



KAUFHAUS BOZEN

DAS INFRASTRUKTURPROJEKT IL PROGETTO INFRASTRUTTURALE

Hydrogeologischer und hydraulischer Bericht Relazione idrogeologica ed idraulica

W:\2013\13-105 Kaufhaus Bozen\K04_VP\02_Infra\01_Cad\Titelblätter\B C 00 - KHBZ - COPERTINA Geologie.dwg

Bearbeitet-Elaborato: .	Maßstab-Scala	Nr.	B.b.10
Datum-Data: LUGLIO 2014	-	Einlage-Nr.	-
Änderungen-Varianti		Datum-Data	bear. / rev.
a -		-	-
b -		-	-
c -		-	-
d -		-	-
Bauherr/Committente:  KHB Kaufhaus Bozen GmbH Eine Gesellschaft der SIGNA Gruppe.			
General Contractor - Projektmanagement:  ICM Italia General Contractor Srl			
Planungsteam/Team di Progettazione:  Geologia e Ambiente Geologie und Umweltschutz 			

in.ge.na.

ingenieurwesen • geologie • naturreaumplanung
ingegneria • geologia • natura e pianificazione

Geologia e Ambiente
Geologie und Umweltschutz
GEOLOGIA APPLICATA, IDROLOGIA, GEOMECCANICA, VALUTAZIONI E SISTEMAZIONI GEDAMBENTALI
ANGEWANDTE GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE, FELSMEECHANIK, UMWELTSCHUTZ
STUDIO ASSOCIATO - BIURGEMEINSCHAFT

dott. Michele Nobile
dott. Lorenzo Cadrobbi
dott. Stefano Paternoster
dott. Claudio Valle

Auftraggeber: ICM – Italia General Contractor S.r.l

**NACHWEIS DER HYDROGEOLOGISCHEN UND HYDRAULISCHEN
GEFAHREN IM BAHNHOFBEREICH BOZEN**

Bericht 1637/2/13



GC/ct/Oktober /13

„Dieses Dokument darf nicht ganz oder teilweise ohne die schriftliche Zustimmung des Büros „GEOLOGIE UND UMWELTSCHUTZ“ kopiert, vervielfältigt oder veröffentlicht werden (Gesetz vom 22. April 1941, Nr. 633, Art. 2575 und ff. Zivilgesetzbuch).

INHALTSVERZEICHNIS

1. Prämisse	2
2. Bericht der geologische Gefahren	3
3. Hydrologische Kurz Bericht	18
4. Schlussbetrachtungen	23
5. Ausführlicher Hydrologischer Bericht	26

INDICE

1. Premessa	10
2. Grado di studio definitivo	11
3. Relazione idraulica sintetica	18
4. Conclusioni	24
5. Relazione idraulica dettagliata	26

1. Prämisse

Im Auftrag und auf Rechnung der Firma “ ICM – Italia General Contractor S.r.l. „ wurde eine Studie für die Festlegung der hydrogeologischen und hydraulischen Gefährdung im Bahnhofsbereich zwischen Bahnhofsallee, Garibaldi Straße, Südtiroler Straße und Perathoner Straße angefertigt.

Das Ziel dieser Studie ist der Entwurf eines Einkaufszentrum im Bozen.

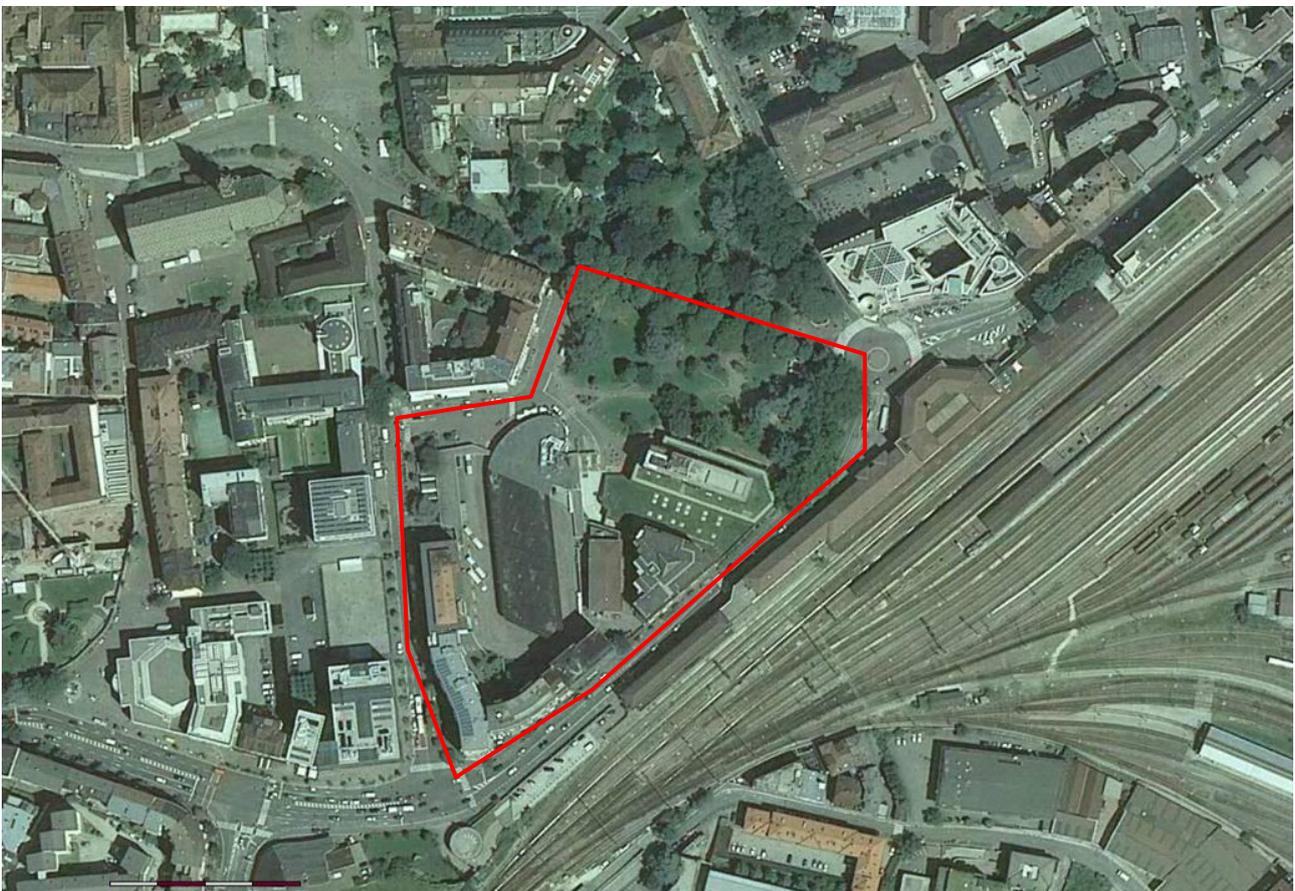


Abb. 1 Orthofoto (2011) der Lage des untersuchten Standorts.

2 Bericht der geologischen Gefahren

2.1 Geografische und geologische Einordnung

Der untersuchte Standort liegt im Zentrum der Stadt Bozen auf den Randbereichen des vom Talferbach abgelagerten Schuttkegels, auf dem sich die Ortschaft befindet. Dieser Kegel gehört zum „Bozner Talkessel“, der geomorphologisch den Teil des Etschtals am Zusammenfluss des Talferbachs und des Eisacks bestimmt, welches einen aggradierten Graben darstellt, der durch die fluviatile und glaziale Erosion innerhalb der zur Südtiroler Porphyryplattform gehörenden Lithotypen entstand.

Vom geologischen Standpunkt liegt das Bozner Becken innerhalb des „Südtiroler Vulkankomplexes“, der sich im Perm gebildet hat und aus einer Abfolge von mächtigen und ausgedehnten Ignimbritbänken besteht, die bisweilen von Sandstein, Konglomeraten, Tuffit und Breccien durchzogen werden. Dieses Gestein ist in ausgedehnten Aufschlüssen längs der Talabhänge zu sehen, wenn es auch örtlich von Schuttdecken, Geröllablagerungen oder losem Material glazialen Ursprungs verdeckt sein mag.

Die Tiefe der Gesteinsunterschicht im Gebiet von Bozen-Süd wurde aufgrund einer seismischen Reflexionsuntersuchung in einem Gebiet in der Nähe des Flughafens in einer Tiefe zwischen 500 und 600 m unter GOK festgestellt (SCHMID C. und GÄNSLER, 1993). In den oberen Bereichen bestehen diese Ablagerungen aus Schwemmmaterial aus dem Talgrund, das im Quartär von den Flüssen Etsch und Eisack, der Talfer und zahlreichen von ihren Nebenflüssen gebildeten Schuttkegeln abgelagert wurde, die am Fuß der Talabhänge liegen.

Wie in allen Schuttkegeln finden sich auch im untersuchten Schuttkegel Ablagerungen von gröberem Lithotypen im oberen Bereich, wo die Ablagerungsenergie höher ist; je weiter man sich von diesem Bereich entfernt, verringert sich die Ablagerungsenergie immer mehr, und die Korngröße der Sedimente wird immer kleiner. Lithostratigraphisch äußert sich dies in der Ablagerung von grobem Kies an der Spitze, aus dem zum Fuß hin sandiger Kies, kiesiger Sand, toniger Sand und Tone werden; der Ton verzahnt sich mit den Schwemmlagerungen des Eisacks im Süden der Ortschaft Bozen und der Etsch wenige Dutzend Meter östlich des untersuchten Gebiets.

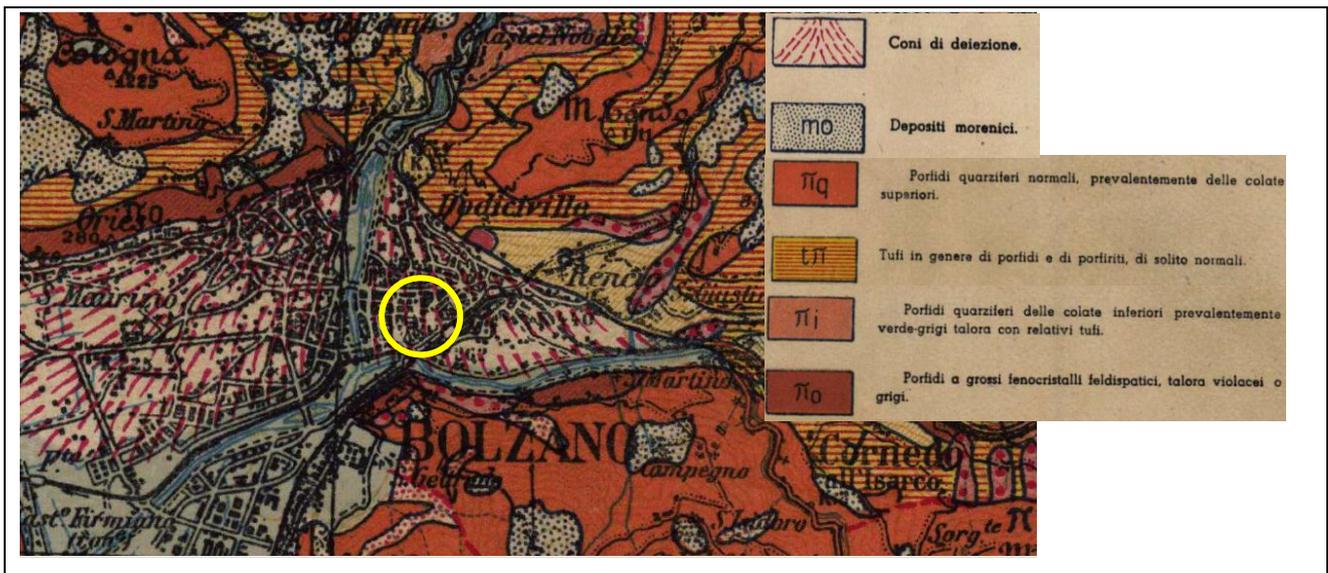


ABBILDUNG 2 – Auszug der geologischen Karte Italiens

Gemäß Art. 2 und 10 der „Durchführungsverordnung betreffend die Gefahrenzonenpläne, DLH vom 5. August 2008, Nr. 42“, muss der Nachweis der hydrogeologischen Gefährlichkeit Massenbewegungen, Wassergefahren und Lawinen berücksichtigt.

1. Es ist unmöglich, dass das Gebiet von Massenbewegungen wie Felsstürzen, Rutschungen oder Hangmuren betroffen wird, da die Hänge mit ausreichendem Gefälle zur Auslösung von Massenbewegungen zu weit entfernt liegen; außerdem sind Einbrüche unmöglich wegen der Natur der Böden, die im untersuchten Standort anstehen. Im Inventar der Massenbewegungen (IFFI) und in den DB der APB sind auch keine Ereignisse der Vergangenheit zu finden.
2. Wassergefahren: die Morphologie des Geländes und die Anwesenheit von Wasserläufen (Talfer und Eisack) in der Nähe des untersuchten Gebietes ermöglichen, dass das Gebiet durch Wassergefahren (Überschwemmungen, Anschwemmungen, Muren usw.) in Mitleidenschaft gezogen wird.
3. Lawinengefahren: Die Hangmorphologie, die Ausrichtung der Hänge und die Höhen der Erhebungen um das Gebiet sind nicht geeignet, Schneeanhäufungen zu begünstigen, die Fließ- oder Staublawinen bzw. Gleitschnee auslösen könnten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, was die hydrogeologische Gefährdung angeht (wie in den Richtlinien für die Erstellung der Gefahrenzonenpläne, DLH vom 5. August 2008, Nr. 42, vorgeschrieben), **dass der Standort weder derzeit noch potenziell zukünftig durch Massenbewegungen, Wasser- oder Lawinengefahren gefährdet ist.**

2.2 GEOLOGISCHEN GEFAHREN UND LAWINENGEFAHR

Was speziell die geologische Problematik angeht, d. h. Felsstürze, Rutschungen, Hangmuren und Einbrüche (wie in den Richtlinien für die Erstellung der Gefahrenzonenpläne, DLH vom 5. August 2008, Nr. 42, vorgeschrieben), **scheint es, dass der Standort weder derzeit noch zukünftig durch eines der genannten Phänomene gefährdet ist.**

Es wird lediglich darauf hingewiesen, dass das Einbruchphänomen in den Richtlinien wie folgt beschrieben wird: "ein Prozess im Zusammenhang mit Auswaschungen von leicht löslichem Gestein wie Gips oder Carniolas im Untergrund oder mit unterirdischen Hohlräumen infolge Verkarstung oder unterirdischen Aushöhlungen, durch Dolinen gekennzeichnet"; dies hat also nichts mit den Setzungen des Erdreichs zu tun, die durch Überlastung entstehen können.

Sind nicht geeignet, Schneeanhäufungen zu begünstigen, die Fließ- oder Staublawinen bzw. Gleitschnee auslösen könnten.

2.3 Geologische Zoneneinteilung gemäß Landesraumordnungsgesetz

Auf der Grundlage der Daten, die sich aus den vorhergehenden Kapiteln ergeben, kann nun zur Festlegung der Gefahrenzonen übergegangen werden; dafür wird nach den von der Autonomen Provinz Bozen für die Erstellung der Gefahrenzonenpläne (DLH vom 5. August 2008, Nr. 42) festgelegten Bestimmungen vorgegangen. Hier werden allgemeine Kriterien für die Festlegung der Gefahrenzonen (Gefahrenstufen) angewendet:

ZONE H4 (ROT) - Verbotsbereich:

Sehr hohe Gefahr: Es ist mit Verlust von Menschenleben bzw. mit schweren Verletzungen, schweren Schäden an Gebäuden, Infrastrukturen und an der Umwelt sowie mit der Zerstörung von sozialen und wirtschaftlichen Aktivitäten zu rechnen. Personen sind sowohl innerhalb als außerhalb von Gebäuden stark gefährdet. Mit der plötzlichen Zerstörung von Gebäuden ist zu rechnen.

ZONE H3 (BLAU) - Gebotsbereich:

Hohe Gefahr: Es ist mit Verletzungen von Personen, funktionellen Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen mit daraus folgender Unzugänglichkeit derselben sowie mit einer Unterbrechung von sozialen und wirtschaftlichen Aktivitäten und beträchtlichen Umweltschäden zu rechnen. Personen innerhalb von Gebäuden sind nicht gefährdet, jedoch außerhalb davon. Schäden an Gebäuden sind möglich. Deren plötzliche Zerstörung ist jedoch bei entsprechender Bauweise nicht zu erwarten.

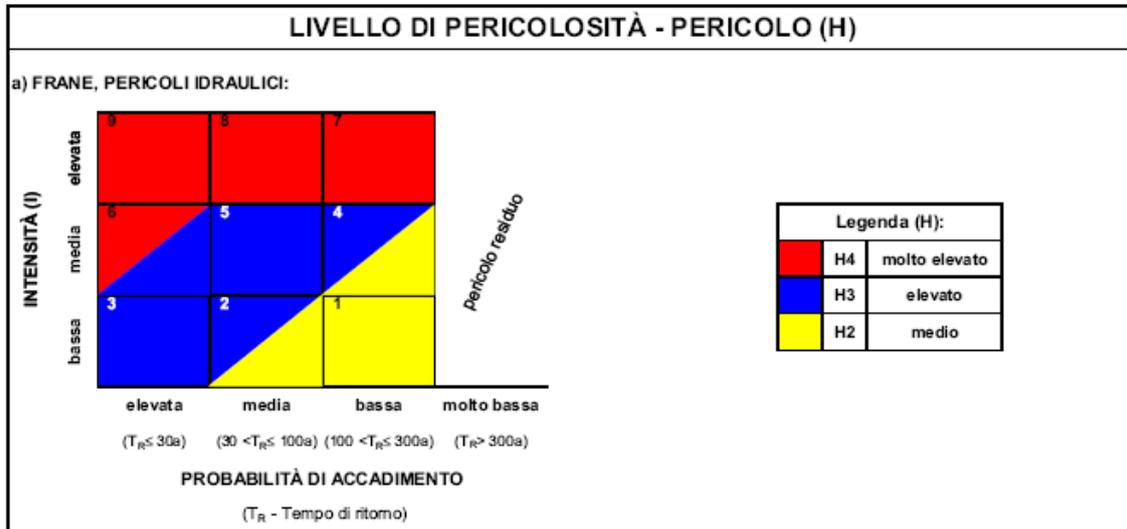
ZONE H2 (GELB) - Hinweisbereich:

Mittlere Gefahr: Es sind kleinere Schäden an Gebäuden, Infrastrukturen und an der Umwelt möglich, die die Unversehrtheit der Personen, die Bewohnbarkeit der Gebäude und die Abwicklung der sozioökonomischen Tätigkeiten nicht beeinträchtigen. Personen sind auch im Freien kaum gefährdet.

HELLGRAUE FLÄCHEN:

Gebiete, die zum Zeitpunkt der Untersuchung keine Hinweise auf hydrogeologische Gefahren H4-H2 ergeben.

Die Zoneneinteilung verwendet eine Matrix, die nach BUWAL (1998) angefertigt wurde; darin ergeben sich in Abszisse und Ordinate die Parameter Intensität bzw. Wiederkehrzeit (oder Eintrittswahrscheinlichkeit).



Nach den geologisch-geomorphologischen Oberflächenbeobachtungen und den Ausführungen im vorherigen Kapitel kann unter Bezugnahme auf die neuen Vorschriften, d. h. der „Durchführungsverordnung betreffend die Gefahrenzonenpläne“, DLH vom 5. August 2008, Nr. 42, und den „Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne (GZP)“ der Standort wie folgt eingestuft werden:

"Untersuchtes Gebiet, das zum Zeitpunkt der Studie keine Anzeichen von Erosionsgefahr H4-H2 aufweist"

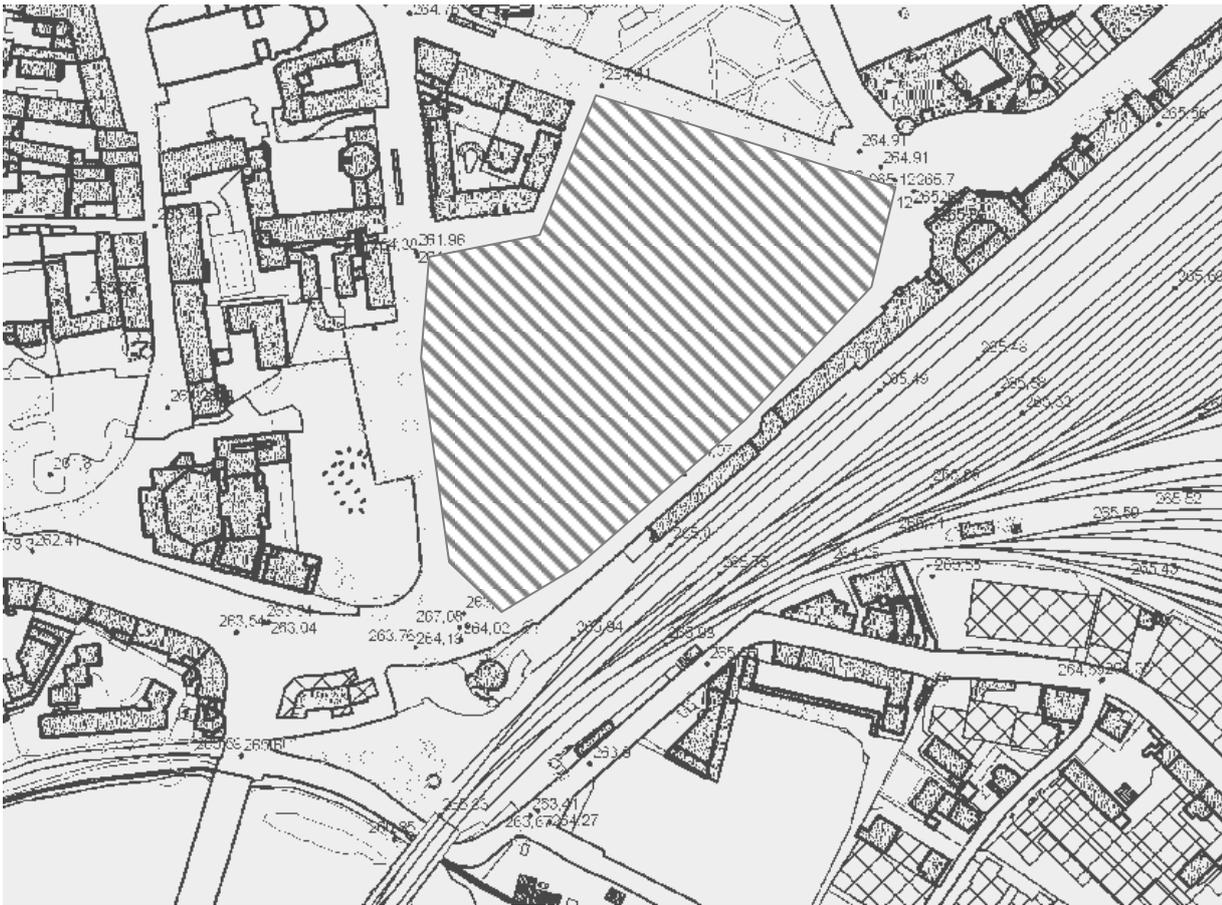


Abb. 4 - Zoneneinteilung der Gefahr von Massenbewegungen in den untersuchten Katasterparzellen. „Untersuchtes Gebiet, das zum Zeitpunkt der Studie keine Anzeichen von Felssturzgefahren aufweist“ (Durchführungsverordnung betreffend die Gefahrenzonenpläne, DLH vom 5. August 2008, Nr. 42)



Abb. 5 - Zoneneinteilung der Lawinengefahr in den untersuchten Katasterparzellen. Nach den Bestimmungen ist der Standort „Untersuchtes Gebiet, das zum Zeitpunkt der Studie keine Anzeichen von Lawinengefahren aufweist“ (Durchführungsverordnung betreffend die Gefahrenzonenpläne, DLH vom 5. August 2008, Nr. 42)

GEFAHRENSTUFE LIVELLO DI PERICOLOSITÀ	GEFAHRENART TIPO DI PERICOLO		
	Massen- bewegungen Frane	Wassergefahren Pericoli idraulici	Lawinen Valanghe
H4 Sehr hoch / Molto elevato			
H3 Hoch / Elevato			
H2 Mittel / Medio			
Untersucht und nicht (H4-H2) gefährlich Esaminato e non pericoloso (H4-H2)			

Abb. 6 - Legende der untersuchten Gefahrenarten und der entsprechenden Gefährlichkeitsstufe

1.Premessa

Su incarico e per conto del committente " ICM-Italia General Contractor S.r.l." è stato eseguito uno studio per la definizione della pericolosità idrogeologica, idraulica e valanghiva nell'area delimitata da via Stazione, via Garibaldi, via Alto Adige e via Perathoner a Bolzano.

L'obbiettivo di questo studio è la definizione dei pericoli idrogeologici nell'area in esame.

Il presente rapporto rappresenta la relazione geologica, idraulica e valanghiva di supporto alle varianti al Piano Urbanistico Comunale in conformità all'Art. 10 del nuovo regolamento di esecuzione (D.P.G.P. nr. 42 del 5 Agosto 2008) relativa al progetto in esame e pertanto **non costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione a edificare.**

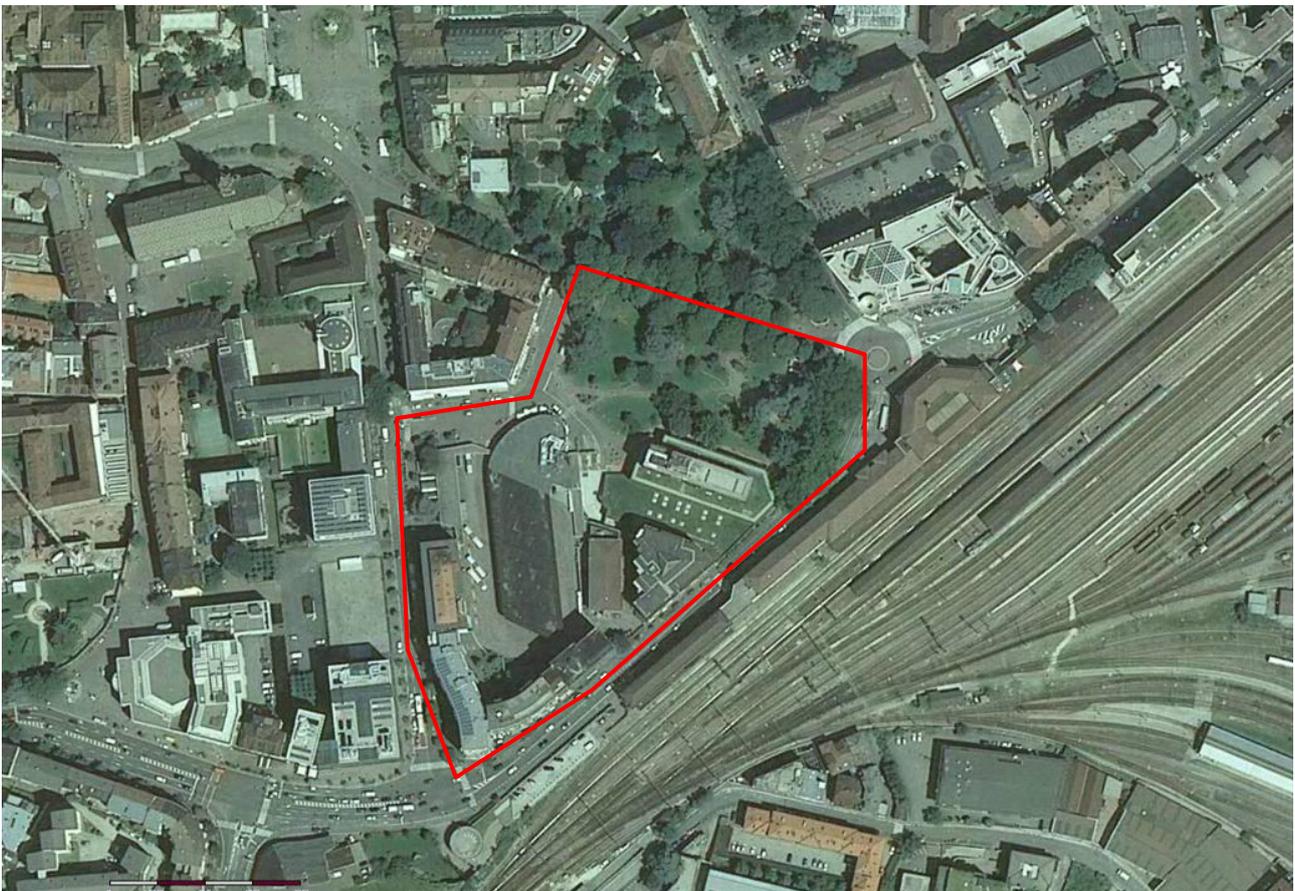


Fig 1 Ortofoto (2011) con la posizione del sito in esame

2. Relazione pericoli geologici

2.1 Inquadramento geografico e geologico

Il sito in esame è ubicato nella conca di Bolzano, in un'area con superficie subpianeggiante, lievemente degradante in direzione sud, in prossimità della zona distale del conoide deposto dal torrente Talvera. La conca di Bolzano geomorfologicamente individua la porzione di valle dell'Adige nella zona di confluenza con i torrenti Talvera ed Isarco e rappresenta un solco sovralluvionato, prodotto dall'escavazione fluviale e glaciale entro i litotipi appartenenti alla Piattaforma Porfirica Atesina (FIGURA 4).

