

ANALISI TECNICO-ASSICURATIVA SUL RISCHIO ALLUVIONE DELLA RETE - MIGLIORIE APPORTATE ED ABBATTIMENTO DEL RISCHIO

1. Premessa: scopo e oggetto dell'attività di *Risk Assessment*

FER, in qualità di Ente Gestore del sistema ferroviario regionale, anche in ragione di alcuni rilevanti sinistri alluvionali occorsi recentemente lungo la rete (a Lentigione nel 2017 e a Budrio nel 2019), ha provveduto, tramite un consulente tecnico esterno ed indipendente, a svolgere un'attività di *Risk Assessment* sulla propria rete infrastrutturale e una valutazione della portata di potenziali danni materiali diretti, afferenti alle principali tipologie di rischi ingegneristici che possano impattare in maniera rilevante sulla copertura assicurativa Property, fornendo una rappresentazione oggettiva e tecnicamente strutturata dell'infrastruttura, utile a rappresentare agli interlocutori assicurativi ai quali FER intende rivolgersi, un quadro esaustivo e puntuale dei rischi correlati con lo stato delle opere e con il contesto in cui sono collocate. Suddetta attività è rivolta a fornire una rappresentazione oggettiva e tecnicamente strutturata del rischio Alluvione; precisamente, l'analisi ha previsto:

1. l'individuazione delle caratteristiche salienti dell'infrastruttura, dei suoi elementi costituenti principali, con specifico riferimento alla linea e alle opere civili che la compongono (rilevati e opere accessorie, ponticelli, ponti, gallerie).
2. un inquadramento generale del contesto normativo e convenzionale in cui opera FER, rivolto all'individuazione delle principali obbligazioni di carattere tecnico-gestionale-manutentivo in carico alla Società per gli aspetti che riguardano specificatamente la linea e le OOCC che la compongono, con particolare riferimento per la gestione degli eventi catastrofici alluvionali.
3. la rappresentazione dei principali macro-processi del Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS) delle OOCC, con particolare riferimento sia alle attività di sorveglianza strutturale, sia alla pianificazione ed attuazione dei piani di intervento di manutenzione ordinaria e straordinaria conseguenti alle rilevazioni svolte in fase di sorveglianza.
4. l'analisi delle caratteristiche specifiche del tracciato e delle principali opere civili presenti lungo l'infrastruttura, al fine di una classificazione qualitativa dei livelli di pericolosità, esposizione e vulnerabilità al rischio Alluvione, da attribuire a segmenti omogenei di tracciato.
5. attraverso l'analisi delle informazioni disponibili sia sulla consistenza, caratteristiche tecniche e stato manutentivo della rete, sia dei dati provenienti da eventuali attività di monitoraggio propri dei processi di gestione della sicurezza messi in atto da FER, si procede ad effettuare una mappatura sull'infrastruttura del rischio alluvionale, identificando il rischio alluvionale per segmenti omogenei della rete.

Tra le attività svolte, è stata prevista anche un'analisi specifica degli eventi alluvionali verificatisi nelle zone

di Lentigione (2017) e Budrio (2019), sviluppata nelle seguenti fasi:

- i. acquisizione ed analisi della documentazione relativa alle rilevazioni svolte sul campo, ai dati idrometeorologici, alla dinamica, alle ipotesi causali nonché ai danni conseguenti ai due sinistri avvenuti a Lentigione nel 2017 e Budrio nel 2019;
- ii. acquisizione ed analisi degli strumenti pianificatori in materia di assetto idrogeologico, per la definizione sui siti di interesse della pericolosità da allagamento, anche in relazione ai più recenti aggiornamenti ed alle eventuali prospettive di indirizzo;
- iii. acquisizione ed analisi dei piani e progetti d'intervento attuati o in corso di esecuzione, predisposti a seguito degli eventi alluvionali catastrofici subiti, per il ripristino e la mitigazione del rischio in oggetto;
- iv. esecuzione di sopralluoghi mirati ad individuare in situ le caratteristiche salienti delle opere e del contesto in cui queste sono collocate ed approfondire le dinamiche ed i livelli del rischio alluvionale ad una scala di adeguato dettaglio.

Infine, è stato analizzato il Sistema di Gestione di sicurezza Ferroviaria di FER, con particolare riferimento alla gestione delle emergenze idrogeologiche (il cd. 'Rischio idrogeologico'¹) e idrauliche (il cd. 'Rischio idraulico'²) e di rischio di incidenti rilevanti (RIR), ossia gli indirizzi organizzativi e operativi per dar seguito, con azioni tempestive ed efficaci, agli "Avvisi di criticità idrogeologica e idraulica" dei Centri funzionali decentrati (CFD) delle Regioni Emilia-Romagna e Lombardia, e ai conseguenti bollettini di "Allerta" da parte della Protezione Civile e delle Prefetture, emessi in previsione di eventi meteorologici intensi o prolungati.

Sulla base di tali attività è stato redatto un **Rapporto di Risk Assessment** che sintetizza le risultanze delle analisi svolte e viene corredato della restituzione del grafo della rete ferroviaria di competenza FER in versione editabile (CAD, KMZ) e georeferenziata, in cui è rappresentata la linea e la posizione delle opere principali.

2. Gli eventi alluvionali pregressi

L'attività svolta, come si diceva poc'anzi, è stata tra l'altro supportata da analisi specifiche svolte su due siti della rete FER, ove in passato si sono verificati rilevanti sinistri da alluvione:

- Linea Parma – Suzzara, evento del 12.12.2017 presso Lentigione;
- Linea Bologna – Portomaggiore, evento del 17.11.2019 presso Budrio.

¹ Corrisponde agli effetti indotti sul territorio dal superamento dei livelli pluviometrici critici lungo i versanti, dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua della rete idrografica minore e di smaltimento delle acque piovane.

² Corrispondente agli effetti indotti sul territorio dal superamento dei livelli idrometrici critici (possibili eventi alluvionali) lungo i corsi d'acqua principali.

L'occasione ha consentito di acquisire una percezione più chiara per qualificare l'attuale stato di consistenza e rischio specifico di tali porzioni di linea.

2.1 Linea Parma – Suzzara: l'evento del 12/12/2017 presso Lentigione

In data 12.12.2017, in territorio del Comune di Brescello (RE), località Lentigione, a causa di eventi meteorici che hanno indotto in alveo livelli idrometrici elevati per un periodo prolungato, si è avuto il cedimento dell'argine destro del fiume Enza, con un esteso allagamento del territorio contermini e danni alla linea ferroviaria Parma– Suzzara, nel tratto a cavallo della stazione di Lentigione.

La causa determinante l'evento alluvionale è da ricondurre al cedimento dell'argine destro del fiume Enza, in uno stadio della piena con livelli superiori al piano campagna e rilascio dei volumi accumulati nell'area golenale. Il flusso idrico rilasciato dalla rotta arginale ha interessato, con elevato gradiente idraulico iniziale e per un periodo prolungato, a causa dei volumi in gioco, un tratto di linea ferroviaria di circa 3 km.

Nel tratto interessato, la linea si sviluppa in un'area pianeggiante, con una modesta altezza di rilevato e opere di modesta entità (tombini di attraversamento idraulici). Lungo la linea si sviluppa, per una parte della tratta danneggiata, un canale di competenza del locale Ente di bonifica; tale canale, nel corso dell'alluvione ha convogliato le portate provenienti dall'Enza in direzione nord – ovest fino a convogliarle in un altro canale di maggiori dimensioni, che le ha raccolte con difficoltà a causa delle differenze di quota. Un'estesa superficie coltivata ha fatto da area di accumulo fino al completo drenaggio dei volumi residui.

La dinamica dell'evento ha causato il dissesto del rilevato per la lunghezza interessata, richiedendone il ripristino insieme a quello della soprastante linea, degli impianti e delle opere accessorie.



Area dell'alluvione prima dell'evento (ripresa Giugno 2017)



Allagamento diffuso (12.12.2017)



Fasi dell'allagamento – espansione / ristagno (12.12.2017)



Termine tratto danneggiato (12.12.2017)



Area dell'alluvione dopo l'evento (ripresa Marzo 2018)

2.1.1. Gli interventi di ripristino e mitigazione del rischio

Gli interventi progettati ed eseguiti per il ripristino della linea hanno interessato il rilevato, le opere accessorie – fra le quali i manufatti di drenaggio ed il canale longitudinale alla linea – l'armamento e gli impianti di segnalamento.

La linea è ad oggi tornata in esercizio e i danni risultano riparati con **l'introduzione di alcuni miglioramenti in relazione al drenaggio dei deflussi di superficie in caso di futuri eventi analoghi.**

In sito è stato possibile verificare la dinamica dell'alluvione, a partire dal ponte sull'Enza, al tratto di argine dell'Enza collassato e ripristinato, quindi lungo tutto il tratto di linea ferroviaria danneggiata sino al termine in corrispondenza dell'attraversamento del Canalazzo di Brescello, alveo di bonifica gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale. Quest'ultimo canale è stato oggetto di un taglio arginale, successivamente ripristinato, per consentire il deflusso dei volumi invasati nell'area fra canale e linea ferroviaria.

La dinamica del fenomeno ha indotto localmente tiranti idrici con valori superiori a quelli previsti dalle mappe di pericolosità redatte dall'Autorità Distrettuale di Bacino del Po anche per gli scenari a bassa probabilità (eventi più rari).

Nel ripristino della linea si è avuta cura di inserire nuovi manufatti di drenaggio per il convogliamento dei deflussi longitudinali a prevenzione di futuri fenomeni erosivi.



Argine destro del Fiume Enza in prossimità del tratto collassato



Linea ripristinata – Stazione di Lentigione



Sistema di drenaggio della linea ripristinata



Termine tratta ripristinata – intersezione con il Canalazzo di Brescello

2.2 Linea Bologna – Portomaggiore: l'evento del 17/11/2019 presso Budrio

Per il sinistro di Budrio (linea Bologna – Portomaggiore, fra Budrio e Mezzolara in territorio del Comune di Budrio (RE), la causa determinante l'evento alluvionale è da ricondurre al cedimento arginale del torrente Idice, con coinvolgimento di un tratto di linea di circa 4,5 km. In urgenza si è proceduto ad un ripristino provvisorio dell'infrastruttura, che ha consentito la riapertura nella prima decade di gennaio 2020; **con un ulteriore intervento, è stato inoltre progettato e avviato il risanamento del rilevato con contestuale innalzamento della livelletta ferroviaria, al fine di abbattere il rischio da eventi alluvionali del tipo di quello in esame.** Ad oggi la linea è in esercizio.



Area dell'alluvione prima dell'evento (ripresa Marzo 2018)



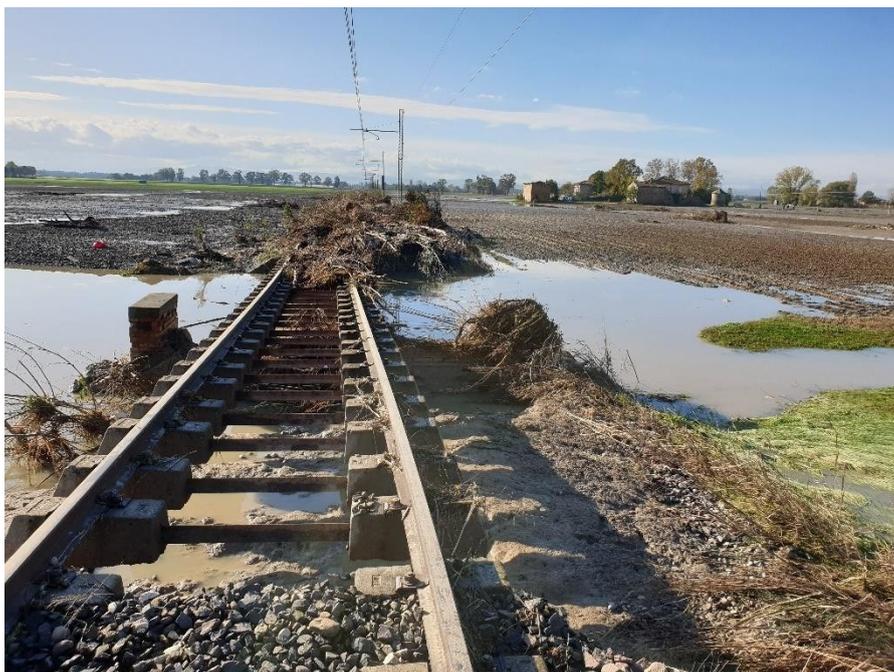
Cedimento arginale sul torrente Idice



Deflusso trasversale con erosione del rilevato



Allagamento con deposito di limo sul rilevato



Asportazione del rilevato



Dissesto strutture di attraversamento



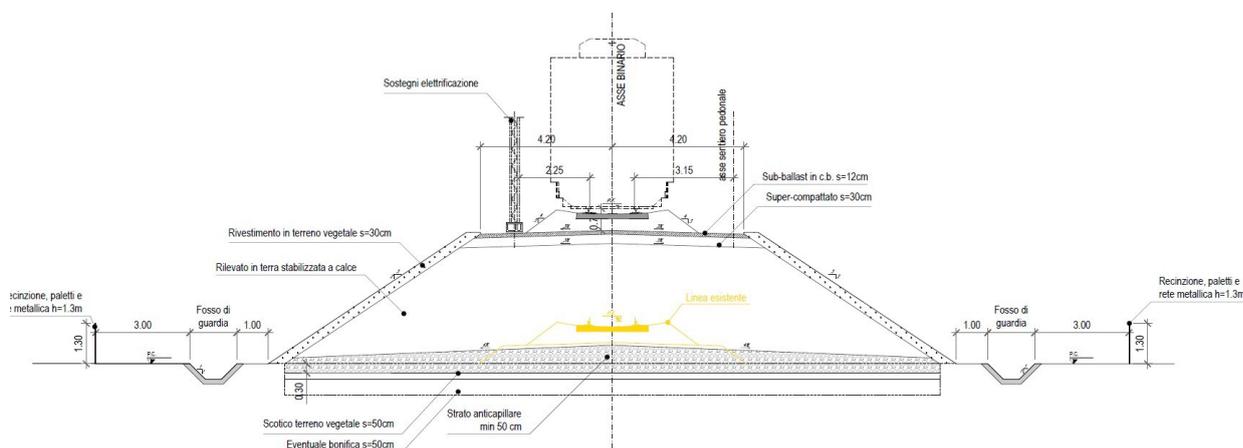
Area dell'alluvione prima dell'evento (ripresa Marzo 2020)

2.2.1. Gli Interventi di ripristino e di mitigazione del rischio

In seguito all'evento alluvionale illustrato, per la riapertura della linea si è reso necessario il ripristino di condizioni conformi alla normativa vigente in materia di sicurezza ferroviaria, con il rifacimento della base di appoggio del corpo stradale e del sovrastante rilevato ferroviario, con sostituzione del pietrisco e dell'armamento, e con il ripristino e degli impianti di sicurezza e segnalamento.

Con un ulteriore intervento è stato inoltre **progettato e avviato il risanamento del rilevato con contestuale innalzamento della livelletta ferroviaria, al fine di abbattere il rischio da eventi alluvionali del tipo di quello in esame.** L'innalzamento della livelletta ferroviaria si sviluppa dal Km 19+200 al Km 22+000, raccordando le quote attuali con la rampa del ponte ferroviario sull'Idice posto al Km 22+500.

Sezione tipologica dell'innalzamento della linea



Contestualmente all'innalzamento di livelletta, **si sono eliminati gli attuali Passaggi a Livello presenti nella tratta (al Km 20+090 Via Mingarano e al Km 21+243 Via Bacchiere), sostituiti da due manufatti di sottopasso del rilevato ferroviario da parte della viabilità locale con funzione di drenaggio in caso di alluvione.** **In termini di rischio idraulico gli interventi in corso sulla linea ferroviaria posta fuori servizio dall'alluvione del torrente Idice consentiranno una significativa riduzione per effetto dell'abbattimento della vulnerabilità.**



Torrente Idice verso monte dal ponte ferroviario



Ponte sul t. Idice da monte



Rampa del ponte sul t. Idice – vista in direzione Mezzolara



Argine destro del t. Idice dice ripristinato





Ricostruzione rilevato e opere di drenaggio

2.3. Note conclusive relative ai sinistri

In entrambi i casi è stato possibile constatare come **la variazione del livello di rischio sulle tratte in analisi, tra la situazione antecedente agli eventi catastrofici avvenuti e quella successiva al ripristino delle opere, abbia portato a un incremento della sicurezza rispetto al rischio alluvione.**

Riprendendo il dettaglio delle analisi effettuate si può rilevare per ciascun sito quanto segue:

- **Lentigione:** il ripristino della linea ha comportato il rifacimento del rilevato e della sovrastruttura ferroviaria, migliorando le caratteristiche geomeccaniche del sedime, anche nei confronti di futuri eventi. Il sistema di drenaggio dell'area è stato oggetto di una sistemazione nella tratta longitudinale alla linea consentendo, a pari pericolosità, il contenimento dei danni in caso di eventi futuri. Da ultimo la riparazione dell'argine collassato e le verifiche condotte sul resto delle arginature in prossimità della linea ferroviaria contribuiranno alla riduzione di un fattore esterno critico della pericolosità.
Ne consegue che nella situazione successiva al ripristino della linea il livello di rischio da alluvione può ritenersi ridotto rispetto allo stato ex ante.

