Università Degli Studi Di Napoli Federico II

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei Sistemi Civili XXXIV ciclo

Dottorando

GIOVANNI RUGGIERO

Titolo della Ricerca

METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DELLE FACCIATE DEGLI EDIFICI STORICI

Coordinatore di dottorato

Prof. Ing. Andrea Papola

Tutor

Prof. Ing. Maurizio Nicolella

INTRODUZIONE 3
1. STATO DELL'ARTE 5
1.1. I FENOMENI DI DEGRADO 5
1.1.1. IL PROCESSO DI DIAGNOSI IN EDILIZIA 5
1.1.2. DEFINIZIONI E NORMATIVA 6
1.1.3. DURABILITÀ DEI MATERIALI 7
1.1.4. I MATERIALI LAPIDEI 8
1.1.5. TIPOLOGIE DI DEGRADO 11
1.1.6. DEGRADO SUPERFICIALE 12
1.1.7. CAUSE DI DEGRADO 15
1.1.8. DEGRADAZIONI E ALTERAZIONI DEI MATERIALI LAPIDEI 24
1.2. LA MANUTENZIONE DEI BENI CULTURALI 31
1.2.1. DEFINIZIONE E EVOLUZIONE STORICA 31
1.2.2. IL QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO 32
1.2.3. LE STRATEGIE DI MANUTENZIONE 34
1.2.4. I PIANI DI MANUTENZIONE 37
1.2.5. ISPEZIONE E MONITORAGGIO DELLE INFRASTRUTTURE CIVILI BASATE SULLA VISIONE ARTIFICIALE 38
1.3. L'ANALISI DEI RISCHI, ACCETTABILITÀ E VALUTAZIONE 46
1.3.1. AMBITI DI STUDIO DEL RISCHIO 46
1.3.2. CONCETTO DI RISCHIO E SUA EVOLUZIONE 48
1.3.3. PREVEDIBILITÀ RISCHIO 50
1.3.4. ACCETTABILITÀ DEL RISCHIO E RISCHIO RESIDUO 51
1.3.5. IL PROCESSO DI GESTIONE DEL RISCHIO 52
1.3.6. LE TECNICHE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO 54
1.3.7. GLI APPROCCI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 58
1.3.8. IL RISCHIO NELLA MANUTENZIONE AI BENI CULTURALI 59
1.3.9. IL RISCHIO NELLA SICUREZZA DEL LAVORO 61
2. MOTIVAZIONE E AMBITO DELLO STUDIO 64
2.1. CASI DI CROLLI A NAPOLI 64
2.2. INDIVIDUAZIONI E CARATTERISTICHE DELL'AMBITO 67
2.2.1. STORIA DEGLI EDIFICI DI CORSO UMBERTO I 68
2.3. ANALISI DELLE FACCIATE DELL'AMBITO DI STUDIO 82
2.4. RILIEVO FOTOGRAMMETRICO DELLE FACCIATE 85
2.4.1. Ripresa da strada 85
2.4.2. Ripresa con drone 92
3. ESPOSIZIONE DELLA METODOLOGIA 100
3.1. PREMESSA 100

3.2. RAPPRESENTAZIONE RASTER DELLA FACCIATA 100
3.3. INDICATORE DI RISCHIO 101
3.3.1. FATTORE DI PERICOLOSITÀ 103
3.3.2. FATTORE DI VULNERABILITÀ 108
3.3.3. FATTORE DI ESPOSIZIONE 111
3.4. ACCETTABILITÀ 114
3.5. PROCESSO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO 115
4. SPERIMENTAZIONE DELLA METODOLOGIA 117
4.1. FACCIATE OGGETTO DI SPERIMENTAZIONE 117
4.2. RISCHIO DELLA FACCIATA NORD – OVEST DELL'EDIFICIO NUMERO 9 119
4.2.1. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DELLA FACCIATA 119
4.2.2. CALCOLO DEL RISCHIO 122
4.3. RISCHIO DELLA FACCIATA SUD – EST DELL'EDIFICIO NUMERO 14 144
4.3.1. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DLLA FACCIATA 144
4.3.2. CALCOLO DEL RISCHIO 149
4.4. RISCHIO DELLA FACCIATA SUD – OVEST DELL'EDIFICIO NUMERO 18 163
4.4.1. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DELLA FACCIATA 163
4.4.2. CALCOLO DEL RISCHIO 167
4.5. DETERMINAZIONE DEI VALORI DI ACCETTABILITÀ DELL'AMBITO 181
4.5.1. DETERMINAZIONE DEL VALORE DI ACCETTABILITÀ DELLE FACCIATE 181
4.5.2. DETERMINAZIONE DEL VALORE DI ACCETTABILITÀ DELLA CELLE 184
5. DISCUSSIONI E CONCLUSIONI 224
ELENCO DELLE FIGURE 230
ELENCO DELLE TABELLE 233
BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO 234
LEGGI E FONTI NORMATIVE 240

INTRODUZIONE

Alla luce dei numerosi eventi tragici dovuti al crollo di componenti di facciate di edifici nel centro storico della città di Napoli, è sembrato doveroso approfondire uno studio non solo sulle cause che maggiormente hanno influito sul verificarsi di questi avvenimenti, ma anche sulla possibilità di avere a disposizione uno strumento - tale da utilizzare le più moderne ed evolute tecnologie informatiche – per il monitoraggio del rischio ad essi connesso.

Le problematiche che interessano le facciate sono legate alla carenza d'interventi di tipo manutentivo che possono contrastare, in modo costante e continuativo, fenomeni di degrado dovuti all'aggressività ambientale e alla crescente pressione antropica, ma anche alla mancanza di una cultura della manutenzione programmata. Per tali motivi si rendono necessari strumenti di gestione per limitare il ricorso ad azioni sporadiche e disarticolate nel tempo e per promuovere un'idea di manutenzione come processo [1].

Gli approcci attuali alla manutenzione programmata e alla conservazione architettonica considerano valutazioni della vita utile degli elementi costruttivi generalmente dedotta mediante prove di laboratorio, modelli teorici dedotti da normative volontarie o dalla letteratura. Le variabili che entrano in gioco nella realtà dell'edilizia sono numerose e di complessa valutazione, per cui la stima della durabilità resta in buona parte aleatoria. Pare allora opportuno, parallelamente agli studi durabilistici, che la ricerca si orienti verso la messa a punto d'indicatori di stato e verso il monitoraggio della loro evoluzione nel tempo. Un insieme d'indicatori relativi alle varie parti dell'edificio può definire, mediante controlli periodici, l'andamento delle prestazioni residue nel corso del tempo [1].

Questa tesi di ricerca propone una metodologia per valutare il rischio per le persone associato alla caduta di gravi dalle facciate di edifici storici. La definizione generale di rischio presente in letteratura è stata particolarizzata per l'ambito d'interesse della tesi come combinazione di tre fattori: pericolosità degli elementi che costituiscono le pareti perimetrali verticali degli edifici, vulnerabilità ed esposizione delle persone. La revisione della letteratura ha permesso d'identificare i parametri che influenzano i tre fattori appena citati, concorrenti alla definizione dell'indicatore di rischio. La metrica di questi parametri e la stima dei loro pesi mirano ad ottenere un indice che definisca in maniera oggettiva e univoca il rischio legato allo stato di conservazione delle facciate di un edificio storico. Il ricorso a un indicatore siffatto supporta la pianificazione dei futuri interventi di manutenzione volti a conservare il patrimonio architettonico e a soddisfare requisiti di sicurezza per le persone.

Si premette che il metodo proposto è stato concepito per essere utilizzato nelle ispezioni automatizzate con visione digitale. Costituisce quindi il primo passo di una ricerca più ampia pensata per essere sviluppata nelle seguenti fasi:

1. Sviluppo della metodologia;
2. Addestramento di un'intelligenza artificiale al riconoscimento degli elementi e dei relativi degradi, partendo dalle immagini delle facciate degli edifici;
3. Sviluppo di un software per l'elaborazione automatica della mappatura del rischio.

Il presente studio costituisce quindi, in realtà, il tassello di un mosaico più ampio in cui altre ricerche dovranno essere sviluppate per consentire l'applicazione pratica del metodo qui proposto.

Si espongono di seguito scopo, obiettivi, presupposti, fattori di originalità e articolazione della presente ricerca.

Scopo
Lo scopo della presente tesi è definire una metodologia per la valutazione del rischio per le persone associato alla caduta di gravi dalle facciate degli edifici del centro storico di Napoli.

Obiettivi
- Definire degli indicatori di rischio;
- Definire l'accettabilità del rischio.

Presupposti
- Definire Pericolosità (P), Vulnerabilità (V) ed Esposizione (E);
- Individuare e definire i parametri che concorrono alla determinazione dell'indicatore di rischio.

Fattori di originalità
- Valutazione del rischio focalizzata sulla sicurezza per le persone piuttosto che sulla perdita di materia storica;
- Analisi per celle e non per elementi di facciata;
- Metodologia speditiva e quantitativa che permette operazioni di benchmarking e creazione di scorecard a supporto della sicurezza delle persone.

Articolazione della ricerca
Il primo capitolo riguarda lo stato dell'arte dei tre ambiti in cui si inserisce la presente ricerca: i fenomeni di degrado, con particolare riguardo alle alterazioni dei materiali lapidei, la manutenzione dei beni del patrimonio culturale e i progressi nell'ispezione e monitoraggio con visione artificiale e, infine, la teoria del rischio legata all'incolumità delle persone.
Il secondo capitolo tratta le motivazioni che hanno portato alla presente ricerca con un'indagine sui casi di crollo che si sono verificati nella città di Napoli e l'individuazione di un ambito di studio, scelto a Corso Umberto I, in cui si è proceduto all'analisi delle facciate degli edifici storici.
Il terzo capitolo procede all'esposizione della metodologia proposta.
Il quarto capitolo riguarda la sperimentazione della metodologia su tre facciate dell'ambito di studio.
Il quinto capitolo discute i risultati ottenuti, i limiti della metodologia ed evidenzia i punti di criticità dai quali si può partire per futuri miglioramenti

1. STATO DELL'ARTE

1.1. I FENOMENI DI DEGRADO

1.1.1. IL PROCESSO DI DIAGNOSI IN EDILIZIA

Il concetto di degrado non può essere slegato dal processo diagnostico in edilizia, in quanto rappresenta una fase della diagnosi dell'edificio. Per parlare di degrado, quindi, si deve necessariamente parlare di diagnosi. La diagnosi, utilizzata in molteplici campi, come quello medico, è la procedura di ricondurre un fenomeno o un gruppo di fenomeni, dopo averne considerato ogni aspetto, ad una categoria, identificandone le cause e l'origine.
Il processo diagnostico in edilizia si articola in diverse fasi che vanno dal riconoscimento di un segno o di un'anomalia, alla definizione dell'intervento con il suo successivo monitoraggio, ovvero:

- *semeiotica:* è la scienza dei segni; studia il riconoscimento di un segno per capire da cosa dipende lo stesso;
- *prediagnosi:* in genere non viene comunicata; è una intuizione o associazione istantanea. Dipende sostanzialmente dal bagaglio di conoscenze ed esperienze in campo;
- *anamnesi:* è la storia del paziente, ovvero, nel caso dell'edilizia, è la raccolta di informazioni sulla storia dell'edificio;
- *diagnostica differenziale:* è il momento in cui vengono escluse alcune cause; può capitare di giungere alla risposta non in maniera istantanea, ma procedendo per esclusione;
- *terapia:* è l'intervento che è seguito dalla prognosi;
- *prognosi:* dopo l'intervento può essere necessario un monitoraggio; ad esempio, per un intervento di impermeabilizzazione si può di seguito effettuare una prova di allagamento per vedere se il problema è stato risolto. La prognosi si scioglie quando si è superato il momento di incertezza nel capire se l'intervento dà i suoi risultati;

In edilizia, la disciplina che si occupa di questi studi si definisce "patologia edilizia". La "patologia edilizia" è, in generale, la disciplina che studia "i fattori processuali, umani, ambientali, tecnici, tecnologici, fisici, clinici (fattori di disturbo), i meccanismi interattivi che portano in tempi anormalmente ravvicinati ad alterazioni di tipo fisico o di tipo prestazionale di un elemento tecnico del sistema edilizio. Si ha patologia laddove i decadimenti (fisici o prestazionali) si sviluppano in termini temporali e qualitativi inattesi e contrastanti con il concetto convenzionale di invecchiamento naturale, istituito dal livello di sviluppo tecnologico del momento progettuale o costruttivo" [2]. Infatti, l'organismo edilizio, esattamente come l'organismo umano, ha diverse modalità di invecchiamento delle sue parti, che possono essere riferibili a:

- degrado fisiologico o naturale;
- degrado patologico.

Il *degrado fisiologico o naturale* è quello dovuto al reale invecchiamento dei materiali; mentre quello *patologico* è legato ad una causale che non è legata semplicemente al decorso del tempo.
Fra le due situazioni non esistono in generale differenze per quanto riguarda la tipologia di alterazione dei materiali e le manifestazioni visibili, ma può essere ben differente soprattutto l'aspetto cronologico di dette manifestazioni, che poi, spesso, finiscono col provocare guasti a catena su altri componenti o un aggravamento sul componente stesso, a causa della imprevedibilità

del fenomeno. Nel caso del degrado fisiologico, dunque, è possibile prevedere quali siano i tempi di decadimento delle prestazioni di un componente edilizio e le relative modalità con cui esso si manifesta; nel caso del degrado patologico sono codificabili in senso stretto al più le procedure per l'accertamento diagnostico delle causali che hanno prodotto la situazione inattesa, per poter programmare i relativi interventi [2].

1.1.2. DEFINIZIONI E NORMATIVA

Non appare fuori luogo ricordare, in questa sede, come nel campo delle patologie edilizie esista una terminologia normata a livello internazionale, tale da evitare equivoci e fraintendimenti nell'uso dei termini che usualmente vengono adoperati, e che anche di seguito, troveranno larga applicazione. Si riportano, dunque, di seguito le principali definizioni messe a punto dalla Commissione CIB W86 "Building Pathology[1]":

- *Agente:* entità che provoca un determinato effetto mediante la propria azione;
- *Anomalia:* manifestazione inattesa percepibile visivamente o strumentalmente, più o meno evidente; può avere rilevanza sintomatica (esantema) o meno per l'individuazione del difetto; può essere lo stesso difetto e lo stesso guasto. L'indagine diagnostica ha il compito di stabilirne la rilevanza rispetto al degrado riscontrato.
- *Degrado:* progressivo deterioramento, più o meno grave ed evidente, dell'integrità fisica (alterazione) ovvero della efficienza prestazionale (decadimento prestazionale). Ogni oggetto è soggetto a degrado: il degrado può essere patologico o meno.
- *Difetto:* inadeguatezza di uno o più elementi costituenti un sistema edilizio; esso costituisce un fattore di disturbo capace di generare un guasto o un degrado: può dipendere da errori genetici, di costruzione, di uso, di manutenzione. Il difetto per poter provocare un degrado o un guasto richiede l'intervento di un agente scatenante (o di attivazione).
- *Guasto:* deterioramento che rende inutilizzabile o non più rispondente alla sua funzione un elemento tecnico o una sua parte. Anche il guasto può derivare da una condizione patologica o da fatti connessi al normale invecchiamento: la discriminante tra le due condizioni è la temporizzazione dell'evento.
- *Sintomo:* interpretazione di una anomalia o di un segno come segnale o manifestazione di uno stato morboso o di un difetto.

[1] Il CIB (*International Council for Building*) è l'organismo internazionale che supporta l'ISO nello studio preliminare e nell'emanazione delle norme tecniche.

Il percorso logico che collega le suelencate definizioni è evidenziato nel flow-chart della Figura 1.

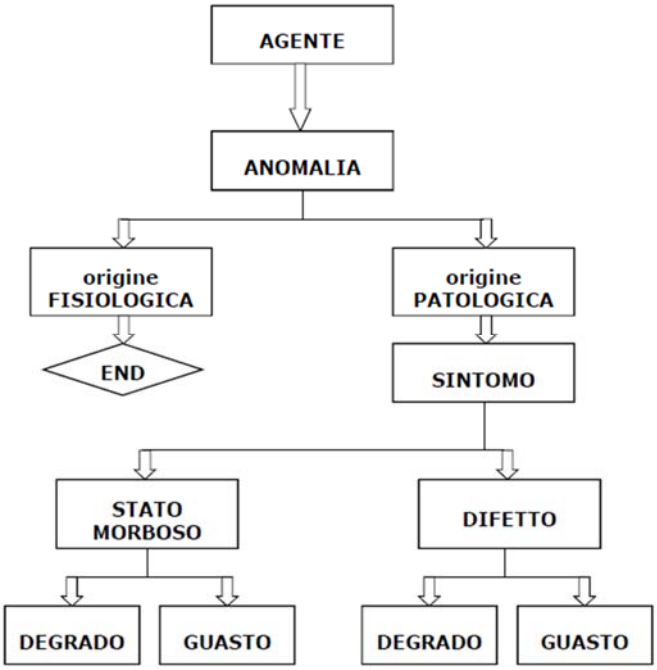


Figura 1 - Flow-chart nel processo diagnostico [3]

Questo schema non è altro che la sequenza logica che si segue nel *processo diagnostico*. Si parte dall'*anomalia* che è qualcosa che si percepisce visivamente come non regolare (una lesione, una macchia, una deformazione).
L'anomalia viene sempre scatenata da un *agente* (il sole, la pioggia, il vento, un sovraccarico, un insetto). Successivamente bisogna analizzare l'origine del problema, se il problema è di tipo fisiologico non è possibile rimuovere alcuna causa; se invece l'origine del problema è patologica si inizia a ragionare sul *sintomo*, cioè si cerca di interpretare ciò che si vede (l'anomalia) e capire se ci si trova in una condizione di *stato morboso*, ovvero una malattia che si manifesta tipicamente per quel tipo di anomalia; oppure di un *difetto*, cioé di uno stato di inadeguatezza del sistema tecnologico che, senza la presenza di un agente scatenante, potrebbe anche non rivelarsi mai.
A loro volta, il difetto o lo stato morboso possono dare origine a degrado o guasto. Il *degrado* è un processo progressivo di perdita di prestazione; il *guasto* è la perdita di prestazione che porta il componente ad una prestazione insoddisfacente [3].

1.1.3. DURABILITÀ DEI MATERIALI

Ogni materiale posto in un ambiente diverso rispetto a quello in cui si è formato tende a raggiungere nuove condizioni di equilibrio attraverso cambiamenti delle sue caratteristiche. Per tale motivo, in fase di progettazione, è buona norma scegliere i materiali da utilizzare non solo in funzione del costo ma anche in funzione della loro *durabilità*. Quando si parla di durabilità di un materiale, si pensa all'essere durevole nel tempo al fine di conservare il più possibile le caratteristiche prestazionali e funzionali per cui è stato utilizzato; questo periodo di tempo, dunque, è notevolmente influenzato:

- Dall'ambiente in cui il materiale vive;
- Dall'uso del manufatto che ne causa l'usura;
- Dall'invecchiamento naturale dei materiali.

Per chiarire meglio il concetto di durabilità, risulta necessario riportare alcune definizioni tratte dalla norma UNI 11156-1:2006 "Valutazione della durabilità dei componenti edilizi - Parte 1: Terminologia e definizione dei parametri di valutazione":

- *Durabilità:* capacità di un edificio o delle sue parti, di svolgere le funzioni richieste durante un periodo di tempo specificato, sotto l'influenza degli agenti previsti in esercizio;
- *Vita utile ("service life"):* periodo di tempo dopo l'installazione durante il quale l'edificio o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione;
- *Durata spontanea:* la durata spontanea del componente è il periodo di tempo durante il quale le prestazioni del componente si mantengono entro i limiti accettabili per le esigenze di esercizio, sotto la sola influenza degli agenti sollecitanti;
- *Vita utile di riferimento ("reference service life"*): vita utile dell'edificio o delle sue parti prevista in definite condizioni d'uso di riferimento;
- *Vita utile stimata ("estimated service life"):* vita utile, dell'edificio o delle sue parti, prevista in definite condizioni d'uso, calcolata correggendo le condizioni di riferimento in funzione di materiali, progetto, ambiente, condizioni d'uso e manutenzione;
- *Vita utile di progetto ("design life"):* vita utile definita nella fase di progettazione.

Come si evince, quindi, il concetto di degrado è strettamente legato al concetto di durabilità del materiale. Maggiore è la durabilità del materiale, più lenti saranno i fenomeni di degrado a cui l'elemento sarà soggetto. Per la valutazione della durabilità esistono diversi approcci basati su un contesto normativo abbastanza ampio. In questo studio, tuttavia, ci si è limitati solo a definire il concetto di durabilità e il nesso che necessariamente esso ha con il degrado dei materiali.

1.1.4. I MATERIALI LAPIDEI [4]

La stragrande maggioranza dei monumenti antichi sono realizzati con i materiali lapidei. La pietra, intesa come materiale da costruzione, ha una durabilità più bassa rispetto ad altri materiali usati nell'edilizia come il calcestruzzo, l'acciaio o il legno. A questo aspetto si aggiungono altri fattori, come quelli legati all'aggressività dell'ambiente e le continue pressioni antropiche, che influenzano i fenomeni di degrado di questi materiali. Dunque, si è ritenuto necessario approfondire la tematica del degrado associata a questi materiali in quanto rivestono un ruolo di primaria importanza all'interno del patrimonio culturale, rappresentando da un lato la materia prima maggiormente adoperata per la realizzazione di strutture o manufatti antichi, dall'altra la più diffusa testimonianza dell'arte passata. Con il termine "materiale lapideo" si intende, oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche i materiali antropici, cioè gli stucchi, le malte, gli intonaci ed i prodotti ceramici impiegati in edilizia (laterizi e cotti). Una prima classificazione dei materiali lapidei, infatti, è quella che distingue:

- materiali lapidei naturali (essenzialmente rocce);
- materiali lapidei artificiali (malte, intonaci, laterizi, prodotti ceramici, vetro).

1.1.4.1. Materiali lapidei naturali

All'interno di questa categoria vi è un'altra classificazione petrografica basata su un criterio genetico. Secondo questo criterio, possono distinguersi tre macro-aree rappresentate da:

- *Rocce magmatiche o ignee:* hanno origine dalla cristallizzazione del magma di composizione prevalentemente silicata. La cristallizzazione può realizzarsi in diversi ambienti; quando avviene al di sotto della superficie terrestre si parlerà di rocce intrusive, quando avviene sulla superficie terrestre si parlerà di rocce effusive. Le rocce ignee hanno ph generalmente acido. Appartengono a questa categoria materiali come il granito, il porfido e il basalto;
- *Rocce sedimentarie:* hanno origine dalla rielaborazione sulla superficie terrestre dei materiali affioranti. Le rocce preesistenti sono frantumate, disciolte e trasformate. Le rocce sedimentarie hanno ph generalmente basico. Appartengono a questa categoria materiali come conglomerati, calcari, travertini, tufi e arenarie;
- *Rocce metamorfiche:* hanno origine dalla trasformazione per cristallizzazione di rocce preesistenti (sedimentarie o magmatiche) che vengono a trovarsi in condizioni chimico-fisiche diverse dalle originali. A questa classe appartengono: ardesia, quarzite, gneiss e molti marmi policromi. In funzione delle diverse quantità dei materiali costituenti si avranno diversi gradi di ph.

1.1.4.2. Materiali lapidei artificiali

Tra i materiali lapidei artificiali rientrano tutti quelli che non si sono formati naturalmente ma che sono stati realizzati dall'uomo: malte, intonaci, stucchi, prodotti ceramici (laterizi e cotti), vetri.
Le malte da intonaco sono costituite dalla miscela di uno o più leganti[2] con aggregati[3] ed acqua. Le proprietà della malta da intonaco sono determinate dalle diverse proporzioni esistenti tra gli aggregati ed il tipo di legante. Gli intonaci degli edifici storici sono prevalentemente costituiti da malte a base di calce aerea o da malte a base di calce idraulica, tra queste ultime troviamo quelle con aggregati a comportamento pozzolanico e quelle contenenti cocciopesto. Talvolta troviamo anche malte bastarde o di tipo cementizio; questo tipo di intonaco, nell'edilizia storica, è sempre di rifacimento e quindi non originale. Il rifacimento degli intonaci con malte cementizie insieme ai rivestimenti plastici, sono da evitare a causa della scarsa traspirabilità della struttura sottostante e dei conseguenti fenomeni di distacco ed esfoliazione dell'intonaco stesso; molto spesso sarà necessaria la sua rimozione poiché causa principale dei fenomeni di degrado. La classificazione commerciale considera, invece, criteri diversi quali la lucidabilità, la lavorabilità, ecc. In tale ambito si distinguono:

- *Graniti:* rocce resistenti di natura silicatica, lucidabili (granito, diorite, gabbro, sienite, porfido, andesite, gneiss, granulite);
- *Pietre:* rocce compatte o porose, non lucidabili (basalto, trachite, conglomerato, arenaria, argilla, tufo, calcare tenero, dolomia; fillade, micascisto, quarzite, serpentinite, anfibolite);
- *Marmi*: rocce compatte di natura carbonatica, lucidabili (marmo, calcescisto; calcare compatto);
- *Travertini*: rocce ricche di cavità, compatte, lucidabili (travertino).

[2] Per legante si intende la calce aerea e la calce idraulica, i cementi, i leganti sintetici a base di resine sintetiche, epossidiche, ecc. Tali materiali hanno la capacità di indurire, una volta a contatto con l'aria.
[3] Per aggregato si intende un materiale inerte come la sabbia, la pietra macinata, la pozzolana o materiali a comportamento pozzolanico, il cocciopesto, il caolino, ecc. La funzione dell'aggregato è quella di dotare il legante di una struttura di sostegno.

1.1.4.3. Caratteristiche dei materiali lapidei e principali fenomeni di degrado degli edifici storici

Il degrado di un edificio spesso ha inizio sulle sue superfici esterne (coloriture, intonaci, rivestimenti lapidei e ceramici) a causa delle continue interazioni che il lapideo ha con l'ambiente circostante. Questo avviene sia a causa di fattori intrinseci al lapideo (dipendenti dalle caratteristiche dei materiali impiegati), sia per le condizioni microclimatiche riscontrabili nell'ambiente circostante l'edificio. Altre cause di degrado delle superfici esterne sono determinate da fattori antropici come vizi costruttivi e mancata o errata manutenzione. I parametri esterni degli edifici storici sono costituiti da diversi materiali e realizzati con diverse tecniche; si possono presentare con la struttura in pietra a faccia vista, oppure possono essere connotati da una finitura. Nel primo caso, non essendoci alcuno strato protettivo, il degrado intaccherà direttamente la struttura muraria, impoverendo la materia stessa del paramento: inizialmente il degrado ne colpirà la parte più superficiale, fino a causare dissesti statici; in questo caso, gli elementi soggetti a degrado saranno la malta di allettamento (meno durabile rispetto ai conci di pietra), che subirà fenomeni di disgregazione, ed i conci costituenti la muratura stessa. Per portare un esempio, la presenza di frequenti correnti eoliche, così come il verificarsi di cicli di gelo e disgelo all'interno della muratura, può determinare l'erosione della muratura stessa, a volte tanto spinta da farne diminuire le caratteristiche prestazionali. Sotto questo punto di vista, le pietre a componente calcarea sono particolarmente sensibili all'aggressione provocata dall'anidride solforosa e solforica. Mentre, materiali come marmi, tufi e arenarie sono soggetti prevalentemente a fenomeni aggressivi dovuti agli inquinanti. Anche le tecniche di lavorazione di tali elementi possono causare alcuni fenomeni di degrado, ad esempio, la tecnica di lavorazione per la realizzazione dei blocchi - la cosiddetta sbozzatura – impiegata nelle costruzioni storiche, sia quando queste compongono facciate con muratura a vista, sia quando sono intonacate, produce delle microfratture nel materiale, inducendone la disgregazione, soprattutto se tali superfici sono sottoposte a stress termici e all'azione degli agenti atmosferici. Per evitare questo ed altri inconvenienti, come l'eccessivo assorbimento delle acque meteoriche, il calcare può essere levigato. Nel caso di superfici intonacate, le forme di degrado sono estremamente varie e possono interessare sia il fondo intonacato sia la tinteggiatura. Per queste superfici bisogna necessariamente conoscere le diverse caratteristiche che costituiscono la finitura (malte da intonaco e tinte) e come esse possono influenzare il degrado. Ad esempio, *le malte a base di calce aerea*, sono quelle con calce idrata o grassello di calce stagionato e aggregati come sabbie silicee di fiume o di cava. La malta a calce di sabbia ha elevata porosità (20-35%) ed elevata elasticità; ha una resistenza molto limitata, indurimento lento, grande sensibilità agli attacchi del gelo e degli inquinanti atmosferici. Per contenere la formazione di cavillature dovrà essere evitato l'utilizzo di malte troppo grasse. Le malte aeree sono, in definitiva, apprezzate per la loro lavorabilità e durabilità se messe in opera a regola d'arte.

Le *malte a base di calce idraulica* sono ottenute dalla cottura a bassa temperatura di marne naturali o calcari più o meno argillosi o silicei con successiva riduzione in polvere mediante spegnimento con o senza macinazione. Queste malte hanno, a parità di aggregato, resistenza meccanica più elevata delle malte aeree, mentre la porosità aperta è confrontabile, almeno come valore totale; resistono meglio all'azione dell'acqua. Sono malte a caratteristica pastosa, dotate di ottima coesione e potere adesivo.

Le *malte a base di calce idraulica* con materiali aggiunti presentano fino al 20% in massa di materiali idraulicizzanti a carattere pozzolanico (pozzolana, cocciopesto, caolino). Nel caso in cui queste malte siano usate per interventi di restauro o comunque su strutture in muratura, bisogna escludere l'uso di cemento come materiale aggiunto. Le malte a calce e aggregato pozzolanico hanno una percentuale di silicati alluminosi maggiore di quelli a calce idraulica naturale, pertanto hanno una migliore resistenza in ambienti umidi e a contatto con l'acqua, una maggiore resistenza a compressione e una migliore durabilità. Il cocciopesto viene usato per realizzare malte idrauliche esenti da cemento; produce una reazione idraulica che migliora le caratteristiche degli intonaci; migliora le resistenze meccaniche; colora naturalmente la malta con essa additivata; consente la traspirazione della muratura e può essere usato per la produzione di intonaci di considerevole spessore.
La *malta idraulica cementizia* prevede il cemento come legante e viene usata quando servono elevate resistenze meccaniche, fisiche e chimiche. Da queste stesse caratteristiche derivano, però, alcuni inconvenienti: elevata impermeabilità associata ad una bassa porosità, notevole fragilità e durezza, bassa elasticità. Inoltre, in fase di essiccamento la malta cementizia è soggetta ad un esteso fenomeno di ritiro con formazione di crepe e cavillature. Infine, gli intonaci cementizi, se applicati su murature tradizionali interessate da problemi di risalita capillare, rallentano i tempi di prosciugamento e creano problemi di incompatibilità di tipo fisico-meccanico tra i diversi strati. Per questi motivi il loro utilizzo deve essere quasi del tutto eliminato nell'edilizia storica; l'unico tipo di cemento che può essere impiegato in piccole quantità negli impasti a base di calce aerea, per aumentarne la resistenza meccanica mantenendo però un'elevata permeabilità al vapore, è il cemento caolino.
I *rivestimenti plastici ad azione continua* sono composti da malte premiscelate con additivi polimerici e sono prodotti poco affidabili a causa della scarsa traspirabilità e dei frequenti fenomeni di distacco ed esfoliazione; per questo motivo non sono consigliati per il rivestimento di strutture in muratura.
Le *tinte* utilizzate nell'edilizia storica sono solitamente tinte a calce pigmentate con terre coloranti. Queste tinte devono avere una stretta relazione con il supporto rispettandone la compatibilità materica. Negli anni, però, le tradizionali tinte a calce sono state sostituite dalle pitture (o idropitture); le idropitture, di facile utilizzo, presentano elevata resistenza alle atmosfere inquinate e sono altamente coprenti. La loro diffusione, giustificata da tali pregi, ha portato, però, al verificarsi di gravi inconvenienti con riferimento al loro impiego sulle murature tradizionali. Questo a causa delle incompatibilità di tipo chimico e di tipo fisico-meccanico che possono crearsi tra supporto (intonaco) e finitura (tinta). I prodotti che dovrebbero utilizzarsi, infatti, dovrebbero avere ottima penetrabilità e compatibilità con il supporto, così da garantire una buona traspirabilità; tali caratteristiche dovranno risultare prevalenti rispetto alla durabilità dei cromatismi. Sui manufatti di interesse storico, inoltre, è assolutamente vietato l'uso di prodotti a base di resine sintetiche senza l'autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene.

1.1.5. TIPOLOGIE DI DEGRADO

Come si è visto, il concetto di degrado abbraccia un vasto scenario di fenomeni che possono riguardare le strutture da due punti di vista:

- Degrado superficiale (comprende tutti i fenomeni di deterioramento del materiale in superficie, senza intaccare le sue caratteristiche strutturali);

- Degrado strutturale (comprende tutti i fenomeni di deterioramento delle parti strutturali di un edificio, che vanno a compromettere la sua stabilità, come ad esempio, il dissesto delle fondazioni, delle strutture in elevazione e quelle orizzontali, fino ai dissesti delle coperture).

In questa studio si parlerà prettamente del degrado superficiale dei materiali di facciata trascurando il degrado strutturale in quanto i fenomeni di distacchi, cedimenti e crolli che colpiscono la maggior parte delle facciate degli edifici storici, sono associati ad un tipo di degrado inizialmente superficiale che, solo con il passar del tempo e a causa del mancato intervento dell'uomo, si è trasformato, talvolta, in degrado strutturale. Si tratta, quindi, di un processo di deterioramento progressivo che diventa quasi certo laddove non vengano attuate misure di prevenzione, riduzione o eliminazione del degrado. Motivo per cui risulta, in prima istanza, necessario analizzare i meccanismi di degrado superficiale e trovare modi per prevenire i rischi ad essi associati, in modo tale da prevenire, di conseguenza, anche degradi di tipo strutturale.

1.1.6. DEGRADO SUPERFICIALE [5]

Il degrado superficiale è quello che comprende tutti i fenomeni di deterioramento del materiale in superficie senza intaccare le sue caratteristiche strutturali; Esso si divide in:

- degrado fisico-meccanico;
- degrado chimico;
- degrado biologico.

1.1.6.1. Degrado fisico-meccanico

Il degrado fisico-meccanico dipende alla composizione mineralogica e dalla struttura granulare del materiale, è dovuto a fenomeni fisici che esercitano un'azione meccanica di frammentazione del materiale, come: sbalzi termici, cicli di gelo e disgelo, azione del vento, vibrazioni dovute al traffico veicolare, ricristallizzazione dei sali solubili, ecc.
Quindi i principali fattori sono:

- azione dei sali;
- azione del gelo;
- azione dovuta alle dilatazioni termiche.

Azione dei sali

I fenomeni disgregativi possono essere causati dalla sovrasaturazione con precipitazione e/o cristallizzazione di una determinata specie salina, ciò può essere causato da:

- aumento della temperatura;
- diminuzione dell'umidità relativa esterna;
- azione eolica.

Anche l'aumento della pressione di cristallizzazione dei sali può favorire i fenomeni di degrado, poiché l'aumento di volume dei cristalli può provocare sulla superficie dei pori pressioni tali da superare le capacità di resistenza del materiale. La formazione di cristalli, dovuti alla precipitazione dei sali, può avvenire in diverse parti della muratura ed in funzione della velocità di evaporazione si generano:

- *efflorescenze:* se l'evaporazione è lenta si ha la cristallizzazione dei sali esternamente alla superficie;
- *criptoefflorescenze:* se la velocità di evaporazione è rapida si ha la cristallizzazione ad una certa distanza dalla superficie. Poiché la cristallizzazione avviene tra la zona umida e quella asciutta, si può avere un distacco di materiale.

Azione del gelo

I cicli di gelo e disgelo possono determinare il ristagno di elementi inquinanti all'interno della struttura interna del materiale, il danno è tanto maggiore quanto maggiore è il numero di cicli di gelo cui è sottoposto il materiale.

Azione dovuta alle dilatazioni termiche

Tutti i materiali sono soggetti a dilatazioni termiche per effetto di cambiamenti di temperatura. Tale fenomeno non produce alterazioni significative se il materiale è lasciato libero di muoversi; provoca invece tensioni interne se vincolato rigidamente. Il coefficiente di dilatazione termica è direttamente proporzionale alla deformabilità del materiale. Generalmente gli edifici soggetti a climi caldi umidi si degradano maggiormente per l'azione del sole e del vento, mentre gli edifici soggetti a climi più freddi si degradano maggiormente sotto l'azione dei cicli di gelo e disgelo.

1.1.6.2. Degrado chimico

Il degrado chimico è dovuto generalmente alla presenza di acqua di condensa o piovana, quest'ultima a causa dell'inquinamento è ricca di sali e di anidride carbonica (CO_2). La CO_2 disciolta nell'acqua determina una variazione del pH della pioggia, la quale ha un'azione più aggressiva sui materiali da costruzione. L'anidride carbonica con l'acqua si trasforma in acido carbonico che determina un'alterazione dei materiali lapidei e metallici, dovuta a processi di carbonatazione e di ossidazione. L'anidride solforosa e l'anidride solforica, che si trovano nell'aria in piccole quantità, possono essere assorbite da marmi e materiale calcareo, ed il processo chimico che si innesta con l'acqua o con l'ossigeno dell'atmosfera determina processi di alterazione per solfatazione e ossidazione. Il degrado chimico dipende dalla quantità di acqua piovana che colpisce il materiale, dalla durata del fenomeno e dalla porosità del materiale.
Il degrado di tipo chimico è dovuto dalle seguenti alterazioni:

- carbonatazione;
- solfatazione;
- ossidazione.

Carbonatazione

La carbonatazione è un processo chimico che genera carbonati ed è particolarmente diffusa nelle rocce carbonatiche, ma anche in alcuni materiali leganti in cui l'idrossido di calcio presente reagendo con l'anidride carbonica forma carbonato di calcio secondo la seguente reazione chimica:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

La pioggia, poiché contiene CO_2, trasforma il carbonato di calcio in bicarbonato, composto sul quale l'acqua esercita una veloce azione solvente. Per rendersi conto dell'importanza di questo tipo

di degrado, basti pensare che tale fenomeno è lo stesso che produce il carsismo. Pertanto, tutti i materiali costituiti da carbonato di calcio, se l'acqua non scorre ma ristagna, sono esposti, in caso di pioggia, a tale degrado. Sempre questo fenomeno è causa, ad esempio, dell'asportazione della frazione carbonatica delle ardesie, formate sia da argille (silicati), sia da carbonato di calcio. Tuttavia, la patina argillosa che si viene a formare in superficie è in grado di proteggere dall'alterazione i carbonati sottostanti. Infatti, quando l'argilla viene attraversata dall'acqua, lo strato più superficiale si satura; non è più in grado di riceverne e quindi agisce da impermeabilizzante. La carbonatazione risulta anche essere uno dei principali fenomeni di degrado del calcestruzzo in quanto l'anidride carbonica dell'aria reagendo con la calce riduce il pH del calcestruzzo, creando così un ambiente poco alcalino per le armature. In presenza di pH inferiori a 11 il film passivante sulle armature viene neutralizzato e quindi i tondini di ferro sono esposti all'aggressione dell'ossigeno e dell'umidità presenti nell'aria. In queste condizioni si innesca il processo di corrosione delle armature, queste, aumentando di volume, generano il distacco del copriferro.

Solfatazione

Il processo di solfatazione è causato dalla presenza di anidride solforosa (SO_2) nell'aria, prodotta da residui della combustione di oli derivati dal petrolio, dall'azione di microrganismi ed inquinanti e/o da eruzioni vulcaniche. Nelle aree urbane tale fenomeno di degrado si configura come crosta nera, il cui colore deriva dalla presenza di inquinanti atmosferici. L'anidride solforosa (SO_2), combinandosi con un atomo di ossigeno, produce anidride solforica (SO_3). Quest'ultimo composto può reagire con l'acqua e dare origine all'acido solforico (H_2SO_4), che è altamente corrosivo. Tale reazione non può avvenire, però, nell'atmosfera, poiché, anche per produrla in laboratorio, è necessaria la presenza di catalizzatori, costituiti per lo più da metalli. Dunque, l'acido solforico che attacca i materiali lapidei carbonatici, non può provenire direttamente dall'atmosfera. La sua reazione col carbonato di calcio produce il solfato di calcio biidrato (cioè il gesso), che di per sé è bianco. Il colore nero della crosta sembra quindi essere dovuto alla presenza di carbonio non ossidato e di metalli dovuti all'inquinamento atmosferico. Pertanto, la formazione dell'acido solforico non pare avere origine sul materiale stesso, ma sembra favorita dai metalli, che agirebbero da catalizzatori. Si è inoltre osservato che la formazione della crosta nera non avviene nelle zone sottoposte alla pioggia battente; infatti, l'azione fisica dell'acqua (che ha un peso di un chilo a litro) asporta il solfato e impedisce il ristagno, il quale consente le reazioni chimiche di solfatazione.

Ossidazione

L'ossidazione è una trasformazione chimica dove si verifica una perdita di elettroni da parte di una specie chimica. Il processo di ossidazione è sempre accompagnato da un processo di riduzione, ovvero il componente che cede elettroni si ossida mentre il componente che li acquisita si riduce.

1.1.6.3. Degrado biologico

Il degrado biologico o biodeterioramento determina l'alterazione del substrato del materiale, esso è dovuto alla presenza e alla proliferazione di *microrganismi ed organismi autotrofi* (dal greco "autos" = da se stesso, e "trophos", alimentazione, sono capaci di nutrirsi utilizzando solamente semplici sostanze inorganiche) ed eterotrofi (dal greco "héteros" = altri e "trophos" = alimentazione, si nutrono di sostanze organiche prodotte dagli organismi autotrofi) sui materiali.

I *microrganismi autotrofi* si trovano solitamente nelle rocce e sono:

- solfobatteri, sono cause di efflorescenze saline a base di solfiti e solfati;
- nitrobatteri, sono cause di croste nere e di efflorescenze saline a base di nitriti e nitrati;
- alghe, sono cause di patine verdi, rivestimenti crostosi, strati gelatinosi, ecc.

I *microrganismi eterotrofi* sono:

- batteri, sono cause di patine colorate e modifica dello stato fisico superficiale del materiale che diventa pastoso;
- attinomiceti, sono cause di micelio biancastro e patina granulosa;
- funghi, sono cause di macchie scure.

Gli o*rganismi autotrofi* sono:
muschi, hanno consistenza stratiforme e colore verdastro, bruno o nero;
licheni, sono cause di patine dai colori vivaci (giallo, arancio);
piante, creano fratture e fessurazioni nel materiale.

Gli *organismi eterotrofi* sono:

- insetti;
- aracnidi.

Il biodeterioramento comprende anche i danni provocati dalla crescita di piante infestanti e dagli uccelli. L'attacco biologico avviene mediante le seguenti fasi: contaminazione superficiale, proliferazione, sviluppo in profondità e colonizzazione. I fattori ambientali che ne favoriscono lo sviluppo sono: luce, ossigeno, anidride carbonica, acqua, sali minerali e fonti di carbonio organico. Per prevenire il degrado biologico bisogna innanzitutto identificare gli agenti causa del deterioramento, definire le condizioni ambientali che ne favoriscono lo sviluppo e scegliere gli opportuni biocidi.

1.1.7. CAUSE DI DEGRADO [6]

I processi di degrado su una struttura possono essere causati da vari fattori ognuno dei quali genera una delle tre tipologie di degrado sopra descritte. La distinzione classica, già introdotta dall'Alberti nel suo De Re Aedificatoria, è fra:

- cause intrinseche, legate alle caratteristiche del manufatto;
- cause estrinseche, ovvero cause esterne legate al contesto in cui si trova il manufatto.

1.1.7.1. Cause intrinseche di degrado

Tra le cause intrinseche si ritrovano prevalentemente le caratteristiche dei materiali (la loro struttura mineralogica, la porosità, la coesione, la durezza, ecc.), il loro stato di conservazione e le caratteristiche di costruzione degli elementi.

Caratteristiche dei materiali

Ciò che spesso causa il degrado intrinseco degli edifici sono una serie di alterazioni fisiologiche, cui ogni elemento viene sottoposto nel tempo. Oltre che da agenti esterni, queste alterazioni dipendono dalla natura propria dell'elemento stesso. Tali osservazioni interessano i materiali da

costruzione, soggetti a un processo di modifica e di adeguamento all'ambiente che produce inesorabilmente un degrado, e si estendono a scelte di tipo tecnologico, il cui degrado è diretta conseguenza dell'alterazione dei materiali con cui esse sono state esplicitate.

In questo studio, come già detto, si parlerà prevalentemente del degrado dei materiali lapidei, per questo motivo risulta necessario approfondire questa tematica, analizzando le principali caratteristiche dei materiali lapidei da considerare per lo studio del loro degrado. Le caratteristiche di conformazione dei materiali lapidei da considerare per lo studio dei meccanismi di degrado sono:

- Compattezza, porosità e gelività;
- Dilatazione termica e conducibilità termica;
- Composizione mineralogica e struttura.

Compattezza, porosità e gelività

Il grado di compattezza di una roccia (C) è dato dal rapporto fra peso specifico apparente e peso specifico assoluto. Il valore di questo rapporto, sempre inferiore a 1, si avvicina tanto più all'unità quanto meno porosa è la roccia, cioè quanto più è compatta. Esiste anche un indice di porosità (Ip), che indica la percentuale dei vuoti presenti in una roccia: è pari all'1-2% in quelle molto compatte (graniti, calcari), mentre sale al 10-20% nelle rocce porose (tufi). A livello pratico, però, per capire il comportamento dei materiali lapidei al degrado, è più importante conoscere il carattere della porosità, poiché sono soprattutto la comunicabilità e le dimensioni dei pori che determinano il tipo di permeabilità delle rocce. La porosità comunicante o di tipo capillare comporta un'alta penetrabilità dell'acqua nelle rocce (per imbibizione o per assorbimento). La porosità non capillare, invece, alleggerisce il peso delle rocce ma non le rende capaci di assorbire l'acqua. Il granito, ad esempio, pur essendo molto compatto, per la sua struttura pavimentosa presenta molti spazi intercristallini piccolissimi e comunicanti fra loro, nei quali l'acqua penetra lentamente. La pomice, invece, la roccia più leggera (l'unica che può galleggiare sull'acqua) è più porosa di tutte, ha però una particolare porosità, costituita da bolle di gas non comunicanti fra loro, e immerse in una massa vetrosa che la rende impermeabile. Dal tipo di porosità e quindi dalle possibilità di penetrazione dell'acqua dipende anche la maggiore vulnerabilità delle rocce al gelo. La gelività è infatti maggiore nelle rocce che presentano abbondanti pori di piccole dimensioni, dove l'acqua, per capillarità, penetra in tutte le direzioni, anche in salita.

La dilatazione termica e conducibilità termica

Fra le caratteristiche termiche è particolarmente importante il coefficiente di dilatazione dei materiali in seguito al riscaldamento. La presenza di calore crea un'agitazione termica negli atomi, in seguito alla quale aumenta la loro distanza di legame, determinando una dilatazione di tutti i composti cristallini. Si tratta di variazioni piccole, non percettibili, ma che, se esercitate con continuità sui giunti cristallini, finiscono per disgregare la roccia, poiché le dilatazioni e i ritiri differenziati possono vincere i deboli legami di superficie. Questo fenomeno è più forte nelle rocce polimineraliche, costituite da minerali con diversi indici di dilatazione; ma è notevole anche su rocce monomineraliche formate da cristalli, come la calcite, caratterizzati da dilatazioni differenti a seconda degli assi cristallini. I suoi effetti sono accentuati, inoltre, nelle regioni in cui gli sbalzi termici sono veloci, e in certe parti del costruito, come gli spigoli, dove la dispersione del calore (e quindi il raffreddamento) è più veloce che in altri punti.

Anche la conducibilità termica è un carattere fisico importante. In genere i materiali molto porosi (come la pomice) sono anche più isolanti. Nelle rocce meno conduttrici le differenze di temperatura tra zona e zona si equilibrano più lentamente, aumentando gli effetti dannosi degli sbalzi termici. La refrattarietà, ossia la resistenza alle alte temperature, è un altro carattere fisico delle rocce, particolarmente importante per la costruzione delle fornaci destinate alla produzione di materiale edilizio come calce, mattoni, ferro, vetro.

Composizione mineralogica e struttura

La struttura di un materiale lapideo dipende dalle dimensioni dei granuli dei minerali. Le rocce originate per lento raffreddamento hanno generalmente una struttura macrocristallina, sono cioè formate interamente da cristalli grandi, visibili a occhio nudo. Questo tipo di struttura si trova nelle rocce magmatiche intrusive, come i graniti; il lento raffreddamento del magma permette infatti una crescita ordinata dei cristalli di ogni minerale, che possono raggiungere anche dimensioni considerevoli. Le rocce effusive, poiché si sono raffreddate rapidamente, sono invece formate da minerali più piccoli; la loro struttura si dice perciò microcristallina, come in molti basalti. Un altro tipo di struttura è caratterizzata dalla presenza di pochi cristalli grandi (detti fenocristalli) immersi in una pasta di fondo criptocristallina o vetrosa, cioè amorfa. Questa struttura si dice porfirica ed è tipica dei porfidi. La composizione mineralogica dei materiali è importante in quanto determina lo stato di coesione della roccia: quest'ultimo è maggiore nelle rocce a grana fine perché, a parità di volume, aumentano le superfici dei vari cristalli e quindi i relativi legami, che sono la fonte principale della resistenza alla trazione. La composizione mineralogica influenza anche la durezza dei lapidei (ovvero la resistenza ad essere scalfita), infatti essa dipende dalla durezza dei singoli minerali che costituiscono la roccia stessa. Quindi, la durezza delle rocce monomineraliche corrisponde generalmente a quella dell'unico minerale costituente, mentre la durezza delle rocce polimineraliche è rappresentata dalla durezza di tutti i minerali costituenti la roccia. Ciò non comporta necessariamente che le rocce polimineraliche siano più dure di quelle monomineraliche, bisogna sempre analizzare la durezza dei singoli minerali per avere una misura veritiera della durezza complessiva della roccia. Altro parametro che è influenzato dalla composizione mineralogica del materiale è la tenacità della roccia (ovvero la resistenza all'urto). Essa dipende essenzialmente dalla sua struttura e coesione ed è maggiore nelle rocce microcristalline rispetto alle policristalline. Ciò è dovuto al fatto che, a parità di volume, le rocce monocristalline hanno un numero maggiore di legami intercristallini, rispetto a quelle formate da cristalli più grandi.

Caratteristiche di posa in opera degli elementi

Anche le caratteristiche di posa in opera di una facciata in materiale lapideo possono influire sul degrado dei materiali stessi. Per comprendere meglio questo concetto si riporta di seguito una breve descrizione delle diverse tipologie di posa in opera dei materiali lapidei naturali per le facciate degli edifici monumentali. Generalmente, le facciate realizzate con tali materiali prevedono i seguenti metodi di posa in opera:

- sistemi di posa "a umido":
    - posa con imbottitura di malta;
    - posa per incollaggio con adesivo;
- sistemi di posa "a secco":
    - posa con ancoraggi meccanici.

Sistemi di posa "a umido" - posa con imbottitura di malta

Con questo sistema (sistema tradizionale) il fissaggio delle lastre a una parete di supporto è affidato alle proprietà adesive della malta stesa tra i due a formare un'imbottitura completa, o anche solo parziale. A questo sistema si ricorre quando si eseguono rivestimenti non molto estesi in altezza (anche se, in passato, sono stati rivestiti edifici di altezze rilevanti) o si opera su manufatti con strutture anelastiche, come quelle a murature portanti o miste. Le lastre aderiscono al substrato mediante il riempimento con malta dello spazio esistente tra rivestimento e substrato. Dovendo contrastare anche la forza di gravità, è spesso opportuno prevedere un sostegno addizionale rispetto alla sola malta, garantito da dispositivi meccanici specifici, come grappe e zanche, da predisporre nel substrato. Questi ancoraggi possono svolgere sia un ruolo di ritegno (solo trattenimento e impedimento del ribaltamento), sia di supporto (ruolo di sostegno, cioè portante), o entrambi. La loro adozione implica ovviamente una preventiva lavorazione degli elementi lapidei, sui quali sono praticati fori, scanalature, incavi e tasche. Il mercato offre una gamma amplissima di grappe e zanche la scelta delle quali deve essere eseguita sulla base dei dati di ogni singolo progetto. Nel caso di zanche non portanti, nell'intercapedine lastra-parete viene realizzata l'imbottitura, con una colata di malta cementizia; con zanche portanti l'impiego di malta, comunque consigliato, può anche non essere previsto. In quest'ultimo caso, la posa diventa praticamente una posa a secco, ancorché realizzata con modalità e dispositivi di ancoraggio di tipo semplice, validi ed accettabili solamente per opere di importanza relativa. La posa con imbottitura di malta non offre particolari garanzie di tenuta e di resistenza nel tempo, sia per la grande variabilità delle malte, sia per la loro progressiva degradazione, sia (spesso) per l'adozione del "giunto chiuso", una soluzione tecnica che può generare numerosi inconvenienti al rivestimento (sbeccature, rotture, sfiancature, distacchi, facciate con profilo "a soffietto"). Essa, tuttavia, ha ancora larga diffusione e trova in genere applicazione nei seguenti casi:

- quando vi è la necessità di compensare dei "fuori-piombo" del supporto e/o su pareti non "a squadra";
- con elementi lapidei di medio formato;
- quando gli elementi lapidei mostrano ampie tolleranze nello spessore (per cattiva segagione; per scarsa precisione nel taglio secondario ecc.);
- in rivestimenti o parti di essi soggette ad urti (soprattutto nel primo metro di altezza) dovuti a carrelli e/o mezzi meccanici (es.: interno capannoni industriali);
- con rocce aventi un grado di porosità medio-alto, come ad esempio numerosi calcari poco compatti, i tufi, le arenarie ecc., le quali sviluppano una maggiore aderenza alla malta;
- in generale, nelle soluzioni costruttive in economia.

I principali svantaggi del metodo di posa "a umido" mediante incollaggio con adesivo riguardano prevalentemente la sensibilità della malta all'acqua di infiltrazione (che dipende fortemente dal tipo di malta usata) e inoltre, nel caso di presenza di grappe e zanche metalliche, eventuali infiltrazioni d'acqua generano fenomeni di ossidazione del metallo aggravando ulteriormente i meccanismi di degrado.

Sistemi di posa "a umido" - posa per incollaggio con adesivo

La tecnica dell'incollaggio si basa sul principio dell'aderenza della lastra al supporto, garantita dall'uso di adesivi speciali. Gli adesivi conservano a lungo le caratteristiche di elasticità,

impermeabilità e resistenza agli sbalzi termici, e danno buoni risultati nelle prove di resistenza allo strappo. Per questo tipo di impiego si devono selezionare adesivi chimicamente compatibili con il tipo di supporto (muratura, intonaco, calcestruzzo, laterizio ecc.), facilmente lavorabili che durante l'applicazione non colino, che impediscano lo scivolamento delle lastre e che induriscano senza ritiri. Il ridotto spessore dell'adesivo non permette correzioni ad eventuali irregolarità del supporto, per cui è necessario disporre di un substrato estremamente regolare e preciso. Tale substrato non deve essere umido, né soggetto a risalite capillari, deve essere meccanicamente stabile e resistente, privo di parti friabili, esente da ruggine, grassi, olii ecc. Come per il massetto nelle pavimentazioni, i supporti cementizi (calcestruzzo e intonaco) devono essere pervenuti a maturazione e stagionati per non subire ritiri dopo la posa delle lastre. La posa delle lastre si effettua normalmente mediante doppia spalmatura del prodotto adesivo, sul retrolastra e sul supporto, ed esercitando una modesta pressione sulle lastre affinché si realizzi un contatto uniforme della faccia da incollare. Le lastre devono essere posate a "giunto aperto", controllate e registrate nella regolarità di posa in tempo utile rispetto al tempo di presa dell'adesivo, dichiarato dal produttore. Avvenuto l'indurimento dell'adesivo, i giunti fra le lastre vengono sigillati con prodotti di adeguate caratteristiche di elasticità. Tra i vantaggi del sistema per incollaggio, sono da menzionare:

- la possibilità di utilizzare lastre di rivestimento con spessore sottile. Fattori climatici e strutturali limitano non poco l'adozione di spessori sottili in esterno, tuttavia il fattore-peso resta di grandissima importanza in qualsiasi rivestimento;
- una movimentazione facilitata, grazie alla succitata riduzione di peso del materiale da posare;
- l'assenza di lavorazioni sulle coste degli elementi, fattori di indebolimento (soprattutto quando sono realizzate con scarsa precisione) e di annidamento dei fattori di degrado (acqua, sporcizia ecc.);
- aumento della rapidità di posa. Questo fattore è tuttavia presente se non sono richieste opere collaterali di un certo impegno (ad esempio, una regolarizzazione del supporto).

Tra i fattori di criticità, due sembrano prevalere sugli altri:

- lo spessore dell'adesivo è così limitato da non permettere alcuna compensazione delle (inevitabili) irregolarità strutturali. Le strutture murarie devono essere sostanzialmente perfette in fatto di planarità e verticalità;
- operando in esterni, lastre a spessori (molto) sottili sono scarsamente frequenti. Se adottati, essi limitano il formato delle lastre, sia per oggettiva criticità nell'ottenimento, sia per difficoltà di trasporto e movimentazione, sia per la riduzione di alcune performances meccaniche. Non possono essere quindi impiegati formati molto grandi. Ciò si ripercuote sul disegno di insieme e sull'estetica della facciata, attraversata dal fitto reticolo dei giunti che "spezzano" continuamente la percezione visiva dell'intero rivestimento.

Sistemi di posa "a secco" - posa con ancoraggi meccanici

La posa a secco prevede un distacco completo del rivestimento lapideo dal sottostante substrato; gli elementi del rivestimento risultano fissati alla struttura per mezzo di connessioni ed ancoraggi di tipo meccanico, e nello spazio tra rivestimento e supporto può esservi un'intercapedine d'aria. La denominazione "a secco" è dovuta proprio al fatto che, con l'utilizzo di ancoraggi meccanici, non sono previste sostanze umide, come è invece nel caso dei sistemi a malta e/o adesivo. Ciò

rende la qualità finale del lavoro indipendente dalle condizioni atmosferiche che, in cantiere (con i sistemi a umido), influiscono anche sensibilmente sulla preparazione degli impasti, sul comportamento reologico dei materiali usati, sull'adesione e sui meccanismi di presa e indurimento dei prodotti. Il sistema di posa a secco è da preferire quando si devono rivestire superfici di estensione media e medio-grande su manufatti con struttura elastica, anche se sono sempre più frequenti rivestimenti a secco aventi un'estensione abbastanza limitata. Con la posa a secco la definizione del sistema di fissaggio è fortemente collegata alla raccolta ed elaborazione di dati e informazioni legati al rivestimento stesso, al luogo dove sorge l'opera e alla tipologia strutturale dell'edificio da rivestire. Questo ci fa capire che esistono molteplici sistemi di fissaggio; tra questi si ha: rivestimento in forma diretta, ancorando cioè direttamente le lastre di pietra alla parete, oppure ancoraggio in forma indiretta, attraverso la presenza di sottostrutture, interposte tra le lastre e la parete. La funzione di una sottostruttura è quella di trasmettere gli sforzi e le sollecitazioni agenti sul rivestimento al supporto dell'edificio al quale viene ancorata. Nonostante i fattori positivi relativi all'assenza di adesivi e/o malte, anche questo metodo di posa in opera presenta alcuni svantaggi. Tra questi rientrano i fenomeni di corrosione e/o ossidazione dovuti alla presenza di ancoraggi metallici che a contatto con eventuale acqua di infiltrazione possono dar luogo a molteplici fenomeni di degrado del rivestimento.

1.1.7.2. Cause estrinseche di degrado

Tra le cause estrinseche si ritrovano:

- Condizioni ambientali;
- Condizioni antropiche.

Condizioni ambientali

Le condizioni ambientali riguardano tutti i fattori di aggressività dovuti al clima, all'atmosfera e in generale al contesto in cui è situato l'edificio. La norma ISO 6241:1984 " Performance standards in building — Principles for their preparation and factors to be considered" definisce gli agenti che intervengono e interferiscono in misura rilevante nelle prestazioni dell'edificio e che risultano sostanziali nell'attivazione di specifici quadri morbosi. Secondo la norma è possibile operare una classificazione di tali agenti in cinque fondamentali categorie:

1. agenti meccanici (peso, forze e deformazioni imposte, energia cinetica, vibrazioni e rumori);
2. agenti elettromagnetici (irraggiamento, elettricità, magnetismo);
3. agenti termici (calore, gelo, shock termico);
4. agenti chimici (acqua e solventi, ossidanti, riduttori, acidi, basi, sali e sostanze chimicamente neutre);
5. agenti biologici (vegetali e microorganismi, animali).

Tali agenti sono ulteriormente suddivisibili in funzione della loro origine in:

- agenti con origine esterna all'edificio (relativi all'atmosfera o al terreno);
- agenti con origine interna all'edificio (imposti dall'uso o conseguenti alla progettazione).

Sulla base di tale scomposizione prevista dalla norma ISO 6241, gli stessi agenti possono essere raggruppati - per comodità - in tre categorie in modo tale da ricondurli alle tre tipologie di degrado precedentemente descritte:

- Agenti che causano prevalentemente degrado fisico:
  - Radiazione solare;
  - Piogge;
  - Vento;
  - Neve;
  - Grandine;
  - Umidità;
  - Rumori, vibrazioni;

- Agenti che causano prevalentemente degrado chimico:
  - Azione dei Sali (vicinanza del mare);
  - Inquinamento atmosferico e sostanze chimiche;
  - Nebbia;

- Agenti che causano prevalentemente degrado biologico:
  - Agenti biologici animali e vegetali.

Il *degrado fisico* è causato prevalentemente da agenti legati al microclima circostante l'edificio. Vento, pioggia e soleggiamento sono fattori principali che favoriscono o determinano il degrado dei materiali. In alcuni casi, questi contribuiscono ad aggravare i processi di degrado già in atto.

- L'*acqua meteorica* è dannosa perché è la principale fonte di fenomeni come infiltrazioni, dilavamento, umidità, fissaggio degli agenti inquinanti contenuti nell'atmosfera;
- Il *vento* esercita sollecitazioni meccaniche sulla superficie, sulle zone specifiche e sull'intera struttura; non è in grado di asportare parti di una roccia sana, ma solo materiale già disgregato, talvolta, può sollevare granuli duri e trasportarli a velocità anche elevate, fra questi il quarzo, presente in quasi tutti i suoli, è fra i minerali più duri e, se trasportato a lungo da forti raffiche, può consumare per abrasione le superfici esterne. Il vento può inoltre favorire l'evaporazione dell'acqua circolante nei muri creando disgregazioni di materia dovute alla cristallizzazione, dentro i pori, dei sali trasportati dall'acqua stessa.
- La *radiazione solare* comporta l'alterazione cromatica delle superfici, dilatazione termica dei materiali e la successiva erosione. Gli sbalzi termici, soprattutto se si ripetono senza interruzioni per un'intera stagione, possono provocare microfratturazioni di alcune parti lapidee, e particolarmente degli angoli. Ciò è dovuto al fatto che il calore causa, in tutti i materiali, una leggera dilatazione; nelle zone d'angolo, però, quando scende bruscamente la temperatura, viene dissipato con una velocità maggiore che altrove. Se ciò si ripete per anni tali microfratture possono essere tali da favorire la penetrazione dell'acqua e quindi da provocare il distacco delle porzioni di pietra corrispondenti alle zone più esposte alle differenze di temperatura. Se agiscono su rocce costituite da minerali con un diverso indice di dilatazione, nell'ambito dello stesso cristallo, gli sbalzi termici possono provocare un degrado differenziato. Ciò accade, ad esempio, nei marmi con venature grigie, dovute alla

presenza di grafite; una superficie di questo materiale può presentarsi disgregata nella parte bianca, ma con le venature grigie in rilievo. Ciò è dovuto al fatto che mentre i cristalli di calcite (che ha diversi indici di dilatazione) possono venire staccati dagli sbalzi termici, la grafite (caratterizzata invece da una dilatazione termica uguale in tutte e tre le direzioni dello spazio) è in grado di resistere di più. L'aspetto assunto in seguito alla disgregazione per sbalzi termici viene definito dai cavatori di Carrara 'marmo cotto'. I calcari a grana finissima resistono di più agli sbalzi termici a causa della minore differenza di dilatazione dei singoli cristalli.

- *Neve e grandine* danno luogo a fenomeni di gelività, ovvero di cicli di gelo e disgelo dell'acqua che possono causare sollecitazioni meccaniche o il ristagno di elementi inquinanti all'interno della struttura interna del materiale o ancora il rigonfiamento del materiale a causa dell'aumento di volume dell'acqua. (Nei climi caldo-umidi, gli edifici, di norma, sono più soggetti a degrado causato dall'azione del vento e del sole, mentre i danni da gelività sono più frequenti nelle zone continentali);
- Le *vibrazioni* a cui un edificio è soggetto possono derivare dalla vicinanza di stabilimenti industriali, stazioni ferroviarie, cantieri attivi nelle vicinanze, traffico stradale. Le vibrazioni si trasmettono per via aerea o attraverso il terreno e possono influire sulle sollecitazioni meccaniche a cui è soggetto l'edificio.

Il *degrado chimico* è causato prevalentemente dall'inquinamento atmosferico e dalla presenza di sostanze chimiche nell'aria. Tra questi ritroviamo:

- La vicinanza del mare è un fattore da non sottovalutare in quanto la presenza di sali e cloruri diffusi nell'ambiente marino, influiscono sull'azione corrosiva dei materiali;
- L'inquinamento atmosferico è dovuto alla presenza di particelle inquinanti nell'aria come l'anidride carbonica, l'anidride solforosa e solforica (prodotte dalle eruzioni vulcaniche), gli idrocarburi (conseguenti da combustioni), i nitrati (derivanti da decomposizioni organiche o da reazioni chimiche atmosferiche). L'anidride carbonica a contatto con l'acqua si trasforma in acido carbonico dando luogo a meccanismi di carbonatazione e di ossidazione. Gli idrocarburi incombusti sono tra i maggiori costituenti delle croste nere dei materiali a base calcarea. L'anidride solforica e solforosa si trovano nell'aria in percentuali ridotte, e possono essere assorbite dai materiali (marmo e materiale calcareo), o combinarsi con l'acqua o con ossigeno dell'atmosfera e formare l'acido solforoso e solforico che sono responsabili di processi di alterazione per solfatazione e ossidazione. Anche la presenza di polveri nell'aria influisce sul degrado dei materiali. Esse tendono a depositarsi in aree riparate, dando origine a «deposizione secca», tali depositi alterano lo stato cromatico della superficie e possono attivarsi chimicamente in presenza di acqua.
- La nebbia è dannosa per presenza di atmosfera inquinata.

Il *degrado biologico* è causato prevalentemente da agenti biologici (animali e vegetali) come la presenza, sulle facciate degli edifici, di alcune tipologie di piante come l'edera e altri rampicanti, queste tendono a scalzare la malta presente nei giunti e negli interstizi della muratura e a disintegrare l'intonaco degli inerti più teneri. L'aggressione da insetti, batteri e funghi, invece, è diffusa particolarmente nel materiale ligneo.

Condizioni antropiche

Le condizioni antropiche comprendono tutte le azioni effettuate dall'uomo sull'edificio in esame. Possono riguardare:

- Difetti di progettazione;
- Difetti di esecuzione;
- Interventi successivi errati;
- Mancata manutenzione;
- Utilizzo improprio e incuria.

Difetti di progettazione

Errori strutturali, distributivi o di scelta dei materiali, trovano la loro severa verifica nell'invecchiamento della struttura. Rappresentano una responsabilità progettuale molto grave ai fini della conservazione sia errori di carattere tecnologico e strutturale (come il sottodimensionamento della struttura resistente); la scelta di materiali inadeguati alla funzione o l'abbinamento di materiali non compatibili che può avvenire sin dalla fase di progettazione e non solo a causa di interventi successivi sull'edificio. Anche l'assenza o carenza dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche sui fronti edilizi (gronde, coperture aggettanti, ecc) provocano macroscopici danni per le infiltrazioni.

I difetti di progettazione possono agire sia come fattori di degrado diretti, provocando danni al fabbricato, sia indiretti, postulando successivi interventi di adeguamento, tali da alterare la consistenza originale del monumento. Un progetto carente nella sua impostazione di base genera molteplici tipi di cause intrinseche di degrado, agenti a scala diversa sul fabbricato.

Difetti di esecuzione

L'esecuzione dell'opera effettuata in maniera non appropriata può essere causa di degrado intrinseco dell'opera. I criteri capaci di garantire la buona riuscita e la lunga durata dell'opera riguardano la scelta del materiale - che deve risultare di qualità e consistenza opportune - e l'accuratezza realizzativa e la rispondenza con il progetto iniziale.

Interventi successivi errati

La nascita, il destino e la morte di un edificio sono connesse direttamente all'intervento umano, sia in modo attivo che passivamente. Sino a poco tempo fa, l'azione diretta dell'uomo determinava meccanismi di alterazione di natura prevalentemente meccanica, danni riconducibili ad un'attività speculativa e indifferente alla logica conservativa. Ora occorre includere tra i possibili fattori di degrado, anche quelli indotti dagli stessi lavori di restauro e manutenzione. Infatti, interventi recenti ed errati su edifici storici hanno provocato nuove forme di alterazione fisica, legati a processi di natura chimica, soprattutto a causa dell'incompatibilità dei materiali più moderni con quelli antichi. Le forme di incompatibilità più diffuse sono di due tipi: di tipo chimico e di tipo fisico-meccanico.

Incompatibilità di tipo chimico

Si parla di incompatibilità di tipo chimico quando determinate reazioni chimiche necessarie all'adesione della finitura al supporto non possono avvenire: l'impiego di materiali "nuovi" su supporti preesistenti possono innescare meccanismi incontrollabili, che genereranno nuovo degrado. Caso esemplare è la colatura di un supporto (intonaco) – trattato in precedenza con

pitturazioni polimeriche – con materiali tradizionali (tinta a calce): in tali condizioni l'adesione chimica tra intonaco e tinta, con formazione di legami stabili e duraturi, è resa impossibile dalla presenza della pellicola polimerica.

Incompatibilità di tipo fisico-meccanico
Si parla di incompatibilità di tipo fisico-meccanico quando non è rispettata la regola della crescente elasticità e porosità tra gli strati, dal più interno (meno elastico e meno poroso), al più esterno (che avrà elasticità e porosità uguale o maggiore agli strati più interni). In altri termini, si dovrebbe evitare di sovrapporre a strati preesistenti altri più rigidi dei sottostanti per evitare la comparsa di fessurazioni sullo strato più esterno. Esempio di incompatibilità di tipo fisico-meccanico è l'applicazione di una finitura cementizia su intonaco di calce aerea. Per evitare perdite di aderenza tra i vari strati, dunque, è opportuno graduarne in modo crescente (dal supporto verso la finitura esterna) i moduli elastici, le porosità e le resistenze meccaniche, oltre che il dosaggio complessivo dei leganti.

Mancata manutenzione
La creazione di danni a cose o persone dovuta alla manutenzione poco attenta, inadeguata o addirittura assente delle facciate degli edifici è purtroppo una costante dei fatti di cronaca degli ultimi anni. Spesso la mancanza di una manutenzione adeguata risulta essere frutto di una difficile distribuzione di responsabilità sulla gestione degli edifici - soprattutto per quelli antichi o quelli appartenenti al patrimonio dei beni culturali - altre volte insorgono problemi legati ai costi, talvolta onerosi, di tali interventi, altre volte sono semplicemente dovuti alla diffusione di una mentalità errata e superficiale sulla gestione degli edifici.

Utilizzo improprio e incuria
L'incuria e l'abbandono, due delle principali cause di degrado degli edifici antichi, sono da considerare come interventi umani «in negativo». Vandalismi, spoliazioni e furti che seguono all'abbandono del manufatto, contribuiscono all'impoverimento, strutturale e architettonico dell'edificio.

1.1.8. DEGRADAZIONI E ALTERAZIONI DEI MATERIALI LAPIDEI

La manifestazione del degrado nelle zone superficiali dei materiali è il primo fondamentale elemento da considerare per una corretta analisi degli edifici che, in alcuni casi fa comprendere al meglio la patologia presente, in altri rappresenta il campanello d'allarme di stati alterativi che diffondendosi danneggiano la struttura in profondità. Risulta indispensabile uno studio finalizzato a definire una terminologia comune di riferimento e, di conseguenza, ad agevolare il confronto tra le diverse ricerche in atto per facilitare l'analisi dei problemi degli interventi di restauro. A tal fine, in normativa sono già stati presentati dei codici che hanno lo scopo di unificare in termini scientifici le patologie a partire dalla descrizione del fenomeno che si presenta ad una analisi visiva (o macroscopica). Tra i vari tipi di classificazione dello stato di conservazione dei manufatti si ricordano i codici RILEM, UNI e NORMAL. Il lavoro di questi codici ha l'obiettivo di porre ordine nell'ambito eterogeneo e in continua evoluzione della ricerca sul degrado. Attualmente è in vigore il codice proposto dalla UNI 11182:2006 " Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni" che ha sostituito il vecchio

lessico NoRmal, e che verrà preso come punto di riferimento per questo lavoro di tesi. Si riporta in Tabella 1 l'elenco dei degradi proposto dalla norma UNI 11182:2006 attraverso una tabella costituita da diverse colonne che presentano:

- La terminologia delle alterazioni e delle degradazioni;
- La loro descrizione desunta dalla suddetta norma;
- Le principali cause dei fenomeni descritti.

Si precisa, inoltre, che la norma UNI 11182:2006 considera la seguente differenza di terminologia:

- per *"alterazione"* si intende una modificazione del materiale che non implica necessariamente un peggioramento delle sue caratteristiche sotto il profilo conservativo;
- per *"degradazione"* si intende una modificazione che implica sempre un peggioramento.

NOME	DESCRIZIONE	CAUSE
Alterazione cromatica	Variazione naturale, a carico dei componenti del materiale, dei parametri che definiscono il colore. È generalmente estesa a tutto il materiale interessato; nel caso l'alterazione si manifesti in modo localizzato è preferibile utilizzare il termine macchia.	- Biodeteriogeni; - Inquinanti atmosferici (es: deposito di polveri e fumo); - Radiazioni solari (es: pigmenti non resistenti alla luce solare); - Affioramento di macchie; - Assorbimento differenziato del supporto; - Emersione del pigmento in fase di decoesione e successivo dilavamento della superficie (nei sistemi a calce).
Alveolizzazione	Presenza di cavità di forma e dimensioni variabili, dette alveoli, spesso interconnesse e con distribuzione non uniforme.	- Movimento dell'acqua all'interno del substrato; - Azione disgregatrice esercitata dalla pressione di cristallizzazione dei sali all'interno dei pori del materiale lapideo; - Dilavamento; - Correnti eoliche, con conseguente rapida evaporazione delle superfici.
Colatura	Traccia ad andamento verticale. Frequentemente se ne riscontrano numerose ad andamento parallelo.	- Effetti di dilavamento prodotti dalle acque meteoriche battenti o di ruscellamento.
Colonizzazione biologica	Presenza riscontrabile macroscopicamente di micro e/o macrorganismi (alghe, funghi, licheni, muschi, piante superiori).	- Azione di microrganismi autotrofi; - Presenza di umidità o acqua; - Caratteristiche morfologiche del substrato (scabrosità, asperità, rientranze, ecc).
Crosta	Modificazione dello strato superficiale del materiale lapideo. Di spessore variabile, generalmente dura, la crosta è distinguibile dalle parti sottostanti per le caratteristiche morfologiche e spesso per il colore. Può distaccarsi anche spontaneamente dal substrato che, in genere, si presenta disgregato e/o polverulento.	- Azione di microrganismi e di inquinanti; - Ossidazione; - Circolazione d'aria scarsa o assente; - Residui della combustione di oli derivanti dal petrolio.
Deformazione	Variazione della sagoma o della forma che interessa l'intero spessore del materiale.	- Dilatazioni termiche da radiazioni solari.
Degradazione differenziale	Perdita di materiale dalla superficie che evidenzia l'eterogeneità della tessitura e della struttura. Nel caso degli intonaci può assumere una caratteristica forma "a rosetta".	- Ruscellamento delle acque meteoriche; - Azione meccanica e chimica da parte degli agenti atmosferici (deperimento di marmi e di gessi).
Deposito superficiale	Accumulo di materiali estranei di varia natura, quali polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile, generalmente scarsa coerenza e scarsa aderenza al materiale sottostante.	- Esposizione, scabrosità e deformazione della superficie; - Impiego di prodotti vernicianti; - Inquinanti atmosferici.

Disgregazione	Decoesione con caduta del materiale sotto forma di polvere o minutissimi frammenti. Talvolta viene utilizzato il termine polverizzazione.	- Biodeteriogeni; - Radici di piante superiori; - Infiltrazioni di acqua, risalita capillare; - Reazione tra i materiali edilizi e atmosfera; - Degrado di interfaccia tra laterizi e malte.
Distacco	Soluzione di continuità tra strati di un intonaco, sia tra loro che rispetto al substrato, che prelude, in genere, alla caduta degli strati stessi. Soluzione di continuità tra rivestimento ed impasto o tra due rivestimenti.	- Fenomeni di umidità ascendente; formazione di ghiaccio negli strati più superficiali; - Perdite localizzate degli impianti di smaltimento e/o di convogliamento delle acque; - Consistente presenza di formazioni saline; - Efflorescenze; - Soluzioni di continuità conseguenti alla presenza di fessurazioni e/o di lesioni strutturali; - Dilatazioni differenziali tra materiali di supporto e finitura; - Soluzioni di continuità conseguenti agli stress termici in prossimità dell'innesto di elementi metallici; - Impiego di prodotti vernicianti pellicolanti su supporti tradizionali; - Errori di posa in opera ed utilizzo di sabbie o malte poco idonee.
Efflorescenza	Formazione superficiale di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, generalmente di colore biancastro.	E'conseguente alla pressione di cristallizzazione dei sali. Tale fenomeno è accentuato da: - Umidità da risalita capillare, da condensazione, da perdite localizzate di impianti; - Ruscellamento delle acque meteoriche; - Presenza di solfati; - Azione del vento (che accelera l'evaporazione superficiale dell'acqua); - Sostanze aggiunte in trattamenti restaurativi (salificazioni di sodio cloruro, di potassio e di nitrato di calcio); - Degrado di interfaccia tra laterizi e malte (formazione di solfoalluminati di calcio e grandi cristalli).
Erosione	Asportazione di materiale dalla superficie che nella maggior parte dei casi si presenta compatta.	- Erosione meccanica da pioggia battente; - Erosione per abrasione degli strati corticali provocata da vento; - Aggressione chimica da inquinanti (es: prodotti ammoniacali); - Formazione di ghiaccio negli strati più superficiali.
Esfoliazione	Formazione di una o più porzioni laminari, di spessore molto ridotto e subparallele tra loro, dette sfoglie.	- Movimento dell'acqua all'interno del substrato; - Azione di microrganismi; - Applicazione di prodotti vernicianti pellicolanti su supporti tradizionali; - Nei laterizi, presenza di carbonato di calcio.
Fratturazione o fessurazione	Soluzione di continuità nel materiale che implica lo spostamento reciproco delle parti. Nel caso di fratturazione incompleta e senza frammentazione del manufatto si utilizza il termine cricca o, nel rivestimento vetroso, il termine cavillo.	- Cicli di gelo e disgelo; - Dissesto dell'apparato murario di supporto; - Incompatibilità di tipo fisico-meccanico tra supporto e finitura; - Dilatazioni differenziali tra materiali di supporto e finitura; - Degrado di interfaccia tra laterizi e malte (formazione di solfoalluminati di calcio e grandi cristalli); - Nei laterizi, presenza di carbonato di calcio.
Fronte di risalita	Limite di migrazione dell'acqua che si manifesta con la formazione di efflorescenze e/o perdita di materiale. È generalmente accompagnato da variazioni della saturazione del colore nella zona sottostante.	- Presenza di efflorescenze; - Assenza o quasi di ventilazione naturale; - Umidità del terreno e di risalita capillare.
Graffito vandalico	Apposizione indesiderata sulla superficie di vernici colorate.	
Incrostazione	Deposito stratiforme compatto e generalmente aderente al substrato. Si definisce concrezione quando il deposito è sviluppato preferenzialmente in una sola direzione non coincidente con la superficie lapidea e assume forma stalattitica o stalagmitica.	- Biodeteriogeni.

Lacuna	Perdita di continuità di superfici (parte di un intonaco e di un dipinto, porzione di impasto o di rivestimento ceramico, tessere di mosaico, ecc.).	- Acqua da dilavamento e conseguente ristagno.
Macchia	Variazione cromatica localizzata della superficie, correlata sia alla presenza di determinati componenti naturali del materiale (concentrazione di pirite nei marmi) sia alla presenza di materiali estranei (acqua, prodotti di ossidazione di materiali metallici, sostanze organiche, vernici, microrganismi per esempio).	- Biodeteriogeni; - Ossidazione di elementi metallici (ferro, rame); - Atti di vandalismo.
Mancanza	Perdita di elementi tridimensionali (braccio di una statua, ansa di un'anfora, brano di una decorazione a rilievo, ecc.).	- Fenomeni di umidità ascendente; - Perdite localizzate degli impianti di smaltimento e/o di convogliamento delle acque; - Consistente presenza di formazioni saline; - Soluzioni di continuità conseguenti agli stress termici in prossimità dell'innesto di elementi metallici; - Errori di posa in opera e l'utilizzo di sabbie o malte poco idonee.
Patina	Modificazione naturale della superficie non collegabile a fenomeni di degrado e percepibile come una variazione del colore originario del materiale.	- Inquinanti atmosferici (deposito di polveri e fumo); - Radiazioni solari; - Dilavamento.
Patina biologica	Strato sottile ed omogeneo, costituito prevalentemente da microrganismi, variabile per consistenza, colore e adesione al substrato.	- Azione di microrganismi autotrofi; - Presenza di umidità o acqua; - Caratteristiche morfologiche del substrato (scabrosità, asperità, rientranze, ecc).
Pellicola	Strato superficiale trasparente o semitrasparente di sostanze coerenti fra loro ed estranee al materiale lapideo (pellicola protettiva, pellicola con funzioni estetiche, pellicola ad ossalati, ecc.).	- Trattamento protettivo del materiale lapideo, a sua volta soggetto a degrado per ossidazione e contrazione in ragione delle sostanze impiegate.
Pitting	Formazione di fori ciechi, numerosi e ravvicinati. I fori hanno forma tendenzialmente emisferica con diametro massimo di pochi millimetri.	- Tale degrado interessa principalmente le pietre calcaree, in particolare i marmi.
Presenza di vegetazione	Presenza di individui erbacei, arbustivi o arborei.	- Accumuli di umidità; - Attacco di organismi autotrofi (batteri unicellulari, alghe, licheni, piante superiori).
Rigonfiamento	Sollevamento superficiale localizzato del materiale di forma e consistenza variabili.	- Dilatazioni differenziali tra materiali di supporto e finitura; - Formazione di ghiaccio negli strati più superficiali.
Scagliatura	Presenza di parti di forma irregolare, spessore consistente e non uniforme, dette scaglie, generalmente in corrispondenza di soluzioni di continuità del materiale originario.	- Esposizione agli agenti atmosferici; - Presenza di umidità nella muratura (cristallizzazione dei sali solubili).

Tabella 1 - Elenco delle degradazioni e alterazioni (UNI 11182:2006)

1.1.8.1. Classificazioni di alterazioni e degradazioni

Con l'intento di voler approfondire maggiormente lo studio delle forme di degrado e alterazioni riscontrabili sui materiali lapidei, bisogna considerare un aspetto fondamentale che molto spesso viene sottovalutato ovvero la stretta connessione esistente tra le varie degradazioni. Risulta evidente che spesso, anche dalle singole definizioni riportate nell'abaco, un meccanismo di degrado fa da innesco ad una serie di altri meccanismi di degrado, come se si potesse quasi definire un processo di degradazione costituito da fasi progressive di alterazione dei materiali. A tale scopo si possono evidenziare alcuni esempi:

- Fenomeni di *incrostazione* o formazione di *pellicole e croste*, così come il *rigonfiamento*, sono tutti fenomeni che creano uno strato superficiale di alterazione del materiale (o sollevamento superficiale del materiale) che può successivamente staccarsi dal substrato a cui aderisce e generare, quindi, fenomeni di *distacco, esfoliazione, mancanza, lacuna.*
- La *scagliatura* e il *distacco* dei rivestimenti, come per esempio intonaci o pellicole pittoriche, risultano essere le fasi iniziali di un processo di degradazione che poi porta alla *lacuna* o alla *mancanza*, che a loro volta possono causare infiltrazioni d'acqua nel materiale ormai privo di supporto o innescare altri fenomeni di degrado aggravati dal contatto tra materiale privo di supporto e agenti atmosferici.
- La *disgregazione* dei giunti di malta di allettamento nelle murature potrebbe essere la causa di possibili infiltrazioni di acqua negli elementi ad esso interconnessi o potrebbe provocare dislocazione e caduta degli elementi stessi.

Un'altra classificazione di tali degradazioni è stata effettuata dal vecchio lessico Normal che le ha divise in 5 gruppi a seconda dell'azione che essi esercitano sul materiale lapideo.

- Senza peggioramento delle condizioni: alterazione cromatica, macchia, patina.
- Perdita di materiale dalla superficie: erosione anche differenziale, pitting, alveolizzazione.
- Perdita della morfologia del manufatto: disgregazione – polverizzazione, esfoliazione, scagliatura, distacco, mancanza – lacuna.
- Deposizione e/o formazione di prodotti secondari: concrezione – incrostazione, deposito superficiale, crosta, efflorescenza, pellicola, patina biologica.
- Riduzione della resistenza meccanica: deformazione, rigonfiamento, fratturazione, colonizzazione biologica.

Risulta necessario, dunque, tener conto di tali aspetti soprattutto nel momento in cui si vuole attribuire un "peso" ad ogni degradazione sopra descritta in termini di "gravità" del fenomeno che si sta considerando rispetto agli altri. La stretta connessione e dipendenza tra un fenomeno e l'altro, infatti, potrebbe essere d'aiuto nel definire una scala di gravità dei vari meccanismi di degrado (graduata ad esempio su tre livelli), a partire dal fenomeno iniziale che fa da innesco agli altri, al fenomeno finale dell'intero processo di degradazione. Anche la classificazione prevista dal vecchio lessico Normal potrebbe essere d'aiuto nel definire una scala di gravità dei vari meccanismi di degrado in funzione dell'azione che essi esercitano sui materiali.

In letteratura sono proposti più criteri per distinguere le diverse patologie: alcuni propongono di separare le patologie caratterizzate da formazione o deposito di materiale estraneo da quelle che

asportano materiale dell'opera, oppure che non producono né addizione né sottrazione di materia [7]; altri differenziano i fenomeni non peggiorativi dal punto di vista fisico-chimico da quelli che comportano perdita di materiale o che modificano la morfologia del manufatto e, ancora da quelli che comportano la deposizione e/o la formazione di prodotti secondari o una riduzione della resistenza meccanica [8]; altri ancora distinguono in perdita di materiale, alterazione cromatica e deposito superficiale, distaccamenti, fessure e deformazioni [9] [10]. Tali criteri sono senza dubbio interessanti a livello teorico ma difficilmente applicabili alla concreta realtà delle patologie: infatti ad esempio la disgregazione, il distacco, l'erosione descrivono fenomeni di degradazione più o meno attivi con effettiva sottrazione di materiale, mentre la lacuna o la mancanza si riferiscono al risultato finale della sottrazione di materiale, ovvero alla perdita di materiale. Diversamente l'alterazione morfologica dell'opera determina, in effetti, anche una perdita di materiale e una conseguente riduzione della resistenza [11].

Dalla revisione e comparazione della letteratura scientifica [11] si è classificato il degrado del materiale lapideo come in Tabella 2.

