italia, è destinata, a valere su risorse dell'INAIL, nell'ambito del piano triennale di investimenti immobiliari 2021-2023, la somma complessiva di 40 milioni di euro per la costruzione di scuole innovative con le caratteristiche di cui all'articolo 1, comma 153, della legge 13 luglio 2015, n. 107, nei comuni con popolazione inferiore a cinquemila abitanti compresi nei territori delle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia, Sardegna e Sicilia. La norma prevede che le Regioni procedano ad individuare da una a tre proposte di poli innovativi sulla base dei criteri stabiliti dal Ministero	40 milioni di euro

Fondi edilizia scolastica per avvio anno scolastico 2021-2022	<i>dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca da ammettere a finanziamento.</i> <i>Con decreto del MIUR del 23 agosto 2017, n. 637 sono state ripartite tra le Regioni le risorse e individuati i criteri per l'acquisizione delle manifestazioni di interesse da parte degli enti locali.</i> <i>L'articolo 58, comma 3, lettera b), del decreto-legge 25 maggio 2021, n. 73, convertito, con modificazioni, dalla legge 23 luglio 2021, n. 106 destina 70 milioni in favore degli enti locali competenti in materia di edilizia scolastica ai sensi della legge 11 gennaio 1996, n. 23 per affitti, noleggi di strutture temporanee e spese di conduzione per l'anno scolastico 2021-2022.</i> <i>Parimenti, sono state destinate risorse per lavori di messa in sicurezza e adattamento degli spazi e delle aule di edifici pubblici adibiti ad uso scolastico per garantire la ripresa in presenza delle attività didattiche per l'anno scolastico 2021-2022.</i>	70 milioni di euro
---	--	--------------------

Tabella 03. Linee di finanziamento per l'edilizia scolastica italiana attualmente attive

2.3 La normativa tecnica vigente

Il quadro normativo di riferimento per l'edilizia scolastica italiana è incompleto e obsoleto e, al contrario di altri settori, non è stata ancora redatta una norma unitaria.

Le prime disposizioni normative furono pubblicate nel 1888 col titolo "Istruzioni Tecnico Igieniche nazionali per la costruzione degli edifici scolastici". Il documento aveva l'obiettivo di determinare un modello di riferimento per le scuole attraverso il giusto dimensionamento dell'aula. La norma si occupava:

- degli aspetti igienico-ambientali;
- numero di aule per edificio scolastico;
- delle condizioni di illuminazione e aerazione delle stesse;
- della disposizione e della dimensione di porte e finestre;
- del numero e delle caratteristiche dei servizi igienici.

Da tale approccio è derivata la diffusione del modello "scuola-corridoio", un edificio in cui l'impianto planimetrico è formato da una serie di aule di identiche dimensioni, affiancate le une alle altre, con un fronte collegato al corridoio e l'altro aperto verso l'esterno.

L'idea di scuola cambia ed evolve durante la prima metà del Novecento, in particolare grazie ai principi didattico-educativi di Maria Montessori che miravano alla definizione di una scuola a misura di bambino, rispettando le sue necessità psicologiche e fisiologiche, le sue proporzioni e promuovendo un corretto utilizzo e sviluppo dei sensi.

Dalla seconda metà del secolo questi principi vengono supportati da nuovi pedagogisti, quali Loris Malaguzzi, che considerano l'ambiente scolastico un attore attivo nel processo educativo, diventando a sua volta strumento didattico da usare per migliorare l'apprendimento degli studenti. Nel 1965 la necessità di una normativa quantitativa diventa impellente: a causa dei due conflitti mondiali appena trascorsi, infatti, gli edifici scolastici si trovavano in una condizione inadeguata; la maggior parte degli istituti sono collocati in grossi fabbricati volti più all'ottimizzazione degli spazi che al benessere degli studenti e, inoltre, insufficienti a fronteggiare l'aumento demografico e la migrazione interna degli anni Cinquanta. In quest'anno viene emanata la Legge 28 luglio 1967 n.641 "Nuove norme per l'edilizia scolastica e universitaria e piano finanziario dell'intervento per il quinquennio 1967-1971".

Dieci anni dopo, precisamente il 18 dicembre 1975, viene emanato il decreto ministeriale con le "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità

didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica", il primo testo completo che rende cogenti gli standard di qualità per l'edilizia scolastica.

Ad oggi queste norme sono considerate superate dalla Legge 11 gennaio 1996, n. 23, "Norme per l'edilizia scolastica". Essa richiedeva che le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano dovessero approvare le proprie norme tecniche per la progettazione in base alle necessità territoriali al fine di garantire una maggiore qualità delle strutture scolastiche.

Tale compito non è mai stato assolto dalle amministrazioni, rendendo le indicazioni del 1975 ancora il principale punto di riferimento per gli addetti ai lavori.

Da sottolineare, inoltre, che gran parte del patrimonio dell'edilizia scolastica è stata costruita prima che la legge del '75 entrasse in vigore (come detto in precedenza, il 58,10%) quindi, nonostante essa sia considerata datata e superata, non tutti gli edifici risultano a norma.

Dal 1975 ad oggi i criteri pedagogici e i bisogni della società sono notevolmente mutati. L'edificio scolastico non è più pensato come un insieme di aule e corridoi, ma un vero e proprio strumento didattico in grado di esprimere un dialogo tra architettura e pedagogia.

Per questo motivo nel 2013 il MIUR ha emanato le "Norme tecniche-quadro, contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale", un documento che racchiude le linee guida per la progettazione dell'edilizia scolastica in attesa della pubblicazioni della normativa aggiornata.

Attualmente, il quadro normativo italiano risulta frammentato e non organico. Esso è composto principalmente dalle seguenti norme:

- "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica" D.M. 18 dicembre 1975;
- "Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica" D.M. 26 agosto 1992;
- "Norme per l'edilizia scolastica" L. 11 gennaio 1996 n. 23;
- "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici" D.M. 24 luglio 1996, n. 503;
- "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici" D.M. 22 gennaio 2008 n.37;
- "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi" D.P.R. 01 agosto 2011;
- "Norme tecniche-quadro, contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale" D.I. 11 aprile 2013;
- "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici" D.M. 26 giugno 2015;
- "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le attività scolastiche, ai sensi dell'art. 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139" D.M. 7 agosto 2017;

- “Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici” D.M. 11 ottobre 2017;
- “Norme tecniche per le costruzioni” D.M. 17 gennaio 2018;
- “Applicazione della normativa antincendio agli edifici e ai locali adibiti a scuole di qualsiasi tipo, ordine e grado, nonché agli edifici e ai locali adibiti ad asili nido” D.M. 21 marzo 2018.

Di seguito vengono analizzati in maniera specifica i testi normativi indirizzati alla progettazione funzionale della scuola, oggetto del presente elaborato, ovvero il D.M. del 18 dicembre 1975 e le LL.GG del MIUR del 2013.

2.3.1 Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975

Il Decreto Ministeriale del 18 dicembre 1975, “Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica”, rappresenta la principale norma di riferimento in materia di edilizia scolastica ed ha carattere prescrittivo.

Il testo del '75 appare diviso in aree tematiche, e in ciascuna di esse sono presenti i requisiti di legge comuni e specifici per tipologia e grado di istruzione. Le aree sono le seguenti:

- localizzazione;
- dimensioni della scuola;
- area;
- caratteristiche dell'opera;
- caratteristiche degli spazi;
- condizioni di abitabilità.

Localizzazione

Il primo e fondamentale parametro di progettazione, a prescindere dall'ordine e dal grado, è la scelta dell'area su cui edificare la struttura.

Nello specifico, è bene valutare la posizione dell'edificio da costruire in relazione alle altre scuole esistenti e ai centri di servizio, in modo da definire una distribuzione urbanistica adeguata. Bisogna verificare lo stato morfologico del terreno, tenendo conto del patrimonio costruito e naturale, e delle eventuali conseguenze post costruzione.

In merito all'ubicazione, la norma fissa una serie di distanze massime percorribili da uno studente per raggiungere la scuola dalla propria residenza, favorendo una capillarità territoriale delle strutture:

- 300 m per la scuola dell'infanzia, dove è necessario assicurare distanze più brevi possibile;
- 500 m per la scuola primaria, possibilmente percorribili a piedi;
- 1000 m per la secondaria di primo grado, dato che gli studenti hanno maggiore autonomia e sono in grado di usufruire dei mezzi di trasporto. È bene considerare la raggiungibilità dei nodi di interscambio per il trasporto.

Le amministrazioni bypassare possono andare in deroga a tali criteri per ragioni legate al territorio, ma sono sempre tenute a rendere il più sicuri e comodi possibile i percorsi pedonali di accesso all'edificio scolastico.

Dimensioni della scuola

Secondo la norma, il dimensionamento delle scuole è legato a tre fattori:

- l'età degli alunni;
- le attività svolte;
- i programmi educativi.

In particolare, la norma prevede un numero di classi e sezioni così definito: da 3 a 9 per l'infanzia; da 5 a 25 per la primaria; da 6 a 24 per la secondaria di primo grado.

Area

Le varianti da considerare in merito alla localizzazione scolastica non concernono solo la morfologia del terreno e il rapporto con gli altri servizi del territorio, ma anche l'area in cui l'edificio dovrà essere collocato. A tal proposito, per favorire scelte progettuali adeguate, la norma indica alcune caratteristiche che l'area di progetto deve avere:

- regolarità e planarità;
- accessibilità comoda e sicura dalla strada, in modo da consentire un ingresso e un'uscita dalla struttura in tutta sicurezza;
- presenza di un ampio spazio verde, tale da favorire lo svolgimento delle attività didattiche all'esterno;
- adattabilità a futuri cambiamenti e ampliamenti dell'edificio.

Caratteristiche dell'opera

L'edificio scolastico è considerato come un unico organismo, in cui ogni singola parte dialoga con le altre senza soluzione di continuità, contribuendo a formare un'unica e coerente visione di insieme. Le dinamiche di apprendimento possono essere diverse all'interno dell'istituto, rendendo quindi importanti le scelte progettuali che devono favorire la loro coesistenza in base ai metodi pedagogici, alla fruizione degli spazi, all'età e al numero di alunni.

La flessibilità dello spazio è, quindi, un requisito fondamentale da tenere in conto durante la fase di progettazione, per far sì che gli ambienti siano facilmente adattabili in corso d'opera, a seconda delle esigenze della popolazione scolastica. Non va dimenticato anche il costante dialogo da mantenere tra gli spazi interni ed esterni, sempre atto a garantire una maggiore fruibilità dell'edificio.

Caratteristiche degli spazi

Secondo la norma, gli spazi della scuola devono garantire:

- lo svolgimento delle attività didattiche degli studenti, sia in gruppi che da singoli;
- la giusta capienza per accogliere arredi mobili e attrezzature didattiche, garantendo la possibilità di cambiarne la posizione nel tempo;
- lo sviluppo delle capacità individuali e relazionali.

Nella scuola dell'infanzia, lo spazio dedicato alle attività didattiche è la sezione, un ambiente diviso in zone dalle dimensioni variabili che possono prestarsi a:

- attività ordinate svolte al tavolo, con possibilità di cambiare arredamento;
- attività speciali da svolgere in ambienti minori;

- attività libere o momenti ludici che possono necessitare anche dello spazio di più sezioni o dell'unione con gli spazi delle attività ordinate. Tale unione è realizzabile tramite soluzioni flessibili e momentanee, atte a garantire un uso generalizzato degli ambienti didattici;
- attività pratiche, per cui si necessita di spogliatoi, locali e servizi igienici.

Nella scuola dell'infanzia si devono preferire soluzioni che distribuiscono gli ambienti su un unico piano in modo da favorire l'interazione tra i bambini.

Nella scuola primaria, lo spazio dedicato alle attività didattiche è l'aula, un ambiente privo di divisioni in cui si svolge la gran parte delle attività didattiche.

L'aula deve garantire:

- il dialogo e la continuità spaziale con le altre aule tramite porte scorrevoli o elementi architettonici mobili;
- il legame con lo spazio esterno e i luoghi di aggregazione.

Nella scuola primaria è previsto lo sviluppo su uno o più piani, con le relative indicazioni su sistemi di collegamento verticali e orizzontali.

Oltre all'aula, la normativa descrive le caratteristiche degli ambienti speciali, volti al dialogo tra scuola e quartiere. Ambienti speciali sono la mensa, la palestra, la biblioteca o aule speciali, tutti da dimensionare in base alla grandezza della scuola e aperti alla comunità.

Per la scuola secondaria di primo grado valgono le stesse indicazioni della scuola primaria con indicazioni alcune precisazioni. L'aula deve essere caratterizzata da:

- flessibilità;
- adattabilità ai diversi metodi pedagogici;
- integrabilità spaziale e visiva.

Le aule tradizionali devono essere affiancate da altre maggiormente specializzate, fornite di tutta l'attrezzatura necessaria, come quelle tecniche, artistiche e scientifiche, ma anche da spazi integrativi, volti a ospitare attività associative, parascolastiche e didattiche, quali:

- biblioteca;
- mensa;
- palestra;
- impianti sportivi all'aperto specificatamente dimensionati;
- spazio polivalente per attività ricreative e assembleari.

Condizioni di abitabilità

Per essere considerato abitabile e per garantire agli studenti un ambiente adeguato all'apprendimento, l'edificio scolastico deve soddisfare i requisiti di comfort in materia di:

- acustica;
- illuminazione;
- termo-igrometria;
- sicurezza.

Le condizioni acustiche sono legate all'affaticamento e alla concentrazione, ecco perché secondo la norma occorre verificare il livello di isolamento acustico sia con rilevamenti in opera sia in laboratorio.

Quanto detto per l'acustica vale anche per l'illuminazione naturale e artificiale degli spazi, in modo da offrire il massimo del comfort visivo tramite illuminazione diretta, equilibrio tra le luminanze e evitando fenomeni di abbagliamento.

Anche le condizioni termo-igrometriche e i livelli di purezza dell'aria interna sono fondamentali e una corretta progettazione deve tenere in considerazione le caratteristiche prestazionali dell'involucro e garantire ricambi d'aria naturali.

Sono da assicurare, infine, anche le condizioni di sicurezza, che nello specifico si declinano nella stabilità degli edifici in condizioni normali ed emergenziali; prestazione degli impianti in uso e gestione; protezione da agenti atmosferici ed elementi naturali.

2.3.2 Linee guida interministeriali 11 aprile 2013

Il Decreto Interministeriale dell'11 aprile 2013 recepisce le Linee Guida del MIUR "Norme tecniche-quadro, che riportano gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale". È stato pubblicato in attesa delle nuove norme tecniche in materia di edilizia scolastica, che andranno a sostituire quelle del 1975. Tale norma è strutturata in sette punti:

- premessa;
- urbanistica;
- spazi per la didattica;
- impianti tecnologici;
- materiali;
- sicurezza;
- arredi.

Da queste linee guida si evince una nuova logica di progettazione di carattere prestazionale, non più esclusivamente prescrittiva, che prevede criteri di progettazione più flessibili e adattabili alle differenti esigenze didattiche. Sono descritti spazi modulari, riconfigurabili e flessibili, adattabili alle diverse modalità di apprendimento ed insegnamento. Inoltre, viene sottolineata la necessità di prevedere in fase di progettazione degli "spazi informali", ossia spazi in cui gli studenti hanno la possibilità di rilassarsi e confrontarsi.

Nelle Linee Guida sono descritti cinque tipologie di spazi identificati come modelli significativi di ambienti di apprendimento versatili rispetto agli obiettivi di apprendimento grazie all'utilizzo di arredi mobili e confortevoli, e in grado di supportare i diversi metodi pedagogici anche grazie alle tecnologie digitali:

- Spazio Agorà;
- Spazio Classe;
- Spazio Laboratoriale;
- Spazio Individuale;
- Spazio Informale.

Essi costituiscono dei micro-ambienti e rappresentano l'alternativa al modello concettuale tradizionale dell'aula statica. L'obiettivo è quello di avviare un processo di cambiamento ad un

livello intermedio prima di arrivare a costruire scuole senza classi o con spazi così poco connotati da renderli modificabili a semplice richiesta degli utenti, studenti e docenti.

Rispetto a quanto visto nella normativa del '75, l'attenzione verso il benessere indoor è ancora più accentuato e legato alla rinnovata convinzione di superare il concetto di funzione pedagogica relegata all'aula.

Alla descrizione dei nuovi spazi per le attività scolastiche è dedicata la sezione più ampia. In essa viene sottolineata la funzione attiva che lo spazio architettonico deve svolgere nel processo pedagogico. Per questo motivo, anche gli spazi di distribuzione diventano luoghi di sperimentazione e di interesse per le attività educative, non più semplici raccordi tra le parti ma ambienti di ritrovo e interazione.

Infine, anche il sistema impiantistico deve essere progettato e realizzato per garantire flessibilità e favorire la fruizione dello spazio in maniera mutevole adeguandosi rapidamente.

BIBLIOGRAFIA

CONSISTENZA DELL'EDILIZIA SCOLASTICA

- Bartolini R, Zannoccoli C, Mangione GRJ. Atlante delle piccole scuole in Italia. Mappatura e analisi dei territori con dati aggiornati all'anno scolastico 2020/21. INDIRE, Firenze, 2023
- Cannella G. Lo spazio informale: dalle Linee guida per l'edilizia scolastica alla realizzazione pratica, in Turris Babel, 97, Fondazione Architettura Alto Adige, Bolzano, 2016
- Legambiente, a cura di. Ecosistema scuola. Se non riparte la scuola non riparte il Paese. XX Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica e dei servizi. Roma, 2021
- Legambiente, a cura di. Ecosistema scuola. XIX Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi. Roma, 2018
- Legambiente, a cura di. Ecosistema scuola. XVIII Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi. Roma, 2017
- Legambiente, a cura di. Ecosistema scuola. XXI Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica e dei servizi. Roma, 2021
- Legambiente, a cura di. Ecosistema scuola. XXII Rapporto di Legambiente sulla qualità degli edifici e dei servizi scolastici. Roma, 2023

LINEE DI FINANZIAMENTO

- Consiglio dei Ministri. Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza #NEXTGENERATIONITALIA. Governo della Repubblica Italiana, Roma, 2021

NORMATIVE

- Decreto del Presidente della Repubblica 01 agosto 2011, Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi
- Decreto del Presidente della Repubblica 20 marzo 2009 n. 89, Revisione dell'assetto ordinamentale, organizzativo e didattico della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione ai sensi dell'articolo 64, comma 4, del decreto-legge 25 giugno 2008, n. 112, convertito, con modificazioni, dalla legge 6 agosto 2008, n. 133
- Decreto del Presidente della Repubblica 8 Marzo 1999, n. 275, Regolamento recante norme in materia di autonomia delle istituzioni scolastiche, ai sensi dell'art. 21 della L. 15 marzo 1997, n. 59
- Decreto Interministeriale 11 aprile 2013, Norme tecniche-quadro, contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale
- Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017, Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, Norme tecniche per le costruzioni
- Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975, Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica

- Decreto Ministeriale 21 marzo 2018, Applicazione della normativa antincendio agli edifici e ai locali adibiti a scuole di qualsiasi tipo, ordine e grado, nonché agli edifici e ai locali adibiti ad asili nido
- Decreto Ministeriale 22 gennaio 2008, n. 37, Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
- Decreto Ministeriale 24 luglio 1996, n. 503, Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici
- Decreto Ministeriale 26 agosto 1992, Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica
- Decreto Ministeriale 26 giugno 2015, Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici
- Decreto Ministeriale 31 maggio 2006, n. 4018, riguardante la revoca della sperimentazione introdotta con la legge Moratti
- Decreto Ministeriale 7 agosto 2017, Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le attività scolastiche, ai sensi dell'art. 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139
- Legge 11 gennaio 1996, n. 23, Norme per l'edilizia scolastica
- Legge 13 luglio 2015, n. 107, Riforma del sistema nazionale di istruzione e formazione e delega per il riordino delle disposizioni legislative vigenti
- Legge 15 luglio 1877, n. 3961, sull'obbligo dell'istruzione elementare
- Legge 15 maggio 1997, n. 127, Misure urgenti per lo snellimento dell'attività amministrativa e dei procedimenti di decisione e di controllo
- Legge 15 marzo 1997, n. 59, Delega al governo per il conferimento di funzioni e compiti alle regioni ed enti locali, per la riforma della pubblica amministrazione e per la semplificazione amministrativa, corredato delle relative note.
- Legge 17 maggio 1999, n. 144, Misure in materia di investimenti, delega al Governo per il riordino degli incentivi all'occupazione e della normativa che disciplina l'INAIL, nonché disposizioni per il riordino degli enti previdenziali.
- Legge 20 gennaio 1999, n. 9, Disposizioni urgenti per l'elevamento dell'obbligo di istruzione
- Legge 27 dicembre 2006, n. 296, Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato
- Legge 28 marzo 2003, n. 53, Delega al Governo per la definizione delle norme generali sull'istruzione e dei livelli essenziali delle prestazioni in materia di istruzione e formazione professionale.
- Legge 30 ottobre 2008, n. 169, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 19 settembre 2008, n. 137, recante disposizioni urgenti in materia di istruzione e università
- Regio Decreto Legislativo 13 novembre 1859, n. 3725, sul riordinamento dell'istruzione pubblica
- Regio Decreto Legislativo 16 luglio 1923, n. 1753, Ordinamento e attribuzioni del Ministero della pubblica istruzione e dei suoi Corpi consultivi.

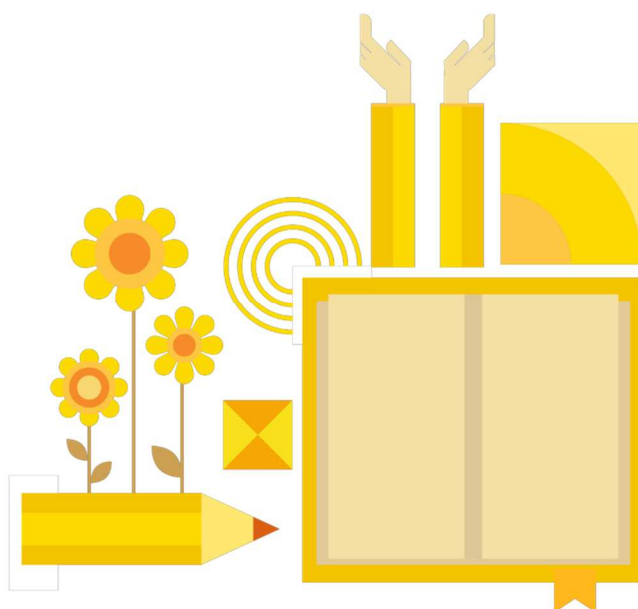
SISTEMA SCOLASTICO ITALIANO

- Benadusi I, Niceforo O. Obbligo scolastico o di istruzione: alla ricerca dell'equità. Fondazione Giovanni Agnelli, 2010

- Bordignon M, Fontana A. Federalismo e istruzione. La scuola italiana nell'ambito del processo di decentramento istituzionale. Fondazione Giovanni Agnelli, 2010
- Carullo P. La scuola per l'infanzia e primaria in Italia tra architettura e pedagogia. Proposte per la trasformazione degli spazi di apprendimento, Dottorato di Ricerca in Ingegneria civile, edile-architettura, ambientale e del territorio, Università degli studi di Salerno, 2016
- Gavosto A. Il Sistema scolastico Italiano, in Il capitale sociale umano: la forza del Paese. S.I.P.I., 2014

SITOGRAFIA

- <http://www.istruzione.it>, ultima visita: ottobre 2023
- <https://www.dati.istruzione.it/>, ultima visita: ottobre 2023
- <https://www.eurydice.indire.it/>, ultima visita: ottobre 2023
- <https://www.fondazioneagnelli.it/>, ultima visita: ottobre 2023
- <https://www.indire.it/>, ultima visita: ottobre 2023
- <https://www.legambiente.it/>, ultima visita: ottobre 2023
- <https://www.pnrr.istruzione.it/>
- <https://www.qranalytics.pubblica.istruzione.it/cruscottoedilizia/extensions/EdiliziaScolastica/EdiliziaScolastica.html?USER=604983>, ultima visita: ottobre 2023



RiGenerazione Scuola, Ministero dell'Istruzione e del Merito, 2020

Capitolo 3

**Innovazione dei paradigmi per la progettazione
delle scuole nella transizione ecologica del XXI secolo**

Nell'ultimo decennio il modo di concepire la scuola è notevolmente mutato e, alla luce della transizione socio-ecologica-digitale del nostro Paese, fonti autorevoli chiedono di ripensare l'ambiente costruito partendo proprio dagli edifici scolastici.

A gennaio 2023, Legambiente, nel suo consueto rapporto sulla qualità degli edifici e dei servizi scolastici giunto alla XXII edizione, definisce le scuole "cantieri di rigenerazione urbana, sociale e ambientale", a dimostrazione della capacità dell'edificio scolastico di rispondere ai bisogni sociali, oltre che educativi.

Il P.N.R.R. prevede di investire 1miliardo e 189milioni di euro per la realizzazione di 216 scuole innovative, sostenibili, sicure e inclusive e definisce le azioni di ammodernamento delle strutture scolastiche come indispensabili affinché le nuove generazioni possano affrontare i processi indotti dalla transizione ecologica e partecipare attivamente alla vita sociale, culturale ed economica del Paese.

In un contributo sulla tradizione e innovazione nei percorsi formativi dei giovani e degli adulti, INDIRE sottolinea la necessità di formare gli studenti come attori del cambiamento, capaci di intercettare i bisogni emergenti sul versante dell'innovazione sociale, economica e produttiva per una crescita sostenibile della società.

Il legame tra evoluzione sociale ed edilizia scolastica è, in effetti, radicato nella storia dell'uomo tramite una relazione tra il modello produttivo e quello pedagogico (fig. 04).

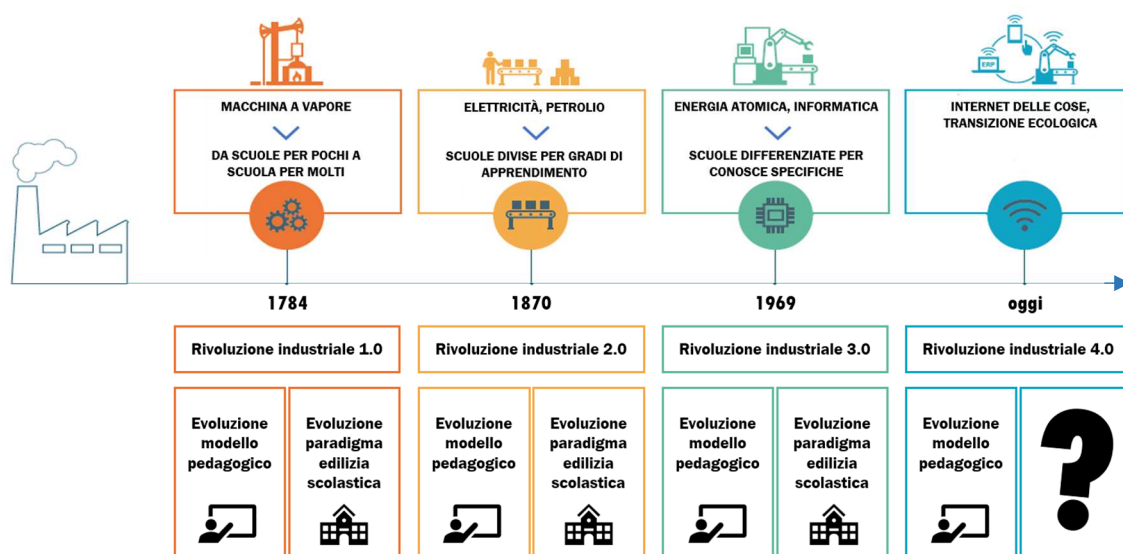


Figura 04. Rapporto tra l'evoluzione del modello produttivo e quello pedagogico-progettuale

Con la prima e la seconda rivoluzione industriale si è assistito a un passaggio da un'istruzione domestica ad una di massa, da un apprendimento mnemonico ad uno mnemonico-conoscitivo, da un sapere legato ai testi religiosi alla specializzazione delle conoscenze: si è consolidato un sistema pedagogico visto come assemblaggio di componenti, in cui l'apprendimento viene valutato come la qualità di un bene prodotto in fabbrica e i sistemi scolastici articolati come fasi successive di lavorazione (scuola materna, comune, ginnasio, accademia).

Successivamente, con la terza rivoluzione industriale la società è entrata in un processo di diversificazione nelle conoscenze, necessario per poter approfondire e progredire in ogni settore di sviluppo: allo stesso modo il sistema scolastico ha cominciato a diversificare le offerte formative ed i percorsi di studio.

L'accelerata innovazione scientifico-tecnologica, introdotta dalla quarta rivoluzione industriale del XXI secolo, ha prodotto fabbriche 4.0 che hanno indirettamente comportato la necessità di ridefinire i canoni di progettazione dell'edificio scolastico verso modelli *smart*, un legame rintracciabile anche nelle Linee Guida del M.I.U.R., caratterizzate dai temi di flessibilità e adattabilità, concetti alla base della società dell'*internet of things*.

L'edilizia scolastica e la sua struttura organizzativa, quindi, hanno subito già in passato mutamenti per adattarsi alle nuove richieste della società e oggi, nella quarta rivoluzione industriale, alle porte della quinta, c'è bisogno di attuarne di nuove.

In Italia, il processo di adeguamento dell'edilizia scolastica al tessuto sociale e culturale ha avuto inizio con l'emanazione del D.M. 18 dicembre 1975, avente l'obiettivo di porre rimedio alla mancanza di strutture idonee all'insegnamento, un decreto arrivato in ritardo e in maniera poco incisiva rispetto ad altre esperienze europee, all'esigenze sociali e ai nuovi costrutti pedagogici.

Le LL. GG del M.I.U.R. 2013 sono il tentativo di aggiornare il decreto ponendo maggior attenzione alla progettazione di spazi di apprendimento tramite modelli pedagogici all'avanguardia, spazi che siano strumenti di insegnamento e che possano, inoltre, essere a disposizione della comunità extrascolastica.

Da questi presupposti, la ricerca ha approfondito uno stato dell'arte che si è dimostrato essere fortemente multidisciplinare, data la commistione tra le tematiche dell'ingegneria e dell'architettura con quelle pedagogiche e sociali (fig. 11).

Il principale motore di ricerca utilizzato per le pubblicazioni scientifiche è stato Scopus, che ha permesso di effettuare un'analisi quantitativa dei risultati (riportata a seguire), a cui sono stati successivamente affiancati quelli ottenuti tramite Springer, PubMed e Google Scholar.

La principale parola chiave ricercata in titolo, abstract e *keyword* è stata "school buildings" che ha portato all'individuazione di 41.204 documenti pubblicati tra il 1884 e il 2023 (dati aggiornati a settembre 2023) (fig. 05). Data la mole di risultati, è stato deciso di suddividerli in due macrocategorie analizzando prima il tema della progettazione, tramite la parola chiave "school building design", e successivamente quello dell'emergenza epidemiologica, tramite "school buildings covid".

I risultati della prima ricerca sono stati filtrati prevedendo i seguenti parametri:

- open access;
- lingua inglese;
- lingua italiana;
- area di ingegneria;
- area di scienze sociali;
- area di scienze ambientali;
- area di energia;
- area di psicologia;
- area multidisciplinare.

Si rilevano 1.696 documenti pubblicati prevalentemente in riviste scientifiche e atti di convegno esclusivamente in lingua inglese. Si sottolinea come l'Italia rivesta un ruolo importante in questo settore. Essa si classifica al sesto posto come quantità di pubblicazioni nella ricerca iniziale, per poi salire al terzo dopo l'applicazione dei filtri (sebbene risultino assenti contributi in lingua italiana): la comunità scientifica italiana ha prodotto il 9% dei contributi su 108 nazioni registrate, contro il 20,3% degli Stati Uniti che occupano la prima posizione. Il 13,6% dei contributi è stato pubblicato tra il 1975

e il 2012, ovvero tra la pubblicazione delle norme sull'edilizia scolastica italiana e le linee guida del MIUR, espressione dell'importanza posta dal secondo decennio del XX secolo al tema dell'educazione e ai metodi della didattica e, soprattutto, al forte legame esistente con l'edificio scolastico. In particolare, dal 2020, a seguito della pandemia da Covid-19, gli studi sono ulteriormente aumentati: bel il 48,9% dei risultati è stato, infatti, prodotto negli ultimi 3 anni (fig. 06-07).

I risultati legati alla parola chiave "school buildings covid" risultano quantitativamente inferiori, 838 documenti ridotti a 489 dopo l'applicazione dei seguenti filtri:

- open access;
- lingua inglese;
- lingua italiana.

Per allargare il campione di ricerca, i documenti sono stati affiancati da quelli risultanti dall'applicazione della parola chiave "students effects covid", filtrati con i medesimi criteri.

Risulta un totale di 5.366 documenti pubblicati tra il 2013 e il 2023. Nello specifico, solo 3 di essi precedono la pandemia da Covid-19. Anche in questo caso l'Italia occupa una posizione di rilievo per quantità di contributi: dopo Stati Uniti (19,5%), Regno Unito (6,9%), Indonesia (4,4%) e Spagna (4,2%), si colloca al quinto posto con il 4,1% del totale, non distante dalle precedenti. La totalità dei contributi è in lingua inglese ma 61 di essi risultano pubblicati in doppia lingua, soprattutto spagnolo, portoghese e francese (fig. 08-09-10).

Dall'analisi effettuata si evince che, in tema di edilizia scolastica, la comunità scientifica si è concentrata fortemente sulle tematiche del risparmio energetico e della vulnerabilità sismica, con lo scopo di poter adeguare e migliorare il patrimonio esistente, purtroppo ricco di problematiche (cfr. Capitolo 2). Seguono, per quantità di contributi, studi riguardanti il *comfort indoor*, le tecnologie digitali e lo stretto legame esistente tra qualità degli ambienti, benessere degli alunni e rendimento scolastico. Negli ultimi anni, infine, si sono accentuati gli studi sulla salubrità degli ambienti e la mitigazione del contagio dovendo far fronte alle difficoltà emerse a seguito della pandemia da Covid-19.

Dai dati esaminati emerge che le strutture scolastiche non soddisfano le esigenze funzionali, educative e sociali e che non sono resilienti ai cambiamenti né tanto meno alle crisi emergenziali.

La Scuola, di fatto, non riveste il ruolo di *Civic Center* previsto dalla norma e non supporta adeguatamente le funzioni di insegnamento, sia in termini pedagogici sia di configurazione degli spazi, sebbene vi sia una normativa tecnica di riferimento molto vincolante e prescrittiva in termini di dimensionamento e distribuzione degli spazi, che evidentemente non riesce a supportare le nuove esigenze.

La flessibilità e la dinamicità degli ambienti devono giocare un ruolo cruciale nella progettazione di questi spazi che non vanno più considerati esclusivamente luoghi della didattica, ma anche di interazione e socialità per gli alunni e per l'intera comunità, nonché luoghi sicuri in caso di calamità. Ne consegue la necessità di elaborare un nuovo approccio alla progettazione basato su parametri che, aderenti alle funzioni complesse della scuola, coniughino le esigenze pedagogiche, anch'esse in evoluzione, con le esigenze ambientali, sociali ed emergenziali, in uno scenario fortemente dinamico tipico dei periodi di transizione.

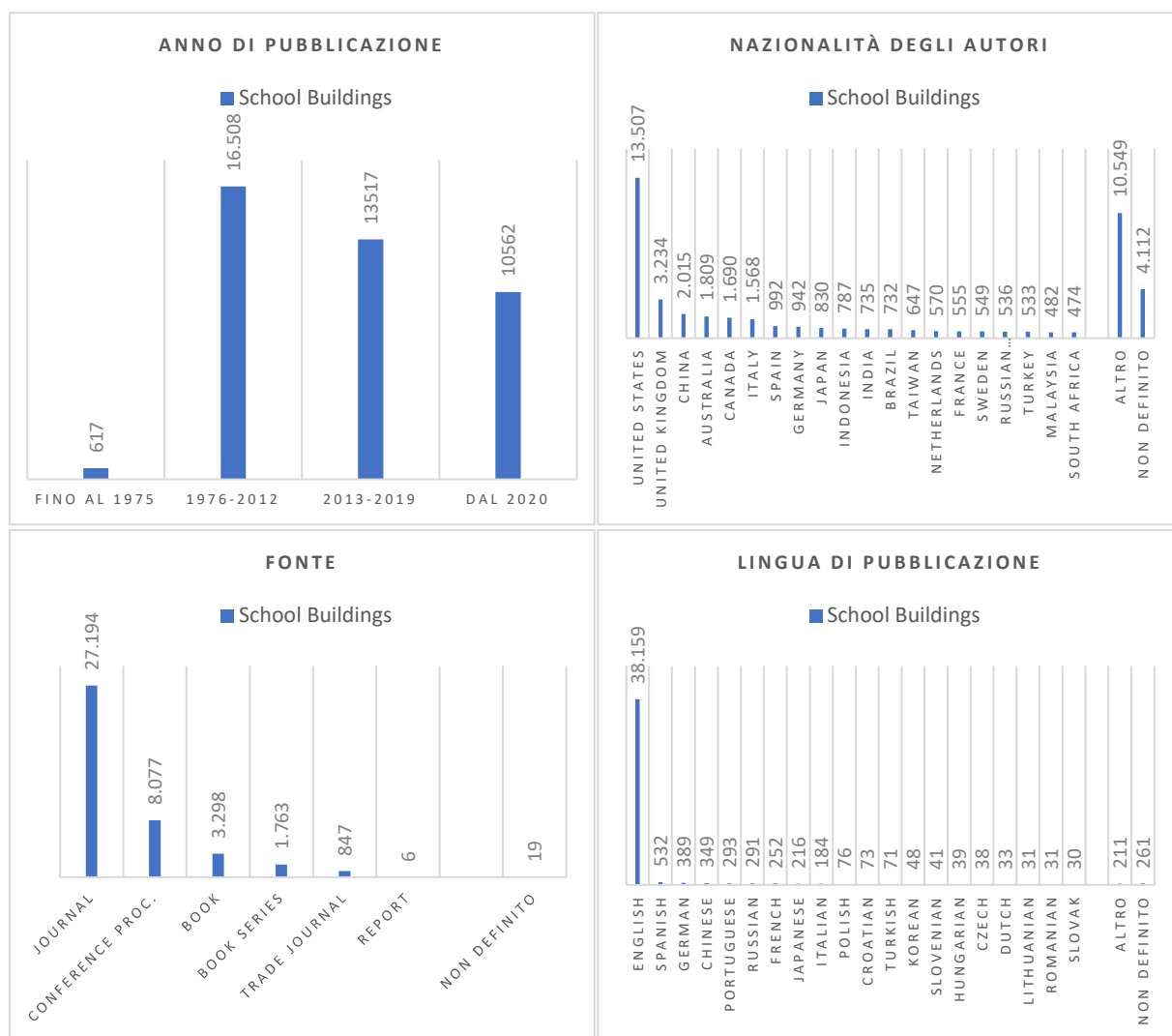


Figura 05. Analisi dei risultati ottenuti dalla ricerca su Scopus tramite la parola chiave “School Buildings” per anno di pubblicazione, nazionalità degli autori, fonte e lingua di pubblicazione.

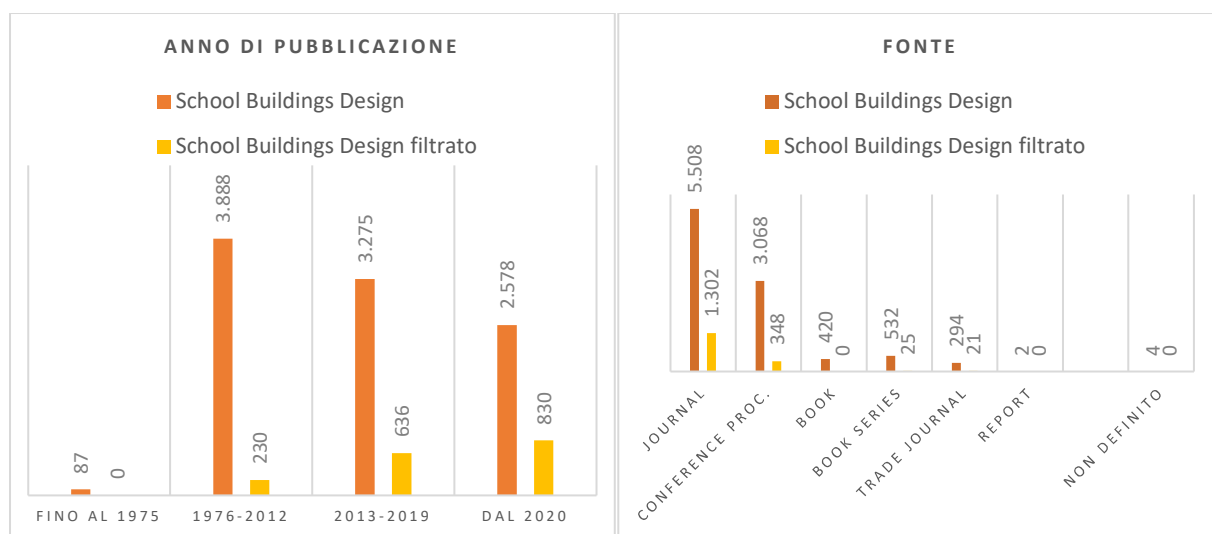


Figura 06. Analisi dei risultati ottenuti dalla ricerca su Scopus tramite la parola chiave “School Buildings Design” per anno di pubblicazione e fonte, con successivo filtraggio.

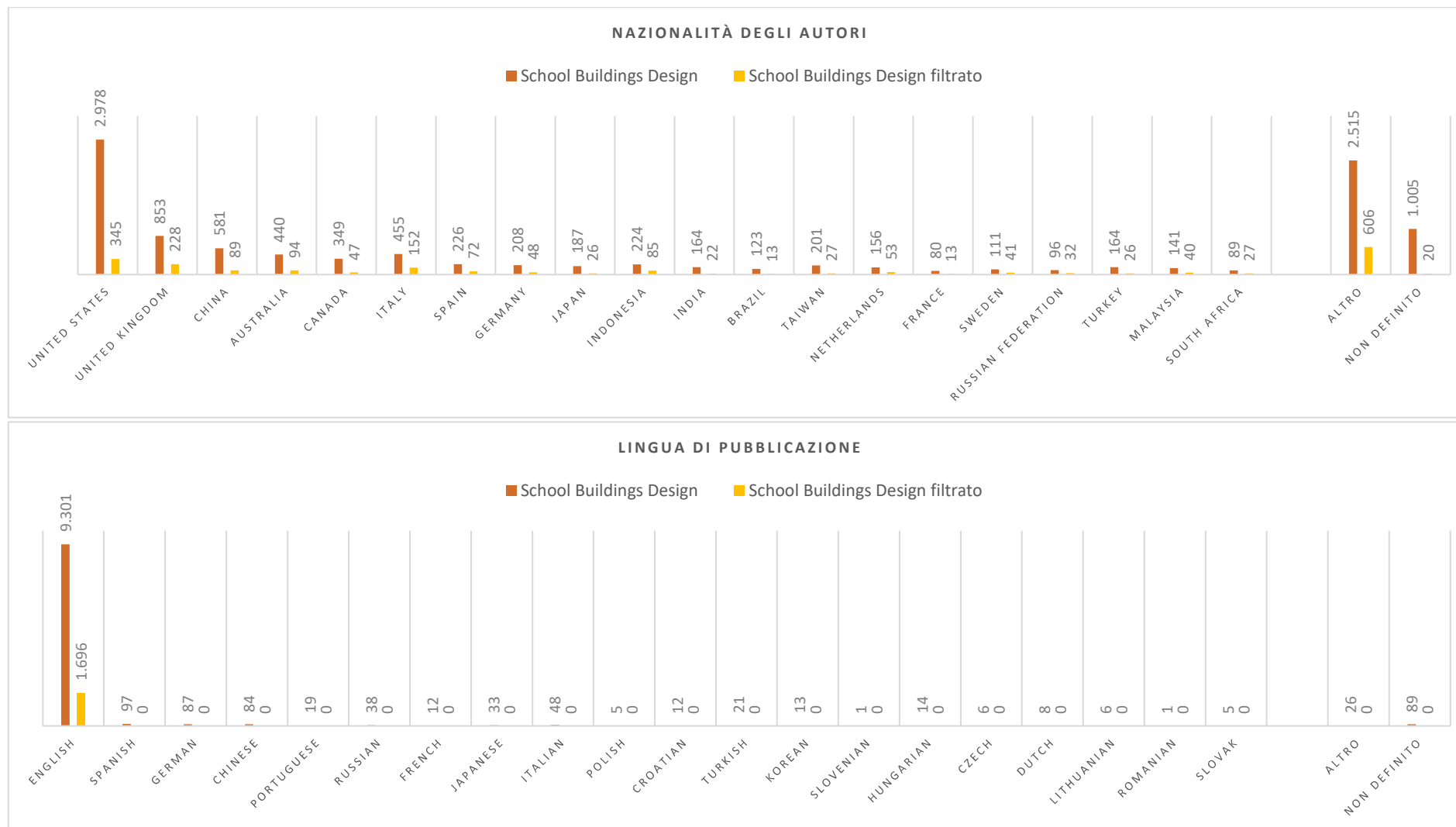


Figura 07. Analisi dei risultati ottenuti dalla ricerca su Scopus tramite la parola chiave “School Buildings Design” per nazionalità degli autori e lingua di pubblicazione, con successivo filtraggio.

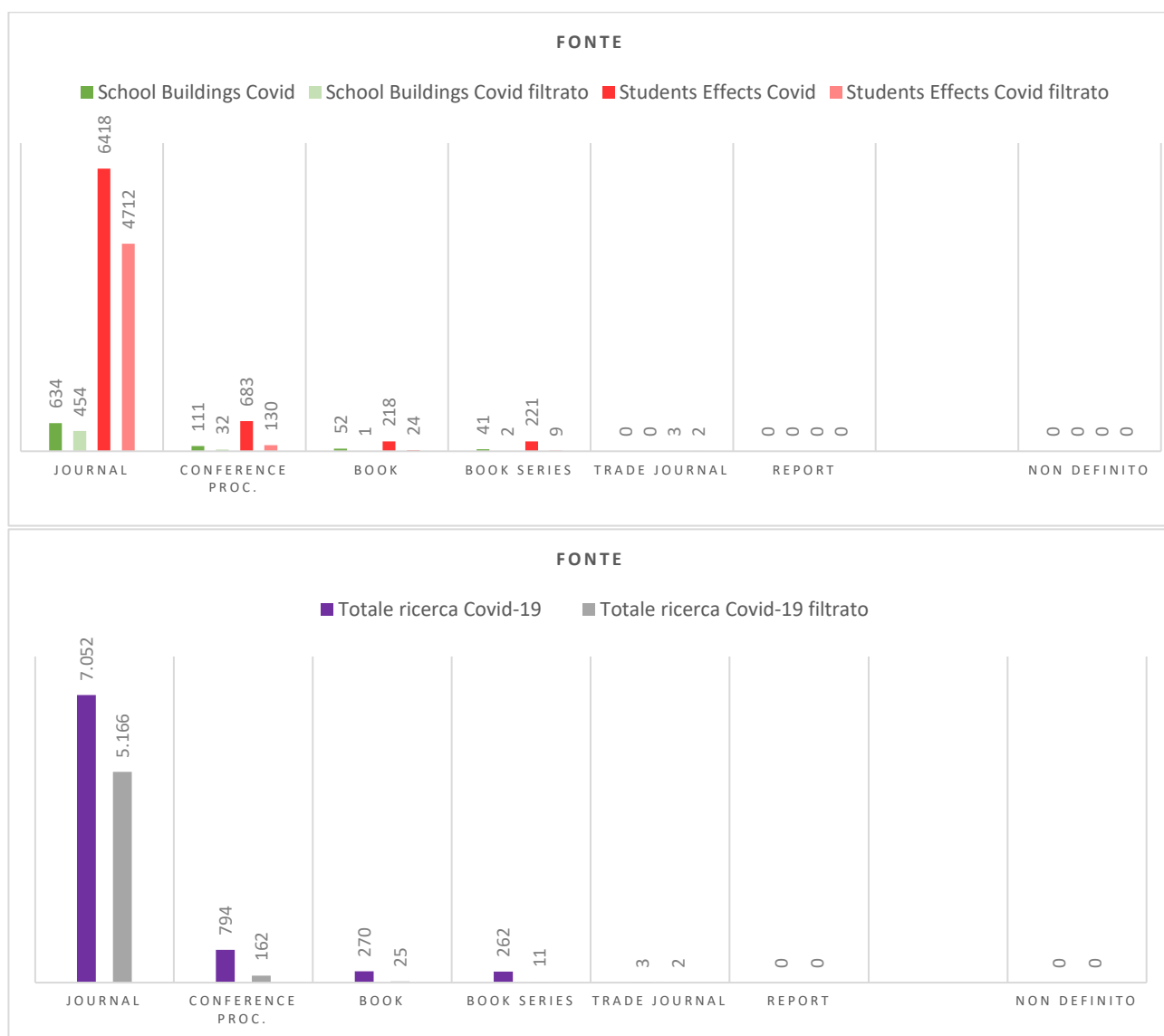
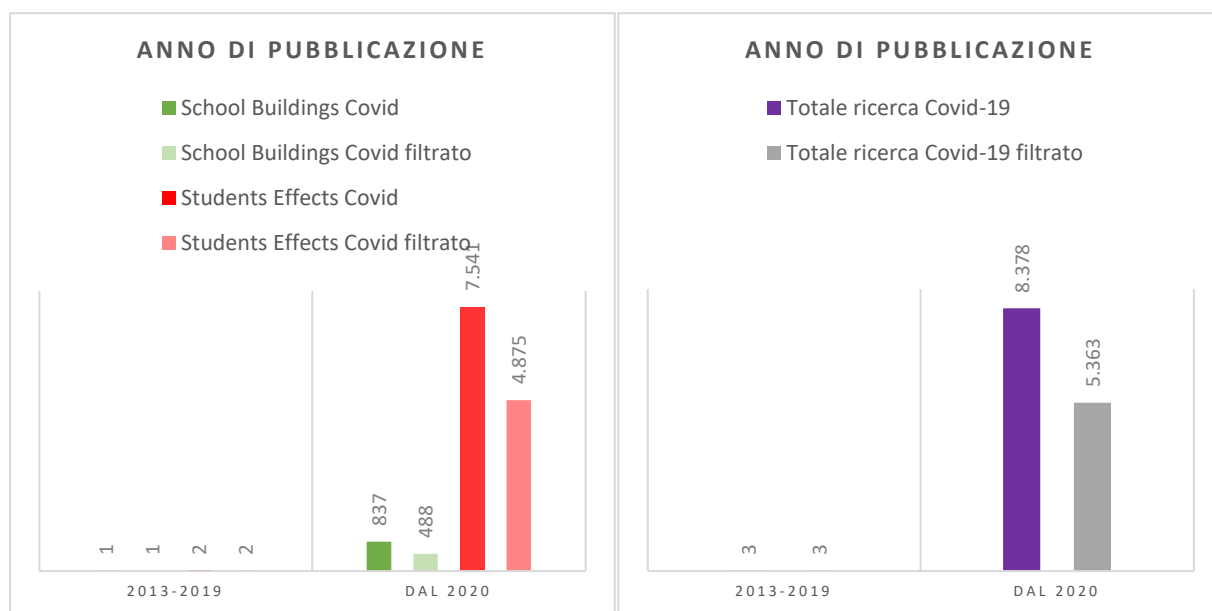


Figura 08. Analisi dei risultati ottenuti dalla ricerca su Scopus tramite la parola chiave "School Buildings Covid" e "Students Effects Covid" per anno di pubblicazione e fonte, con successivo filtraggio. Valori parziali e totali.



Figura 09. Analisi dei risultati ottenuti dalla ricerca su Scopus tramite la parola chiave “School Buildings Covid” e “Students Effects Covid” per nazionalità degli autori e lingua di pubblicazione, con successivo filtraggio.

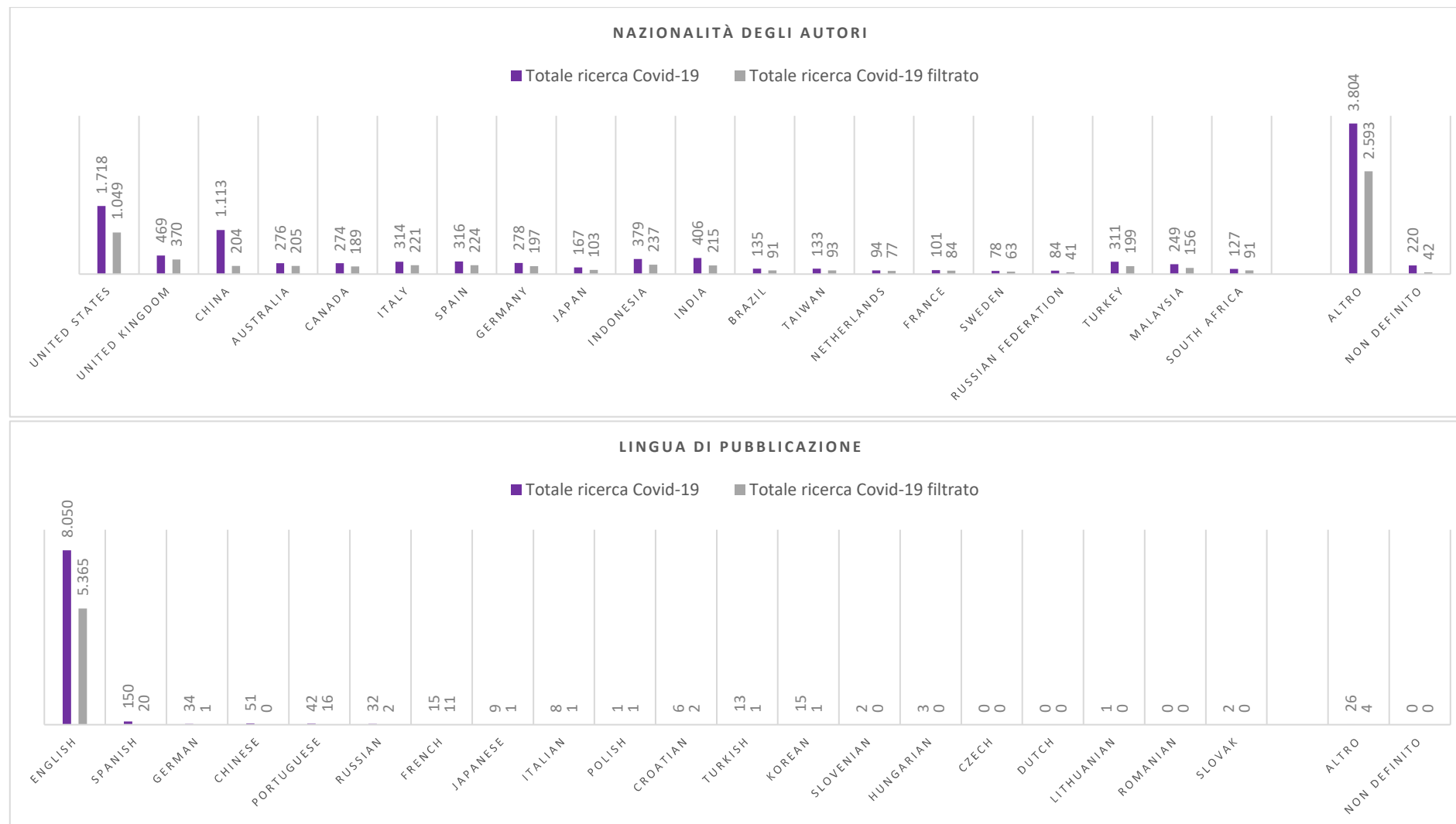


Figura 10. Analisi dei risultati ottenuti dalla ricerca su Scopus tramite la parola chiave “School Buildings Covid” e “Students Effects Covid” per nazionalità degli autori e lingua di pubblicazione, con successivo filtraggio. Valori totali.

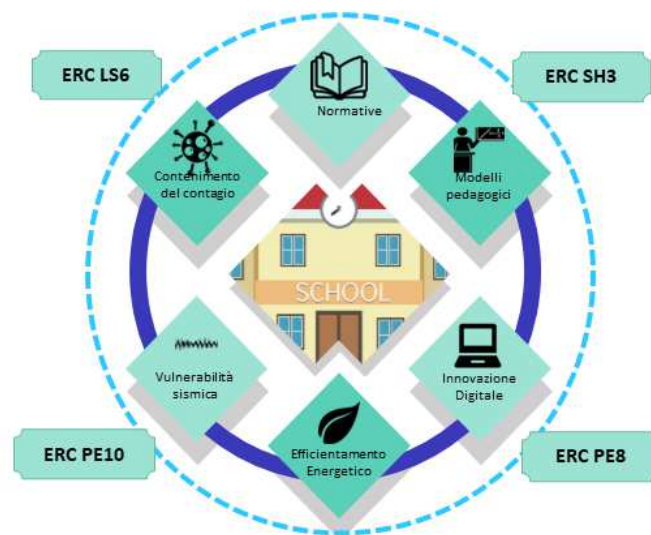


Figura 11. Tematiche e settori ERC coinvolti nella ricerca.

3.1 I nuovi requisiti progettuali

La ricerca conduce alla preliminare considerazione che i nuovi paradigmi della progettazione debbano avere un'impostazione flessibile di tipo qualitativo-prestazionale, adattabile ai cambiamenti e resiliente alle condizioni emergenziali.

In coerenza con gli indirizzi normativi e scientifici, quindi, la prima fase della metodologia della ricerca si è conclusa con l'individuazione e codifica di tre requisiti principali:

- **impatto eco-sociale;**
- **flessibilità degli spazi;**
- **adattabilità in situazioni di crisi.**

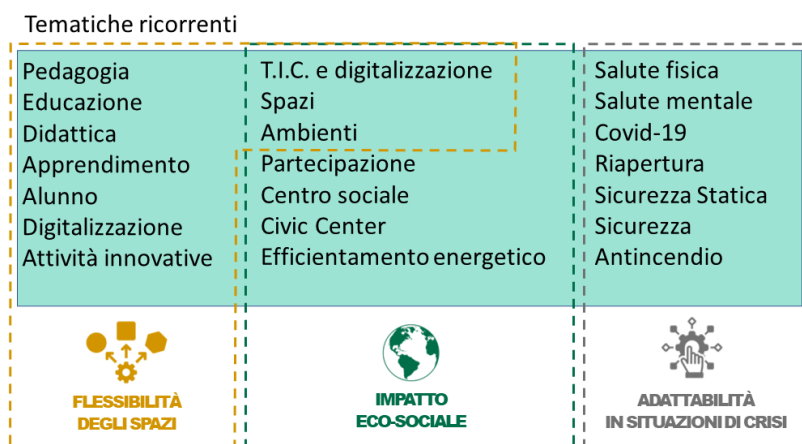


Figura 12. Requisiti progettuali per la scuola del XXI secolo.

L'**impatto eco-sociale** è espressione delle politiche di sviluppo del XXI secolo, basate sulla necessità di favorire un'economia in grado di tutelare il capitale naturale e sociale.

Da un lato si persegue il fine della transizione ecologica, intervenendo sul patrimonio costruito e di nuova edificazione per limitare il consumo di risorse non rinnovabili, migliorare l'efficienza

energetica, promuovere la mobilità sostenibile e salvaguardare il territorio; dall'altro si mira allo sviluppo di infrastrutture in grado di fungere da motore del territorio e capace di valorizzare istanze sociali, formative e culturali. Le scuole hanno il potenziale per accogliere le attività cittadine e divengono un luogo sempre più incisivo nella vita della comunità.

La **flessibilità degli spazi** è un requisito strettamente connesso alle esigenze di fruizione e alla relazione con l'evoluzione del pensiero pedagogico. L'edificio scolastico, come afferma il pedagogista e insegnante Loris Malaguzzi, è il terzo insegnante, dopo i docenti e i pari e, ad oggi, gli spazi della scuola sono progettati erroneamente come luoghi di trasmissione passiva di nozioni. La progettazione di spazi flessibili per una didattica di qualità è una necessità confermata anche dall'OCSE che, riportando gli esiti di una ricerca condotta nel 2005, evidenzia come i migliori risultati di apprendimento si siano ottenuti nelle scuole caratterizzate dalla presenza di elementi flessibili e spazi adattabili. Nel processo di fruizione degli spazi rivestono grande importanza l'evoluzione tecnologica e i nuovi strumenti digitali a disposizione della società contemporanea.

L'**adattabilità in situazioni di crisi**, infine, è espressione di una necessità già manifestata dalla comunità scientifica a seguito delle avvenute pandemie influenzali del XX e XXI secolo (la Spagnola, 1918-20; l'Asiatica, 1957-58; la febbre di Hong Kong, 1968-69; la Suina, 2009-10) e che ha trovato drammatica conferma con il Covid-19. La pandemia ha dimostrato l'inadeguatezza delle infrastrutture scolastiche all'adattabilità in fase emergenziale. La sospensione delle attività scolastiche in presenza e l'avvio dell'era della Didattica a Distanza (DAD) ha causato enormi disagi sociali, clinici e di formazione.

3.2 Gli scenari di funzionamento

Definiti i requisiti caratterizzanti la scuola del nuovo millennio, nella seconda fase della metodologia la ricerca si è soffermata sull'analisi di funzioni e scenari di funzionamento affinché se ne potessero dedurre i parametri fondamentali per la progettazione (fig. 13).