- **Budrio:** nel caso dell'evento che ha interessato la linea Bologna – Portomaggiore fra Budrio e Mezzolara gli interventi di ripristino hanno un impatto sostanziale sulla riduzione del rischio da alluvione, riducendolo in termini strutturali mediante l'innalzamento della livelletta a quote di sicurezza idraulica e introducendo decisivi elementi di trasparenza idraulica quali i sottovia stradali. **Anche in questo caso un contributo alla riduzione della pericolosità deriva dal ripristino e rinforzo dell'arginatura collassata e dal controllo delle tratte di argini adiacenti.**

Ne consegue che il rischio da alluvione nella configurazione successiva il ripristino e adeguamento della tratta danneggiata verrà ridotto sensibilmente.

Suddette considerazioni, sviluppate a partire dagli eventi alluvionali qui esaminati in dettaglio, forniscono rilevanti indicazioni per una adeguata valutazione del rischio ai fini assicurativi.

3. ANALISI DEL RISCHIO ALLUVIONALE

La valutazione del Rischio nell'ambito delle reti infrastrutturali è un tema di elevata complessità, il cui sviluppo richiede l'acquisizione, strutturazione, analisi e sintesi di molteplici informazioni relative alle singole componenti della rete.

Nel caso in specie è in esame una rete ferroviaria che si colloca in un contesto di pianura, in presenza di una rete idrografica di particolari caratteristiche (corsi d'acqua naturali e artificiali, spesso arginati) che la espongono a uno specifico rischio per il verificarsi di rischi alluvionali.

La valutazione che viene qui sviluppata si focalizza sul rischio da alluvione sulle opere civili costituenti la rete ferroviaria, in termini di danni patrimoniali alle strutture stesse (Property).

Il livello di rischio viene valutato in termini qualitativi considerando in primis uno stato di conservazione dell'opera e considerando le attività messe in opera per preservarne la sicurezza (sorveglianza e manutenzione).

Ai fini della valutazione sono stati presi in esame i singoli elementi costituenti la rete (rilevati, tombini, passaggi a livello, ponticelli e ponti) ed è stato analizzato l'impatto dei potenziali fenomeni alluvionali in relazione alle caratteristiche dei siti, al comportamento delle opere ed al loro valore economico.

Per integrare la considerevole quantità di informazioni disponibili e utili alle analisi e pervenire a risultati di adeguata significatività si è fatto ricorso a una metodologia basata su strumenti di elaborazione geospaziale che hanno consentito di contemperare un elevato livello di dettaglio nelle analisi e una sintesi efficace dei risultati.

3.1. Aspetti metodologici generali

Dal punto di vista metodologico, per lo studio qualitativo dei principali Rischi di carattere ingegneristico ai quali è esposta un'infrastruttura, si fa riferimento alla combinazione di due elementi fondamentali: la **Pericolosità** o **Probabilità (P)** che un determinato evento calamitoso si verifichi e le conseguenze negative causate da tale evento, ovvero l'**Impatto (I)**.

La probabilità di accadimento "P" viene espressa, per i fenomeni alluvionali, come probabilità di superamento della portata al colmo di piena, in termini di **Tempo di Ritorno (Tr)** che rappresenta il tempo medio in cui un evento catastrofico di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta. Nel caso in oggetto "P" viene legata alle caratteristiche del fenomeno fisico ed è fornita dall'estensione delle Fasce PAI, elemento determinato nella pianificazione di bacino da un'analisi degli allagamenti per effetto del tempo di ritorno e della morfologia dei siti.

L'Impatto può a sua volta ricavarsi dalla combinazione di due elementi: la **Vulnerabilità (V)** che rappresenta l'attitudine di un'opera a sopportare gli effetti di un evento di una data intensità ed è espressa in una scala

da zero (nessun danno) a uno (distruzione totale) e l'Esposizione (E) che indica il valore economico dell'elemento esposto ad un determinato pericolo.

$$I = V \times E$$

L'analisi della Vulnerabilità si basa sull'assegnazione di "giudizi esperti" (voti), di tipo qualitativo, a variabili fisiche preselezionate, e nella successiva assegnazione a classi predefinite (clusterizzazione del dato).

Tenuto conto che la presente attività di Risk Assessment è finalizzata all'individuazione e correlata valutazione qualitativa del rischio di potenziali danni da eventi catastrofici (alluvione) che possano impattare in maniera rilevante sulla copertura assicurativa Property, la classe di appartenenza dell'Esposizione (E) e dell'Impatto (I) viene assegnata, sempre in una medesima scala (da 1 a 5) per consentirne la successiva aggregazione (cluster analysis).

Una volta ricavato il valore dell'Impatto (I) dal prodotto, tra l'Esposizione (E) e la Vulnerabilità (V) dell'opera ad un evento catastrofico, si ottiene il relativo valore del Rischio (R) dal prodotto tra la Probabilità di Accadimento e l'Impatto ovvero:

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

Anche per il Rischio (R) vengono definite 5 classi di riferimento (bassa, medio-bassa, media, medio-alta e alta) la cui attribuzione, funzione del prodotto della probabilità di accadimento e dell'impatto, avviene attraverso una matrice di correlazione.

Esempio di matrice di correlazione per l'attribuzione della classe di rischio. La scala cromatica indica le classi di rischio secondo la seguente successione: verde scuro = bassa, verde chiaro = medio-bassa, giallo = media, arancione = medio-alta, rosso = alta.

PROBABILITÀ	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Come sopra specificato l'analisi si focalizza su cause ed eventi conseguenti che sono potenzialmente in grado di generare sinistri catastrofici o comunque di notevole rilevanza economica in caso di eventi alluvionali.

In termini generali, il verificarsi di un evento alluvionale potenzialmente critico per le componenti della rete (superamento degli eventi di progetto, deficit progettuali, costruttivi o manutentivi, eventi non prevedibili)

non implica automaticamente la rovina delle componenti, esse infatti posseggono infatti margini di sicurezza, sia per le innovazioni e migliorie introdotte nel tempo, sia per riserve di capacità implicite nelle tipologie costruttive.

In dipendenza dal problema affrontato, l'entità delle sollecitazioni che si manifestano in caso di alluvione (erosioni, spinte, sovralluvionamenti) e che possono portare alla rovina di una componente della rete può essere correlata alla tipologia costruttiva dell'opera stessa.

Nella valutazione della vulnerabilità delle opere ai fattori di rischio considerati si è dunque tenuta in considerazione anche la loro tipologia costruttiva.

In ultima analisi, poi, sulla base delle conclusioni delle analisi di rischio si è proceduto a definire una stima del MFL (*Maximum Foreseeable Loss*) per la Property.

Nei seguenti paragrafi vengono illustrati in dettaglio i criteri adottati, lo sviluppo delle analisi ed i risultati in relazione al rischio alluvione sulla rete ferroviaria di FER.

3.2. Valutazione del Rischio Alluvionale sulla Rete – Risultati

Le analisi svolte secondo la metodologia illustrata in precedenza hanno permesso di ottenere le seguenti rappresentazioni sia relative all'intera rete, sia alle singole linee, al fine di fornire i dettagli dei risultati ottenuti, anche ai fini delle valutazioni assicurative, oggetto del presente rapporto.

In allegato invece si riportano, per completezza d'informazione e maggior dettaglio, le tabelle contenenti, per ciascuno dei tronchi in cui è stata suddivisa l'intera rete, i dati numerici topologici (Allegato 1) e rappresentativi di Pericolosità, Impatto e Rischio (Allegato 2).

3.2.1 Risultati sull'intera rete

Nel seguito si riporta la rappresentazione dei risultati sull'intera rete dei livelli di Pericolosità, Impatto e Rischio sia attraverso la loro mappatura sul grafo di rete sia attraverso correlate analisi grafiche.

3.2.1.1 Distribuzione della Pericolosità sulla rete

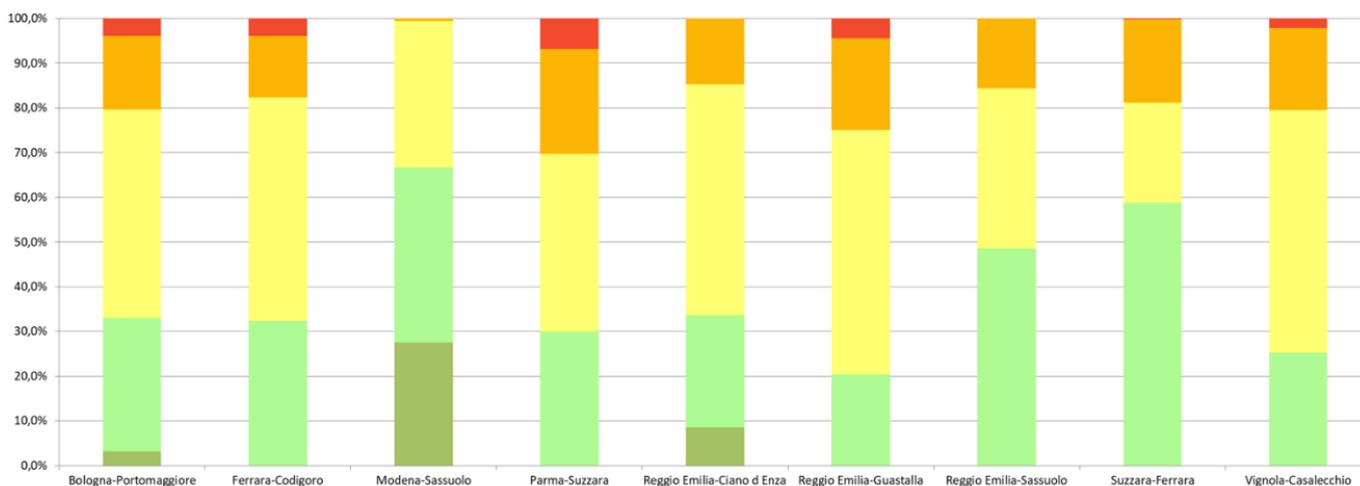


Figura 18. Raffronto della distribuzione percentuale cumulata della **Pericolosità** per tratte dell'intera Rete

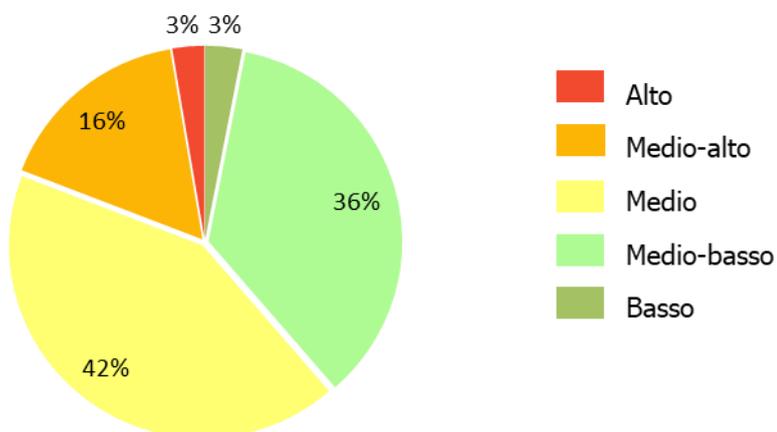


Figura 19. Distribuzione percentuale della **Pericolosità** sull'intera Rete

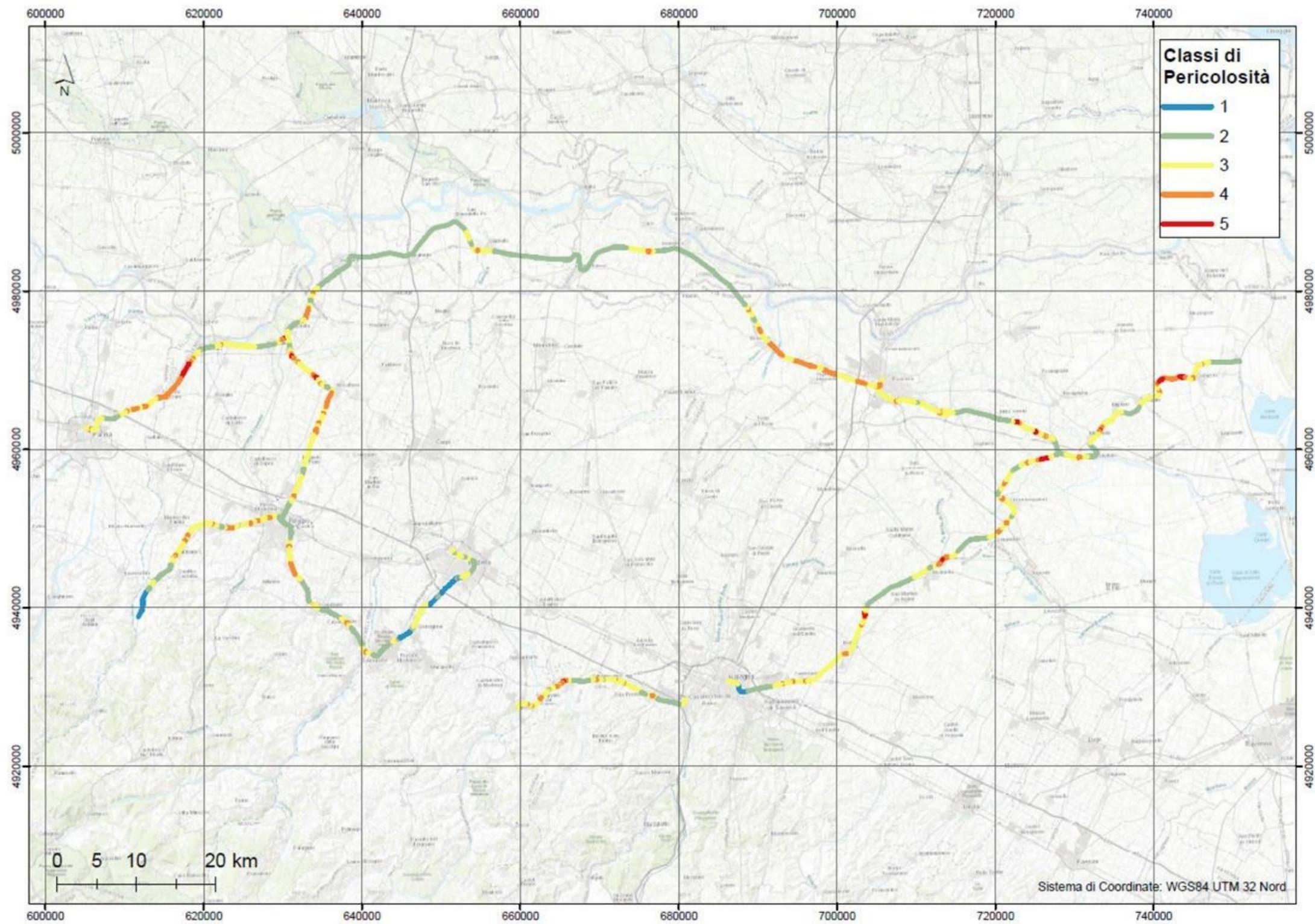


Figura 20. Mappa delle classi di Pericolosità per l'intera rete FER

3.2.1.2 Distribuzione dell'Impatto sulla rete

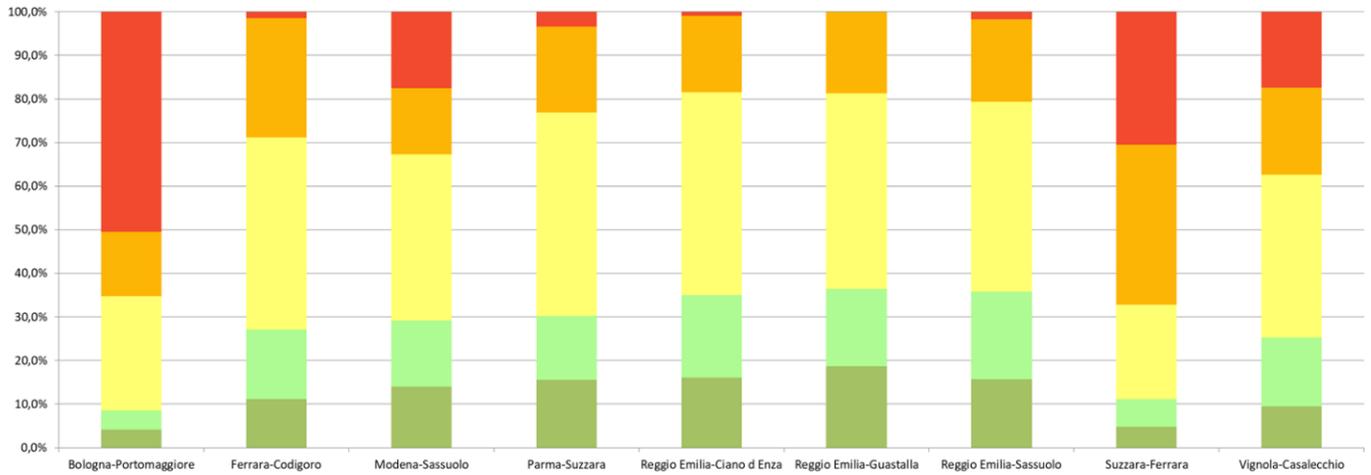


Figura 21. Raffronto della distribuzione percentuale cumulata dell'Impatto per tratte dell'intera Rete