Nessuna perdita di materiale	Perdita di materiale
Alterazione cromatica	Alveolizzazione
Colatura	Deformazione
Concrezione	Degradazione differenziale
Crosta	Disgregazione
Depositi superficiali	Distacco
Efflorescenza	Erosione
Graffito	Esfoliazione
Incrostazione	Fratturazione o fessurazione
Macchia	Fronte di risalita
Patina	Lacuna
Patina biologica	Mancanza
Pellicola	Polverizzazione
	Presenza di vegetazione
	Pitting
	Rigonfiamento
	Scagliatura

Tabella 2 - Classificazione del degrado dei materiali lapidei in base alla perdita o meno di materiale

Queste due macro-categorie sono state suddivise a sua volta in altre due sotto categorie che tengono conto della pericolosità di ciascun degrado di generare ulteriori degradi (Tabella 3).

Nessuna perdita di materiale		**Perdita di materiale**	
LIEVE	**MEDIO**	**GRAVE**	**GRAVISSIMO**
1	**2**	**3**	**4**
Alterazione cromatica	Patina biologica	Alveolizzazione	Deformazione
Colatura	Crosta	Degradazione differenziale	Distacco
Graffito	Depositi superficiali	Disgregazione	Esfoliazione
Macchia	Efflorescenza	Erosione	Rigonfiamento
Patina	Incrostazione	Fratturazione o fessurazione	Scagliatura
Pellicola	Concrezione	Presenza di vegetazione	
		Pitting	
		Polverizzazione	
		Fronte di risalita	
		Lacuna	
		Mancanza	

Tabella 3 - Grado di pericolosità dei vari degradi di generare altro degrado

I primi due livelli (lieve e medio) consistono in degradi che non comportano alcuna perdita di materiale. In particolare i degradi ricadenti nel livello "lieve" hanno necessità solo di azioni di pulizia (con acqua o aria a bassa pressione) per ripristinare il colore originale alterato dal tempo; i degradi ricadenti nel livello medio hanno una formazione di sottoprodotti dovute a reazioni chimiche che richiedono la rimozione con utensili specifici (ad esempio spugne e bisturi) che maggior tempo e cura nell'esecuzione. Gli ultimi due livelli (grave e gravissimo) consistono in degradi che comportano una perdita di materiale e quindi trattamenti di consolidamento nei casi di materiali distaccati ma recuperabili o reintegro nel caso di materiale mancante. In particolare i degradi che rientrano nel livello "grave" sono degradi che avvengono con una perdita di materiale nel tempo per lo più sotto forma di polvere ma che nel tempo possono generare ulteriori perdite senza un vero e proprio distacco di materiale di grossa pezzatura; nel livello "gravissimo" invece rientrano i degradi le cui caratteristiche comportano distacchi di materiali dal supporto anche di grandi dimensioni.

1.2. LA MANUTENZIONE DEI BENI CULTURALI [11]

1.2.1. DEFINIZIONE E EVOLUZIONE STORICA

Il tema della manutenzione è ampiamente affrontato nei principali testi specialistici con un excursus etimologico che attraversa le diverse epoche (Rinascimento, Illuminismo, Rivoluzione industriale ecc.) arricchendosi nel tempo di concetti sempre più evoluti in accordo con il progresso tecnologico.

Il termine manutenzione deriva dal latino medievale *manutentio -onis* che a sua volta deriva dalla locuzione *manu tenere*[4] che, in senso lato, significa conservare un bene con l'ausilio delle mani. La manutenzione rappresenta dunque una pratica effettuata dall'uomo sugli oggetti (edifici, impianti tecnologici, ecc.) per tentare di salvaguardare il suo stato di conservazione e funzionalità.

Nell'ambito dei beni culturali è una considerazione ormai ampiamente diffusa e condivisa che una manutenzione frequente sia in grado di contenere maggiormente l'avanzare dei fenomeni di degrado rispetto agli interventi di restauro che vengono eseguiti "a guasto avvenuto", e cioè quando parti di materia, di elementi tecnici e di testimonianze storiche sono oramai inevitabilmente andati perduti [12].

Diversi autori e documenti storici hanno disquisito sull'argomento. Il primo fra tutti fu John Ruskin (1819-1900) che nella sua celebre opera "Le sette lampade dell'architettura" [13] definì il restauro come *la più totale distruzione che un edificio possa subire*. Secondo Ruskin, quando la conservazione non era più attuabile per via del suo degrado incontenibile, il restauro creava una nuova realtà differente dall'opera originale.

Le parole di Ruskin hanno alimentato una riflessione sulla manutenzione nella conservazione del patrimonio culturale che è maturata nei secoli a seguire fino a formalizzarsi nelle diverse Carte del Restauro.

- Nella Carta del Restauro di Roma (1883), si afferma: *"i monumenti architettonici, quanto sia dimostrata incontestabilmente la necessità di provi mano, devono piuttosto venire consolidati che riparati, piuttosto riparati che restaurati, evitando in essi con ogni studio le aggiunte e le rinnovazioni"* [14].
- Nella Carta Italiana del Restauro (1932) si afferma che *"al di sopra di ogni altro intento debba la massima importanza attribuirsi alle cure assidue di manutenzione alle opere di consolidamento, volte a dare nuovamente al monumento, la resistenza e la durevolezza tolta dalle menomazioni o dalle disgregazioni"* [15].
- Nella Carta di Venezia (1964), l'art.4 sulla conservazione recita: *"la conservazione dei monumenti impone innanzitutto una manutenzione sistematica"*. A quest'ultima carta ha partecipato Cesare Brandi [16], che nella sua celebre opera Teoria del Restauro fa un ulteriore passo avanti parlando di restauro preventivo che risulta essere più necessario di quell'urgenza, perché permette di evitare il restauro, salvaguardando in tal modo l'integrità e l'originalità del bene [17].
- Nella Carta del Restauro di Roma del 1972, l'allegato b riguardo Istruzioni per la condotto dei restauri architettonici raccomanda: *"Premesso che le opere di manutenzione tempestivamente eseguite assicurano lunga vita ai monumenti, evitando l'aggravarsi dei danni, si raccomanda la maggiore cura possibile nella continua sorveglianza degli immobili per i provvedimenti di carattere preventivo, anche al fine di evitare interventi di maggiore ampiezza"* [18].

[4] Definizione Treccani: http://www.treccani.it/vocabolario/manutenzione/

- La Dichiarazione di Amsterdam (1975) [19], conosciuta come Carta Europea del Patrimonio Architettonico, amplia l'oggetto del monumento storico alle città e ai quartieri sottolineando la necessità di una manutenzione permanente del costruito. A questa Carta si ispira Giovanni Urbani [20] introducendo la conservazione programmata e analizzando i rischi naturali e antropici ai quali sono posti le opere d'arte.[5]
- Nella Carta di Cracovia (2000) si afferma che la manutenzione e riparazione sono una parte fondamentale del processo di conservazione del patrimonio. Queste operazioni devono essere organizzate tramite la ricerca sistematica, le ispezioni, il controllo, il monitoraggio e le prove. Il possibile degrado può essere previsto e descritto nonché sottoposto ad appropriate misure di prevenzione [21].

Dall'analisi delle varie Carte sul Restauro si evidenzia l'importanza della manutenzione come attività primaria della conservazione e dell'integrità dei manufatti. Nel tempo è emersa la necessità di far diventare la manutenzione un processo conservativo (anziché un'azione puntuale atta solo al ripristino del danno avvenuto) che si basa sulla ricerca sistematica, sulle ispezioni, sul monitoraggio. Un siffatto processo va progettato, programmato e condotto da personale adeguatamente qualificato.

1.2.2. IL QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

I maggiori autori contemporanei che trattano la definizione della manutenzione in ambito legislativo e operativo asseriscono che esistono non poche ambiguità sul significato di manutenzione. Gli approcci teorici e metodologici alla manutenzione differiscono in funzione del tipo di sistema edilizio (manutenzione industriale, edilizia, beni culturali, ecc.) [22]. In edilizia infatti, la manutenzione può prevedere la completa sostituzione o ristrutturazione del bene al termine del ciclo di vita o ad esaurimento della loro capacità di soddisfare requisiti richiesti (approccio prestazionale - esigenziale[6]).

A livello normativo, il concetto di manutenzione è stato introdotto dalla legge 5 agosto 1978, n. 457, *Norme per l'edilizia residenziale*, e successivamente ripreso dal d.p.r. 6 giugno 2001, n. 380, *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*. In questa sede si sono definiti i concetti di manutenzione ordinaria e straordinaria che per anni hanno condizionato e limitato i principi concettuali, strategici e operativi della manutenzione. Le specifiche terminologie hanno delineato infatti una serie di operazioni atte solamente alla correzione dei malfunzionamenti tralasciando la dimensione della previsione e prevenzione cui fa riferimento una programmazione degli interventi di manutenzione [23].

Nel quadro di riferimento dei lavori pubblici, la legge dell'11 Febbraio 1994, n. 109 Legge quadro in materia di lavori pubblici (nota come Legge Merloni) e il successivo Regolamento di attuazione (DPR 554/99) riconosce un ruolo determinante alla manutenzione con importanti riferimenti anche al patrimonio culturale, senza però approfondire l'argomento. In questo contesto Art. 212, c.4 definisce la manutenzione per il patrimonio culturale come una serie di operazioni tecniche

[5] Il concetto di conservazione programmata era stato già introdotto da Cesare Brandi con il restauro preventivo ma a Giovanni Urbani se ne devono le prime applicazioni. Egli immaginava la manutenzione come una serie programmata di interventi da pianificare e da attivare, partendo dal rilevamento generale dei fattori di rischio, coinvolgendo il contesto e indagandone le possibili influenze sul manufatto.

[6] L'approccio esigenziale - prestazionale si caratterizza nella definizione di un metodo scientifico che, a partire da una rigorosa analisi delle attività connesse alle singole funzioni da insediare, in grado di dare efficaci risposte alle esigenze dell'utente/committente, e dei comportamenti o potenzialità offerti da un edificio o da sue parti, consente di dotarsi di elementi di giustificazione razionale delle scelte progettuali nelle quali viene articolato il processo decisionale complessivo". Questa definizione è tratta da [15].

specialistiche periodicamente ripetibili, volte a mantenere i caratteri storico-artistici, la materialità e la funzionalità del manufatto garantendone la conservazione.
Inoltre, per la prima volta l'art. 16, comma 5 della stessa legge introduce per la prima volta il Piano di Manutenzione definendolo come il *documento complementare al progetto esecutivo, che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico*. I suoi contenuti furono definiti nel Regolamento di attuazione, articolando il piano in: manuale tecnico, programma di manutenzione e manuale per l'utente[7].
Dalla legge emergono però dei limiti: la redazione del piano di manutenzione riguarda solo interventi progettati e non si estende all'intero manufatto e all'obbligo di redazione del piano non fa seguito un obbligo dello sviluppo della attività pianificate, divenendo così una formalità burocratica.
La non obbligatorietà della redazione del Piano di Manutenzione risulta critico nel settore dei beni culturali, dove il mantenimento dei caratteri storico-artistici, della materialità e della funzionalità del manufatto e la garanzia della conservazione richiedono la predisposizione di piani di manutenzione che affrontino in modo sistemico la globalità dell'opera [1]. Solo un approccio manutentivo/conservativo, che coinvolga il bene architettonico nella sua globalità funzionale e nella sua dinamica realtà temporale, può dare un'effettiva garanzia della sua conservazione. Infatti, a questo riguardo, si deve osservare pregiudizialmente come la conservazione di una parte è spesso influenzata dallo stato di conservazione delle altre.
I contenuti del DPR 554/99 "Regolamento di attuazione della legge 109/94" sono stati successivamente confermati dal DPR 5 ottobre 2010 n.207 Regolamento d'attuazione del D.Lgs. 163/2006 e dal cogente D.Lgs. 50/2016.
Nell'ambito dei beni culturali, una svolta si è avuta con l'introduzione del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio del Decreto Legge 22 gennaio 2004 n.43 in cui la manutenzione viene definita come *il complesso delle attività e degli interventi destinati al controllo delle condizioni del bene culturale e al mantenimento dell'integrità, dell'efficienza funzionale e dell'identità del bene e delle sue parti (at.29, c.3).* In questo contesto si legano i concetti di manutenzione e conservazione precisando *che la conservazione del patrimonio culturale è possibile attraverso una coerente, coordinata e programmata attività di studio, prevenzione, manutenzione e restauro.* Si dichiara così che la manutenzione non si effettua solo con interventi diretti sul bene ma anche con attività di studio, di raccolta e di gestione delle informazioni nonché di controllo delle condizioni del Bene Culturale. A questa riguarda si rende necessario codificare una procedura ispettiva che preveda l'osservazione, la valutazione e la registrazione dello stato di degrado [22].
In questa visione dunque la manutenzione smette di essere una routine eseguita da personale tecnicamente poco competente per diventare un'azione di "controllo delle condizioni", valutata e registrata da parte di personale tecnico esperto. Naturalmente la manutenzione sui beni culturali non significa l'assenza di intervento che comporterebbe a lungo andare una distruzione del bene ma implica diversi gradi di intensità dell'azione manutentiva che deve essere programmata e controllata.

[7] Il manuale tecnico si configura come uno strumento di raccolta dei dati e delle informazioni necessarie all'elaborazione del programma di conservazione e al successivo controllo delle operazioni eseguite e da eseguire. Il programma contiene le indicazioni sulle modalità e la tempistica dei controlli da eseguire per assicurare che le riparazioni avvengano in tempo utile per minimizzare i danni. Gli interventi, sia come descrizione sia come procedure operative, troveranno poi le loro collocazioni precise a seconda delle caratteristiche: gli interventi specialistici differiti saranno descritti nel manuale tecnico, le operazioni di profilassi eseguibili dall'utente verranno inserite, nei modi opportuni, anche nel manuale d'uso, che contiene tutte le norme che l'utente dove seguire per un uso il meno lesivo possibile dell'edificio, nonché le nozioni utili per trasformare l'utente stesso in attento controllore della fabbrica.

1.2.3. LE STRATEGIE DI MANUTENZIONE

In Italia, la manutenzione edilizia rientra nella quarta fase di gestione del processo edilizio[8] ed è stata regolata per la prima volta con la Legge 457 del 1978, Norme per l'edilizi residenziale, il cui art. 31 distingueva cinque categorie d'intervento:

1. *Interventi di manutenzione ordinaria:* riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti.
2. *Interventi di manutenzione straordinaria:* e opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino i volumi e le superfici delle singole unità immobiliari e non comportino modifiche delle destinazioni di uso.
3. *Interventi di restauro e risanamento conservativo*: volti a conservare l'organismo edilizio e ad assicurarne la funzionalità mediante un insieme sistematico di opere che, nel rispetto degli elementi tipologici, formali e strutturali dell'organismo stesso, ne consentano destinazioni d'uso con essi compatibili.
4. *Interventi di ristrutturazione edilizia:* volti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente. Tali interventi comprendono il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi dell'edificio, la eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti.
5. *Interventi di ristrutturazione urbanistica:* volti a sostituire l'esistente tessuto urbanistico edilizio con altro diverso, mediante un insieme sistematico di interventi edilizi anche con la modificazione del disegno dei lotti, degli isolati e della rete stradale.

Le definizioni di manutenzione ordinaria e manutenzione straordinaria contenute nella Legge 457/78 *hanno condizionato e limitato per lungo tempo i principi concettuali, strategici e operativi della manutenzione. Le specifiche terminologie e le relative interpretazioni che ne sono derivate, molto semplificate, riduttive e controverse, infatti, hanno delineato una serie di opere tese alla correzione di situazioni di malfunzionamento o degrado già verificatesi, senza considerare la dimensione della previsione e della prevenzione, cui corrisponde una programmazione degli interventi manutentivi, indipendente dal verificarsi di situazioni di emergenza o guasto* [23].
Questa suddivisione di carattere generale prende le mosse soprattutto in ambito industriale che identifica con "manutenzione ordinaria" e "manutenzione straordinaria" modalità diverse di pianificazione (budget) e controllo dei costi, pur non individuando in tal modo una precisa politica manutentiva. La norma UNI 11063:2017 "Manutenzione - Definizione di manutenzione ordinaria e straordinaria" si premura quindi di fornire delle precise definizioni a questi termini, usati sovente in accezione assai generale, allo scopo di uniformare la gestione dei costi e delle risorse utilizzate

[8] Secondo la definizione della norma UNI 10838:1999 [39] il processo edilizio è una "sequenza organizzata di fasi che portano dal rilevamento delle esigenze della committenza - utenza di un bene edilizio al loro soddisfacimento attraverso la progettazione, la produzione, la costruzione e la gestione del bene stesso. Il processo edilizio si può riferire ad interventi di nuova costruzione o a interventi sul costruito. a) Il processo edilizio per interventi di nuova costruzione riguarda la realizzazione di beni edilizi non ancora esistenti e consiste nella sequenza organizzata di fasi che portano dal rilevamento delle esigenze della committenza - utenza al loro soddisfacimento attraverso la progettazione, la produzione, la costruzione di un nuovo bene e la sua gestione necessaria per la conservazione della sua qualità. b) Il processo edilizio per interventi sul costruito riguarda la realizzazione di trasformazione di beni edilizi già esistenti e consiste nella sequenza organizzata di fasi che portano dal rilevamento delle esigenze della committenza - utenza al loro soddisfacimento attraverso il rilievo delle prestazioni e dei valori di un bene esistente, la progettazione e la trasformazione (demolizione, costruzione, ricostruzione) per la qualificazione o il recupero del bene stesso e la gestione del bene rinnovato per la conservazione della sua nuova qualità"

nella manutenzione con le diverse modalità che è possibile stabilire sul piano organizzativo ed operativo.
Le definizioni della Legge 457/78 sono fondate sull'oggetto dell'attività di recupero, ovvero sulle parti dell'edificio su cui è necessario intervenire. Altre norme si basano invece su criteri di classificazione fondate sulle strategie che il tecnico o il gestore adopera nei riguardi del patrimonio edilizio esistente. Un esempio è la norma UNI 10147: 2013 "Manutenzione - Termini aggiuntivi alla UNI EN 13306 e definizioni" secondo cui la manutenzione è una combinazione di tutte le attività tecniche e amministrative incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui si possa eseguire la funzione richiesta[9].
La norma UNI 10147:2013 distingue gli interventi manutentivi in tre marco-categorie (Tabella 4).

TIPI DI MANUTENZIONE	Manutenzione correttiva	Manutenzione a guasto avvenuto
		Manutenzione di emergenza o accidentale
	Manutenzione preventiva	Manutenzione ciclica o di soglia
		Manutenzione predittiva
		Manutenzione secondo condizione
		Manutenzione di opportunità
	Manutenzione migliorativa	

Tabella 4 - Categorie manutentive secondo le indicazioni UNI 10147:2013

La *manutenzione correttiva* (corrective or breakdown maintenance) e la manutenzione preventiva (preventive maintenance) rientrano negli interventi di ripristino delle prestazioni dell'organismo edilizio per tentare di riportarle quanto più possibile allo stato iniziale. La manutenzione migliorativa (improvements and modifications) invece secondo la norma UNI 10147:2013 è l'insieme di azioni di miglioramento o piccola modifica che non incrementano il valore patrimoniale del bene e che vengono svolte per esigenze dell'utilizzatore o del manutentore.
La *manutenzione correttiva* che comprende interventi eseguiti solo dopo che è avvenuto l'evento dannoso si distingue in manutenzione a guasto avvenuto e manutenzione di emergenza o accidentale.

- La manutenzione a guasto avvenuto è la modalità di intervento che non tiene conto di nessun programma e che ancora ad oggi è purtroppo la più utilizzata. Tale tipo di manutenzione potrebbe apparire inopportuno, invece potrebbe essere utile nella stesura dei piani di manutenzione allorquando non si ha possibilità di programmare alcuni interventi. Infatti non è sempre detto che questa pratica sia sconveniente. La convenienza cambia in funzione del tipo di guasto o e dal rischio cui si incorre e quasi sempre viene attuata quando si tratta di riparare gli effetti di eventi accidentali. Ovviamente questo tipo di manutenzione non risulta assolutamente conveniente quando si tratta di un elemento che ha necessitò di manutenzioni frequenti. Dal punto di vista economico, la manutenzione a guasto deve sempre rientrare nei budget disponibili, per cui è necessario tenere un fondo riservato per tali evenienze.

[9] A sua volta tale norma UNI prende spunto dalle normative britanniche BS 3811-1964 che definisce la manutenzione come il complesso di operazioni finalizzate a mantenere, ripristinare, migliorare o ricondurre in servizio ciascuna parte dell'edificio e dei suoi impianti, al livello di qualità correntemente accettato, e preservare il valore dell'edificio stesso.

- La manutenzione di emergenza o accidentale è svolta quando si ha l'impossibilità di prevedere il guasto quando si manifesta per casi fortuiti, per una variazione del contesto, per eventi calamitosi naturali o vandalici.

La *manutenzione preventiva* che comprende interventi effettuati preventivamente, cioè prima che si possa generare l'evento dannoso, si distinguono in manutenzione ciclica o di soglia, manutenzione predittiva, manutenzione secondo condizione e manutenzione di opportunità.

- La *manutenzione ciclica o di soglia* è una manutenzione periodica in base a cicli di utilizzo predeterminati (UNI 10147:2013). Le attività sono programmate secondo delle scadenze fisse determinate sulla base di dati storici e sperimentali, connessi alla conoscenza della durabilità e dei cicli di vita dei componenti. Tale procedura può essere praticata per età costante o per livelli costanti e mira a prevenire i guasti dovuti all'invecchiamento o all'usura. Nei piani di manutenzione in questo caso vengono definite le frequenze e le modalità di esecuzione degli interventi, da quelli parziali a quelli totali fino alla completa sostituzione. Ovviamente, nei casi dei beni culturali, è logico che la completa sostituzione non è un intervento da contemplare in quanto si andrebbe contro ogni principio di conservazione dei beni storici-culturali.
- La *manutenzione predittiva* è effettuata a seguito dell'individuazione e della misurazione di una o più parametri e dall'estrapolazione secondo i modelli appropriati del tempo residuo prima del guasto (UNI EN 13306:2018). Si basa quindi sulla possibilità di riconoscere una anomalia in stato di avanzamento attraverso la scoperta e l'interpretazione di segnali deboli premonitori del guasto. Una volta riconosciuto il segnale mediante tecniche di ispezioni continue o periodiche, questo viene migliorato mediante tecniche programmate). Contrariamente alla manutenzione preventiva l'idea di base della predittiva si fonda su un controllo dello stato delle apparecchiature tale da non interrompe segnalarne anticipatamente e in modo continuo il progressivo degrado.
- La *manutenzione secondo condizione* (insieme a quella predittiva) è realizzata quando è possibile misurare prefissati parametri e stabilire se il loro valore ricada entro ben definiti limiti di sicurezza. Secondo la UNI EN 13306:2018 include una combinazione di monitoraggio delle condizioni e/o ispezione e/o prove, analisi e le azioni di manutenzione che ne conseguono. La manutenzione preventiva su condizione viene attuata quando si conoscono le condizioni di stato o di funzionamento dei componenti caratterizzati da un deterioramento graduale. Nei piani di manutenzione è necessario che vi siano delle frequenze di controlli che monitorizzino lo stato delle condizioni degli interventi ed evitare degli interventi di manutenzione a guasto.
- La *manutenzione di opportunità* in realtà è una pratica che può avvenire sia nella manutenzione a guasto che nella manutenzione preventiva. Questa manutenzione si verifica quando sussistono circostanze in cui vi è l'occasione di intervento. Ad esempio può essere utile quando vi è la necessità di effettuare uno o più interventi di emergenza o a guasto, cui possono essere abbinati interventi di manutenzione, anche preventiva, su altri componenti più o meno collegati con quelli sui quali si è manifestato un degrado. La convenienza può sussistere in funzione del grado prestazionale del componente. Infatti sarà tanto più conveniente quanto più i componenti si trovano in uno stato di degrado avanzato e prossimi al guasto. Inoltre, sarà conveniente anche in funzione della reciproca compatibilità

degli interventi e quindi la possibilità di ottimizzare costi sui mezzi d'opera e sulle risorse umane e sulle sovrapposizioni temporali nell'esecuzione dei lavori al fine di ridurre i tempi di non funzionamento o di cantierizzazione.

Va inoltre specificato che la manutenzione è divenuta, innanzitutto, un servizio. Esso presuppone un approccio globale perché le attività manutentive rispondono tanto alle esigenze degli utenti-fruitori che al comportamento degli elementi tecnici di un edificio rispetto agli agenti ambientali e al loro ciclo di vita, si attua attraverso la programmazione delle attività secondo una logica che tende alla razionalizzazione nell'esecuzione degli interventi (nell'individuazione delle competenze, nel controllo dei tempi e dei costi, nell'organizzazione delle risorse) e nella raccolta e gestione delle informazioni di ritorno al fine di testare l'affidabilità e la durabilità degli interventi eseguiti [24].

1.2.4. I PIANI DI MANUTENZIONE

Il piano di manutenzione è uno strumento fondamentale per organizzare gli interventi nell'ambito dei servizi integrati di gestione tecnica degli edifici. Come indicato dalla norma UNI 11257:2007, "Manutenzione - Terminologia di manutenzione", il Piano di Manutenzione consiste in un elenco di interventi, organizzati secondo opportune strategie di manutenzione. A partire dal DPR 554/99 esso è un documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma le attività di manutenzione dei beni al fine di garantire nel tempo le funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza e il valore economico.
Il piano di manutenzione è costituito da:

- Manuale d'Uso;
- Manuale di manutenzione;
- Programma di manutenzione a sua volta composto dai sottoprogrammi delle prestazioni, dei controlli e degli interventi.

1.2.4.1. Il manuale d'uso

Il manuale d'uso è il primo documento indirizzato ai fruitori del bene e contiene le informazioni relative all'uso corretto delle componenti del bene e degli impianti tecnologici. Contiene l'insieme delle informazioni utili all'utente per conoscere la corretta fruizione del bene nonché tutto ciò che occorre per limitare i danni da uso improprio, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche, per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici. Questo documento introduce il concetto di parti del bene in riferimento alle unità tecnologiche. La legislazione lascia libero il progettista di scomporre l'edificio nelle sue parti più importanti. Il manuale d'uso contiene:

- La collocazione nell'intervento delle parti;
- La rappresentazione grafica;
- La descrizione e le modalità di uso corretto.

1.2.4.2. Il manuale di manutenzione

Il Manuale di Manutenzione è il secondo documento del Piano con carattere maggiormente tecnico poiché fornisce informazioni sulle attività di manutenzione indicando le risorse necessarie tra cui

materiali, attrezzature e manodopera occorrenti alle varie lavorazioni e alle diverse attività di ispezione e controllo. Si indicano inoltre le prestazioni minime richieste per ogni componente.
Il Manuale di Manutenzione ripropone quanto riporta il Manuale d'Uso e aggiunge le seguenti informazioni:

- Descrizione delle risorse necessarie: materiali, attrezzature e manodopera occorrenti alle varie lavorazioni e alle fasi di ispezione e controllo;
- Indicazione del livello minimo di prestazione;
- I segnali e le manifestazioni indicativi di eventuali anomali;
- Manutenzioni distinte tra quelle effettuabili dall'utente e quelli effettuabili solo da personale specializzato.

1.2.4.3. Il programma di manutenzione

Il programma di manutenzione rappresenta lo scadenzario dove sono riportati le frequenze di controlli, ispezioni e interventi da effettuare su ciascun componente. Esso si divide in:

- Sottoprogramma delle prestazioni che individua per classe di requisiti le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
- Sottoprogramma dei controlli che definisce le cadenze temporali con cui eseguire la misura delle prestazioni e mediante le quali è possibile definire la legge di riduzione nel tempo della prestazione oggetto di controllo;
- Sottoprogramma degli interventi che riporta le cadenze temporali con cui effettuare gli interventi di manutenzione al fine ovviamente di garantire nel tempo la qualità edilizia.

La stesura del piano di manutenzione segue i criteri della norma UNI 11257:2007, "Criteri per la stesura del piano e del programma di manutenzione dei beni edilizi". Si tratta di linee guida redatte dalle Commissioni Tecniche UNI Manutenzione e Prodotti, processi e sistemi per l'organismo edilizio. Tale norma ha lo scopo di uniformare i Piani di Manutenzione degli edifici di qualunque destinazione d'uso, esistenti e di progetto, a sistemi impiantistici ed elementi tecnici.

1.2.5. ISPEZIONE E MONITORAGGIO DELLE INFRASTRUTTURE CIVILI BASATE SULLA VISIONE ARTIFICIALE

Tecniche di visione computerizzata, in combinazione con l'acquisizione tramite telecamere e veicoli aerei senza pilota (UAV), offrono promettenti soluzioni, da remoto, nella valutazione delle condizioni delle infrastrutture civili. L'obiettivo finale di tale sistema è convertire automaticamente e in modo affidabile i dati provenienti da immagini o video in informazioni fruibili. In questo paragrafo viene fornita una panoramica dei recenti progressi nelle tecniche di visione artificiale applicate al problema della valutazione delle condizioni delle infrastrutture civili. In particolare, vengono presentate ricerche nei settori della visione artificiale, dell'apprendimento automatico e loro applicazioni nel settore dell'ingegneria strutturale [25]. Un interessante articolo sull'argomento, di cui se ne propone una sintesi, è "Advances in Computer Vision-Based Civil Infrastructure Inspection and Monitoring" di Billie F.S., Vedhus H. e Yasutaka N. [25]. Prima però di affrontare l'argomento è doverosa fare alcune premesse sull'intelligenza artificiale alla base della forte automazione dei processi di ispezione e monitoraggio.

1.2.5.1. L'intelligenza artificiale e la visione computerizzata

L'intelligenza artificiale (IA) è una scienza che ha come obbiettivo quello di permettere alle macchine di ragionare, di svolgere mansioni intelligenti e risolvere problemi. L'AI prevede l'utilizzo di diversi metodi, alcuni basati sulla logica, altri di analisi del linguaggio naturale, computing vision e così via. Il più importante e vivace ramo dell'AI in questo momento storico è sicuramente quello del Machine Learning. In italiano dovremmo tradurre Machine Learning come apprendimento automatico inteso come abilità delle macchine di apprendere senza essere state esplicitamente e preventivamente programmate. A coniare per primo il termine fu Arthur Lee Samuel, scienziato americano pioniere nel campo dell'Intelligenza Artificiale, nel 1959 anche se, a oggi, la definizione più accreditata dalla comunità scientifica è quella fornita da un altro americano, Tom Michael Mitchell, direttore del dipartimento Machine Learning della Carnegie Mellon University: «si dice che un programma apprende dall'esperienza E con riferimento ad alcune classi di compiti T e con misurazione della performance P, se le sue performance nel compito T, come misurato da P, migliorano con l'esperienza E». Detta in parole più semplici: il Machine Learning permette ai computer d'imparare dall'esperienza - da intendersi non nell'accezione "umana" ma pur sempre riferito a un programma informatico; c'è apprendimento – esperienza - quando le prestazioni del programma migliorano dopo lo svolgimento di un compito o il completamento di un'azione - anche errata, partendo dall'assunto che anche per l'uomo vale il principio "sbagliando si impara". Guardano il Machine Learning da una prospettiva informatica, anziché scrivere il codice di programmazione attraverso il quale, passo dopo passo, si "dice" alla macchina cosa fare, al programma vengono forniti "solo" dei set di dati che vengono elaborati attraverso algoritmi sviluppando una propria logica per svolgere la funzione, l'attività, il compito richiesti (per esempio imparare a riconoscere un'immagine). Ci sono altre sottocategorie di Machine Learning che in realtà servono a darne una sorta di classificazione "pratica" perché, di fatto, identificano degli approcci pratici di applicazione degli algoritmi di Machine Learning (da cui si possono quindi derivare delle categorie di "apprendimento" dei sistemi). Parliamo per esempio dei cosiddetti "alberi delle decisioni" basati su grafi attraverso i quali si sviluppano modelli predittivi grazie ai quali è possibile scoprire le conseguenze (output) di determinate decisioni (input). Altro esempio concreto viene dal "clustering" ossia dai modelli matematici che consentono di raggruppare dati, informazioni, oggetti, ecc. "simili"; si tratta di una applicazione pratica del Machine Learning dietro al quale esistono modelli di apprendimento differenti che vanno dall'identificazione delle strutture (cosa definisce un cluster e qual è la sua natura) al riconoscimento degli "oggetti" che devono far parte di un gruppo piuttosto che di un altro. C'è poi la sottocategoria dei "modelli probabilistici" che basano il processo di apprendimento del sistema sul calcolo delle probabilità (il più noto è forse la "rete di Bayes", un modello probabilistico che rappresenta in un grafo l'insieme delle variabili casuali e le relative dipendenze condizionali). Infine, ci sono le notissime reti neurali artificiali che utilizzano per l'apprendimento certi algoritmi ispirati alla struttura, al funzionamento e alle connessioni delle reti neurali biologiche (cioè quelle dell'essere umano). Nel caso delle reti neurali cosiddette multi-strato si entra poi nel campo del Deep Learning (apprendimento profondo). Il Deep Learning è una tecnica del Machine Learning con lo stesso obiettivo ma che agisce in maniera più profonda. Come definizione possiamo dire che il Deep Learning è una tecnica che fa parte del Machine Learning e che insegna ai computer a imparare tramite un esempio, con l'utilizzo di sistemi di calcolo, ovvero le reti neurali. Le reti neurali sono dei modelli matematici che simulano i processi del cervello umano e permettono alla macchina d'imparare più in fretta, sistemando i dati raccolti

in modo gerarchico e organizzandoli in livelli crescenti di astrazione. Attività che normalmente faceva esclusivamente il cervello umano. Il Deep Learning viene utilizzato per tantissimi scopi e in moltissimi software, ad esempio permette agli smartphone e ai sistemi di domotica di riconoscere la voce umana; fa si che un'automobile con guida automatica riesca a individuare cartelli stradali e agire di conseguenza; in campo industriale consente alle macchine di rilevare automaticamente la presenza di persone e oggetti e di bloccarsi quando si trovano a una distanza non sicura [26].

La *visione computerizzata* è un campo di ricerca interdisciplinare, il cui scopo è quello di sviluppare algoritmi in grado di ottenere in maniera autonoma una comprensione delle immagini pari, o superiore, a quella degli esseri umani. Tale "comprensione" è determinata dal capire, a partire dalla visualizzazione di una immagine, quali oggetti essa contiene e in quale posizione si trovano nell'immagine; quali sono le proprietà degli oggetti in essa contenuta e quali sono le relazioni e i legami tra tali oggetti; e così via [27].

Le prime applicazioni dei metodi di visione digitale sono state fatte negli anni '60 e hanno cercato di ottenere informazioni sulla forma degli oggetti [28]. I metodi di visione digitale hanno iniziato a riscuotere un certo interesse con il riconoscimento ottico dei caratteri (OCR), in quanto le lettere e le cifre, di qualsiasi carattere, dovevano essere riconosciuti ai fini di una maggiore automazione nel servizio postale degli Stati Uniti. Si è poi affrontato il problema del riconoscimento delle targhe [29] e del riconoscimento facciale [30]. Altri problemi di rilevamento di oggetti, come il rilevamento dei pedoni e il rilevamento delle auto, hanno iniziato a mostrare miglioramenti significativi negli ultimi anni [31], motivato dall'aumento della domanda di sorveglianza e monitoraggio del traffico. Le tecniche di visione artificiale sono state utilizzate anche nelle trasmissioni sportive per applicazioni come il tracciamento della palla e i replay virtuali [32].
I recenti progressi nelle tecniche di visione artificiale sono stati in gran parte alimentati dall'utilizzo di reti neurali artificiali [33]. Con questi progressi, le tecniche di visione artificiale sono state utilizzate per realizzare un'ampia varietà di applicazioni all'avanguardia. Ad esempio, le tecniche di visione artificiale sono attualmente utilizzate nelle auto a guida autonoma [34] per identificare e reagire ai potenziali rischi incontrati durante la guida. Algoritmi accurati di riconoscimento facciale abilitano i social media [35] e sono utilizzati anche nella sorveglianza [36]. Altre applicazioni di successo includono la mappatura urbana automatizzata [37] e l'imaging medico avanzato [38]. I miglioramenti significativi e le applicazioni di successo delle tecniche di visione artificiale in molti settori forniscono una motivazione crescente agli studiosi per sviluppare soluzioni di visione artificiale ai problemi d'ingegneria civile. In effetti, l'uso della visione artificiale è un passo naturale verso un migliore monitoraggio e ispezione delle infrastrutture civili. Le seguenti sezioni descrivono gli sforzi di ricerca per adattare e sviluppare ulteriormente le tecniche di visione artificiale per l'ispezione e il monitoraggio delle infrastrutture civili.

1.2.5.2. Applicazioni della visione artificiale nelle ispezioni

Nell'ispezione i ricercatori [25] prevedono un'applicazione della visone artificiale articolata in due fasi principali:

1. Utilizzo degli UAV per l'acquisizione automatizzata da remota dei dati;
2. Elaborazione e controllo dei dati mediante tecniche di visione artificiale.

Gli UAV intelligenti non fanno più parte del futuro e la rapida crescita nel settore dei droni negli ultimi anni ha reso gli UAV un'opzione praticabile per l'acquisizione dei dati [39]. Gli attuali usi si concentrano principalmente sulla realizzazione di fotografie e video che vengono utilizzati per valutazioni in loco o successivamente per ispezioni virtuali. La capacità di convertire automaticamente e in modo affidabile immagini o dati video in informazioni fruibili è ancora difficile. Nel seguito del seguente paragrafo sarà trattato proprio questo aspetto e nello specifico il rilevamento automatico dei danni, il riconoscimento di parti strutturali e infine di come i due aspetti possano essere integrati.

Rilevamento dei danni

Il rilevamento automatico dei danni è un componente cruciale di qualsiasi sistema d'ispezione automatizzato o semiautomatizzato. Se si considera il rapporto tra i pixel che rappresentano i danni e quelli che rappresentano la parte non danneggiata ci si rende conto della complessità della cosa. Questo problema è ulteriormente complicato dalla presenza di caratteristiche simili al danno (DP)[10] (ad esempio, bordi scuri come un solco possono essere scambiati per una crepa). Gli approcci sono di tre tipi:

- metodi euristici;
- deep learning;
- rilevamento dei cambiamenti.

I *metodi euristici* funzionano applicando una soglia o un classificatore di apprendimento automatico all'uscita di un filtro per il tipo di danno (DT[11]) specifico d'interesse. Questi metodi vengono utilizzati per individuare:

- Crepe nel calcestruzzo (Figura 2) - (ad esempio, Rif. [40]);
- Spalling del calcestruzzo (ad esempio, Rif. [41]);
- Crepe da fatica nell'acciaio (ad esempio, Rif. [42]);
- Corrosione dell'acciaio (ad esempio, Rif. [43]);
- Difetti dell'asfalto (ad esempio, Rif [44]).

I metodi euristici hanno un utilizzo molto limitato in quanto non impiegano le informazioni contestuali disponibili nella zona in cui è presente il difetto, come la natura del materiale o strutturale dei componenti. Queste tecniche euristiche basate su filtri devono essere impostate manualmente o semiautomaticamente, a seconda dell'aspetto della struttura da monitorare. Le situazioni reali variano ampiamente e creare manualmente un algoritmo generale che possa funzionare in tutti i casi è piuttosto difficile. Le cose sono migliorate con l'utilizzo di metodi basati sul deep learning.

[10] DP = Presence of damage
[11] DT = Damage type

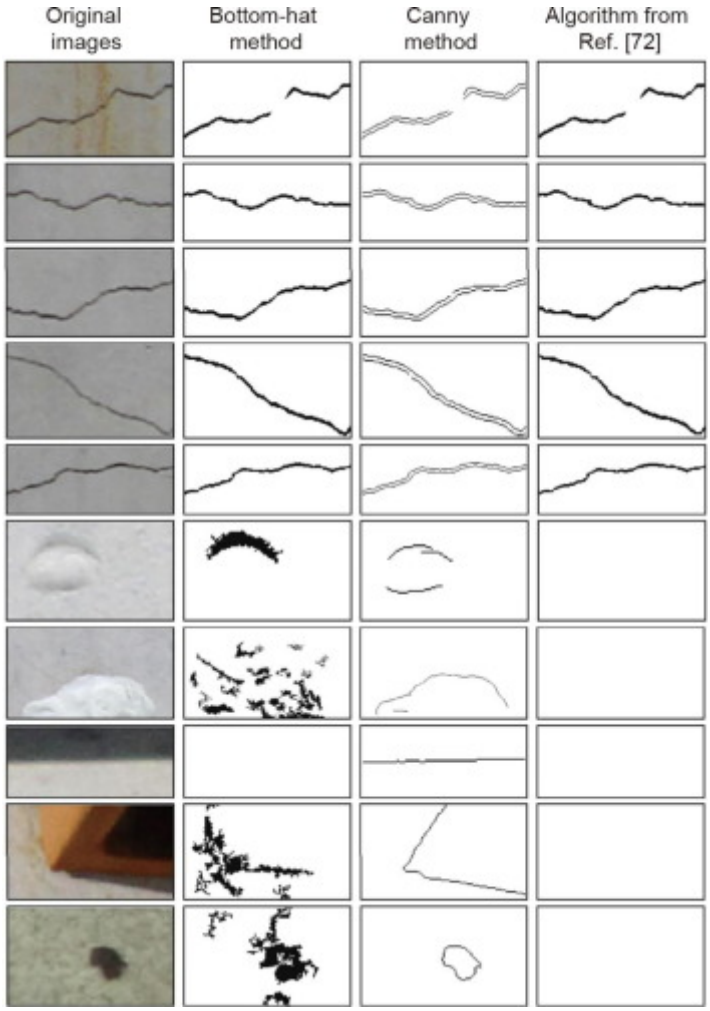


Figura 2 - Un confronto tra i diversi metodi euristici di rilevamento delle crepe

Il recente successo del *deep learning* per la visione artificiale [45], in numerosi settori, come la classificazione delle immagini [46], la guida autonoma [47] e l'imaging medico [48], ha permesso la sua applicazione anche nell'ispezione e nel monitoraggio delle infrastrutture civili. Il deep learning ha notevolmente ampliato la capacità e l'affidabilità del rilevamento dei danni [49]. Come mostrato nella Figura 3 [50] sono stati considerati contemporaneamente sei diversi DT: crepe nel calcestruzzo, spalling del calcestruzzo, distacco del copriferro, corrosione dell'acciaio, fratture dell'acciaio e crepe a fatica e crepe dell'asfalto.

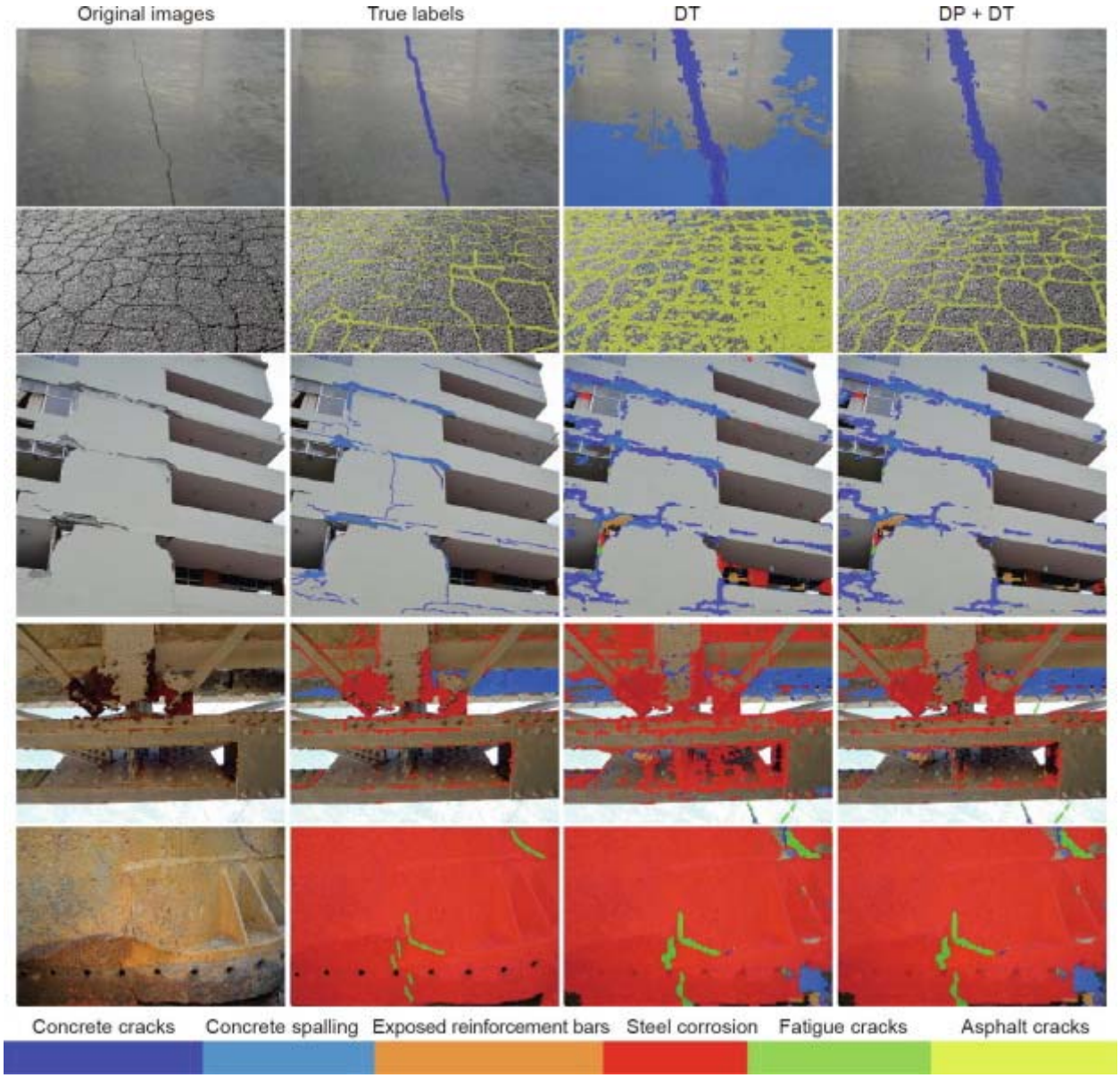


Figura 3 - Rilevamento del danno tramite deep learning di molteplici DT strutturali

Quando invece una struttura deve essere ispezionata regolarmente è possibile utilizzare metodi basati sul *rilevamento dei cambiamenti*. L'identificazione e la localizzazione delle modifiche possono aiutare a ridurre il carico di lavoro per l'elaborazione dei dati provenienti dalle ispezioni UAV. Poiché qualsiasi danno deve manifestarsi come un cambiamento, l'adozione di approcci di rilevamento del cambiamento prima di effettuare il rilevamento del danno può aiutare a ridurre il numero di falsi positivi. Il rilevamento dei cambiamenti è un problema che è stato studiato nella visione artificiale, con applicazioni che vanno dal monitoraggio ambientale alla videosorveglianza. Si hanno due tipi di rilevamenti: quelli basati sulla nuvola di punti (ad esempio, Rif. [51]) e quelli basati su immagini (ad esempio, Rif. [52]).

Su quest'ultimo metodo si basa il rilevamento dei cambiamenti in galleria sperimentato da alcuni ricercatori [53]. In questo caso le immagini provenienti dall'UAV o dai sondaggi sui veicoli terrestri, possono essere applicati come precursori al fine di aiutare a localizzare i pixel o le regioni che potrebbero essere interessate da un danno. Simoni Stent [53] ha proposto questo metodo per identificare i cambiamenti sui rivestimenti dei tunnel e, successivamente, ha classificato l'importanza dei cambiamenti. Uno schema del metodo proposto in Stent [53] è mostrato nella Figura 4.

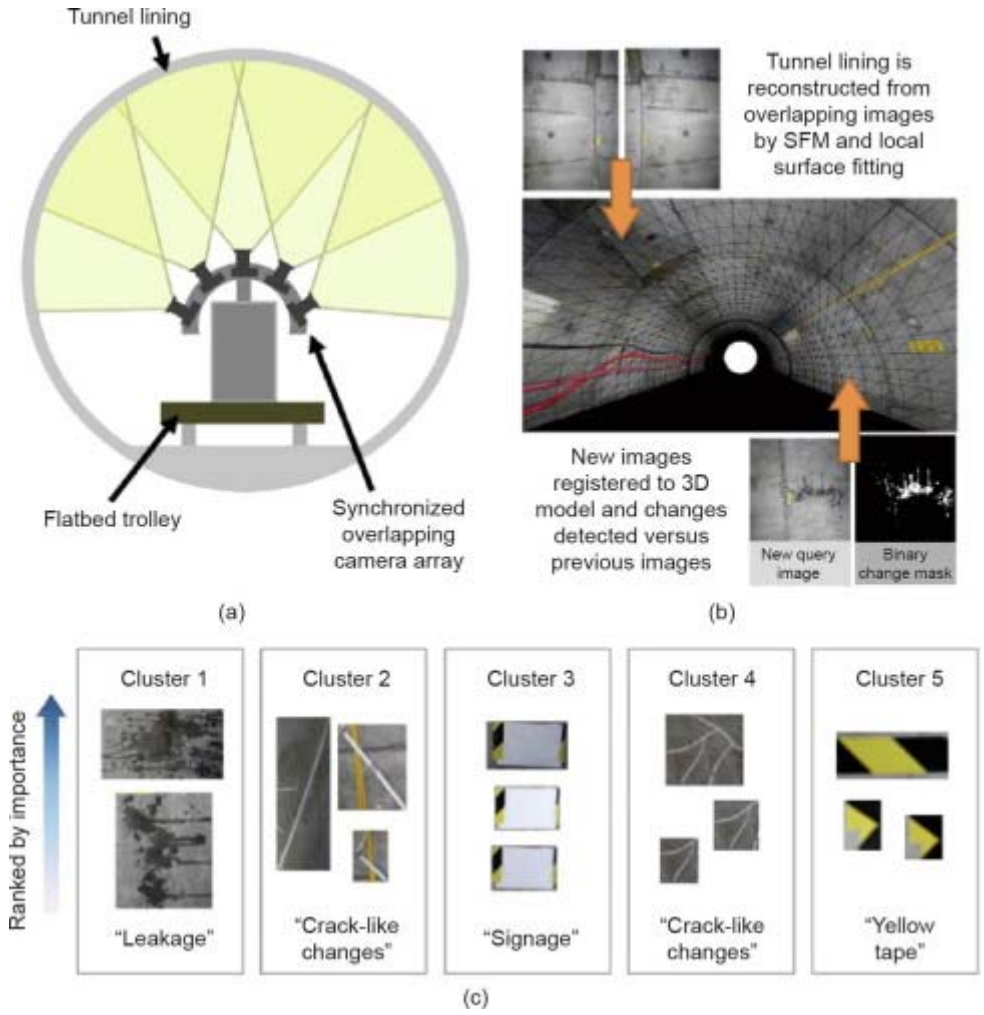


Figura 4 - Illustrazione del sistema proposto da Stent.

Riconoscimento dei componenti strutturali

Il riconoscimento dei componenti strutturali è un processo di rilevamento, localizzazione e classificazione delle parti di una struttura, che rappresenta un passo fondamentale verso l'ispezione automatizzata delle infrastrutture civili. Le informazioni sui componenti strutturali aggiungono fondamentali informazioni alle immagini grezze o ai dati della nuvola di punti 3D. Tale informazioni aiutano i tecnici a comprendere lo stato della struttura rendendo coerente il danno rilevato automaticamente a quelle che sono le caratteristiche dell'elemento [54]. Anche i metodi per il riconoscimento dei componenti strutturali sono molteplici:

- euristici da immagini (ad esempio, Rif. [55]);

- nuvole di punti (ad esempio, Rif. [56]);
- deep learning da immagini (ad esempio, Rif. [57]).



Figura 5 - Riconoscimento pilastro tramite metodi euristici



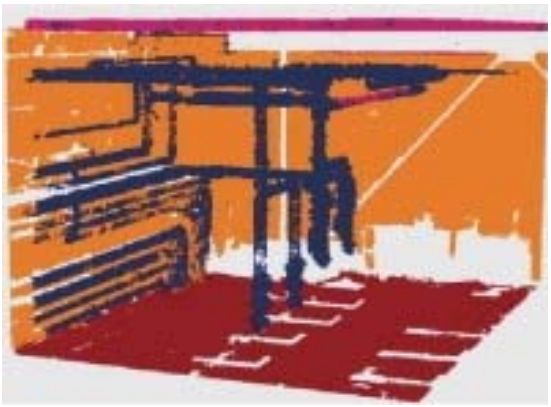


Figura 6 - Riconoscimento dei vari elementi da nuvole di punti

Per condurre valutazioni automatizzate è essenziale combinare informazioni sia sui componenti strutturali che sullo stato di danno di tali componenti. Hoskere et al. [58] hanno ottenuto un quadro automatizzato per una rapida valutazione degli edifici post terremoto. A conclusione del presente paragrafo possiamo affermare che rilevamento dei danni, rilevamento delle modifiche e riconoscimento dei componenti strutturali sono passaggi chiave per consentire ispezioni strutturali automatizzate.

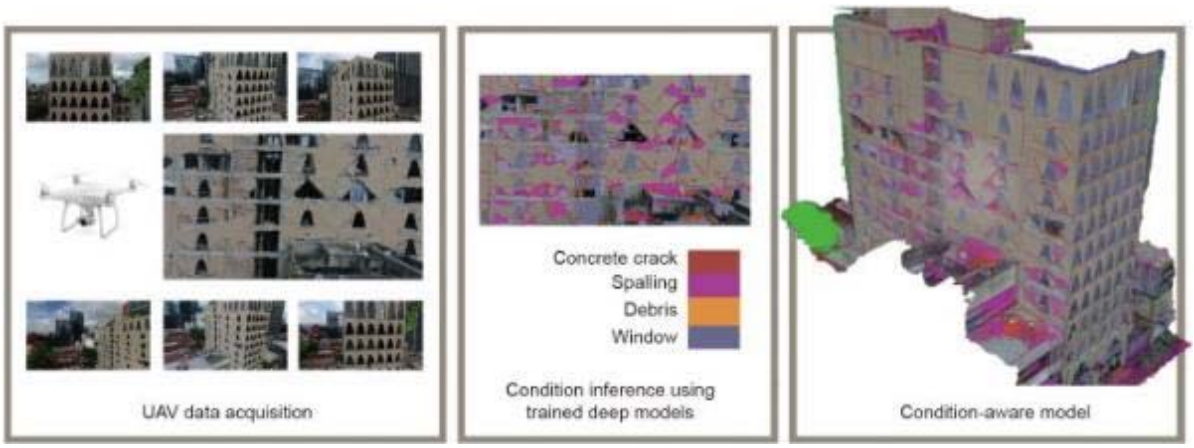


Figura 7 - Combinazione d'informazioni sui componenti strutturali e sui danni in un edificio a seguito di terremoto.

1.3. L'ANALISI DEI RISCHI, ACCETTABILITÀ E VALUTAZIONE

1.3.1. AMBITI DI STUDIO DEL RISCHIO

Nello studio del concetto di rischio, uno dei primi ostacoli che si incontra è la presenza in letteratura di numerose definizioni e accezioni. Rischio è uno di quei termini utilizzati di frequente e con differenti significati e interpretazioni. Il concetto ha origini molto lontane, motivo per cui, nel tempo, si è diffusa questa tematica in molteplici ambiti, anche in ragione del fatto che numerosi eventi incidentali avvenuti in tali contesti hanno richiamato l'attenzione della collettività sensibilizzando le amministrazioni ad attivarsi operativamente alla riduzione o risoluzione di queste problematiche.

I primi studi e analisi del rischio si fanno risalire all'ambito imprenditoriale intorno al XVIII secolo. Infatti, il rischio assume una rilevanza fondamentale nell'attività imprenditoriale, in quanto il concetto stesso di attività economica è imprescindibile dallo stesso. Fare impresa significa, infatti, affrontare costantemente fattori economici, sociali e ambientali il cui variare può favorire o ostacolare il successo dell'organizzazione. Secondo tale approccio, la profittabilità dell'impresa deve quindi essere vista come la remunerazione della capacità di assumere e gestire i rischi imprenditoriali. L'azienda può, infatti, essere assimilata a un "contenitore di progetti rischiosi", le cui performance dipendono dalle scelte poste in essere. Il rischio si configura, quindi, come l'elemento discriminante della permanenza dell'impresa sul mercato e, di conseguenza, le decisioni ed esso inerenti assumono un valore determinante.

Tra i *rischi imprenditoriali* si possono ritrovare il:

- Rischio economico: è quel tipo di rischio che incide sui risultati reddituali delle imprese ed è legato all'equilibrio tra costi e ricavi.
- Rischio finanziario: è quel rischio che incide sulla liquidità aziendale ed è legato all'equilibrio tra flussi monetari in entrata e in uscita.
- Rischio patrimoniale: è quel rischio che incide direttamente sulle attività e sul patrimonio dell'impresa.
- Rischio informatico: è quel rischio che incide sulla sicurezza e sulla privacy di ogni azienda che opera nel settore informatico e che può essere a rischio di violazioni e perturbazioni continue, ma anche di guasti a hardware e software.

Un altro ambito di studio del rischio è quello *ambientale*, soprattutto in seguito al verificarsi delle numerose catastrofi ambientali e il conseguente danno apportato a beni e persone. L'analisi e lo studio dei rischi ambientali, infatti, svolgono un ruolo importante nella pianificazione del territorio, soprattutto in considerazione del fatto che l'Italia è un paese a elevato rischio sismico e di dissesto idrogeologico. L'analisi dei rischi ambientali, in particolare, riveste un ruolo preminente nella redazione di piani e progetti, specie nel caso degli studi d'impatto ambientale. Previsione e prevenzione del rischio ambientale sono strumenti fondamentali per una pianificazione ottimale e sicura delle attività socio-economiche di un territorio. Ciò è possibile da un lato attraverso l'identificazione dei fenomeni calamitosi e dei rischi associati, dall'altro attraverso l'identificazione delle aree soggette a tali rischi e l'implementazione di azioni volte alla riduzione di tali rischi. Il riconoscere l'entità e lo svilupparsi nel tempo di taluni fenomeni permette di prendere tutte quelle decisioni operative atte ad annullare o limitare i danni materiali e umani.

Tra i *rischi ambientali* si possono ritrovare il:

- Rischio sismico;

- Rischio vulcanico;
- Rischio idrogeologico;
- Rischio frane;
- Rischio alluvioni;
- Rischio incendi boschivi.

Con l'aumentare degli incidenti e gli infortuni sul lavoro, l'analisi del rischio si è diffusa anche in questo campo, al fine di sensibilizzare lavoratori e datori di lavoro sull'importanza dei temi di sicurezza in tali ambiti. A tal proposito, con il D. Lgs. 81/2008, la legislazione italiana garantisce la tutela dei lavoratori in materia di salute e sicurezza negli ambienti lavorativi, sancendo l'obbligo per il datore di lavoro di effettuare l'analisi dei rischi associati alle mansioni lavorative, alle macchine, alle attrezzature e alle sostanze utilizzate o comunque presenti nell'ambiente di lavoro e di attuare prioritariamente misure di prevenzione eliminando (o comunque riducendo al minimo possibile) i rischi connessi con l'attività lavorativa (ovvero minimizzando la presenza di pericoli e/o l'esposizione dei lavoratori) ed attuando, successivamente, le necessarie misure di protezione (collettive e individuali) contro i rischi residui; al datore di lavoro spetta anche la predisposizione di tutte le misure di emergenza.
Tra i *rischi nel campo del lavoro* si possono ritrovare il:

- Rischio chimico;
- Rischio biologico;
- Rischio incendio;
- Rischi fisici: rumore, vibrazione, microclima, illuminazione.

Altri ambiti del rischio sono da ricercarsi nel settore industriale infatti, i processi industriali che richiedono l'uso di sostanze pericolose, in condizioni anomale dell'impianto o del suo funzionamento, possono dare origine a eventi incidentali - emissione di sostanze tossiche o rilascio di energia - di entità tale da provocare danni immediati o differiti per la salute umana e per l'ambiente, all'interno e all'esterno dello stabilimento industriale.

Anche il settore sanitario può essere interessato dallo studio e analisi dei rischi. Il rischio sanitario, tuttavia, è quasi sempre conseguente ad altri rischi o calamità, tanto da esser definito come un rischio di secondo grado. Emerge ogni volta che si creano situazioni critiche che possono incidere sulla salute umana. Questo tipo di rischio può essere antropico, se provocato dalle attività umane come incidenti industriali, attività industriali e agricole, trasporti, rifiuti; o naturale, se provocato da eventi naturali come terremoti, vulcani, frane, alluvioni, maremoti, tempeste di sabbia.

Nell'ambito dei beni culturali edificati il rischio è la misura del livello di danneggiamento che, in base alle caratteristiche di pericolosità (climatica, idrogeologica, sismica o antropica) del sito, e delle condizioni di vulnerabilità degli elementi esposti (condizioni di degrado, resistenza alle azioni sismiche, qualità e quantità), si può verificare in un dato intervallo di tempo [1].

1.3.2. CONCETTO DI RISCHIO E SUA EVOLUZIONE

Storicamente il concetto rischio e la sua valutazione in termini probabilistici, ha origini molto lontane. Nel XVIII secolo in economia e più precisamente nell'economia delle assicurazioni, si presentò la necessità di quantificare in termini monetari il premio che un soggetto era disposto a pagare per tutelarsi contro eventuali danni, ovvero determinati rischi. Fu allora stabilito che sostanzialmente valeva il principio di equità: se X è un guadagno (o perdita) aleatorio e P la probabilità di X, l'importo certo che ogni persona è disposta a spendere per avere quel guadagno (o per coprirsi dal rischio di quella perdita) è dato dal prodotto di P per X; in formula:

$$R = P \, x \, X$$

Se invece di avere un unico valore di X, ne abbiamo N ed il generico Xi ha una probabilità Pi di verificarsi, si tratta di applicare la seguente relazione:

$$R = \sum_{i=1}^{N} P\text{i}\text{Xi}$$

Più in generale, nel caso di distribuzione continua della probabilità di verificarsi del danno X, il rischio viene definito tramite l'integrale:

$$R = \int_0^A X f(X) dx$$

essendo dP(X) = f(X) dX la probabilità che il danno abbia un valore compreso fra X e X+dX ed A il valore massimo che X può assumere; f(X) è la densità di probabilità di danno.

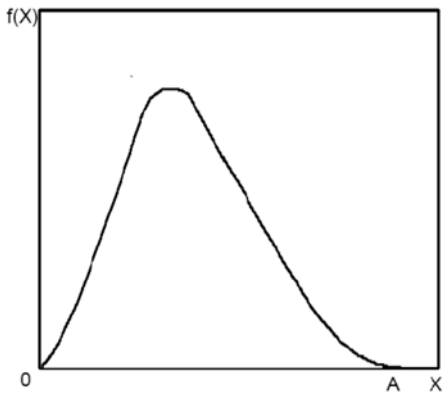


Figura 8 - Andamento tipico della densità di probabilità di danno economico in funzione dell'entità di questo [59]

Secondo la precedente definizione, il rischio è la "speranza matematica" di un danno aleatorio o anche il valore atteso o il valor medio del danno. Agli inizi del secolo scorso tale concetto si è esteso anche ai settori della tossicologia e dell'epidemiologia. Intorno agli anni 50, dopo la seconda guerra mondiale, il concetto ha iniziato ad estendersi anche alla tecnologia.
Si inizia a introdurre il termine di affidabilità o il suo contrario di inaffidabilità intese a rappresentare metodologie rivolte a valutare, in termini probabilistici, il successo/insuccesso di una missione, sistema, macchina, ecc.

Nel 1967, ad esempio, il Professor Farmer del UKAEA (UK Atomic Energy Authority) pose l'attenzione su uno degli eventi più gravi che può capitare in un incidente a un reattore nucleare di potenza, ovvero il rilascio di radioattività, collegando la frequenza prevedibile per l'evento temuto, con la quantità rilasciata.

Successivi studi[12] sulla pericolosità di certi impianti di processo, a seguito anche di eventi incidentali che hanno richiamato l'attenzione della collettività, hanno portato a considerare che per certi eventi, che investono la collettività e possono provocare gravi danni sia immediati sia ritardati alle persone, alle cose e all'ambiente, il rischio si definisce con il prodotto:

$$R = F \times M$$

Dove F è la Frequenza prevista per l'accadimento dell'evento ipotizzato e M è la gravità o Magnitudo delle conseguenze. Determinare la frequenza prevista per l'accadimento di un evento ipotizzato e la gravità delle conseguenze, è un processo che oggi si chiama "studio probabilistico del rischio" che si può effettuare attraverso diversi approcci di tipo qualitativo, quantitativo, e così via. Come si è visto, lo studio del rischio richiama una serie di concetti tra loro correlati e utili all'analisi matematica del rischio. Tra questi concetti ritroviamo quello di probabilità e della frequenza. Si procede, quindi, alla descrizione generale di tali concetti nel campo dell'analisi del rischio [59].

1.3.2.1. Concetto di probabilità

Il termine "probabilità" proviene dalla statistica e dalla teoria della probabilità. Con essa si intende la possibilità che un evento si verifichi in una determinata situazione o in un determinato lasso di tempo. Per una valutazione probabilistica quantitativa del rischio è utile introdurre i concetti di probabilità oggettiva e di probabilità soggettiva.

Probabilità oggettiva

Il concetto di probabilità oggettiva fu introdotto da Pascal nel XVII secolo: dati N eventi, che hanno uguale possibilità di verificarsi, la probabilità di accadimento dell'evento A, a noi favorevole, vale:

$$P(A) = \text{numero di eventi A} / \text{numero totale di eventi}$$

ponendo per P la seguente condizione $0 \leq P \leq 1$, dove:

- P=0 indica un evento impossibile
- P=1 indica un evento certo

La probabilità oggettiva ha come limite il fatto che gli eventi possibili debbano essere equiprobabili (si pensi al lancio della moneta). Ad ogni modo, essa permette comunque di:

- stabilire alcune relazioni matematiche relative alla probabilità (probabilità totale e probabilità composta);

[12] Rapporto UNESCO di Varnes, 1984

- costituisce una scala di riferimento per la probabilità soggettiva.

Probabilità soggettiva
La probabilità soggettiva è definita come il grado di fiducia che un individuo assegna al verificarsi di un'affermazione o di un evento in base alle sue conoscenze. Essa, quindi, è legata alle conoscenze del soggetto, ma non corrisponde ad un approccio arbitrario. Deve tener conto della "non equiprobabilità" degli eventi e che le condizioni di accadimento passate, possono non essere ritenute valide per il futuro [59].

1.3.2.2. Concetto di frequenza
Quando si ha la necessità di riferire il valore di una probabilità a un determinato intervallo di tempo, si introduce il concetto di: rateo dell'evento o frequenza. Essa definisce il numero di eventi previsti per l'unità di tempo. Solitamente viene espressa in numero di eventi all'anno. Analogamente all'entità dei danni, è possibile definire con diversi gradi di precisione anche la frequenza:

- Qualitativamente con termini come «frequente», «sporadico», «raro», ecc.
- Semiquantitativamente in classi con delimitazioni predefinite, per esempio: la classe «raro» si estende da un evento ogni 10 anni fino a un evento ogni 100 anni.
- Quantitativamente, per esempio: 7 eventi l'anno [59].

1.3.3. PREVEDIBILITÀ RISCHIO
Il rischio è un concetto probabilistico caratterizzato da una forte e marcata incertezza, è quindi il frutto di una previsione, spesso empirica, che accada un certo evento capace di causare un danno alla comunità. La nozione di rischio implica l'esistenza di una sorgente di pericolo, la presenza di elementi vulnerabili esposti e la possibilità che essa si trasformi in un danno. Tutti questi motivi rendono lo studio del rischio molto complesso e strettamente dipendente dal contesto oggetto di studio. Tra le difficoltà più diffuse si può annoverare:

- L'impossibilità di prevedere, in alcuni casi, i rischi;
- La complessità nel quantificare un rischio, spesso funzione di molte variabili, e la difficoltà nel definire un limite di accettabilità del rischio, concetto che è strettamente legato alla percezione soggettiva del rischio.

Per quanto riguarda il concetto della prevedibilità dei rischi, questi ultimi sono essenzialmente suddivisibili in due classi di eventi: eventi prevedibili ed eventi non prevedibili .

Gli eventi prevedibili
Si tratta di tutti quei fenomeni generati da fattori causali prevedibili in base ad analisi statistiche e/o a modelli scientifici di elaborazione. L'esempio può essere dato dalla possibile esondazione di un corso d'acqua la cui probabilità viene calcolata in base ai dati in possesso quali i tempi di ritorno e ai dati meteorologici raccolti in tempo reale; è inoltre possibile prevedere con una certa approssimazione in quale zona potrà avvenire l'esondazione e in quali tempi. Gli eventi prevedibili sono quindi analizzabili durante il tempo ed è possibile strutturare, oltre ad azioni di mitigazione, piani operativi di intervento specifici.

Gli eventi non prevedibili
Si tratta della maggior parte degli eventi, per i quali è possibile ipotizzare uno scenario generico privo di elementi essenziali tipici degli eventi prevedibili ovvero della loro localizzazione spazio-temporale. E' da intendersi come una situazione di danno improvvisa ed inattesa, e di conseguenza non è prevedibile dal punto di vista della tempistica e da nessun tipo di monitoraggio o rilevamento. Per esempio potrebbe essere il caso dei temporali estivi o di una grandinata, oppure del crollo di un edificio a seguito dello scoppio, o il caso di un grave incidente stradale, ecc.. In generale gli eventi (anche quelli prevedibili) difficilmente si manifesteranno nello stesso modo in cui sono stati pianificati, oppure se ne potranno presentare altri non preventivati magari scatenati da eventi primari. In quest'ottica è necessario prevedere un sistema flessibile che conosca con buona approssimazione le vulnerabilità del territorio al fine di una loro pronta valutazione in occasione di un evento che necessita di una risposta tempestiva da dare attraverso il sistema organizzativo e il sistema delle risorse.

1.3.4. ACCETTABILITÀ DEL RISCHIO E RISCHIO RESIDUO

Per quanto riguarda la difficoltà nel definire dei limiti di accettabilità del rischio, risulta necessario analizzare meglio questo concetto e capire come esso sia stato trattato negli scenari di rischio già verificatosi.
Il livello di rischio accettabile non è una soglia individuata secondo metodi scientifici, ma si tratta di un patto sociale dove viene condivisa la possibilità che qualche cosa accada e lo si ritenga rientrante nelle soglie di accettabilità del vivere quotidiano, questo perché il rischio è un concetto astratto valutabile a livello probabilistico e caratterizzato da forte incertezza predittiva.
Per i settori deputati alla pianificazione e programmazione del territorio, ad esempio, risulta importante avere consapevolezza delle soglie di rischi accettabile nell'ambito di prevenzione e programmazione dello sviluppo del territorio in quanto consente l'individuazione di priorità di intervento e la decisione circa i criteri di gestione del rischio.
La valutazione del rischio accettabile tiene in considerazione molteplici parametri caratterizzati da due livelli che racchiudono uno spazio intermedio, i livelli sono definiti come: il limite e l'obiettivo; i rischi superiori al limite sono sempre inaccettabili, mentre quelli inferiori all'obiettivo sono sempre accettabili. I rischi inaccettabili e quelli compresi tra i due livelli devono essere considerati, valutati attentamente, e ridotti anche con azioni strutturali fino a raggiungere un grado di riduzione ragionevolmente possibile secondo lo schema anglosassone ALARP - As Low As Reasonable Possible.
In campo industriale spesso, l'accettabilità del rischio viene fornita tramite un indice detto FAR (Fatal Accident Rate) che esprime il numero medio di decessi dovuti ad incidente in 108 ore di esposizione ad una particolare attività. Questi valori vengono rappresentati tramite potenze di 10 del tipo 10+n per la gravità e 10-n per la probabilità associando il valore di 108 al massimo valore di gravità dell'incidente che comprende la possibilità di decesso del soggetto (caso catastrofico). Questi valori possono essere utilizzati per costruire una matrice di criticità del rischio dove l'indice di accettabilità del rischio è rappresentato dal valore riportato all'incrocio tra la riga che rappresenta la probabilità e quella che rappresenta la gravità.
Seguendo la filosofia del rischio As Low As Reasonably Practicable (ALARP) e utilizzando matrici di criticità è possibile valutare zone di rischio dove intervenire preventivamente per ridurre al

minimo il rischio agendo sulla probabilità che il danno si verifichi o sulla riduzione della gravità delle conseguenze (protezione).

Percezione del rischio
Per inquadrare meglio cosa significa livello di rischio accettabile per una persona o per una comunità bisogna considerare la percezione che l'individuo o la collettività ha del rischio. Ad esempio, sia le popolazioni sia i singoli individui sono largamente più propensi ad accettare e considerare "normali" rischi volontari (guidare l'auto, fumare, ecc.) piuttosto che rischi involontari (rischi naturali, rischi industriali, terrorismo, ecc.).
Quando la percezione di un rischio si approssima alla sua stessa stima oggettiva significa che conoscenze e consapevolezza del soggetto sono elevate. Tale situazione non si verifica sempre e si presenta in maniera differente a seconda delle tipologie di pericolo e dei fattori che ne influenzano la valutazione. Le persone hanno percezioni spesso molto dissimili tra loro dei rischi a cui sono esposte tanto che il fenomeno viene studiato da anni attraverso la psicologia comportamentale, l'antropologia e la sociologia.

Rischio residuo
L'eliminazione completa del rischio è matematicamente impossibile perché le variabili del rischio sono molteplici ed imponderabili; è per questa ragione che si parla di 'riduzione' del rischio. Il rischio residuo è ciò che rimane dopo aver applicato tutte le misure preventive tecniche di protezione possibili.

1.3.5. IL PROCESSO DI GESTIONE DEL RISCHIO
L'obiettivo della gestione dei rischi è quello di identificare tutti i rischi di un determinato contesto e, successivamente, sviluppare delle strategie per "gestirlo" e controllarlo. Con il processo di gestione del rischio non è sempre detto che il rischio possa essere eliminato o ridotto, tuttavia, analizzando nel dettaglio le situazioni di rischio si può passare da una situazione di emergenza ad una situazione di gestione consapevole. Questo processo fornisce, sia a coloro che devono prendere decisioni sia ai responsabili, una miglior conoscenza dei rischi e fornisce una base per le decisioni circa gli approcci più appropriati da usare per il loro controllo. Infatti, l'output di questo processo è un input ai processi decisionali dell'organizzazione. Il processo di gestione del rischio (risk assessment) si suddivide in tre fasi fondamentali:

- identificazione dei rischi (risk identification)
- analisi dei rischi (risk analysis)
- valutazione dei rischi (risk evaluation)

Queste tre fasi sono contornate da altre due, una all'inizio e l'altra a conclusione del processo:

- stabilire il contesto (establishing the context)
- trattare i rischi (risk treatment).

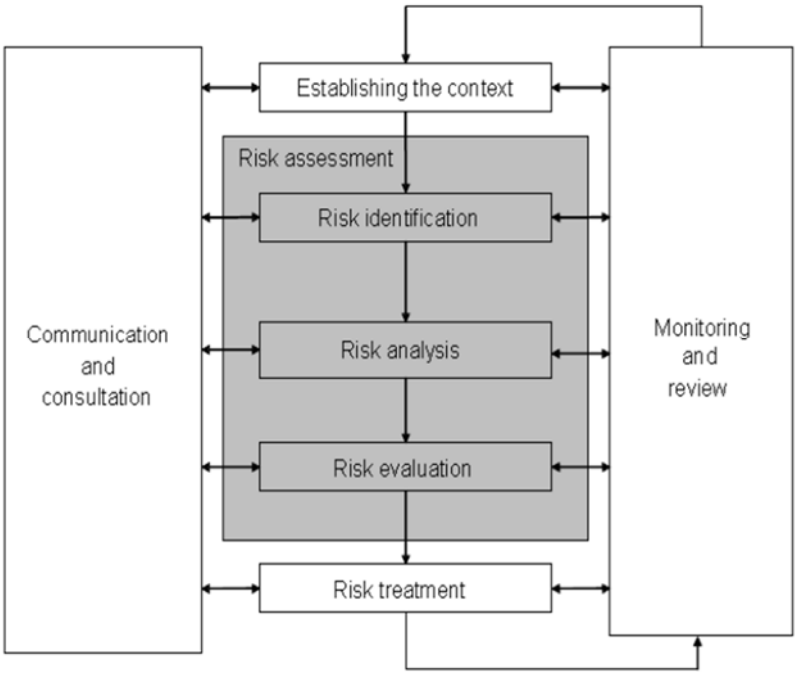


Figura 9 - Processo di gestione del rischio

Il modo in cui questo processo viene applicato, dipende non solo dal contesto del processo di gestione del rischio, ma anche dai metodi e dalle tecniche utilizzate per effettuare la valutazione del rischio. Per avere un quadro più chiaro del processo di gestione del rischio, occorre analizzare singolarmente le cinque fasi in cui si articola:

1. stabilire il contesto (establishing the context): determinare il contesto significa definire i parametri di base per gestire i rischi, fissare lo scopo e i criteri per le fasi restanti del processo stesso, quindi, in definitiva, preparare e organizzare il "lavoro" per le fasi successive.
2. identificazione dei rischi (risk identification): dopo aver stabilito il contesto, il passo successivo nel processo di controllo è quello di identificare i rischi potenziali. I rischi sono connessi ad eventi che quando si verificano causano problemi. Pertanto, l'identificazione del rischio può iniziare dalla causa dei problemi o dal problema stesso (identificare i pericoli legati all'attività in esame). Le principali tecniche di individuazione del rischio possono essere suddivise in due parti: tecniche di supporto ("check-list", "analisi storica") e tecniche di analisi ("what if", "hazop", "FMEA", "FMECA", "diagramma causa-effetto", "albero degli eventi", "risk breakdown structure") di cui si parlerà più dettagliatamente.
3. analisi dei rischi (risk analysis): è l'attività che sviluppa la comprensione dei rischi. Essa fornisce un input alla valutazione dei rischi e alle decisioni circa quali rischi necessitano di essere trattati e circa le strategie ed i metodi più appropriate per il loro trattamento. L'analisi dei rischi consiste nel determinare le conseguenze e le loro probabilità per determinare un livello di rischio. L'analisi dei rischi, quindi, comporta considerazioni sulle cause e sulle fonti di rischio, sulle loro conseguenze e sulla probabilità che tali conseguenze possano accadere. L'analisi dei rischi normalmente include una stima delle conseguenze potenziali

che possono insorgere da un evento e le loro associate probabilità, allo scopo di misurare il livello di rischio.

4. valutazione dei rischi (risk evaluation): in questa fase ci si propone di valutare la portata dei rischi precedentemente identificati e analizzati. Valutare la portata dei rischi significa dargli un "peso" ovvero quantificarli. La valutazione dei rischi può avvenire attraverso diversi approcci (metodi quantitativi, qualitativi, semi-quantitativi, analisi multicriterio, ecc) di cui si parlerà successivamente.
5. trattare i rischi (risk treatment): quest'ultima fase si divide a sua volta in altre due, ovvero la pianificazione e il controllo. Nella fase di pianificazione si programmano le misure di prevenzione e/o protezione per ridurre i rischi e si individuano azioni correttive adeguate in tutti i casi in cui il livello di rischio risulta inaccettabile. Nella fase di controllo si analizza l'evolversi del rischio allo scopo di ricercare gli interventi finalizzati al rispetto e al miglioramento degli obiettivi temporali, economici e qualitativi [60].

1.3.6. LE TECNICHE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Come detto in precedenza, l'intero processo di gestione dei rischi avviene tramite l'utilizzo di svariate metodologie di valutazione, che spesso diventano strumenti complementari per un'analisi più esaustiva. Nella fase di identificazione dei rischi, ad esempio, vengono utilizzate:

- tecniche di supporto ("check-list", "analisi storica"): esse si basano essenzialmente sugli insegnamenti acquisiti in passato e sull'aderenza delle situazioni agli standard di buona tecnica presentando comunque delle forti limitazioni come la totale inapplicabilità a tecnologie nuove o a situazioni non espressamente previste;
- tecniche di analisi o metodi predittivi ("what if", "hazop", "Fmea", "Fmeca", "FTA", "ETA", "diagramma causa-effetto", "risk breakdown structure", "job safety analysis"): queste, invece, si basano su schemi analitici complessi e altamente strutturati permettendo una valutazione preventiva dei rischi. La grande limitazione posta da questi metodi consiste nelle ampie risorse che richiedono sia in termini economici che umani.

Questa suddivisione è solo teorica, in quanto risulterà quasi sempre necessario integrare un'analisi storica o con check-list con metodi predittivi per identificare possibili rischi aggiuntivi.

Per un quadro più esaustivo si riporta una descrizione più dettagliata delle singole tecniche evidenziando di volta in volta i vantaggi e gli svantaggi dei vari metodi (di supporto e predittivi), rimandando a testi più specifici per uno studio più approfondito. Tra le tecniche di supporto, configurano ad esempio, le check-list e l'analisi storica.

- La *check-list* consiste in una lista di voci di controllo, in forma di questionario a risposta chiusa, da esaminare per eseguire la rapida verifica della rispondenza alle specifiche di progettazione o agli adempimenti richiesti dalla legge. Questa metodologia può essere utilizzata anche per analizzare i processi gestionali e organizzativi dell'azienda. I vantaggi del metodo riguardano la possibilità di eseguire analisi con diversi livelli di dettaglio (analisi preliminare, analisi dettagliata in fase progettuale, audit e verifiche ispettive) e presenta una rapidità e semplicità di svolgimento, inoltre, si tratta di uno dei metodi più semplici e meno costosi per la valutazione dei rischi; molto utile per rilevare gli errori più comuni e di grande

aiuto per tecnici con poca esperienza in questo campo. Tra gli aspetti negativi rientra la difficoltà di poter considerare completa una lista (anche con la massima attenzione possibile) il che non riesce a garantire che tutte le criticità siano state evidenziate; difficoltà nella quantificazione dei risultati, che pertanto sono di tipo essenzialmente qualitativo; infine questo metodo limita la ricerca dei rischi alle informazioni proposte nella lista, precludendo una visione complessiva dei problemi.

- *L'analisi storica* o studi statistici prendono spunto dalla ricostruzione di eventi infortunistici verificatosi nello specifico settore. Il metodo consiste in una elaborazione statistica ma anche critica di dati che possono essere ottenuti da diverse fonti accreditate (Inail, report interni, database, letteratura tecnica specializzata) ed è dunque da considerare valido solo per prevenire tipologie di incidenti che si sono già verificati, avendo pertanto necessità di essere integrata da tecniche e metodologie predittive. Risulta essere un metodo veloce offrendo risultati di tipo qualitativo; inoltre, nel caso in cui si possano avere sufficienti informazioni e realizzare una buona similitudine tra database di riferimento e settore in cui operare, si possono ottenere dati realmente affidabili e difficilmente contestabili. Tuttavia, la validità dei risultati è strettamente correlata alla qualità del database disponibile, infatti, l'utilizzo di dati relativi a situazioni non perfettamente identiche porta a giudizi soggettivi, a volte anche molto fuorvianti. Inoltre, si possono presentare difficoltà di comparazione di un dato storico alla situazione contingente; infine questo metodo non risulta adatto allo studio di eventi con bassa probabilità di accadimento.

Insieme alle tecniche di supporto si è parlato delle tecniche di analisi o metodi predittivi, spesso usati come integrazione alle tecniche precedentemente esposte. Tra i metodi predittivi rientrano le tecniche "what if", "hazop", "Fmea", "Fmeca", "FTA", "ETA", "diagramma causa-effetto", "risk breakdown structure", "job safety analysis".

- *What if analysis:* il concetto di questa analisi è quello di condurre una valutazione sistematica del processo produttivo, ponendosi domande che iniziano con le parole "cosa succede se…?". (Ad esempio, laddove si esamini un reattore chimico, una domanda ovvia sarebbe: "cosa succede se viene a mancare l'acqua di raffreddamento?"). La risposta alla domanda deve riguardare le conseguenze dell'evento, deve indicarne le possibili cause ed i provvedimenti presi o da prendere per ridurre la probabilità dell'anomalia e minimizzarne le conseguenze. L'obiettivo di questo metodo è quello di eseguire un'analisi preliminare dei rischi attraverso una metodologia strutturata meglio delle check-list, pur essendo anche questo un metodo speditivo, per esempio come lavoro preliminare per l'applicazione di tecniche più dettagliate o come base per gli audit di sicurezza. Fra i suoi scopi primari è compresa la stima del "peggior caso verificabile". Questa tecnica ha il pregio di poter essere applicata, secondo le esigenze, più o meno dettagliatamente. Tuttavia, anche per l'analisi "what if" i risultati ottenuti sono di tipo qualitativo e, se applicata dettagliatamente può richiedere molto tempo ed essere molto onerosa, senza però ottenere il grado di completezza dell'"hazop" essendo, rispetto a quest'ultima, meno strutturata.
- *Hazop Analysis*: la tecnica predittiva "hazop" ("hazard and operability study"= "studio dei rischi e dell'operatività dell'impianto") identifica gli eventi iniziatori del "caso peggiore" ipotizzabile. Il risultato finale consiste nell'identificazione dei rischi e dei problemi operativi

che potrebbero compromettere le capacità dell'impianto nel raggiungimento della produttività prefissata. La struttura di questa tecnica garantisce che vengano identificati tutti i rischi connessi all'attività analizzata, mediante il confronto diretto tra le esperienze di diverse persone/funzioni aziendali (sessioni di brainstormig). La tecnica hazop schematizza l'impianto come una serie di recipienti e linee di collegamento, a ciascuna delle quali sono associabili i parametri nominali di processo. Ogni elemento in cui è scomposto l'impianto è chiamato "nodo". Per parametri di processo si intendono i descrittori chimico-fisici relativi a ciascuna linea e recipiente. Ciascun parametro di processo ha un valore "nominale" (o, meglio, un campo di valori nominali), cioè un valore ideale previsto in fase di progetto. Fino a che i parametri di processo non si discostano significativamente dai relativi valori nominali di progetto, è lecito supporre che l'impianto operi correttamente e non configuri situazioni di rischio. Quando uno o più parametri di processo si discostino dai valori nominali, esiste il potenziale per conseguenze negative, che possono configurarsi come interruzione della produzione, produzione fuori specifica o possibili incidenti. Il metodo hazop presuppone che gli incidenti siano conseguenza dello scostamento di uno o più parametri di processo dai valori nominali. Gli scostamenti vengono evidenziati mediante l'uso di una lista di "parole guida" ("più di", "meno di", "no/nessuno", "inverso", "invece di", "parte di", "in aggiunta a"). Si tratta di una metodologia molto articolata che garantisce un alto livello di completezza. Anche rispetto all'FMECA, come vedremo, mantiene un margine di vantaggio perché nonostante la loro similarità nella sistematicità adottata, l'hazop non studia solo i singoli items, ma anche le interrelazioni di ciascuno di essi con il resto della struttura. Il più grande svantaggio è legato ai lunghi tempi e quindi ai costi elevati dell'analisi. Inoltre, richiede un team dotato di una grande conoscenza nel campo processistico-impiantistico.

- *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ed FMECA (Failure Mode Effect and Criticality Analysis):* queste due tecniche suddividono l'impianto nei suoi componenti elementari, considerano ciascun componente ed ipotizzano tutti i possibili modi di avaria dello stesso; per ciascun modo di avaria si valutano gli effetti e la criticità degli stessi. Per criticità si intende l'importanza delle conseguenze del modo di avaria per la salute dell'uomo, per l'integrità dell'impianto e per la sua capacità produttiva. Queste due tecniche sono concettualmente analoghe alla tecnica "hazop"; tutte e tre suddividono il processo produttivo in componenti elementari, ipotizzano scostamenti dalle condizioni nominali di operazione e ne valutano le conseguenze. Tuttavia, a differenza della tecnica "hazop" che focalizza l'attenzione sui parametri di processo, ipotizza uno scostamento, identifica le cause e valuta le conseguenze, le tecniche "fmea" e "fmeca" focalizzano l'attenzione sui componenti dell'impianto, ipotizzano un'avaria e valutano le conseguenze dell'avaria. Le sue caratteristiche di completezza e rigorosità fanno si che si presti particolarmente allo studio di impianti di tipo componentistico, costituiti cioè da 10 o più "items". Tuttavia, queste due tecniche utilizzate da sole, non sono sufficienti ad identificare le possibili interazioni di guasto tra i vari sistemi dell'impianto e, inoltre, la valutazione quantitativa dei singoli livelli si dimostra complessa fornendo un giudizio troppo soggettivo e richiedendo tempi lunghi e costi elevati.
- FTA Analysis ("fault tree analysis"="analisi dell'albero dei guasti): lo studio prende avvio dall'individuazione dell'evento accidentale di guasto ("top event") e, secondo un approccio

di tipo deduttivo, si procede alla stesura di una sequenza logica di cause iniziali e intermedie che ne determinano, singolarmente o per interconnessione, la possibilità di accadimento. Quindi, questa tecnica, partendo da un'analisi generale e complessiva del tipo di guasto arriva ad individuare i guasti sui componenti ed è la procedura opposta alla tecnica FMEA che, invece, partendo dal particolare ovvero dai guasti sui singoli componenti, giunge all'individuazione del guasto sul sistema. Il grafico che ne risulta è una rappresentazione ad "albero" composto da ari livelli alla fine di ciascuno dei quali gli eventi intermedi si trasformano a loro volta in cause iniziali con una loro probabilità di accadimento. La frequenza dell'evento principale dipende da quella dei vari insiemi. Minore è il numero degli eventi intermedi, maggiore è la probabilità di verificarsi dell'evento finale. Questa tecnica è molto utile per lo studio degli errori umani e delle cause comuni di guasto. Tuttavia, se applicato dettagliatamente può essere molto oneroso, oltre che complesso, perciò è consigliabile applicarlo ai soli eventi più rappresentativi.