Il nuovo paradigma progettuale per l'edilizia scolastica deve prendere in considerazione la possibilità che si verifichi uno o più dei seguenti scenari di funzionamento:

- **condizioni ordinarie;**
- **emergenza sanitaria;**
- **emergenza per calamità naturale.**

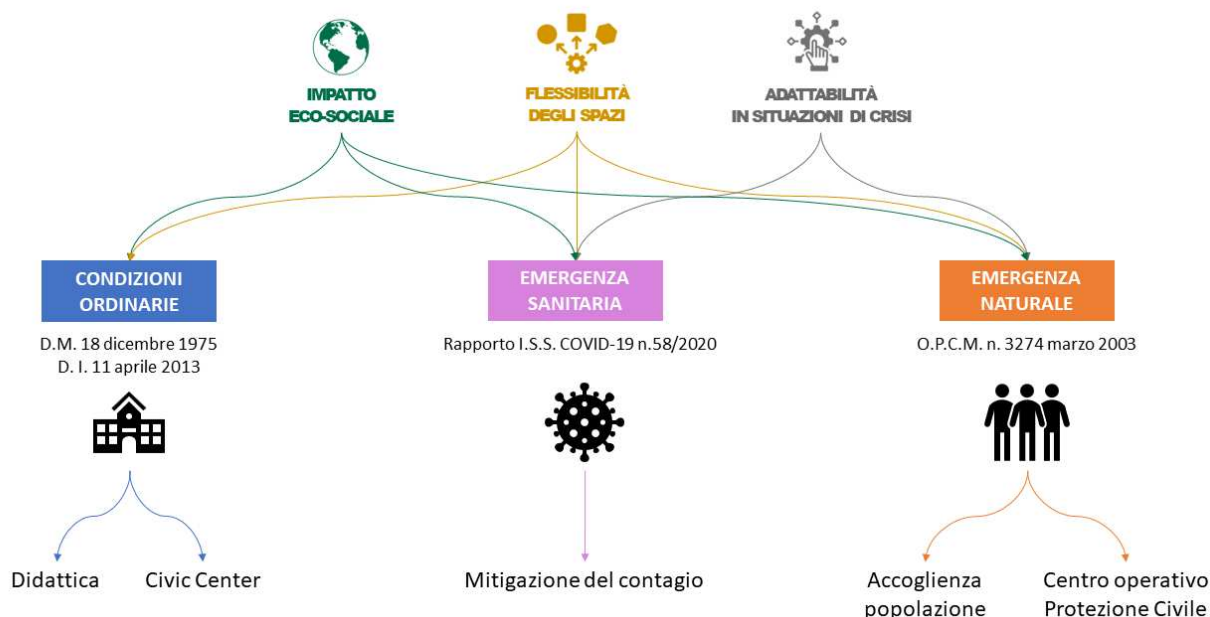


Figura 13. Scenari di funzionamento per la scuola del XXI secolo.

3.2.1 Condizioni ordinarie

Le **condizioni ordinarie** rappresentano lo scenario primario in cui l'edificio scolastico viene concepito, realizzato ed utilizzato.

Le indicazioni normative sono da ricercarsi nei decreti destinati all'edilizia scolastica, essenzialmente il D.M. 18 dicembre 1975 e il D.L. 11 aprile 2013.

Dallo studio risulta chiaro che la funzione didattica, da sempre ritenuta indissolubile dall'edificio scolastico, oggi non è più l'unica funzione essenziale e che ad essa si affianca la funzione di *Civic Center*, identificando la scuola come motore del territorio per la valorizzazione di istanze sociali, formative e culturali.

L'edificio scolastico ha il compito di contribuire alla qualità del tessuto urbano circostante, deve funzionare indipendentemente dalle attività didattiche ed essere utilizzabile dall'intera comunità. Oltre al possibile utilizzo egli spazi esistenti, quali auditorium, biblioteca o palestra, la scuola-Civic Center deve poter disporre di librerie, cartolerie, bar, sedi di società culturali o qualsiasi altro servizio al cittadino, valutabile in sede di programma edilizio.

Questa combinazione di funzioni porta ad una commistione di utenti e di attività che ha bisogno di essere regolamentata per permettere un utilizzo adeguato della struttura senza che si verifichino interferenze (fig. 14).

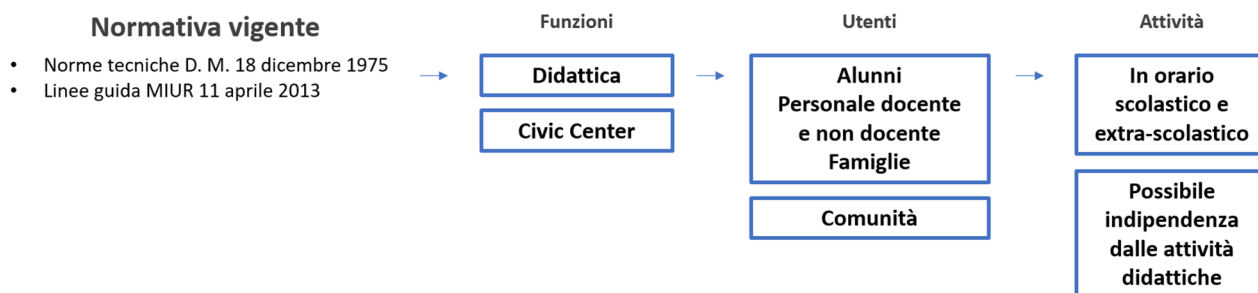


Figura 14. Contemporaneità di funzioni, utenti e attività nell'edificio scolastico in condizioni ordinarie.

Dall'analisi dello stato dell'arte risultano numerosi i contributi scientifici sul tema ed emerge che questa duplice funzione è ormai consolidata nella mente dei professionisti e della pubblica amministrazione, promotori del Civic Center come funzione ordinaria e necessaria per un efficace transizione del Paese verso il futuro.

Al fine di definire il nuovo paradigma di progettazione, sono stati esaminati criticamente le soluzioni adottate in diversi casi studio (tab. 04) e pubblicazioni scientifiche.

Il tema della funzione di Civic Center è coniugato mediante soluzioni progettuali che rendono l'edificio permeabile dall'esterno, risolvendo le interferenze tra le diverse funzioni e utenze, consentendo l'uso integrato alla comunità e preservando la sicurezza dei fruitori della scuola e l'efficienza della didattica.

Edificio scolastico analizzato	Ubicazione
Centro provinciale per l'istruzione degli adulti Napoli Provincia 1	Casavatore (Napoli, Italia)
Istituto comprensivo 2° Circolo Vincenzo Russo	Palma Campania (Napoli, Italia)
Istituto comprensivo 49° Circolo Toti, Borsi, Giurleo	Ponticelli (Napoli, Italia)
Istituto comprensivo <i>Belvedere</i>	Napoli (Napoli, Italia)
Istituto comprensivo <i>Dante Alighieri</i>	Cordoba (Cordoba, Argentina)
Istituto comprensivo <i>Ferdinando Russo</i>	Napoli (Napoli, Italia)
Istituto comprensivo <i>L. Da Vinci Comes D.M.</i>	Portici (Napoli, Italia)
Istituto comprensivo <i>Nazareth, plesso Musto</i>	Napoli (Napoli, Italia)
Istituto comprensivo <i>Socrate Mallardo</i>	Marano (Napoli, Italia)
Istituto omnicomprensivo <i>Roccaraso</i>	Roccaraso (L'Aquila, Italia)
Istituto tecnico superiore <i>Luca Pacioli</i>	Crema (Cremona, Italia)
Liceo scientifico <i>Severi</i>	Castellammare di Stabia (Napoli, Italia)
Liceo statale <i>Gian Battista Vico</i>	Napoli (Napoli, Italia)
Scuola dell'infanzia e primaria <i>Scuola delle meraviglie</i>	Villaspeciosa (Sud Sardegna, Italia)
<i>Scuola Modello</i>	Sora (Frosinone, Italia)
Scuola primaria <i>Montagnola -Gramsci</i>	Firenze (Firenze, Italia)
Scuola primaria <i>San Filippo</i>	Città di castello (Perugia, Italia)
Scuola primaria <i>Vittra Telefonplan</i>	Stoccolma (Stoccolma, Svezia)
Scuola superiore di primo e secondo grado <i>Het 4e Gymnasium</i>	Amsterdam (Olanda Settentrionale, Paesi Bassi)
Scuola superiore di primo grado <i>D'Ovidio – Nicolardi</i>	Napoli (Napoli, Italia)
Scuola superiore di primo grado <i>Enrico Fermi</i>	Torino (Torino, Italia)
Scuola superiore di primo grado <i>Giovanni Pascoli</i>	Torino (Torino, Italia)
Scuola superiore di primo grado <i>Teresa Mattei</i>	Bagno a Ripoli (Firenze, Italia)
Scuola superiore di secondo grado <i>Ørestad Gymnasium</i>	Copenaghen (Hillerød, Danimarca)

Tabella 04. Elenco di edifici scolastici analizzati per la rispondenza, in parte o in tutto, ai criteri del Decreto Interministeriale 11 aprile 2013.

Uno tra i principali parametri analizzati, connesso ai temi della transizione ecologica, è individuato nel rapporto tra gli spazi interni e quelli esterni dedicati alla didattica. In tale ottica è stato sviluppato un modello distributivo nel quale ogni aula ha uno spazio naturale connesso, incidendo favorevolmente sulla qualità ambientale, sulla percezione spaziale, sulla didattica sensoriale e sulla resilienza emergenziale (fig. 15). La scelta distributiva è integrata con l'adozione di sistemi impiantistici di recupero e ricircolo delle acque, come presentato nel progetto del laboratorio diffuso della scuola secondaria di primo grado "Michelangelo" (BR) dove un impianto di fitodepurazione a servizio delle vasche di laboratorio funge da strumento didattico di straordinaria valenza culturale.



Figura 15. Modello distributivo incentrato sul rapporto tra le aule e lo spazio esterno.

Per ciò che riguarda le interferenze, esse possono essere evitate attraverso una rifunzionalizzazione dei percorsi nelle diverse configurazioni di esercizio e un raggruppamento degli ambienti per cluster di tipologia di utenza, distinguendo gli spazi in:

- esclusivamente destinati agli studenti;
- utilizzabili dalla comunità durante l'orario scolastico;
- utilizzabili dalla comunità solo in orario extrascolastico (fig. 16).

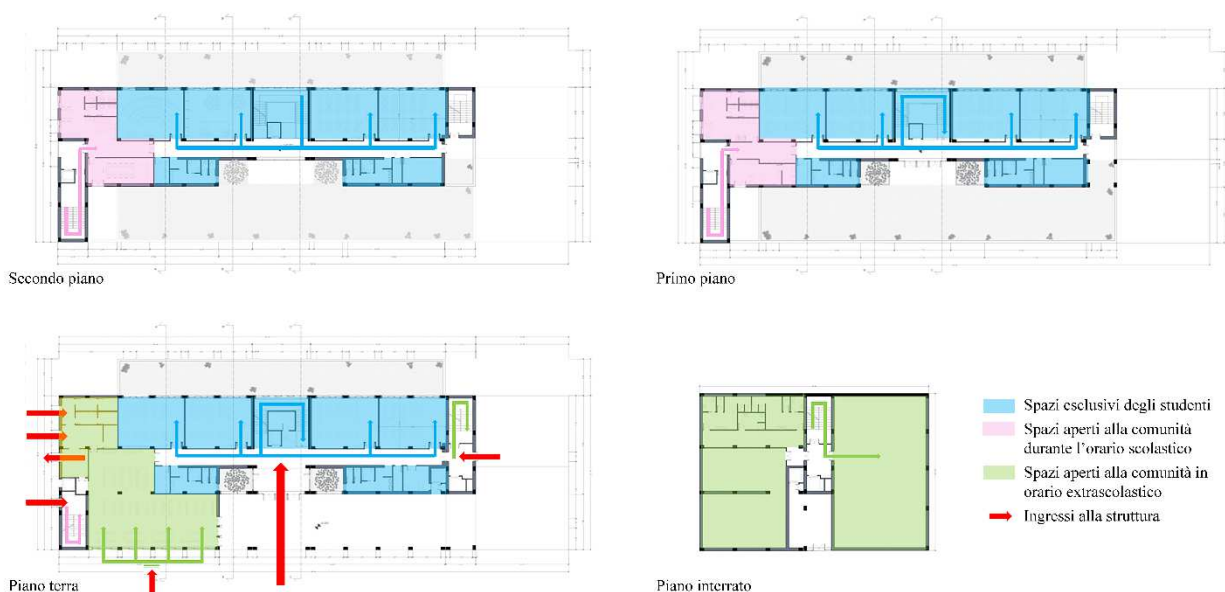


Figura 16. Schemi di rifunzionalizzazione dei percorsi nelle diverse configurazioni di esercizio.

L'edificio scolastico deve essere, inoltre, promotore di una mobilità sostenibile attraverso la progettazione e la verifica dei percorsi di accesso alla struttura, delle caratteristiche dei parcheggi e del sistema dei trasporti che risulta un elemento strategico per la continuità didattica.

Il concetto di "flessibilità" trova applicazione sia nell'impianto distributivo dei percorsi sia nella progettazione degli spazi dell'apprendimento che devono modificarsi in reazione alle esigenze funzionali e alle modalità didattiche. Una prima applicazione è la definizione di un impianto d'aula che, sconnesso dall'attuale rigido parametro dimensionale $1,80 \text{ m}^2/\text{alunno}$, deve consentirne la modifica in relazione alla modalità didattica (Cooperative Learning, Problem Solving, Flipped Classroom, Spaced Learning, Workshop, etc) (fig. 17).

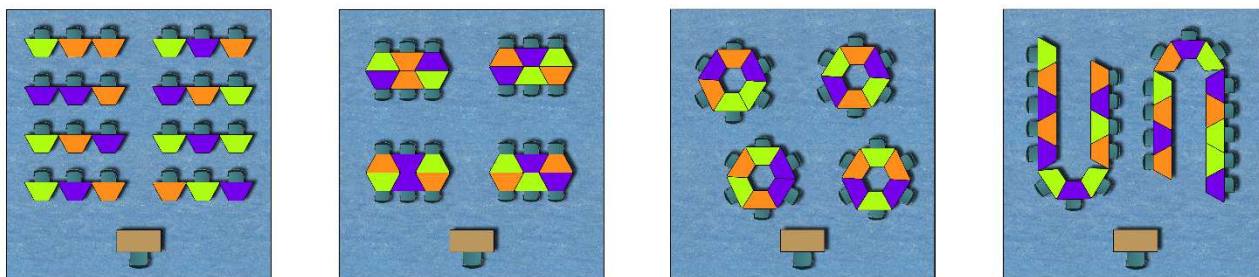
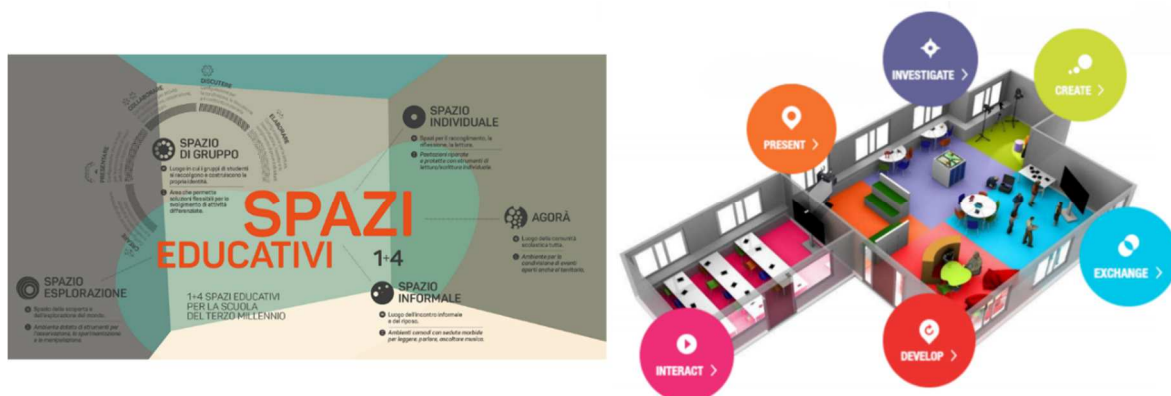


Figura 17. Riconfigurazione dell'arredo nello spazio aula in relazione alla modalità di didattica.



Name	Symbol	Meaning
Campfire (Focused, scaffolded input)		A place for learners to come together, listen to experts and learn from each other. A sharing space for problem-creating, goal setting and curriculum-making.
Cave (Independent, reflective learning)		A safe, reflective space to be alone and to reflect or to work independently, without interruption or distraction from others.
Watering Hole (Collaborative learning)		A more informal space to gather for learning from peers, exchanging ideas in small groups. A good place to get help and advice when we get 'stuck' or need inspiration. A problem-solving space .
Fields (Experiential learning)		Practice, specialist, and creative spaces. Places where we actively try out ideas, test things out, applying our knowledge and skills in the wider world, life spaces. A 'doing' and moving space .
Journey to the Mountain Top (Celebratory, shared learning)		A place to celebrate and share learning with others. A place to feel proud. A wellbeing and 'feeling good' space.

Figura 18. Nuove organizzazioni spaziali - © INDIRE, European Schoolnet 2016, The University of Edinburgh 2021

Superando il limite dell'aula statica, le nuove organizzazioni spaziali devono tendere alla realizzazione di modelli dinamici come quelli teorizzati nel Manifesto INDIRE "1+4 Spazi Educativi" (Spazio di gruppo, Spazio individuale, Spazio informale, Spazio esplorazione, Agorà), proposti dall'E.U.N., il Consorzio internazionale dei Ministri europei European Schoolnet, con il modello "Future Classroom Lab" (ambienti in cui coesistono sei zone di lavoro: Ricerca, Creazione, Presentazione, Integrazione, Scambio e Sviluppo) o presentati da David Thornburg in "Campfires in Cyberspace" (Accampamento, Caverna, Stagno, Laboratori, Piazza) (fig.18).

3.2.2 Emergenza sanitaria

Il secondo scenario di funzionamento dell'edificio scolastico è quello dell'**emergenza sanitaria**.

La recente pandemia da Covid-19 ha evidenziato carenze in termini di logistica, spazio e organizzazione funzionale delle infrastrutture del territorio, comprese le scuole che, per la propria destinazione d'uso e la gestione pubblica, dovrebbero rappresentare contenitori strategici per l'attuazione di una rapida e resiliente risposta a questo tipo di eventi.

A inizio 2020, lo stato emergenziale ha portato a un congelamento delle attività scolastiche in vista della definizione delle possibili misure di contenimento del contagio. Nei mesi successivi si è attuata una lenta e frammentaria riapertura delle strutture fino alla conclusione dell'anno scolastico.

Ad agosto 2020, in vista dell'inizio del nuovo anno, l'Istituto Superiore di Sanità ha emanato le "Indicazioni operative per la gestione di casi e focolai di SARS-CoV-2 nelle scuole e nei servizi educativi dell'infanzia" sottolineando come il problema non fosse se le scuole dovessero essere riaperte o meno, ma piuttosto come procedere per una riapertura più sicura attraverso la comprensione e la consapevolezza dei rischi per la salute pubblica.

Le direttive emanate in questo periodo mirano a bilanciare le disposizioni generali per il distanziamento fisico con l'esigenza specifica di non stravolgere i metodi di didattica e formazione, al fine di preservarne il carattere sociale e pedagogico (tab. 05).

Misure	Italia	Francia	Regno Unito	Spagna	Germania
Mascherine di protezione individuale	Obbligatorie in mancanza del distanziamento fisico	Obbligatorie per gli alunni con età superiore agli 11 anni	Obbligatorie all'interno degli spazi comuni	Obbligatoria per gli alunni con età superiore ai 6 anni	Disposizioni definite in base ai Länder
Distanziamento fisico	1,00 metro	1,00 metro 4,00 metri quadrati ad alunno	1,50 metri	2,00 metri	1,50 metri
Numero di alunni in "bolla"	-	-	15	15	15
Altre misure	Ricambio d'aria regolare e sufficiente, favorendo l'aerazione naturale	-	Aerazione manuale dell'aula ogni 3 ore; Sanificazione delle aule almeno una volta al giorno	Lavaggio delle mani almeno 5 volte al giorno	Aerazione manuale dell'aula ogni 45 minuti o installazione di depuratori di aria mobili

Tabella 05. Disposizioni per il contenimento del contagio emanate nei principali Stati europei all'insorgere dell'epidemia da Covid-19.

Dalla revisione della bibliografia scientifica e dall'analisi di casi studio nazionali e internazionali emergono disposizioni e soluzioni organizzative suddivise in tre categorie (fig. 19):

- **soluzioni organizzative;**
- **soluzioni distributivo-funzionali;**
- **soluzioni ambientali.**



Figura 19. Disposizioni per la mitigazione del rischio di contagio.

Le **soluzioni organizzative** riguardano sistemi attivi e passivi, in grado di evitare la trasmissione del virus all'interno dell'edifici e garantire il distanziamento fisico, quali dispositivi di protezione individuali e collettivi (rilevatori di temperatura, tunnel sanificanti, dispenser di igienizzanti, grembiuli monouso, etc.), organizzazione dei turni differenziati di accesso e di uscita, predisposizione di tamponi rapidi all'ingresso.

Le **soluzioni distributivo-funzionali** afferiscono al proporzionamento di aule e percorsi e all'adozione di tecnologie informatiche e costruttive ad alto tasso di flessibilità in grado di garantire la didattica integrata, la trasformazione e l'implementazione degli spazi e la ridistribuzione dei percorsi.

Risulta particolarmente efficace in questi casi l'utilizzo di ingressi di emergenza, punti di accesso straordinari che possono essere disposti e proporzionati, nell'edilizia di nuova progettazione, per consentire un frazionamento dell'impianto edilizio in aree funzionali indipendenti, sulla base dello schema di funzionamento emergenziale di progetto. In caso di edifici già esistenti, questa funzionalità può essere integrata tramite una rifunionalizzazione dalle uscite di emergenza (fig.20). Infine, alle **soluzioni ambientali** afferiscono temi della progettazione eco-sostenibile, dell'integrazione degli spazi interni con quelli esterni e della dotazione impiantistica finalizzata al monitoraggio e mantenimento della salubrità dell'aria, quali sanificatori d'aria e rilevatori di CO₂.

La dinamica del contagio, infatti, risulta legata alla qualità e alla movimentazione dell'aria *indoor* che invalidano la misura del distanziamento fisico.

Modellazioni di eventi di contagio dimostrano che il sistema di aerazione artificiale ha un peso notevole sullo spostamento e ricircolo delle particelle d'aria all'interno di un locale chiuso, causando il contagio di utenti anche a diversi metri di distanza dal soggetto infetto. Inoltre, è stato dimostrato che, in uno stesso ambiente, utenti a contatto diretto per un tempo di esposizione limitato hanno minore probabilità di contagio di utenti distanti a contatto per tempi maggiori.

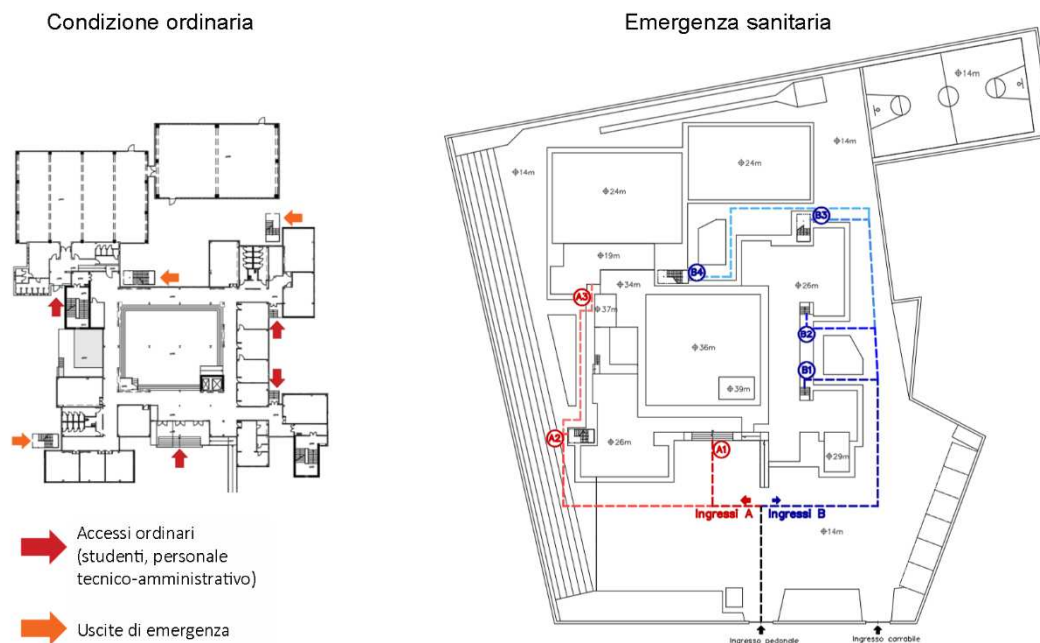


Figura 20. Schema di rifunionalizzazione degli accessi e delle uscite in condizioni di emergenza sanitaria.

I rapporti Covid-19 numero 5 e 33 e il rapporto ISTISAN 20/3 dell'Istituto Superiore di Sanità tengono conto dei risultati descritti raccomandando, per il mantenimento della qualità dell'aria *indoor*, il funzionamento degli impianti di ventilazione forzata 24 ore su 24, senza utilizzo della funzione di ricircolo e con massima manutenzione e pulizia dei filtri, al fine di garantire una congrua areazione dei locali chiusi ed evitare l'eventuale trasporto e diffusione di agenti patogeni.

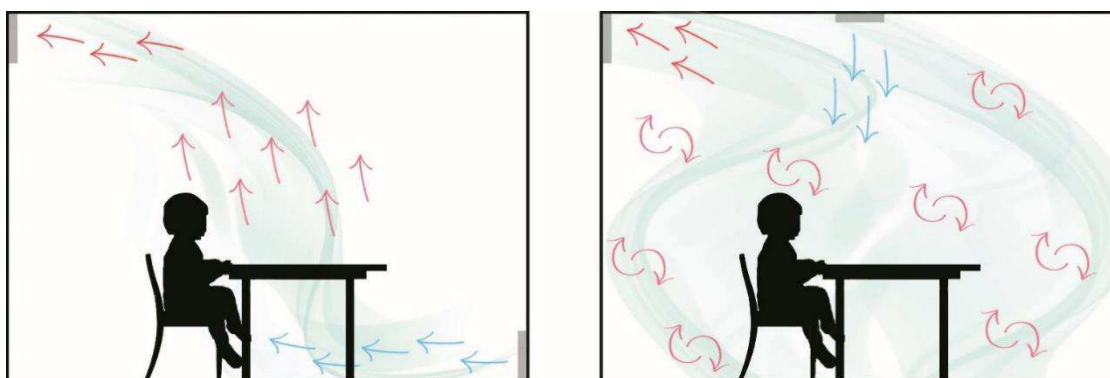


Figura 21. Flusso d'aria in un impianto di ventilazione con bocchette di immissioni a livello del pavimento e sul soffitto.

In aggiunta all'attendimento di tutti i parametri prestazionali da garantire per un alto I.A.Q., il corretto funzionamento dell'impianto di ventilazione è costituito dalla direzione del flusso e dalla tipologia dello scambiatore di calore: per diminuire rapidamente la concentrazione di *bioaerosol* nel volume d'aria al di sotto delle nuche, il movimento del flusso d'aria deve avvenire dal basso verso l'alto prevedendo nelle disposizioni progettuali l'installazione di bocchette di immissione a livello del pavimento e di griglie di estrazione nella parte alta dell'ambiente (fig. 21); lo scambiatore di calore deve essere di tipo entalpico, in modo da consentire ai flussi d'aria in ingresso e in uscita di scambiarsi il calore attraverso una superficie, senza mescolarsi, evitando che l'aria inquinata possa tornare in circolo. Per lo stesso motivo l'impianto dovrà essere progettato posizionando i punti di presa dell'aria lontani dai punti di espulsione.

3.2.3 Emergenza per calamità naturale

Il terzo e ultimo scenario di funzionamento per l'edificio scolastico è rappresentato dall'**emergenza per calamità naturale**.

A seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri marzo 2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", la quasi totalità delle Giunte Regionali Italiane ha inserito gli edifici scolastici tra il novero di "edifici di interesse strategico" in ambito di protezione civile, classificandoli in classe d'uso IV secondo le NTC 2018, una scelta dovuta principalmente a tre fattori: la compatibilità con le indicazioni presenti nel Metodo Augustus (il documento cardine delle operazioni del Dipartimento di Protezione Civile), la natura pubblica degli immobili e la capillarità territoriale.

Il processo normativo che porta a questa inclusione ha inizio con l'articolo 2 comma 3 dell'I.O.P.C.M., in cui si indica la necessità di procedere a una verifica *"sia degli edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso."*

La norma individua, dunque, sia gli edifici che in fase emergenziale giocano un ruolo di primaria importanza in quanto utili allo svolgimento di operazioni di coordinamento e accoglienza (classe d'uso IV), sia quelli che potrebbero causare maggior problemi alla comunità in caso di collasso della struttura (classe d'uso III).

Secondo le disposizioni normative (Allegato 1 D.P.C.M. 21 ottobre 2003) le scuole rientrano in classe d'uso III in quanto: *"Edifici pubblici o comunque destinati allo svolgimento di funzioni pubbliche nell'ambito dei quali siano normalmente presenti comunità di dimensioni significative, nonché' edifici e strutture aperti al pubblico suscettibili di grande affollamento, il cui collasso può comportare gravi conseguenze in termini di perdite di vite umane"*.

D'altra parte, la definizione degli elenchi degli edifici strategici è demandata, secondo il comma 4 dell'articolo 2 dell'I.O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274, al Dipartimento della Protezione Civile o alle Regioni a seconda delle competenze: *"il Dipartimento della protezione civile e le regioni provvedono, rispettivamente per quanto di competenza statale e regionale, ad elaborare, sulla base delle risorse finanziarie disponibili, il programma temporale delle verifiche, ad individuare le tipologie degli edifici e delle opere che presentano le caratteristiche di cui al comma 3"*.

Nella tabella 06 si riporta un'analisi delle delibere delle Giunte regionali italiane e delle due Province autonome di Trento e Bolzano, dalle quali si è evinto che le scuole sono generalmente individuate come edifici strategici ai fini della Protezione Civile e pertanto inserite nei Piani di emergenza comunale. In particolare, la Deliberazione della Giunta regionale Lazio n. 793 del 5 novembre 2020 nell'Allegato A classifica l'edilizia scolastica in maniera specifica come struttura strategica e pertanto ne dispone l'appartenenza alla classe d'uso IV.

Contestualmente, si evince una sostanziale assenza di indirizzi progettuali finalizzati a rendere coerenti gli assetti distributivi e funzionali dell'edificio scolastico con le esigenze emergenziali di aree di ricovero per gli sfollati e aree di ammassamento per i materiali e le attività della protezione civile. Per risolvere la criticità, non trascurabile data l'importanza assunta da queste strutture al verificarsi dell'emergenza, è stata condotta un'analisi della bibliografia nazionale e internazionale in materia di assistenza alloggiativa emergenziale.

	Regione	Riferimento normativo	Comune di cui è stato analizzato il Piano di emergenza
1	Abruzzo	Deliberazione Giunta Regionale n. 1009 del 29 ottobre 2008 - Allegato 1	L'Aquila
2	Basilicata	Documento di attuazione della L.R. 38/97 - Allegato A	Potenza
3	Calabria	Deliberazione Giunta Regionale n. 498 del 25 ottobre 2019	Catanzaro
4	Campania	Deliberazione Giunta Regionale n. 3573 del 5 dicembre 2003 - Allegato A	Napoli
5	Emilia-Romagna	Deliberazione Giunta Regionale n. 1661 del 2 novembre 2009 - Allegato A	Bologna
6	Friuli-Venezia Giulia	Decreto del Presidente della Regione 27 luglio 2011, n. 0175	Trieste
7	Lazio	Deliberazione Giunta Regionale n. 793 del 5 novembre 2020 - Allegato A	Roma
8	Liguria	Deliberazione Giunta Regionale n. 1384 del 2003 - Allegato	Genova
9	Lombardia	Decreto Dirigente Unità Organizzativa Giunta Regionale n. 19904 del 21 novembre 2003	Milano
10	Marche	Deliberazione Giunta Regionale n. 37 del 20 gennaio 2004 - Allegato A	Ancona
11	Molise	-	Campobasso
12	Piemonte	Deliberazione Giunta Regionale n. 10-4161 del 26 novembre 2021 - Elenco A1	Torino
13	Puglia	Deliberazione Giunta Regionale n. 1214 del 31 maggio 2011	Bari
14	Sardegna	-	Cagliari
15	Sicilia	Decreto Dirigente Generale n. 8 del 13 gennaio 2020 -Allegato A	Palermo
16	Toscana	Decreto Presidente Giunta Regionale n. 36/R del 2009 - Allegato A	Firenze
17	Umbria	Deliberazione Giunta Regionale n. 1700 del 19 novembre 2003 - Allegato A	Perugia
18	Valle d'Aosta	Deliberazione Giunta Regionale n. 5130 del 30 dicembre 2003 - Allegato 2	Aosta
19	Veneto	Deliberazione Giunta Regionale n. 3645 del 28 novembre 2003 - Allegato A	Venezia
Province autonome			
20	Trento	Deliberazione Giunta Provinciale n. 2929 del 6 novembre 2003 - Allegato S	Trento
21	Bolzano	Deliberazione Giunta Provinciale n. 288 del 27 marzo 2018 -Allegato A	Bolzano

Tabella 06. Elenco dei riferimenti normativi regionali contenenti le indicazioni per l'individuazione degli "edifici di interesse strategico" in accordo all'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 e dei Piani di emergenza della protezione civile analizzati.

La metodologia è stata articolata secondo quattro fasi: 1) analisi della normativa di settore; 2) analisi della bibliografia scientifica; 3) confronto con esperti; 4) analisi di pubblicazioni in settori analoghi. Da questo processo emerge che:

- 1) Il normatore definisce chiaramente la necessità di progettare la struttura portante degli edifici strategici in classe d'uso IV secondo le NTC 2018 ma non fornisce indicazioni sui requisiti distributivi-funzionali che gli stessi edifici devono possedere per soddisfare le esigenze della protezione civile. L'analisi dei documenti rilasciati dal Dipartimento di Protezione Civile, allo stesso modo, non ha evidenziato particolari indicazioni sul tema, se non alcune *best practices* per le aree di accoglienza rintracciabili nel Metodo Augustus;
- 2) l'analisi bibliografica sul tema dell'assistenza alloggiativa emergenziale evidenzia che le pubblicazioni scientifiche tendono a focalizzarsi su degenti, senza fissa dimora, immigrati o rifugiati di guerra, tralasciando il tema degli sfollati per calamità naturale. La ricerca è stata svolta a livello internazionale tramite le piattaforme Scopus e Google Scholar. I termini usati per la ricerca sono stati: "strategic buildings", "reception", "displaced persons", "emergency", "design requirements", "regulation", "shelter";
- 3) l'analisi condivisa con esperti del settore evidenzia che, nell'ambito dei piani di emergenza comunale, il dimensionamento degli spazi avviene tramite informazioni ottenute in corsi di formazione, prassi d'uso comune e adattamento delle indicazioni riportate nel Metodo Augustus. Inoltre, i tecnici coinvolti nelle fasi di progettazione della risposta agli eventi

calamitosi predispongono una pianificazione di massima, demandando le scelte operative agli addetti della protezione civile in fase di emergenza avvenuta. Il confronto è avvenuto con: organizzazione di volontariato “Protezione Civile Falco” del Comune di Monte di Procida; responsabile della Funzione di Supporto 3 del C.O.C. dell’Ufficio di protezione civile e Sicurezza del Territorio del Comune di Pozzuoli; progettista di diversi piani di emergenza comunale;

- 4) le similitudini maggiori dal punto di vista funzionale-distributivo sono state riscontrate nei C.A.S. (Centri di Accoglienza Straordinaria) destinati all’accoglienza degli immigrati nei casi in cui i centri di accoglienza primaria risultino al completo. In assenza di una normativa specifica per gli edifici di interesse strategico destinati all’accoglienza, si è proceduto, per analogia, all’analisi delle normative per tali strutture.

La definizione dei requisiti distributivi-funzionali per la progettazione degli edifici di interesse strategico si è sviluppata, quindi, a partire dall’analisi dei documenti afferenti al Dipartimento di Protezione Civile. Le organizzazioni di protezione civile risultano essere, infatti, gli utenti primari e i gestori di queste strutture al verificarsi dell’evento calamitoso.

Il documento d’indirizzo unitario del Dipartimento di Protezione Civile è il Metodo Augustus, pubblicato da Elvezio Galanti sulla rivista D.P.C. INFORMA del 1997, una guida che racchiude indicazioni flessibili per adattare le procedure emergenziali ai diversi rischi verificabili sul territorio. Nella parte III, “Assistenza alloggiativa in emergenza”, sono definite tre diverse tipologie di aree per fronteggiare l’emergenza e per ognuna di esse ne sono descritti i requisiti:

- **aree di ammassamento**, strutture per l’invio di forze e risorse di protezione civile in caso di evento calamitoso;
- **aree di accoglienza**, luoghi per l’installazione di materiali e strutture idonee ad assicurare l’assistenza abitativa alle popolazioni. Si distinguono strutture improprie idonee ad accogliere la popolazione, tendopoli e/o roulotte, insediamenti abitativi di emergenza;
- **aree di attesa**, punti di raccolta della popolazione al verificarsi di un evento calamitoso (fig. 22).



Figura 22. Differenza tra aree di attesa, di ricovero e di ammassamento secondo il Metodo Augustus. Cartellonistica della regione Puglia

La flessibilità e semplicità che caratterizzano l’intero documento, necessarie per favorire l’adeguamento delle soluzioni alle molteplici situazioni verificabili, si riflettono anche nella definizione dei requisiti progettuali, raggruppati per tipologia di area in tabella 07.

	Requisiti
Area di ammassamento	- Dimensioni sufficienti per accogliere almeno una tendopoli per 500 persone e servizi campali; - Collocazione in prossimità di un casello autostradale o comunque facilmente raggiungibile per strada agevole anche a mezzi di grandi dimensioni; - Disponibilità nelle vicinanze di risorse idriche ed elettriche facilmente collegabili; - Accertamento della sicurezza delle aree stesse in riferimento ai possibili rischi di inondazioni, dissesti idrogeologici o interruzione dei servizi e delle infrastrutture primarie; - Aree al servizio di più realtà comunali, baricentriche rispetto ai rischi cui un determinato territorio è esposto; - Aree individuate e realizzate attraverso un lavoro congiunto tra gli enti aventi competenze specifiche sulla programmazione e gestione del territorio (Regioni, Province, Comunità montane, Comuni) e, qualora ritenuto necessario, società di gestione di pubblici servizi, enti di bonifica, Autorità di bacino, ecc; - Aree normate dal punto di vista urbanistico rispetto alle diverse situazioni territoriali esistenti; - Prevedere una programmazione economica degli interventi di adeguamento funzionale necessari alla destinazione d'uso.
Area di accoglienza	Strutture improprie idonee ad accogliere la popolazione - Soddisfare esigenze di alloggiamento temporaneo; - Assicurare un'adeguata vivibilità in condizioni di promiscuità; - In caso di permanenza prolungata, attenersi alle prescrizioni e agli standard indicati dalla competente Azienda Sanitaria Locale. Tendopoli e/o roulottepoli - Zone che consentano agevole fornitura di elettricità, acqua ed allacci fognari per le necessità tecniche ed igieniche del campo; campi sportivi ed aree di parcheggio dei grandi centri di distribuzione commerciale; aree industriali/commerciali in disuso che dispongano già di strutture per l'immagazzinaggio; scuole ed impianti di ricreazione; terreni preparati in bitume e/o cemento; Aree demaniali e terreni agricoli destinati da tempo a foraggio; - Dimensioni sufficientemente ampie e misure certe; - Esistenza di opere di drenaggio; - Allacci con la rete elettrica, idrica e fognaria; - Impianto di illuminazione notturna; - Esistenza di vie di accesso; - Presenza di aree adiacenti, quali parcheggi, idonee all'eventuale ampliamento della tendopoli o per essere adibite ad altre attività dell'organizzazione dei soccorsi; - Pochi percorsi carrabili principali di attraversamento dell'area, protetti con materiali (piastre metalliche, palanche, ecc.) atti ad impedire lo sprofondamento dei mezzi; - Aree di stoccaggio o magazzini-tenda dei materiali da posizionare ai bordi della tendopoli, per circoscrivere il transito di mezzi pesanti; - Eventuali tubazioni in superficie e non interrate. Insedimenti abitativi di emergenza - Analisi dei rischi a cui un determinato territorio è esposto; - Definizione degli scenari di evento; - Individuazione della potenziale popolazione interessata da inagibilità degli edifici, rispetto alla loro distribuzione territoriale; - Analisi delle esigenze di natura urbana da coniugare, in fase progettuale, con le esigenze dettate dal piano di emergenza; - Verifica della sicurezza geologica e dell'idoneità funzionale dell'area, intesa come morfologia del terreno, possibilità di rapidi collegamenti alle reti dei servizi e viabilità idonea al transito dei mezzi e alla movimentazione dei materiali; - Predisposizione di un progetto esecutivo sulla base del principio della polifunzionalità; - Modifiche, eventuali, degli strumenti urbanistici vigenti; - Individuazione di norme tecnico/amministrative per la gestione di un'area destinata a più funzioni; - Dimensionamento per le esigenze di minimo 40 persone (8/10 moduli abitativi) e massimo 500 (120/130 moduli abitativi); - Realizzazione in posizione baricentrica, ove possibile, rispetto alla distribuzione edilizia di una determinata area, con un raggio di percorrenza massima di circa due km dal villaggio al nucleo abitato interessato dagli eventi; - Previsione delle infrastrutture secondarie necessarie a ricostituire un sistema socio-urbano in grado di assicurare le funzioni vitali per una comunità.
Area di attesa	- Utilizzo di piazze, slarghi, parcheggi, cortili, spazi pubblici o privati ritenuti idonei

Tabella 07 Requisiti delle aree destinate all'assistenza alloggiativa in emergenza secondo il Metodo Augustus

Dall'analisi emerge la volontà del Dipartimento di Protezione Civile nel pianificare preventivamente l'individuazione e la predisposizione degli spazi e, al contempo, di non fornire indicazioni specifiche. I requisiti descritti sono finalizzati a realizzare insediamenti abitativi di emergenza che assicurino alla popolazione colpita le funzioni urbane e sociali preesistenti agli eventi calamitosi, destinando il compito dell'adeguamento distributivo e funzionale dello specifico caso ai membri della protezione civile in fase di emergenza avvenuta.

Un'attenzione particolare viene posta sulle tendopoli, per le quali vengono rilasciate indicazioni sulla disposizione, tipologia e dimensioni standard delle tende.

Il successivo confronto con gli esperti ha confermato la prassi di identificare nella fase pianificatoria le sole indicazioni guida generali e di definire le operazioni puntuali al verificarsi dell'evento calamitoso per adattarle all'esigenza specifica.

La carenza di tali indicazioni ha condotto la ricerca verso lo studio delle normative in ambito C.A.S. Gli edifici di interesse strategico per l'accoglienza degli sfollati, infatti, sono assimilabili a questa tipologia di struttura sia per i modelli di comportamento assistenziale, sia per i requisiti minimi che ne caratterizzano gli spazi. Questo settore risulta essere ben più ricco di informazioni e normative, e può divenire una fonte per la progettazione degli ambienti di accoglienza in emergenza.

Le attività svolte dei C.A.S., riportati negli allegati al decreto del Ministro dell'Interno 24 febbraio 2021, sono stati raccolti e suddivisi, in accordo al D.L. 18 agosto 2015, n. 142, in quattro categorie: servizi di assistenza generica alla persona; servizi di assistenza sanitaria; fornitura, trasporto e consegna di beni; servizio di pulizia e di igiene ambientale (tab. 08).

	Attività
Servizi di assistenza generica alla persona	Attività di registrazione Attività di informazione Attività di orientamento legale Attività di assistenza sociale e psicologica Attività di alloggio (riposo e servizi igienici) Attività di preparazione, distribuzione, conservazione e controllo dei pasti Attività di lavanderia Attività ricreative
Servizi di assistenza sanitaria	Attività di profilassi Sorveglianza sanitaria Soccorso sanitario
Fornitura, trasporto e consegna di beni	Consegna dei kit di primo ingresso Consegna degli effetti lettercci Consegna di prodotti per l'igiene personale
Servizio di pulizia e di igiene ambientale	Pulizia e disinfezione dei locali; Raccolta differenziata dei rifiuti;

Tabella 08. Attività previste per l'accoglienza alloggiativa in emergenza nei Centri di Accoglienza Straordinaria

Tra le affinità dei CAS con i centri per l'accoglienza degli sfollati, si rileva innanzitutto che in entrambe le strutture bisogna compiere procedure di riconoscimento e schedatura degli utenti in ingresso, visite mediche e supporto psicologico. Ad esse seguono le fasi di consegna dei kit assistenziali e l'assegnazione di uno spazio privato in cui poter deporre i propri effetti personali e riposare. La suddivisione di tali spazi, in entrambe le strutture, avviene secondo il principio del mantenimento del nucleo familiare, mentre la distinzione per sessi è destinata ai soli servizi igienici. All'interno delle due strutture, inoltre, devono essere presenti spazi destinati ad attività individuali o di gruppo, diurne o notturne. Infine, entrambe le strutture sono destinate all'utilizzo per brevi periodi di tempo: i C.A.S. sono strutture straordinarie da occupare solo quando le precedenti destinazioni previste dal normatore risultino al completo e da abbandonare non appena risulti disponibile una diversa sistemazione; le aree di ricovero, allo stesso modo, risultano sistemazioni temporanee e la loro durata tende a diminuire ulteriormente se vengono individuate all'interno di strutture di pubblico impiego, quali le scuole, per il principio del "ritorno alla normalità".

Tutte le operazioni intraprese dalla protezione civile devono, infatti, tendere al ripristino delle condizioni di normalità e la scuola risulta uno dei primi servizi da garantire per ristabilire il senso di quotidianità.

Secondo gli esperti, destinare le strutture scolastiche a spazi di accoglienza risulta utile nei primi momenti di emergenza ma nel lungo periodo rappresenta una soluzione da evitare. In figura 23 è possibile visualizzare una classificazione delle tipologie di struttura destinate all'accoglienza emergenziale a seconda del tempo di utilizzo e della natura dell'evento verificatosi, e un focus sulla destinazione d'uso emergenziale dei locali scolastici nel breve, medio e lungo periodo.

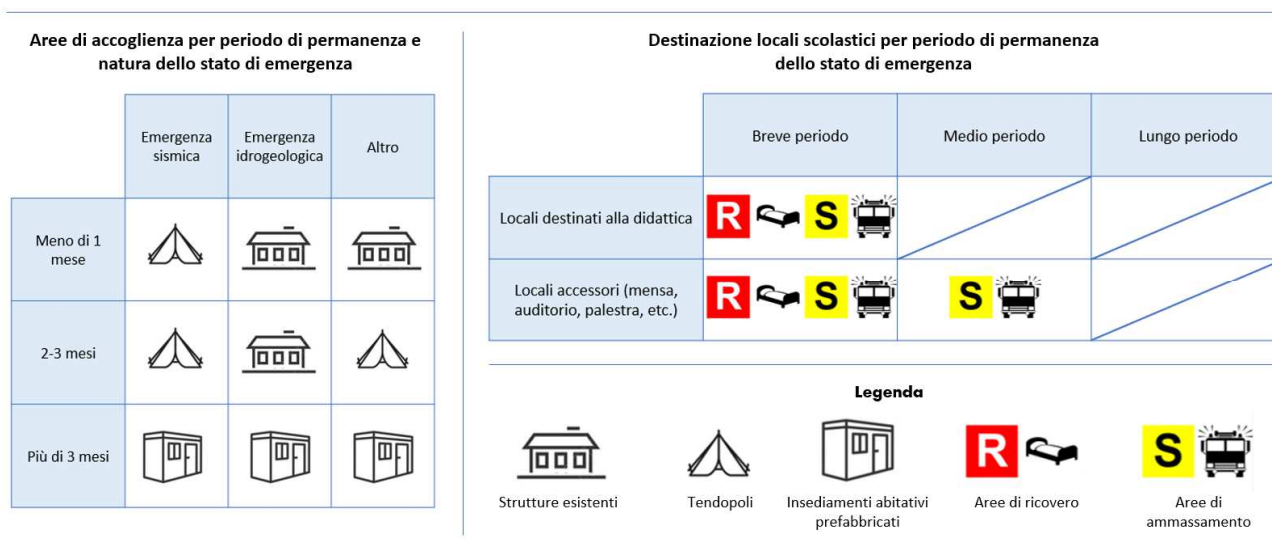


Figura 23. Aree di accoglienza per periodo di permanenza e natura dello stato di emergenza. Destinazione locali scolastici per periodo di permanenza dello stato di emergenza.

3.3 Una nuova metodologia del processo di progettazione

A seguito dell'individuazione dei requisiti di progettazione, dei parametri fondamentali e degli scenari di esercizio della scuola, la ricerca si è focalizzata sullo sviluppo di un nuovo approccio alla progettazione basato, in accordo agli indirizzi nazionali ed internazionali del nuovo millennio, su un modello dinamico-qualitativo in sostituzione di quello statico-prescrittivo e che include l'eccezione emergenziale come condizione di progetto.

La metodologia del processo di progettazione è stata definita partendo da una fase zero di analisi delle esperienze consolidate nella letteratura scientifica. Emerge che non esiste un unico metodo in grado di descrivere in maniera univoca il processo di progettazione a causa dell'esperienza e delle sfide che i progettisti affrontano caso per caso. Un recente studio ha definito sette categorie che si differenziano per l'impostazione di base:

- **the ad absurdum method**, metodo euristico basato su ipotesi che devono essere verificate;
- **the symbol method**, basato su 5 fasi consecutive con l'obiettivo di risolvere i bisogni specifici dell'utenza: comprensione dei bisogni degli utenti, definizione delle richieste del committente, fase di creazione, prototipizzazione e sperimentazione, fase di test con gli utenti;
- **the initial target method**, basato sull'abbandono dei preconcetti e delle abitudini per concentrarsi sulle intuizioni che scaturiscono di volta in volta nel processo di progettazione;
- **the meta-observer method**, basato sul concetto dell'auto-osservazione del proprio processo creativo per riuscire a distaccarsi dalle proprie azioni come un narratore esterno;

- **the discretization method**, basato sulla divisione del progetto in fasi elementari, cosicché il progettista possa lavorare su ognuna di esse senza essere distratto dal progetto complessivo;
- **the sign method**, finalizzato a realizzare un progetto le cui parti siano istintivamente riconosciute ed utilizzate dagli utenti.
- **the dwelling method**, basato sul legame tra gli oggetti e la loro collocazione spaziale.

Tra di esse, *the symbol method* risulta essere la metodologia più diffusa nella pratica progettuale e il processo più approfondito nei contributi del panorama scientifico.

In particolare, la ricerca ha posto l'attenzione sul recente studio presentato dal Chicago Architecture Center che individua sei fasi nel processo di progettazione (fig. 24):

1. **define the Problem**, *You can't find a solution until you have a clear idea of what the problem is;*
2. **collect Information**, *Collect sketches, take photographs and gather data to start giving you inspiration;*
3. **brainstorm and Analyze Ideas**, *Begin to sketch, make, and study so you can start to understand how all the data and information you've collected may impact your design;*
4. **develop Solutions**, *Take your preliminary ideas and form multiple small-scale design solutions;*
5. **gather Feedback**, *Present your ideas to as many people as possible: friends, teachers, professionals, and any others you trust to give insightful comments;*
6. **improve**, *Reflect on all of your feedback and decide if or to what extent it should be incorporated. It is often helpful to take solutions back through the Design Process to refine and clarify them;*

Queste fasi sono state adeguate alla progettazione scolastica nel rispetto dei nuovi scenari e parametri individuati (fig. 24).

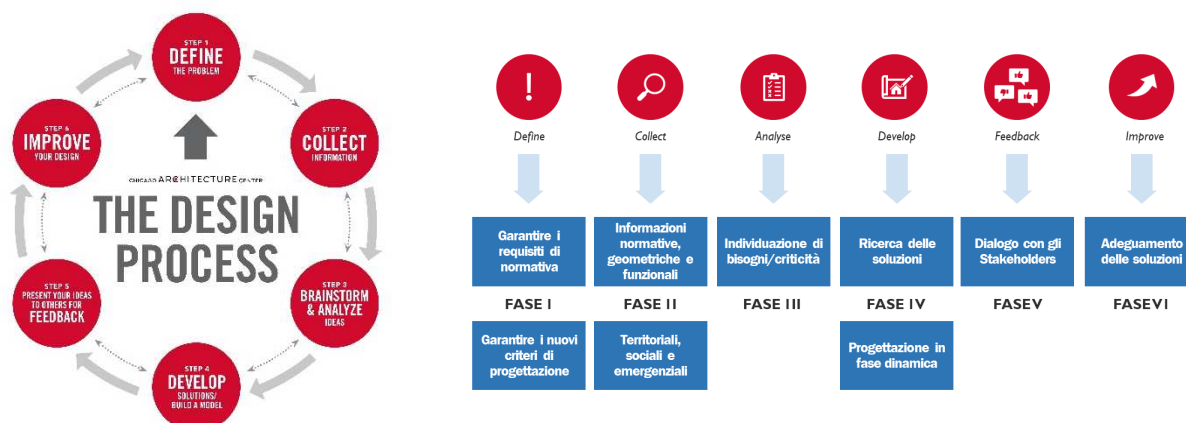


Figura 24. a) Fasi del processo di progettazione secondo il Chicago Architecture Center. © Chicago Architecture Center
b) adeguamento alla progettazione scolastica nel rispetto dei nuovi parametri e scenari.

Di seguito, e in figura 25, è riportato nel dettaglio lo schema rappresentativo della metodologia del processo di progettazione nel caso di adeguamento dell'edilizia scolastica esistente (a) e di nuova progettazione (b).

- **Fase I - Define the problem.** Il processo di progettazione è finalizzato all'individuazione di una soluzione in grado di soddisfare i bisogni degli utenti a partire dalla definizione del problema. I bisogni degli utenti devono essere soddisfatti nel rispetto delle normative vigenti e, nel caso specifico dell'edificio scolastico, ciò vuol dire garantire la sicurezza e il comfort ambientale per migliorare l'apprendimento degli studenti e fornire un supporto sociale alla comunità
- **Fase II - Collect Information.** Per poter analizzare il problema è necessario prima raccogliere le informazioni caratterizzanti l'edificio oggetto di studio: la sua storia, il progetto e gli atti tecnici e amministrativi. A questi si aggiungono le informazioni funzionali: il numero e la distribuzione degli alunni, il progetto pedagogico, il controllo dell'eventuale presenza del fabbricato nell'elenco comunale degli edifici di interesse strategico, nonché le carenze dei servizi cittadini a cui la scuola potrebbe sopperire con la funzione di *civic center* e di edificio di interesse strategico.
- **Fase III - Brainstorm and Analyze Ideas.** In questa fase i dati raccolti precedentemente vengono analizzati per determinarne l'impatto sul progetto e individuarne le criticità (architettoniche, distributive, statiche, funzionali, ambientali, igienico-sanitarie, antincendio) affinché tutte le esigenze possano essere coniugate risolvendo eventuali interferenze dovute all'integrazione delle funzioni dei diversi scenari.
- **Fase IV - Develop Solutions.** Avendo chiare le criticità e i bisogni progettuali si può procedere alla definizione di soluzioni preliminari. In questa fase bisogna individuare azioni che permettono polifunzionalità degli spazi, integrazione delle attività e contemporaneità di diversa utenza, evitando soluzioni che siano la somma di spazi per diverse funzioni.
- **Fase V - Present your idea to other for Feedback.** La raccolta dei commenti degli stakeholder rappresenta un momento propedeutico alla definizione del progetto. Per la realizzazione di un edificio scolastico risulta affermato nella letteratura un processo di progettazione condivisa con insegnanti, alunni e collettività per favorire una scuola "della e per la comunità".
- **Fase VI - Improve your design.** L'ultima fase è quella dell'ottimizzazione del progetto. Tramite l'analisi dei feedback ricevuti dagli stakeholders e il riesame dei precedenti step si effettua un controllo delle soluzioni individuate per perfezionarle e correggerle.

Le fasi III e IV, definizione delle idee e sviluppo delle soluzioni progettuali, conducono inevitabilmente a una rivisitazione degli attuali strumenti di progettazione per la definizione di strumenti innovativi in grado di definire e verificare soluzioni di polifunzionalità degli spazi e integrazione delle attività di un'utenza mista e variegata, evitando soluzioni che siano l'accostamento di spazi da utilizzare al verificarsi dei diversi scenari.

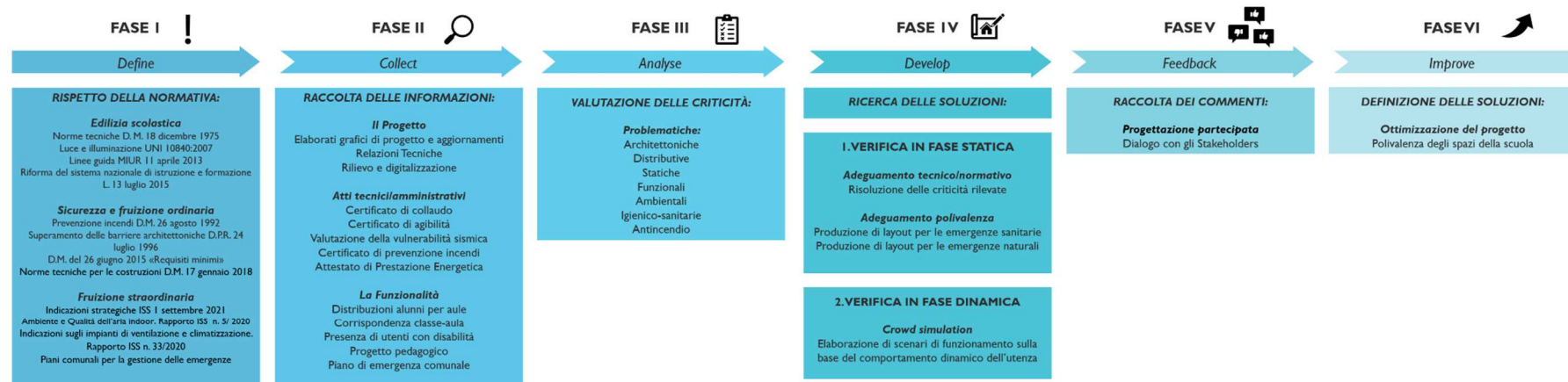
Per ottenere questo risultato, la fase IV di ricerca delle soluzioni è stata divisa in due momenti:

- verifica/progettazione della **funzionalità statica**;
- verifica/progettazione della **funzionalità dinamica**.

Per "**funzionalità statica**" si intende l'attuale modello di progettazione basato sulla produzione di *layout* rappresentativi di un comportamento stazionario che non tiene conto della dinamicità dell'utenza e dei loro modelli comportamentali.

La "**funzionalità dinamica**", invece, rappresenta lo studio dei momenti che intercorrono tra una fase statica e la successiva, necessario per poter progettare spazi che devono rispondere a parametri di flessibilità, adattabilità e resilienza nei diversi scenari di utilizzo.

a) Adeguamento dell'edilizia scolastica esistente



b) Nuova progettazione dell'edilizia scolastica



Figura 25. Una nuova metodologia del processo di progettazione

BIBLIOGRAFIA

DIDATTICA E ARCHITETTURA

- Bazzocchi F, Ciacci C, Di Naso V. Evaluation of Environmental and Economic Sustainability for the Building Envelope of Low-Carbon Schools, *Sustainability*, 2021. 13, 1702
- Bocconi S, Kampylis P, Punie Y. Innovating Teaching and Learning Practices: Key elements for developing Creative Classrooms in Europe, *eLearning papers*, 2012. 30, 1-13
- Campione V. Tecnologie, ambienti di apprendimento, qualità del sistema di istruzione, Fondazione Giovanni Agnelli, 2010
- Cecilian A. Spazi e attività per una scuola innovativa, in *Formazione & Insegnamento*, 2019. XVII
- Ciaffi D, Saporito E, Vassallo I. From social infrastructure to civic center. The school as laboratory of collaborative governance models. *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 2022. 16
- De Sivo B. Tecnologia dell'edilizia scolastica. Giannini Editore, Napoli, 1971
- Di Nallo M. Die Schule als offenes Haus: School building and leisure in Switzerland during the 1950s and 1960s. *Journal of Architecture*, 2013. 18(5), 647-671
- Dovey K, Fisher K. Designing for adaptation: The school as socio-spatial assemblage. *Journal of Architecture*, 2014. 19(1), 43-63
- Fianchini M. Progettare scuole in scenari innovativi. *Techne Journal of Technology for Architecture and Environment*, 2021. 21, 230-235
- Gomez Paloma F, Borrelli M, Buondonno E, a cura di. Scuole innovative: L'Embodied Cognition design come paradigma dei nuovi spazi scolastici, *Embodied Cognitive Science, Editorial Series of education Science, Physical Activity and Sport Science*, Edizioni Nuova Cultura, 2019. Anno VII, n.6
- IDB Education Network, a cura di. Learning in Twenty-First Century Schools Toward School Buildings That Promote Learning, Ensure Safety, and Protect the Environment. Report of a Meeting of the IDB Education Network, 2010
- Interactive Classroom Working Group. traduzione in Italiano a cura di INDIRE, Linee guida per il ripensamento e l'adattamento degli ambienti di apprendimento a scuola, European Schoonet, 2018
- Kuuskorpi M, Cabellos González N. The Future of the Physical Learning Environment: School Facilities that Support the User CELE Exchange, Centre for Effective Learning Environments, OECD Publishing, 2011. 11, Paris
- Malaguzzi L. I cento linguaggi dei bambini. L'approccio di Reggio Emilia all'educazione dell'infanzia. Edizioni Junior, Bergamo, 2010
- Manca S. et al. The effect of school design on users' responses: A systematic review (2008-2017). *Sustainability*, 2020. 12(8)
- Oliverio S. L'esperienza urbana e la scuola come centro sociale. *Bloom Trimestrale Di Urbanistica*, 2013. 19, 36-40
- Ottenbreit-Leftwich T. Teacher Technology Professional Development and Policy in the United States. Fondazione Giovanni Agnelli, 2010
- Stadler-Altman U. Ambienti di apprendimento formali: gli edifici scolastici e le aule influenzano i processi di insegnamento e apprendimento?. *Formazione & Insegnamento*, 2018. XVI-2.