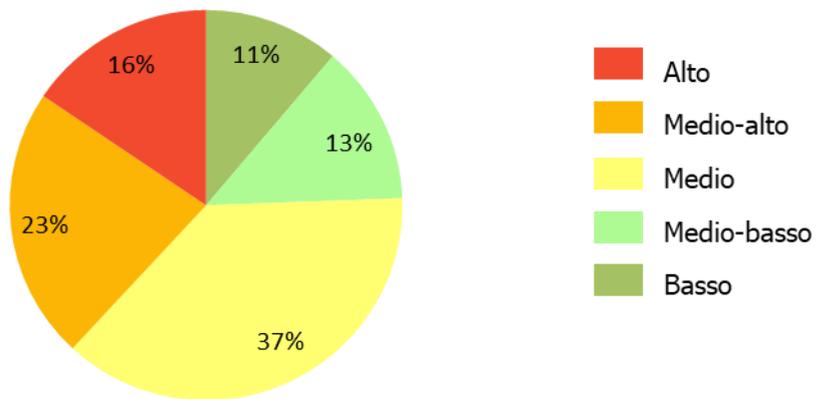


Figura 22. Distribuzione percentuale dell'Impatto sull'intera Rete

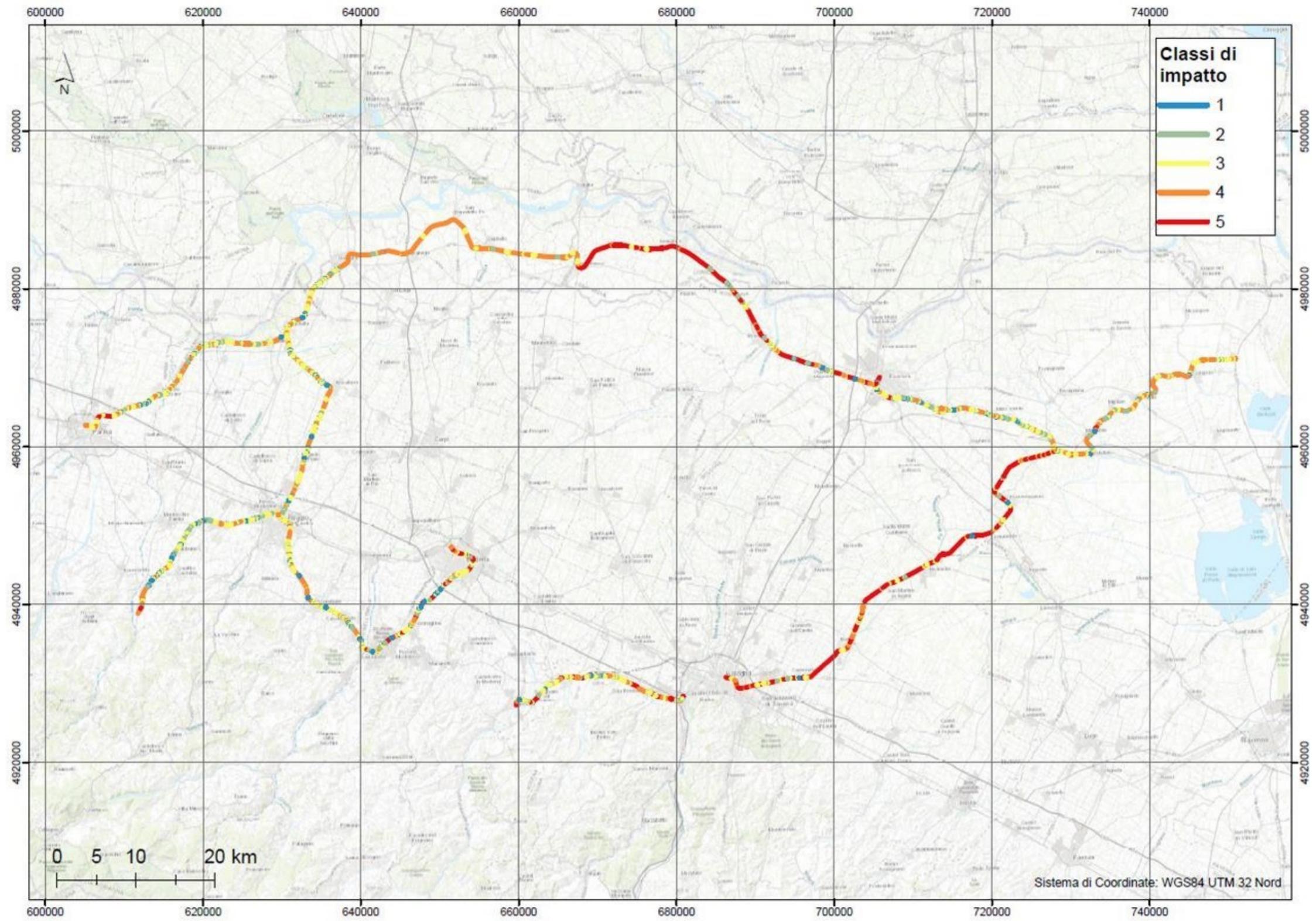


Figura 23. Mappa delle classi di **Impatto** per l'intera rete FER

3.2.1.3 Distribuzione del Rischio sulla rete

PROBABILITÀ	5	7	3	24	23	9
	4	55	58	168	85	41
	3	123	151	418	194	156
	2	81	108	291	238	161
	1	10	7	25	17	17
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Figura 24. Matrice di distribuzione del **Rischio** sull'intera Rete

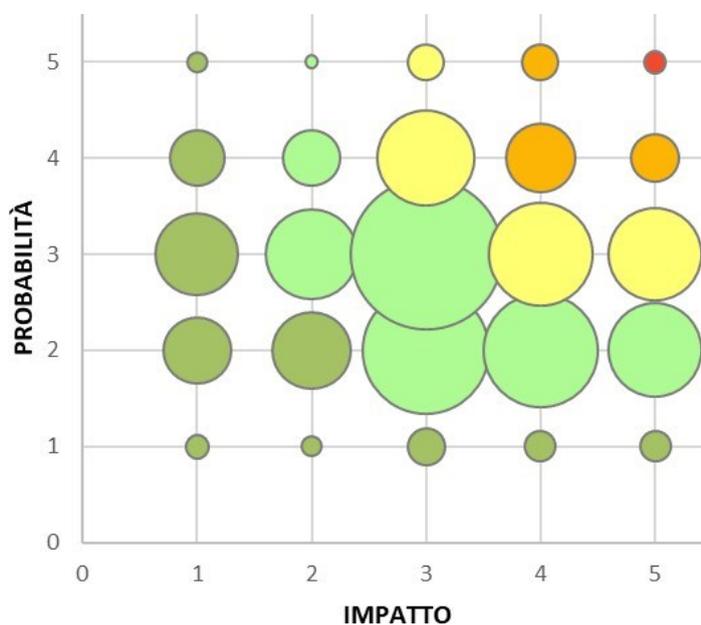


Figura 25. Bubble chart della distribuzione di **Rischio** sull'intera Rete

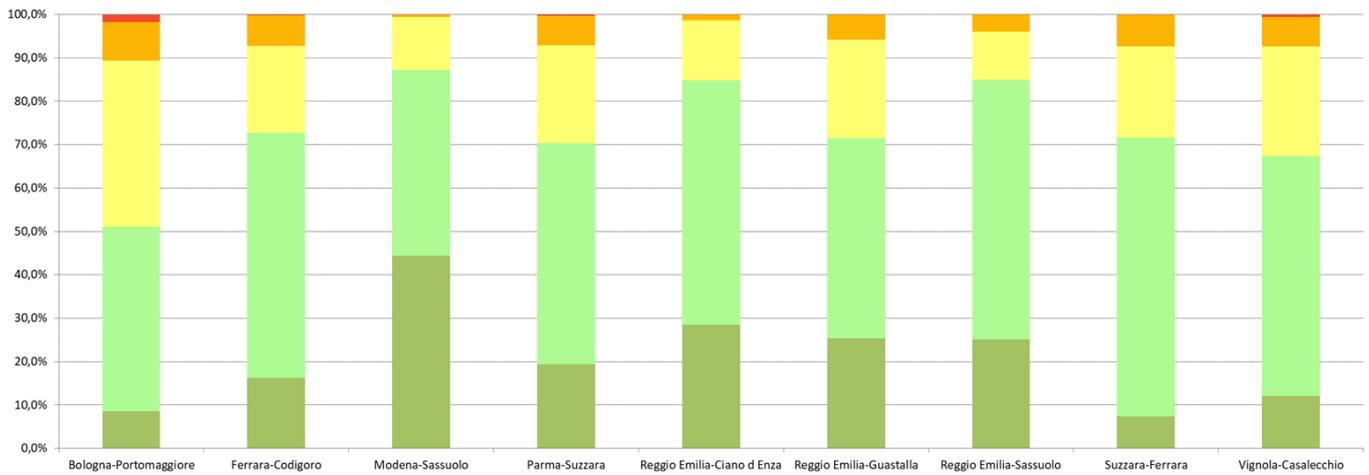


Figura 26. Raffronto della distribuzione percentuale cumulata del **Rischio** per tratte dell'intera Rete