- *ETA Analysis ("Event tree Analysis" = "analisi dell'albero degli eventi"):* questa tecnica parte da una condizione potenzialmente pericolosa o da un incidente particolarmente complesso, generati da una deficienza del sistema o da un errore umano, e ne costruisce, per metodo induttivo, le possibili evoluzioni in forma dicotomica, assegnando ad ogni scelta una determinata probabilità di accadimento. In questo modo si ottiene un duplice percorso evolutivo per ogni fase da considerare e il risultato è un certo numero di scenari incidentali, proporzionale, geometricamente, alla quantità di proposizioni inserite. Riuscendo ad evidenziare lo "sviluppo cronologico" degli incidenti susseguenti un evento iniziale, in base a risposte positive o fallimentari dei dispositivi di sicurezza, si capisce come questo tipo di analisi sia utile ai fini dell'identificazione delle scelte critiche che più contribuiscono allo sviluppo negativo dell'evento iniziatore o, al contrario, ad una sua attenuazione (per es., nuovi interventi). Tuttavia, nel caso di sviluppi paralleli e contemporanei o cause comuni di guasto, si possono presentare difficoltà di elaborazione. Inoltre, la valutazione quantitativa di alcune opzioni rischia di essere molto soggettiva e l'incertezza dei risultati ottenuti dipende dalla stessa incertezza presente in ogni singola possibilità introdotta e quindi aumenta ampliando il loro numero.
- *Diagramma causa-effetto (o analisi cause-conseguenze):* con questa tecnica si parte da un evento stabilito (incidente) e si studia contemporaneamente le possibili vie di sviluppo tramite un procedimento che è una combinazione tra il "pensare in anticipo" dell'ETA e il "pensare a ritroso" dell'FTA. Il risultato è un diagramma che si sviluppa appunto in due direzioni, perché considera l'interrelazione tra le conseguenze dell'incidente e le cause su cui queste si basano. La sequenza dell'incidente è scomposta in una serie di eventi, ognuno dei quali rappresenta l'evento "top" per un'analisi del tipo FTA. Questa tecnica rappresenta uno strumento molto duttile racchiudendo in sé molti vantaggi sia dell'ETA che dell'FTA. Come analisi può essere utilizzata per fare una previsione della frequenza di accadimento delle conseguenze. Tuttavia, questo metodo risulta piuttosto complesso anche se utilizzato in sequenze relativamente semplici e, inoltre, presenta tutti gli svantaggi dell'ETA e dell'FTA.
- *Risk breakdown structure (struttura di scomposizione dei rischi):* questa tecnica fornisce una rappresentazione gerarchica (su tre o quattro livelli) dei rischi del progetto ordinata per categorie, capace di fornire una struttura che garantisca l'esaustività del processo atto

all'identificazione sistematica dei rischi e al loro livello di dettaglio. Una struttura di questo tipo aiuta a identificare le cause comuni di rischio, le tipologie di rischio e le aree di rischio in un progetto e può essere gestita mediante un semplice elenco dei vari aspetti del progetto, dove le categorie possono essere riesaminate anche nel corso del processo di identificazione dei rischi. Qualora si adottino le categorie basate su progetti precedenti, potrebbe rivelarsi necessario adattarle, regolarle o estenderle a situazioni nuove prima di utilizzarle per il progetto corrente. Successivamente, per eseguire l'identificazione dei rischi si può andare da processi di Brainstorming o ricorrere a delle checklist, quindi, questa tecnica è spesso usata insieme ad altre tecniche per completare il processo di valutazione dei rischi.

- *Job safety analysis:* questa tecnica è una sintesi di diverse metodologie (check-list, questionari, ispezioni e verifiche), con la finalità di riflettere sui pericoli e sulle misure da tutela da adottare. E' fondata sulla suddivisione del job (mansioni) in task (compiti elementari) e sul coinvolgimento diretto degli addetti. Per ciascun compito vengono identificati i pericoli specificando o ipotizzando scenari, cause, frequenze e durata del compito, misure di tutela. In questo caso, i lavoratori sono direttamente coinvolti nella valutazione dei rischi che il proprio lavoro determina, e ciò ha il vantaggio di far accrescere la loro consapevolezza nei confronti della sicurezza. Gli svantaggi sono quelli comuni alle metodologie di cui è sintesi (anche se in alcuni casi mitigati dall'applicazione di tecniche differenti) [60].

1.3.7. GLI APPROCCI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Come detto in precedenza, nella fase di "valutazione dei rischi" bisogna quantificare il rischio (valutato nella precedente fase di "identificazione dei rischi") e per farlo la letteratura mette a disposizione diversi approcci.

Una prima classificazione di tali approcci è quella che distingue tra:

- Metodo induttivo: si ipotizza il guasto del componente procedendo poi ad un'analisi volta ad identificare gli eventi che tale guasto potrebbe causare;
- Metodo deduttivo: si ipotizza l'evento finale per risalire agli eventi che potrebbero causarlo.

Una seconda classificazione, invece, suddivide i metodi in:

- Metodi quantitativi: si basano sull'analisi quantitativa del rischio R= f(P,D), in cui P rappresenta la probabilità del danno associato al rischio e D il danno atteso. Questi metodi risultano molto complessi e articolati in quanto: la funzione f può assumere una forma anche complessa, che tenga conto della maggior parte dei parametri che intervengono nella nascita e nello sviluppo del rischio, quali: fattore umano, materiali, macchina, processo e ambiente; vengono considerati, oltre alla probabilità di accadimento e gravità del danno, anche altri fattori quali: estensione del danno, frequenza e durata di esposizione, possibilità di evitare o limitare il danno, ecc. Tale tipologia di valutazione viene effettuata quando si vuole valutare il rischio in modo molto dettagliato e analitico, lasciando poco spazio alla soggettività del valutatore.
- Metodi qualitativi: tali modelli non utilizzano espressioni matematiche del tipo R=f(P,D) per valutare i diversi rischi, ma effettuano un'analisi qualitativa verificando la conformità alle norme vigenti (leggi, decreti o norme di buona tecnica). Sono basati sulla definizione di classi o livelli convenzionali dei valori della probabilità P e del danno D (ad esempio su

scale di valori da 1 a 3), associati a valori numerici convenzionali non riferiti a grandezze misurabili. Il punto di arrivo è un giudizio qualitativo della situazione che si sta valutando.

- Metodi semi-quantitativi (o semi-qualitativi): si basano su un'analisi quantitativa, in cui il rischio è R=f(P,D), ma con approccio leggermente semplificato. I dati a disposizione sono quelli rilevati al momento dell'indagine ed i parametri di confronto sono quelli che prescrivono le norme tecniche, dipendenti sempre dalla probabilità di accadimento e del danno conseguente.
- Metodi multi-criterio: consentono di prendere in considerazione contemporaneamente diversi fattori attraverso la formulazione del problema decisionale in una struttura gerarchica. Essi, senza perdere di rigore quantitativo e senza ridurre i fattori di analisi coinvolti, mantengono una visione sintetica della percezione del rischio. Un approccio di questo tipo appare in grado di fornire una metodologia flessibile e di facile comprensione con cui analizzare i pericoli e le loro cause e definire conseguentemente delle azioni correttive congruenti.

1.3.8. IL RISCHIO NELLA MANUTENZIONE AI BENI CULTURALI

Nel campo della manuntenzione programmata ai beni culturali edificati è interessante la problematica del rischio affrontata da R. Cecchi e P. Gasperoli in *"La manutenzione programmata dei beni culturali edificati. Procedimenti scientifici per lo sviluppo di Piani e Programmi di Manutenzione. Casi studio su architetture di interesse archeologico a Roma e Pompei.*" [1]. Le valutazioni di gravità del danno e di urgenza dell'intervento riparativo, in fase di programmazione della manutenzione, presuppongo una analisi comparata delle condizioni di rischio. Per rischio si intende il risultato della combinazione tra pericolosità ambientale, vulnerabilità dell'edificio o di suoi componenti ed esposizione:

$$R = P \times V \times E$$

Il rischio è la misura del livello di danneggiamento che, in base alle caratteristiche di pericolosità del sito, e delle condizioni di vulnerabilità degli elementi esposti, si può verificare in un dato intervallo di tempo. Vengono quindi elencate le possibili condizioni di pericolosità, vulnerabilità e rischi.

Condizioni di pericolosità

Vengono messi in evidenza i fattori di pericolosità esterna che determinano l'insorgenza di situazioni di rischio del singolo elemento tecnico che possono produrre un incremento dei fenomeni di degrado o di perdita dell'elemento stesso:

- fattori legati ai fenomeni atmosferici
- fattori legati a fenomeni di aggressività ambientale
- fattori di pericolosità sismica
- fattori di pericolosità idrogeologica
- fattori di pressione antropica.

Condizioni di vulnerabilità

Vengono messi in evidenza i fattori di vulnerabilità dei singoli elementi, sia di natura intrinseca che estrinseca:

- fattori di vulnerabilità dovuti alle condizioni di degrado
- fattori di vulnerabilità legati alla conformazione e alle caratteristiche geometriche dell'elemento
- fattori di vulnerabilità dovuti alle interazioni strutturali tra i singoli elementi (mancanza di collegamenti tra le parti, presenza di elementi spingenti, ecc.)
- fattori di vulnerabilità dovuti alle interazioni funzionali tra i singoli elementi (elemento appoggiato a ..., elemento sottostante a ..., ecc.).

Condizioni di rischio
Vengono messe in evidenza le condizioni di rischio del singolo elemento tecnico incrociando i fattori di pericolosità con quelli di vulnerabilità e con l'esposizione:

- prevedibile evoluzione dei fenomeni di degrado dell'elemento;
- prevedibile perdita di funzionalità dell'elemento;
- possibili danni ad altri elementi contigui o indirettamente interconnessi;
- potenziali danni a persone.

Ancora da [1] *"Dal punto di vista operativo hanno rilevanza le valutazioni di gravità del danno e di urgenza dell'intervento. Per gravità si intende un giudizio sul fenomeno di degrado rilevato, espresso in relazione alla sua consistenza, estensione e incidenza riferito allo stato di conservazione complessivo del Bene. Per urgenza, invece, si intende un giudizio sulla maggiore o minore necessità di eseguire un intervento in tempi rapidi, in relazione alla maggiore o minore propensione dell'oggetto a degradarsi con tasso di accelerazione del degrado variabile (connesso all'intensità degli agenti, alle loro interazioni, al suo stato di conservazione, ecc.) e conseguente al rischio di ulteriore perdita di materiale. Ciò significa che a un elevato livello di gravità del degrado in atto non corrisponde automaticamente un elevato grado di urgenza.*

- *Tipo di degrado (es. presenza di vegetazione con apparato radicale lieve/modesto/severo, ossidazione, patine biologiche, scheggiature, presenza di terriccio, accumulo di acqua nei canali per contropendenza, ecc…)*
- *La gravità del difetto o della anomalia/degrado/guasto deve essere espressa come: bassa, media, alta.*
- *L'urgenza dell'intervento (riferita al difetto o all'anomalia/degrado/guasto) deve essere espresso come:*
    - *grado di urgenza 1 = fenomeno visibilmente rilevabile e diffuso, di gravità più o meno elevata ma non in progressione quindi attribuibile ad una causa non in atto o a fenomeno stabilizzato;*
    - *grado di urgenza 2 = fenomeno in progressione;*
    - *grado di urgenza 3 = fenomeno in rapida progressione che determina evidenti condizioni di rischio tali da richiedere interventi immediati pena la perdita irreparabile dell'elemento o danni all'utenza."* [1].

Interessante, sempre da [1], lo stralcio "… *che a fronte della elevata complessità degli edifici (storici o meno), vero punto di imponderabilità del sistema, occorra dare soluzioni con un approccio altrettanto complesso, cioè capace di altrettanta varietà. Il tema non è molto differente se riferito ai Beni Culturali. Su questi manufatti, l'obiettivo di conservarne il più possibile la materialità, l'integrità, l'efficienza funzionale e l'identità passa attraverso il controllo di eventi di degrado che sono tutto sommato abbastanza prevedibili, almeno per quanto riguarda la materia storica, ma sui quali però non sono facilmente definibili a priori le ciclicità ottimali di intervento. L'ottimizzazione dei cicli manutentivi richiede quindi continua osservazione, monitoraggio e registrazione strutturata delle informazioni di*

ritorno. A partire da queste considerazioni ne deriva che lo studio relativo alla durata e alla vita media dei componenti costruttivi non può che prendere atto del fatto che il comportamento in esercizio degli elementi si discosta in modo significativo da quello simulabile in laboratorio o che può essere dedotto teoricamente. I fattori ambientali, la localizzazione, l'uso e tutte le variabili che entrano in gioco nelle realtà dell'edilizia sono numerose e difficilmente valutabili; per queste ragioni, il più delle volte, il calcolo delle durate dedotto non corrisponde a quello reale. ***La strada da percorrere negli studi deve quindi orientarsi alla messa a punto di indicatori di stato e all'analisi continua della loro evoluzione nel tempo****."*

Pericolosità, vulnerabilità ed esposizione sono considerati i fattori essenziali anche secondo le *Linee Guida per la conservazione delle architetture d'interesse archeologico* [62] dove vengono date queste definizioni:

- Pericolosità (P): probabilità che un dato fenomeno naturale accada in un determinato periodo di tempo o insieme delle condizioni di aggressività ambientale o antropica alle quali un oggetto edilizio è sottoposto e che interagiscono con esso provocando in tempi più o meno rapidi fenomeni di degrado;
- Vulnerabilità (V): propensione di un qualsiasi elemento esposto (p. es. edifici, manufatti architettonici e archeologici) ad essere danneggiato o a degradarsi a causa di un agente esterno connesso alle condizioni di pericolosità ambientale o antropica. La vulnerabilità rappresenta una caratteristica intrinseca dell'elemento esposto, è direttamente dipendente dalle sue condizioni di degrado o di stato e mette in relazione l'azione (aggressione ambientale, sisma, ecc.) con il danno che questa può provocare;
- Esposizione (E): quantità e qualità dei beni esposti ad un determinato fenomeno naturale o antropico (meteorologico, idrogeologico, sismico, di degrado, ecc.).

Gli autori succitati però non definiscono una metodologia di determinazione del rischio, né gli esempi di schede applicative di diagnosi ne propongono una quantificazione, fornendone solo una valutazione descrittiva.

Vulnerabilità e funzionalità (intesa come vite utile) sono alla base dell'approccio proposto da Ortiz et al. [63] per la conservazione del patrimonio culturale. La vulnerabilità è ivi definita come il grado di salute del fabbricato. L'indice di vulnerabilità dipende da caratteristiche materiche (resistenza al fuoco, proprietà chimico-fisiche-meccaniche), tipologia di elemento (copertura, fondazione etc.), fattori antropologici (livello di uso etc.), parametri di sicurezza (strutturale, al fuoco, ambientale etc.). Il calcolo della vita utile dell'edificio dipende da fattori intrinseci ed estrinseci. Le proprietà intrinseche vengono misurate attraverso ispezioni visive in sito e analisi qualitative, ad esempio questionari e interviste a portatori d'interesse. Le proprietà estrinseche si raccolgono attraverso fonti esterne riguardati dati meteorologici, carichi strutturali, condizioni geologiche, affollamento etc. I due metodi prevedono una laboriosa raccolta e analisi di dati, sebbene forniscano risultati coerenti e permettano la priorizzazione delle azioni manutentive.

1.3.9. IL RISCHIO NELLA SICUREZZA DEL LAVORO

Il concetto di rischio più vicino a quello dell'oggetto del presente studio è quello legato alla sicurezza del lavoro. In Italia, negli ambienti di lavoro, il concetto di valutazione dei rischi viene introdotto

per la prima volta dal D. Lgs. 626 del 19 settembre 1994. Nel 2008 lo stesso concetto viene confermato con l'emissione del D. Lgs. 81 del 09 aprile, noto anche come Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro. A seguire un elenco di definizione di rischio compresa quella data dal TU ora citata:

- Insieme della possibilità di un evento e delle sue conseguenze sugli obiettivi. (UNI 11230 – Gestione del rischio).
- Combinazione della probabilità di accadimento di un danno e della gravità di quel danno. (UNI EN ISO 12100-1).
- Probabilità che sia raggiunto il livello potenziale di danno. (Orientamenti CEE riguardo alla valutazione dei rischi di lavoro).
- Combinazione della probabilità e della conseguenza del verificarsi di uno specifico evento pericoloso. (OHSAS 18001, 3.4).
- Probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione (art. 2 lettera s del D. Lgs. 81/2008).

Legati al rischio sono quindi altri due concetti, il danno e il pericolo. Quest'ultimo viene definito come:

- Causa o origine di un danno o di una perdita potenziali. (UNI 11230 – Gestione del rischio);
- Potenziale sorgente di danno (UNI EN ISO 12100-1);
- Proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore (sostanza, attrezzo, metodo di lavoro) avente la potenzialità di causare danni. (Orientamenti CEE riguardo alla valutazione dei rischi di lavoro e art. 2 lettera r del D. Lgs. 81/2008).
- Fonte di possibili lesioni o danni alla salute. Il termine pericolo è generalmente usato insieme ad altre parole che definiscono la sua origine o la natura della lesione o del danno alla salute previsti: pericolo di elettrocuzione, di schiacciamento, di intossicazione, (Norma Uni EN 292 parte I/1991 - ritirata)
- Fonte o situazione potenzialmente dannosa in termini di lesioni o malattie, danni alle proprietà, all'ambiente di lavoro, all'ambiente circostante o una combinazione di questi. (OHSAS 18001, 3.4).

Il danno invece:

- Qualunque conseguenza negativa derivante dal verificarsi dell'evento (UNI 11230 – Gestione del rischio).
- Lesione fisica o danno alla salute (UNI EN ISO 12100-1).
- Gravità delle conseguenze che si verificano al concretizzarsi del pericolo.
- La magnitudo delle conseguenze M può essere espressa come una funzione del numero di soggetti coinvolti in quel tipo di pericolo e del livello di danno ad essi provocato.

La revisione della letteratura conferma che i fattori principali da dover considerare per la valutazione del rischio associato alla caduta di gravi da facciate di edifici storici sono il degrado e la durata della vita dei componenti edilizi che può essere valutata come frutto dell'interazione di diversi fenomeni monitorabili e rilevabili in sito. Esistono poi fattori esterni all'edificio, quali ad

esempio l'affollamento dell'area circostante, da dover tenere in considerazione, come sarà discusso nei paragrafi che seguiranno.

2. MOTIVAZIONE E AMBITO DELLO STUDIO

2.1. CASI DI CROLLI A NAPOLI

Un'indagine sui crolli di elementi di facciata che si sono verificati nella città di Napoli ha condotto a una comprensione delle condizioni di accadimento e sulle conseguenze di tali eventi. L'indagine è stata eseguita consultando siti web. Il motore di ricerca utilizzato è stato Google con keywords: crolli/calcinacci Napoli, feriti calcinacci/cornicioni Napoli. I casi analizzati sono stati quarantadue. Di questi, quattro sono stati esclusi: tre riguardavano edifici in cemento armato e uno, una singolarità, il crollo di un caduceo in ghisa di una farmacia. Le informazione trovate hanno riguardato casi avvenuti tra il 2011 e il 2020. La Figura 10 e la Figura 11 riportano due di questi esempi [64] [65].



Figura 10 – Articolo WEB sulla morte di un commerciante a Via Duomo colpito da calcinacci



Figura 11 – Articolo WEB sulla morte di un ragazzo colpito da calcinacci della Galleria Umberto I

Nella Tabella 5 una sintesi dei casi di crollo documentati.

N.	DATA DEL CROLLO	ZONA/STRADA/PIAZZA	DESCRIZIONE ELEMENTI CADUTI	Altezza approssimata di caduta [m]	DANNI/FERITI/MORTE	Tipo i ferita	NOTE
1	25/03/2020	Via Pessina	Intonaco cornicione	20	NO	-	
2	27/02/2020	Posillipo	Persiana	N.D.	Auto danneggiata	-	
3	04/02/2020	Via Duomo	Intonaco piano di fondo	12	NO	-	
4	30/12/2019	Via Toledo	Intonaco cornicione	20	NO	-	
5	27/07/2019	Via Toledo	Intonaco cornicione	20	NO	-	
6	19/06/2019	Via Tribunale	Intonaco cornicione	N.D.	NO	-	
7	08/06/2019	Via Duomo	Conci / intonaco cornicione di confine	20	Persona morta	Ferite alla testa e ad una spalla. Rottura braccio. Il ferito è stato portato cosciente all'ospedale dove è morto.	
8	29/04/2019	Via Maddaloni - Palazzo Doria D'Angri	Conci balcone	8	NO	-	
9	15/04/2019	Via Porta di Massa	Caduceo in ghisa della farmacia	3	Ferito lieve	Tagli alla testa	SINGOLARITA'
10	20/02/2019	Via San Sebastiano	Intonaco piano di fondo	5	Ferito lieve	Alla testa	
11	02/02/2019	Via Benedetto Croce	Intonaco piano di fondo	5	NO	-	
12	28/10/2018	Via Chiaia	Intonaco piano di fondo	5	Ferito lieve	N.D.	
13	21/08/2018	Via Luca Samuele Cagnazzi	Conci / intonaco fascia marcapiano	7	Auto danneggiata	-	
14	18/05/2018	Via Sant'Anna di Palazzo	Intonaco cornicione	10	Due feriti + auto danneggiata	Entrambi con trauma cranico e ferite lacero contuse alla testa	
15	18/05/2018	Vico Lungo Gelso	Intonaco cornicione	10	Danni scuter		
16	31/05/2017	Vico S. Margherita a Fonseca	Intonaco cornicione	5	NO	-	
17	18/05/2017	Via Santa Chiara	Conci /intonaco balcone	13	NO	-	
18	09/01/2017	Via dei Tribunali	Intonaco cornicione	9	NO	-	
19	22/11/2016	Via Santa Chiara	Intonaco cornicione confine	N.D.	Ferito lieve	N.D.	
20	28/10/2016	Via Chiaia	Intonaco lesena	8	Ferito lieve	Alla spalla	
21	28/10/2016	Via Domenico Fontana	Intonaco piano di fondo	N.D.	NO	-	Edeficio in cemento armato
22	30/08/2016	Piazza Matteotti	Caduta di una lettere in metallo	N.D.	NO	-	Edeficio in cemento armato
23	15/07/2015	Via Giuseppe Martucci	Intonaco cornicione	7	NO	-	
24	27/05/2015	Via Sant'Anna di Palazzo	Intonaco cornicione	10	NO	-	
25	25/11/2014	Viale Augusto	Intonaco cornicione	20	NO	-	
26	07/11/2014	Via Francesco Caracciolo	Intonaco lesena	13	NO	-	
27	06/11/2014	Via Ponte di Tappia	Intonaco/conci calcestruzzo balcone	N.D.	Ferito lieve	Alla testa	Edeficio in cemento armato
28	23/09/2014	Via Chiaia	Intonaco cornicione	17	Ferito lieve	Lacero contuso alla testa	
29	23/09/2014	Piazza Municipio	Stucchi e intonaco cornicione	14	NO	-	
30	23/09/2014	Piazza Plebiscito	Intonaco cornicione	16	NO	-	
31	23/09/2014	Via Giuseppe Verdi	Conci /intonaco balcone	12	NO	-	
32	23/09/2014	Via Margellina	Conci /intonaco balcone	5	NO	-	
33	23/09/2014	Piazza Museo	Intonaco lesena	13	NO	-	
34	23/09/2014	Via Vittorio Emanuele III	Intonaco cornicione	12	NO	-	
35	23/09/2014	Via Toledo	Intonaco fascia marcapiano	7	NO	-	
36	27/08/2014	Vico Lungo Gelso	Conci /intonaco balcone	22	Danni auto	-	
37	27/08/2014	Via Duomo	Conci / intonaco fascia marcapiano	7	NO	-	
38	14/07/2014	Via Firenze	Conci / intonaco cornicione	16	Ferito lieve	Ferite a testa e ad una spalla	
39	05/07/2014	Via Toledo	Stucchi ed intonaco cornicione	18	Morte	Ferite alla testa. Morte sopraggiunta in ospedale	
40	03/01/2014	Via Scarlatti/Via Kerbaker	Intonaco cornicione angolo	18	Danni due scuter	-	
41	12/10/2011	Via Giuseppe Maffei	Conci / intonaco cornicione	25	NO	-	
42	05/04/2011	Via S. Agostino alla Zecca	Conci / intonaco cornicione	10	NO	-	

Tabella 5 – Casi di crolli documentati a Napoli

Individuati gli edifici oggetto di crollo, si sono poi stimate le altezze di caduta tramite sopralluogo. Quest'ultimo ha riguardato trentacinque edifici di cui si è riusciti a determinare l'elemento distaccato e caduto. Dall'analisi è emerso che circa la metà dei crolli ha riguardato i cornicioni, a seguire i balconi e poi, con incidenza inferiore, altre parti (Figura 12).



Figura 12 - Areogramma con le percentuali di crolli per i vari elementi di facciata.
Parti di edificio interessate da distacco e cadute.

La stragrande maggioranza dei crolli, il 64%, non ha avuto alcuna conseguenze per persone e/o cose. Il 13% ha prodotto danni ad auto e moto. Un 10% ha prodotto lievi feriti e l'8% feriti gravi, in genere colpiti alla testa (ferite lacero contuse/traumi cranici). I morti, il 5%, hanno sempre subito colpi alla testa con morte sopraggiunta in ospedale. La maggioranza dei feriti, il 60%, è risultato essere colpito alla testa, il 30% alle spalle e solo in un 10% dei casi alle mani. Riguardo le altezza di caduta, è interessante notare che non si segnalano casi per cadute da parti basse degli edifici - primi 4 metri – e che non risultano feriti gravi per i primi 10 metri (Figura 13). Inoltre, nel caso di morte di Via Duomo, si è constata una inefficacia delle reti di contenimento.

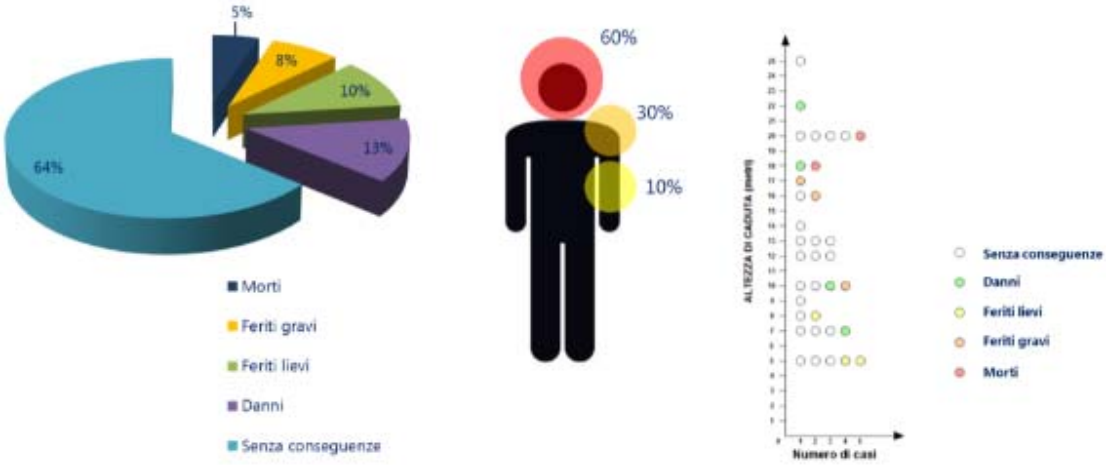


Figura 13 - Conseguenze della caduta di elementi e altezza di caduta

2.2. INDIVIDUAZIONI E CARATTERISTICHE DELL'AMBITO

L'ambito di studio della presente ricerca è ristretto agli edifici residenziali del centro storico di Napoli realizzati in muratura portante prima della II Guerra Mondiale e siti lungo Corso Umberto I, tra Piazza Giovanni Bovio e Piazza Nicola Amore (Figura 14). Questi edifici presentano in comune, oltre l'ubicazione, l'epoca di costruzione, i materiali, le tipologie costruttive, contesto ambientale e antropico.

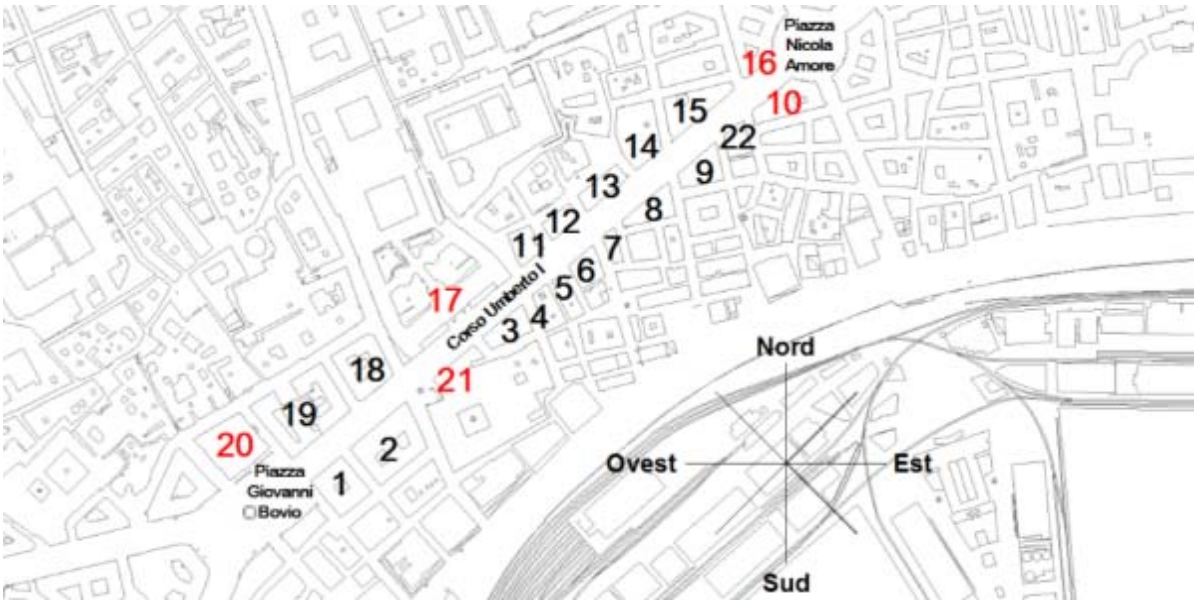


Figura 14 - Ambito di studio. Edifici contigui Corso Umberto I da Piazza G. Bovio a Piazza N. Amore - Napoli

Sono esclusi dall'ambito la Sede Centrale dell'Università di Napoli Federico II (17) e Palazzo Borsa (20) perché edifici non residenziali. Gli edifici dei Quattro Palazzi (16/10) e del Banco di Napoli, perché edifici monumentali con caratteristiche di singolarità rispetto alla maggioranza di edifici residenziali del Centro Storico. L'Hotel Napoles (21) perché realizzato dopo la II Guerra Mondiale.



Figura 15 - Edifici dell'ambito esclusi dall'indagine. Da sinistra verso destra: Sede Centrale dell'Università di Napoli Federico II, Quattro Palazzi, Palazzo della Borsa. In basso Hotel Naples e Banco di Napoli.

2.2.1. STORIA DEGLI EDIFICI DI CORSO UMBERTO I

Corso Umberto I, "il Rettifilo", nacque a fine '800 inizi '900, grazie alla legge del risanamento avuta in un periodo storico nel quale i quartieri bassi, a causa di condizioni precarie di igiene e salubrità, furono coinvolti in un susseguirsi di epidemie di colera, precisamente nel 1855, nel 1866 e nel 1873. Nel 1876 il sindaco duca di San Donato intraprese una serie di iniziative volte alla sistemazione dei fondaci e della rete fognaria, che rientrò poi nel piano del Risanamento. I fondaci erano sostanzialmente una serie di abitazioni agglomerate molto fatiscenti, con ingressi senza finestre. Si estendevano dall'attuale piazza Municipio-via Marina, oltre l'ospedale Loreto Mare verso Piazza Nicola Amore, nel 1870 erano circa 108 divisi in quartieri. I progetti della bonifica dei fondaci furono realizzati solo in parte, uno nel 1877 a cura dell'ingegnere Folinea, il quale si occupò dell'area tra via San Bartolomeo e Rua Catalana ai lati di via Flavio Gioia, proveniente da Via del Piliero. Contemporaneamente ci fu un altro intervento vicino Piazza Mercato abolendo un fondaco e sostituendolo da una strada con riedificazione dei fronti. Anche via Duomo fu ampliata prima della legge del Risanamento. Prima fu interessato il lotto da Via Foria al Duomo dando alla strada una luce di 16 metri, poi dal Duomo fino a Vicaria Vecchia (oggi via Forcella) e completata dopo il 1880 fino a Via Marina. Ci furono ovviamente tanti altri interventi anche su più edifici, ma la vera molla che poi diede l'assetto odierno a Corso Umberto I, fu l'altra epidemia di colera nel 1884, che provocò nel giro di poche settimane circa 7000 morti. In questa situazione estremamente grave il Presidente del Consiglio Agostino De Pretis dichiarò che era necessario "sventrare" Napoli, termine ripreso dal libro di Matilde Serao "il ventre di Napoli". I principali promotori della bonifica dei quartieri bassi furono il Presidente del Consiglio, il sindaco Nicola Amore e il ministro degli esteri Pasquale Stanislao Mancini. Nel giro di due settimane l'ingegnere capo Adolfo Giambarba presentò un progetto su una carta della città disegnata da Schiavoni tra il 1872 e il 1880. Giambarba aveva già partecipato nel 1871 al concorso del piano regolatore, proponendo questo rettilineo già pensato da Enrico Alvino nel 1868. Dunque l'idea rimane la stessa, ovvero una strada rettilinea che divideva i quartieri di Porto, Pendino e Mercato, lunga circa due chilometri, che si collegava con la stazione ferroviaria. La commissione comunale incaricata di vagliare le varie proposte, mise come punti fondamentali quelli già individuati dal sindaco Sandonato, cioè risanamento dei quartieri bassi, sistemazione rete fognaria e idrica. A tal proposito per distanziare le due reti si vagliò l'idea di innalzare il suolo di 3,5 metri. Nel 1886 la larghezza del rettifilo fu ridotta di 27 metri e aggiunta una biforcazione stradale che partiva da una piazza vicino piazza di Porto, una in salita verso l'attuale via Toledo e una piana verso Castel Nuovo. Successivamente venne inserita anche via Pietro Colletta per collegare anche Castel Capuano. A luglio il piano venne approvato e il capitolato d'appalto fu pronto nel 1888 e la vincitrice fu la società del Risanamento di Napoli, che aveva come membri solo persone settentrionali e nemmeno un esponente napoletano, suscitando così non poche polemiche. I lavori vennero portati tutti a compimento nel 1920 tra numerosi abbattimenti e ricostruzioni. Partendo da fine Piazza Bovio verso Piazza Nicola Amore, prima del Risanamento tra via Sedile di Porto e via Lanzieri, vi erano tra le varie abitazioni, 5 chiese delle quali 4 furono abbattute. Sant'Onofrio dei Vecchi invece, fu inglobato in un edificio di Corso Umberto I, nello specifico il primo palazzo sulla sinistra partendo sempre da Piazza Bovio. Pre Risanamento la situazione si presentava come rappresentato in Figura 16. A questo agglomerato urbano fu cambiato completamente l'assetto, lasciando solo le strade Lanzieri e via Sedile di Porto, anche se quest'ultima fu ampliata rispetto a quella iniziale (Figura 16 e Figura 17) [66].

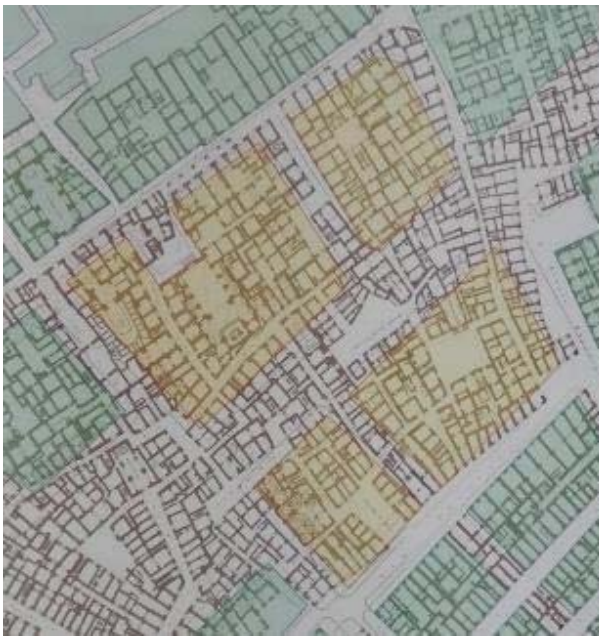


Figura 16 - Zona da Piazza Bovio verso Piazza Nicola Amore. Confronto pre e post Risanamento..

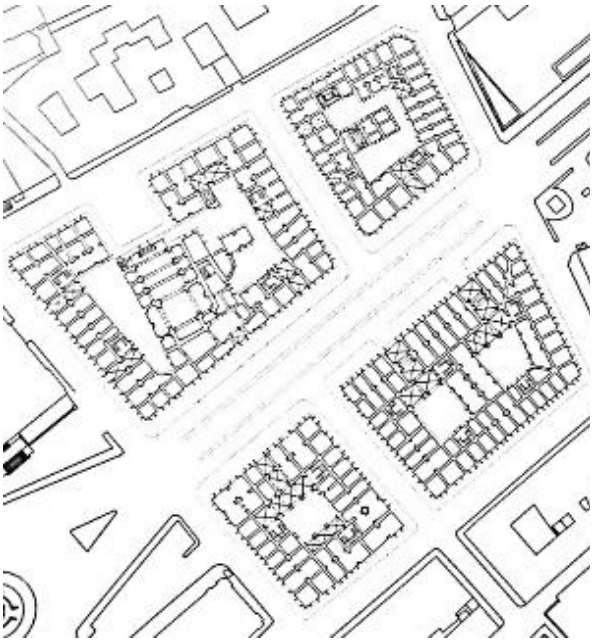


Figura 17 - Zona da Piazza Bovia verso Piazza Nicola Amore. Post Risanamento.

I quattro palazzi post Risanamento, evidenziati nel lotto probabilmente furono progettati dalla stessa persona ovvero da uno dei componenti della società per il Risanamento, Pier Paolo Quaglia. I prospetti delle prime due facciate a destra e sinistra vicine alla piazza, si presentano con i medesimi elementi decorativi. Inoltre gli edifici 1 e 2 avevano ed hanno ancora oggi un'impostazione in pianta simile, ovvero con vestibolo e porticato che davano al cortile interno, che conduceva a sua volta a delle scale (Figura 17). La differenza è che l'edificio 2 è molto più grande e ha il lato obliquo verso porta di Massa. Nel primo dopoguerra tutti gli edifici su Corso Umberto furono sopraelevati, in particolare l'edificio 1 fu innalzato di 2 piani, abbattendo gli originari tetti a falde. Proseguendo sulla destra da Piazza Bovio verso Piazza Nicola Amore, ritroviamo l'edifico numero 21. La zona soggetta a trasformazione è ad oggi tra Corso Umberto e via Marina, tra tutti i lotti analizzati questo è quello che subì maggiori modifiche. In questo lotto è presente la chiesa e l'ex monastero di San Pietro Martire. Nel 1808 San Pietro Martire dopo l'espulsione dei Domenicani diventò sede di impianti per manifattura di tabacchi. Con l'intervento del risanamento venne abbattuto un piccolo edificio in modo da permettere alla facciata della chiesa di San Pietro Martire di affacciarsi sul rettifilo, venne aperta la strada di Via Lanzieri e abbattute le vecchie abitazioni pur mantenendo i vecchi allineamenti (Figura 18 e Figura 19) [66].



Figura 18 – Zona chiesa di San Pietro Martire pre Risanamento.

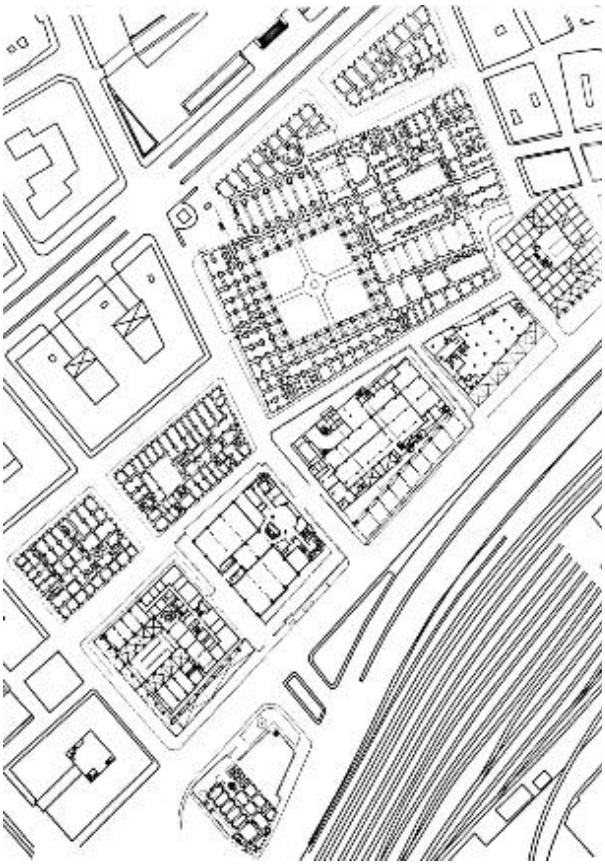


Figura 19 - Zona chiesa di San Pietro Martire. Confronto pre e post Risanamento.

La parte retrostante all'ex monastero di San Pietro Martire ebbe ulteriori modifiche dopo il 1939 ovvero con la variante del piano regolatore e dal piano di ricostruzione del dopoguerra, dando l'assetto odierno (Figura 19). Dunque da quello che si evince dalle immagini, dopo la legge del Risanamento, l'edificio n. 3 non subì alcuna modifica, pertanto risale certamente a fine 800 inizi 900. L'edificio ha il doppio ingresso su Corso Umberto e su via Palmieri. Data la somiglianza con l'edificio 8, si pensa che sia stata opera dello stesso progettista. La facciata si presenta con una grande trabeazione sotto il cornicione, lateralmente presenta delle lesene con conci di stucco e un basamento alto che prende due piani [66]. Proseguendo sul lato destro, il lotto in esamina è compreso tra Corso Umberto, via Nuova Marina, Via Principessa Margherita e via Carlo Troia. Questa parte era sostanzialmente un luogo di commercio, infatti nel periodo ducale vi erano colonie di città marinare al di sotto della strada Loggia di Genova. Successivamente si insediarono altre famiglie nobili in particolare quella Amalfitana che insieme a quelle Napoletane resero questa zona florida per il commercio. Prima Carlo II emanò un primo statuto per la comunità degli Orefici e Argentieri dove si stabilivano delle regole per il lavoro, poi anche la regina Giovanna I emise un secondo statuto. Dunque in quest'area vi erano due tipi di commercio, uno del pesce verso Via Marina e uno dell'oro. Anche qui molte erano i luoghi di culto e luoghi di raccoglimento come la piazza degli orefici, dove poi venne tutto abbattuto ad eccezione dell'edificio 4 che è una delle facciate rilevate e l'edificio retrostante Figura 20. Nel 1943 vi furono tanti danni a seguito dei bombardamenti, quindi grazie alla variante del piano Regolatore del '39 e il piano di ricostruzione, nel 1962 ci furono una serie di demolizioni e furono concesse le costruzioni di fabbricati fino ai 18 metri di altezza (Figura 21) [66].



Figura 20 - Zona tra l'edificio 4 e 9. Confronto pre e post Risanamento.



Figura 21 - Zona tra l'edificio 4 e 9. Piante post Risanamento

La facciata dell'edificio 4 dunque come accennato precedentemente non fu demolita, nel 1868 la facciata fu modificata. La facciata 7 prende il posto della vecchia piazza degli Orefici, trovandosi in un lotto stretto la facciata in altezza risulta sproporzionata rispetto alla larghezza concludendosi con un frontone disegnato, lo stile è neoliberty, con pavimento a mosaico interno. La facciata 8 e 9 potrebbero essere opera dello stesso progettista in quanto presentano delle caratteristiche planimetriche simili, ovvero dopo i vestiboli vi sono gallerie parallele alla strada, che conducono alle scale (Figura 21). Tuttavia, come decori la facciata 9 non è particolarmente ricca, non vi sono fregi sotto il cornicione o modiglioni sotto gli sbalzi. È sempre presente un alto basamento che si sviluppa per due piani, per poi proseguire negli altri 5 piani con lesene, bugnati e marcapiani in stucco. L'edificio risulta essere più alto degli altri, si suppone dunque che siano state fatte delle soprelevazioni. Per quanto riguarda la facciata 8 essa presenta delle similitudini con la facciata 3, pertanto per tale ragione il progettista potrebbe essere lo stesso. Si ha infatti un alto basamento di due piani in stucco dipinto di grigio, ogni piano è diviso orizzontalmente da una fascia marcapiano, verticalmente da lesene. Il cornicione come è ricco di decori.

Ultima facciata rilevata fa parte di uno dei 4 edifici di piazza Nicola Amore. Fulcro di questo lotto è la Sellaria una piazza di forma allungata dedicata al commercio, infatti A Sud nel 1506 dei fondaci furono occupati dalle attività di tintoria e lavanderia conosciute come "Zecca dei Panni". Nel 1648 il vicerè conte d'Ognatte, dopo due anni dalla rivolta del Masaniello, in risposta al tumulto predispose la bonifica della Zecca dei panni e la costruzione di una fontana nella piazza della Sellaria. Alla Zecca furono abbattute molte abitazioni, facendo passare una strada larga di 10 metri. Non vi furono poi molti cambiamenti importanti nel secolo successivo, tempo dopo venne allargata Via Duomo, implicando così un rifacimento di alcune facciate, ma non vi furono abbattimenti di edifici religiosi in quest'area. Nel 1889 invece, l'assetto cambiò completamente, fu tutto abbattuto per lasciar posto alla piazza centrale chiamata poi Nicola Amore in onore del Sindaco promotore

del Risanamento. Scomparve dunque il vecchio impianto della piazza Sellaria e del Pendino, demolita la Zecca dei Panni e altri luoghi di culto (Figura 22 e Figura 23) [66].



Figura 22- Zona dei Quattro Palazzi. Pre e post Risanamento

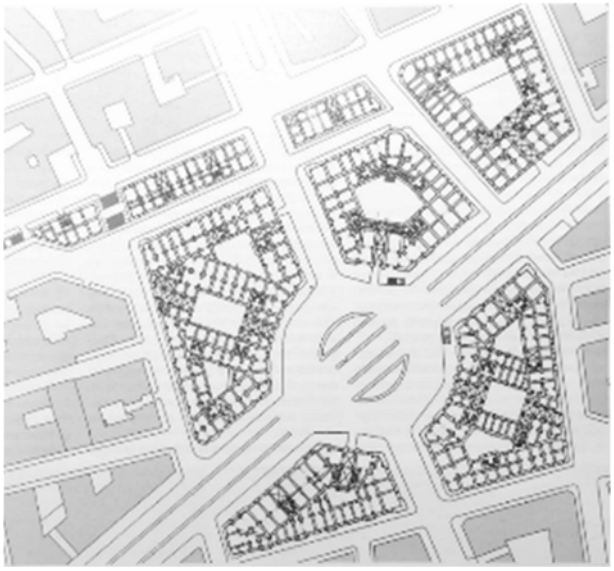


Figura 23 - Zona dei Quattro Palazzi. Post Risanamento

A cingere la piazza Nicola Amore vi sono i Quattro Palazzi i quali hanno lo stesso stile decorativo, ad ogni fronte vi è una coppia di cariatidi, presentano sulle facciate decorazioni bugnate ad andamento orizzontale, mentre scandite verticalmente dalle colonne [66].

2.1.1.1 Materiali edili impiegati nel Risanamento

Già nella ricerca storica fatta su Corso Umberto I, si evince che le facciate sono state realizzate con stucchi e che nel corso degli anni hanno subito delle modifiche, ovvero delle sopraelevazioni, con la conseguente demolizione degli originari tetti a falde. Importante è stata questa ulteriore fase di ricerca su materiali e particolari costruttivi. A fine '800 lo stile nei quartieri bassi è ispirato al neobarocco, con facciate simmetriche "decorate ed armonizzate euritmicamente tra loro". Si nota che gli elementi architettonici di cui sono composti i prospetti di ogni fabbricato sono gli stessi, cambiano talvolta i decori. Ad esempio, in alcune facciate sono presenti semplici lesene e bugnato alla base, altre hanno solette con modiglioni, fascia marcapiano, decori al di sotto del cornicione, colonne di vari ordini e archi. Tutte però hanno in comune i materiali impiegati, semplici e poco pregiati. Non c'è da stupirsi infatti se per motivi economici, data la mole di lavori da realizzare con il Risanamento, le facciate siano state decorate con intonaco e stucco. Dai capitolati speciali del 1891 sia di case civili che di case economiche si trovano tutte le specifiche necessarie per capire materiali e lavorazioni dei decori. Tra le due tipologie di abitazioni cambiano pochi particolari che vengono specificati a breve. Si evince che gli edifici furono progettati considerando uno scantinato, pian terreno e almeno due piani superiori, con struttura portante in tufo. La profondità delle fondazioni è di 5 metri con spessori dei muri di 130 cm per quelli perimetrali esterni, fino ad arrivare a 50 cm al quarto piano. Per muri non portanti lo spessore invece varia dai 90 cm ai 40 cm, mentre per i divisori tra due appartamenti, i tramezzi sono da 10 cm e all'interno dello stesso appartamento da 6 cm, esclusi gli strati di intonaco. Dunque, nella realizzazione della struttura portante il materiale scelto dalla società per il Risanamento fu il tufo giallo napoletano considerandone la buona

aderenza con le malte, le quali una volta indurite conferiscono a tutto l'elemento murario la monoliticità sufficiente per resistere alle sollecitazioni. Il progettista doveva scegliere i tufi in funzione della resistenza allo schiacciamento, durezza della massa e alla porosità. A causa di quest'ultima caratteristica ai muratori dell'epoca furono imposte delle regole per l'esecuzione dei lavori, tra cui bagnare le facce del tufo per evitare che assorbisse l'acqua dell'impasto. Qualora fossero presenti residui di terra, lavare il blocco per evitare che si interponesse altro materiale, compromettendone l'aderenza con la malta. Altro accorgimento in funzione delle caratteristiche del tufo fu quello di mettere una lastra di pietrarsa ad una certa altezza con spessore di circa 20 cm, per evitare urti data la scarsa tenacità e durezza del materiale. I conci in commercio erano denominati come "pietra da una" (20 cm x 20 cm x 25 cm) da 0.010 mc, da una e mezza di 0.015 mc, da due di 0.020 mc. La disposizione poteva essere a strati (usata per lo più nelle fondazioni), oppure a filari. In questo caso i blocchi avevano la stessa altezza e riempiti a sacco ovvero con pietre mai lasciate "a secco". Sempre in tufo sono le volte che ricoprono gli scantinati, invece i solai dei piani superiori sono con travi in ferro e spaccatelle in tufo tranne nelle case economiche dove al piano terra e primo piano sono previste le volterrane. Le coperture sono tutte in legno, a padiglione per le case civili, a una falda per quelle economiche, ma come si è potuto constatare ad oggi sono stati demoliti per lasciare posto a delle soprelevazioni. Per gli infissi invece veniva specificato che le essenze del legno dovevano essere in castagno, larice rosso o pitch-pine. Per quanto riguarda le finiture delle facciate vi sono delle specifiche ben dettagliate nei capitolati, tra cui le proporzioni degli impasti. Gli strati di finitura venivano divisi in: rinzaffo, abbozzo, intonachino e stucco. Non in tutti gli elementi erano presenti tutti gli strati, ad esempio nel caso di pareti e volte delle botteghe e sotto il tetto, era previsto l'intonaco ordinario. Sulle pareti interne l'intonachino, negli androni, nelle scale e nelle facciate esterne, lo stucco e la dipintura [67].

Rinzaffo

I muri venivano prima preparati con un rinzaffo di malta composto da metà arena e metà calcina, dunque questo impasto era di preparazione per la muratura prima di stendere l'intonaco [67].

Abbozzo

Sopra il rinzaffo veniva poi applicato un primo rivestimento detto abbozzo. La malta era confezionata con 2/5 di calcina magra ben spenta e 3/5 di sabbia senza diluire troppo con acqua. A seconda della lavorazione e tipo di malte, l'intonaco si distingueva in "ben governato", "comune fratazzato", "a mazzuola", "spianato a riga", "di cemento".

- Intonaco ben governato era sempre costituito da rinzaffo e abbozzo ma con calcina e lapillo, lisciato con la cazzuola;
- Intonaco comune fratazzato se spianato con il fratazzo, ovvero una tavola rettangolare con manico;
- Intonaco a mazzuola aveva lo stesso confezionamento dell'intonaco governato, ma era prima battuto con la mezzarenga e poi lisciato con la cazzuola risultando di spessore inferiore ai 4 cm;
- Intonaco spianato a riga era lavorato con un righello in legno;
- Intonaco di cemento che come si evince dalla parola, era realizzato con malta di cemento e sabbia vulcanica di pari quantità. Esso poteva essere a semplice strato o a doppio strato con la differenza che in quest'ultimo vi era una parte di increspatura [67].

Intonachino
Se veniva aggiunto un altro strato composto da metà arena sempre ben setacciata e metà calce spenta, si parlava di intonachino. La stesura avveniva previa asciugatura dello strato di abbozzo, mettendo già sul rinzaffo delle guide poste ad una distanza di 1 m - 1,50 m. Tra questi capisaldi veniva steso l'intonachino partendo prima dagli estremi per poi arrivare al centro, spianando bene con il regolo a squadro. Ovviamente se in alcuni punti fossero mancate delle parti, veniva aggiunto altro impasto, mentre laddove sopravanzava attraverso la righella messa tra le guide se ne toglieva l'eccesso, fin quando la superficie non risultava liscia e a piombo [67].

Stucco
Per lo stucco invece il confezionamento avveniva con calcina e polvere di marmo, o proveniente dalle cave di Caserta o da schegge di marmo senza che fossero state cotte preventivamente. La procedura per la stesura era la stessa per l'intonachino, con la differenza che l'abbozzo era di calcina e polvere di marmo e già spianato. Per le finiture in stucco a faccia vista esse potevano essere lisce e lucide ad imitazione del marmo, bugnato, lisce e colorate. Nel primo caso la miscela di calce bianca con polvere di marmo colorata veniva stesa sull'abbozzo, per poi essere dipinta quando ancora era umida, con le venature del marmo. Le proporzioni dell'impasto erano sempre una metà di calce cotta a legna e ben spenta, con l'altra metà di polvere di marmo o di Ischia. La differenza tra le due polveri era che l'ultima conferiva una consistenza più fluida e lavorabile, ma con il tempo le maestranze preferirono la polvere di marmo, perché più duratura [67].

Altro capitolato analizzato per il presente lavoro di tesi, è stato quello dell'11 febbraio 1895, ovvero quello dei lavori a misura che risulta essere il più completo dei capitolati. Ovviamente i materiali sono gli stessi citati pocanzi, vi è solo qualche specifica in più che per completezza viene brevemente riportata. Partendo dalla struttura portante per le fondazioni in acqua era previsto il calcestruzzo composto da 1/3 di malta idraulica e 2/3 di scoria vulcanica [67].
Le pietre in tufo venivano selezionate considerando una resistenza a compressione di 43 kg/cm^2 e un peso specifico di 1300 kg/m^3,mentre per i mattoni sia pieni che forati, usati per i tramezzi la resistenza a compressione doveva essere pari a 80 kg/cm^2. La posa in opera doveva essere posta sfalsata e tale da evitare di avere una malta maggiore di mezzo centimetro. Quest'ultima era divisa in malta idraulica composta da 1/3 di calce spenta e 2/3 di pozzolana, l'altra era la malta ordinaria composta in proporzioni uguali tra calce spenta, pozzolana del Vesuvio e pozzolana di Napoli. Per la tipologia di solaio invece, vi era la descrizione del solo solaio con travi in ferro con interasse di 80 cm, con voltine in tufo e malta ordinaria. Per quanto riguarda la parte sulle finiture vi sono le stesse indicazioni, considerando sempre il rinzaffo (con la stessa proporzione per l'impasto), l'intonaco ordinario fratazzato, intonachino e intonaco a stucco. Viene solo specificato che nel caso di cornici e mostre l'abbozzo doveva contenere il cemento per dare la forma voluta, prima di rivestirle a stucco [67].

2.1.1.2 Particolari costruttivi
Il primo passo è stato rilevare e osservare da vicino le facciate, il secondo è stato quello di conoscere la storia di tutto Corso Umberto I, per poi ricercare nei Capitolati i materiali utilizzati dalla Società

per il Risanamento. L'ultima fase di conoscenza è quella dello studio dei particolari costruttivi di cui si compongono le facciate, essenziale poi per il rilievo del degrado. Di seguito si riporta la nomenclatura e la definizione di alcuni elementi che molto spesso si trovano negli edifici storici e che sono stati analizzati nel presente lavoro di tesi.

- *Aggetto:* elemento a sbalzo accessibile con porte finestre, ornato con balaustra o ringhiera in ferro.
- *Balaustra:* parapetto formato da piccole colonne collegate sia in basso che in alto da elementi continui che fungono nel caso della parte superiore da corrimano.
- *Basamento:* parte inferiore di un edificio tra il suolo e primo ordine di finestre, ed è detto anche zoccolo.
- *Bugnato:* composto da bugne, ovvero dei conci sporgenti con forme che vanno da quelle quadrate, alle rettangolari oppure piramidali
- *Cimasa*: modanatura curva o sporgente
- *Cornice:* elemento decorativo che costituisce un'incorniciatura intorno a porte o finestre. Negli ordini architettonici classici è l'elemento superiore della trabeazione.
- *Cornicione*: coronamento edificio, con andamento orizzontale più o meno sporgente, decorato con modanature, modiglioni.
- *Lesena:* elemento architettonico ad andamento verticale, poco sporgente dal muro. Ha dunque la forma di semi pilastro o semicolonna
- *Modanatura:* fascia sagomata che arricchisce i decori, con forme semplici rettilinee, curvilinei semplici e complessi.
- *Parasta:* elemento strutturale sporgente dalla parete. Visivamente è simile alla lesena, ma ha la funzione di sostegno inglobato nella parete.

Cornicioni

I cornicioni sono elementi aggettanti della copertura che nascono con la funzione di smaltimento delle acque meteoriche e di protezione della facciata, oltre a conferire all'edificio una certa valenza estetica. Analizzando in particolare il periodo storico a fine 800 inizi 900 lo stile dei decori adottato fu di tipo neoclassico. Nell'architettura classica la distinzione delle parti del cornicione era così suddivisa:

- la sopra cornice o cimasa: elemento finale di coronamento;
- gocciolatoio: parte principale del cornicione, era una lastra "sospesa" dove spesso veniva fatto un incavo nella faccia inferiore. Lo scopo del ritaglio era quello di evitare all'acqua piovana di arrivare sulla facciata;
- sottocornice: parte finale del cornicione, che aveva la duplice funzione di sostenere il gocciolatoio e grazie ai decori conferire una certa valenza estetica alla facciata [67].

I cornicioni nell'edilizia storica tra 800 e 900 potevano essere in pietre artificiali (cemento, mattoni, terracotta), pietra da taglio, oppure muratura e stucco. Il dimensionamento avveniva secondo regole empiriche, proporzionando il tutto in funzione dell'altezza del prospetto, ovvero compreso tra 1/12-1/17. Di solito per le abitazioni le quote si aggiravano intorno ai 75-90 cm, con sporgenze tra i 40-60 cm, con gocciolatoi di spessori compresi tra i 13 cm e i 18 cm. I gocciolatoi realizzati con le pietre da taglio consentivano sporgenze maggiori, ma bisognava ben ancorarli nella muratura per evitare ribaltamento dovuto al peso proprio e ai carichi accidentali. Dunque, per ovviare a

questo problema una soluzione era bloccare la lastra con il peso della copertura. Quando però erano presenti semplici tetti a falde in legno questo accorgimento non era sufficiente, ragion per cui o veniva innalzato un muro attico in mattoni o si prolungava il muro della facciata (Figura 24) [67].

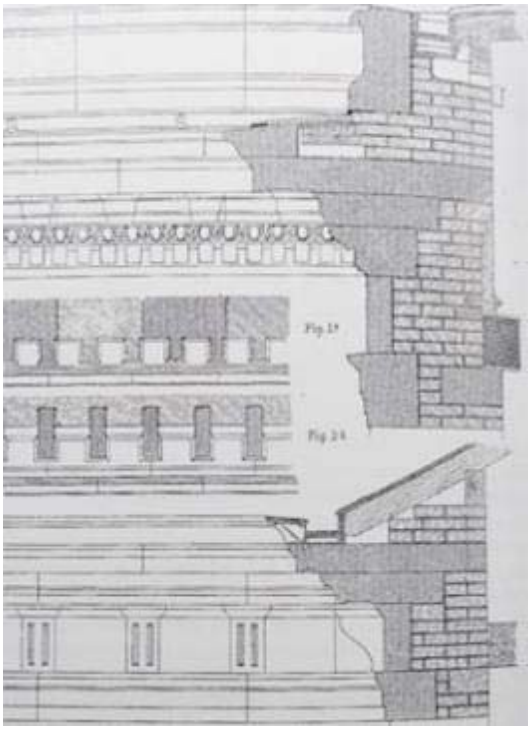


Figura 24 – Particolari costruttivi dei cornicioni.

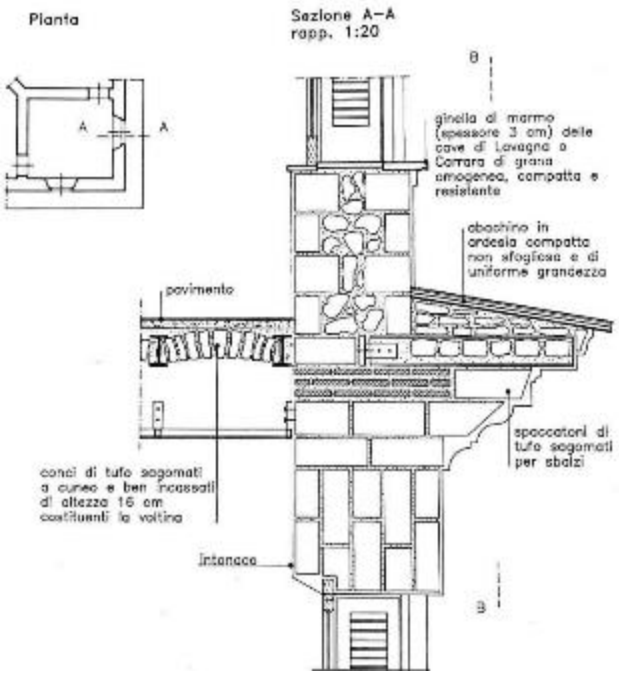


Figura 25 - Particolari costruttivi del cornicione

Nella sottocornice i blocchi decorativi erano elementi a sé stanti, i quali alle volte avevano la funzione di sorreggere il gocciolatoio, essi pertanto erano opportunamente dimensionati e incastrati per una certa lunghezza nella muratura. I laterizi invece si sfalsavano progressivamente per poi essere intonacati, ovviamente in questo modo non si raggiungevano grandi sporgenze. La società per il Risanamento utilizzò muratura e stucco, in quanto nei Capitolati veniva specificato che era necessaria un'ossatura in tufo o battuto di lapillo e che l'abbozzo per i decori doveva contenere cemento per poter "ricacciarvi le modanature, onde rivestirle a stucco" (Figura 25). Nel caso di parti aggettanti molto sporgenti su muri sottili, era necessario ricorrere a profilati, tiranti in ferro e grappe (Figura 26) [67].

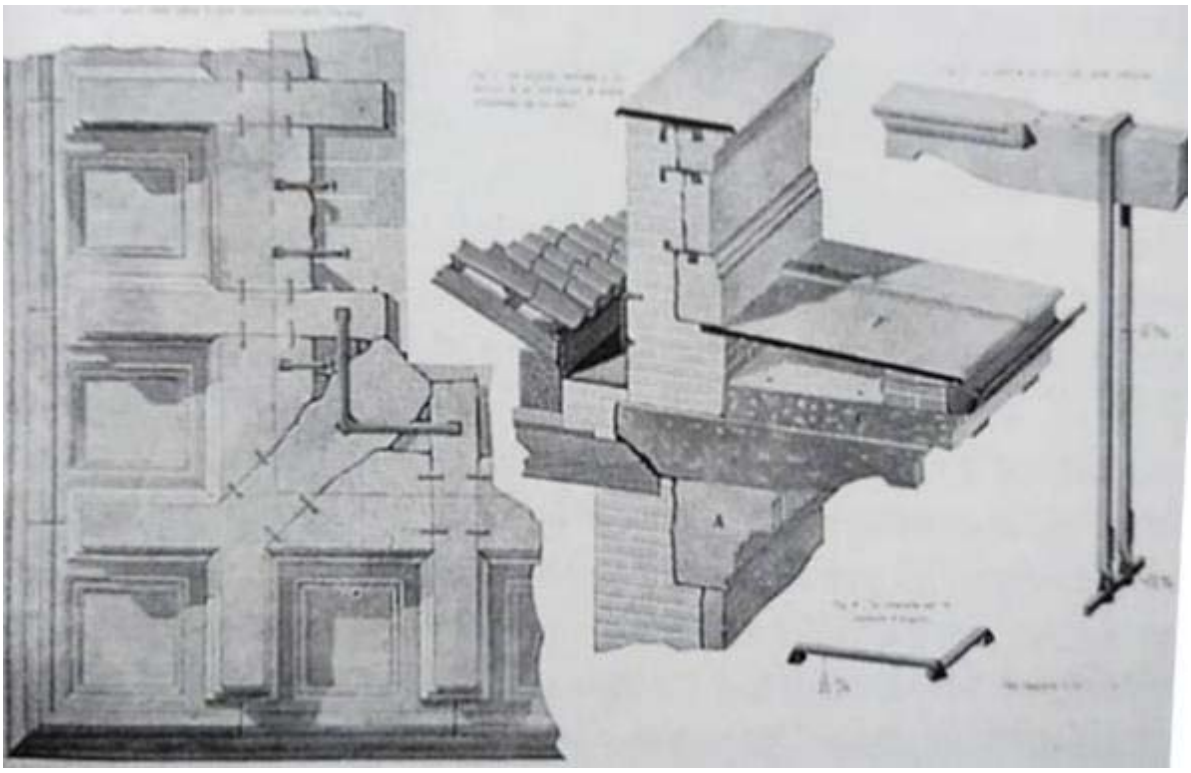


Figura 26 – Particolari costruttivi dei cornicioni

Nel caso di gocciolatoi formati da lastre in pietra naturale veniva adoperato un profilato a C sopra di esso collegato con tiranti fissati con dadi ad un ferro simile posto in verticale nella muratura. Talvolta per evitare spreco di materiale, si rendevano portanti le mensole, quando vi erano aggetti importanti. La tecnica era di porre queste mensole lungo tutto lo spessore della muratura e bloccarle con una trave a doppio T in ferro (Figura 27) [67].

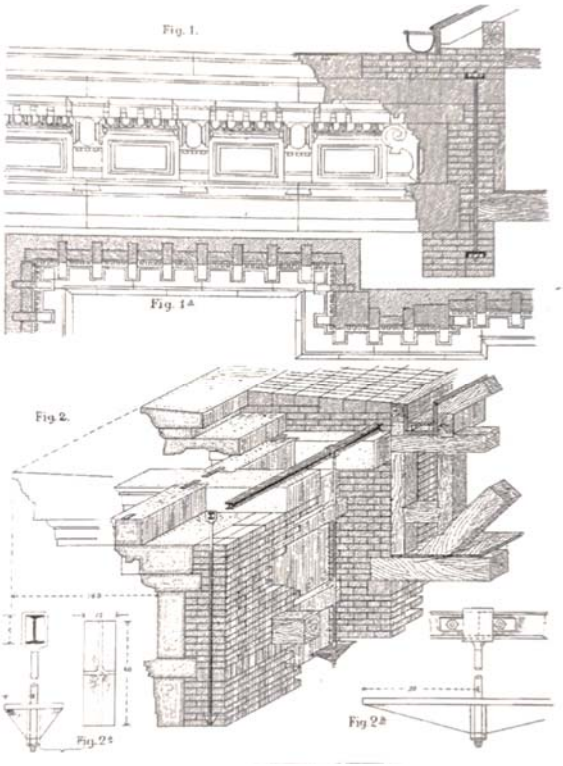


Figura 27 – Particolari costruttivi dei cornicioni

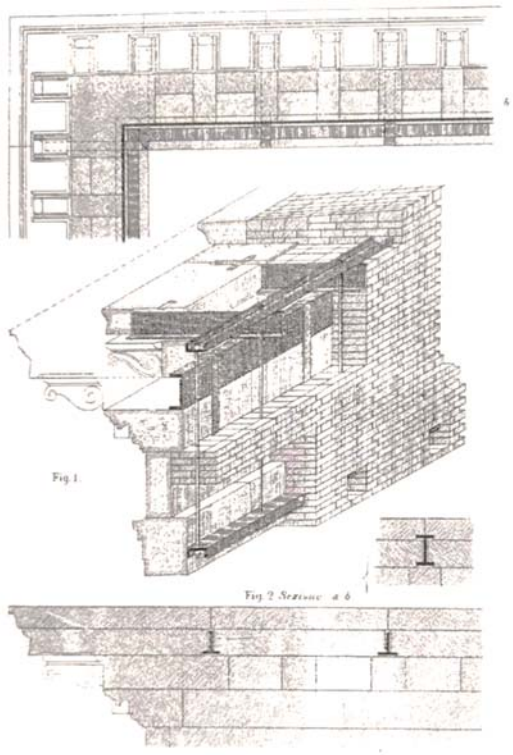


Figura 28 – Particolari costruttivi dei cornicioni

Qualora le mensole fossero state esili, venivano incastrate in un profilato a C, poggiando il gocciolatoio sulle ali del profilato a T o doppio T (Figura 28).
Altra soluzione tecnologica di fine 800 fu quella di avere dei blocchi di calcestruzzo armato, modellato in appositi stampi di gesso, inseriti nella muratura con tiranti e profilati in acciaio, come appena descritto. Anche con il calcestruzzo gli sporti erano notevoli, inoltre esteticamente erano simili a pietre naturali grazie alla miscela di vari inerti. In alcuni casi erano i solai stessi a fungere da cornicione, poiché venivano prolungati e sbozzati, intonacando la modanatura. Se il solaio era in cemento armato la soluzione più semplice era quella di prolungarlo e sbozzarlo, rifinendo i decori con l'intonaco. Invece se i solai erano in ferro, le travi a 13doppio T venivano prolungate e rivestite con il conglomerato cementizio, assolvendo il compito di supportare i gocciolatoi, sbozzati con calcestruzzo a cui dei chiodi forgiati davano una forma grossolana, rifinita con intonaco. La tecnica di utilizzare questi profilati come struttura portante dei cornicioni venne ben sperimentata sull'edificio dell'accademia delle belle arti a Napoli da Camillo Guerra nel 1919. Era noto che le mensole composte in tufo a causa di infiltrazioni d'acqua e della scarsa capacità a flessione, non erano sicure. Pertanto, vennero inserite travi da 160mm, su cui poggiavano delle piastre che avevano la funzione di rendere l'appoggio più solido e ampio di cornice e sottocornice (Figura 29) [67].

[13] Queste travi erano chiamate gattoni. Erano usate a prescindere della struttura del solaio, in quanto era sufficiente garantire un buon incastro nella muratura. Fungevano dunque da base portante delle mensole, le quali venivano rifinite grossolanamente con un getto di calcestruzzo e chiodi.

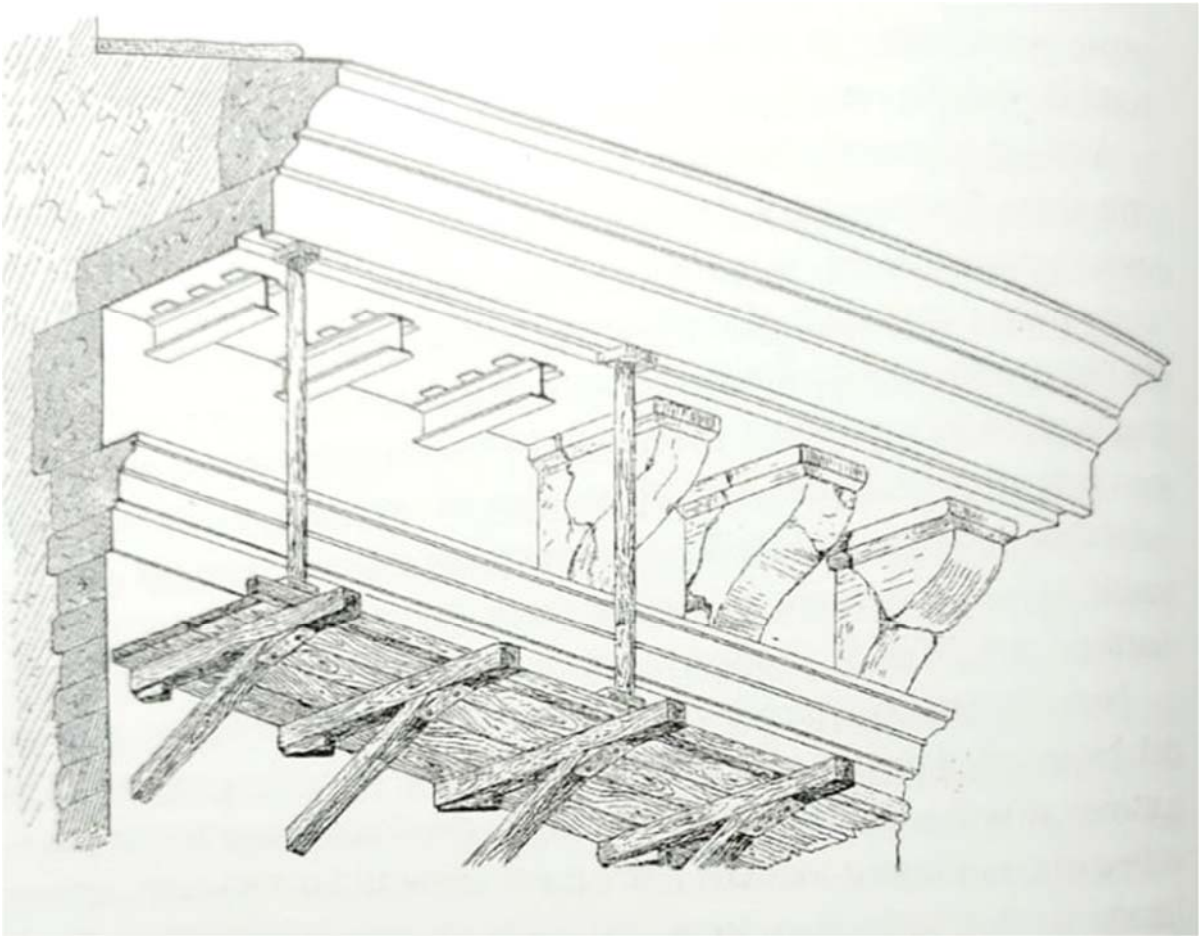


Figura 29 – Particolari costruttivi del cornicione

Per risolvere il problema delle acque meteoriche, il sopracornice era spiovente rivestita in ardesia. Il canale di gronda era posto al di sopra del cornicione o inglobato nei decori o dietro il muro attico [67].

Sbalzi

Gli sbalzi rilevati hanno dimensioni e forme differenti anche sulla stessa facciata. Alcuni sono minori di 50 cm e altri hanno una lunghezza intorno ai 1,10 metri e possono avere o una semplice soletta di 15 cm o decorate con false mensole. Dai capitolati di appalto specie quello del 1895 dagli articoli 43 a 46, veniva specificato che i solai erano composti da travi di ferro e voltine in muratura, ovvero con spaccatelle di tufo e malta ordinaria. L'interasse delle travi era di 80 cm e altezze variabili in funzione delle distanze tra gli appoggi, ovvero dai 3,50 m ai 6,50 m le dimensioni variavano dai 14 cm ai 22 cm con voltine dai 16 cm in poi. A fine '800 i balconi erano dei solai, composti da travi in ferro incastrate nella muratura, con spaccatoni in tufo che costituiscono volticelle (Figura 30 e Figura 31), oppure su ogni mensola di robuste travi incastrate che poi si rivestono di stucco, venivano poggiati delle travi trasversali. Sulla superficie piana veniva steso uno strato di asfalto e poi messo in opera il pavimento o in marmo o in lastre di ardesia [67].

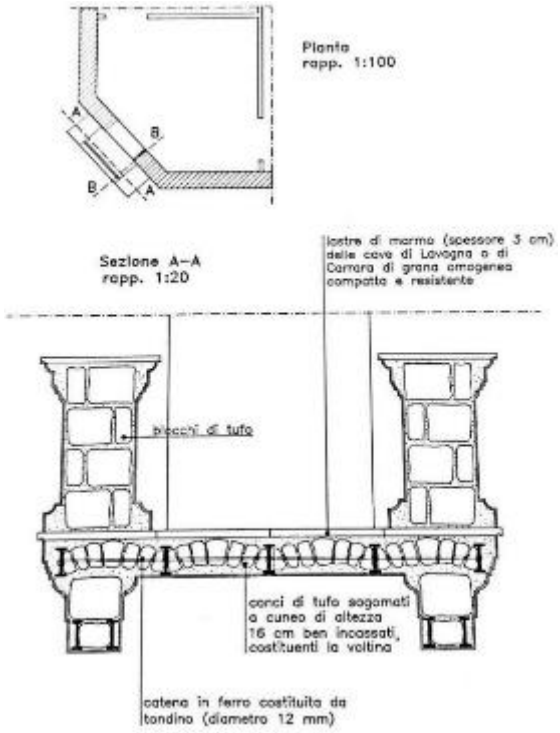


Figura 30 – Particolari costruttivi degli sbalzi

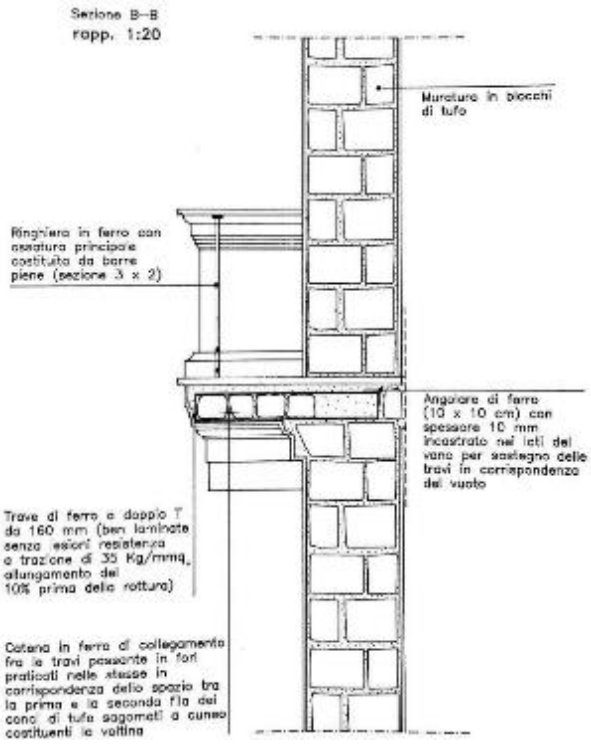


Figura 31 – Particolari costruttivi degli sbalzi

Nel '900 si utilizzavano sempre travi a doppio T su cui poggiavano o tavelloni orizzontali o voltine con laterizi forati, collegati da conglomerato cementizio sbozzato grossolanamente per realizzare un particolare tipo di modanatura. Con questa tecnologia però, a causa di trattamenti antiossidanti non efficaci o insufficienti, in corrispondenza dell'ala inferiore si creavano fenomeni di fessurazione, distacco e condensa. Nei solai per ovviare a questo problema vennero utilizzate le volterrane, che erano dei laterizi di forma trapezoidale con la base perfettamente orizzontale e con una sagomatura laterale che fungeva da copriferro per la trave a doppio T. Erano disposte in numero dispari 3,5,7 e le dimensioni erano in funzione della luce da coprire e dal carico da sopportare, con spessori variabili dai 10 centimetri ai 25 centimetri. Un'altra tipologia costruttiva era quella di poggiare su una piattaforma in pietra con una certa pendenza, su due mensole incastrate nella muratura e assicurata con una buona qualità di malta [67].

Basamento, lesene

Il basamento così come le lesene si presentano bugnate. Le bugne sono dei decori che si realizzano sfalsando i blocchi nella muratura che possono essere aggettanti o semplicemente intonacati, dando un effetto sporgente rispetto ai giunti verticali e orizzontali. Essi possono avere svariate forme da quella rettangolare che è la più comune, ed infatti presente sulle facciate rilevate, a quelle piramidali. Possono essere anche realizzate con lastre scolpite, ma come ampiamente riportato dai Capitolati sicuramente furono intonacate [68].

Cornici

Le cornici sono un elemento decorativo che si ritrova sempre nelle facciate storiche che oltre ad avere una funzione estetica proteggono in parte gli infissi (Figura 32 e Figura 33).

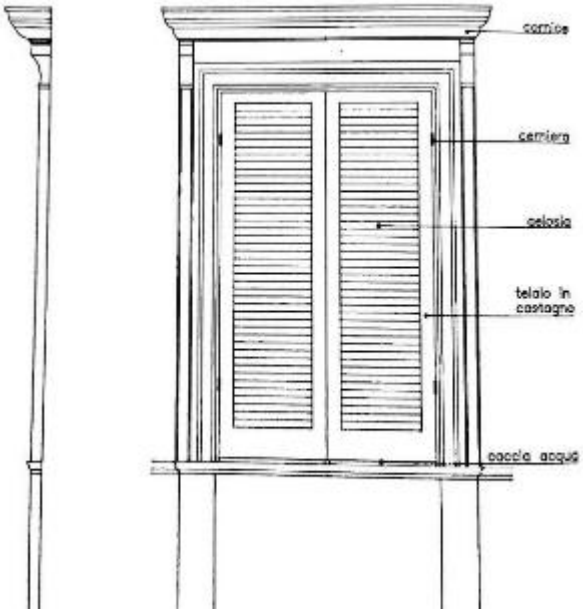


Figura 32 – Vista laterale e prospetto delle cornici delle finestre

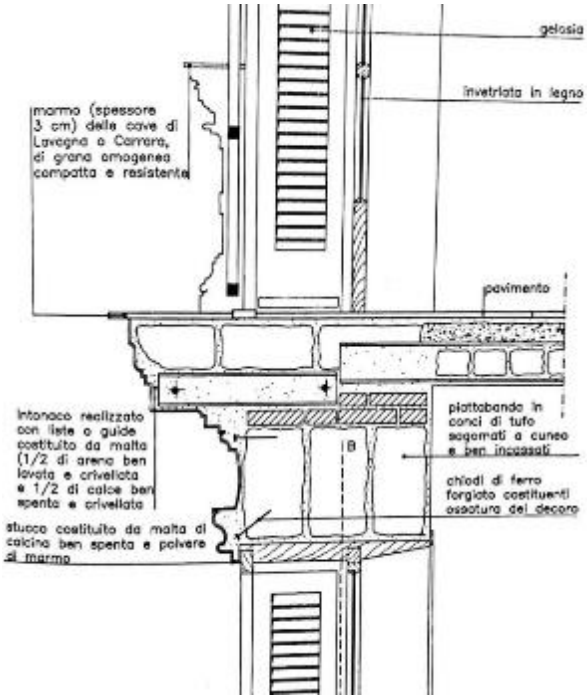


Figura 33 – Particolari i sezione delle cornici delle finestre

Dal capitolato del 1891 art. 73 emerge che per tutti gli elementi sporgenti più di 5 centimetri, quali fasce, mostre, cornici, dovevano essere predisposte già in fase di costruzione, un'adeguata ossatura o in tufo o mattoni o battuto di lapillo. Nel caso gli spessori fossero compresi tra i 5 cm e gli 8cm, bisognava prevedere armature con fil di ferro. Per realizzare i decori veniva usata una tavoletta ritagliata detta sagoma, la quale scorreva su un regolo fissato con i chiodi. Contro il muro si gettava la malta, si poggiava la sagoma e se ne ritirava l'impasto in eccedenza. Altro metodo per realizzare i decori era quello dello stucco scorniciato, ovvero la malta era composta da calce spenta pari al doppio della polvere di marmo, rendendo l'impasto poco fluido e lavorabile con la "cucchiara" [67].

2.3. ANALISI DELLE FACCIATE DELL'AMBITO DI STUDIO

Al fine di determinare i parametri che serviranno alla messa a punto del metodo oggetto di tesi, sono stati analizzati e catalogati, nell'ambito urbano sopra descritto, 17 edifici e 37 facciate per una superficie totale di circa 26.000 m^2. Di ogni facciata sono state determinate le superfici costituenti i vari elementi e di questi l'incidenza delle anomalie così come definite dalla UNI 11182: 2006. L'analisi è stata svolta fotografando le varie facciate e, partendo dalle dimensioni di alcuni elementi noti, tramite proporzioni, sono state determinate le superfici incognite. Nel calcolo delle superfici, che sono state semplificate rispetto a quelle reali, non si è tenuto conto della maggiorazione apportata da mensole, decori e incavi. In pratica le superfici sono state considerate piane. Le mancanze sono state considerate come superfici, misurandone quella prevalente, senza tener conto del loro spessore. L'approssimazione condotta è ritenuta accettabile per un'analisi a larga scala come questa e che riguarda solo le superfici di facciata. Non si è indagato poi sulle epoche dei vari interventi manutentivi fatti negli anni e sullo stato degli infissi. Il piano terra non è stato oggetto di studi, questo alla luce dell'indagine di cui al paragrafo 2.1 e cioè che non si sono mai verificati crolli riguardanti elementi di questo livello.

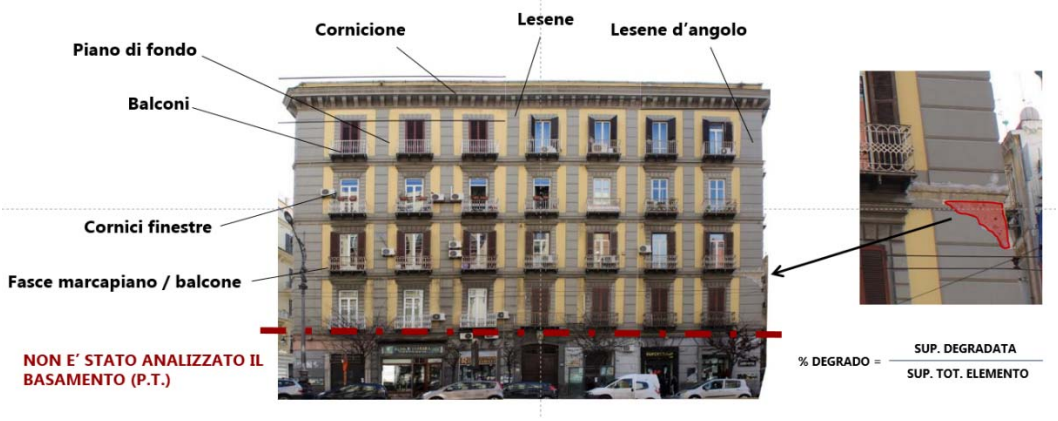


Figura 34 - Elementi della facciata di un edificio oggetto di studio

I degradi riscontrati più diffusi sono stati: alterazione cromatica, fratturazione o fessurazione, colatura, deposito superficiale, esfoliazione, lacune e mancanze. Si è rilevato che il 38% delle facciate presenta reti di contenimento (Figura 35 e Figura 36). Questo è indicativo di come sia particolarmente sentita la problematica dei crolli a Napoli. Reti del tutto inefficaci come dimostrato nel crollo verificatesi a giugno 2019 a Via Duomo e che ha visto la morte di una persona. Anche se escluso dalla presente analisi è interessante notare come uno degli edifici dei Quattro Palazzi abbia, in corrispondenza della parte bassa, un balcone con aggetto capace di proteggere i passanti dalla caduta di elementi dei piani superiori. Si tratta di un accorgimento progettuale non raro e riscontrato anche in altri edifici del Centro Storico. In questi casi la rete di contenimento viene disposta solo all'intradosso di quest'aggetto percepito, giustamente, come unico elemento pericoloso.