- Strongoli, RC. Quando gli spazi educano. Ambienti d'apprendimento per una didattica all'aperto. *Pedagogia Oggi*, 2019. 17 n. 1, 431-444
- Thornburg DD. Campfires in cyberspace: primordial metaphors for learning in the 21st century. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2004. 1 (10)
- Tosi L, Mosa E Edilizia scolastica e spazi di apprendimento: linee di tendenza e scenari, Fondazione Agnelli, 2019. n.61
- Vijapur D. Candido C. Göçer Ö. Wyver S. Cannavale, A. A Ten-Year Review of Primary School Flexible Learning Environments: Interior Design and IEQ Performance. *Buildings*, 2021. 11 (5), 183
- Weyland B Enliven Digital Schools. How to Organize Time and Spaces for Learnig with Media, *Pedagogia oggi*, 2016. 2, 71-89
- Weyland B, et al (2019) *Suole in movimento: progettare insieme tra pedagogia, architettura e disign*, FrancoAngeli, Milano
- Weyland B. *Progettare scuole insieme: strategie e processi tra spazi e didattiche*. RTH Evolving Education, 2017.

EMERGENZA PER CALAMITÀ NATURALE

- Campagnaro C, Giordano R. Home for homeless. Linee guida per la progettazione dei centri di accoglienza notturna. *Techne Journal of Technology for Architecture and Environment*, 2017, 14.
- Castelluccio R, Vitiello V, Di Mare CA, Cuzzolino S. La gestione degli edifici strategici in condizioni emergenziali. *Rinnovare l'approccio progettuale per le scuole post Covid-19. Progetto e costruzione: tradizione e innovazione nella pratica dell'architettura*. EdicomEdizioni. Gorizia, 2020, 1278-1295.
- Davis S. *Designing for the homeless: Architecture that works*. University of California Press, Berkeley, 2004.
- Dufour C, et al. Rights, Standards and Quality in a Complex Humanitarian Space: Is Sphere the Right Tool?. *Disaster*, 2004, 28(2), 124-141.
- Gabinetto del Sindaco del Comune di Napoli Unità Organizzativa Autonoma Protezione Civile. *Piano Generale di Emergenza di Protezione Civile*. 2012
- Galanti E. *Il Metodo Augustus*. DPC INFORMA, Periodico informativo del Dipartimento della protezione Civile, 1997, 4-II.
- Gilderbloom JI, Squires GD, Wuerstle M. Emergency Homeless Shelters in North America: An Inventory and Guide for Future Practice. *Housing and Society*, 2013, 40(1), 1-37.
- Hacker ME, Kaminsky J, Faust KM. Housing regulations in temporary accommodations for displaced persons: A German case study. *Construction Research Congress 2018: Construction Project Management - Selected Papers from the Construction Research Congress 2018*, 260-270.
- Halawa F, Chalil Madathil S, Gittler A, Khasawneh MT. Advancing evidence-based healthcare facility design: a systematic literature review. *Health Care Management Science*, 2020, 23, 453-480.
- Moloko-Phiri SS, Mogale RS, Hugo J. 'A shelter is not a home': Voices of homeless women in the City of Tshwane, *Development Southern Africa*, 2017, 34(4), 439-449.
- Servizio centrale del Sistema di protezione per richiedenti asilo e rifugiati. *Manuale operativo per l'attivazione e la gestione di servizi di accoglienza integrata in favore di richiedenti e titolari di protezione internazionale e umanitaria*. 2018

- World Humanitarian Summit. Commitments to action. Istanbul, 2016.

EMERGENZA SANITARIA

- Canepa, E. & Guerrisi, V. La crisi pandemica e le zattere della cultura progettuale. Rassegna delle principali riviste italiane di architettura durante le grandi crisi sanitarie del XX e XXI secolo, FAMagazine. Ricerche e progetti sull'architettura e la città, 2020. 52–53, 167-173
- Chen L, et al. Crowd Simulation Incorporating Thermal Environments and Responsive Behaviors, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 2018. 26:4, 436-452
- Ciurnelli B, Izzo D. L'impatto della pandemia sulla didattica: percezioni, azioni e reazioni dal mondo della scuola, Lifelong, Lifewide Learning, 2020
- Comai S, et al. Indoor mobile mapping system and crowd simulation to support school reopening because of covid-19: a case study, The International Archives Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020. XLIV-3/W1, 29–36
- Dipartimento della Protezione Civile. Verbale Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 90 del 22 Giugno 2020
- Furlani S, Cardoso G.T. Rethinking post-Covid-19 school design in Brazil: Adaptation strategies for public schools PEE-12 FNDE. Strategic Design Research Journal, 2021, 14(1), 339-350.
- Harweg T, Bachmann D, Weichert F (2020) Agent-based Simulation of Pedestrian Dynamics for Exposure Time Estimation in Epidemic Risk Assessment, Physics
- Istituto Superiore di Sanita, a cura di. Rapporti ISTISAN 20/3. Qualità dell'aria indoor negli ambienti scolastici: strategie di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici. Ambiente e salute 2020
- Istituto Superiore di Sanita, a cura di. Rapporto COVID-19 n.33/2020. Indicazioni sugli impianti di ventilazione/climatizzazione in strutture comunitarie non sanitarie e in ambienti domestici in relazione alla diffusione del virus SARS-CoV-2. Versione del 25 maggio 2020
- Istituto Superiore di Sanita, a cura di. Rapporto COVID-19 n.5/2020. Indicazioni ad interim per la prevenzione e gestione degli ambienti indoor in relazione alla trasmissione dell'infezione da virus SARS-CoV-2. Versione del 25 maggio 2020
- Lee B, et al (2020) Modeling the impact of school reopening on SARS-CoV-2 transmission using contact structure data from Shanghai, BMC Public Health 20, 1713
- Loades M E, et al (2020) Rapid Systematic Review: The Impact of Social Isolation and Loneliness on the Mental Health of Children and Adolescents in the Context of COVID-19, Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry
- Servizio Studi Camera dei Deputati. Le misure adottate a seguito dell'emergenza Coronavirus (COVID-19) per il mondo dell'istruzione (scuola, istruzione e formazione professionale, università, Istituzioni AFAM). 2022
- Ufficio Scolastico Regionale Lazio. Suggerimenti operativi, 2020
- Ufficio Scolastico Regionale per il Veneto. Manuale operativo, 2020
- Yuguo L, et al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. medRxiv, 2020

NORMATIVE

- Decreto del Ministro dell'Interno 24 Febbraio 2021. Nuovo schema di capitolato di appalto per la fornitura di beni e servizi relativi alla gestione e al funzionamento dei centri. Inerente i centri di prima accoglienza previsti dal D.L. 30 ottobre 1995, n. 451, convertito con la legge 29

- dicembre 1995, n. 563, dagli artt. 9 e 11 del d. lgs. 18 agosto 2015, n. 142, nonché dei centri di cui agli artt. 10 ter e 14 del d. lgs. 25 luglio 1998, n. 286 e successive modifiche e integrazioni.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 21 ottobre 2003. Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica». (GU n. 252 del 29/10/2003).
 - Decreto Interministeriale 11 aprile 2013. Norme tecniche-quadro contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale.
 - Decreto Legislativo 18 agosto 2015 n. 142. Attuazione della direttiva 2013/33/UE recante norme relative all'accoglienza dei richiedenti protezione internazionale, nonché della direttiva 2013/32/UE, recante procedure comuni ai fini del riconoscimento e della revoca dello status di protezione internazionale.
 - Decreto Ministeriale 26 giugno 2020. Adozione del Documento per la pianificazione delle attività scolastiche, educative e formative in tutte le Istituzioni del Sistema nazionale di Istruzione per l'anno scolastico 2020/2021.
 - Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975. Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica.
 - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n. 3274. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

POLITICHE DI TRANSIZIONE

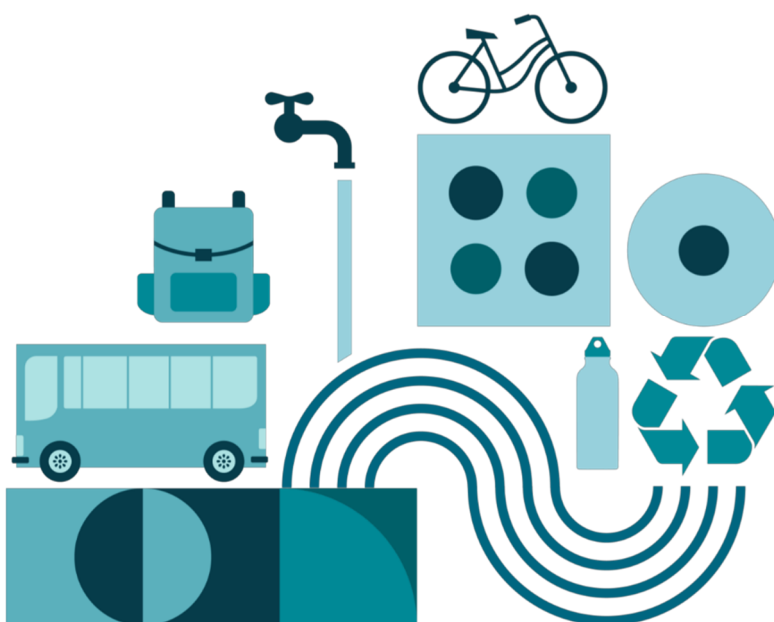
- Benner S, a cura di. Paul J. Crutzen and the Anthropocene: a new epoch in Earth's history. Max Planck Institute, 2021
- Bonilla-Molina L. Apagón Pedagógico Global Las instituciones educativas en la cuarta revolución industrial y la era de la singularidad. Ediciones LBM, Caracas, Venezuela, 2018.
- Bonoli A. Crisi ambientale e soluzioni per la sostenibilità e l'adattamento. Journal of research and didactics of history, 2020. 2 (1)
- Consiglio dei Ministri. Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza #NEXTGENERATIONITALIA. Governo della Repubblica Italiana. Roma, 2021
- Legambiente, a cura di. Ecosistema Scuola. XXII rapporto sulla qualità dell'edilizia scolastica e dei servizi. Roma, 2023.

PROCESSO DI PROGETTAZIONE

- Bashier F. Design process-system and methodology of design research. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, 245(8).
- Cieplucha W. 7 design methods in architecture. In: Mielnik A. Defining the architectural space: rationalistic or intuitive way to architecture. Wydaw, 2018, 8, 13-22.
- Dash S. An exploratory study on design process in architecture: perspective of creativity. Creativity Studies, 2021. 14 346-361.

SITOGRAFIA

- <https://www.discoverdesign.org/> ultima visita: ottobre 2023
- <https://www.indire.it/quandolospazioinsegna/> ultima visita: ottobre 2023
- <https://www.who.int/> ultima visita: ottobre 2023
- <https://www.ysph.yale.edu/> ultima visita: ottobre 2023



RiGenerazione Scuola, Ministero dell'Istruzione e del Merito, 2020

Capitolo 4

Nuovi strumenti per la progettazione

L'approccio alla progettazione sinora presentato ha permesso di definire una nuova metodologia dinamico-qualitativa che affianca alla primaria funzione didattica dell'edificio scolastico le rinnovate accezioni di *Civic Center* e di edificio emergenziale.

Per poter garantire questo tipo di fruizione è necessario, prima di tutto, definire strumenti innovativi di supporto a progettisti, professionisti e tecnici del settore, in grado di comparare e verificare le scelte progettuali di ambienti polifunzionali, flessibili e adattivi, in accordo ai principi di sostenibilità e di transizione (cfr. Capitolo 3).

Per quanto riguarda la metodologia di verifica, sia in caso di nuova progettazione che di adeguamento dell'esistente, devono prevedersi tre step:

1. attendimento dei requisiti di normativa, da effettuare tramite **strumenti per l'analisi di funzionalità statica**;
2. analisi dei flussi dell'utenza, da effettuare tramite lo **strumento per l'analisi di funzionalità dinamica**
3. progetto/verifica di soluzioni alternative per la gestione, nel caso in cui i precedenti step evidenziassero criticità.

Di seguito, si riporta nel dettaglio il processo di progettazione degli strumenti per l'analisi di funzionalità statica e dinamica e la relativa metodologia di applicazione.

4.1 Analisi di funzionalità statica

Gli **strumenti per l'analisi di funzionalità statica** sono progettati con l'intento di facilitare la progettazione e la verifica degli spazi, in ogni scenario di funzionamento, basandosi sulle indicazioni normative e sui requisiti di polivalenza presenti in letteratura.

Dalla ricerca condotta sono state progettate tre tipologie di strumenti:

- **schede di controllo dei requisiti per la didattica e la sicurezza;**
- **schede di analisi funzionale degli ambienti;**
- **schemi di funzionamento di progetto.**

4.1.1 Schede di controllo dei requisiti per la didattica e la sicurezza

Il primo strumento progettato funge da supporto per la verifica degli spazi per lo svolgimento della didattica, tralasciando i nuovi requisiti legati alla funzione di *Civic Center* e di edificio emergenziale.

L'approccio metodologico è partito dall'analisi delle normative vigenti:

- "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica" D.M. 18 dicembre 1975;
- "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici" D.M. 24 luglio 1996, n. 503;
- "Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica" D.M. 26 agosto 1992;
- "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi" D.P.R. 01 agosto 2011;
- "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici" D.M. 26 giugno 2015;
- "Norme tecniche per le costruzioni" D.M. 17 gennaio 2018.

Le informazioni e i requisiti progettuali presenti in questi documenti sono stati raccolti e catalogati per progettare delle schede di controllo degli ambienti scolastici destinati allo svolgimento della didattica in condizioni di sicurezza (fig. 26).

AULA 2

CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE

- Superficie: 28,6 mq
- Altezza utile: 3,00 m
- Larghezza porte: 1,20 m
- Numero di alunni: 17/14
- Superficie vetrata: 5,9 mq
- Fattore medio di luce diurna 7,9%

ATTENDIMENTO NORMATIVO

Identificazione ambiente

Caratteristiche dell'ambiente

Attendimento della normativa

Figura 26. Modello di scheda di controllo dei requisiti per la didattica e la sicurezza

La scheda è divisa in tre sezioni:

1. nella sezione superiore è presente l'identificazione dell'ambiente;
2. nella sezione centrale vengono riportate le informazioni quantitative caratterizzanti lo spazio (la superficie e l'altezza utile, la larghezza delle porte, il numero massimo di alunni che possono essere presenti in aula, la superficie vetrata, il fattore medio di luce diurna, la trasmittanza termica, etc.);
3. nella sezione inferiore si riporta l'attendimento o meno dei requisiti di normativa tramite un supporto grafico. A tal fine, ogni requisito è stato codificato in un simbolo, di colore verde se il requisito è rispettato, rosso se non lo è, e grigio se esso non viene preso in considerazione (fig. 27).

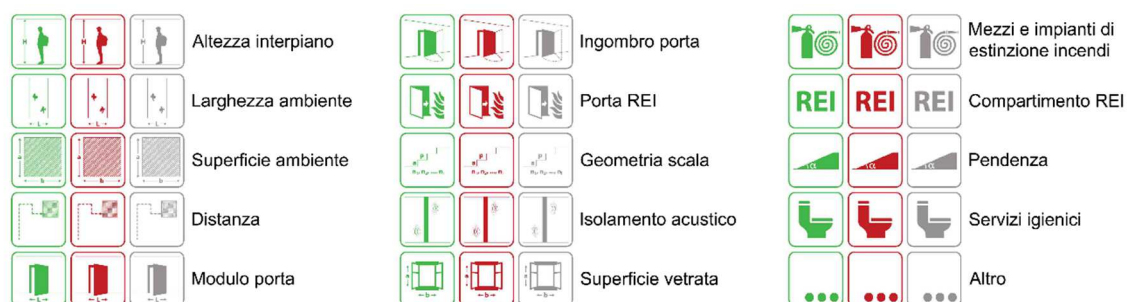


Figura 27. Simboli attesa requisiti: in verde requisito rispettato, in rosso requisito non rispettato, in grigio requisito non analizzato.

4.1.2 Schede di analisi funzionale degli ambienti

Sulla scorta della descrizione degli spazi proposta dalle LL.GG. M.I.U.R. 2013, la ricerca ha progettato delle schede di analisi per catalogare le indicazioni proposte in ambito didattico e di *Civic Center*. La classificazione è stata poi ampliata per includere utenti, attività e requisiti degli scenari emergenziali in linea con le indicazioni presenti nelle pubblicazioni scientifiche.

La scheda è struttura in tre parti (fig. 28):

- **inquadramento.** Nella prima sezione sono presenti le informazioni per l'identificazione dello spazio, quali il nome e la descrizione proposti dal normatore nelle LL.GG. M.I.U.R. 2013, e il diagramma di sovrapposizione degli scenari di progettazione. Tale diagramma è progettato con l'intento di permettere una facile identificazione degli scenari di funzionamento in cui lo spazio viene utilizzato. È formato dall'accostamento di quattro diagrammi di Eulero-Venn di diverso colore rappresentanti la funzione ordinaria, di emergenza sanitaria, di area di ricovero per la popolazione sfollata e di area di ammassamento per le operazioni della protezione civile. Il diagramma risulta grigio se l'ambiente in esame non viene utilizzato nel relativo scenario e colorato in caso contrario. In totale sono possibili quattordici diverse configurazioni (fig XX);
- **analisi.** La seconda sezione riporta i parametri per la progettazione. È formata da quattro sottosezioni: **funzioni** a cui è destinato lo spazio; **utenza** che ne usufruisce; **attività** svolte; **requisiti** progettuali. Per facilitare la comprensione della scheda, ogni voce è correlata da un simbolo il cui colore richiama quello dello scenario di appartenenza. Nel caso in cui lo stesso parametro faccia riferimento a più scenari saranno presenti simboli di più colori.
- **rappresentazione.** Nella terza sezione è presente una generica rappresentazione dello spazio analizzato, correlata dalle indicazioni progettuali che ne evidenziano la polifunzionalità o la possibile riconversione nei diversi scenari. Anche in questo caso viene utilizzato il colore per indicarne il legame con lo scenario.

In allegato sono presenti le schede di analisi prodotte per ogni spazio dell'edificio scolastico (cfr. Allegati).

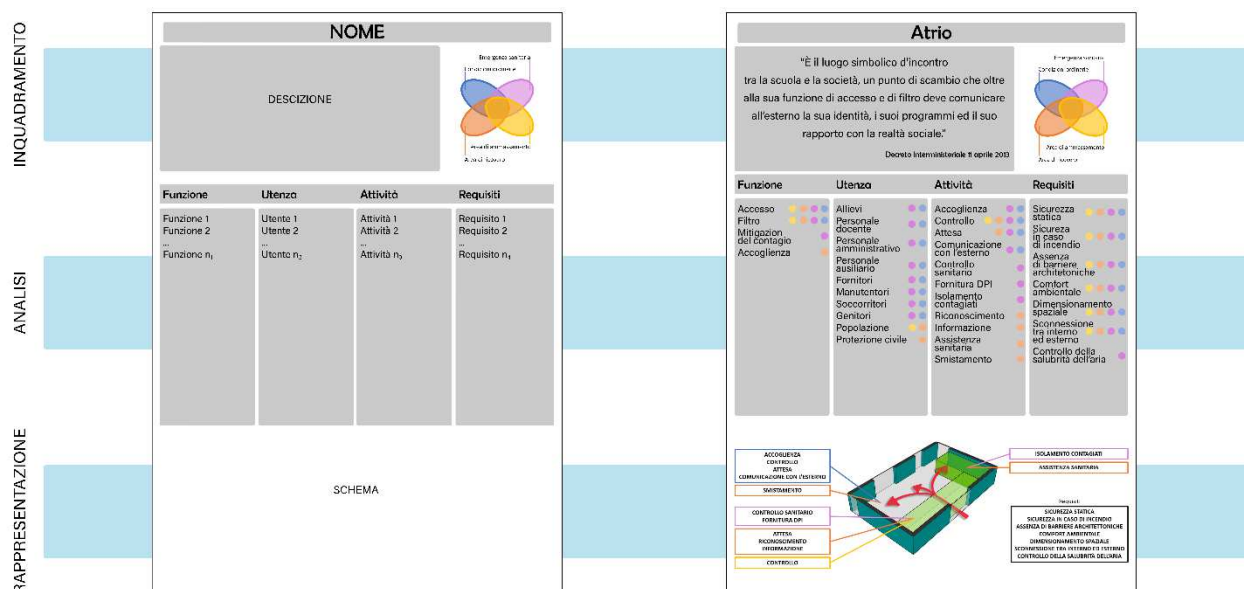


Figura 28. Schede tipo per l'analisi funzionale degli ambienti

4.1.3 Schemi di funzionamento di progetto

Gli schemi di funzionamento di progetto rappresentano dei nuovi elaborati grafici contenenti le misure organizzative da mettere in atto per rispondere in maniera rapida e resiliente al verificarsi del cambio scenario di funzionamento.

La metodologia di progettazione prevede la produzione di tre elaborati in cui vengono riportate le indicazioni sugli elementi che rivestono un ruolo essenziale nella flessibilità e adattabilità degli spazi, ovvero:

1. la modalità di ingresso, di uscita e i percorsi dell'utenza;
2. la destinazione d'uso degli ambienti;
3. la rimodulazione degli ambienti.



Figura 29. Le quattordici possibili configurazioni di sovrapposizione degli scenari rappresentate tramite diagrammi di Eulero-Venn

Il primo elaborato, sulla scia del Piano di emergenza ed evacuazione in caso di rischio (D.M. 2 settembre 2021), prevede una panoramica dei punti di ingresso e uscita e dei relativi percorsi nelle diverse configurazioni verificabili.

La ricerca ha progettato tre tipologie di icone da utilizzare per la produzione dell'elaborato: la prima indica i punti che permettono un passaggio tra l'interno e l'esterno della struttura; la seconda rappresenta i punti di accesso interni; la terza individua i collegamenti verticali tra i vari piani. Le icone si differenziano per la colorazione: verde, nel caso vengano utilizzate nello scenario; rossa, in caso contrario. Sull'elaborato, inoltre, sono indicati gli spazi accessibili dagli utenti tramite l'indicazione dei percorsi attuabili (fig. 30).

Il secondo elaborato riporta la destinazione d'uso degli ambienti e rappresenta la sintesi dell'analisi meta-progettuale per le attività scelte nei diversi scenari. L'elaborato riporta gli ambiti funzionali in relazione alle esigenze delle diverse configurazioni, specificando quali spazi subiscono un cambiamento, restano invariati o diventano inutilizzabili (fig. 31).

Il terzo elaborato racchiude le informazioni riguardanti la rimodulazione degli ambienti. Essa può avvenire tramite soluzioni tecnologiche di ripartizione dello spazio o strutture prefabbricate autonome. In figura 32 è riportato un esempio di riconfigurazione dello spazio aula per fornire un luogo di riposo alla popolazione sfollata.

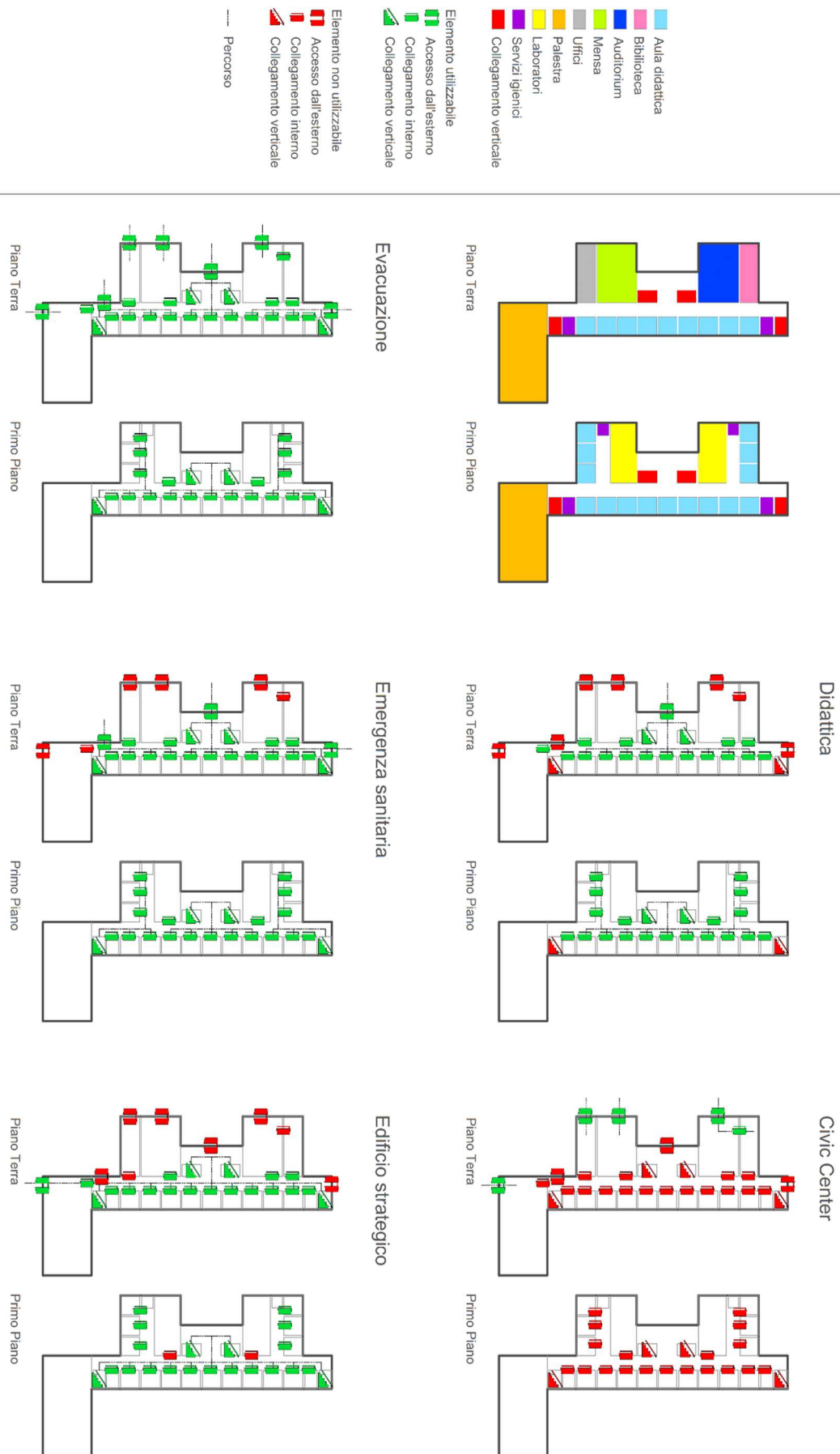


Figura 30. Rifunzionalizzazione degli accessi e dei percorsi per uno schema distributivo di una scuola media di 24 classi.

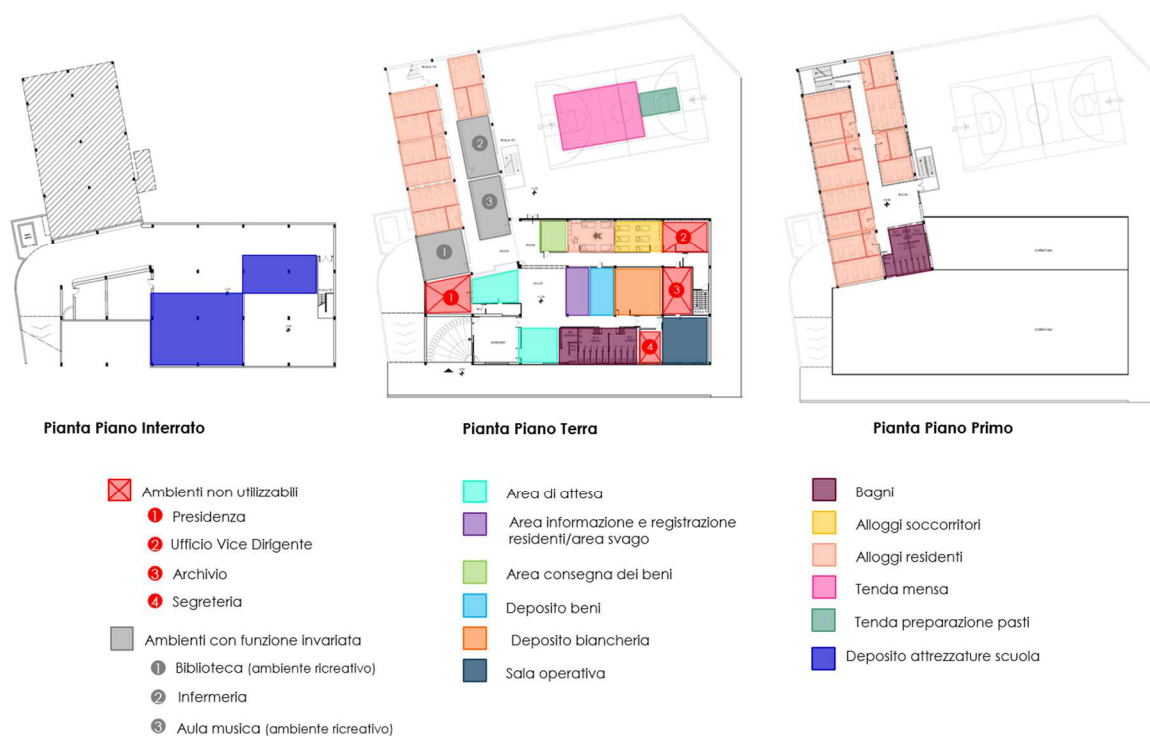


Figura 31. Progetto di rifunionalizzazione degli ambienti in scenari di emergenza per calamità naturale nel caso studio della scuola media Amerigo Vespucci.

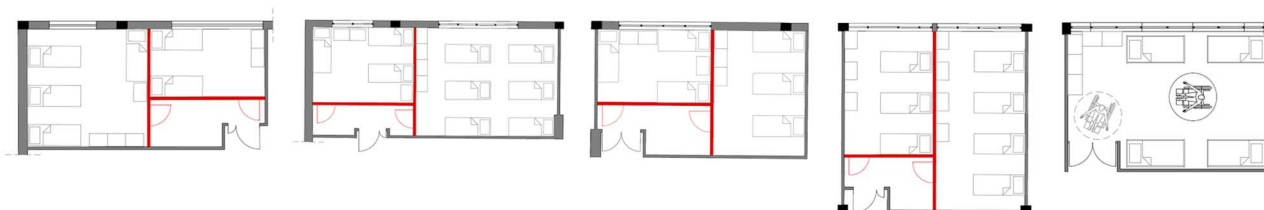


Figura 32. Riconfigurazione di spazi aula tramite tramezzature temporanee per fornire un luogo di riposo alla popolazione sfollata in scenari di emergenza per calamità naturale.

4.2 Analisi di funzionalità dinamica

L'analisi di funzionalità dinamica rappresenta la chiave per il passaggio da una normativa quantitativa-prescrittiva ad una qualitativa-prestazionale.

Così come avvenuto in materia di prevenzione incendi con l'impiego della *Fire Safety Engineering*, le limitazioni della normativa prescrittiva sono superate grazie a modelli di calcolo in grado di prevenire e mitigare i rischi tramite la simulazione di scenari di comportamento.

La metodologia propone un metodo di verifica dinamica degli spazi finalizzato alla valutazione delle soluzioni progettuali e al confronto tra diversi scenari, modellabili tramite *crowd simulation* (fig. 33). Questi strumenti permettono di analizzare e fornire informazioni riguardanti il distanziamento fisico, il numero di utenti in contatto, il corrispettivo tempo di contatto, etc.

In letteratura è già possibile rintracciare delle prime applicazioni al contesto scolastico per la verifica delle soluzioni volte a superare le problematiche organizzative, distributive e funzionali legate alla pandemia da Covid-19.

Metodologia del processo di progettazione

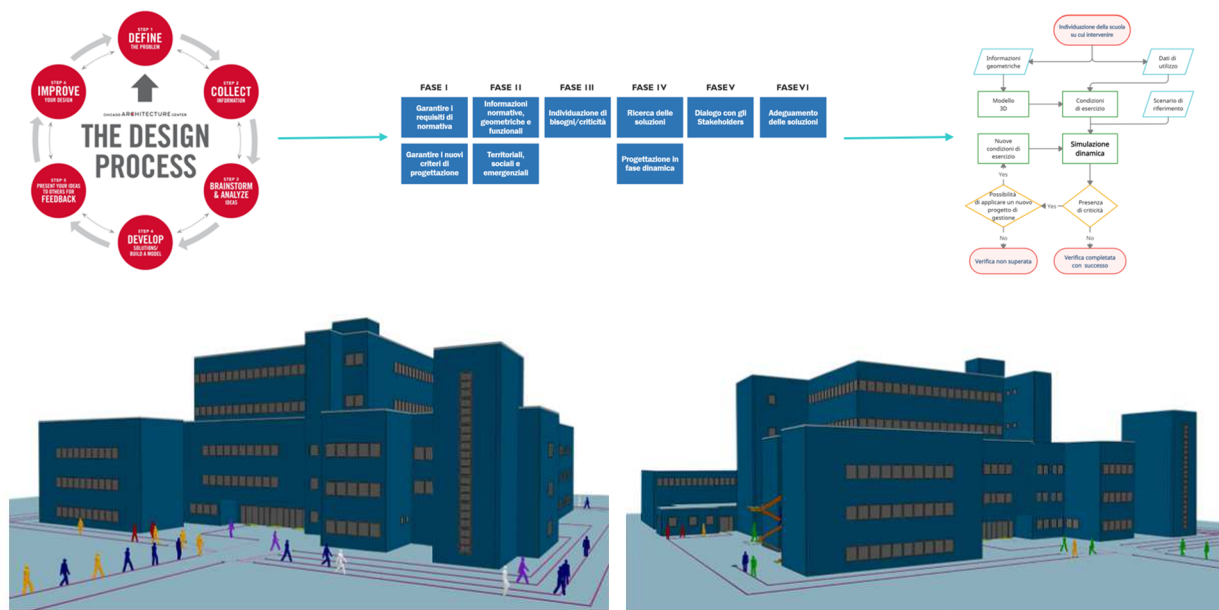
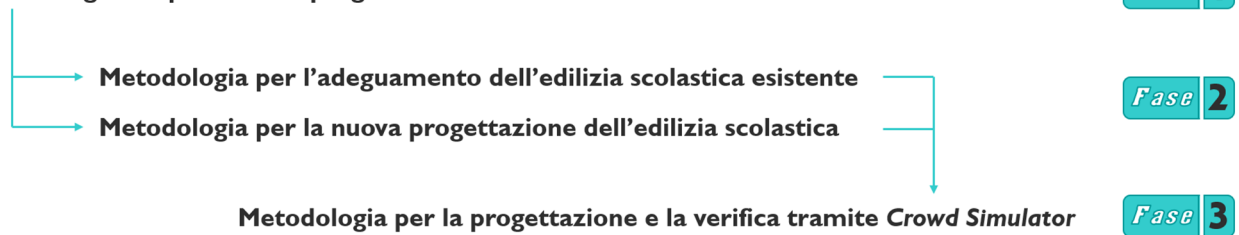


Figura 33. Applicazione dell'analisi di funzionalità dinamica

4.2.1 Analisi dinamica

L'analisi dell'impiego del software nelle pubblicazioni scientifiche ha permesso di individuare una metodologia di applicazione dei *crowd simulator* diviso in tre macro-fasi:

- 1 **realizzazione di un modello digitale** all'interno del software di simulazione della folla;
- 2 **inserimento di dati comportamentali** e di utilizzo della struttura;
- 3 **verifica dei parametri** dinamici, individuazione delle criticità e ricerca delle soluzioni.

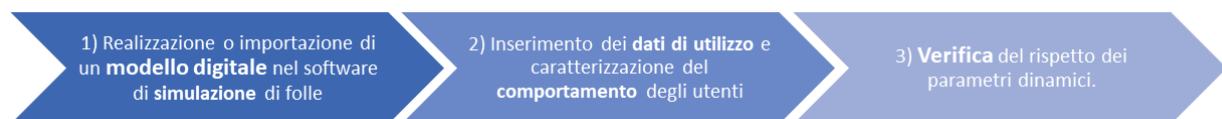


Figura 34 Metodologia per la verifica delle scelte progettuali tramite simulazione del comportamento pedonale

La ricerca ha successivamente definito delle sottofasi in grado di guidare il processo di verifica e valutazione delle scelte progettuali valide per l'edilizia scolastica e per ogni altra tipologia edilizia (fig. 35).

Valutata la corrispondenza alla normativa e la presenza delle certificazioni obbligatorie, lo studio ha inizio con la raccolta di informazioni geometriche finalizzate alla produzione di un modello tridimensionale. Contemporaneamente, si raccolgono le informazioni di utilizzo della struttura che, nel caso dell'edilizia scolastica, riguardano il numero totale di utenti e degli accessi a loro disposizione, la suddivisione degli alunni per classi e le rispettive aule, il progetto pedagogico e la

temporizzazione delle attività scolastiche ed extra-scolastiche. L'insieme di informazioni geometriche e di utilizzo viene identificato come "condizione di partenza".

Successivamente si definiscono gli scenari di funzionamento dell'edificio (condizione ordinaria, condizione epidemiologica, evacuazione in caso di sisma, evacuazione in caso di incendio, funzionamento come edificio strategico per la Protezione Civile) e i modelli organizzativi a essi associati, quali: nuovi percorsi, nuovi orari, scaglionamento dell'utenza, distanziamento, etc. L'unione di queste informazioni definiscono le "condizioni di esercizio" che vengono inserite nel software di simulazione per la valutazione delle criticità.

Se il risultato ottenuto soddisfa le aspettative, il processo di verifica può ritenersi concluso.

In caso contrario, si valuta la possibilità di applicare un nuovo progetto di gestione modificando le condizioni di esercizio e, se ciò non è possibile, la verifica non risulta superata rendendo necessario modificare le condizioni di partenza (input geometrici e di utilizzo).

Il processo può essere reiterato fino a ottenere il risultato desiderato.

Data la natura dei dati di input, nel caso dell'edilizia scolastica, viene a crearsi uno stretto legame tra la fase di progettazione e il Sistema Nazionale dell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica (SNAES).

La banca dati ministeriale diventa, infatti, la fonte principale delle informazioni per gli edifici già censiti e, in caso contrario, il destinatario dei dati raccolti tramite il dialogo con la dirigenza scolastica. In caso di nuova progettazione, invece, i dati possono essere catalogati e sistematizzati per una implementazione da parte dell'Ufficio Scolastico Regionale.

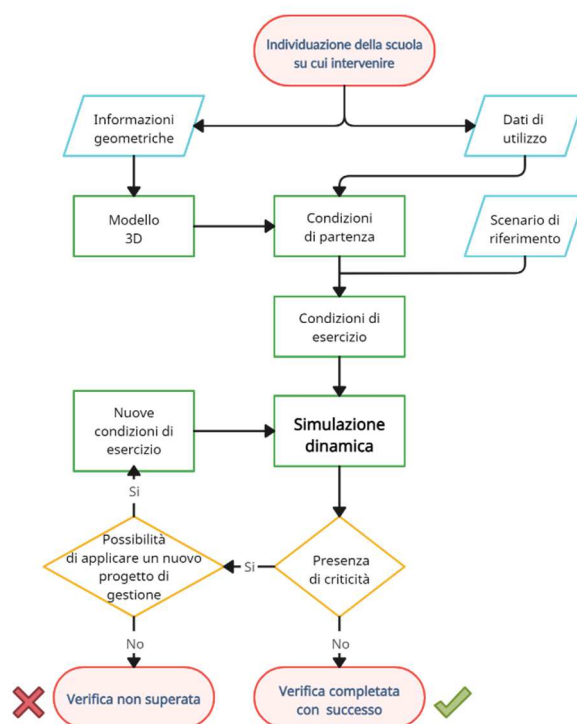


Figura 35. Metodologia per la verifica delle scelte progettuali tramite simulazione del comportamento pedonale.

4.2.2 Confronto e potenzialità dei crowd simulator

Il primo sistema di *crowd simulation* fu proposto da Reynolds del 1987 con l'obiettivo di simulare stormi di uccelli in volo.

Grazie all'avanzamento tecnologico, nel tempo sono stati sviluppati nuovi modelli per garantire più autenticità degli effetti, miglioramento dell'immersività virtuale e dell'efficienza nei campi degli effetti visivi, del gaming e della pianificazione urbana.

Di seguito si riporta una catalogazione dei metodi di simulazione basata sulla natura degli algoritmi che regolano il movimento delle folle (tab. 09) e un confronto tra i software testati (tab. 10).

Categoria	Modello
Modelli microscopico	Rule-based Force-based Velocity-based Agent-based Vision-based
Modelli mesoscopico	Dynamic group behavior Interactive group formation Social Psychological crowds
Modelli macroscopico	Continuum Aggregate dynamics Potential field-based

Tabella 09. Catalogazione dei metodi di simulazione della folla alla base dei software in commercio.

Come osservabile dalla tabella 09, è possibile distinguere tre categorie di modelli: microscopici, mesoscopici e macroscopici.

I modelli microscopici si focalizzano sulla riproduzione delle caratteristiche comportamentali individuali degli utenti. Gli individui vengono modellati come enti il cui movimento è influenzato dagli altri utenti e dagli oggetti che formano l'ambiente circostante. Si distinguono:

- i modelli *rule-based* che, a causa delle semplici regole comportamentali su cui si fondano, risultano adatti alla simulazione di gruppi di animali;
- i modelli *force-based* rappresentano, da un punto di vista storico, il primo approccio alla simulazione del comportamento degli esseri umani grazie all'introduzione di forze di interazione fisiche e socio-psicologiche in grado di far variare l'accelerazione e la velocità degli utenti in base al contesto;
- i modelli *velocity-based*, in cui il comportamento degli individui è determinato da una combinazione di interazioni locali con gli individui circostanti, senza prendere in considerazione l'ambiente;
- i modelli *agent-based* riproducono abilità di percezione, decisioni e azioni individuali rendendo possibile un'integrazione con la pianificazione dei percorsi e dei modelli macroscopici;
- i modelli *vision-based*, varianti dei *velocity-based*, sono in grado di simulare il processo di percezione e azione valutando possibili collisioni e modificando il metodo di rotazione durante il movimento.

Nei modelli macroscopici, invece, vengono tralasciate le interazioni tra i diversi utenti e tra utenti e ambiente, per simulare gli effetti su larga scala. Le folle vengono modellate come entità uniche, il cui comportamento è governato da leggi della fisica. Nello specifico:

- i modelli *continuum* si basano sulla dinamica del continuo;
- i modelli *aggregate dynamics* si fondano sulla dinamica dei flussi;
- I modelli *potencial field* prevedono la suddivisione dell'ambiente in celle a diverso potenziale in grado di controllare il movimento degli utenti.

I modelli mesoscopici sono i più recenti e uniscono la capacità dei modelli macroscopici di gestire un elevato numero di utenti a quella dei modelli microscopici in grado di simulare le interazioni tra gli individui. È possibile distinguere tre categorie:

- i modelli *Dynamic group behaviors*, basati sulla realizzazione di un sistema di comportamenti e processi psicologici che possono verificarsi all'interno di un gruppo o tra gruppi diversi con relazioni sociali, come camminare insieme o aspettarsi;
- i modelli *Interactive crowd formations*, vengono utilizzati nell'ambito degli effetti visivi e del gaming per intervenire e modificare in maniera interattiva la simulazione del movimento degli utenti;
- i modelli *Social psychological crowds*, si basano sull'integrazione dei tratti di personalità degli utenti e sulla teoria del contagio emotivo, ovvero sulla capacità umana di vivere come proprie le emozioni altrui, modificando il proprio comportamento.

Per l'individuazione di un modello idoneo alla progettazione scolastica sono stati innanzitutto esclusi quelli macroscopici e mesoscopici, il cui vantaggio d'uso risiede nella capacità di simulare il comportamento di folle con un ordine di grandezza di migliaia di utenti, caratteristica non necessaria ai fini della ricerca.

Tra i modelli microscopici è stato preferito quello *agent-based*, ritenuto il più versatile e completo per le verifiche progettuali richieste. L'obiettivo della ricerca, infatti, è di definire uno strumento in grado di simulare le interazioni dirette tra gli utenti e quelle tra gli utenti e l'ambiente circostante in modo da poter valutare la qualità di uno spazio vissuto in maniera dinamica, caratteristica offerta proprio dai modelli *agent-based*.

Tra i software presenti sul mercato, la ricerca ha effettuato una comparazione delle potenzialità e una valutazione della corrispondenza ai bisogni della ricerca tramite pubblicazioni scientifiche, brochure informative, risultati condivisi sul web e utilizzo di versioni dimostrative.

Lo studio si è concentrato su sei software tra i più citati: Anylogic, Legion, MassMotion, Pathfinder, Pedestrian Dynamics, PTV VisWalk (tab. 10).

Tutti i software hanno dimostrato di poter gestire adeguatamente le interazioni tra gli utenti e due di essi (Anylogic e MassMotion) permettono al tecnico di controllare il comportamento degli utenti virtuali in maniera maggiormente dettagliata grazie ad appositi *triggers*, eventi che modificano il comportamento degli avatar nel corso della simulazione.

È stata poi controllata la possibilità di modellare il distanziamento fisico degli utenti per riproporre le soluzioni organizzative utilizzate a seguito della pandemia da Covid-19. Al momento della verifica (marzo 2021) solo tre software includevano questa opzione, rendendo poco utili al fine della ricerca i restanti tre.

Per quanto riguarda le capacità di rappresentazione e controllo del modello tridimensionale, tutti i software permettono l'utilizzo di strumenti di disegno integrati, più avanzati in alcuni e meno in altri, o di importare file già esistenti in diversi formati, tra cui il formato ".ifc", tra i più utilizzati per la trasmissione di informazioni in questa tipologia di modelli.

Una differenza sostanziale tra i vari software risulta essere la gestione dei dati di output che sono forniti sotto svariate forme. La ricerca ha valutato positivamente quei software che permettono di visualizzare i risultati sotto forma di layout dinamici interattivi, potendo osservare lo spostamento, il contatto e le modifiche di percorso intraprese dagli utenti per via grafica, rendendo immediata la valutazione delle criticità (fig. 36).

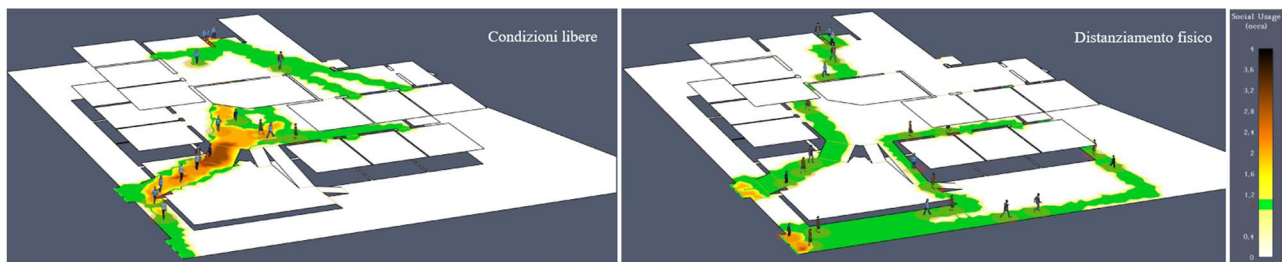


Figura 36. Applicazione dell'analisi di funzionalità dinamica

Programma	Versione	Casa di sviluppo	Interazione tra gli utenti	Trigger avanzati per il controllo degli utenti	Modellazione del distanziamento fisico	File di disegno importabili da altri software	Strumenti avanzati di modellazione visiva	Mappe di interazione	Accesso al kit di sviluppo
Anylogic	8.7	The AnyLogic Company	✓	✓	X	✓	✓	X	X
Legion	2.0	Bentley	✓	X	✓	✓	✓	X	X
MassMotion	10.6	Oasys	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓
Pathfinder	2021.3	Thunderhead Engineering	✓	X	✓	✓	✓	✓	X
Pedestrian Dynamics	3.3	Incontrol	✓	X	X	✓	✓	✓	X
PTV VisWalk	19.1	PTV group	✓	X	X	✓	X	✓	X

Tabella 10. Confronto tra i software in commercio testati per l'utilizzo ai fini della ricerca.

Al termine dell'analisi, la ricerca ha utilizzato il software MassMotion della casa di sviluppo Oasys per l'applicazione della metodologia a un primo caso studio, e Pathfinder della Thunderhead Engineering per i successivi.

4.2.3 Input e output del software

Le prime fasi della metodologia per l'analisi di funzionalità dinamica (fig. 35) non dipendono dalla natura del software e precedono l'effettivo momento di calcolo della simulazione e raccolta degli output.

Queste fasi sono incentrate sulla conoscenza del caso studio tramite due processi (fig. 37):

- **la raccolta dei dati** caratterizzanti la geometria del fabbricato, gli scenari da simulare e l'organizzazione didattica, il numero complessivo e l'età degli studenti, la loro suddivisione per classe e la corrispondenza con le aule, nonché il progetto formativo e gli orari di svolgimento delle attività didattiche ed extra-curricolari;
- **la modellazione** dello spazio tridimensionale e degli utenti virtuali.

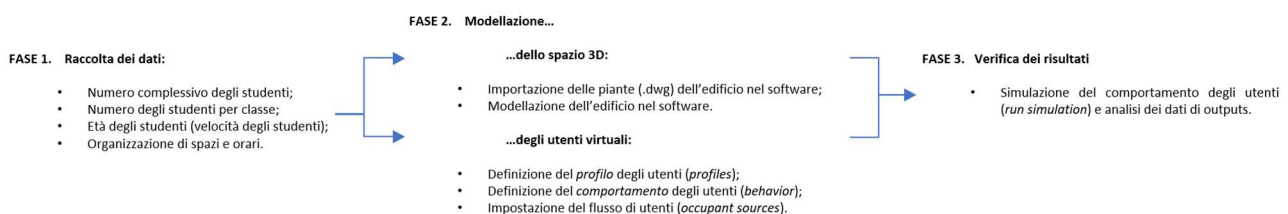


Figura 37. Fasi della metodologia per l'analisi di funzionalità dinamica propedeutiche alla simulazione.

Le informazioni che contraddistinguono il caso studio possono dipendere sia da fattori estrinseci alla struttura (normative, linee guida, etc.) che intrinseci (misure organizzative interne).

Nel dettaglio, la metodologia prevede la raccolta di tre categorie di informazioni:

- dati **geometrici** caratterizzanti l'edificio;
- dati di **utilizzo** riguardanti gli utenti;
- dati di **funzionamento** che definiscono gli scenari di riferimento.

Solo dopo aver ottenuto queste informazioni si può procedere alla fase di modellazione geometrica-funzionale.

Per quanto riguarda il modello geometrico, la realizzazione solitamente può avvenire sia nello spazio di lavoro del software di simulazione, sia in un programma esterno per poi essere importato. In quest'ultimo caso, se la compatibilità tra i programmi non è perfetta, è necessario procedere con un riconoscimento degli enti importati in elementi di interazione per gli utenti virtuali (stanze, pareti, scale, rampe, porte, ostacoli, etc.) (fig. 38)

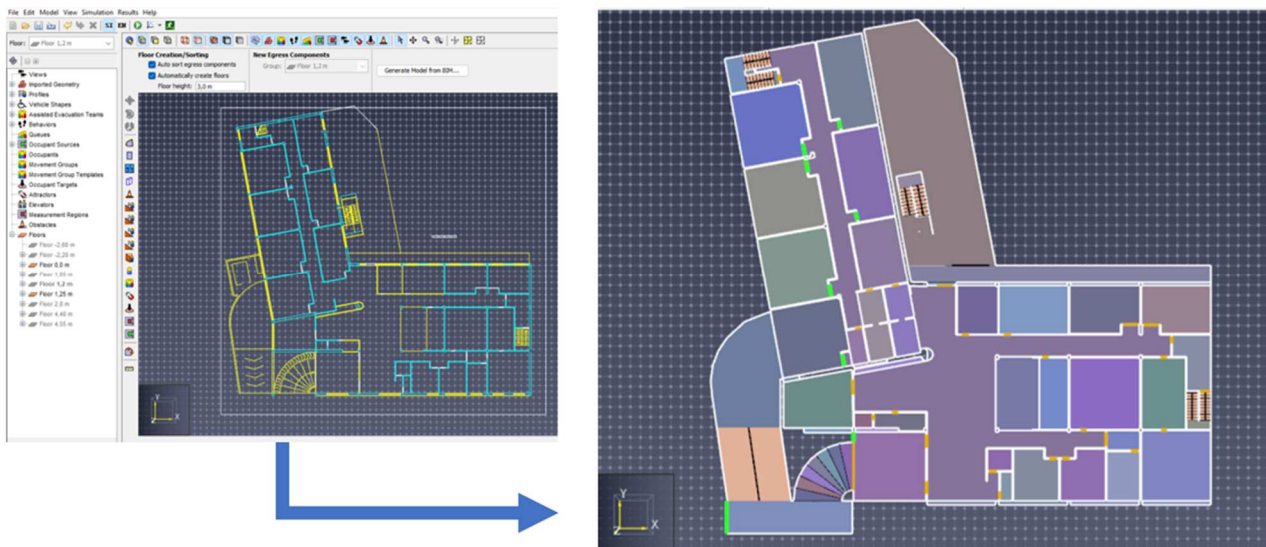


Figura 38. Passaggio da una pianta in formato .dwg a un modello tridimensionale composto da elementi con cui gli utenti virtuali possono interagire

Successivamente ha inizio la caratterizzazione degli occupanti, una fase delicata che deve garantire una corrispondenza quanto più fedele possibile tra il soggetto digitale e il corrispondente reale. Gli input modificabili sono molteplici, dall'ingombro del corpo alla velocità di cammino, dalla distanza di compenetrazione a quella di distanziamento fisico, dalle restrizioni di percorrenza alle preferenze di scelte attuabili dall'utente.

Particolare attenzione va posta alla velocità di cammino che, nel contesto scolastico, può subire considerevoli variazioni tra una classe e l'altra. Infatti, all'interno dello stesso edificio potrebbero interagire bambini della scuola dell'infanzia con ragazzi prossimi al diploma, come avvenuto nel caso studio del *Colegio Estudio* di Madrid (cfr. Capitolo 5). In letteratura sono presenti numerosi studi su cui fare affidamento, come il recente contributo pubblicato da Simeunović et al. nel 2020 (fig. 39). Caratterizzato il modello dell'utente, è necessario definirne anche il comportamento, ovvero il modo in cui accede e abbandona la simulazione, il percorso che dovrà seguire e il modo in cui interagisce con gli elementi circostanti, un processo fondamentale in cui le singole fasi sono legate alla tipologia di software utilizzato.

In maniera esemplificativa, si riportano le fasi di modellazione dello scenario di ingresso a scuola in condizioni ordinarie con il software Pathfinder.

Gli *occupants*, (definizione data dal software alla controparte virtuale degli utenti) entrano nella simulazione tramite portali (*occupant sources*) disposti lungo le aperture del lotto. Ad ogni *occupant source* è attribuita la facoltà di assegnare in maniera randomica il *profile* e il *behavior* con i quali

l'utente virtuale deve essere caratterizzato. I *profiles* previsti si differenziano essenzialmente per la velocità di cammino alle diverse età, mentre i *behaviors* rappresentano l'insieme delle indicazioni da rispettare durante il movimento per raggiungere la meta finale. Negli *occupant source* viene anche definito il numero di *occupants* da generare, le percentuali di assegnazione dei profili, e la corrispondenza tra *profiles* e *behaviors* (fig. 40). Gli *occupants* escono dalla simulazione nel momento in cui raggiungono l'aula di destinazione.

Al termine della modellazione è possibile procedere con la simulazione e l'analisi degli output riguardanti: i percorsi degli utenti, il rispetto del distanziamento fisico, i tempi di contatto e attesa, etc.

TABLE 2: Display of measured results.

7-8	Male				Female			
	Average	Stdev	Max	Min	Average	Stdev	Max	Min
Slow	0.984	0.194	1.400	0.620	0.981	0.241	1.500	0.574
Normal	1.364	0.243	1.800	0.900	1.406	0.203	1.827	1.016
Fast	2.079	0.298	2.518	1.541	2.067	0.216	2.570	1.600
Run	2.415	0.299	2.756	1.920	2.390	0.262	3.057	1.921
Rush	3.649	0.225	4.000	3.100	3.485	0.282	3.976	2.923
8-10	Male				Female			
	Average	Stdev	Max	Min	Average	Stdev	Max	Min
Slow	1.090	0.218	1.590	0.704	1.072	0.179	1.472	0.717
Normal	1.388	0.238	1.900	0.900	1.379	0.222	1.903	0.982
Fast	2.073	0.284	2.715	1.641	1.968	0.236	2.509	1.552
Run	2.678	0.291	3.272	2.221	2.724	0.285	2.756	2.335
Rush	3.929	0.295	4.556	3.409	3.588	0.292	4.084	3.109
10-12	Male				Female			
	Average	Stdev	Max	Min	Average	Stdev	Max	Min
Slow	1.158	0.196	1.653	0.678	1.189	0.170	1.537	0.835
Normal	1.458	0.189	1.844	1.091	1.516	0.177	1.985	1.203
Fast	2.294	0.249	2.864	1.775	2.170	0.211	2.680	1.850
Run	2.798	0.296	3.464	2.311	2.781	0.286	3.297	2.350
Rush	4.061	0.297	4.598	3.466	3.905	0.288	4.468	3.333
12-15	Male				Female			
	Average	Stdev	Max	Min	Average	Stdev	Max	Min
Slow	1.183	0.182	1.542	0.797	1.213	0.174	1.499	0.750
Normal	1.561	0.158	1.909	1.249	1.621	0.173	2.077	1.338
Fast	2.247	0.300	2.841	1.800	2.132	0.175	2.504	1.806
Run	2.984	0.295	3.600	2.500	2.787	0.247	3.300	2.404
Rush	4.223	0.334	4.773	3.484	3.865	0.269	4.448	3.263
15-20	Male				Female			
	Average	Stdev	Max	Min	Average	Stdev	Max	Min
Slow	1.231	0.151	1.664	0.789	1.211	0.169	1.602	0.805
Normal	1.530	0.146	1.912	1.233	1.519	0.116	1.856	1.231
Fast	2.342	0.243	3.085	1.774	2.189	0.220	2.784	1.669
Run	3.018	0.292	3.601	2.443	2.854	0.246	3.472	2.105
Rush	4.516	0.248	4.990	3.947	3.932	0.276	4.570	3.394

Figura 39. Valori della velocità di ragazzi con età compresa tra 7 e 20 anni. Simeunović et al

La tipologia di dato può variare a seconda del software utilizzato. In generale è possibile distinguere due categorie: output quantitativi (informazioni numeriche, tabelle, diagrammi cartesiani) e output qualitativi (rappresentazioni grafiche) (fig. 41).

Gli output qualitativi, in particolare, rappresentano uno strumento di valutazione rapida delle criticità. Si tratta di elaborati che traspongono i dati numerici in contorni colorati direttamente sulle piante dell'edificio, associando a ogni valore del dato considerato (tempo in prossimità, numero di utenti in contatto, etc) un diverso colore. In questo modo è facilmente verificabile quali spazi della struttura risultano verificati e quali presentano problematiche da superare.