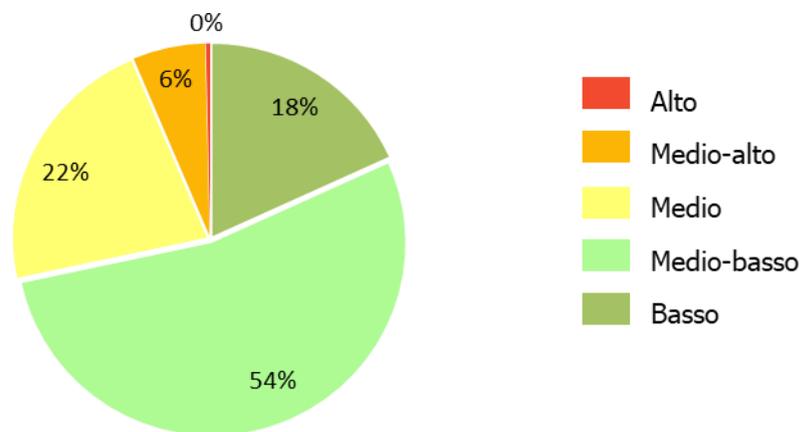


Figura 27. Distribuzione percentuale del **Rischio** sull'intera Rete

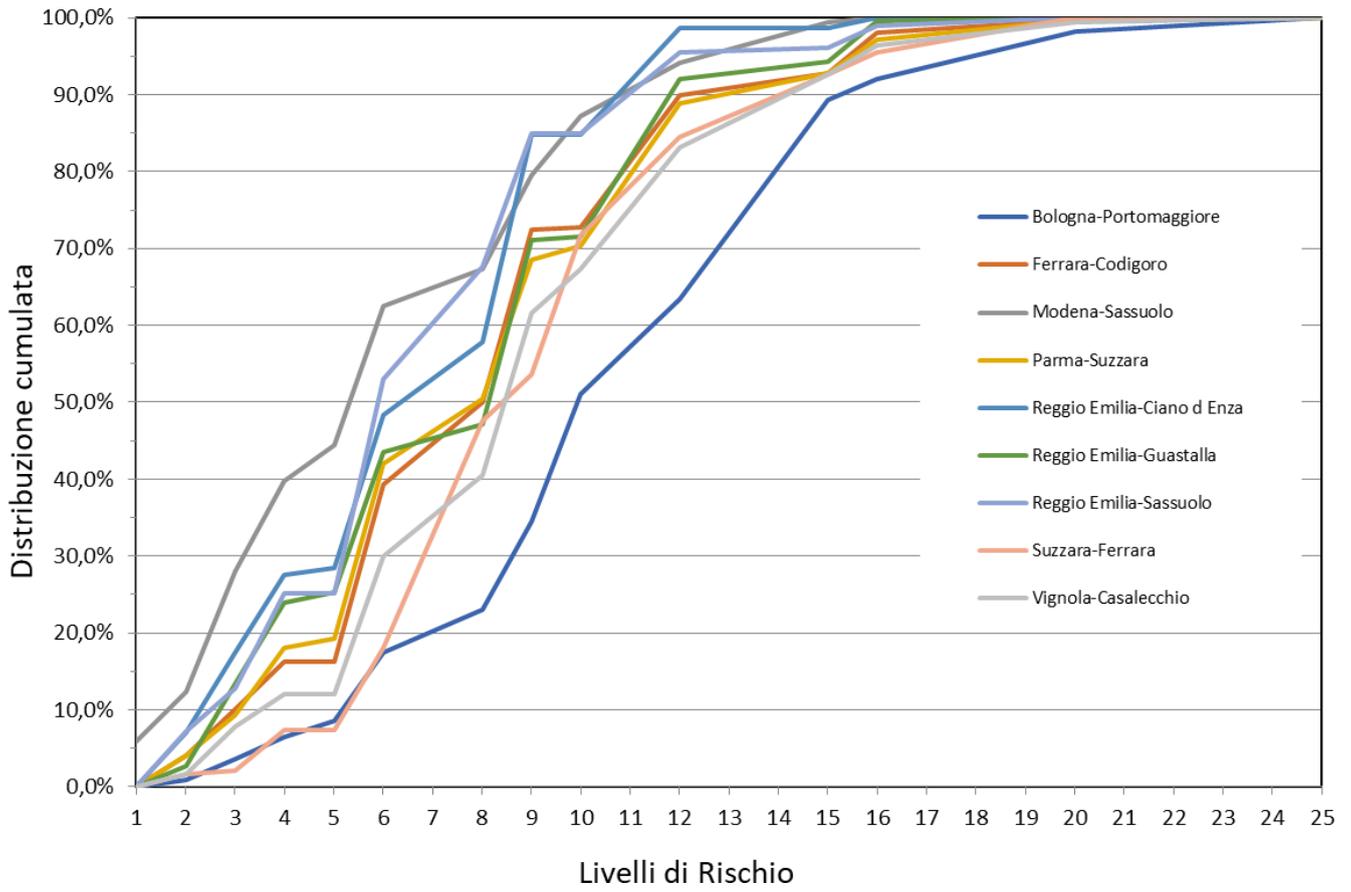


Figura 28. Distribuzione cumulata del **Rischio** per ciascuna tratta della Rete

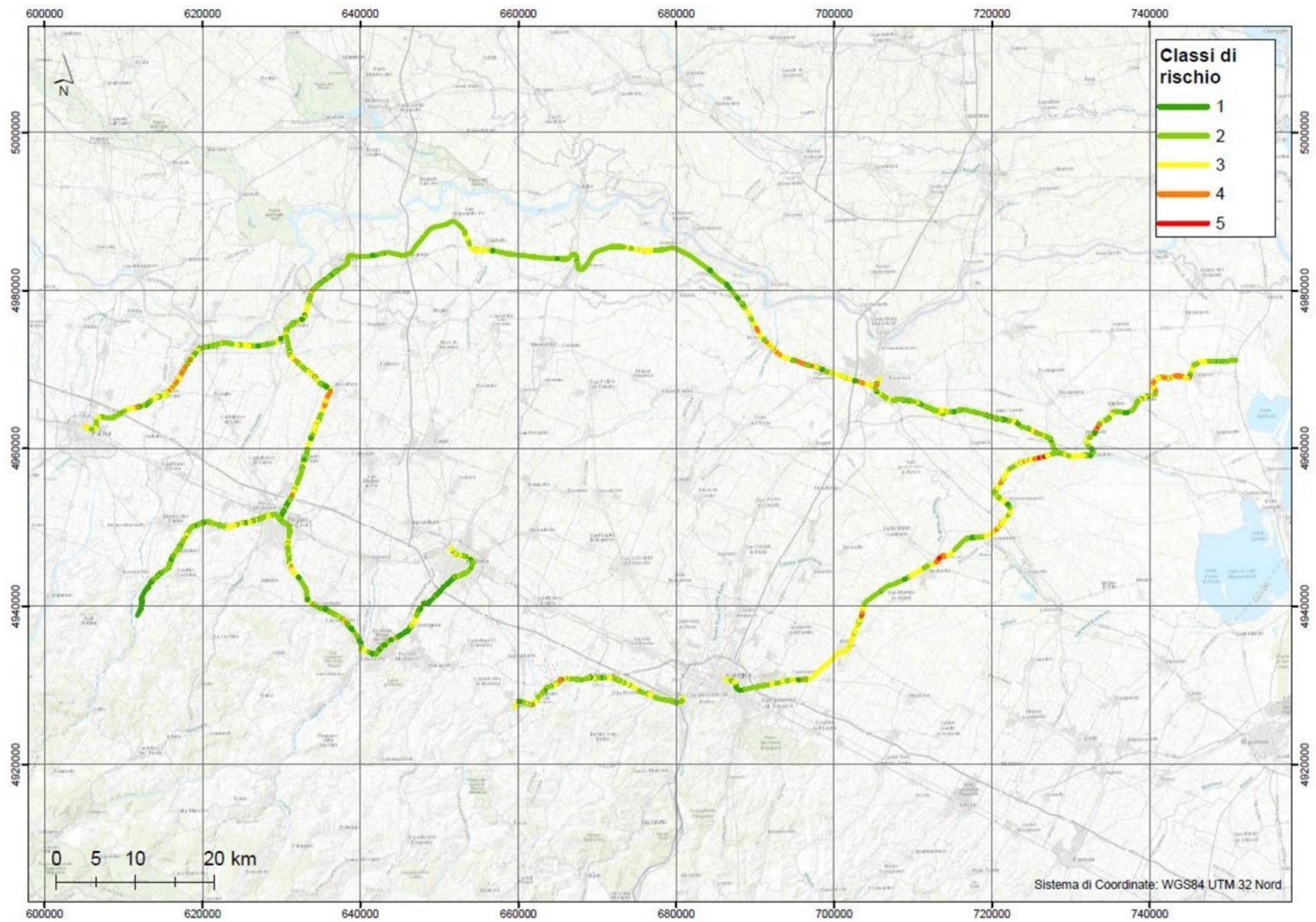


Figura 29. *Mapa delle classi di Rischio per l'intera rete FER*

3.2.2 Risultati per ciascuna tratta

Linea Bologna – Portomaggiore

PROBABILITÀ	5	0	0	3	4	6
	4	5	6	19	9	17
	3	6	5	39	23	85
	2	3	4	25	13	56
	1	0	0	3	1	7
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Figura 30. Matrice di rischio della linea Bologna - Portomaggiore

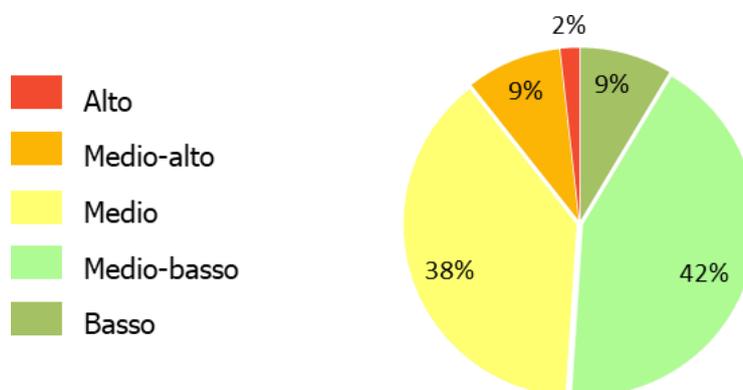


Figura 31. Distribuzione percentuale del rischio della linea Bologna - Portomaggiore

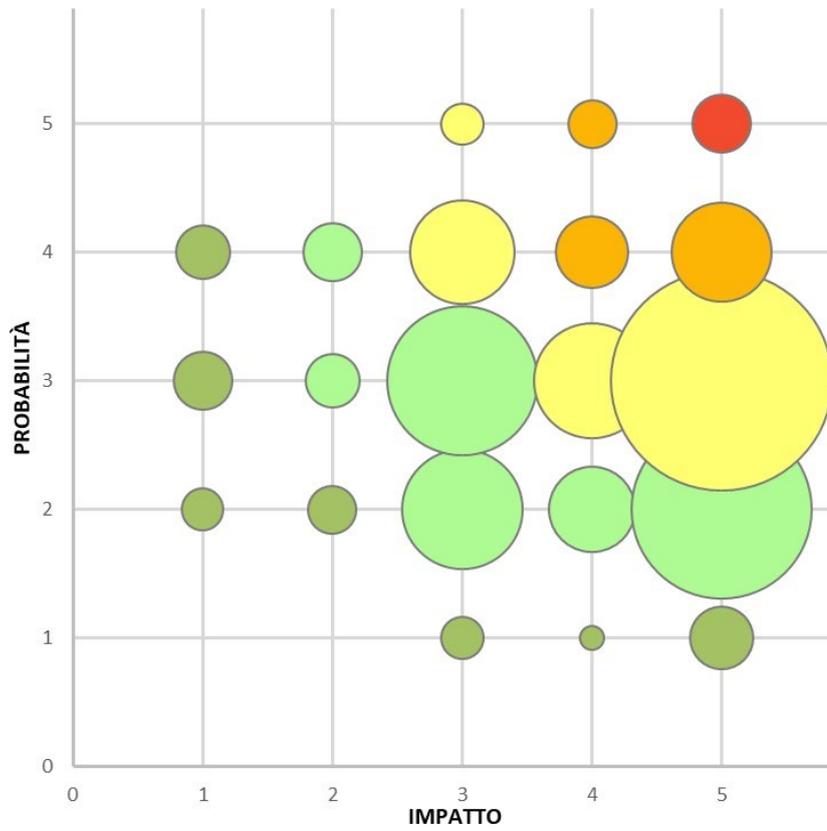


Figura 32. Bubble chart della distribuzione di rischio della linea Bologna - Portomaggiore

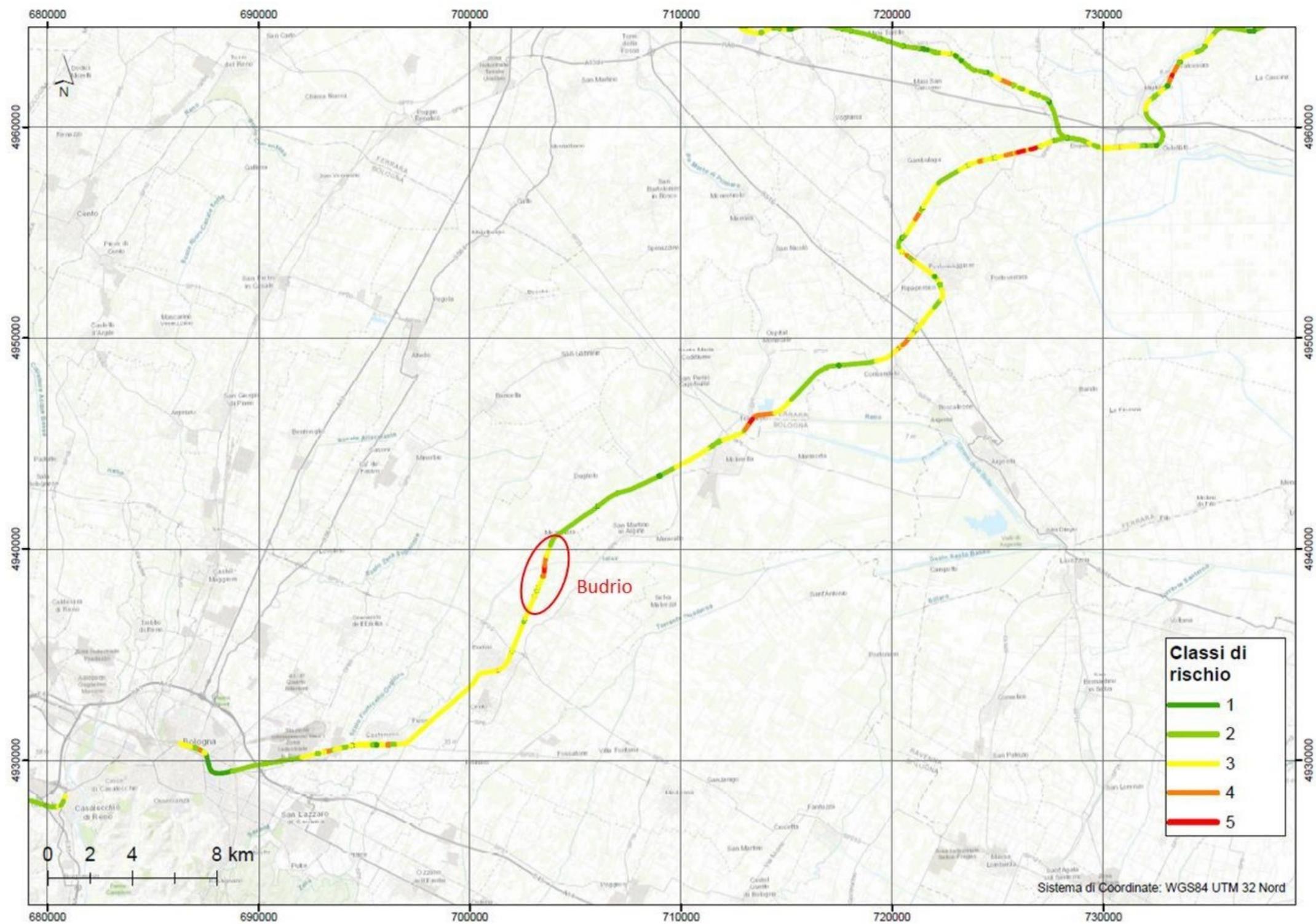


Figura 33. Mappa delle classi di rischio per la linea Bologna – Portomaggiore. In rosso è segnata la porzione di tratta in corrispondenza di Budrio dove è avvenuto il sinistro (rif. paragrafo 5.2)

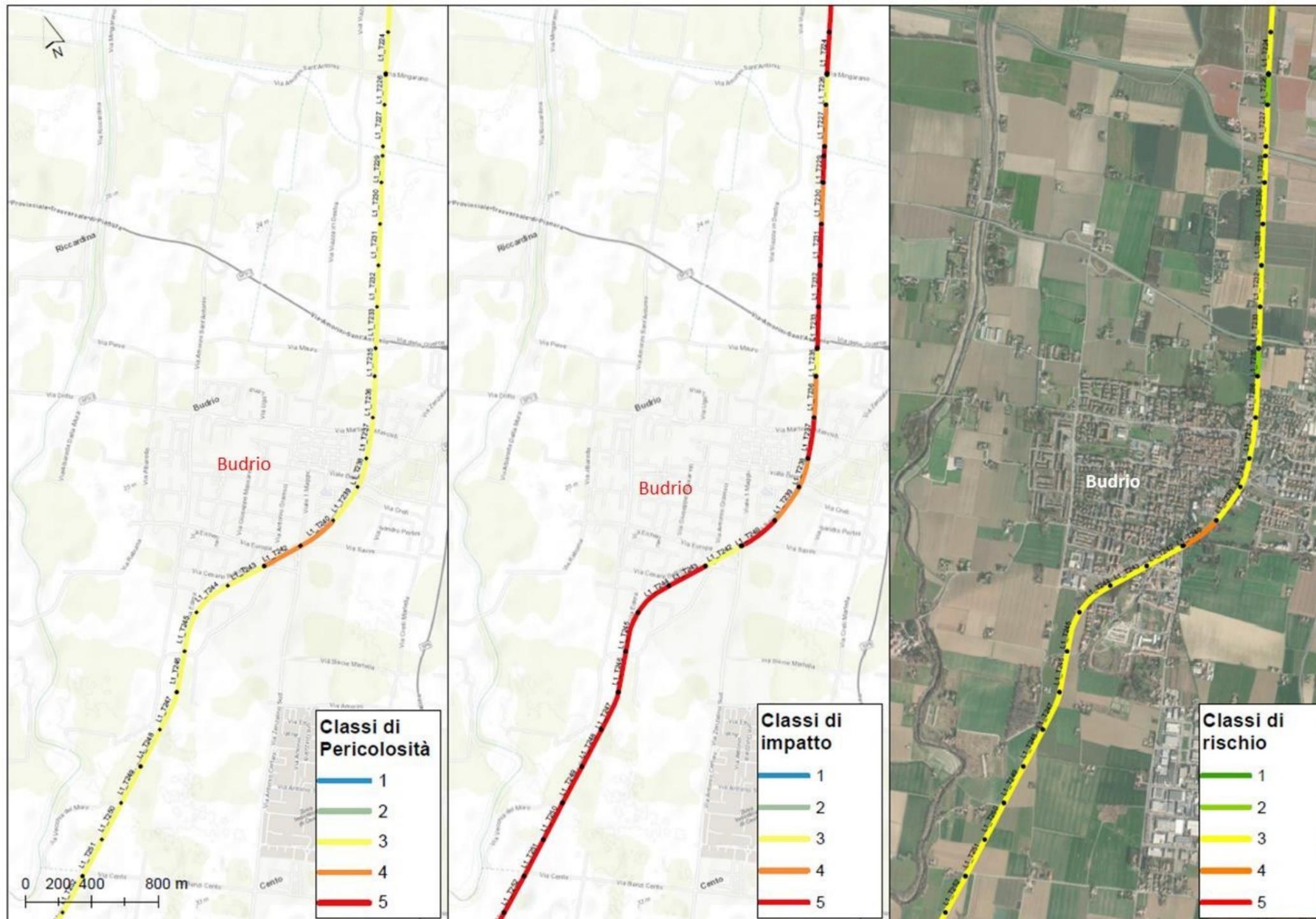


Figura 35. Mappa della Pericolosità, Impatto e Rischio per la tratta della linea Bologna – Portomaggiore oggetto del sinistro.