Figura 35 - Quattro Palazzi. Un balcone nella parte bassa a protezione dei passanti



Figura 36 - Reti di contenimento poste per evitare la caduta di calcinacci sui passanti e rivelatesi del tutto inefficaci.

Lo studio si è concentrato sulle superfici con lacune e mancanze calcolando la percentuale di degrado in rapporto alla superficie totale dei singoli elementi. I risultati sono espressi nell'istogramma di Figura 37. L'obiettivo è quello di determinare la pericolosità intrinseca degli elementi.

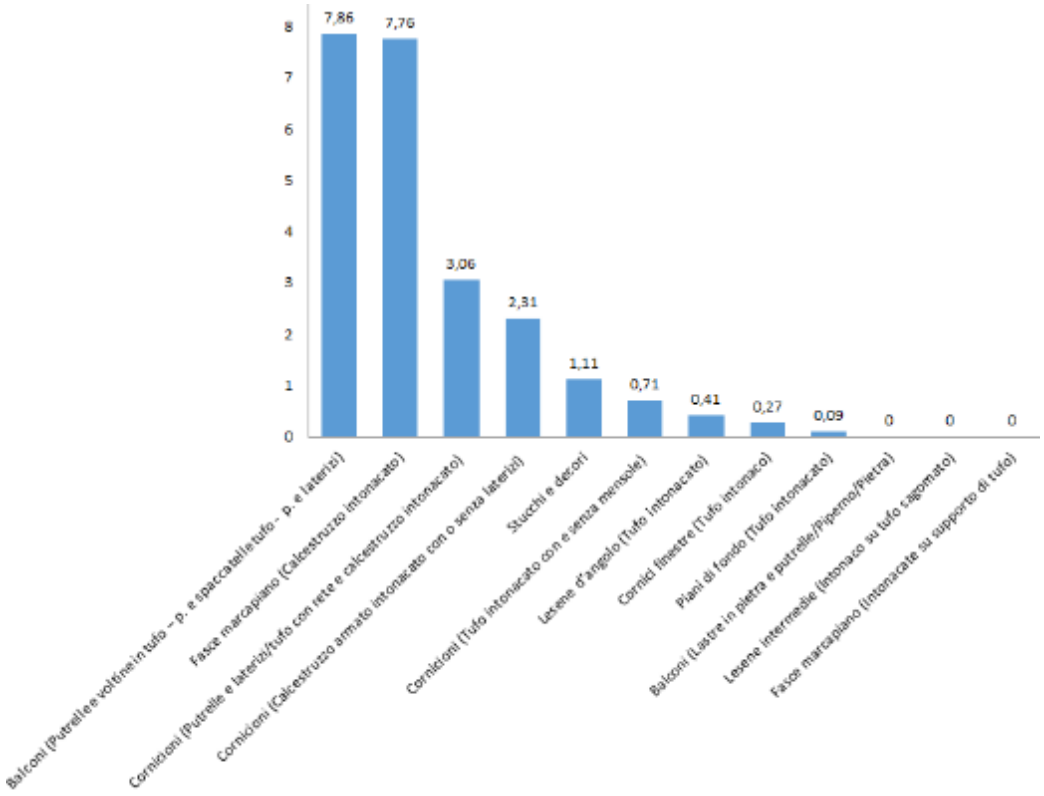


Figura 37 - Percentuali delle superfici di elementi di facciata con lacune/mancanze

Si rileva che balconi e cornicioni sono quelli che presentano più elementi caduti e quindi una pericolosità maggiore. Interessante è vedere (Figura 38) come per questi elementi il distacco e la caduta di parti riguardi principalmente gli spigoli. Quindi, al fine della determinazione della pericolosità di detti elementi, la dimensione aggettante dell'elemento stesso risulta poco influente. Il cornicione risulta avere un rischio maggiore perché a causa della sua sporgenza, che nella maggior parte dei casi supera ogni altro elemento di facciata, produce distacchi che non possono essere attenuati da altri elementi sporgenti della facciata. Cosa che invece accade per i balconi.



Figura 38 - Il distacco e la caduta di parti dei cornicioni e dei balconi riguarda principalmente gli spigoli. Il distacco e la caduta di elementi del cornicione non è quasi mai attenuata dalla presenza di aggetti inferiori. Cosa che invece accade per i balconi. Della parte evidenziata in giallo del balcone, soggetta a distacchi e caduta, la caduta della parte in rossa sarà sicuramente attutita dalla presenza dei balconi sottostanti.

Nell' 80 percento degli elementi di facciata analizzati la presenza di mancanze o lacune non riguarda mai una sola parte dell'elemento ma è diffusa sullo stesso. Questo a significare che dove l'elemento è affetto da queste patologie, con molto probabilità, seguiranno altri distacchi e cadute su altre parti dell'elemento.

Per la definizione dei fattori che concorrono alla determinazione del rischio in seguito si vedrà che è importante conoscere la percentuale di superficie di facciata occupata dai vari elementi. Si è quindi condotta un'analisi sugli edifici dell'ambito basata su una serie di approssimazioni: la superficie di facciata degli edifici è stata considerata piana e i balconi sono stati considerati di superficie pari a 50 centimetri, dimensione della cella del raster (si veda paragrafo 3.2), per la loro lunghezza. I risultati sono riportati nella Tabella 6.

ELEMENTI DI FACCIATA	PERCENTUALI SUPERFICI DI FACCIATA OCCUPATE DAI VARI ELEMENTI
Piano di fondo	22 %
Persiane e infissi (Escluso PT)	13 %
Cornice finestre	12 %
Stucchi e decori	4 %
Lesene	8 %
Balconi	7 %
Cornicioni	10 %
Fasce marcapiano	4 %
Basamento	20 %

Tabella 6 - Percentuale superficie di facciata occupata dai vari elementi

2.4. RILIEVO FOTOGRAMMETRICO DELLE FACCIATE

Al fine di mettere a punto la metodologia del presente studio è stato necessario lavorare su immagini fotogrammetriche delle facciate degli edifici dell'ambito. Il rilievo fotogrammetrico utilizza le immagini fotografiche per conoscere posizione e oggetti e viene utilizzato soprattutto per i fronti urbani e per i prospetti degli edifici. Le classificazioni su questa tecnica sono varie, in funzione del tipo di ripresa, se aerea o terrestre, del tipo di elaborazione e, del tipo di foto, classica (sviluppata su pellicola) o digitale (strutturata in piccoli elementi detti pixel). Ogni rilievo si divide in due fasi: la ripresa con l'acquisizione dei dati e la fase di elaborazione dove le informazioni vengono impiegate per il risultato finale da ottenere. Per il presente lavoro di tesi si è proceduto con due tipi di riprese. La prima, in attesa della disponibilità di un drone, è stata una ripresa terrestre con macchina fotografica digitale ed elaborazione tramite software open source Gimp. Un'approcci "rapido" ma con risultati poco precisi. La seconda tramite drone ed elaborazione con software Metashape.

2.4.1. Ripresa da strada

Si tratta di un metodo di ripresa rapido, ma poco preciso nei risultati. Si ha un appiattimento delle immagini all'aumentare dell'altezza degli elementi rilevati e la perdita di molti dettagli la cui vista è ostruita dalla presenza dei balconi che, rispetto al punto di scatto, ostacolano la visuale. Anche se non preciso, questo primo approccio è stato ritenuto idoneo dallo scrivente per la messa a punta della metodologia. Tramite questo tipo di ripresa sono state rilevate tutte le facciate alla destra di Corso Umberto I - partendo da piazza Bovio fino a piazza Nicola Amore -. Per la buona riuscita del rilievo si è posizionata la macchina fotografica sul marciapiede opposto rispetto alla facciata. Sono state scattate più fotografie, avendo cura di spostarsi lungo una linea retta e mantenendo

l'asse ottico ortogonale alla facciata per il piano terra per poi inclinare l'asse ottico solo lungo la verticale verso l'alto.

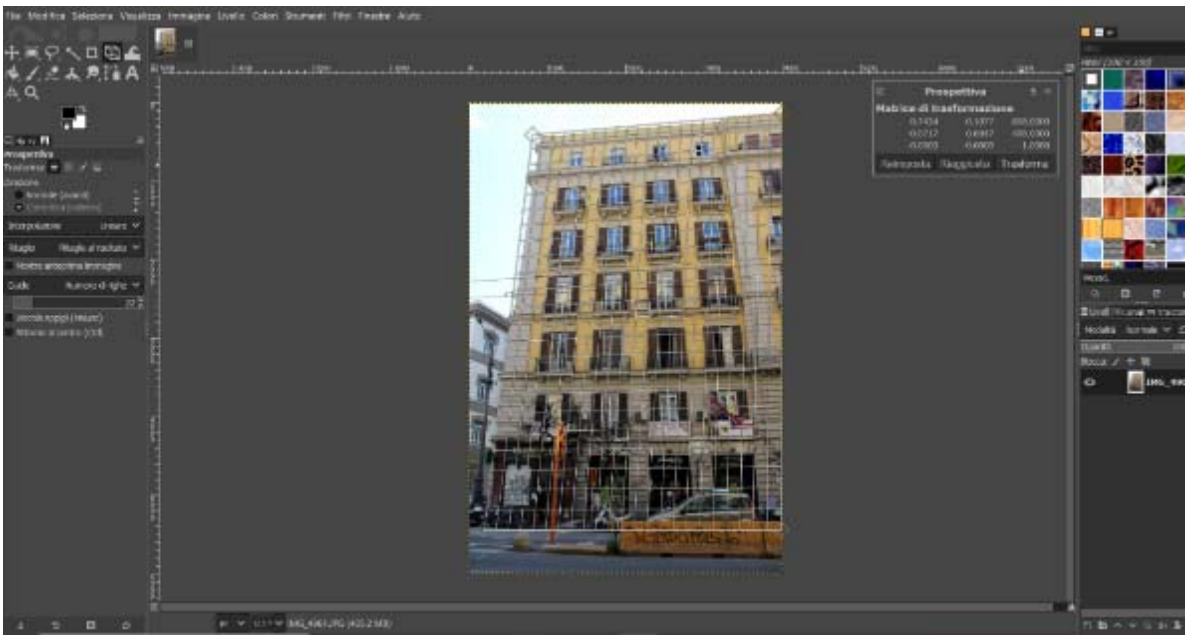


Figura 39 – Elaborazione foto dei un facciata con software open source Gimp

Dopo il rilievo fotografico sono state misurare alcune parti della facciata per la fase di proporzionamento della stessa. Il rilievo è stato effettuato il 9 marzo 2020. L'unione e la "stiratura" delle immagini, come già detto, è avvenuta con il software open source Gimp (Figura 39). Infine, le foto sono esportate su Autocad e scalate rispetto alle misure prese in loco, avendo come risultato finale quanto mostrato nell'immagini seguenti.



Figura 40 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 1



Figura 41 – Facciata Nord-Ovest edificio n. 2



Figura 42 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 3



Figura 43 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 4



Figura 44 - Facciate Nord-Ovest edificio blocco n. 5



Figura 45 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 6



Figura 46 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 7



Figura 47 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 8



Figura 48 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 9



Figura 49 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 10 (Edificio monumentale escluso dallo studio)

2.4.2. Ripresa con drone

Non appena avuta la disponibilità di un drone e le autorizzazioni necessarie, si è proceduto al rilievo con un drone Xiaomi X8 SE. Le immagini sono state catturate per sezioni a quote diverse ed editate attraverso il programma Metashape, grazie al quale si è ottenuta una tavola in *png* a piena risoluzione che rappresenta la facciata nel suo complesso.



Figura 50 - Ripresa della facciata Nord-Ovest edificio n. 9 tramite drone

Il sopralluogo[14] è avvenuto il 29 marzo 2021 alle ore 15.30 con il rilievo di tre facciate: la Nord-Ovest dell'edificio 9, già rilevata con il metodo precedente, la Sud – Est dell'edificio n. 14 e infine la Sud – Ovest al civico 25 del blocco 18[15]. Per l'acquisizione delle immagini a diversa quota ci si è posti sul marciapiede opposto alla facciata, procedendo con cautela attraverso un volo a vista che fosse sicuro per passanti, autovetture ed elementi al contorno, nel pieno rispetto degli inquilini e commercianti pienamente coscienti del lavoro che sarebbe stato eseguito. Sono stati riprodotti dei voli a comando manuale (uno per ogni facciata) in modo verticale, equidistanti e paralleli alle facciate, a velocità costante con una modalità di scatto manuale che ha previsto all'incirca 2-3 foto per piano. Al sopralluogo è seguita una fasi di elaborazione dei dati con la composizione delle immagini al computer utilizzando il software Agisoft Metashape e creando la "Dense Cloud" o nuvola di punti a partire dal dataset.

[14] Sopralluogo reso possibile grazie alla collaborazione dell'ing. Rita Di Giovanni

[15] Via Monte di Dio – Traversa di Corso Umberto I

La fase di elaborazione ha seguito i seguenti passi:

Allineamento delle foto in Metashape

Cameras	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Yaw (°)	Pitch (°)
IMG_2...	14.260469	40.846680	-123.018528	10.000000			
IMG_2...	14.260443	40.846832	-111.419960	10.000000			
IMG_2...	14.260408	40.846874	-111.517256	10.000000			
IMG_2...	14.260159	40.846783	-112.130568	10.000000			
IMG_2...	14.260158	40.846786	-112.058608	10.000000			
IMG_2...	14.260165	40.846764	-120.914984	10.000000			
IMG_2...	14.260168	40.846771	-120.788832	10.000000			
IMG_2...	14.260335	40.846725	-122.378160	10.000000			
IMG_2...	14.260260	40.846836	-107.883496	10.000000			

Figura 51 – Allineamento delle foto in Metashape

Impostazione dello standard delle coordinate

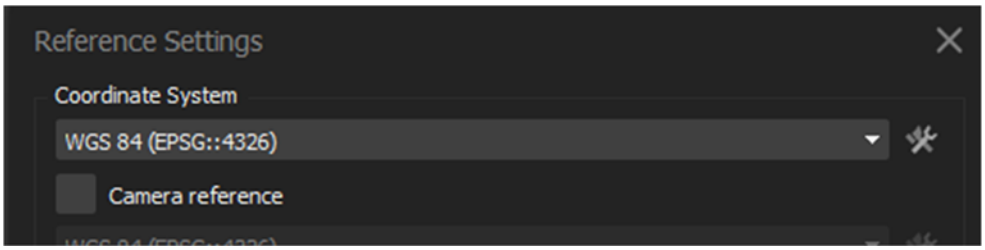


Figura 52 – Impostazione dello standard delle coordinate

Sono state impostate le condizione necessaria per il posizionamento delle immagini. I "pallini blu" rappresentano le immagini nello spazio (Figura 53). A destra lo spazio 3D. La finestra di dialogo mostra l'accuratezza dell'allineamento partendo da una "generic preselection" ovvero una selezione generica e non sequenziale dal nostro dataset.

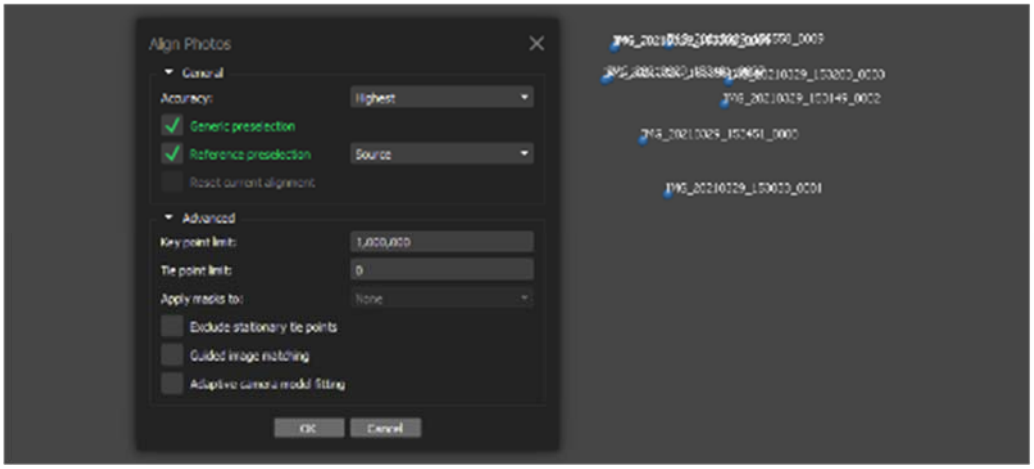


Figura 53 - Condizioni per posizionare le immagini nello spazio

I Keypoints (Figura 54) sono i punti dei "riferimenti" sulle immagini allineate per poter costruire successivamente la nuvola dei punti. Mentre i Tie Points sono i punti "di intersezione" tra i keypoint delle immagini del dataset.

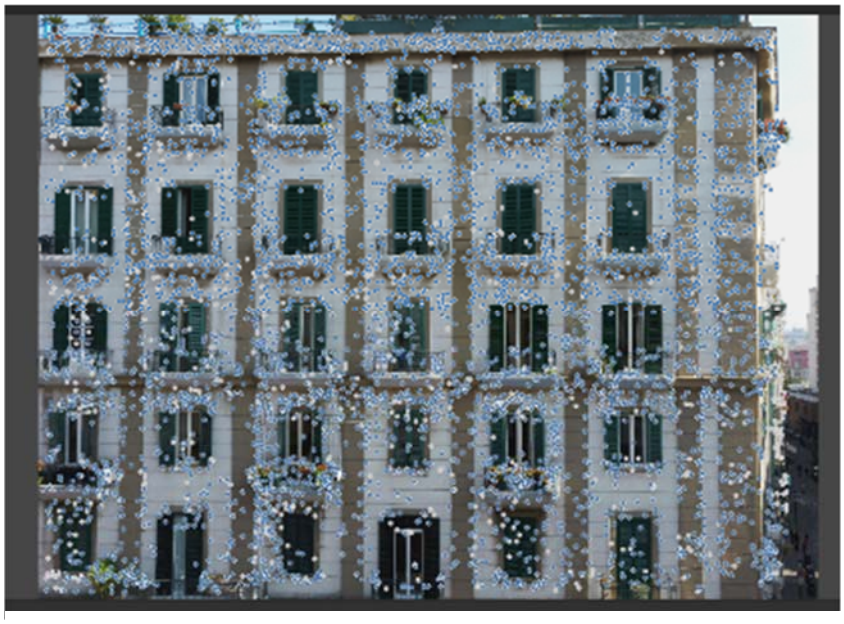


Figura 54 - Keypoints

Build Dense Cloud

A partire dall'output dell'allineamento è stata creata la "Dense Cloud" o nuvola dei punti (Figura 55).

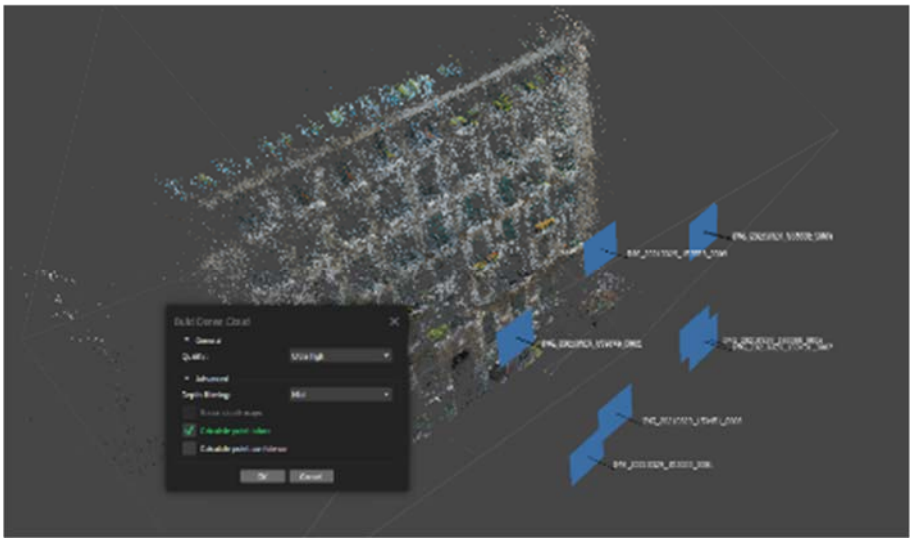


Figura 55 – Nuvola di punti

Tramite "Depth Filtering" ovvero filtro profondità si sono uniformati i punti nello spazio e si è creata una "nuvola uniforme". In questo caso il settaggio "Mild" restituisce un ottimo output (Figura 56).

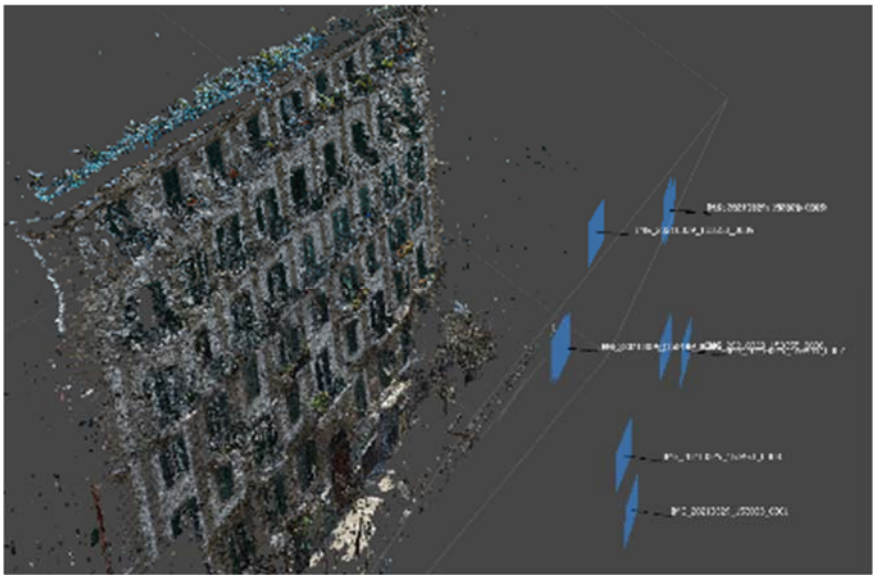


Figura 56 – Nuvola uniforme

Build Mesh

A partire dalle Dense Cloud è stato possibile creare la "Mesh 3D" ovvero il modello 3D a partire dalla nuvola dei punti (Figura 57). Essendo un rilievo verticale costruiamo una mesh "2.5D", partendo comunque dalla dense cloud posizionata nello spazio. Il "Face count" è il numero dei poligoni della mesh creata, maggiore è il numero dei poligoni maggiore sarà l'accuratezza del risultato finale. Il software automaticamente converte poligoni in triangoli, passaggio importante per poter rendere utilizzabile la mesh nei più convenzionali software di modellazione 3D - e renderla "leggibile" dalle API (application program interface) dei software di modellazione 3D e dei driver delle GPU (graphics processing unit) o schede grafiche-.

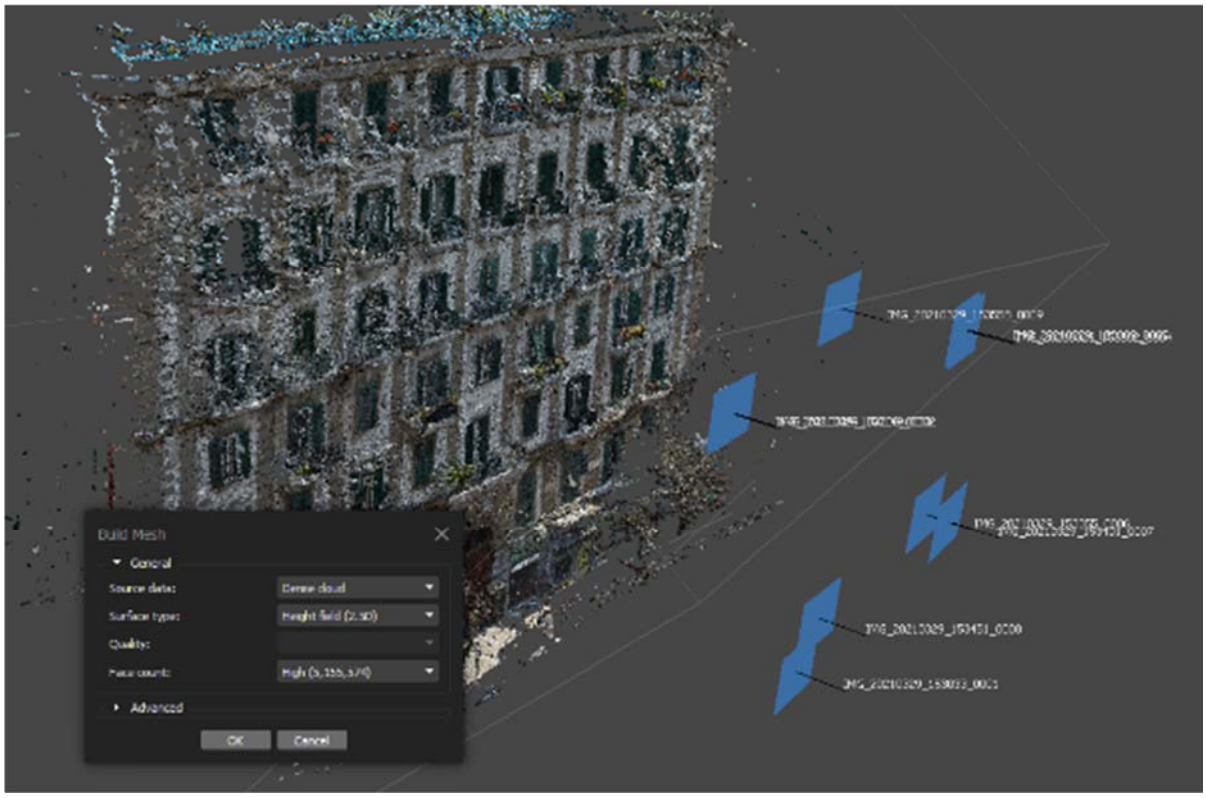


Figura 57 – Build Mesh

Build Orthomosaic

A questo punto viene creato un "mosaico" del dataset partendo dalla mesh 3D (2.5D) creata (Figura 58). La proiezione è di tipo ortogonale, ma ovviamente vengono prese come riferimento le coordinate geografiche dello standard WGS 84. Con il filtro "Enable hole filling" vengono compensati i vuoti presenti nella proiezione della mesh.

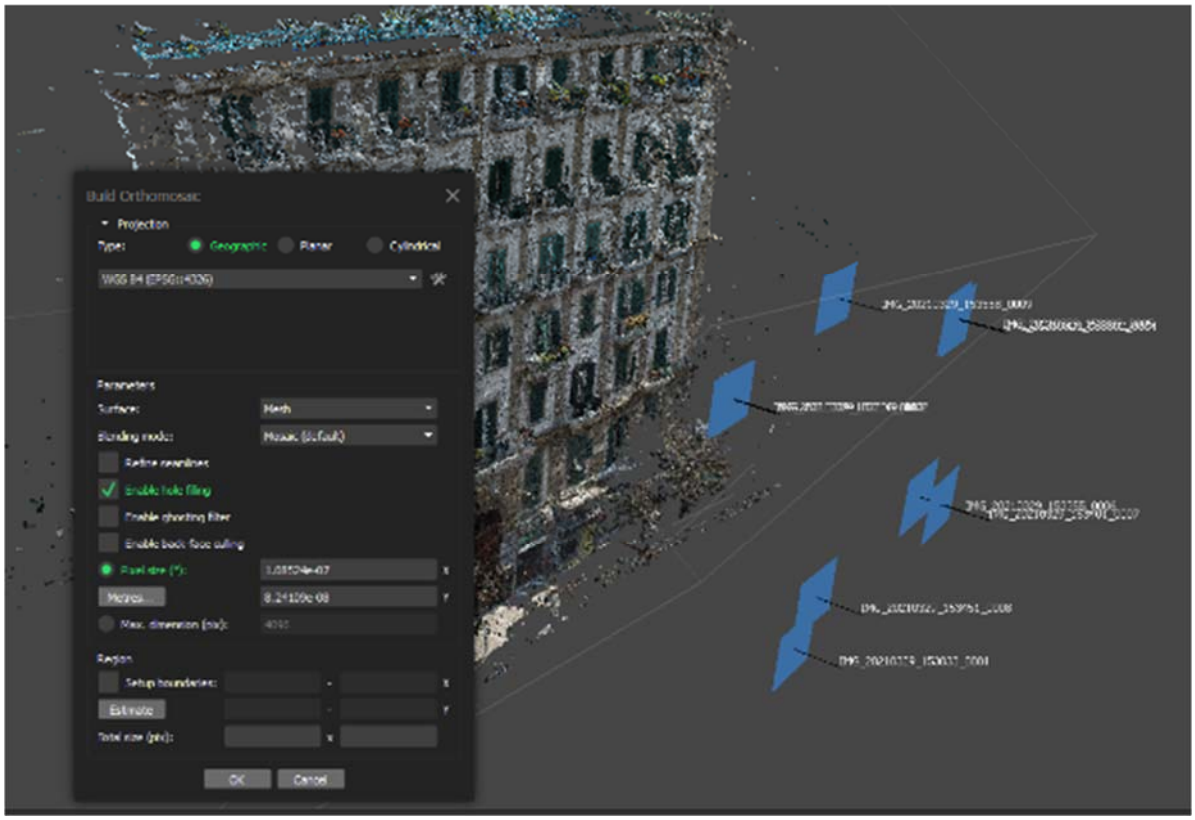


Figura 58 - Build Orthomosaic

Elaborazione dell'ortomosaico

Una volta costruito l'orthomosaic si procede all'elaborazione dell'immagine di formato TIFF, un'estensione Lossless ovvero senza perdita di dati e senza compressione in Adobe Photoshop per elaborare le luci e salvare l'output finale del processo di structure from motion, ovvero il rilievo ortogonale (Figura 59).



Figura 59 - Ortofoto della facciata Nord - Ovest dell'edificio n. 9

Netti i miglioramenti rispetto alla composizione ottenuta a partire da scatti fatti con la macchina fotografica digitale dalla strada (Figura 60).



Figura 60 - Facciata Nord - Ovest edificio n. 9. Fotogrammetria ottenuta a partire da una ripresa fotografica fatta con macchina fotografica digitale dalla strada. Scarsa la precisione rispetto all'ortofoto ottenute a partire da rilievo con drone.

Sempre con il drone sono state rilevate la facciate Sud – Est dell'edificio n. 14 e la Sud – Ovest al civico 25 del blocco 18[16]. Per quest'ultima facciata, a causa della piccola distanza focale dovuta alla strada stretta, si sono avuti degli errori sui punti di fuga non eliminabili e che però non pregiudicano lo studio della presente ricerca.



Figura 61 - Facciate con esposizione Sud - Est dell'edificio n. 14



Figura 62 - Facciata Sud – Ovest al civico 25 del blocco 18

[16] Via Monte di Dio – Traversa di Corso Umberto I

3. ESPOSIZIONE DELLA METODOLOGIA

3.1. PREMESSA

Parte della metodologia esposta in questo capitolo di tesi è stata pubblicata a mezzo dei seguenti articoli scientifici:

- G. Ruggiero, R. Marmo, M. Nicolella, (2020) «Una metodologia per la valutazione della sicurezza delle facciate degli edifici storici», in S.M. Cascone, G. Margani, V. Sapienza (Eds.), New Horizons for Sustainable Architecture – Nuovi orizzonti per l'architettura sostenibile, ISBN 978-88-96386-94-1, pp.488-499;
- G. Ruggiero, R. Marmo, M. Nicolella, (2021) «A methodological approach for assessing the safety of historic buildings' facades» Sustainability, 13, 2812. https://doi.org/10.3390/su13052812.

Le pubblicazioni su riportate mostrano le prime proposte metodologiche e le relative sperimentazioni. Quanto esposto in questa sede si riferisce alla forma più attuale della metodologia, a valle delle revisioni apportate nel tempo. Il contenuto delle precedenti proposte non sarà richiamato per evitare confusione al lettore. Sono comunque citati i riferimenti utili agli eventuali approfondimenti. Sicuramente, grazie alle suddette pubblicazioni, è stato possibile acquisire osservazioni e suggerimenti che hanno consentito il miglioramento della metodologia stessa. Anche la sperimentazione, su alcune facciate dell'ambito, si è affinata notevolmente con il passaggio da rilievi fotogrammetrici fatti con macchina fotografica digitale dalla strada - per le pubblicazioni suddette – a rilievi con drone della versione qui proposta.

La metodologia di valutazione del rischio di seguito illustrata implica l'utilizzo di un raster (una griglia di celle) per partizionare la facciata in elementi finiti e associare ad ogni porzione una misura della variabile di rischio. A ogni cella è associato un solo valore della variabile. L'indicatore di rischio viene definito per due livelli di complessità: per singole celle di facciata e per la loro combinazione. Una volta noto l'indicatore di rischio per ogni cella, è possibile calcolare l'indicatore di rischio per l'intera facciata.

3.2. RAPPRESENTAZIONE RASTER DELLA FACCIATA

Le facciate degli edifici sono degli elementi spaziali costituiti da infiniti punti: a ciascun punto è possibile associare la misura di una variabile che descrive un fenomeno. Poiché definire il fenomeno mediante una funzione matematica capace di associare a ciascun punto dello spazio un valore è pressoché impossibile, si procede per approssimazione partizionando lo spazio in un numero finito di regioni regolari, senza buchi né sovrapposizioni, indicate come celle. Successivamente si misura il valore che la grandezza rappresentativa del fenomeno assume in ciascuna cella. La griglia di celle è definita raster (un esempio nella Figura 63). Ogni cella ricopre una porzione della facciata dell'edificio e la sua posizione è definita da una coppia di coordinate cartesiane. In un'immagine raster a ogni cella è assegnato un solo valore che descrive il tipo di oggetto o la condizione del fenomeno rappresentato. La singola cella viene visualizzata come un quadrato colorato: a ciascun colore è associato l'attributo che si vuole rappresentare. Si fa osservare che questa schematizzazione ben si presta alle ipotesi alla base del presente studio, e cioè l'applicazione a edifici storici per i quali,

considerate le dimensioni ridotte degli aggetti, l'approssimazione ad una superficie piana non è troppo lontana dalla realtà.



Figura 63 - Rappresentazione esemplificativa raster della facciata di un edificio dell'ambito

3.3. INDICATORE DI RISCHIO

Il rischio che si intende valutare è quello di **danno alle persone, in termini d'infortuni o morte, a seguito del distacco e della caduta di elementi, o parti, dalla facciata di un edificio.** Esso è funzione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione:

$$\boldsymbol{Rischio = f(Pericolosità, Vulnerabilità, Esposizione)}$$

Dove si definiscono:

- **PERICOLOSITÀ = probabilità che un determinato elemento, o una sua parte, – con caratteristiche date – della facciata di un edificio, a causa delle condizioni di aggressività ambientale e/o antropica alle quali questa è sottoposta, si distacchi e cada, in un determinato periodo di tempo, provocando un potenziale danno, in termini d'infortuni o morte, alle persone;**
- **VULNERABILITÀ = propensione delle persone a subire danni, in termini d'infortuni o morte, in conseguenza dell'impatto con elementi, o loro parti, distaccati e caduti dalla facciata di un edificio;**
- **ESPOSIZIONE = quantità di persone esposte al pericolo.**

Il metodo più condiviso, in grado di semplificare la valutazione di una molteplicità di fenomeni, è quello che restituisce il rischio come prodotto di fattori. In questa ricerca si assumono fattori con valori compresi nel *range* [1, 10]. Per coerenza con quanto detto, l'indicatore di rischio, associato a una singola cella di coordinate (x,y), si calcola mediante la seguente formula (1):

$$R(x,y,t) = P(x,y,t) \times V(x,y) \times E(x) \qquad \text{con} \qquad x, y \in \mathbb{N}^+ \text{ e } t \in [0, +\infty[\qquad (1)$$

dove:

- R(x,y,t) = indicatore di rischio [1, 1000];
- P(x,y,t) = fattore di pericolosità [1, 10];
- V(x,y) = fattore di vulnerabilità [1, 10];
- E(x) = fattore di esposizione [1, 10];
- N^+ = insieme dei numeri naturali senza lo zero.

In Figura 64 è schematizzato la relazione che collega il rischio alla pericolosità, esposizione e vulnerabilità al variare di due fattori.

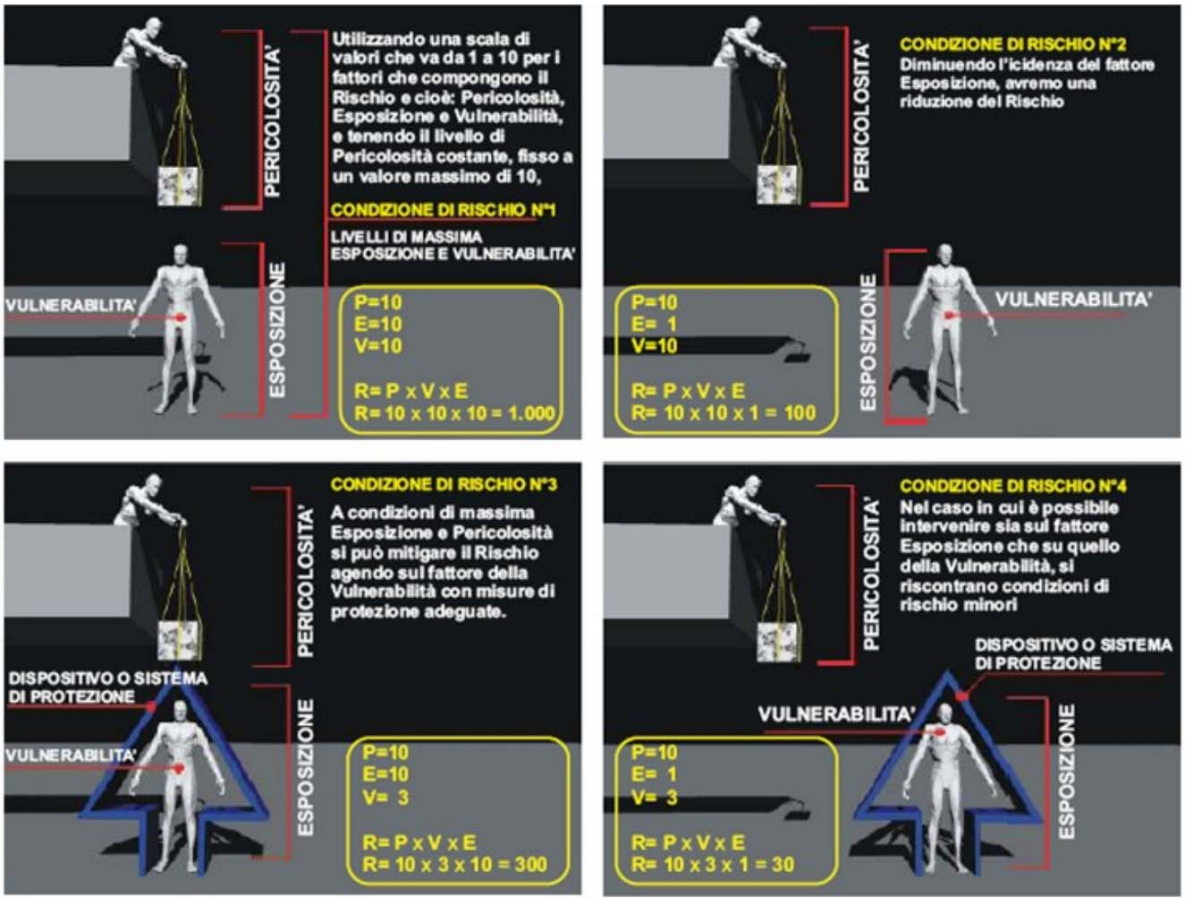


Figura 64 – Schema relazione che collega il rischio alla pericolosità, esposizione e vulnerabilità al variare di due fattori [17]

Le celle del piano terra sono escluse dal calcolo sia perché occupate spesso da vetrine, difficilmente parametrizzabili, sia perché caratterizzate da una bassa probailità di caduta di materiale, come sarà illustrato nel paragrafo 3.3.2

Obiettivo finale della valutazione del rischio è la verifica dell'accettabilità A_R dell'indicatore calcolato (formula 2). È compito del gestore dell'edificio definire i valori di accettabilità del rischio in base ai principi di gestione che intende adottare, sicuramente dipendenti dalla percezione del rischio e da criteri di carattere economico. Al raggiungimento del valore di accettabilità A_R si dovranno realizzare gli interventi di manutenzione sulla cella (x, y) con l'obbiettivo di riportare la

[17] https://slideplayer.it/slide/579440/

stessa al livello delle prestazioni corrispondenti ai requisiti iniziali e di conseguenza ad un riduzione del rischio. In definitiva dovrà essere:

$$R(x,y,t) \leq A_R \quad \text{con} \quad x, y \in N^+ \text{ e } t \in [0, +\infty[\qquad (2)$$

dove:

- A_R = valore di accettabilità del rischio [1, 1000].

L'indicatore di rischio di cui si è parlato in precedenza è riferito a ogni cella in cui è discretizzata la facciata dell'edificio e quindi non fornisce indicazioni sullo stato di rischio globale. Il problema è risolto con la media aritmetica degli indicatori di rischio calcolati per ogni cella, come mostrato nella formula seguente:

$$Rf = \frac{\sum_{x,y}^{n} R(x,y,t)}{n} \quad \text{con} \quad x, y \in N^+ \text{ e } t \in [0, +\infty[\qquad (3)$$

dove:

- Rf = indicatore di rischio della facciata;
- n = numero di celle che ricoprono la facciata escluse quelle del piano terra.

Anche in questo caso l'obiettivo finale della valutazione del rischio è la verifica dell'accettabilità A_{Rf} dell'indicatore calcolato e valgono le considerazioni espresse in merito all'accettabilità per la singola cella. La differenza è che gli interventi da realizzare in caso di attingimento della soglia saranno tesi a riportare la facciata nel complesso alle prestazioni corrispondenti ai requisiti iniziali. In definitiva dovrà essere:

$$Rf \leq A_{Rf} \qquad (4)$$

Nei paragrafo che seguono si procede a definire i fattori del rischio e l'accettabilità.

3.3.1. FATTORE DI PERICOLOSITÀ

La pericolosità di un elemento di facciata, cioè la propensione statistica al distacco e alla caduta di sue parti, dipende dalla tipologia dell'elemento, dalla sua posizione, dal suo degrado e dalla velocità di propagazione di quest'utimo. Ad esempio i cornicioni o le lesene nei punti d'angolo o di confine (Figura 65) hanno una propensione al distacco e alla caduta di loro parti evidentemente superiore rispetto agli elementi del piano di fondo della facciata. Questa pericolosità, se non ridotta a mezzo d'interventi manutentivi, aumenterà con il tempo a causa dell'avanzare dei processi degradativi. Il fattore di pericolosità P in questo metodo sarà definito come la somma di due sottofattori (formula 3), un sottofattore P_E legato alla tipologia di elemento di facciata e alla sua posizione (piano di fondo, balcone, persiane, infissi, cornicione, cornicione d'angolo/confine, lesena, lesene d'angolo/confine, fascia marcapiano, fascia marcapiano d'angolo/confine, basamento, stucchi e decori, cornici finestre) e un sottofattore P_D legato al tipo di degrado, cosi come definito dalla UNI 11182:2006, e alla sua velocità di propagazione. Il materiale costituente gli elementi della facciata non è considerato direttamente, bensì indirettamente tramite le conseguenze in termini di degrado. Vale a dire, per esempio, che un balcone in calcestruzzo può presentare delle mancanze prodotte

dal distacco del copriferro che non si verifica con i balconi in pietra. Quindi l'aumento della pericolosità, sebbene non si faccia riferimento esplicito al materiale, è legata a quest'ultimo tramite gli effetti del degrado.
Si ipotizza che i due sottofattori incidano in egual misura sul fattore di pericolosità. In definitiva:

$$P(x,y,t) = P_E(x,y) + P_D(x,y,t) \quad \text{con} \quad x, y \in \mathbb{N}^+ \text{ e } t \in [0, +\infty[\qquad (5)$$

dove:

- $P_E(x,y)$ = pericolosità dell'elemento [1, 5];
- $P_D(x,y,t)$ = pericolosità del degrado [0, 5].



Figura 65 - Nelle posizioni d'angolo o di confine cornicioni e lesene hanno una maggiore propensione statistica al distacco.

3.3.1.1. Punteggio del fattore di pericolosità dell'elemento

Alla determinazione dei punteggi si arriva rapportando le percentuali dei vari elementi componenti le facciate degli edifici dell'ambito (Tabella 7) con le percentuali di casi di distacchi che riguardano l'elemento. Questa, la percentuale, è ricavata dalla statistica sui casi di crolli di cui al paragrafo 2.1. L'analisi delle percentuali di superfici occupate dagli elementi è stata condotta sugli edifici dell'ambito e si basa su una serie di approssimazioni: la superficie di facciata degli edifici è stata considerata piana e dei balconi si considera solo una superficie pari a 50 centimetri (25 centimetri del frontalino più 25 centimentri dalla spigolo del sottobalcone per quanto detto in Figura 38) per la loro lunghezza. Sono poi seguite queste considerazioni: se il cornicione, a cui è associata un'incidenza di crolli del 50 percento, occupa una superficie della facciata del 10 percento, mentre il piano di fondo della facciata, che occupa una superficie del 22 percento, presenta percentuali di distacco di solo del 10 percento, è chiaro che rispetto ad una superficie unitaria, l'incidenza dei distacchi sul cornicione è nettamente superiore rispetto a quella del piano di fondo. Se, come visto in precedenza, *per pericolosità s'intende la probabilità che un determinato elemento, o una sua parte, – con caratteristiche date – della facciata di un edificio, a causa delle condizioni di aggressività ambientale e/o antropica alle quali questa è sottoposta, si distacchi e cada, in un determinato periodo di tempo, provocando un potenziale danno, in termini d'infortuni o morte, alle persone*, allora, si può assumere che il cornicione sia più pericoloso del piano di fondo, avendo di fatto una propensione statistica maggiore al distacco. Si procede, quindi, a esplicitare questo concetto per tutti gli elementi della facciata calcolando il rapporto C tra la *Percentuale elementi oggetto di distacco (B)* e la *Percentuale di superficie di facciata occupata dall'elemento (A),* per poi confrontare l'incidenza dei distacchi tra i vari elementi di facciata con un indice di pericolosità (Ip) dato dal rapporto tra C – calcolato per ogni elemento - e il massimo valore di C tra quelli calcolati (Tabella 7).

Elemento di facciata	Percentuale superficie di facciata occupata (A)	Percentuale elementi oggetto di distacco (B)	C = B/A	Indice di pericolosità Ip = C/7,14
Piano di fondo	22 %	10%	0,45	0,09
Persiane e infissi (Escluso PT)	13 %	3%	0,23	0,05
Cornice finestre	12 %	Nessun caso	-	-
Stucchi e decori	4 %	5%	1,25	0,267
Lesene	8 %	7%	0,88	0,187
Balconi	7 %	12%	1,71	0,364
Cornicioni	10 %	47%	4,70	1,00
Fasce marcapiano	4 %	8%	2	0,426
Basamento	20 %	Nessun caso	-	-

Tabella 7 - Indice di pericolosità dei vari elementi di facciata calcolo sulla base dei crolli di ci al paragrafo 2.1

Disponendoli in ordine crescente di pericolosità si ha:

1	2	3	4
Basamento	Stucchi e decori	Balconi	Cornicioni
Piano di fondo	Lesene	Fasce marcapiano	
Persiane e infissi			
Cornici finestre			

Tabella 8 - Classificazione della pericolosità degli elementi di facciata

Sempre nell'analisi sui crolli a Napoli appare evidente sottolineare questo dato, i casi di crollo che riguardano i cornicioni sono il 47 percento. Di questi, il 10 percento riguarda i cornicioni d'angolo, cioè quella parte del cornicione fino ad un metro dallo spigolo. Dato che i cornicioni hanno una lunghezza prossima a quella della facciata, che è mediamente di 32 metri, appare evidente che l'indice di pericolosità del cornicione d'angolo è superiore rispetto al cornicione intermedio. Anche se non si hanno altre informazioni sugli altri elementi d'angolo, in questa ricerca si assume che tutti gli elementi nella posizione d'angolo o di confine hanno una pericolosità maggiore rispetto a quelli analoghi in posizione intermedie. Per questi elementi d'angolo o di confine sarà semplicemente maggiorato il punteggio di 1. In definitiva:

$$P_E(x,y) = f(\text{tipo di elemento}) \qquad \text{con} \qquad x, y \in N^+$$

Dove il punteggio è determinato in base alla tabella seguente:

1	2	3	4	5
Basamento				
Piano di fondo	Piano di fondo d'angolo			
Persiane e infissi				
Cornici finestre				
	Stucchi e decori			
	Lesene	Lesene d'angolo[18]		
		Balconi		
			Cornicioni	Cornicione d'angolo[19]/confine
		Fasce marcapiano	Fasce marcapiano d'angolo[20]/confine	

Tabella 9 - Punteggio pericolosità elementi - P_E [1, 5]

[18] Le lesene vengono considerate d'angolo fino ad 1 metro dallo spigolo.
[19] I cornicioni vengono considerate d'angolo fino ad 1 metro dallo spigolo.
[20] Le fasce marcapiano vengono considerate d'angolo fino a 50 cm dallo spigolo.

3.3.1.2. Indicatore di pericolosità tipologica della facciata

Definito il punteggio di pericolosità degli elementi di facciata è possibile definire *l'indicatore di pericolosità tipologica della facciata* come media dei punteggi di pericolosità degli elementi di tutte le celle escluse quelle del piano terra – per quanto sarà chiarito nel paragrafo 3.3.2.1. In definitiva:

$$I_{PTF} = \frac{\sum_{x,y}^{n} PE(x,y)}{n} \qquad \text{con} \quad x, y \in N^{+} \quad (6)$$

dove:

- I_{PTF} = indicatore di pericolosità tipologica della facciata [1, 5];
- n = numero di celle che ricoprono la facciata escluse quelle del piano terra.

Questo indicatore fornisce delle informazioni speditive sulla propensione statistica della facciata, per quelle che sono le tipologie di elementi che la costituiscono – indipendentemente dal degrado e quindi dal tempo - ad avere dei distacchi e caduta di elementi o parti.

3.3.1.3. Punteggio del fattore di pericolosità del degrado e indicatore dello stato di degrado della facciata

Dalla revisione e comparazione della letteratura scientifica vista nel paragrafo 1.1.8 "Degradazione e alterazione dei materiali lapidei" si è classificato il degrado del materiale lapideo in due macro-categorie (nessun perdita di materiale, perdita di materiale) come in Tabella 2. Queste due macro-categorie sono state suddivise a loro volta in altre due sotto categorie che tengono conto della pericolosità di ciascun degrado di generare ulteriori degradi (Tabella 3). Aggiungendo una colonna relativa a degrado nullo si ottengono i primi tre livelli (nullo, lieve e medio) che consistono in degradi che non comportano alcuna perdita di materiale. La loro pericolosità è dovuta al fatto che questi fenomeni sono molte volte premonitori di degradi più gravi. Gli ultimi due livelli (grave e gravissimo), invece, riguardano fenomeni che comportano una perdita di materiale e quindi, in caso di manutenzione, richiedono trattamenti di consolidamento nei casi di materiali distaccati ma recuperabili o reintegro nel caso di materiale mancante. In particolare i degradi che rientrano nel livello "grave" avvengono con una perdita progressiva di materiale nel tempo per lo più sotto forma di polvere ma che nel tempo possono generare ulteriori perdite senza un vero e proprio distacco di materiale di grossa pezzatura; nel livello "gravissimo" invece appartengono i degradi le cui caratteristiche comportano distacchi di materiali dal supporto anche di grandi dimensioni.

$$P_D(x,y,t) = f(\text{tipo di degrado}) \qquad \text{con} \quad x, y \in N^{+} \quad \text{e} \quad t \in [0, +\infty[$$

Dove il punteggio è calcolato in base alla seguente tabella:

Nessuna perdita di materiale			**Perdita di materiale**	
NULLO	**LIEVE**	**MEDIO**	**GRAVE**	**GRAVISSIMO**
0	**1**	**2**	**3**	**4**
	Alterazione cromatica, colatura, graffito, macchia, patina, pellicola	Patina biologica, crosta, depositi superficiali, efflorescenza, incrostazione, concrezione	Alveolizzazione, degradazione differenziale, disgregazione, erosione, fratturazione o fessurazione, presenza di vegetazione, pitting, polverizzazione, fronte di risalita, lacuna, mancanza	Deformazione, distacco, esfoliazione, rigonfiamento, scagliatura
			+1 se il fenomeno è in rapida progressione	

Tabella 10 - Punteggio pericolosità del degrado - P_D [0, 5]

Per i fenomeni di degrado con perdita di materiale e in rapida progressione è previsto l'aumento del punteggio di 1. Si tratta di una ipotesi formulata ma non verificata nella presente ricerca per la mancanza di un secondo rilievo delle facciate fatto in un intervallo temporale superiore a un anno.

3.3.1.4. Indicatore di pericolosità del degrado della facciata

Definito il punteggio di pericolosità del degrado è possibile introdurre *l'indicatore di pericolosità del degrado della facciata* come media dei punteggi di pericolosità del degrado di tutte le celle di facciate escluso il basamento fino a 4 metri – per quanto sarà chiarito nel paragrafo 3.3.2.1. In definitiva:

$$I_{PDF} = \frac{\sum_{x,y}^{n} PD(x,y,t)}{n} \qquad \text{con} \quad x, y \in N^{+} \text{ e } t \in [0, +\infty[\qquad (7)$$

dove:

- I_{PDF} = indicatore di pericolosità del degrado della facciata [0, 4];
- n = numero di celle che ricoprono la facciata escluse quelle del piano terra.

L'indicatore suddetto costituisce un vero e proprio *indicatore di stato*, al tempo t, del degrado dell'intera facciata.

3.3.2. FATTORE DI VULNERABILITÀ

La vulnerabilità delle persone dipende dall'altezza di caduta dell'elemento – a parità di massa gli elementi più in alto sono quelli rispetto ai quali le persone sono più vulnerabili - e dalla presenza o meno di elementi di protezione – ad esempio, dispositivi di protezione individuali quali gli elmetti o collettivi come le strutture di sicurezza realizzate a protezione degli ingressi agli edifici (Figura 66). In definitiva il fattore di vulnerabilità (V) può essere espresso come:

$$V(x,y) = f(\text{altezza di caduta, presenza di protezioni}) \quad \text{con } x, y \in N^+$$



Figura 66 - La vulnerabilità delle persone dipenderà dall'altezza di caduta dell'elemento e dalla presenza di dispositivi di protezione per le persone

3.3.2.1. Punteggio del fattore di vulnerabilità

Nel costruire la matrice del punteggio della vulnerabilità si è tento conto delle indagini dei casi di crollo verificatisi a Napoli. Da questa indagine è emerso che non si segnalano casi di crolli per la parte bassa degli edifici - primi 4 metri – né feriti gravi per elementi caduti da altezze comprese nei primi 9 metri. Da questo dato di partenza si sono stabilite tre altezze di riferimento. Inferiore a quattro metri, tra quattro e nove metri ed oltre i nove metri. Sempre dalla suddetta indagine è emerso che i due casi di morte segnalati sono sopraggiunti in seguito a ferite alla testa, probabilmente scongiurabili con una semplice protezione come l'elmetto. Chiaramente anche altri elementi, come i balconi (si considerano solo quelli ≥ 40 centimetri), avrebbero potuto ridurre il rischio. Posizionando nella matrice gli elementi di protezione in modo gerarchico e normalizzando il punteggio da 1 a 10 si ottine la Tabella 11.

	ALTEZZA DI CADUTA		
ELEMENTI DI PROTEZIONE	h ≤ 4m	4m < h ≤ 9m	h > 9m
Nessuna protezione	3	7	10
Balcone con aggetto >= 40 cm, Elmetto, Auto	2	4	5
Corridoio di protezione, Ponteggio	1	1	1

Tabella 11 - Punteggio del fattore di Vulnerabilità (V) in funzione dell'altezza dell'elemento e della presenza o meno di elementi di protezione per le persone.

Per quanto detto, nel calcolo del rischio del presente studio si considera il piano terra dell'edificio. Si precisa che la suddetta tabella viene applicata considerando l'altezza a partire dall'elemento aggettante. Ad esempio, se c'è un balcone con aggetto superiore a 40 centimetri al terzo livello, si considera il punteggio di 2 per i primi 4 metri (stimati a partire dal balcone), poi 4 e quindi 5 per

altezze superiori a 9 metri (dal balcone). Per comprendere meglio l'applicazione di assegnazione del punteggio al fattore di vulnerabilità si procede con un esempio.



Figura 67 – Esempio di assegnazione del punteggio al fattore di vulnerabilità

Nell'esempio della facciata di Figura 67, con celle 50 x 50 centimetri, l'edificio presenta un cornicione con una sporgenza di 150 centimetri. Per quanto riguarda i balconi, quelli al primo piano hanno un aggetto di 60 centimetri, quelli al secondo e terzo di 80 centimetri, al quarto piano di 40 centimetri, al quinto di 60 centimetri e all'ultimo piano di 40 centimetri. Il balcone sul portone principale ha invece un aggetto di circa 100 centimetri.
L'assegnazione del punteggio avviene nel seguente modo:

- per il piano terra, come già detto in precedenza, non si assegna punteggio;
- per le celle che lungo la verticale non presentano ostacoli ($1 \leq X \leq 4$, $10 \leq X \leq 12$, $18 \leq X \leq 20$) si assegna, come da tabella, un punteggio di 7 da 4 a 9 metri e poi di 10 per le celle più in alto;
- per le celle che lungo la verticale che presentano aggetti ≥ 40 centimetri si valuta l'altezza dall'aggetto stesso. Ad esempio, per le celle che si trovano lungo la verticale con $X = 7$, a salire rispetto al balcone del primo piano (aggetto 60 centimetri), si assegna il punteggio di 2 (secondo rigo Tabella 11) fino a incontrare il balcone del secondo piano (aggetto 80 centimetri). Per quest'ultimo, essendo più aggettante rispetto al sottostante balcone,

l'altezza delle celle deve essere valutato rispetto al marciapiede e quindi secondo il primo rigo della Tabella 11. A salire si procede quindi assegnando il punteggio 2 (secondo rigo Tabella 11) fino al balcone del terzo piano (aggetto 80 centimetri). Per quest'ultimo, avendo lo stesso aggetto del balcone sottostante, non è garantita, in caso di distacco di parti, la caduta di elementi sui balconi sottostanti, di conseguenza l'altezza è valutata rispetto al marciapiede ed è assegnato un punteggio pari a 10 alla cella, come previsto dal primo rigo della Tabella 11. In modo analogo si procede per le restanti celle a salire fino al cornicione che, essendo l'elemento più aggettante, ha un punteggio valutato rispetto al marciapiedi sempre secondo il primo rigo della Tabella 11.

3.3.2.2. Indicatore di vulnerabilità

Definito il punteggio del fattore di vulnerabilità si introduce *l'indicatore di vulnerabilità* delle persone come media dei punteggi di vulnerabilità della persone rispetto a tutte le celle di facciate, escluso il basamento fino a 4 metri – per quanto detto nel paragrafo 3.3.2.1. In definitiva:

$$I_V = \frac{\sum_{x,y}^{n} V(x,y)}{n} \quad \text{con} \quad x, y \in N^+ \quad (8)$$

dove:

- I_V = indicatore di vulnerabilità [1, 10];
- n = numero di celle che ricoprono la facciata escluse quelle del piano terra.

Questo indicatore fornisce delle informazioni speditive, per come è configurata una facciata – in termina di disposizione di aggetti e protezioni – sulla vulnerabilità delle persone.

3.3.3. FATTORE DI ESPOSIZIONE

Per la valutazione dell'esposizione, per ogni fila di celle verticali, alla base della facciata dell'edificio dovrà essere valutato il flusso pedonale/veicolare sia longitudinale che trasversale in corrispondenza degli ingressi nell'ora di punta (Figura 68). Tra i due valori si sceglierà quello massimo.

$$E(x) = MAX\ [E_{\text{longitudinale}}(x); E_{\text{trasversale}}(x)] \quad \text{con} \quad x \in N^+ \quad (9)$$

Il flusso dovrà essere valutato nel tratto di strada/marciapiede alla base dell'edificio per una distanza di rischio, a partire dal piano di fondo della facciata, pari a:

$$D_{\text{rischio}} = SP_{max} + DO_{\text{sicurezza}} \quad (10)$$

dove:

- D_{rischio} = distanza di rischio;
- SP_{max} = sporgenza massima dell'edificio;
- $DO_{\text{sicurezza}}$ = distanza di sicurezza = 1,50 m [21]

[21] Se si considerano le *"Istruzioni di calcolo per ponteggi metallici ad elementi prefabbricati e per altre opere provvisionali"* del Ministero del Lavoro punti 1.3.4: "*Le protezioni contro la caduta di materiali costituite da tavole parasassi, devono essere raccordate ad un normale impalcato, avere inclinazione non minore di 30 gradi rispetto all'orizzontale, e proiezione orizzontale minima di:1,20 m. dal filo*

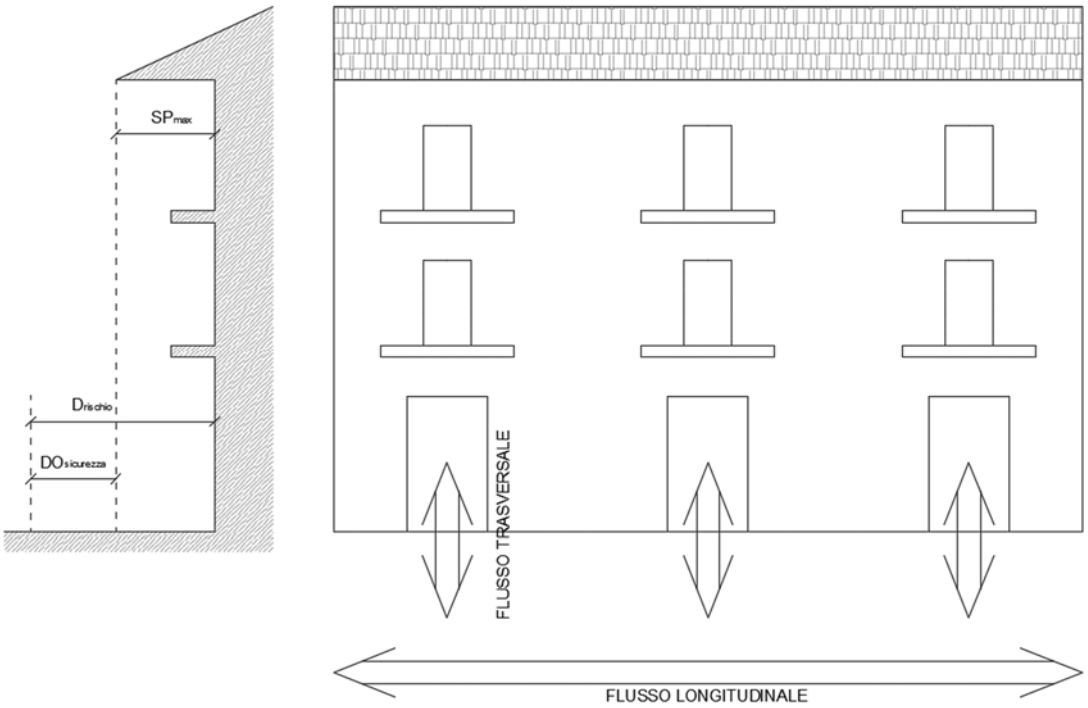


Figura 68 – Distanza di rischio, flusso veicolare/pedonale trasversale e longitudinale

3.3.3.1. Punteggio del fattore di esposizione

Nella Tabella 12 che segue i valori di E ottenuti normalizzando i cinque intervalli del flusso[22] pedonale/veicolare esposto al pericolo.

AFFOLLAMENTO/TRAFFICO ALLA BASE DELLA FACCIATA	FLUSSO PEDONALE (nell'ora di punta)	FLUSSO VEICOLARE (nell'ora di punta)	Punteggio di esposizione (E)
Ingresso/passaggio non consentito	0 p./h	0 v./h	1
Ingresso/passaggio poco affollato/trafficato	< 100 p./h	< 200 v./h	4
Ingresso/passaggio affollato/trafficato	100 – 300 p./h	200 – 600 v./h	7
Ingresso/passaggio molto affollato/trafficato	> 300 p./h	> 600 v./h	10

Tabella 12 – Punteggio del fattore di esposizione

Per comprendere meglio l'applicazione di assegnazione del punteggio al fattore di esposizione si procede con un esempio.

dell'impalcato dei ponti di servizio, per altezza di caduta dei materiali non superiore a 12 metri, ovvero 1,50 m. dal filo dell'impalcato dei ponti di servizio, per qualsiasi altezza di caduta dei materiali", allora è chiara la scelta del valore della distanza orizzontale di sicurezza.

[22] Gli intervalli del flusso pedonale e veicolare sono stati ottenuti facendo riferimento alle "Linee guida per la progettazione degli attraversamenti pedonali" – Automobile Club d'Italia pag. 46 Tab. 3-1 "Individuazione tipologica degli attraversamenti pedonali".

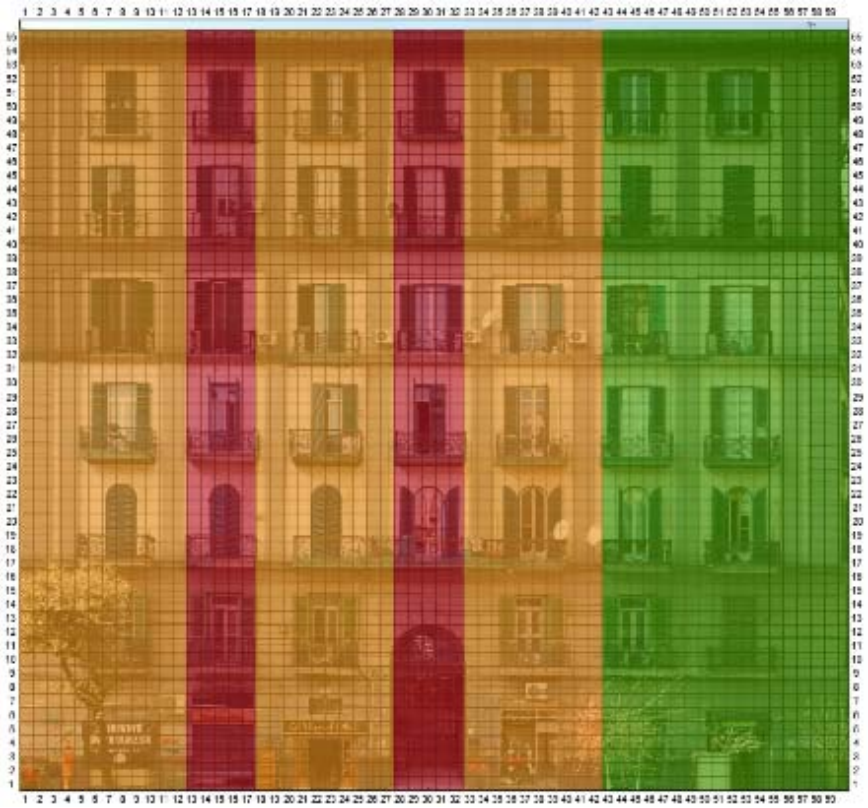


Figura 69 - Esempio di assegnazione del punteggio al fattore di esposizione

Nell'esempio di Figura 69 la facciata dell'edificio presenta un negozio ($13 \leq X \leq 17$) e un portone d'ingresso ($28 \leq X \leq 32$) con un flusso trasversale pedonale superiore a 300 p./h. Sul raster della facciata tutte le celle che si trovano sopra al negozio e al portone saranno quindi colorate in rosso ad indicare un'esposizione E = 10. Un'altra parte della facciata è delimitata invece da una ringhiera ($43 \leq X \leq 59$) che non permette passaggio pedonale e veicolare e che si sviluppa, davanti alla facciata, per una distanza di 4,00 metri (superiore ai 3,00 metri della distanza di sicurezza). Ne segue che tutte le celle che si trovano sopra questo tratto saranno colorate di verde ad indicare un'esposizione E = 1. Per la restante parte della facciata si ha, all'interno della distanza di sicurezza, un flusso longitudinale pedonale di 200 p./h. Ne segue che tutte le celle che si trovano sopra questo tratto saranno colorate in arancio ad indicare un'esposizione E = 7.

3.3.3.2. Indicatore di esposizione

Definito il punteggio del fattore di esposizione si introduce *l'indicatore di esposizione* del flusso pedonale/veicolare come media dei punteggi di esposizione rispetto a tutte le celle di facciate escluso il basamento fino a 4 metri – per quanto detto nel paragrafo 3.3.2.1. In definitiva:

$$I_E = \frac{\sum_x^n E(x)}{n} \qquad \text{con} \quad x \in N^+ \quad (11)$$

dove:

- I_E = indicatore di esposizione [1, 10];
- n = numero di celle che ricoprono la facciata escluse quelle del piano terra.

Questo indicatore fornisce delle informazioni speditive del flusso pedonale/veicolare alla base di una facciata.

3.4. ACCETTABILITÀ

In generale, per una facciata i valori di esposizione (E) e di vulnerabilità (V) sono fissi e non variano nel tempo. L'esposizione infatti, come già visto, è legata al flusso pedonale/veicolare, alla base dell'edificio, sia longitudinale che trasversale, in corrispondenza degli ingressi nell'ora di punta. Tale valore potrà cambiare solo in rare occasioni quali, ad esempio, l'apertura di un'attività commerciale con forte affollamento a sostituzione di un locale vuoto o poco affollato. In questo caso, ovviamente, occorrerà aggiornare il valori di E. Il valore della vulnerabilità invece è strettamente legato alle caratteristiche della facciata. Quindi, fissata una facciata, il valore di V in generale non cambia. Si avrebbero delle variazioni solo se per motivi eccezionali si costruisse un corridoio di sicurezza. Quindi, a parte i rari casi suddetti, in generale i valori di esposizione (E) e di vulnerabilità (V) non variano. In queste ipotesi, l'unica variabile legata al tempo è il valore della pericolosità del degrado $P_D(x,y,t)$ che assumerà un valore minimo quando l'edificio è messo in esercizio o dopo una manutenzione che ha annullato tutti i degradi, e assumerà un valore massimo quando il degrado è nella sua massima forma, cioè gravissima e in rapida progressione.
Quindi, fissati i valori di esposizione (E) e di vulnerabilità (V), si avrà che il rischio della facciata è minimo quando $P_D(x,y,t) = 0$ e cioè quando:

$$P(x,y,t) = P_E(x,y) + P_D(x,y,t) = P_E(x,y) + 0 = P_E(x,y)$$

$$Rf_{min} = \frac{\sum_{x,y}^{n}[PE(x,y)\,x\,V(x,y)\,x\,E(x)]}{n} \qquad \text{con } x, y \in N^{+} \qquad (12)$$

Si avrà invece che il rischio è massimo quando il valore di $P_D(x,y,t)$ è massimo[23] e cioè uguale a 5:

$$P(x,y) = P_E(x,y) + P_D(x,y,t) = P_E(x,y) + 5$$

$$Rf_{max} = \frac{\sum_{x,y}^{n}[[PE(x,y)+5]\,x\,V(x,y)\,x\,E(x)]}{n} \text{ con } x, y \in N^{+} \qquad (13)$$

In definitiva:

$$Rf_{min} \leq R_f \leq Rf_{max} \qquad (14)$$

Il grafico che segue descrive in sintesi quanto detto.

[23] Si è ipotizzato che tutti i fenomeni di degrado nella loro forma di massima pericolosità si sviluppino anche in rapida progressione.

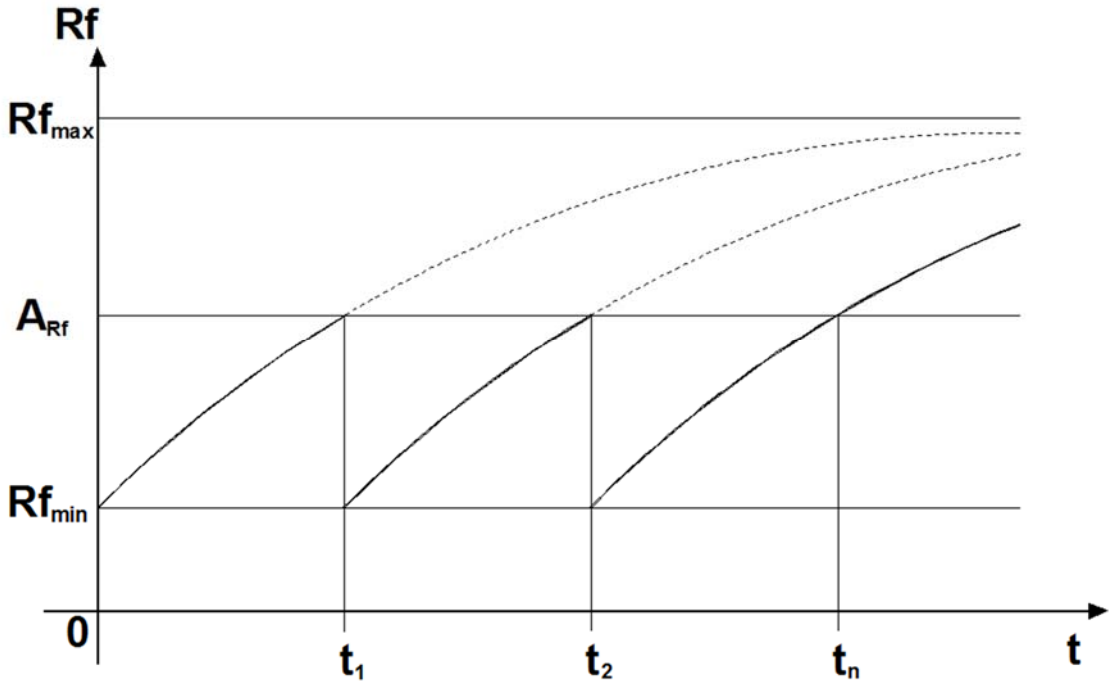


Figura 70 – Andamento di Rf nel tempo

Per la determinazione delle soglie di accettabilità si ipotizza di calcolarne i valori come aliquota del rischio massimo, nella situazione di esposizione peggiore, cioè con E = 10. In pratica abbiamo:

$$A_{Rf} = K \frac{\sum_{x,y}^{n}[[PE(x,y)+5]x\ V(x,y)x\ 10]}{n} \quad \text{con } x, y \in N^{+} \quad (15)$$

$$A_{R} = W \frac{\sum_{x,y}^{n}[[PE(x,y)+5]x\ V(x,y)x\ 10]}{n} \quad \text{con } x, y \in N^{+} \quad (16)$$

dove:

- A_{Rf} = accettabilità del rischio della facciata;
- K = coefficiente di accettabilità del rischio della facciata;
- A_R = accettabilità del rischio delle celle;
- W = coefficiente di accettabilità del rischio delle celle;
- n = numero di celle che ricoprono la facciata escluse quelle dei primi 4 metri.

Le costanti K e W, definite coefficienti di accettabilità del rischio, rispettivamente della facciata e delle celle, dipendono dall'ambito in cui si trova la facciata. Per l'ambito oggetto di studio K e W saranno calcolate per tentativi nella fase successiva di sperimentazione della metodologia.

3.5. PROCESSO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Per quanto fin qui detto per una facciata possono verificarsi tre scenari:

1) $R(x,y,t) \leq A_R \ \forall x, y \in N^{+}$

La facciata è sicura e non è necessario calcolare Rf.

2) $R(x,y,t) > A_R$ per alcune celle e $Rf \leq A_{Rf}$
La facciata non è sicura. Alcune celle hanno un rischio non accettabile ma la facciata nel suo insieme ha un rischio accettabile. In questo caso è necessario intervenire localmente (ad es. con interventi di manutenzione puntuali). In queste condizioni, in attesa degli interventi sulla facciata, è chiaro che il gestore dell'immobile dovrà intervenire con misure temporanee idonee a ridurre il rischio. Si potrà ad esempio rendere non accessibile lo spazio antistante le zone a rischio, e quindi ridurre il valore di E, oppure realizzare dei corridoi di protezione in modo da ridurre la vulnerabilità delle persone. Anche in questo caso il metodo proposto consente di effettuare la valutazione del rischio e di determinare la misura più idonea da adottare.

3) $R(x,y,t) > A_R$ per alcune celle e $Rf > A_{Rf}$
La facciata non è sicura. Sia le celle che l'intera facciata hanno valori di rischio non accettabili ed è necessario un intervento di manutenzione complessivo sull'intera facciata. Anche in questo caso il metodo supporterà il gestore dell'immobile nella scelta della misura temporanea più idonea per la riduzione del rischio.

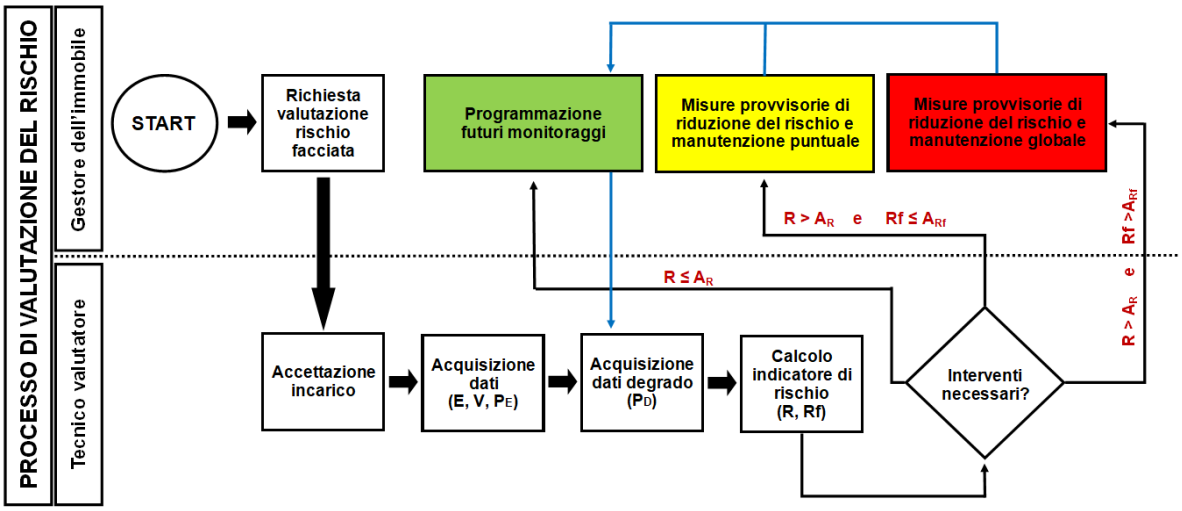


Figura 71 - Processo di valutazione del rischio

4. SPERIMENTAZIONE DELLA METODOLOGIA

4.1. FACCIATE OGGETTO DI SPERIMENTAZIONE

Per la sperimentazione sono state scelte tre facciate dell'ambito che, a giudizio di tre esperti[24], sono state giudicate sinteticamente una in uno stato discreto e le restanti due in uno stato pessimo.

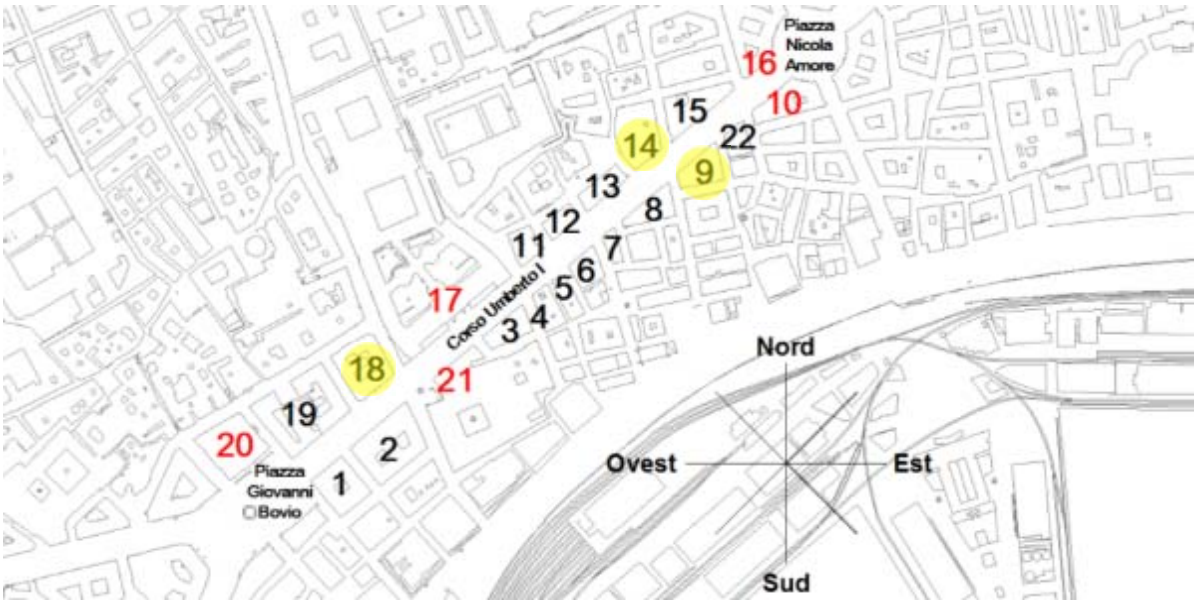


Figura 72 - Ambito di studio. Edifici oggetto di sperimentazione (evidenziati in giallo).

N. EDIFICIO	INDIRIZZO	ESPOSIZIONE FACCIATA	STATO
9	Corso Umbero I, 153	Nord – Ovest	Pessimo
14	Corso Umberto I, 90	Sud - Est	Discreto
18	Via Giannantonio Summonte, 10	Sud - Ovest	Pessimo

Tabella 13 - Facciate oggetto di sperimentazione



Figura 73 - Facciate oggetto di sperimentazione. Da sinistra verso destra la facciata dell'edificio 9, 14 e 18.

[24] Lo scrivente, il prof. Maurizio Nicolella e l'ing. Rossella Marmo, con cui sono state pubblicati due articoli sull'oggetto della presente tesi.

Per il rilievo fotografico delle facciate sono stati fatti due sopralluoghi. Il primo il 9 marzo 2020 e il secondo, con drone, il 29 marzo 2021. Una delle facciate, in pessimo stato, la numero 18, è stata scelta in una parallela di Corso Umberto I in un edificio, sempre dell'ambito, ma con un'esposizione pedonale ridotta e veicolare nulla (zona pedonale).

4.2. RISCHIO DELLA FACCIATA NORD – OVEST DELL'EDIFICIO NUMERO 9

4.2.1. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DELLA FACCIATA

La facciata (da Figura 74 a Figura 77) presenta cornici - un elemento con notevole spessore – degradate per esfoliazione e nei piani bassi anche depositi di materiali dovuto alle polveri e all'eccessivo smog, essendo la zona molto trafficata. Per la realizzazione delle cornici, in base alle ricerche di cui al paragrafo 2.2.1, è stata utilizzata una malta bastarda di calce e cemento. Questa malta ha il vantaggio di essere economica e resistente, ma di contro, per la presenza di sali solubili, in caso di umidità capillare, generare efflorescenze e sub efflorescenze. Altro elemento decorativo presente sono le lesene. Hanno una forma rettangolare più o meno sporgente realizzata in tufo intonacato. I degradi maggiormente riscontrati sono colature ed esfoliazione, mentre risulta rada l'alterazione cromatica (Figura 77). Le sporgenze e le relative rientranze sono terreno fertile per colature dovute all'acqua piovana. Le fasce marcapiano, realizzate in tufo e intonaco, sono invece soggette a deposito superficiale, colatura ed esfoliazione. Quest'ultima non è uniformemente distribuita. La colatura invece è presente con una percentuale maggiore, ciò è dovuto alla particolare forma delle fasce, che essendo aggettanti rispetto all'intonaco di fondo, così come avviene per tutti gli elementi in rilievo, fanno accumulare l'acqua che poi "gocciola" da sopra lasciando i tipici segni verticali propri delle colature. Rispetto agli altri elementi decorativi, le fasce marcapiano, presentano un numero maggiore di degradi molto eterogenei tra loro, dall'alterazione cromatica alla mancanza. L'intonaco di fondo, di colore chiaro, risulta invece in buone condizioni. Sono presenti solo delle colature. Il basamento, che riguarda solo il piano terra, si presenta bugnato e tinteggiato con colori più scuri rispetto all'intonaco di fondo. I degradi presenti sul basamento derivano per lo più da cause antropiche come polveri e inquinanti. I graffiti vandalici sono il degrado comune, insieme ai depositi superficiali che comportano inevitabilmente una variazione di colore – per la loro cancellazione tramite ritinteggiatura - e alla colatura. Un decoro è presente sul portone principale, tra piano terra e primo piano, soggetto a polveri dovute allo smog e quindi a depositi superficiali. Per quanto riguarda i balconi si hanno due tipologie realizzative: con putrelle, voltine, con e senza mensole; in entrambi possiamo riscontrare mancanza ed esfoliazione. L'elemento più esposto è il cornicione, realizzato in calcestruzzo armato e con un aggetto modesto. I degradi del cornicione sono esfoliazione e mancanza. Infatti, essendo l'elemento protettivo, subisce un'elevata esposizione agli agenti atmosferici che causano il distacco di materiale. Nel primo rilievo è apparso evidente che sulla facciata si fosse intervenuti da poco per la messa in sicurezza della stessa tramite un intervento generale di spicconatura delle parti distaccate (copriferro, distacchi di intonaco, rigonfiamenti) e una successivo trattamento dei ferri d'armatura e delle putrelle con passivante. Non risulta poi realizzata il ripristino della malta - forse nel timore che la stessa potesse costituire un pericolo futuro-. L'unico ripristino ha riguardato il cornicione d'angolo a sinistra. Tra i due rilievi non si sono notati variazioni dello stato di fatto. Appare evidente che un solo anno d'intervallo tra i due rilievi sia insufficiente per notare delle variazioni dello stato di degrado della facciata. L'unica differenza riscontrata (Figura 76) è stata quella dei balconi che sono stati tutti ricoperti da reti anti-calcinacci in nylon, dalla dubbia efficacia, per prevenire la caduta di frammenti instabili. Le reti sono state posizionate in corrispondenza del sottobalcone e dei frontalini. Dal punto di vista dimensionale la facciata ha un'altezza di 33 metri e si sviluppa per una lughezza di 45 metri. Il cornicione ha un aggetto di circa 60 centimetri mentre i balconi di circa 80 centimetri. L'interpiano

è di circa 4,50 metri. Il marciapiede sottostante la facciata ha una larghezza di 4,60 metri. Non si tiene conto della presenza delle reti nel calcolo del rischio.



Figura 74 – Facciata dell'edificio 9. Foto scattata con reflex dal marciapiede opposto nel sopralluogo del 9 marzo 2020.



Figura 75 – Facciata dell'edificio 9. Foto scattata con reflex dal marciapiede opposto nel sopralluogo del 9 marzo 2020.



Figura 76 - Facciata dell'edificio 9. Foto scattata con drone nel sopralluogo del 29 marzo 2021.



Figura 77 - Facciata dell'edificio 9. Dettagli dei balconi e delle lesene. Sopralluogo del 9 marzo 2020.

4.2.2. CALCOLO DEL RISCHIO

4.2.2.1. Partizione della facciata

La prima operazione da effettuare per il calcolo del rischio della facciata è quella di partizionare la stessa in celle quadrate a cui successivamente saranno assegnati dei valori numerici con i colori corrispondenti. Si lavora su un piano bidimensionale con una tabella a doppia entrata in cui sono numerate le righe e le colonne. E' chiaro che minori sono le dimensioni delle celle e maggiore sarà la precisione del calcolo. Per contro però, in questa fase di formulazione del metodo, in cui non è ancora disponibile un software per l'eleborazione automatica delle immagini, diventerebbe troppo laborioso l'inserimento manuale dei dati nei fogli di calcolo. Pertanto si sono scelte celle con lato 50 centimetri. Tale dimensione sembra bilanciare queste contrapposte esigenze. Si ricorda però che l'obbiettivo ultimo della ricerca è un processo automatizzato di analisi dei dati. Quindi, in futuro, una volta testata l'efficacia del metodo, sarà possibile arrivare a risoluzioni delle celle di pochi centimetri con maggiore precisione dei risultati. A seguire, Figura 78, la partizione della facciata Nord – Ovest dell'edificio numero 9.