Da un punto di vista geologico la conca di Bolzano è ubicata interamente all'interno del "Complesso vulcanico atesino", formatosi durante il Permiano e costituito da una successione di potenti ed estesi banchi ignimbrici intercalati talora da arenarie, conglomerati, tufiti, e brecce. Questi materiali litoidi sono visibili in estesi affioramenti lungo i versanti delle valli dell'Isarco e dell'Adige, anche se localmente possono apparire mascherati da coperture detritiche, da depositi colluviali o da materiali sciolti di origine glaciale.

Al contrario, nel fondovalle, ove verranno realizzate le opere in esame, le rocce del complesso vulcanico risultano costantemente ricoperte da una spessa coltre di depositi alluvionali quaternari. La profondità del substrato roccioso nella zona di Bolzano è stata individuata, sulla base di un'indagine sismica a riflessione in una sezione prossima all'aeroporto, ad una profondità variabile tra i 500 ed i 600 m da piano campagna (SCHMID C. e GÄNSLER, 1993).

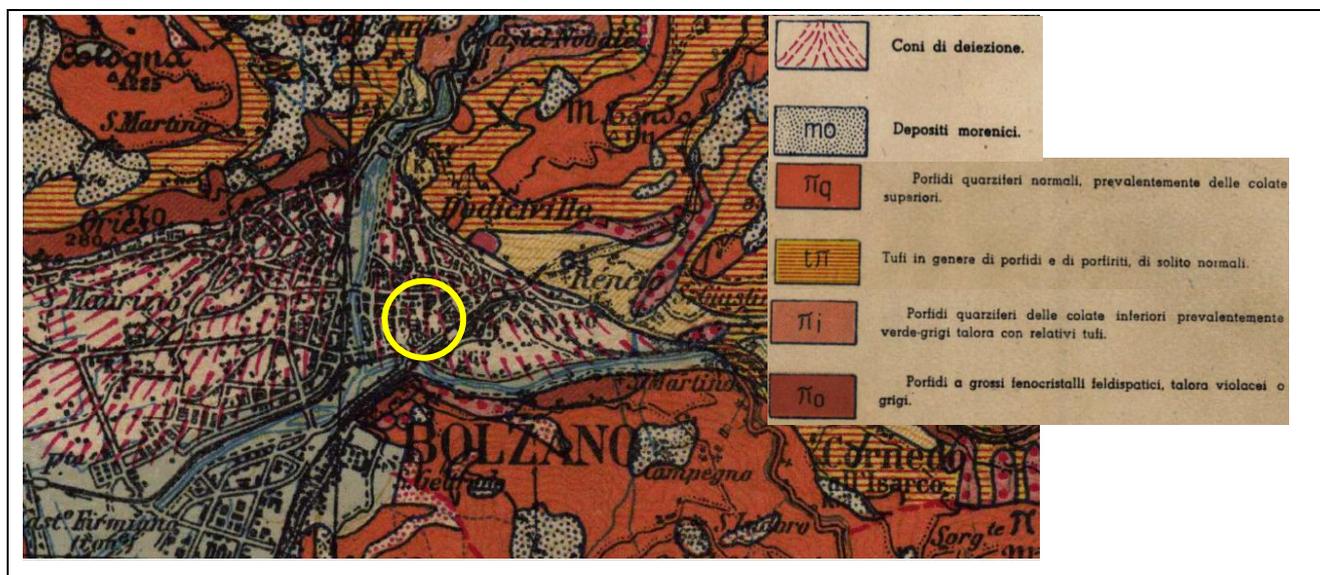


FIGURA 4 – Carta geologica di Bolzano - Estratto della carta geologica delle Tre Venezie (1:100.000)

Nelle porzioni più superficiali questi depositi sono rappresentati da materiali alluvionali di fondovalle deposti in epoca quaternaria dal sistema fluviale Adige – Talvera - Isarco e da numerose conoidi di deiezione prodotte dai loro affluenti secondari, ubicate al piede dei versanti vallivi. In particolare il sito in esame ricade all'interno della zona di coalescenza degli apparati di conoide distali del torrente Talvera e del Fiume Isarco.

Nell'area in esame e nelle aree adiacenti non sono stati segnalati processi morfodinamici attivi o quiescenti.

In base agli art. 2 e 10 del “Regolamento di esecuzione concernente i piani delle zone di pericolo, D.P.P 5 agosto 2008, n.42” la verifica del pericolo idrogeologico deve prendere in considerazione le frane, i pericoli idraulici e le valanghe.

1. PERICOLI GEOLOGICI; E' impossibile che l'area sia coinvolta in fenomeni franosi quali crolli, scivolamenti o colate di versante poiché i pendii, sufficientemente inclinati per innescare movimenti gravitativi di massa, sono troppo distanti; sono altresì impossibili eventi di sprofondamento per la natura dei terreni che affiorano nel sito in esame. Nel catasto dei fenomeni franosi (IFFI) e nei DB della PAB non risultano comunque eventi accaduti in passato.
2. PERICOLI IDRAULICI; la morfologia del terreno e la presenza di corsi d'acqua (Isarco e Talvera) rendono possibile che la zona di studio sia soggetta a fenomeni di tipo idraulico (esondazioni, alluvioni, debris flow ecc.) come illustrato nella relazione idraulica .
3. PERICOLI VALANGHIVI; la morfologia dei pendii, l'esposizione dei versanti e le quote dei rilievi circostanti l'area, non sono favorevoli ad accumuli di neve tali da innescare valanghe radenti, nubiformi o slittamenti di neve.

In conclusione, per quanto riguarda la pericolosità idrogeologica (secondo le specifiche delle Direttive per la redazione dei Piani delle Zone di Pericolo, D.P.P. 5 Agosto 2008, n. 42), **si ritiene che il sito non sia attualmente interessato ne potenzialmente soggetto a fenomeni franosi o idraulici o valanghivi.**

2.2 PERICOLO GEOLOGICO (FRANE, CROLLI E SCIVOLAMENTI) e DA VALANGHE

Per quanto riguarda specificatamente le problematiche geologiche, ovvero crolli, scivolamenti, colate di versante e sprofondamenti (come specificato nelle Direttive per la redazione dei Piani delle Zone di Pericolo, DPP 5 Agosto 2008, n. 42), **si ritiene che il sito non sia attualmente interessato ne potenzialmente soggetto ad alcuno dei fenomeni citati.**

Si precisa solamente che il fenomeno di sprofondamento è descritto nelle direttive come “un processo legato a dilavamenti di materiali facilmente solubili come gessi o carniole nel sottosuolo oppure alla presenza di vuoti sotterranei legati al carsismo o a scavi sotterranei e sono caratterizzati dalla presenza di doline”, che quindi non ha nulla a che vedere con i cedimenti del terreno che possono verificarsi per la presenza di eccessi di carico, che dovranno eventualmente essere considerati nella relazione geologica e geotecnica di supporto al progetto di costruzione.

Non sono favorevoli ad accumuli di neve tali da innescare valanghe radenti, nubiformi o slittamenti di neve.

2.3 Zonazione geologica ai sensi della Legge Urbanistica Provinciale

Sulla base dei dati emersi nei capitoli precedenti, è possibile passare alla definizione delle zone di pericolo, utilizzando gli strumenti normativi sviluppati dalla Provincia Autonoma di Bolzano per la redazione dei Piani delle Zone di Pericolo (D.P.P 5 agosto 2008, n.42). Vengono di seguito indicati dei criteri generali per la definizione delle zone (livelli) di pericolo:

ZONA H4 (ROSSO) - soggetta a divieti:

Pericolo molto elevato: sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la

distruzione di attività socio-economiche. Le persone sono in grave pericolo all'esterno ed anche all'interno degli edifici. È possibile la distruzione improvvisa di edifici.

ZONA H3 (BLU) - soggetta a vincoli:

Pericolo elevato: sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale. Le persone sono in grave pericolo all'esterno degli edifici, mentre sono protette all'interno degli stessi. Possibili danni funzionali agli edifici. La distruzione immediata degli stessi non è da aspettarsi, se costruiti secondo le normative vigenti.

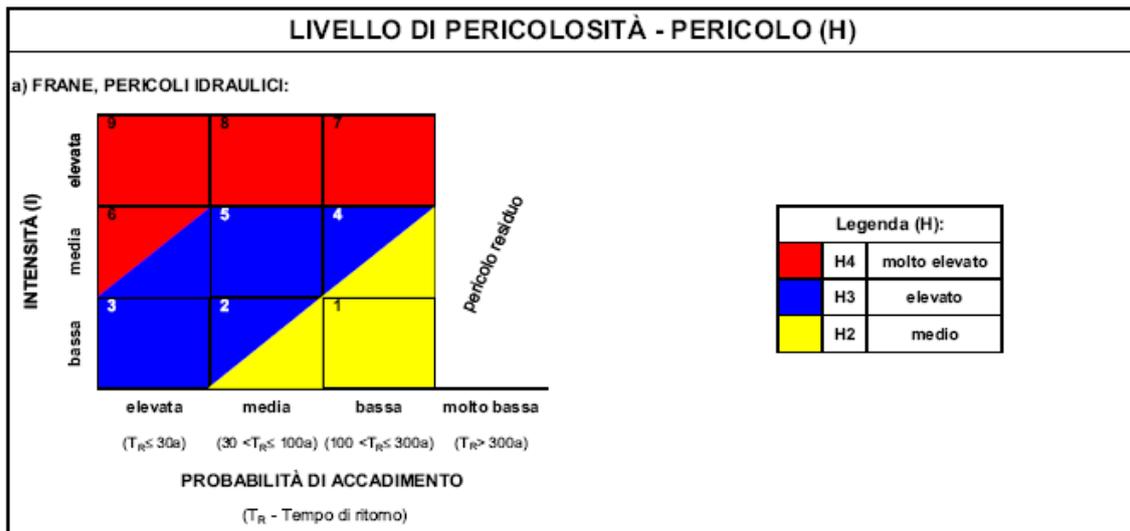
ZONA H2 (GIALLO) - soggetta ad attenzione:

Pericolo medio: sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici ed il funzionamento delle attività socioeconomiche. Pericolo basso anche per persone all'esterno di edifici.

AREE DI COLORE GRIGIO CHIARO:

Aree esaminate che al momento dello studio non mostrano segnali di pericolo idrogeologico H4 - H2.

La definizione della zonazione fa uso di una matrice impostata in base alle indicazioni del BUWAL (1998), in cui in ascissa compare il parametro Intensità ed in ordinata il Tempo di Ritorno (o Probabilità di Accadimento).



In base alle osservazioni geologico-geomorfologiche di superficie, alle considerazioni effettuate nel capitolo precedente e facendo riferimento alla nuova normativa ovvero al “Regolamento di esecuzione concernente i Piani delle Zone di Pericolo”, D.P.P 5 agosto 2008, n.42 ed alle “Direttive per la redazione dei Piani delle Zone di Pericolo (PZP)” è possibile classificare il sito come:

“Area esaminata che al momento dello studio non mostra segnali di pericolo idrogeologico H4-H2”



Fig 6 Zonazione del pericolo DI VALANGHE nelle particelle catastali in esame. Secondo la normativa il sito risulta “Area esaminata che al momento dello studio non mostra segnali di pericolo valanghivo” (Regolamento di esecuzione concernente i piani delle zone di pericolo, DPP 5 agosto 2008, n.42)

GEFAHRENSTUFE LIVELLO DI PERICOLOSITÀ	GEFAHRENART TIPO DI PERICOLO		
	Massen- bewegungen Frane	Wassergefahren Pericoli idraulici	Lawinen Valanghe
H4 Sehr hoch / Molto elevato			
H3 Hoch / Elevato			
H2 Mittel / Medio			
Untersucht und nicht (H4-H2) gefährlich Esaminato e non pericoloso (H4-H2)			

fig. 6 Legenda delle tipologie di pericolo esaminate e dei relativi livelli di pericolosità.

Hydrologischer Kurz Bericht

Relazione idraulica sintetica

3. Hydrologische Kurz Bericht / Relazione idraulica sintetica

3.1 EINLEITUNG

Die Planungsgemeinschaft **in.ge.na.**, Dr. Ing. Rudi Bertagnolli wurde beauftragt, die von den Gewässern Eisack (kodex der öffentlichen Gewässer „B“) und Talfer „F“ ausgehenden Gefahren zu untersuchen, hinsichtlich des in Abbildung 1 dargestellten Areals (Zone Busbahnhof und Hotel Alpi in Bozen), in dem die Errichtung eines neuen Einkaufszentrum vorgesehen ist.

3.1 PREMESSA

Lo studio **in.ge.na.** - Dott. Ing. Rudi Bertagnolli è stato incaricato di verificare i pericoli idraulici derivanti dal Fiume Isarco (codice acqua pubblica “B”) e dal Torrente Talvera (codice acqua pubblica “F”) in corrispondenza dell’area inquadrata in figura 1 (areale stazione delle corriere/hotel Alpi a Bolzano), dove è prevista la costruzione di un nuovo centro commerciale.



figura 1: Inquadramento dell’area per la quale è prevista la verifica del pericolo.

Abbildung 1: Darstellung des Areals für die die Prüfung der hydraulischen Gefahr vorgesehen ist

Entsprechend des Art. 10 des Dekretes des Landeshauptmannes vom 05.08.2008, Nr. 42 und den nachfolgenden Änderungen „...können Projekte von der zuständigen Behörde nur nach gleichzeitiger Prüfung der hydrogeologischen und hydraulischen Gefahr,... genehmigt werden.“ Daher ist vorerst die Prüfung der hydraulischen Gefahr notwendig, und bei Bedarf im Nachhinein die Prüfung der hyd-

Secondo quanto prescritto dall’**art. 10 del Decreto del Presidente della Provincia del 5 agosto 2008, nr 42 e successive modifiche** “i progetti possono essere approvati dalla competente autorità esclusivamente previa contestuale verifica del pericolo idrogeologico ed idraulico...” Risulta quindi necessario procedere preliminarmente alla verifica del pericolo, quindi verificare in seguito la necessità di

raulischen Kompatibilität (**Art. 11 des DLH 42/2008**).

una eventuale verifica di compatibilità idrogeologica od idraulica (**art. 11 del DPP 42 del 2008**).

3.2 BEARBEITUNGSTIEFE

Die tabellarische Auflistung der zu untersuchenden Gewässer und die Bearbeitungstiefe mit der die Gewässer zu untersuchen sind, wurde von der Abteilung Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen geliefert.

Im vorliegenden Fall sind sowohl der Eisack „B“ als auf die Talfer „F“ mit hoher Bearbeitungstiefe 1:5000 (BT05) zu untersuchen, da sich die Parzellen innerhalb des geschlossenen Ortskerns von Bozen befinden. Die zu untersuchende Fläche befindet sich in einer Zone der urbanistischen Kategorie A.

3.2 GRADO DI STUDIO DEFINITIVO

La Tabella del grado di studio viene fornita dalla ripartizione Opere idrauliche della Provincia Autonoma di Bolzano e riporta i torrenti da studiare ed il grado di studio con il quale questi torrenti devono essere analizzati. In questo specifico caso sia il fiume Isarco (codice “B”) che il torrente Talvera (codice “F”) devono essere analizzati con un grado di studio 1:5000 (BT05) poiché attraversano il centro edificato di Bolzano (zone rilevanti dal punto di vista urbanistico: di categoria A). L’area da studiare si trova all’interno della zona definita da una categoria urbanistica di tipo A.

3.3 UNTERSUCHTE PHÄNOMENE

Sowohl der Eisack „B“ als auch die Talfer „F“ wurden als statische Überflutungsphänomene untersucht, die in einen dynamischen Prozess der Übersarung übergehen kann.

3.3 PROCESSI ANALIZZATI

Sia il Fiume Isarco (codice “B”) che il Torrente Talvera (codice “F”) sono stati studiati come fenomeni di alluvione statica che può degenerare in processi di alluvione dinamica (alluvionamento torrentizio).

3.4 BESCHREIBUNG DER ARBEITSWEISE

Der erste Schritt bestand in der Sammlung der bestehenden Informationen (Projekte, Gutachten und Berichte) und Datengrundlagen aus aktuellen Datenbanken und thematische Karten um das Untersuchungsziel im korrekten Umfeld zu definieren. Nach dieser qualitativen

3.4 DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO

Nello svolgimento del presente lavoro il primo fondamentale passo è stato quello di reperire informazioni (progetti, pareri e relazioni esistenti) e di consultare banche dati e carte tematiche con lo scopo di definire la problematica e di inserirsi in maniera coerente all’interno

Phase ging man über zur Bearbeitung der Daten und zu den Simulationen. Im Speziellen wurde eine geomorphologische Analyse zur Definition der Einzugsgebiete durchgeführt, die relevant für das betroffene Areal sind. Bevor die hydrologischen und hydraulischen Analysen begonnen werden konnten, wurden zunächst die bestehenden Schutzbauwerke betrachtet und eine historische Recherche durchgeführt. Aufgrund dieser Arbeiten und der Grundlage der Vermessungsdaten, die von der Abteilung 30, Wasserschutzbauten, der Autonomen Provinz Bozen zur Verfügung gestellt wurden (EISACK: topografische Vermessung des Abschnittes zwischen dem Zusammenfluss mit dem Eggentaler Bach und dem Zusammenfluss mit der Etsch; TALFER: Aufnahme von 38 Querschnitten des Bachbettes zwischen der Brücke von St.Anton und dem Zusammenfluss mit dem Eisack, zzgl. der Vermessungsdaten der in diesem Abschnitt vorhandenen 9 Brücken), wurde die hydrologische Studie und die hydraulischen Simulationen durchgeführt. Die hydrologische Studie gründet auf einer Regionalisierung (Produkt der Arbeitsgruppe 1.8 des GNDCI des CNR im Zuge des Projektes VAPI) und auf die Richtlinien der Autonomen Provinz Bozen. Die hydraulischen Simulationen wurden mit dem Modell HEC-Ras 4.1.0 ausgeführt. Dabei wurden die Vermessungsdaten eingegeben und man untersuchte auch die Interaktion zwischen der Hochwasserwelle und den Brücken.

3.5 GEFAHRENBEURTEILUNG

Die in dieser Studie angewandten Kriterien sind jene des Beschlusses vom 14.Mai 2012, Nr. 712 „Abänderung der Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne gemäß Landes-

del contesto. Dopo questa fase qualitativa si è passati all'elaborazione dei dati ed allo svolgimento delle simulazioni. Nello specifico è stata effettuata un'analisi geomorfologica per inquadrare i bacini idrografici dei corsi d'acqua da studiare, aventi sezione di chiusura in corrispondenza di Bolzano. Prima di passare alle fasi di analisi idrologica ed idraulica è stata effettuata l'analisi delle sistemazioni esistenti ed una ricerca storica (dati storici, analisi dei pericoli noti e dei dissesti). Sulla base di queste informazioni e sulla base dei rilievi, messi a disposizione dalla Provincia Autonoma di Bolzano – Ripartizione 30, Opere idrauliche (ISARCO: rilievo topografico del tratto che va dalla confluenza con il Torrente Ega fino alla confluenza con il Fiume Adige con restituzione di un piano quotato; TALVERA: rilievo di 38 sezioni trasversali nel tratto di alveo compreso tra ponte San Antonio e la confluenza con il Fiume Isarco, più la restituzione plano-altimetrica di tutti i ponti presenti sul Talvera, sempre a partire dal ponte di San. Antonio - 9 ponti) è stato svolto lo studio idrologico e le simulazioni idrauliche. Il primo si basa sostanzialmente sulla regionalizzazione (eseguita dal gruppo di lavoro 1.8 del GNDCI del CNR nell'ambito del progetto VAPI) e sulle linee guida derivanti dalla Provincia. Le simulazioni idrauliche sono state implementate in HEC-Ras versione 4.1.0. Nei modelli è stato possibile integrare i rilievi e si è tenuto conto dell'interazione tra l'onda di piena ed i ponti.

3.5 VALUTAZIONE DEL PERICOLO

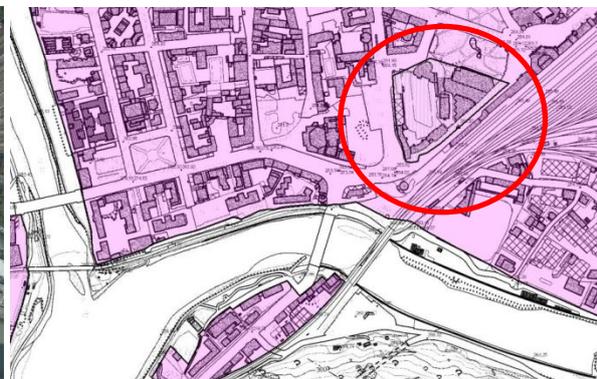
I criteri adottati per la definizione del pericolo idraulico sono quelli contenuti nella Delibera 14 Maggio 2012, n.712 “Modifica delle Direttive per la redazione dei piani delle zone di peri-

raumordnungsgesetz, Landesgesetz vom 11. August 1997, Nr.13, Artikel 22/bis,.

Sowohl im Falle des Eisacks als auch der Talfer wurde ein HEC-RAS-Modell aufgebaut, welcher die morphologischen Vermessungsdaten sowie die vorhandenen Brückenbauten enthält. Das Abflussgeschehen bleibt im Großen und Ganzen innerhalb der vorgegebenen Uferstrukturen eingegrenzt. Beide Gewässer (Eisack nur vor dem Zusammenfluss mit der Talfer) weisen zwar einige kritische Punkte auf, die jedoch nicht im Zusammenhang mit der zu untersuchenden Fläche stehen und **diese daher nicht gefährden**.

3.6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die in Abbildung 1 dargestellte Fläche (Zone Busbahnhof und Hotel Alpi), für die eine Änderung des Bozner Bauleitplanes vorgesehen ist, wurde untersucht und als „**untersucht und nicht gefährlich (H4-H2)**“ befunden. Entsprechend dem Art. 3 des DLH Nr. 42 vom 5. August 2008, „Durchführungsverordnung betreffend die Gefahrenzonenpläne“, ist die Änderung der urbanistischen Zweckbestimmung der betroffenen Parzellen erlaubt.



*figura 2: Mappa del pericolo relativamente all'area inquadrata in **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata.. L'area è stata studiata e risulta "esaminata e non pericolosa (H4 – H2)". Vedi legenda in figura 3.*

colo secondo la legge urbanistica provinciale, legge provinciale 11 Agosto 1997, n. 13, articolo 22/bis". Sai per il fiume Isarco che per il Torrente Talvera sono stati implementati dei modelli in ambiente HEC-RAS che tengano conto dei rilievi effettuati e della presenza dei ponti. Nonostante il flusso rimanga sostanzialmente confinato in alveo, lungo il torrente Talvera e lungo il tratto del Fiume Isarco, che precede la confluenza con il Talvera, si sono comunque riscontrati alcuni punti critici. Tuttavia essi **non creano condizioni di pericolo** per l'area da verificare.

3.6 CONCLUSIONI

L'area inquadrata in figura 1 (areale stazione delle corriere/hotel Alpi a Bolzano), per la quale è prevista la variante al PUC è stata studiata e risulta "**esaminata e non pericolosa (H4 – H2)**". Secondo il Decreto del Presidente della Provincia 5 agosto 2008, n. 42, "Regolamento di esecuzione concernente i Piani delle zone di pericolo" – art.3, la realizzazione della variante è consentita.

GEFAHRENSTUFE LIVELLO DI PERICOLOSITÀ	NATURGEFAHRENTYP TIPO DI PERICOLO NATURALE		
	Massen- bewegungen Frane	Wassergefahren Pericoli idraulici	Lawinen Valanghe
H4 Sehr hoch / Molto elevato			
H3 Hoch / Elevato			
H2 Mittel / Medio			
Untersucht und nicht gefährlich (H4 - H2) Esaminato e non pericoloso (H4 - H2)			

figura 3: Mappa del Pericolo. Giallo = pericolo medio; blu = pericolo elevato; rosso = pericolo molto elevato; grigio: esaminato e non pericoloso (H4 – H2).

Abbildung 3: Gefahrenzonenkarte. Gelb = Mittlere Gefahr; blau = Hohe Gefahr; rot = Sehr hohe Gefahr; grau: untersucht und nicht gefährlich (H4-H2).

4. Schlussbetrachtungen

Im Auftrag und im Namen der Auftraggeber “ ICM-Italia General Contractor S.r.l.” wurde vorliegende Studie für die Festlegung der hydrogeologischen Gefahren in der Gemeinde Bozen im Bahnhofsbereich zwischen Bahnhofsallee, Garibaldi Straße, Südtiroler Straße und Perathoner Straße.

Wie im Kapitel 2 dargelegt, wurden keine aktiven oder ruhenden geomorphologischen Prozesse festgestellt, die das untersuchte Gebiet gefährden könnten und es sind keine hydraulische Gefahren festgestellt worden.

Das Gebiet kann also als stabil, was die geologischen und die Wasser- und Lawinengefahren angeht, oder als Untersuchtes Gebiet, das zum Zeitpunkt der Studie keine Anzeichen von Gefahren H4-H2 aufweist, ausgewiesen werden.

Bozen, Oktober 2013

4. Conclusioni

Su incarico e per conto del committente " ICM-Italia General Contractor S.r.l." è stato redatto il presente studio per la definizione della pericolosità idrogeologica, geologia, idraulica, valanghe in corrispondenza dell'area delimitata da via Stazione, via Garibaldi, via Alto Adige e via Perathoner a Bolzano.

Come esposto al capitolo 2, non sono stati rilevati processi geomorfologici attivi o quiescenti che possano mettere in pericolo l'area in esame e non sono stati rilevati pericoli idraulici. **L'area può quindi essere definita come Zona stabile dal punto di vista geologico idraulico e valanghivo o Area esaminata che al momento dello studio non mostra segnali di pericolo idrogeologico H4-H2.**

Bolzano, Ottobre 2013

in.ge.na.

ingenieurwesen • geologie • naturraumplanung
ingegneria • geologia • natura e pianificazione

**Geologia e Ambiente
Geologie und Umweltschutz**
GEOLOGIA APPLICATA, IDROLOGIA, GEOMECCANICA, VALUTAZIONI E SISTEMAZIONI GEOAMBIENTALI
ANGEWANDTE GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE, FELSMCHANIK, UMWELTSCHUTZ
STUDIO ASSOCIATO - BÜROGEHEINSCHAFT

dott. Michele Nobile
dott. Lorenzo Cadrobbi
dott. Stefano Paternoster
dott. Claudio Valle

Ausführlicher Hydrologischer Bericht

Relazione idraulica dettagliata

5 RELAZIONE PERICOLI IDRAULICI

5.1 Introduzione

L'oggetto del presente lavoro riguarda la verifica dei pericoli idraulici derivanti dal Fiume Isarco (codice acqua pubblica "B") e dal Torrente Talvera (codice acqua pubblica "F") in corrispondenza della zona inquadrata in figura 1 per la quale è prevista una variante al Piano Urbanistico Comunale per la costruzione di un nuovo centro commerciale.

La zona in oggetto si trova al confine tra il Comune catastale di Dodiciville ed il Comune catastale di Bolzano. Essa si sviluppa alla destra idrografica del Fiume Isarco, in corrispondenza del ponte ferroviario e di ponte Loreto, ed in sinistra idrografica rispetto al Torrente Talvera.

In figura 2 si riporta l'attuale assetto urbanistico.