Linea Casalecchio – Vignola

PROBABILITÀ	5	0	0	0	3	1
	4	3	8	14	7	3
	3	12	17	40	16	18
	2	3	5	17	12	11
	1	0	0	0	0	0
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Figura 36. Matrice di rischio della linea Casalecchio – Vignola

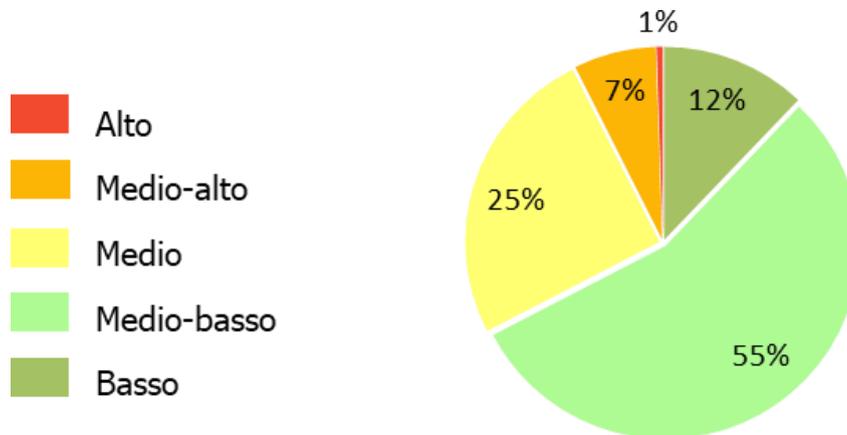


Figura 37. Grafico a torta della distribuzione percentuale del rischio della linea Casalecchio - Vignola

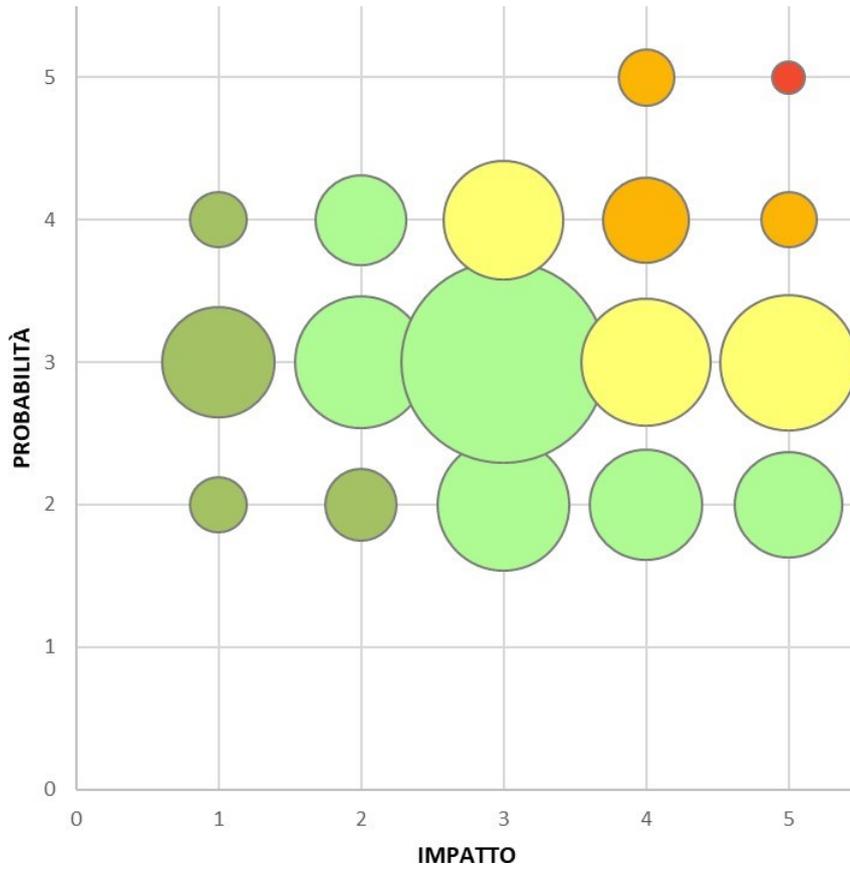


Figura 38. Bubble chart della distribuzione di rischio della linea Casalecchio - Vignola

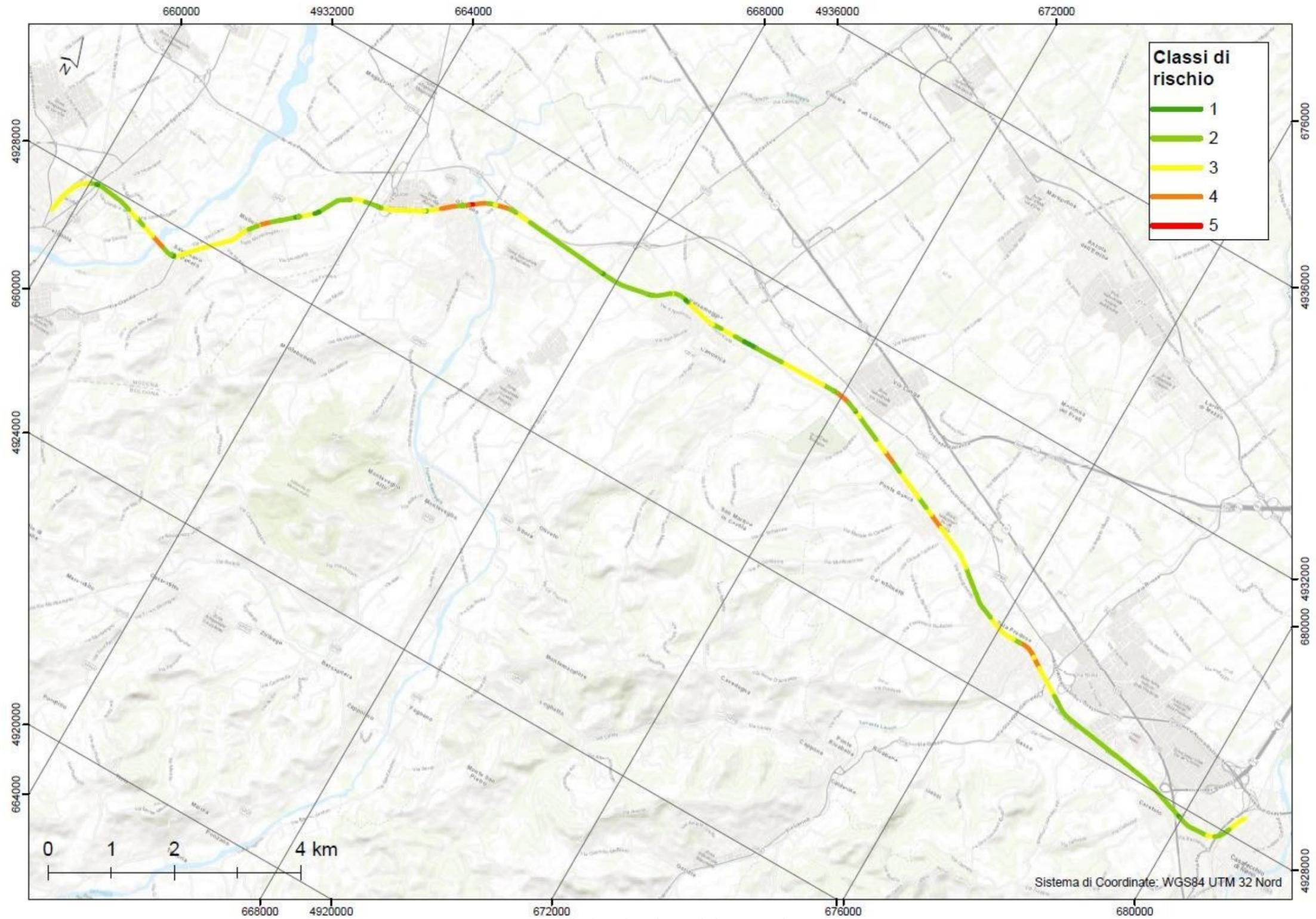


Figura 39. Mappa delle classi di rischio per la linea Vignola - Casalecchio

Linea Parma – Suzzara

PROBABILITÀ	5	4	1	8	8	1
	4	16	10	35	14	0
	3	17	24	58	24	5
	2	13	12	49	17	5
	1	0	0	0	0	0
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Figura 40. Matrice di rischio della linea Parma – Suzzara

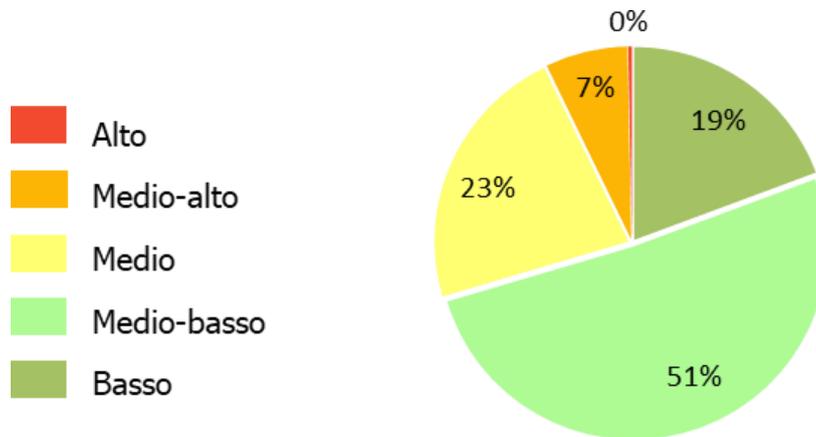


Figura 41. Grafico a torta della distribuzione percentuale del rischio della linea Parma - Suzzara

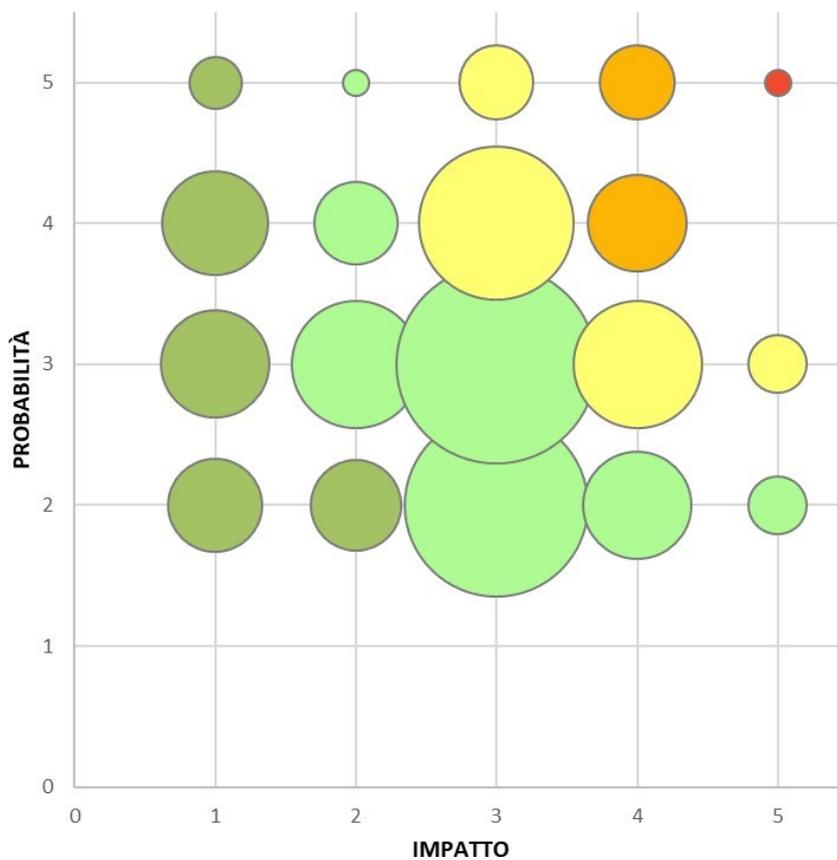


Figura 42. Bubble chart della distribuzione di rischio della linea Parma - Suzzara

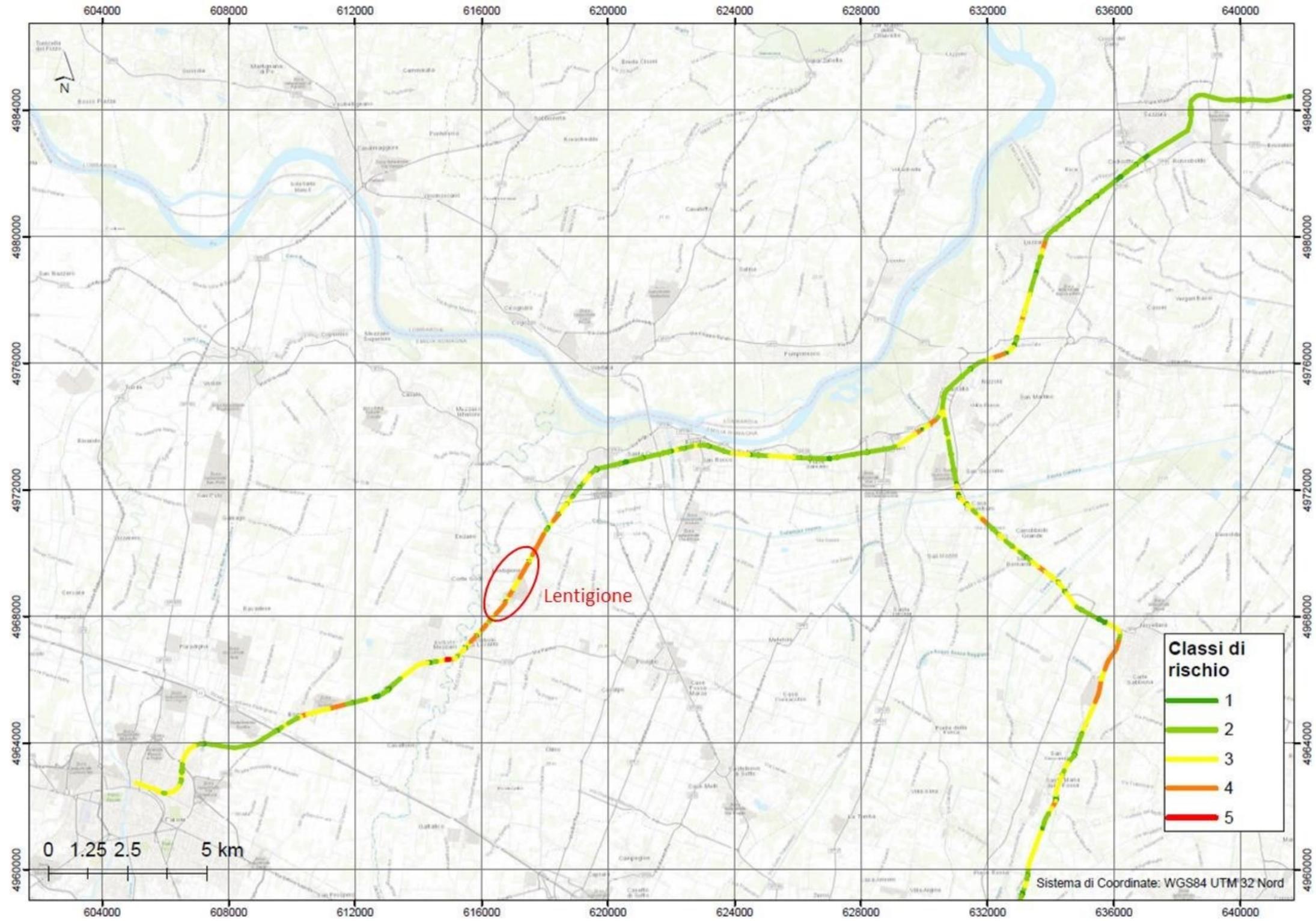


Figura 43. Mappa delle classi di rischio per la linea Parma – Suzzara. In rosso è segnata la porzione di tratta in corrispondenza di Budrio dove è avvenuto il sinistro (rif. paragrafo 5.1)

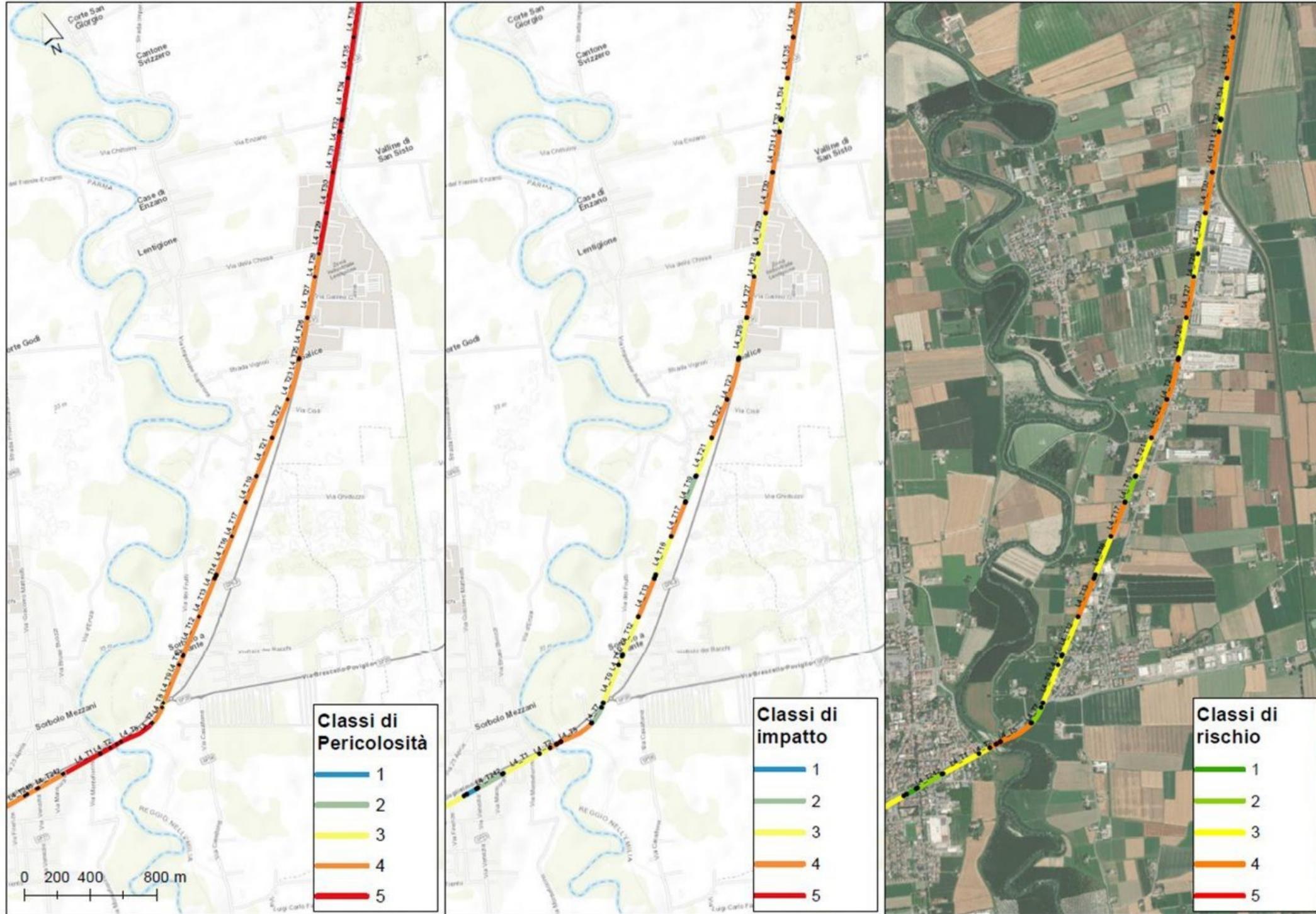


Figura 44. Mappa delle classi di rischio per la tratta della linea Parma – Suzzara oggetto del sinistro