Figura 78 - Partizione della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 in celle 50 x 50 centimetri

4.2.2.2. Raster di pericolosità degli elementi di facciata

Come specificato nel paragrafo 0 il raster di pericolosità degli elementi di facciata è realizzato attribuendo a ogni cella della partizione il punteggio della Tabella 9 in base all'elemento prevalente contenuto nella cella stessa. Al punteggio è assegnato anche un colore in modo da rendere più visibili le variazioni. Nella successiva Tabella 14 sono indicati il punteggio e il colore corrispondente a ogni elemento di facciata.

ELEMENTO DI FACCIATA	PUNTEGGIO PERICOLOSITÀ DELL'ELEMENTO (P_E) E COLORE
Basamento, piano di fondo, persiane e infissi, cornici finestre	1
Piano di fondo d'angolo/confine, lesene, stucchi e decori	2
Lesene d'angolo, balconi, fasce marcapiano	3
Cornicioni, fasce marcapiano d'angolo/confine	4
Cornicioni d'angolo/confine	5

Tabella 14 - Punteggio di pericolosità degli elementi di facciata

A seguire, Figura 79, il raster di pericolosità degli elementi della facciata Nord – Ovest dell'edificio numero 9.



Figura 79 - Raster di pericolosità degli elementi della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9

4.2.2.3. Rilievo grafico del degrado e raster di pericolosità del degrado

Per la facciata sono stati prima determinati i degradi - così come definiti dalla UNI 11182:2006 - e poi, a ogni cella, in base al degrado presente al suo interno, è stato assegnato un punteggio con relativo colore. Per la rappresentazione dei degradi, punteggio di pericolosità e colore, sono stati utilizzati i simboli grafici delle seguente Tabella 15.

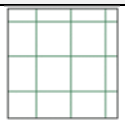
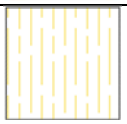
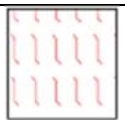
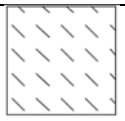
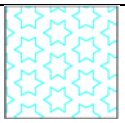
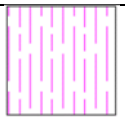
SIMBOLO GRAFICO	ALTERAZIONI E DEGRADI	PUNTEGGIO PERICOLOSITÀ DEL DEGRADO (P_D) E COLORE
	Alterazione cromatica	1
	Deposito superficiale	2
	Lacuna	3
	Macchia	2
	Colatura	2
	Rigonfiamento	4
	Esfoliazione	4
	Disgregazione	3
	Graffito vandalico	1
	Mancanza	3

Tabella 15 - Degradi con relativi simboli grafici e punteggio di pericolosità del degrado

Essendo di un solo anno la distanza temporale tra i due rilievi con variazioni dello stato degli edifici non apprezzabile, è stato impossibile stabilire un criterio per la determinazione della velocità del degrado. Pertanto, questo aspetto dovrà essere approfondito in sviluppi futuri della ricerca. Di seguito, nella Figura 80, sono rappresentati il rilievo grafico del degrado della facciata Nord – Ovest dell'edificio numero 9 mentre nella Figura 81 il raster di pericolosità dello stesso.



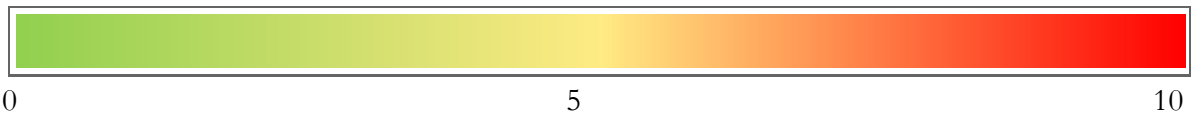
Figura 80 – Rilievo grafico del degrado della facciata Nord - Ovest dell'edificio 9



Figura 81 - Raster di pericolosità del degrado della facciata Nord - Ovest dell'edificio 9

4.2.2.4. Raster e indicatori della pericolosità

Il raster della pericolosità si ottiene semplicemente sommando, per ogni singola cella, il punteggio di pericolosità degli elementi (P_E) con quelli di pericolosità del degrado (P_D). Il punteggio è rappresentato anche con una scala a tre colori (verde, giallo rosso).



In merito agli indicatori di pericolosità abbiamo:

- *Indicatore di pericolosità tipologica della facciata:*

$$I_{PTF} = \frac{\sum_{x,y}^{n} PT(x,y)}{n} = 7734 / 5096 = 1,52;$$

- *Indicatore di pericolosità del degrado della facciata:*

$$I_{PDF} = \frac{\sum_{x,y}^{n} PD(x,y,t)}{n} = 6972 / 5096 = 1,37.$$

A seguire, in Figura 82, il raster di pericolosità della facciata Nord – Ovest dell'edificio numero 9.

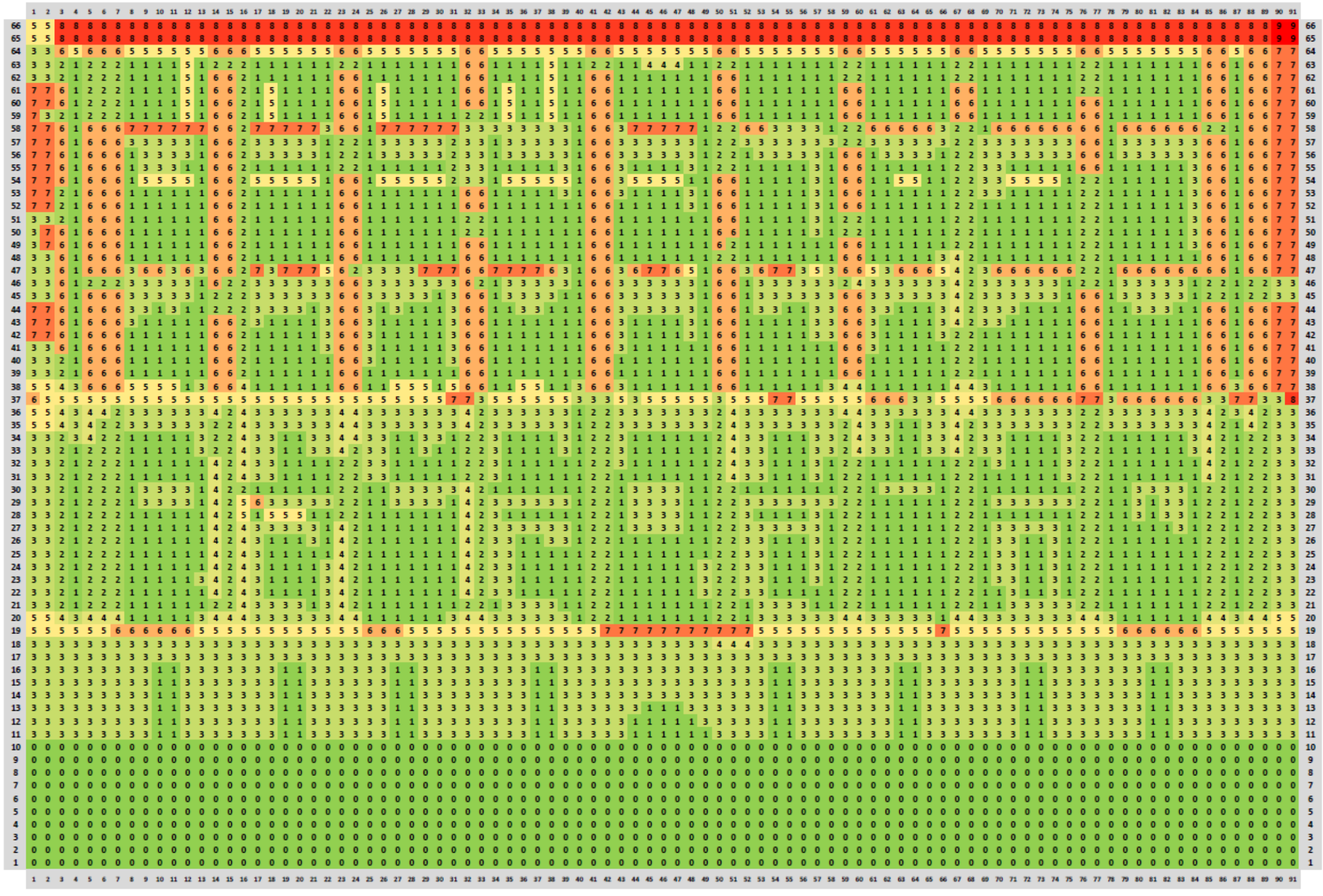


Figura 82 – Raster di pericolosità della facciata Nord - Ovest dell'edificio 9

4.2.2.5. Raster e indicatore di vulnerabilità

Per la determinazio del raster di vulnerabilità si farà riferimento alla Tabella 11.
Di seguito, in Figura 83, il raster di vulnerabilità della facciata Nord – Ovest dell'edificio numero 9.

L'*Indicatore di vulnerabilità* assume il seguente valore:

$$I_V = \frac{\sum_{x,y}^{n} V(x,y)}{n} = \quad 32416 \ / \ 5096 = 6{,}35.$$

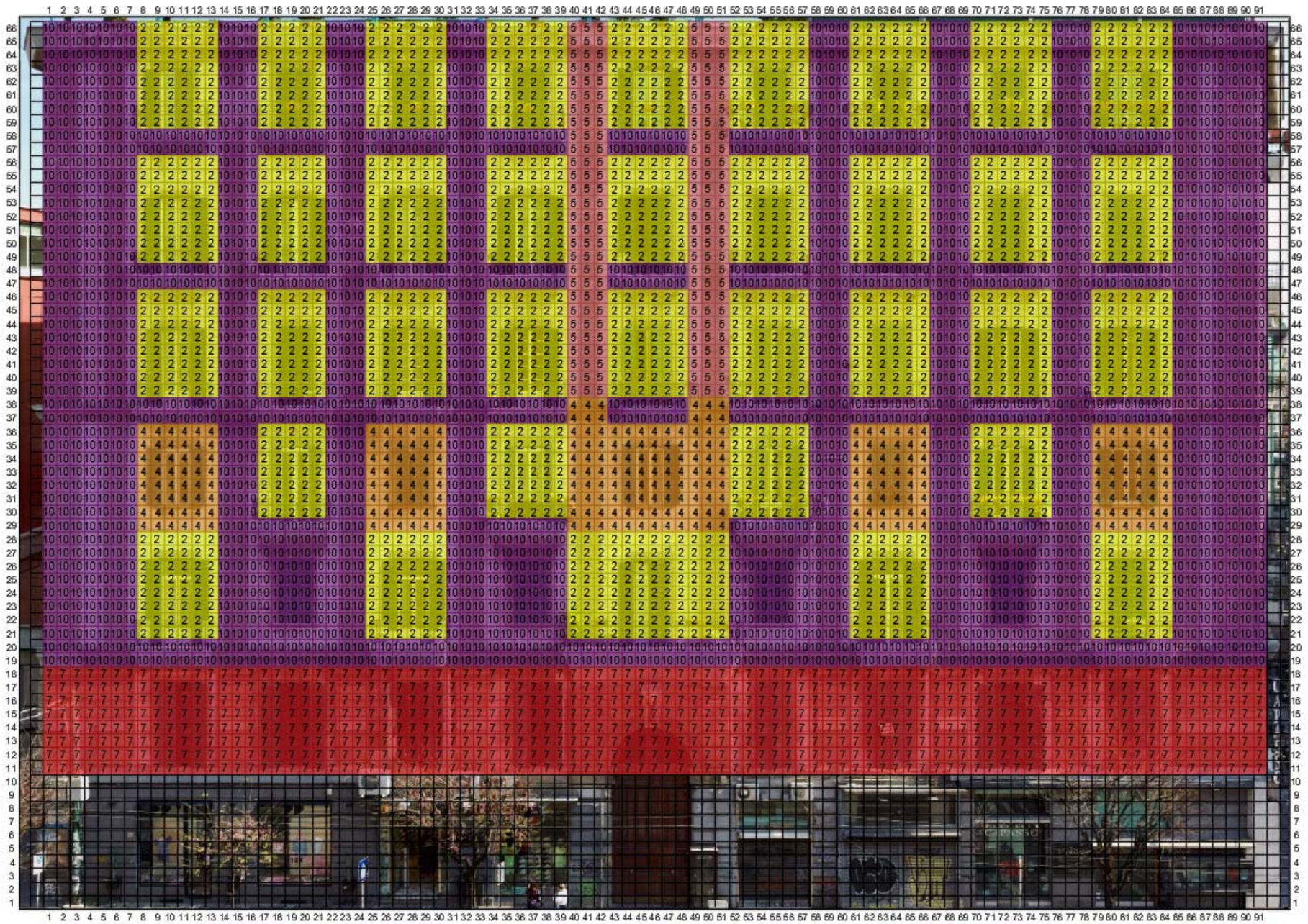


Figura 83 - Raster di vulnerabilità della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9

4.2.2.6. Raster e indicatore di esposizione

Per la determinazione del raster di esposizione si farà riferimento alla Tabella 12.
Considerando che il balcone più sporgente ha un aggetto di 0,80 metri si ha una distanza di rischio:

$D_{rischio} = SP_{max} + DO_{sicurezza} = 0{,}80 + 1{,}50 = 2{,}30$ m

Essendo il marciapiedi di 4,60 metri non è necessario valutare il flusso veicolare. Nel sopralluogo effettuato sabato 4 settembre 2021 tra le ore 12.00 e le ore 13.00 sono stati contati 469 passanti con un evidente predominanza del flusso longitudinale rispetto a quello trasversale. Per cui il valore di esposizione delle persone è costante e pari a E(x) = 10. E' inutile il raster con un valore costante, tuttavia, per completezza, se ne riporta l'immagine. Si avranno ovviamente le celle di facciata tutte di un unico colore rosso corrispondente proprio a E = 10. Di conseguenza anche l'*Indicatore di esposizione* è 10.

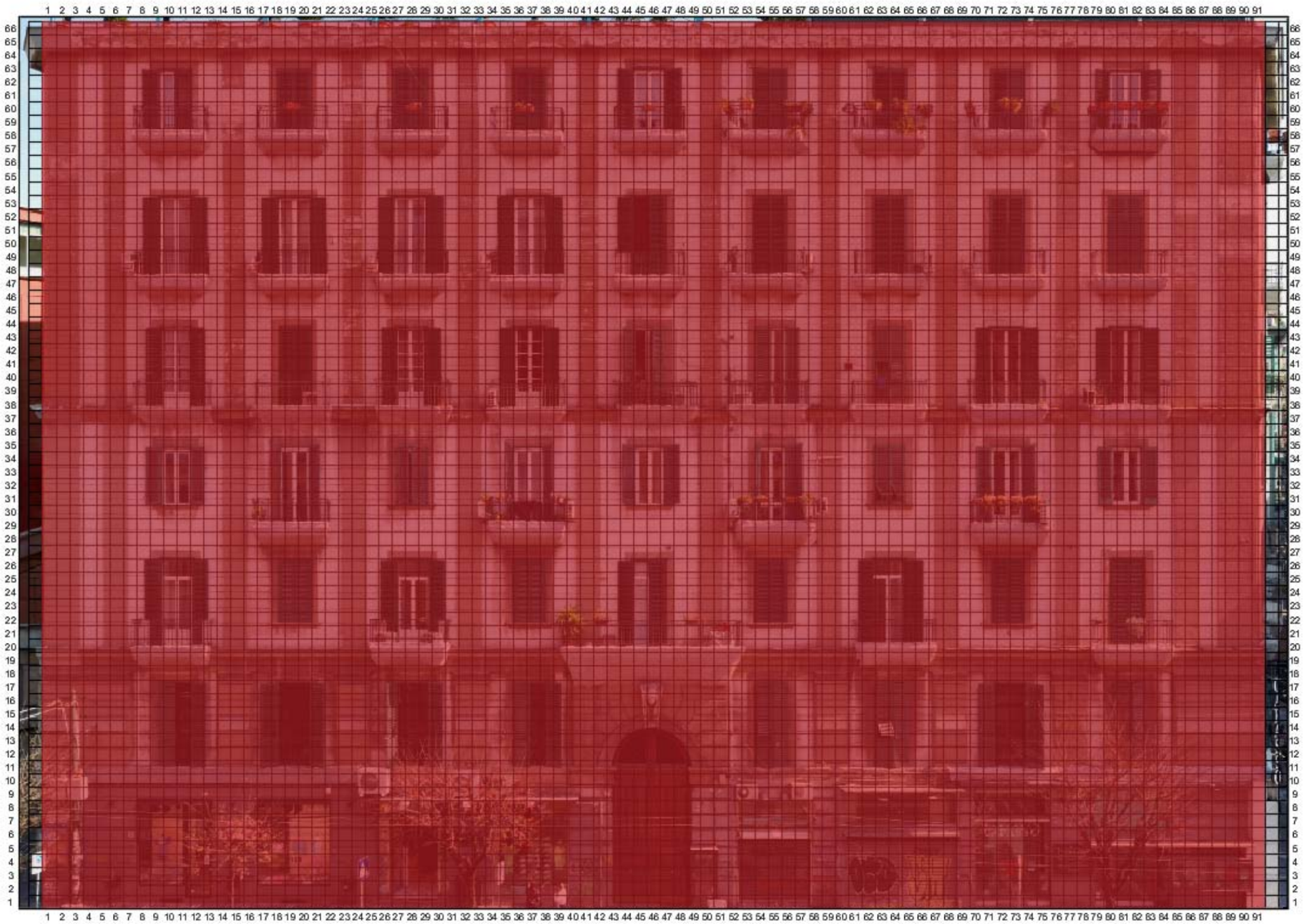


Figura 84 - Raster dell'esposizione della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9

4.2.2.7. Mappatura del rischio della facciata

Tramite un foglio di calcolo si procede alla determinazione, per ogni cella, dell'indicatore di rischio con la formula:

$$R(x,y,t) = P(x,y,t) \times V(x,y) \times E(x)$$

Anche in questo caso l'indicatore è rappresentato con una scala a tre colori (verde, giallo rosso).



0 900

Le celle assumono valori variabili tra un minimo di rischio pari a 0 (il basamento fino a 4 metri dove non viene calcolato il rischio) e un massimo di 900. A seguire si propone anche uno stralcio di questa mappatura, Figura 86, sovrapposta all'ortofoto della facciata con le celle a maggior rischio tra 700 e 900. A 900 (in rosso) corrisponde il cornicione d'angolo a destra. A 800 (in arancio) corrispondono i tratti del cornicione più degradati che non hanno elementi interposti rispetto al marciapiede sottostante (come i balconi). A 700 (in giallo) corrispondono invece i balconi più degradati e alti.

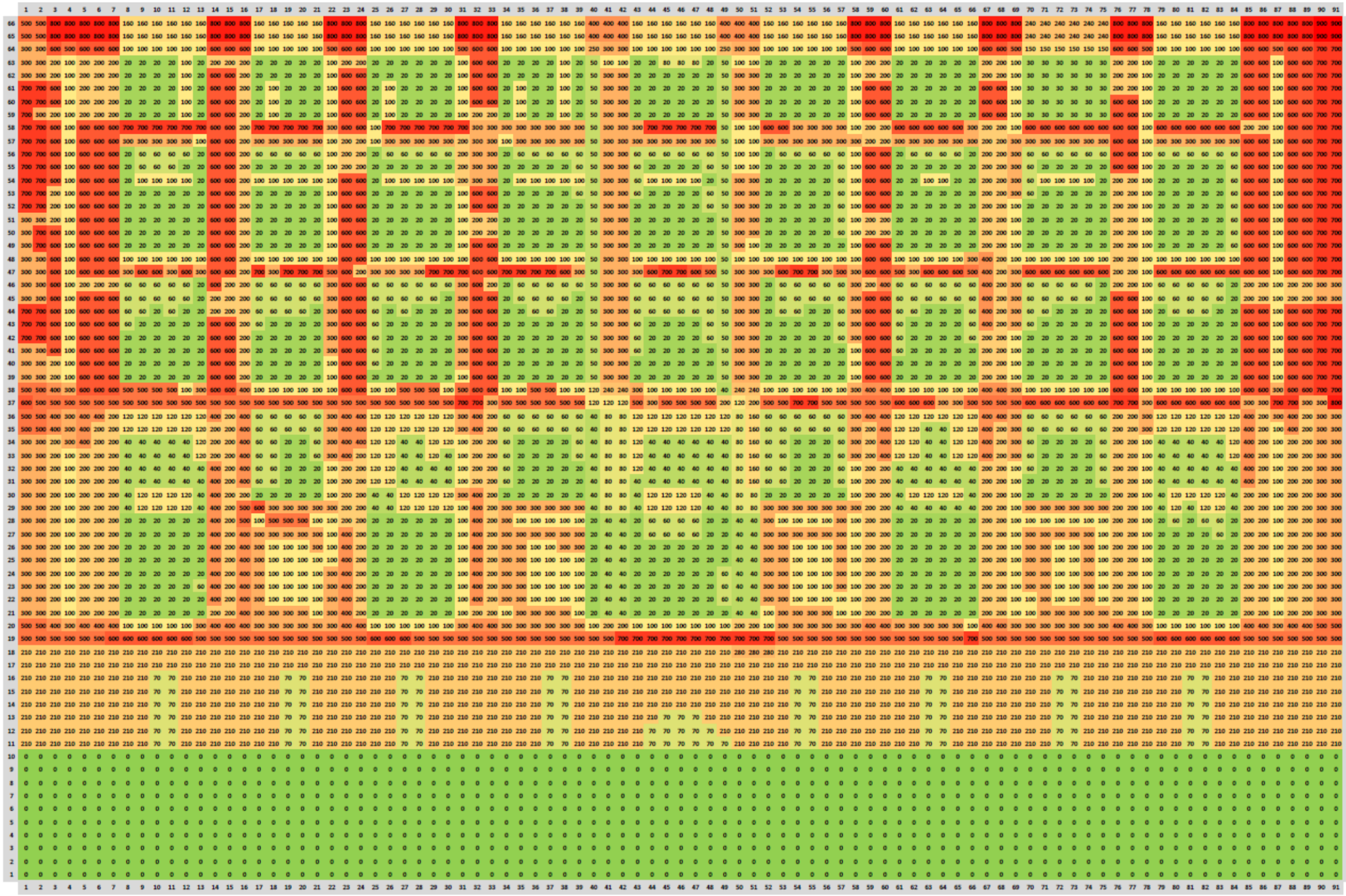


Figura 85 - Mappatura del rischio della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9

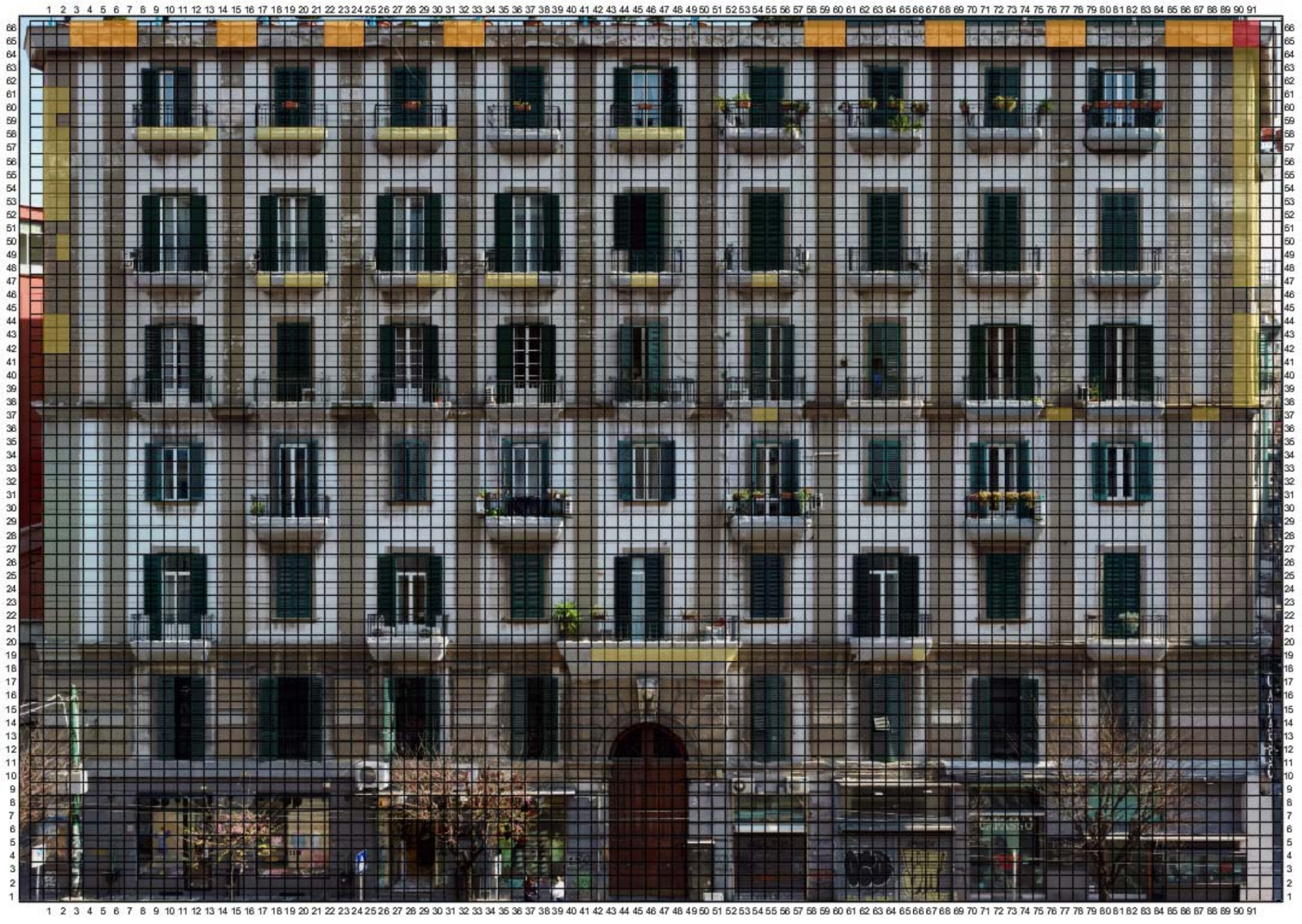


Figura 86 – Stralcio della mappatura del rischio con le celle a maggiore rischio. In rosso le celle con rischio 900, in arancio quelle con rischio 800 e in giallo quelle con rischio 700.

4.2.2.8. Calcolo dell'indicatore di rischio della facciata

L'indicatore di rischio dell'intera facciata si calcola con la media degli indicatori di rischio delle celle:

$$Rf = \frac{\sum_{x,y}^{n} R(x,y,t)}{n} \quad \text{con} \quad x, y \in Z^{+} \text{ e } t \in [0, +\infty] \qquad (3)$$

dove:

- Rf = indicatore di rischio della facciata;
- n = numero di celle che ricoprono la facciata escluse quelle del piano terra.

Si fa osservare, come già detto in precedenza, che in *n* non vengono conteggiate le celle alla base dell'edificio per un'altezza di 4 metri.

Nel caso della facciata Nord – Ovest dell'edificio numero 9 abbiamo:

Rf = 207

4.2.2.9. Calcolo dell'indicatore di rischio minimo e massimo della facciata

L'indicatore minimo di rischio, ossia il rischio dell'edificio al tempo della sua messa in esercizio, è calcolato con la formula 12, cioè:

$$Rf_{min} = \frac{\sum_{x,y}^{n}[PE(x,y)x\ V(x,y)x\ E(x)]}{n} \qquad \text{con } x, y \in Z^{+} \quad (12)$$

Nel caso della facciata Nord – Ovest dell'edificio numero 9:

Rf_{min} = 108

L'indicatore massimo di rischio, ossia quella della facciata nel suo massimo degrado, viene calcolato con la formula 13, cioè:

$$Rf_{max} = \frac{\sum_{x,y}^{n}[[PE(x,y)+5]x\ V(x,y)x\ E(x)]}{n} \qquad \text{con } x, y \in Z^{+} \quad (13)$$

Nel caso della facciata Nord – Ovest dell'edificio numero 9:

Rf_{max} = 426

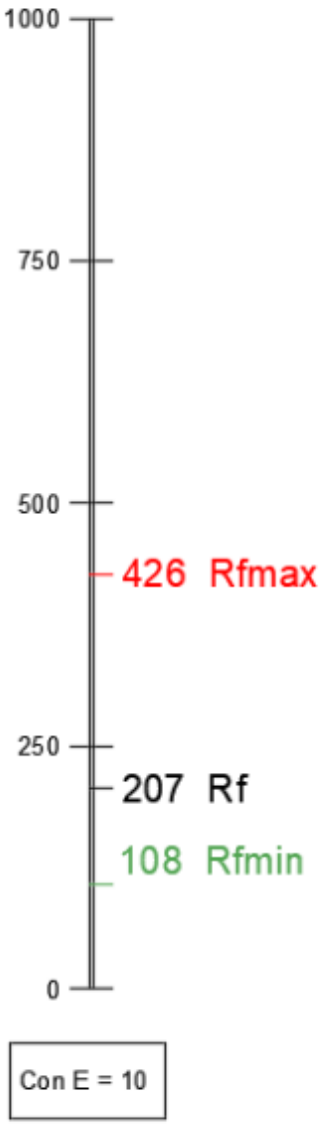


Figura 87 – Scala del rischio con i valori del rischio (Rf), del rischio minimo (Rfmin) e massimo(Rfmax) della facciata

I suddetti valori di rischio non hanno utilità se non si introduce una soglia di accettabilità per la facciata e per le celle, cosa che sarà fatta nel paragrafo 4.5. Interessante (da Figura 88 a Figura 90) è la mappatura del rischio in diversi contesti di esposizione (E =0, E =4, E = 7).

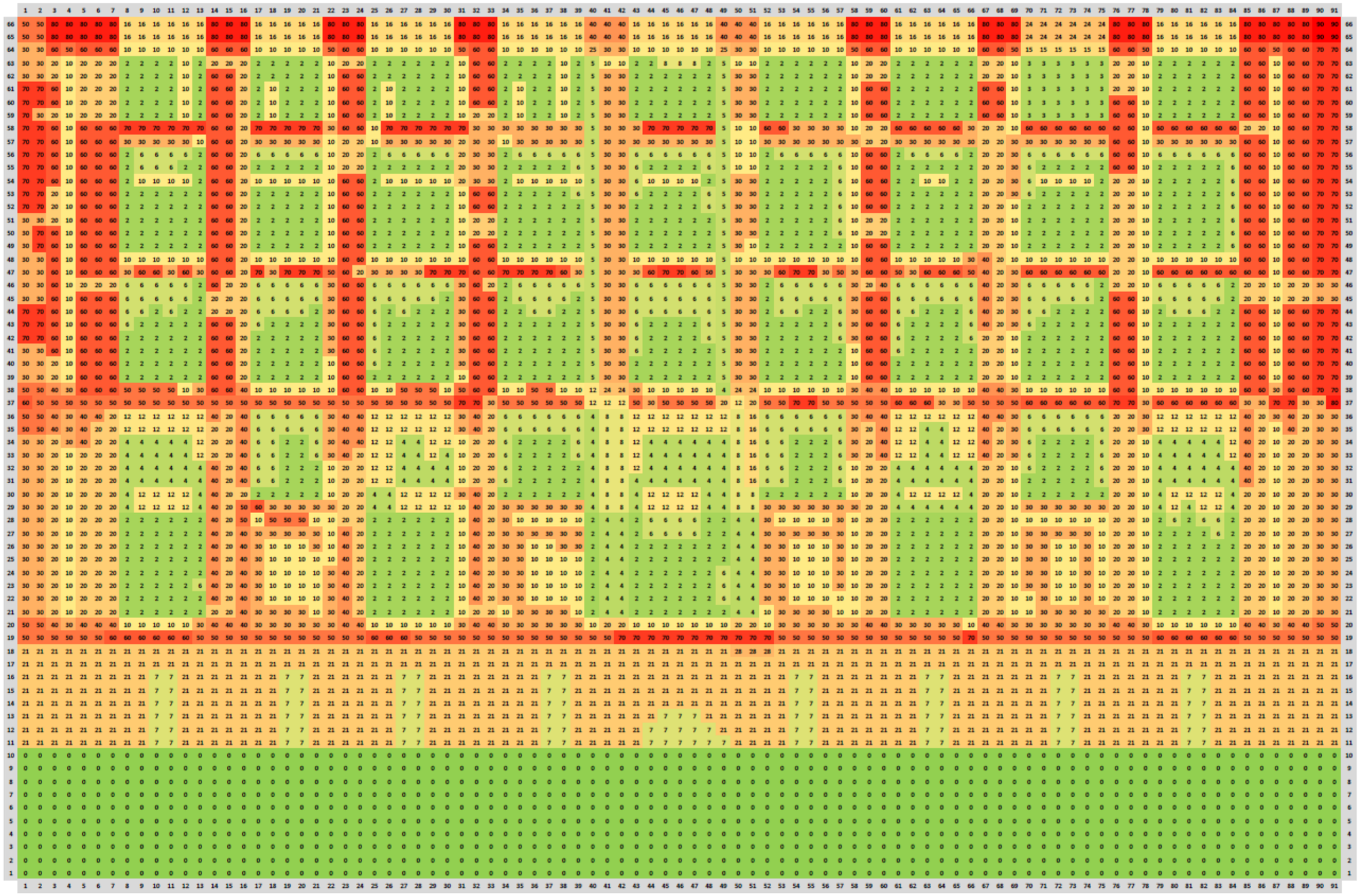


Figura 88 - Mappatura del rischio della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 nell'ipotesi di E = 1

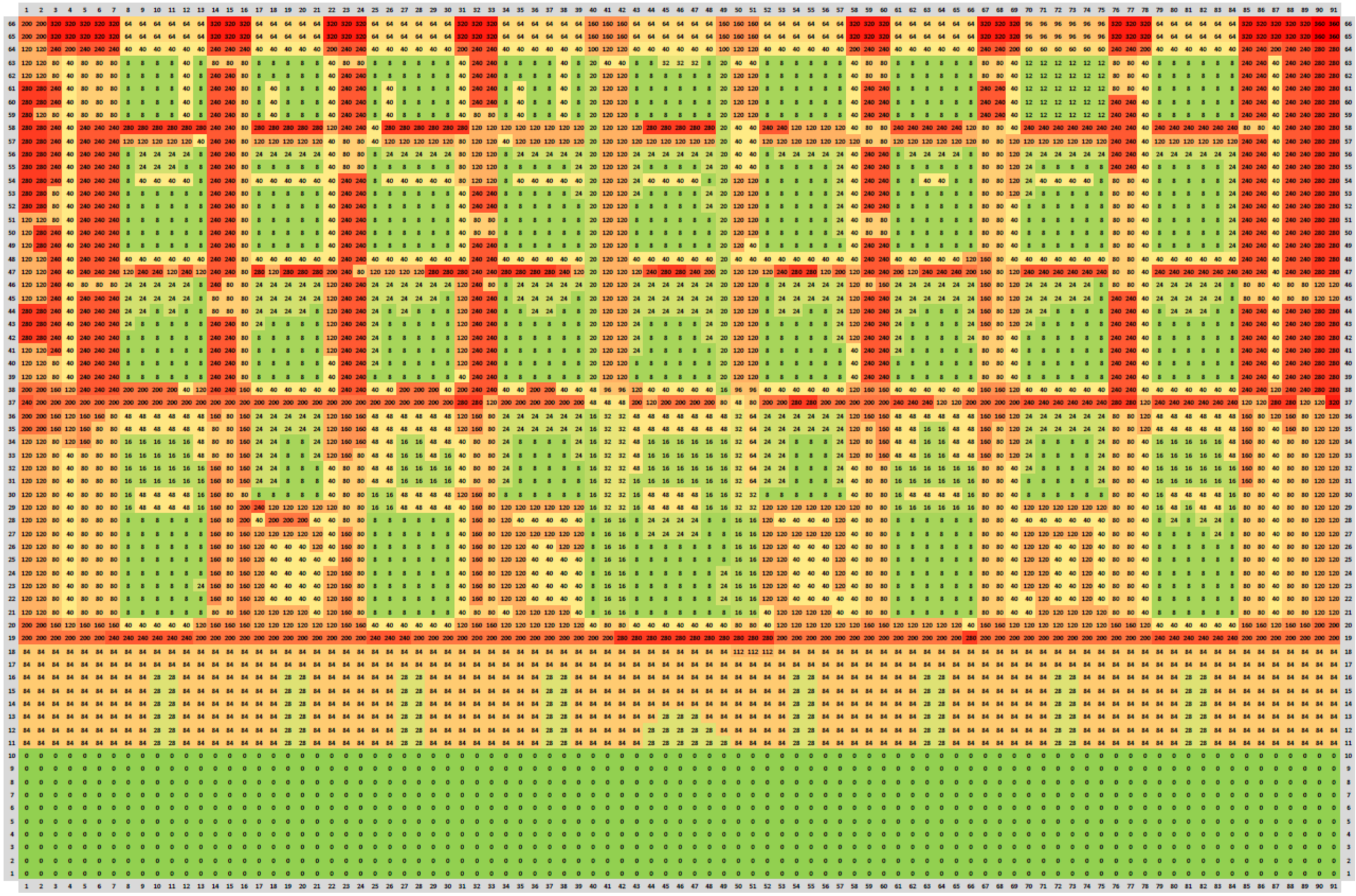


Figura 89 - Mappatura del rischio della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 nell'ipotesi di E = 4

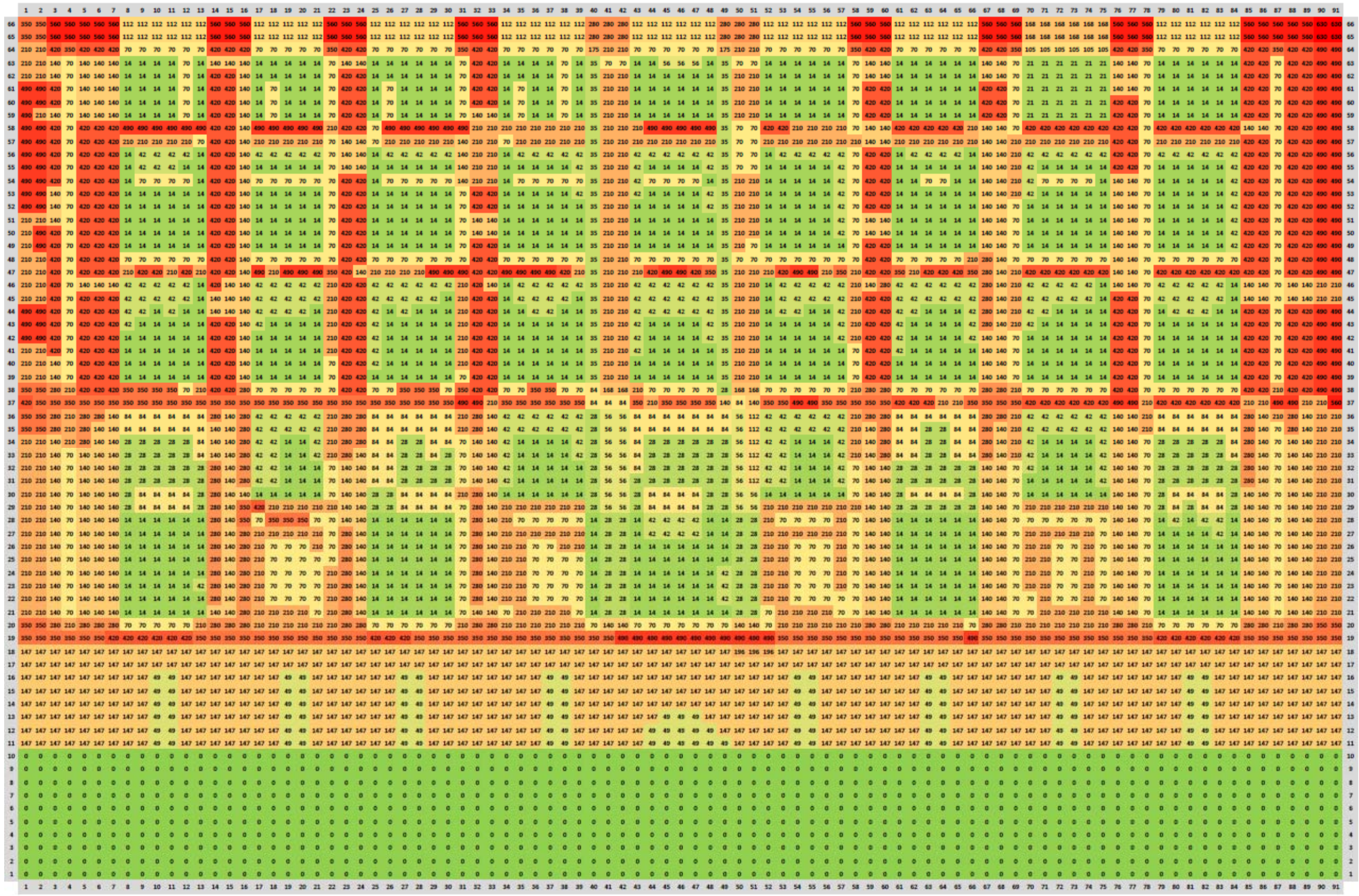


Figura 90 - Mappatura del rischio della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 nell'ipotesi di E = 7

Nella Figura 91 la scala del rischio con rappresentati i valori di Rf, Rf_{min} ed Rf_{max} nell'ipotesi di E = 1, 4, 7 e 10. Interessante osservare come, per le ipotesi fatte, la variazione del rischio sia lineare con E.

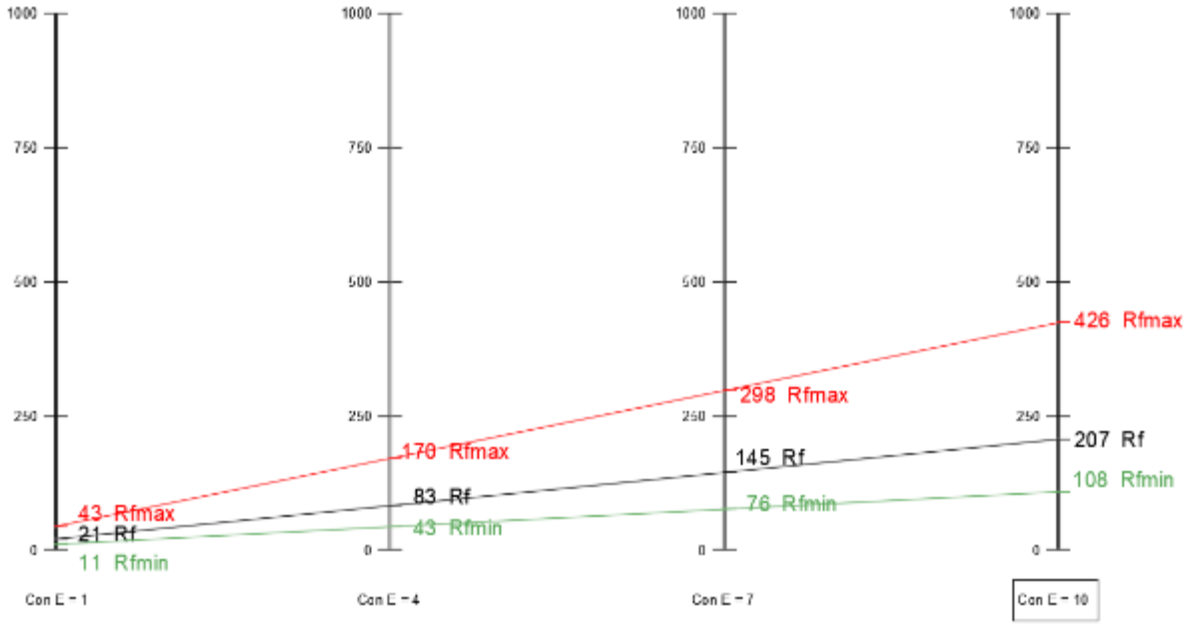


Figura 91 - Scala del rischio con i valori di Rf, Rfmin e Rfmax nell'ipotesi di E = 1, 4, 7 e 10

4.3. RISCHIO DELLA FACCIATA SUD – EST DELL'EDIFICIO NUMERO 14

4.3.1. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DLLA FACCIATA

Quest'edificio non presenta cornici alle finestre. Le lesene, realizzate intonacando tufo sporgente, sono lisce e non presentano degradi. Le fasce marcapiano, con una composizione di tufo intonacato e di calcestruzzo intonacato (fascia marcapiano del penultimo piano), hanno problemi di mancanze e limitate esfoliazioni. L'intonaco di fondo, di colore chiaro, risulta in buone condizioni. Risultano presenti solo dei deposti di polveri dovuti allo smog nei piani bassi. Il basamento, che riguarda il piano terra e il primo piano, si presenta bugnato e tinteggiato con colori più scuri rispetto all'intonaco di fondo. Il colore è lo stesso delle lesene, del cornicione, dei balconi e delle fasce marcapiano. Anche in questo caso i degradi presenti sul basamento derivano per lo più da cause antropiche come polveri e inquinanti. I graffiti vandalici rappresentano un fenomeno di degrado comune, insieme al deposito superficiale, e comportano inevitabilmente una variazione di colore. Per quanto riguarda i balconi, realizzati con putrelle, voltine con e senza mensole, si riscontrano mancanze ed esfoliazioni. I balconi al primo piano hanno un aggetto di 60 centimetri, quelli al secondo e terzo piano 80 centimetri. I balconi al quarto piano hanno invece un aggetto di 40 centimetri. Quelli al quinto 60 centimetri e all'ultimo piano 40 centimetri. Il balcone sul portone principale ha un aggetto di circa 100 centimetri. L'elemento più esposto è il cornicione, realizzato in calcestruzzo armato e con un aggetto, di circa 150 centimetri, superiore rispetto a quello di tutti gli altri elementi di facciata. I degradi del cornicione sono esfoliazione e mancanza. Infatti, essendo l'elemento protettivo, subisce un'elevata esposizione agli agenti atmosferici che causano il distacco di materiale. Anche in quest'edificio è evidente un intervento di messa in sicurezza tramite la spicconatura delle parti distaccate. Non si è poi intervenuto con passivante sui ferri – come nell'edificio precedente – né con il ripristino della malta. Si sono poi poste in opera delle poco efficaci reti anti-calcinacci in nylon per prevenire la caduta di frammenti instabili sotto il cornicione, alcuni balconi e in alcuni tratti delle fasce marcapiano. La facciata ha un'altezza di circa 27 metri e larghezza di circa 30 metri. Il marciapiede sotto la facciata ha una larghezza di 4,60 metri. Anche in questo caso tra i due rilievi non si è riscontrato una variazioni dello stato di degrado.



Figura 92 - Facciata dell'edificio 14. Foto scattata con reflex dal marciapiede opposto nel sopralluogo del 9 marzo 2020.



Figura 93 - Facciata dell'edificio 14. Foto scattata con reflex dal marciapiede opposto nel sopralluogo del 9 marzo 2020.



Figura 94 - Facciata dell'edificio 14. Dettagli del cornicione e dei balconi e delle lesene. Sopralluogo del 9 marzo 2020.



Figura 95 - Facciata dell'edificio 14. Sopralluogo del 9 marzo 2020



Figura 96 - Facciata dell'edificio 14. Sopralluogo del 9 marzo 2020

4.3.2. CALCOLO DEL RISCHIO

Per la determinazione del rischio della facciata Sud – Est dell'edificio 14 si procede in modo analogo a come fatto per la facciata dell'edificio numero 9. Nell'ordine:

- **Partizione della facciata in celle 50 x 50 centimetri (**Figura 98**);**
- **Raster di pericolosità degli elementi di facciata (**Figura 99**);**
- **Rilievo grafico del degrado (**Figura 100**) e raster di pericolosità del degrado (**Figura 101**)**
- **Raster di pericolosità (**Figura 102**);**
- **Raster di vulnerabilità (**Figura 103**);**
- **Raster dell'esposizione con E =10 (**Figura 104**);**
- **Mappatura del rischio della facciata con E = 10 – caso reale - (**Figura 105**);**
- **Stralcio della mappatura del rischio con le cella a maggiore rischio (**Figura 106**);**
- **Mappatura del rischio della facciata con E = 1 (**Figura 107**);**
- **Mappatura del rischio della facciata con E = 4 (**Figura 108**);**
- **Mappatura del rischio della facciata con E = 7 (**Figura 109**).**

In merito all'esposizione, considerando che il cornicione, elemento più sporgente, ha un aggetto di 1,50 metri, si ricava:

Drischio = SPmax + DOsicurezza = 1,50 + 1,50 = 3,00 m

Essendo il marciapiede di 4,60 metri non è necessario valutare il flusso veicolare. Nel sopralluogo effettuato sabato 11 settembre 2021 tra le ore 12.00 e le ore 13.00 sono state contati 405 passanti con un evidente predominanza del flusso longitudinale rispetto a quello trasversale. Per cui il valore di esposizione delle persone è costante e pari a E(x) = 10.

Gli indicatori hanno i seguenti valori:

- *Indicatore di pericolosità tipologica della facciata:*

$$I_{PTF} = \frac{\sum_{x,y}^{n} PT(x,y)}{n} = 4585 \,/\, 2773 = 1{,}65;$$

- *Indicatore di pericolosità del degrado della facciata:*

$$I_{PDF} = \frac{\sum_{x,y}^{n} PD(x,y,t)}{n} = 1915 \,/ 2773 = 0{,}69;$$

- *Indicatore di esposizione:*

$$I_{E} = \frac{\sum_{x,y}^{n} E(x)}{n} = 10;$$

- *Indicatore di vulnerabilità:*

$I_V = \frac{\sum_{x,y}^{n} V(x,y)}{n} = 14916 / 2773 = 5{,}38.$

In merito invece alla mappatura del rischio l'indicatore anche in questo caso è rappresentato con una scala a tre colori (verde, giallo rosso).



Si propone, anche in questo caso, uno stralcio di questa mappatura, Figura 106, sovrapposta all'ortofoto della facciata con le celle a maggior rischio tra 600 e 800. A 800 (in rosso) corrisponde il cornicione d'angolo a sinistra. A 700 (in arancio) corrispondono i tratti del cornicione più degradati che non hanno elementi interposti con il marciapiede (come i balconi) e alcuni punti della fascia marcapiano d'angolo. A 600 (in giallo) corrispondono invece parte dei balconi più degradati e tratti della fascia marcapiano.

Nella Figura 97 la scala del rischio con rappresentati i valori di Rf, Rf_{min} ed Rf_{max} nell'ipotesi che E = 1, 4, 7 e 10.

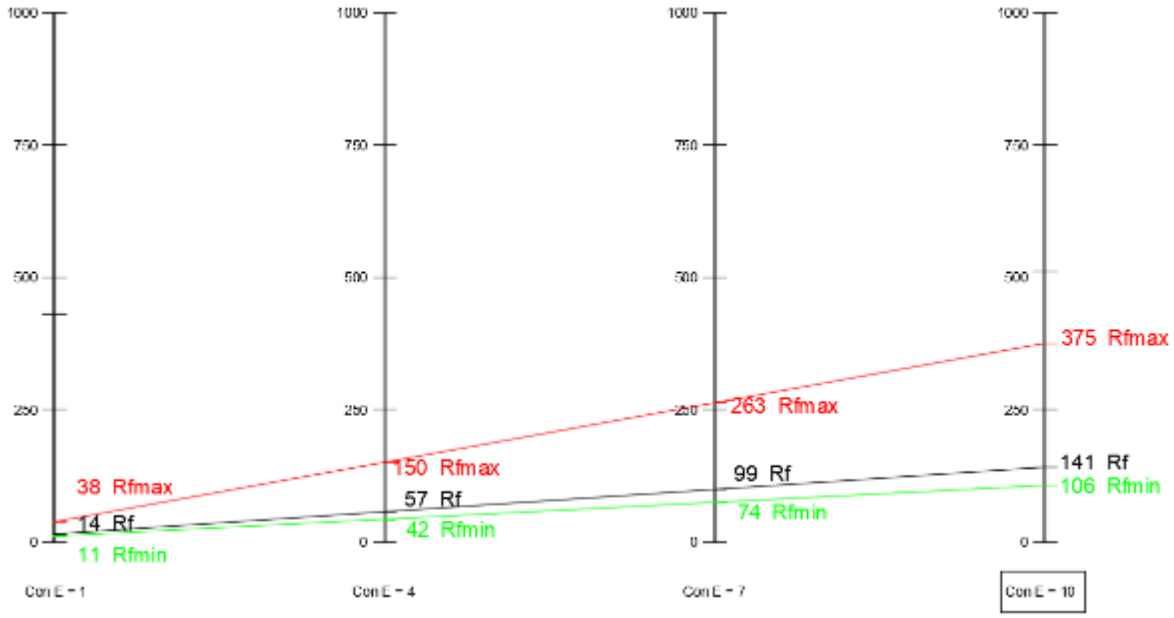


Figura 97 - Scala del rischio con i valori di Rf, Rfmin e Rfmax nell'ipotesi di E = 1, 4, 7 e 10

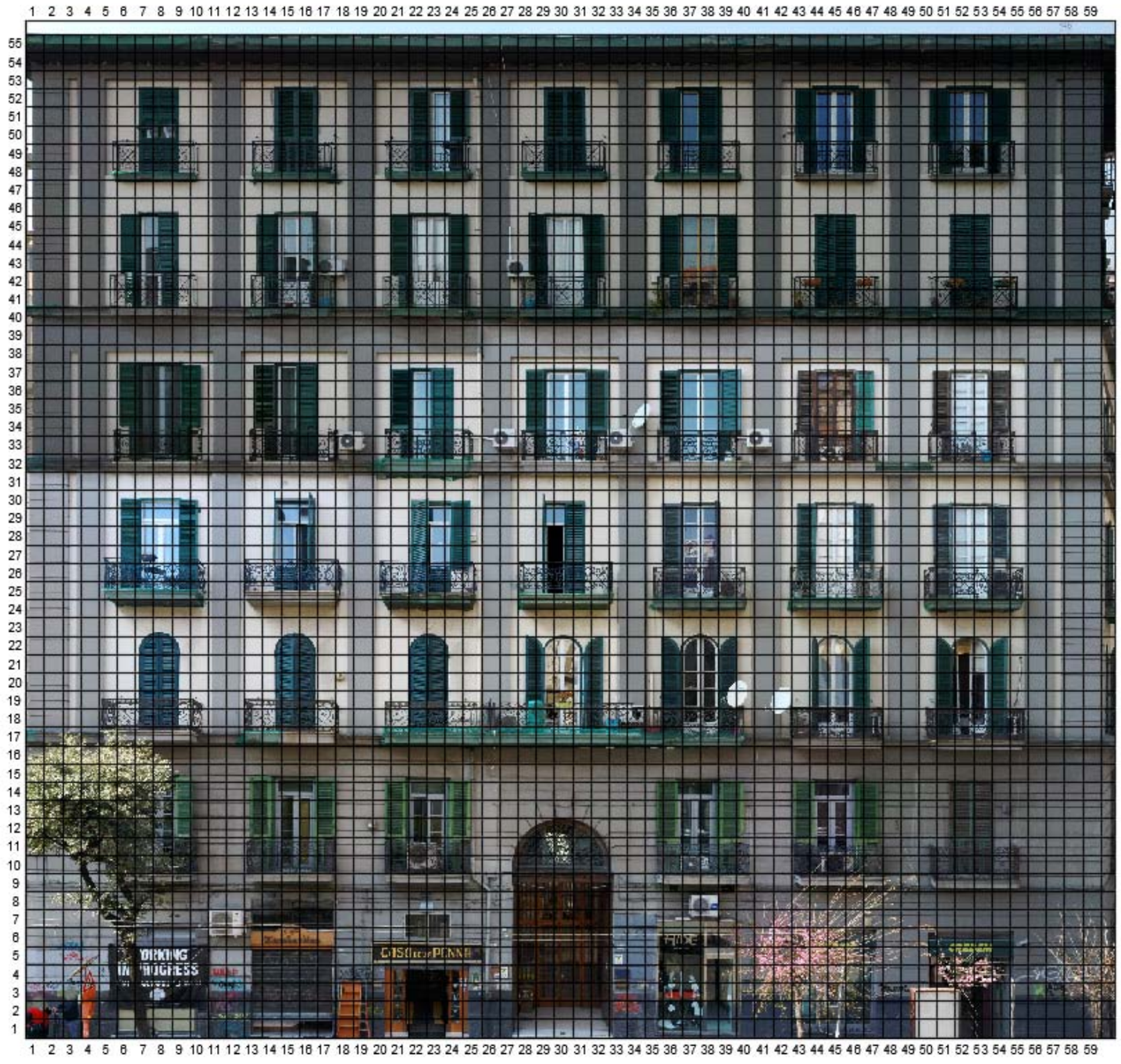


Figura 98 - Partizione della facciata Sud – Est dell'edificio 14 in celle 50 x 50 centimetri



Figura 99 - Raster di pericolosità degli elementi della facciata Sud – Est dell'edificio 14

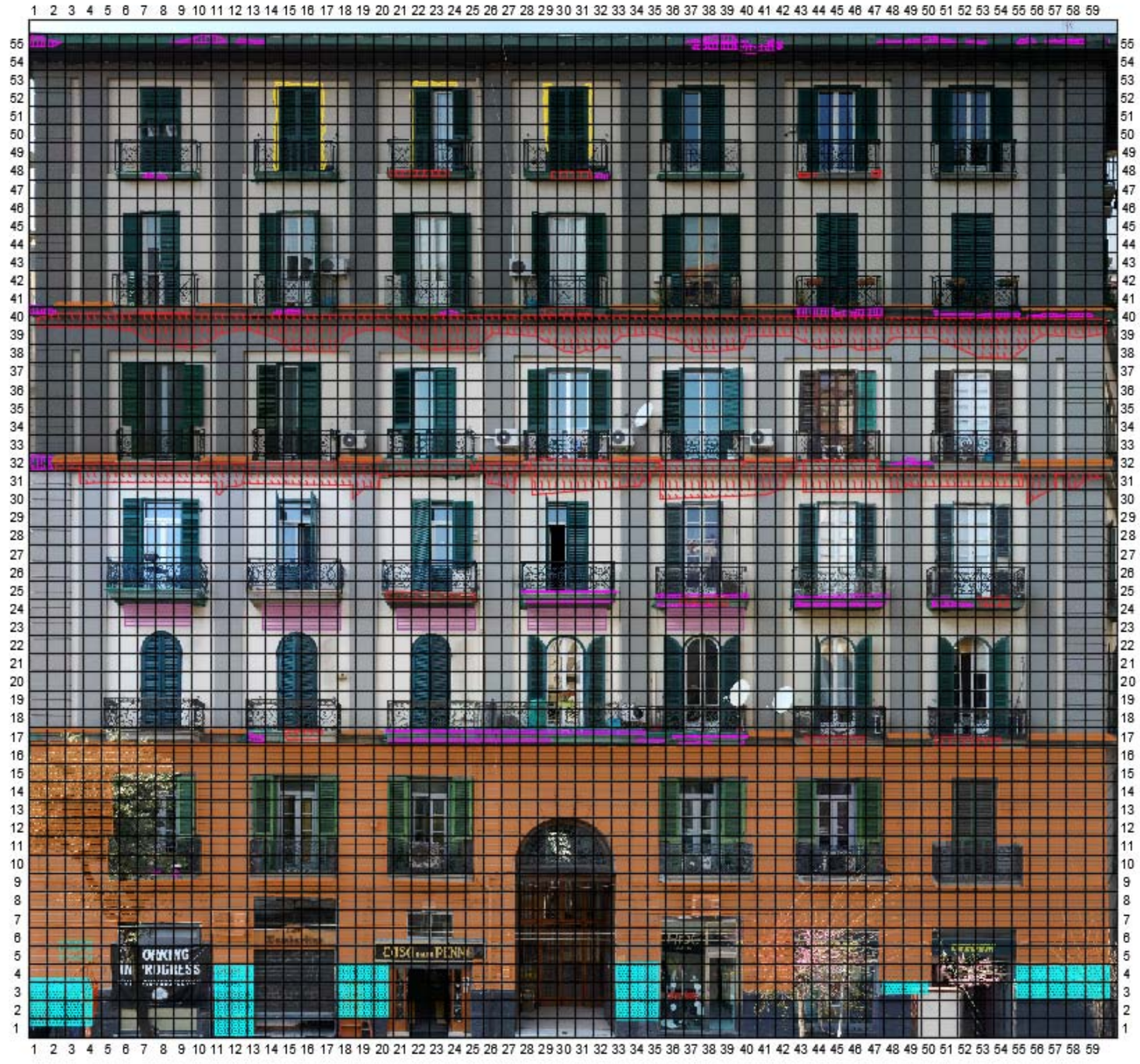


Figura 100 - Rilievo grafico del degrado della facciata Sud - Est dell'edificio 14

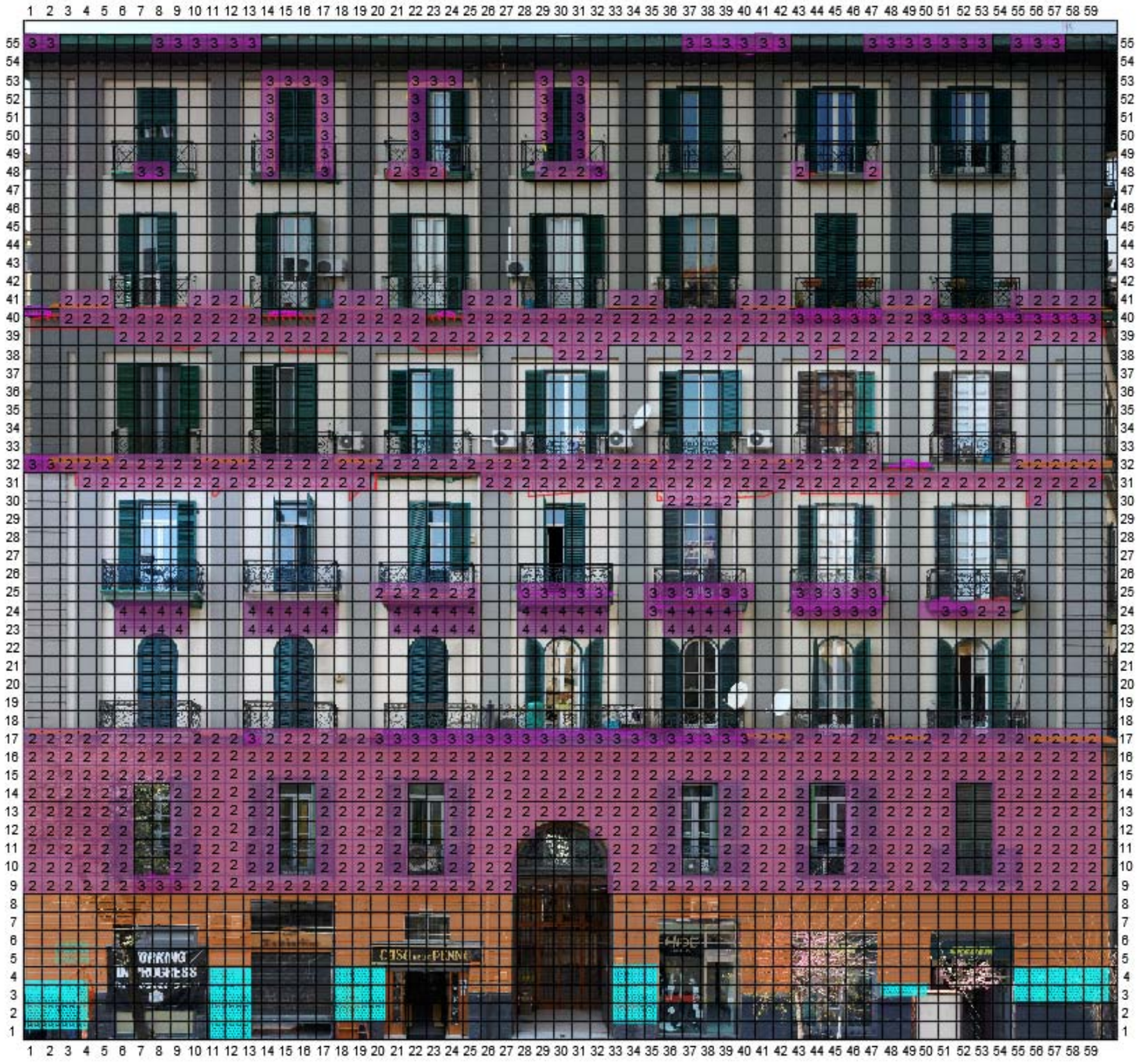


Figura 101 - Raster di pericolosità del degrado della facciata Sud - Est dell'edificio 14

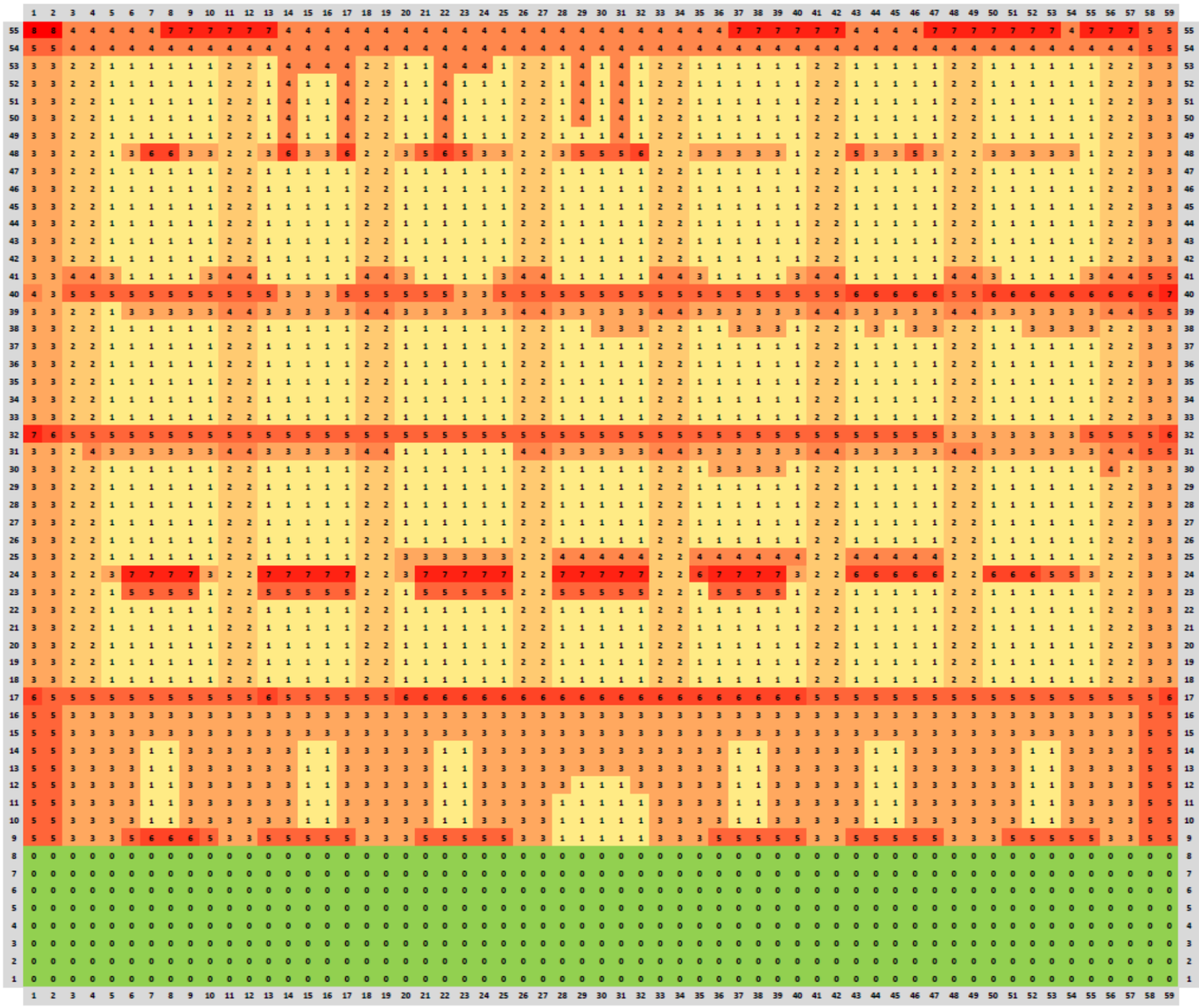


Figura 102 - Raster di pericolosità della facciata Sud - Est dell'edificio 14

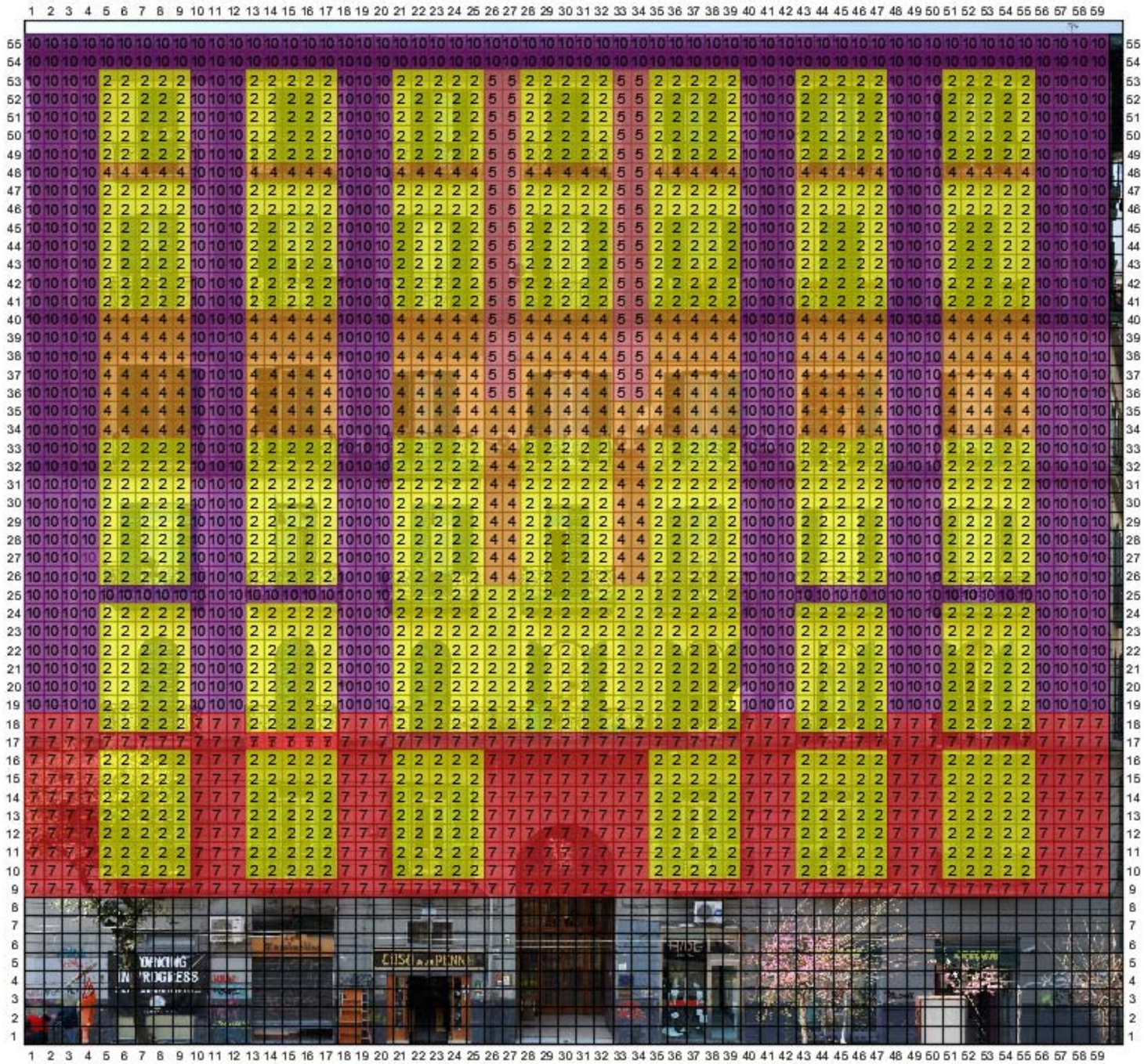


Figura 103 – Raster di vulnerabilità della facciata Sud – Est dell'edificio 14

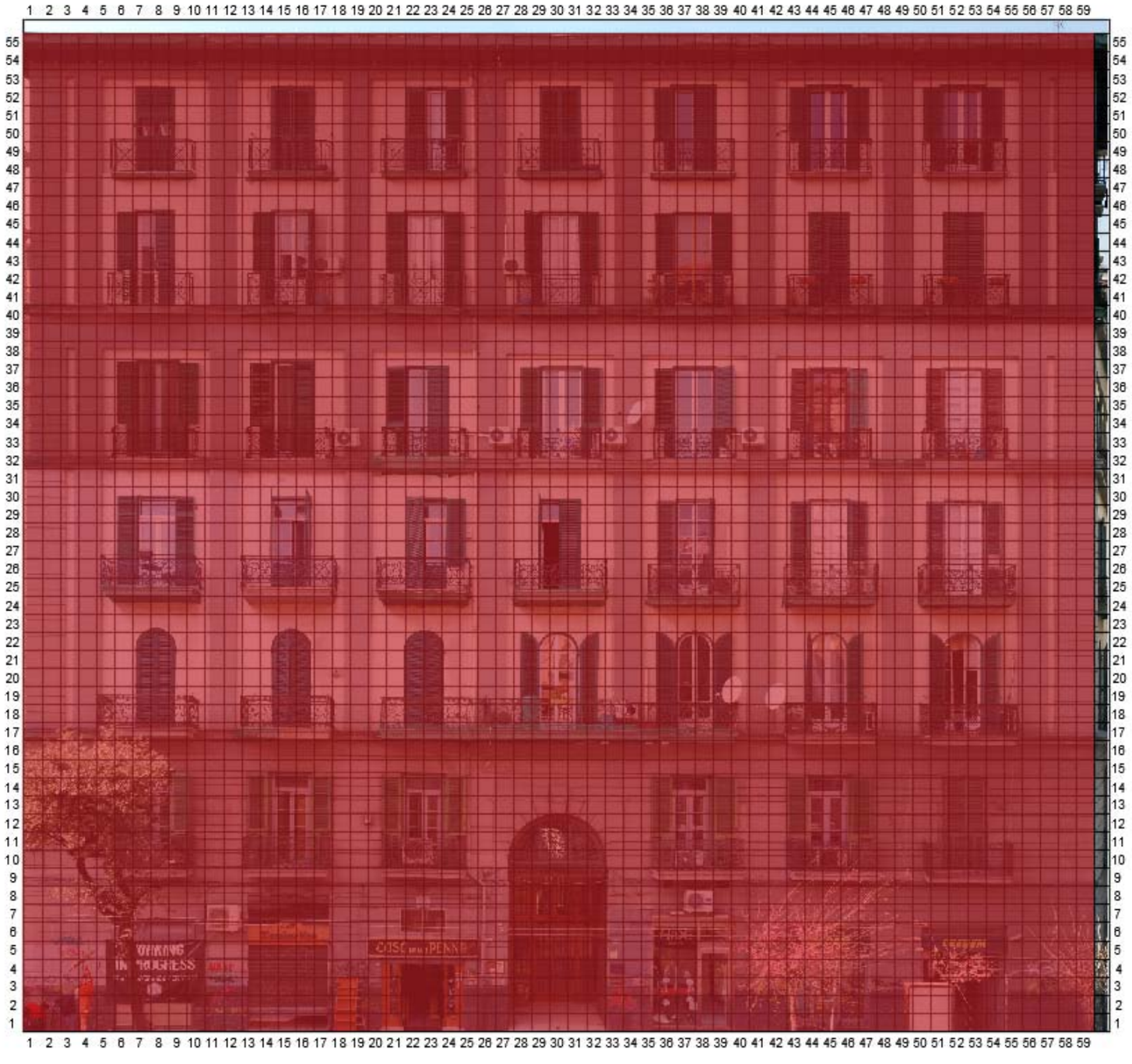


Figura 104 – Raster dell'esposizione della facciata Sud – Est dell'edificio 14 (E=10)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
55	800	800	400	400	400	400	400	700	700	700	700	700	700	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	700	700	700	700	700	700	700	400	400	400	400	700	700	700	700	700	700	700	400	700	700	700	500	500	55
54	500	500	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	500	500	54
53	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	80	80	80	80	200	200	100	20	80	80	80	20	100	100	20	80	20	80	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	53
52	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	80	20	20	80	200	200	100	20	80	20	20	20	100	100	20	80	20	80	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	52
51	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	80	20	20	80	200	200	100	20	80	20	20	20	100	100	20	80	20	80	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	51
50	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	80	20	20	80	200	200	100	20	80	20	20	20	100	100	20	80	20	80	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	50
49	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	80	20	20	80	200	200	100	20	80	20	20	20	100	100	20	20	20	80	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	49
48	300	300	200	200	40	120	240	240	120	300	200	200	120	240	120	120	240	200	200	300	200	240	200	120	120	100	100	120	200	200	200	240	100	100	120	120	120	120	120	100	200	200	200	120	120	200	120	200	200	300	120	120	120	120	40	200	200	300	300	48
47	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	47
46	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	46
45	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	45
44	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	44
43	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	43
42	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	42
41	300	300	400	400	60	20	20	20	20	300	400	400	20	20	20	20	20	400	400	300	20	20	20	20	60	200	200	20	20	20	20	20	200	200	60	20	20	20	20	300	400	400	20	20	20	20	20	400	400	300	20	20	20	20	60	400	400	500	500	41
40	400	300	500	500	200	200	200	200	200	500	500	500	200	120	120	120	200	500	500	500	200	200	120	120	200	250	250	200	200	200	200	200	250	250	200	200	200	200	200	500	500	500	240	240	240	240	240	500	500	600	240	240	240	240	240	600	600	600	700	40
39	300	300	200	200	40	120	120	120	120	300	400	400	120	120	120	120	120	400	400	300	120	120	120	120	120	200	200	120	120	120	120	120	200	200	120	120	120	120	120	300	400	400	120	120	120	120	120	400	400	300	120	120	120	120	120	400	400	500	500	39
38	300	300	200	200	40	40	40	40	40	100	200	200	40	40	40	40	40	200	200	100	40	40	40	40	40	100	100	40	40	120	120	120	100	100	40	40	120	120	120	100	200	200	40	120	40	120	120	200	200	100	40	120	120	120	120	200	200	300	300	38
37	300	300	200	200	40	40	40	40	40	100	200	200	40	40	40	40	40	200	200	100	40	40	40	40	40	100	100	40	40	40	40	40	100	100	40	40	40	40	40	100	200	200	40	40	40	40	40	200	200	100	40	40	40	40	40	200	200	300	300	37
36	300	300	200	200	40	40	40	40	40	100	200	200	40	40	40	40	40	200	200	100	40	40	40	40	40	100	100	40	40	40	40	40	100	100	40	40	40	40	40	100	200	200	40	40	40	40	40	200	200	100	40	40	40	40	40	200	200	300	300	36
35	300	300	200	200	40	40	40	40	40	100	200	200	40	40	40	40	40	200	200	100	40	40	40	40	80	80	80	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	100	200	200	40	40	40	40	40	200	200	100	40	40	40	40	40	200	200	300	300	35
34	300	300	200	200	40	40	40	40	40	100	200	200	40	40	40	40	40	200	200	100	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	40	100	200	200	40	40	40	40	40	200	200	100	40	40	40	40	40	200	200	300	300	34
33	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	33
32	700	600	500	500	100	100	100	100	100	500	500	500	100	100	100	100	100	500	500	500	100	100	100	100	100	200	200	100	100	100	100	100	200	200	100	100	100	100	100	500	500	500	100	100	100	100	100	300	300	300	60	60	60	60	100	500	500	500	600	32
31	300	300	200	400	60	60	60	60	60	300	400	400	60	60	60	60	60	400	400	100	20	20	20	20	160	160	60	60	60	60	60	160	160	60	60	60	60	60	60	300	400	400	60	60	60	60	60	400	400	300	60	60	60	60	60	400	400	500	500	31
30	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	80	80	20	60	60	60	60	60	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	400	200	300	300	30
29	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	29
28	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	28
27	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	27
26	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	80	80	20	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	26
25	300	300	200	200	100	100	100	100	100	100	200	200	100	100	100	100	100	200	200	300	60	60	60	60	40	40	80	80	80	80	80	40	40	80	80	80	80	80	400	200	200	400	400	400	400	400	200	200	100	100	100	100	100	100	200	200	300	300	25
24	300	300	200	200	60	140	140	140	140	300	200	200	140	140	140	140	140	200	200	300	140	140	140	140	40	40	140	140	140	140	140	40	40	120	140	140	140	140	300	200	200	120	120	120	120	120	200	200	600	120	120	100	100	60	200	200	300	300	24
23	300	300	200	200	20	100	100	100	100	100	200	200	100	100	100	100	100	200	200	100	100	100	100	100	40	40	100	100	100	100	100	40	40	20	100	100	100	100	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	23
22	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	40	40	20	20	20	20	20	40	40	20	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	22
21	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	40	40	20	20	20	20	20	40	40	20	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	21
20	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	40	40	20	20	20	20	20	40	40	20	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	20
19	300	300	200	200	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	40	40	20	20	20	20	20	40	40	20	20	20	20	20	20	100	200	200	20	20	20	20	20	200	200	100	20	20	20	20	20	200	200	300	300	19
18	210	210	140	140	20	20	20	20	20	70	140	140	20	20	20	20	20	140	140	70	20	20	20	20	40	40	20	20	20	20	20	40	40	20	20	20	20	20	20	70	140	140	20	20	20	20	20	140	140	70	20	20	20	20	20	140	140	210	210	18
17	420	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	420	350	350	350	350	350	350	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	420	17
16	350	350	210	210	60	60	60	60	60	210	210	210	60	60	60	60	60	210	210	210	60	60	60	60	60	210	210	210	210	210	210	210	210	60	60	60	60	60	210	210	210	60	60	60	60	60	210	210	210	150	150	150	150	150	210	210	350	350	16
15	350	350	210	210	60	60	60	60	60	210	210	210	60	60	60	60	60	210	210	210	60	60	60	60	60	210	210	210	210	210	210	210	210	60	60	60	60	60	210	210	210	60	60	60	60	60	210	210	210	150	150	150	150	150	210	210	350	350	15
14	350	350	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	20	20	60	60	210	210	210	210	210	210	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	20	20	60	60	210	210	210	150	50	50	150	150	210	210	350	350	14
13	350	350	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	20	20	60	60	210	210	210	210	210	210	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	20	20	60	60	210	210	210	150	50	50	150	150	210	210	350	350	13
12	350	350	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	20	20	60	60	210	210	210	70	70	70	210	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	20	20	60	60	210	210	210	150	50	50	150	150	210	210	350	350	12
11	350	350	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	20	20	60	60	210	210	70	70	70	70	70	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	20	20	60	60	210	210	210	150	50	50	150	150	210	210	350	350	11
10	350	350	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	20	20	60	60	210	210	70	70	70	70	70	210	210	60	60	20	20	60	210	210	210	60	20	20	60	60	210	210	210	150	50	50	150	150	210	210	350	350	10
9	350	350	210	210	210	350	420	420	420	350	210	210	350	350	350	350	350	210	210	210	350	350	350	350	350	210	210	70	70	70	70	70	210	210	210	350	350	350	350	350	210	210	350	350	350	350	350	210	210	210	350	350	350	350	210	210	350	350	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	

Figura 105 - Mappatura del rischio della facciata Sud - Est dell'edificio 14 con E = 10 (caso reale)

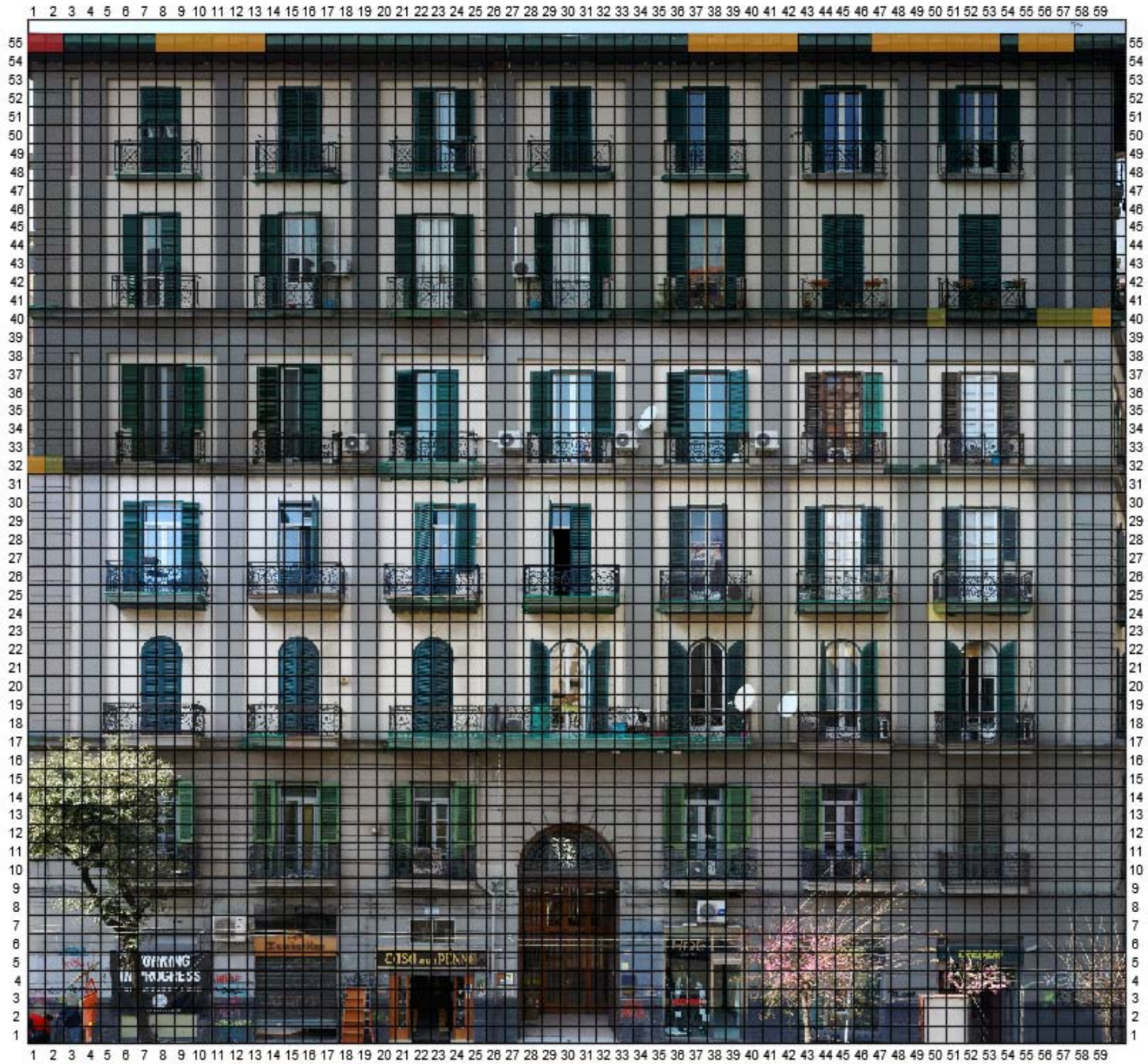


Figura 106 - Stralcio della mappatura del rischio con le celle a maggiore rischio. In rosso le celle con rischio 800, in arancio quelle con rischio 700 e in giallo quelle con rischio 600.