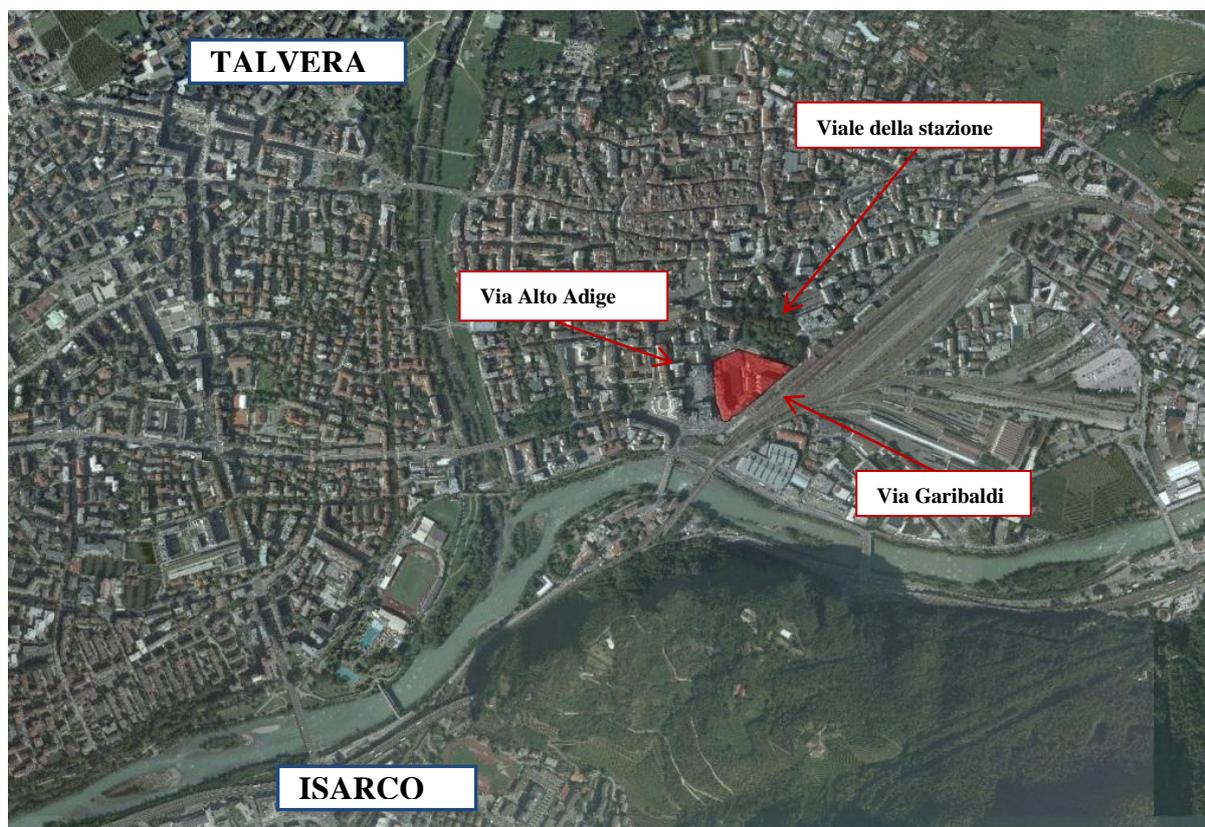


figura 1: Inquadramento dell'area per la quale è prevista la verifica del pericolo.

In questo studio si procederà alla verifica idraulica dell'area coinvolta nel progetto sopra esposto in relazione all'interazione tra la stessa ed i corsi d'acqua limitrofi (il Fiume Isarco ed il Torrente Talvera).

- Zona resid. C2 - Zona di espans.
- Zona resid. C3 - Zona di espans.
- Zona resid. C4 - Zona di espans.
- Zona per insed. produott. D1/Gewerbegebiete D1
- Zona di complet. per insed. produott. D2
- Zona per insed. produott. di int. prov. D3
- D4 Zona di completam. per insed. produttivi/D4 Gewerbeauffüllgebiet
- Zona per imp. turistici - campeggio
- Zona per imp. turistici alloggiativi

figura 2: Estratto del P.C.U. di Bolzano con indicazione dell'area oggetto di variante urbanistica.

Sia l'Isarco che il Talvera devono essere studiati con un **grado di studio BT05** poiché evidentemente interessano aree urbanistiche di categoria "a" (si osservi l'estratto della Carta del grado di studio specifica per PERICOLI IDRAULICI" derivante dalla FASE A in figura 3).

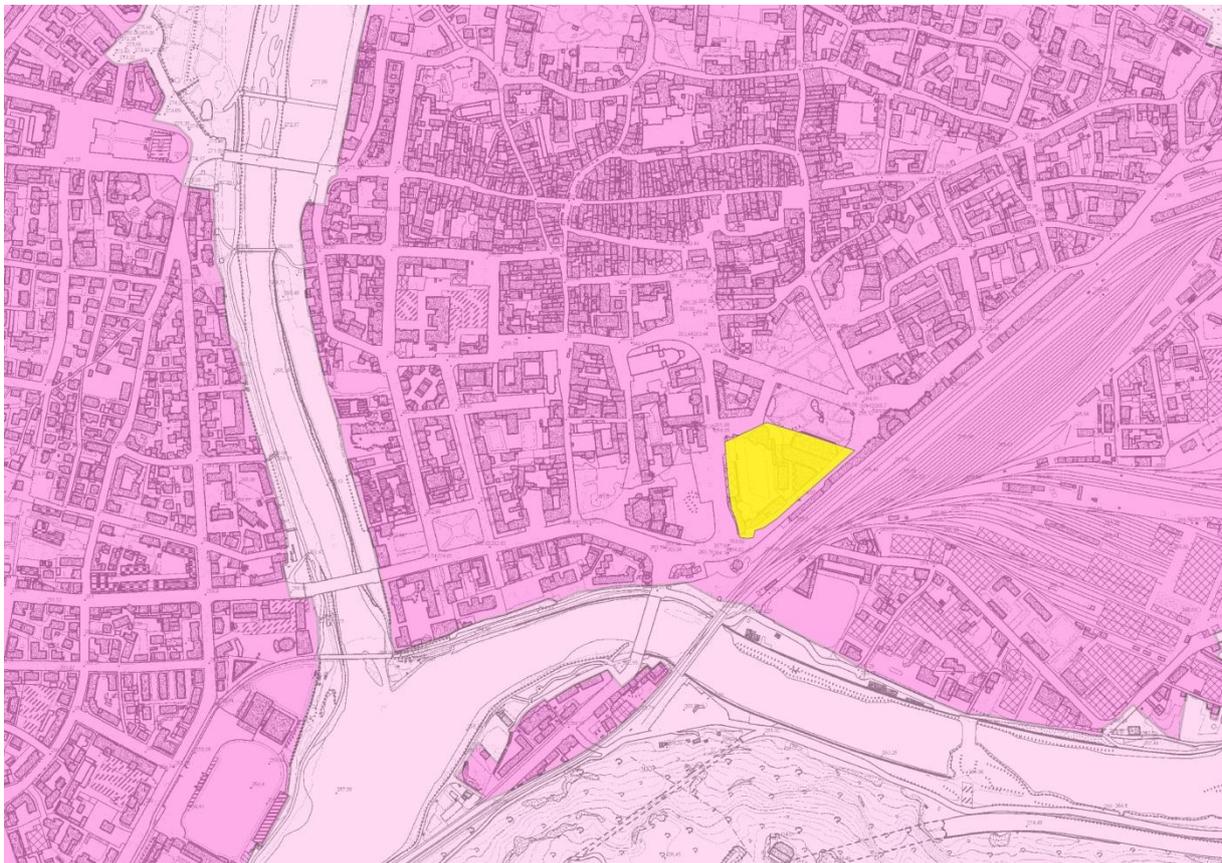


figura 3: Stralcio della "Carta del grado di studio specifica per PERICOLI IDRAULICI" derivante dalla FASE A. Inquadramento del Fiume Isarco (B) e del Torrente Talvera (F) in relazione all'area oggetto di studio. In viola è raffigurato il centro edificato – Categoria "A", BT05 indipendentemente dai processi noti.

La carta di suscettibilità ai pericoli (Carta dei pericoli noti – PERICOLI IDRAULICI) presenta diversi tratti, in corrispondenza del Talvera e dell'Isarco, nei quali è possibile lo

sviluppo di fenomeni di alluvionamento, come si può osservare in figura 4. Si noti che, secondo la carta di suscettibilità appena menzionata, l'area in oggetto si colloca esattamente all'interno della zona di esondazione dei due corsi d'acqua. Si ricorda, tuttavia, che la carta dei pericoli noti è stata elaborata sulla base di modelli GIS. Essa discrimina le zone soggette a possibili pericoli idraulici; il pericolo indicato tuttavia può anche non sussistere.

Dalla documentazione eventi – ED30 – si riscontrano molti eventi storici che riguardano sia Il Talvera che l'Isarco. Tali eventi sono tutti attribuibili a processi di alluvionamento. In particolare per l'Isarco sono conservati nella banca dati eventi a partire dall'anno 1041; tra i più recenti, quelli più significativi sono avvenuti nell'agosto 1957, nel settembre del 1965, nell'agosto e nel novembre del 1966 ed infine nel luglio del 1981. Per quanto riguarda il Talvera si ha memoria di eventi di piena con conseguenti alluvionamenti a partire dal 1222. Recentemente, anche per il Talvera gli eventi più significativi sono avvenuti nell'agosto del 1957, nel giugno del 1997, nell'aprile del 1998 ed infine nel settembre del 2009.

Tali eventi verranno descritti nel dettaglio nei capitoli successivi.

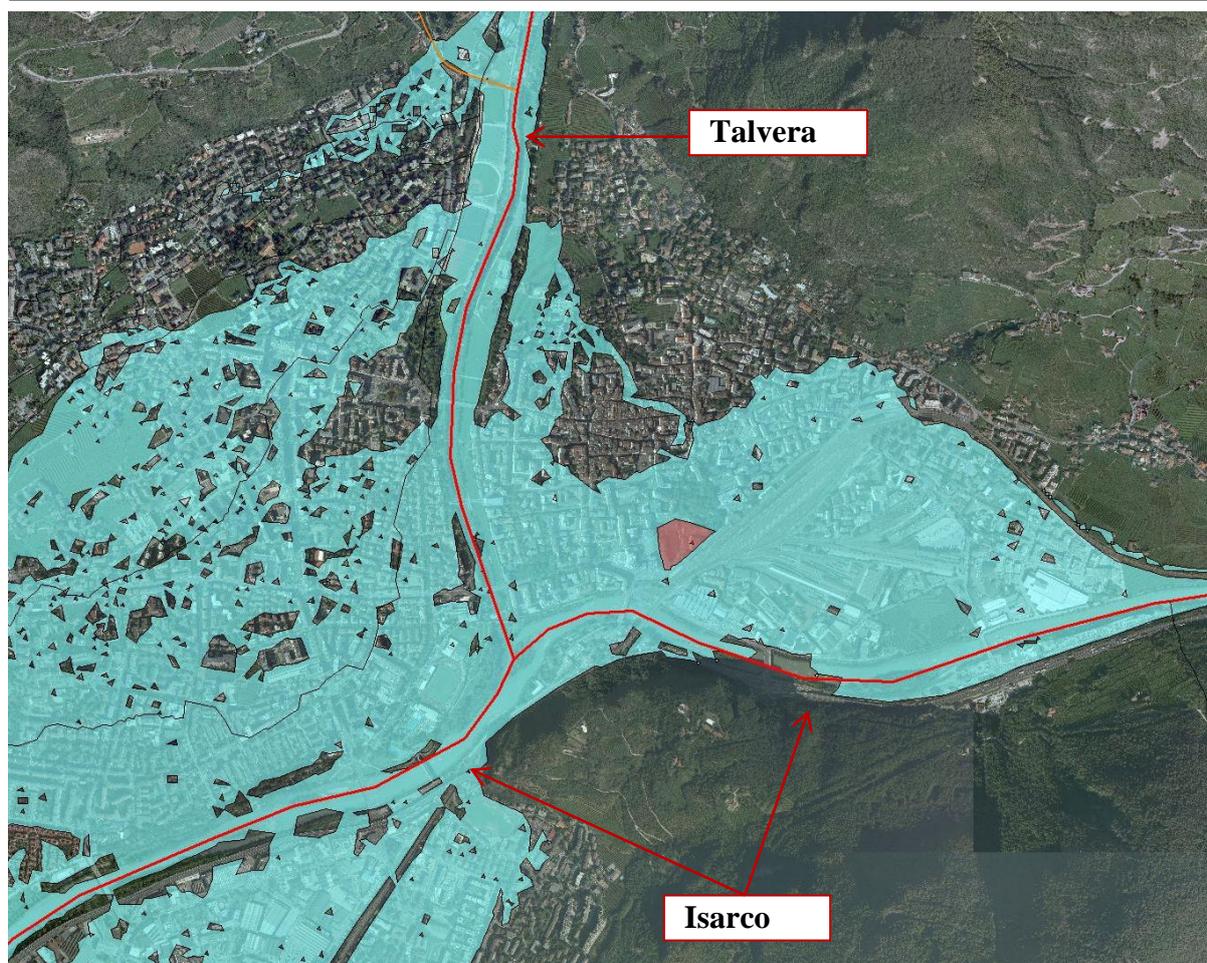


figura 4: Stralcio della “Carta della suscettibilità al pericolo – Carta dei pericoli noti”, PERICOLI IDRAULICI”, derivante dalla FASE A. In ciano sono evidenziati gli alluvionamenti, in rosso il Fiume Isarco ed il Torrente Talvera. Il poligono campito in rosso rappresenta l’area da studiare.

5.2 Elenco dei dati e delle carte tematiche consultate

In questo capitolo è riportata una lista dei dati e delle fonti utilizzate e consultate per la redazione della presente relazione.

- Modello digitale del terreno (DTM a 2.5 m di risoluzione). Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Informatica geografica e statistica;
- TIN derivante da rilievo effettuato lungo il Fiume Isarco a cura della “Bacini Montani” - Provincia Autonoma di Bolzano, Ripartizione 30 Opere idrauliche;
- Ortofotocarte del 2008. Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Informatica geografica e statistica;
- Ortofotocarte del 2011. Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Informatica geografica e statistica;
- Shape vettoriale delle acque pubbliche della Provincia di Bolzano. Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Informatica geografica e statistica;
- Shape vettoriale delle strade della Provincia di Bolzano. Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Informatica geografica e statistica;
- Carta tecnica provinciale. Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Informatica geografica e statistica;
- Carta dell'uso del suolo reale. Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Informatica geografica e statistica;
- Mappa dei pericoli noti. Provincia Autonoma di Bolzano, Ripartizione 30 Opere idrauliche;
- Carte di suscettibilità ai pericoli CSP (colata detritica ed alluvionamento torrentizio). Provincia Autonoma di Bolzano, Ripartizione 30 Opere idrauliche;
- Catasto dei fabbricati. Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Informatica geografica e statistica;
- Documentazione eventi (ED30). Provincia Autonoma di Bolzano, Ripartizione 30 Opere idrauliche;
- Banca dati bibliografici (BIBLIO30). Provincia Autonoma di Bolzano, Ripartizione 30 Opere idrauliche;
- Catasto delle opere (BAUKAT30). Provincia Autonoma di Bolzano, Ripartizione 30 Opere idrauliche;
- Dati idrologici e meteorologici del progetto AIDI. Provincia Autonoma di Bolzano, Ripartizione 30 Opere idrauliche;

- Mappa Tabacco;
- Piano Urbanistico Comunale – PUC – del Comune di Bolzano.

5.3 Relazione tecnica per la verifica del pericolo idraulico

L'area che deve essere verificata si trova in destra idrografica rispetto al Fiume Isarco, in corrispondenza del ponte ferroviario e di ponte Loreto, ed in sinistra idrografica rispetto al Torrente Talvera (vedi figura 1).

Il Fiume Isarco (codice acqua pubblica "B") ed il Torrente Talvera (codice acqua pubblica "F") sono stati studiati con un grado di dettaglio in scala 1:5.000 (grado di studio BT05).

L'Isarco ha una lunghezza di 95,5 km ed il suo bacino imbrifero si estende su un'area di circa 4200 km². Il fiume nasce nelle vicinanze del Brennero ad un'altitudine di circa 2000 metri e sfocia nell'Adige a valle di Bolzano ad un'altitudine di 235 m. Il massimo rilievo del suo bacino imbrifero è il "Gran Pilastro", con un'altitudine di 3509 m. Gli affluenti più importanti dell'Isarco sono il Rio Fleres, il Rio di Vizze, il Rio Ridanna, la Rienza, il Rio di Funes, il Rio Gardena, il Rio Tires ed il Torrente Ega ed il Torrente Talvera. La composizione geologica della Val d'Isarco è caratterizzata nella parte settentrionale da Austroalpino e dal basamento cristallino e relative coperture della finestra dei Tauri. A valle di Mules affiora il granito di Bressanone e nella zona attorno a Bressanone dominano la fillade quarzifera di Bressanone e depositi quaternari. Nella parte meridionale della valle dominano diverse rocce del gruppo vulcanico atesino. Il territorio circostante l'Isarco superiore viene utilizzato per l'agricoltura, la parte inferiore del corso d'acqua scorre invece in una valle stretta, che viene occupata in gran parte da strada statale, autostrada e ferrovia. L'Isarco viene derivato in diversi tratti per scopi idroelettrici: in particolare a Fortezza, a Chiusa ed a Ponte Gardena il fiume viene sbarrato ed una parte delle sue acque viene deviata. Come località principali lungo l'Isarco sono da elencare Vipiteno, Bressanone, Chiusa, Ponte Gardena e Bolzano. Le loro acque reflue arrivano agli impianti di depurazione della Alta Val d'Isarco, di Bressanone, Bassa Val d'Isarco e Bolzano.

Il torrente Talvera rappresenta, con una lunghezza di 46 km ed un bacino imbrifero di 429 km², il secondo maggiore affluente dell'Isarco. Il massimo rilievo nella Val Sarentino, che il Talvera drena, si trova a 2.781 m (Cervina). A circa 260 m di altitudine si trova invece la confluenza con l'Isarco. Fra i principali affluenti del Talvera è da menzionare il Rio Valdurna. Nella Val Sarentino dominano filladi quarzifere e gli ignimbriti del Gruppo Vulcanico Atesino. Il Talvera, al livello della diga di Corvara e a valle di Sarentino, viene derivato, presentando così una portata ridotta fino al rilascio a Bolzano. Anche diversi affluenti del Talvera vengono derivati per scopi idroelettrici. La località principale in Val Sarentino è Sarentino, le cui acque reflue vengono trattate da pochi anni in un impianto di depurazione. Inoltre è presente un impianto di depurazione meccanica a Rio Bianco.

In figura 5 si riporta la delimitazione geografica del bacino idrografico che alimenta l'Isarco. Tale bacino, la cui sezione di chiusura ha orientativamente coordinate EST = 680110 - NORD = 5151220 (WGS 84, UTM zona 32 N), comprende anche i sottobacini dei maggiori affluenti che drenano direttamente nell'asta principale: in modo particolare ci si riferisce alla porzione di bacino che deriva dal drenaggio del Fiume Rienza (C) e da quella che deriva dal Torrente Talvera (F).

Il bacino imbrifero del fiume Isarco, chiuso immediatamente a valle della confluenza con il torrente Talvera presenta le caratteristiche morfologiche riassunte in tabella 1.

Il bacino idrografico di alimentazione relativo all'asta fluviale oggetto del presente lavoro, fissata la sezione di chiusura in relazione alle finalità dello studio che si vuole effettuare, è definito come il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono nel corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti. Il bacino idrografico rimane distinto dal bacino idrogeologico che raccoglie le acque nel sottosuolo e può essere anche molto diverso per forma e dimensioni. Il bacino idrografico è delimitato dallo spartiacque che può essere definito come la linea più elevata separante il bacino imbrifero dai bacini contermini, unendo le massime quote relative secondo la minore pendenza. La delimitazione del bacino è semplice quando ci si riferisce al solo scorrimento superficiale, in quanto si tratta di individuare in base al rilievo del terreno lo spartiacque topografico o superficiale. Risulta invece notevolmente più difficoltoso delimitare la porzione del territorio che concorre alla formazione dei deflussi totali comprendendo i contributi sotterranei o profondi. Infatti, lo spartiacque freatico o sotterraneo (la linea che delimita il sistema idrico sotterraneo scolante verso la sezione di chiusura del bacino) generalmente non coincide con quello topografico e può essere determinato solo tramite indagini idrogeologiche. In questo caso specifico non ha molto senso fare distinzione tra bacino idrografico e bacino idrogeologico vista la grande estensione del bacino stesso (4191.4 km²).

BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME ISARCO CHIUSO A AVALLE DELLA CONFLUENZA CON IL TORRENTE TALVERA	
Area (Km²)	4191.40
Perimetro (Km)	562.28
Lunghezza dell'asta principale (Km)	95
Quota minima (m slm.)	249.69
Quota massima (m)	3496.05
Quota media (m)	1747.13
Pendenza minima (%)	0.00
Pendenza massima (%)	82.33
Pendenza media (%)	25.80
Esposizione prevalente	S

tabella 1: Caratteristiche morfologiche del bacino imbrifero del Fiume Isarco tagliato immediatamente a valle della confluenza con il Torrente Talvera.

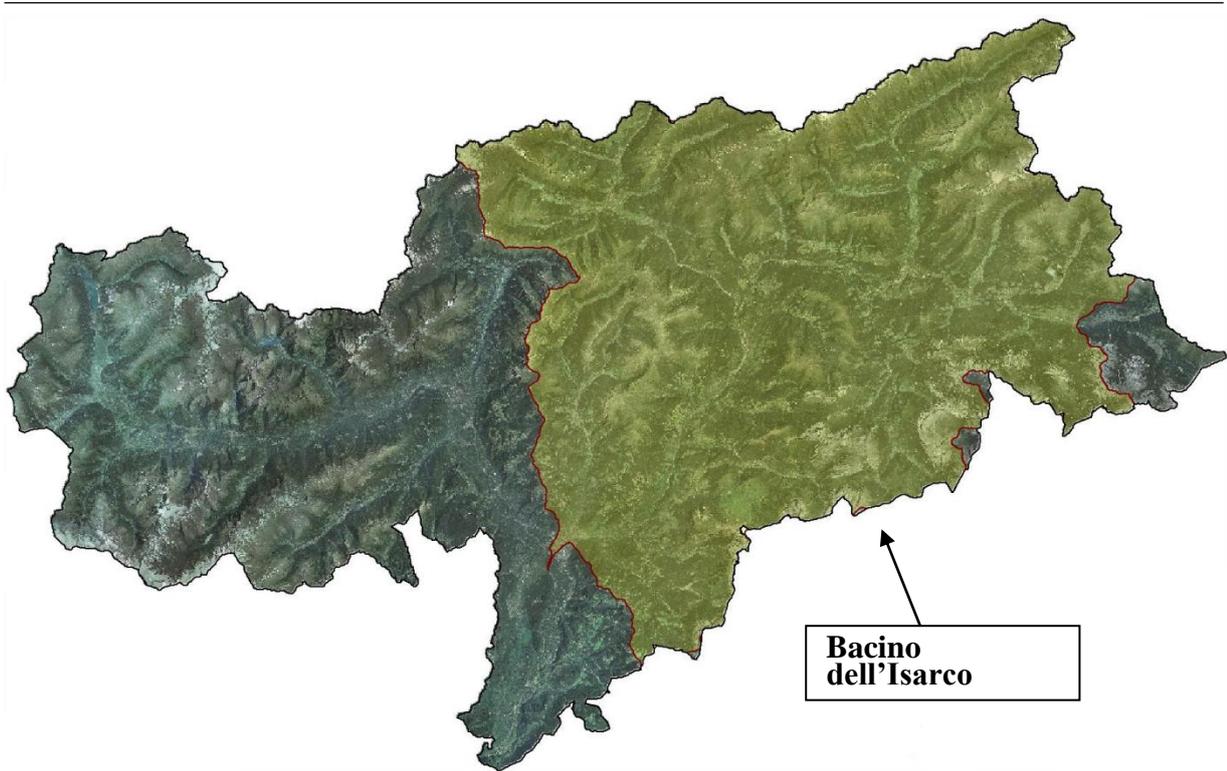


figura 5: Visualizzazione del bacino idrografico del Fiume Isarco chiuso a valle della confluenza con il Torrente Talvera.

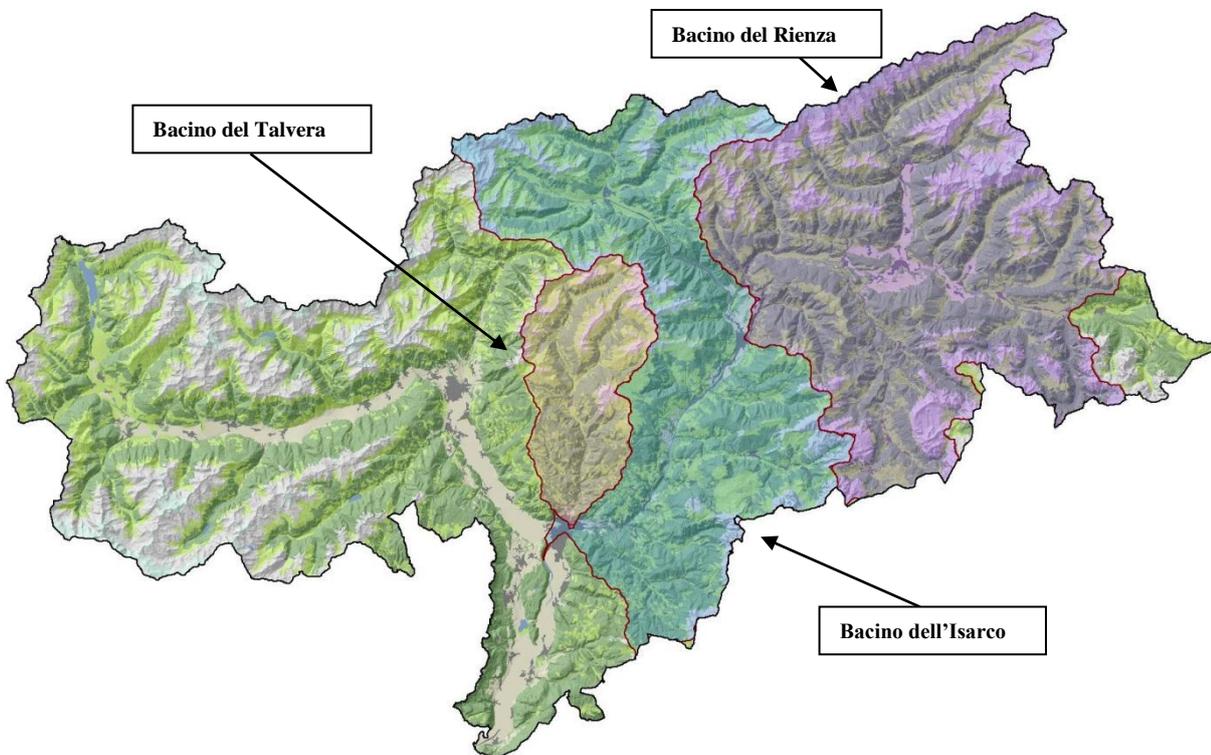


figura 6: Visualizzazione del bacino idrografico del Fiume Isarco chiuso a valle della confluenza con il Torrente Talvera. Tale bacino comprende i sottobacini del Fiume Rienza (C) e del Torrente Talvera (F).

Il bacino imbrifero del Torrente Talvera, chiuso immediatamente a monte della confluenza con il Fiume Isarco (sezione di chiusura: EST = 680227 - NORD = 5151499, WGS 84, UTM zona 32 N) è visualizzato in figura 6 e presenta le caratteristiche morfologiche riassunte in tabella 1.

In figura 7 si riporta l'immagine tridimensionale del modello digitale del terreno (DEM) relativamente alla zona dove avviene la confluenza tra il Fiume Isarco ed il Torrente Talvera. In sostanza l'immagine appena richiamata visualizza la valle dove è stata edificata la città di Bolzano. Nella stessa immagine si può osservare la posizione dell'area oggetto di questo studio, e la sua relazione con il Fiume Isarco e con il Torrente Talvera.

BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE TALVERA CHIUSO A MONTE DELLA CONFLUENZA CON IL FIUME ISARCO	
Area (Km²)	430
Perimetro (Km)	100
Lunghezza dell'asta principale (Km)	46
Quota minima (m slm.)	253.4
Quota massima (m)	2766.4
Quota media (m)	1663.8
Pendenza minima (°)	0.00
Pendenza massima (°)	87.5
Pendenza media (°)	26.15

tabella 2: Caratteristiche morfologiche del bacino imbrifero del Torrente Talvera tagliato immediatamente a monte della confluenza con il Fiume Isarco.

BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME ISARCO CHIUSO A VALLE DELLA CONFLUENZA CON IL TORRENTE TALVERA	
Fattori di forma	Valore
Fattore di forma	0.46
Fattore di circolarità	0.17
Fattore di allungamento	0.77
Fattore di uniformità - Coefficiente di Gravelius	2.45

tabella 3: Fattori di forma del bacino idrografico del Fiume Isarco chiuso immediatamente a valle della confluenza con il Torrente Talvera.

BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE TALVERA CHIUSO A MONTE DELLA CONFLUENZA CON IL FIUME ISARCO	
Fattori di forma	Valore
Fattore di forma	0.2
Fattore di circolarità	0.54
Fattore di allungamento	0.51
Fattore di uniformità - Coefficiente di Gravelius	1.36

tabella 4: Fattori di forma del bacino idrografico del Torrente Talvera chiuso immediatamente a monte della confluenza con il Fiume Isarco.