Linea Suzzara – Ferrara

PROBABILITÀ	5	0	0	0	1	0
	4	11	8	29	12	18
	3	2	8	25	25	34
	2	7	11	37	116	76
	1	0	0	0	0	0
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Figura 45. Matrice di rischio della linea Suzzara – Ferrara

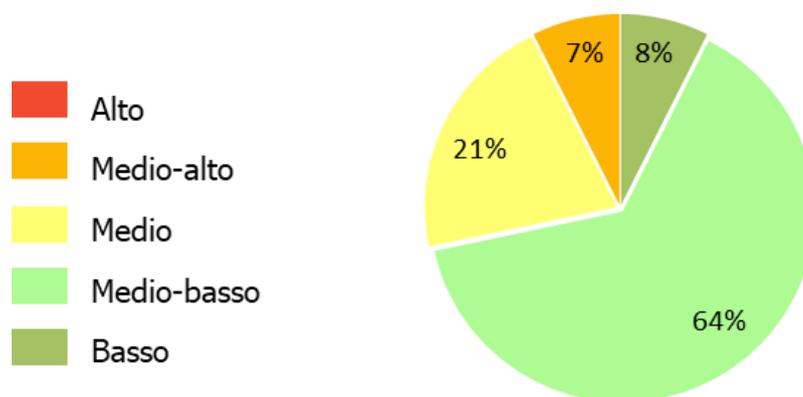


Figura 46. Grafico a torta della distribuzione percentuale del rischio della linea Suzzara - Ferrara

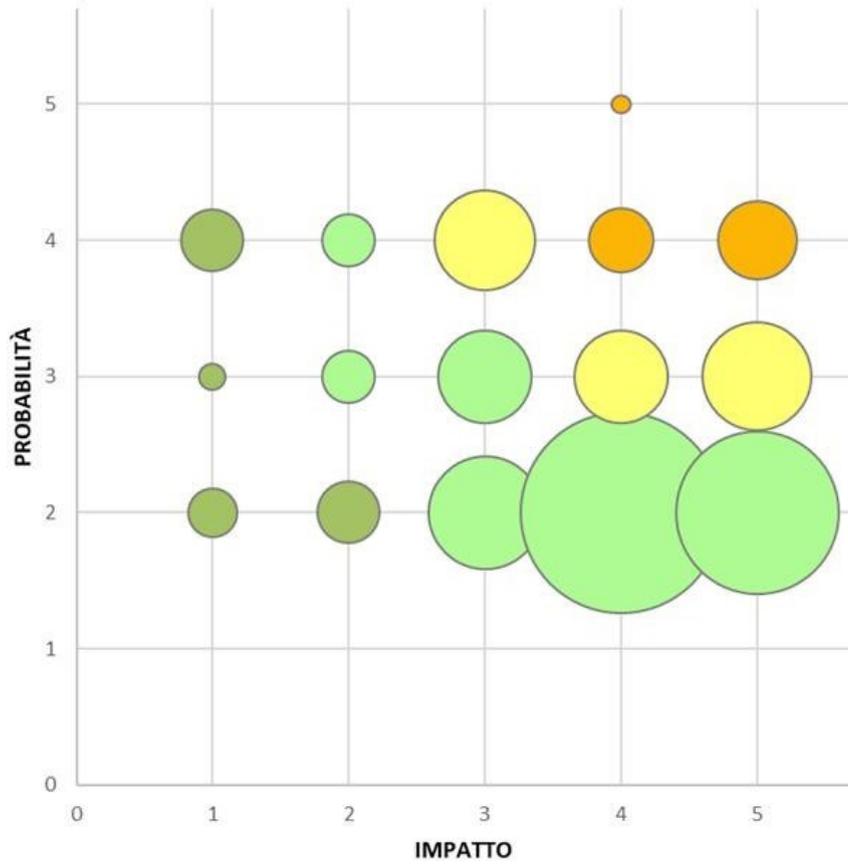


Figura 47. Bubble chart della distribuzione di rischio della linea Suzzara - Ferrara

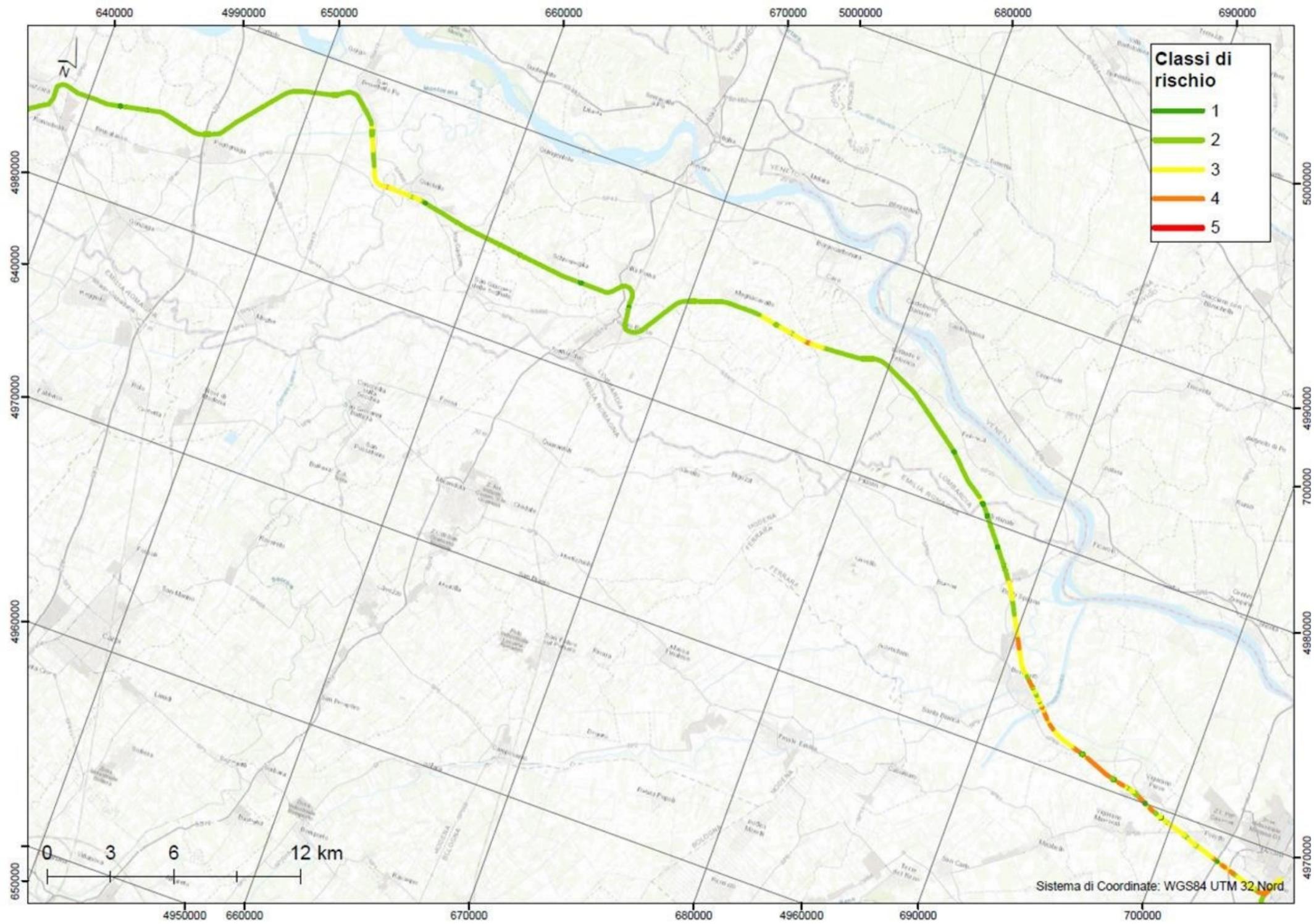


Figura 48. mappa delle classi di rischio per la linea Suzzara - Ferrara

Linea Ferrara – Codigoro

PROBABILITÀ	5	0	1	8	6	1
	4	4	8	22	22	1
	3	25	36	93	49	4
	2	17	21	60	36	0
	1	0	0	0	0	0
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Figura 49. Matrice di rischio della linea Ferrara – Codigoro

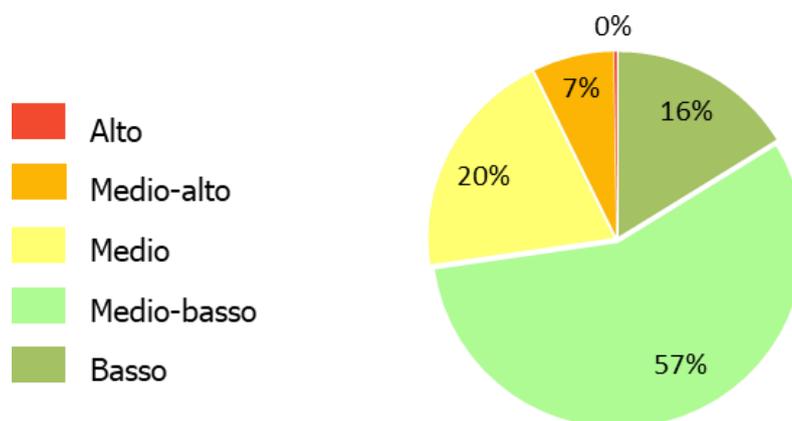


Figura 50. Grafico a torta della distribuzione percentuale del rischio della linea Ferrara - Codigoro

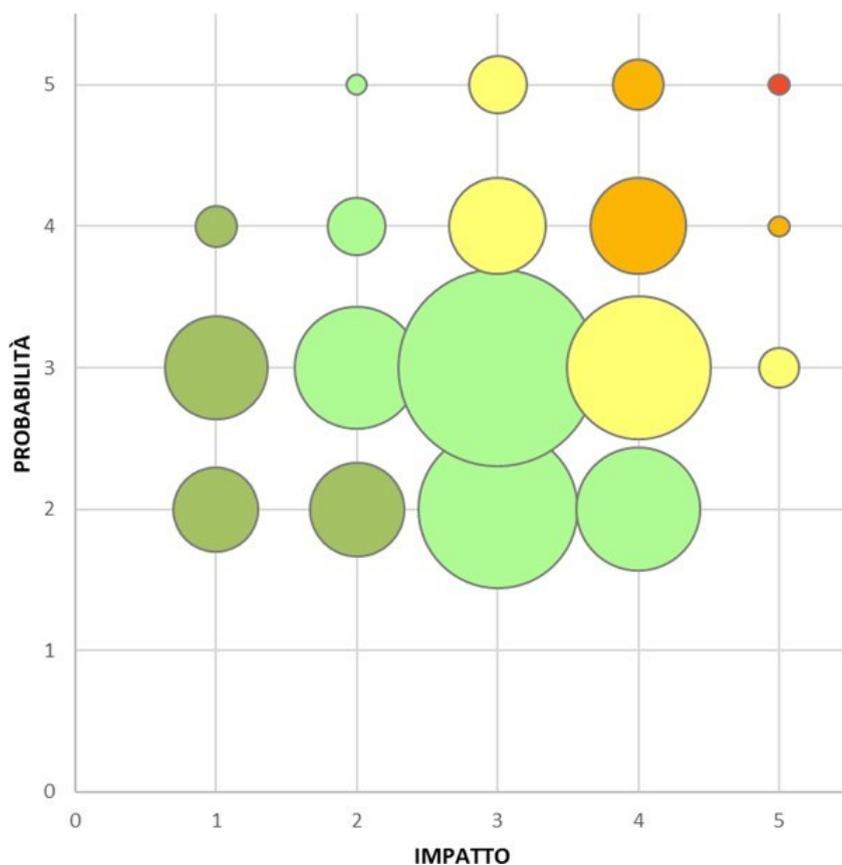


Figura 51. Bubble chart della distribuzione di rischio della linea Ferrara - Codigoro

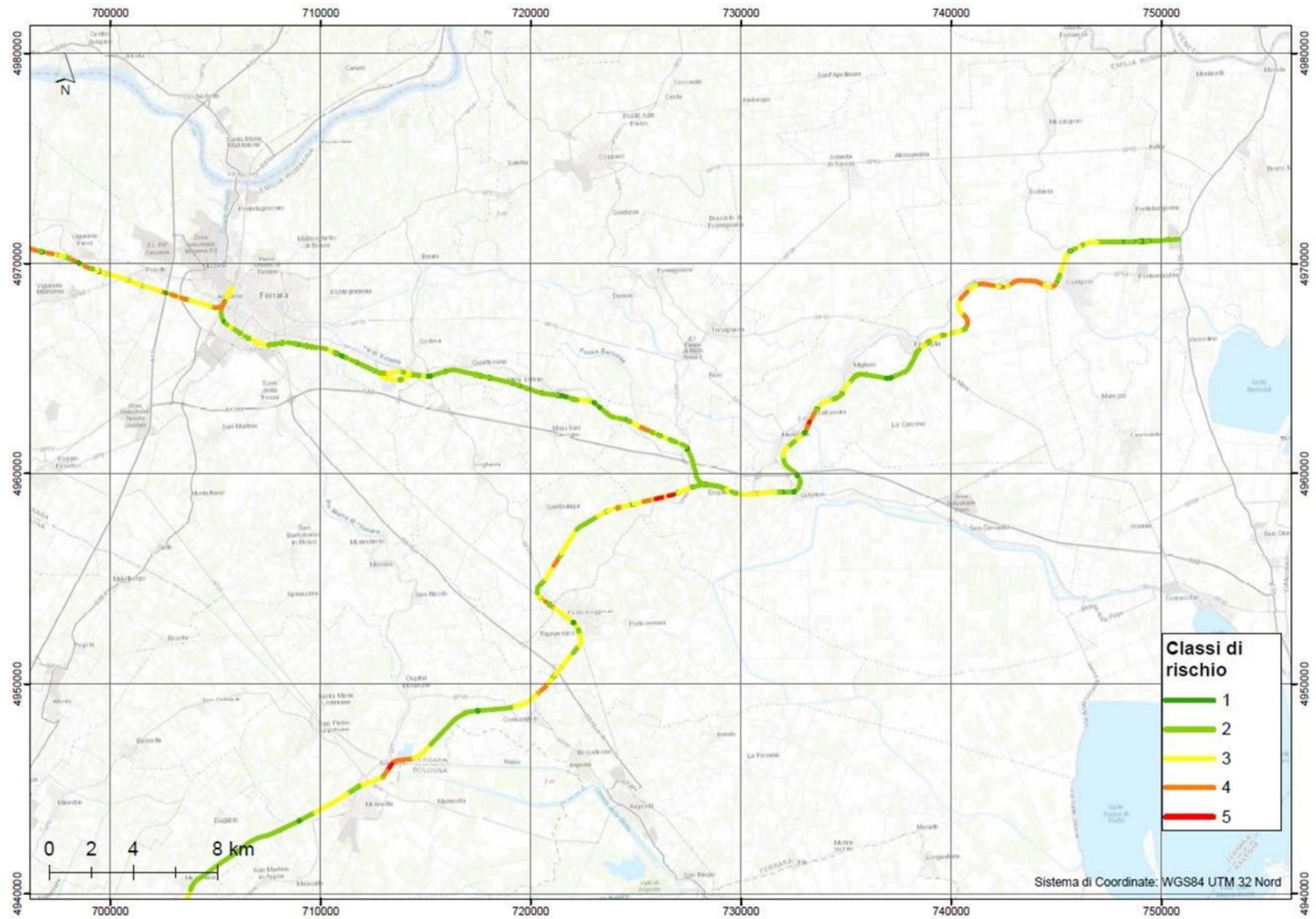


Figura 52. mappa delle classi di rischio per la linea Ferrara – Codigoro

Linea Reggio Emilia – Sassuolo

PROBABILITÀ	5	0	0	0	0	0
	4	5	6	10	5	2
	3	10	13	31	9	1
	2	13	17	37	20	0
	1	0	0	0	0	0
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Figura 53. Matrice di rischio della linea Reggio Emilia – Sassuolo