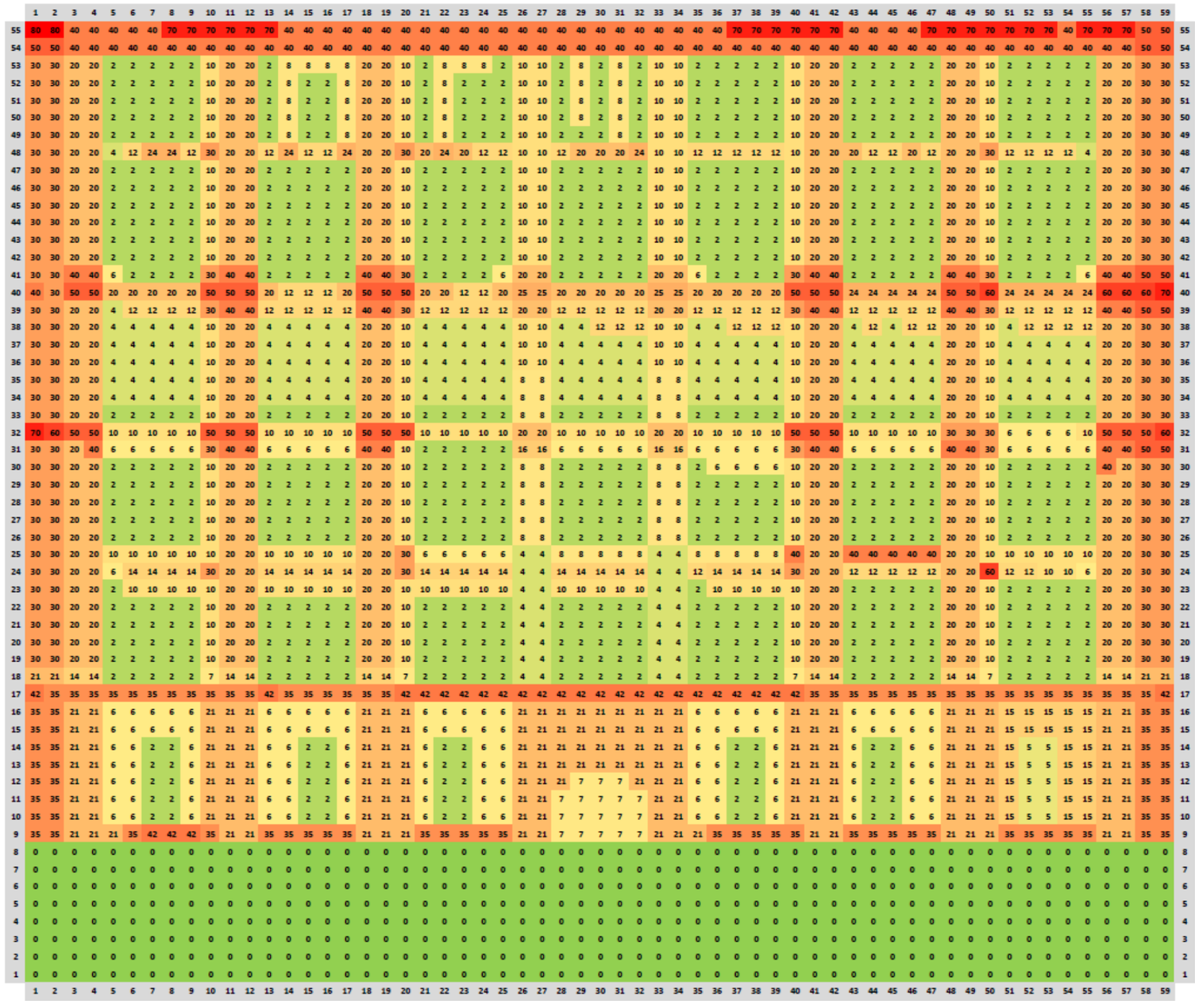


Figura 107 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Est dell'edificio 14 nell'ipotesi di E = 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
55	320	320	160	160	160	160	160	280	280	280	280	280	280	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	280	280	280	280	280	280	280	160	280	280	280	200	200	55
54	200	200	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	200	200	54
53	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	32	32	32	80	80	40	8	32	32	32	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	53
52	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	52
51	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	51
50	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	50
49	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	8	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	49
48	120	120	80	80	16	48	96	96	48	120	80	80	48	96	48	48	96	80	80	120	80	96	80	48	48	40	40	48	80	80	80	96	40	40	48	48	48	48	48	40	80	80	80	48	48	80	48	80	80	120	48	48	48	48	16	80	80	120	120	48
47	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	47
46	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	46
45	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	45
44	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	44
43	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	43
42	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	42
41	120	120	160	160	24	8	8	8	8	120	160	160	8	8	8	8	8	160	160	120	8	8	8	8	24	80	80	8	8	8	8	8	80	80	24	8	8	8	8	120	160	160	8	8	8	8	8	160	160	120	8	8	8	8	24	160	160	200	200	41
40	160	120	200	200	80	80	80	80	80	200	200	200	80	48	48	48	80	200	200	200	80	80	48	48	80	100	100	80	80	80	80	80	100	100	80	80	80	80	80	200	200	200	96	96	96	96	96	200	200	240	96	96	96	96	96	240	240	240	280	40
39	120	120	80	80	16	48	48	48	48	120	160	160	48	48	48	48	48	160	160	120	48	48	48	48	48	80	80	48	48	48	48	48	80	80	48	48	48	48	48	120	160	160	48	48	48	48	48	160	160	120	48	48	48	48	48	160	160	200	200	39
38	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	48	48	48	40	40	16	16	48	48	48	40	80	80	16	48	16	48	48	80	80	40	16	48	48	48	48	80	80	120	120	38
37	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	37
36	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	36
35	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	35
34	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	34
33	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	33
32	280	240	200	200	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	120	120	120	24	24	24	24	40	200	200	200	240	32
31	120	120	80	160	24	24	24	24	24	120	160	160	24	24	24	24	24	160	160	40	8	8	8	8	8	64	64	24	24	24	24	24	64	64	24	24	24	24	24	120	160	160	24	24	24	24	24	160	160	120	24	24	24	24	24	160	160	200	200	31
30	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	24	24	24	24	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	160	80	120	120	30
29	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	29
28	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	28
27	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	27
26	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	26
25	120	120	80	80	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	80	80	120	24	24	24	24	24	16	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	32	32	32	160	80	80	160	160	160	160	160	80	80	40	40	40	40	40	80	80	120	120	25
24	120	120	80	80	24	56	56	56	56	120	80	80	56	56	56	56	56	80	80	120	56	56	56	56	56	16	16	56	56	56	56	56	16	16	48	56	56	56	56	120	80	80	48	48	48	48	48	80	80	240	48	48	40	40	24	80	80	120	120	24
23	120	120	80	80	8	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	40	16	16	40	40	40	40	40	16	16	8	40	40	40	40	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	23
22	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	22
21	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	21
20	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	20
19	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	19
18	84	84	56	56	8	8	8	8	8	28	56	56	8	8	8	8	8	56	56	28	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	28	56	56	8	8	8	8	8	56	56	28	8	8	8	8	8	56	56	84	84	18
17	168	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	168	140	140	140	140	140	140	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	168	17
16	140	140	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	60	60	60	60	60	84	84	140	140	16
15	140	140	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	60	60	60	60	60	84	84	140	140	15
14	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	14
13	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	13
12	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	28	28	28	28	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	12
11	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	28	28	28	28	28	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	11
10	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	28	28	28	28	28	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	10
9	140	140	84	84	84	140	168	168	168	140	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	28	28	28	28	28	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	140	140	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	

Figura 108 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Est dell'edificio 14 nell'ipotesi di E =4

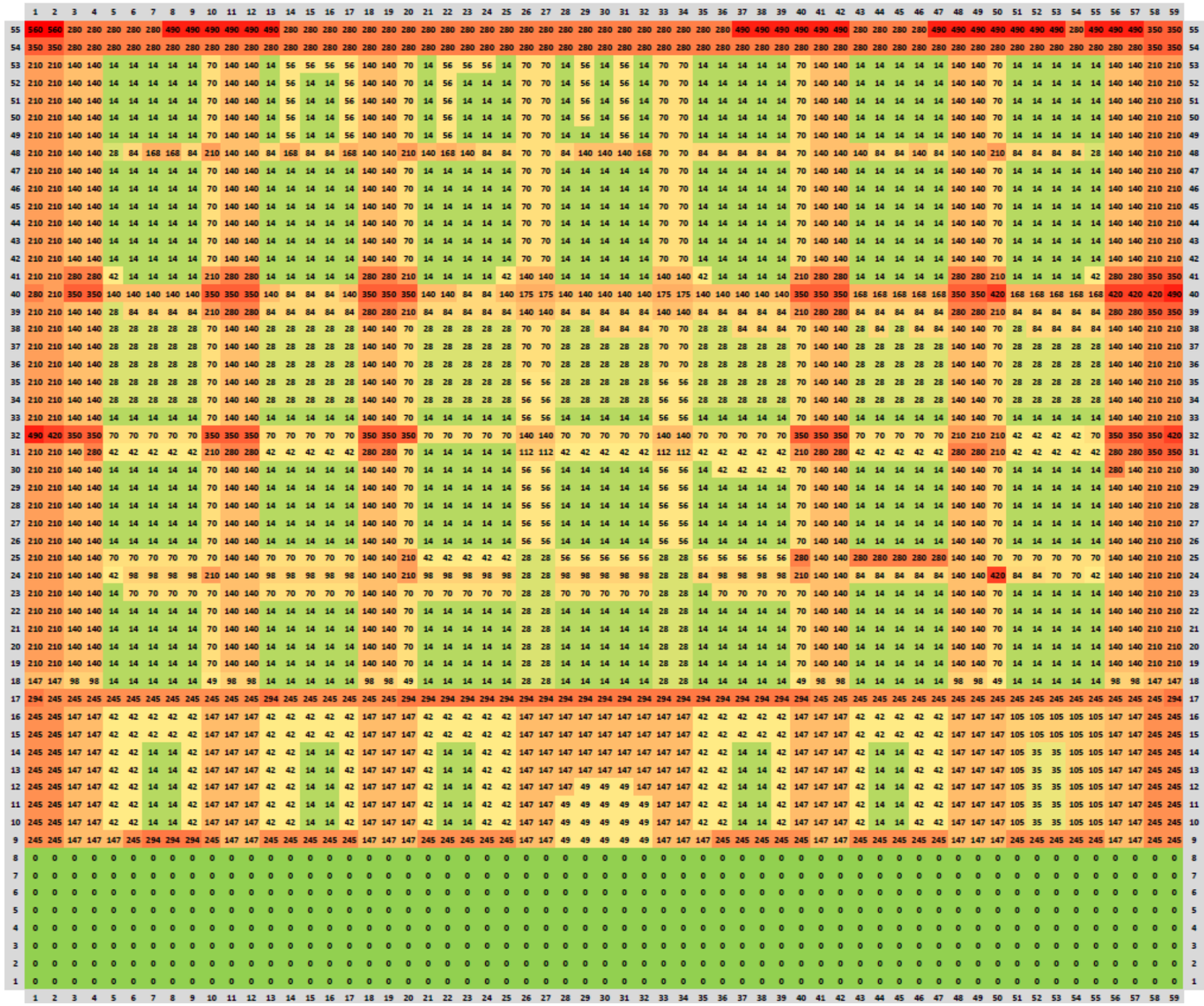


Figura 109 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Est dell'edificio 14 nell'ipotesi di E = 7

4.4. RISCHIO DELLA FACCIATA SUD – OVEST DELL'EDIFICIO NUMERO 18

4.4.1. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DELLA FACCIATA

L'edificio ha le finestre con delle cornici ottenute con un ispessimento dell'intonaco con problemi di esfoliazione e mancanza. Anche le lesene hanno problemi analoghi. Non sono presenti fasce marcapiano. L'intonaco di fondo risulta in pessime condizioni. Sono presenti problemi di colature, alterazione cromatica, depositi superficiali e lacune. Per il piano terra non è presente un basamento come per gli altri due edifici, ma semplicemente l'intonaco di fondo con un colore più scuro. Anche in questo caso i degradi presenti sono per lo più graffiti che comportano inevitabilmente, per la loro eliminazione, una ritinteggiatura e quindi una variazione di colore. Per quanto riguarda i balconi sono realizzati con putrelle e voltine senza mensola e risultano avere problemi di mancanza ed esfoliazione. Solo i balconi del primo piano sono realizzati con putrelle su cui sono appoggiate delle lastre in pietra. Tra le tipologie di balconi è quella che meno subisce fenomeni degradanti. L'aggetto dei balconi è di circa 80 centimetri. Aver posizionato proprio questa tipologia al primo piano garantisce una certa protezione dei pedoni. Sotto al balcone del secondo piano, che si sviluppa lungo tutto il prospetto, è stata posizionata una poco efficace rete di protezione. Per gli altri balconi più in alto non è stata installata alcuna rete. Il motivo è semplice, i balcone al primo e secondo piano garantiscono una discreta protezione dalla caduta di calcinacci dagli elementi sovrastanti per cui non si è ritenuto necessario intervenire su questi elementi. Anche in questo caso l'elemento più esposto è il cornicione, realizzato in calcestruzzo armato e con un aggetto di circa 80 centimetri. I degradi del cornicione sono esfoliazione e mancanza. Infatti, essendo l'elemento protettivo, subisce un'elevata esposizione agli agenti atmosferici che causano il distacco di materiale. Anche in questo caso non si sono riscontrate differenze tra i due rilievi. La facciata ha un'altezza di circa 27 metri e larghezza di circa 17 metri. Il marciapiede alla base dell'edificio è largo 1,80 metri.



Figura 110 - Facciata dell'edificio 18. Foto scattata con reflex dalla strada nel sopralluogo del 9 marzo 2020.



Figura 111 - Facciata dell'edificio 18. Dettagli del cornicione, dei balconi e delle cornici. Sopralluogo del 9 marzo 2020.



Figura 112 - Facciata dell'edificio 18. Dettagli delle cornici r dell'intonaco di fondo. Sopralluogo del 9 marzo 2020.



Figura 113 - Facciata dell'edificio 18. Foto scattata con reflex dalla strada nel sopralluogo del 9 marzo 2020.

4.4.2. CALCOLO DEL RISCHIO

Per la determinazione del rischio della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 si procede in modo analogo a come fatto per le facciate precedenti. Nell'ordine:

- **Partizione della facciata in celle 50 x 50 centimetri (**Figura 115**);**
- **Raster di pericolosità degli elementi di facciata (**Figura 116**);**
- **Rilievo grafico del degrado (**Figura 117**) e raster di pericolosità del degrado (**Figura 118**)**
- **Raster di pericolosità (**Figura 119**);**
- **Raster di vulnerabilità (**Figura 120**);**
- **Raster dell'esposizione con E =4 (**Figura 121**);**
- **Mappatura del rischio della facciata con E = 4 – caso reale - (**Figura 122**);**
- **Stralcio della mappatura del rischio con le cella a maggiore rischio (**Figura 123**);**
- **Mappatura del rischio della facciata con E = 1 (**Figura 124**);**
- **Mappatura del rischio della facciata con E = 7 (**Figura 125**);**
- **Mappatura del rischio della facciata con E = 10 (**Figura 126**).**

In merito all'esposizione, considerando che il cornicione, elemento più sporgente, ha un aggetto di 0,60 m, si ricava:

Drischio = SPmax + DOsicurezza = 0,80 + 1,50 = 2,30 m

La zona è pedonale quindi non c'è flusso veicolare. Nel sopralluogo effettuato sabato 18 settembre 2021 tra le ore 12.00 e le ore 13.00 sono state contati 59 passanti con un evidente predominanza del flusso lungitudinale rispetto a quello trasversale. Per cui il valore di esposizione delle persone è costante e pari a E(x) = 4.

Gli indicatori hanno i seguenti valori:

- *Indicatore di pericolosità tipologica della facciata:*

$$I_{PTF} = \frac{\sum_{x,y}^{n} PT(x,y)}{n} = 2081 \ / \ 1485 = 1{,}40;$$

- *Indicatore di pericolosità del degrado della facciata:*

$$I_{PDF} = \frac{\sum_{x,y}^{n} PD(x,y,t)}{n} = 2205 \ / \ 1485 = 1{,}48;$$

- *Indicatore di esposizione:*

$$I_{E} = \frac{\sum_{x,y}^{n} E(x)}{n} = 4;$$

- *Indicatore di vulnerabilità:*

$$I_V = \frac{\sum_{x,y}^{n} V(x,y)}{n} = 6335 \ / \ 1485 = 4{,}26.$$

In merito invece alla mappatura del rischio l'indicatore anche in questo caso è rappresentato con una scala a tre colori (verde, giallo rosso).



Si propone, anche in questo caso, uno stralcio di questa mappatura, Figura 123, sovrapposta all'ortofoto della facciata con le celle a maggior rischio tra 280 e 360. A 360 (in rosso) corrisponde il cornicione d'angolo a sinistra. A 320 (in arancio) corrispondono i tratti del cornicione più degradati. A 280 (in giallo) corrispondono invece principalmente parte dei balconi più degradati.

Nella seguente la scala del rischio con rappresentati i valori di Rf, Rf_{min} ed Rf_{max} nell'ipotesi che E = 1, 4, 7 e 10.

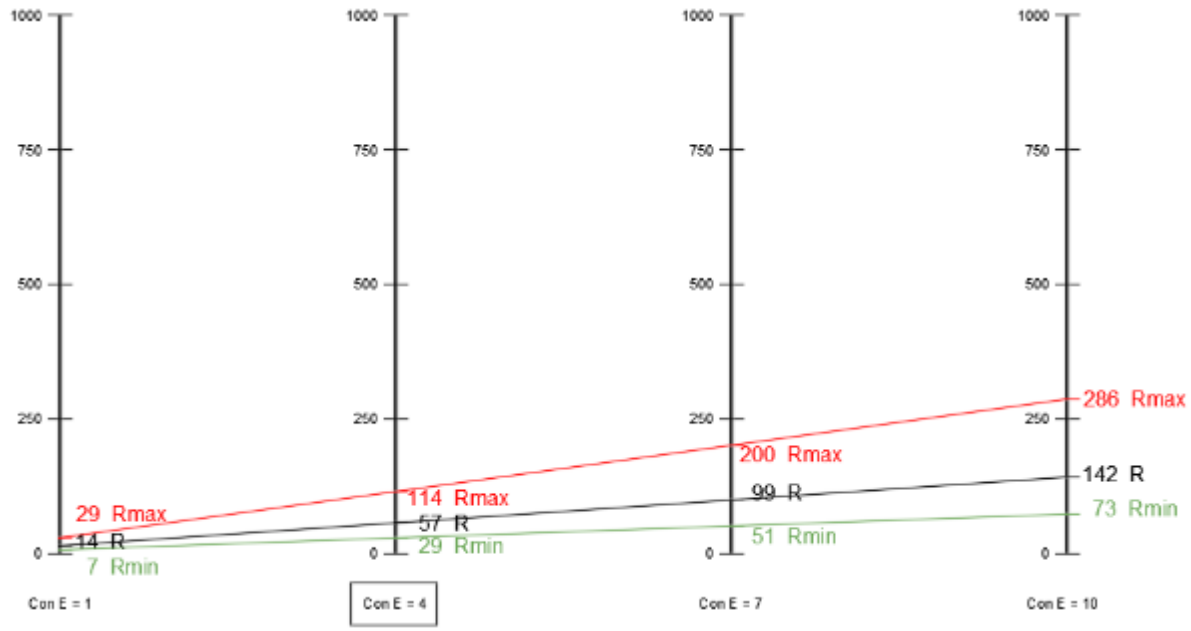


Figura 114 - Scala del rischio con i valori di Rf, Rfmin e Rfmax nell'ipotesi di E = 1, 4, 7 e 10

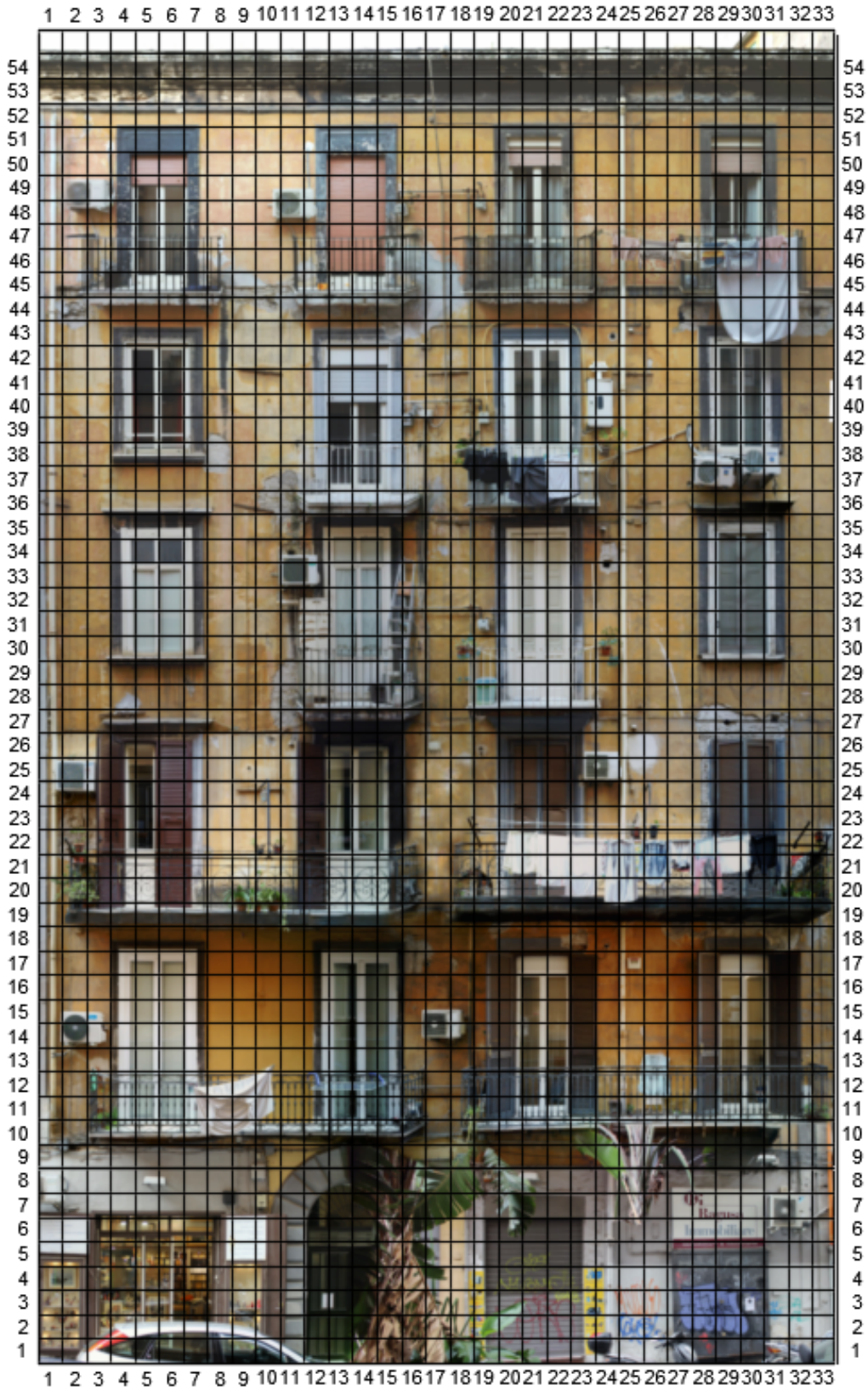


Figura 115 - Partizione della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 in celle 50 x 50 centimetri

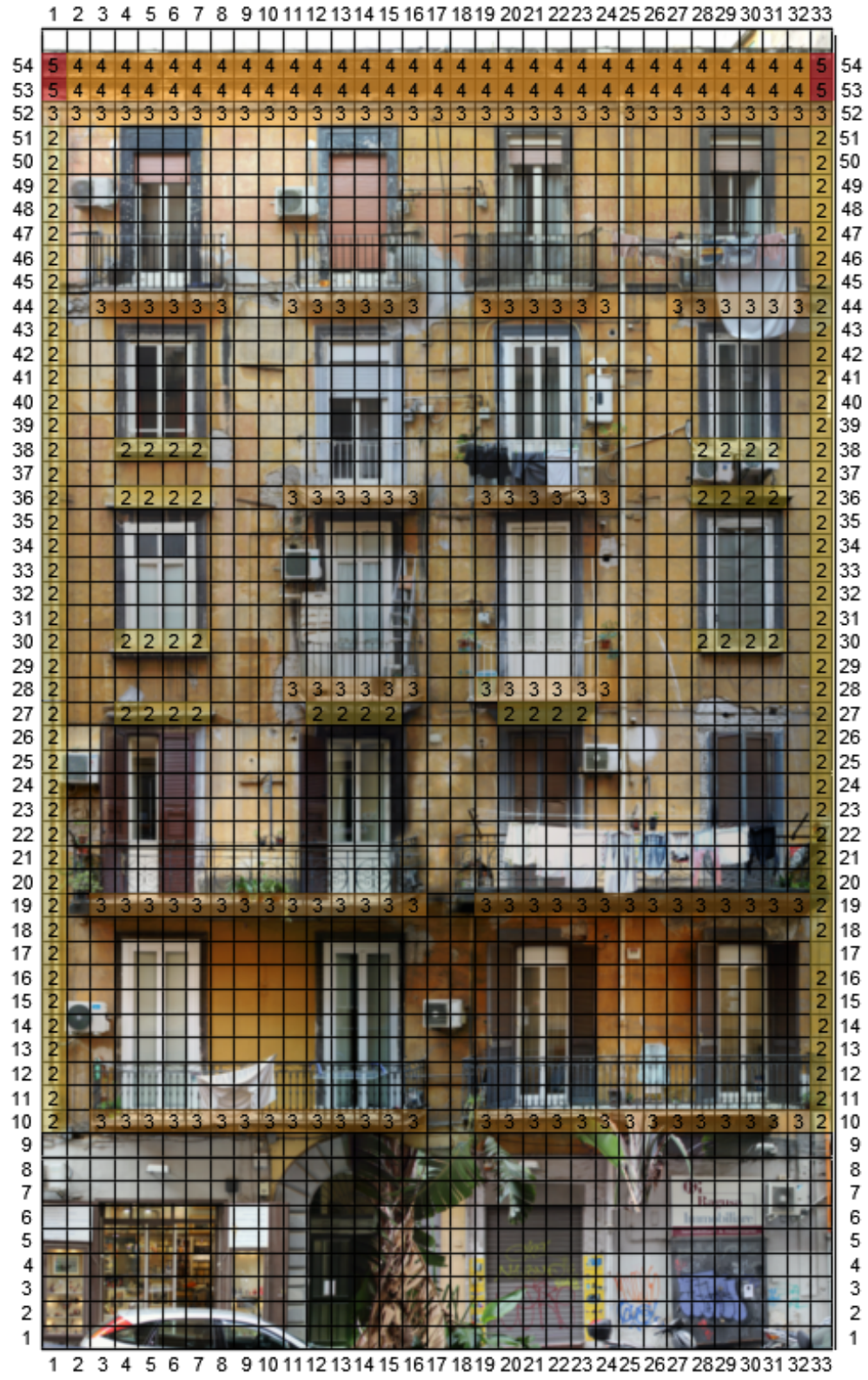


Figura 116 - Raster di pericolosità degli elementi della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18

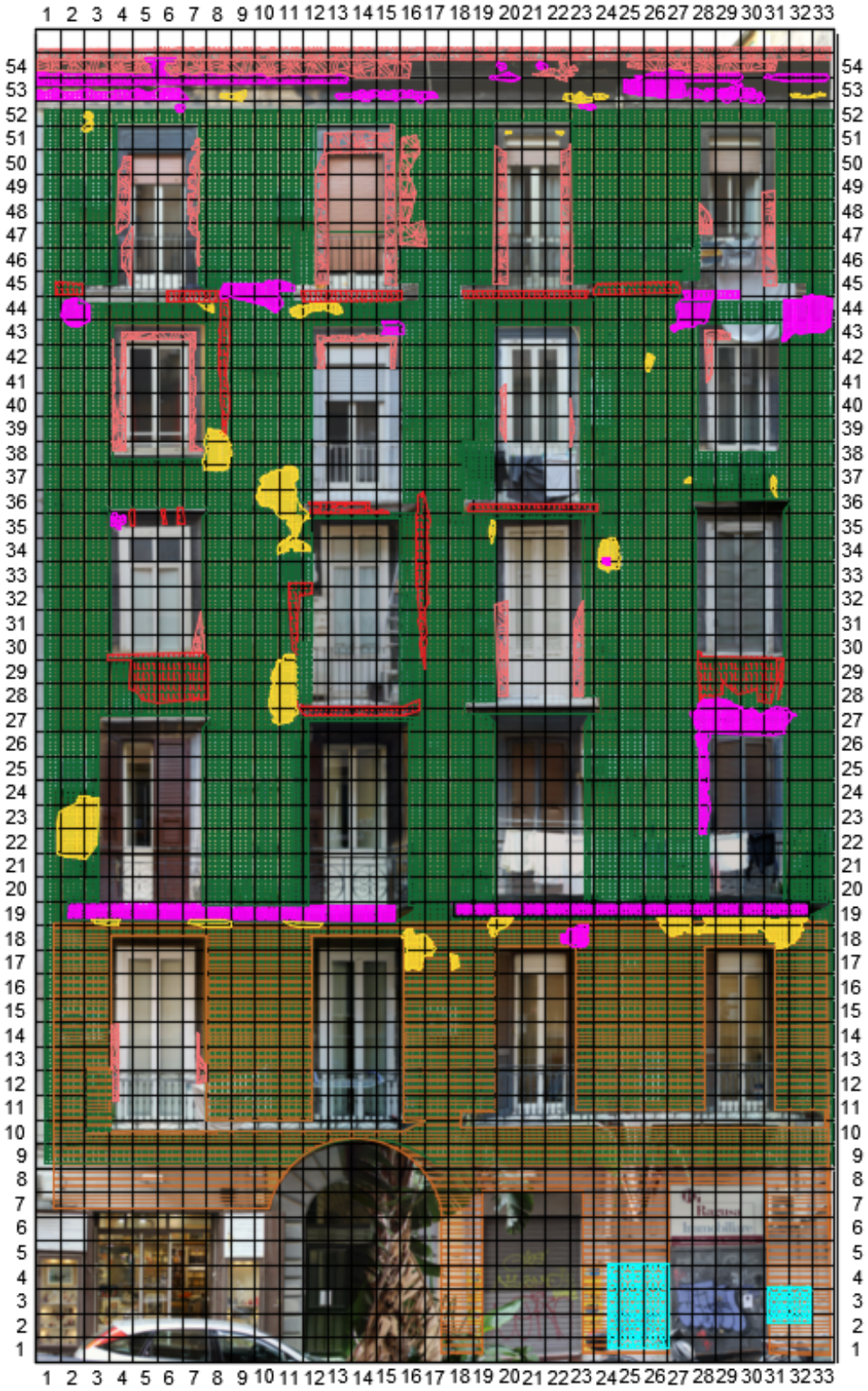


Figura 117 - Rilievo grafico del degrado della facciata Sud - Ovest dell'edificio 18



Figura 118 - Raster di pericolosità del degrado della facciata Sud - Est dell'edificio 18

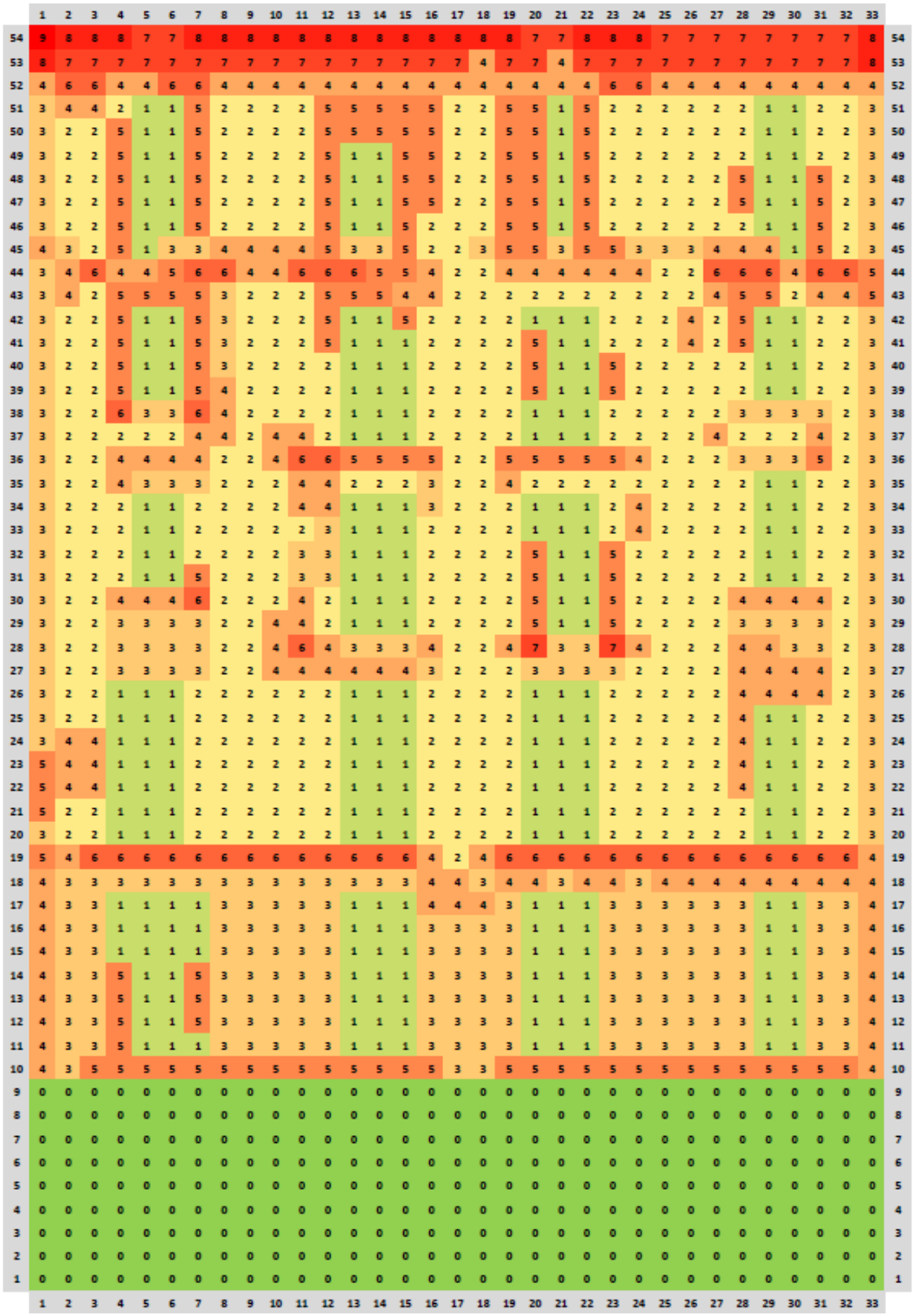


Figura 119 - Raster di pericolosità della facciata Sud - Ovest dell'edificio 18

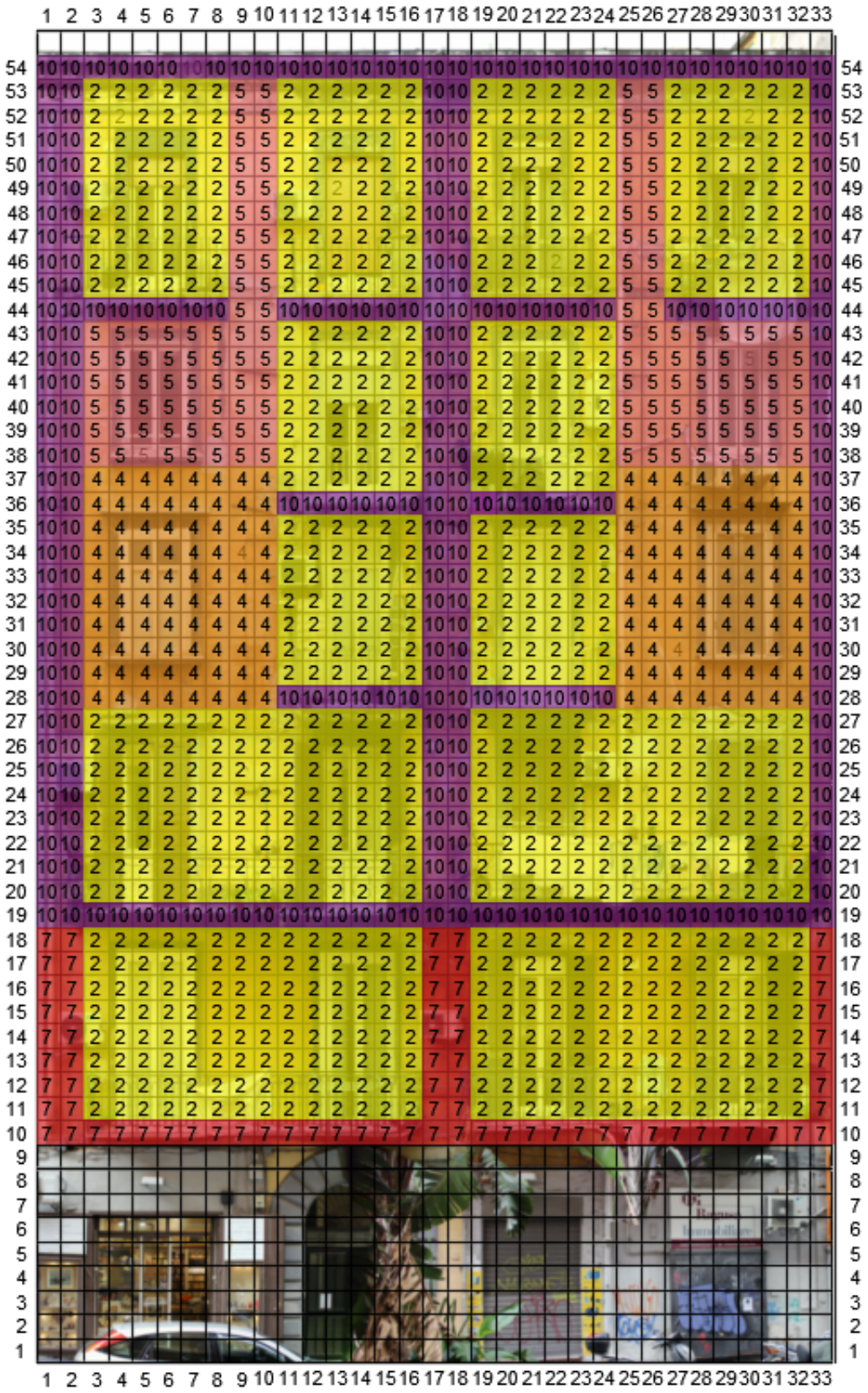


Figura 120 - Raster di vulnerabilità della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18

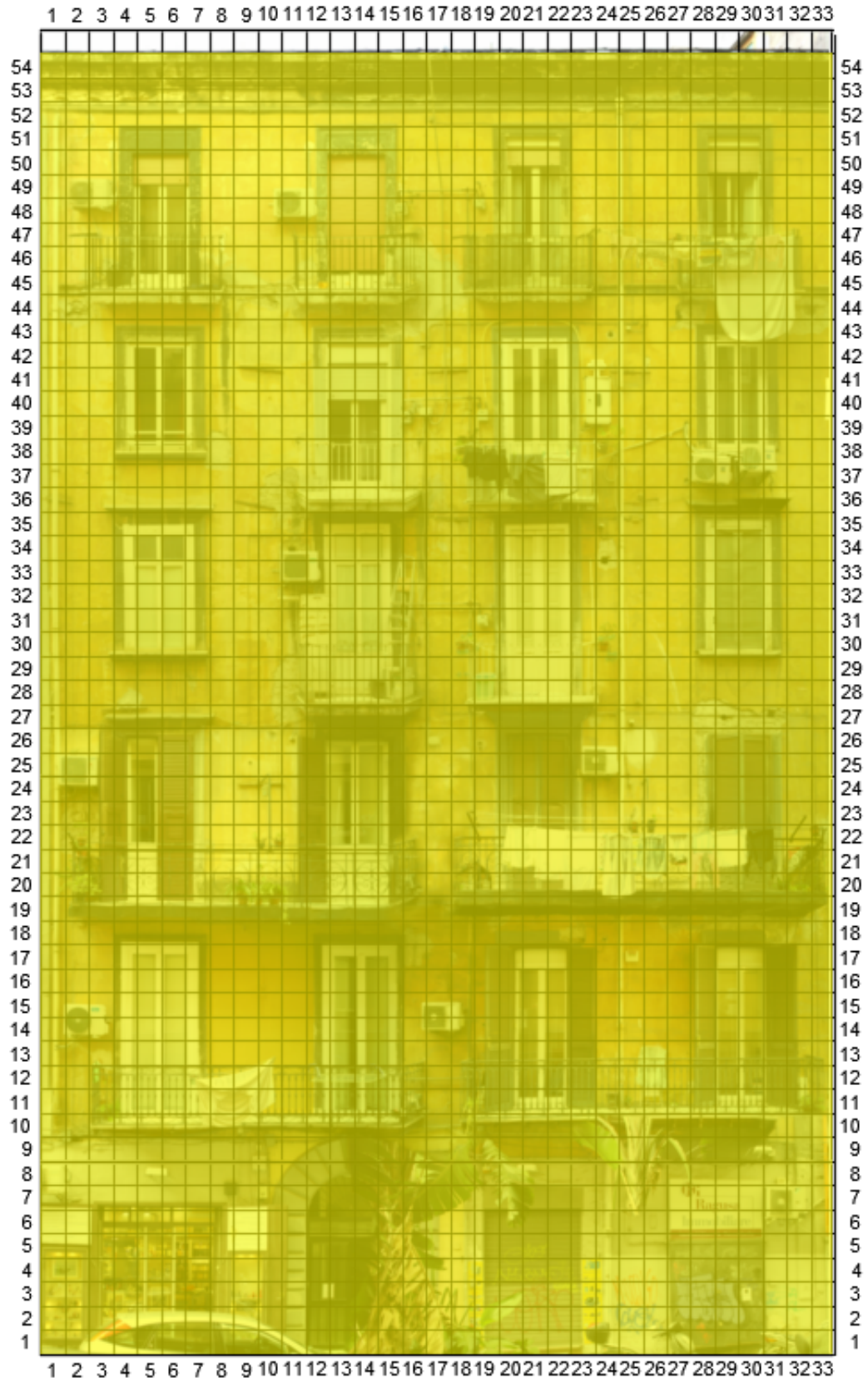
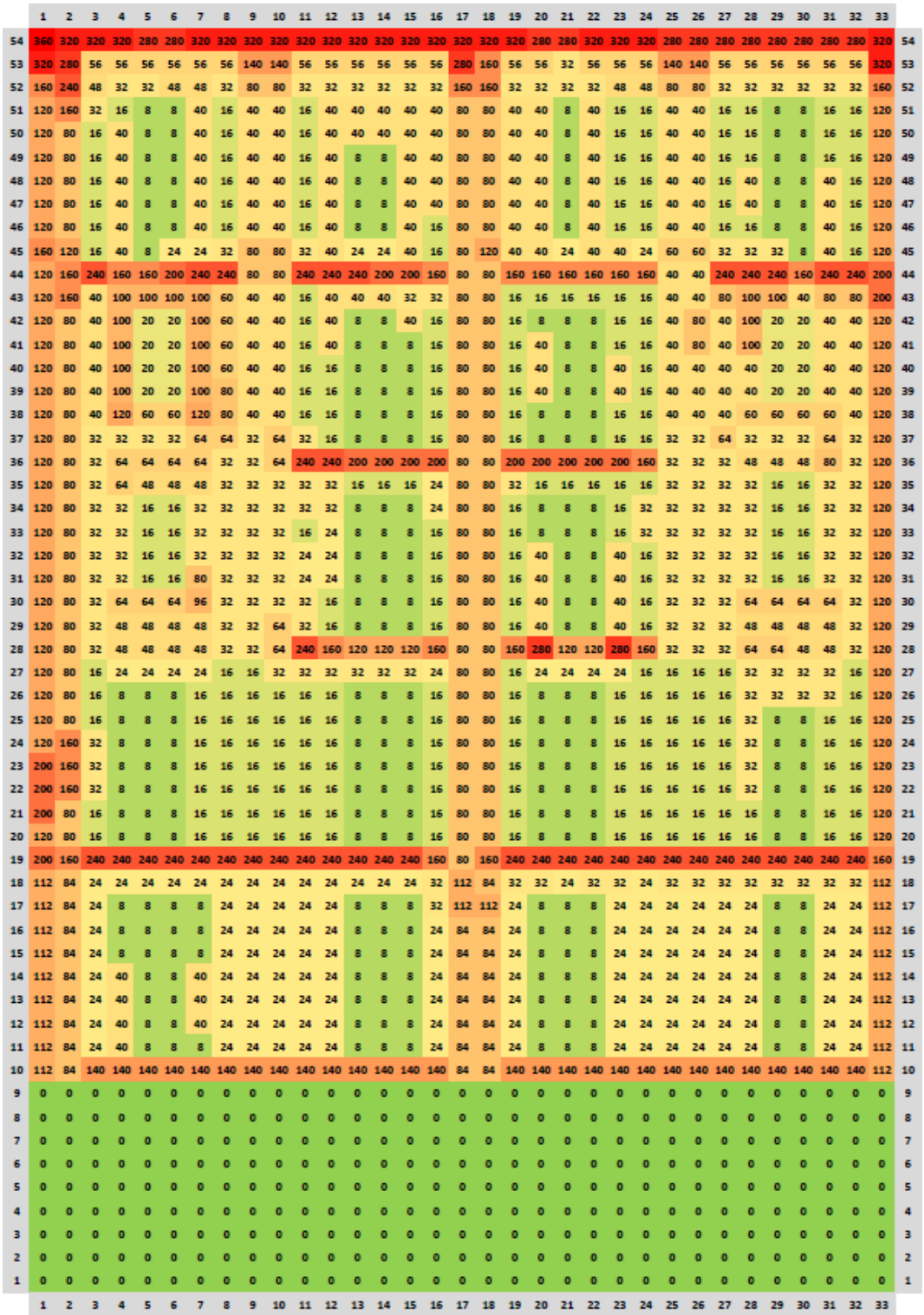


Figura 121 - Raster dell'esposizione della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 (E=4)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	360	320	320	320	280	280	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	280	280	320	320	320	280	280	280	280	280	280	280	280	320	54
53	320	280	56	56	56	56	56	56	140	140	56	56	56	56	56	56	280	160	56	56	32	56	56	56	140	140	56	56	56	56	56	56	320	53
52	160	240	48	32	32	48	48	32	80	80	32	32	32	32	32	32	160	160	32	32	32	32	48	48	80	80	32	32	32	32	32	32	160	52
51	120	160	32	16	8	8	40	16	40	40	16	40	40	40	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	51
50	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	40	40	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	50
49	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	49
48	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	40	8	8	40	16	120	48
47	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	40	8	8	40	16	120	47
46	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	16	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	40	16	120	46
45	160	120	16	40	8	24	24	32	80	80	32	40	24	24	40	16	80	120	40	40	24	40	40	24	60	60	32	32	32	8	40	16	120	45
44	120	160	240	160	160	200	240	240	80	80	240	240	240	200	200	160	80	80	160	160	160	160	160	160	40	40	240	240	240	160	240	240	200	44
43	120	160	40	100	100	100	100	60	40	40	16	40	40	40	32	32	80	80	16	16	16	16	16	16	40	40	80	100	100	40	80	80	200	43
42	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	40	8	8	40	16	80	80	16	8	8	8	16	16	40	80	40	100	20	20	40	40	120	42
41	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	40	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	16	16	40	80	40	100	20	20	40	40	120	41
40	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	40	40	40	40	20	20	40	40	120	40
39	120	80	40	100	20	20	100	80	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	40	40	40	40	20	20	40	40	120	39
38	120	80	40	120	60	60	120	80	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	40	40	40	60	60	60	60	40	120	38
37	120	80	32	32	32	32	64	64	32	64	32	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	32	32	64	32	32	32	64	32	120	37
36	120	80	32	64	64	64	64	32	32	64	240	240	200	200	200	200	80	80	200	200	200	200	200	160	32	32	32	48	48	48	80	32	120	36
35	120	80	32	64	48	48	48	32	32	32	32	32	16	16	16	24	80	80	32	16	16	16	16	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	35
34	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	32	32	8	8	8	24	80	80	16	8	8	8	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	120	34
33	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	16	24	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	120	33
32	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	24	24	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	32
31	120	80	32	32	16	16	80	32	32	32	24	24	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	31
30	120	80	32	64	64	64	96	32	32	32	32	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	64	64	64	64	32	120	30
29	120	80	32	48	48	48	48	32	32	64	32	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	48	48	48	48	32	120	29
28	120	80	32	48	48	48	48	32	32	64	240	160	120	120	120	160	80	80	160	280	120	120	280	160	32	32	32	64	64	48	48	32	120	28
27	120	80	16	24	24	24	24	16	16	32	32	32	32	32	32	24	80	80	16	24	24	24	24	16	16	16	16	32	32	32	32	16	120	27
26	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	32	32	32	16	120	26
25	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	25
24	120	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	24
23	200	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	23
22	200	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	22
21	200	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	16	16	120	21
20	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	16	16	120	20
19	200	160	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	160	80	160	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	160	19
18	112	84	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	32	112	84	32	32	24	32	32	24	32	32	32	32	32	32	32	32	112	18
17	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	32	112	112	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	17
16	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	16
15	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	15
14	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	14
13	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	13
12	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	12
11	112	84	24	40	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	11
10	112	84	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	84	84	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	112	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 122 - Mappatura del rischio della facciata Sud - Ovest dell'edificio 18 con E = 4 (caso reale)

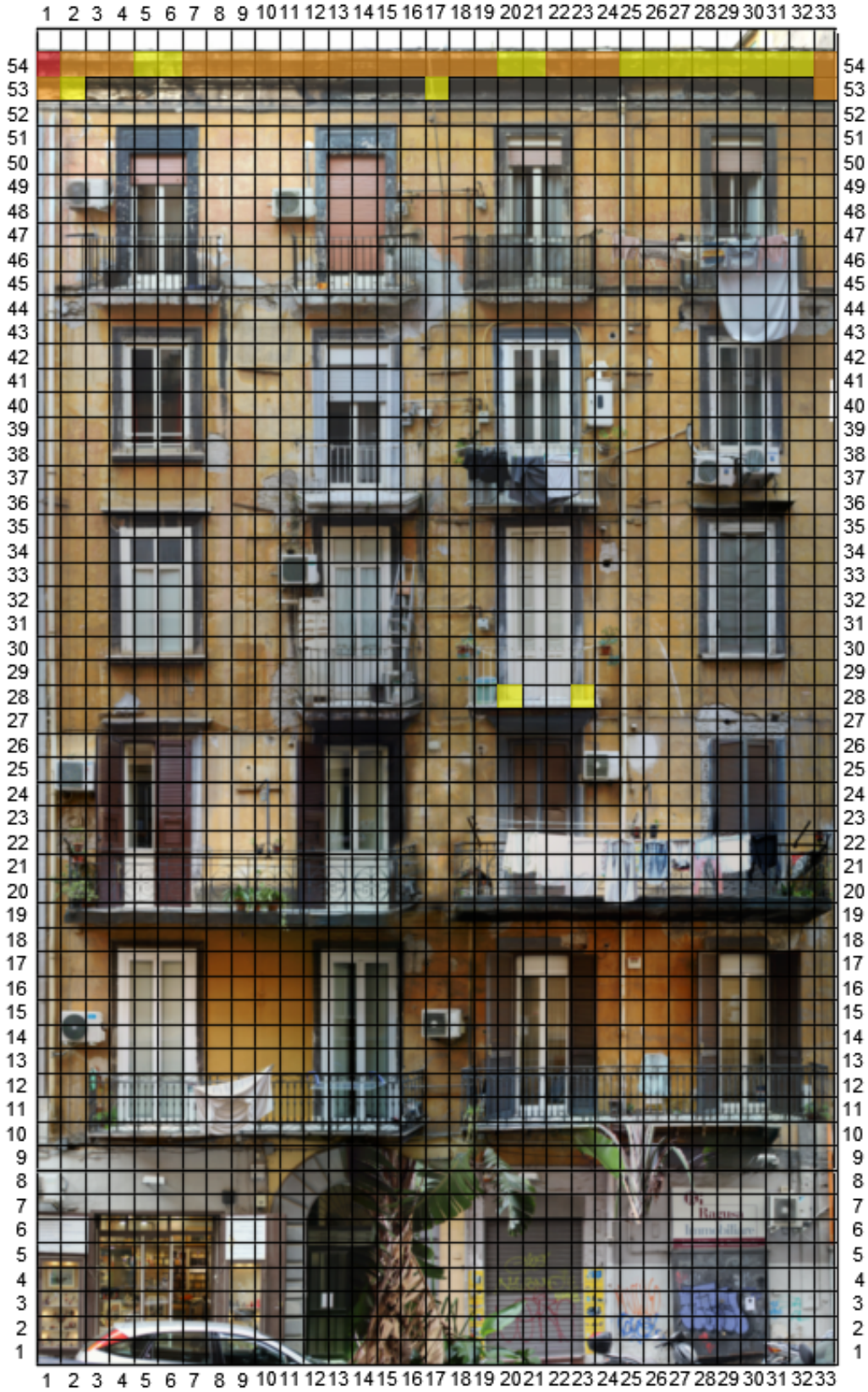


Figura 123 - Stralcio della mappatura del rischio con le celle a maggiore rischio.
In rosso le celle con rischio 360, in arancio quelle con rischio 320 e in giallo quelle con rischio 280.

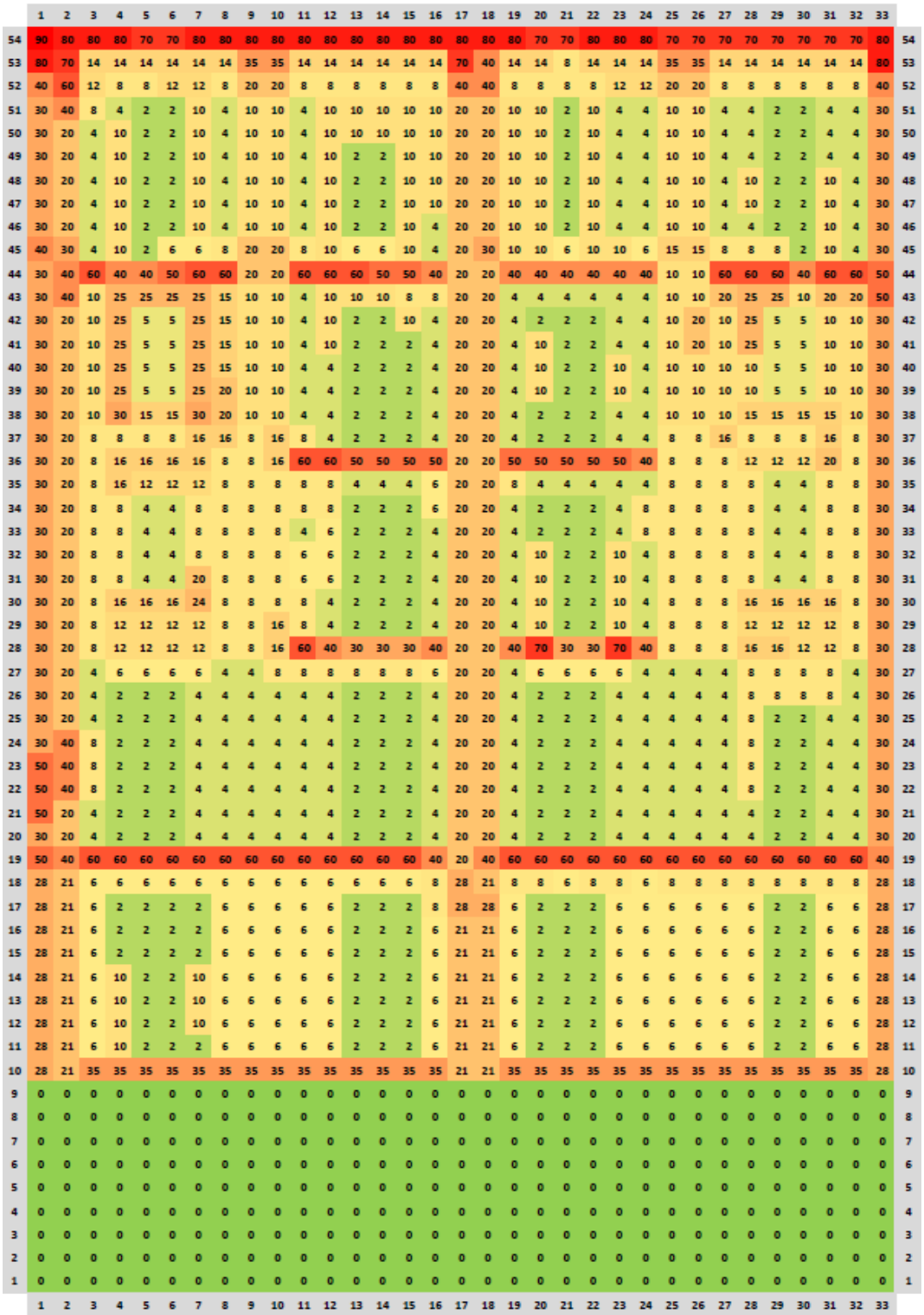
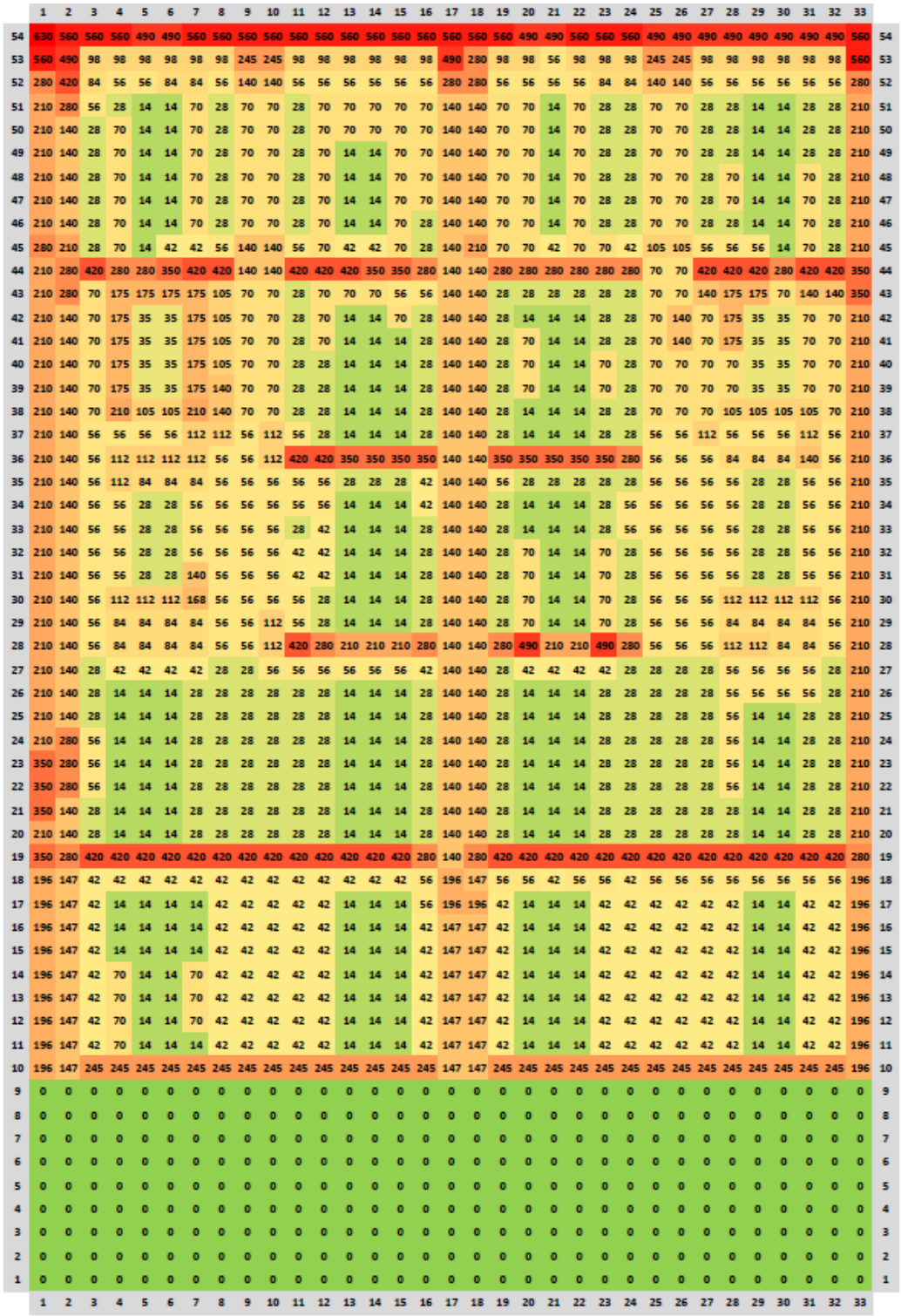


Figura 124 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 nell'ipotesi di E = 1



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	630	560	560	560	490	490	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	490	490	560	560	560	490	490	490	490	490	490	490	490	560	54
53	560	490	98	98	98	98	98	98	245	245	98	98	98	98	98	98	490	280	98	98	56	98	98	98	245	245	98	98	98	98	98	98	560	53
52	280	420	84	56	56	84	84	56	140	140	56	56	56	56	56	56	280	280	56	56	56	56	84	84	140	140	56	56	56	56	56	56	280	52
51	210	280	56	28	14	14	70	28	70	70	28	70	70	70	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	51
50	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	70	70	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	50
49	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	49
48	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	70	14	14	70	28	210	48
47	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	70	14	14	70	28	210	47
46	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	28	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	70	28	210	46
45	280	210	28	70	14	42	42	56	140	140	56	70	42	42	70	28	140	210	70	70	42	70	70	42	105	105	56	56	56	14	70	28	210	45
44	210	280	420	280	280	350	420	420	140	140	420	420	420	350	350	280	140	140	280	280	280	280	280	280	70	70	420	420	420	280	420	420	350	44
43	210	280	70	175	175	175	175	105	70	70	28	70	70	70	56	56	140	140	28	28	28	28	28	28	70	70	140	175	175	70	140	140	350	43
42	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	70	14	14	70	28	140	140	28	14	14	14	28	28	70	140	70	175	35	35	70	70	210	42
41	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	70	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	28	28	70	140	70	175	35	35	70	70	210	41
40	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	70	70	70	70	35	35	70	70	210	40
39	210	140	70	175	35	35	175	140	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	70	70	70	70	35	35	70	70	210	39
38	210	140	70	210	105	105	210	140	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	70	70	70	105	105	105	105	70	210	38
37	210	140	56	56	56	56	112	112	56	112	56	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	56	56	112	56	56	56	112	56	210	37
36	210	140	56	112	112	112	112	56	56	112	420	420	350	350	350	350	140	140	350	350	350	350	350	280	56	56	56	84	84	84	140	56	210	36
35	210	140	56	112	84	84	84	56	56	56	56	56	28	28	28	42	140	140	56	28	28	28	28	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	35
34	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	56	56	14	14	14	42	140	140	28	14	14	14	28	56	56	56	56	56	28	28	56	56	210	34
33	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	28	42	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	56	56	56	56	56	28	28	56	56	210	33
32	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	42	42	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	32
31	210	140	56	56	28	28	140	56	56	56	42	42	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	31
30	210	140	56	112	112	112	168	56	56	56	56	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	112	112	112	112	56	210	30
29	210	140	56	84	84	84	84	56	56	112	56	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	84	84	84	84	56	210	29
28	210	140	56	84	84	84	84	56	56	112	420	280	210	210	210	280	140	140	280	490	210	210	490	280	56	56	56	112	112	84	84	56	210	28
27	210	140	28	42	42	42	42	28	28	56	56	56	56	56	56	42	140	140	28	42	42	42	42	28	28	28	28	56	56	56	56	28	210	27
26	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	56	56	56	28	210	26
25	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	25
24	210	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	24
23	350	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	23
22	350	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	22
21	350	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	28	28	210	21
20	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	28	28	210	20
19	350	280	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	280	140	280	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	280	19
18	196	147	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	56	196	147	56	56	42	56	56	42	56	56	56	56	56	56	56	196	18
17	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	56	196	196	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	17
16	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	16
15	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	15
14	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	14
13	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	13
12	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	12
11	196	147	42	70	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	11
10	196	147	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	147	147	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	196	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 125 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 nell'ipotesi di E = 7

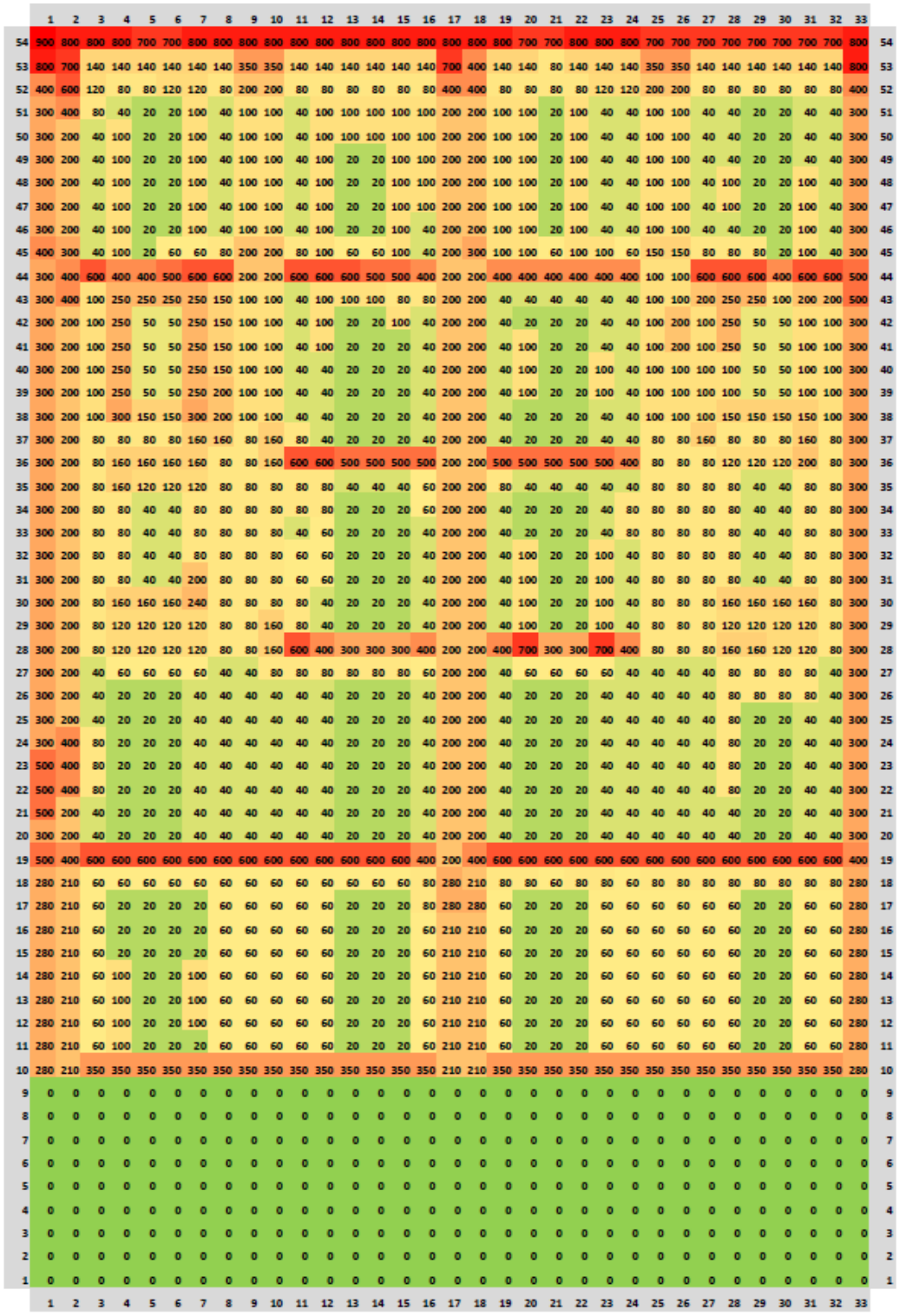


Figura 126 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 nell'ipotesi di E = 10

4.5. DETERMINAZIONE DEI VALORI DI ACCETTABILITÀ DELL'AMBITO

4.5.1. DETERMINAZIONE DEL VALORE DI ACCETTABILITÀ DELLE FACCIATE

Per la determinazione dei valori di soglia dell'accettabilità della facciata è necessario determinare il coefficiente di accettabilità K definito nel paragrafo 3.4. Tale parametro è determinato per tentativi ipotizzando dei valori di K a cui, tramite la formula 15, corrispondono dei valori di accettabilità A_{Rf}. E' poi il giudizio di esperti[25] a determinare a quale valore di K corrisponda un'accettabilità congrua con la situazione di rischio reale della facciata. Si assegnano a K i seguenti valori: 0,3; 0,4 e 0,5.

$$\text{Accettabilità della facciata} = A_{Rf} = K \frac{\sum_{x,y}^{n}[[PE(x,y)+5]x\, V(x,y)x\, 10]}{n} \quad \text{con} \quad x, y \in Z^{+} \qquad (15)$$

EDIFICIO	K = 0,3	K = 0,4	K = 0,5
9	128	170	213
14	113	150	188
18	86	114	143

Tabella 16 – Valori di accettabilità delle facciate al variare di K

Nel grafico che segue, sulle varie scale del rischio ottenute al variare di E, sono indicate con delle rette blu le soglie di accettabilità ipotizzate per la facciata dell'edificio numero 9. Quando il valore di Rf si trova sotto alla retta blu, il rischio della facciata è accettabile, quando al di sopra, non accettabile e bisogna intervenire con una manutenzione globale della facciata.

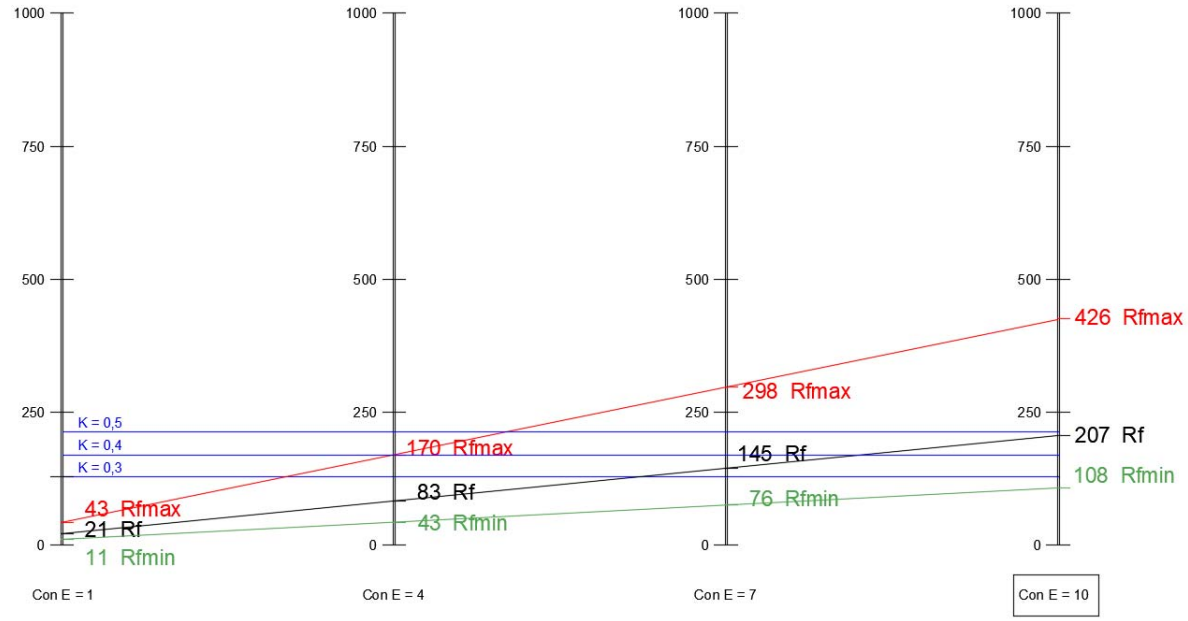


Figura 127 – Scale del rischio della facciata dell'edificio numero 9 con i valori di Rfmin, Rf e Rfmax al variare di E e K

[25] Lo scrivente, il prof. Maurizio Nicolella e l'ing. Rossella Marmo.

Di seguito una tabella di sintesi dell'accettabilità del rischio della facciata dell'edificio numero 9 al variare dell'esposizione (E) e del coefficiente di accettabilità del rischio della facciata (K). In verde il rischio accettabile, in rosso quello non accettabile.

FACCIATA EDIFICIO N.9			
ESPOSIZIONE	**K = 0,3**	**K=0,4**	**K=0,5**
1			
4			
7	Non accettabile		
10	Non accettabile	Non accettabile	

Tabella 17 - Accettabilità del rischio della facciata dell'edifico numero 9

In maniera analoga per la facciata dell'edificio numero 14 e numero 18.

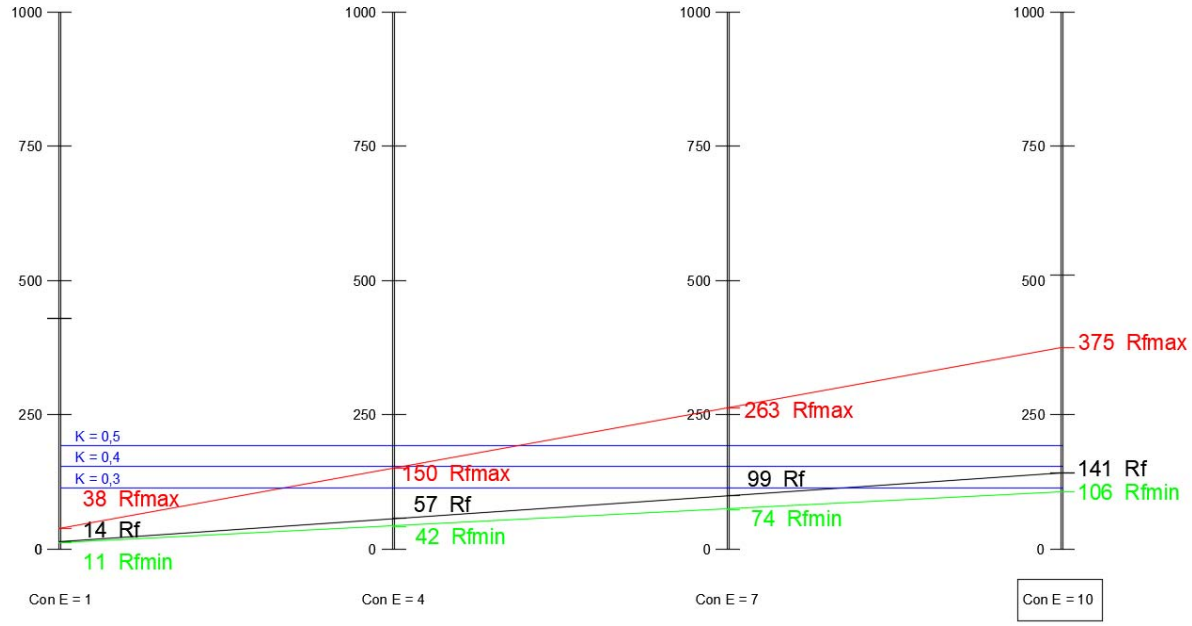


Figura 128 - Scale del rischio della facciata dell'edificio numero 14 con i valori di Rfmin, Rf e Rfmax al variare di E e K

FACCIATA EDIFICIO N.14			
ESPOSIZIONE	**W = 0,3**	**W=0,4**	**W=0,5**
1			
4			
7			
10	Non accettabile		

Tabella 18 - Accettabilità del rischio della facciata dell'edifico numero 14

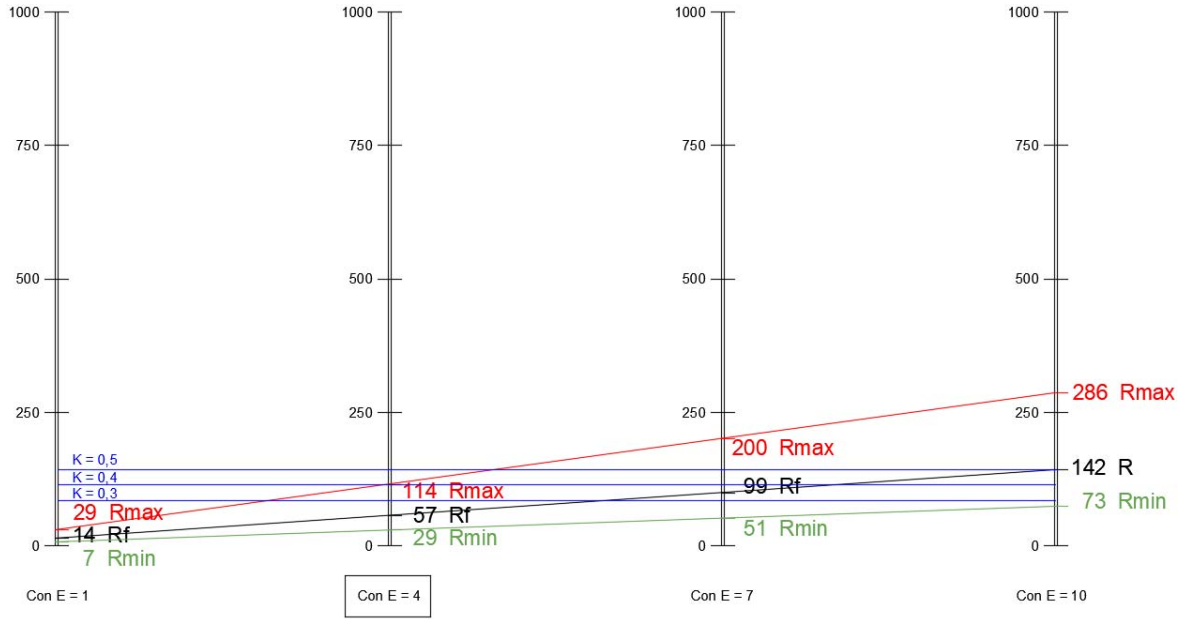


Figura 129 - Scale del rischio della facciata dell'edificio numero 14 con i valori di Rfmin, Rf e Rfmax al variare di E e K

FACCIATA EDIFICIO N.18			
ESPOSIZIONE	**W = 0,3**	**W=0,4**	**W=0,5**
1			
4			
7	Non accettabile		
10	Non accettabile	Non accettabile	

Tabella 19 - Accettabilità del rischio della facciata dell'edifico numero 18

Dalla suddetta analisi, a giudizio di esperti, risulta che per i tre edifici oggetto di sperimentazione, il valore di **K = 0,4** è quello che più rispecchia la realtà dei fatti. Solo per la facciata dell'edificio numero 9 è richiesto un intervento globale di manutenzione della facciata. Anche se in pessime condizioni, la facciata dell'edificio numero 18 non richiede un intervento globale di manutenzione, sia per la bassa esposizione di persone, sia per la configurazione stessa dell'edificio che ha dei lunghi balconi ai primi due piani che garantiscono una discreta protezione delle persone. Per la facciata dell'edificio numero 14 neanche è richiesto un intervento globale. Il valore di K così determinato potrà essere utilizzato per tutti gli edifici dell'ambito di studio.

EDIFICIO	Esposizione	Accettabilità del rischio
9	**10**	**Non accetabile**
14	**10**	
18	**4**	

Tabella 20 – Accettabilità del rischio degli edifici per K = 0,4

4.5.2. DETERMINAZIONE DEL VALORE DI ACCETTABILITÀ DELLA CELLE

Per la determinazione dei valori di accettabilità della celle è necessario determinare il coefficiente di accettabilità W definito nel paragrafo 3.4. Tale parametro viene, anche in questo caso, determinato per tentativi ipotizzando dei valori di W a cui, tramite la (16), corrispondono dei valori di accettabilità A_R. E' poi il giudizio di esperti a determinare a quale valore di W corrisponda un'accettabilità congrua con la situazione di rischio reale delle celle. Si assegnano a W i seguenti valori: 0,5; 0,6 e 0,7.

$$\text{Accettabilità delle celle} = A_R = W \frac{\sum_{x,y}^{n}[[PE(x,y)+5]x\ V(x,y)x\ 10]}{n} \quad \text{con } x, y \in Z^{+} \qquad (16)$$

EDIFICIO	W = 0,5	W = 0,6	W =0,7
9	213	256	298
14	188	225	263
18	143	172	200

Tabella 21 – Valori di soglia dell'accettabilità al variare di E e W

Di seguito, per i singoli edifici, la mappatura del rischio con in rosso le celle che superano la soglia di accettabilità nelle varie condizioni di esposizione al variare di W.

4.5.2.1. Facciata edificio numero 9

- W = 0,5 (A_R = 213)
  - E = 1 (Figura 130)
  - E = 4 (Figura 131)
  - E = 7 (Figura 132)
  - E = 10 (Figura 133)
- W = 0,6 (A_R = 256)
  - E = 1 (Figura 134)
  - E = 4 (Figura 135)
  - E = 7 (Figura 136)
  - E = 10 (Figura 137)
- W = 0,7 (A_R = 298)
  - E = 1 (Figura 138)
  - E = 4 (Figura 139)
  - E = 7 (Figura 140)
  - E = 10 (Figura 141)

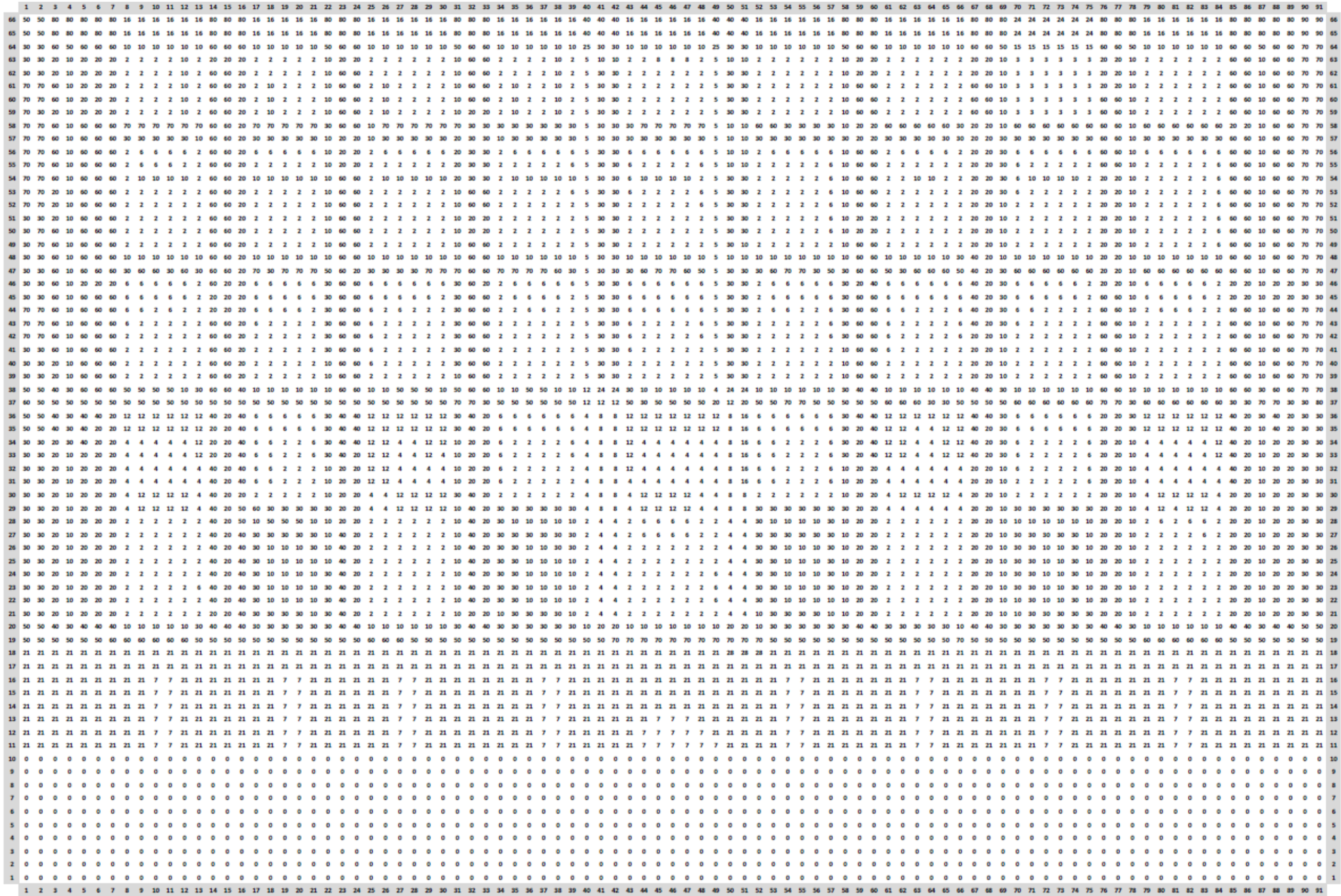


Figura 130 – Mappatura del rischio con W = 0,5 (AR = 213) ed E = 1. Tutte le celle sono sotto alla soglia di accettabilità.



Figura 131 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 213) ed E = 4

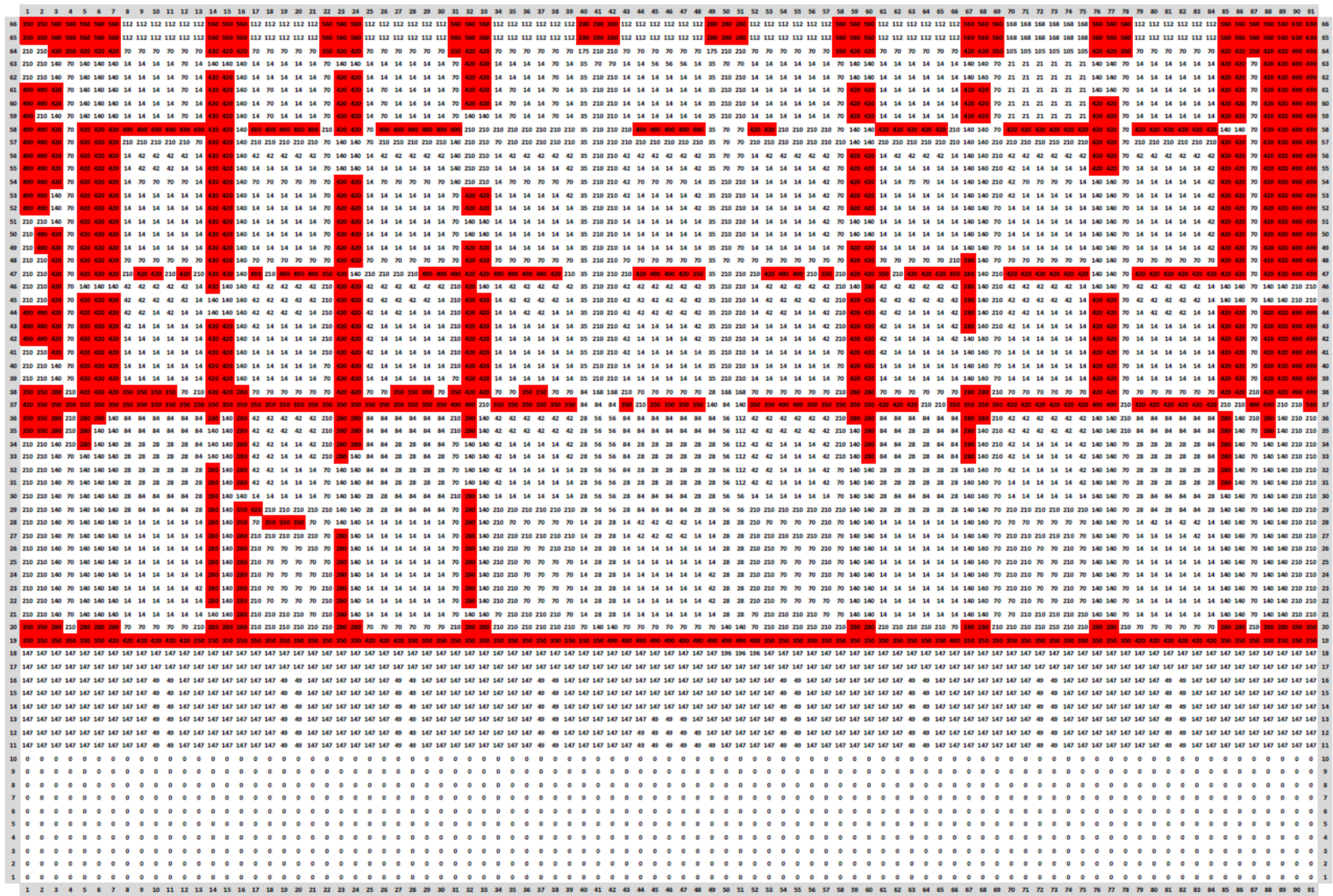


Figura 132 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 213) ed E = 7

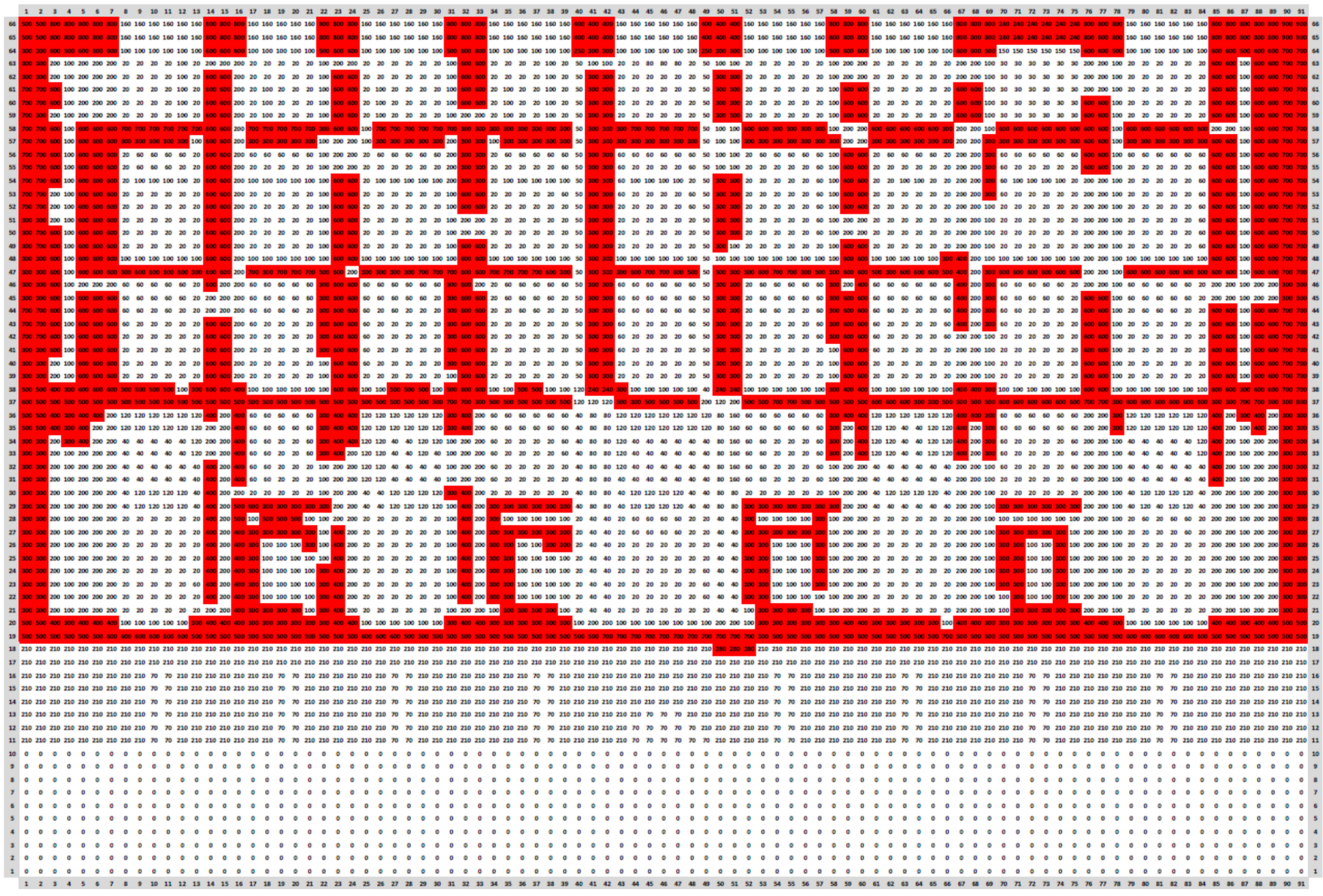


Figura 133 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 213) ed E = 10

Figura 134 - Mappatura del rischio con W = 0,6 (AR = 256) ed E = 1. Tutte le celle sono sotto alla soglia di accettabilità.