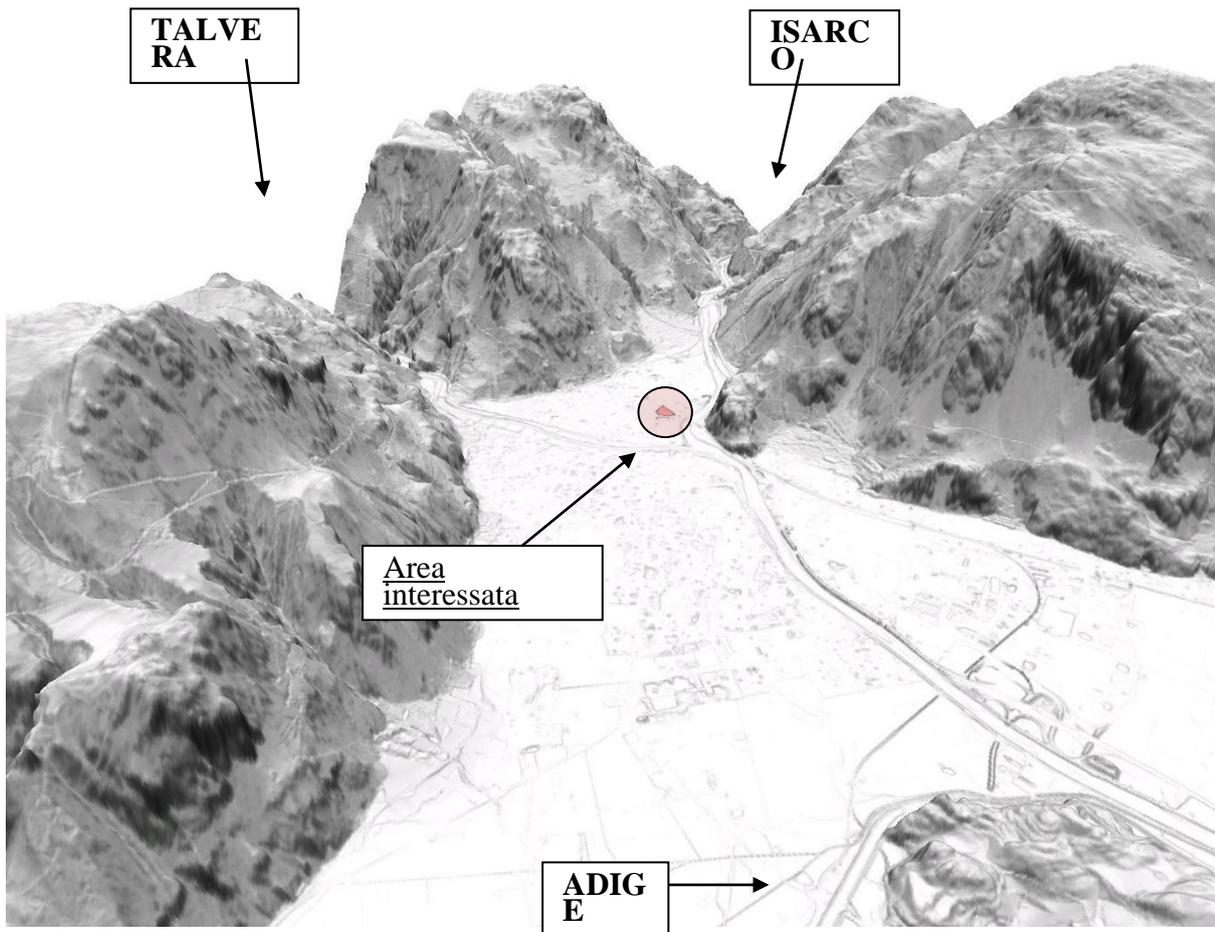


figura 7: Visualizzazione della zona nella quale avviene la confluenza tra Fiume Isarco e Torrente Talvera.

Le caratteristiche generali del bacino di alimentazione del Fiume Isarco chiuso immediatamente a valle della confluenza con il Torrente Talvera sono riassunte nella tabella 1, mentre le caratteristiche generali del bacino di alimentazione del Torrente Talvera chiuso immediatamente a monte della confluenza con il Fiume Isarco sono riassunte nella tabella 2. In tali tabelle sono riportati i valori dell'area A e del perimetro P del bacino, della lunghezza L del bacino assunta in genere uguale alla lunghezza dell'asta fluviale principale, misurata lungo l'effettivo percorso dell'acqua, a partire dalla sezione di chiusura del bacino, fino allo spartiacque, le quote altimetriche e le pendenze minime, massime e medie nel bacino, e l'indice di compattezza del bacino C_f (o fattore di uniformità):

$$C_f = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} = \frac{0.28 \cdot P}{A^{0.5}}$$

Esso presenta il rapporto tra il perimetro del bacino ed il perimetro del cerchio di riferimento con la condizione che la superficie del bacino sia uguale a quella del cerchio. Tale indice è anche chiamato fattore di uniformità o coefficiente di Gravelius. A seconda del valore a cui tende quest'ultimo la forma del bacino si presenta in modo diverso:

- $R_u \rightarrow 1$: forma tondeggiate,
- $1 < R_u < 1.25$: forma rotonda – ovale rotonda,
- $R_u > 1.75$: forma ovale allungata – rettangolare bislunga.

L'indice di compattezza assume valori tanto più prossimi all'unità quanto più raccolta, o rotondeggiate, è la forma del bacino (Ferro, 2006); viceversa, il valore di C_f è tanto più grande dell'unità quanto più allungata si presenta la forma del bacino. Questo aspetto legato alla forma del bacino è molto importante in termini di risposta idrologica del bacino stesso, poiché determina i tempi di trasferimento delle gocce di pioggia da uno specifico punto sulla superficie topografica fino alla sezione di chiusura del bacino. I valori di $C_f = 2.43$ (per l'Isarco) e di (per il Talvera) indicano il fatto che i bacini in questione hanno una forma irregolare ed allungata, con conseguente incremento dei tempi di trasferimento delle gocce di pioggia da uno specifico punto sulla superficie topografica fino alla sezione di chiusura del bacino (tempo di corrivazione).

Per meglio caratterizzare la forma dei bacini idrologici vengono proposti vari indici, i quali sono legati fra loro. Tali indici mostrano, in ultima analisi, quanto la forma del bacino differisca da quella di un cerchio, e si basano sulla combinazione delle seguenti grandezze:

- A: area della proiezione orizzontale del bacino delimitato dallo spartiacque topografico;
- P: perimetro – lunghezza del contorno del bacino;
- L: lunghezza del bacino assunta in genere uguale alla lunghezza dell'asta fluviale principale, misurata lungo l'effettivo percorso dell'acqua, a partire dalla sezione di chiusura del bacino, fino allo spartiacque.

- Fattore di forma (Horton):

$$F = \frac{A}{L^2}$$

rappresenta il rapporto fra area del bacino con quella di un quadrato avente il lato "L" pari alla lunghezza del bacino.

- Fattore di circolarità (Miller):

$$R_c = 4 \cdot \pi \cdot \frac{A}{P^2}$$

rappresenta il rapporto fra la l'area della superficie di drenaggio "A" e la superficie del cerchio avente il perimetro "P" pari alla lunghezza della linea spartiacque del bacino considerato.

- Fattore di allungamento:

$$E = \frac{2 \cdot \bar{A}}{L \cdot \pi}$$

rappresenta il rapporto tra il diametro del cerchio di uguale area “A” e la lunghezza “L” dell'asta fluviale principale.

In tabella 3 ed in tabella 4. sono riportati i valori assunti dai fattori sopra menzionati.

Dall'analisi dei fattori di forma viene confermato che il bacino ha una forma ovale allungata.

5.4 Analisi delle sistemazioni esistenti

Dal 1989 ad oggi, il Fiume Isarco è stato oggetto di notevoli interventi di sistemazione ad opera del Genio Civile, riguardanti

- il consolidamento e l'innalzamento delle strutture arginali con rinforzi delle fondazioni;
- una regolarizzazione dell'alveo in senso planimetrico, con una riduzione della sezione nel tratto compreso tra Campiglio e Ponte Loreto;
- la costruzione di scogliere nel tratto compreso tra la confluenza del Talvera il ponte ferroviario Bolzano – Merano;
- la sistemazione della confluenza Talvera - Isarco.

Sono stati fatti anche diversi muri di sponda ad opera di privati, soprattutto nel tratto di alveo compreso tra il chilometro 88 e la confluenza con il Torrente Talvera.

In sostanza, le opere di sistemazione idraulica longitudinali (muri di sponda) presenti lungo l'Isarco, in corrispondenza della città di Bolzano, hanno lo scopo di fissare i limiti dell'acqua pubblica B e proteggere le scarpate da eventuali erosioni.

NOME DEL PONTE	NUMERO PILE [-]	LARGHEZZA PILE [m]	DISTANZA TRA LE PILE [m]	SPESSORE IMPLACATO [m]
Ponte della MeBo	3	2	28	2.4
Ponte ferroviario (pf1)	4	1.5	20	1.7
Ponte Resia	2	3	38	1.9
Ponte Palermo	2	2.3	41	1.7
Ponte Roma	9	2.2	17	1.7
Ponte Loreto.	1	4	42	1.9
Ponte ferroviario (pf2)	5 (4 + 1)	4 - 0.8, 1 - 2.8	15	1.9
Ponte Campiglio	3 (2 file)	0.9	20	1.5

tabella 5: Caratteristiche dei vari ponti presenti sull'Isarco all'interno del territorio comunale di Bolzano.

A seguire l'abitato di Cardano, il Fiume Isarco presenta diversi ponti all'interno del territorio comunale di Bolzano. Nell'ordine essi sono:

- ponte Campiglio;

-
- il ponte che si allaccia a Via Mayr Nusser (S.C.8.411): ponte Vigolo;
 - ponte ferroviario (pf1);
 - ponte Loreto;
 - ponte Roma;
 - ponte Palermo;
 - ponte Resia;
 - un secondo ponte ferroviario (pf2);
 - il ponte della MeBo (strada statale S.S.38, Merano – Bolzano).

Dopo il ponte sulla MEBO si riscontrano, inoltre, altri due ponti prima della confluenza con il Fiume Adige: una passerella a servizio del teleriscaldamento presso Bolzano Sud ed un'altra passerella sulla quale è alloggiata una conduttura. In tabella 5 si riportano le principali caratteristiche dei ponti presenti lungo il fiume Isarco.

Secondo il GEOPLAN - Piano del rischio idrogeologico del Comune di Bolzano, progetto preliminare, l'Isarco non costituisce un potenziale pericolo per la città.

Per quanto riguarda il Talvera, in passato si sono verificati frequenti fenomeni di alluvioni, soprattutto nella parte alta del bacino, in seguito ai quali sono state approntate massicce misure di salvaguardia, sia lungo il corso principale sia nei sottobacini, quali quello del Rio Valdurna, rii Bianco, Sega e Ottone. Rispetto alla città di Bolzano sono da evidenziare i lavori eseguiti tra il 1972 e il 1973 (sistemazione del tratto da Ponte Novale alla confluenza con l'Isarco con creazione di spazi verdi, regolazione del torrente attraverso la città mediante la costruzione di soglie di fondo; costruzione di 2 briglie di trattenuta, di cui una di tipo selettivo, a monte del territorio comunale). Nel 1976-1978 fu proseguita l'opera di sistemazione anche a monte di Castel Novale, con la costruzione di altre briglie e la riattivazione della vecchia briglia Graziadei e poi ancora nel 1981 con la costruzione di altre 13 briglie, di una cunetta ed il rifacimento di scogliere in massi a secco. Lungo il Torrente Talvera, all'interno del territorio del Comune di Bolzano sono presenti i seguenti ponti (le cui caratteristiche sono descritte nella tabella 6) procedendo da monte verso valle (fino alla confluenza con l'Isarco):

- ponte di San. Antonio;
- passerella in legno;
- passerella in legno;
- passerella asfaltata;
- ponte Talvera;
- passerella in legno;
- ponti del Museion;
- ponte Druso;

- ponte ex-ferroviario.

Il GEOPLAN - Piano del rischio idrogeologico del Comune di Bolzano afferma che il Talvera può essere considerato sistemato per quanto concerne la sicurezza della città di Bolzano.

NOME DEL PONTE	NUMERO PILE [-]	LARGHEZZA PILE [m]	DISTANZA TRA LE PILE [m]	SPESSORE IMPLACATO [m]
Ponte S. Antonio	2	2.1	31.9	2.5
Passerella in legno	-	-	-	0.4
Passerella in legno	-	-	-	0.7
Passerella asfaltata	-	-	-	1.5
Ponte Talvera	4	2.0	30.0	2.5
Passerella in legno	-	-	-	1.3
Ponte Museion	-	-	-	2.1
Ponte Druso	2	3.9	38.5	4.6
Ponte ex-ferroviario	2	2.0	34.4	1.0

tabella 6: Caratteristiche dei vari ponti presenti sul Talvera all'interno del territorio comunale di Bolzano.

5.5 Dati storici, analisi dei pericoli noti e dei dissesti

Nella carta dei pericoli noti il Fiume Isarco ed il Torrente Talvera, all'interno del territorio del comune di Bolzano, sono caratterizzati dalla propensione a fenomeni di alluvionamento di "acqua chiara". In figura 4 (introduzione) viene riportato un estratto della carta di suscettibilità ai pericoli derivanti da tali fenomeni.

Si ricorda che la carta dei pericoli noti è stata elaborata sulla base di modelli GIS. Essa discrimina le zone soggette a possibili pericoli idraulici; il pericolo indicato tuttavia può anche non sussistere.

In tabella 7 sono elencati, in ordine cronologico e con una breve descrizione dell'evento - ove presente - gli eventi di piena e le alluvioni storiche più significative che hanno interessato il Fiume Isarco. Tali eventi sono conservati nella banca dati ED30 fornita dalla Provincia di Bolzano.

Tra gli eventi elencati in tabella 7 si riportano di seguito le descrizioni degli eventi di maggior rilievo.

Evento del **29/08/1757 (1)** - A causa di piogge persistenti seguite da violenti temporali con acquazzoni, si è verificata una delle più devastanti catastrofi dovute alle alluvioni che abbia mai colpito l'Alto Adige e che si è estesa su quasi tutte le zone del paese, sia a nord sia a sud del Brennero. Bressanone e dintorni hanno patito molto questo disastro. L'Isarco e la Rienza hanno spazzato via tutti i ponti. [...] A Cardano l'Isarco ha sradicato via il ponte; a Bolzano le sue acque hanno invaso la città, allagandola. In alcuni punti l'acqua raggiungeva un'altezza di 2 m; il cimitero è stato travolto dall'acqua; sono morte 16 persone. La zona dei Piani è stata ampiamente allagata e nella città molte case sono state colpite dalla furia della corrente. Tutti i ponti di Bolzano e dintorni sono stati distrutti.

Evento del **04/10/1868 (2)** - In autunno, tutto il paese è stato colpito da una catastrofe dovuta alle inondazioni, dopo che già in estate l'esondazione di torrenti aveva causato molteplici danni. Questa doppia catastrofe è stata scatenata prima dai nubifragi del 22 e del 23 settembre e successivamente dal Föhn, dalla pioggia calda e quindi dal rapido scioglimento della neve che nel frattempo era caduta sulle cime, del 4 e del 5 ottobre. L'Isarco è straripato ovunque, distruggendo il ponte a "Grasstein". [...] Tutta la valle di Vipiteno è stata allagata; a Castelpietra, sopra i binari, l'acqua raggiungeva un'altezza di 1 m. Il torrente Vizze è esondato a valle della frazione di "Prati", allagando la strada. [...] Bressanone è stata invasa parzialmente dalle acque dell'Isarco. [...] Chiusa è stata completamente allagata, la linea del telegrafo portata via. [...] A monte di Ponte Gardena, spinto su un lato dal Rio degli Orli, l'Isarco ha distrutto l'argine per una lunghezza di 200m, mentre a Campodazzo ha distrutto completamente 3m di argine. Ponte Gardena è stata completamente allagata, la linea del telegrafo spazzata via. [...] A Bolzano l'Isarco ha invaso i vigneti,

sommergendo in parte via dei Cappuccini. [...] La zona di Laives è stata allagata a causa della rottura degli argini dell'Isarco. Il ponte ferroviario sul torrente "Leifererbach" crollò.

Evento del **08/08/1957 (3)** - Di seguito si riportano alcuni passi dell'articolo del giornale "Alto Adige" del 14 Agosto 1957, intitolato: "Sulla tormentata strada del Brennero colonne interminabili di autovetture – Sfruttata per la prima volta la variante del Sottovirgolo".

"Il nuovo furioso temporale scatenatosi nella notte scorsa sulla zona di Bolzano, ha fatto riprecipitare la situazione in tutti i punti già duramente colpiti dall'alluvione di giovedì. Particolarmente grave si è dimostrata fino alle 22 di lunedì, la situazione sulla strada nazionale del Brennero. Il ponte in cemento nei pressi di Fiè ha rischiato di essere abbattuto dalla gran massa di detriti, che trascinati a valle con estrema violenza, hanno raggiunto le spallette, ostruendo l'intera luce dell'arcata. Per fortuna il manufatto ha tenuto e non è occorso molto lavoro per ripristinare in quel punto il transito. Una seconda frana si era abbattuta più a sud, a qualche chilometro dall'abitato di Prato Isarco, dove già in precedenza la sede stradale era stata letteralmente spazzata via da un enorme conoide di deiezione. Sopra quest'ultimo era stato scavato un tracciato provvisorio per le autovetture, ma ieri sera questo è stato nuovamente superato dai detriti. In giornata le squadre di operai hanno riaperto un varco ma le macchine sono state costrette a passare guardando un vorticoso ruscello... si è dovuto ricorrere ad una variante, finora mai usata, e che partendo dall'abitato di Cardano conduce verso l'ala di alcuni masi e i vigneti di Campegno, sino a via Pié di Virgolo, su un percorso accidentato e a malapena sufficiente al passaggio di una sola vettura. Nell'ambito di questa variante, ove il traffico procedeva soltanto nel senso Bolzano-Cardano, è stata successivamente ricavata una seconda via, qualche decina di metri più sotto, per dare sfogo alle vetture provenienti da Cardano. Le scene che si svolgevano lungo questa variante improvvisata sono indescrivibili: bastava un intoppo qualsiasi ad una delle vetture, ed ecco che centinaia di macchine erano costrette a fermarsi per lunghissime soste. I viaggiatori, per ingannare l'attesa, scendevano dalle loro automobili, facendo man bassa delle pere e dell'uva di cui è ricca la zona in quel punto. A ciascuna automobile sono occorse alcune ore per percorrere nell'uno o nell'altro senso i pochi chilometri che separano Cardano da Bolzano.



figura 8: Evento del 1957. Alpini al lavoro per sgomberare la strada del Brennero.

Codice evento	Data evento	Certa / Incerta	Danni	Note
1041600	Anno 1041	Incerta	Edifici privati, beni agricoli	[...] Grande devastazione di campi, vigneti e di edifici a Bolzano e nei dintorni, causata dalla piena dell'Isarco che ha rotto gli argini a Bolzano, provocando ingenti danni.
1218600	Anno 1218	Incerta	-	[...] L'ospedale dell'Ordine Teutonico in Weineck era in grande pericolo; ci sono stati dei danni all'ospedale.
1221211	Anno 1221	Incerta	-	[...] Distruzione della zona di Rencio.
1222601	Anno 1222	Incerta	Beni agricoli	[...] Inondazioni devastanti a Bolzano a causa del Talvera, dell'Adige e dell'Isarco.
1277600	Anno 1277	Incerta	-	[...] Grande alluvione in Alto Adige; il Talvera e l'Isarco provocarono seri danni a Bolzano.
1337601	Anno 1337	Incerta	Rete stradale	[...] Straripamento di tutti i fiumi di Bolzano; Ponte Isarco crollò; dal Virgolo fino al duomo ci si poteva spostare con delle barche. L'alluvione causò 160 vittime. [...] L'Isarco allagò la città "dai piedi del Virgolo fino al Duomo" ovvero per una larghezza di circa 500m.
1339601	01/09/1339	Incerta	Sistemazioni	[...] Una piena di grandi proporzioni interessò l'Adige e l'Isarco. Tra Chiusa e Bolzano tutti i ponti vennero spazzati via dall'Isarco.
1340603	01/12/1340	Incerta	Sistemazione, rete stradale	[...] Nel periodo di Natale, in Alto Adige si sono verificati grandi danni dovuti alle inondazioni. A Bolzano l'Isarco, il Talvera e l'Adige strapparono via tutti i ponti e le

				vie di comunicazione.
1350002	Anno 1350	Incerta	-	[...] Grandi masse d'acqua dall'Isarco, dal Talvera e dall'Adige
1385601	16/10/1385	Certa	Beni culturali ed ambientali	[...] Grande disastro provocato dalle inondazioni il 16 ottobre. Fra le vittime dell'Isarco caddero, tra gli altri, l'ospedale dell'Ordine Teutonico di Bolzano ed il convento dei canonici regolari di Sant'Agostino.
1390002	Anno 1390	Incerta	-	[...] Grandi masse d'acqua dall'Isarco, dal Talvera e dall'Adige.
1392210	Anno 1392	Incerta	-	[...] Il monastero di Bolzano "Kloster in Au" devastato dall'alluvione.
1400410	22/06/1400	Incerta	-	[...] Alluvionamento del convento di Bolzano "Kloster in Au".
1405600	Anno 1405	Incerta	Beni culturali ed ambientali	[...] Nuova devastazione del convento agustiniano e dell'ospedale a Gries, causata dalla piena del Talvera e dell'Isarco. Il monastero in Gries "Kloster in Au" viene trasferito nel castello "Pradai in Gries" a causa di continue inondazioni del Talvera e dell'Isarco, così come l'ospedale a Gries viene trasferito dalla zona dell'Isarco, al di sotto di "Weiseck", a "Weggenstein". Il monastero, che si trova alla confluenza del Talvera con l'Isarco, è stato distrutto dai due fiumi.
1417601	Anno 1417	Incerta	Beni culturali ed ambientali	[...] Isarco e Talvera straripano contemporaneamente devastando i pascoli circostanti e distruggendo il convento, precedentemente abbandonato, situato alla confluenza del Talvera con l'Isarco.

1470210	Anno 1470	Incerta	Rete stradale	[...] La piena dell'Isarco strappa via il ponte a monte di Bolzano: "Feigenstein-Brücke".
1479600	Anno 1479	Incerta	Sistemazioni, rete stradale	[...] L'Isarco in piena travolse il ponte Feigenstein, a monte di Bolzano.
1494210	24/10/1494	Certa	Rete stradale	[...] Grande piena del Talvera e dell'Isarco a Bolzano; danni a molti ponti, vie di comunicazione e passerelle.
1515001	26/07/1515	Certa	Rete stradale, edifici privati	[...] Un violento temporale investì la zona di Chiusa interrompendo le vie di comunicazione. La strada fu danneggiata al punto che per più giorni non si poté percorrerla né a piedi, né a cavallo. Anche i vigneti presso Bolzano subirono ingenti danni.
1515601	16/07/1515	Certa	Rete stradale, beni agricoli	[...] Nubifragio su tutta la zona di Chiusa con esondazione devastante del torrente "Tinnebach", che ha gonfiato anche l'Isarco. Quest'ultimo a causato gravi danni ai vigneti a Bolzano.
1520601	28/08/1520	Certa	Sistemazioni, rete stradale, edifici privati	[...] Precipitazioni persistenti accompagnate da grandine investirono tutta la zona a sud del Brennero; a Bolzano il Talvera e l'Isarco inondarono i vigneti provocando ingenti danni (il vino, spesso usato come merce di scambio, era un elemento molto importante dell'economia della zona).
1527211	09/02/1527	Certa	Sistemazioni	[...] L'Isarco ruppe gli argini di sinistra a Bolzano all'altezza del Virgolo; in seguito questi furono ricostruiti.
1539600	21/06/1539	Incerta	Rete stradale, attività economiche,	Inondazione dell'Isarco con gravi danni a beni agricoli e vie nei pressi di Bolzano.

			beni agricoli	
1539210	15/07/1539	Certa	Sistemazioni	[...] L'Isarco ruppe nuovamente gli argini di destra sommergendo le aree circostanti e sommergendo le rovine del convento degli Agostiniani, già distrutto nel 1471. Un ramo dell'Isarco si diresse verso Ponte Adige.
1544210	01/04/1544	Incerta	-	[...] Giovedì Santo. Una piena interessò il bacino dell'Isarco e del Talvera. L'Isarco allagò una parte di Bolzano.
1567300	02/09/1567	Certa	Rete stradale, edifici privati, attività economiche	[...] Piena dell'Isarco; inondazione a Bolzano; distruzione di ponti, esondazione in corrispondenza della città.
1567601	29/10/1567	Incerta	Sistemazioni, rete stradale	[...] Ponte Isarco è stato spazzato via. L'acqua ha invaso la città di Bolzano.
1673600	29/07/1673	Certa	Sistemazioni, rete stradale	[...] Piena dell'Isarco e del Talvera con distruzione degli argini e allagamento della zona dei Piani e di alcune parti della città stessa; Ponte Isarco crollò causando la morte di 30 persone.
1756600	08/06/1756	Certa	Beni agricoli, edifici privati	[...] Piena a Bolzano e a Laives; l'Adige e l'Isarco travolsero edifici e causarono seri danni ai vigneti.
1757211	21/08/1757	Certa	Edifici privati	[...] Piogge in val d'Isarco; inondazioni a Bolzano, Bressanone, Chiusa; devastazione, distruzione di case.
1757613	29/08/1757	Incerta	Sistemazioni, rete stradale, edifici privati	(1)
1758601	23/07/1758	Certa	Sistemazioni, beni culturali e ambientali, beni	L'Alto Adige è stato colpito nuovamente da una catastrofe dovuta alle inondazioni, le cui conseguenze sembrano essere

			agricoli	state quasi grandi come quelle della devastazione dell'anno 1757. L'Isarco è nuovamente straripato, causando grandi danni nella zona dei Piani.
1768600	Anno 1768	Incerta	Rete stradale, beni agricoli	Il Talvera e l'Isarco esondano a Bolzano con danni significativi a vie e a colture.
1776600	29/09/1776	Certa	Rete stradale, beni agricoli	Dopo diversi giorni di pioggia e di inondazioni, l'Isarco ha danneggiato più volte la strada "Kuntersweg" inondando i Piani.
1868623	04/10/1868	Certa	Sistemazioni, rete stradale, edifici privati, beni agricoli	(2)
1871001	18/06/1871	Certa	Rete stradale, edifici privati, beni agricoli	Interruzione del traffico a Bolzano.
1882001	16/09/1882	Incerta	Sistemazioni, rete stradale, edifici privati, attività economiche, beni culturali ed ambientali, beni agricoli	[...] A Bolzano l'argine dell'Isarco è stato rotto più volte. Il 17 settembre, il livello dell'Isarco era di 1 m superiore rispetto a quello della piena del 1868! Via dei Cappuccini era allagata. Tra ponte Loreto e ponte Talvera è crollato l'argine della ferrovia Bolzano-Merano.
1957588	08/08/1957	Certa	Edifici privati	(3)
1965022	02/09/1965	Incerta	Sistemazione, rete stradale	Sono disponibili 31 foto da terra
1966001	16/08/1966	Certa	-	Sono disponibili 47 foto da terra
1966068	04/11/1966	Certa	Rete stradale, edifici privati	-

1981001	19/07/1981	Certa	-	Sono disponibili 2 foto da terra
---------	------------	-------	---	----------------------------------

tabella 7: Elenco degli eventi storici che hanno coinvolto il Fiume Isarco (codice acqua pubblica B).

In tabella 8 sono elencati, in ordine cronologico e con una breve descrizione dell'evento - ove presente - gli eventi di piena e le alluvioni storiche più significative che hanno interessato il Fiume Talvera. Tali eventi sono conservati nella banca dati ED30 fornita dalla Provincia di Bolzano.

Tra gli eventi elencati in tabella 8 si riportano di seguito le descrizioni degli eventi di maggior rilievo.

Evento del **08/08/1957 (4)** - Tratto dall'articolo del giornale "Dolomiten" intitolato: "La più grande catastrofe naturale in Alto Adige della quale si ha memoria" (10 Agosto 1957 – sabato), sottotitolato: "*L'inondazione del Talvera*". "Un effetto secondario della catastrofe è stato il completo riempimento, nel giro di un'ora, del largo letto del Talvera con acqua e fango. Il livello dell'acqua arrivava a toccare quasi tutti e tre i ponti di Bolzano. Chi di notte si trovava a osservare il torrente dai ponti, non si dimenticherà mai quello scenario, guardando con scetticismo ai presunti piani di urbanizzazione lungo il Talvera. Ora si capisce perché i responsabili del comune di Bolzano hanno lasciato così tanto spazio al torrente nella zona della città. La piena del Talvera è arrivata ed è andata via rapidamente. Verso le due di notte il torrente era tornato ad occupare 1/3 del suo letto. La gente cercava di recuperare la legna trasportata dal torrente". Tratto dall'articolo del giornale "Dolomiten" intitolato: "La più grande catastrofe naturale in Alto Adige della quale si ha memoria" (10 Agosto 1957 – sabato), sottotitolo: "*Il danno nella gola di Sarentino*".