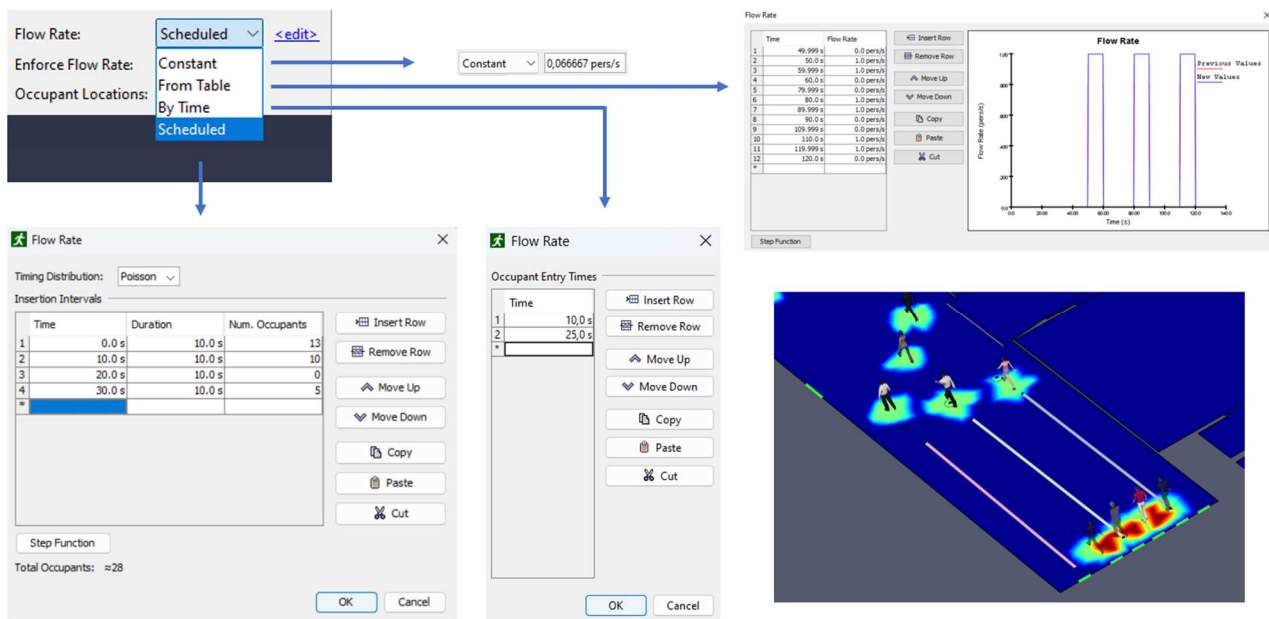


Figura 40. Possibili modalità di gestione del flusso di utenti in ingresso tramite il software Pathfinder

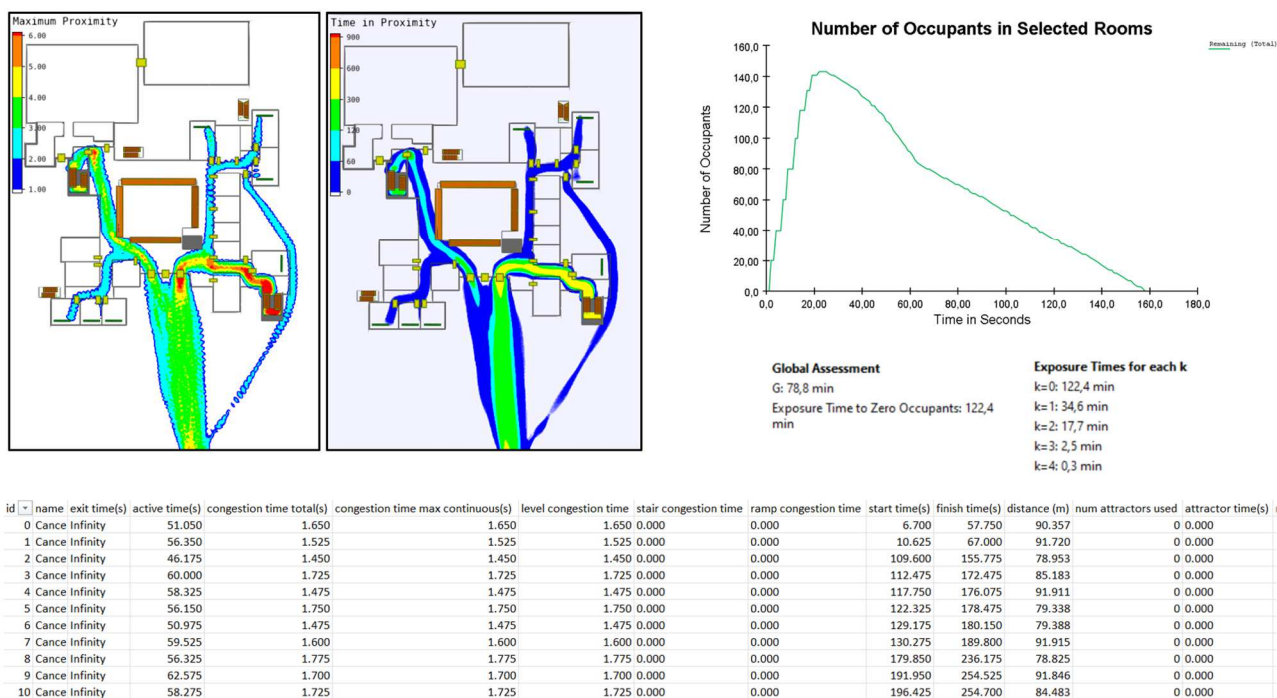


Figura 41. Tipologie di output dei crowd simulator. Da sinistra in alto: densità degli utenti; tempo di contatto degli utenti; grafico del numero di utenti presenti in un dato ambiente; indice del tempo globale di contatto tra gli utenti; dati caratterizzanti gli utenti.

La verifica dei risultati per i casi studio è avvenuta valutando output di natura diversa forniti dai due software utilizzati.

I dati elaborati dall'applicativo MassMotion sono stati valutati comparando due tipologie di risultati qualitativi, definiti dall'applicativo *Colour Contours* (fig. 41):

- **la Maximum Proximity**, rappresentazione grafica della massima densità raggiunta in una circonferenza intorno a ogni punto dell'ambiente simulato. Impostando un raggio pari a 1,00

metro è possibile valutare se il distanziamento fisico viene rispettato e il numero di eventuali utenti in contatto;

- **il Time in Proximity**, rappresentazione grafica dell'intervallo di tempo massimo in cui avviene un'interazione tra gli utenti virtuali. Impostando la distanza di interazioni pari a una circonferenza di raggio 1,00 metro è possibile valutare il tempo di contatto al di sotto del distanziamento fisico.

Dall'analisi della lettura, infatti, risulta che le probabilità di contagio aumentano all'aumentare del tempo di contatto e, secondo quanto affermato dall'Istituto Superiore della Sanità, si definisce contatto stretto con esposizione ad alto rischio di contagio l'inosservanza della distanza interpersonale di 2,00 metri per più di 15 minuti.

I risultati ottenuti dalle simulazioni tramite Pathfinder, invece, sono stati valutati utilizzando dati quantitativi ottenuti dalla *Proximity Analysis* e dati qualitativi degli *Occupant Contours*, ovvero:

- **il Global assessment value**, una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti. Più basso è il valore, minore è il tempo di esposizione e maggiore è la probabilità di mitigazione del contagio. Il valore può essere calcolato tenendo in considerazione la quantità di individui di cui è composto l'assembramento o meno e, nei relativi casi, l'equazione corrispondente risulta:

$$G = \sum_{k=1}^m k \times C_k$$

oppure

$$G = \sum_{k=1}^m C_k$$

In cui

C_k : Somma del tempo in cui ogni utente è in prossimità di altri k utenti;

k : Numero di utenti a cui il soggetto è esposto;

m : Numero massimo di utenti in prossimità;

- **la Maximum Social Usage**, rappresentazione del numero di occupanti presenti in una circonferenza intorno a ogni punto dell'ambiente simulato. Permette di valutare in quali zone viene disatteso il distanziamento fisico e quanti utenti entrano in contatto.

Nel capitolo successivo vengono riportati i risultati ottenuti dall'applicazione della metodologia di analisi a quattro casi studio: il plesso "A. Trincone" del Primo Circolo Didattico "G. Marconi", l'Istituto Comprensivo Statale "A. Vespucci", l'Istituto Statale di Istruzione Superiore "Vittorio Emanuele II" e l'istituto privato *Colegio Estudio*.

BIBLIOGRAFIA

NORMATIVA

- Decreto del Presidente della Repubblica 01 agosto 2011, Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi
- Decreto Interministeriale 11 aprile 2013, Norme tecniche-quadro, contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale
- Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975, Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica
- Decreto Ministeriale 26 agosto 1992, Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica
Decreto Ministeriale 24 luglio 1996, n. 503, Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici
- Decreto Ministeriale 26 giugno 2015, Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, Norme tecniche per le costruzioni
- Decreto Ministeriale 2 settembre 2021. Criteri per la gestione dei luoghi di lavoro in esercizio ed in emergenza e caratteristiche dello specifico servizio di prevenzione e protezione antincendio, ai sensi dell'articolo 46, comma 3, lettera a), punto 4 e lettera b) del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81

SIMULAZIONE DINAMICA

- Bernardini G, et al. Can active and passive wayfinding systems support fire evacuation in buildings? Insights from a virtual reality-based experiment. *Journal of Building Engineering*, 2023. 74
- Cavagna GA, Franzetti P, Fuchimoto T. The mechanics of walking in children. *J. Physiol*, 1983. 323-339
- Chen L, et al. Crowd Simulation Incorporating Thermal Environments and Responsive Behaviors. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 2018. 26:4, 436-452.
- Cheng JCP, Gan VJL. Integrating Agent-Based Human Behavior Simulation with Building Information Modeling for Building Design. *International Journal of Engineering and Technology*, 2013. 5 (4)
- Comai S, et al. Indoor mobile mapping system and crowd simulation to support school reopening because of covid-19: a case study. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2020. 44 (3)
- Flatters I, et al. Manual Control Age and Sex Differences in 4 to 11 Year Old Children. *Plos One*, 2014. 9 (2)
- Harweg T, Bachmann D, Weichert F. Agent-based Simulation of Pedestrian Dynamics for Exposure Time Estimation in Epidemic Risk Assessment. *Physics*, 2020
- Helbing D, Johansson AF. Pedestrian, crowd and evacuation dynamics. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, 2010. 16(4), 6476-6495

- Ijaz K, Sohail S, Hashish S. A survey of latest approaches for crowd simulation and modeling using hybrid techniques. 17th UKSIM-AMSS Int Conf ModelSimul, 2015. 111-116
- Istituto Superiore di Sanita, a cura di. Rapporto COVID-19 n. 53/2020, Guida per la ricerca e gestione dei contatti (contact tracing) dei casi di COVID-19, versione del 25 giugno 2020
- Lorusso P, et al. Fire Emergency Evacuation from a School Building Using an Evolutionary Virtual Reality Platform. Buildings, 2022. 12, 223
- Marsella S, Nassi L. L'ingegneria della sicurezza antincendio e il processo prestazionale. Guida alla Fire safety Engineering ed esempi applicativi. IPC Editore, Roma, 2010
- MassMotion help guide. Oasys Software Limited, 2017
- Pathfinder results user manual. Thunderhead Engineering, 2023
- Pathfinder user manual. Thunderhead Engineering, 2023
- Reynolds CW. Flocks, herds, and schools: a distributed behavioral model. Symbolics Graphics Division, 1987. 21 (4)
- Richards T. A review of software for crowd simulation. Leeds Institute for Data Science, 2021
- Rivers J, et al. Using case study data to validate 3D agent-based pedestrian simulation tool for building egress modelling. Transportation Research Procedia, 2014. 2, 123-131
- Seer S, et al. Validating social force based models with comprehensive real world motion data. Transportation Research Procedia, 2014. 2, 724-732
- Silverman J, et al. Situating agent-based modelling in population health research. Emerging Themes in Epidemiology, 2021. 18(10)
- Simeone D, et al. A hybrid agent-based model to simulate and re-think post-Covid-19 use processes in educational facilities. Advances in Social Simulation, 2022. 217-229
- Simeone D. An event-based model to simulate human behaviour in built environments. Simulation, Prediction, and Evaluation, 2012. 1, 525-532
- Simeunovic M, et al. Determination of Moving Speed of School Age Children. Hindawi, 2021
- Tarawneh MS. Evaluation of pedestrian speed in Jordan with investigation of some contributing factors. Journal of Safety Research, 2001. 32, 229-236
- Xu ML, Jun XG, Deng Z. Crowd simulation and its applications: recent advances. Journal of computer science and technology, 2014. 29 (5), 799-811
- Yang S, et al. A review on crowd simulation and modelling. Graphical Models, 2020

STRUMENTI PER LA PROGETTAZIONE

- Accordo Conferenza Unificata (Governo, Regioni, Enti locali) 6 gennaio 2014, in applicazione dell'art.7 della Legge n.23, 11 aprile 1996 sul Sistema Nazionale dell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica
- Benedetti F, Buffardi A. Scuola, lavoro e territorio. Carrocci editore, Roma, 2022
- Di Mare CA, Castelluccio R. New paradigms for school design into the ecological transition. Sustainable Mediterranean Construction, 2022. 15, 89-94
- Galanti J. Il Metodo Augustus. DPC INFORMA, Periodico informativo del Dipartimento della protezione Civile, 1997, 4-II.
- Ministero dell'Istruzione. Rigenerazione Scuola, piano nazionale per la transizione ecologica e culturale delle scuole, 2022
- Palmini F, Di Ascenzo D, a cura di. Focus "Principali dati della scuola – Avvio anno scolastico 2022/2023". Ministero dell'Istruzione, 2022

SITOGRAFIA ESSENZIALE

- <https://www.anylogic.com/>
- <https://www.bentley.com/software/legion/>
- <https://www.incontrolsim.com/our-software/>
- <https://www.oasys-software.com/products/massmotion/>
- <https://www.ptvgroup.com/it/prodotti/ptv-viswalk>
- <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/>



RiGenerazione Scuola, Ministero dell'Istruzione e del Merito, 2020

Capitolo 5

Casi studio nazionali e internazionali

Nel capitolo 4 è stata presentata la metodologia individuata per l'utilizzo della *crowd simulation* come strumento di verifica e valutazione delle soluzioni progettuali e confronto tra diversi scenari. Per la validazione, il processo è stato applicato a quattro casi studio scelti come campione rappresentativo dei diversi ordini e gradi di istruzione dell'ordinamento scolastico italiano:

- I Circolo Didattico "G. Marconi" Plesso "A. Trincone";
- Istituto Comprensivo Statale "A. Vespucci";
- Istituto Statale di Istruzione Superiore "Vittorio Emanuele II";
- Colegio Estudio, Comunità Autonoma di Madrid.

Per l'applicazione, la ricerca si è avvalsa del software MassMotion (versione 10.6) nel caso dell'Istituto Statale di Istruzione Superiore "Vittorio Emanuele II", e di Pathfinder (dalla versione 2021.3 alla 2023.1) per i casi restanti (cfr. Capitolo 4).

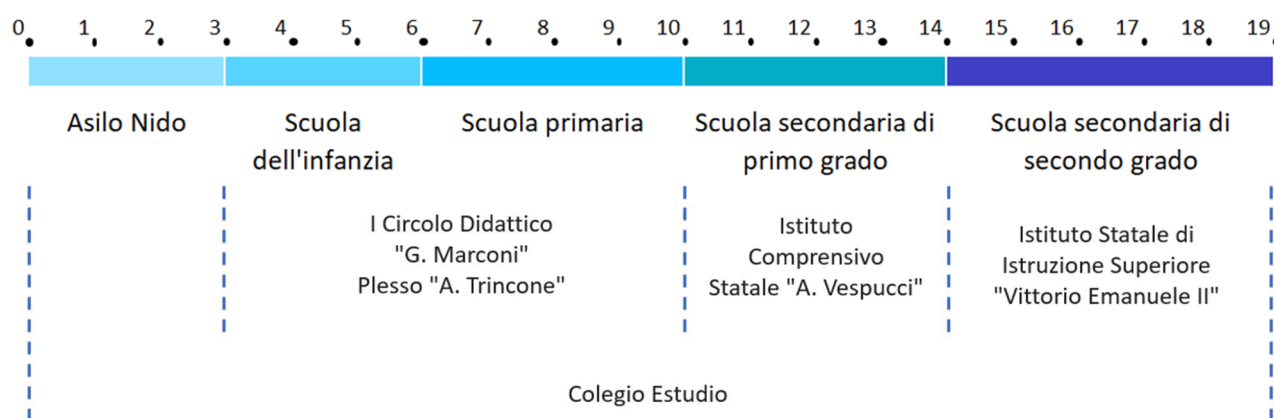


Figura 42. Casi studio suddivisi in base all'ordinamento scolastico italiano

La metodologia è stata applicata ai casi studio rispettando cinque fasi:

- fase 1, raccolta dei dati. La prima fase è dedicata alla raccolta delle indicazioni che caratterizzano il caso studio. La metodologia prevede la raccolta di tre categorie di informazioni:
 - dati geometrici caratterizzanti l'edificio, necessari per la realizzazione del modello digitale tridimensionale;
 - dati degli utenti, quali la tipologia di studenti, la loro distribuzione nelle aule, la caratterizzazione delle classi, , etc.;
 - dati di funzionamento, come il progetto pedagogico, la temporizzazione delle attività, la tipologia di accessi, etc.

Le informazioni raccolte in questa fase definiscono le condizioni di partenza;

- fase 2, definizione dei progetti di gestione, ovvero l'insieme delle indicazioni organizzativo-funzionali-distributive che caratterizzano la gestione degli spazi e il comportamento degli utenti. La seconda fase è suddivisa in due parti:
 - 2.1, definizione degli scenari verificabili da sottoporre ad analisi e verifica, quali:
 - condizioni ordinarie;
 - condizioni epidemiologiche;
 - evacuazione in caso di sisma;
 - evacuazione in caso di incendio;

- funzionamento come edificio strategico per la Protezione Civile;
- 2.2, definizione delle caratteristiche organizzative riguardanti:
 - percorsi degli utenti;
 - orari di utilizzo;
 - scaglionamento spaziale e temporale dell'utenza;
 - misure di distanziamento fisico;

L'unione del progetto di gestione alle condizioni di partenza definisce le condizioni di esercizio;

- fase 3, simulazione. Durante la terza fase, i dati rappresentativi del caso studio sono stati inseriti nel software per l'elaborazione dei dati e l'ottenimento degli *output* da verificare;
- fase 4, elaborazione e confronto dei risultati. Se il risultato ottenuto risulta conforme alle aspettative, il processo può considerarsi concluso. Al contrario, bisogna modificare il progetto di gestione o le condizioni di partenza.

Si riporta, di seguito, l'applicazione della metodologia ai casi studio e i relativi risultati, dalla raccolta dei dati di input alla verifica dei dati di output. Si ricorda che tra essi è presente il **global assessment value** (G), una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti effettuata dal software Pathfinder (Cfr. Capitolo 4).

Il valore di G è dato dall'espressione:

$$G = \sum_{k=1}^m k \times C_k$$

In cui:

C_k è la somma del tempo in cui ogni utente è in prossimità di altri k utenti;

k è il numero di utenti a cui il soggetto è esposto;

m è il numero massimo di utenti in prossimità.

5.1 I Circolo Didattico "G. Marconi" Plesso "A. Trincone"

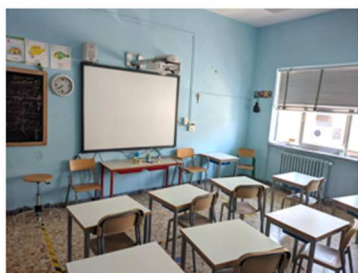


Figura 43. I Circolo Didattico "G. Marconi" Plesso "A. Trincone"

5.1.1 Fase 1, raccolta dei dati

Il I Circolo Didattico "G. Marconi" Plesso "A. Trincone" è ubicato nel comune di Pozzuoli, provincia di Napoli, in Via Costa D'Agnano. È destinato a scuola dell'infanzia e scuola primaria.

Per la caratterizzazione geometrica degli spazi sono state utilizzate le tavole tecniche fornite dall'Ufficio di protezione civile e Sicurezza del Territorio del Comune di Pozzuoli, previo sopralluogo per il controllo della corrispondenza con lo stato di fatto.

L'accesso al lotto avviene dal fronte strada tramite un ingresso pedonale e uno carrabile. Sulla sinistra è presente il fabbricato mentre sulla destra un campo sportivo all'aperto.

L'edificio consta di due piani fuori terra destinati alle attività didattiche e di un piano interrato con funzione di deposito, per un totale di circa 525 metri quadrati di superficie coperta.

Al piano terra sono presenti sei aule destinate alla scuola dell'infanzia (tre delle quali non in uso), due bagni e uno spazio per il personale tecnico e amministrativo.

Un'unica scala interna conduce al primo piano, dove sono presenti sette aule destinate alla scuola primaria, un'aula polifunzionale e due bagni.

Il collegamento tra l'edificio e l'esterno è garantito da due ingressi al piano terra, uno principale e uno d'emergenza, e uno al primo piano collegato ad una scala esterna a prova di fumo.

In concomitanza al sopralluogo per la verifica degli spazi, durante un confronto con la dirigente scolastica, la responsabile del plesso e il responsabile del personale ATA, sono state raccolte le informazioni di caratterizzazione degli utenti e di funzionamento del plesso.

Gli studenti sono divisi in dieci classi di cui, come detto, tre destinate alla scuola per l'infanzia e sette a scuola primaria, una delle quali a indirizzo sperimentale "Senza Zaino". Il numero degli studenti e la relativa suddivisione in aule sono riportati nella tabella 11.

In condizioni ordinarie le fasi di ingresso e uscita prevedono la movimentazione contemporanea degli studenti, senza differenziazioni temporali se non per le classi "a tempo prolungato" che pranzano in aula e proseguono le lezioni nel pomeriggio. In condizioni emergenziali, invece, al termine delle lezioni gli studenti si posizionano in fila indiana mantenendo il distanziamento fisico ed escono dalla struttura per classi e a scaglioni temporali gestiti dal responsabile del personale ATA.

Classe	Indirizzo	Numero di studenti	Aula	Codice identificativo software
A	Infanzia	16	Piano terra 1	I1
B	Infanzia	14	Piano terra 2	I2
C	Infanzia	18	Piano terra 3	I3
Non utilizzata	-	-	Piano terra 4	-
Non utilizzata	-	-	Piano terra 5	-
Non utilizzata	-	-	Piano terra 6	-
1A	Primaria	13	Piano primo 3	P3
2A	Primaria	16	Piano primo 4	P4
3A	Primaria	10	Piano primo 2	P2
3B	Primaria	12	Piano primo 1	P1
4A	Primaria	17	Piano primo 7	P7
5A	Primaria	16	Piano primo 5	P5
5B	Primaria	12	Piano primo 6	P6
Totale		144		

Tabella 11. Suddivisione degli alunni per classe e corrispondenza con le aule scolastiche.

5.1.2 Fase 2, definizione dei progetti di gestione

Delineate le condizioni di partenza, sono stati definiti gli scenari di studio e i relativi progetti di gestione. Lo studio ha individuato sei diversi scenari (tab. 12):

- due di funzionamento ordinario, uno in fase di ingresso e uno in uscita degli studenti dall'edificio;
- due in condizioni di distanziamento fisico nelle analoghe fasi di ingresso e uscita;
- due in condizione di distanziamento fisico, con controllo della temperatura corporea, distribuzione di grembiuli monouso e utilizzo di percorsi differenziati per classe di destinazione nelle medesime fasi.

	Condizione	Fase	Distanziamento fisico	Misure aggiuntive	Codice identificativo
Scenario 1	Ordinaria	Ingresso	Non rispettato	Non rispettato	I.N.N.
Scenario 2	Ordinaria	Uscita	Non rispettato	Non rispettato	U.N.N.
Scenario 3	Emergenziale	Ingresso	Rispettato	Non rispettato	I.R.N.
Scenario 4	Emergenziale	Ingresso	Rispettato	Rispettato	I.R.R.
Scenario 5	Emergenziale	Uscita	Rispettato	Non rispettato	U.R.N.
Scenario 6	Emergenziale	Uscita	Rispettato	Rispettato	U.R.R.

Tabella 12. Gli scenari da simulare, verificare e confrontare

5.1.3 Fase 3, simulazione

Definite le condizioni di esercizio, si è proceduto con la simulazione dei diversi scenari a partire dalle condizioni ordinarie, i cui risultati sono da considerarsi i dati base per il confronto dei successivi valori.

La ricerca ha analizzato i due momenti della giornata scolastica caratterizzati da forti spostamenti dinamici degli utenti e, di conseguenza, in cui è più difficile prevedere l'attendimento delle norme di contenimento del contagio: la fase di ingresso e quella di uscita dalla scuola.

Il software utilizzato per la simulazione è Pathfinder v.2023.1.

Per quanto riguarda la modellazione del primo scenario, la fase di ingresso in condizioni ordinarie (I.N.N.), per evitare qualunque interferenza, è stato escluso il comportamento tenuto dagli studenti prima di raggiungere il lotto scolastico e dopo l'ingresso in aula.

Gli *occupant*, la controparte virtuale degli utenti, sono stati caratterizzati definendo una velocità di spostamento secondo i dati della letteratura. Nello specifico, sono stati utilizzati i dati risultanti dallo studio di Cavagna per la fascia d'età compresa tra i 2 e i 12 anni d'età (variazione della velocità tra 0,78 e 1,39 m/s), in linea con i ragazzi che occupano il plesso "A. Trincone". Tramite l'interpolazione dei dati raccolti è stato possibile definire la velocità da attribuire agli alunni delle diverse classi tramite due diversi *profile*: il primo, attribuito agli alunni dell'infanzia con età media di 4 anni, è caratterizzato da una velocità pari a 0,90 m/s; il secondo, per gli alunni della primaria con età media di 8 anni, presenta una velocità pari a 1,14 m/s.

L'ingresso degli *occupant* è gestito da *occupant sources* con *flow rate* randomico che associa automaticamente il *profile* e il *behavior*, ovvero l'insieme delle indicazioni da rispettare durante il movimento. Per questo scenario sono stati progettati 10 diversi *behavior* a seconda dell'aula di destinazione.

Per assicurarsi che l'assegnazione di *profile* e *behavior* fosse randomica per l'ingresso nella simulazione ma non casuale nell'attribuzione, è stato definito il numero massimo di *occupant* da generare, le percentuali di assegnazione dei due diversi profili e quelle di corrispondenza tra *profile* e *behavior* (fig. 44).

Spawn1Infanzia
☒ Visible

X Bounds: 9,60 m, 9,60 m
 Y Bounds: 0,74 m, 1,55 m
 Z Bounds: 0,00 m, 0,00 m

Occupant Count: 16

Flow Rate: From Table [<edit>](#)
 Enforce Flow Rate: Yes
 Occupant Locations: [<random>](#)

Profile: [Condizioni ordinarie infan...](#)
 Behavior: [37,5% I3; 31,3% I1; 31,3% I2](#)
 Component: [Ingresso1](#)

Profile

%	Profile
0,0	Condizioni emergenza_infanzia
0,0	Condizioni emergenza_primaria
100,0	Condizioni ordinarie_infanzia
0,0	Condizioni ordinarie_primaria

Total distribution: 100,0%

Clear... Distribute Evenly...

☐ Display only non-zero rows
☐ Show group labels

OK Cancel

Behavior

%	Behavior
31,25	I1
31,25	I2
37,5	I3
0,0	P1
0,0	P2
0,0	P3
0,0	P4
0,0	P5
0,0	P6
0,0	P7

Total distribution: 100,0%

Clear... Distribute Evenly...

☐ Display only non-zero rows
☐ Show group labels

OK Cancel

Movement Group Template: Ungrouped

Emit at Max. Velocity: No
☐ Initial Orient: [0,0°, 360,0°]

Figura 44. Caratterizzazione di una occupant sources destinata alla simulazione del comportamento di bambini della scuola dell'infanzia.

Le stesse accortezze sono state utilizzate anche per gli altri scenari. In fase di uscita in condizioni ordinarie (scenario 2 U.N.N.), per evitare le interazioni non desiderate, le *occupant sources* sono state inserite in corrispondenza delle porte delle aule mentre le *exit* sul perimetro del lotto. I *profile* assegnati sono i medesimi dello scenario 1 ma cambiano i *behavior*, ridotti a un unico comportamento condiviso che induce gli *occupant* all'uscita.

In entrambi gli scenari, l'unico percorso disponibile passa per l'entrata principale dell'edificio, come previsto dall'organizzazione scolastica.

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati analizzati e comparati utilizzando il *global assessment value* e la *maximum social usage*, ovvero un dato quantitativo ottenuto dalla *proximity analysis* e un dato qualitativo degli *occupant contour*, come indicato nel Capitolo 4.

Per lo scenario 1 risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 81,9 minuti con un assembramento massimo (m+1) di 5 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 47,9 minuti. Il piano terra è caratterizzato da zone in cui l'assembramento varia considerevolmente mentre al primo piano viene sempre mantenuto il distanziamento fisico (fig. 50).

Per lo scenario 2 risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 1923,8 minuti con un assembramento massimo (m+1) di 42 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 0,4 minuti. Sia il piano terra che il primo piano risultano interessati in maniera cospicua da problemi di affollamento e assembramento (fig. 51).

Ottenuti i dati di riferimento dallo scenario ordinario, è possibile procedere con la simulazione degli scenari di funzionamento in condizioni pandemiche. La metodologia, in accordo con lo scenario ordinario, prevede l'eliminazione delle interferenze che si sviluppano all'esterno del lotto e all'interno dell'aula. Sono stati valutati quattro diversi scenari:

Per lo scenario 3, fase di ingresso in condizioni di emergenza con il rispetto del distanziamento fisico (I.R.N.), *occupant sources* e *behaviour* sono gli stessi dello scenario 1 (I.N.N.). Ciò che è stato modificato sono i *profile* che, sempre diversificati in "infanzia" e "primaria", includono l'opzione per il mantenimento del distanziamento fisico (fig. 45).

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 78,8 minuti con un assembramento massimo (m+1) di 5 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 122,4 minuti. Dai grafici è possibile osservare che in questo caso al piano terra le zone di assembramento risultano quasi assenti e che i punti di maggiore criticità risultano essere l'ingresso alla struttura e la scala (fig. 52).

Nello scenario 4, fase di ingresso in condizioni di emergenza con il rispetto del distanziamento fisico e di misure aggiuntive (I.R.R.), *occupant sources* e *profile* sono gli stessi dello scenario 3 (I.R.N.). I *behavior*, invece, sono stati modificati per includere nel progetto di gestione percorsi differenziati in base all'aula di destinazione. La definizione dei nuovi *behavior*, quindi, è stata preceduta da una fase progettuale in cui a ogni aula è stato assegnato un percorso preferenziale a partire dall'ingresso al lotto, con lo scopo di dividere i flussi pedonali e diminuire gli assembramenti. Per ottenere risultati migliori, è stata effettuata la scelta di rifunionalizzare le uscite di emergenza come varchi di accesso, in modo tale da poter meglio diversificare i percorsi. Per la caratterizzazione dei *behavior* sono stati utilizzati *Waypoint* e *Obstacle*, strumenti in grado di produrre attrattori o barriere per gli *occupant* (fig. 46).

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 6,9 minuti con un assembramento massimo ($m+1$) di 3 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 131,8 minuti. Sia il piano terra che il primo piano risultano interessati in maniera cospicua da problemi di affollamento e assembramento (fig. 53).

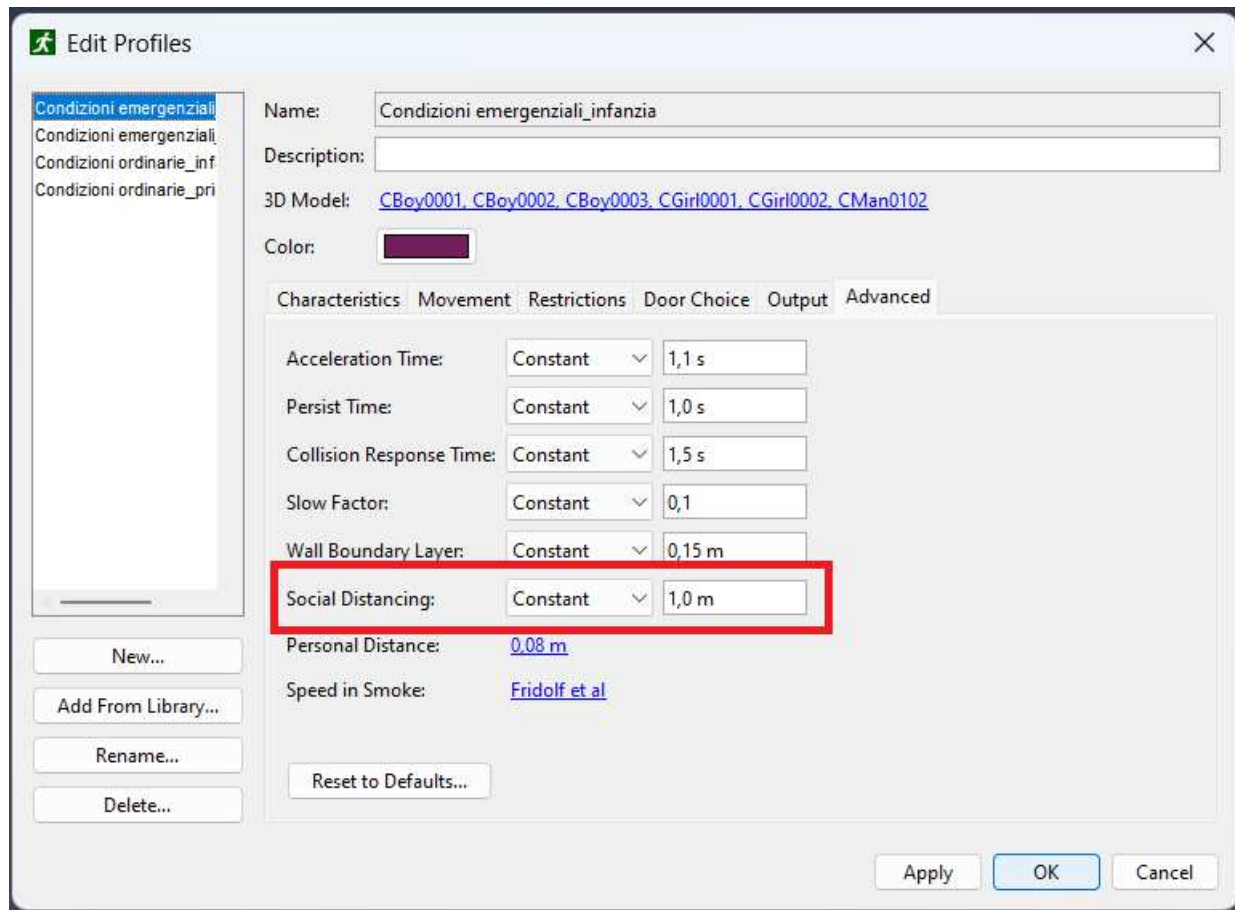


Figura 45. Opzioni avanzate per la caratterizzazione della controparte virtuale degli utenti nel software Pathfinder.

Lo scenario 5, fase di uscita in condizioni di emergenza (U.R.N.), è modellato utilizzando *occupant sources* e *behaviour* coincidenti con quello dello scenario 2 (U.N.N.) e i *profile* dello scenario 3 (I.R.N.), dovendo prevedere l'opzione per il mantenimento del distanziamento fisico.

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 6,9 minuti con un assembramento massimo ($m+1$) pari a 3 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 131,8 minuti. Sia il piano terra che il primo piano risultano interessati da zone di assembramento, sia in prossimità delle aule che negli spazi comuni (fig. 54).

Infine, per lo scenario 6, fase di uscita in condizioni di emergenza con il rispetto del distanziamento fisico e di misure aggiuntive (U.R.R.), *occupant sources* e *profile* sono gli stessi dello scenario 5 (U.R.N.), mentre i *behavior* sono stati modificati per permettere agli *occupant* di scegliere specifici percorsi in base al punto di destinazione e per scaglionare l'uscita dal punto di vista temporale. Infatti, il progetto di gestione per questo scenario prevede, oltre alla progettazione dei percorsi differenziati per classe, anche la temporizzazione delle uscite in modo da diminuire il flusso di utenti che contemporaneamente percorrono gli spazi comuni.

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 3,5 minuti con un assembramento massimo ($m+1$) pari a 3 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 149,6 minuti. Sia il piano terra sia il primo piano non presentano zone di assembramento (fig. 55).

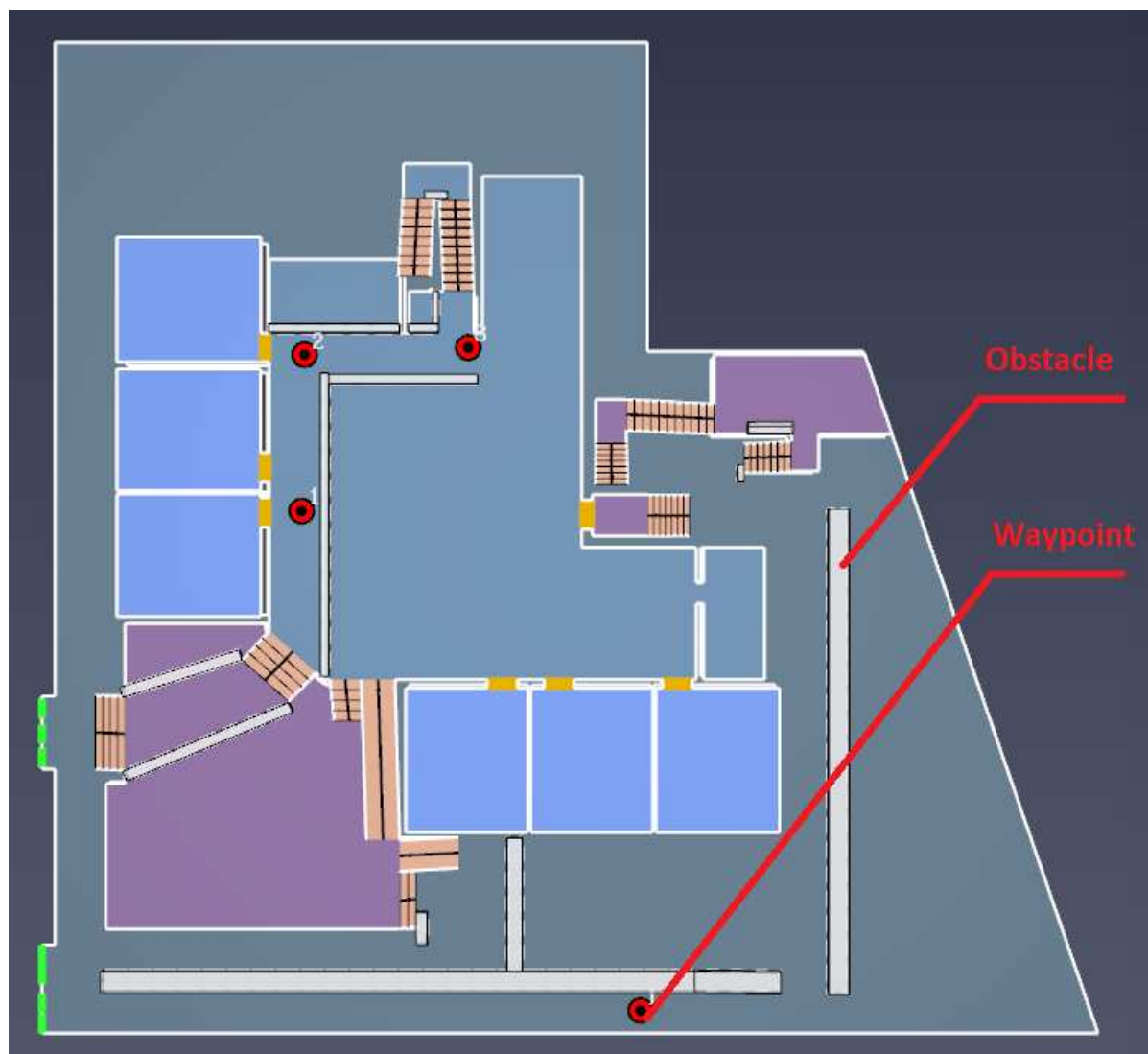


Figura 46. Inserimento di attrattori e barriere virtuali per la caratterizzazione del comportamento della controparte virtuale degli utenti nel software Pathfinder.

5.1.4 Fase 4, elaborazione e confronto dei risultati

Di seguito si riporta una comparazione dei risultati ottenuti, rispettivamente raccolti, analizzati e divisi in scenari in fase di ingresso e di uscita. Si sottolinea che i valori numerici ricavati dalle simulazioni non possono essere direttamente comparati, in quanto sommatorie di valori temporali, senza considerare il tempo totale delle simulazioni stesse che variano in base ai progetti di gestione applicati.

Per quanto riguarda i tre scenari della fase di ingresso (scenario 1 I.N.N., scenario 3 I.R.N. e scenario 4 I.R.R.), il tempo totale della simulazione passa da 352,0 secondi per le condizioni ordinarie, a 410,3 secondi con il mantenimento del distanziamento fisico, a 370,3 secondi con il progetto di gestione emergenziale completo (fig. 47).

Nei primi due scenari i valori di G sono assimilabili ma si nota un considerevole aumento del valore di C_0 , a dimostrazione dell'aumento del tempo in cui gli alunni sono a distanza di sicurezza. Nel terzo scenario è possibile apprezzare un notevole miglioramento dei dati con un tempo di contatto G che scende da 81,9 minuti a 6,9, un C_0 che aumenta da 47,9 a 131,8 minuti. Il miglioramento delle condizioni anticontagio è dimostrato anche dal raffronto qualitativo delle mappe del *maximum social usage*. Nel primo caso sono apprezzabili zone di colore giallo, arancione e rosso, in cui avvengono contatti tra gli utenti, condizione che scompare nel terzo scenario in cui tutti gli spazi attraversati risultano "verdi" e quindi percorsi in sicurezza (figg. 50, 52, 53).

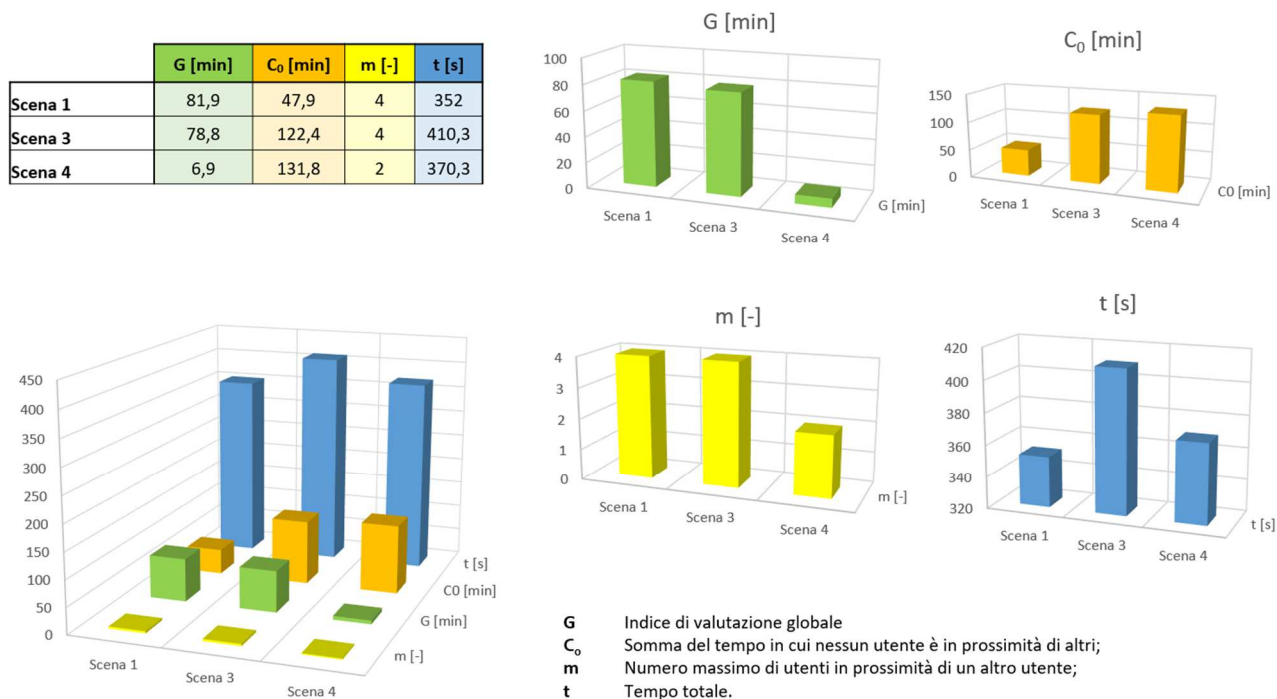


Figura 47. Elaborazione e confronto dei risultati degli scenari 1, 3 e 4.

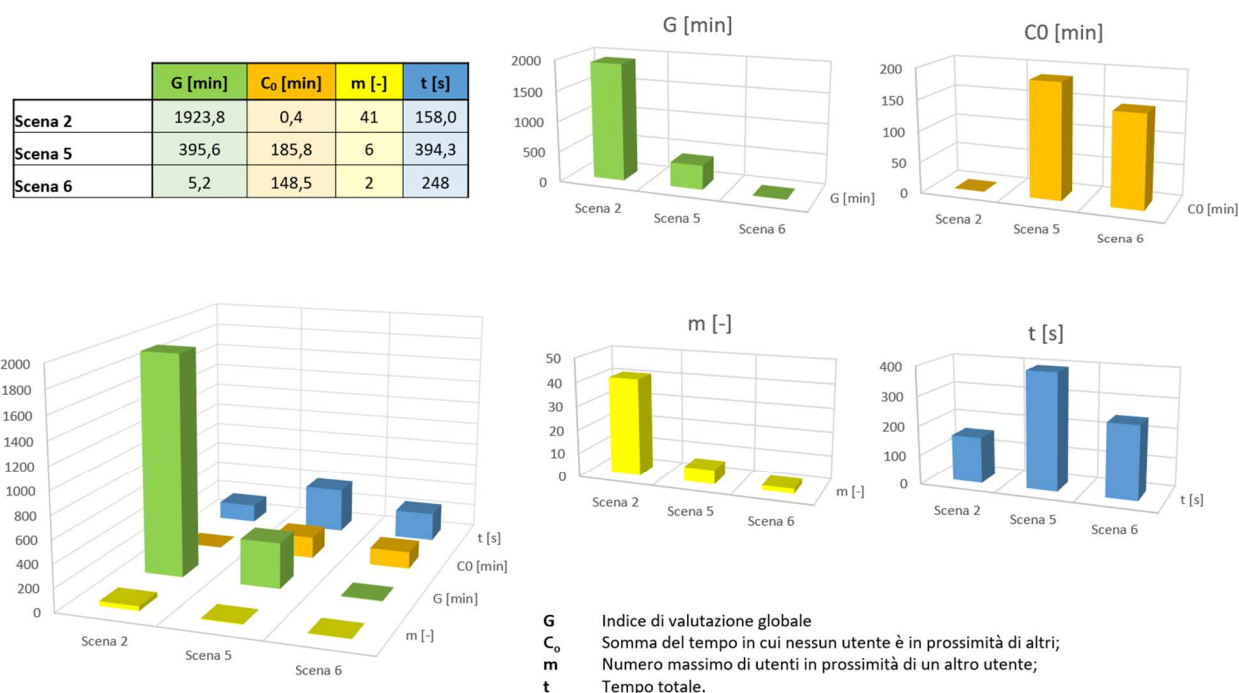


Figura 48. Elaborazione e confronto dei risultati degli scenari 2, 5 e 6.

Per i tre scenari della fase di uscita (scenario 2 U.N.N., scenario 5 U.R.N. e scenario 6 U.R.R.) il tempo totale della simulazione passa da 169,8 secondi per le condizioni ordinarie, a 407,9 secondi con il mantenimento del distanziamento fisico, a 252,0 secondi con il progetto di gestione emergenziale completo (fig. 48).

Nel secondo scenario il valore di G risulta particolarmente alto e l'applicazione del distanziamento fisico nel quinto scenario ne determina un notevole abbassamento (da 1923,8 a 395,6 minuti). Per il medesimo motivo il valore di C_0 aumenta. Nel sesto scenario è possibile apprezzare un notevole miglioramento dei dati con un tempo di contatto G che scende a 5,2 minuti, C_0 che aumenta a 148,5 ed m che scende da 41 a 2. Il miglioramento delle condizioni anticontagio è dimostrato anche dal raffronto qualitativo delle mappe del *maximum social usage* tramite le quali è possibile apprezzare il passaggio da uno scenario a forte probabilità di contagio (percorsi quasi completamente neri) a uno scenario in cui tutti gli spazi attraversati risultano "verdi" e quindi percorsi in sicurezza (figg. 52,54,55).

I dati riportati rappresentano i migliori risultati ottenuti dalla reiterazione del processo di analisi in ogni scenario come descritto nel paragrafo 4.2.1

In figura 49 è riportata la comparazione dei risultati applicando due diversi progetti di gestione allo scenario 6 (U.R.R.), che differiscono esclusivamente per lo scaglionamento temporale dell'orario di uscita delle classi.

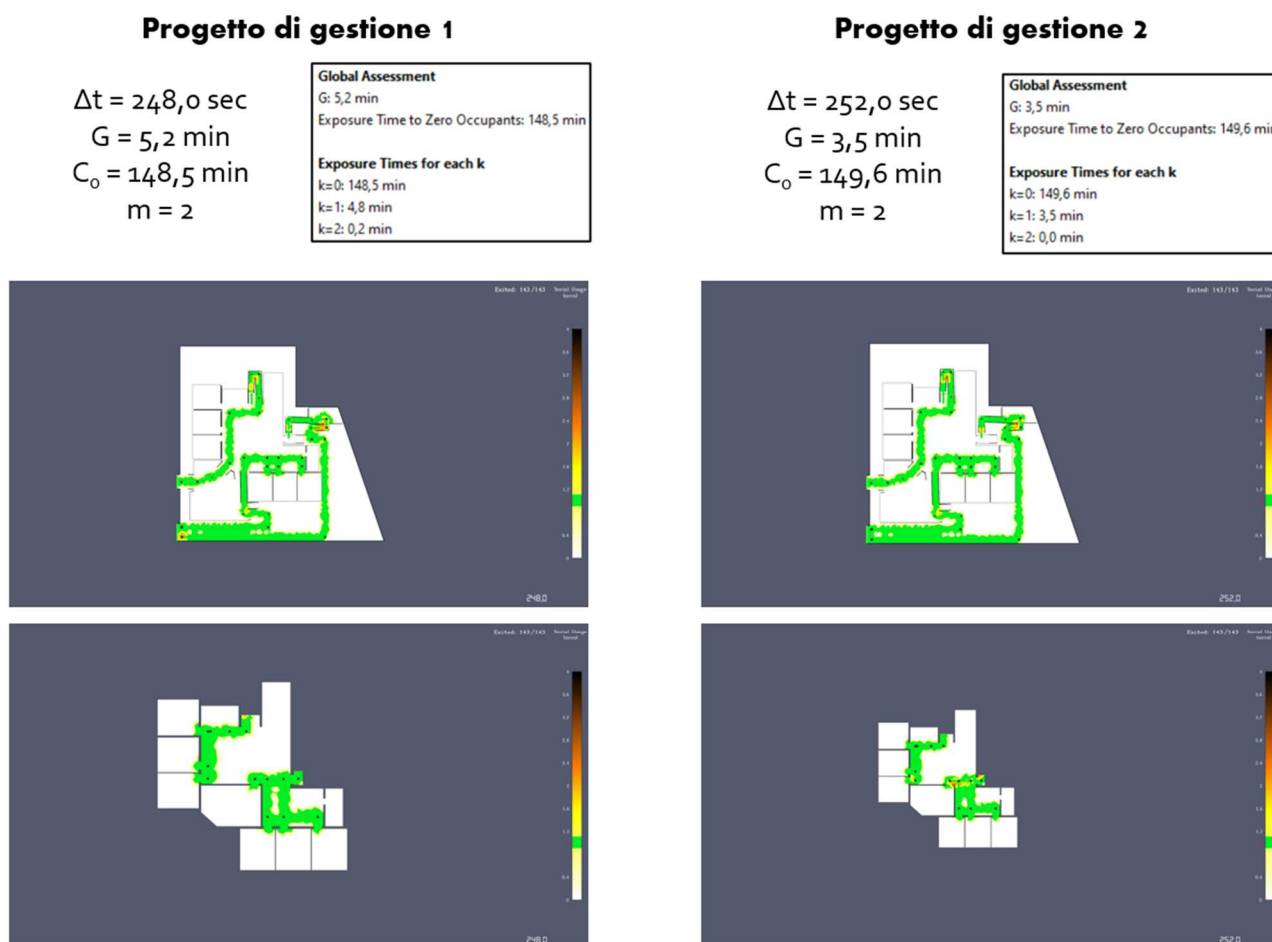


Figura 49. Confronto tra diverse soluzioni organizzative applicate al medesimo scenario di funzionamento.

Le mappe qualitative sono quasi del tutto sovrapponibili e nessuna delle due mostra particolari punti di criticità a meno dei pianerottoli della scala, dato attribuibile in parte anche alla gestione da parte del software.

Dai valori ottenuti tramite la *proximity analysis*, si nota che il tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) diminuisce da 5,2 minuti a 3,5 minuti, la somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) aumenta da 148,5 a 149,6 minuti, lasciando immutato il valore di m.

Se, quindi, già il progetto di gestione 1 risulta adeguato a mitigare il rischio di contagio rispetto a quello applicato nello scenario 3, è chiaro che l'analisi dinamica risulta essere uno strumento senza pari per la valutazione delle scelte organizzative e progettuali in quanto, senza di essa, non sarebbe stato possibile comparare i diversi progetti di gestione.

Global Assessment

G: 81,9 min

Exposure Time to Zero Occupants: 47,9 min

Exposure Times for each k

k=0: 47,9 min

k=1: 44,2 min

k=2: 14,0 min

k=3: 3,0 min

k=4: 0,1 min

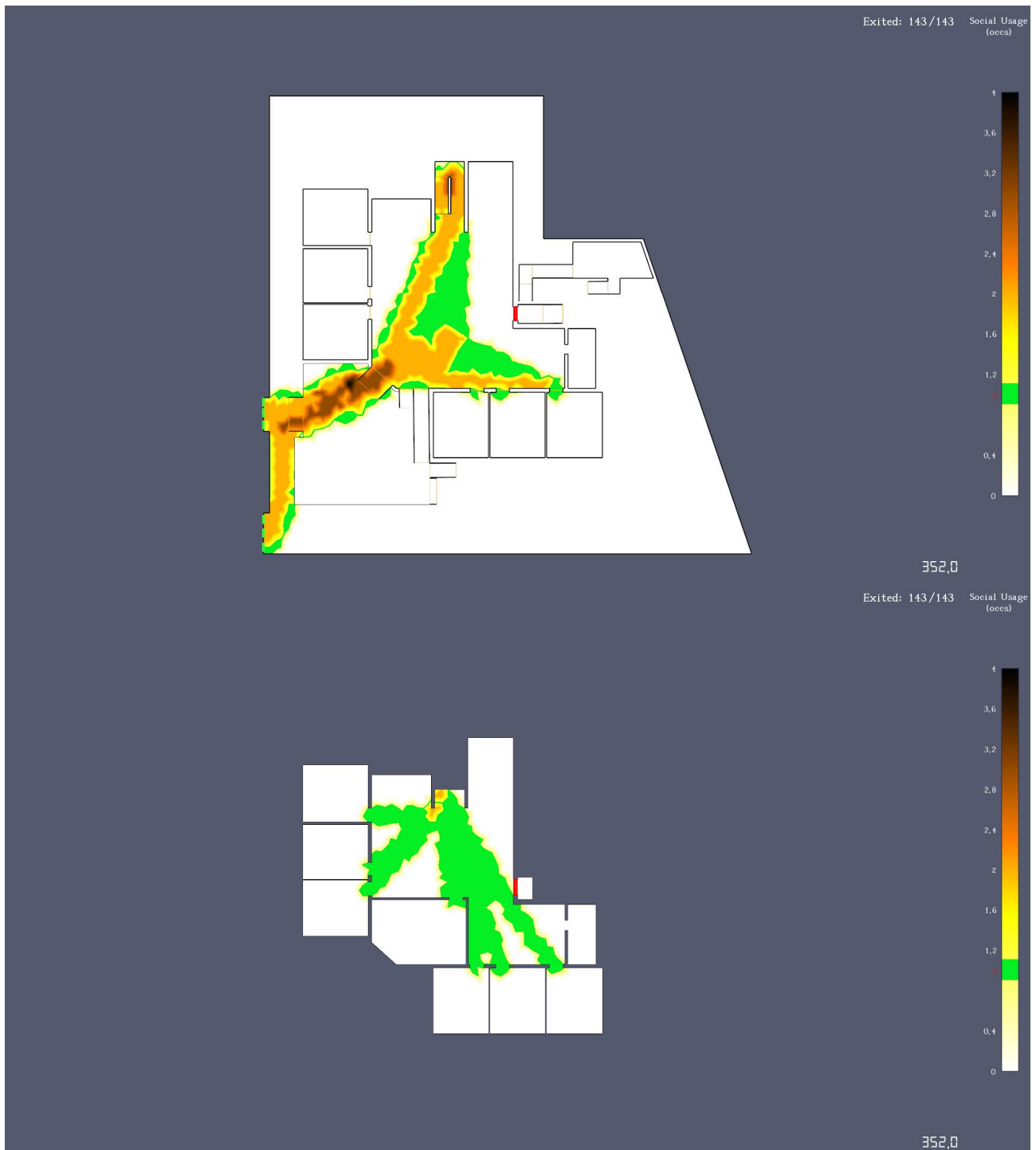


Figura 50. Output scenario 1.

Global Assessment

G: 1923,8 min

Exposure Time to Zero Occupants: 0,4 min

Exposure Times for each k

k=0: 0,4 min

k=1: 5,6 min

k=2: 32,5 min

k=3: 15,5 min

k=4: 10,2 min

k=6: 11,0 min k=17: 3,9 min k=30: 1,5 min k=41: 0,0 min

k=7: 12,6 min k=18: 3,7 min k=31: 1,4 min

k=8: 6,2 min k=19: 4,2 min k=32: 1,5 min

k=9: 4,3 min k=20: 2,8 min k=33: 1,5 min

k=10: 3,6 min k=21: 3,2 min k=34: 1,1 min

k=11: 3,2 min k=22: 2,8 min k=35: 0,8 min

k=12: 3,3 min k=23: 3,1 min k=36: 0,7 min

k=13: 3,1 min k=24: 2,9 min k=37: 0,6 min

k=14: 3,4 min k=25: 3,0 min k=38: 0,4 min

k=15: 3,9 min k=26: 2,0 min k=39: 0,1 min

k=16: 4,0 min k=27: 1,9 min k=40: 0,1 min

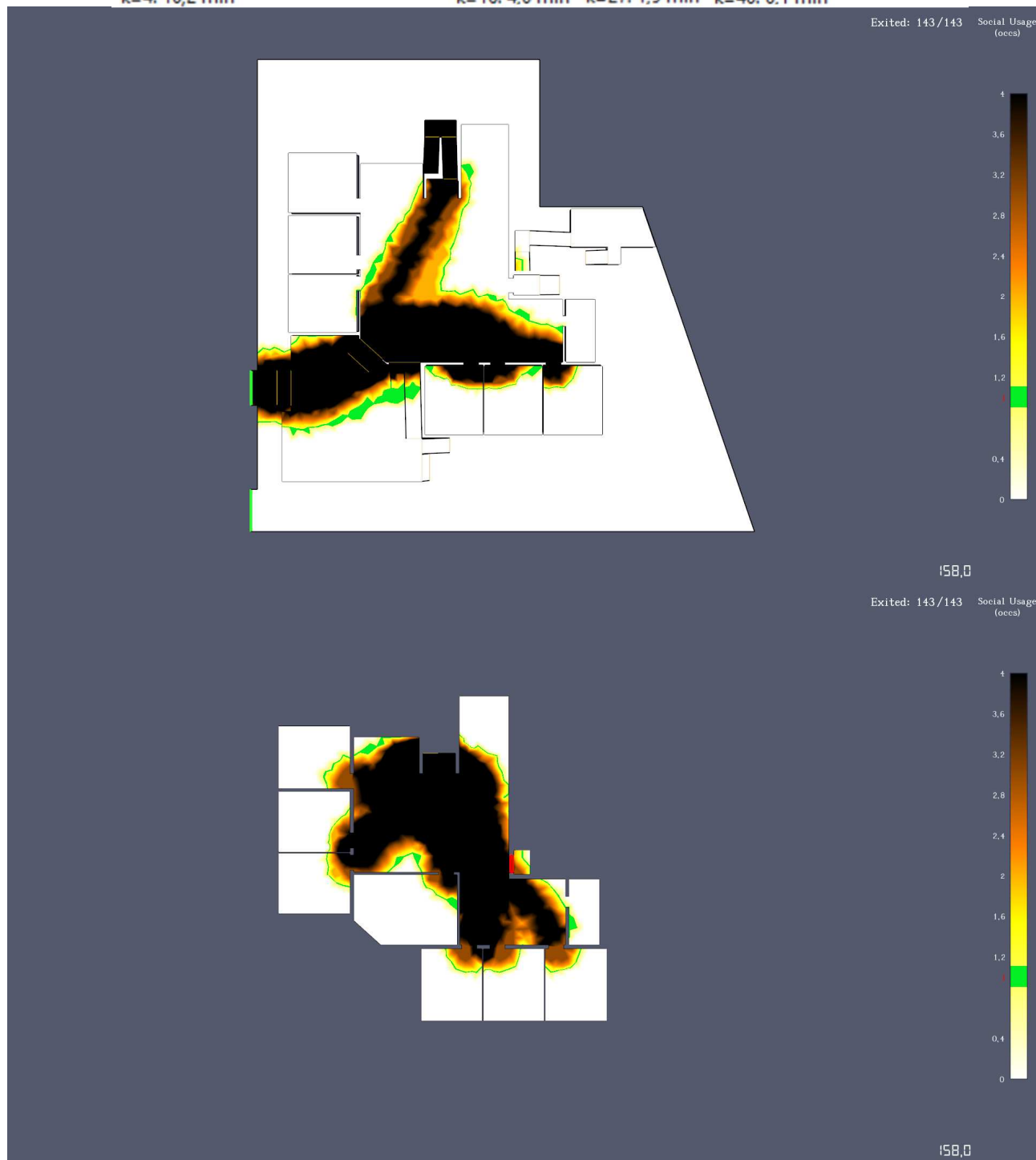


Figura 51. Output scenario 2.