Figura 135 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 256) ed E = 4

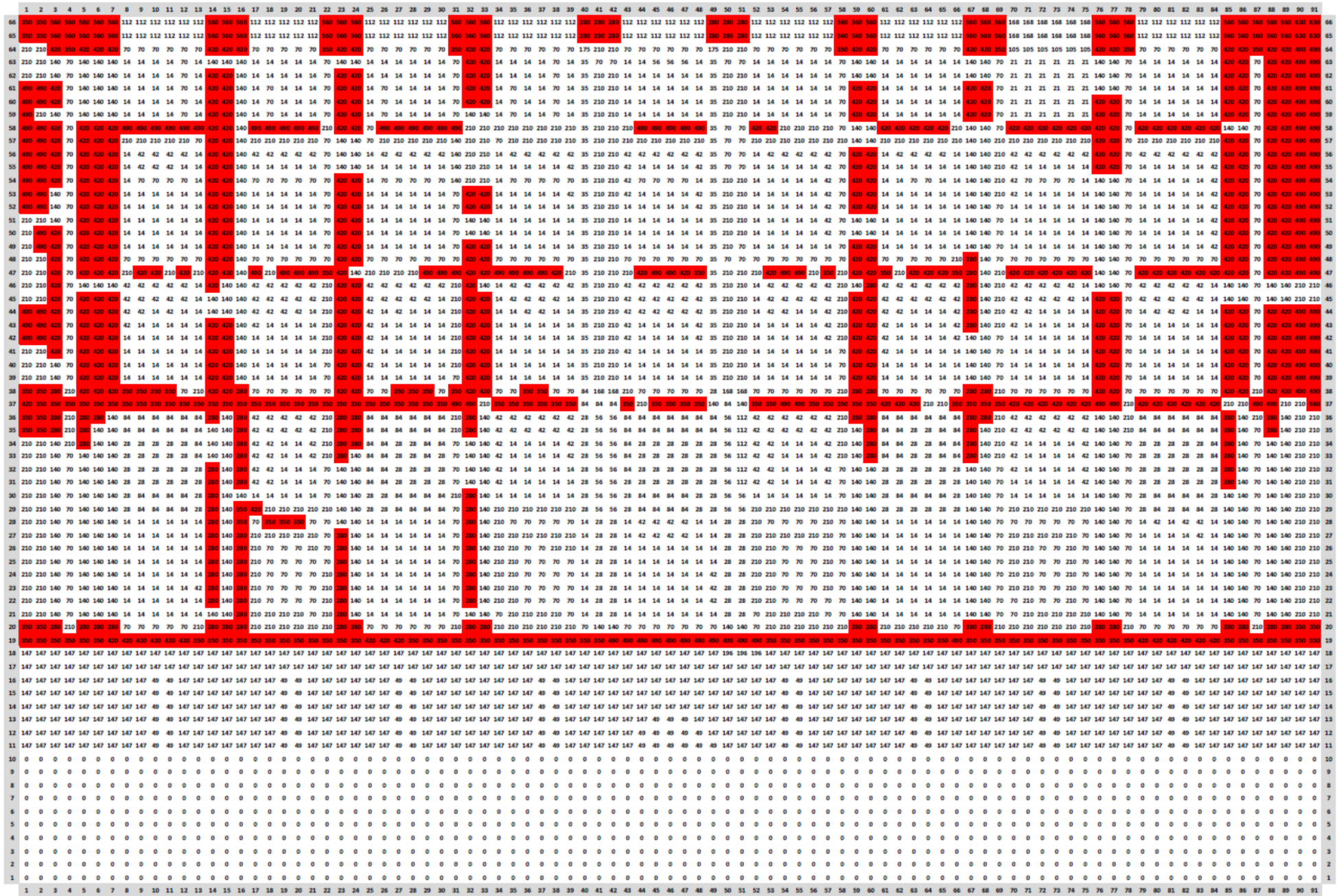


Figura 136 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 256) ed E = 7

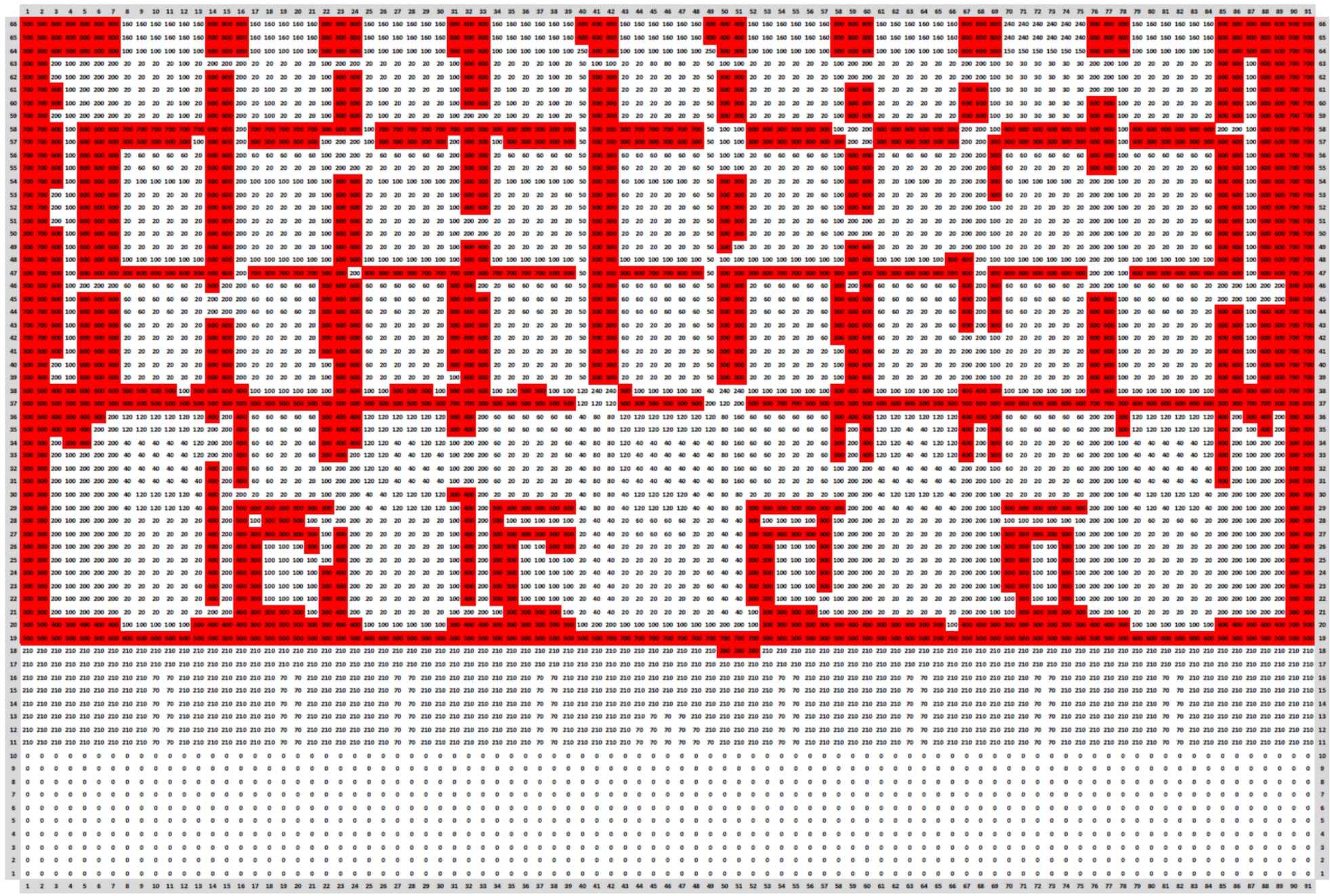


Figura 137 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 256) ed E = 10

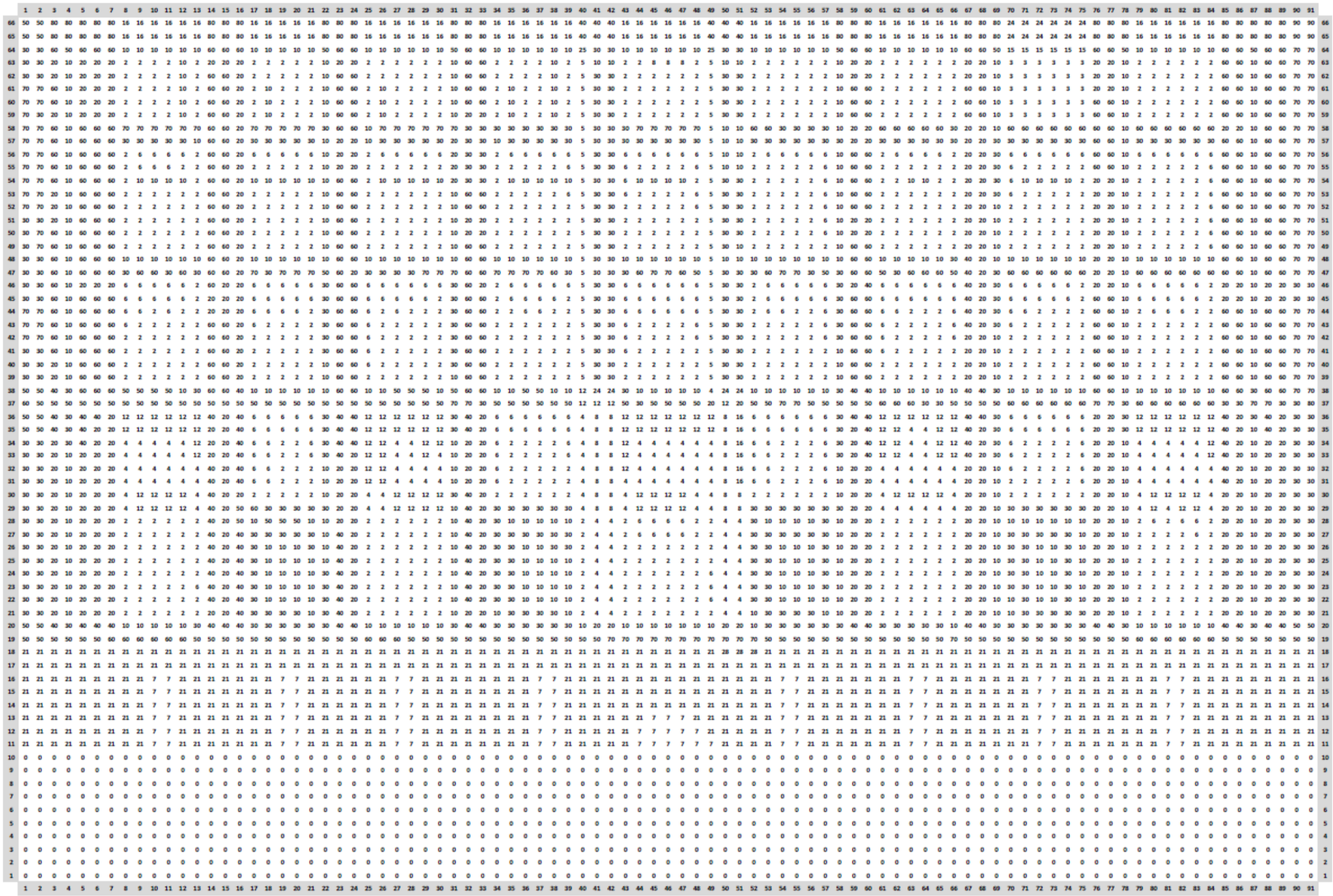


Figura 138 - Mappatura del rischio con W = 0,7 (AR = 298 ed E = 1. Tutte le celle sono sotto alla soglia di accettabilità.

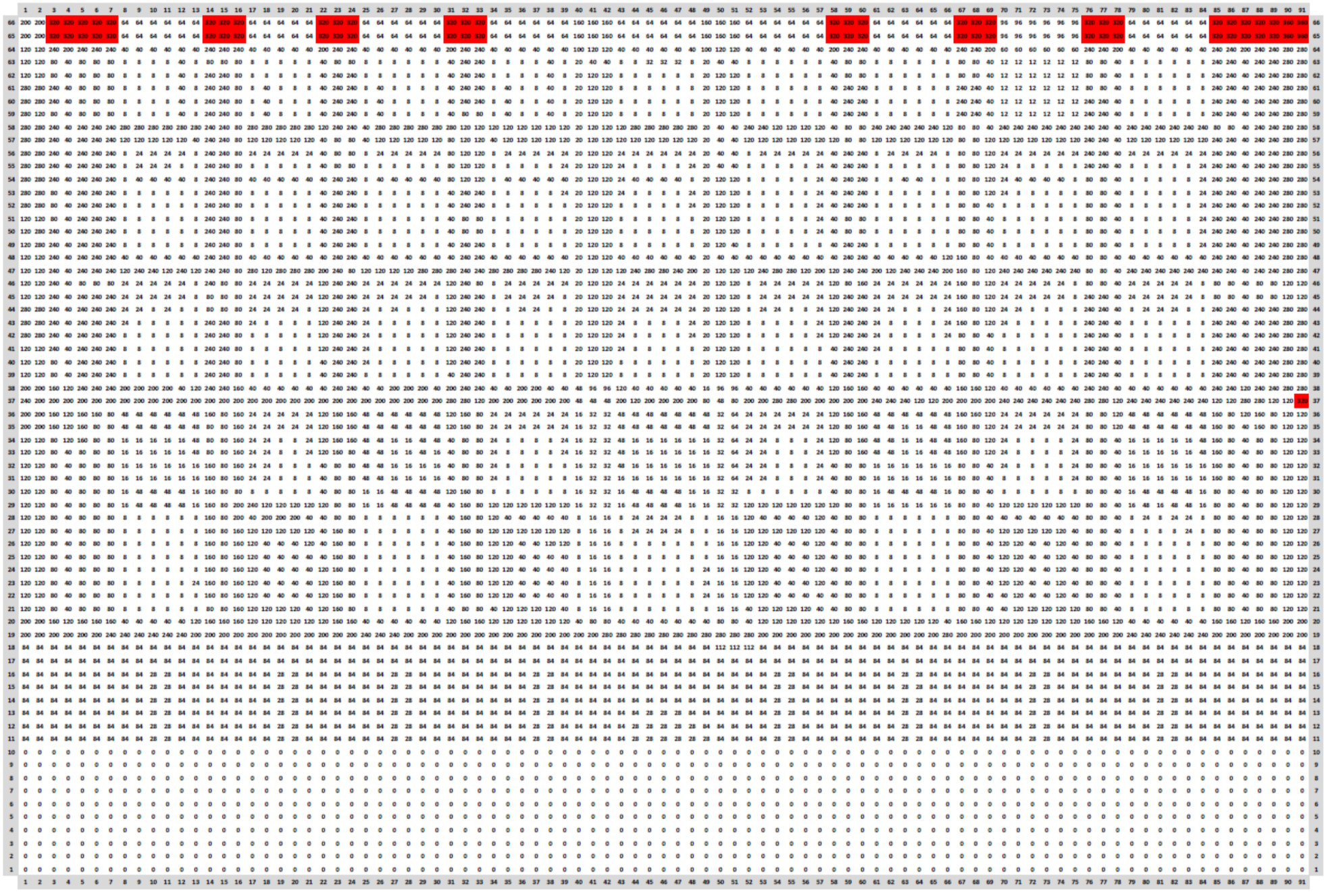


Figura 139 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 298) ed E = 4



Figura 140 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 298) ed E = 7

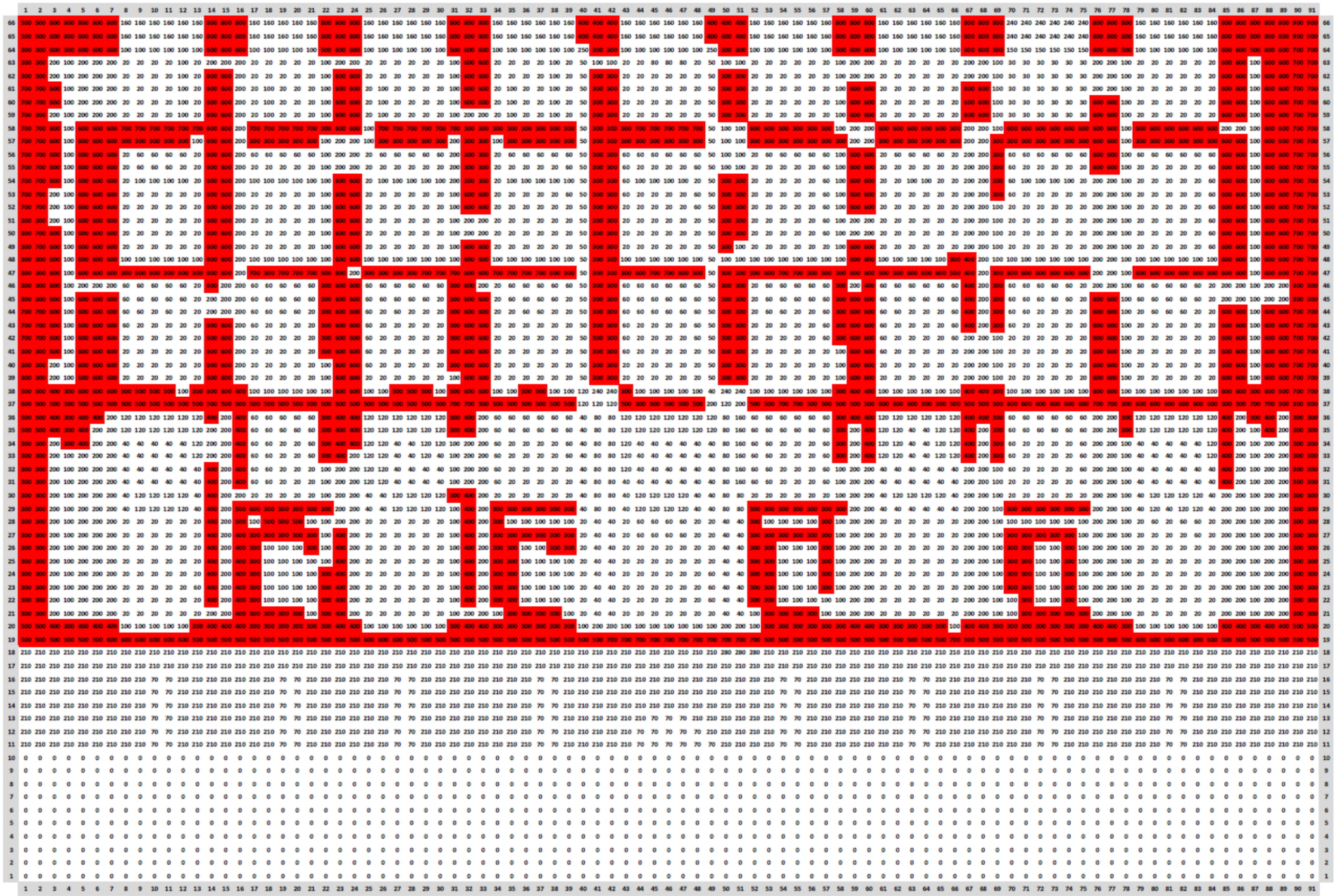


Figura 141 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 298) ed E = 10

4.5.2.2. Facciata edificio numero 14

- W = 0,5 (A_R = 188)
  - E = 1 (Figura 142)
  - E = 4 (Figura 143)
  - E = 7 (Figura 144)
  - E = 10 (Figura 145)
- W = 0,6 (A_R = 225)
  - E = 1 (Figura 146)
  - E = 4 (Figura 147)
  - E = 7 (Figura 148)
  - E = 10 (Figura 149)
- W = 0,7 (A_R = 263)
  - E = 1 (Figura 150)
  - E = 4 (Figura 151)
  - E = 7 (Figura 152)
  - E = 10 (Figura 153)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
55	80	80	40	40	40	40	40	70	70	70	70	70	70	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	70	70	70	70	70	70	70	40	40	40	40	70	70	70	70	70	70	70	40	70	70	70	50	50	55
54	50	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	54
53	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	8	8	8	20	20	10	2	8	8	8	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	53
52	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	52
51	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	51
50	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	50
49	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	2	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	49
48	30	30	20	20	4	12	24	24	12	30	20	20	12	24	12	12	24	20	20	30	20	24	20	12	12	10	10	12	20	20	20	24	10	10	12	12	12	12	12	10	20	20	20	12	12	20	12	20	20	30	12	12	12	12	4	20	20	30	30	48
47	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	47
46	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	46
45	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	45
44	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	44
43	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	43
42	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	42
41	30	30	40	40	6	2	2	2	2	30	40	40	2	2	2	2	2	40	40	30	2	2	2	2	6	20	20	2	2	2	2	2	20	20	6	2	2	2	2	2	30	40	40	2	2	2	2	2	40	40	30	2	2	2	2	6	40	40	50	50	41
40	40	30	50	50	20	20	20	20	20	50	50	50	20	12	12	12	20	50	50	50	20	20	12	12	20	25	25	20	20	20	20	20	25	25	20	20	20	20	20	20	50	50	50	24	24	24	24	24	50	50	60	24	24	24	24	24	60	60	60	70	40
39	30	30	20	20	4	12	12	12	12	30	40	40	12	12	12	12	12	40	40	30	12	12	12	12	12	20	20	12	12	12	12	12	20	20	12	12	12	12	12	12	30	40	40	12	12	12	12	12	40	40	30	12	12	12	12	12	40	40	50	50	39
38	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	12	12	12	10	10	4	4	12	12	12	10	20	20	4	12	4	12	12	20	20	10	4	12	12	12	12	20	20	30	30	38
37	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	37
36	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	36
35	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	35
34	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	34
33	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	33
32	70	60	50	50	10	10	10	10	10	50	50	50	10	10	10	10	10	50	50	50	10	10	10	10	10	20	20	20	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	10	50	50	50	10	10	10	10	10	30	30	30	6	6	6	6	10	50	50	50	60	32
31	30	30	20	40	6	6	6	6	6	30	40	40	6	6	6	6	6	40	40	10	2	2	2	2	2	16	16	6	6	6	6	6	16	16	6	6	6	6	6	6	30	40	40	6	6	6	6	6	40	40	30	6	6	6	6	6	40	40	50	50	31
30	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	6	6	6	6	6	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	40	20	30	30	30
29	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	29
28	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	28
27	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	27
26	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	26
25	30	30	20	20	10	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	20	20	30	6	6	6	6	6	4	4	8	8	8	8	8	4	4	8	8	8	8	8	40	20	20	40	40	40	40	40	20	20	10	10	10	10	10	20	20	30	30	25
24	30	30	20	20	6	14	14	14	14	30	20	20	14	14	14	14	14	20	20	30	14	14	14	14	14	4	4	14	14	14	14	14	4	4	12	14	14	14	14	30	20	20	12	12	12	12	12	20	20	60	12	12	10	10	6	20	20	30	30	24
23	30	30	20	20	2	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	10	4	4	10	10	10	10	10	4	4	2	10	10	10	10	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	23
22	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	22
21	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	21
20	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	20
19	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	19
18	21	21	14	14	2	2	2	2	2	7	14	14	2	2	2	2	2	14	14	7	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	7	14	14	2	2	2	2	2	14	14	7	2	2	2	2	2	14	14	21	21	18
17	42	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	42	35	35	35	35	35	35	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	42	17
16	35	35	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	15	15	15	15	15	21	21	35	35	16
15	35	35	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	15	15	15	15	15	21	21	35	35	15
14	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	2	6	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	2	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	21	35	35	14
13	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	2	6	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	2	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	21	35	35	13
12	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	2	6	21	21	21	7	7	7	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	21	35	35	12
11	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	2	6	6	21	21	7	7	7	7	7	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	21	35	35	11
10	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	2	6	6	21	21	7	7	7	7	7	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	21	35	35	10
9	35	35	21	21	21	35	42	42	42	35	21	21	35	35	35	35	35	21	21	21	35	35	35	35	21	21	7	7	7	7	7	21	21	21	35	35	35	35	35	21	21	21	35	35	35	35	35	21	21	21	35	35	35	35	35	21	21	35	35	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	

Figura 142 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 188) ed E = 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
55	320	320	160	160	160	160	160	280	280	280	280	280	280	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	280	280	280	280	280	280	280	160	160	160	160	280	280	280	280	280	280	280	160	280	280	280	200	200	55
54	200	200	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	200	200	54
53	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	32	32	32	80	80	40	8	32	32	32	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	53
52	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	52
51	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	51
50	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	50
49	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	8	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	49
48	120	120	80	80	16	48	96	96	48	120	80	80	48	96	48	48	96	80	80	120	80	96	80	48	48	40	40	48	80	80	80	96	40	40	48	48	48	48	48	40	80	80	80	48	48	80	48	80	80	120	48	48	48	48	16	80	80	120	120	48
47	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	47
46	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	46
45	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	45
44	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	44
43	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	43
42	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	42
41	120	120	160	160	24	8	8	8	8	120	160	160	8	8	8	8	8	160	160	120	8	8	8	8	24	80	80	8	8	8	8	8	80	80	24	8	8	8	8	120	160	160	8	8	8	8	8	160	160	120	8	8	8	8	24	160	160	200	200	41
40	160	120	200	200	80	80	80	80	80	200	200	200	80	48	48	48	80	200	200	200	80	80	48	48	80	100	100	80	80	80	80	80	100	100	80	80	80	80	80	200	200	200	96	96	96	96	96	200	200	240	96	96	96	96	96	240	240	240	280	40
39	120	120	80	80	16	48	48	48	48	120	160	160	48	48	48	48	48	160	160	120	48	48	48	48	48	80	80	48	48	48	48	48	80	80	48	48	48	48	48	120	160	160	48	48	48	48	48	160	160	120	48	48	48	48	48	160	160	200	200	39
38	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	48	48	48	40	40	16	16	48	48	48	40	80	80	16	48	16	48	48	80	80	40	16	48	48	48	48	80	80	120	120	38
37	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	37
36	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	36
35	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	35
34	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	34
33	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	33
32	280	240	200	200	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	120	120	120	24	24	24	24	40	200	200	200	240	32							
31	120	120	80	160	24	24	24	24	24	120	160	160	24	24	24	24	24	160	160	40	8	8	8	8	8	64	64	24	24	24	24	24	64	64	24	24	24	24	24	120	160	160	24	24	24	24	24	160	160	120	24	24	24	24	24	160	160	200	200	31
30	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	160	80	120	120	30
29	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	29
28	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	28
27	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	27
26	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	26
25	120	120	80	80	40	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	80	80	120	24	24	24	24	24	16	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	32	32	32	160	80	80	160	160	160	160	160	80	80	40	40	40	40	40	80	80	120	120	25
24	120	120	80	80	24	56	56	56	56	120	80	80	56	56	56	56	56	80	80	120	56	56	56	56	56	16	16	56	56	56	56	56	16	16	48	56	56	56	56	120	80	80	48	48	48	48	48	80	80	240	48	48	40	40	24	80	80	120	120	24
23	120	120	80	80	8	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	40	16	16	40	40	40	40	40	16	16	8	40	40	40	40	80	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	23
22	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	22
21	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	21
20	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	20
19	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	19
18	84	84	56	56	8	8	8	8	8	28	56	56	8	8	8	8	8	56	56	28	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	28	56	56	8	8	8	8	8	56	56	28	8	8	8	8	8	56	56	84	84	18
17	168	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	168	140	140	140	140	140	140	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	168	17
16	140	140	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	60	60	60	60	60	84	84	140	140	16
15	140	140	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	60	60	60	60	60	84	84	140	140	15							
14	140	140	84	84	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	14							
13	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	13							
12	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	28	28	28	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	12							
11	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	28	28	28	28	28	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	11							
10	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	28	28	28	28	28	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	10							
9	140	140	84	84	84	140	168	168	168	140	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	84	84	84	28	28	28	28	28	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	84	84	140	140	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	

Figura 143 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 188) ed E = 4

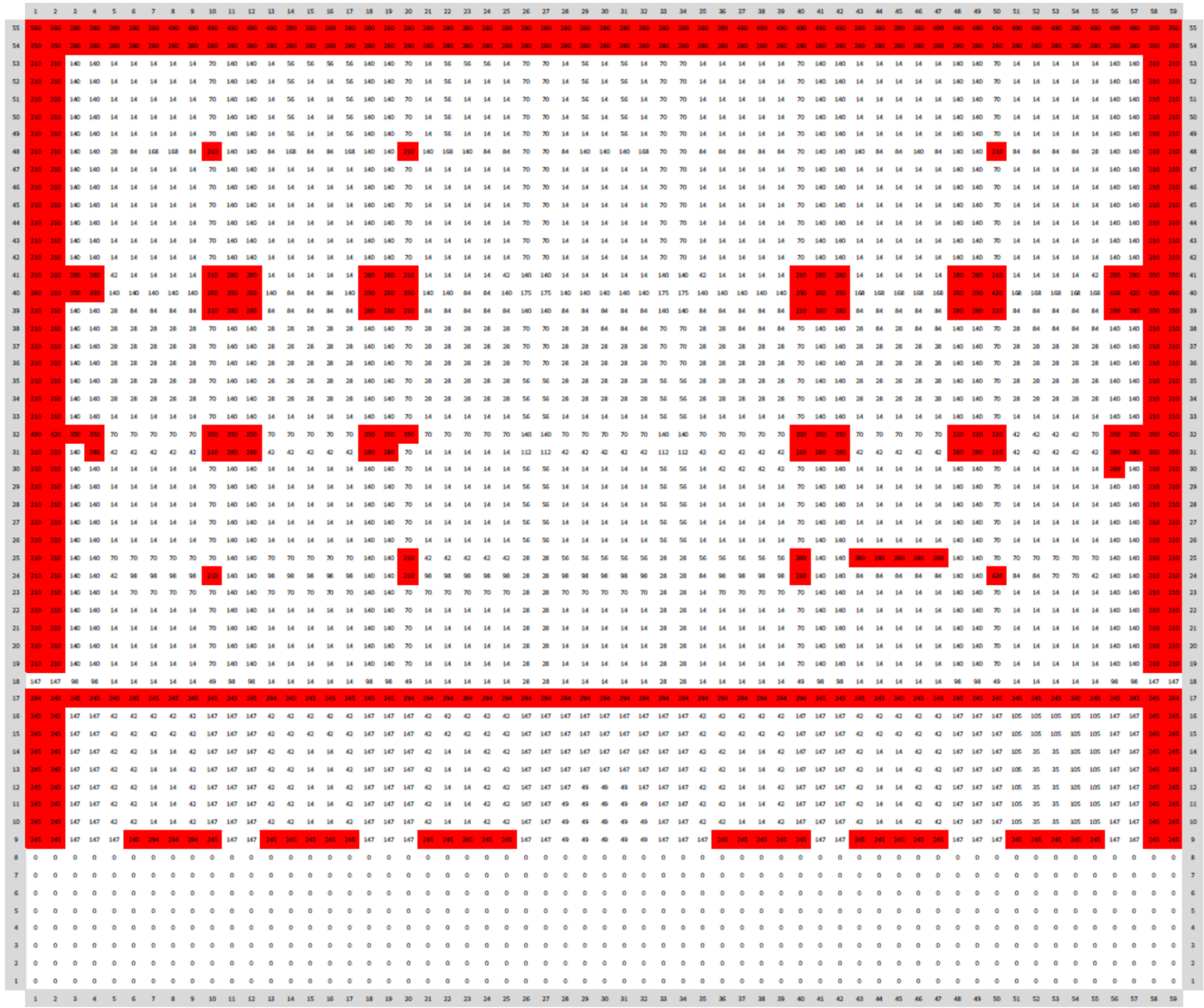


Figura 144 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 188) ed E = 7

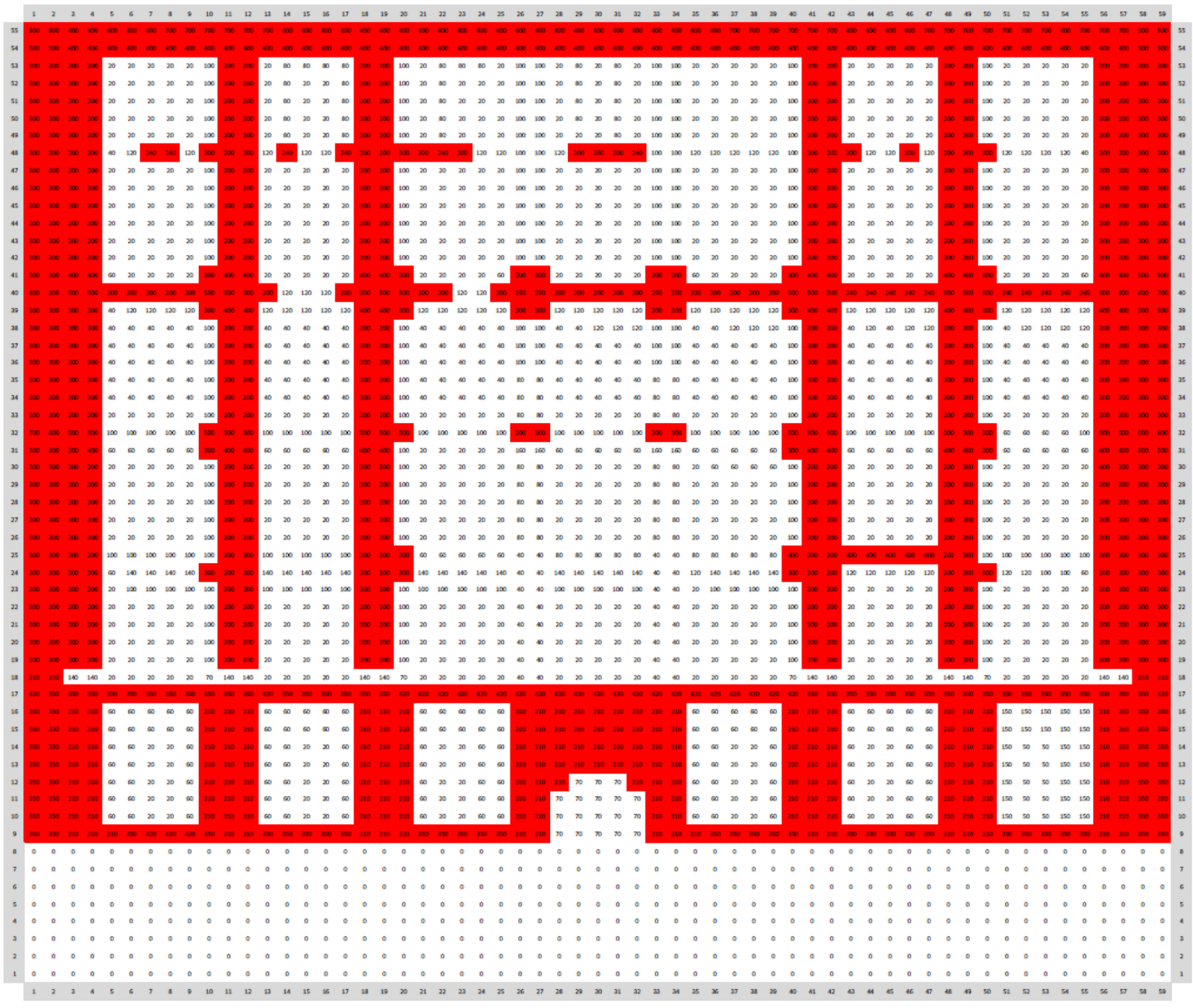


Figura 145 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 188) ed E = 10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
55	80	80	40	40	40	40	40	70	70	70	70	70	70	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	70	70	70	70	70	70	70	40	40	40	40	70	70	70	70	70	70	70	40	70	70	70	50	50	55
54	50	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	54
53	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	8	8	8	20	20	10	2	8	8	8	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	53
52	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	52
51	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	51
50	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	50
49	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	2	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	49
48	30	30	20	20	4	12	24	24	12	30	20	20	12	24	12	12	24	20	20	30	20	24	20	12	12	10	10	12	20	20	20	24	10	10	12	12	12	12	12	10	20	20	20	12	12	20	12	20	20	30	12	12	12	12	4	20	20	30	30	48
47	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	47
46	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	46
45	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	45
44	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	44
43	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	43
42	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	42
41	30	30	40	40	6	2	2	2	2	30	40	40	2	2	2	2	2	40	40	30	2	2	2	2	6	20	20	2	2	2	2	2	20	20	6	2	2	2	2	30	40	40	2	2	2	2	2	40	40	30	2	2	2	2	6	40	40	50	50	41
40	40	30	50	50	20	20	20	20	20	50	50	50	20	12	12	12	20	50	50	50	20	20	12	12	20	25	25	20	20	20	20	20	25	25	20	20	20	20	20	50	50	50	24	24	24	24	24	50	50	60	24	24	24	24	24	60	60	60	70	40
39	30	30	20	20	4	12	12	12	12	30	40	40	12	12	12	12	12	40	40	30	12	12	12	12	20	20	20	12	12	12	12	12	20	20	12	12	12	12	12	30	40	40	12	12	12	12	12	40	40	30	12	12	12	12	12	40	40	50	50	39
38	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	12	12	12	10	10	4	4	12	12	12	10	20	20	4	12	4	12	12	20	20	10	4	12	12	12	12	20	20	30	30	38
37	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	37
36	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	36
35	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	35
34	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	34
33	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	33
32	70	60	50	50	10	10	10	10	10	50	50	50	10	10	10	10	10	50	50	50	10	10	10	10	20	20	20	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	50	50	50	10	10	10	10	10	30	30	30	6	6	6	6	10	50	50	50	60	32
31	30	30	20	40	6	6	6	6	6	30	40	40	6	6	6	6	6	40	40	10	2	2	2	2	2	16	16	6	6	6	6	6	16	16	6	6	6	6	6	30	40	40	6	6	6	6	6	40	40	30	6	6	6	6	6	40	40	50	50	31
30	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	6	6	6	6	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	40	20	30	30	30
29	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	29
28	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	28
27	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	27
26	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	26
25	30	30	20	20	10	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	20	20	30	6	6	6	6	4	4	8	8	8	8	8	4	4	8	8	8	8	8	40	20	20	40	40	40	40	40	20	20	10	10	10	10	10	20	20	30	30	25
24	30	30	20	20	6	14	14	14	14	30	20	20	14	14	14	14	14	20	20	30	14	14	14	14	4	4	14	14	14	14	14	4	4	12	14	14	14	14	30	20	20	12	12	12	12	12	20	20	60	12	12	10	10	6	20	20	30	30	24
23	30	30	20	20	2	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	4	4	10	10	10	10	10	4	4	2	10	10	10	10	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	23
22	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	22
21	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	21
20	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	20
19	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	19
18	21	21	14	14	2	2	2	2	2	7	14	14	2	2	2	2	2	14	14	7	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	7	14	14	2	2	2	2	2	14	14	7	2	2	2	2	2	14	14	21	21	18
17	42	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	42	35	35	35	35	35	35	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	42	17
16	35	35	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	15	15	15	15	15	21	21	35	35	16
15	35	35	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	15	15	15	15	15	21	21	35	35	15
14	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	2	6	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	21	35	35	14
13	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	2	6	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	21	35	35	13
12	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	2	6	21	21	21	7	7	7	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	21	35	35	12
11	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	2	6	21	21	7	7	7	7	7	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	21	35	35	11
10	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	2	6	21	21	7	7	7	7	7	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	21	35	35	10
9	35	35	21	21	21	35	42	42	42	35	21	21	35	35	35	35	35	21	21	21	35	35	35	35	35	21	21	7	7	7	7	7	21	21	21	35	35	35	35	35	21	21	35	35	35	35	35	21	21	21	35	35	35	35	35	21	21	35	35	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	

Figura 146 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 225) ed E = 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
55	320	320	160	160	160	160	160	280	280	280	280	280	280	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	55
54	200	200	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	200	200	54
53	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	32	32	32	80	80	40	8	32	32	32	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	53
52	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	52
51	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	51
50	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	50
49	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	8	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	49
48	120	120	80	80	16	48	96	96	48	120	80	80	48	96	48	48	96	80	80	120	80	96	80	48	48	40	40	48	80	80	80	96	40	40	48	48	48	48	48	40	80	80	80	48	48	80	48	80	80	120	48	48	48	48	16	80	80	120	120	48
47	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	47
46	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	46
45	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	45
44	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	44
43	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	43
42	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	42
41	120	120	160	160	24	8	8	8	8	120	160	160	8	8	8	8	8	160	160	120	8	8	8	8	24	80	80	8	8	8	8	8	80	80	24	8	8	8	8	120	160	160	8	8	8	8	8	160	160	120	8	8	8	8	24	160	160	200	200	41
40	160	120	200	200	80	80	80	80	80	200	200	200	80	48	48	48	80	200	200	200	80	80	48	48	80	100	100	80	80	80	80	80	100	100	80	80	80	80	80	200	200	200	96	96	96	96	96	200	200	240	96	96	96	96	96	240	240	240	280	40
39	120	120	80	80	16	48	48	48	48	120	160	160	48	48	48	48	48	160	160	120	48	48	48	48	48	80	80	48	48	48	48	48	80	80	48	48	48	48	48	120	160	160	48	48	48	48	48	160	160	120	48	48	48	48	48	160	160	200	200	39
38	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	48	48	48	40	40	16	16	48	48	48	40	80	80	16	48	16	48	48	80	80	40	16	48	48	48	48	80	80	120	120	38
37	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	37
36	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	36
35	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	35
34	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	34
33	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	33
32	280	240	200	200	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	120	120	120	24	24	24	24	40	200	200	200	240	32
31	120	120	80	160	24	24	24	24	24	120	160	160	24	24	24	24	24	160	160	40	8	8	8	8	8	64	64	24	24	24	24	24	64	64	24	24	24	24	24	120	160	160	24	24	24	24	24	160	160	120	24	24	24	24	24	160	160	200	200	31
30	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	160	80	120	120	30
29	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	29
28	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	28
27	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	27
26	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	26
25	120	120	80	80	40	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	80	80	120	24	24	24	24	24	16	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	32	32	32	160	80	80	160	160	160	160	160	80	80	40	40	40	40	40	40	80	80	120	120	25
24	120	120	80	80	24	56	56	56	56	120	80	80	56	56	56	56	56	80	80	120	56	56	56	56	56	16	16	56	56	56	56	56	16	16	48	56	56	56	56	120	80	80	48	48	48	48	48	80	80	240	48	48	40	40	24	80	80	120	120	24
23	120	120	80	80	8	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	40	16	16	8	40	40	40	40	16	16	8	40	40	40	40	80	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	23
22	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	22
21	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	21
20	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	20
19	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	19
18	84	84	56	56	8	8	8	8	8	28	56	56	8	8	8	8	8	56	56	28	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	28	56	56	8	8	8	8	8	56	56	28	8	8	8	8	8	56	56	84	84	18
17	168	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	168	140	140	140	140	140	140	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	168	17
16	140	140	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	60	60	60	60	84	84	140	140	16
15	140	140	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	60	60	60	60	84	84	140	140	15
14	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	14
13	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	13
12	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	28	28	28	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	12
11	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	28	28	28	28	28	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	11
10	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	28	28	28	28	28	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	10
9	140	140	84	84	84	140	168	168	168	140	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	84	84	28	28	28	28	28	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	140	140	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	

Figura 147 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 225) ed E = 4

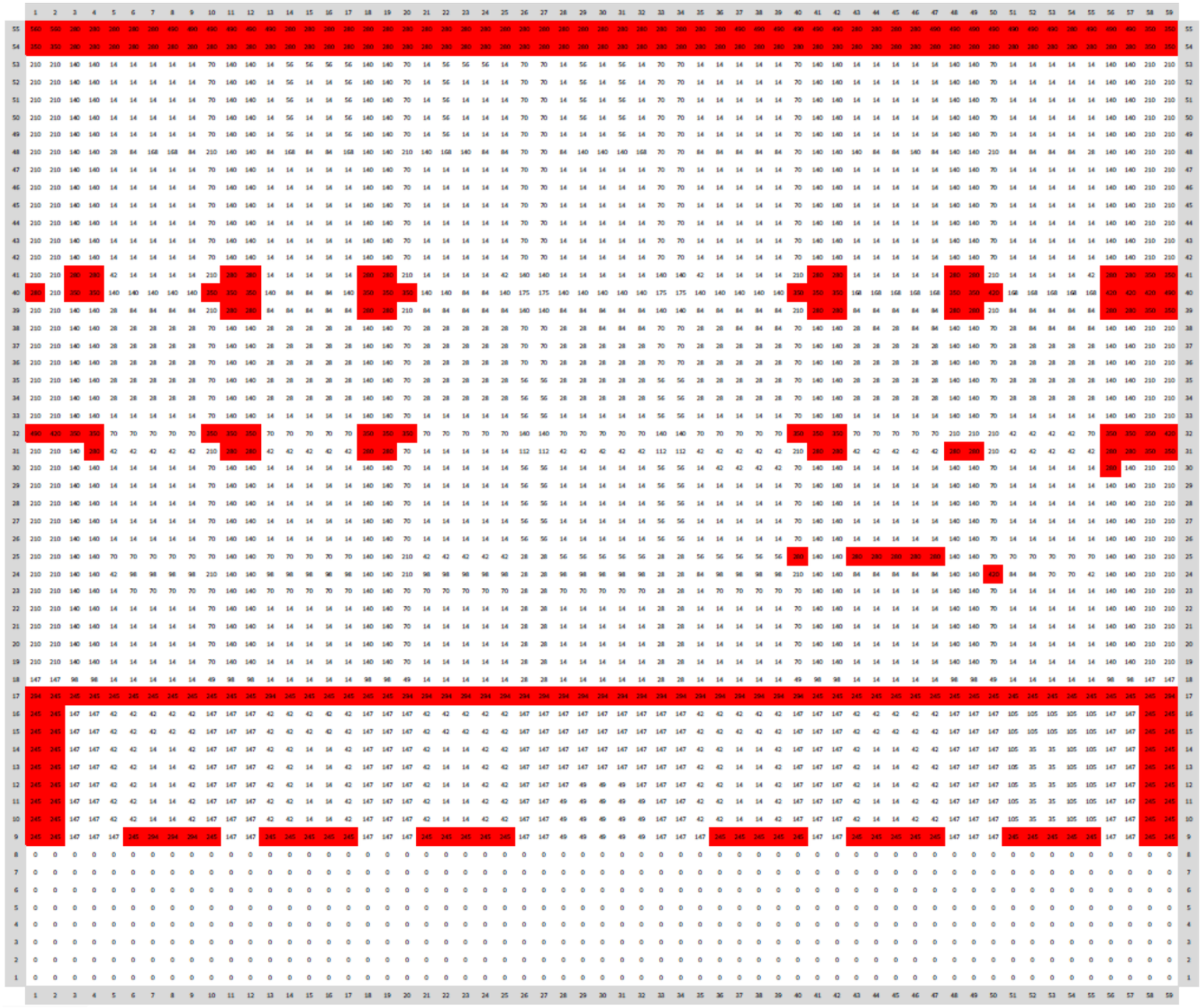


Figura 148 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 225) ed E = 7

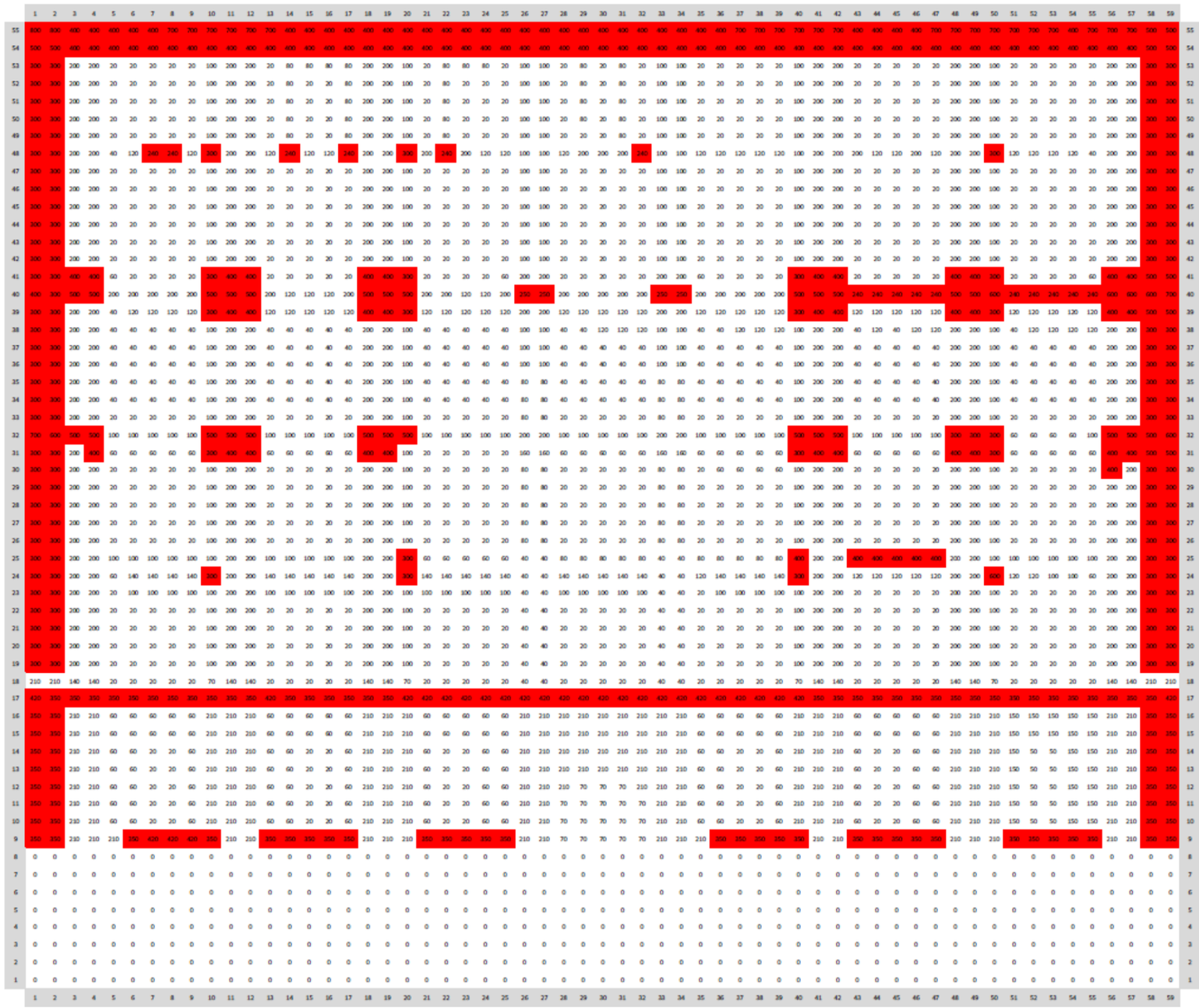


Figura 149 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 225) ed E = 10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
55	80	80	40	40	40	40	40	70	70	70	70	70	70	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	70	70	70	70	70	70	70	40	40	40	40	70	70	70	70	70	70	70	40	70	70	70	50	50	55
54	50	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	54
53	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	8	8	8	20	20	10	2	8	8	8	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	53
52	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	52
51	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	51
50	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	8	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	50
49	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	8	2	2	8	20	20	10	2	8	2	2	2	10	10	2	2	2	8	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	49
48	30	30	20	20	4	12	24	24	12	30	20	20	12	24	12	12	24	20	20	30	20	24	20	12	12	10	10	12	20	20	20	24	10	10	12	12	12	12	12	10	20	20	20	12	12	20	12	20	20	30	12	12	12	12	4	20	20	30	30	48
47	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	47
46	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	46
45	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	45
44	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	44
43	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	43
42	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	10	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	42
41	30	30	40	40	6	2	2	2	2	30	40	40	2	2	2	2	2	40	40	30	2	2	2	2	6	20	20	2	2	2	2	2	20	20	6	2	2	2	2	30	40	40	2	2	2	2	2	40	40	30	2	2	2	2	6	40	40	50	50	41
40	40	30	50	50	20	20	20	20	20	50	50	50	20	12	12	12	20	50	50	50	20	20	12	12	20	25	25	20	20	20	20	20	25	25	20	20	20	20	20	50	50	50	24	24	24	24	24	50	50	60	24	24	24	24	24	60	60	60	70	40
39	30	30	20	20	4	12	12	12	12	30	40	40	12	12	12	12	12	40	40	30	12	12	12	12	12	20	20	12	12	12	12	12	20	20	12	12	12	12	12	30	40	40	12	12	12	12	12	40	40	30	12	12	12	12	12	40	40	50	50	39
38	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	12	12	12	10	10	4	4	12	12	12	10	20	20	4	12	4	12	12	20	20	10	4	12	12	12	12	20	20	30	30	38
37	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	37
36	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	10	10	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	36
35	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	35
34	30	30	20	20	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	8	8	4	4	4	4	4	10	20	20	4	4	4	4	4	20	20	10	4	4	4	4	4	20	20	30	30	34
33	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	33
32	70	60	50	50	10	10	10	10	10	50	50	50	10	10	10	10	10	50	50	50	10	10	10	10	20	20	20	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	50	50	50	10	10	10	10	10	30	30	30	6	6	6	6	10	50	50	50	60	32
31	30	30	20	40	6	6	6	6	6	30	40	40	6	6	6	6	6	40	40	10	2	2	2	2	2	16	16	6	6	6	6	6	16	16	6	6	6	6	6	30	40	40	6	6	6	6	6	40	40	30	6	6	6	6	6	40	40	50	50	31
30	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	6	6	6	6	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	40	20	30	30	30
29	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	29
28	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	28
27	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	27
26	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	8	8	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	26
25	30	30	20	20	10	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	20	20	30	6	6	6	6	4	4	8	8	8	8	8	4	4	8	8	8	8	8	40	20	20	40	40	40	40	40	20	20	10	10	10	10	10	20	20	30	30	25
24	30	30	20	20	6	14	14	14	14	30	20	20	14	14	14	14	14	20	20	30	14	14	14	14	4	4	14	14	14	14	14	4	4	12	14	14	14	14	30	20	20	12	12	12	12	12	20	20	60	12	12	10	10	6	20	20	30	30	24
23	30	30	20	20	2	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10	10	4	4	10	10	10	10	10	4	4	2	10	10	10	10	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	23
22	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	22
21	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	21
20	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	20
19	30	30	20	20	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	10	20	20	2	2	2	2	2	20	20	10	2	2	2	2	2	20	20	30	30	19
18	21	21	14	14	2	2	2	2	7	14	14	2	2	2	2	2	14	14	7	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	7	14	14	2	2	2	2	2	14	14	7	2	2	2	2	2	14	14	21	21	18
17	42	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	42	35	35	35	35	35	35	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	42	17
16	35	35	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	15	15	15	15	21	21	35	35	16
15	35	35	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	6	6	6	6	6	21	21	21	15	15	15	15	21	21	35	35	15
14	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	21	21	35	35	14
13	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	21	21	21	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	35	35	13
12	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	7	7	7	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	35	35	12
11	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	7	7	7	7	7	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	35	35	11
10	35	35	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	7	7	7	7	7	21	21	6	6	2	2	6	21	21	21	6	2	2	6	6	21	21	21	15	5	5	15	15	21	35	35	10
9	35	35	21	21	21	35	42	42	42	35	21	21	35	35	35	35	35	21	21	21	35	35	35	35	35	21	21	7	7	7	7	7	21	21	21	35	35	35	35	35	21	21	35	35	35	35	35	21	21	21	35	35	35	35	35	21	21	35	35	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	

Figura 150 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 263) ed E = 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
55	320	320	160	160	160	160	160	280	280	280	280	280	280	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	280	280	280	280	280	280	280	160	160	160	160	280	280	280	280	280	280	280	160	280	280	280	200	200	55
54	200	200	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	200	200	54
53	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	32	32	32	80	80	40	8	32	32	32	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	53
52	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	52
51	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	51
50	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	32	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	50
49	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	32	8	8	32	80	80	40	8	32	8	8	8	40	40	8	8	8	32	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	49
48	120	120	80	80	16	48	96	96	48	120	80	80	48	96	48	48	96	80	80	120	80	96	80	48	48	40	40	48	80	80	80	96	40	40	48	48	48	48	48	40	80	80	80	48	48	80	48	80	80	120	48	48	48	48	16	80	80	120	120	48
47	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	47
46	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	46
45	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	45
44	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	44
43	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	43
42	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	42
41	120	120	160	160	24	8	8	8	8	120	160	160	8	8	8	8	8	160	160	120	8	8	8	8	24	80	80	8	8	8	8	8	80	80	24	8	8	8	8	120	160	160	8	8	8	8	8	160	160	120	8	8	8	8	24	160	160	200	200	41
40	160	120	200	200	80	80	80	80	80	200	200	200	80	48	48	48	80	200	200	200	80	80	48	48	80	100	100	80	80	80	80	80	100	100	80	80	80	80	80	200	200	200	96	96	96	96	96	200	200	240	96	96	96	96	96	240	240	240	280	40
39	120	120	80	80	16	48	48	48	48	120	160	160	48	48	48	48	48	160	160	120	48	48	48	48	48	80	80	48	48	48	48	48	80	80	48	48	48	48	48	120	160	160	48	48	48	48	48	160	160	120	48	48	48	48	48	160	160	200	200	39
38	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	48	48	48	40	40	16	16	48	48	48	40	80	80	16	48	16	48	48	80	80	40	16	48	48	48	48	80	80	120	120	38
37	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	37
36	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	40	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	36
35	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	35
34	120	120	80	80	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	16	16	40	80	80	16	16	16	16	16	80	80	40	16	16	16	16	16	80	80	120	120	34
33	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	33
32	280	240	200	200	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	200	200	200	40	40	40	40	40	120	120	120	24	24	24	24	40	200	200	200	240	32
31	120	120	80	160	24	24	24	24	24	120	160	160	24	24	24	24	24	160	160	40	8	8	8	8	8	64	64	24	24	24	24	24	64	64	24	24	24	24	24	120	160	160	24	24	24	24	24	160	160	120	24	24	24	24	24	160	160	200	200	31
30	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	24	24	24	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	160	80	120	120	30
29	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	29
28	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	28
27	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	27
26	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	32	32	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	26
25	120	120	80	80	40	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	80	80	120	24	24	24	24	24	16	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	32	32	32	160	80	80	160	160	160	160	160	80	80	40	40	40	40	40	80	80	120	120	25
24	120	120	80	80	24	56	56	56	56	120	80	80	56	56	56	56	56	80	80	120	56	56	56	56	56	16	16	56	56	56	56	56	16	16	48	56	56	56	56	120	80	80	48	48	48	48	48	80	80	240	48	48	40	40	24	80	80	120	120	24
23	120	120	80	80	8	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	40	40	16	16	40	40	40	40	40	16	16	8	40	40	40	40	80	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	23
22	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	22
21	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	21
20	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	20
19	120	120	80	80	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	40	80	80	8	8	8	8	8	80	80	40	8	8	8	8	8	80	80	120	120	19
18	84	84	56	56	8	8	8	8	8	28	56	56	8	8	8	8	8	56	56	28	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	16	16	8	8	8	8	8	28	56	56	8	8	8	8	8	56	56	28	8	8	8	8	8	56	56	84	84	18
17	168	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	168	140	140	140	140	140	140	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	168	17
16	140	140	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	60	60	60	60	84	84	140	140	16
15	140	140	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	24	24	24	24	24	84	84	84	60	60	60	60	84	84	140	140	15
14	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	14
13	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	84	84	84	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	13
12	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	28	28	28	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	12
11	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	28	28	28	28	28	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	11
10	140	140	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	28	28	28	28	28	84	84	24	24	8	8	24	84	84	84	24	8	8	24	24	84	84	84	60	20	20	60	60	84	84	140	140	10
9	140	140	84	84	84	140	168	168	168	140	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	28	28	28	28	28	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	84	140	140	140	140	140	84	84	140	140	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	

Figura 151 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 263) ed E = 4

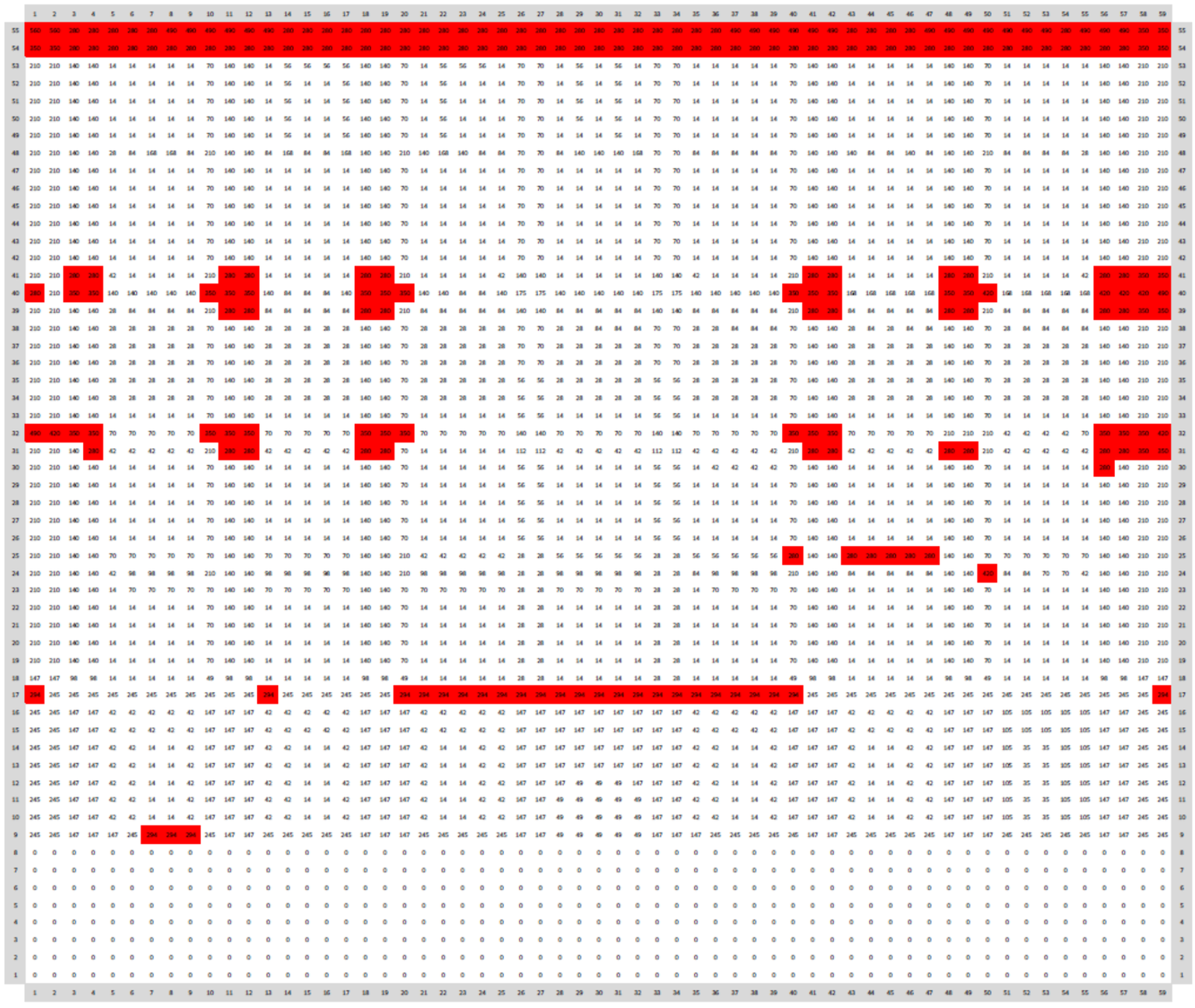


Figura 152 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 263) ed E = 7

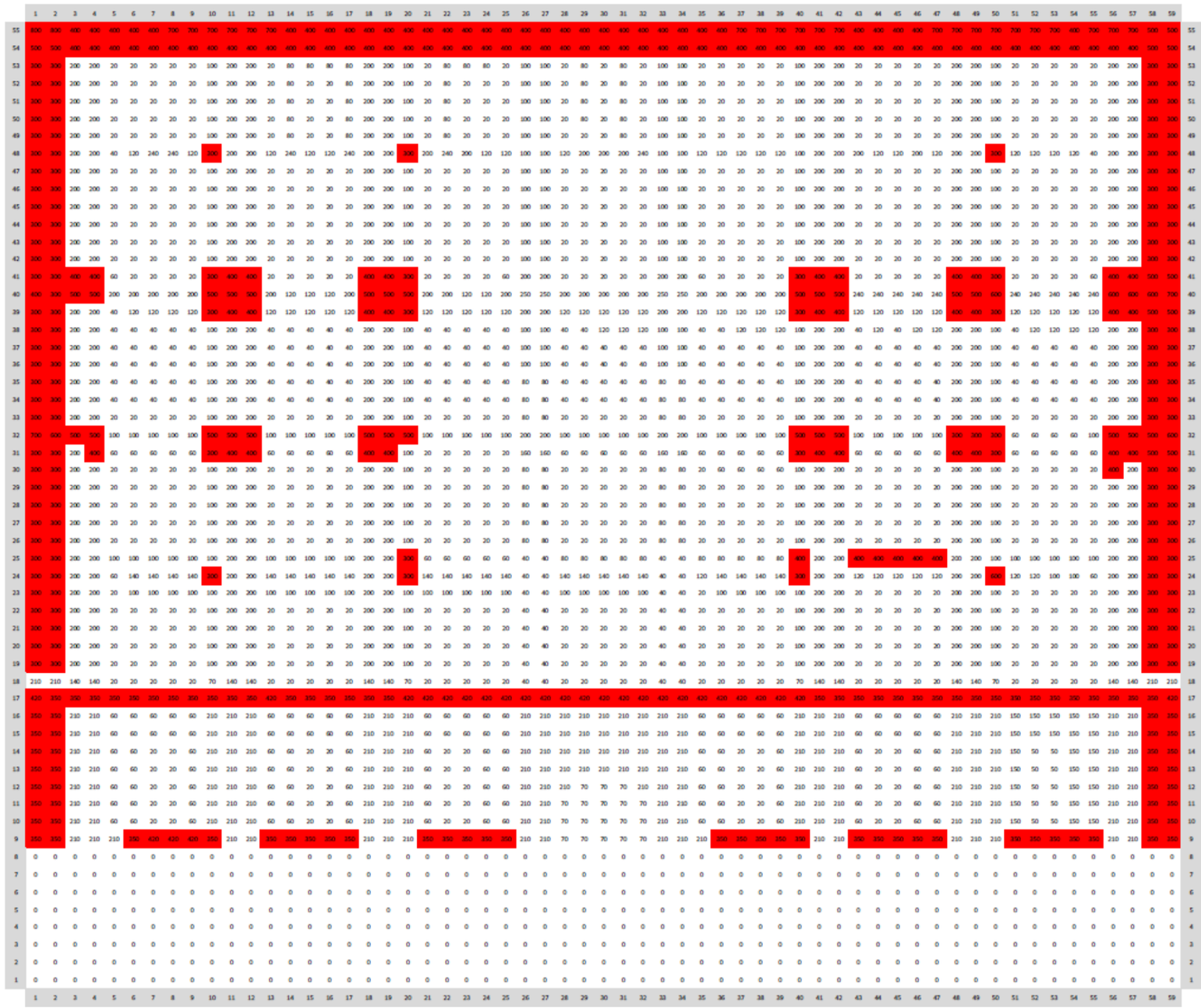


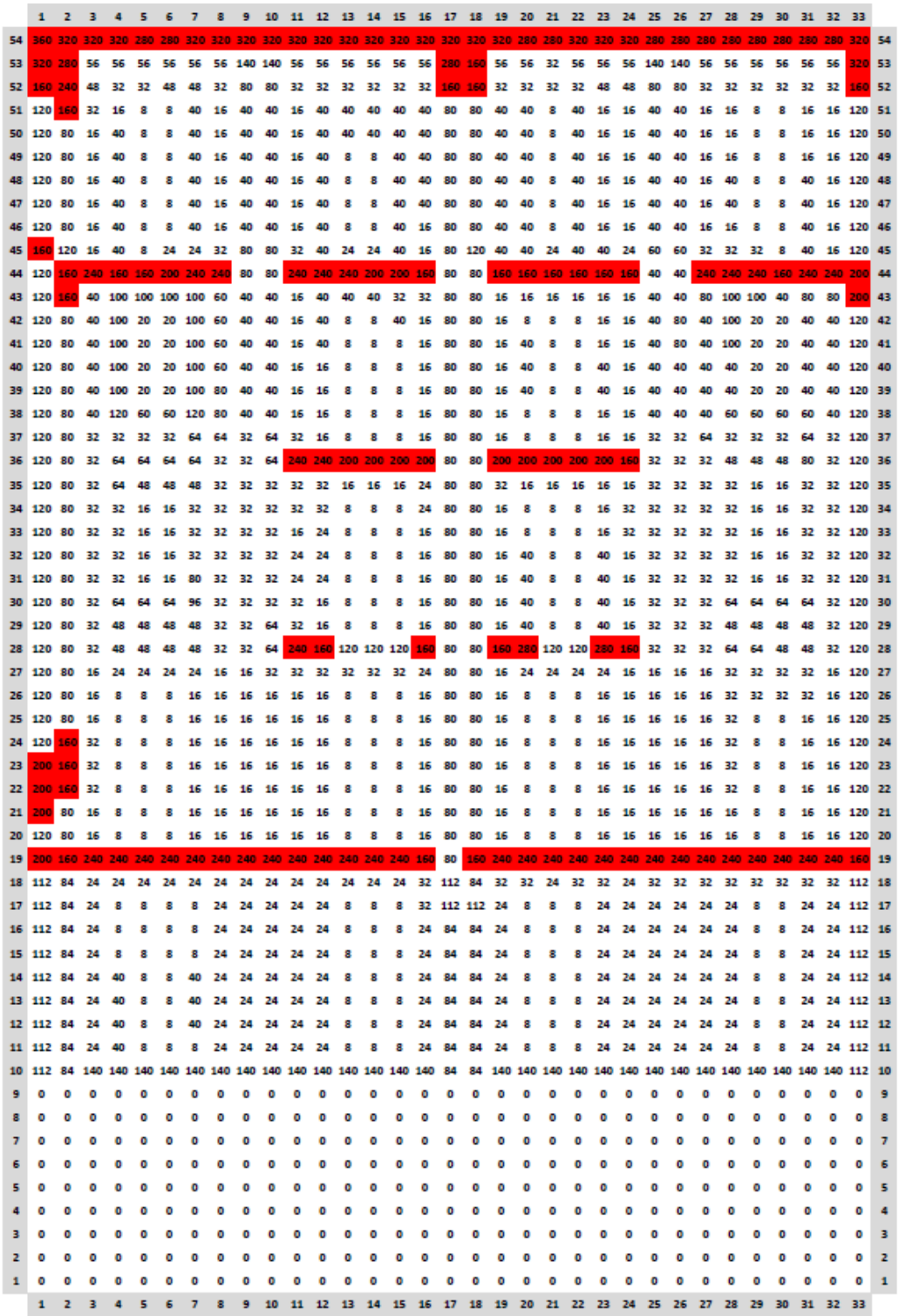
Figura 153 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 263) ed E = 10

4.5.2.3. Facciata edificio numero 18

- W = 0,5 (A_R = 143)
  - E = 1 (Figura 154)
  - E = 4 (Figura 155)
  - E = 7 (Figura 156)
  - E = 10 (Figura 157)
- W = 0,6 (A_R = 172)
  - E = 1 (Figura 158)
  - E = 4 (Figura 159)
  - E = 7 (Figura 160)
  - E = 10 (Figura 161)
- W = 0,7 (A_R = 200)
  - E = 1 (Figura 162)
  - E = 4 (Figura 163)
  - E = 7 (Figura 164)
  - E = 10 (Figura 165)

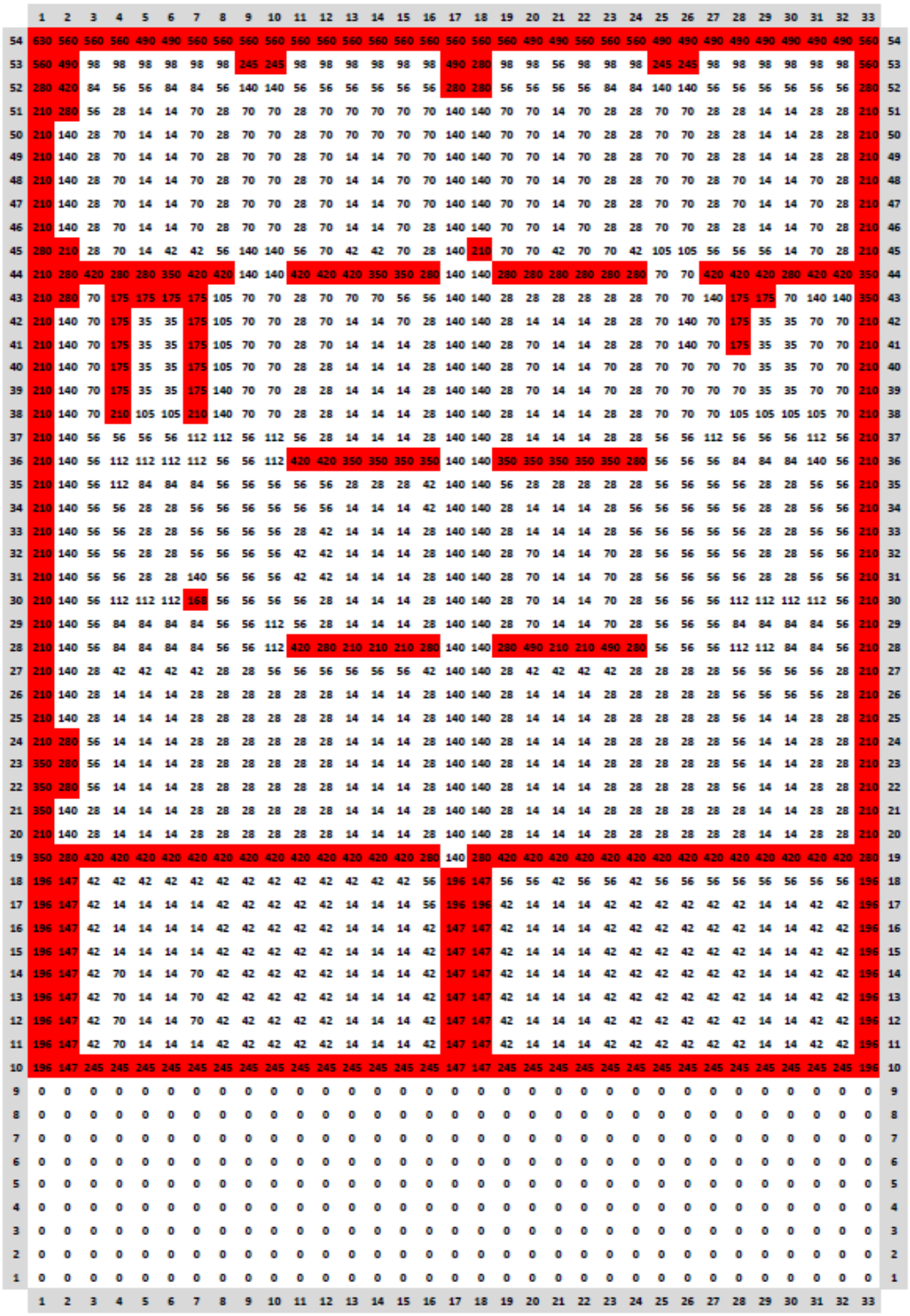
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	90	80	80	80	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	70	70	80	80	80	70	70	70	70	70	70	70	70	80	54
53	80	70	14	14	14	14	14	14	35	35	14	14	14	14	14	14	70	40	14	14	8	14	14	14	35	35	14	14	14	14	14	14	80	53
52	40	60	12	8	8	12	12	8	20	20	8	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	12	12	20	20	8	8	8	8	8	8	40	52
51	30	40	8	4	2	2	10	4	10	10	4	10	10	10	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	4	4	30	51
50	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	10	10	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	4	4	30	50
49	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	4	4	30	49
48	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	10	2	2	10	4	30	48
47	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	10	2	2	10	4	30	47
46	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	4	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	10	4	30	46
45	40	30	4	10	2	6	6	8	20	20	8	10	6	6	10	4	20	30	10	10	6	10	10	6	15	15	8	8	8	2	10	4	30	45
44	30	40	60	40	40	50	60	60	20	20	60	60	60	50	50	40	20	20	40	40	40	40	40	40	10	10	60	60	60	40	60	60	50	44
43	30	40	10	25	25	25	25	15	10	10	4	10	10	10	8	8	20	20	4	4	4	4	4	4	10	10	20	25	25	10	20	20	50	43
42	30	20	10	25	5	5	25	15	10	10	4	10	2	2	10	4	20	20	4	2	2	2	4	4	10	20	10	25	5	5	10	10	30	42
41	30	20	10	25	5	5	25	15	10	10	4	10	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	4	4	10	20	10	25	5	5	10	10	30	41
40	30	20	10	25	5	5	25	15	10	10	4	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	10	10	10	10	5	5	10	10	30	40
39	30	20	10	25	5	5	25	20	10	10	4	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	10	10	10	10	5	5	10	10	30	39
38	30	20	10	30	15	15	30	20	10	10	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	10	10	10	15	15	15	15	10	30	38
37	30	20	8	8	8	8	16	16	8	16	8	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	8	8	16	8	8	8	16	8	30	37
36	30	20	8	16	16	16	16	8	8	16	60	60	50	50	50	50	20	20	50	50	50	50	50	40	8	8	8	12	12	12	20	8	30	36
35	30	20	8	16	12	12	12	8	8	8	8	8	4	4	4	6	20	20	8	4	4	4	4	4	8	8	8	8	4	4	8	8	30	35
34	30	20	8	8	4	4	8	8	8	8	8	8	2	2	2	6	20	20	4	2	2	2	4	8	8	8	8	8	4	4	8	8	30	34
33	30	20	8	8	4	4	8	8	8	8	4	6	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	8	8	8	8	8	4	4	8	8	30	33
32	30	20	8	8	4	4	8	8	8	8	6	6	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	8	4	4	8	8	30	32
31	30	20	8	8	4	4	20	8	8	8	6	6	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	8	4	4	8	8	30	31
30	30	20	8	16	16	16	24	8	8	8	8	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	16	16	16	16	8	30	30
29	30	20	8	12	12	12	12	8	8	16	8	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	12	12	12	12	8	30	29
28	30	20	8	12	12	12	12	8	8	16	60	40	30	30	30	40	20	20	40	70	30	30	70	40	8	8	8	16	16	12	12	8	30	28
27	30	20	4	6	6	6	6	4	4	8	8	8	8	8	8	6	20	20	4	6	6	6	6	4	4	4	4	8	8	8	8	4	30	27
26	30	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	8	8	8	4	30	26
25	30	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	25
24	30	40	8	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	24
23	50	40	8	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	23
22	50	40	8	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	22
21	50	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	4	4	30	21
20	30	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	4	4	30	20
19	50	40	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40	20	40	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40	19
18	28	21	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	28	21	8	8	6	8	8	6	8	8	8	8	8	8	8	8	28	18
17	28	21	6	2	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	8	28	28	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	17
16	28	21	6	2	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	16
15	28	21	6	2	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	15
14	28	21	6	10	2	2	10	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	14
13	28	21	6	10	2	2	10	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	13
12	28	21	6	10	2	2	10	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	12
11	28	21	6	10	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	11
10	28	21	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	21	21	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	28	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 154 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 143) ed E = 1



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	360	320	320	320	280	280	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	280	280	320	320	320	280	280	280	280	280	280	280	280	320	54
53	320	280	56	56	56	56	56	56	140	140	56	56	56	56	56	56	280	160	56	56	32	56	56	56	140	140	56	56	56	56	56	56	320	53
52	160	240	48	32	32	48	48	32	80	80	32	32	32	32	32	32	160	160	32	32	32	32	48	48	80	80	32	32	32	32	32	32	160	52
51	120	160	32	16	8	8	40	16	40	40	16	40	40	40	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	51
50	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	40	40	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	50
49	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	49
48	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	40	8	8	40	16	120	48
47	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	40	8	8	40	16	120	47
46	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	16	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	40	16	120	46
45	160	120	16	40	8	24	24	32	80	80	32	40	24	24	40	16	80	120	40	40	24	40	40	24	60	60	32	32	32	8	40	16	120	45
44	120	160	240	160	160	200	240	240	80	80	240	240	240	200	200	160	80	80	160	160	160	160	160	160	40	40	240	240	240	160	240	240	200	44
43	120	160	40	100	100	100	100	60	40	40	16	40	40	40	32	32	80	80	16	16	16	16	16	16	40	40	80	100	100	40	80	80	200	43
42	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	40	8	8	40	16	80	80	16	8	8	8	16	16	40	80	40	100	20	20	40	40	120	42
41	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	40	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	16	16	40	80	40	100	20	20	40	40	120	41
40	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	40	40	40	40	20	20	40	40	120	40
39	120	80	40	100	20	20	100	80	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	40	40	40	40	20	20	40	40	120	39
38	120	80	40	120	60	60	120	80	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	40	40	40	60	60	60	60	40	120	38
37	120	80	32	32	32	32	64	64	32	64	32	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	32	32	64	32	32	32	64	32	120	37
36	120	80	32	64	64	64	64	32	32	64	240	240	200	200	200	200	80	80	200	200	200	200	200	160	32	32	32	48	48	48	80	32	120	36
35	120	80	32	64	48	48	48	32	32	32	32	32	16	16	16	24	80	80	32	16	16	16	16	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	35
34	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	32	32	8	8	8	24	80	80	16	8	8	8	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	120	34
33	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	16	24	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	120	33
32	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	24	24	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	32
31	120	80	32	32	16	16	80	32	32	32	24	24	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	31
30	120	80	32	64	64	64	96	32	32	32	32	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	64	64	64	64	32	120	30
29	120	80	32	48	48	48	48	32	32	64	32	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	48	48	48	48	32	120	29
28	120	80	32	48	48	48	48	32	32	64	240	160	120	120	120	160	80	80	160	280	120	120	280	160	32	32	32	64	64	48	48	32	120	28
27	120	80	16	24	24	24	24	16	16	32	32	32	32	32	32	24	80	80	16	24	24	24	24	16	16	16	16	32	32	32	32	16	120	27
26	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	32	32	32	16	120	26
25	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	25
24	120	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	24
23	200	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	23
22	200	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	22
21	200	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	16	16	120	21
20	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	16	16	120	20
19	200	160	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	160	80	160	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	160	19
18	112	84	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	32	112	84	32	32	24	32	32	24	32	32	32	32	32	32	32	32	112	18
17	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	32	112	112	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	17
16	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	16
15	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	15
14	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	14
13	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	13
12	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	12
11	112	84	24	40	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	11
10	112	84	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	84	84	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	112	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 155 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 143) ed E = 4



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	630	560	560	560	490	490	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	490	490	560	560	560	490	490	490	490	490	490	490	490	560	54
53	560	490	98	98	98	98	98	98	245	245	98	98	98	98	98	98	490	280	98	98	56	98	98	98	245	245	98	98	98	98	98	98	560	53
52	280	420	84	56	56	84	84	56	140	140	56	56	56	56	56	56	280	280	56	56	56	56	84	84	140	140	56	56	56	56	56	56	280	52
51	210	280	56	28	14	14	70	28	70	70	28	70	70	70	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	51
50	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	70	70	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	50
49	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	49
48	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	70	14	14	70	28	210	48
47	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	70	14	14	70	28	210	47
46	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	28	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	70	28	210	46
45	280	210	28	70	14	42	42	56	140	140	56	70	42	42	70	28	140	210	70	70	42	70	70	42	105	105	56	56	56	14	70	28	210	45
44	210	280	420	280	280	350	420	420	140	140	420	420	420	350	350	280	140	140	280	280	280	280	280	280	70	70	420	420	420	280	420	420	350	44
43	210	280	70	175	175	175	175	105	70	70	28	70	70	70	56	56	140	140	28	28	28	28	28	28	70	70	140	175	175	70	140	140	350	43
42	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	70	14	14	70	28	140	140	28	14	14	14	28	28	70	140	70	175	35	35	70	70	210	42
41	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	70	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	28	28	70	140	70	175	35	35	70	70	210	41
40	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	70	70	70	70	35	35	70	70	210	40
39	210	140	70	175	35	35	175	140	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	70	70	70	70	35	35	70	70	210	39
38	210	140	70	210	105	105	210	140	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	70	70	70	105	105	105	105	70	210	38
37	210	140	56	56	56	56	112	112	56	112	56	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	56	56	112	56	56	56	112	56	210	37
36	210	140	56	112	112	112	112	56	56	112	420	420	350	350	350	350	140	140	350	350	350	350	350	280	56	56	56	84	84	84	140	56	210	36
35	210	140	56	112	84	84	84	56	56	56	56	56	28	28	28	42	140	140	56	28	28	28	28	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	35
34	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	56	56	14	14	14	42	140	140	28	14	14	14	28	56	56	56	56	56	28	28	56	56	210	34
33	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	28	42	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	56	56	56	56	56	28	28	56	56	210	33
32	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	42	42	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	32
31	210	140	56	56	28	28	140	56	56	56	42	42	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	31
30	210	140	56	112	112	112	168	56	56	56	56	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	112	112	112	112	56	210	30
29	210	140	56	84	84	84	84	56	56	112	56	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	84	84	84	84	56	210	29
28	210	140	56	84	84	84	84	56	56	112	420	280	210	210	210	280	140	140	280	490	210	210	490	280	56	56	56	112	112	84	84	56	210	28
27	210	140	28	42	42	42	42	28	28	56	56	56	56	56	56	42	140	140	28	42	42	42	42	28	28	28	28	56	56	56	56	28	210	27
26	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	56	56	56	28	210	26
25	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	25
24	210	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	24
23	350	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	23
22	350	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	22
21	350	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	28	28	210	21
20	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	28	28	210	20
19	350	280	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	280	140	280	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	280	19
18	196	147	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	56	196	147	56	56	42	56	56	42	56	56	56	56	56	56	56	56	196	18
17	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	56	196	196	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	17
16	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	16
15	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	15
14	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	14
13	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	13
12	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	12
11	196	147	42	70	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	11
10	196	147	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	147	147	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	196	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 156 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 143) ed E = 7