Codice evento	Data evento	Certa/ Incerta	Danni	Note
1222602	Anno 1222	Incerta	Beni agricoli	[...] Inondazioni devastanti a Bolzano causate dal Talvera, dall'Adige e dall'Isarco.
1256600	Anno 1256	Incerta	-	[...] Distruzione della strada per la Val Sarentino causata dal torrente Talvera.
1277601	Anno 1277	Incerta	Rete stradale	[...] Grandi inondazioni in Alto Adige; il Talvera e l'Adige causarono molti danni a Bolzano; il Talvera distrusse la strada della Val Sarentino.
1328210	Anno 1328	Incerta	-	-
1337602	Anno 1337	Incerta	-	[...] Tutti i fiumi di Bolzano esondarono; Ponte Isarco crollò; dal Virgolo fino al duomo, per spostarsi si potevano usare delle chiatte. 160 persone morirono a causa dell'inondazione.
1340601	01/12/1340	Incerta	Sistemazioni, rete stradale	[...] Intorno a Natale, in Alto Adige si sono verificati ancora grossi danni causati dall'alluvione. A Bolzano, il Talvera, l'Adige e l'Isarco strapparono via tutti i ponti e le vie di comunicazione.
1350003	Anno 1350	Incerta	-	[...] Grandi masse d'acqua dell'Isarco, del Talvera e dell'Adige.
1390003	Anno 1390	Incerta	-	[...] Grandi masse d'acqua dell'Isarco, del Talvera e dell'Adige.
1405601	Anno 1405	Incerta	Beni culturali e ambientali	[...] Nuova devastazione del convento agustiniano e dell'ospedale a Gries, causata dalla piena del Talvera e dell'Isarco. Il monastero in Gries "Kloster in Au" viene trasferito nel castello "Pradai in Gries" a causa di continue inondazioni del Talvera e dell'Isarco, così come l'ospedale

				a Gries viene trasferito dalla zona dell'Isarco, al di sotto di "Weiseck", a "Weggenstein". Il monastero, che si trova alla confluenza del Talvera con l'Isarco, è stato distrutto dai due fiumi.
1417602	Anno 1417	Incerta	Beni culturali e ambientali	[...] Isarco e Talvera strariparono contemporaneamente devastando i pascoli circostanti e distruggendo il convento, abbandonato in precedenza, situato alla confluenza del Talvera nell'Isarco.
1494300	24/10/1494	Certa	Rete stradale	[...] Grande alluvione del Talvera e dell'Isarco. Danni a molti ponti, sentieri e passerelle.
1520602	28/08/1520	Certa	Beni agricoli	[...] Precipitazioni persistenti accompagnate da grandine investirono tutta la zona a sud del Brennero, a Bolzano il Talvera e l'Isarco inondarono i vigneti provocando ingenti danni (il vino, spesso usato come merce di scambio, era un elemento molto importante dell'economia della zona).
1527210	01/05/1527	Incerta	-	[...] Le devastazioni del Talvera e dell'Isarco sono registrate in un'immagine della città di Bolzano del 1541.
1528210	Anno 1528	Incerta	Sistemazioni	[...] Distruzione degli argini del torrente Talvera, esondazione dell'Isarco.
1544300	01/04/1544	Incerta	-	[...] Giovedì santo. Una piena interessò il bacino del Talvera e dell'Isarco; il Talvera distrusse il "Grosses Werk", una non ben precisata opera di sistemazione a monte della porta ovest della città.
1544601	Anno 1544	Incerta	Sistemazioni	[...] Grande esondazione del Talvera, che ha distrutto il muro d'argine a Bolzano, inondando la città.

1567210	02/09/1567	Certa	-	[...] Inondazione della città di Bolzano a causa della piena del Talvera e dell'Isarco, distruzione di ponti.
1567602	29/10/1567	Incerta	Sistemazioni, rete stradale	[...] Uno degli anni più memorabili per le inondazioni. A Bolzano i ponti del Talvera sono stati spazzati via (insieme a ponte Isarco e ponte Adige). L'acqua ha invaso la città di Bolzano.
1569210	16/06/1569	Certa	Rete stradale, beni culturali e ambientali	[...] Piena del Talvera a Bolzano; distruzione di ponte Talvera
1573210	13/06/1573	Certa	-	-
1673601	29/07/1673	Certa	Sistemazioni, rete stradale	[...] Piena del Talvera e dell'Isarco con rottura degli argini e inondazione della zona dei Piani e di singole parti della città stessa; ponte Isarco crollò causando la morte di 30 persone.
1719300	29/11/1719	Certa	-	-
1757610	29/08/1757	Certa	-	[...] A causa di piogge persistenti, che hanno provocato violenti temporali con acquazzoni, si è verificata una delle più grandi e devastanti catastrofi da alluvionamento che ha mai colpito l'Alto Adige e che si estende sia a nord sia a sud del Brennero.
1758003	Anno 1758	Incerta	-	[...] Ripetizione della piena del 1757. Adige, Talvera e Isarco sfondano gli argini, distruggendo le riparazioni improvvisate che erano state eseguite nel frattempo.
1758603	23/07/1758	Certa	Edifici privati	[...] L'Alto Adige è stato nuovamente colpito da una catastrofe causata dalle piene, che ha provocato delle conseguenze che sembrano, essere state grandi quasi come

				quelle delle devastazioni dell'anno 1757.
1768601	01/07/1768	Incerta	Rete stradale, beni agricoli	[...] Talvera e Adige sono esondati a Bolzano con notevoli danni alle strade e alle colture.
1772606	23/09/1772	Certa	Beni agricoli	[...] A Bolzano il torrente Talvera è penetrato nei campi.
1821612	27/05/1821	Incerta	-	[...] Grande alluvione in "Wipphale" e soprattutto in Val d'Adige e Val Pusteria dopo acquazzoni prolungati e feroci nubifragi.
1823610	13/08/1823	Incerta	-	[...] Dal 13 al 18 ottobre, tutto il Tirolo a sud del Brennero ha vissuto la sua più grande catastrofe provocata dalle piene, a causa di persistenti piogge e del forte disgelo attraverso il Föhn. Il Talvera minacciava di superare il muro d'argine.
1851300	03/11/1851	Certa	-	-
1871615	18/06/1871	Incerta	-	[...] A Bolzano il Talvera ha spazzato via 500 m ³ di legna da ardere.
1877609	23/07/1877	Certa	-	[...] Il 23 luglio, la strada della Val Sarentino è stata quasi interamente distrutta dal Talvera e dai suoi affluenti.
1882638	16/09/1882	Incerta	Sistemazioni, rete stradale, beni agricoli	[...] 16-21 settembre e 28-29 ottobre. In Val Sarentino la strada della valle è stata distrutta in più punti, diversi ponti sono stati spazzati via; il ponte "Stierbach" ha trasformato il fondovalle in un lago. Sarentino era in grande pericolo. Sono stati causati gravi danni a bosco, prati, campi, vigne, costruzioni sulla riva e alle scorte di legname. A Bolzano il Talvera ha distrutto il ponte di S. Antonio.

1888654	10/09/1888	Certa	-	[...] Il 1888 è stato ancora una volta un anno di alluvioni, ricco di pioggia con danni simili a quelli della catastrofe del 1885. Il 10 settembre alla fine ha prevalso ancora una volta la piena del Talvera, con danni notevoli alla strada della Val Sarentino. In Via dell'Ospedale, il torrente ha strappato via diversi giardinetti.
1889625	13/10/1889	Certa	-	[...] La piena del Talvera del 13 ottobre distrusse in più punti la strada della Val Sarentino. A Bolzano aumentò il livello del Talvera.
1889629	29/10/1889	Certa	-	[...] Il 29 ottobre a Bolzano il Talvera si è gonfiato ripetutamente, strappando via un deposito di legname.
1957584	08/08/1957	Certa	Rete stradale, edifici privati, attività economiche, beni agricoli	[...] Vedi articoli del giornale "Dolomiten" del 10 agosto 1957 (4)
1997008	25/06/1997	Incerta	-	Località Sill
2009104	04/09/2009	Certa	Sistemazioni, rete stradale, beni agricoli	[...] Il Talvera da Campolasta a Bolzano (5).

tabella 8: Elenco degli eventi storici che hanno coinvolto il Fiume Talvera (codice acqua pubblica F).

“Appena oltrepassato il ponte di legno dietro Castel Roncolo, si presentava un’immagine della miseria. Prima del ponte di legno, una macchina giaceva nel letto del torrente Talvera e sul lato nord di una pila del ponte si aggrappava, nel vero senso della parola, una seconda macchina distrutta e schiacciata. Entrambi i veicoli erano parcheggiati nella zona di “deposito e lavorazione della ghiaia” e sono stati scagliati nel Talvera dalla massa di ghiaia e quindi portati verso valle dal torrente”.

Evento del **04/09/2009 (5)** - Stazione di misura manuale di “Reinswald”, Ufficio Idrografico Sig. Hans Gross: ven 04.09.2009, 08:00: 8,4 mm (seconda metà della notte); sab 05.09.2009, 8:00: 87,7 mm (8:00 – 14:30) = in ca. 10 ore sono caduti 96,1 mm di pioggia. Sul posto viene riferito di 2 ondate di maltempo, una che ha avuto luogo ca. alle 11:00 – 11:30 e un'altra dalle 13:00 alle 14:00, con “incredibili” piogge concentrate. Non si trattava di una pioggia preoccupante. Sorvolando la zona in elicottero il giorno 05.09.2009, si può notare che i segni della pioggia estrema (in parte 40 mm/h), hanno riguardato solo una striscia ristretta, ben delimitata di paesaggio (da 100 m fino al massimo di 1 km). Infatti, i rii e i fossati limitrofi dello stesso versante, non sono stati interessati dall'evento. Da una prima panoramica degli eventi documentati nella Val Sarentino, si può asserire che nei torrenti principali si sono verificate piene e allagamenti con trasporto solido (alluvionamento torrentizio). I segni sono evidenti. Alcuni affluenti o fossati che si attivano solo dopo un forte temporale, sono stati colpiti da colate; anche in questi casi sono ancora riconoscibili a tratti, le tracce di locali deflussi della piena, così come nei torrenti principali sono stati documentati il fronte e gli argini della colata (in alcuni tratti). Questa alternanza nell'energia del deflusso, è controllata dalla quantità di acqua disponibile, dalle diverse pendenze dei tratti del torrente, dalla quantità di materiale mobilitabile dalla piena e soprattutto nella zona della Val Sarentino dalla mancanza (presenza) di quantità di materiale fine. Quest'ultimo aspetto in particolare incide sulla dinamica della colata. Per questo evento esiste una collezione di foto che raggruppa 64 immagini e 19 foto dall'elicottero che conduce lo spettatore attraverso le frazioni di Campolasta, Mezzavia, “Johanniskofel”, Sill, Castel Novale e Bolzano fino alla confluenza con l'Isarco. In realtà, le piogge e le onde di piena, non hanno interessato direttamente il Talvera. La piena del Talvera fino alla confluenza con l'Isarco, è stata provocata dalle acque dei torrenti “Getrumbach” (F.170.30) e “Tanzbach” (F.110) e di altri affluenti minori. Oltre alle foto delle località sopra citate, immagini dall'elicottero consentono di avere un'idea della morfologia dei tratti intermedi del Talvera. In corrispondenza della briglia a finestra della “Sill”, l'acqua ha superato la sezione trasversale di 10 cm; l'opera ha trattenuto ca. 2000 m³ di sabbia, ghiaia e sassi e ca. 5000 m³ di materiale legnoso; il mucchio di legname ha lasciato libera solo la fila di finestre superiore, come documentato dalle foto di figura 13. Il punto critico per la città di Bolzano è rappresentato dal ponte doppio del “Museion”, dove il franco era di soli pochi decimetri. Impressionanti anche i risalti idraulici in corrispondenza delle soglie di fondo. Senza la presenza della briglia a finestra della Sill (vedi figura 13), il trasporto selvaggio di legname avrebbe danneggiato seriamente alcuni ponti ciclabili/pedonali. Tra ponte Druso e il ponte giallo della ciclabile (ex ponte ferroviario), i sentieri lungo il torrente in destra orografica, sono stati ricoperti da ca. 15 cm di fango. Dalle ispezioni effettuate e dalla

documentazione fotografica si può presumere che il materiale trasportabile nel tratto di torrente che va dalla briglia della Sill fino alla confluenza con l'Isarco, sia principalmente materiale fine (al massimo si arriva alle dimensioni dei sassi). Quindi, il Talvera è stato colpito dall'evento alluvionale per una lunghezza totale di 21 km; questo tratto può essere definito come di deposito: si ha, infatti, erosione nei tratti a maggiore pendenza e deposito in quelli pianeggianti. Tutto il materiale grossolano trasportato dal Talvera da monte o mobilitato in alveo, non ha mai raggiunto l'Isarco. Il volume totale di materiale depositato può essere stimato intorno a poche centinaia di migliaia di metri cubi.

Dall'esame di una carta storica di Bolzano (la quale comprende anche l'area da verificare), risalente al 1820, emerge che la sinistra orografica del Fiume Isarco era interessata da alluvioni del fiume, con deposito di materiale fine. Tali zone alluvionali erano infatti chiamate "Grutz", in contrapposizione al termine "Gries" che stava ad indicare le zone in cui i corsi d'acqua depositavano il materiale più grossolano. Le cosiddette "Grutz" sono situate nei tratti di pianura, in cui, per effetto della bassa pendenza (dell'ordine dell' 1 - 5‰), le acque dei fiumi scorrevano più lentamente, consentendo quindi il deposito delle granulometrie fini. Le "Gries", per contro, sono zone di conoide, caratterizzate da pendenze medio-elevate (dell'ordine di grandezza dell'1 – 5 % circa), in cui si realizzava il deposito delle sole granulometrie più grossolane. Dalla carta di figura 10, pertanto, si deduce che la zona in esame non era storicamente soggetta ad inondazioni con deposito delle frazioni fini. Con la successiva sistemazione della confluenza Adige-Isarco e del tratto terminale del fiume Isarco, l'area è stata definitivamente bonificata.

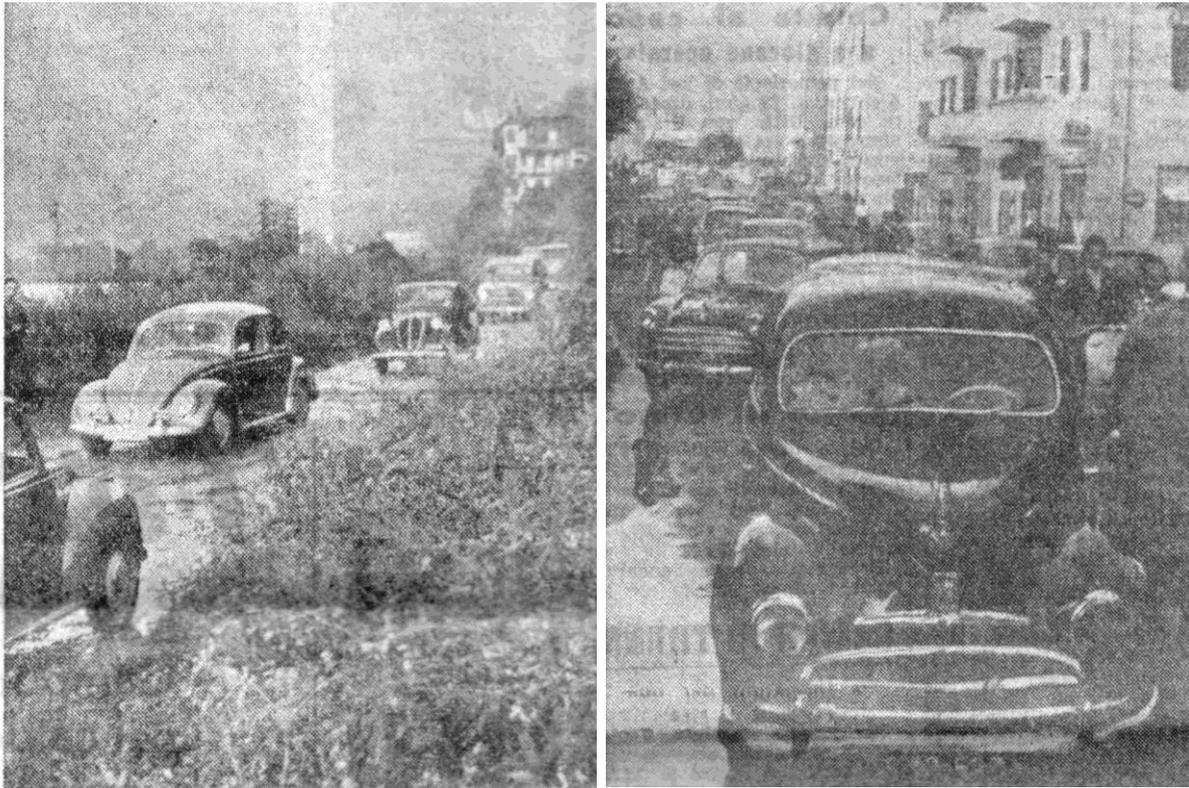


figura 9: A sinistra – “Ostruito il traffico sulla strada del Brennero, le colonne di autovetture vengono dirottate sulla variante del Sottovirgolo”; a sinistra – “In viale Trento una duplice colonna di automobili attende il turno per poter essere immessa nella variante del Sottovirgolo”.



figura 10: Carta del 1820 che riporta la zona considerata.

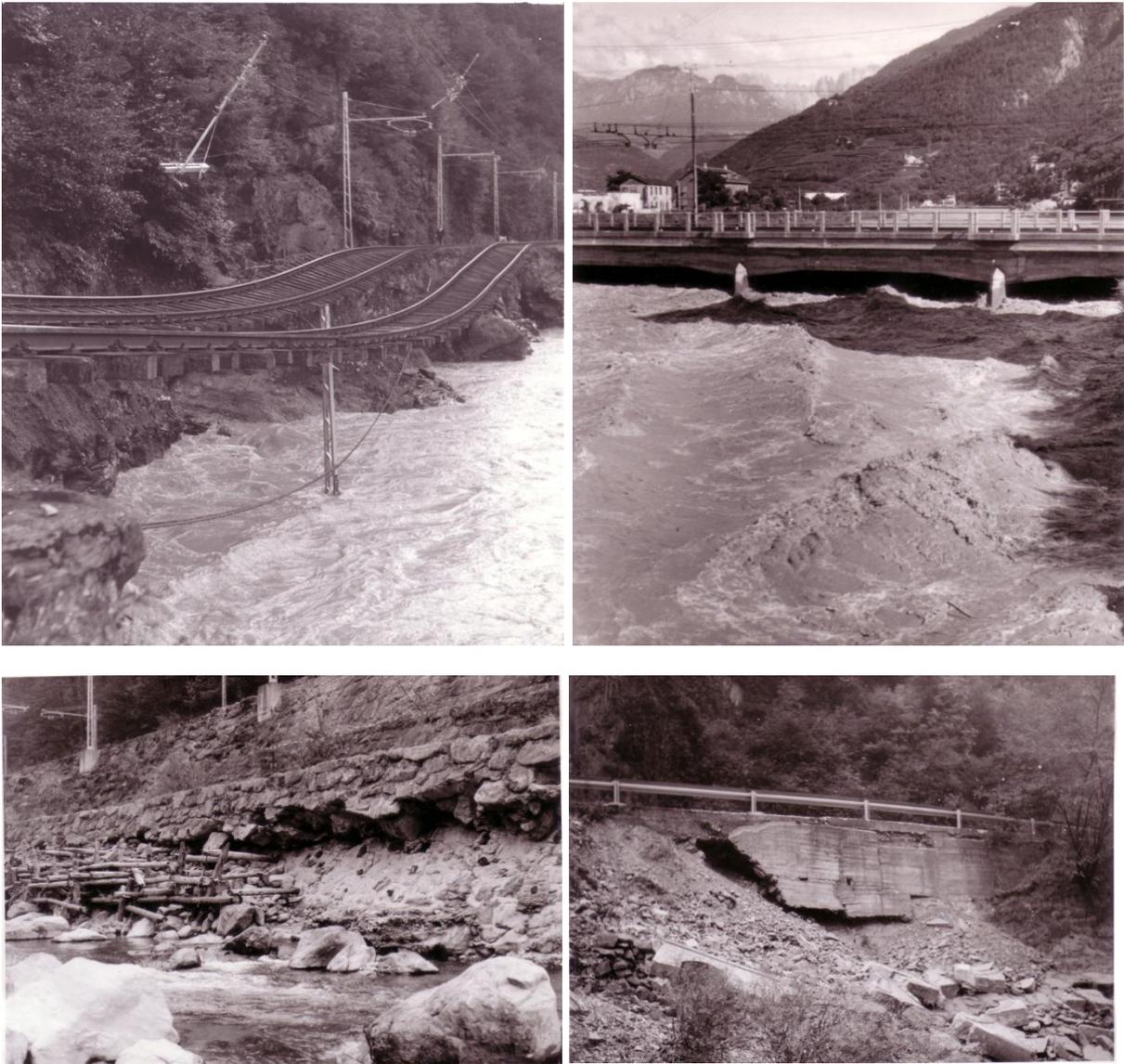


figura 11: ISARCO. Alcune immagini significative dell'evento del 02/09/1965.

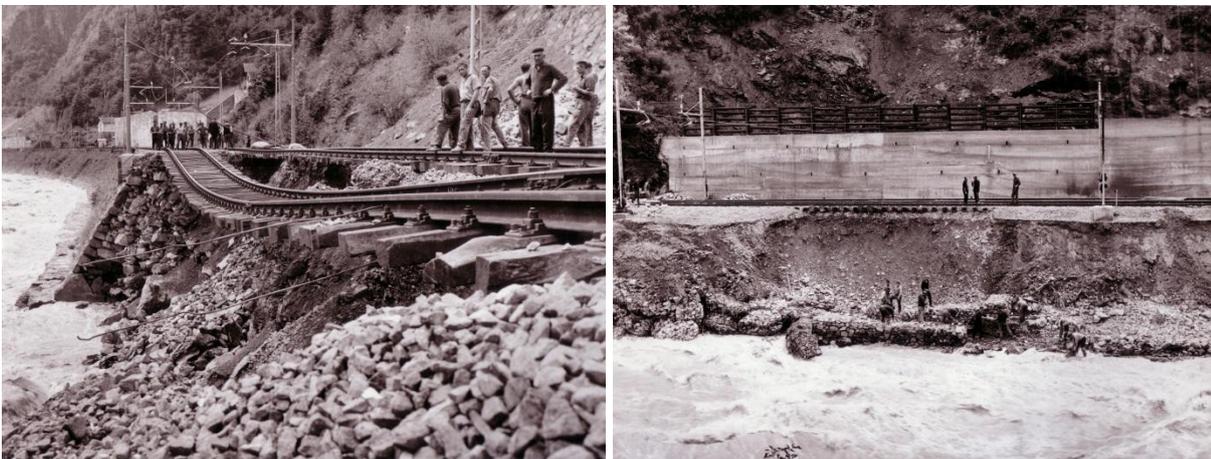


figura 12: ISARCO. Alcune immagini significative dell'evento del 16/08/1966.



figura 13: TALVERA. Alcune immagini significative dell'evento del 04/09/2009. Briglia a finestra della "Sill".



figura 14: TALVERA. Evento del 04/09/2009. In alto il ponte doppio del Museion minacciato dall'onda di piena; in basso la ciclabile invasa dal fango tra ponte Druso ed il ponte giallo.

Si aggiunge in ultimo, che l'area in esame si trova nella zona basale del conoide di deiezione formato dal Torrente Talvera (come risulta evidente dall'estratto della carta geologica riportata in figura 15), sul quale è stata edificata gran parte della città di Bolzano.

Dopo gli anni '80, in seguito alla costruzione di numerose arginature ed alla sistemazione della confluenza con il Talvera, il Fiume Isarco non ha più creato problemi ed attualmente non sembra costituire un pericolo per la città. Lo stesso può dirsi per il Torrente Talvera dopo le sistemazioni del 1978.

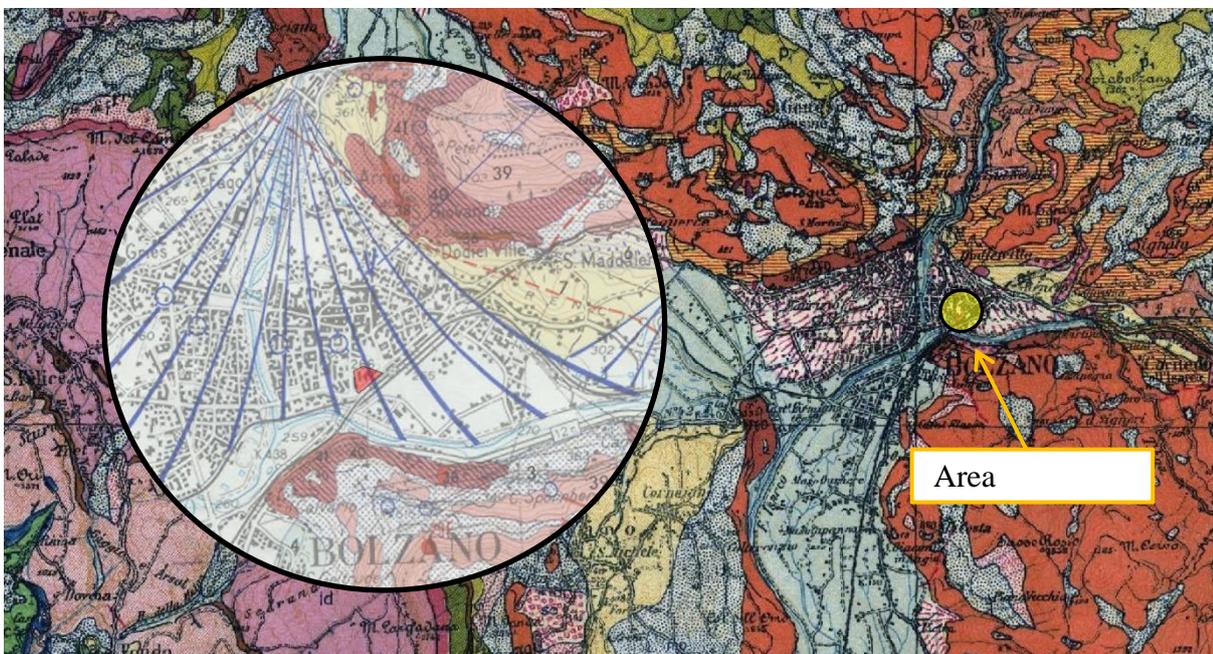


figura 15: Estratto della carta geologica in corrispondenza della città di Bolzano. Inquadratura dell'area oggetto di verifica del pericolo (evidenziate in giallo).

5.6 Rilievi topografici

Nel presente lavoro si utilizzeranno come riferimento i rilievi forniti dalla Provincia Autonoma di Bolzano, Ripartizione 30 – Opere idrauliche.

Per quanto riguarda il Fiume Isarco ci si è avvalso del rilievo topografico eseguito della Provincia di Bolzano nell'anno 2009. Tale rilievo comprende l'alveo del Fiume Isarco nel tratto che attraversa quasi tutto il Comune di Bolzano: dalla confluenza con il Torrente Ega (codice acqua pubblica B.25) fino alla confluenza con il Fiume Adige (codice acqua pubblica A).



figura 16: Rilievo effettuato dalla Provincia Autonoma di Bolzano nel 2009. In evidenza il particolare della confluenza tra Talvera ed Isarco.

Il rilievo sopra citato è costituito da un piano quotato dal quale sono state ricavate sezioni fluviali ogni 50m. Tali sezioni sono state importate successivamente in ambiente HEC-RAS e sono state

integrate con le geometrie dei ponti. I ponti che sono di maggiore rilievo ai fini della verifica idraulica dell'area in oggetto sono il Ponte ferroviario ed il Ponte Loreto. Il ponte che si trova appena a monte (Ponte Virgolo) non viene preso in considerazione nel presente lavoro poiché non va ad interferire con la dinamica d'alveo: non crea restringimenti o allargamenti della sezione, non ha pile in alveo ed è sufficientemente alto.

Per quanto riguarda il Torrente Talvera sono stati utilizzati i rilievi effettuati nell'anno 2010, messi a disposizione sempre dalla Provincia di Bolzano. Tali rilievi constano di:

- 38 sezioni trasversali nel tratto di alveo compreso tra ponte San Antonio e la confluenza con il Fiume Isarco;
- la restituzione plano-altimetrica di tutti i ponti presenti sul Talvera, sempre a partire dal ponte di San. Antonio (9 ponti).