Global Assessment

G: 78,8 min

Exposure Time to Zero Occupants: 122,4 min

Exposure Times for each k

k=0: 122,4 min

k=1: 34,6 min

k=2: 17,7 min

k=3: 2,5 min

k=4: 0,3 min

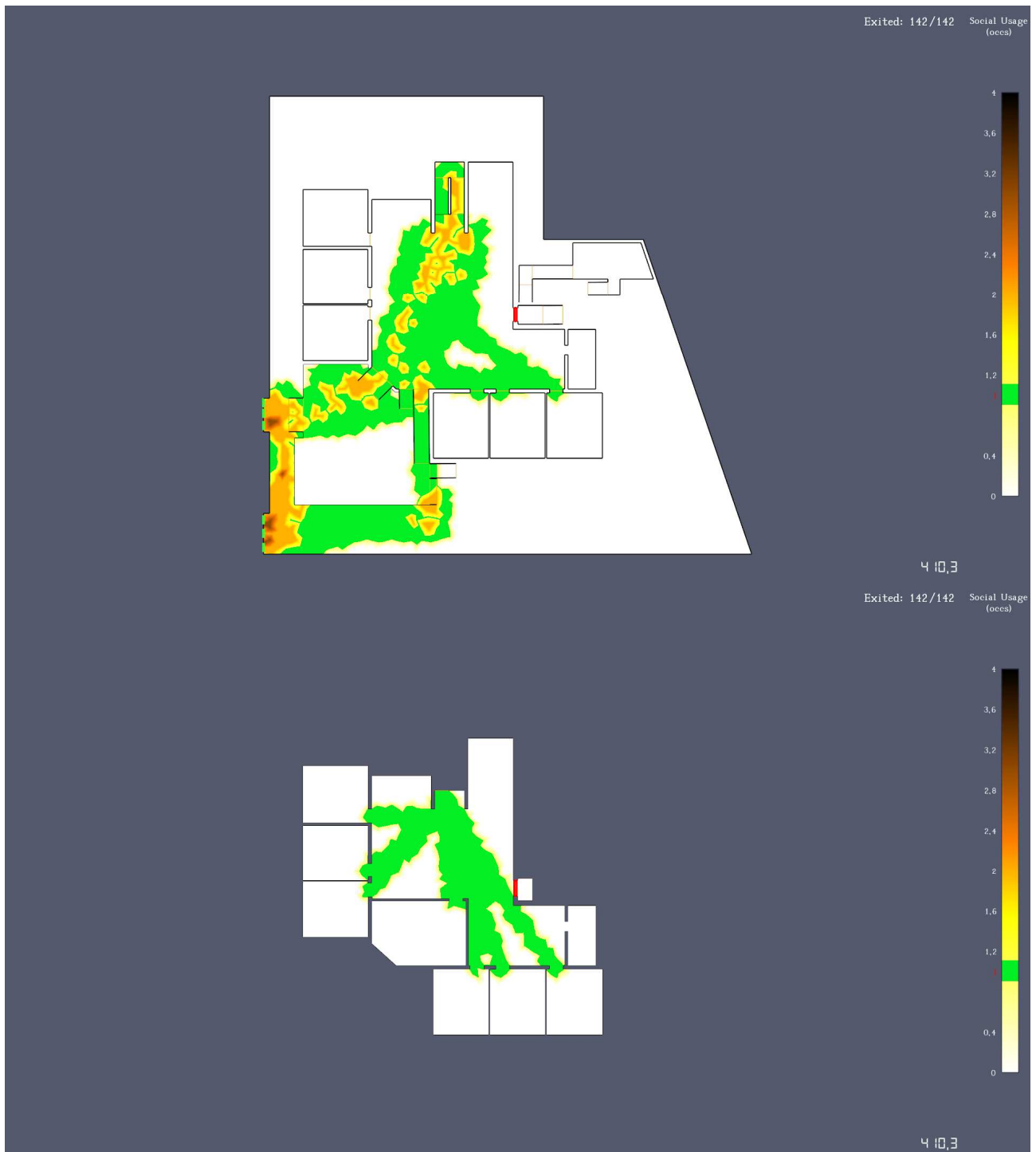


Figura 52. Output scenario 3.

Global Assessment

G: 6,9 min

Exposure Time to Zero Occupants: 131,8 min

Exposure Times for each k

k=0: 131,8 min

k=1: 5,6 min

k=2: 0,7 min

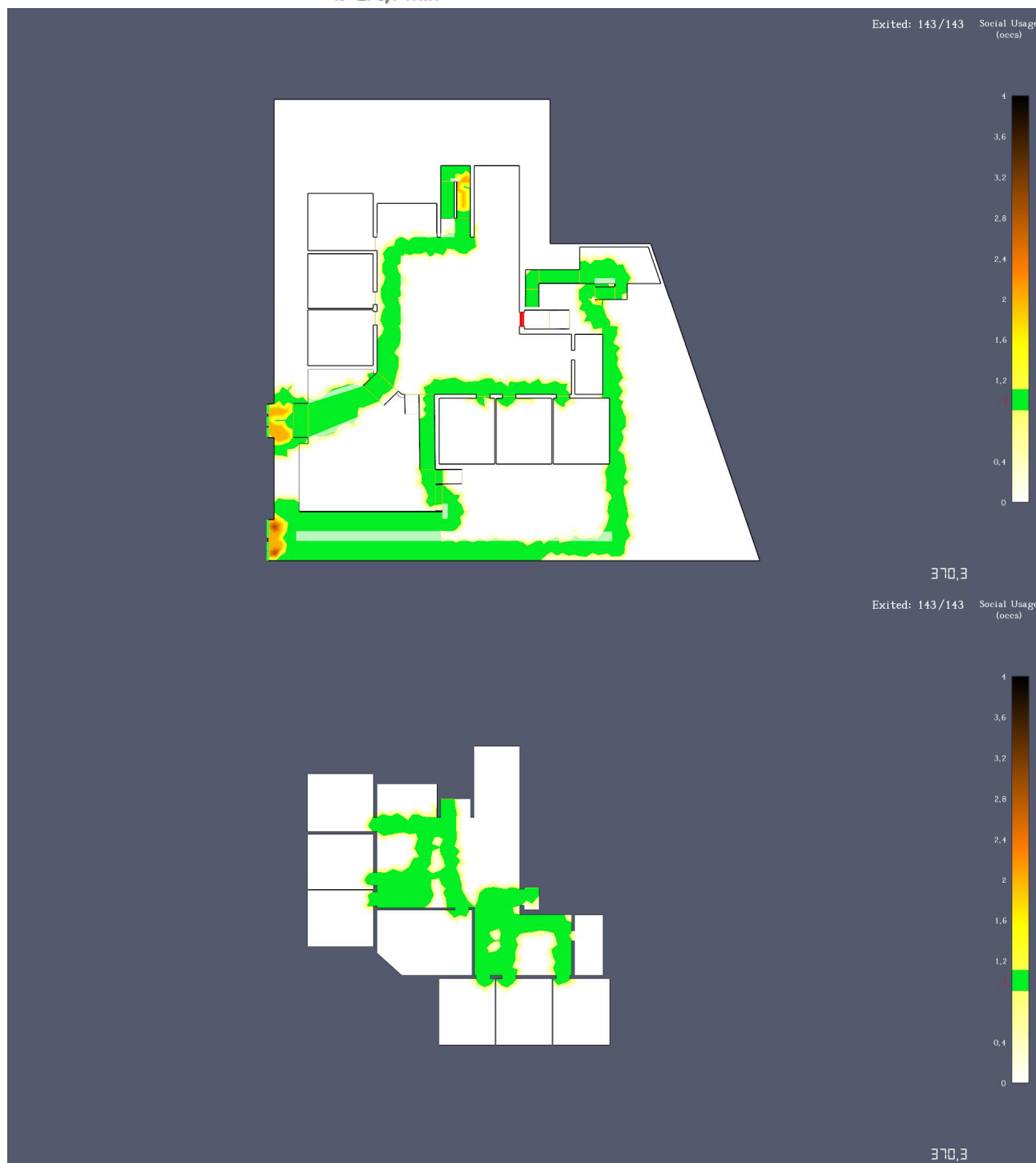


Figura 53. Output scenario 4.

Global Assessment

G: 395,6 min

Exposure Time to Zero Occupants: 185,8 min

Exposure Times for each k

k=0: 185,8 min

k=5: 0,3 min

k=1: 127,7 min

k=6: 0,1 min

k=2: 83,1 min

k=3: 26,8 min

k=4: 4,9 min

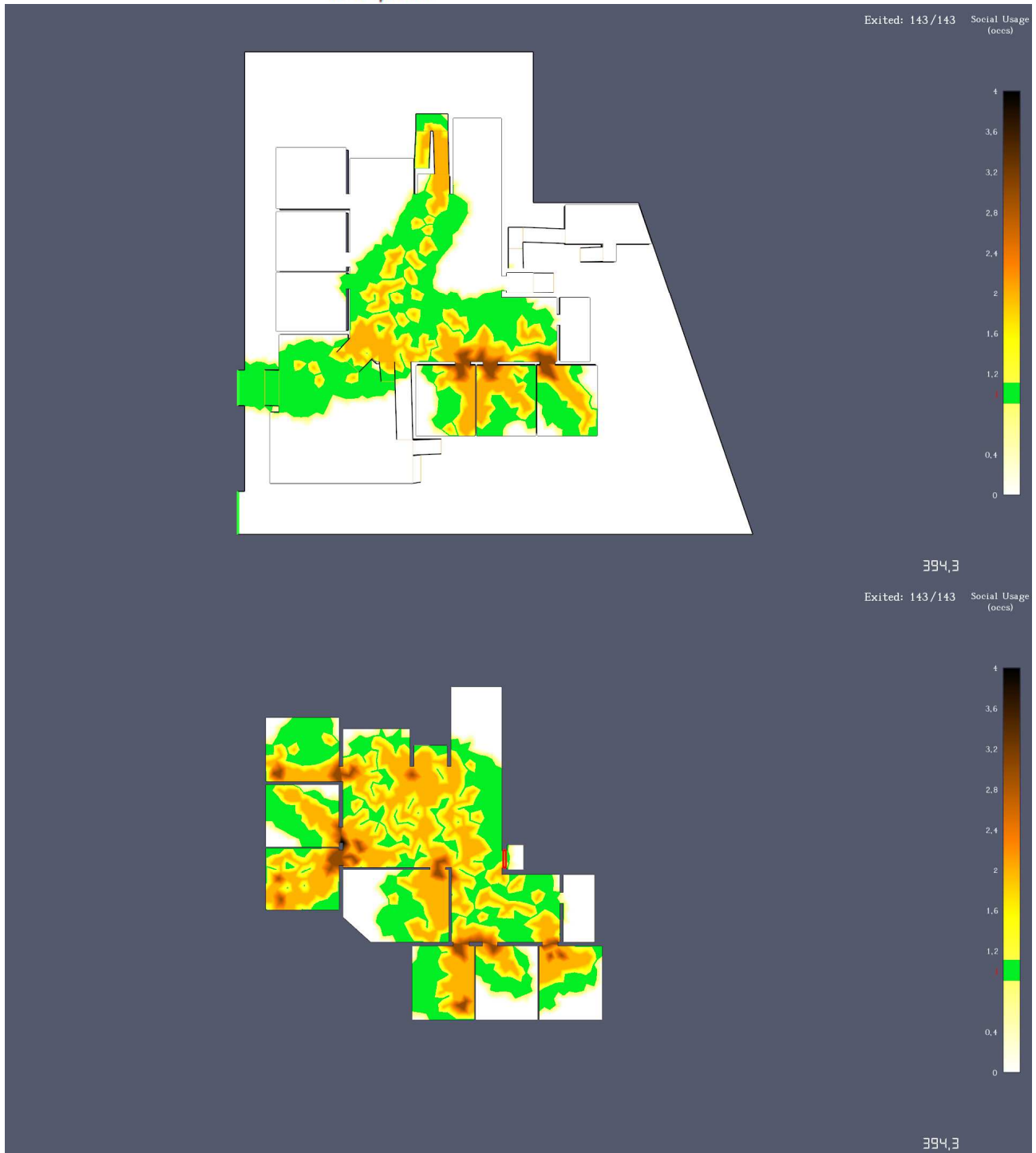


Figura 54. Output scenario 5.

Global Assessment

G: 3,5 min

Exposure Time to Zero Occupants: 149,6 min

Exposure Times for each k

k=0: 149,6 min

k=1: 3,5 min

k=2: 0,0 min

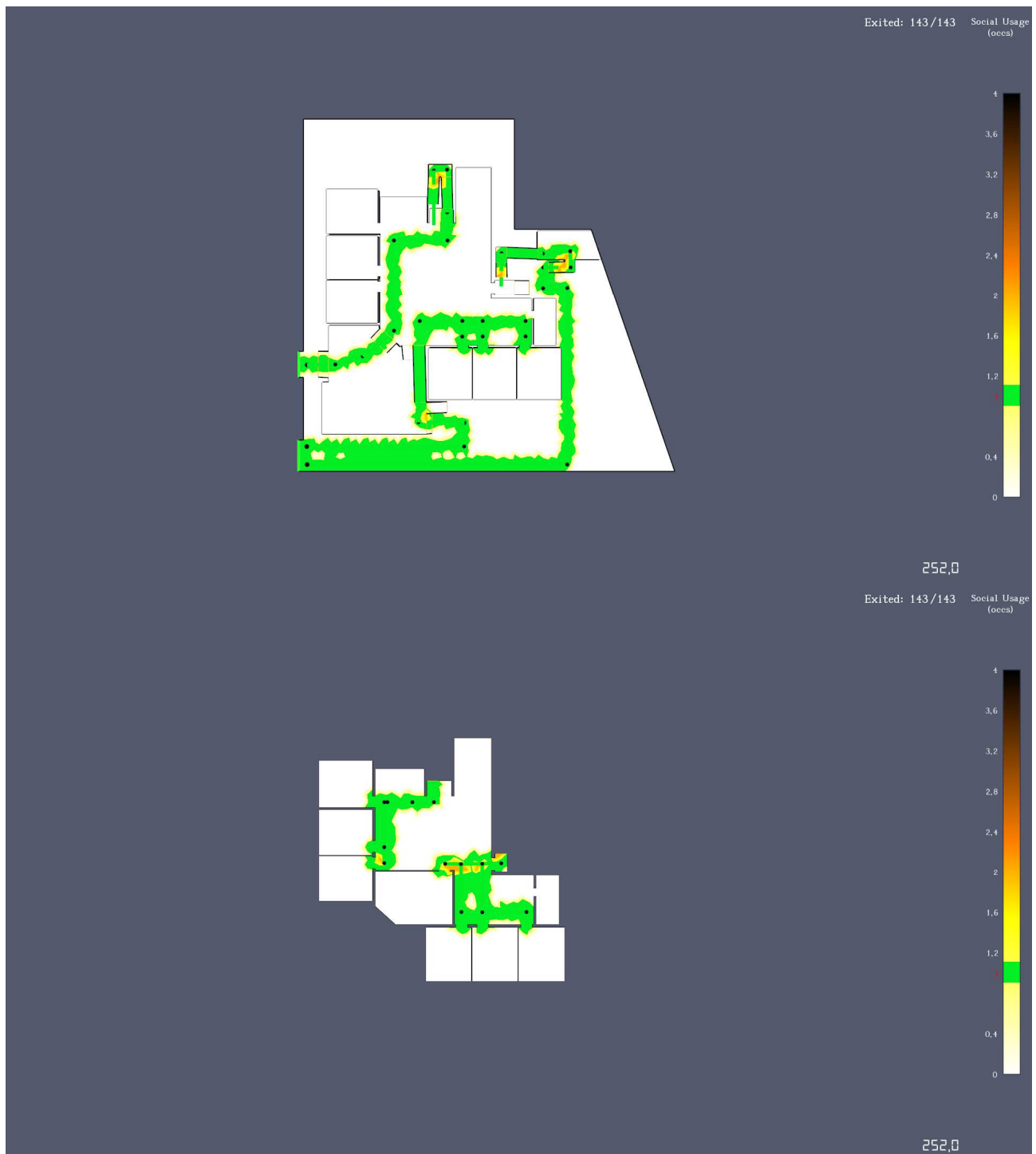


Figura 55. Output scenario 6.

5.2 Istituto Comprensivo Statale "A. Vespucci"



Figura 56. Istituto Comprensivo Statale "A. Vespucci"

5.2.1 Fase 1, raccolta dei dati

L'Istituto Comprensivo Statale "A. Vespucci" è ubicato nel comune di Monte di Procida, provincia di Napoli, in Corso Umberto I ed è destinato a scuola secondaria di primo grado.

Per la caratterizzazione geometrica degli spazi sono state utilizzate le tavole fornite dall'ufficio tecnico del Comune di Monte di Procida, previo sopralluogo per il controllo della corrispondenza con lo stato di fatto.

L'accesso al lotto avviene dal fronte strada tramite un unico ingresso pedonale. L'edificio consta di due piani fuori terra destinati alle attività didattiche e di un piano interrato con funzione di deposito, per un totale di circa 1.190 metri quadrati di superficie coperta.

Al piano terra sono presenti quattro aule per la didattica frontale, due bagni per gli studenti e uno per il personale, una biblioteca, tre laboratori, due aule polifunzionali, un palco, la segreteria, l'amministrazione e la presidenza.

È presente un'unica scala interna che conduce al primo piano, dove sono presenti sei aule per la didattica frontale, due bagni per gli studenti e uno per il personale.

Il collegamento tra l'edificio e l'esterno è garantito da un ingresso al piano terra e uno al primo piano collegato ad una scala esterna a prova di fumo.

In concomitanza al sopralluogo per la verifica degli spazi, durante un confronto con la dirigente scolastica, la direttrice dei servizi generali e amministrativi e il responsabile del personale ATA, sono state raccolte le informazioni di caratterizzazione degli utenti e di funzionamento del plesso.

Gli studenti sono divisi in dieci classi che seguono il medesimo progetto pedagogico. Il numero degli studenti e la relativa suddivisione in aule sono riportati nella tabella 13.

In condizioni ordinarie le fasi di ingresso e uscita prevedono la movimentazione contemporanea degli studenti, senza differenziazioni temporali. In condizioni emergenziali, invece, al termine delle lezioni gli studenti si posizionano in fila indiana mantenendo il distanziamento fisico ed escono dalla struttura per classi e a scaglioni temporali gestiti dal responsabile del personale ATA.

Classe	Indirizzo	Numero di studenti	Aula	Codice identificativo software
1B	Secondaria di II grado	14	Piano terra 5	1B
1C	Secondaria di II grado	23	Piano primo 4	1C
1D	Secondaria di II grado	20	Piano terra 3	1D
2B	Secondaria di II grado	13	Piano primo 6	2B
2C	Secondaria di II grado	24	Piano primo 1	2C
2D	Secondaria di II grado	21	Piano terra 4	2D
3B	Secondaria di II grado	22	Piano terra 2	3B
3C	Secondaria di II grado	19	Piano primo 2	3C
3D	Secondaria di II grado	22	Piano primo 5	3D
3G	Secondaria di II grado	20	Piano primo 3	3G
Totale		198		

Tabella 13. Suddivisione degli alunni per classe e corrispondenza con le aule scolastiche.

5.2.2 Fase 2, definizione dei progetti di gestione

Delineate le condizioni di partenza, sono stati definiti gli scenari di studio e i relativi progetti di gestione. Lo studio ha individuato otto diversi scenari (tab. 14):

- due di funzionamento ordinario, uno in fase di ingresso e uno in uscita degli studenti dall'edificio;
- due in condizione di distanziamento fisico, con controllo della temperatura corporea, distribuzione di grembiuli monouso e utilizzo di percorsi differenziati per classe di destinazione nelle medesime fasi;
- due con lo stesso progetto di gestione delle precedenti e, in aggiunta, scaglionamento temporale di ingresso o uscita;
- due con lo stesso progetto di gestione delle precedenti e, in aggiunta, lo sdoppiamento degli accessi.

	Condizione	Fase	Misure di mitigazione del contagio	Scaglionamento temporale	Doppio accesso	Codice identificativo
<i>Scenario 1</i>	Ordinaria	Ingresso	Non rispettato	Non rispettato	Non rispettato	I.N.N.N.
<i>Scenario 2</i>	Ordinaria	Uscita	Non rispettato	Non rispettato	Non rispettato	U.N.N.N.
<i>Scenario 3</i>	Emergenziale	Ingresso	Rispettato	Non rispettato	Non rispettato	I.R.N.N.
<i>Scenario 4</i>	Emergenziale	Ingresso	Rispettato	Rispettato	Non rispettato	I.R.R.N.
<i>Scenario 5</i>	Emergenziale	Ingresso	Rispettato	Rispettato	Rispettato	I.R.R.R.
<i>Scenario 6</i>	Emergenziale	Uscita	Rispettato	Non rispettato	Non rispettato	U.R.N.N.
<i>Scenario 7</i>	Emergenziale	Uscita	Rispettato	Rispettato	Non rispettato	U.R.R.N.
<i>Scenario 8</i>	Emergenziale	Uscita	Rispettato	Rispettato	Rispettato	U.R.R.R.

Tabella 14. Gli scenari da simulare, verificare e confrontare

5.2.3 Fase 3, simulazione

Definite le condizioni di esercizio, si è proceduto con la simulazione dei diversi scenari partendo dalle condizioni ordinarie, i cui risultati sono da considerarsi i dati base per il confronto dei successivi valori.

La ricerca ha analizzato i due momenti della giornata scolastica caratterizzati da forti spostamenti dinamici degli utenti e, di conseguenza, in cui è più difficile prevedere l'attendimento delle norme di contenimento del contagio: la fase di ingresso e quella di uscita dalla scuola.

Il software utilizzato per la simulazione è Pathfinder v.2023.1.

Per quanto riguarda la modellazione del primo scenario, la fase di ingresso in condizioni ordinarie (I.N.N.N.), per evitare ogni qual tipo di interferenza, è stato escluso il comportamento tenuto dagli studenti prima di raggiungere il lotto scolastico e dopo l'ingresso in aula.

Gli *occupant*, la controparte virtuale degli utenti, sono stati caratterizzati definendo una velocità di spostamento secondo i dati della letteratura. Nello specifico, sono stati utilizzati i dati risultanti dallo studio di Simeunović per la fascia d'età compresa tra i 10 e i 15 anni d'età (variazione della velocità tra 1,458 e 1,621 m/s), in linea con i ragazzi dell'I.C.S. "A. Vespucci". Tramite l'interpolazione dei dati raccolti è stato possibile definire la velocità da attribuire agli alunni delle diverse classi tramite quattro diversi *profile*: il primo, attribuito agli alunni maschi del primo e secondo anno, è caratterizzato da una velocità pari a 1,458 m/s; il secondo per gli alunni femmina del primo e secondo anno, velocità pari a 1,516 m/s; il terzo per gli alunni maschi del terzo anno, velocità pari a 1,561 m/s; il quarto, per gli alunni femmina del terzo anno, velocità paria a 1,621 m/s.

L'ingresso degli *occupant* è gestito da *occupant sources* con *flow rate* randomico che associa automaticamente il *profile* e il *behavior*, ovvero l'insieme delle indicazioni da rispettare durante il movimento. Per questo scenario sono stati progettati 10 diversi *behavior* a seconda dell'aula di destinazione.

Per assicurarsi che l'assegnazione di *profile* e *behavior* fosse randomica per l'ingresso nella simulazione ma non casuale nell'attribuzione, è stato definito il numero massimo di *occupant* da generare, le percentuali di assegnazione dei due diversi profili e quelle di corrispondenza tra *profile* e *behavior*.

Le stesse accortezze sono state utilizzate anche per gli altri scenari. In fase di uscita nelle condizioni ordinarie (scenario 2 U.N.N.N), per evitare le interazioni non desiderate, le *occupant sources* sono state inserite in corrispondenza delle porte delle aule mentre le *exit* sul perimetro del lotto. I *profile* assegnati sono i medesimi dello scenario 1 ma cambiano i *behavior*, ridotti a un unico comportamento condiviso che induce gli *occupant* all'uscita.

In entrambi gli scenari, l'unico percorso disponibile passa per l'entrata principale dell'edificio, come previsto dall'organizzazione scolastica.

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati analizzati e comparati utilizzando il *global assessment value* e la *maximum social usage*, ovvero un dato quantitativo ottenuto dalla *proximity analysis* e un dato qualitativo degli *occupant contour*, come indicato nel Capitolo 4.

Per lo scenario 1 risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 207,3 minuti con un assembramento massimo (m+1) di 6 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C₀) pari a 46,8 minuti. Il piano terra è caratterizzato da zone in cui l'assembramento risulta quasi costantemente caratterizzato da gruppi di 3 o più utenti mentre al primo piano questo valore scende a 2 (fig. 60).

Per lo scenario 2 risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 236,3 minuti con un assembramento massimo ($m+1$) di 10 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 45,7 minuti. Sia il piano terra che il primo piano risultano interessati ad assembramenti di 3 o più utenti (fig. 61).

Ottenuti i dati di riferimento dallo scenario ordinario, è possibile procedere con la simulazione degli scenari di funzionamento in condizioni pandemiche. La metodologia, in accordo con lo scenario ordinario, prevede l'eliminazione delle interferenze che si sviluppano all'esterno del lotto e all'interno dell'aula.

Per lo scenario 3, fase di ingresso in condizioni di emergenza con il rispetto del distanziamento fisico (I.R.N.N.), le *occupant sources* sono le stesse dello scenario 1 (I.N.N.N) mentre i *behaviour* aumentano a 16 per includere le aule della didattica *blended* e includono le indicazioni per i controlli all'accesso. I *profile*, sempre diversificati per sesso ed età, includono l'opzione per il mantenimento del distanziamento fisico.

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 25462,1 minuti con un assembramento massimo ($m+1$) di 20 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 102,9 minuti. Dai grafici è possibile osservare che il tempo di attesa per lo svolgimento delle attività di accesso in sicurezza causa un notevole assembramento all'ingresso (fig. 62).

Nello scenario 4, fase di ingresso in condizioni di emergenza con scaglionamento temporale dell'ingresso (I.R.R.N), *profile* e *behavior* sono gli stessi dello scenario 3 (I.R.N.N.). Le *occupant sources*, invece, sono state modificate per includere la temporizzazione delle attività allo scopo di diminuire l'assembramento in ingresso (fig. 57).

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 5444,6 minuti con un assembramento massimo ($m+1$) di 14 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 141,6 minuti. Il grafico del piano terra mostra ancora la presenza di assembramento all'ingresso della struttura (fig. 63).

Lo scenario 5, fase di ingresso in condizioni di emergenza con sdoppiamento degli accessi (I.R.R.R), *occupant sources* e *profile* sono gli stessi dello scenario 4 (I.R.R.N.). I *behavior*, invece, sono stati modificati per dividere gli alunni tra i due accessi. La definizione dei nuovi *behavior*, quindi, è stata preceduta da una fase progettuale in cui a ogni aula è stato assegnato un percorso e un accesso preferenziale a partire dall'ingresso al lotto, con lo scopo di dividere i flussi pedonali e diminuire gli assembramenti.

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 9,1 minuti con un assembramento massimo ($m+1$) di 2 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 242,4 minuti. Sia il grafico del piano terra che del primo piano non mostrano zone di contatto tra gli utenti a esclusione di elementi puntuali in prossimità degli accessi, circostanza dovuta alla gestione da parte del software (fig. 64).

Nello scenario 6, fase di uscita in condizioni di emergenza (U.R.N.N.), *occupant sources* e *behaviour* coincidono con quelli dello scenario 2 (U.N.N.N.), mentre i *profile* con quelli dello scenario 3 (I.R.N.N.) dovendo prevedere l'opzione per il mantenimento del distanziamento fisico.

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 4661,7 minuti con un assembramento massimo ($m+1$) di 14 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 106,0 minuti. Sia il piano terra che il primo piano risultano interessati da zone di assembramento, che si massimizzano nell'atrio della scuola (fig. 65).

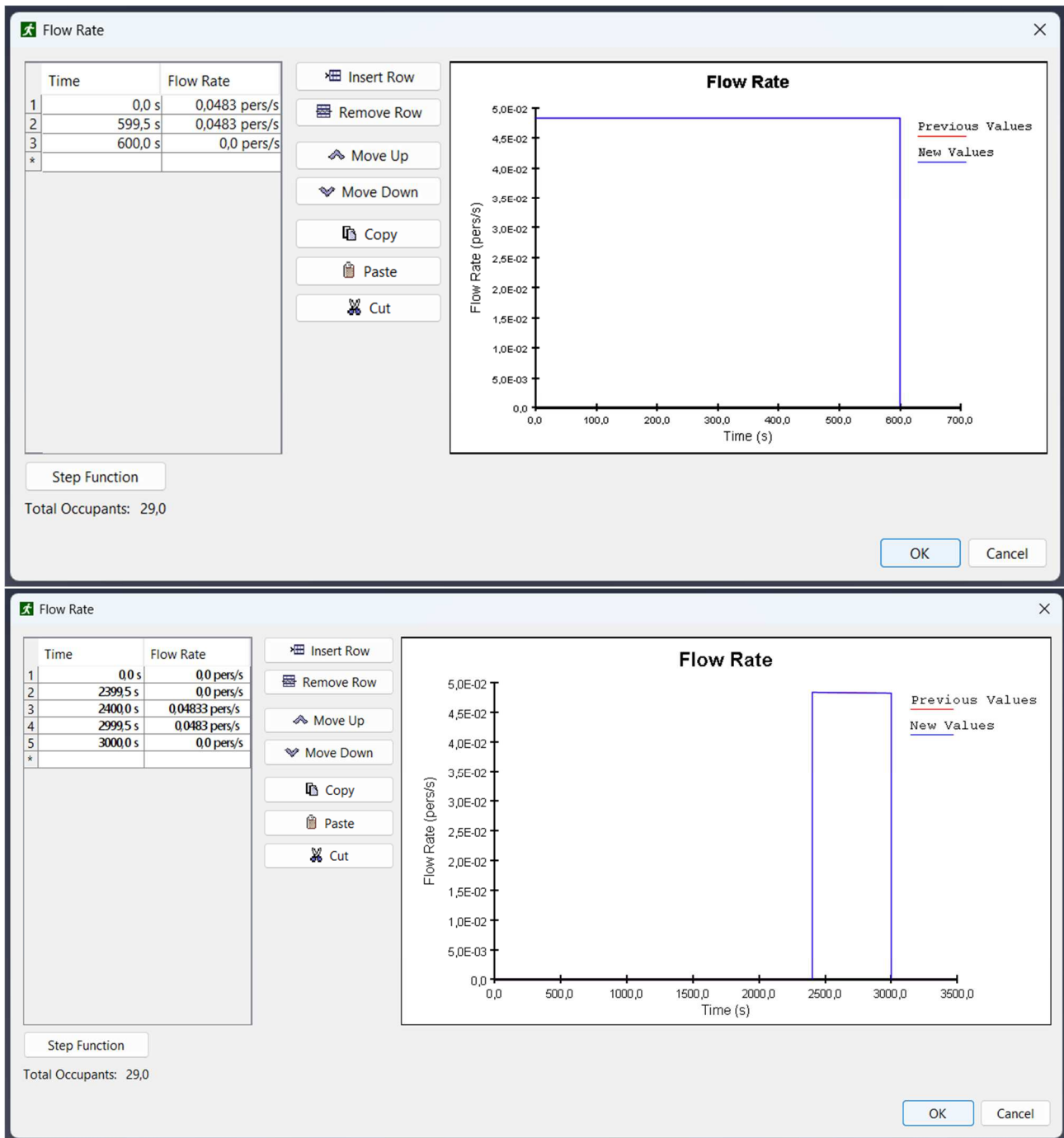


Figura 57. Confronto tra il flow rate delle classi prime in condizioni ordinarie (sopra) e con scaglionamento degli ingressi (sotto)

Per lo scenario 7, fase di uscita in condizioni di emergenza con scaglionamento temporale (U.R.R.N.), *profile e behavior* sono gli stessi dello scenario 6 (U.R.N.N.). Le *occupant sources*, invece, sono state modificate per includere la temporizzazione delle attività allo scopo di diminuire l'assembramento in uscita.

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 114,8 minuti con un assembramento massimo ($m+1$) di 4 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 135,0 minuti. Sia il piano terra che il primo piano presentano zone di assembramento diffuse e costanti con gruppi di 2-3 utenti (fig. 66).

Infine, lo scenario 8, fase di uscita in condizioni di emergenza con sdoppiamento degli accessi U.R.R.R), *occupant sources* e *profile* sono gli stessi dello scenario 7 (U.R.R.N.). I *behavior*, invece, sono stati modificati per dividere gli alunni tra i due accessi. La definizione dei nuovi *behavior*, quindi, è stata preceduta da una fase progettuale in cui a ogni aula sono stati assegnati un percorso e un'uscita preferenziale a partire dall'aula, con lo scopo di dividere i flussi pedonali e diminuire gli assembramenti.

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 12,3 minuti con un assembramento massimo (m+1) di 3 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C₀) pari a 199,9 minuti. Sia il grafico del piano terra che del primo piano non mostrano criticità (fig. 67).

5.2.4 Fase 4, elaborazione e confronto dei risultati

Di seguito si riporta una comparazione dei risultati ottenuti, rispettivamente raccolti, analizzati e divisi in scenari in fase di ingresso e di uscita. Si sottolinea che i valori numerici ricavati dalle simulazioni non possono essere direttamente comparati, in quanto sommatorie di valori temporali, senza considerare il tempo totale delle simulazioni stesse che variano in base ai progetti di gestione applicati.

Per quanto riguarda i quattro scenari della fase di ingresso (scenario 1 I.N.N.N., scenario 3 I.R.N.N. scenario 4 I.R.R.N. e scenario 5 I.R.R.R.), il tempo totale della simulazione passa da 372,8 secondi per le condizioni ordinarie, a 3462,8 secondi con il rispetto delle procedure per la mitigazione del contagio, a 4070,5 secondi con lo scaglionamento orario, a 3065,5 secondi con lo sdoppiamento degli accessi (fig. 58).

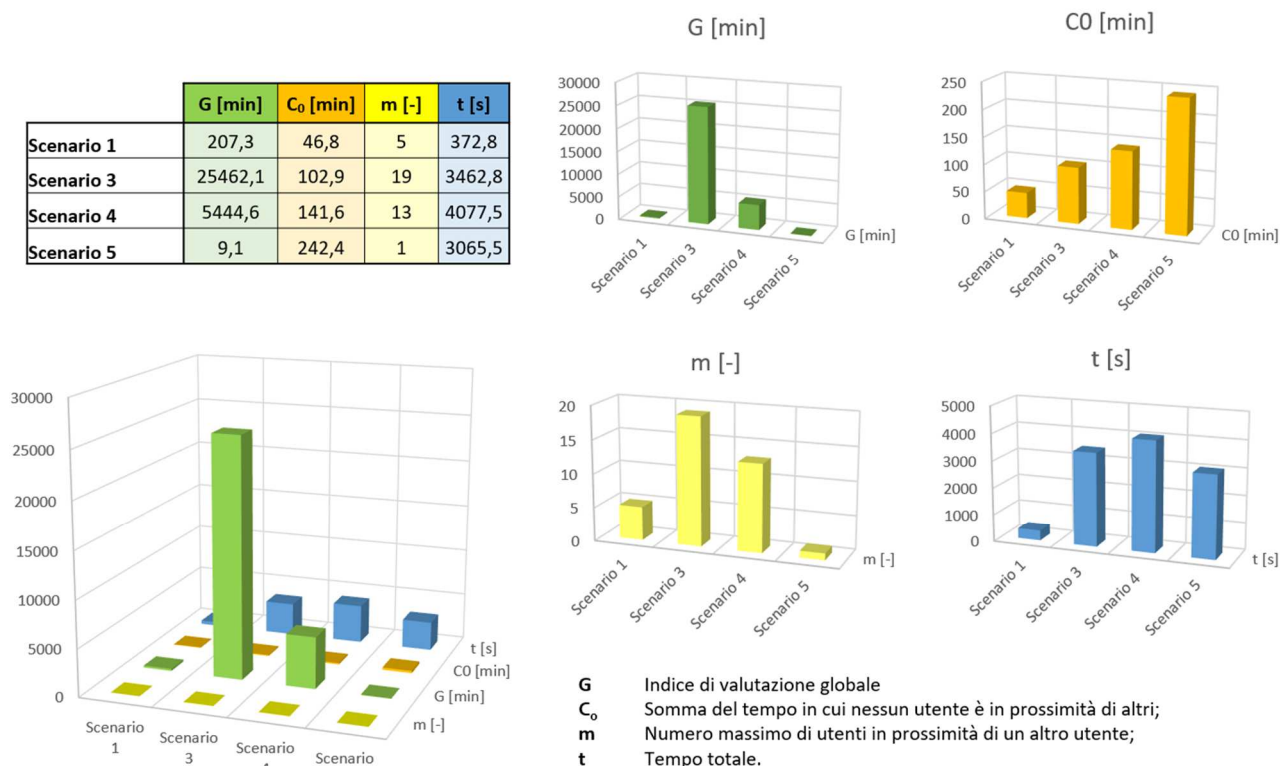


Figura 58. Elaborazione e confronto dei risultati degli scenari 1, 3, 4 e 5.

Dalla comparazione si nota come l'introduzione delle misure anticontagio causi un aumento dei tempi di contatto e degli assembramenti, dimostrando l'inadeguatezza dello spazio esistente per

l'accoglienza degli studenti in sicurezza. Nel quarto scenario, con l'introduzione di un nuovo accesso in fase di ingresso alla struttura non attualmente previsto, è possibile apprezzare un notevole miglioramento dei dati con un tempo di contatto G che scende da 207,3 minuti a 9,1, un C_0 che aumenta da 46,8 a 242,4 minuti. Il miglioramento delle condizioni anticontagio è dimostrato anche dal raffronto qualitativo delle mappe del *maximum social usage*. Nel primo caso sono apprezzabili costanti e diffuse zone di colore giallo, arancione e rosso, in cui avvengono contatti tra gli utenti, condizione che scompare nel quarto scenario in cui tutti gli spazi attraversati risultano "verdi" e quindi percorsi in sicurezza (figg. 60,62,63,64).

Per i quattro scenari della fase di uscita (scenario 2 U.N.N.N., scenario 6 U.R.N.N., scenario 7 U.R.R.N. e scenario 8 U.R.R.R.) il tempo totale della simulazione passa da 368,1 secondi per le condizioni ordinarie, a 12.772,0 secondi con il rispetto delle procedure per la mitigazione del contagio, a 3.056,0 secondi con lo scaglionamento orario, a 3047,5 secondi con lo sdoppiamento degli accessi (fig. 59).

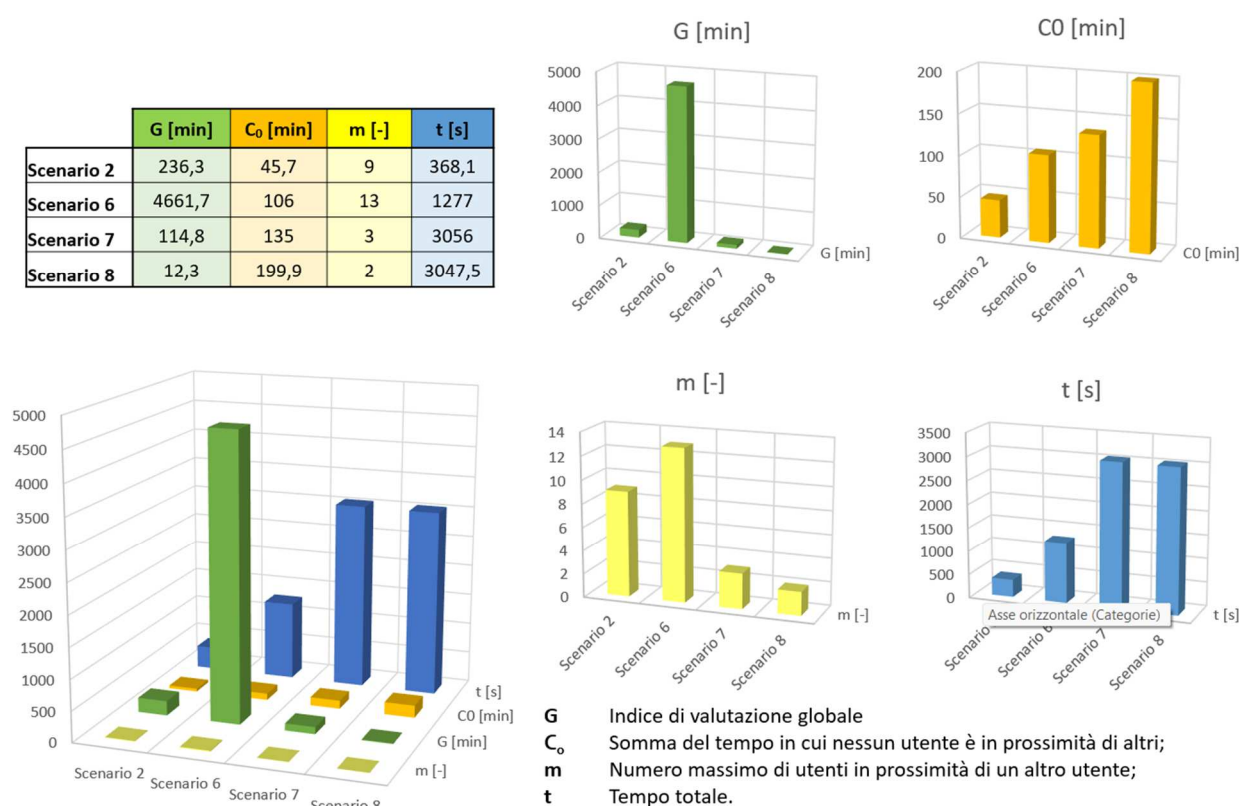


Figura 59. Elaborazione e confronto dei risultati degli scenari 2, 6, 7 e 8.

Come per la fase di ingresso, l'introduzione delle misure anticontagio causa un aumento dei tempi di contatto e degli assembramenti, dimostrando l'inadeguatezza dello spazio. Nell'ottavo scenario, con l'utilizzo del nuovo punto di accesso anche per l'uscita, risulta un miglioramento dei dati con un tempo di contatto G che scende da 236,3 minuti a 12,3, un C_0 che aumenta da 45,7 a 199,9 minuti. Il miglioramento delle condizioni anticontagio è dimostrato anche dal raffronto qualitativo delle mappe del *maximum social usage*. In condizioni ordinarie sono apprezzabili costanti e diffuse zone di colore giallo, arancione e rosso, in cui avvengono contatti tra gli utenti, condizione che scompare nell'ottavo scenario in cui tutti gli spazi attraversati risultano "verdi" e quindi percorsi in sicurezza (figg. 61,65,66,67).

I dati riportati rappresentano i migliori risultati ottenuti dalla reiterazione del processo di analisi in ogni scenario come descritto nel paragrafo 4.2.1

Si sottolinea che, senza l'utilizzo dell'analisi di funzionalità dinamica, non sarebbe stato possibile osservare l'inadeguatezza dell'attuale edificio scolastico allo svolgimento delle attività in condizioni di emergenza sanitaria. Come mostrato, infatti, solo una modifica dell'attuale progetto, affiancata a nuovi progetti di gestione, può portare a risultati positivi.

Global Assessment

G: 207,3 min

Exposure Time to Zero Occupants: 46,8 min

Exposure Times for each k

k=0: 46,8 min k=5: 0,0 min

k=1: 71,7 min

k=2: 48,7 min

k=3: 10,9 min

k=4: 1,4 min

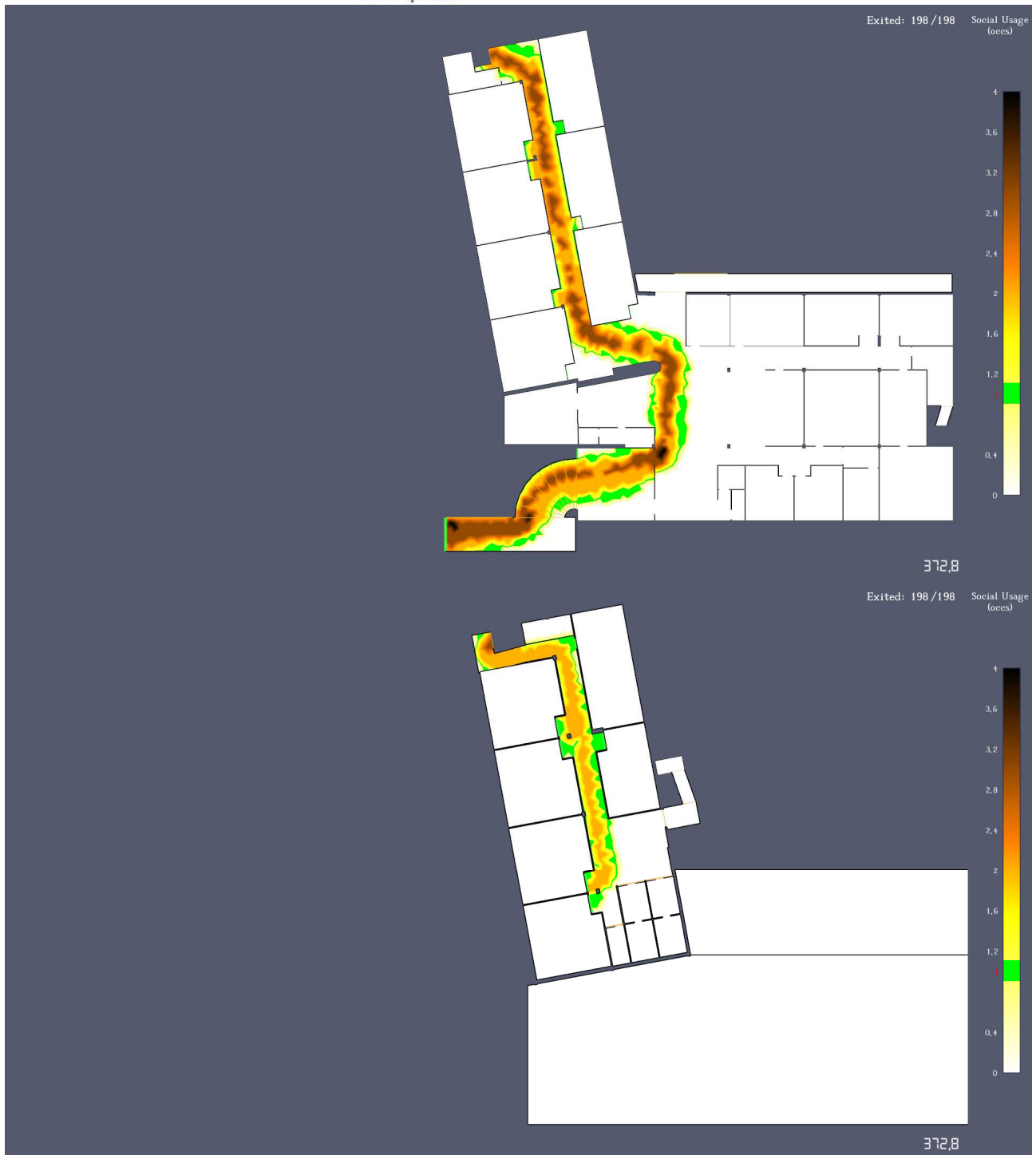


Figura 60. Output scenario 1.

Global Assessment

G: 236,3 min

Exposure Time to Zero Occupants: 45,7 min

Exposure Times for each k

k=0: 45,7 min

k=5: 0,5 min

k=1: 74,2 min

k=6: 0,7 min

k=2: 51,8 min

k=7: 0,7 min

k=3: 11,8 min

k=8: 0,1 min

k=4: 2,6 min

k=9: 0,1 min

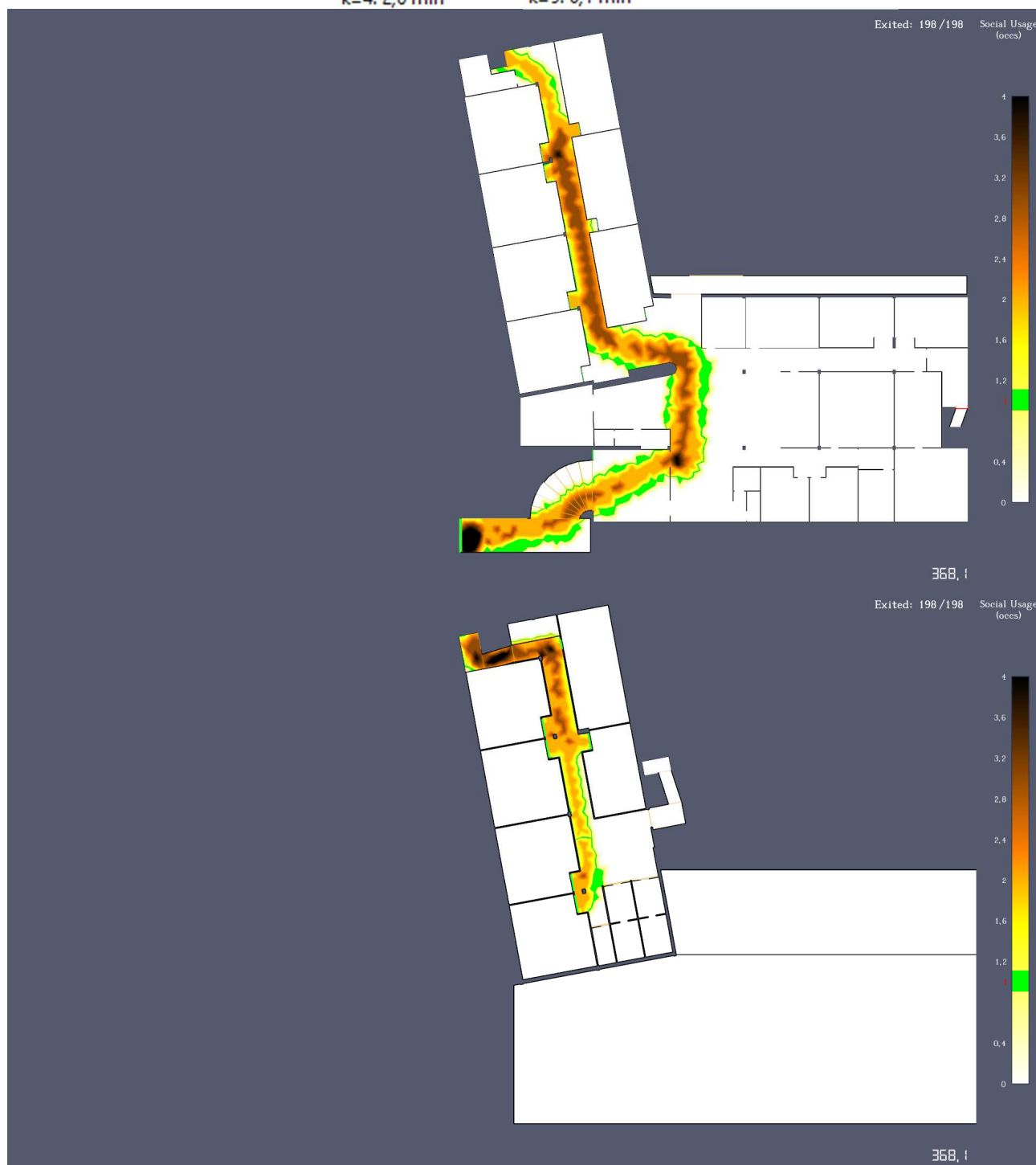


Figura 61. Output scenario 2.

Global Assessment

G: 25462,1 min

Exposure Time to Zero Occupants: 102,9 min

Exposure Times for each k

k=0: 102,9 min

k=1: 95,4 min

k=2: 411,0 min

k=3: 597,5 min

k=4: 636,3 min

k=5: 576,6 min

k=6: 542,6 min

k=7: 589,6 min

k=8: 511,0 min

k=9: 316,2 min

k=10: 164,1 min

k=11: 71,3 min

k=12: 27,0 min

k=13: 10,1 min

k=14: 5,0 min

k=15: 1,7 min

k=16: 1,0 min

k=17: 0,7 min

k=18: 0,1 min

k=19: 0,1 min

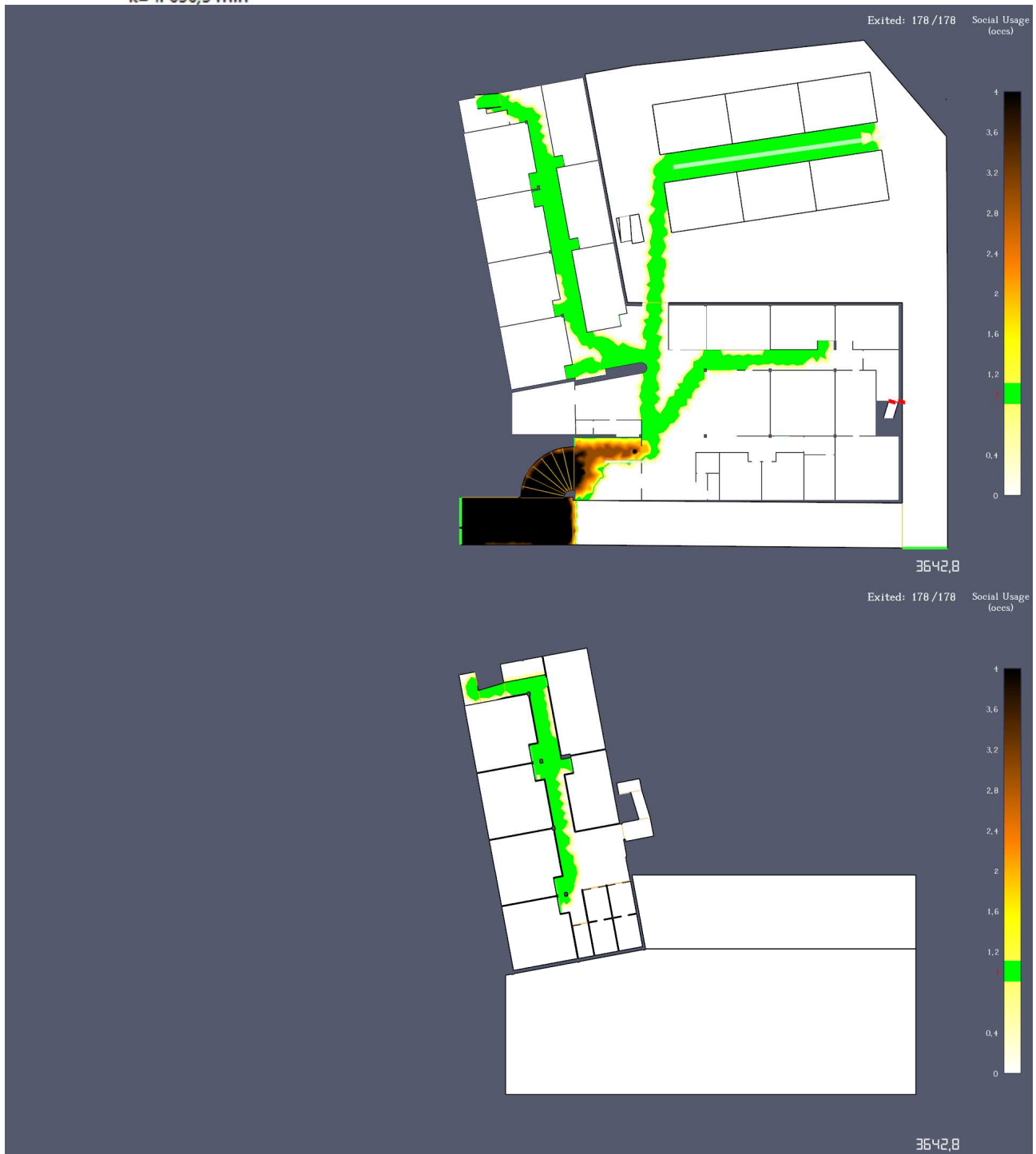


Figura 62. Output scenario 3.

Global Assessment

G: 5444,6 min

Exposure Time to Zero Occupants: 141,6 min

Exposure Times for each k

k=0: 141,6 min

k=1: 130,8 min

k=2: 435,6 min

k=3: 404,3 min

k=4: 258,0 min

k=5: 136,6 min

k=6: 73,2 min

k=7: 66,1 min

k=8: 45,2 min

k=9: 19,6 min

k=10: 5,9 min

k=11: 1,2 min

k=12: 0,2 min

k=13: 0,0 min

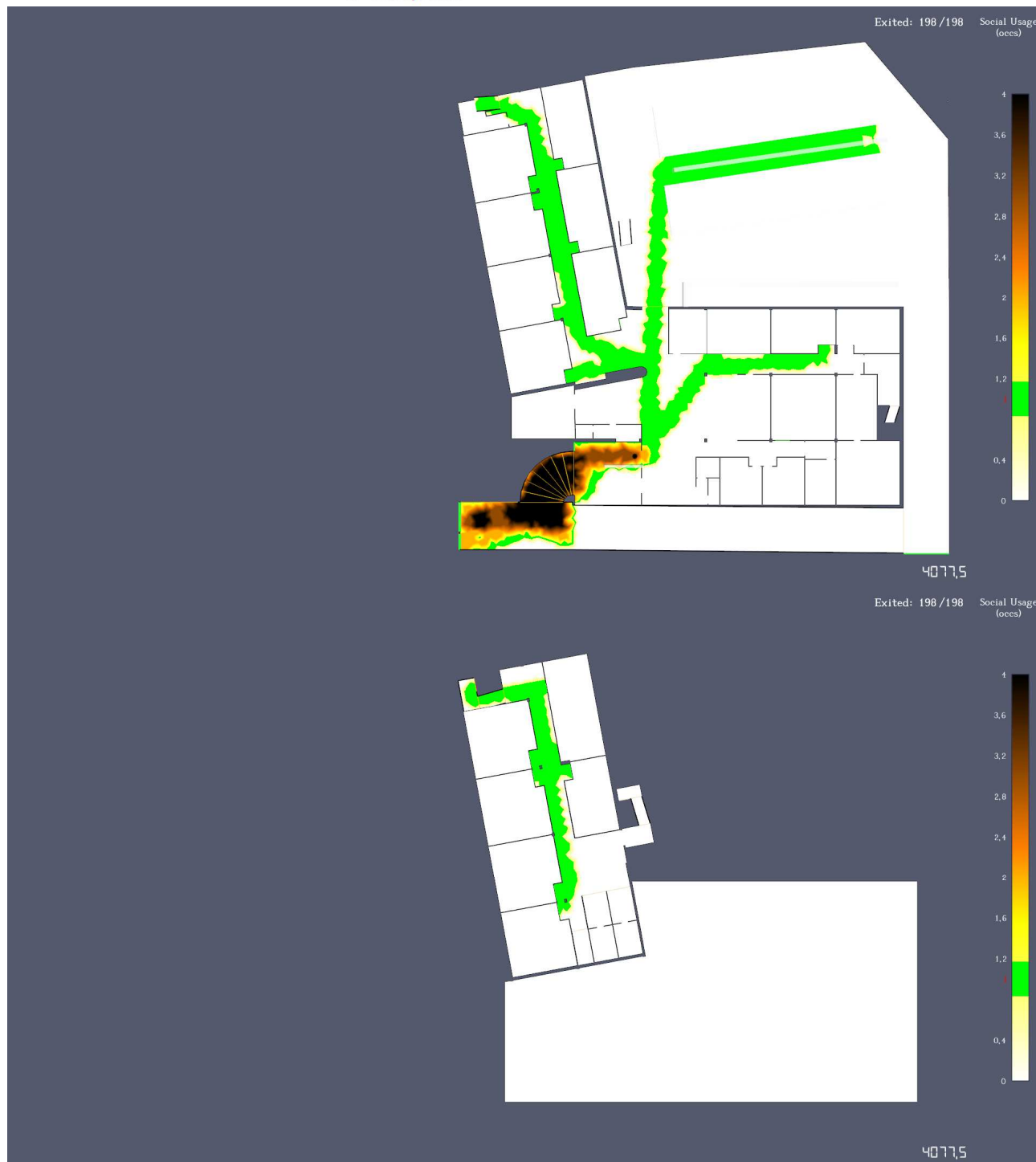


Figura 63. Output scenario 4.

Global Assessment

G: 9,1 min

Exposure Time to Zero Occupants: 242,4 min

Exposure Times for each k

k=0: 242,4 min

k=1: 9,1 min

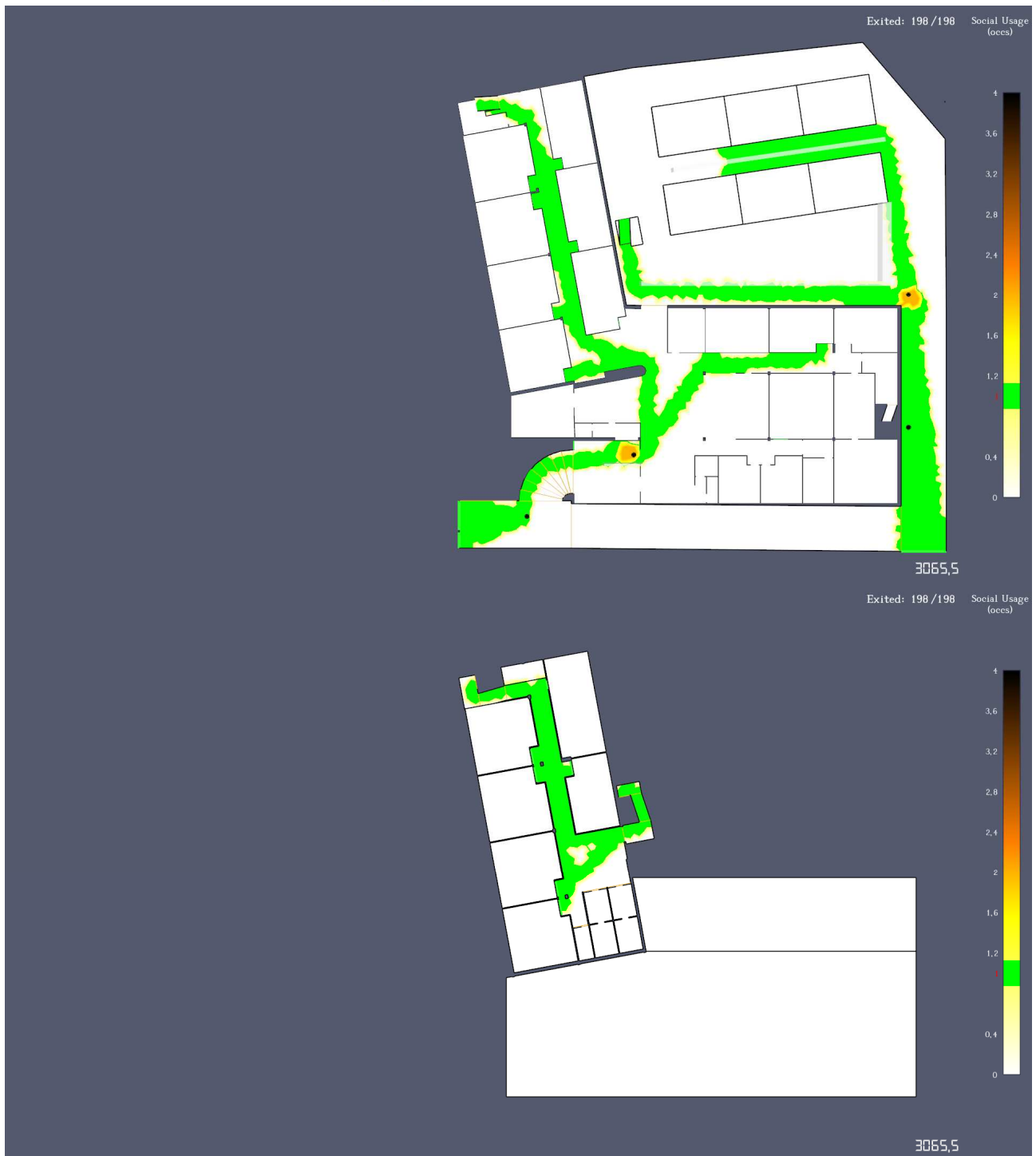


Figura 64. Output scenario 5.