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	900	800	800	800	700	700	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	700	700	800	800	800	700	700	700	700	700	700	700	700	800	54
53	800	700	140	140	140	140	140	140	350	350	140	140	140	140	140	140	700	400	140	140	80	140	140	140	350	350	140	140	140	140	140	140	800	53
52	400	600	120	80	80	120	120	80	200	200	80	80	80	80	80	80	400	400	80	80	80	80	120	120	200	200	80	80	80	80	80	80	400	52
51	300	400	80	40	20	20	100	40	100	100	40	100	100	100	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	40	40	300	51
50	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	100	100	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	40	40	300	50
49	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	40	40	300	49
48	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	100	20	20	100	40	300	48
47	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	100	20	20	100	40	300	47
46	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	40	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	100	40	300	46
45	400	300	40	100	20	60	60	80	200	200	80	100	60	60	100	40	200	300	100	100	60	100	100	60	150	150	80	80	80	20	100	40	300	45
44	300	400	600	400	400	500	600	600	200	200	600	600	600	500	500	400	200	200	400	400	400	400	400	400	100	100	600	600	600	400	600	600	500	44
43	300	400	100	250	250	250	250	150	100	100	40	100	100	100	80	80	200	200	40	40	40	40	40	40	100	100	200	250	250	100	200	200	500	43
42	300	200	100	250	50	50	250	150	100	100	40	100	20	20	100	40	200	200	40	20	20	20	40	40	100	200	100	250	50	50	100	100	300	42
41	300	200	100	250	50	50	250	150	100	100	40	100	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	40	40	100	200	100	250	50	50	100	100	300	41
40	300	200	100	250	50	50	250	150	100	100	40	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	100	100	100	100	50	50	100	100	300	40
39	300	200	100	250	50	50	250	200	100	100	40	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	100	100	100	100	50	50	100	100	300	39
38	300	200	100	300	150	150	300	200	100	100	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	100	100	100	150	150	150	150	100	300	38
37	300	200	80	80	80	80	160	160	80	160	80	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	80	80	160	80	80	80	160	80	300	37
36	300	200	80	160	160	160	160	80	80	160	600	600	500	500	500	500	200	200	500	500	500	500	500	400	80	80	80	120	120	120	200	80	300	36
35	300	200	80	160	120	120	120	80	80	80	80	80	40	40	40	60	200	200	80	40	40	40	40	40	80	80	80	80	80	40	40	80	300	35
34	300	200	80	80	40	40	80	80	80	80	80	80	20	20	20	60	200	200	40	20	20	20	40	80	80	80	80	80	80	40	40	80	300	34
33	300	200	80	80	40	40	80	80	80	80	40	60	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	80	80	80	80	80	80	40	40	80	300	33
32	300	200	80	80	40	40	80	80	80	80	60	60	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	80	80	40	40	80	300	32
31	300	200	80	80	40	40	200	80	80	80	60	60	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	80	80	40	40	80	300	31
30	300	200	80	160	160	160	240	80	80	80	80	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	160	160	160	160	80	300	30
29	300	200	80	120	120	120	120	80	80	160	80	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	120	120	120	120	80	300	29
28	300	200	80	120	120	120	120	80	80	160	600	400	300	300	300	400	200	200	400	700	300	300	700	400	80	80	80	160	160	120	120	80	300	28
27	300	200	40	60	60	60	60	40	40	80	80	80	80	80	80	60	200	200	40	60	60	60	60	40	40	40	40	80	80	80	80	40	300	27
26	300	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	80	80	80	40	300	26
25	300	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	25
24	300	400	80	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	24
23	500	400	80	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	23
22	500	400	80	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	22
21	500	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	40	40	300	21
20	300	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	40	40	300	20
19	500	400	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	400	200	400	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	400	19
18	280	210	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	80	280	210	80	80	60	80	80	60	80	80	80	80	80	80	80	80	280	18
17	280	210	60	20	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	80	280	280	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	17
16	280	210	60	20	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	16
15	280	210	60	20	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	15
14	280	210	60	100	20	20	100	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	14
13	280	210	60	100	20	20	100	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	13
12	280	210	60	100	20	20	100	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	12
11	280	210	60	100	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	11
10	280	210	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	210	210	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	280	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 157 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 143) ed E = 10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	90	80	80	80	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	70	70	80	80	80	70	70	70	70	70	70	70	70	80	54
53	80	70	14	14	14	14	14	14	35	35	14	14	14	14	14	14	70	40	14	14	8	14	14	14	35	35	14	14	14	14	14	14	80	53
52	40	60	12	8	8	12	12	8	20	20	8	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	12	12	20	20	8	8	8	8	8	8	40	52
51	30	40	8	4	2	2	10	4	10	10	4	10	10	10	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	4	4	30	51
50	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	10	10	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	4	4	30	50
49	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	4	4	30	49
48	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	10	2	2	10	4	30	48
47	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	10	2	2	10	4	30	47
46	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	4	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	10	4	30	46
45	40	30	4	10	2	6	6	8	20	20	8	10	6	6	10	4	20	30	10	10	6	10	10	6	15	15	8	8	8	2	10	4	30	45
44	30	40	60	40	40	50	60	60	20	20	60	60	60	50	50	40	20	20	40	40	40	40	40	40	10	10	60	60	60	40	60	60	50	44
43	30	40	10	25	25	25	25	15	10	10	4	10	10	10	8	8	20	20	4	4	4	4	4	4	10	10	20	25	25	10	20	20	50	43
42	30	20	10	25	5	5	25	15	10	10	4	10	2	2	10	4	20	20	4	2	2	2	4	4	10	20	10	25	5	5	10	10	30	42
41	30	20	10	25	5	5	25	15	10	10	4	10	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	4	4	10	20	10	25	5	5	10	10	30	41
40	30	20	10	25	5	5	25	15	10	10	4	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	10	10	10	10	5	5	10	10	30	40
39	30	20	10	25	5	5	25	20	10	10	4	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	10	10	10	10	5	5	10	10	30	39
38	30	20	10	30	15	15	30	20	10	10	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	10	10	10	15	15	15	15	10	30	38
37	30	20	8	8	8	8	16	16	8	16	8	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	8	8	16	8	8	8	16	8	30	37
36	30	20	8	16	16	16	16	8	8	16	60	60	50	50	50	50	20	20	50	50	50	50	50	40	8	8	8	12	12	12	20	8	30	36
35	30	20	8	16	12	12	12	8	8	8	8	8	4	4	4	6	20	20	8	4	4	4	4	4	8	8	8	8	4	4	8	8	30	35
34	30	20	8	8	4	4	8	8	8	8	8	8	2	2	2	6	20	20	4	2	2	2	4	8	8	8	8	8	4	4	8	8	30	34
33	30	20	8	8	4	4	8	8	8	8	4	6	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	8	8	8	8	8	4	4	8	8	30	33
32	30	20	8	8	4	4	8	8	8	8	6	6	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	8	4	4	8	8	30	32
31	30	20	8	8	4	4	20	8	8	8	6	6	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	8	4	4	8	8	30	31
30	30	20	8	16	16	16	24	8	8	8	8	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	16	16	16	16	8	30	30
29	30	20	8	12	12	12	12	8	8	16	8	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	12	12	12	12	8	30	29
28	30	20	8	12	12	12	12	8	8	16	60	40	30	30	30	40	20	20	40	70	30	30	70	40	8	8	8	16	16	12	12	8	30	28
27	30	20	4	6	6	6	6	4	4	8	8	8	8	8	8	6	20	20	4	6	6	6	6	4	4	4	4	8	8	8	8	4	30	27
26	30	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	8	8	8	4	30	26
25	30	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	25
24	30	40	8	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	24
23	50	40	8	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	23
22	50	40	8	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	22
21	50	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	4	4	30	21
20	30	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	4	4	30	20
19	50	40	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40	20	40	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40	19
18	28	21	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	28	21	8	8	6	8	8	6	8	8	8	8	8	8	8	8	28	18
17	28	21	6	2	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	8	28	28	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	17
16	28	21	6	2	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	16
15	28	21	6	2	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	15
14	28	21	6	10	2	2	10	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	14
13	28	21	6	10	2	2	10	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	13
12	28	21	6	10	2	2	10	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	12
11	28	21	6	10	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	11
10	28	21	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	21	21	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	28	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 158 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 172) ed E = 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	360	320	320	320	280	280	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	280	280	320	320	320	280	280	280	280	280	280	280	280	320	54
53	320	280	56	56	56	56	56	56	140	140	56	56	56	56	56	56	280	160	56	56	32	56	56	56	140	140	56	56	56	56	56	56	320	53
52	160	240	48	32	32	48	48	32	80	80	32	32	32	32	32	32	160	160	32	32	32	32	48	48	80	80	32	32	32	32	32	32	160	52
51	120	160	32	16	8	8	40	16	40	40	16	40	40	40	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	51
50	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	40	40	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	50
49	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	49
48	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	40	8	8	40	16	120	48
47	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	40	8	8	40	16	120	47
46	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	16	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	40	16	120	46
45	160	120	16	40	8	24	24	32	80	80	32	40	24	24	40	16	80	120	40	40	24	40	40	24	60	60	32	32	32	8	40	16	120	45
44	120	160	240	160	160	200	240	240	80	80	240	240	240	200	200	160	80	80	160	160	160	160	160	160	40	40	240	240	240	160	240	240	200	44
43	120	160	40	100	100	100	100	60	40	40	16	40	40	40	32	32	80	80	16	16	16	16	16	16	40	40	80	100	100	40	80	80	200	43
42	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	40	8	8	40	16	80	80	16	8	8	8	16	16	40	80	40	100	20	20	40	40	120	42
41	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	40	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	16	16	40	80	40	100	20	20	40	40	120	41
40	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	40	40	40	40	20	20	40	40	120	40
39	120	80	40	100	20	20	100	80	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	40	40	40	40	20	20	40	40	120	39
38	120	80	40	120	60	60	120	80	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	40	40	40	60	60	60	60	40	120	38
37	120	80	32	32	32	32	64	64	32	64	32	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	32	32	64	32	32	32	64	32	120	37
36	120	80	32	64	64	64	64	32	32	64	240	240	200	200	200	200	80	80	200	200	200	200	200	160	32	32	32	48	48	48	80	32	120	36
35	120	80	32	64	48	48	48	32	32	32	32	32	16	16	16	24	80	80	32	16	16	16	16	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	35
34	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	32	32	8	8	8	24	80	80	16	8	8	8	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	120	34
33	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	16	24	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	120	33
32	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	24	24	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	32
31	120	80	32	32	16	16	80	32	32	32	24	24	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	31
30	120	80	32	64	64	64	96	32	32	32	32	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	64	64	64	64	32	120	30
29	120	80	32	48	48	48	48	32	32	64	32	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	48	48	48	48	32	120	29
28	120	80	32	48	48	48	48	32	32	64	240	160	120	120	120	160	80	80	160	280	120	120	280	160	32	32	32	64	64	48	48	32	120	28
27	120	80	16	24	24	24	24	16	16	32	32	32	32	32	32	24	80	80	16	24	24	24	24	16	16	16	16	32	32	32	32	16	120	27
26	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	32	32	32	16	120	26
25	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	25
24	120	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	24
23	200	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	23
22	200	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	22
21	200	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	16	16	120	21
20	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	16	16	120	20
19	200	160	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	160	80	160	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	160	19	
18	112	84	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	32	112	84	32	32	24	32	32	24	32	32	32	32	32	32	32	112	18	
17	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	32	112	112	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	17
16	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	16
15	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	15
14	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	14
13	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	13
12	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	12
11	112	84	24	40	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	11
10	112	84	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	84	84	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	112	10	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 159 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 172) ed E = 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	630	560	560	560	490	490	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	490	490	560	560	560	490	490	490	490	490	490	490	490	560	54
53	560	490	98	98	98	98	98	98	245	245	98	98	98	98	98	98	490	280	98	98	56	98	98	98	245	245	98	98	98	98	98	98	560	53
52	280	420	84	56	56	84	84	56	140	140	56	56	56	56	56	56	280	280	56	56	56	56	84	84	140	140	56	56	56	56	56	56	280	52
51	210	280	56	28	14	14	70	28	70	70	28	70	70	70	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	51
50	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	70	70	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	50
49	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	49
48	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	70	14	14	70	28	210	48
47	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	70	14	14	70	28	210	47
46	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	28	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	70	28	210	46
45	280	210	28	70	14	42	42	56	140	140	56	70	42	42	70	28	140	210	70	70	42	70	70	42	105	105	56	56	56	14	70	28	210	45
44	210	280	420	280	280	350	420	420	140	140	420	420	420	350	350	280	140	140	280	280	280	280	280	280	70	70	420	420	420	280	420	420	350	44
43	210	280	70	175	175	175	175	105	70	70	28	70	70	70	56	56	140	140	28	28	28	28	28	28	70	70	140	175	175	70	140	140	350	43
42	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	70	14	14	70	28	140	140	28	14	14	14	28	28	70	140	70	175	35	35	70	70	210	42
41	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	70	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	28	28	70	140	70	175	35	35	70	70	210	41
40	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	70	70	70	70	35	35	70	70	210	40
39	210	140	70	175	35	35	175	140	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	70	70	70	70	35	35	70	70	210	39
38	210	140	70	210	105	105	210	140	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	70	70	70	105	105	105	105	70	210	38
37	210	140	56	56	56	56	112	112	56	112	56	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	56	56	112	56	56	56	112	56	210	37
36	210	140	56	112	112	112	112	56	56	112	420	420	350	350	350	350	140	140	350	350	350	350	350	280	56	56	56	84	84	84	140	56	210	36
35	210	140	56	112	84	84	84	56	56	56	56	56	28	28	28	42	140	140	56	28	28	28	28	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	35
34	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	56	56	14	14	14	42	140	140	28	14	14	14	28	56	56	56	56	28	28	28	56	56	210	34
33	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	28	42	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	56	56	56	56	56	28	28	56	56	210	33
32	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	42	42	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	32
31	210	140	56	56	28	28	140	56	56	56	42	42	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	31
30	210	140	56	112	112	112	168	56	56	56	56	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	112	112	112	112	56	210	30
29	210	140	56	84	84	84	84	56	56	112	56	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	84	84	84	84	56	210	29
28	210	140	56	84	84	84	84	56	56	112	420	280	210	210	210	280	140	140	280	490	210	210	490	280	56	56	56	112	112	84	84	56	210	28
27	210	140	28	42	42	42	42	28	28	56	56	56	56	56	56	42	140	140	28	42	42	42	42	28	28	28	28	56	56	56	56	28	210	27
26	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	56	56	56	28	210	26
25	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	25
24	210	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	24
23	350	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	23
22	350	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	22
21	350	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	28	28	210	21
20	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	28	28	210	20
19	350	280	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	280	140	280	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	280	19
18	196	147	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	56	196	147	56	56	42	56	56	42	56	56	56	56	56	56	56	56	196	18
17	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	56	196	196	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	17
16	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	16
15	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	15
14	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	14
13	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	13
12	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	12
11	196	147	42	70	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	11
10	196	147	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	147	147	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	196	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 160 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 172) ed E = 7

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	900	800	800	800	700	700	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	700	700	800	800	800	700	700	700	700	700	700	700	700	800	54
53	800	700	140	140	140	140	140	140	350	350	140	140	140	140	140	140	700	400	140	140	80	140	140	140	350	350	140	140	140	140	140	140	800	53
52	400	600	120	80	80	120	120	80	200	200	80	80	80	80	80	80	400	400	80	80	80	80	120	120	200	200	80	80	80	80	80	80	400	52
51	300	400	80	40	20	20	100	40	100	100	40	100	100	100	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	40	40	300	51
50	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	100	100	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	40	40	300	50
49	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	40	40	300	49
48	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	100	20	20	100	40	300	48
47	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	100	20	20	100	40	300	47
46	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	40	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	100	40	300	46
45	400	300	40	100	20	60	60	80	200	200	80	100	60	60	100	40	200	300	100	100	60	100	100	60	150	150	80	80	80	20	100	40	300	45
44	300	400	600	400	400	500	600	600	200	200	600	600	600	500	500	400	200	200	400	400	400	400	400	400	100	100	600	600	600	400	600	600	500	44
43	300	400	100	250	250	250	250	150	100	100	40	100	100	100	80	80	200	200	40	40	40	40	40	40	100	100	200	250	250	100	200	200	500	43
42	300	200	100	250	50	50	250	150	100	100	40	100	20	20	100	40	200	200	40	20	20	20	40	40	100	200	100	250	50	50	100	100	300	42
41	300	200	100	250	50	50	250	150	100	100	40	100	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	40	40	100	200	100	250	50	50	100	100	300	41
40	300	200	100	250	50	50	250	150	100	100	40	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	100	100	100	100	50	50	100	100	300	40
39	300	200	100	250	50	50	250	200	100	100	40	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	100	100	100	100	50	50	100	100	300	39
38	300	200	100	300	150	150	300	200	100	100	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	100	100	100	150	150	150	150	100	300	38
37	300	200	80	80	80	80	160	160	80	160	80	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	80	80	160	80	80	80	160	80	300	37
36	300	200	80	160	160	160	160	80	80	160	600	600	500	500	500	500	200	200	500	500	500	500	500	400	80	80	80	120	120	120	200	80	300	36
35	300	200	80	160	120	120	120	80	80	80	80	80	40	40	40	60	200	200	80	40	40	40	40	40	80	80	80	80	40	40	80	80	300	35
34	300	200	80	80	40	40	80	80	80	80	80	80	20	20	20	60	200	200	40	20	20	20	40	80	80	80	80	80	40	40	80	80	300	34
33	300	200	80	80	40	40	80	80	80	80	40	60	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	80	80	80	80	80	40	40	80	80	300	33
32	300	200	80	80	40	40	80	80	80	80	60	60	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	80	40	40	80	80	300	32
31	300	200	80	80	40	40	200	80	80	80	60	60	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	80	40	40	80	80	300	31
30	300	200	80	160	160	160	240	80	80	80	80	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	160	160	160	160	80	300	30
29	300	200	80	120	120	120	120	80	80	160	80	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	120	120	120	120	80	300	29
28	300	200	80	120	120	120	120	80	80	160	600	400	300	300	300	400	200	200	400	700	300	300	700	400	80	80	80	160	160	120	120	80	300	28
27	300	200	40	60	60	60	60	40	40	80	80	80	80	80	80	60	200	200	40	60	60	60	60	40	40	40	40	80	80	80	80	40	300	27
26	300	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	80	80	80	40	300	26
25	300	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	25
24	300	400	80	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	24
23	500	400	80	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	23
22	500	400	80	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	22
21	500	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	40	40	300	21
20	300	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	40	40	300	20
19	500	400	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	400	200	400	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	400	19
18	280	210	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	80	280	210	80	80	60	80	80	60	80	80	80	80	80	80	80	280	18
17	280	210	60	20	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	80	280	280	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	17
16	280	210	60	20	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	16
15	280	210	60	20	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	15
14	280	210	60	100	20	20	100	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	14
13	280	210	60	100	20	20	100	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	13
12	280	210	60	100	20	20	100	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	12
11	280	210	60	100	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	11
10	280	210	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	210	210	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	280	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 161 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 172) ed E = 10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	90	80	80	80	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	70	70	80	80	80	70	70	70	70	70	70	70	70	80	54
53	80	70	14	14	14	14	14	14	35	35	14	14	14	14	14	14	70	40	14	14	8	14	14	14	35	35	14	14	14	14	14	14	80	53
52	40	60	12	8	8	12	12	8	20	20	8	8	8	8	8	8	40	40	8	8	8	8	12	12	20	20	8	8	8	8	8	8	40	52
51	30	40	8	4	2	2	10	4	10	10	4	10	10	10	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	4	4	30	51
50	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	10	10	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	4	4	30	50
49	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	4	4	30	49
48	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	10	2	2	10	4	30	48
47	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	10	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	10	2	2	10	4	30	47
46	30	20	4	10	2	2	10	4	10	10	4	10	2	2	10	4	20	20	10	10	2	10	4	4	10	10	4	4	2	2	10	4	30	46
45	40	30	4	10	2	6	6	8	20	20	8	10	6	6	10	4	20	30	10	10	6	10	10	6	15	15	8	8	8	2	10	4	30	45
44	30	40	60	40	40	50	60	60	20	20	60	60	60	50	50	40	20	20	40	40	40	40	40	40	10	10	60	60	60	40	60	60	50	44
43	30	40	10	25	25	25	25	15	10	10	4	10	10	10	8	8	20	20	4	4	4	4	4	4	10	10	20	25	25	10	20	20	50	43
42	30	20	10	25	5	5	25	15	10	10	4	10	2	2	10	4	20	20	4	2	2	2	4	4	10	20	10	25	5	5	10	10	30	42
41	30	20	10	25	5	5	25	15	10	10	4	10	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	4	4	10	20	10	25	5	5	10	10	30	41
40	30	20	10	25	5	5	25	15	10	10	4	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	10	10	10	10	5	5	10	10	30	40
39	30	20	10	25	5	5	25	20	10	10	4	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	10	10	10	10	5	5	10	10	30	39
38	30	20	10	30	15	15	30	20	10	10	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	10	10	10	15	15	15	15	10	30	38
37	30	20	8	8	8	8	16	16	8	16	8	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	8	8	16	8	8	8	16	8	30	37
36	30	20	8	16	16	16	16	8	8	16	60	60	50	50	50	50	20	20	50	50	50	50	50	40	8	8	8	12	12	12	20	8	30	36
35	30	20	8	16	12	12	12	8	8	8	8	8	4	4	4	6	20	20	8	4	4	4	4	4	8	8	8	8	4	4	8	8	30	35
34	30	20	8	8	4	4	8	8	8	8	8	8	2	2	2	6	20	20	4	2	2	2	4	8	8	8	8	8	4	4	8	8	30	34
33	30	20	8	8	4	4	8	8	8	8	4	6	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	8	8	8	8	8	4	4	8	8	30	33
32	30	20	8	8	4	4	8	8	8	8	6	6	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	8	4	4	8	8	30	32
31	30	20	8	8	4	4	20	8	8	8	6	6	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	8	4	4	8	8	30	31
30	30	20	8	16	16	16	24	8	8	8	8	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	16	16	16	16	8	30	30
29	30	20	8	12	12	12	12	8	8	16	8	4	2	2	2	4	20	20	4	10	2	2	10	4	8	8	8	12	12	12	12	8	30	29
28	30	20	8	12	12	12	12	8	8	16	60	40	30	30	30	40	20	20	40	70	30	30	70	40	8	8	8	16	16	12	12	8	30	28
27	30	20	4	6	6	6	6	4	4	8	8	8	8	8	8	6	20	20	4	6	6	6	6	4	4	4	4	8	8	8	8	4	30	27
26	30	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	8	8	8	4	30	26
25	30	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	25
24	30	40	8	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	24
23	50	40	8	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	23
22	50	40	8	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	8	2	2	4	4	30	22
21	50	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	4	4	30	21
20	30	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	20	20	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	4	4	30	20
19	50	40	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40	20	40	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40	19
18	28	21	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	28	21	8	8	6	8	8	6	8	8	8	8	8	8	8	8	28	18
17	28	21	6	2	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	8	28	28	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	17
16	28	21	6	2	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	16
15	28	21	6	2	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	15
14	28	21	6	10	2	2	10	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	14
13	28	21	6	10	2	2	10	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	13
12	28	21	6	10	2	2	10	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	12
11	28	21	6	10	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	2	6	21	21	6	2	2	2	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	28	11
10	28	21	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	21	21	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	28	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 162 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 200) ed E = 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	360	320	320	320	280	280	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	280	280	320	320	320	280	280	280	280	280	280	280	280	320	54
53	320	280	56	56	56	56	56	56	140	140	56	56	56	56	56	56	280	160	56	56	32	56	56	56	140	140	56	56	56	56	56	56	320	53
52	160	240	48	32	32	48	48	32	80	80	32	32	32	32	32	32	160	160	32	32	32	32	48	48	80	80	32	32	32	32	32	32	160	52
51	120	160	32	16	8	8	40	16	40	40	16	40	40	40	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	51
50	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	40	40	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	50
49	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	16	16	120	49
48	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	40	8	8	40	16	120	48
47	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	40	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	40	8	8	40	16	120	47
46	120	80	16	40	8	8	40	16	40	40	16	40	8	8	40	16	80	80	40	40	8	40	16	16	40	40	16	16	8	8	40	16	120	46
45	160	120	16	40	8	24	24	32	80	80	32	40	24	24	40	16	80	120	40	40	24	40	40	24	60	60	32	32	32	8	40	16	120	45
44	120	160	240	160	160	200	240	240	80	80	240	240	240	200	200	160	80	80	160	160	160	160	160	160	40	40	240	240	240	160	240	240	200	44
43	120	160	40	100	100	100	100	60	40	40	16	40	40	40	32	32	80	80	16	16	16	16	16	16	40	40	80	100	100	40	80	80	200	43
42	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	40	8	8	40	16	80	80	16	8	8	8	16	16	40	80	40	100	20	20	40	40	120	42
41	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	40	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	16	16	40	80	40	100	20	20	40	40	120	41
40	120	80	40	100	20	20	100	60	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	40	40	40	40	20	20	40	40	120	40
39	120	80	40	100	20	20	100	80	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	40	40	40	40	20	20	40	40	120	39
38	120	80	40	120	60	60	120	80	40	40	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	40	40	40	60	60	60	60	40	120	38
37	120	80	32	32	32	32	64	64	32	64	32	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	32	32	64	32	32	32	64	32	120	37
36	120	80	32	64	64	64	64	32	32	64	240	240	200	200	200	200	80	80	200	200	200	200	200	160	32	32	32	48	48	48	80	32	120	36
35	120	80	32	64	48	48	48	32	32	32	32	32	16	16	16	24	80	80	32	16	16	16	16	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	35
34	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	32	32	8	8	8	24	80	80	16	8	8	8	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	120	34
33	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	16	24	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	32	32	32	32	32	16	16	32	32	120	33
32	120	80	32	32	16	16	32	32	32	32	24	24	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	32
31	120	80	32	32	16	16	80	32	32	32	24	24	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	32	16	16	32	32	120	31
30	120	80	32	64	64	64	96	32	32	32	32	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	64	64	64	64	32	120	30
29	120	80	32	48	48	48	48	32	32	64	32	16	8	8	8	16	80	80	16	40	8	8	40	16	32	32	32	48	48	48	48	32	120	29
28	120	80	32	48	48	48	48	32	32	64	240	160	120	120	120	160	80	80	160	280	120	120	280	160	32	32	32	64	64	48	48	32	120	28
27	120	80	16	24	24	24	24	16	16	32	32	32	32	32	32	24	80	80	16	24	24	24	24	16	16	16	16	32	32	32	32	16	120	27
26	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	32	32	32	16	120	26
25	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	25
24	120	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	24
23	200	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	23
22	200	160	32	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	32	8	8	16	16	120	22
21	200	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	16	16	120	21
20	120	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	8	16	80	80	16	8	8	8	16	16	16	16	16	16	8	8	16	16	120	20
19	200	160	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	160	80	160	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	160	19
18	112	84	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	32	112	84	32	32	24	32	32	24	32	32	32	32	32	32	32	32	112	18
17	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	32	112	112	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	17
16	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	16
15	112	84	24	8	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	15
14	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	14
13	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	13
12	112	84	24	40	8	8	40	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	12
11	112	84	24	40	8	8	8	24	24	24	24	24	8	8	8	24	84	84	24	8	8	8	24	24	24	24	24	24	8	8	24	24	112	11
10	112	84	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	84	84	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	112	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 163 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 200) ed E = 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	630	560	560	560	490	490	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	490	490	560	560	560	490	490	490	490	490	490	490	490	560	54
53	560	490	98	98	98	98	98	98	245	245	98	98	98	98	98	98	490	280	98	98	56	98	98	98	245	245	98	98	98	98	98	98	560	53
52	280	420	84	56	56	84	84	56	140	140	56	56	56	56	56	56	280	280	56	56	56	56	84	84	140	140	56	56	56	56	56	56	280	52
51	210	280	56	28	14	14	70	28	70	70	28	70	70	70	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	51
50	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	70	70	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	50
49	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	28	28	210	49
48	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	70	14	14	70	28	210	48
47	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	70	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	70	14	14	70	28	210	47
46	210	140	28	70	14	14	70	28	70	70	28	70	14	14	70	28	140	140	70	70	14	70	28	28	70	70	28	28	14	14	70	28	210	46
45	280	210	28	70	14	42	42	56	140	140	56	70	42	42	70	28	140	210	70	70	42	70	70	42	105	105	56	56	56	14	70	28	210	45
44	210	280	420	280	280	350	420	420	140	140	420	420	420	350	350	280	140	140	280	280	280	280	280	280	70	70	420	420	420	280	420	420	350	44
43	210	280	70	175	175	175	175	105	70	70	28	70	70	70	56	56	140	140	28	28	28	28	28	28	70	70	140	175	175	70	140	140	350	43
42	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	70	14	14	70	28	140	140	28	14	14	14	28	28	70	140	70	175	35	35	70	70	210	42
41	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	70	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	28	28	70	140	70	175	35	35	70	70	210	41
40	210	140	70	175	35	35	175	105	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	70	70	70	70	35	35	70	70	210	40
39	210	140	70	175	35	35	175	140	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	70	70	70	70	35	35	70	70	210	39
38	210	140	70	210	105	105	210	140	70	70	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	70	70	70	105	105	105	105	70	210	38
37	210	140	56	56	56	56	112	112	56	112	56	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	56	56	112	56	56	56	112	56	210	37
36	210	140	56	112	112	112	112	56	56	112	420	420	350	350	350	350	140	140	350	350	350	350	350	280	56	56	56	84	84	84	140	56	210	36
35	210	140	56	112	84	84	84	56	56	56	56	56	28	28	28	42	140	140	56	28	28	28	28	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	35
34	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	56	56	14	14	14	42	140	140	28	14	14	14	28	56	56	56	56	56	28	28	56	56	210	34
33	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	28	42	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	56	56	56	56	56	28	28	56	56	210	33
32	210	140	56	56	28	28	56	56	56	56	42	42	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	32
31	210	140	56	56	28	28	140	56	56	56	42	42	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	56	28	28	56	56	210	31
30	210	140	56	112	112	112	168	56	56	56	56	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	112	112	112	112	56	210	30
29	210	140	56	84	84	84	84	56	56	112	56	28	14	14	14	28	140	140	28	70	14	14	70	28	56	56	56	84	84	84	84	56	210	29
28	210	140	56	84	84	84	84	56	56	112	420	280	210	210	210	280	140	140	280	490	210	210	490	280	56	56	56	112	112	84	84	56	210	28
27	210	140	28	42	42	42	42	28	28	56	56	56	56	56	56	42	140	140	28	42	42	42	42	28	28	28	28	56	56	56	56	28	210	27
26	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	56	56	56	28	210	26
25	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	25
24	210	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	24
23	350	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	23
22	350	280	56	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	56	14	14	28	28	210	22
21	350	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	28	28	210	21
20	210	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	14	28	140	140	28	14	14	14	28	28	28	28	28	28	14	14	28	28	210	20
19	350	280	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	280	140	280	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	280	19
18	196	147	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	56	196	147	56	56	42	56	56	42	56	56	56	56	56	56	56	56	196	18
17	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	56	196	196	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	17
16	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	16
15	196	147	42	14	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	15
14	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	14
13	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	13
12	196	147	42	70	14	14	70	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	12
11	196	147	42	70	14	14	14	42	42	42	42	42	14	14	14	42	147	147	42	14	14	14	42	42	42	42	42	42	14	14	42	42	196	11
10	196	147	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	147	147	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	196	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 164 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 200) ed E = 7

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
54	900	800	800	800	700	700	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	700	700	800	800	800	700	700	700	700	700	700	700	700	800	54
53	800	700	140	140	140	140	140	140	350	350	140	140	140	140	140	140	700	400	140	140	80	140	140	140	350	350	140	140	140	140	140	140	800	53
52	400	600	120	80	80	120	120	80	200	200	80	80	80	80	80	80	400	400	80	80	80	80	120	120	200	200	80	80	80	80	80	80	400	52
51	300	400	80	40	20	20	100	40	100	100	40	100	100	100	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	40	40	300	51
50	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	100	100	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	40	40	300	50
49	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	40	40	300	49
48	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	100	20	20	100	40	300	48
47	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	100	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	100	20	20	100	40	300	47
46	300	200	40	100	20	20	100	40	100	100	40	100	20	20	100	40	200	200	100	100	20	100	40	40	100	100	40	40	20	20	100	40	300	46
45	400	300	40	100	20	60	60	80	200	200	80	100	60	60	100	40	200	300	100	100	60	100	100	60	150	150	80	80	80	20	100	40	300	45
44	300	400	600	400	400	500	600	600	200	200	600	600	600	500	500	400	200	200	400	400	400	400	400	400	100	100	600	600	600	400	600	600	500	44
43	300	400	100	250	250	250	250	150	100	100	40	100	100	100	80	80	200	200	40	40	40	40	40	40	100	100	200	250	250	100	200	200	500	43
42	300	200	100	250	50	50	250	150	100	100	40	100	20	20	100	40	200	200	40	20	20	20	40	40	100	200	100	250	50	50	100	100	300	42
41	300	200	100	250	50	50	250	150	100	100	40	100	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	40	40	100	200	100	250	50	50	100	100	300	41
40	300	200	100	250	50	50	250	150	100	100	40	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	100	100	100	100	50	50	100	100	300	40
39	300	200	100	250	50	50	250	200	100	100	40	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	100	100	100	100	50	50	100	100	300	39
38	300	200	100	300	150	150	300	200	100	100	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	100	100	100	150	150	150	150	100	300	38
37	300	200	80	80	80	80	160	160	80	160	80	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	80	80	160	80	80	80	160	80	300	37
36	300	200	80	160	160	160	160	80	80	160	600	600	500	500	500	500	200	200	500	500	500	500	500	400	80	80	80	120	120	120	200	80	300	36
35	300	200	80	160	120	120	120	80	80	80	80	80	40	40	40	60	200	200	80	40	40	40	40	40	80	80	80	80	80	40	40	80	300	35
34	300	200	80	80	40	40	80	80	80	80	80	80	20	20	20	60	200	200	40	20	20	20	40	80	80	80	80	80	80	40	40	80	300	34
33	300	200	80	80	40	40	80	80	80	80	40	60	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	80	80	80	80	80	80	40	40	80	300	33
32	300	200	80	80	40	40	80	80	80	80	60	60	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	80	80	40	40	80	300	32
31	300	200	80	80	40	40	200	80	80	80	60	60	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	80	80	40	40	80	300	31
30	300	200	80	160	160	160	240	80	80	80	80	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	160	160	160	160	80	300	30
29	300	200	80	120	120	120	120	80	80	160	80	40	20	20	20	40	200	200	40	100	20	20	100	40	80	80	80	120	120	120	120	80	300	29
28	300	200	80	120	120	120	120	80	80	160	600	400	300	300	300	400	200	200	400	700	300	300	700	400	80	80	80	160	160	120	120	80	300	28
27	300	200	40	60	60	60	60	40	40	80	80	80	80	80	80	60	200	200	40	60	60	60	60	40	40	40	40	80	80	80	80	40	300	27
26	300	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	80	80	80	40	300	26
25	300	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	25
24	300	400	80	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	24
23	500	400	80	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	23
22	500	400	80	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	80	20	20	40	40	300	22
21	500	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	40	40	300	21
20	300	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	20	40	200	200	40	20	20	20	40	40	40	40	40	40	20	20	40	40	300	20
19	500	400	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	400	200	400	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	400	19
18	280	210	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	80	280	210	80	80	60	80	80	60	80	80	80	80	80	80	80	80	280	18
17	280	210	60	20	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	80	280	280	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	17
16	280	210	60	20	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	16
15	280	210	60	20	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	15
14	280	210	60	100	20	20	100	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	14
13	280	210	60	100	20	20	100	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	13
12	280	210	60	100	20	20	100	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	12
11	280	210	60	100	20	20	20	60	60	60	60	60	20	20	20	60	210	210	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	20	20	60	60	280	11
10	280	210	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	210	210	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	280	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Figura 165 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 200) ed E = 10

Dalla suddetta analisi, a giudizio di esperti, risulta che per i tre edifici oggetto di sperimentazione, il valore di **W = 0,6** è quello che più rispecchia la realtà dei fatti. Per l'edificio numero 9 si ha un numero elevatissimo di celle in rosso (Figura 137) e ciò in coerenza con quanto detto nel paragrafo precedente e cioè che per tale facciata è richiesto un intervento di manutenzione globale. Per quanto riguarda invece gli edifici 14 e 18, il numero di celle interessate da interventi puntuali di manutenzione è modesto (Figura 149 e Figura 159) e ciò in coerenza con quanto detto nel paragrafo precedente e cioè che i due edifici non richiedono un intervento globale di manutenzione.

5. DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Una cattiva gestione della manutenzione del patrimonio storico architettonico può minacciarne la conservazione e provocare eventi pericolosi per le persone. I danni riportati in seguito al crollo di elementi di facciate di edifici rendono opportuno l'approfondimento dei fattori che influenzano tali fenomeni. Questo studio, quindi, ha definito una metodologia per valutare il rischio per le persone derivante dalla caduta di gravi dalle facciate di edifici storici.

Lo stato dell'arte, nei punti salienti, si è soffermato sui criteri proposti dalla letteratura per distinguere la gravità delle diverse patologie scegliendone, per la determinazione dei valori d'assegnare alla pericolosità del degrado, quello proposto da C. M. Parisi [11] che tiene conto della pericolosità di ciascun degrado di generarne ulteriori. Si è poi fornita una panoramica dei recenti progressi nelle tecniche di visione artificiale applicate al problema della valutazione delle condizioni delle infrastrutture civili. In particolare, sono state presentate ricerche nei settori della visione artificiale, dell'apprendimento automatico e loro applicazioni nel settore dell'ingegneria strutturale. Infine si è analizzata la teoria del rischio soffermandosi sulle sue definizioni nell'ambito della sicurezza del lavoro e in quella nel campo della manuntenzione programmata dei beni culturali edificati proposta da R. Cecchi e P. Gasperoli in *"La manutenzione programmata dei beni culturali edificati. Procedimenti scientifici per lo sviluppo di Piani e Programmi di Manutenzione. Casi studio su architetture di interesse archeologico a Roma e Pompei.*" [1]. Dalla revisione dei metodi di valutazione del rischio applicati in campi diversi e partendo dalla formula generica proposta da R. Cecchi e P. Gasperoli [1]: R = P x V x E, sono stati definiti *Pericolosità*, *Vulnerabilità* ed *Esposizione* come segue:

- PERICOLOSITÀ = probabilità che un determinato elemento, o una sua parte, – con caratteristiche date – della facciata di un edificio, a causa delle condizioni di aggressività ambientale e/o antropica alle quali questa è sottoposta, si distacchi e cada, in un determinato periodo di tempo, provocando un potenziale danno, in termini d'infortuni o morte, alle persone;
- VULNERABILITÀ = propensione delle persone a subire danni, in termini d'infortuni o morte, in conseguenza dell'impatto con elementi, o loro parti, distaccati e caduti dalla facciata di un edificio;
- ESPOSIZIONE = quantità di persone esposte al pericolo.

L'analisi "sul campo" è iniziata con un'indagine sulla caduta di elementi di facciata che si sono verificati nella città di Napoli e ha condotto alla comprensione delle condizioni di accadimento e delle conseguenze di tali eventi. Individuati gli edifici interessati da eventi di crollo, si sono stimate le altezze di caduta tramite sopralluoghi. Dall'analisi è emerso che circa la metà dei crolli ha riguardato i cornicioni, a seguire i balconi e poi, con incidenza inferiore, altre parti. Si sono cioè ottenute informazioni sulla tipologia di elementi interessati dalla caduta e sulle percentuali di accadimento. Inoltre, si è arrivati alla conclusione che il distacco e la caduta di pezzi di elementi, statisticamente, non riguardano la parte bassa degli edifici - primi 4 metri - e che gli elementi caduti dai primi 10 metri non causano feriti gravi. Inoltre, nel caso del drammatico evento di Via Duomo del giugno del 2019, si è constatata l'inefficacia delle reti di protezione che, seppure presenti, non hanno evitato la tragedia.

All'indagine è seguita l'individuazione di un ambito di studio costituito dagli edifici residenziali del centro storico di Napoli realizzati in muratura portante prima della II Guerra Mondiale e siti lungo Corso Umberto I, tra Piazza Giovanni Bovio e Piazza Nicola Amore. Edifici che presentano in

comune, oltre l'ubicazione, l'epoca di costruzione, i materiali, le tipologie costruttive, i contesti ambientale e antropico. Di ogni facciata sono state determinate le superfici costituenti i vari elementi e di questi l'incidenza delle anomalie così come definite dalla UNI 11182: 2006. L'analisi è stata svolta fotografando le varie facciate e, partendo dalle dimensioni di alcuni elementi noti, tramite proporzioni, sono state determinate le superfici incognite. Nel calcolo delle superfici, che sono state semplificate rispetto a quelle reali, non si è tenuto conto della maggiorazione apportata da mensole, decori e incavi. In pratica le superfici sono state considerate piane. Le mancanze sono state considerate come superfici, misurandone quella prevalente, senza tener conto del loro spessore. L'approssimazione condotta è stata ritenuta accettabile per un'analisi a larga scala come questa e che riguarda solo le superfici di facciata. Non si è indagato poi sulle epoche dei vari interventi manutentivi fatti negli anni e sullo stato degli infissi. I degradi riscontrati più diffusi sono stati: alterazione cromatica, fratturazione o fessurazione, colatura, deposito superficiale, esfoliazione, lacune e mancanze. Si è rilevato che il 38% delle facciate presenta reti di contenimento il che è indicativo di come sia particolarmente sentita la problematica dei crolli a Napoli. Si è poi constatato che molti edifici, in corrispondenza della fascia basamentale, presentano balconi con aggetti capaci di proteggere i passanti dalla caduta di elementi dei piani superiori. In questi casi la rete di contenimento viene disposta solo all'intradosso di quest'aggetto percepito, giustamente, come unico elemento pericoloso. Si è rilevato che balconi e cornicioni sono quelli che presentano più elementi caduti e quindi una pericolosità maggiore. Interessante è stato poi notare come per questi elementi il distacco e la caduta di parti riguardi principalmente gli spigoli e che quindi, al fine della determinazione della pericolosità di detti elementi, la dimensione aggettante dell'elemento stesso risulta poco influente. Il cornicione risulta avere un rischio maggiore perché a causa della sua sporgenza, che nella maggior parte dei casi supera ogni altro elemento di facciata, produce distacchi che non possono essere attenuati da altri elementi sporgenti della facciata. Cosa che invece accade per i balconi. E' grazie alle suddette informazioni che è stato possibile assegnare dei punteggi ai fattori del rischio e quindi definire una serie di indicatori e le soglie di accettabilità per le celle e la facciata.

La ricerca si è conclusa, quindi, con la sperimentazione del metodo su tre facciate – rilevate con drone - di edifici dell'ambito. Le facciate sono state scelte da tre esperti in base ad un sintetico giudizio sullo stato di degrado.

Dalla comparazione dei risultati, Tabella 23, appare chiaro che il giudizio sintetico espresso dai tre esperti sullo stato di degrado delle facciate è conforme a quello calcolato con il metodo proposto. La cosa si evince dall'*Indicatore di pericolosità del degrado della facciata:* per l'edificio 9, l'I_{PDF} = 1,37 con un giudizio di "Pessimo"; per l'edificio 14 si ha un I_{PDF} = 0,69 con un giudizio di "Discreto" e infine, per l'edificio 18, un I_{PDF} = 1,48 con un giudizio di "Pessimo". Nei due casi corrispondenti al giudizio "Pessimo" i valori dell'indice sono prossimi, mentre per l'edificio "Discreto" lo stesso indice è risultato nettamente più basso. Tuttavia l'applicazione del metodo a sole tre facciate non ha consentito di individuare gli intervalli dell'*Indicatore di pericolosità del degrado della facciata* corrispondenti alle diverse classi di giudizio. Considerati i risultati ottenuti, è lecito ipotizzare un valore di soglia dell'indice prossimo a 0,5 per il giudizio "Buono", prossimo a 1 per quello "Discreto" e superiore a 1,5 per quello "Pessimo".

COMPARAZIONE RISULTATI SPERIMENTAZIONE			
Giudizio di esperti sullo stato di degrado	Pessimo	Discreto	Pessimo
Numero identificativo dell'edificio nell'ambito	9	14	18
(I_{PTF}) Indicatore di pericolosità tipologica della facciata – [1,5]	1,52	1,65	1,40
(I_{PDF}) Indicatore di pericolosità del degrado della facciata – [0,4]	1,37	0,69	1,48
(I_V) Indicatore di vulnerabilità – [1,10]	6,35	5,38	4,26
(I_E) Indicatore di esposizione – [1,10]	10	10	4
(Rf) Indicatore di rischio della facciata – [1, 1000]	**207**	**141**	**57**
(Rf_{min}) Indicatore di rischio minimo della facciata	108	106	29
(Rf_{max}) Indicatore di rischio massimo della facciata	426	375	114
(A_{Rf}) Accettabilità del rischio della facciata – K = 0,4	170	150	114
(A_R) Accettabilità del rischio della celle – W = 0,6	256	225	172
Rischio accettabile per la facciata?	NO	SI	SI/NO[26]

Tabella 23 – Comparazione dei risultati della sperimentazione sulle facciate degli edifici 9, 14 e 18

L' *Indicatore di pericolosità tipologica della facciata* fornisce invece delle informazioni sulla pericolosità media della tipologia di elementi presenti. Dalla tabella comparativa si evince che la facciata 18 è quella che presenta una pericolosità inferiore. Si tratta infatti della facciata con meno ornamenti dove mancano le fasce marcapiano e le lesene, presenti solo al confine.
L' *Indicatore di vulnerabilità* dà invece informazioni sulla presenza di aggetti sulla facciata tali da ridurre il rischio. Anche in questo caso, dalla tabella comparativa, si evince che l'edificio 18 è quello con la presenza di più sbalzi capaci di garantire una protezione dei passanti. Infatti la facciata presenta al primo e secondo livello dei balconi che si sviluppano su tutta la lunghezza della stessa.
L' *Indicatore di esposizione* fornisce invece informazioni sul flusso pedonale/veicolare alla base dell'edificio. Molto affollato per le facciate 9 e 14 con $I_E = 10$ e poco affollato per la facciata 18 con $I_E = 4$.
L'*Indicatore di rischio della facciata (Rf),* confrontato con l'*Accettabilità del rischio della facciata (A_{Rf}),* indica quale delle facciate necessita di un intervento globale di manutenzione per la messa in sicurezza. Per la facciata 9 si ha che $Rf > A_{Rf}$ e dunque si necessita di una manutenzione globale. Per la facciata 14, con $Rf < A_{Rf}$ sono richiesti solo degli interventi locali da decidere con la *mappa del rischio* di cui alla Figura 149 in cui sono indicate in rosso tutte le celle con valore di rischio $R > A_R$.

[26] Il valore dell'indicatore di rischio coincide proprio con il valore di soglia dell'accettabilità.

La facciata 18, nonostante sia in "Pessime" condizioni di degrado, grazie a *Indicatori di pericolosità tipologica e del degrado* bassi – per quanto precedentemente detto -, ha un valore di Rf di 114 proprio uguale al valore di soglia dell'accettabilità.
Il presente studio ha messo in luce come le attuali ricerche sulla valutazione del rischio correlato al degrado degli elementi di architetture storiche si focalizzano sul rischio di perdita di materia storica piuttosto che sulla sicurezza delle persone. Metodi di analisi del rischio in tale ambito comprendono la valutazione della vetustà e dello stato di conservazione degli elementi architettonici, senza giungere a stime quantitative che possano permettere operazioni di benchmarking e creazione di scorecard a supporto della sicurezza delle persone. La presente ricerca invece ha definito una metodologia speditiva di valutazione quantitativa del rischio legato alla caduta di gravi da facciate storiche che porta, come auspicato da R. Cecchi e P. Gasparoli [1], alla definizione di indicatori di stato e all'analisi continua della loro evoluzione nel tempo. Inoltre molte sono le ricerche che riguardano l'ispezione e il monitoraggio automatizzato delle infrastrutture civili [25] ma ancora poche quelle che riguardano gli edifici storici. Al fine di determinare la sicurezza delle facciate degli edifici storici sarà quindi essenziale concentrare la ricerca sulla individuazione automatica dei componenti delle suddette facciate e dei loro degradi tramite l'utilizzo di analisi comparative basate su reti neurali artificiali. A spingere in tal senso la ricerca è anche il nuovo *Programma nazionale per la ricerca 2021-2027* che nell' "Articolazione 2. Metodi, tecniche e tecnologie per il monitoraggio e la prevenzione dei rischi" specifica:

"Le attività di monitoraggio e prevenzione sono essenziali per la sicurezza di strutture, infrastrutture e reti. Vanno sviluppate nuove conoscenze che forniscano metodi e tecnologie in grado di far fronte a scenari e situazioni di contingenza, anche in relazione a nuove minacce derivanti da condizioni ambientali e di contesto socioeconomico in continua evoluzione e influenzate dai cambiamenti climatici e sociali. Nuovi metodi e tecnologie dovranno consentire di rilevare in tempo reale sintomi di ***degrado o guasto incipienti****, di monitorare e controllare l'evoluzione dinamica dei sistemi, anche su area geografica estesa, con le necessarie risoluzioni spaziali e temporali. Sistemi innovativi di monitoraggio e controllo, anche adattativi, potranno scaturire da avanzamenti sia metodologici sia tecnologici (disponibilità di nuove tecnologie per misure, telecomunicazioni e calcolo ad alte prestazioni). Le potenzialità di tali sistemi innovativi di monitoraggio e controllo andranno considerate anche nelle fasi di emergenza e di ripristino delle prestazioni iniziali, in presenza di condizioni di elevata vulnerabilità, beneficiando dell'integrazione con tecniche di intelligenza artificiale e soft computing per l'analisi dei dati. Nello specifico,* ***edifici storici****, siti archeologici, monumenti, che sono una parte fondamentale della storia e della economia italiana, richiedono tecniche e dispositivi di monitoraggio dedicati. Inoltre, vista la forte impronta industriale del sistema Italia, particolare rilievo assumono anche il monitoraggio e il controllo delle infrastrutture critiche e degli impianti industriali (in particolare quelli a rischio di incidente rilevante, come da Seveso III Directive). Tra le infrastrutture critiche, una particolare attenzione va rivolta alle reti stradali e ferroviarie nazionali in quanto sistemi nei quali i concetti di robustezza e ridondanza possono non essere economicamente sostenibili e per i quali l'interruzione di servizio di un singolo segmento può mettere a rischio interi corridoi nazionali e transnazionali per il trasporto di persone e merci. Attenzione va posta anche alle infrastrutture di accumulo, trasporto e distribuzione di materie prime, semilavorati ed energia (acqua, elettricità e gas). Vanno sviluppate soluzioni per garantire continuità del servizio (service continuity) e funzionamento in sicurezza delle infrastrutture critiche, anche in relazione alla necessità di aggiornamento dei piani di difesa di queste infrastrutture in risposta a misure di gestione delle crisi derivanti da emergenze sanitarie. Specifici sviluppi potranno riguardare metodi e tecnologie per migliorare la sicurezza delle infrastrutture, con riferimento alla loro protezione perimetrale e considerando gli aspetti di situational awareness e di*

contrasto. Inoltre, tenuta presente la numerosità delle componenti da controllare ai fini del monitoraggio e della prevenzione dei rischi, è necessario affrontare la complessità del problema con sistemi di nuova generazione capaci di integrare i concetti di "gemello digitale" e "intelligenza artificiale" con i concetti di "sistemi di misura in tempo reale" e "strumentazione virtuale". In generale, per la sicurezza di infrastrutture critiche interdipendenti e di sistemi complessi vanno sviluppate soluzioni basate sulla integrazione di: a) tecnologie e sistemi di monitoraggio in situ e da remoto; b) metriche del rischio e della sicurezza, modelli multiparametrici; c) tecniche di data analysis applicate a big data; d) sistemi e strumenti per l'individuazione di possibili condizioni di criticità di strutture e infrastrutture; e) modelli per l'analisi delle interdipendenze e per la valutazione dell'effetto sulla resilienza dei sistemi complessi e delle comunità.

Impatto atteso: sviluppo di metodologie, tecnologie e sistemi di monitoraggio delle funzionalità critiche di strutture, infrastrutture e reti; metodi di misura e controllo del degrado sia per invecchiamento sia per accumulo del danno; metodi di progettazione orientati alla sicurezza e alla resilienza; tecniche e tecnologie innovative per la prevenzione dei rischi, per la mitigazione degli impatti di eventi inattesi e per il pronto recupero."

Si ricorda a tal proposito che la metodologia proposta è ideata per essere utilizzata nelle ispezioni automatizzate con visione digitale e costituisce solo la prima fase di una ricerca più ampia che riguarda diversi ambiti disciplinari e che dovrà evolvere nelle seguenti fasi:

1. Sviluppo della metodologia;
2. Addestramento di un'intelligenza artificiale al riconoscimento degli elementi e dei relativi degradi, partendo dalle immagini delle facciate degli edifici;
3. Sviluppo di un software per l'elaborazione automatica della mappatura del rischio.

I limiti della metodologia possono essere così individuati:

- la partizione delle facciate in celle quadrate. Minori sono le dimensioni delle celle, infatti, maggiore sarà la precisione del calcolo. Per contro però, in questa fase in cui non è ancora disponibile un software per l'elaborazione automatica delle immagini, l'inserimento manuale dei dati nei fogli di calcolo diventerebbe troppo laborioso. Pertanto si sono scelte celle con lato 50 centimetri. Tale dimensione, pur bilanciando queste contrapposte esigenze, genera inevitabilmente delle approssimazioni nei calcoli;
- l'applicazione limitata a sole tre facciate che richiede la verifica dei valori di accettabilità del rischio su un numero ben più consistente;
- l'esiguità della composizione della platea di esperti da cui far validare i coefficienti individuati, che necessita di una estensione.

Futuri approfondimenti della metodologia, oltre allo sviluppo successivo delle altre due fasi della ricerca, dovrebbero riguardare:

- il monitoraggio della velocità di evoluzione del degrado degli edifici oggetto di sperimentazione in modo da poter assegnare incrementi di punteggio alla pericolosità del degrado. Difatti, nella presente tesi, il rilievo delle tre facciate oggetto di sperimentazione è stato eseguito a distanza di un anno senza che si riscontrassero delle variazioni dello stato di degrado. Per avere dati sulla velocità di propagazione del degrado sarebbe quindi necessario ripetere il rilievo e l'analisi delle suddette facciate nei prossimi anni;

- la valutazione del degrado degli infissi e il relativo punteggio di pericolosità, trascurati nel presente studio;
- l'introduzione di un livello di conoscenza in analogia a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) dipendente dal tipo d'indagine eseguita sulla facciata (ispezioni visive, indagini strumentali, analisi documentali, ecc.);
- la considerazione che se su una facciata sono presenti degli elementi con anomalie di una determinata gravità, la propensione al distacco sulla stessa tipologia di elemento è maggiore con conseguente incremento del punteggio della pericolosità del degrado;
- l'estensione del metodo, in questo studio sviluppato per gli edifici storici, ad infrastrutture e patrimonio immobiliare in generale. A tal proposito sono state avviate sperimentazioni su viadotti e complessi monumentali, anche nell'ambito di tesi di laurea discusse presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II";
- nella fase di sviluppo del software, la considerazione delle interazioni tra celle. Ad esempio, in presenza di un intonaco con lacuna, la parte di intonaco con più alta probabilità di caduta è proprio quella presente lungo il perimetro della lacuna. Quindi, a queste celle potrebbe essere assegnato un valore di pericolosità più alto.

In conclusione, la metodologia proposta ha lo scopo di fornire ai proprietari e ai gestori di immobili uno strumento speditivo per la priorizzazione degli interventi di mitigazione del rischio. Tale strumento, se integrato nei contratti di gestione dei servizi di manutenzione, può consentire di definire in maniera oggettiva la necessità di eseguire interventi di manutenzione, nell'ambito di una strategia *secondo condizione*. In aggiunta il metodo può essere utilizzato dalle pubbliche amministrazioni come strumento di controllo dello stato manutentivo del patrimonio costruito. La predisposizione di piani di zonizzazione del rischio potrebbe, infatti, essere adoperato come strumento di sollecito ai gestori degli immobili per l'esecuzione degli interventi ritenuti necessari a mantenere o ristabilire le condizioni di sicurezza per le persone. La taratura del metodo su una platea più ampia di edifici – non solo storici - potrà consentire di connotare il "rischio per le persone" come requisito di progettazione. Vale a dire che la misurazione dell'indicatore, sulla base delle caratteristiche della facciata, anche in sede progettuale, potrà fornire la prestazione di "edificio a basso, medio, alto rischio" utilizzabile da operatori pubblici o privati per confrontare più progetti e scegliere l'opzione che comporta meno rischio e quindi manutenzioni meno frequenti.

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1 - Flow-chart nel processo diagnostico 7
Figura 2 - Un confronto tra i diversi metodi euristici di rilevamento delle crepe 42
Figura 3 - Rilevamento del danno tramite deep learning di molteplici DT strutturali 43
Figura 4 - Illustrazione del sistema proposto da Stent. 44
Figura 5 - Riconoscimento pilastro tramite metodi euristici 45
Figura 6 - Riconoscimento dei vari elementi da nuvole di punti 45
Figura 7 - Combinazione d'informazioni sui componenti strutturali e sui danni in un edificio a seguito di terremoto. 45
Figura 8 - Andamento tipico della densità di probabilità di danno economico in funzione dell'entità di questo [59] 48
Figura 9 - Processo di gestione del rischio 53
Figura 10 - Articolo WEB sulla morte di un commerciante a Via Duomo colpito da calcinacci 64
Figura 11 - Articolo WEB sulla morte di un ragazzo colpito da calcinacci della Galleria Umberto I 64
Figura 12 - Areogramma con le percentuali di crolli per i vari elementi di facciata. 66
Figura 13 - Conseguenze della caduta di elementi e altezza di caduta 66
Figura 14 - Ambito di studio. Edifici contigui Corso Umberto I da Piazza G. Bovio a Piazza N. Amore - Napoli 67
Figura 15 - Edifici dell'ambito esclusi dall'indagine. 67
Figura 16 - Zona da Piazza Bovio verso Piazza Nicola Amore. Confronto pre e post Risanamento 69
Figura 17 - Zona da Piazza Bovia verso Piazza Nicola Amore. Post Risanamento 69
Figura 18 - Zona chiesa di San Pietro Martire pre Risanamento. 70
Figura 19 - Zona chiesa di San Pietro Martire. Confronto pre e post Risanamento 70
Figura 20 - Zona tra l'edificio 4 e 9. Confronto pre e post Risanamento. 71
Figura 21 - Zona tra l'edificio 4 e 9. Piante post Risanamento 71
Figura 22 - Zona dei Quattro Palazzi. Pre e post Risanamento 72
Figura 23 - Zona dei Quattro Palazzi. Post Risanamento 72
Figura 24 - Particolari costruttivi dei cornicioni. 76
Figura 25 - Particolari costruttivi del cornicione 76
Figura 26 - Particolari costruttivi dei cornicioni 77
Figura 27 - Particolari costruttivi dei cornicioni 78
Figura 28 - Particolari costruttivi dei cornicioni 78
Figura 29 - Particolari costruttivi del cornicione 79
Figura 30 - Particolari costruttivi degli sbalzi 80
Figura 31 - Particolari costruttivi degli sbalzi 80
Figura 32 - Vista laterale e prospetto delle cornici delle finestre 81
Figura 33 - Particolari i sezione delle cornici delle finestre 81
Figura 34 - Elementi della facciata di un edificio oggetto di studio 82
Figura 35 - Quattro Palazzi. Un balcone nella parte bassa a protezione dei passanti 83
Figura 36 - Reti di contenimento poste per evitare la caduta di calcinacci sui passanti e rivelatesi del tutto inefficaci. 83
Figura 37 - Percentuali delle superfici di elementi di facciata con lacune/mancanze 83
Figura 38 - Il distacco e la caduta di parti dei cornicioni e dei balconi riguarda principalmente gli spigoli 84
Figura 39 - Elaborazione foto dei un facciata con software open source Gimp 86
Figura 40 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 1 87
Figura 41 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 2 87
Figura 42 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 3 88
Figura 43 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 4 88
Figura 44 - Facciate Nord-Ovest edificio blocco n. 5 89
Figura 45 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 6 89
Figura 46 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 7 90
Figura 47 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 8 90
Figura 48 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 9 91
Figura 49 - Facciata Nord-Ovest edificio n. 10 (Edificio monumentale escluso dallo studio) 91
Figura 50 - Ripresa della facciata Nord-Ovest edificio n. 9 tramite drone 92
Figura 51 - Allineamento delle foto in Metashape 93
Figura 52 - Impostazione dello standard delle coordinate 93
Figura 53 - Condizioni per posizionare le immagini nello spazio 93
Figura 54 - Keypoints 94
Figura 55 - Nuvola di punti 94
Figura 56 - Nuvola uniforme 95
Figura 57 - Build Mesh 96
Figura 58 - Build Orthomosaic 97

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 59 - Ortofoto della facciata Nord - Ovest dell'edificio n. 9 98
Figura 60 - Facciata Nord - Ovest edificio n. 9. 98
Figura 61 - Facciate con esposizione Sud - Est dell'edificio n. 14 99
Figura 62 - Facciata Sud – Ovest al civico 25 del blocco 18 99
Figura 63 - Rappresentazione esemplificativa raster della facciata di un edificio dell'ambito 101
Figura 64 - Schema relazione che collega il rischio alla pericolosità, esposizione e vulnerabilità 102
Figura 65 - Nelle posizioni d'angolo o di confine cornicioni e lesene hanno una maggiore propensione 104
Figura 66 - La vulnerabilità delle persone dipenderà dall'altezza di caduta dell'elemento 109
Figura 67 - Esempio di assegnazione del punteggio al fattore di vulnerabilità 110
Figura 68 - Distanza di rischio, flusso veicolare/pedonale trasversale e longitudinale 112
Figura 69 - Esempio di assegnazione del punteggio al fattore di esposizione 113
Figura 70 - Andamento di Rf nel tempo 115
Figura 71 - Processo di valutazione del rischio 116
Figura 72 - Ambito di studio. Edifici oggetto di sperimentazione (evidenziati in giallo). 117
Figura 73 - Facciate oggetto di sperimentazione. Da sinistra verso destra la facciata dell'edificio 9, 14 e 18. 117
Figura 74 - Facciata dell'edificio 9. 120
Figura 75 - Facciata dell'edificio 9.. 121
Figura 76 - Facciata dell'edificio 9. Foto scattata con drone nel sopralluogo del 29 marzo 2021. 121
Figura 77 - Facciata dell'edificio 9. Dettagli dei balconi e delle lesene. Sopralluogo del 9 marzo 2020. 122
Figura 78 - Partizione della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 in celle 50 x 50 centimetri 123
Figura 79 - Raster di pericolosità degli elementi della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 125
Figura 80 - Rilievo grafico del degrado della facciata Nord - Ovest dell'edificio 9 127
Figura 81 - Raster di pericolosità del degrado della facciata Nord - Ovest dell'edificio 9 128
Figura 82 - Raster di pericolosità della facciata Nord - Ovest dell'edificio 9 130
Figura 83 - Raster di vulnerabilità della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 132
Figura 84 - Raster dell'esposizione della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 134
Figura 85 - Mappatura del rischio della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 136
Figura 86 - Stralcio della mappatura del rischio con le celle a maggiore rischio 137
Figura 87 - Scala del rischio con i valori del rischio della facciata 139
Figura 88 - Mappatura del rischio della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 nell'ipotesi di E = 1 140
Figura 89 - Mappatura del rischio della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 nell'ipotesi di E = 4 141
Figura 90 - Mappatura del rischio della facciata Nord – Ovest dell'edificio 9 nell'ipotesi di E = 7 142
Figura 91 - Scala del rischio con i valori di Rf, Rfmin e Rfmax nell'ipotesi di E = 1, 4, 7 e 10 143
Figura 92 - Facciata dell'edificio 14. 145
Figura 93 - Facciata dell'edificio 14. 146
Figura 94 - Facciata dell'edificio 14. 147
Figura 95 - Facciata dell'edificio 14. Sopralluogo del 9 marzo 2020 147
Figura 96 - Facciata dell'edificio 14. Sopralluogo del 9 marzo 2020 148
Figura 97 - Scala del rischio con i valori di Rf, Rfmin e Rfmax nell'ipotesi di E = 1, 4, 7 e 10 150
Figura 98 - Partizione della facciata Sud – Est dell'edificio 14 in celle 50 x 50 centimetri 151
Figura 99 - Raster di pericolosità degli elementi della facciata Sud – Est dell'edificio 14 152
Figura 100 - Rilievo grafico del degrado della facciata Sud - Est dell'edificio 14 153
Figura 101 - Raster di pericolosità del degrado della facciata Sud - Est dell'edificio 14 154
Figura 102 - Raster di pericolosità della facciata Sud - Est dell'edificio 14 155
Figura 103 - Raster di vulnerabilità della facciata Sud – Est dell'edificio 14 156
Figura 104 - Raster dell'esposizione della facciata Sud – Est dell'edificio 14 (E=10) 157
Figura 105 - Mappatura del rischio della facciata Sud - Est dell'edificio 14 con E = 10 (caso reale) 158
Figura 106 - Stralcio della mappatura del rischio con le celle a maggiore rischio. 159
Figura 107 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Est dell'edificio 14 nell'ipotesi di E = 1 160
Figura 108 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Est dell'edificio 14 nell'ipotesi di E = 4 161
Figura 109 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Est dell'edificio 14 nell'ipotesi di E = 7 162
Figura 110 - Facciata dell'edificio 18. Foto scattata con reflex dalla strada nel sopralluogo del 9 marzo 2020. 164
Figura 111 - Facciata dell'edificio 18. Dettagli del cornicione, dei balconi e delle cornici. 165
Figura 112 - Facciata dell'edificio 18. Dettagli delle cornici r dell'intonaco di fondo. Sopralluogo del 9 marzo 2020. 165
Figura 113 - Facciata dell'edificio 18. Foto scattata con reflex dalla strada nel sopralluogo del 9 marzo 2020. 166
Figura 114 - Scala del rischio con i valori di Rf, Rfmin e Rfmax nell'ipotesi di E = 1, 4, 7 e 10 168
Figura 115 - Partizione della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 in celle 50 x 50 centimetri 169
Figura 116 - Raster di pericolosità degli elementi della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 170
Figura 117 - Rilievo grafico del degrado della facciata Sud - Ovest dell'edificio 18 171
Figura 118 - Raster di pericolosità del degrado della facciata Sud - Est dell'edificio 18 172

Figura 119 - Raster di pericolosità della facciata Sud - Ovest dell'edificio 18 173
Figura 120 - Raster di vulnerabilità della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 174
Figura 121 - Raster dell'esposizione della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 (E=4) 175
Figura 122 - Mappatura del rischio della facciata Sud - Ovest dell'edificio 18 con E = 4 (caso reale) 176
Figura 123 - Stralcio della mappatura del rischio con le celle a maggiore rischio.. 177
Figura 124 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 nell'ipotesi di E = 1 178
Figura 125 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 nell'ipotesi di E = 7 179
Figura 126 - Mappatura del rischio della facciata Sud – Ovest dell'edificio 18 nell'ipotesi di E = 10 180
Figura 127 - Scale del rischio della facciata dell'edificio numero 9 181
Figura 128 - Scale del rischio della facciata dell'edificio numero 14 182
Figura 129 - Scale del rischio della facciata dell'edificio numero 14 183
Figura 130 - Mappatura del rischio con W = 0,5 (AR = 213) ed E = 1 185
Figura 131 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 213) ed E = 4 186
Figura 132 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 213) ed E = 7 187
Figura 133 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 213) ed E = 10 188
Figura 134 - Mappatura del rischio con W = 0,6 (AR = 256) ed E = 1. 189
Figura 135 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 256) ed E = 4 190
Figura 136 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 256) ed E = 7 191
Figura 137 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 256) ed E = 10 192
Figura 138 - Mappatura del rischio con W = 0,7 (AR = 298 ed E = 1 193
Figura 139 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 298) ed E = 4 194
Figura 140 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 298) ed E = 7 195
Figura 141 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 298) ed E = 10 196
Figura 142 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 188) ed E = 1 198
Figura 143 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 188) ed E = 4 199
Figura 144 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 188) ed E = 7 200
Figura 145 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 188) ed E = 10 201
Figura 146 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 225) ed E = 1 202
Figura 147 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 225) ed E = 4 203
Figura 148 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 225) ed E = 7 204
Figura 149 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 225) ed E = 10 205
Figura 150 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 263) ed E = 1 206
Figura 151 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 263) ed E = 4 207
Figura 152 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 263) ed E = 7 208
Figura 153 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 263) ed E = 10 209
Figura 154 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 143) ed E = 1 211
Figura 155 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 143) ed E = 4 212
Figura 156 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 143) ed E = 7 213
Figura 157 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,5 (AR = 143) ed E = 10 214
Figura 158 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 172) ed E = 1 215
Figura 159 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 172) ed E = 4 216
Figura 160 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 172) ed E = 7 217
Figura 161 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,6 (AR = 172) ed E = 10 218
Figura 162 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 200) ed E = 1 219
Figura 163 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 200) ed E = 4 220
Figura 164 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 200) ed E = 7 221
Figura 165 - Celle con rischio non accettabile (in rosso). Con W = 0,7 (AR = 200) ed E = 10 222

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1 - Elenco delle degradazioni e alterazioni (UNI 11182:2006) 27
Tabella 2 - Classificazione del degrado dei materiali lapidei in base alla perdita o meno di materiale 29
Tabella 3 - Grado di pericolosità dei vari degradi di generare altro degrado 30
Tabella 4 - Categorie manutentive secondo le indicazioni UNI 10147:2013 35
Tabella 5 - Casi di crolli documentati a Napoli 65
Tabella 6 - Percentuale superficie di facciata occupata dai vari elementi 85
Tabella 7 - Indice di pericolosità dei vari elementi di facciata calcolo sulla base dei crolli di cui al paragrafo 2.1 105
Tabella 8 - Classificazione della pericolosità degli elementi di facciata 106
Tabella 9 - Punteggio pericolosità elementi - P_E [1, 5] 106
Tabella 10 - Punteggio pericolosità del degrado - P_D [0, 5] 108
Tabella 11 - Punteggio del fattore di Vulnerabilità (V) 109
Tabella 12 - Punteggio del fattore di esposizione 112
Tabella 13 - Facciate oggetto di sperimentazione 117
Tabella 14 - Punteggio di pericolosità degli elementi di facciata 124
Tabella 15 - Degradi con relativi simboli grafici e punteggio di pericolosità del degrado 126
Tabella 16 - Valori di accettabilità delle facciate al variare di K 181
Tabella 17 - Accettabilità del rischio della facciata dell'edifico numero 9 182
Tabella 18 - Accettabilità del rischio della facciata dell'edifico numero 14 182
Tabella 19 - Accettabilità del rischio della facciata dell'edifico numero 18 183
Tabella 20 - Accettabilità del rischio degli edifici per K = 0,4 183
Tabella 21 - Valori di soglia dell'accettabilità al variare di E e W 184
Tabella 23 - Comparazione dei risultati della sperimentazione sulle facciate degli edifici 9, 14 e 18 226

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

[1] Cecchi R., Gasperoli P., "La manutenzione programmata dei beni culturali edificati. Procedimenti scientifici per lo sviluppo di Piani e Programmi di Manutenzione. Casi studio su architetture di interesse archeologico a Roma e Pompei.", Firenze: Alinea, 2011; ISBN 978-88-6055-668-4.

[2] Nicolella M., "Manutenzione programmata degli edifici", Napoli: Luciano Editor, 2021.

[3] Nicolella M., Appunti del corso di "Manutenzione programmata", Napoli: Università di Napoli Federico II, 2017.

[4] Carbonara G., "Trattato di restauro architettonico", UTET, 1996; ISBN-13: 978-8802046693.

[5] Calvo V., Scalora E., "Il degrado dei materiali da costruzione", Palermo: GRAFILL S.r.l., 2015; ISBN 13 978-88-8207-777-8.

[6] Giannatasio C., Pirisino M. S., "Laboratorio integrato di rilievo e restauro - Modulo restauro", Cagliari: Università degli Studi di Cagliari - Facoltà di Architettura, 2014.

[7] Cagnana A., "Archeologia dei materiali da costruzione", Mantova: SAP Società Archeologica S.r.l., 2000; ISBN: 88-87115-20-6.

[8] Greppi P., Bugini R., Folli L., "Tecniche e materiali da costruzione nella Milano antica", Milano: Rivista della Scuola di Specializzazione in Archeologia-Università degli Studi di Milano, 2014.

[9] Fitzner B., Documentation and Evaluation of Stone Damage on Monuments. In Proceedings of the Proceedings of the 10th International Congress on deterioration and conservation of stone; Citeseer, 2004; Vol. 27, pp. 677–690..

[10] Galán E., Aparicio P., An Approach to the Diagnostic Studies of Stone Degradation. Letture Di Georisorse 2009, 2, 94–104..

[11] Parisi C. M., "BIM-based support system per l'ottimizzazione dei costi di manutenzione del patrimonio culturale: il caso del chiostro del Brunelleschi a Santa Croce - Firenze (Italia).", Tesi di dottorato - Dottorato di ricerca in Infrastrutture Civili per il Territorio - Università degli Studi di Enna "Kore", 2021.

[12] Cecchi R., Gasperoli P., "Prevenzione e Manutenzione per i Beni Culturali Edificati. Procedimenti Scientifici per Lo Sviluppo Delle Attività Ispettive. Il Caso Studio Delle Aree Archeologiche Di Roma e Ostia Antica", Firenze: Alinea, 2010; ISBN 88-6055-576-0.

[13] Ruskin J., The Seven Lamps of Architecture, J. Wiley, 1849.

[14] Boito C., "Carta del Restauro di Roma", 1883.

[15] Consiglio superiore per le antichità e belle arti, Carta italiana del restauro, 1932.

[16] Brandi C., "Teoria del restauro", Ed. di Storia e Letteratura, 1963.

[17] Pane R., Brandi C., "Carta di Venezia per il restauro e la conservazione di monumenti e siti", 1964.

[18] Circolare n° 117 del 6 aprile 1972 MINISTERO DELLA PUBBLICA ISTRUZION, Carta del restauro, 1972.

[19] C. d. M. d. C. d'Europa, Dichiarazione di Amsterdam, 1975.

[20] Urbani G., Piano Pilota per La Conservazione Programmata Dei Beni Culturali Dell'Umbria. Intorno al restauro, a cura di B. Zanardi, Milano: Skira, 2000.

[21] Comitato dei Ministri del Consiglio d'Europa, La carta di Cracovia 2000. Principi per la conservazione e il restauro del patrimonio costruito, 2000.

[22] Della Torre S., Gasparoli P., La definizione di manutenzione contenuta nel Codice dei Beni Culturali: un'analisi del testo e delle sue implicazioni. Riferimenti e confronti con le attività manutentive sul costruito diffuso., 2007.

[23] Gasperoli P., Ronchi A., L'evoluzione del concetto di manutenzione edilizia nella normativa cogente: criticità e prospettive per gli interventi sui beni culturali, Aedon, 2011.

[24] Totaro G., Gasparoli P., Sui processi di manutenzione del patrimonio costruito storico tutelato. Convenienze economiche, sviluppi occupazionali e altre esternalità positive., 2014; pp. 743 - 750.

[25] Billie F., Vedhus H.,Yasutaka N., Advances in Computer Vision-Based Civil Infrastructure Inspection and Monitoring, Engineering 5 (2019) 199–222.

[26] NeetworkDigital360, "Cos'è il Machine Learning, come funziona l'apprendimento automatico e quali sono le sue applicazioni", ICT&Strategy S.r.l, 2018.

[27] Caputo B., Visione computerizzata, così l'AI (deep learning) può davvero cambiare la società, NetworkDigitale360, 2018.

[28] Roberts L., Machine perception of three-dimensional solids, Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1963.

[29] Szeliski R., "Computer vision: algorithms and applications", Londra: Spinger, 2011.

[30] Viola P., Robust real-time face detection. Int J Comput Vis 2004;57 (2):137–54..

[31] Dalal N., Triggs B., "Histograms of oriented gradients for human detection", San Diego, CA, USA: IEEE, 2005.

[32] Pingali G., Opalach A., Jean Y, "Ball tracking and virtual replays for innovative tennis broadcasts", Barcellona, Spagna: IEEE, 2000.

[33] Bishop C., "Pattern recognition and machine learning", New York: Springer-Verlag, 2006.

[34] Bojarski M., Del Testa D., Dworakowski D., Firner B., Flepp B., Goyal P., et al. End to end learning for self-driving cars. arXiv:1604.07316v1. 2016..

[35] Taigman Y., Yang M., Ranzato M., Wolf L., "DeepFace: closing the gap to humanlevel performance in face verification", Columbus, OH, USA: IEEE, 2014.

[36] "Airport's facial recognition technology catches 2 people attempting to enter US illegally [Internet]", https://www.foxnews.com/travel/airports-facial-recognition-technology-catches-2-people-attempting-to-enter-us-illegally, New York City: FOX News Network, LLC.; 2018 Sep 12 [cited 2018 Sep 25]. .

[37] Wojna Z., Gorban A.N., Lee D.S., Murphy K., Yu Q., Li Y., et al. Attention-based extraction of structured information from street view imagery. In: Proceedings of the 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition: volume 1; 2017 Nov 9–15, 2018. p. 844–50..

[38] Litjens G., Kooi T., Bejnordi B., Setio A., Ciompi F., Ghafoorian M., "A survey on deep learning in medical image analysis", Med Image Anal , 2017; 42:60–88..

[39] Zink J., Lovelace B., "Unmanned aerial vehicle bridge inspection demonstration project: final report", St. Paul, Minnesota, 2015 Jul. Report No.: MN/RC 2015-40..

[40] Abdel-Qader I., Abudayyeh O., Kelly M.E., Analysis of edge-detection techniques for crack identification in bridges. J Comput Civ Eng 2003;17(4):255–63..

[41] Adhikari R., Moselhi O., Bagchi A., A study of image-based element condition index for bridge inspection. In: Proceedings of the 30th International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining: building the future in automation and robotics (volume 2);, 2013 Aug 11–15; Montreal, QC, Canada. International Association for Automation and Robotics in Construction; 2013. p. 868–79..

[42] Jahanshahi M., Masri S., Padgett C.,Sukhatme G., "An innovative methodology for detection and quantification of cracks through incorporation of depth perception", SpringerLink, 2013; https://doi.org/10.1007/s00138-011-0394-0.

[43] Ghanta S., Karp T., Lee S., "Wavelet domain detection of rust in steel bridge images", In: Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Acoustics,Speech and Signal Processing; 2011 May 22–27; Prague, Czech Republic. Piscataway: IEEE; 2011. p. 1033–6..

[44] Hu Y., Zhao C., A novel LBP based methods for pavement crack detection. J Pattern Recognit Res 2010;5(1):140–7..

[45] Wu S., Zhong S., Liu Y. Deep residual learning for image steganalysis. Multimed Tools Appl 2018;77(9):10437–53..

[46] Simonyan K., Zisserman A., Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. In: Proceedings of International Conference on Learning Representations 2015; 2015 May 7–9; San Diego, CA, USA; 2015. p. 1–14..

[47] Bojarski M., Del Testa D., Dworakowski D., Firner B., Flepp B., Goyal P., et al. End to end learning for self-driving cars. arXiv:1604.07316v1. 2016..

[48] Litjens G., Kooi T., Bejnordi B.,Setio A., Ciompi F., Ghafoorian M., e. al., "A survey on deep learning in medical image analysis", Med Image Anal, 42 (2017), pp. 60-88.

[49] Cha Y. J., Choi W., Büyüköztürk O., "Deep learning-based crack damage detection using convolutional neural networks", Comput Civ Infrastruct Eng, 32 (5) (2017), pp. 361-378.

[50] Hoskere V., Narazaki Y., Hoang T., Spencer B.J., Vision-based structural inspection using multiscale deep convolutional neural networks., In: Proceedings of the 3rd Huixian International Forum on Earthquake Engineering for Young Researchers; 2017 Aug 11–12; Urbana, IL, USA; 2017..

[51] Morgenthal G., Hallermann N., "Quality assessment of unmanned aerial vehicle (UAV) based visual inspection of structures", Adv Struct Eng, 17 (3) (2014), pp. 289-302.

[52] Sakurada K., Okatani T., Deguchi K., "Detecting changes in 3D structure of a scene from multi-view images captured by a vehicle-mounted camera", Proceedings of 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition; 2013 Jun 23–28; Portland, OR, USA, IEEE, Piscataway (2013), pp. 137-144.

[53] Stent S., Gherardi R., Stenger B., Soga K., Cipolla R., Visual change detection on tunnel linings, Mach Vis Appl, 27 (3) (2016), pp. 319-330.

[54] Kiziltas S., Akinci B., Ergen E., Tang P., Gordon C., Technological assessment and process implications of field data capture technologies for construction and facility/infrastructure management, Electron J Inf Technol Constr, 13 (2008), pp. 134-154.

[55] Zhu Z., Brilakis I., "Concrete column recognition in images and videos", J Comput Civ Eng, 24 (6) (2010), pp. 478-487.

[56] Perez Y., Golparvar-Fard M., El-Rayes K., "Semantic and geometric labeling for enhanced 3D point cloud segmentation", Construction Research Congress 2016: old and new; 2016 May 31–June 2; San Juan, Puerto Rico, American Society of Civil Engineers, Reston (2016), pp. 2542-2552.

[57] Narazaki Y., Hoskere V., Hoang T., Spencer B. J., "Vision-based automated bridge component recognition with high-level scene consistency", Wiley Online Library, 2019; https://doi.org/10.1111/mice.12505.

[58] Hoskere V., Narazaki Y., Hoang T., Spencer B. J., "Towards automated postearthquake inspections with deep learning-based condition-aware models", In: Proceedings of the 7th World Conference on Structural Control and Monitoring; 2018 Jul 22–25; Qingdao, China; 2018..

[59] Mongiu M. "L'analisi dei rischi, affidabilità, valutazione e rappresentazione," in *SEMINARIO LA SICUREZZA E IL FATTORE UMANO: Percezione e propensione*, Roma, 2017.

[60] Macchi G., Morici A., Problematiche e metodologie nell'analisi di rischio degli impianti industriali, Roma: Università degli studi di Roma "La Sapienza" – Scuola di Specializzazione in sicurezza e protezione industriale, (1988)..

[61] Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, New York. (Prepared by Battelle Columbus Division for The Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers), 978-0-471-97815-2 (1985)..

[62] Cecchi R., "Linee Guida per la conservazione delle architetture di interesse archeologico", Milano: Electa, 2011; Glossario, Allegato E.

[63] Ortiz R., Macías-Bernal J., Ortiz P., "Vulnerability and buildings service life applied to preventive conservation in cultural heritage. International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, Vol. 9 No. 1,2018, pp. 31-47..

[64] https://video.corrieredelmezzogiorno.corriere.it/napoli-via-duomo-commerciante-muore-colpito-calcinacci/47bae262-89da-11e9-b5b4-41201b47bbbc.

[65] https://www.tempi.it/napoli-crollo-galleria-umberto-e-morto-il-ragazzo-colpito-dai-calcinacci/.

[66] Ferraro I., "Napoli. Atlante della città storica. Centro antico.", Napoli: CLEAN, 2002, ISBN:8884970822.

[67] De Sivo B., Iovino R., "Manuale del recupero delle antiche tecniche costruttive Napoletane", Napoli: CLEAN, 1996; ISBN13:978-8886701136.

[68] Bosco A., Presentazione corso di laurea Scienza dell'architettura "Caratteri dei sistemi di costruzione ricorrenti nella Provincia di Napoli".

[69] Cecchi R., "I beni culturali. Testimonianza materiale di civiltà", Spirali Available, 2006; ISBN: 9788877707420.

[70] Gasparoli P., Talamo C., Manutenzione e Recupero. Criteri, Metodi e Strategie per l'intervento Sul Costruito, Alinea Editrice,, 2006; ISBN 88-8125-859-5.

[71] Talamo C., Molinari C., "Procedimenti e metodi della manutenzione edilizia", Napoli: SE-Esselibri, 2010; Vol. 2; ISBN 978-88-513-0683-0.

[72] Picone M., Tecnologia della produzione edilizia: metodiche industriali e tecnologie operative per i cantieri edili, Utet, 1984; ISBN 88-02-03791-4.

[73] Dann N., Cantell T., Maintenance in conservation. Understanding historic building conservation, 2007, 185–198..

[74] Buzzo E., "Che cos'è il Deep Learning ?", Namu srl, 2017.

[75] Messina S., Piccinini N., Cappellini G., Valutazione probabilistica di rischio, 3ASI, 1987.

[76] Daniotti B., Spagnolo S., "La banca dati sulla durabilità dei componenti edilizi", In: Sostenibilità e innovazione in edilizia, 7° convegno nazionale ISTeA, 2008.

[77] Re Cecconi F., De Angelis E., "Guasti in edilizia - ammaloramento dell'edificio, suggerimenti di ripristino e di prevenzione – banca dati dei guasti", Maggioli editore , 2008 .

[78] Paerret J., "Guida alla manutenzione degli edifici", Maggioli editore, 2001.

[79] Socotec , "La guida alla manutenzione e al recupero degli edifici", Sistemi editoriali, 2007 .

LEGGI E FONTI NORMATIVE

- BS 3811:1964. Glossary of general terms used in maintenance organization;
- D. Lgs. 19 settembre 1994, n. 626, Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro;
- D. Lgs. 12 aprile 2006, n. 163, Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE;
- D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- D. Lgs. 18 aprile 2016, n. 50, Codice dei contratti pubblici;
- DPR 21 dicembre 1999, n. 554, Regolamento di attuazione della legge 109/94;
- DPR 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- DPR 5 ottobre 2010, n. 207, Regolamento d'attuazione del D.Lgs. 163/2006 e dal cogente D. Lgs. 50/2016;
- DM 17 gennaio 2018, n. 8, Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- ISO 6241:1984 "Performance standards in building — Principles for their preparation and factors to be considered";
- Legge 15 gennaio 1885, n. 2892, Legge per il Risanamento della città di Napoli;
- Legge 5 agosto 1978, n. 457, Norme per l'edilizia residenziale;
- Legge 11 febbraio 1994, n. 109, Legge quadro in materia di lavori pubblici;
- Legge 22 gennaio 2004, n. 43, Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio;
- Legge 3 agosto 2007, n. 123, Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia;
- UNI 10838:1999, "Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia";
- UNI 11156-1:2006 "Valutazione della durabilità dei componenti edilizi - Parte 1: Terminologia e definizione dei parametri di valutazione";
- UNI 11182:2006 " Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni";
- UNI 11257:2007, "Manutenzione - Terminologia di manutenzione";
- UNI 11257:2007, "Criteri per la stesura del piano e del programma di manutenzione dei beni edilizi";
- UNI 11230:2007, "Gestione del rischio – Vocabolario";
- UNI 10147:2013, "Manutenzione - Termini aggiuntivi alla UNI EN 13306 e definizioni";
- UNI 11063:2017, "Manutenzione - Definizione di manutenzione ordinaria e straordinaria";
- UNI EN 292-1:1992 "Sicurezza del macchinario. Concetti fondamentali, principi generali di progettazione. Terminologia, metodologia di base";
- UNI EN ISO 12100-1:2009 "Sicurezza del macchinario - Concetti fondamentali, principi generali di progettazione - Parte 1: Terminologia di base, metodologia".