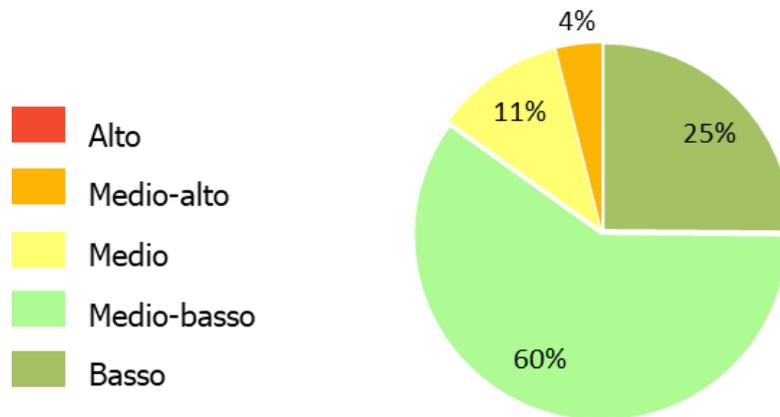


Figura 54. Grafico a torta della distribuzione percentuale del rischio della linea Reggio Emilia - Sassuolo

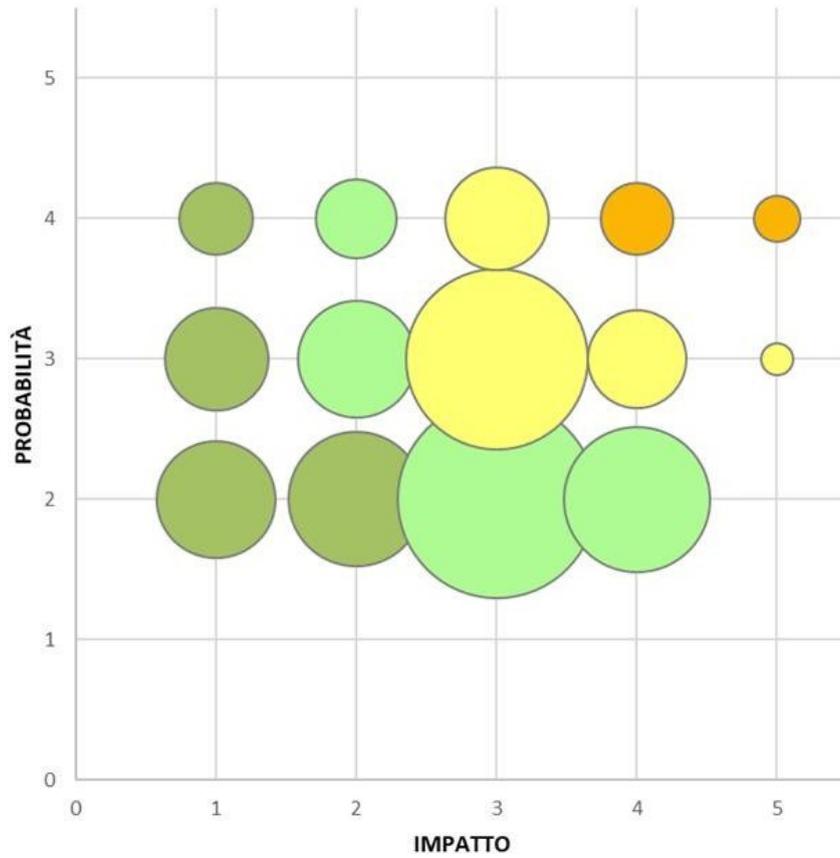


Figura 55. Bubble chart della distribuzione di rischio della linea Reggio Emilia - Sassuolo

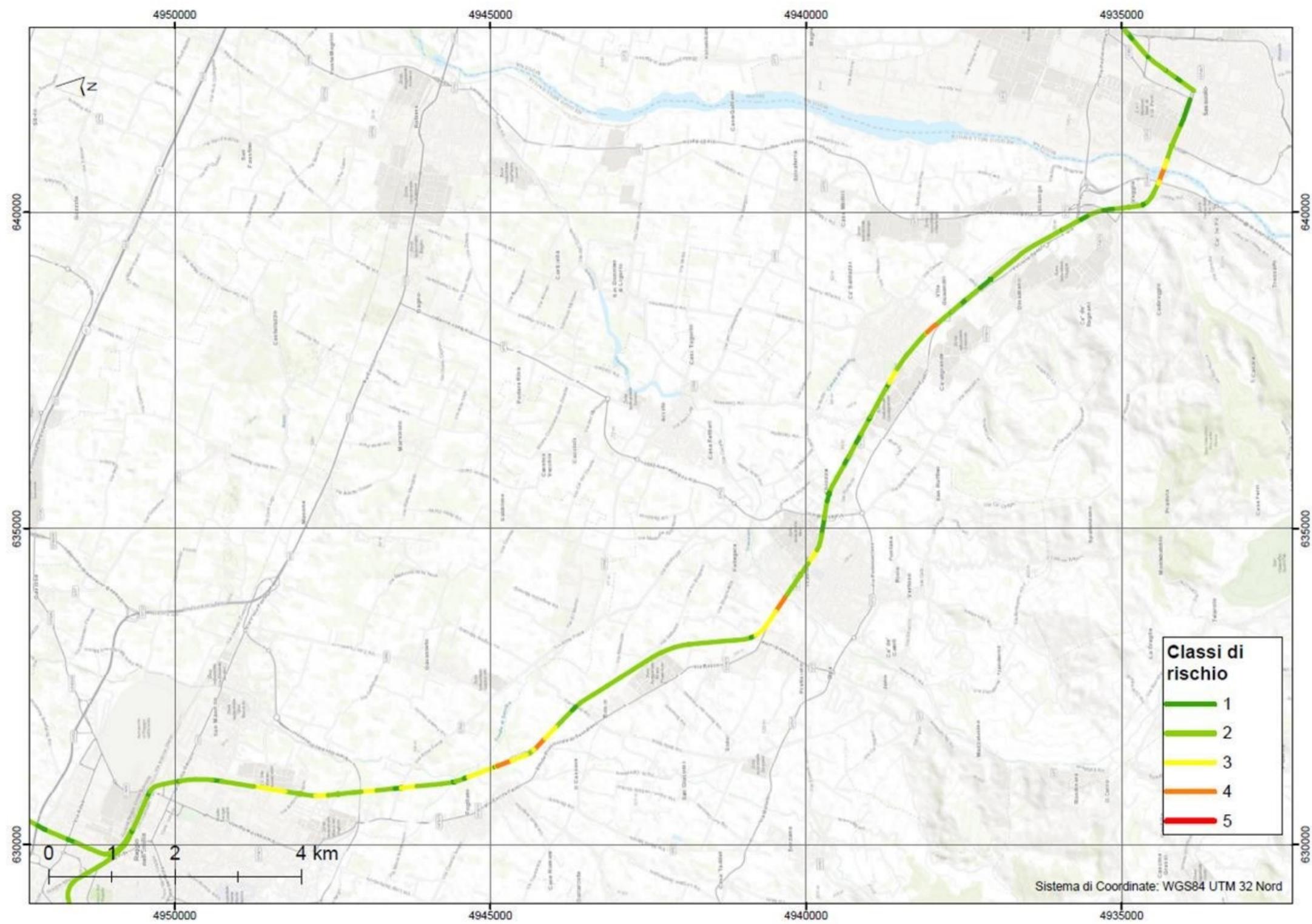


Figura 56. Mappa delle classi di rischio per la linea Reggio Emilia – Sassuolo

Linea Reggio Emilia – Guastalla

PROBABILITÀ	5	3	1	5	1	0
	4	9	3	22	12	0
	3	24	21	54	24	0
	2	6	15	20	5	0
	1	0	0	0	0	0
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Figura 57. Matrice di rischio della linea Reggio Emilia – Guastalla

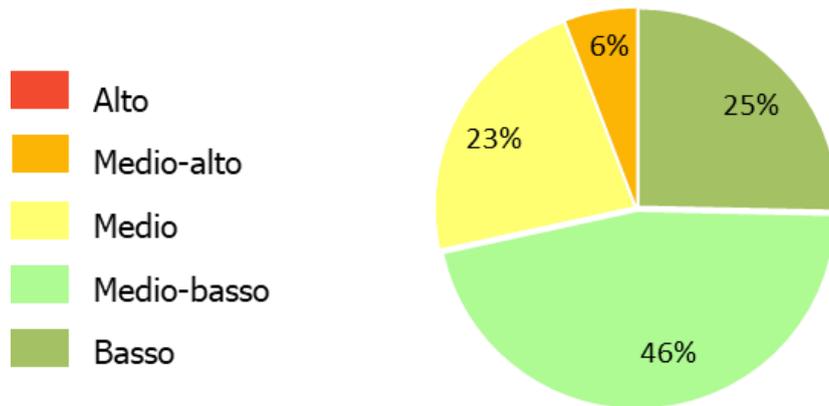


Figura 58. Grafico a torta della distribuzione percentuale del rischio della linea Reggio Emilia - Guastalla

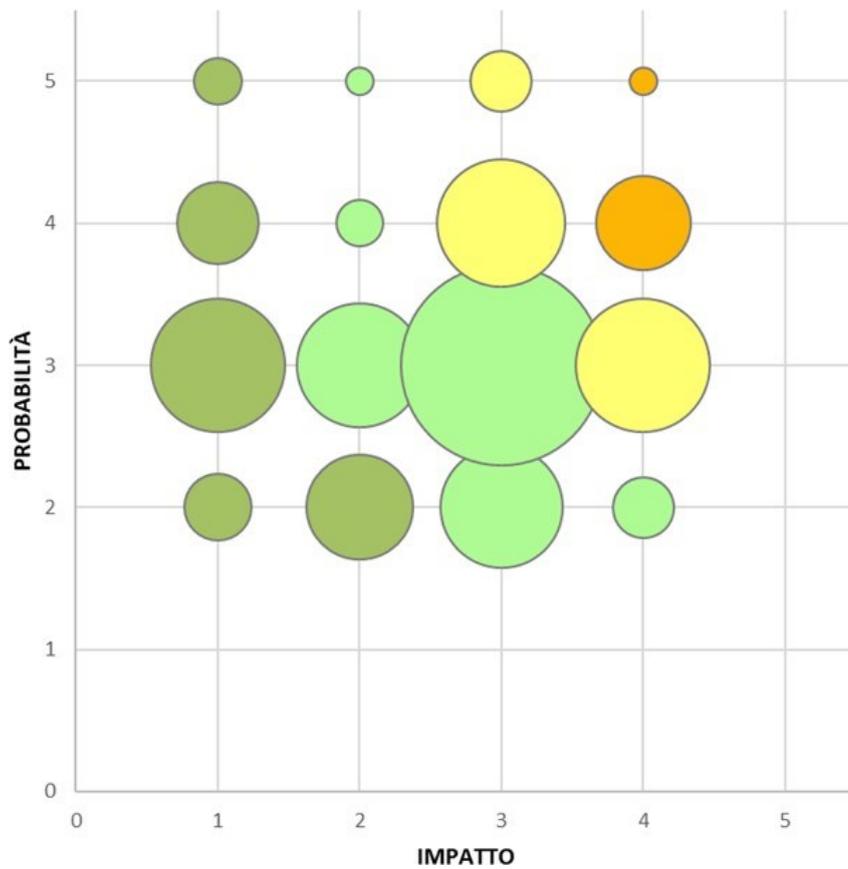


Figura 59. Bubble chart della distribuzione di rischio della linea Regg Emilia - Guastalla

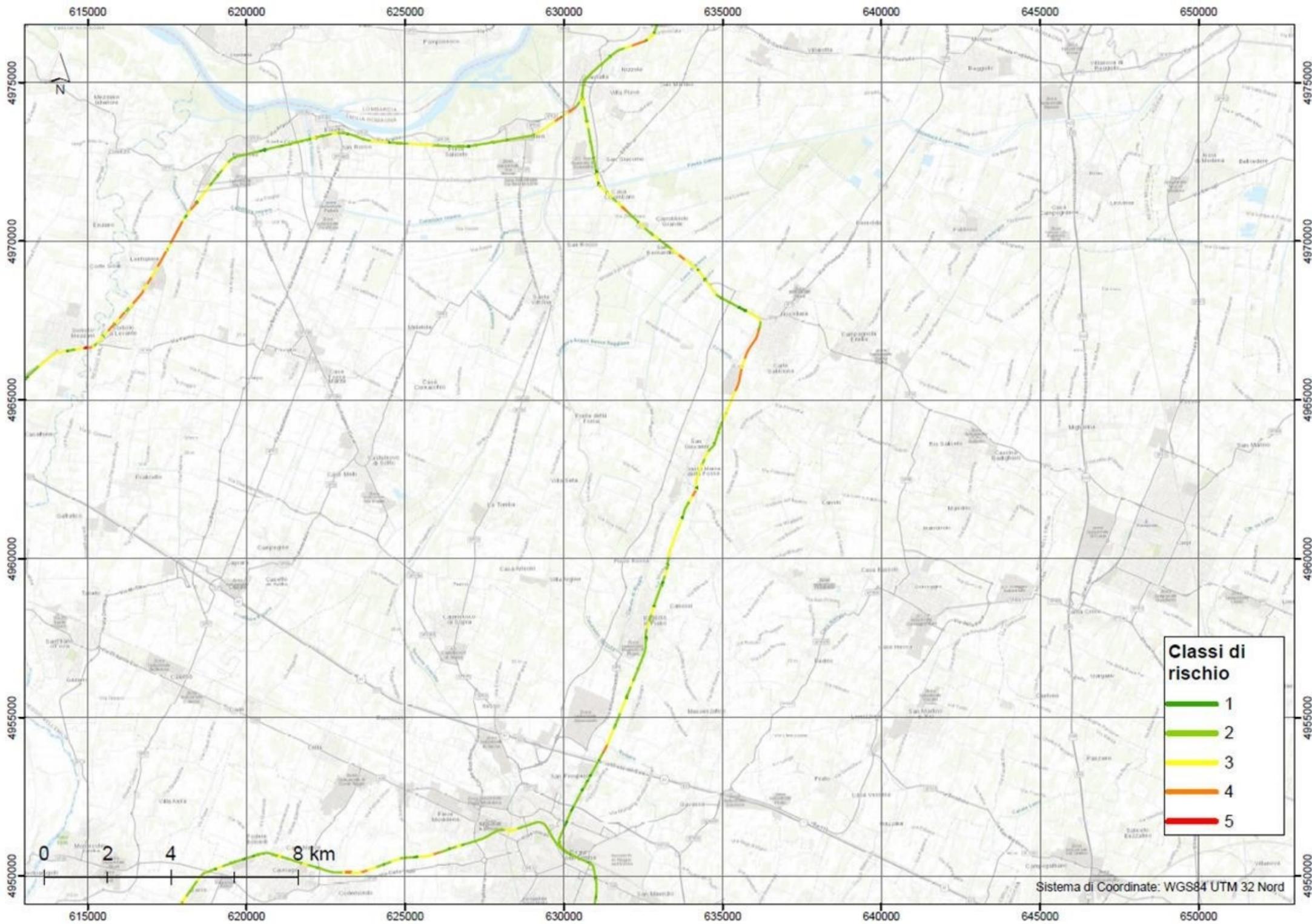


Figura 60. Mappa delle classi di rischio per la linea Reggio Emilia – Guastalla

Linea Reggio Emilia – Ciano d’Enza

PROBABILITÀ	5	0	0	0	0	0
	4	2	9	17	3	0
	3	19	21	57	12	0
	2	13	8	21	11	0
	1	0	2	3	11	2
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Figura 61. Matrice di rischio della linea Reggio Emilia – Ciano d’Enza