Global Assessment

G: 4661,7 min

Exposure Time to Zero Occupants: 106,0 min

Exposure Times for each k

k=0: 106,0 min

k=1: 39,8 min

k=2: 53,6 min

k=3: 79,9 min

k=4: 122,9 min

k=5: 126,2 min

k=6: 115,1 min

k=7: 160,4 min

k=8: 116,2 min

k=9: 36,1 min

k=10: 6,6 min

k=11: 1,5 min

k=12: 0,2 min

k=13: 0,1 min

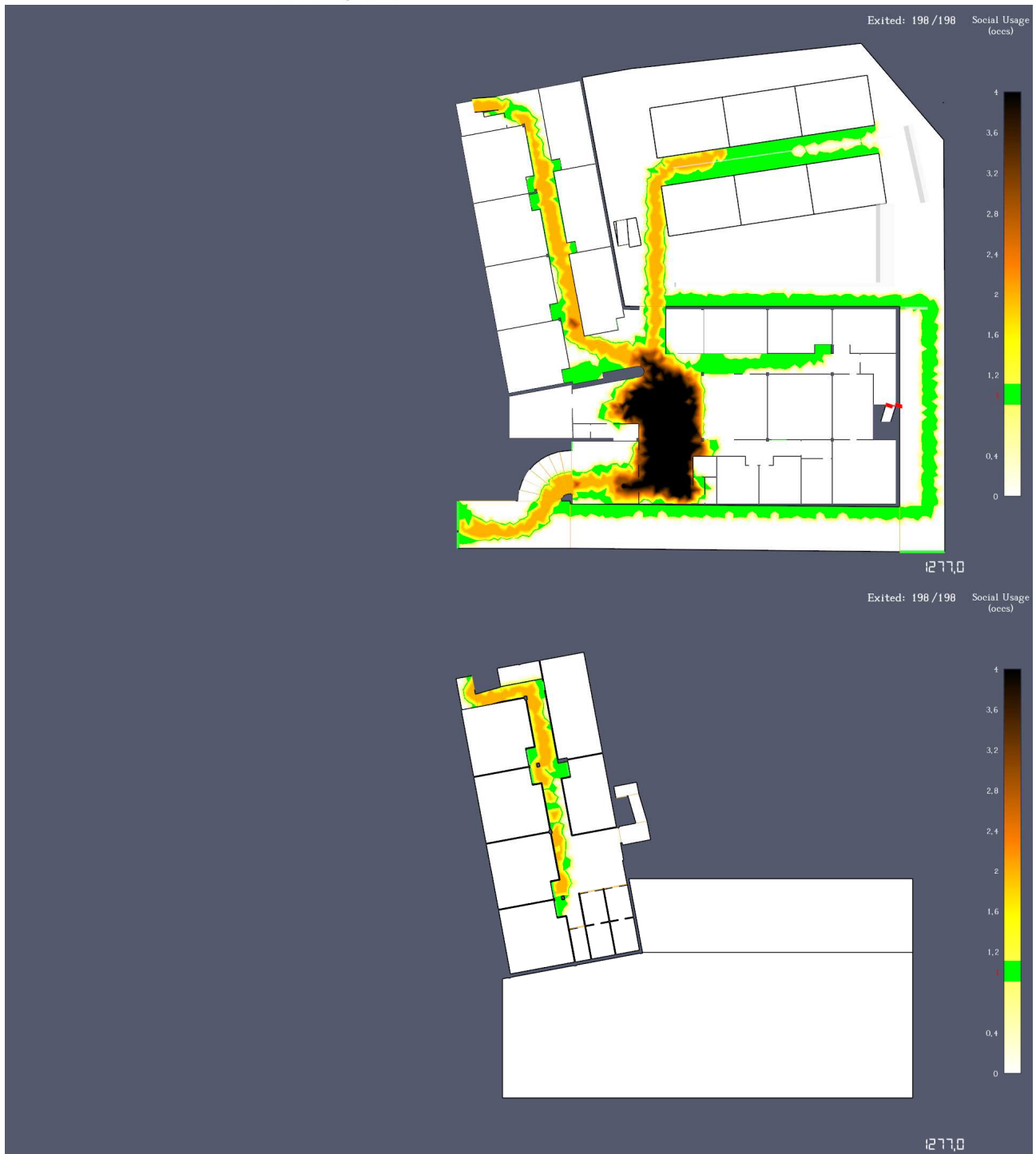


Figura 65. Output scenario 6.

Global Assessment

G: 114,8 min

Exposure Time to Zero Occupants: 135,0 min

Exposure Times for each k

k=0: 135,0 min

k=1: 64,5 min

k=2: 22,2 min

k=3: 2,0 min

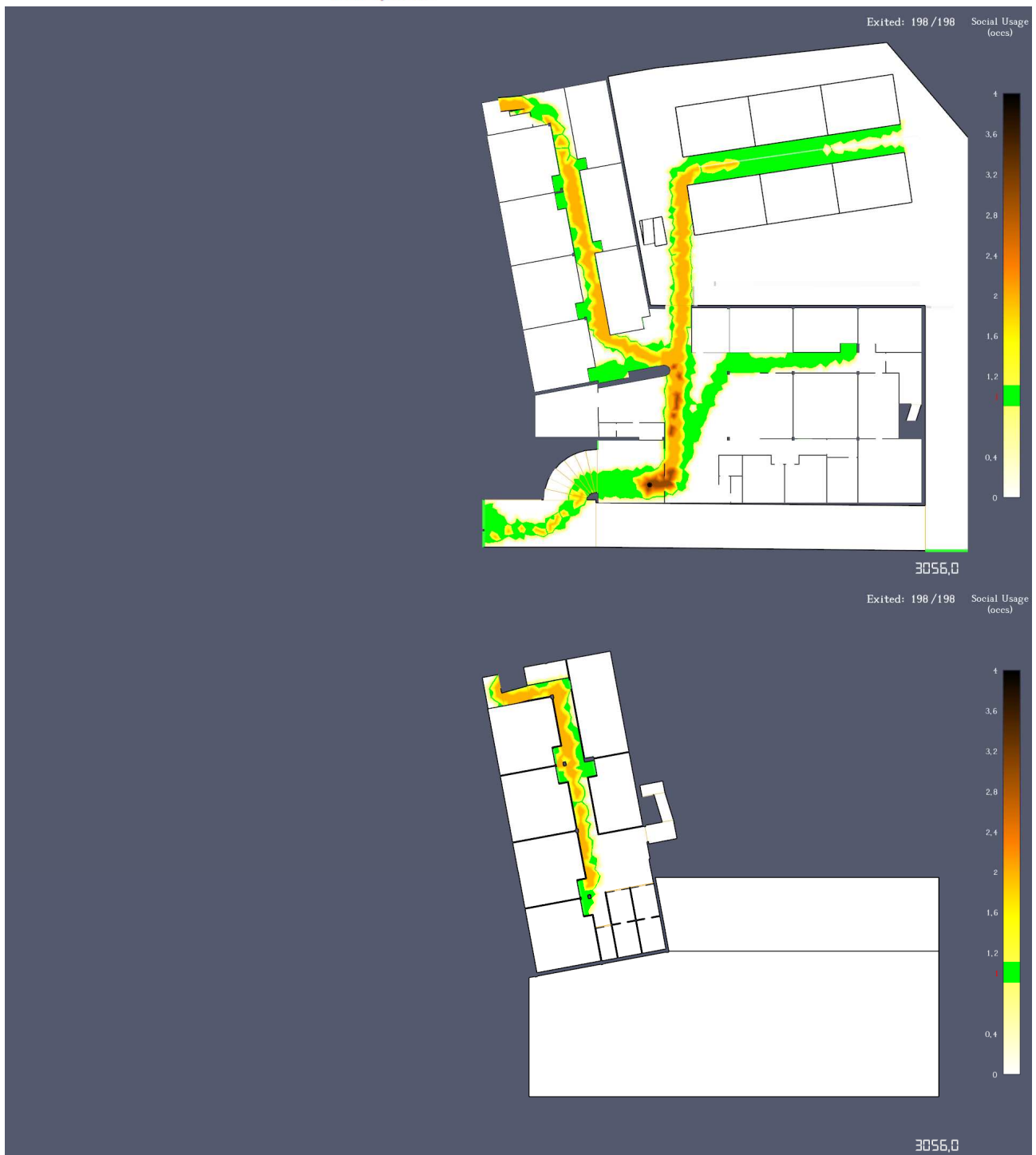


Figura 66. Output scenario 7.

Global Assessment

G: 12,3 min

Exposure Time to Zero Occupants: 199,9 min

Exposure Times for each k

k=0: 199,9 min

k=1: 12,1 min

k=2: 0,1 min

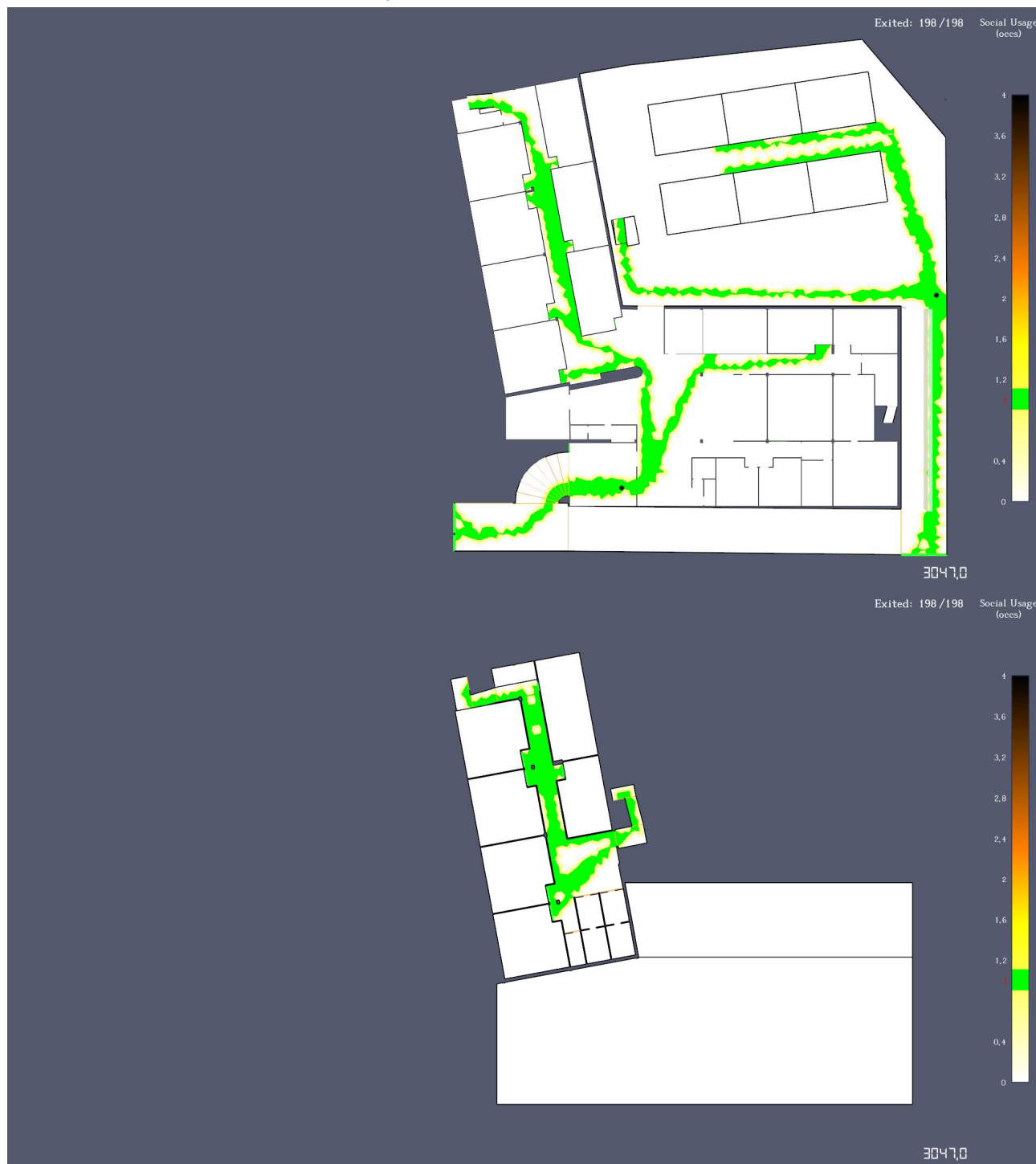


Figura 67. Output scenario 8.

5.3 Istituto Statale di Istruzione Superiore "Vittorio Emanuele II"



Figura 68. Istituto Statale di Istruzione Superiore "Vittorio Emanuele II"

5.3.1 Fase 1, raccolta dei dati

L'Istituto Statale di Istruzione Superiore "Vittorio Emanuele II" è ubicato nel comune di Napoli, in via Corrado Barbagallo ed è destinato a scuola secondaria di secondo grado con indirizzo tecnico-economico (Amministrazione, Finanza e Marketing; Relazioni internazionali per il Marketing) e professionale (Servizi socio-sanitari; Servizi commerciali e pubblicitari).

Per la caratterizzazione geometrica degli spazi sono state utilizzate le tavole fornite dall'ufficio tecnico della Città Metropolitana di Napoli, previo sopralluogo per il controllo della corrispondenza con lo stato di fatto.

L'accesso al lotto avviene dal fronte strada tramite un ingresso pedonale e due ingressi carrabili. L'edificio consta di cinque piani fuori terra destinati alle attività didattiche e di un piano seminterrato per l'ispezione e manutenzione degli elementi strutturali, per un totale di circa 2.690 metri quadrati di superficie coperta. Nel lotto sono presenti anche due strutture coperte destinate alle attività sportive per un totale di circa 796 metri quadrati.

Al piano terra sono presenti sei aule per la didattica frontale, due bagni per gli studenti e uno per il personale, una biblioteca, un'infermeria, la segreteria, l'amministrazione e la presidenza.

Sono presenti due scale interne, una che conduce al terzo piano e una al quinto. Gli spazi sono così distribuiti:

- al primo piano sono presenti tredici aule per la didattica frontale, due bagni per gli studenti e quattro laboratori;
- al secondo piano ci sono quindici aule per la didattica frontale, due bagni per gli studenti e tre laboratori;
- al terzo piano si trovano tre aule per la didattica frontale, un bagno per gli studenti e due laboratori;
- al quarto piano sono presenti quattro aule per la didattica frontale, un bagno per gli studenti e un laboratorio.

Il collegamento tra l'edificio e l'esterno è garantito da tre ingressi al piano terra, tre al primo e secondo piano, collegati a una scala esterna a prova di fumo, e uno al terzo e quarto piano, anch'esso collegato a una scala esterna a prova di fumo.

In concomitanza al sopralluogo per la verifica degli spazi, durante un confronto con la dirigente scolastica, la direttrice dei servizi generali e amministrativi e il responsabile del personale ATA, sono state raccolte le informazioni di caratterizzazione degli utenti e di funzionamento del plesso.

Gli studenti sono divisi in quarantuno classi, quattordici per l'indirizzo tecnico economico e ventisette per quello professionale. Il numero degli studenti e la relativa suddivisione in aule sono riportati nella tabella 15.

In condizioni ordinarie le fasi di ingresso e uscita prevedono la movimentazione contemporanea degli studenti, senza differenziazioni temporali. In condizioni emergenziali, invece, al termine delle lezioni gli studenti si posizionano in fila indiana mantenendo il distanziamento fisico ed escono dalla struttura per classi e a scaglioni temporali gestiti dal responsabile del personale ATA.

5.3.2 Fase 2, definizione dei progetti di gestione

Delineate le condizioni di partenza, sono stati definiti gli scenari di studio e i relativi progetti di gestione. Lo studio ha individuato quattro diversi scenari (tab. 16):

- uno di funzionamento ordinario in fase di ingresso degli studenti nell'edificio;
- uno scenario che prevede la rifunionalizzazione delle uscite di emergenza in punti di accesso;
- uno di emergenza sanitaria in cui gli spazi vengono rifunionalizzati per massimizzare il numero di alunni per la didattica in presenza;
- uno come il precedente che prevede la rifunionalizzazione delle uscite di emergenza in punti di accesso.

Classe	Indirizzo	Numero di studenti	Aula	Codice identificativo software
1A	Amministrazione, Finanza e Marketing	22	Piano terra 7	Aula_7
1B	Amministrazione, Finanza e Marketing	24	Piano primo 3	Aula_10
2A	Amministrazione, Finanza e Marketing	20	Piano secondo 6	Aula_26
2B	Amministrazione, Finanza e Marketing	26	Piano secondo 14	Aula_34
3A	Amministrazione, Finanza e Marketing	17	Piano secondo 8	Aula_28
3B	Amministrazione, Finanza e Marketing	18	Piano terra 3	Aula_3
4A	Amministrazione, Finanza e Marketing	16	Piano secondo 9	Aula_29
4B	Amministrazione, Finanza e Marketing	18	Piano secondo 10	Aula_30

4C	Amministrazione, Finanza e Marketing	17	Piano terra 1	Aula_1
1A	Relazioni internazionali per il Marketing	14	Piano terzo 1	Aula_37
1B	Relazioni internazionali per il Marketing	17	Piano terzo 2	Aula_38
2A	Relazioni internazionali per il Marketing	13	Piano quarto 1	Aula_39
2B	Relazioni internazionali per il Marketing	21	Piano quarto 1	Aula_40
3A	Relazioni internazionali per il Marketing	21	Piano quarto 1	Aula_41
1A	Servizi commerciali e pubblicitari	28	Piano primo 10	Aula_17
1B	Servizi commerciali e pubblicitari	21	Piano secondo 13	Aula_33
1C	Servizi commerciali e pubblicitari	30	Piano secondo 5	Aula_25
1D	Servizi commerciali e pubblicitari	30	Piano secondo 12	Aula_32
2A	Servizi commerciali e pubblicitari	30	Piano primo 4	Aula_11
2B	Servizi commerciali e pubblicitari	21	Piano primo 2	Aula_9
2C	Servizi commerciali e pubblicitari	21	Piano secondo 7	Aula_27
2D	Servizi commerciali e pubblicitari	22	Piano secondo 11	Aula_31
3A	Servizi commerciali e pubblicitari	17	Piano terra 2	Aula_2
3B	Servizi commerciali e pubblicitari	14	Piano primo 1	Aula_8
3C	Servizi commerciali e pubblicitari	13	Piano primo 7	Aula_14
3D	Servizi commerciali e pubblicitari	17	Piano primo 13	Aula_20
4A	Servizi commerciali e pubblicitari	12	Piano secondo 4	Aula_24
4B	Servizi commerciali e pubblicitari	19	Piano primo 5	Aula_12
4C	Servizi commerciali e pubblicitari	21	Piano secondo 3	Aula_23
1A	Servizi socio-sanitari	20	Piano primo 11	Aula_18
1B	Servizi socio-sanitari	23	Piano terra 4	Aula_4
1C	Servizi socio-sanitari	23	Piano terra 5	Aula_5
2A	Servizi socio-sanitari	23	Piano primo 12	Aula_19
2B	Servizi socio-sanitari	17	Piano primo 6	Aula_13
2C	Servizi socio-sanitari	17	Piano terra 6	Aula_6
3A	Servizi socio-sanitari	30	Piano secondo 2	Aula_22
3B	Servizi socio-sanitari	18	Piano primo 9	Aula_16
3C	Servizi socio-sanitari	22	Piano secondo 1	Aula_21
4A	Servizi socio-sanitari	20	Piano secondo 15	Aula_35
4B	Servizi socio-sanitari	16	Piano primo 8	Aula_15
4C	Servizi socio-sanitari	20	Piano secondo 16	Aula_36
Totale		829		

Tabella 15. Suddivisione degli alunni per classe e corrispondenza con le aule scolastiche.

	Condizione	Fase	Misure di mitigazione del contagio	Rifunionalizzazione uscite di emergenza	Codice identificativo
Scenario 1	Ordinaria	Ingresso	Non rispettato	Non rispettato	I.N.N.
Scenario 2	Ordinaria	Ingresso	Non rispettato	Rispettato	I.N.R.
Scenario 3	Emergenziale	Ingresso	Rispettato	Non rispettato	I.R.N.
Scenario 4	Emergenziale	Ingresso	Rispettato	Rispettato	I.R.R.

Tabella 16. Gli scenari da simulare, verificare e confrontare.

5.3.3 Fase 3, simulazione

Definite le condizioni di esercizio, si è proceduto con la simulazione dei diversi scenari partendo dalle condizioni ordinarie, i cui risultati sono da considerarsi i dati base per il confronto dei successivi valori.

La ricerca ha analizzato il momento di ingresso degli studenti nella struttura, in cui è difficile prevedere l'attendimento delle norme di contenimento del contagio a causa degli spostamenti dinamici degli utenti.

Il software utilizzato per la simulazione è Massmotion v.10.6.

Per quanto riguarda la modellazione del primo scenario, la fase di ingresso in condizioni ordinarie (I.N.N.), per evitare ogni qual tipo di interferenza, è stato escluso il comportamento tenuto dagli studenti prima di raggiungere il lotto scolastico e dopo l'ingresso in aula.

L'ingresso degli *agent*, la controparte virtuale degli utenti, è gestito da *portal* con *flow rate* randomico che associa automaticamente il *journey* e l'*action*, ovvero l'insieme delle indicazioni da rispettare durante il movimento. Per questo scenario sono state progettate 41 diverse *action* a seconda dell'aula di destinazione.

Per assicurarsi che l'assegnazione di *journey* e *action* fosse randomica per l'ingresso nella simulazione ma non casuale nell'attribuzione, è stato definito, tramite *trigger*, il numero massimo di *agent* da generare per ogni *action*.

Le stesse accortezze sono state utilizzate anche per gli altri scenari. Nello scenario 2 (I.N.R.), che prevede la rifunionalizzazione delle uscite di emergenza in punti di accesso, le *action* tengono conto anche dello specifico accesso da utilizzare per l'ingresso nella struttura.

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati analizzati e comparati utilizzando le mappe di *maximum proximity* e *time in proximity*, ovvero le rappresentazioni grafiche della massima densità raggiunta e dell'intervallo di tempo massimo in cui avviene un'interazione tra gli utenti virtuali, come indicato nel Capitolo 4.

Per lo scenario 1 risulta una diffusa presenza di assembramenti che tende a diminuire salendo di piano. Al piano terra, in particolare, tutti i percorsi sono caratterizzati da assembramenti di almeno 2 persone, fino a un massimo di 6. Nelle zone critiche, il tempo massimo di contatto tra gli utenti si assesta tra 5 e 10 minuti (fig. 69).

Nello scenario 2, invece, risulta la formazione di assembramenti da 6 persone solo in prossimità di una scala, e la presenza diffusa di gruppi tra 2 e 4 persone nel resto dell'edificio. Nelle zone più critiche, il tempo massimo di contatto tra gli utenti si assesta tra 3 e 5 minuti (fig. 70).

Ottenuti i dati di riferimento dallo scenario ordinario, è possibile procedere con la simulazione degli scenari di funzionamento in condizioni pandemiche. La metodologia, in accordo con lo scenario ordinario, prevede l'eliminazione delle interferenze che si sviluppano all'esterno del lotto e all'interno dell'aula.

Per lo scenario 3, fase di ingresso in condizioni di emergenza con rifunionalizzazione degli spazi per massimizzare il numero di alunni in presenza (I.R.N.), i *portal* e i *journey* sono gli stessi dello

scenario 1 (I.N.N), mentre le *action* sono modificate per includere le nuove aule ottenute dalla rifunzionalizzazione e il numero degli utenti totali, nel rispetto del distanziamento fisico, è diminuito da 829 a 613.

Risulta la formazione di assembramenti localizzati in prossimità dell'accesso principale e delle scale con gruppi di 2-3 persone, e un tempo massimo di contatto tra 10 e 15 minuti (fig. 71).

Nello scenario 4, fase di ingresso in condizioni di emergenza con scaglionamento degli ingressi, accessi multipli e percorsi personalizzati (I.R.R.), solo i *portal* coincidono con i precedenti scenari. I *journey* sono modificati per simulare la diversificazione degli orari di ingresso per classi, mentre le *action* contengono le informazioni per la scelta dei percorsi da seguire e gli ingressi da utilizzare.

Risulta la formazione di assembramenti di massimo 2 persone in prossimità delle scale e un tempo massimo di contatto di circa 1 minuto (fig. 72).

5.3.4 Fase 4, elaborazione e confronto dei risultati

Di seguito si riporta una comparazione dei risultati ottenuti, raccolti, analizzati e divisi in mappe di densità e tempi di prossimità (fig. 68).

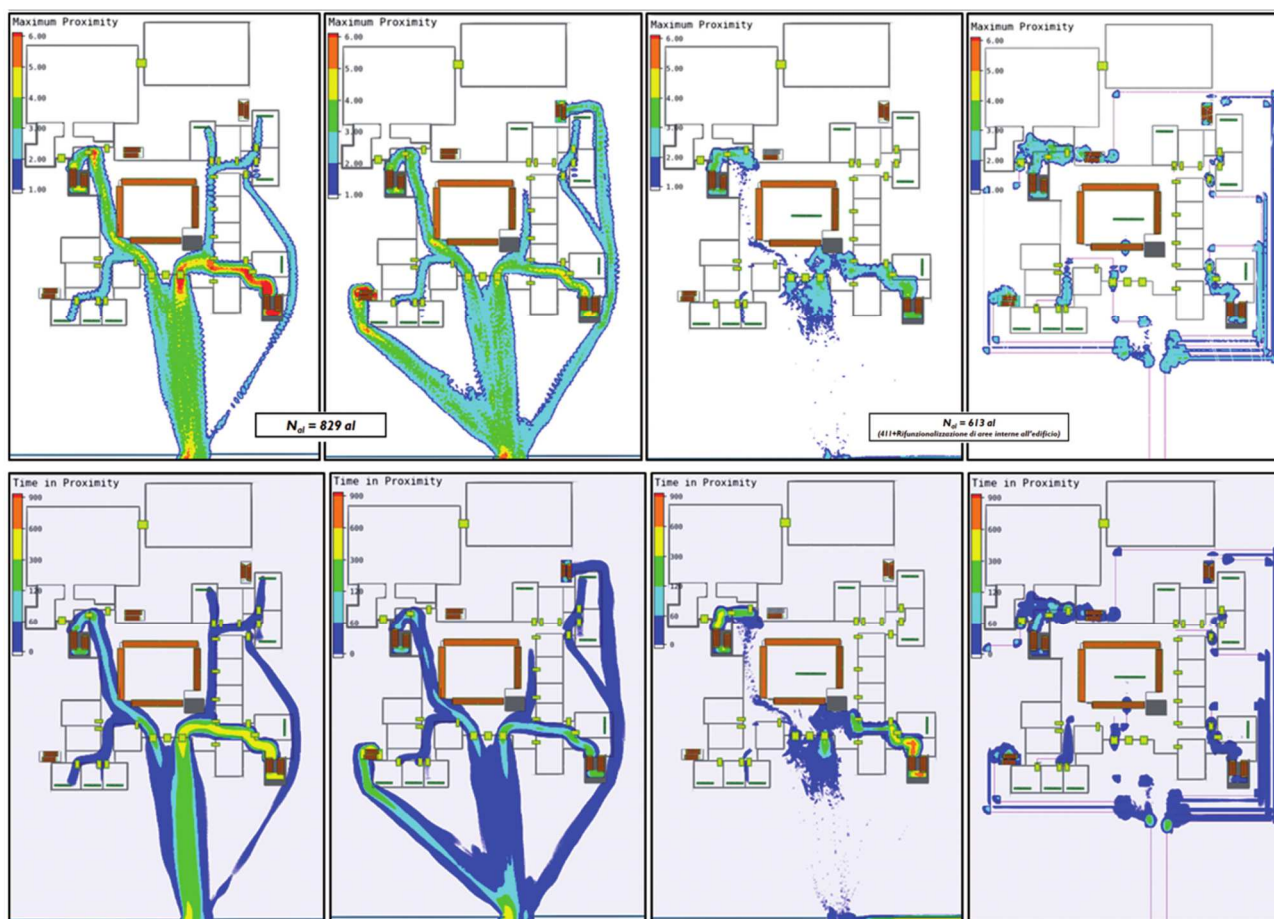


Figura 68. Confronto dei risultati degli scenari 1, 2, 3 e 4.

Per quanto riguarda le mappe di prossimità (*maximum proximity*), dalla comparazione si nota come l'incremento dei punti di accesso in condizioni ordinarie non diminuisca eccessivamente la densità di occupazione degli spazi (si passa da gruppi di massimo 5-6 persone a gruppi da 3-5) ma riesca a diminuire gli assembramenti nei punti critici. La stessa misura in condizioni di emergenza, affiancata alle altre soluzioni organizzative, comporta una maggiore omogeneità di distribuzione degli utenti nell'edificio diminuendo gli assembramenti massimi da 2-3 persone a 2. Il

miglioramento maggiore è dato dalla diminuzione del numero massimo di utenti, denotando come la struttura non sia attualmente in grado di ospitare in sicurezza, durante uno scenario pandemico, l'intero numero di studenti previsto in condizioni ordinarie.

Dal raffronto delle mappe dei tempi di contatto, invece, si denota un netto miglioramento sia in condizioni ordinarie sia in condizioni emergenziali grazie all'incremento dei punti di accesso. Tale misura, nello specifico, permette di diminuire il tempo massimo di contatto in condizioni pandemiche da 15 a 1 minuto. Il simulatore, quindi, permette di dimostrare l'assenza di un contatto diretto (Cfr capitolo 4) nello scenario 4 I.R.R., permettendo lo svolgimento delle attività didattiche.

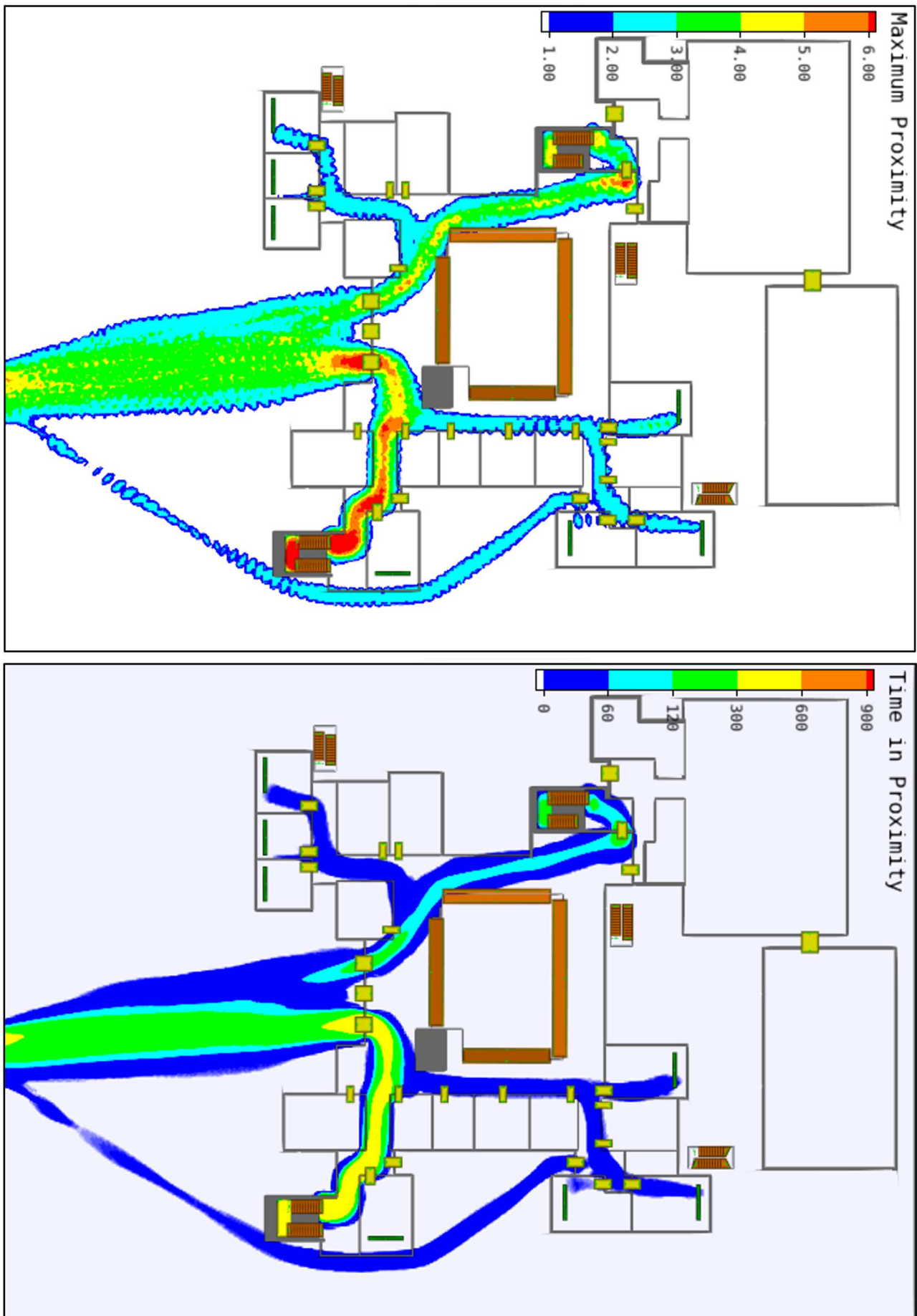


Figura 69. Output scenario 1.

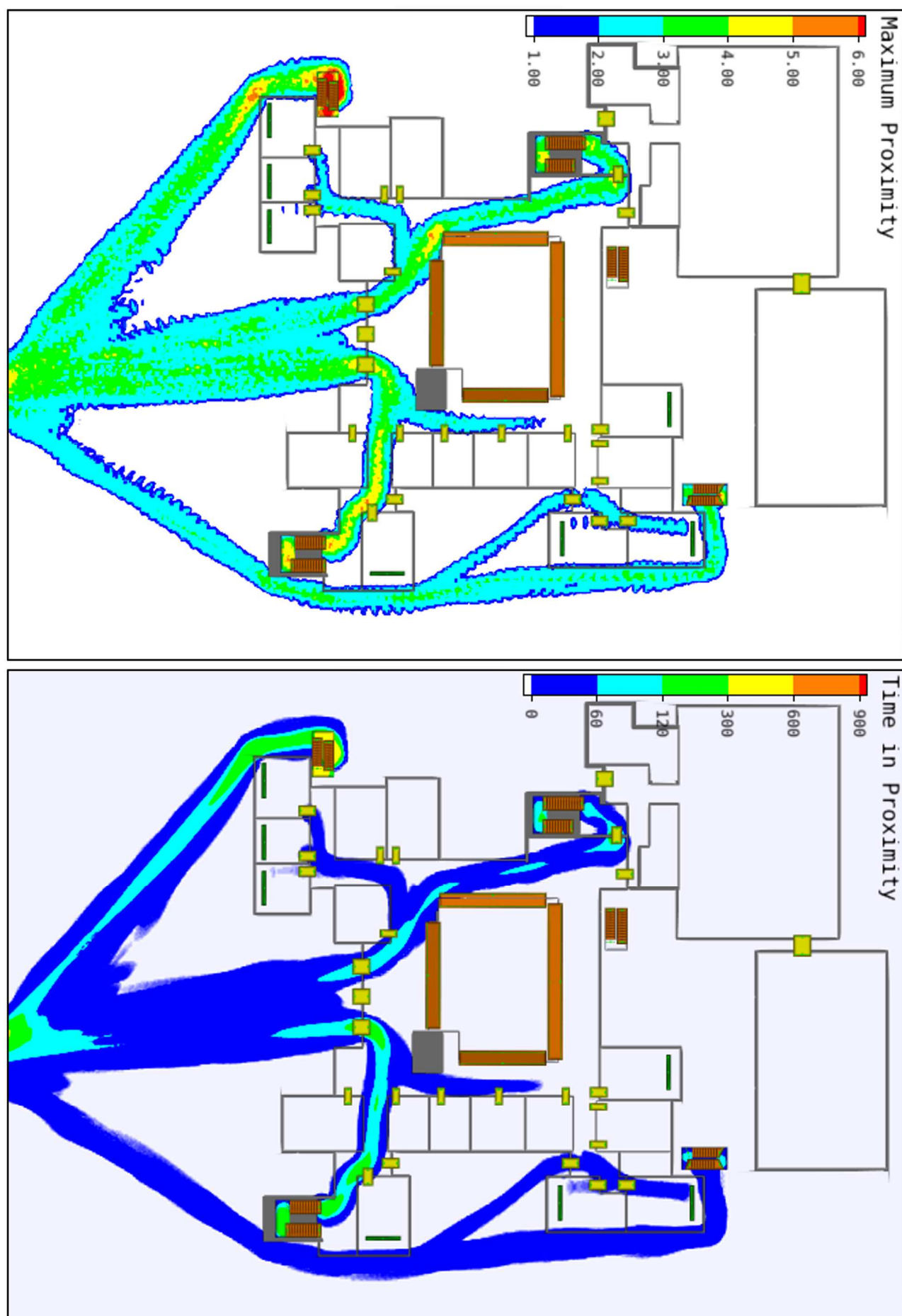


Figura 70. Output scenario 2.

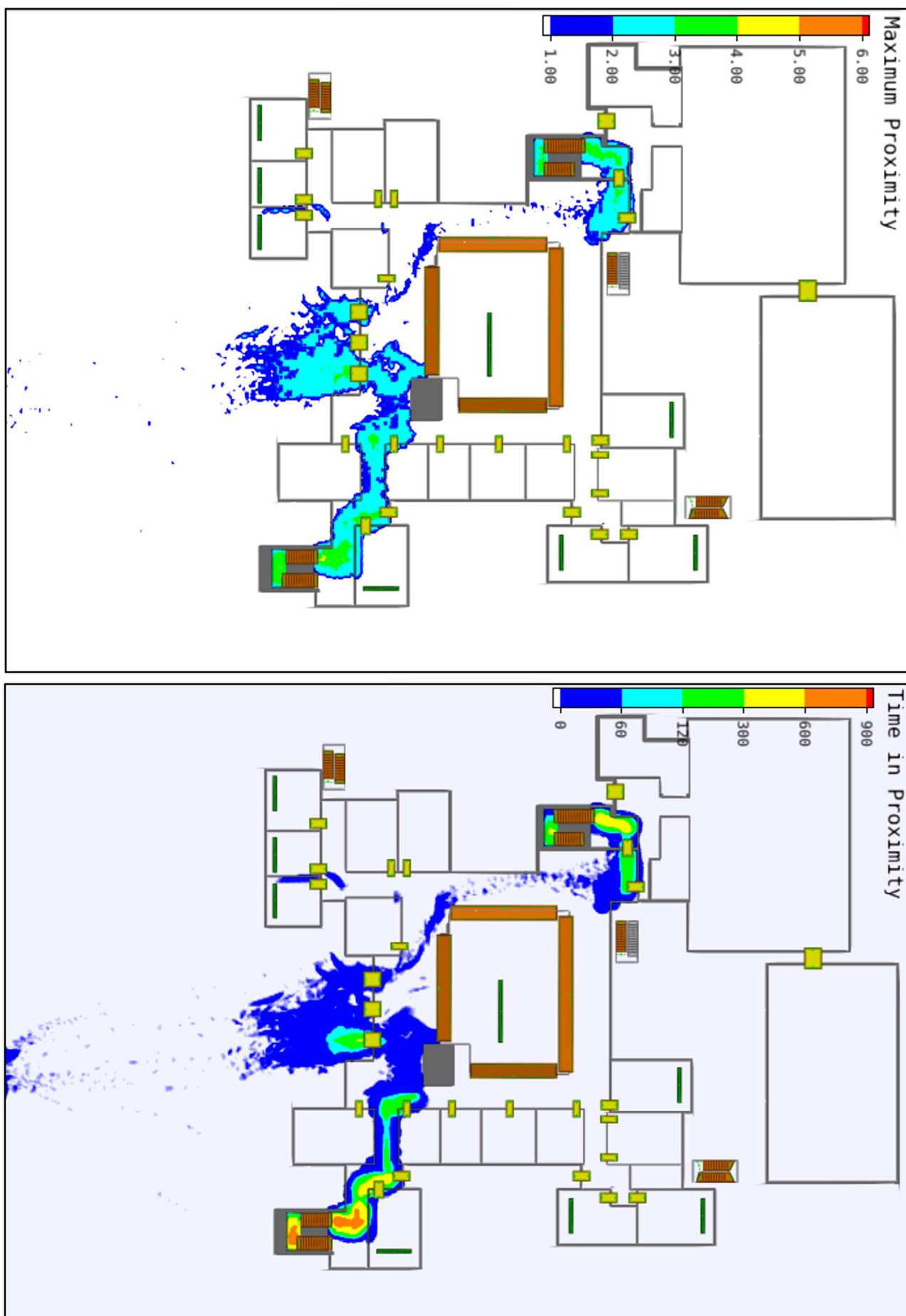


Figura 71. Output scenario 3.

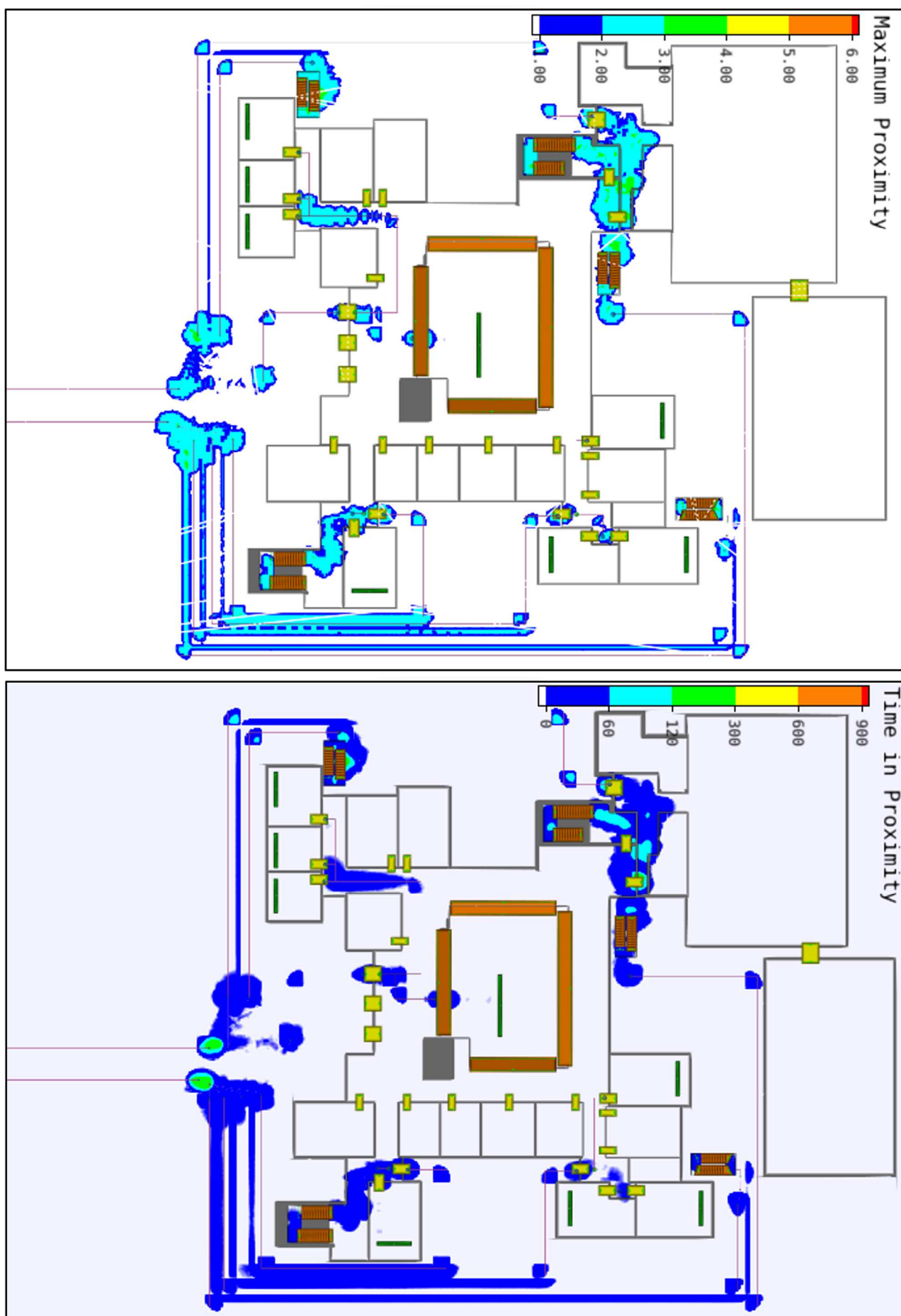


Figura 72. Output scenario 4.

5.4 Colegio Estudio

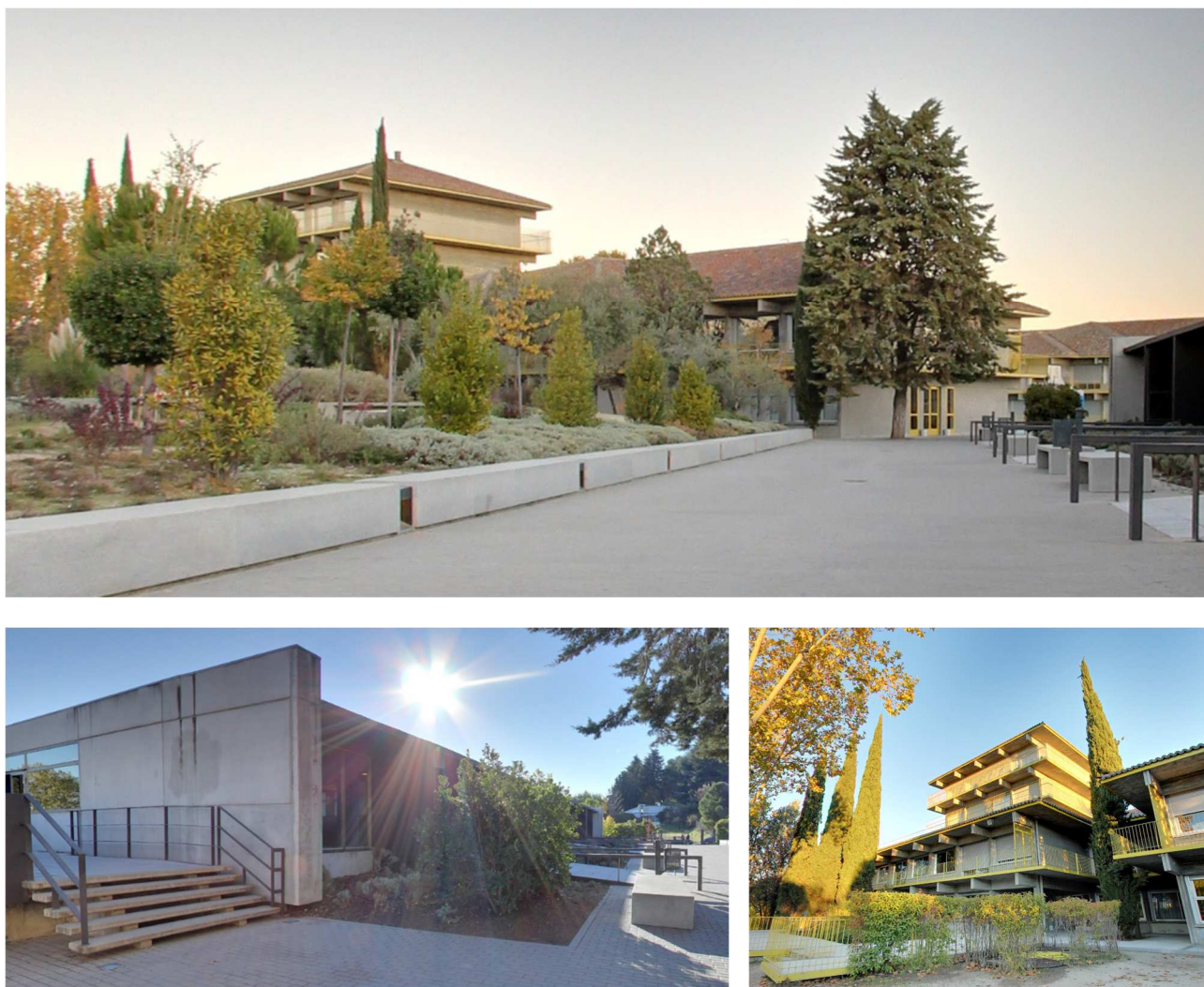


Figure 73. Colegio Estudio

Il Colegio Estudio è ubicato nella Comunità Autonoma di Madrid (Spagna) ed è destinato ad allievi dai 4 ai 18 anni di età.

Prima di procedere alla raccolta dei dati, è stato necessario analizzare l'ordinamento scolastico spagnolo e la normativa tecnica nazionale per l'edificazione delle scuole.

La scuola dell'obbligo in Spagna inizia all'età di 6 anni con l'*educación primaria* e termina a 16 anni, al completamento dell'*educación secundaria*. In seguito, è possibile seguire uno studio di *bachillerato* della durata di 2 o 3 anni oppure un *entrenamiento profesional* di 2 anni.

Nel dettaglio, il sistema scolastico spagnolo prevede, prima del ciclo di studi obbligatorio, una *educación preescolar*, fino a 3 anni d'età, e una *educación infantil*, per i bambini da 3 a 6 anni.

La scuola primaria spagnola, o *educación primaria*, accoglie bambini da 6 a 12 anni, è obbligatoria, si divide in 3 cicli ed è presente un docente unico per l'insegnamento di tutte le materie. Al termine dell'ultimo anno viene svolto un esame per valutare le competenze acquisite dagli alunni.

La scuola secondaria spagnola, o *educación secundaria*, è destinata ai ragazzi da 12 a 16 anni, divisi in due cicli. Il piano di studi è personalizzato da ogni studente e ogni materia prevede un diverso

insegnante. Al termine del percorso si ottiene un *graduato en educación secundaria* che permette l'accesso ai livelli di istruzione successivi e non obbligatori.

Il *bachillerato* è composto da due anni più un terzo aggiuntivo in preparazione dell'università. Sono presenti diversi indirizzi (artistico, tecnologico, scientifico, umanistico) e, al termine del percorso, gli studenti hanno la possibilità di iscriversi all'università.

In alternativa, è possibile seguire un percorso di formazione professionale, o *entrenamiento profesional*, diviso in due cicli: *ciclo formativo de grado medio* (16-18 anni) e *ciclo formativo de grado superior* (18-20 anni). I rami di studio sono: amministrazione e informatica di gestione, commercio e marketing, chimica, tessile, artigianale, turistico e alberghiero. Al termine degli studi si riceve rispettivamente il titolo di *técnico* o *técnico superior*. Quest'ultimo permette anche l'accesso all'università.

Per l'accesso all'università è necessario, oltre al possesso di un titolo di studio valido, anche il superamento di un test d'ingresso chiamato *selectividad*. Sono previsti tre cicli di studio per la qualifica di *grado*, *máster* e *doctor*. Il primo ciclo dura 3 anni, mentre il secondo e il terzo ciclo durano 2 anni.

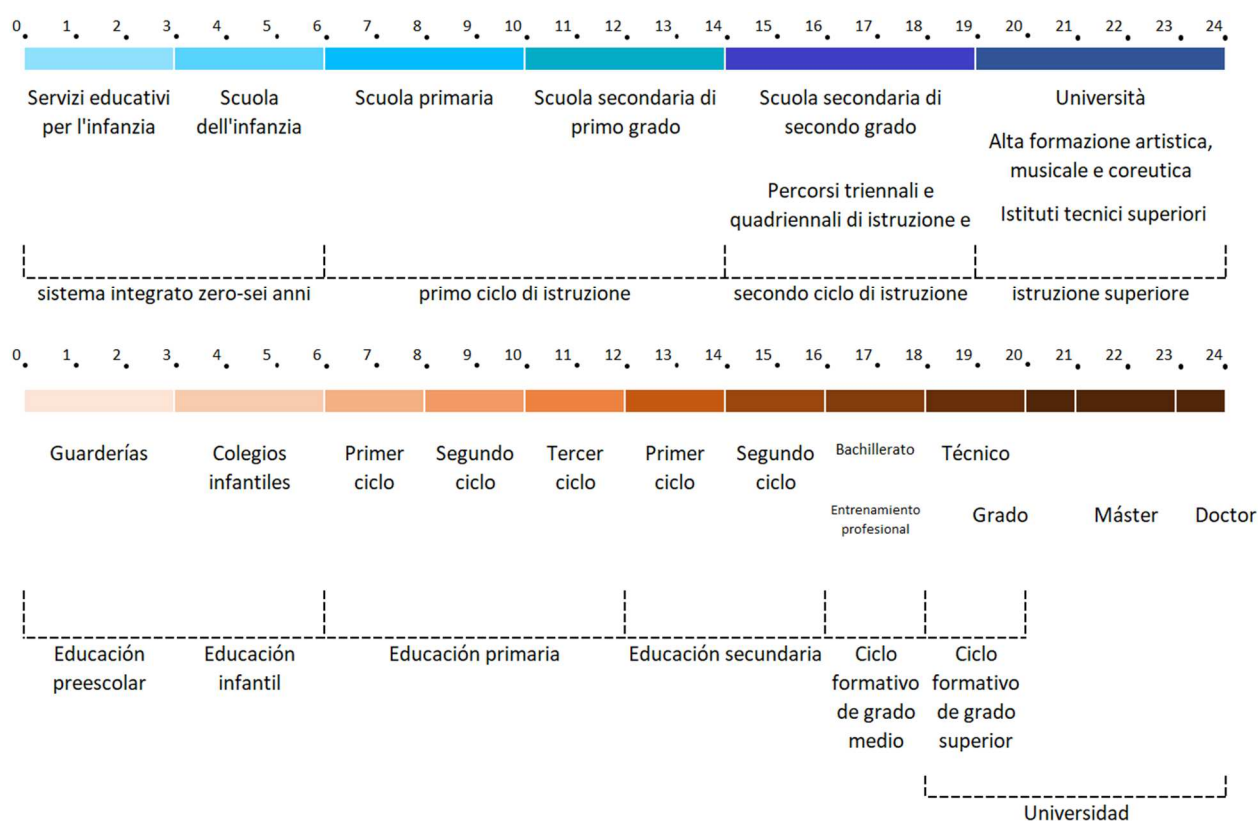


Figura 74. Confronto tra l'ordinamento scolastico italiano (sopra) e spagnolo (sotto).

Per quanto riguarda la normativa spagnola per l'edificazione, il quadro legislativo è caratterizzato dall'affiancamento di normative nazionali e normative locali emanate dalle singole Comunità Autonome.

A livello nazionale il processo di progettazione edilizia è normato dal *Código Técnico de la Edificación* (C.T.E.), un quadro normativo strutturato secondo i requisiti di abitabilità definiti dalla Legge 38/1999 del 5 novembre ed entrato in vigore il 28 dicembre 2019.

Il C.T.E. si divide in due parti: la parte prima contiene le disposizioni e le condizioni generali di applicazione del codice; la parte seconda è costituita da sei sottosezioni destinate ai requisiti di sicurezza strutturale (SE), sicurezza in caso di incendio (SI), sicurezza d'uso e accessibilità (SUA), risparmio energetico e isolamento termico (HE), protezione dal rumore (HR) e tutela dell'igiene, della salute e dell'ambiente (HS) e ai relativi *Documentos Básicos* (Documenti Base) (tab. 17).

Per facilitare l'interpretazione e l'applicazione del regolamento, il quadro normativo prevede:

- *Documentos Reconocidos* (Documenti Riconosciuti), ovvero documenti tecnici complementari ai *Documentos Básicos*;
- *Documentos Básicos con comentarios* (Documenti Base con commenti);
- *Documentos de Apoyo* (Documenti di Supporto);
- *Guías de aplicación* (Guide di applicazione)

Settore	Normative	Codice	Ultimo aggiornamento
Sicurezza Strutturale (SE)	<i>Documento base</i>	DB-SE	Dicembre 2019
	<i>Azioni e carichi edilizi</i>	DB-SE-AE	Aprile 2009
	<i>Fondazioni</i>	DB-SE-C	Dicembre 2019
	<i>Acciaio</i>	DB-SE-A	Ottobre 2007
	<i>Muratura</i>	DB-SE-F	Dicembre 2019
	<i>Legno</i>	DB-SE-M	Dicembre 2019
Sicurezza in caso di incendio (SI)	<i>Documento base</i>	DB-SI	Dicembre 2019
Sicurezza d'uso e accessibilità (SUA)	<i>Documento base e adeguamenti</i>	BD-SUA M	Giugno 2022
Risparmio energetico (HE)	<i>Documento base e adeguamenti</i>	BD-HE M	Giugno 2022
	<i>Regolamento degli impianti termici</i>	BD-HE2	Luglio 2007
Protezione dal rumore (HR)	<i>Documento base</i>	DB-HR	Dicembre 2019
Salubrità (HS)	<i>Documento base e adeguamenti</i>	BD-HS M	Giugno 2022

Tabella 17. Documenti normativi previsti dal *Código Técnico de la Edificación*

Oltre a tali normative, di carattere generale, la progettazione dell'edilizia scolastica spagnola è regolamentata a livello nazionale dai *Real Decreto*:

- 132/2010 del 12 febbraio "*Por el que se establecen los requisitos mínimos de los centros que impartan las enseñanzas del segundo ciclo de la educación infantil, la educación primaria y la educación secundaria*" che stabilisce i requisiti minimi per i centri scolastici destinati al secondo ciclo dell'educazione per l'infanzia, alla scuola primaria e secondaria;
- 303/2010 "*por el que se establecen los requisitos mínimos de los centros que impartan enseñanzas artísticas reguladas en la ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*" destinato ai soli centri specializzati nell'educazione artistica.

Nella tabella 18 è possibile visionare un quadro dei requisiti minimi di legge per la progettazione degli indirizzi destinati all'*educación infantil* (3-6 anni), alla scuola dell'obbligo (6-16 anni) e al diploma di maturità (16-18 anni).

Queste indicazioni, valide su tutto il territorio nazionale, possono essere integrate a livello locale dalle Comunità Autonome, producendo un quadro normativo vario e frammentario che si adegua alle esigenze territoriali.

	<i>Educación infantil (3-6 anni)</i>	<i>Educación secundaria (6-12 anni)</i>	<i>Educación secundaria (12-16 anni)</i>	<i>Bachillerato (16-18 anni)</i>
Requisiti comuni	Strutture utilizzabili al di fuori dell'orario scolastico per lo svolgimento di attività educative, culturali e sportive. Rispetto del C.T.E. Spazi per la didattica ventilati e illuminati in maniera naturale. Condizioni di accessibilità e superamento delle barriere architettoniche. Spazi per le attività di direzione, coordinamento e orientamento, per l'amministrazione, i docenti, le associazioni studentesche e le famiglie. Servizi igienici adeguati a numero ed esigenze di studenti e personale. Spazi per supporto agli studenti. Palestra adeguata al numero di posti scolastici. Accesso alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione negli spazi per la didattica e la biblioteca.			
Spazio per attività ludiche	Uso esclusivo; 150 mq ogni 6 unità	Parzialmente coperto; 900mq		–
Biblioteca	-	45mq	75mq	-
Aula	1 per unità; 2 mq/alunno	1 per unità 1,5 mq/alunno		
Sala polivalente	30 mq	Frazionabile	1 ogni 12 unità: Lab. di tecnologia; Lab. musicale; Lab. di educazione plastica e visiva; Lab. di scienze sperimentali	Per gli indirizzi artistici: 2 aule per le arti visive; 1 aula per le arti dello spettacolo. Per gli indirizzi scientifici: 3 lab. per Fisica, Chimica e Scienze; 1 aula di disegno; 1 aula informatica.
Studenti massimi per unità	25	25	30	35
Sala per sdoppiamento	–	1 ogni 6 unità	1 ogni 8 unità	1 ogni 4 unità
Sala per supporto didattico	–	1 ogni 6 unità	1 ogni 8 unità	1 ogni 4 unità

Tabella 18. Requisiti minimi di legge per la progettazione degli indirizzi scolastici destinati all'istruzione dai 3 ai 18 anni di età. Sono escluse le indicazioni per le strutture che comprendono più indirizzi contemporaneamente.