Le sezioni ed i ponti verranno importati in ambiente GEO-Ras per la creazione della “geometria di partenza” e, successivamente, in ambiente HEC-Ras per lo sviluppo delle simulazioni idrauliche.

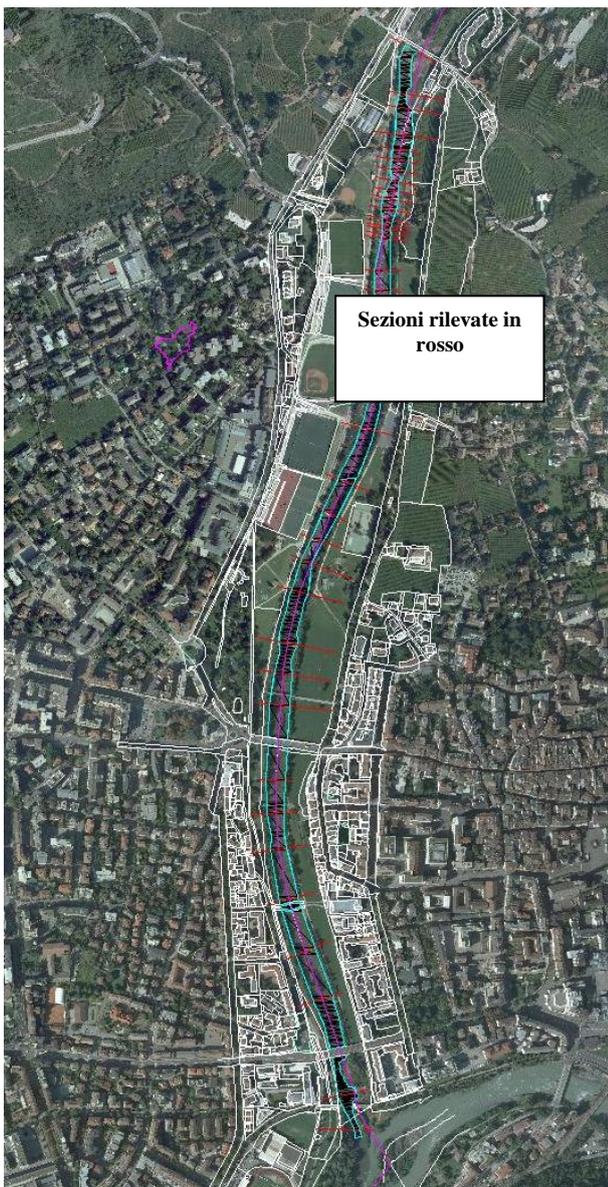


figura 17: Indicazione della sezioni che sono state rilevate lungo l'asta del Torrente Talvera. Oltre alle 32 sezioni sono stati rilevati tutti i ponti compresi tra ponte San Antonio e la confluenza con il Fiume Isarco.

5.7 Studio idrologico

Durante eventi di pioggia estremi la formazione del deflusso è fortemente condizionata dalla morfologia del bacino, dalla tipologia di terreno, dal tipo di copertura vegetale e dalle condizioni iniziali di umidità dei suoli.

L'idrologia del bacino imbrifero è un fattore fondamentale nella valutazione dei pericoli derivanti da un evento di piena, perché definisce la probabilità di ritorno di determinati valori soglia delle piene. Secondo la legislazione della Provincia Autonoma di Bolzano relativa alla delimitazione delle zone di pericolosità idraulica i tempi di ritorno da

considerare sono di 30 anni (frequenza elevata), 100 anni (frequenza media) e di 300 anni (frequenza bassa).

Per determinare le portate di picco delle piene si possono adottare diversi metodi:

- La **statistica idrologica**: se si dispone di misurazioni di portate registrate ad una stazione idrometrica, ubicata nelle vicinanze del tratto studiato, si utilizza la teoria della matematica statistica adottata dalla ricerca idrologica. Per applicare tali metodi è necessario che la serie di misurazioni abbia una lunghezza tale da permettere un'estrapolazione fino al tempo di ritorno richiesto. La letteratura in materia suggerisce che è opportuno estrapolare i dati soltanto fino ad un tempo di ritorno pari al doppio della lunghezza della serie disponibile. Andando oltre l'affidabilità della stima risulta fortemente compromessa.
- La **regionalizzazione statistica**: negli ultimi anni molti paesi si sono impegnati nell'effettuare una regionalizzazione delle piene. Nell'Italia settentrionale la regionalizzazione è stata eseguita dal gruppo di lavoro 1.8 del GNDICI (Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche) del CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) nell'ambito del progetto VAPI (Valutazione delle Piene in Italia). Il grande vantaggio della regionalizzazione consiste nel fatto che si possono determinare dei valori di piena relativamente affidabili per ogni punto del bacino imbrifero, anche per i bacini imbriferi di cui non si ha alcuna misurazione.

Sul fiume Isarco, in corrispondenza dell'area oggetto di studio, esiste una sola stazione di misurazione delle portate ed è situata a Bolzano sud (quindi a valle della confluenza con il Torrente Talvera, ed appena a monte dalle confluenza con il Fiume Adige. L'ubicazione della stazione di misura risulta adeguata ai fini delle analisi che si devono svolgere. Il problema consiste nella numerosità dei dati a disposizione. In generale, per poter implementare un'analisi statistica che sia attendibile e quanto più possibile rappresentativa della realtà, è necessario avere una "popolazione" che consiste in almeno trenta anni di misurazioni. In questo caso il campione risulterebbe adeguato. Nella stazione di Bolzano sud (nome stazione "Eisack süd", numero stazione 7989, coordinate E = 676826, N = 5147598, quota 235.03 m slm.) si dispone di soli 10 anni di osservazioni. Per questo motivo non è consigliabile utilizzare i dati della stazione idrometrica di Bolzano sud. Le stesse considerazioni si possono estendere anche al Torrente Talvera per il quale è presente una stazione di misura di recente costruzione. Per questa stazione (nome stazione "Talfer - Bozen", numero stazione 8291, coordinate E = 680299, N = 5153372, quota 287.710 m slm) si dispone di meno di 2 anni di osservazioni (a partire dal gennaio 2011).

Nel presente studio si è pertanto deciso di valutare i valori di picco delle piene attraverso il procedimento sviluppato nell'ambito del progetto VAPI. Secondo questa procedura la portata

di massima piena HQ_T che ci si può attendere in un generico sito fluviale è valutabile tramite la relazione moltiplicativa:

$$HQ_T = q_{indice} \cdot X_T$$

dove X_T indica il fattore di crescita, la cui dipendenza dal prefissato periodo di ritorno T viene stabilita da una legge valida su scala regionale, e q_{indice} rappresenta un valore indice della portata al colmo di massima annuale, caratteristico del sito fluviale.

Per poter stimare le portate al colmo delle piene si deve quindi determinare la portata indice ed utilizzare i fattori di crescita.

La bibliografia propone diverse formulazioni per determinare la portata indice per quanto riguarda l'Italia settentrionale e in particolare la regione del Trentino – Alto Adige.

Rosso e de Michele (2000) hanno proposto la seguente formulazione:

$$q_{indice} = q_1 \cdot EG^m$$

dove q_1 è un valore di portata per unità di superficie, espresso in $m^3s^{-1}km^{-2}$, EG rappresenta la superficie del bacino imbrifero sotteso mentre m è l'esponente caratteristico della relazione di potenza tra la media osservata del massimo annuale di portata al colmo di piena e la superficie del bacino.

Per il bacino dell'Adige e per i suoi affluenti il valore di q_1 assume un valore di 1,586 ed il valore di m è stato stimato in 0,638 ($\pm 0,089$) (Rosso e de Michele, 2000). Si può desumere che il parametro m oscilla entro una certa fascia; in mancanza di misure adatte alla calibrazione dello stesso, come avviene nel presente caso, è opportuno utilizzare il valore medio di 0,638.

Villi e Bacchi (2000) invece, per gli affluenti di medio bacino dell'Adige da Bolzano a Rovereto riportano per la portata unitaria q_1 un valore di 10,63 e per il parametro m un valore di 0,40.

La superficie del bacino imbrifero sotteso è quindi una grandezza chiave per determinare la portata indice per una certa sezione di interesse. La superficie del bacino dell'Isarco a Bolzano, avendo posto la chiusura immediatamente a valle della confluenza con il Torrente Talvera, risulta pari a circa 4191.4 km^2 . La portata indice dell'Isarco a Bolzano, dunque, può essere stimata pari a 325 m^3/s , utilizzando la formulazione di Rosso e de Michele (2000), oppure pari a 299 m^3/s , adottando i valori di Villi e Bacchi (2000). Si evince che le due formulazioni, pur indicando diversi valori per i parametri variabili, non portano a risultati molto diversi tra loro.

Per quanto riguarda il fattore di crescita, anche in questo caso nei due riferimenti bibliografici citati sono riportate due formulazioni diverse. **Rosso e de Michele** (2000) propongono:

$$X_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{K} \cdot (1 - e^{-kyT})$$

con

$$y_T = -\ln \ln \frac{T}{T-1}$$

I parametri k , α e ε sono parametri caratteristici a scala regionale ed assumono i seguenti valori per l'Alto Adige: $\alpha = 0,292$, $\varepsilon = 0,804$ e $k = -0,088$. Attraverso l'equazione citata è possibile determinare il fattore di crescita per ciascun tempo di ritorno T da considerare.

Secondo **Villi e Bacchi (2000)** il fattore di crescita è uguale a:

$$X_T = 0.5444 + 0.4396 \cdot \ln(T)$$

In tabella 9, sono riportati i fattori di crescita calcolati applicando le due metodologie descritte ed i valori di portate al picco delle piene per diversi tempi di ritorno. Si nota che le differenze tra i singoli valori sono di piccola entità.

TEMPO RITORNO	DI	Rosso e de Michele (2000)		Villi e Bacchi (2000)	
		X_T	HQ _T [m ³]	X_T	HQ _T [m ³]
5		1.272203	412.9759	1.247563	372.8546
10		1.530688	496.8839	1.550399	463.3621
20		1.795199	582.748	1.853235	553.8696
30		1.955132	634.6648	2.030383	606.813
50		2.16343	702.2812	2.253563	673.5139
100		2.459847	798.5027	2.556399	764.0214
200		2.773862	900.4367	2.859235	854.5289
300		2.966355	962.9225	3.036383	907.4723

tabella 9: Isarco. Fattori di crescita calcolati applicando le due metodologie descritte e valori di portate al picco delle piene per diversi tempi di ritorno.

Adottando la procedura descritta è possibile, infine, determinare le portate al picco delle piene per diversi tempi di ritorno. Per attribuire una maggiore affidabilità ai risultati ottenuti vale la pena effettuare un confronto con altre indicazioni disponibili nella bibliografia. La Provincia di Bolzano, per la definizione dei quantili di portata al colmo di piena, fa riferimento

alla regionalizzazione delle portate eseguita dall'AIDI per conto della ripartizione opere idrauliche (portate stimate dal Professor Borga). In tabella 10 si elencano i risultati.

In conclusione, per quanto riguarda le portate al picco delle piene, si decide di utilizzare i valori più cautelativi tra quelli calcolati tramite la regionalizzazione statistica nell'ambito del progetto VAPI e quelli forniti dalla Provincia (regionalizzazione delle portate eseguita dall'AIDI per conto della ripartizione opere idrauliche). Procedendo in questo modo si è quindi deciso di rimanere a favore della sicurezza, anche tenendo conto delle incertezze legate all'analisi statistica svolta.

In tabella 11 sono riportati i valori numerici dei colmi di portata calcolati per gli eventi di progetto considerati nel presente lavoro. Relativamente al tratto di Isarco che precede la confluenza con il Torrente Talvera le portate critiche che sono state ricavate ri-scalando i valori presenti nella seconda colonna della tabella 10 rispetto alla corrispondente superficie del bacino idrografico di alimentazione (l'Isarco a monte della confluenza con il Talvera ha un bacino di alimentazione di circa 3760 km²). Tali dati vengono riportati nella terza colonna della tabella 11.

TR	HQ [m ³ /s]
5	690
10	825
20	950
30	1025
50	1120
100	1245
200	1380
300	1460

tabella 10: Quantili di portata relativi al Fiume Isarco a Bolzano per il tratto di fiume situato a valle della confluenza con il Torrente Talvera. Provincia Autonoma di Bolzano.

TR	HQ [m ³ /s] a valle della confluenza con il Talvera	HQ [m ³ /s] a monte della confluenza con il Talvera
30	1025	920
100	1245	1117
200	1380	1238

tabella 11: Fiume Isarco (codice acqua pubblica B). Valori numerici dei colmi di portata calcolati per gli eventi di progetto considerati.

Per quanto riguarda il Talvera si ripetono le stesse analisi. La superficie del bacino del Talvera, avendo posto la chiusura immediatamente a monte della confluenza con il Fiume Isarco, risulta pari a circa 430 km². La portata indice del Tavera a Bolzano, dunque, può essere stimata pari a 75.94 m³/s, utilizzando la formulazione di Rosso e de Michele (2000), oppure pari a 120.2 m³/s, adottando i valori di Villi e Bacchi (2000).

In tabella 12 sono riportati i fattori di crescita calcolati applicando le due metodologie descritte ed i valori di portate al picco delle piene per diversi tempi di ritorno.

Per attribuire una maggiore affidabilità ai risultati ottenuti vale la pena effettuare un confronto con altre indicazioni disponibili nella bibliografia: si è quindi fatto ricorso a stime e calcoli di portata già esistenti (riportati in tabella 13).

La Provincia di Bolzano, per la definizione dei quantili di portata al colmo di piena, ha fornito dei valori che sono molto simili a quelli ottenuti con l'analisi della regionalizzazione riportata in tabella 12 (adottando la metodologia proposta da Villi e Bacchi). Questi valori, generalmente, tendono a sottostimare le reali condizioni che si possono verificare.

TEMPO RITORNO	DI	Rosso e de Michele (2000)		Villi e Bacchi (2000)	
		X_T	HQ _T [m ³]	X_T	HQ _T [m ³]
5		1.272203	96.60787	1.247563	149.9627
10		1.530688	116.2365	1.550399	186.365
20		1.795199	136.3228	1.853235	222.7672
30		1.955132	148.4678	2.030383	244.0611
50		2.16343	164.2853	2.253563	270.8883
100		2.459847	186.7945	2.556399	307.2906
200		2.773862	210.6401	2.859235	343.6928
300		2.966355	225.2574	3.036383	364.9868

tabella 12: Talvera. Fattori di crescita calcolati applicando le due metodologie descritte nei capitoli precedenti e valori di portate al picco delle piene per diversi tempi di ritorno.

A causa della variabilità delle stime riportate, non è stato possibile individuare l'approccio che meglio rappresenta l'idrologia del bacino in oggetto. Di conseguenza si amplificano del 15% le portate calcolate mediante la regionalizzazione. In questo modo si ottengono dei valori di portata caratterizzata da un tempo di ritorno di 300 anni che approssimano la media delle stime e dei calcoli riportati in tabella 12 ed in tabella 13: 287 m³/s per tr = 30 anni, 356 m³/s per tr = 100 anni e 425 m³/s per tr = 300 anni (vedi tabella 14). I valori di portata non possono essere eccessivamente elevati anche grazie alla presenza della briglia a finestre della Sill, la quale procura un effetto di laminazione delle piene per il Talvera a Bolzano in occasione di eventi estremi.

TALVERA. Sezione di chiusura: confluenza con il Fiume Isarco. Area del bacino: 430 km ²	
FONTE	PORTATA [m ³ /s]
Autorità di bacino nazionale dell'Adige	327
Parere idraulico relativo alla costruzione della ciclabile al ponte San. Antonio a Bolzano (ing. Ferrari, Trento)	520
Ufficio Sistemazione Bacini Montani, portata di piena (Dott. Mazzorana Bruno)	480
Ufficio Sistemazione Bacini Montani Nord (Descrizione generale del Torrente)	285
Melli (1924) - $Q = C_k \cdot E^{2.3}$	426
HAMPL (1970) - $Q = c \cdot h \cdot E^{0.5}$	491
Müller – Hampl - $Q = 0.4 \cdot h_{100} \cdot \Psi \cdot E^{0.5} \cdot (1 - H_u) 2400$	350
Gherardelli – Marchetti, applicabile al bacino idrografico dell'Adige - $Q = E \cdot u_{100} \cdot E_{100}^{-n}$	645
Tnini e altri, applicabile ai bacini dolomitici - $Q = 0.651 \cdot E^{1.064}$	409

tabella 13: Stime e calcoli di portata esistenti per il fiume Talvera (F).

TR	HQ [m ³ /s]
30	287
100	356
300	425

tabella 14: Torrente Talvera (codice acqua pubblica F). Valori numerici dei colmi di portata calcolati per gli eventi di progetto considerati.

5.8 Stima dell'apporto solido e definizione del processo idraulico da simulare

La stima del materiale solido che può essere presente all'interno delle aste fluviali e che può essere movimentato dall'onda di piena liquida è di estrema rilevanza per una corretta interpretazione del fenomeno di deflusso (colata detritica, alluvionamento torrentizio, o deflusso di acqua chiara) e della conseguente modellazione fisica dei processi di propagazione delle piene. In funzione del valore di concentrazione volumetrica di materiale solido, il comportamento fisico della miscela acqua-sedimento varia considerevolmente passando da un comportamento tipicamente newtoniano con trasporto solido di fondo (per valori bassi di concentrazione), a comportamenti granulo-inerziali, ad esempio, tipici di colate detritiche (per alti valori di concentrazione della frazione solida).

Lo studio del trasporto solido in un corso d'acqua è finalizzato a comprendere le dinamiche morfologiche dello stesso quindi a quantificare le possibili evoluzioni plano-altimetriche dell'alveo del corso d'acqua. Per svolgere un'analisi di dettaglio sarebbero necessari dati riguardanti la **granulometria d'alveo** e la **portata solida**. Ciò consentirebbe, attraverso una procedura di calibrazione, di modellare con sufficiente grado d'attendibilità il trasporto solido nel corso d'acqua in esame sul lungo periodo. In mancanza di tali dati, nel presente studio ci si attiene ad un'analisi qualitativa dei processi in atto, fondata sull'interpretazione di documenti fotografici e sui rilievi effettuati in periodi successivi nel corso d'acqua.

Il fiume Isarco a Bolzano, presenta una granulometrica d'alveo caratterizzata dalla prevalente presenza di ciottoli e ghiaia. L'alveo attivo si presenta estremamente largo (circa 80 - 100m) ed in tali condizioni, la configurazione del fondo predominante è quella di tipo a barre alternate. Ciò risulta evidente dall'osservazione dalle orotofoto realizzate nell'anno 2006, confrontate con quelle realizzate nell'anno 2011 (figura 18).

Le barre di deposito sono forme di fondo costituite da un'alternanza di scavi e depositi, la cui entità (altezza) è confrontabile con il tirante idraulico in piena. In natura vi sono svariate tipologie di barre, come riportato in figura 19.

Nel caso del fiume Isarco, sono presenti barre alternate, barre centrali in concomitanza di allargamenti d'alveo, barre di confluenza alla confluenza con il torrente Talvera. In particolare, in figura 21 si riporta un'immagine di dettaglio che riguarda il tratto di alveo compreso tra Ponte Virgolo e Ponte Loreto, in prossimità del quale c'è l'area che deve essere verificata in questo studio.

Nell'Isarco vi è una netta predominanza delle barre alternate, tipiche dei fiumi ad andamento pressoché rettilineo e a sezione "larga". Tali forme di fondo hanno la caratteristica di essere migranti, cioè si spostano verso valle durante il passaggio delle piene. Il meccanismo è spiegato in modo qualitativo in figura 20. La migrazione verso valle delle barre alternate, comporta la necessità di assicurare la stabilità del piede dei muri di sponda lungo l'intera lunghezza, approfondendo in modo adeguato il piano di fondazione. Dove oggi sono presenti dei depositi, infatti, in futuro ci potranno essere forti scavi, per effetto della migrazione delle barre. L'ampiezza delle barre di deposito, e di conseguenza anche dei possibili scavi, è dell'ordine di grandezza del tirante di piena, pari a circa 4 - 5m.

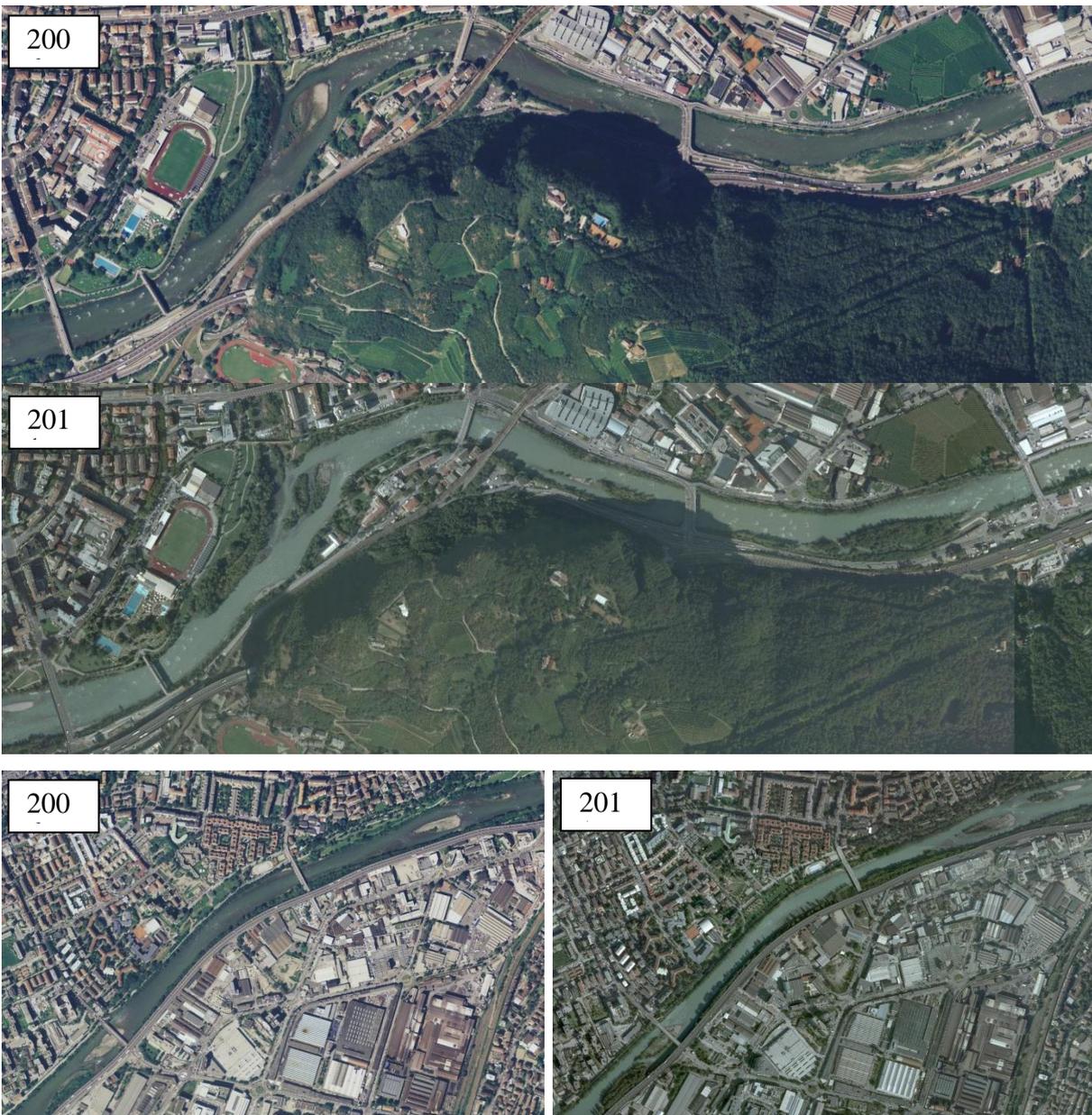




figura 18: Forme di fondo lungo l'Isarco. Confronto tra orotofoto realizzate nell'anno 2006 e nel 2011.

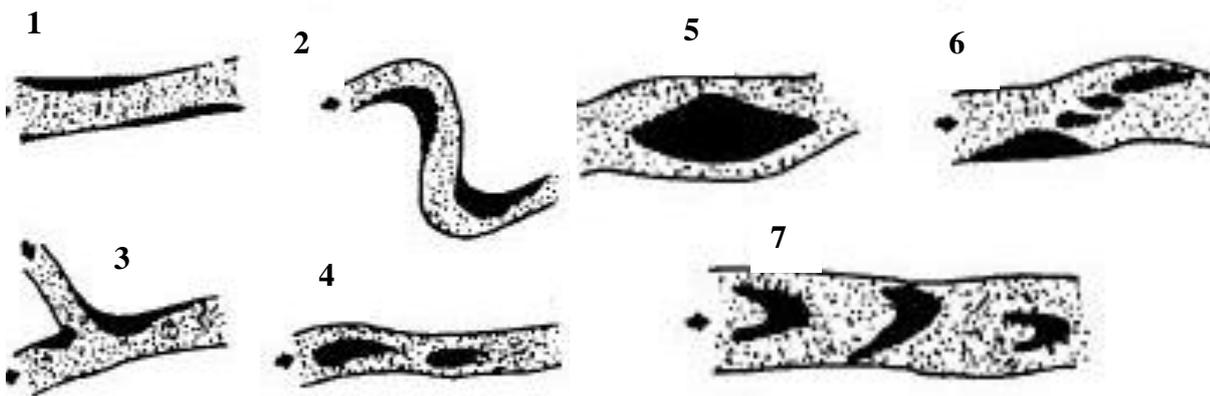
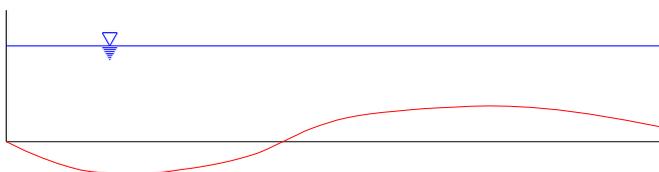


figura 19: Tipi di barre: 1.barre laterali; 2.barre di meandro; 3.barre di giunzione o di confluenza; 4.barre longitudinali; 5.barre a losanga; 6.barre diagonali; 7.onde di sabbia, barre linguoidi o dune.



Fondo piano – Condizione iniziale: canale a fondo piano



Barre alternate – Durante il passaggio della piena si forma una successione di depositi a barra alternata (linea rossa)

Amplificazione e taglio delle barre – Nei periodi di magra successivi, l'acqua si concentra nelle zone più depresse del corso d'acqua e l'effetto erosivo risulta più marcato in tali zone. Ciò determina l'ulteriore approfondimento ed il taglio della barra

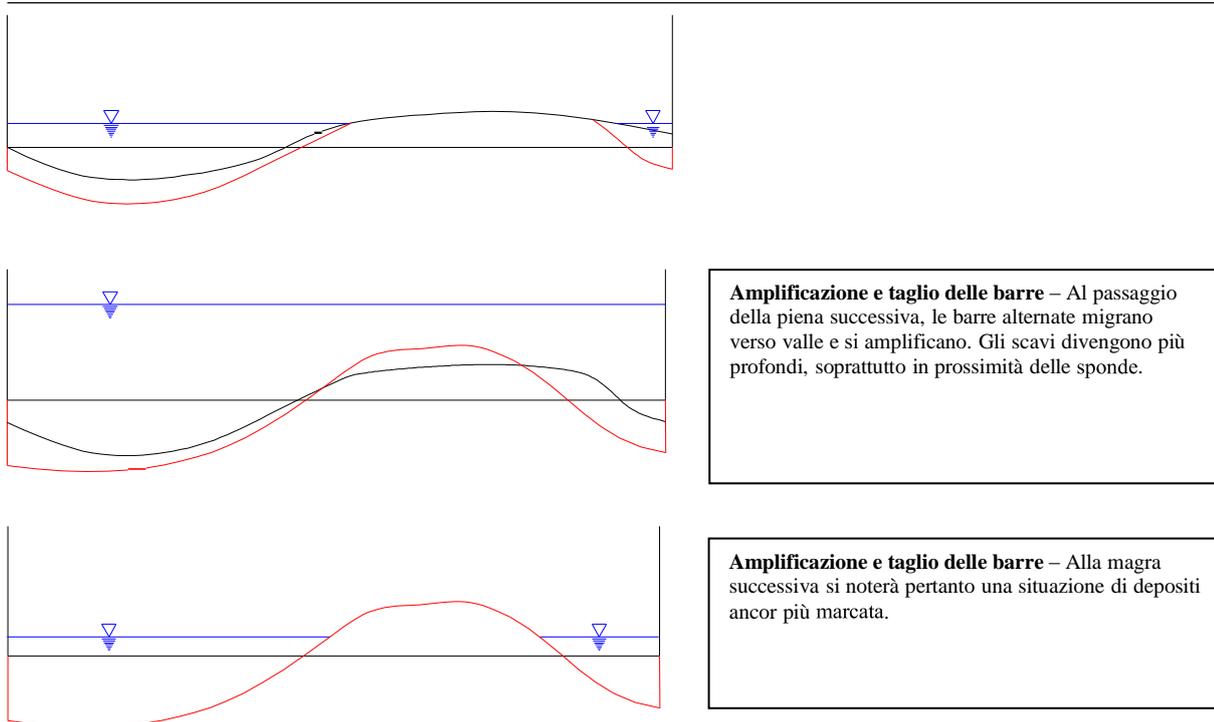


figura 20: Meccanismo qualitativo di migrazione delle barre alternate verso valle.



figura 21: Immagine di dettaglio che riguarda il tratto di alveo compreso tra Ponte Virgolo e Ponte Loreto, in prossimità del quale c'è l'area che deve essere verificata in questo studio. A sinistra si può osservare il punto in cui il torrente Talvera si immette nel Fiume Isarco.