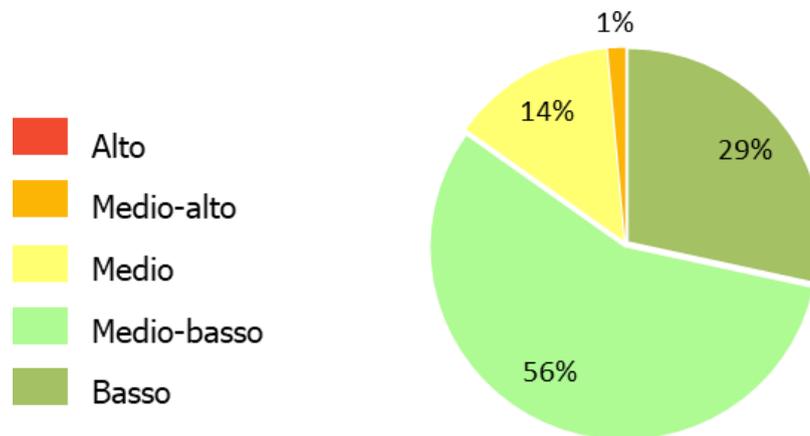


Figura 62. Grafico a torta della distribuzione percentuale del rischio della linea Reggio Emilia – Ciano d’Enza

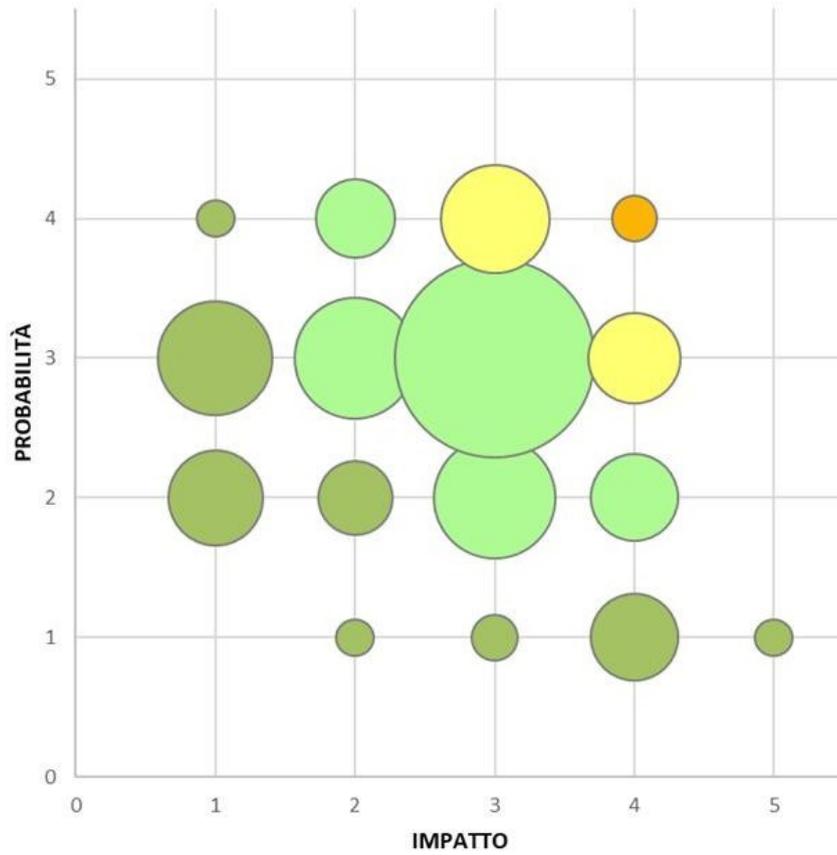


Figura 63. Bubble chart della distribuzione di rischio della linea Reggio Emilia – Ciano d'Enza

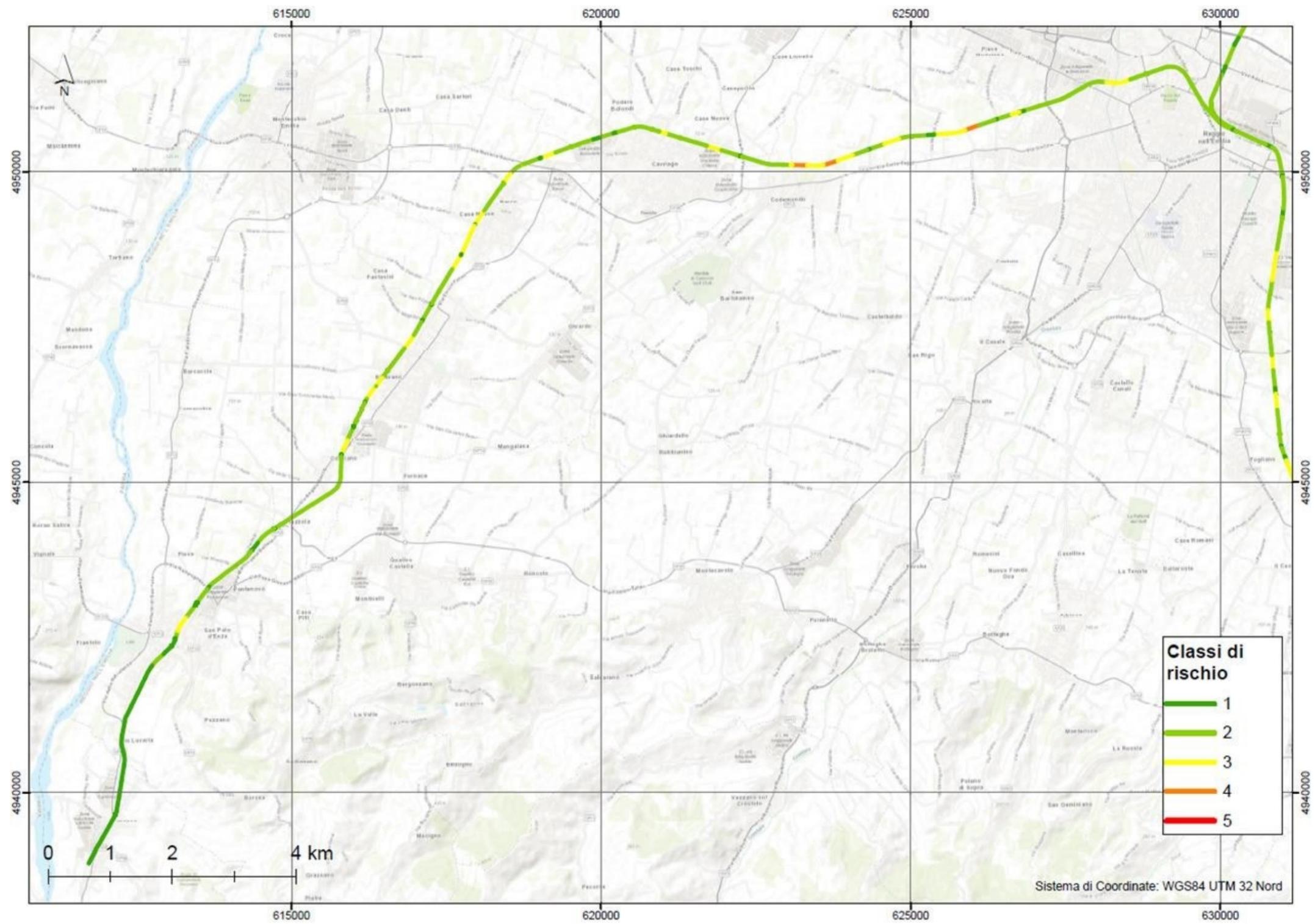


Figura 64. Mappa delle classi di rischio per la linea Reggio Emilia – Ciano d'Enza

Linea Modena – Sassuolo

PROBABILITÀ	5	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	1	0
	3	8	6	21	12	9
	2	6	15	25	8	13
	1	10	5	19	5	8
		1	2	3	4	5
	IMPATTO					

Figura 65. Matrice di rischio della linea Modena – Sassuolo

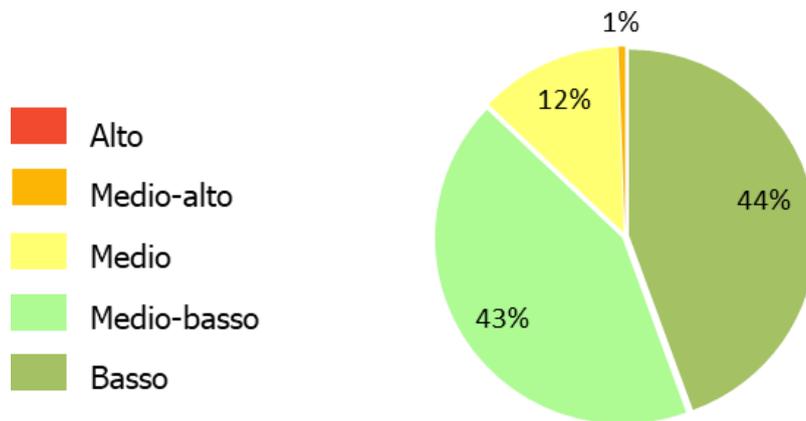


Figura 66. Grafico a torta della distribuzione percentuale del rischio della linea Modena – Sassuolo

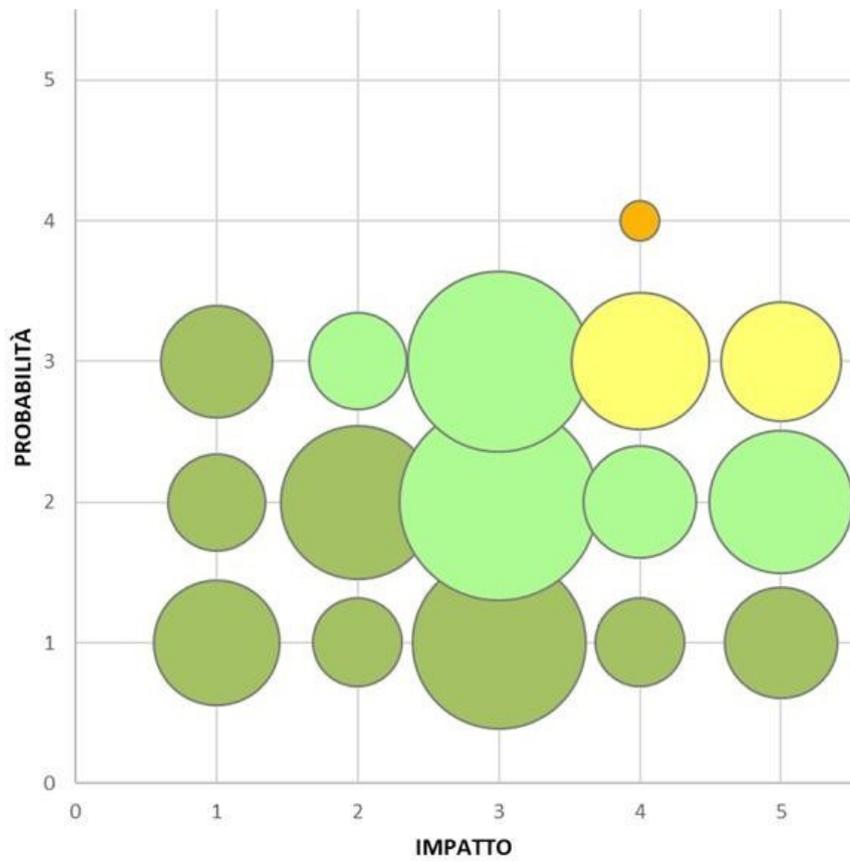


Figura 67. Bubble chart della distribuzione di rischio della linea Modena – Sassuolo

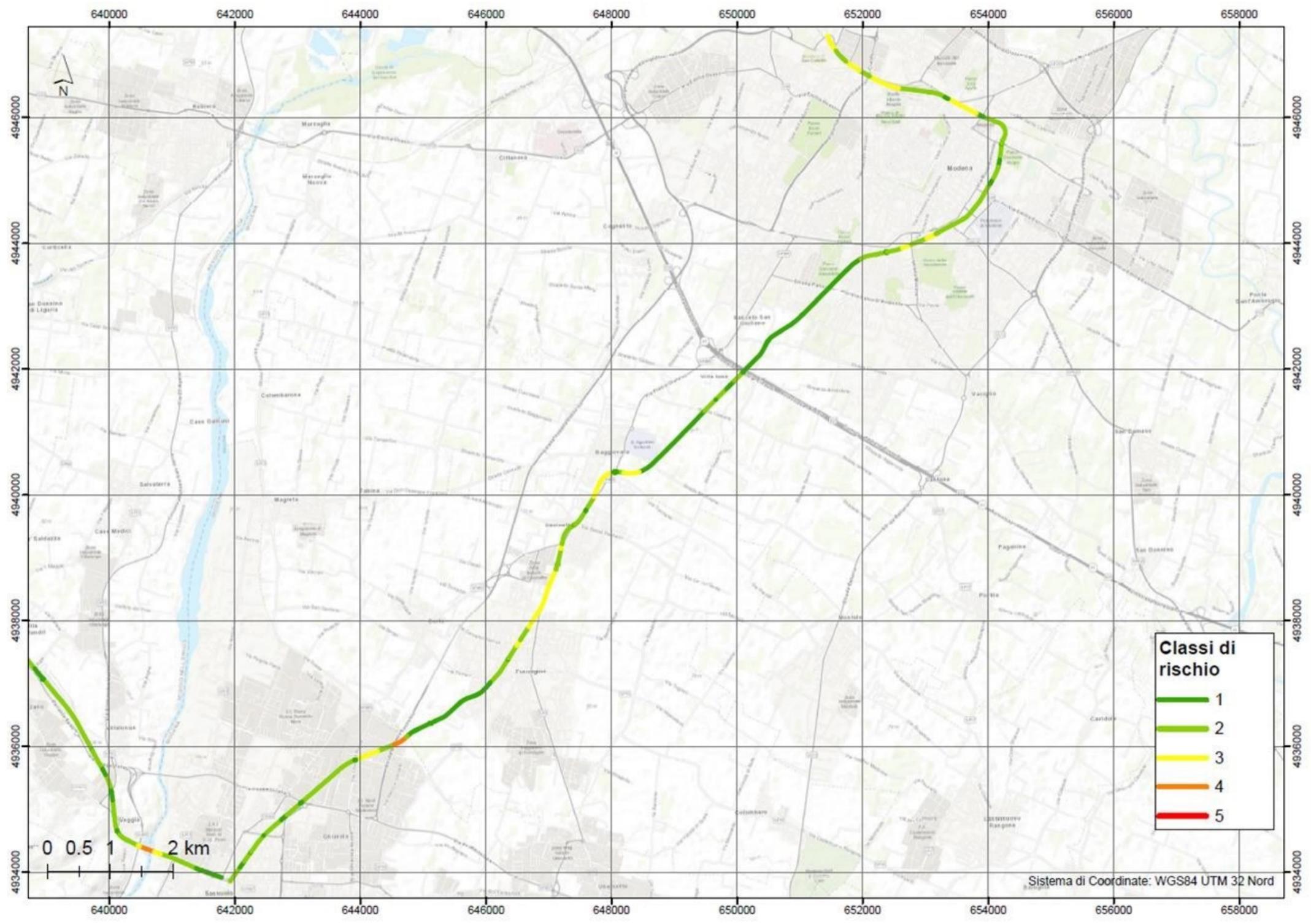


Figura 68. Mappa delle classi di rischio per la linea Modena – Sassuolo

3.3 Stima del MFL (Maximum Foreseeable Loss)

Preliminarmente risulta importante rammentare che l'M.F.L. è la massima perdita prevedibile nelle condizioni più pessimistiche (assenza di intervento delle protezioni attive e di interventi esterni) nell'area di più elevato rischio.

Grazie alle analisi svolte, presi anche a riferimento i pregressi eventi alluvionali a cui è stata soggetta la rete, è stato possibile individuare quale scenario plausibile di danno per la quantificazione dell'M.F.L. un evento che coinvolge una generica tratta di circa 5 km di estensione della rete.

Mettendo in relazione tale scenario con la distribuzione del Rischio sull'intera rete è stato possibile formulare una **stima dell'M.F.L. per danni materiali diretti in un range di circa 9,5 ÷ 10 mln€.**