È il caso della Comunità Autonoma di Andalusia. Nell'Ordinanza del 24 gennaio 2003 "*Normas de diseño y constructivas para los edificios de uso docente*" sono indicati i requisiti che l'edilizia scolastica locale non universitaria deve possedere per garantire qualità architettonica, sicurezza e durabilità richieste dalle normative nazionali. La norma è formulata sull'assunto di voler orientare la progettazione delle diverse unità spaziali che compongono il complesso scolastico preservando la libertà creativa ed operativa dei progettisti. Il corpo principale fornisce sia indicazioni qualitative che quantitative per la caratterizzazione dello spazio esterno e degli ambienti interni, fornendo indicazioni compositive, impiantistiche, tipologie di finiture e descrizione di dettagli costruttivi. Nell'allegato della stessa ordinanza, inoltre, è riportata la tipologia di spazi che devono essere previsti nell'edificio scolastico e la relativa quadratura minima in relazione al livello di istruzione a cui il centro è destinato.

Nel caso della Comunità Autonoma di Madrid, ove è ubicato il Colegio Estudio, invece, le disposizioni vigenti in materia di edificazione scolastica sono quasi totalmente coincidenti con quelle nazionali. Le strutture destinate al secondo ciclo dell'educazione infantile, primaria e secondaria devono, infatti, essere progettate secondo le indicazioni del *Real Decreto* 132/2010 del 12 febbraio. Restano esclusi i centri destinati al primo ciclo dell'educazione infantile, i cui requisiti minimi sono descritti dal *Real Decreto* 18/2008 del 6 marzo. Indicazioni aggiuntive e momentanee vengono emanate a seconda delle esigenze dall'"Área Funcional en la Dirección General de Infraestructuras y Servicios de la Comunidad de Madrid" tramite disciplinari tecnici specifici.

5.4.1 Fase 1, raccolta dei dati

Per la caratterizzazione geometrica degli spazi sono state utilizzate le tavole fornite dalla segreteria della scuola, previo sopralluogo per il controllo della corrispondenza con lo stato di fatto.

La struttura consta di due fabbricati e sorge su un lotto in forte pendenza, caratterizzato da un dislivello di circa 6,40 metri. L'accesso al lotto è garantito da sei ingressi pedonali e quattro carrabili, di cui ne vengono attivamente usati rispettivamente quattro e due.

L'edificio più antico, risalente alla fondazione della scuola nel 1968, consta di sette piani, quattro destinati alle attività didattiche, uno alle attività sportive e tre ai servizi di gestione e amministrazione, per un totale di circa 4.950 metri quadrati di superficie coperta.

Al secondo piano seminterrato sono presenti gli spazi accessori per le attività sportive che si svolgono nei tredici campi all'aperto disposti su tre livelli.

Al primo piano seminterrato si trovano otto aule per il primo anno dell'*educación infantil*, dieci per il primo ciclo dell'*educación primaria*, nove aule laboratoriali, tre bagni, l'auditorium, la mensa e la cucina.

Al piano terra sono collocate otto aule per il secondo e terzo anno dell'*educación infantil*, dieci per il secondo ciclo dell'*educación primaria* e cinque per il terzo ciclo, sette aule laboratoriali, cinque bagni e lo spazio per gli incontri genitori-insegnanti.

Al primo piano sono presenti le ultime cinque aule per il terzo ciclo dell'*educación primaria*, venti per il primo e secondo ciclo dell'*educación secundaria*, dieci aule laboratoriali, sei bagni e la cappella.

Al secondo, terzo e quarto piano sono disposti gli uffici di amministrazione e gestione del complesso. Qui sono predisposti spazi per l'*educación preescolar* dei figli dei dipendenti.

L'edificio più moderno, inaugurato nel 2002, si sviluppa su un livello fuori terra destinato alle attività didattiche, un primo piano interrato per le attività integrative e un secondo piano interrato per le attività sportive al coperto.

Al piano terra, nello specifico, sono presenti quattordici aule per il *bachillerato*, quattro per attività laboratoriali, due bagni e gli spazi per la segreteria.

In concomitanza al sopralluogo per la verifica degli spazi, durante un confronto con il responsabile dell'ufficio amministrativo, sono state raccolte le informazioni di caratterizzazione degli utenti e di funzionamento del plesso.

Gli studenti sono divisi in ottanta classi. Il numero degli studenti e la relativa suddivisione in aule sono riportati nella tabella 19.

Classe	Indirizzo	Numero di studenti	Aula	Codice identificativo software
A	Educación preescolar	6	Piano terzo 1	-
B	Educación preescolar	7	Piano terzo 2	-
1A	Educación infantil	12	Piano primo seminterrato 4	3A_1i
1Abis	Educación infantil	11	Piano primo seminterrato 5	3A_desdoble_1i
1B	Educación infantil	11	Piano primo seminterrato 3	3B_1i
1Bbis	Educación infantil	12	Piano primo seminterrato 6	3B_desdoble_1i
1C	Educación infantil	11	Piano primo seminterrato 2	3C_1i
1Cbis	Educación infantil	12	Piano primo seminterrato 7	3C_desdoble_1i
1D	Educación infantil	12	Piano primo seminterrato 1	3D_1i
1Dbis	Educación infantil	11	Piano primo seminterrato 8	3D_desdoble_1i
2A	Educación infantil	12	Piano terra 8	4A_2i
2Abis	Educación infantil	12	Piano terra 24	4A_desdoble_2i
2B	Educación infantil	12	Piano terra 5	4B_2i
2Bbis	Educación infantil	12	Piano terra 25	4B_desdoble_2i
2C	Educación infantil	12	Piano terra 7	4C_2i
2Cbis	Educación infantil	12	Piano terra 26	4C_desdoble_2i
2D	Educación infantil	13	Piano terra 6	4D_2i
2Dbis	Educación infantil	12	Piano terra 27	4D_desdoble_2i
3A	Educación infantil	13	Piano terra 1	5A_3i
3Abis	Educación infantil	13	Piano terra 28	5A_desdoble_3i
3B	Educación infantil	13	Piano terra 3	5B_3i
3Bbis	Educación infantil	13	Piano terra 29	5B_desdoble_3i
3C	Educación infantil	13	Piano terra 2	5C_3i
3Cbis	Educación infantil	13	Piano terra 30	5C_desdoble_3i
3D	Educación infantil	13	Piano terra 4	5D_3i
3Dbis	Educación infantil	13	Piano terra 31	5D_desdoble_3i
1A	Educación primaria	25	Piano primo seminterrato 10	6A_1p
1B	Educación primaria	25	Piano primo seminterrato 9	6B_1p
1C	Educación primaria	24	Piano primo seminterrato 12	6C_1p
1D	Educación primaria	25	Piano primo seminterrato 11	6D_1p
1E	Educación primaria	26	Piano primo seminterrato 13	6E_1p
2A	Educación primaria	25	Piano primo seminterrato 18	7A_2p
2B	Educación primaria	25	Piano primo seminterrato 16	7B_2p
2C	Educación primaria	25	Piano primo seminterrato 17	7C_2p
2D	Educación primaria	25	Piano primo seminterrato 14	7D_2p
2E	Educación primaria	25	Piano primo seminterrato 15	E_2p
3A	Educación primaria	26	Piano terra 10	8A_3p
3B	Educación primaria	27	Piano terra 12	8B_3p
3C	Educación primaria	27	Piano terra 11	8C_3p
3D	Educación primaria	26	Piano terra 9	8D_3p
3E	Educación primaria	27	Piano terra 13	8E_3p
4A	Educación primaria	26	Piano terra 21	9A_4p
4B	Educación primaria	28	Piano terra 22	9B_4p
4C	Educación primaria	27	Piano terra 14	9C_4p
4D	Educación primaria	27	Piano terra 20	9D_4p
4E	Educación primaria	27	Piano terra 23	9E_4p
5A	Educación primaria	25	Piano terra 15	10A_5p
5B	Educación primaria	26	Piano terra 16	10B_5p
5C	Educación primaria	26	Piano terra 17	10C_5p
5D	Educación primaria	26	Piano terra 18	10D_5p
5E	Educación primaria	26	Piano terra 19	10E_5p
6A	Educación primaria	26	Piano primo 23	11A_6p
6B	Educación primaria	26	Piano primo 20	11B_6p

6C	Educación primaria	26	Piano primo 22	11C_6p
6D	Educación primaria	27	Piano primo 21	11D_6p
6E	Educación primaria	26	Piano primo 24	11E_6p
1A	Educación secundaria	25	Piano primo 16	12A_1s
1B	Educación secundaria	29	Piano primo 17	12B_1s
1C	Educación secundaria	25	Piano primo 18	12C_1s
1D	Educación secundaria	28	Piano primo 25	12D_1s
1E	Educación secundaria	26	Piano primo 19	12E_1s
2A	Educación secundaria	27	Piano primo 11	13A_2s
2B	Educación secundaria	28	Piano primo 14	13B_2s
2C	Educación secundaria	29	Piano primo 12	13C_2s
2D	Educación secundaria	28	Piano primo 13	13D_2s
2E	Educación secundaria	30	Piano primo 15	13E_2s
3A	Educación secundaria	27	Piano primo 1	14A_3s
3B	Educación secundaria	28	Piano primo 2	14B_3s
3C	Educación secundaria	26	Piano primo 5	14C_3s
3D	Educación secundaria	28	Piano primo 4	14D_3s
3E	Educación secundaria	23	Piano primo 3	14E_3s
4A	Educación secundaria	24	Piano primo 10	15A_4s
4B	Educación secundaria	20	Piano primo 9	14B_3s
4C	Educación secundaria	25	Piano primo 8	14C_3s
4D	Educación secundaria	18	Piano primo 7	14D_3s
4E	Educación secundaria	24	Piano primo 6	14E_3s
1A	Bachillerato	21	Piano terra 42	17A_1b
1Abis	Bachillerato	20	Piano terra 38	17A_desdoble_1b
1B	Bachillerato	20	Piano terra 42	17B_1b
1C	Bachillerato	19	Piano terra 41	17C_1b
1D	Bachillerato	22	Piano terra 40	17D_1b
1E	Bachillerato	20	Piano terra 39	17E_1b
2A	Bachillerato	22	Piano terra 37	18A_1b
2Abis	Bachillerato	17	Piano terra 32	18A_desdoble_2b
2B	Bachillerato	22	Piano terra 36	18B_2b
2C	Bachillerato	18	Piano terra 35	18C_2b
2D	Bachillerato	20	Piano terra 34	18D_2b
2E	Bachillerato	21	Piano terra 33	18E_2b
Totale		1844		

Tabella 19. Suddivisione degli alunni per classe e corrispondenza con le aule scolastiche.

5.4.2 Fase 2, definizione dei progetti di gestione

Delineate le condizioni di partenza, sono stati definiti gli scenari di studio e i relativi progetti di gestione. Lo studio ha individuato tre diversi scenari (tab. 20):

- uno di funzionamento ordinario, in fase di ingresso nell'edificio;
- uno in condizioni di emergenza sanitaria con il rispetto del distanziamento fisico;
- uno come il precedente e, in aggiunta, un progetto di gestione degli accessi e dei percorsi.

	Condizione	Fase	Distanziamento fisico	Progetto di gestione degli accessi e dei percorsi	Codice identificativo
Scenario 1	Ordinaria	Ingresso	Non rispettato	Non rispettato	I.N.N.
Scenario 2	Emergenziale	Ingresso	Rispettato	Non rispettato	I.R.N.
Scenario 3	Emergenziale	Ingresso	Rispettato	Rispettato	I.R.R.

Tabella 20. Gli scenari da simulare, verificare e confrontare.

5.4.3 Fase 3, simulazione

Definite le condizioni di esercizio, si è proceduto con la simulazione dei diversi scenari partendo dalle condizioni ordinarie, i cui risultati sono da considerarsi i dati base per il confronto dei successivi valori.

La ricerca ha analizzato il momento di ingresso degli studenti nella struttura, in cui è difficile prevedere l'attendimento delle norme di contenimento del contagio a causa degli spostamenti dinamici degli utenti. Nello specifico, l'ingresso avviene tramite due accessi pedonali sul fronte

strada e due relativi ai parcheggi all'aperto. Uno dei due ingressi sul fronte strada è servito da 24 pullman messi a disposizione della struttura per l'affluenza dei ragazzi.

Il software utilizzato per la simulazione è Pathfinder v.2023.1.

Per quanto riguarda la modellazione del primo scenario, la fase di ingresso in condizioni ordinarie (I.N.N.), per evitare ogni qual tipo di interferenza, è stato escluso il comportamento tenuto dagli studenti prima di raggiungere il lotto scolastico e dopo l'ingresso in aula.

Gli *occupant*, la controparte virtuale degli utenti, sono stati caratterizzati definendo una velocità di spostamento secondo i dati della letteratura. Nello specifico, sono stati utilizzati i dati risultanti dallo studio di Simeunović per le diverse fasce d'età e sesso degli studenti:

- 0,508 m/s per i maschi da 3 a 6 anni;
- 0,554 m/s per le femmine da 3 a 6 anni;
- 1,364 m/s per i maschi da 7 a 9 anni;
- 1,406 m/s per le femmine da 7 a 9 anni;
- 1,458 m/s per i maschi da 10 a 12 anni;
- 1,516 m/s per le femmine da 10 a 12 anni;
- 1,561 m/s per i maschi da 13 a 15 anni;
- 1,621 m/s per le femmine da 13 a 15 anni;
- 1,530 m/s per i maschi da 16 a 20 anni;
- 1,519 m/s per le femmine da 16 a 20 anni.

L'attribuzione delle velocità agli alunni delle diverse classi è avvenuta tramite venti diversi *profile*: dieci per gli studenti che entrati nel lotto scolastico si dirigono direttamente in aula; dieci per quelli che si attardano nello spazio esterno.

L'ingresso degli *occupant* è gestito da *occupant sources* con *flow rate* randomico che associa automaticamente il *profile* e il *behavior*, ovvero l'insieme delle indicazioni da rispettare durante il movimento. Per questo scenario sono stati progettati 88 diversi *behavior* che tengono conto sia dell'aula di destinazione che della possibilità di attardarsi negli spazi all'aperto prima dell'inizio delle lezioni.

Per assicurarsi che l'assegnazione di *profile* e *behavior* fosse randomica per l'ingresso nella simulazione ma non casuale nell'attribuzione, è stato definito il numero massimo di *occupant* da generare, le percentuali di assegnazione dei due diversi profili e quelle di corrispondenza tra *profile* e *behavior*.

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati analizzati e comparati utilizzando il *global assestment value* e la *maximum social usage*, ovvero un dato quantitativo ottenuto dalla *proximity analysis* e un dato qualitativo degli *occupant contour*, come indicato nel Capitolo 4.

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 205,3 minuti con un assembramento massimo ($m+1$) di 5 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 5519,7 minuti. Il piano terra è caratterizzato da percorsi quasi sempre affollati che tendono a diminuire ai piani superiori e inferiori (figura XX).

Ottenuti i dati di riferimento dallo scenario ordinario, è possibile procedere con la simulazione degli scenari di funzionamento in condizioni pandemiche. La metodologia, in accordo con lo scenario ordinario, prevede l'eliminazione delle interferenze che si sviluppano all'esterno del lotto e all'interno dell'aula.

Nello scenario 2, fase di ingresso in condizioni di emergenza sanitaria con rispetto del distanziamento fisico (I.R.N.), le *occupant sources* sono le stesse dello scenario 1 (I.N.N.), mentre

profile e *behavior* sono stati modificati per evitare il fenomeno di attardamento nello spazio esterno.

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 42,2 minuti con un assembramento massimo (m+1) di 4 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 3755,7 minuti. Il piano terra è caratterizzato da percorsi quasi sempre affollati che si riducono ai piani superiori e inferiori (figura XX).

Per lo scenario 3, fase di ingresso in condizioni di emergenza con il rispetto del distanziamento fisico e progetto di gestione di accessi e percorsi (I.R.R.), i *profile* sono gli stessi dello scenario 2 (I.R.N.), mentre le *occupant sources* aumentano per includere tutti e sette i punti di accesso disponibili e includono le opzioni di scaglionamento temporale degli ingressi per aula. I *behavior*, invece, sono stati modificati per indirizzare gli *occupant* su percorsi preferenziali. La definizione dei nuovi *behavior*, quindi, è stata preceduta da una fase progettuale in cui a ogni aula è stato assegnato un percorso e un accesso da preferire, con lo scopo di dividere i flussi pedonali e diminuire gli assembramenti.

Risulta una valutazione del tempo globale di contatto tra gli occupanti (G) pari a 25,1 minuti con un assembramento massimo (m+1) di 3 utenti e una somma del tempo in cui gli utenti mantengono il distanziamento fisico (C_0) pari a 3533,3 minuti. Dai grafici si osserva la presenza diffusa di assembramenti di 2-3 utenti, soprattutto nelle vicinanze degli ingressi e sulle scale (figura XX).

5.4.4 Fase 4, elaborazione e confronto dei risultati

Di seguito si riporta una comparazione dei risultati ottenuti e analizzati. Si sottolinea che i valori numerici ricavati dalle simulazioni non possono essere direttamente comparati, in quanto sommatorie di valori temporali, senza considerare il tempo totale delle simulazioni stesse che variano in base ai progetti di gestione applicati.

Nei tre scenari della fase di ingresso (scenario 1 I.N.N., scenario 3 I.R.N. scenario 4 I.R.R.), il tempo totale della simulazione passa da 5313,8 secondi per le condizioni ordinarie, a 5295,8 secondi con il rispetto del distanziamento fisico e le ulteriori misure di contenimento del contagio (figura XX).

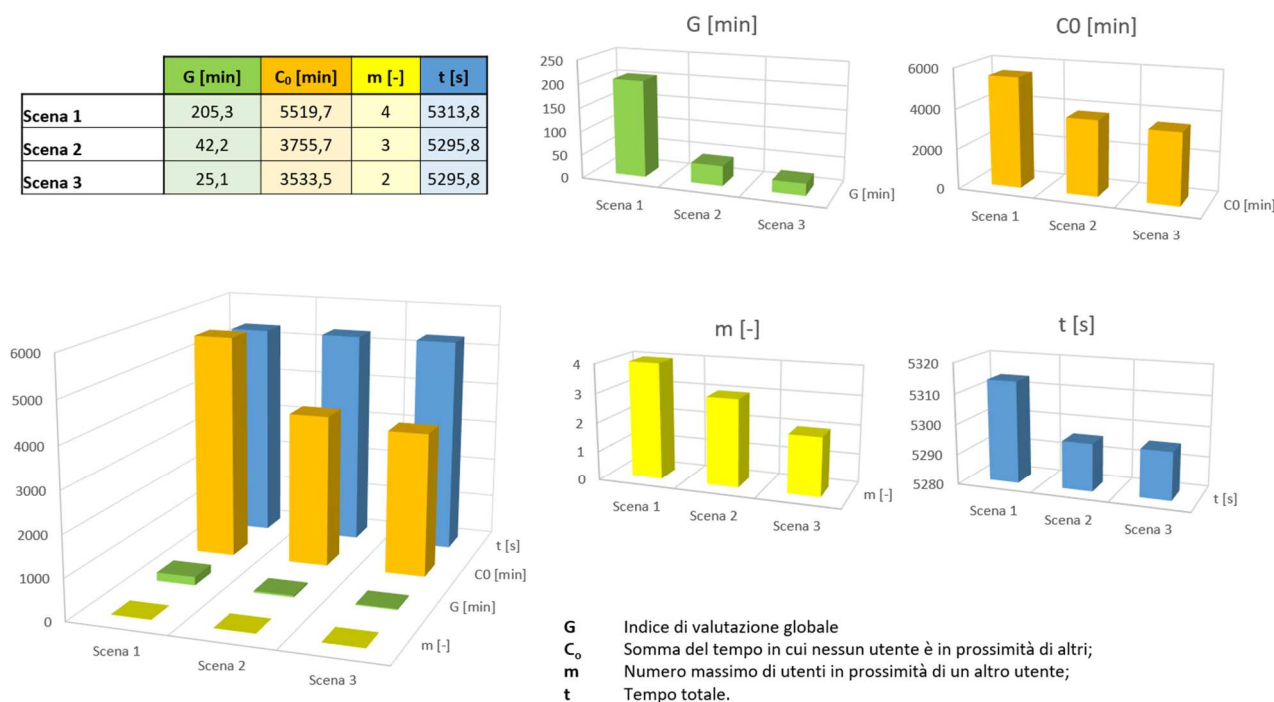


Figure 75. Elaborazione e confronto dei risultati degli scenari 1, 2 e 3.

Dalla comparazione si nota come l'introduzione del distanziamento fisico nello scenario 2 porti a una netta diminuzione della probabilità di contagio con un tempo di contatto G che scende da 205,3 minuti a 42,2. Su un tempo di simulazione totale pressoché uguale, si nota che C_0 diminuisce da 5519,7 a 3755,7 minuti, un dato che può sembrare contraddittorio se non si pensa che nella seconda simulazione è stata esclusa la sommatoria dei tempi dovuta all'attardamento all'aperto in attesa dell'inizio delle lezioni. Il miglioramento delle condizioni anticontagio è dimostrato anche dal raffronto qualitativo delle mappe del *maximum social usage*. Nel terzo scenario, infine, la mitigazione è ancora maggiore con un tempo di contatto G che scende da 42,2 minuti a 25,1 e di m che passa da 3 a 2.

I dati riportati rappresentano i migliori risultati ottenuti dalla reiterazione del processo di analisi in ogni scenario, come descritto nel paragrafo 4.2.1

Si sottolinea che, anche in questo caso, l'utilizzo dell'analisi di funzionalità dinamica ha permesso di individuare i punti critici della struttura in cui avviene il maggior numero di interazioni e procedere con lo sviluppo di un progetto di gestione valutabile in base mitigazione del rischio di contagio, un processo non attuabile in altro modo.

Global Assessment

G: 205,3 min

Exposure Time to Zero Occupants:
5519,7 min

Exposure Times for each k

k=0: 5519,7 min

k=1: 119,1 min

k=2: 29,8 min

k=3: 7,9 min

k=4: 0,7 min

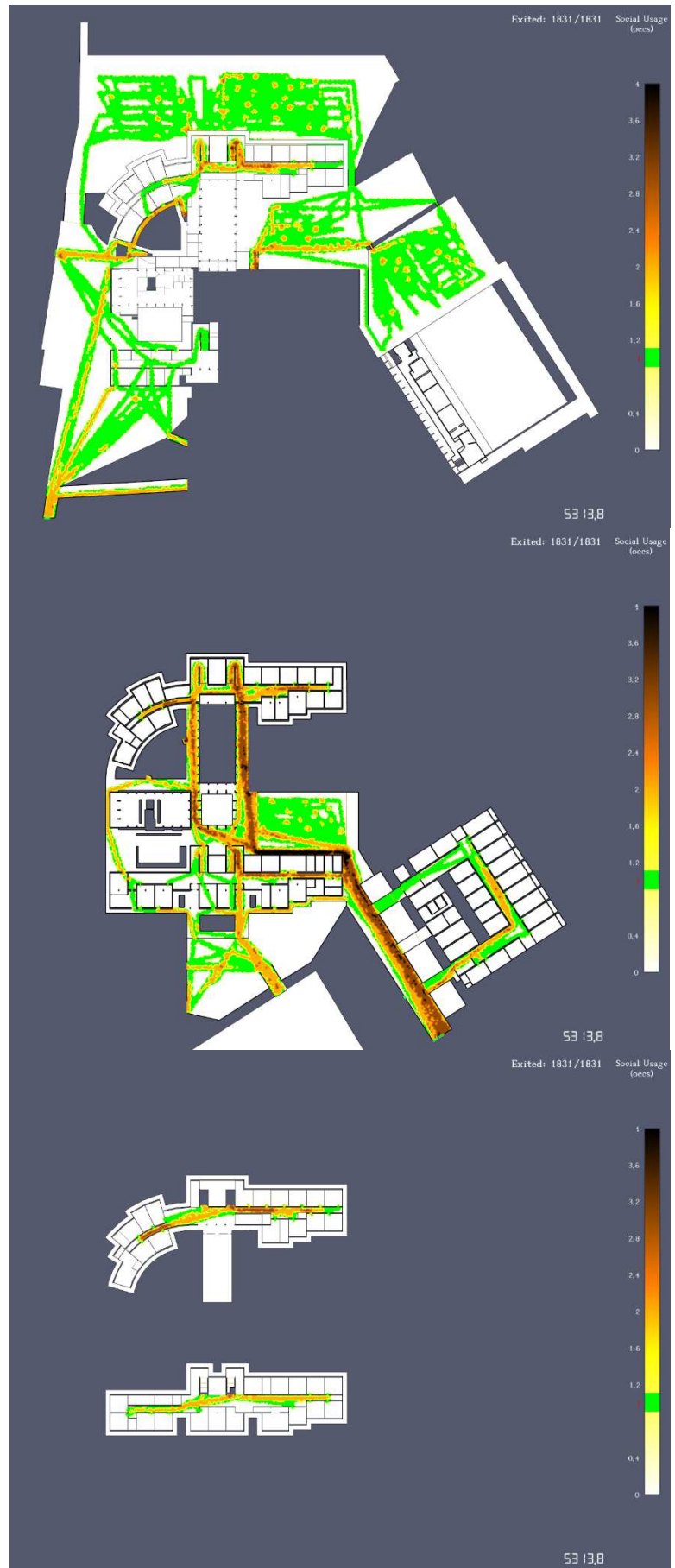


Figure 76. Output scenario 1.

Global Assessment

G: 42,2 min

Exposure Time to Zero Occupants:
3755,7 min**Exposure Times for each k**

k=0: 3755,7 min

k=1: 35,5 min

k=2: 3,2 min

k=3: 0,1 min

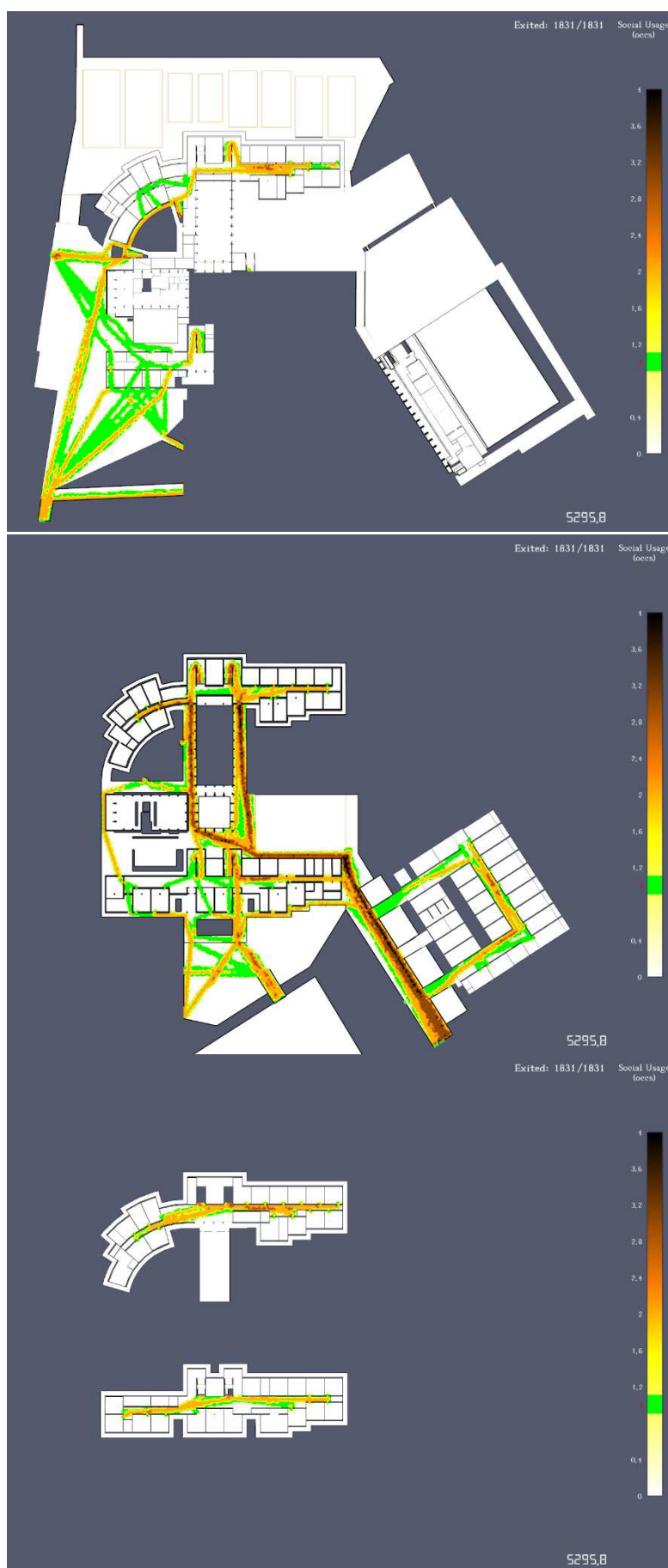


Figure 77. Output scenario 2.

Global Assessment

G: 25,1 min

Exposure Time to Zero Occupants:
3533,3 min

Exposure Times for each k

k=0: 3533,3 min

k=1: 22,6 min

k=2: 1,2 min



Figure 78. Output scenario 3.

BIBLIOGRAFIA

NORMATIVA

- Real Decreto del 12 febbraio 2010, n. 132, por el que se establecen los requisitos mínimos de los centros que impartan las enseñanzas del segundo ciclo de la educación infantil, la educación primaria y la educación secundaria
- Real Decreto del 15 marzo 2010, n. 303, por el que se establecen los requisitos mínimos de los centros que impartan enseñanzas artísticas reguladas en la ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación

SIMULAZIONE DINAMICA

- MassMotion help guide. Oasys Software Limited, 2017
- Pathfinder user manual. Thunderhead Engineering, 2023
- Pathfinder results user manual. Thunderhead Engineering, 2023
- Pathfinder technical reference manual. Thunderhead Engineering, 2023

SISTEMA SCOLASTICO SPAGNOLO

- Conceptos básicos sobre la modificación del Código Técnico de la Edificación, Gobierno de España, Ministerio de transportes, Movilidad y Agenda Urbana
- Rodríguez Méndez FJ, Manique da Silva C. Arquitectura y espacio escolar. Historia y Memoria de la Educación, 2021. 13
- Ros-Martin MI. Methodology to evaluate school buildings. Educational applications. Advances in Building Education, 2021. 5 (3), 62-73

SITOGRAFIA ESSENZIALE

- <https://www.codigotecnico.org/> ultima visita: ottobre 2023
- <https://www.educacionyfp.gob.es/portada/> ultima visita: ottobre 2023



RiGenerazione Scuola, Ministero dell'Istruzione e del Merito, 2020

Capitolo 6

Conclusioni

La ricerca ha messo in luce come nell'era della transizione ecologica del XXI secolo, nel periodo della quarta rivoluzione industriale dell'*internet of things*, alle porte della quinta rivoluzione della *collaborative industry*, sia necessario ridefinire i paradigmi della progettazione, alla ricerca di soluzioni sostenibili, funzionali e innovative all'interno di un contesto urbano in continua evoluzione.

I piani di sviluppo nazionali e internazionali (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, Programma Nazionale per la Ricerca, Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente, Horizon Europe 21-27, Agenda 2030) e gli enti impegnati nel settore educativo (INDIRE, Fondazione Agnelli, Stati Generali della Scuola, European Schoolnet, Organisation for Economic Co-operation and Development, etc.) affrontano da tempo il problema di adeguare il sistema educativo e il relativo sistema edilizio alle moderne sfide del sistema sociale, culturale e tecnologico.

L'analisi sulle funzioni attribuite all'edificio scolastico del XXI secolo ha evidenziato alcune lacune dello strumento normativo italiano, fermo alla sua emanazione nel 1975. Esse sono state in parte colmate con l'emanazione del Decreto Interministeriale 11 aprile 2013, un documento che ha l'obiettivo di rinnovare i criteri per la progettazione dello spazio e delle dotazioni per la scuola del nuovo millennio, distaccandosi dallo stile prescrittivo della normativa per l'edilizia scolastica del 1975.

Al contempo, però, non si rilevano adeguamenti normativi per le funzioni strategico-emergenziali. Il D.I. del 2013, infatti, non rappresenta l'unica fonte di novità prevista per le funzionalità attribuite alla scuola negli ultimi anni.

Nel 2003, con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, si è dato inizio a un processo normativo che vede riconosciute le scuole nei Piani di Emergenza Comunali quali strutture emergenziali atte ad accogliere la popolazione o le attività della Protezione Civile a seguito di eventi calamitosi, comportando un'incongruenza tra i requisiti di progettazione e quelli di fruizione.

Inoltre, nel 2020, con il Rapporto I.S.S. Covid-19 n.58 viene richiesto alla scuola di proseguire le attività didattiche anche in condizioni di emergenza sanitaria.

Da questa necessità è scaturita un'analisi di natura fortemente multidisciplinare, in cui le tematiche dell'ingegneria e dell'architettura si fondono con quelle pedagogiche e sociali.

Anche i recenti avvenimenti emergenziali legati al bradisismo nei Campi Flegrei dimostrano come la necessità di nuova metodologia di impostazione progettuale sia di primaria importanza.

Le attuali strutture scolastiche, più che edifici strategici, sono nodi critici, edifici vulnerabili e causa di tensione nella popolazione, comprovando che l'attuale approccio progettuale non sia in grado di produrre strutture con i requisiti rispondenti ai bisogni della società del XXI secolo.

Il nuovo approccio proposto dalla ricerca sopperisce a tali mancanze, generando un duplice risvolto nel campo della progettazione.

In relazione all'edilizia esistente, tale approccio permette di analizzare le criticità in essere, individuare le possibili linee di azione e minimizzare gli interventi necessari al corretto funzionamento in condizioni emergenziali.

Al contempo, esso risulta uno strumento utile alla progettazione di nuove infrastrutture scolastiche che, coerenti con gli scenari di rischio, risultino resilienti nei momenti critici ed efficaci edifici strategici all'insorgere delle emergenze.

6.1 Confronto obiettivi e risultati

La ricerca conduce alla preliminare considerazione che i nuovi paradigmi della progettazione debbano avere un'impostazione flessibile di tipo qualitativo-prestazionale, adattabile ai cambiamenti e resiliente alle condizioni emergenziali.

In coerenza con gli indirizzi normativi e scientifici, quindi, la prima fase della metodologia della ricerca si è conclusa con l'individuazione e codifica di tre requisiti caratterizzanti la scuola del nuovo millennio:

- **impatto eco-sociale;**
- **flessibilità degli spazi;**
- **adattabilità in situazioni di crisi.**

Al termine della seconda fase della metodologia, la ricerca ha individuato funzioni e scenari di funzionamento da integrare nel processo di progettazione. Il nuovo paradigma progettuale per l'edilizia scolastica deve prendere in considerazione la possibilità che si verifichi uno o più dei seguenti scenari di funzionamento:

- **condizioni ordinarie;**
- **emergenza sanitaria;**
- **emergenza per calamità naturale.**

A seguito dell'individuazione dei requisiti di progettazione, dei parametri fondamentali e degli scenari di esercizio della scuola, la ricerca si è focalizzata sullo sviluppo di un nuovo approccio alla progettazione basato, in accordo agli indirizzi nazionali e internazionali del nuovo millennio, su un modello dinamico-qualitativo in sostituzione di quello statico-prescrittivo e che include l'eccezione emergenziale come condizione di progetto.

Per poter garantire questo tipo di fruizione sono stati progettati strumenti innovativi di supporto a progettisti, professionisti e tecnici del settore, in grado di comparare e verificare le scelte progettuali di ambienti polifunzionali, flessibili e adattivi, in accordo ai principi di sostenibilità e di transizione destinati all'analisi di funzionalità statica e dinamica.

Gli strumenti per l'analisi di funzionalità statica sono progettati con l'intento di facilitare la progettazione e la verifica degli spazi, in ogni scenario di funzionamento, basandosi sulle indicazioni normative e sui requisiti di polivalenza presenti in letteratura.

Dalla ricerca condotta sono state progettate tre tipologie di strumenti:

- **schede di controllo dei requisiti per la didattica e la sicurezza;**
- **schede di analisi della polivalenza degli ambienti;**
- **schemi di funzionamento di progetto.**

L'analisi di funzionalità dinamica, invece, rappresenta la chiave per il passaggio da una normativa quantitativo-prescrittiva a una qualitativo-prestazionale, come avvenuto in materia di prevenzione incendi con l'impiego della *Fire Safety Engineering*. La metodologia propone un metodo di verifica dinamica degli spazi finalizzato alla valutazione delle soluzioni progettuali e al confronto tra diversi scenari, modellabili tramite **crowd simulation**.

L'analisi dell'impiego del software nelle pubblicazioni scientifiche ha permesso di individuare una metodologia di applicazione dei *crowd simulator* diviso in tre macro-fasi:

- **realizzazione di un modello digitale** all'interno del software di simulazione della folla;

- **inserimento di dati comportamentali** e di utilizzo della struttura;
- **verifica dei parametri** dinamici, individuazione delle criticità e ricerca delle soluzioni.

La ricerca ha successivamente ampliato il modello definendo una metodologia di verifica e valutazione delle scelte progettuali valide per l'edilizia scolastica e per ogni altra tipologia edilizia. Tale metodologia è stata applicata a quattro casi studio nazionali e internazionali (I Circolo Didattico "G. Marconi" Plesso "A. Trincone", Istituto Comprensivo Statale "A. Vespucci", Istituto Statale di Istruzione Superiore "Vittorio Emanuele II", Colegio Estudio, Comunità Autonoma di Madrid), mostrando la validità dello strumento.

In ogni applicazione lo strumento dell'analisi dinamica ha consentito di comparare l'efficacia delle procedure di mitigazione del contagio in soluzioni progettuali apparentemente analoghe, o non confrontabili in altro modo, permettendo di individuare i nodi critici e di porvi rimedio.

Questi risultati aprono la strada alla definizione di uno strumento basato sulla verifica dinamica degli spazi di cui il normatore deve tener conto nella produzione di uno strumento rispondere ai requisiti di funzionalità in condizioni di emergenza.

I risultati sinora ottenuti hanno consentito di individuare i parametri per l'adeguamento e la progettazione ex novo di edifici scolastici che tengano anche conto della condizione emergenziale come parametro essenziale, differenziando le soluzioni di tipo "organizzativo", "distributivo-funzionale" ed "ambientale". Tali parametri, al contempo, si configurano come "indicatori di adattabilità" utili a determinare il limite di convenienza secondo cui la Pubblica Amministrazione potrebbe decidere di investire in interventi di demolizione e ricostruzione piuttosto che di retrofitting dell'esistente.

Le simulazioni dinamiche rappresentano solo il primo passo di un modello di progettazione innovativo, al passo con le esigenze e i bisogni della società moderna. Lo strumento, integrato in un sistema di realtà virtuale, è in grado di aprire la strada a nuovi filoni di ricerca, come dimostrato da recenti studi del settore.

L'immersività ottenuta dall'unione dei due mezzi permette di ottenere strumenti con molteplici utilizzi, quali la verifica della percorribilità dei percorsi e il training dell'utenza in sicurezza anche per scenari complessi e pericolosi.

Tutti gli strumenti individuati dalla ricerca risultano essere tasselli di un innovativo processo di progettazione che necessita di essere aggiornato sotto il profilo normativo e professionale.

In ultima analisi, si riscontra che i risultati della ricerca contribuiscono alle azioni definite dal Programma Nazionale per la Ricerca 21-27 perseguendo le articolazioni:

- 2.5.5. Benessere psicosociale e qualità della vita, per l'analisi delle esigenze di benessere psicologico e sociale, la definizione di metodi, interventi e strumenti per migliorare la qualità della vita il benessere degli individui;
- 2.5.11. Metodi innovativi e tecnologie per la ricerca sociale e l'educazione, nello sviluppo di metodi e standard per la simulazione in ambienti virtuali di pratiche e fenomeni sociali e per la valutazione in silico di scelte di pianificazione;
- 2.5.12. Strategie e strumenti per la rigenerazione urbana e il governo del territorio, per la definizione di strumenti e parametri delle infrastrutture scolastiche in qualità di centri educativi e sistemi territoriali resistenti ai disastri;
- 3.1.3. Gestione dei rischi e della resilienza, per lo studio delle azioni di prevenzione, preparazione, risposta e recupero che determinano la capacità del sistema di mitigare gli effetti, prepararsi e reagire a eventi calamitosi e infine ristabilire la funzionalità;

- 4.1.1. Servizi *human-centred*, per l'utilizzo della *human behaviour analysis* nella produzione degli strumenti a supporto della progettazione.



RiGenerazione Scuola, Ministero dell'Istruzione e del Merito, 2020

Bibliografia e sitografia

BIBLIOGRAFIA

1. Accordo Conferenza Unificata (Governo, Regioni, Enti locali) 6 gennaio 2014, in applicazione dell'art.7 della Legge n.23, 11 aprile 1996 sul Sistema Nazionale dell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica
2. Agenzia per la coesione territoriale. La buona governance della Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente, 2021
3. Amodio E, et al. Schools opening and Covid-19 diffusion: evidence from geolocalized microdata. CEPRpress, 2021. 65, 47(77)
4. Asadi S, et al. Ristenpart WD. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. Scientific Reports, 2019
5. Assemblea Generale delle Nazioni Unite. Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile. New York: Nazioni Unite, 2015
6. Avviso Pubblico 19 agosto 2020. Avviso pubblico per assegnazione di finanziamenti per affitti e/o strutture modulari per avvio anno scolastico 2020/2021
7. Avviso Pubblico 20 luglio 2020. Avviso di indizione di gara in procedura aperta semplificata e di massima urgenza per l'acquisizione e la distribuzione di banchi scolastici e sedute attrezzate sull'intero territorio nazionale
8. Bartolini R, Zannoccoli C, Mangione GRJ. Atlante delle piccole scuole in Italia. Mappatura e analisi dei territori con dati aggiornati all'anno scolastico 2020/21. INDIRE, Firenze, 2023
9. Bashier F. Design process-system and methodology of design research. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, 245(8).
10. Bauman Z. Modernità liquida. RomaBari: Editori Laterza, 2011
11. Bazzocchi F, Ciacci C, Di Naso V. Evaluation of Environmental and Economic Sustainability for the Building Envelope of Low-Carbon Schools, Sustainability, 2021. 13, 1702
12. Benadusi I, Niceforo O. Obbligo scolastico o di istruzione: alla ricerca dell'equità. Fondazione Giovanni Agnelli, 2010
13. Benedetti F, Buffardi A. Scuola, lavoro e territorio. Carrocci editore, Roma, 2022
14. Benner S, a cura di. Paul J. Crutzen and the Anthropocene: a new epoch in Earth's history. Max Planck Institute, 2021
15. Bernardini G, et al. Can active and passive wayfinding systems support fire evacuation in buildings? Insights from a virtual reality-based experiment. Journal of Building Engineering, 2023. 74
16. Bocconi S, Kampylis P, Punie Y. Innovating Teaching and Learning Practices: Key elements for developing Creative Classrooms in Europe, eLearning papers, 2012. 30, 1-13
17. Bonaiuto M. Psicologia architettonica e ambientale degli ambienti scolastici. Fondazione Agnelli, 2019. 12 (60)
18. Bonilla-Molina L. Apagón Pedagógico Global Las instituciones educativas en la cuarta revolución industrial y la era de la singularidad. Ediciones LBM, Caracas, Venezuela, 2018.
19. Bonoli A. Crisi ambientale e soluzioni per la sostenibilità e l'adattamento. Journal of research and didactics of history, 2020. 2 (1)
20. Bordignon M, Fontana A. Federalismo e istruzione. La scuola italiana nell'ambito del processo di decentramento istituzionale. Fondazione Giovanni Agnelli, 2010
21. Bourouiba L. A Sneeze. The New England Journal of Medicine, 2016

22. Brankston G, et al. Transmission of influenza A in human beings. *The Lancet Infect Diseases*, 2007
23. Campagnaro C, Giordano R. Home for homeless. Linee guida per la progettazione dei centri di accoglienza notturna. *Techne Journal of Technology for Architecture and Environment*, 2017, 14.
24. Campione V. Tecnologie, ambienti di apprendimento, qualità del sistema di istruzione, Fondazione Giovanni Agnelli, 2010
25. Canepa, E. & Guerrisi, V. (2021). La crisi pandemica e le zattere della cultura progettuale. Rassegna delle principali riviste italiane di architettura durante le grandi crisi sanitarie del XX e XXI secolo, *FAMagazine. Ricerche e progetti sull'architettura e la città*, 52–53, 167-173
26. Cannella G. Lo spazio informale: dalle Linee guida per l'edilizia scolastica alla realizzazione pratica, in *Turris Babel*, 97, Fondazione Architettura Alto Adige, Bolzano, 2016
27. Carullo P. La scuola per l'infanzia e primaria in Italia tra architettura e pedagogia. Proposte per la trasformazione degli spazi di apprendimento, Dottorato di Ricerca in Ingegneria civile, edile-architettura, ambientale e del territorio, Università degli studi di Salerno, 2016
28. Castelluccio R, Vitiello V, Di Mare CA, Cuzzolino S. La gestione degli edifici strategici in condizioni emergenziali. Rinnovare l'approccio progettuale per le scuole post Covid-19. *Progetto e costruzione: tradizione e innovazione nella pratica dell'architettura*. EdicomEdizioni. Gorizia, 2020, 1278-1295.
29. Cavagna GA, Franzetti P, Fuchimoto T. The mechanics of walking in children. *J. Physiol*, 1983. 323-339
30. Cecilian A. Spazi e attività per una scuola innovativa. *Formazione & Insegnamento*, 2019. XVII
31. Celeste JJ, Bongolan VP. School re-opening simulations with covid-19 agent-based model for quezon city, Philippines. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2021. 46(4)
32. Centers for Disease Control and Prevention, a cura di. *Social Distancing: Keep a Safe Distance to Slow the Spread*. 2020
33. Chen L, et al (2018) *Crowd Simulation Incorporating Thermal Environments and Responsive Behaviors*, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 26:4, 436-452
34. Cheng JCP, Gan VJL. Integrating Agent-Based Human Behavior Simulation with Building Information Modeling for Building Design. *International Journal of Engineering and Technology*, 2013. 5 (4)
35. Ciaffi D, Saporito E, Vassallo I. From social infrastructure to civic center. The school as laboratory of collaborative governance models. *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 2022. 16
36. Cieplucha W. 7 design methods in architecture. In: Mielnik A. *Defining the architectural space: rationalistic or intuitive way to architecture*. Wydaw, 2018, 8, 13-22.
37. Circolare del Ministero della Salute, 24 settembre 2020, n.30847. Riapertura delle scuole. Attestati di guarigione da COVID-19 o da patologia diversa da COVID-19 per alunni/personale scolastico con sospetta infezione da SARS-CoV-2.
38. Circolare del Ministero della Salute, 31 agosto 2022. Aggiornamento delle modalità di gestione dei casi e dei contatti stretti di caso COVID-19

39. Ciurnelli B, Izzo D. L'impatto della pandemia sulla didattica: percezioni, azioni e reazioni dal mondo della scuola, Lifelong, Lifewide Learning. 2020
40. Comai S, et al. Indoor mobile mapping system and crowd simulation to support school reopening because of covid-19: a case study. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020. 44 (3)
41. Comai S, et al. Simulation modelling in a BIM environment: the case of school re-opening during Covid19 pandemic. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Smart Infrastructure and Construction, 2022
42. Con i bambini Impresa Sociale, a cura di. Minireport n.89: La presenza delle palestre scolastiche nelle città maggiori. Openpolis, 2020
43. Conceptos básicos sobre la modificación del Código Técnico de la Edificación, Gobierno de España, Ministerio de transportes, Movilidad y Agenda Urbana
44. Consiglio dei Ministri. Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza #NEXTGENERATIONITALIA. Governo della Repubblica Italiana. Roma, 2021
45. Consiglio Nazionale delle Ricerche, a cura di. Manuale dell'Architetto. Uccio Informazioni Stati Uniti, 1950
46. Cristina M. Architettura sottovuoto: progetto di una struttura di ricovero per situazioni di emergenza. Politecnico di Milano. Scuola Architettura e Società, 2012
47. Dash S. An exploratory study on design process in architecture: perspective of creativity. Creativity Studies, 2021. 14 346-361.
48. Davis S. Designing for the homeless: Architecture that works. University of California Press, Berkeley, 2004.
49. De Sivo B. Tecnologia dell'edilizia scolastica. Giannini Editore, Napoli, 1971
50. Decreto del Ministro dell'Interno 24 Febbraio 2021. Nuovo schema di capitolato di appalto per la fornitura di beni e servizi relativi alla gestione e al funzionamento dei centri. Inerente i centri di prima accoglienza previsti dal D.L. 30 ottobre 1995, n. 451, convertito con la legge 29 dicembre 1995, n. 563, dagli artt. 9 e 11 del d. lgs. 18 agosto 2015, n. 142, nonché dei centri di cui agli artt. 10 ter e 14 del d. lgs. 25 luglio 1998, n. 286 e successive modifiche e integrazioni.
51. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 03 Novembre 2020. Ulteriori disposizioni attuative del decreto-legge 25 marzo 2020, n.19, convertito, con modificazioni, dalla legge 25 maggio 2020, n.35, recante «Misure urgenti per fronteggiare l'emergenza epidemiologica da COVID-19», e del decreto-legge 16 maggio 2020, n.33, convertito, con modificazioni, dalla legge 14 luglio 2020, n.74, recante «Ulteriori misure urgenti per fronteggiare l'emergenza epidemiologica da COVID-19»
52. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 18 Ottobre 2020. Misure per il contrasto e il contenimento dell'emergenza Covid-19
53. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 21 ottobre 2003. Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica». (GU n. 252 del 29/10/2003).
54. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997. Requisiti acustici passivi degli edifici

55. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 7 agosto 2020. Ulteriori disposizioni attuative del decreto-legge 25 marzo 2020, n. 19, recante misure urgenti per fronteggiare l'emergenza epidemiologica da COVID-19, e del decreto-legge 16 maggio 2020, n. 33, recante ulteriori misure urgenti per fronteggiare l'emergenza epidemiologica da COVID-19
56. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 marzo 2020. Ulteriori disposizioni attuative del decreto-legge 23 febbraio 2020, n. 6, recante misure urgenti in materia di contenimento e gestione dell'emergenza epidemiologica da COVID-19
57. Decreto del Presidente della Repubblica 01 agosto 2011, Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi
58. Decreto del Presidente della Repubblica 20 marzo 2009 n. 89, Revisione dell'assetto ordinamentale, organizzativo e didattico della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione ai sensi dell'articolo 64, comma 4, del decreto-legge 25 giugno 2008, n. 112, convertito, con modificazioni, dalla legge 6 agosto 2008, n. 133
59. Decreto del Presidente della Repubblica 8 Marzo 1999, n. 275, Regolamento recante norme in materia di autonomia delle istituzioni scolastiche, ai sensi dell'art. 21 della L. 15 marzo 1997, n. 59
60. Decreto Interministeriale 11 aprile 2013, Norme tecniche-quadro, contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale
61. Decreto legge del 5 gennaio 2021. Ulteriori disposizioni urgenti in materia di contenimento e gestione dell'emergenza epidemiologica da COVID-19
62. Decreto Legislativo 18 agosto 2015 n. 142. Attuazione della direttiva 2013/33/UE recante norme relative all'accoglienza dei richiedenti protezione internazionale, nonché della direttiva 2013/32/UE, recante procedure comuni ai fini del riconoscimento e della revoca dello status di protezione internazionale.
63. Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017, Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici
64. Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, Norme tecniche per le costruzioni
65. Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, Norme tecniche per le costruzioni
66. Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975, Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica
67. Decreto Ministeriale 2 settembre 2021. Criteri per la gestione dei luoghi di lavoro in esercizio ed in emergenza e caratteristiche dello specifico servizio di prevenzione e protezione antincendio, ai sensi dell'articolo 46, comma 3, lettera a), punto 4 e lettera b) del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81
68. Decreto Ministeriale 21 marzo 2018, Applicazione della normativa antincendio agli edifici e ai locali adibiti a scuole di qualsiasi tipo, ordine e grado, nonché agli edifici e ai locali adibiti ad asili nido
69. Decreto Ministeriale 22 gennaio 2008, n. 37, Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante

- riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
70. Decreto Ministeriale 24 luglio 1996, n. 503, Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici
 71. Decreto Ministeriale 26 agosto 1992, Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica
 72. Decreto Ministeriale 26 giugno 2015, Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici
 73. Decreto Ministeriale 26 giugno 2015, Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici
 74. Decreto Ministeriale 26 giugno 2020. Adozione del Documento per la pianificazione delle attività scolastiche, educative e formative in tutte le Istituzioni del Sistema nazionale di Istruzione per l'anno scolastico 2020/2021.
 75. Decreto Ministeriale 31 maggio 2006, n. 4018, riguardante la revoca della sperimentazione introdotta con la legge Moratti
 76. Decreto Ministeriale 7 agosto 2017, Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le attività scolastiche, ai sensi dell'art. 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139
 77. Deliberazione del Consiglio Nazionale del CONI 25 maggio 2008, n.1379. Norme per l'impiantistica sportiva
 78. Di Mare CA, Castelluccio R. New paradigms for school design into the ecological transition. *Sustainable Mediterranean Construction*, 2022. 15, 89-94
 79. Di Nallo M. Die Schule als offenes Haus: School building and leisure in Switzerland during the 1950s and 1960s. *Journal of Architecture*, 2013. 18(5), 647–671
 80. Diazi M. "La scuola in Fiera": inaugurato a Bologna uno spazio innovativo per il ritorno a scuola nel post lockdown, Regione Emilia Romagna, 15 Settembre 2020
 81. Dipartimento della Protezione Civile. Repertorio n. 1099 del 31 marzo 2015. Indicazioni operative inerenti "La determinazione dei criteri generali per l'individuazione dei Centri Operativo di Coordinamento e delle Aree di Emergenza"
 82. Dipartimento della Protezione Civile. Verbale Presidenza del Consiglio dei Ministri n.82 del 28 maggio 2020
 83. Dipartimento della Protezione Civile. Verbale Presidenza del Consiglio dei Ministri n.90 del 22 giugno 2020
 84. Dipartimento della Protezione Civile. Verbale Presidenza del Consiglio dei Ministri n.94 del 7 luglio 2020
 85. Dipartimento della Protezione Civile. Verbale Presidenza del Consiglio dei Ministri n.100 del 10 agosto 2020
 86. Dipartimento della Protezione Civile. Verbale Presidenza del Consiglio dei Ministri n.104 del 31 agosto 2020
 87. Documento di indirizzo del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. Piano Nazionale Scuola Digitale. 2015. Ultima versione 13 febbraio 2021
 88. Dovey K, Fisher K. Designing for adaptation: The school as socio-spatial assemblage. *Journal of Architecture*, 2014. 19(1), 43-63
 89. Dufour C, et al. Rights, Standards and Quality in a Complex Humanitarian Space: Is Sphere the Right Tool?. *Disaster*, 2004, 28(2), 124-141.

90. Esposito S, Cotugno N, Principi N. Comprehensive and safe school strategy during COVID-19 pandemic. *Italian Journal of Pediatrics*, 2021. 47(6)
91. European Commission, a cura di. Orientations towards the first strategic plan for Horizon Europe. Research and Innovation, 2021
92. Fianchini M. Progettare scuole in scenari innovativi. *Techne Journal of Technology for Architecture and Environment*, 2021. 21, 230-235
93. Fiorillo I, Califano R, Naddeo A. The new ergonomic paradigm for academic learning environments during Covid-19 lockdown. *Design Tools and Methods in Industrial Engineering II*. ADM, 2021
94. Flatters I, et al. Manual Control Age and Sex Differences in 4 to 11 Year Old Children. *Plos One*, 2014. 9 (2)
95. Fondazione Agnelli, a cura di. La ripartenza della scuola all'estero. 2020. Versione aggiornata al 14 maggio 2020
96. Fondazione Agnelli, a cura di. Rapporto edilizia scolastica: presentazione nazionale. 2019
97. Fumo M, et al. Dall'anagrafica dell'edilizia scolastica alla valutazione degli interventi di riqualificazione: alcuni casi di studio nella città metropolitana di Napoli. VI Convegno Internazionale ReUSO Messina. Gangemi Editore, 2018. 1629-1639
98. Fumo M. Ausiello G, Buanne M. Verso una Scuola Resiliente. Atti di Convegno. Napoli: Luciano Editore, 2018
99. Furlani S, Cardoso G.T. Rethinking post-Covid-19 school design in Brazil: Adaptation strategies for public schools PEE-12 FNDE. *Strategic Design Research Journal*, 2021, 14(1), 339-350.
100. Furlani S, Cardoso GT. Rethinking post-Covid-19 school design in Brazil: adaptation strategies for public schools PEE-12 FNDE. *Strategic Design Research Journal*, 2021
101. Gabinetto del Sindaco del Comune di Napoli Unità Organizzativa Autonoma Protezione Civile. Piano Generale di Emergenza di Protezione Civile. 2012
102. Galanti E. Il Metodo Augustus. DPC INFORMA, Periodico informativo del Dipartimento della protezione Civile, 1997, 4-II.
103. Gavosto A. Il Sistema scolastico Italiano, in *Il capitale sociale umano: la forza del Paese*. S.I.P.I., 2014
104. Gilderbloom JI, Squires GD, Wuerstle M. Emergency Homeless Shelters in North America: An Inventory and Guide for Future Practice. *Housing and Society*, 2013, 40(1), 1-37.
105. Gomez Paloma F, Borrelli M, Buondonno E, a cura di. Scuole innovative: L'Embodied Cognition design come paradigma dei nuovi spazi scolastici, *Embodied Cognitive Science*, Editorial Series of education Science, Physical Activity and Sport Science, Edizioni Nuova Cultura, 2019. Anno VII, n.6
106. Gulay E, Lucero A. Understanding the role of physical and digital techniques in the initial design processes of architecture. In *Human-Computer Interaction. Interact*, 2021. 312-329
107. Hacker ME, Kaminsky J, Faust KM. Housing regulations in temporary accommodations for displaced persons: A German case study. *Construction Research Congress 2018: Construction Project Management - Selected Papers from the Construction Research Congress 2018*, 260-270.
108. Halawa F, Chalil Madathil S, Gittler A, Khasawneh MT. Advancing evidence-based healthcare facility design: a systematic literature review. *Health Care Management Science*, 2020, 23, 453-480.