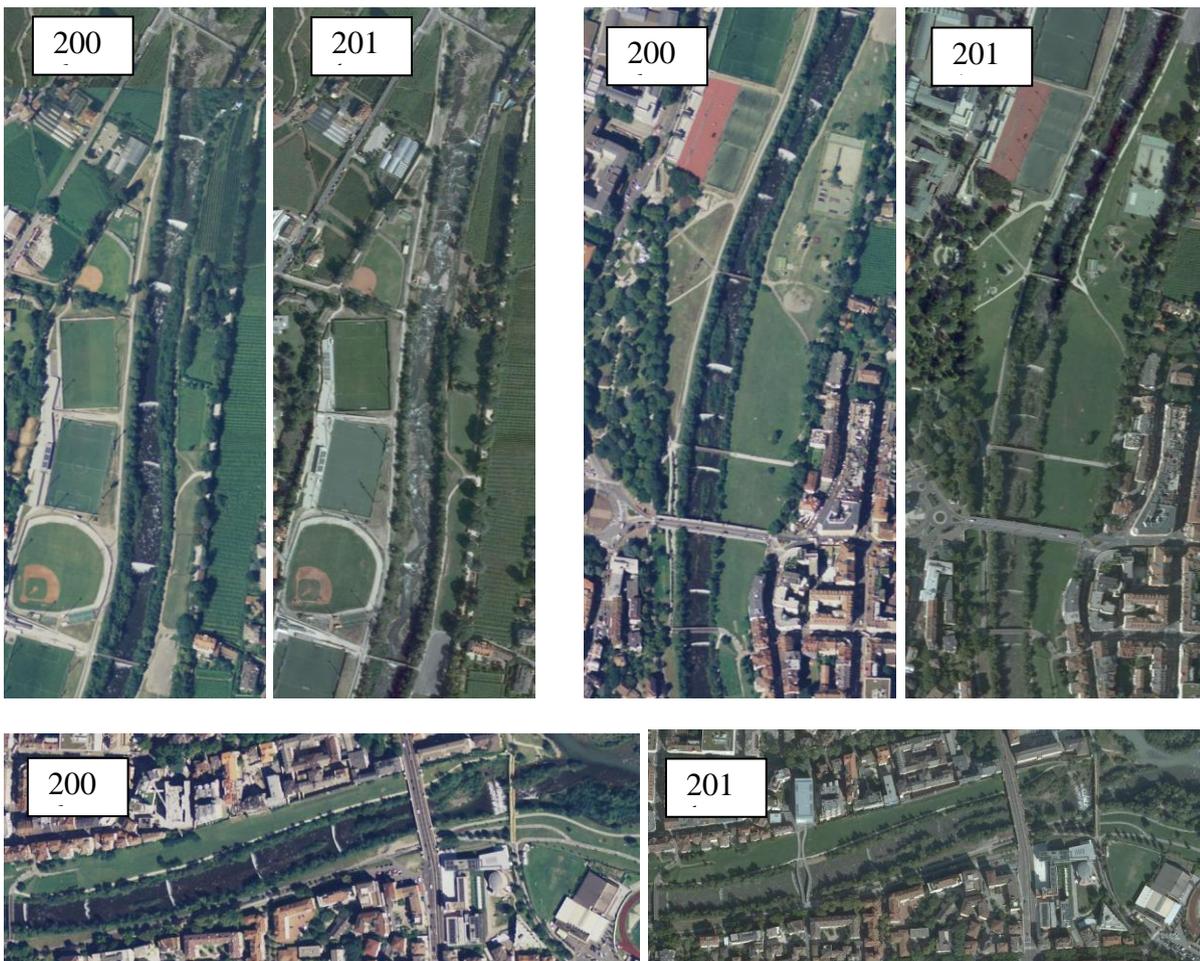


figura 22: : Forme di fondo lungo il Talvera. Confronto tra ortofoto realizzate nell'anno 2006 e nel 2011.

Il Talvera a Bolzano ha carattere più torrentizio e presenta una granulometrica d'alveo molto variabile. L'alveo attivo è spesso confinato da zone golenali di espansione. In tali condizioni la configurazione del fondo predominante è quella di tipo a barre laterali alternate (tipiche dei fiumi ad andamento pressoché rettilineo e a sezione sufficientemente larga) le quali degenerano in barre longitudinali man mano che si va verso la confluenza con l'Isarco ed in seguito al transito di portate di piena. Ciò risulta evidente dall'osservazione dalle ortofoto realizzate nell'anno 2006, confrontate con quelle realizzate nell'anno 2011 (figura 22).

Una considerazione a parte in merito al trasporto solido va fatta in relazione alle opere trasversali all'alveo (i ponti). In occasione di eventi di piena eccezionali la stabilità dei ponti potrebbe non essere garantita o potrebbe verificarsi l'erosione del fiume. Le cause che provocano tali conseguenza possono essere l'erosione, la sedimentazione oppure l'ostruzione della sezione di deflusso da parte del materiale galleggiante.

L'erosione massima in prossimità di un ponte durante una piena è spesso invisibile poiché dopo il colmo della piena seguono fenomeni di sedimentazione che rialzano il fondo alveo nelle zone di

scavo. L'erosione dipende molto dalla forma dell'alveo e dalla posizione delle spalle e delle pile. È importante che le pile dei ponti si trovino in una posizione favorevole per il flusso, cioè i ponti dovrebbe attraversate l'alveo formando con esso un angolo più prossimo possibile ai 90°. L'erosione alla base delle pile dipende anche dal numero e dalla forma delle pile stesse. Più è basso il numero delle pile, meno problemi di erosione vengono provocati. È buona norma, inoltre, creare una geometria delle pile che sia favorevole al deflusso. Dalla figura 23 si vedono i vari fattori di forma (coefficiente K_Y) per diverse forme di pile. Più basso è il coefficiente, più la forma della pila è favorevole per il flusso, e meno erosione viene provocata. Una buona prassi è quella di costruire le fondazioni delle pile e delle spalle su pali abbastanza profondi in modo da garantire che le stesse non vengano scalzate nonostante l'erosione al piede. Generalmente si provvede anche a proteggere adeguatamente il fondo dell'alveo nelle vicinanze delle pile. Una buona soluzione costruttiva è rappresentata da un tipo di protezione flessibile, per esempio consistente in una gettata di massi: in questo caso la protezione rimarrà in funzione anche se il fondo dell'alveo si abbasserà un po'. Altre alternative prevedono la costruzione di soglie interrato che si estendono da una sponda all'altra.

Nella sezione sottostante un ponte può manifestarsi non soltanto il fenomeno dell'erosione ma anche quello della sedimentazione del materiale solido. Nel caso in cui il ponte si trovi proprio al gomito tra una pendenza maggiore a monte e una pendenza minore a valle, durante una piena si può verificare un accumulo di materiale solido di fondo che provoca una diminuzione della sezione utile al deflusso, ed in conseguenza l'erosione del fiume.

I ponti, in caso di piena, sono spesso i punti in cui si accumula al materiale galleggiante che è composto soprattutto di legno e rifiuti. L'inizio dell'ostruzione dell'alveo non dipende soltanto dal franco. Le pile favoriscono l'ostruzione dell'alveo perché a monte si accumula il materiale galleggiante che può rimanere incastrato negli elementi strutturali del ponte. Un franco di 1 metro è il minimo per evitare che il materiale galleggiante si possa bloccare a monte del ponte. Un franco maggiore di 1.5 metri da una sicurezza maggiore. In ogni caso è difficile indicare un valore assoluto del franco in grado di garantire assenza di pericolo. Sostanzialmente minore è il numero delle pile e meno importante sarà l'ostruzione della sezione di deflusso. Relativamente alla situazione dei ponti sull'Isarco a Bolzano si nota che la situazione più problematica si verifica presso ponte Roma. Tale ponte ha 9 pile di cui 7 direttamente in alveo, con interassi relativamente bassi. Se le pile hanno una sezione snella il materiale galleggiante non ha una superficie elevata su cui potersi impigliare. Anche la superficie delle pile e dell'intradosso dell'impalcato del ponte influiscono sulla probabilità di ostruzione dell'alveo. Allo stesso modo anche la superficie dell'intradosso dell'impalcato del

ponete andrebbe costruita con una superficie liscia per non dare la possibilità al materiale galleggiante di impigliarsi nelle strutture.

Nel presente lavoro si sceglie di non amplificare ulteriormente la portata liquida per tener conto del materiale solido. Questa scelta deriva dal fatto che le portate che vengono adottate per le successive simulazioni idrauliche sono già molto maggiori rispetto a quelle calcolate tramite il metodo della regionalizzazione statistica delle portate. Risulterebbe eccessivamente cautelativo aumentare ancora tali valori.

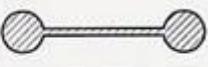
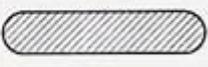
forma delle pile	coeff. K_Y	forma delle pile	coeff. K_Y
	1,25		0,95
	1,05		0,90
	1,05		1,00

figura 23: Coefficienti di forma delle pile dei ponti.

5.9 *Relazione idraulica*

Lo studio idraulico del Fiume Isarco e del Torrente Talvera a Bolzano è stato svolto tramite il software di modellazione monodimensionale HEC-RAS (River Analysis System) versione 4.1.0, sviluppato dall'US Army Corps of Engineers. HEC è l'acronimo di Hydrologic Engineering Center, un corpo di ingegneri appartenenti all'esercito americano istituito nel 1902 (l'US Corps of Engineers), che ha sviluppato questo software in risposta alle ricorrenti inondazioni.

Nel presente capitolo viene dapprima fornita una breve descrizione del programma, assieme ai dati di input richiesti, e successivamente vengono descritti i vari scenari considerati.

Il moto della corrente nei corsi d'acqua è generalmente non stazionario, ma talvolta le variazioni temporali sono talmente lente che può essere considerato permanente (steady). Il campo di moto è, in generale, tridimensionale, ma in molti casi la componente verticale della velocità è decisamente trascurabile. Per i corsi d'acqua, la corrente si svolge secondo una direzione prevalente e sono valide le ipotesi delle correnti lineari. Le schematizzazioni più usate sono:

- schema bidimensionale nel piano orizzontale, ottenuto mediando le grandezze sul tirante verticale;
- schema bidimensionale nel piano verticale, usato quando le caratteristiche del moto non variano nella direzione trasversale al piano;
- schema monodimensionale, usato per le correnti lineari, ottenuto mediando le grandezze sulla sezione trasversale al moto.

I modelli monodimensionali si applicano, quando la corrente si svolge secondo una direzione prevalente e presenta estensione trasversale limitata, come avviene per la maggior parte dei corsi d'acqua di fondovalle. Le grandezze medie in ogni sezione dipendono solo dalla coordinata longitudinale s e dal tempo t . Gli schemi monodimensionali presentano dei limiti applicativi, quando si vogliono indagare campi di moto nei quali non siano individuabili a priori le direzioni del flusso, come ad esempio nel caso di corsi d'acqua con andamento sinuoso, di larghezza variabile e che presentano golene laterali o come nel caso di estuari aventi grande estensione trasversale. In tal caso occorre ricorrere a modelli bidimensionali nel piano orizzontale, ossia mediati sulla verticale, la cui applicazione richiede un notevole onere computazionale. E' necessaria una conoscenza dettagliata della geometria e della distribuzione spaziale dei parametri idraulici. In casi particolari, come nel moto in curva, anche le schematizzazioni monodimensionale e bidimensionale sono insufficienti, poiché le correnti secondarie, che si sviluppano sul piano della sezione e si sovrappongono alla corrente principale, rendono il moto pienamente tridimensionale.

Il programma ha la capacità di determinare profili idraulici in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali (o artificiali) in regime di corrente lenta, veloce e mista con sezioni di qualsiasi forma ed in presenza di manufatti idraulici, quali pile di ponti, botti a sifone, traverse con luci a sfioro libero e a battente (il software valuta gli effetti della corrente dovuti all'interazione con le opere idrauliche trasversali). Il software funziona in ambiente Windows ed è di facile apprendimento e utilizzo, permettendo l'inserimento dei dati attraverso l'apertura di numerose finestre di dialogo. In primo luogo occorre fornire le informazioni relative alla geometria del corso d'acqua in un'apposita sezione (denominata *geometric data*), all'interno della quale si devono definire il corso del fiume (denominato *reach*), la geometria delle sezioni (denominata *cross section geometry*), la distanza fra le sezioni (denominata *reach lengths*) e il coefficiente di scabrezza, rappresentativo delle perdite di carico, secondo la formulazione di Manning. In questa sezione sono disponibili altre opzioni, fra le quali la procedura di interpolazione fra una sezione e l'altra (denominata *XS Interpolation*), molto utile quando occorre infittire il numero di sezioni, qualora i rilievi originali siano troppo distanti fra loro; inoltre, è possibile definire la quota delle sponde (denominate *left and right elevations*) e degli argini (denominati *levees*) e inserire nella sezione delle aree dove l'acqua arriva ma non contribuisce al deflusso (denominate *ineffective flow areas*) e delle coperture (denominate *lids*). Il codice di calcolo permette anche di fornire la geometria dei ponti in una sezione (denominata *bridge and culvert data*) nella quale è possibile definire per ogni ponte l'impalcato (denominato *deck/roadway*), le pile (denominate *piers*), le spalle (denominate *sloping abutments*) e le condizioni di calcolo (denominate *bridge modelling approach*). Successivamente occorre impostare la sezione relativa alle condizioni di moto (denominata *steady flow data*), definendo la portata di riferimento per le diverse sezioni fluviali e le condizioni al contorno (denominate *boundary conditions*). A questo punto il codice di calcolo è pronto per eseguire i calcoli idraulici nella sezione denominata *steady flow analysis*. I risultati delle computazioni idrauliche sono proposti attraverso tabelle riepilogative (*crosssection table e profile table*) e grafici delle sezioni geometriche (*plot cross-section*) e del profilo longitudinale (*plot profile*) e, infine, tramite una visione prospettica tridimensionale del sistema fluviale (*x, y, z perspective plot*).

L'ipotesi alla base delle formulazioni per la determinazione del profilo idraulico è che il moto dell'acqua nel canale si considera uniforme. Questo significa che tutte le grandezze caratterizzanti la corrente (altezza idrica, velocità media nella sezione, portata, ecc.) risultano costanti nel tempo e nello spazio. Sotto questa ipotesi, la pendenza media disponibile i_m , definita come il rapporto fra la differenza di quota e la distanza fra la sezione di monte e quella di valle, è esattamente pari alla

pendenza piezometrica J , che rappresenta le dissipazioni energetiche per unita di lunghezza. La relazione $i_m = J$ costituisce l'equazione fondamentale del moto uniforme. La determinazione del profilo teorico in moto permanente è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard Step Method*, basato appunto sull'equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H1[m]$ ed $H2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $hf[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre $he[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente. In particolare, hf dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$. Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto. Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \frac{Q^2}{K}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) rappresenta un parametro di conducibilità, ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[m^2]$ è l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{1/3} s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza, espresso in termini di coefficiente di Manning.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*). Per il calcolo della scabrezza equivalente n_c il codice di calcolo utilizza la formula:

$$n_c = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \cdot n_i^{\frac{3}{2}}}{P}^{\frac{2}{3}}$$

dove $P[m]$ rappresenta il perimetro bagnato dell'intera sezione, P_i e n_i il perimetro bagnato e il coefficiente di Manning della sezione i-esima. Per rappresentare la macro-scabrezza, in particolare nei tratti urbani dove si possono trovare edifici in prossimità del corso d'acqua, il codice di calcolo permette di inserire dei blocchi (denominati *blocked obstruction*), che sono aree della sezione permanentemente bloccate, le quali diminuiscono l'area della sezione e aggiungono perimetro bagnato quando l'acqua giunge a contatto con esse.

Il termine h_e dipende, invece, dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g}$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco, α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

In sostanza il calcolo dell'andamento dei profili idraulici viene effettuato risolvendo in modo sequenziale l'equazione monodimensionale dell'energia fra due sezioni adiacenti trasversali al moto. Il calcolo comincia a partire da un'estremità del tronco dell'alveo indagato, procedendo passo-passo sino all'altra estremità, imponendo il verso del calcolo a seconda del tipo di moto: da valle verso monte per moto subcritico e da monte verso valle per moto supercritico. In corrispondenza di alcune tipologie di strutture trasversali quali i ponti, dove nascono condizioni di flusso complesse, vengono utilizzate invece specifiche equazioni dell'idraulica per determinare le variazioni di livello dovute a queste singolarità. Il modello consente un'ampia varietà di applicazioni e numerose opzioni sia nella fase di input che nella restituzione dei risultati, tutte guidate tramite un'interfaccia utente grafica che semplifica le fasi di implementazione del modello e di analisi dei risultati. Il modello HEC-RAS richiede tutta una serie di dati input:

- **Sezioni trasversali.** L'esattezza dei dati geometrici sta alla base di una modellazione affidabile in grado di rispecchiare la realtà nel modo più aderente possibile.

ISARCO - Nella zona oggetto dello studio nell'anno 2009 è stato effettuato un rilievo topografico dalla Provincia Autonoma di Bolzano – Ripartizione 30 Opere idrauliche; attraverso il rilievo è stato restituito un piano quotato lungo l'alveo del Fiume Isarco nel tratto che va dalla confluenza con il Torrente Ega fino alla confluenza con il Fiume Adige. Dal piano quotato a disposizione sono state ricavate sezioni fluviali ogni 50 metri. Le sezioni sono numerate in modo crescente procedendo da valle verso monte. In figura 24 si riporta un dettaglio delle sezioni ricavate dal piano quotato in corrispondenza del tratto di

alveo compreso tra il Ponte Campiglio ed il Ponte Roma. Si sottolinea come nel modello idraulico sviluppato col software HEC-RAS le sezioni trasversali debbano essere perpendicolari alla direzione della corrente; per questo nel modello alcune sezioni, che planimetricamente non risultano perfettamente ortogonali alle linee di flusso, sono state ruotate di alcuni gradi per soddisfare le condizioni interne del programma. Queste variazioni comunque non comportano degli effetti significativi sui risultati delle modellazioni idrauliche svolte.

TALVERA - La Provincia Autonoma di Bolzano – Ripartizione 30 Opere idrauliche ci ha messo a disposizione un rilievo effettuato nell'anno 2010 del tratto di canale compreso tra ponte San Antonio e la confluenza con l'Isarco. L'indicazione delle sezioni rilevate e dei punti battuti sono state importate in ambiente GEO-Ras e sono servite per la creazione del file di geometria di partenza per lo svolgimento delle successive simulazioni idrauliche. Le sezioni ricavate, di conseguenza, coincidono perfettamente con quelle fornite nel rilievo. A monte del ponte di San Antonio (fino al confine comunale di Bolzano) sono state prese, invece, sezioni a distanza di 20 metri. I profili delle sezioni trasversali sono stati ricavati dal DEM della provincia di Bolzano ri-campionato a un metro per un metro. Tali profili sono stati successivamente integrati in ambiente HEC-ras con i punti battuti delle sezioni rilevate. Le sezioni sono numerate in modo crescente procedendo da valle verso monte. In figura 24 si riporta un dettaglio delle sezioni considerate in corrispondenza del tratto di alveo prossimo alla confluenza con il Fiume Isarco. Anche in questo caso nel modello alcune sezioni, che planimetricamente non risultano perfettamente ortogonali alle linee di flusso, sono state ruotate di alcuni gradi per soddisfare le condizioni interne del programma. Queste variazioni non comportano degli effetti significativi sui risultati delle modellazioni idrauliche svolte.



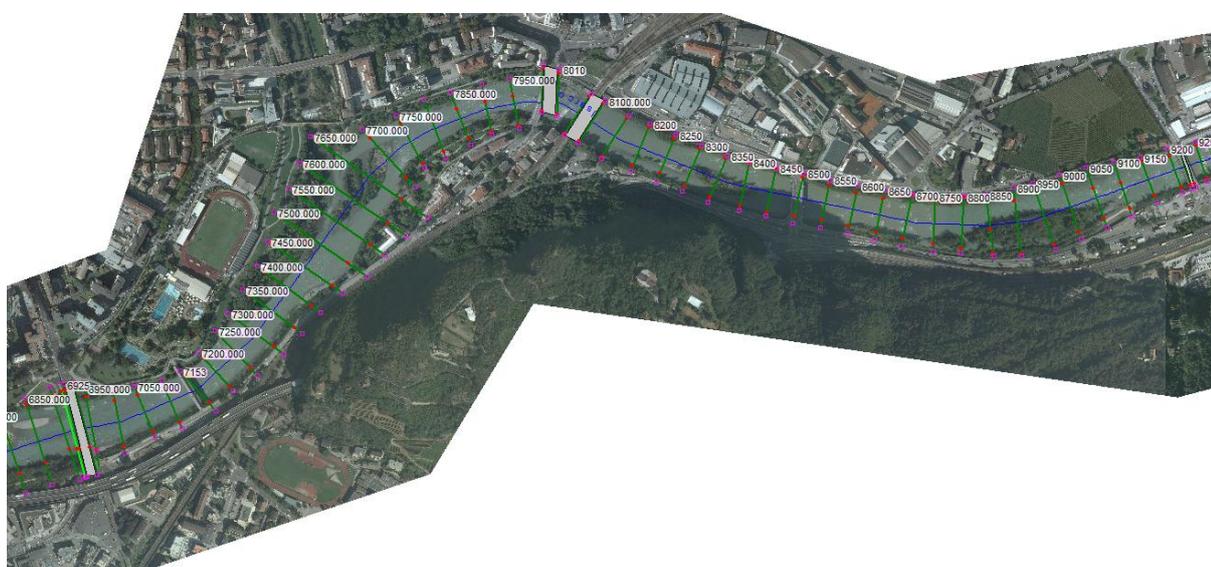


figura 24: ISARCO. Dettaglio delle sezioni ricavate dal piano quotato in corrispondenza del tratto di alveo compreso tra il Ponte Campiglio ed il Ponte Roma. TALVERA. Dettaglio delle sezioni trasversali ricavate in corrispondenza del tratto di alveo prossimo alla confluenza con il Fiume Isarco.

- **Scabrezze.** Nella modellazione di moto permanente monodimensionale il parametro di scabrezza rappresenta, per il tronco fluviale compreso fra due sezioni di calcolo, la natura e le condizioni dell'alveo e delle sponde. La scelta di parametri di scabrezza appropriati influisce in modo determinante sull'esattezza del calcolo idraulico effettuato. La scabrezza può essere definita attraverso il coefficiente di Strickler (k_s), che è molto variabile e dipende da vari fattori:
 - condizione della sezione fluviale;
 - distribuzione granulometrica del materiale costituente l'alveo;
 - vegetazione;
 - irregolarità della sezione fluviale;
 - trasporto di materiale solido e sedimentazione;
 - ostacoli;
 - oscillazioni stagionali.

Una delle principali fonti di incertezza presenti nell'approccio modellistico è legata proprio alla stima della scabrezza dell'alveo. Sono disponibili diverse formulazioni sperimentali empiriche per valutare i coefficienti di scabrezza a partire dalla granulometria d'alveo. Tutte queste formulazioni sono tuttavia affette da un margine di incertezza apprezzabile [Engelund e Fredsoe 1982; van Rijn 1984]. Si aggiunge, inoltre, che il coefficiente di scabrezza non è un parametro costante, ma dipendente dalla profondità del flusso idrico (tirante idraulico). Questo risultato è tipico dei torrenti alpini, dove la macroscabrezza d'alveo presenta una dimensione caratteristica che in condizioni di magra e morbida è dello stesso ordine di grandezza della profondità idrica. In questi casi l'approccio dell'idraulica classica e delle approssimazioni idrostatiche su acqua bassa non sarebbe, a rigore, applicabile. Il coefficiente di scabrezza varia in funzione della profondità idrica; in particolare presenta i valori inferiori (dell'ordine di $10-20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$) per valori bassi della profondità, quando i sassi che costituiscono la scabrezza non sono del tutto sommersi o sono appena sommersi. Per valori maggiori della profondità il coefficiente di scabrezza raggiunge valori maggiori, dell'ordine dei $30-40 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$. Una migliore stima della scabrezza si può ottenere avendo a disposizione misure di portata e livello in corrispondenza di una sezione idrometrica. In questo caso la taratura del coefficiente di scabrezza risulterebbe più precisa (calibrazione del modello idraulico). Con questo metodo si determinano i flussi relativi nella sezione di deflusso interessata, in più punti e con diverse condizioni d'acqua. Ipotizzando condizioni di deflusso stazionarie, si possono trarre conclusioni sui parametri di scabrezza corrispondenti con la trasformazione delle leggi di deflusso e si possono verificare quelli utilizzati nel calcolo ed eventualmente modificarli.

L'Ufficio idrografico della Provincia di Bolzano ci ha fornito i valori misurati di portata e tirante idraulico in corrispondenza della stazione idrometrica di Bolzano sud (nome stazione "Eisack süd", numero stazione 7989, coordinate E = 676826, N = 5147598, quota 235.03 m slm.). La relativa scala di deflusso è visualizzata in figura 25. La problematica principale nella taratura della scabrezza da utilizzare nel modello idraulico sta nel fatto che la sezione per cui si dispone di una scala di deflussi ha caratteristiche geometriche ed idrauliche molto diverse da quelle di tutti gli altri tratti del Fiume Isarco a Bolzano. È stato fatto comunque un tentativo di taratura della scabrezza: lo stesso è servito solo per confermare quanto affermato sopra. Se, come nel presente caso, non si può fare affidamento sulla calibrazione,

si determina il parametro di scabrezza basandosi su tabelle e valori derivanti da esperienze comprovate in calcoli simili.

In conclusione, nel presente lavoro si è deciso di utilizzare un unico valore di scabrezza per l'intero canale. Tale valore è stato cautelativamente assunto pari a $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per tener conto delle incertezze insite nelle modellazioni idrauliche e derivanti dalla problematica del trasporto solido. Come parametro di scabrezza il programma HEC-RAS utilizza il coefficiente di Manning n , che è definito come il reciproco del coefficiente di Strickler: $n = 1/k_s$. Ad un k_s di $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ corrisponde un Manning di $0.04 \text{ s/m}^{1/3}$. Lo stesso valore è stato adottato per il Torrente Talvera.

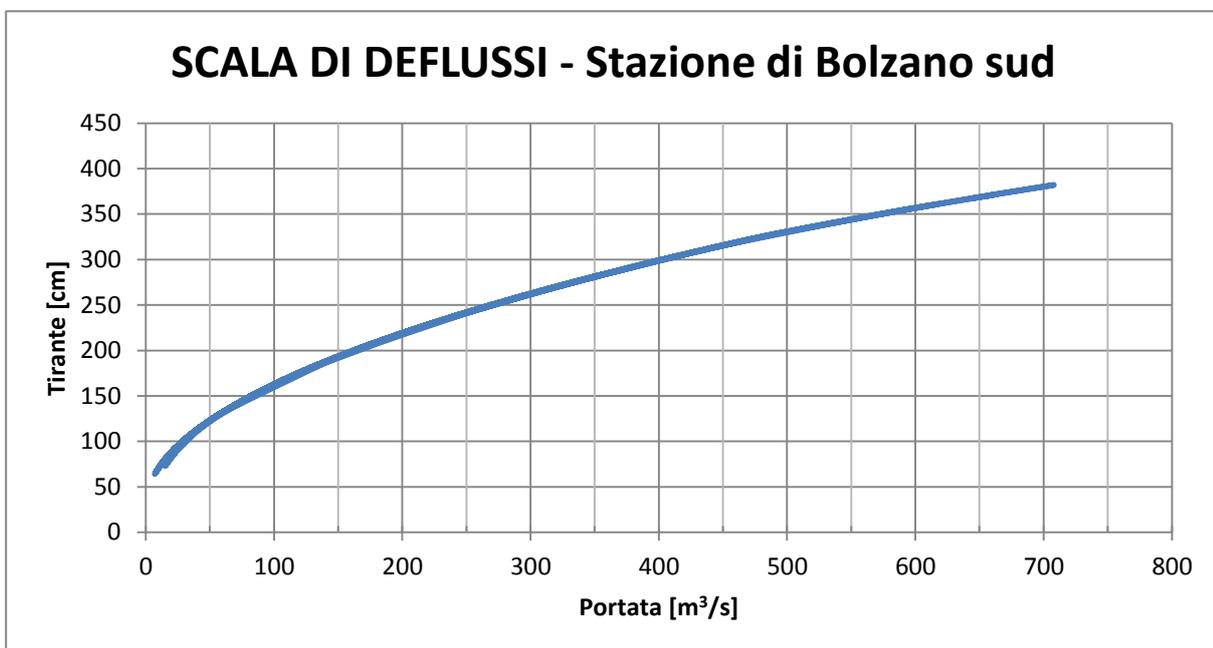


figura 25: Scala di deflusso - stazione di Bolzano sud (nome stazione “Eisak süd”, numero stazione 7989, coordinate E = 676826, N = 5147598, quota 235.03 m slm.). Sono disponibili circa 10 anni di osservazioni.