109. Hamner L, et al. High SARS-CoV-2 Attack Rate Following Exposure at a Choir Practice - Skagit County, Washington. MMWR, 2020
110. Harweg T, Bachmann D, Weichert F. Agent-based Simulation of Pedestrian Dynamics for Exposure Time Estimation in Epidemic Risk Assessment. Physics, 2020
111. Heald-Sargent T, et al. Age-related differences in nasopharyngeal severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) levels in patients with mild to moderate coronavirus disease 2019 (COVID-19). JAMA Pediatrics, 2020
112. Helbing D, Johansson AF. Pedestrian, crowd and evacuation dynamics. Encyclopedia of Complexity and Systems Science, 2010. 16(4), 6476-6495
113. Higgins SE, et al. The Impact of School Environments: A Literature Review. University of Newcastle, 2005
114. Huang S. Covid-19: why we should all wear masks - There is new scientific rationale. Medium, 2020
115. IDB Education Network, a cura di. Learning in Twenty-First Century Schools Toward School Buildings That Promote Learning, Ensure Safety, and Protect the Environment. Report of a Meeting of the IDB Education Network, 2010
116. Ijaz K, Sohail S, Hashish S. A survey of latest approaches for crowd simulation and modeling using hybrid techniques. 17th UKSIM-AMSS Int Conf ModelSimul, 2015. 111-116
117. Interactive Classroom Working Group. Traduzione in Italiano a cura di INDIRE, Linee guida per il ripensamento e l'adattamento degli ambienti di apprendimento a scuola, European Schoonet, 2018
118. Istituto Superiore della Sanità, a cura di. Epicentro: L'epidemiologia per la sanità pubblica, 2021
119. Istituto Superiore di Sanità, a cura di. Rapporti ISTISAN 20/3. Qualità dell'aria indoor negli ambienti scolastici: strategie di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici. Ambiente e salute 2020
120. Istituto Superiore di Sanità, a cura di. Rapporto COVID-19 n. 53/2020. Guida per la ricerca e gestione dei contatti (contact tracing) dei casi di COVID-19. Versione del 25 giugno 2020
121. Istituto Superiore di Sanità, a cura di. Rapporto COVID-19 n. 63/2020. Apertura delle scuole e andamento dei casi confermati di SARS-CoV-2: la situazione in Italia. Versione del 30 dicembre 2020
122. Istituto Superiore di Sanità, a cura di. Rapporto COVID-19 n.33/2020. Indicazioni sugli impianti di ventilazione/climatizzazione in strutture comunitarie non sanitarie e in ambienti domestici in relazione alla diffusione del virus SARS-CoV-2. Versione del 25 maggio 2020
123. Istituto Superiore di Sanità, a cura di. Rapporto COVID-19 n.5/2020. Indicazioni ad interim per la prevenzione e gestione degli ambienti indoor in relazione alla trasmissione dell'infezione da virus SARS-CoV-2. Versione del 25 maggio 2020
124. Istituto Superiore di Sanità, a cura di. Rapporto COVID-19 n.58/2020. Indicazioni operative per la gestione di casi e focolai di SARSCoV-2 nelle scuole e nei servizi educativi dell'infanzia. Versione del 28 agosto 2020
125. Istituto Superiore di Sanità, Ministero della Salute, INAIL, Fondazione Bruno Kessler, a cura di. Indicazioni strategiche ad interim per la prevenzione e il controllo delle infezioni da SARS-CoV-2 in ambito scolastico (a.s. 2021-2022). 2021

126. Kuuskorpi M, Cabellos González N. The Future of the Physical Learning Environment: School Facilities that Support the User CELE Exchange, Centre for Effective Learning Environments, OECD Publishing, 2011. 11, Paris
127. La scuola che vorrei, a cura di. Linee guida per un dialogo tra pedagogia e architettura nella progettazione degli spazi scolastici. Provincia di Teramo, 2019
128. Lee B, et al. Modeling the impact of school reopening on SARS-CoV-2 transmission using contact structure data from Shanghai, BMC Public Health, 2020. 20, 1713
129. Lee J. Digital-Green architecture: a new design process that integrates digital technology and sustainable concepts. Eco-Architecture, 2010. 3 (128), 173-184
130. Legambiente, a cura di. Ecosistema scuola. Se non riparte la scuola non riparte il Paese. XX Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica e dei servizi. Roma, 2021
131. Legambiente, a cura di. Ecosistema scuola. XIX Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi. Roma, 2018
132. Legambiente, a cura di. Ecosistema scuola. XVIII Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi. Roma, 2017
133. Legambiente, a cura di. Ecosistema scuola. XXI Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica e dei servizi. Roma, 2021
134. Legambiente, a cura di. Ecosistema scuola. XXII Rapporto di Legambiente sulla qualità degli edifici e dei servizi scolastici. Roma, 2023
135. Legge 11 gennaio 1996, n. 23, Norme per l'edilizia scolastica
136. Legge 13 luglio 2015, n. 107, Riforma del sistema nazionale di istruzione e formazione e delega per il riordino delle disposizioni legislative vigenti
137. Legge 15 luglio 1877, n. 3961, sull'obbligo dell'istruzione elementare
138. Legge 15 maggio 1997, n. 127, Misure urgenti per lo snellimento dell'attività amministrativa e dei procedimenti di decisione e di controllo
139. Legge 15 marzo 1997, n. 59, Delega al governo per il conferimento di funzioni e compiti alle regioni ed enti locali, per la riforma della pubblica amministrazione e per la semplificazione amministrativa, corredato delle relative note.
140. Legge 17 maggio 1999, n. 144, Misure in materia di investimenti, delega al Governo per il riordino degli incentivi all'occupazione e della normativa che disciplina l'INAIL, nonché disposizioni per il riordino degli enti previdenziali.
141. Legge 20 gennaio 1999, n. 9, Disposizioni urgenti per l'elevamento dell'obbligo di istruzione
142. Legge 27 dicembre 2006, n. 296, Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato
143. Legge 28 marzo 2003, n. 53, Delega al Governo per la definizione delle norme generali sull'istruzione e dei livelli essenziali delle prestazioni in materia di istruzione e formazione professionale.
144. Legge 30 ottobre 2008, n. 169, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 1° settembre 2008, n. 137, recante disposizioni urgenti in materia di istruzione e università
145. Linee guida della Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome 9 luglio 2020. Nuovo coronavirus SARS-CoV-2. Linee guida per la riapertura delle attività economiche, produttive e ricreative
146. Loades ME, et al. Rapid Systematic Review: The Impact of Social Isolation and Loneliness on the Mental Health of Children and Adolescents in the Context of COVID-19, Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 2020

147. Lorusso P, et al. Fire Emergency Evacuation from a School Building Using an Evolutionary Virtual Reality Platform. *Buildings*, 2022. 12, 223
148. Mahmoodi ASM. The design process in architecture, a pedagogic approach using interactive thinking. The University of Leeds, 2001
 - a. Malaguzzi L. I cento linguaggi dei bambini. L'approccio di Reggio Emilia all'educazione dell'infanzia. Edizioni Junior, Bergamo, 2010
149. Manca S. et al. The effect of school design on users' responses: A systematic review (2008-2017). *Sustainability*, 2020. 12(8)
150. Mangione GR. Calzone S. Bagattini D. Ambienti digitali per le Piccole Scuole. Il potenziamento degli spazi laboratoriali all'interno di un rinnovato concetto di aula. *Form@re-Open Journal per la formazione in rete*, 2017. 17 (3), 83–100
151. Marano F. Modelli progettuali sostenibili nell'organizzazione degli edifici scolastici. Riduzione dei consumi e miglioramento delle condizioni ambientali. Università degli Studi di Napoli Federico II, 2013
152. Marcos CL. BIM implications in the design process and project-based learning: comprehensive integration of BIM in architecture. *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations*, 2017. 2(169), 113-125
153. Mario Cucinella Architects, a cura di. Spazio all'educazione. Linee guida per le scuole della regione Emilia-Romagna. Regione Emilia-Romagna, 2021
154. Marsella S, Nassi L. L'ingegneria della sicurezza antincendio e il processo prestazionale. Guida alla Fire safety Engineering ed esempi applicativi. EPC Editore, Roma, 2010
155. Marzouk M, Al Daour I. Planning labor evacuation for construction sites using BIM and agent-based simulation. *Safety Science*, 2018. 109, 174-185
156. MassMotion help guide. Oasys Software Limited, 2017
157. MassMotion help guide. Oasys Software Limited, 2017
158. Ministero dell'Istruzione. Rigenerazione Scuola, piano nazionale per la transizione ecologica e culturale delle scuole, 2022
159. Ministero dell'Università e della ricerca. Programma Nazionale per la Ricerca, 2021
160. Moccia L. Rischio COVID-19 via aerosol nelle scuole. Note bibliografiche, esempi di interventi, e loro dimensionamento. Consiglio Nazionale delle Ricerche, 2021
161. Moloko-Phiri SS, Mogale RS, Hugo J. 'A shelter is not a home': Voices of homeless women in the City of Tshwane, Development Southern Africa, 2017, 34(4), 439-449.
162. Murray AT. Planning for classroom physical distancing to minimize the threat of COVID-19 disease spread. *PlosOne*, 2020. 15(12)
163. Official Journal of the European Union, 26 ottobre 2012. Consolidated version of the treaty on the functioning of the European Union.
164. Oliverio S. L'esperienza urbana e la scuola come centro sociale. *Bloom Trimestrale Di Urbanistica*, 2013. 19, 36-40
165. Olivieri G. Patrimonio di edilizia scolastica: pianificazione strategica degli interventi di riqualificazione funzionale ed energetica. Università degli Studi di Ferrara, 2014
166. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n. 3274. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

167. Ordinanza Ministeriale n.134 del 09 ottobre 2020. Ordinanza relativa agli alunni e studenti con patologie gravi o immunodepressi ai sensi dell'articolo 2, comma 1, lettera d-bis) del decreto-legge 8 aprile 2020, n.22
168. Ottenbreit-Leftwich T. Teacher Technology Professional Development and Policy in the United States. Fondazione Giovanni Agnelli, 2010
169. Palmini F, Di Ascenzo D, a cura di. Focus "Principali dati della scuola – Avvio anno scolastico 2022/2023". Ministero dell'Istruzione, 2022
170. Pathfinder results user manual. Thunderhead Engineering, 2023
171. Pathfinder technical reference manual. Thunderhead Engineering, 2023
172. Pathfinder user manual. Thunderhead Engineering, 2023
173. Pinnelli S. Contesti educanti nell'emergenza covid-19. Da cosa ricominciare. ESE Publications, 2020
174. Public Health Agency of Sweden, a cura di. Covid-19 in schoolchildren: A comparison between Finland and Sweden, 2020
175. Qureshi Z, et al. What is the evidence to support the 2-metre social distancing rule to reduce COVID-19 transmission?. The Centre for Evidence-Based Medicine, 2020
176. Real Decreto del 12 febbraio 2010, n. 132, por el que se establecen los requisitos mínimos de los centros que impartan las enseñanzas del segundo ciclo de la educación infantil, la educación primaria y la educación secundaria
177. Real Decreto del 15 marzo 2010, n. 303, por el que se establecen los requisitos mínimos de los centros que impartan enseñanzas artísticas reguladas en la ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación
178. Regio Decreto Legislativo 13 novembre 1859, n. 3725, sul riordinamento dell'istruzione pubblica
179. Regio Decreto Legislativo 16 luglio 1923, n. 1753, Ordinamento e attribuzioni del Ministero della pubblica istruzione e dei suoi Corpi consultivi.
180. Resconi C. Gestione delle operazioni di pulizia, disinfezione e sanificazione nelle strutture scolastiche. INAIL, 2020
181. Reynolds CW. Flocks, herds, and schools: a distributed behavioral model. Symbolics Graphics Division, 1987. 21 (4)
182. Richards T. A review of software for crowd simulation. Leeds Institute for Data Science, 2021
183. Rivers E, et al. Using case study data to validate 3D agent-based pedestrian simulation tool for building egress modelling. Transportation Research Procedia, 2014. 2, 123-131
184. Rodríguez Méndez FJ, Manique da Silva C. Arquitectura y espacio escolar. Historia y Memoria de la Educación, 2021. 13
185. Ros-Martin MI. Methodology to evaluate school buildings. Educational applications. Advances in Building Education, 2021. 5 (3), 62-73
186. Seer S, et al. Validating social force based models with comprehensive real world motion data. Transportation Research Procedia, 2014. 2, 724-732
187. Servizio centrale del Sistema di protezione per richiedenti asilo e rifugiati. Manuale operativo per l'attivazione e la gestione di servizi di accoglienza integrata in favore di richiedenti e titolari di protezione internazionale e umanitaria. 2018
188. Servizio Studi Camera dei Deputati. Edilizia scolastica e sicurezza nelle scuole. 2022

189. Servizio Studi Camera dei Deputati. Le misure adottate a seguito dell'emergenza Coronavirus (COVID-19) per il mondo dell'istruzione (scuola, istruzione e formazione professionale, università, Istituzioni AFAM). 2022
190. Silverman E, et al. Situating agent-based modelling in population health research. *Emerging Themes in Epidemiology*, 2021. 18(10)
191. Simeone D, et al. A hybrid agent-based model to simulate and re-think post-Covid-19 use processes in educational facilities. *Advances in Social Simulation*, 2022. 217-229
192. Simeone D. An event-based model to simulate human behaviour in built environments. *Simulation, Prediction, and Evaluation*, 2012. 1, 525-532
193. Simeunovic M, et al. Determination of Moving Speed of School Age Children. *Hindawi*, 2021
194. Stadler-Altmann U. Ambienti di apprendimento formali: gli edifici scolastici e le aule influenzano i processi di insegnamento e apprendimento?. *Formazione & Insegnament*, 2018. XVI-2.
195. Strongoli, RC. Quando gli spazi educano. Ambienti d'apprendimento per una didattica all'aperto. *Pedagogia Oggi*, 2019. 17 n. 1, 431-444
196. Tarawneh MS. Evaluation of pedestrian speed in Jordan with investigation of some contributing factors. *Journal of Safety Research*, 2001. 32, 229-236
197. Thornburg DD. Campfires in cyberspace: primordial metaphors for learning in the 21st century. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2004. 1 (10)
198. Thornton C, et al. Pathfinder: an agent-based egress simulator. *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, 2011. 889-892
199. Tosi L, Mosa E. Edilizia scolastica e spazi di apprendimento: linee di tendenza e scenari, *Fondazione Agnelli*, 2019. 12 (61)
200. Ufficio Scolastico Regionale Lazio. Suggerimenti operativi, 2020
201. Ufficio Scolastico Regionale per il Veneto. Manuale operativo, 2020
202. Vardoulakis S, Espinoza Oyarce DA, Donner E. Transmission of COVID-19 and other infectious diseases in public washrooms: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 2022. 803
203. Vijapur D, et al. A Ten-Year Review of Primary School Flexible Learning Environments: Interior Design and IEQ Performance. *Buildings*, 2021. 11 (5), 183
204. Villanueva F, et al. Assessment of CO₂ and aerosol (PM_{2.5}, PM₁₀, UFP) concentrations during the reopening of schools in the COVID-19 pandemic: The case of a metropolitan area in Central-Southern Spain. *Environmental Research*, 2021. 197
205. Weyland B, et al (2019) *Suole in movimento: progettare insieme tra pedagogia, architettura e design*, FrancoAngeli, Milano
206. Weyland B. *Enliven Digital Schools. How to Organize Time and Spaces for Learning with Media*, Pedagogia oggi, 2016. 2, 71-89
207. Weyland B. *Progettare scuole insieme: strategie e processi tra spazi e didattiche*. RTH Evolving Education, 2017
208. World Humanitarian Summit. *Commitments to action*. Istanbul, 2016.
209. Xu L, et al. Towards supporting the architecture design process through evaluation of design alternatives. *Donald Bren School of Information and Computer Sciences*, 2006
210. Xu ML, Jun XG, Deng Z. Crowd simulation and its applications: recent advances. *Journal of computer science and technology*, 2014. 29 (5), 799-811

211. Yang S, et al. A review on crowd simulation and modeling. Graphical Models, 2020
212. Yuguo L, et al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. medRxiv, 2020
213. Zhang X, et al. Method of operational activities and processes optimization design in architecture. In Digitalisation, Innovation, and Transformation. Advances in Information and Communication Technology, 2018. 259-267
214. Ziauddin N, et al. Schools and COVID-19: reopening Pandora's box?. Public Health in Practice, 2020

SITOGRAFIA

1. <https://www.oasys-software.com/products/massmotion/> ultima visita: ottobre 2023
2. <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/> ultima visita: ottobre 2023
3. <https://www.incontrolsim.com/our-software/> ultima visita: ottobre 2023
4. <https://www.ptvgroup.com/it/prodotti/ptv-viswalk> ultima visita: ottobre 2023
5. <https://www.indire.it/quandolospazioinsegna/> ultima visita: ottobre 2023
6. <https://www.qranalytics.pubblica.istruzione.it/cruscottoedilizia/extensions/EdiliziaScolastica/EdiliziaScolastica.html?USER=604983>, ultima visita: ottobre 2023
7. <https://pnrr.istruzione.it/>
8. <https://www.spazioallascuola.it/>
9. <https://www.cannondesign.com/>
10. <https://www.codigotecnico.org/> ultima visita: ottobre 2023
11. <https://www.anylogic.com/> ultima visita: ottobre 2023
12. <https://www.cdc.gov/> ultima visita: ottobre 2023
13. <https://www.who.int/> ultima visita: ottobre 2023
14. <https://ysph.yale.edu/> ultima visita: ottobre 2023
15. <https://discoverdesign.org/> ultima visita: ottobre 2023
16. <https://www.eurydice.indire.it/>, ultima visita: ottobre 2023
17. <http://www.istruzione.it/>, ultima visita: ottobre 2023
18. <https://www.indire.it/>, ultima visita: ottobre 2023
19. <https://www.fondazioneagnelli.it/>, ultima visita: ottobre 2023
20. <https://www.legambiente.it/>, ultima visita: ottobre 2023
21. <https://www.dati.istruzione.it/>, ultima visita: ottobre 2023
22. <https://www.educacionyfp.gob.es/portada/> ultima visita: ottobre 2023
23. <https://www.bentley.com/software/legion/> ultima visita: ottobre 2023



RiGenerazione Scuola, Ministero dell'Istruzione e del Merito, 2020

Allegati

Schede di analisi funzionale degli ambienti

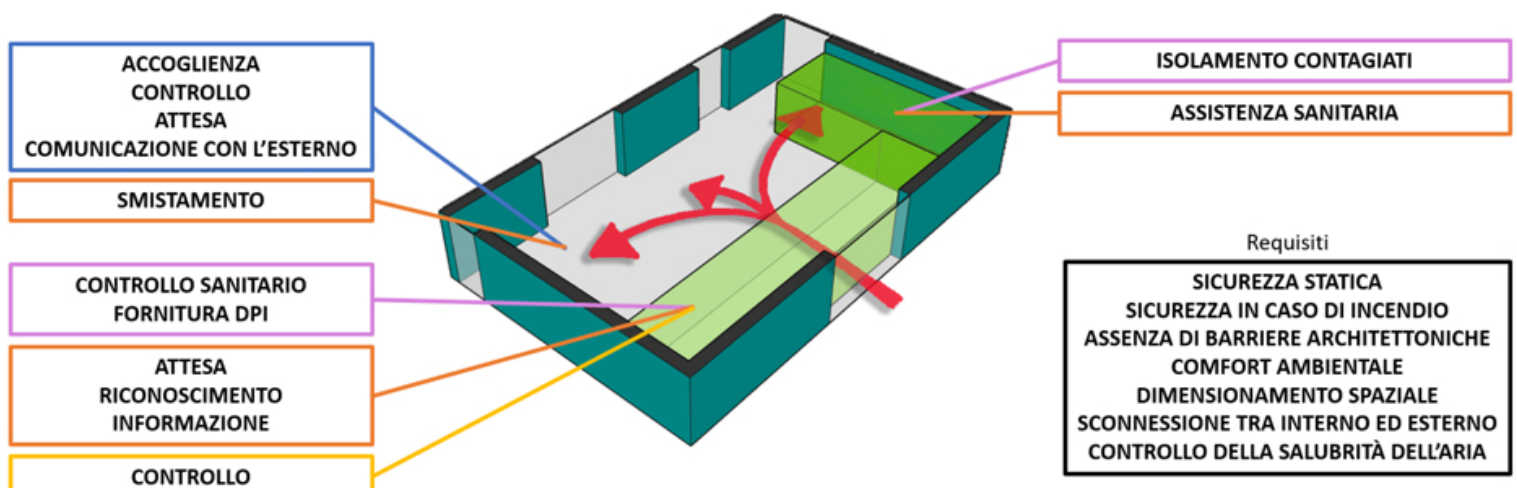
Atrio

"È il luogo simbolico d'incontro tra la scuola e la società, un punto di scambio che oltre alla sua funzione di accesso e di filtro deve comunicare all'esterno la sua identità, i suoi programmi ed il suo rapporto con la realtà sociale."

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



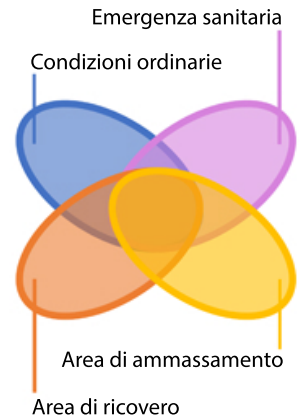
Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Accesso Filtro Mitigazione del contagio Accoglienza	Allievi Personale docente Personale amministrativo Personale ausiliario Fornitori Manutentori Soccorritori Genitori Popolazione Protezione civile	Accoglienza Controllo Attesa Comunicazione con l'esterno Controllo sanitario Fornitura DPI Isolamento contagiati Riconoscimento Informazione Assistenza sanitaria Smistamento	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Sconnessione tra interno ed esterno Controllo della salubrità dell'aria



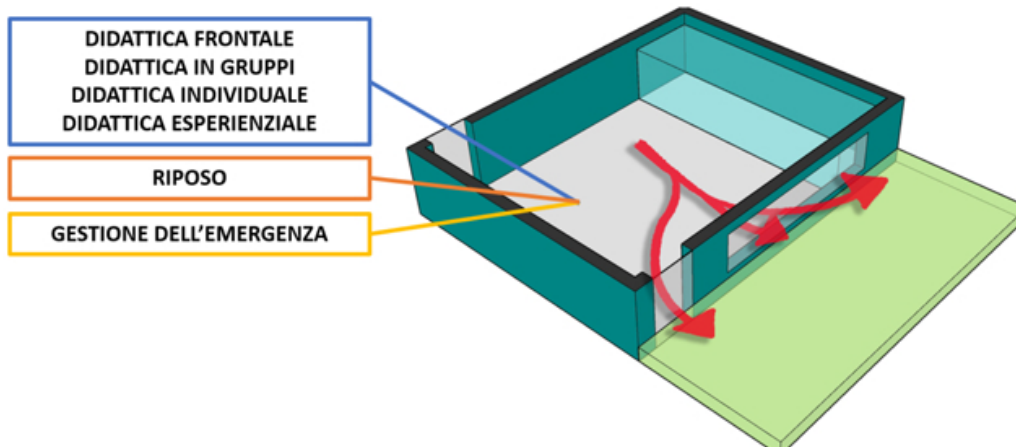
Aula

"Le aule/sezioni diventano un luogo di appartenenza importante ma non autosufficiente [...] Non tutto viene svolto nella classe che è parte di un organismo più complesso: la sezione/aula è una casa madre da cui si parte e a cui si torna, caratterizzata da una grande flessibilità e variabilità d'uso."

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Didattica "Home base" Alloggio Segreteria	Allievi Personale docente Popolazione Protezione civile	Didattica frontale Didattica in gruppi Didattica individuale Didattica esperienziale Riposo Gestione dell'emergenza	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Flessibilità spaziale Aul@ 2.0 Controllo della salubrità dell'aria Requisiti igienico-sanitari Privacy

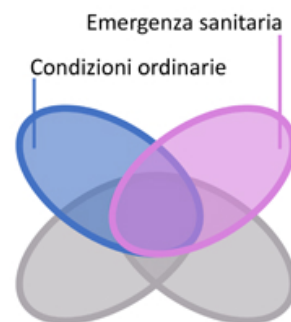


Requisiti
SICUREZZA STATICA SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE COMFORT AMBIENTALE DIMENSIONAMENTO SPAZIALE FLESSIBILITÀ SPAZIALE AUL@ 2.0 CONTROLLO DELLA SALUBRITÀ DELL'ARIA REQUISITI IGIENICO-SANITARI PRIVACY

Segreteria e amministrazione

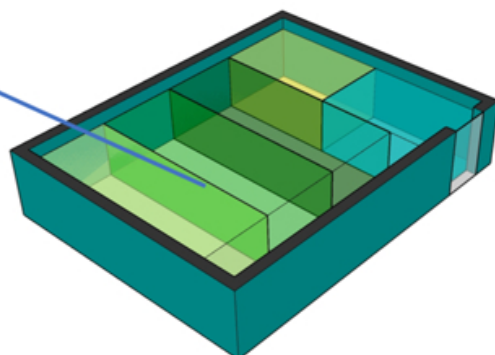
"Gli spazi amministrativi di supporto alle aree di apprendimento devono potere funzionare indipendentemente dalle attività didattiche o da quella di Civic Center [...] devono comprendere spazi per la gestione del pubblico con adeguate zone di attesa, aree dedicate per colloqui riservati con i genitori con le attenzioni necessarie ai problemi legati alla privacy"

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Direzione	Allievi	Attesa	Sicurezza statica
Amministrazione	Personale docente	Colloqui	Sicurezza in caso di incendio
Supporto alle aree di apprendimento	Personale amministrativo	Gestione amministrativa	Assenza di barriere architettoniche
	Personale ausiliario	Gestione economica	Comfort ambientale
	Genitori e visitatori	Archiviazione	Dimensionamento spaziale
		Pranzo del personale	Funzionamento indipendente
			Privacy
			Controllo della salubrità dell'aria

ATTESA
COLLOQUI
GESTIONE AMMINISTRATIVA
GESTIONE ECONOMICA
ARCHIVIAZIONE
PRANZO DEL PERSONALE

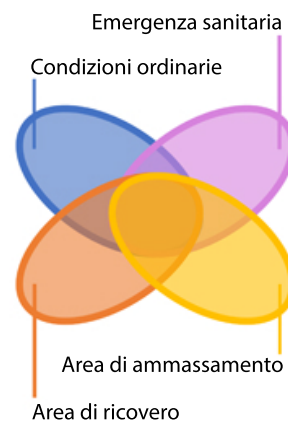


Requisiti
SICUREZZA STATICA
SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO
ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE
COMFORT AMBIENTALE
DIMENSIONAMENTO SPAZIALE
FUNZIONAMENTO INDIPENDENTE
PRIVACY
CONTROLLO DELLA SALUBRITÀ DELL'ARIA

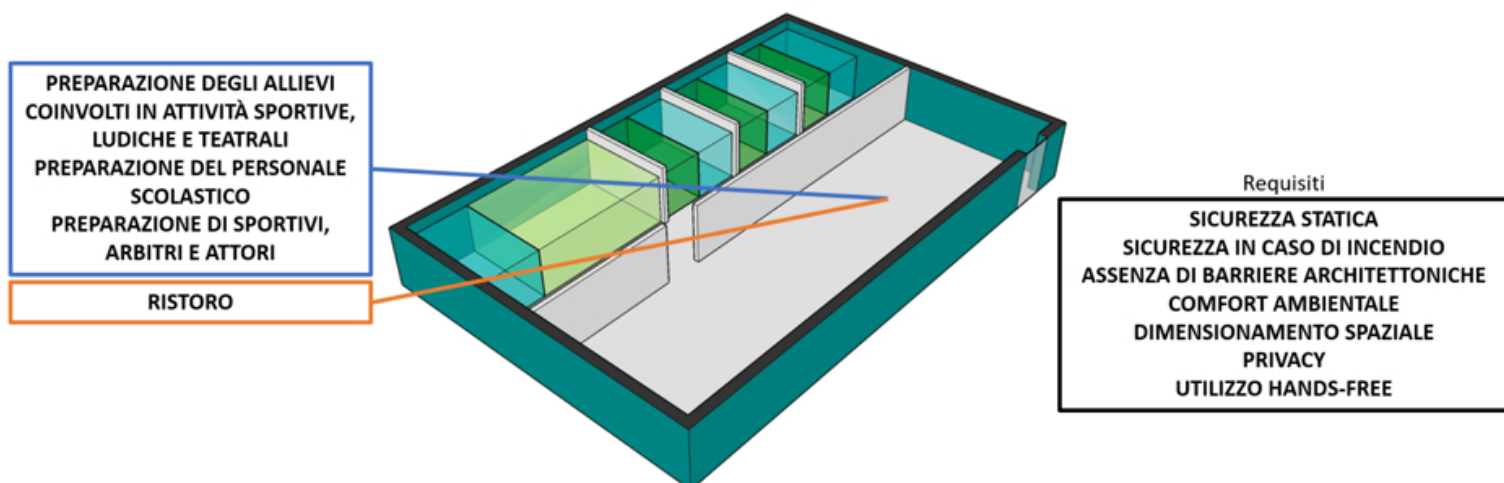
Spogliatoi

“Le aree spogliatoio nelle varie scuole sono da intendersi come spazi relazionali, tali da meritare una attenzione progettuale e caratteristiche di qualità. Diversi sono gli spogliatoi di servizio: [...] fanno parte degli ambienti amministrativi e, come gli spogliatoi per il personale ausiliario e quelli della cucina, sono quantitativamente definiti dalle norme provinciali e regionali.”

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



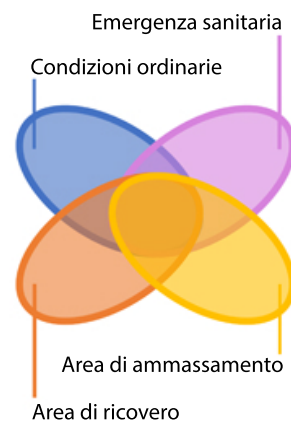
Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Supporto Filtro	Allievi Personale docente Personale amministrativo Personale ausiliario Sportivi e arbitri Attori Popolazione Protezione civile	Preparazione degli allievi coinvolti in attività sportive, ludiche e teatrali Preparazione del personale scolastico Preparazione di sportivi, arbitri e attori Ristoro	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Privacy Utilizzo hands-free



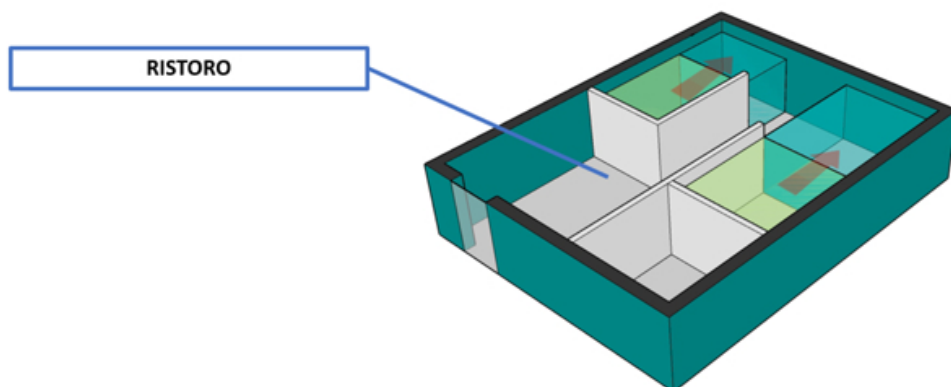
Servizi igienici

“I servizi igienici avranno caratteristiche diverse in funzione del tipo di scuola e dell’età degli alunni. [...] Sono destinati ad allievi, personale amministrativo e docente, personale ausiliario, utenti degli spogliatoi per attività motorie o palestra, genitori e visitatori, pubblico delle attività sportive.”

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Supporto	Allievi Personale docente Personale amministrativo Personale ausiliario Sportivi e arbitri Attori Genitori e visitatori Spettatori Popolazione Protezione civile	Ristoro	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Privacy Utilizzo hands-free

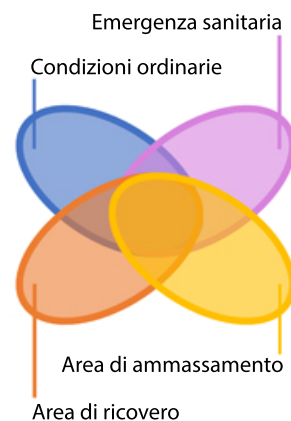


Requisiti
SICUREZZA STATICA
SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO
ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE
COMFORT AMBIENTALE
DIMENSIONAMENTO SPAZIALE
PRIVACY
UTILIZZO HANDS-FREE

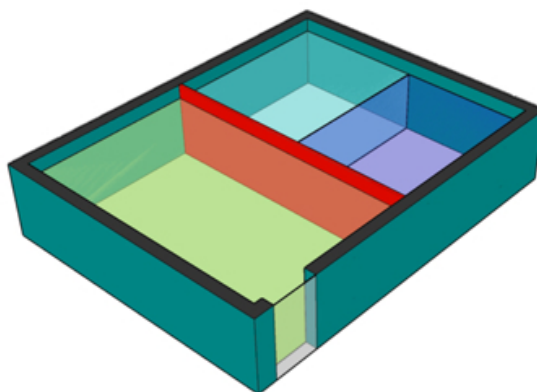
Ambienti insegnanti

"Gli spazi per i docenti devono avere spazi per riunioni, per la ricerca, con zone di studio e biblioteca, spazi per il relax con eventuale piccolo servizio di caffetteria-cucinetta, archivi per i fascicoli personali dei docenti e devono essere in prossimità dell'archivio destinato agli elaborati degli alunni e avere spogliatoi con armadietti individuali con servizi igienici e docce dedicati."

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



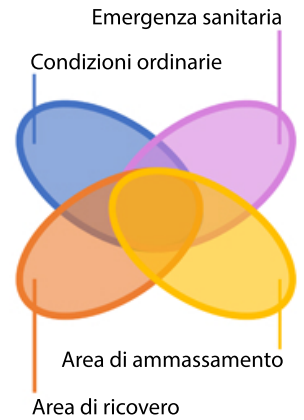
Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Supporto Segreteria	Allievi Personale docente Genitori e visitatori Protezione civile	Riunioni Ricerca Relax Archiviazione Colloqui Ristoro	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Privacy Controllo della salubrità dell'aria



Ambienti personale ausiliario

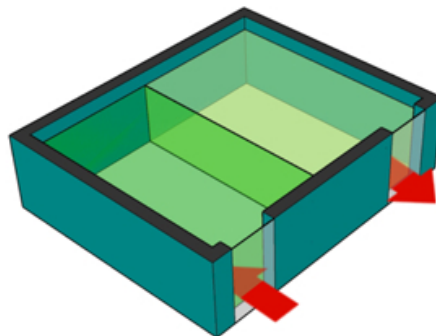
“Il personale ausiliario deve disporre di spogliatoi con armadietti individuali separati in due parti con reparto pulito e reparto sporco, a diretto contatto con servizi igienici con docce.”

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Supporto	Personale ausiliario Popolazione Protezione civile	Deposito Ristoro	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Privacy Utilizzo hands-free

DEPOSITO
RISTORO



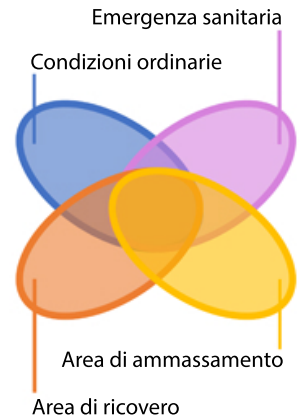
Requisiti

SICUREZZA STATICA
 SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO
 ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE
 COMFORT AMBIENTALE
 DIMENSIONAMENTO SPAZIALE
 PRIVACY
 UTILIZZO HANDS-FREE

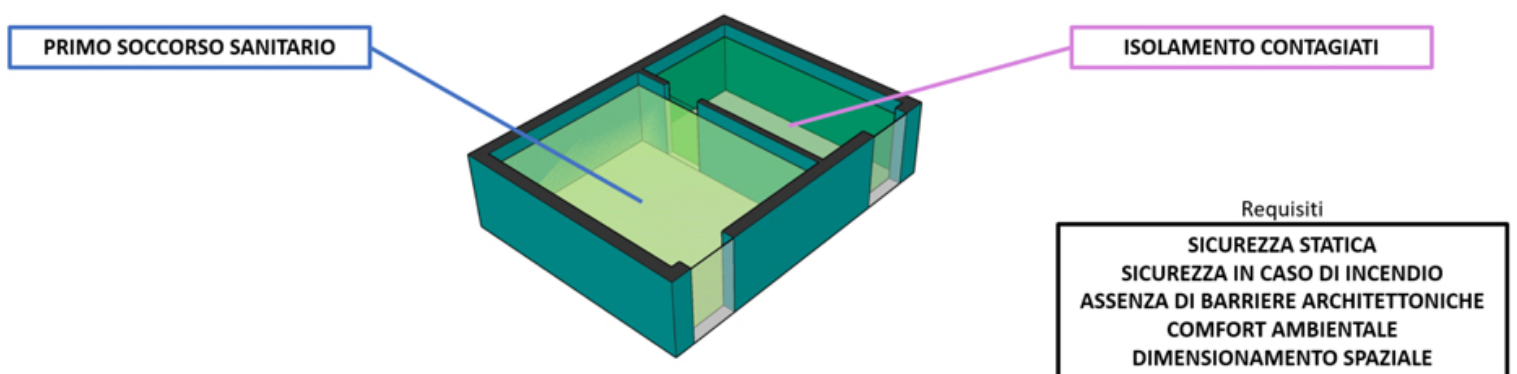
Infermeria e pronto soccorso

“Tutte le scuole devono essere attrezzate per interventi di pronto soccorso con attrezzature adeguate alla dimensione della scuola.”

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



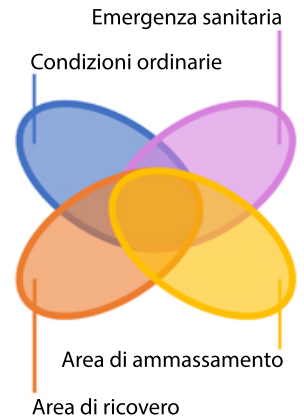
Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Supporto ●●●●	Allievi ●● Personale docente ●● Personale amministrativo ●● Personale ausiliario ●● Genitori e visitatori ●● Soccorritori ●● Popolazione ● Protezione civile ●●	Primo soccorso sanitario ●●●● Isolamento contagiati ●●	Sicurezza statica ●●●● Sicurezza in caso di incendio ●●●● Assenza di barriere architettoniche ●●●● Comfort ambientale ●●●● Dimensionamento spaziale ●●●●



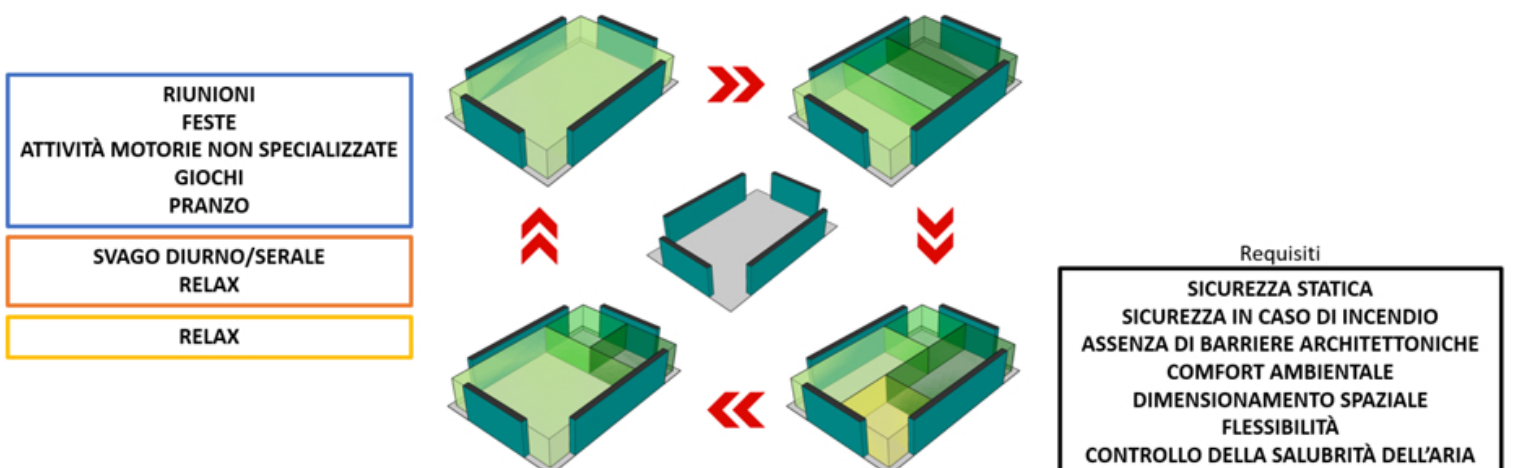
Piazza - agorà

“La Piazza ospita le funzioni pubbliche della scuola, è il luogo delle riunioni e delle feste della comunità scolastica, rappresenta il suo elemento simbolico più importante ed è anche il principale punto di riferimento per la distribuzione dell'intero edificio. [...] Con l'incremento dimensionale dell'edificio scolastico, quando le funzioni diventano di più complesse, la Piazza diventa Agorà.”

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



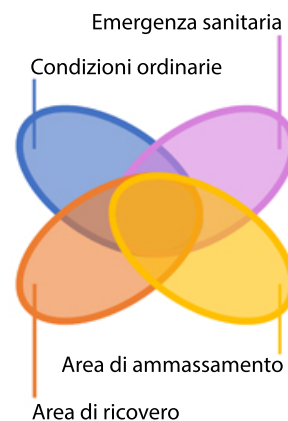
Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Relazione Distributiva Ricreativa	Allievi Personale docente Personale amministrativo Personale ausiliario Genitori e visitatori Popolazione Protezione civile	Riunioni Feste Attività motorie non specializzate Giochi Pranzo Svago diurno/serale Relax	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Flessibilità Controllo della salubrità dell'aria



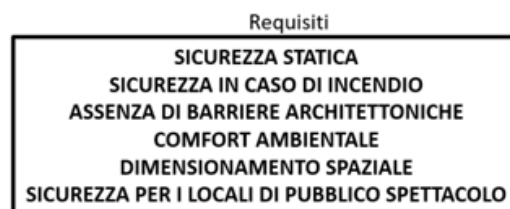
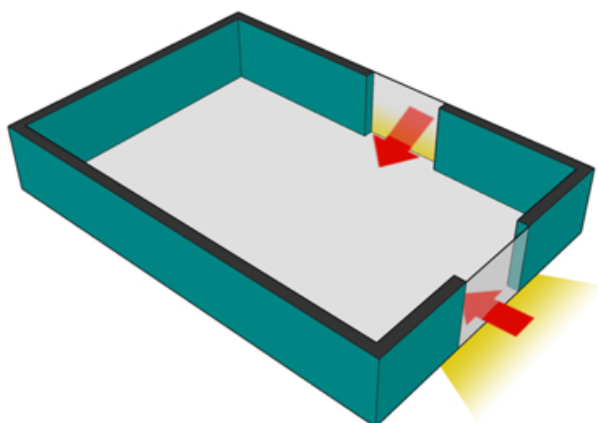
Aula magna - auditorium

"L'Auditorium, [...] con dotazioni tecniche per conferenze, spettacoli teatrali e musicali, [...] avrà funzione di "civic center"."

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



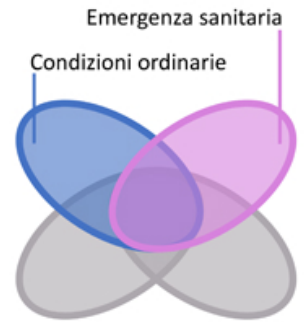
Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Supporto Civic center	Allievi Personale docente Personale amministrativo Personale ausiliario Genitori e visitatori Attori Popolazione Protezione civile	Assemblee Conferenze Spettacoli teatrali Spettacoli musicali Svago diurno/serale Riunioni	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Sicurezza per i locali di pubblico spettacolo



Sala musica

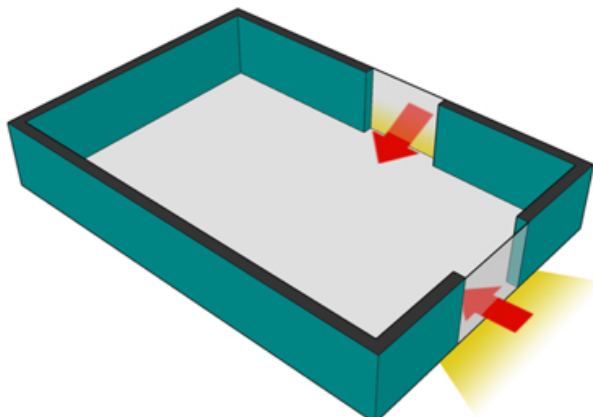
“È opportuno prevedere una sala musica con strumenti per la registrazione, [...] utilizzabile anche oltre l'orario scolastico con funzioni di “civic center”. ”

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Supporto Civic center	Allievi Personale docente Comunità	Produzione musicale Registrazione musicale	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Controllo della salubrità dell'aria

PRODUZIONE MUSICALE
REGISTRAZIONE MUSICALE



Requisiti

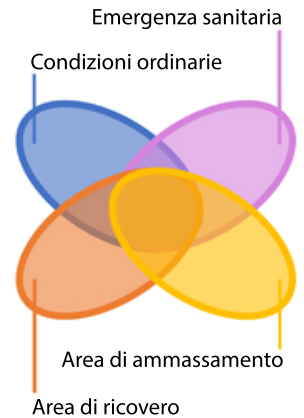
SICUREZZA STATICA
SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO
ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE
COMFORT AMBIENTALE
DIMENSIONAMENTO SPAZIALE
CONTROLLO DELLA SALUBRITÀ DELL'ARIA

Cucina e mensa

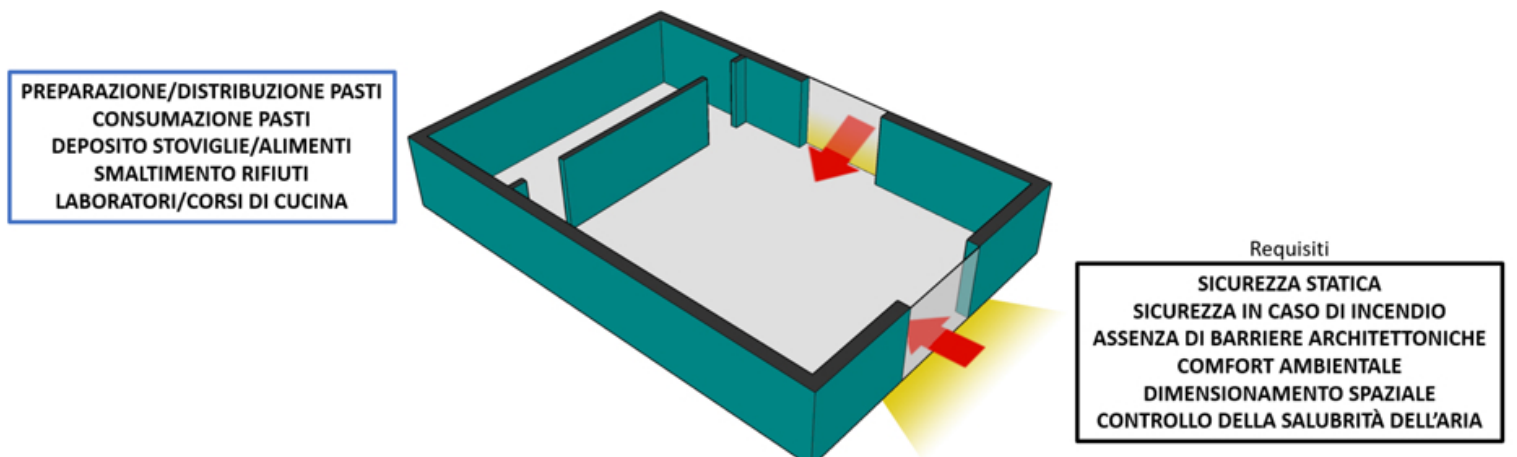
“La cucina interna permette di favorire una opportuna educazione alimentare sia ai bambini che ai genitori, con la organizzazione per i genitori di corsi di cucina destinati all’infanzia.

Si può porre di fatto come un laboratorio/atelier sul cibo, con grandi potenzialità di contenuti e di aggregazione sociale.”

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



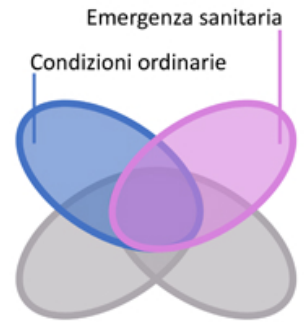
Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Ristoro Didattica Civic center	Allievi Personale docente Fornitori Genitori Comunità Popolazione Protezione civile	Preparazione /distribuzione pasti Consumazione pasti Deposito stoviglie/alimenti Smaltimento rifiuti Laboratori/corsi di cucina	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Controllo della salubrità dell'aria



Atelier

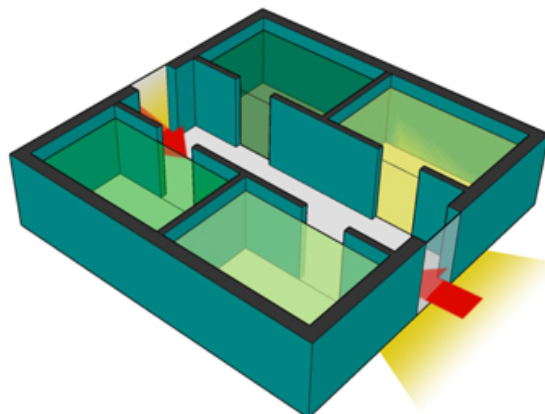
“Si tratta di spazi generici che si specializzano con le dotazioni tecnologiche e gli arredi e svolgono un ruolo di attrattori nel tessuto ambientale. [...] Possono essere destinati ad attività espressive legate all’immagine, al disegno, alla pittura, alla scultura, alla musica, al movimento del corpo, alla danza, alla integrazione tra i diversi linguaggi.”

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Didattica Civic center	Allievi Personale docente Comunità	Attività espressive (immagine, disegno, pittura, scultura, musica, movimento, danza) Integrazione tra i diversi linguaggi (suono e movimento, immagini e suono, matematica e spazio ecc.)	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Flessibilità Controllo della salubrità dell'aria

ATTIVITÀ ESPRESSIVE
(IMMAGINE, DISEGNO, PITTURA, SCULTURA, MUSICA, MOVIMENTO, DANZA)
INTEGRAZIONE TRA I DIVERSI LINGUAGGI
(SUONO E MOVIMENTO, IMMAGINI E SUONO, MATEMATICA E SPAZIO ECC.)

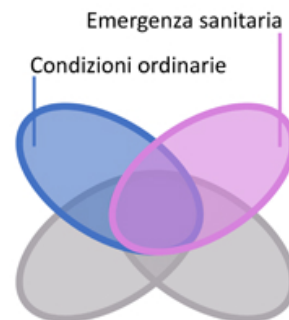


Requisiti
SICUREZZA STATICA
SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO
ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE
COMFORT AMBIENTALE
DIMENSIONAMENTO SPAZIALE
FLESSIBILITÀ
CONTROLLO DELLA SALUBRITÀ DELL'ARIA

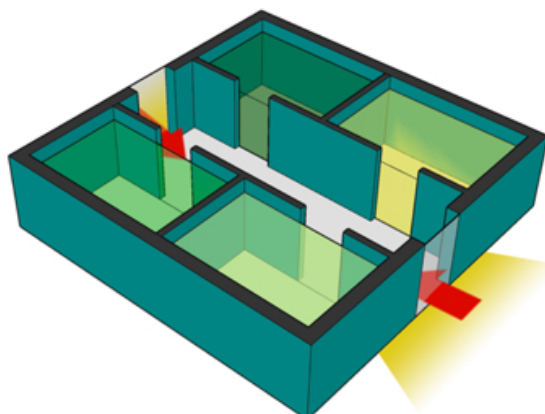
Laboratori

“Sono spazi che richiedono la presenza di attrezzature specifiche, non sempre facilmente spostabili e la loro possibilità di cambiare è ridotta [...] cioè tali da essere comunque legati a prestazioni e normativa di sicurezza specifiche.”

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Didattica Civic center	Allievi Personale docente Comunità	Elaborazioni individuali Elaborazioni di gruppo Lezioni teoriche	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Controllo della salubrità dell'aria



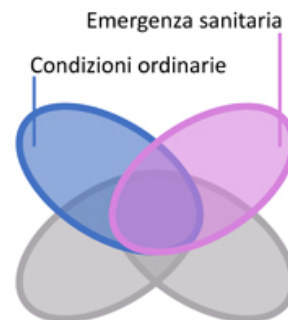
ELABORAZIONI INDIVIDUALI
ELABORAZIONI DI GRUPPO
LEZIONI TEORICHE

Requisiti
SICUREZZA STATICA
SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO
ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE
COMFORT AMBIENTALE
DIMENSIONAMENTO SPAZIALE
FLESSIBILITÀ
CONTROLLO DELLA SALUBRITÀ DELL'ARIA

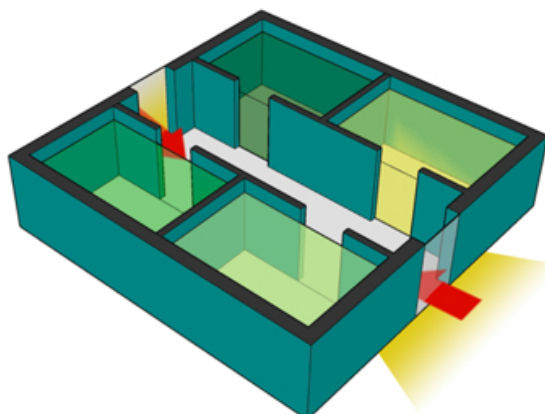
Laboratori specialistici

"Sono spazi altamente specializzati: meccanica, tecnologia meccanica, laboratori di sistemi, laboratori CAD, torni a controllo numerico, ecc e richiedono attrezzature molto specializzate e magazzini per macchine, strumenti, ricambi, e spazi contigui per le lezioni teoriche ed il lavoro di ricerca individuale."

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Didattica Civic center	Allievi Personale docente Comunità	Elaborazioni individuali Elaborazioni di gruppo Lezioni teoriche	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Controllo della salubrità dell'aria



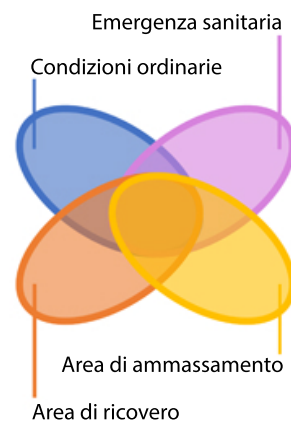
ELABORAZIONI INDIVIDUALI
ELABORAZIONI DI GRUPPO
LEZIONI TEORICHE

Requisiti
SICUREZZA STATICA
SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO
ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE
COMFORT AMBIENTALE
DIMENSIONAMENTO SPAZIALE
FLESSIBILITÀ
CONTROLLO DELLA SALUBRITÀ DELL'ARIA

Spazi connettivi

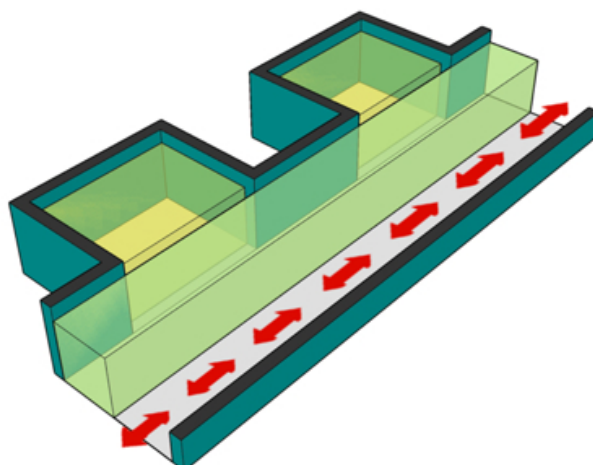
"Sono luoghi di approfondimento, lavoro informale, relax, punti di accesso alla documentazione e gioco ma sono anche la naturale estensione delle aule e degli atelier."

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Connessione Didattica	Allievi Personale docente Personale amministrativo Personale ausiliario Fornitori Manutentori Genitori e visitatori Comunità Popolazione Protezione civile	Apprendimento informale Studio individuale Studio in gruppo Relax Relazioni informali	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale Controllo della salubrità dell'aria

APPRENDIMENTO INFORMALE
STUDIO INDIVIDUALE
STUDIO IN GRUPPO
RELAX
RELAZIONI INFORMALI

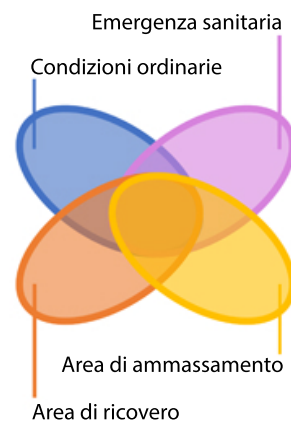


Requisiti
SICUREZZA STATICA
SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO
ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE
COMFORT AMBIENTALE
DIMENSIONAMENTO SPAZIALE
CONTROLLO DELLA SALUBRITÀ DELL'ARIA

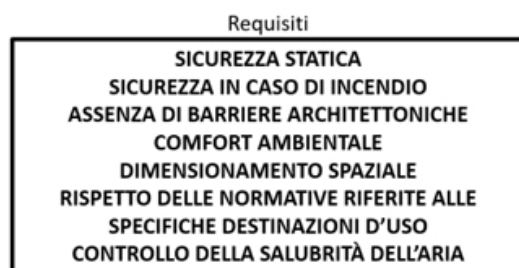
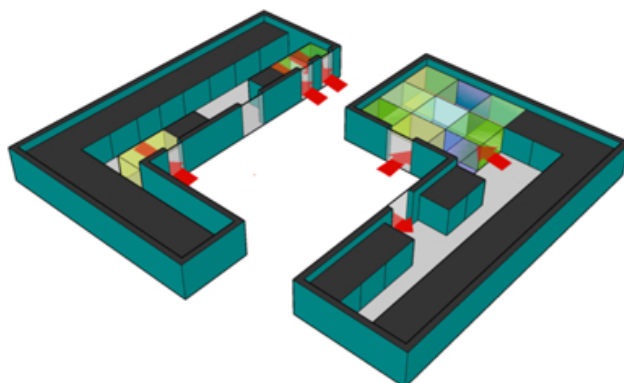
Spazi aggiuntivi per civic center

“Può essere opportuno prevedere alcuni spazi che possono arricchire le attività scolastiche e supportare le funzioni di “civic center””

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



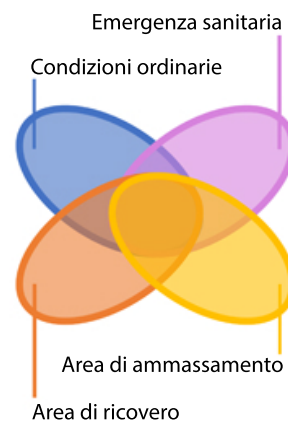
Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Civic center ●●●●	Allievi ●● Personale docente ●● Personale amministrativo ●● Personale ausiliario ●● Genitori e visitatori ●● Comunità ●● Popolazione ● Protezione civile ●●	Librerie ●●●● Negozi di materiale scolastico ●●●● Bar-cafeterie ●●●● Sedi di società culturali ●●●● Sedi di società sportive ●●●●	Sicurezza statica ●●●● Sicurezza in caso di incendio ●●●● Assenza di barriere architettoniche ●●●● Comfort ambientale ●●●● Dimensionamento spaziale ●●●● Rispetto delle normative riferite alle specifiche destinazioni d'uso ●●●● Controllo della salubrità dell'aria ●



Attività motorie e palestra

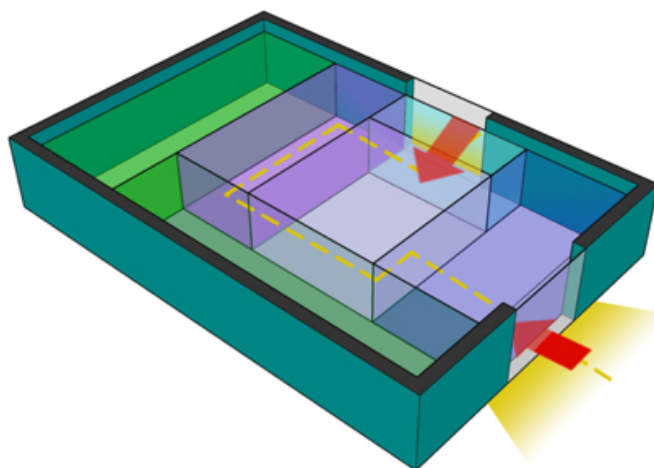
“La scuola dovrà avere spazi per le attività motorie e sportive in funzione delle diverse età degli allievi, ambienti adeguati per un armonico sviluppo delle capacità motorie, dalle attività meno specialistiche [...] a quelle agonistiche che rientrano all’interno della funzione di “civic center””

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Sviluppo motorio	Allievi	Ginnastica	Sicurezza statica
Relazionale	Personale docente	Danza	Sicurezza in caso di incendio
Civic center	Genitori e visitatori	Fitness	Assenza di barriere architettoniche
Accoglienza	Sportivi	Sport amatoriale	Comfort ambientale
Alloggio	Arbitri	Sport agonistico	Dimensionamento spaziale
	Spettatori	Feste	Sicurezza per i locali di pubblico spettacolo
	Popolazione	Assemblee	Sicurezza per gli impianti sportivi
	Protezione civile	Spettacoli	Controllo della salubrità dell'aria
		Attesa	Requisiti igienico-sanitari
		Riconoscimento	Privacy
		Informazione	
		Assistenza sanitaria	
		Smistamento	
		Riposo	

GINNASTICA DANZA FITNESS SPORT AMATORIALE SPORT AGONISTICO FESTE ASSEMBLEE SPETTACOLI
ATTESA RICONOSCIMENTO INFORMAZIONE ASSISTENZA SANITARIA SMISTAMENTO
RIPOSO

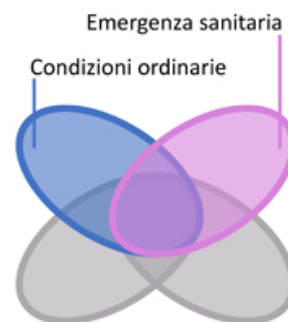


Requisiti
SICUREZZA STATICA SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE COMFORT AMBIENTALE DIMENSIONAMENTO SPAZIALE SICUREZZA PER I LOCALI DI PUBBLICO SPETTACOLO SICUREZZA PER GLI IMPIANTI SPORTIVI CONTROLLO DELLA SALUBRITÀ DELL'ARIA REQUISITI IGIENICO-SANITARI

Magazzini e archivi

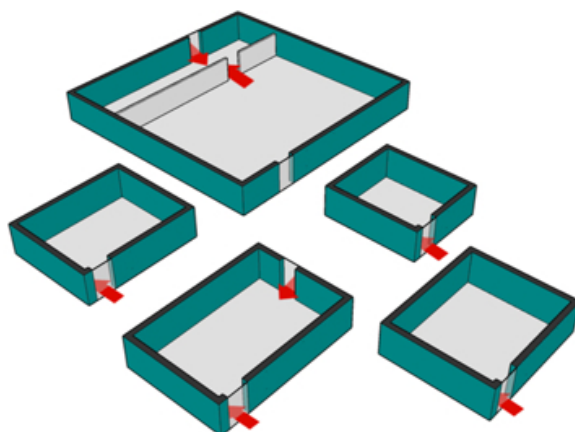
“In rapporto alle sue dimensioni ogni scuola, oltre ad un magazzino generico ben dimensionato, deve essere dotata di un deposito per il materiale necessario alla manutenzione [...] e adeguati spazi per l’archivio.”

Decreto Interministeriale 11 aprile 2013



Funzione	Utenza	Attività	Requisiti
Deposito	Personale docente Personale amministrativo Personale ausiliario Sportivi	Conservazione di materiale scolastico Conservazione di materiali per la pulizia Conservazione di attrezzi per la manutenzione Conservazione di attrezzature sportive	Sicurezza statica Sicurezza in caso di incendio Assenza di barriere architettoniche Comfort ambientale Dimensionamento spaziale

CONSERVAZIONE DI
MATERIE SCOLASTICHE
CONSERVAZIONE DI
MATERIE PER LA PULIZIA
CONSERVAZIONE DI ATTREZZI
PER LA MANUTENZIONE
CONSERVAZIONE DI
ATTREZZATURE SPORTIVE



Requisiti

SICUREZZA STATICA
 SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO
 ASSENZA DI BARRIERE ARCHITETTONICHE
 COMFORT AMBIENTALE
 DIMENSIONAMENTO SPAZIALE