- **Manufatti.** Nella modellazione delle piene, i ponti svolgono un ruolo importante per due motivi:
 - i ponti molto spesso restringono la sezione trasversale di deflusso. Spesso le inondazioni sono causate dal fatto che la sezione trasversale di un ponte non riesce più a smaltire il deflusso, provocando la fuoriuscita dell'acqua. Quest'effetto viene spesso aggravato dal fenomeno del trasporto solido: sotto ai ponti spesso la pendenza diminuisce e può succedere che nel corso di una piena in quel punto si depositi materiale. Questo avviene soprattutto dopo il passaggio del picco di piena, quando si è ridotta la capacità di trasporto. Con il deposito del materiale solido si crea un'ulteriore diminuzione della sezione di deflusso;
 - i ponti causano una perdita di energia. Ciò accade in particolare nella parte del ponte immediatamente a valle (dove avviene una perdita di energia dovuta all'ampliamento della sezione trasversale del fiume), nel ponte stesso (viene persa energia a causa dei piloni, degli

appoggi laterali oppure a causa della tracimazione della carreggiata) e immediatamente a monte del ponte (dove viene persa energia per il restringimento della sezione di deflusso).

Nel programma HEC-RAS è possibile modellare ponti e altre costruzioni idrauliche utilizzando diversi metodi di calcolo, scelti secondo le proprie specifiche esigenze. Per eseguire i calcoli si possono applicare due diversi metodi:

- Energy Equation (standard step method): questo metodo viene applicato ad un ponte la cui sezione del fiume è ancora abbastanza alta per far defluire le portate di piena. Questo metodo considera il ponte come una normale sezione di deflusso, con l'eccezione che per il perimetro bagnato vengono calcolate tutte le superfici a contatto con la struttura del ponte.
- Pressure and Weir Flow Method: questo metodo è necessario quando il livello dell'acqua delle piene analizzate viene a contatto con la struttura portante del ponte. Si distinguono allora tre casi: 1 – il livello dell'acqua si infrange solo a monte del ponte; 2 – la sezione trasversale di deflusso è completamente piena, ovvero anche la parte a valle entra in contatto con l'acqua; 3 – il ponte è completamente sommerso e l'acqua inizia a scorrere sulla carreggiata: viene allora calcolata una combinazione di deflusso di pressione al di sotto del ponte e di tracimazione libera al di sopra del ponte.

È lo stesso programma HEC-RAS che differenzia i casi. Nelle figure seguenti si riporta la rappresentazione nel modello HEC-RAS di:

- ponte Campiglio, ponte ferroviario e ponte Loreto per il Fiume Isarco (figura 26);
- ponti a valle di Ponte Talvera per il Torrente Talvera (figura 27).

Tali ponti sono quelli di maggior interesse ai fini della verifica idraulica dell'area esaminata.

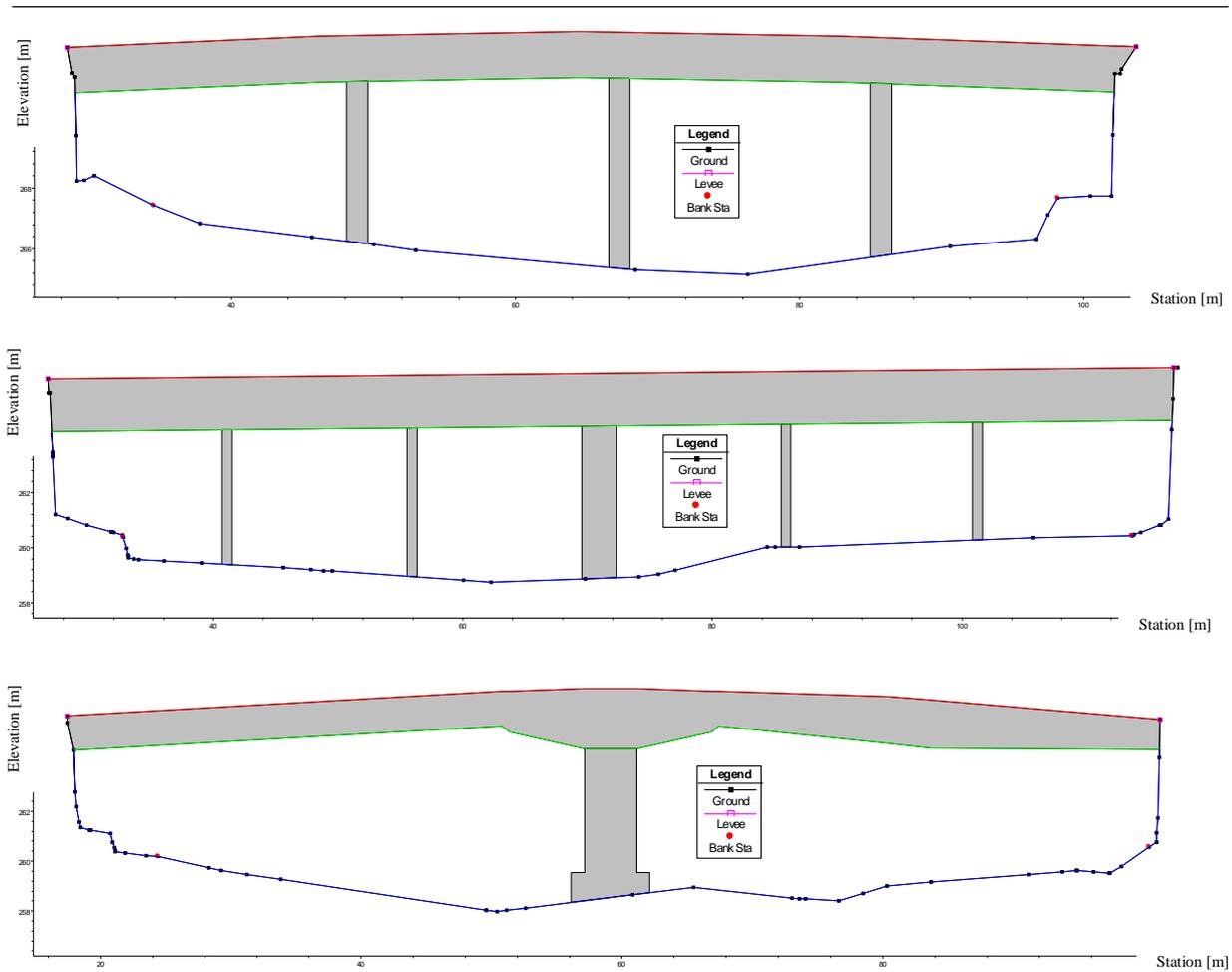


figura 26: ISARCO - Rappresentazione di ponte Campiglio (immagine in alto), del ponte ferroviario (immagine in mezzo) e di Ponte Loreto (immagine in basso) nel modello HEC-RAS.

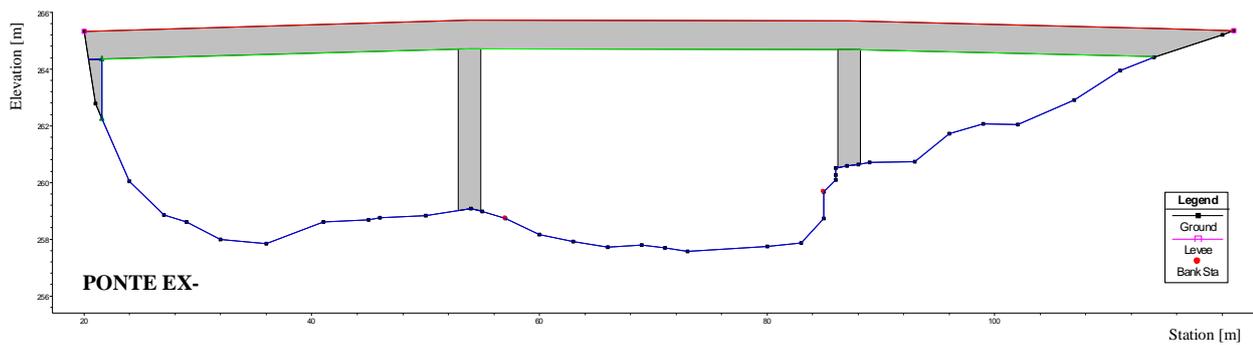
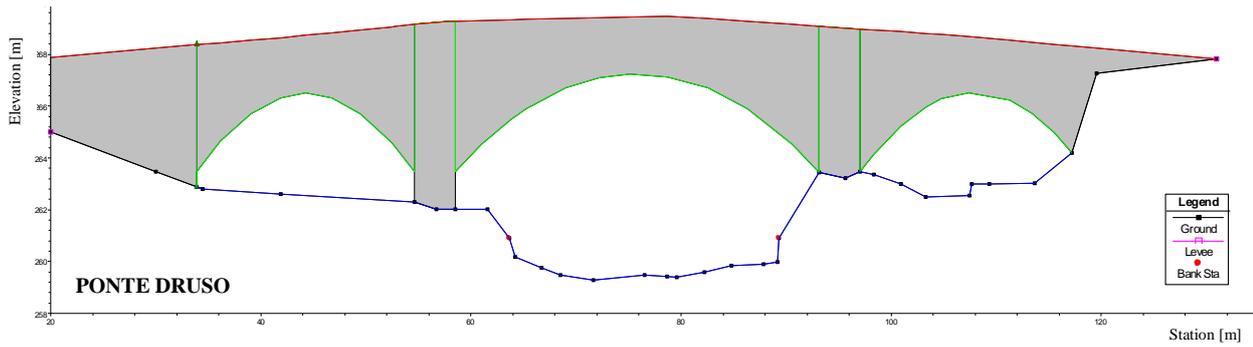
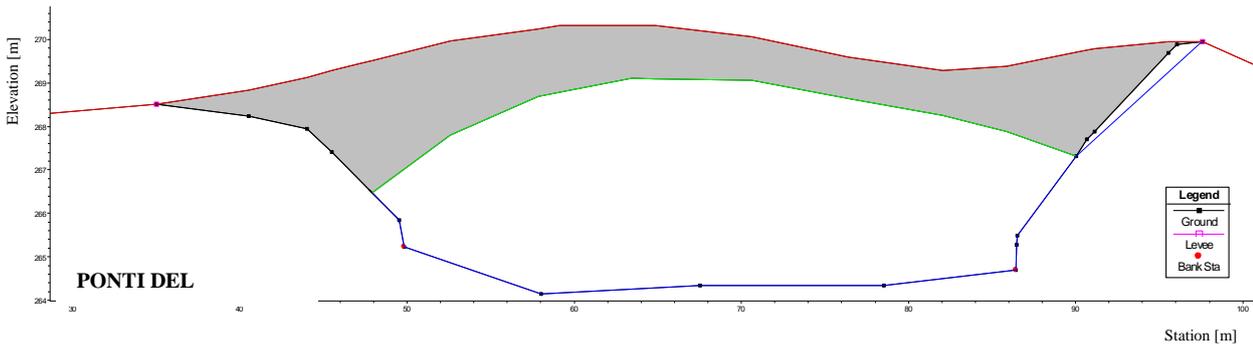
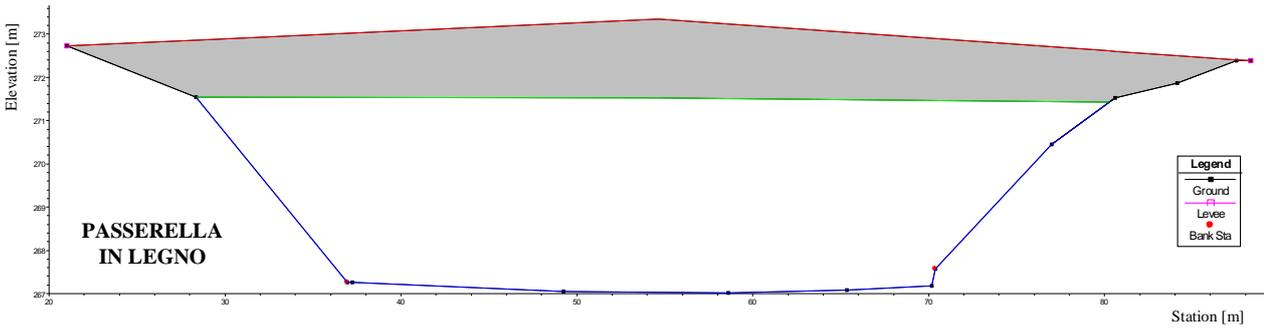
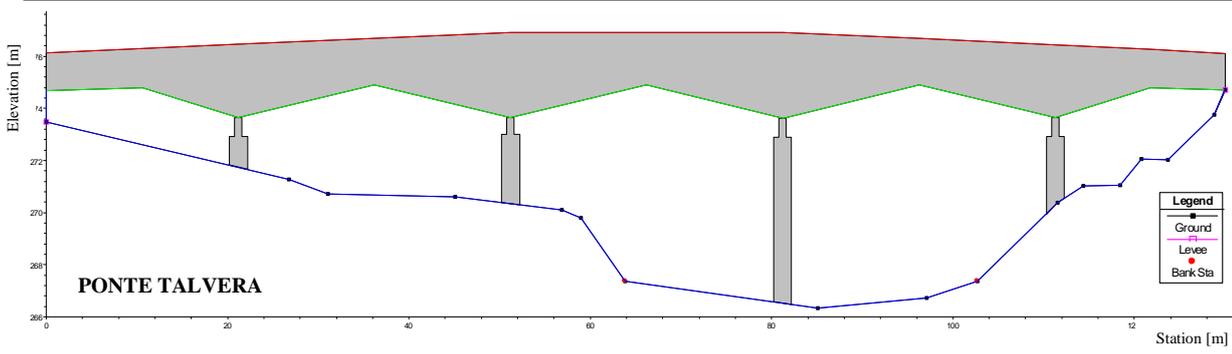


figura 27: TALVERA. Rappresentazione nel modello HEC-RAS dei ponti che sono prossimi alla confluenza con il Fiume Isarco (a partire da ponte Talvera).

- **Condizioni al contorno.** Per quanto riguarda le condizioni al contorno del modello, occorre dapprima valutare se la corrente sia caratterizzata da condizioni subcritiche oppure supercritiche. La distinzione tra questi due tipi di moto avviene tramite il numero di Froude:

$$Fr = \frac{v}{g \cdot h}$$

dove v è la velocità media della corrente, h il tirante idrico e g l'accelerazione di gravità. Per un numero di Froude >1 si parla di moto supercritico, per un numero di Froude <1 di moto subcritico. Mentre nei torrenti caratterizzati da pendenze elevate si possono avere entrambi i tipi di moto, nei fiumi principali con pendenze al di sotto dell'1% il moto è generalmente di tipo subcritico, tranne in presenza di elementi di disturbo del deflusso, quali le briglie oppure i ponti con sezioni di deflusso fortemente ridotte. Di conseguenza, nel presente caso è lecito assumere che la corrente sia di tipo subcritico. Questa assunzione è stata poi confermata dai risultati delle modellazioni svolte. I moti in regime subcritico vengono governati dalle condizioni di valle, per cui in questo caso occorre definire soltanto la condizione al contorno a valle. Poiché il modello è chiuso alla confluenza con l'Adige si ipotizza che non vi sia rigurgito causato da piena contemporanea del Fiume Adige. In tale scenario di assenza di rigurgito presso la confluenza si impone un livello pari a quello di moto uniforme che si sviluppa localmente: 235 m slm. Anche per il Torrente Talvera si assume, a favore sicurezza, che la corrente sia di tipo subcritico. La condizione al contorno di valle corrisponde al livello di moto uniforme che si sviluppa in prossimità della confluenza tra Talvera ed Isarco (si ricorda che il modello è chiuso esattamente alla confluenza tra i due corsi d'acqua): circa 260 m slm.

- **Portate defluenti.** Il presente studio idraulico è stato svolto in regime di moto permanente, utilizzando i valori al picco di piena calcolati nello studio idrologico e riportati in tabella 11 ed in tabella 14.

Si rammenta che nel presente caso è stata utilizzata l'ipotesi di deflusso stazionario, la quale rappresenta certamente una semplificazione, come esposto precedentemente. Ogni piena è caratterizzata dal fatto che il deflusso, partendo da quello di base, sale fino al raggiungimento di un valore massimo, che viene mantenuto per un certo periodo, per poi ricadere sul deflusso di base una volta terminato l'evento di piena. Per il calcolo dei livelli massimi delle piene la non stazionarietà può essere trascurata, dato che in questo caso i livelli d'acqua per portate intermedie non interessano.

5.10 Risultati delle modellazioni idrauliche

In questo capitolo vengono riportati i risultati ottenuti dalla modellazione idraulica monodimensionale svolta con il software HEC-RAS.

ISARCO - Nelle figure riportate di seguito (figura 28, figura 29 e figura 30) vengono visualizzati i profili longitudinali della superficie libera e le linee rappresentative delle quote degli argini dell'Isarco, sia in sinistra che in destra idrografica, per il tratto di alveo che risulta di maggior rilievo per la verifica del pericolo idraulico dell'area dove verrà edificato il novo centro commerciale (dalla confluenza con il Torrente Ega fino a ponte Roma). Tali profili sono stati calcolati per le tre portate di progetto considerate, corrispondenti a tempi di ritorno di 30, 100 e 200 anni. Si ricorda che la modellazione e la relativa simulazione idraulica è stata svolta per tutto il Fiume Isarco (dalla confluenza con il Torrente Ega fino alla confluenza con il Fiume Adige).

Si osserva che in tutti gli eventi di piena considerati il livello del pelo libero rimane sempre al di sotto della quota massima delle sponde, sia in sinistra che in destra orografica. Fanno eccezione tre punti che vengono di seguito discussi:

- per l'evento critico caratterizzato da $t_r = 200$ anni si osserva che alcune sezioni in corrispondenza dello stabilimento della MILA potrebbero andare in crisi: la portata eccede la capacità idraulica delle suddette sezioni. L'argine che risulta più "debole" è quello di destra: una eventuale esondazione dell'Isarco in destra idrografica rimarrebbe comunque contenuta all'interno del rilevato della ferrovia, per poi rientrare nuovamente in alveo;
- l'argine destro subisce una forte depressione in una sezione poco a valle dello stabilimento della MILA: proprio in questo punto si verifica la confluenza tra l'Isarco ed il Rio Rivellone (codice acqua pubblica B.15);
- l'ultimo punto "critico" è costituito dalla sezione che si trova appena a monte di Ponte Roma (anche se lo stesso risulta irrilevante ai fini della verifica dell'area in oggetto). In realtà la sezione sopra citata non è sufficientemente estesa verso la sponda destra (destra idrografica). I rilievi in campo hanno confermato che l'area golenale (cioè l'area dove si può espandere la piena) arriva fino alla stradina ciclabile (figura 35 e figura 36), per cui, anche in questo caso, l'onda di piena è ampiamente contenuta all'interno della sezione dedicata al deflusso.

Anche considerando il carico cinetico (pari a $U^2 \cdot 2 \cdot g$, dove U è la velocità media della corrente e g l'accelerazione di gravità) e sommando quest'ultimo alla quota della superficie libera, si rimane ancora costantemente al di sotto della quota massima delle sponde, a meno dei punti già discussi sopra (figura 33).

Il deflusso rimane in tutti i casi subcritico (condizione imposta a favore di sicurezza). Il tirante è sempre superiore all'altezza di stato critico (figura 31) ed il valore del numero di Froude si mantiene costantemente sotto l'unità.

Si può quindi concludere che in corrispondenza dell'area esaminata, allo stato attuale, non sussista alcun pericolo idraulico dovuto all'eventuale tracimazione delle portate defluenti. Questo vale nell'ipotesi che vengano mantenuti in buono stato di conservazione le arginature attualmente esistenti. Ciò comporta la programmazione e l'applicazione di un piano di manutenzione.

Nella tabella 15 sono elencati il franco minimo e massimo (differenza tra la quota minima-massima dell'intradosso degli impalcati ed il pelo libero) in corrispondenza del ponte Ferroviario, di ponte Loreto e di ponte Roma (si ricorda che la modellazione è stata fatta per tutti i ponti presenti lungo l'Isarco), per tutti e tre i tempi di ritorno esaminati. Si osserva che il franco minimo in condizioni estreme sembra sempre adeguato. Di solito si usa un franco che corrisponde almeno all'altezza cinetica, in altre parole il carico totale deve essere più basso della quota di intradosso dell'impalcato del ponte. In altri casi è anche usuale che vi sia un franco di almeno un metro al colmo di una piena con tempo di ritorno molto alto. Si fa presente che in corrispondenza di ponte Campiglio e del ponte Ferroviario la linea dell'energia va ad intersecare l'intradosso dell'impalcato del ponte per eventi critici caratterizzati da tempi di ritorno di 200 anni.

FRANCO RISPETTO AL PELO LIBERO [m]						
PONTE	Q _{Tr30}		Q _{Tr100}		Q _{Tr200}	
	franco min	franco max	franco min	franco max	franco min	franco max
P.Campiglio	1.6	2.1	1.1	1.6	0.9	1.4
P.Ferroviario	1.2	1.6	0.7	1.1	0.5	0.9
P.Loreto	2.2	3.2	1.8	2.8	1.5	2.5
P.Roma	2.6	3.1	2.2	2.7	1.4	2.4
FRANCO RISPETTO ALLA LINEA DELL'ENERGIA [m]						
PONTE	Q _{Tr30}		Q _{Tr100}		Q _{Tr200}	
	franco min	franco max	franco min	franco max	franco min	franco max
P.Campiglio	0.7	1.2	0.2	0.7	-	0.4
P.Ferroviario	0.6	1.	0.1	0.5	-	0.2
P.Loreto	1.5	2.4	0.9	1.9	0.6	1.6
P.Roma	2.1	2.6	1.1	2.1	0.8	1.9

tabella 15: Franco minimo e massimo in corrispondenza di ponte Campiglio, del ponte Ferroviario, di ponte Loreto e di ponte Roma.

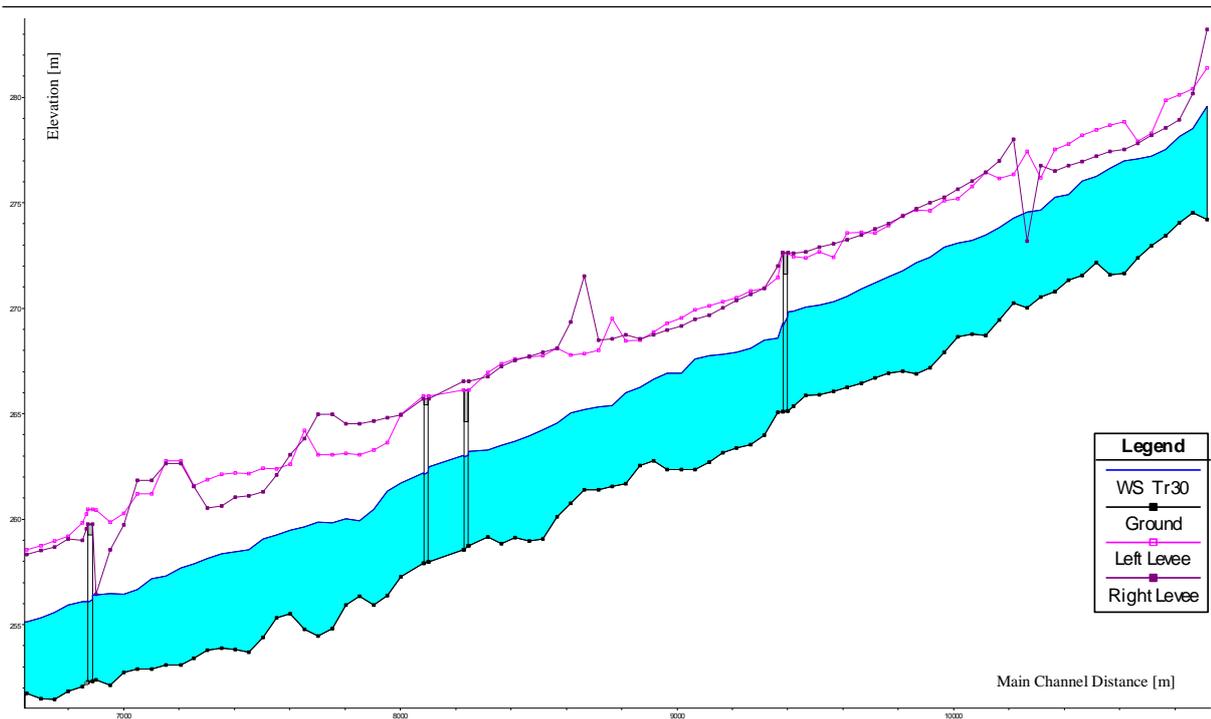


figura 28: Profili longitudinali della superficie libera e delle linee rappresentative delle quote degli argini dell'Isarco, sia in sinistra che in destra idrografica, per il tratto di alveo che va dalla confluenza con il Torrente Ega fino a ponte Roma. Tr = 30 anni.

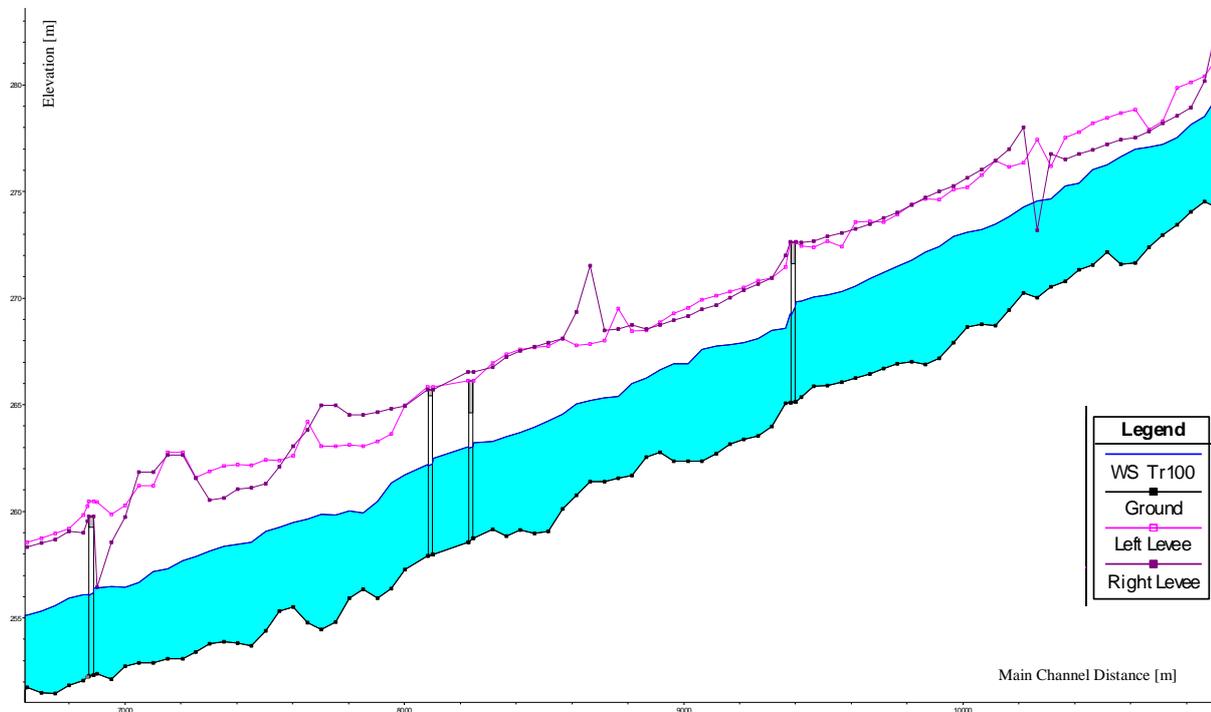


figura 29: Profili longitudinali della superficie libera e delle linee rappresentative delle quote degli argini dell'Isarco, sia in sinistra che in destra idrografica, per il tratto di alveo che va dalla confluenza con il Torrente Ega fino a ponte Roma. Tr = 100 anni.

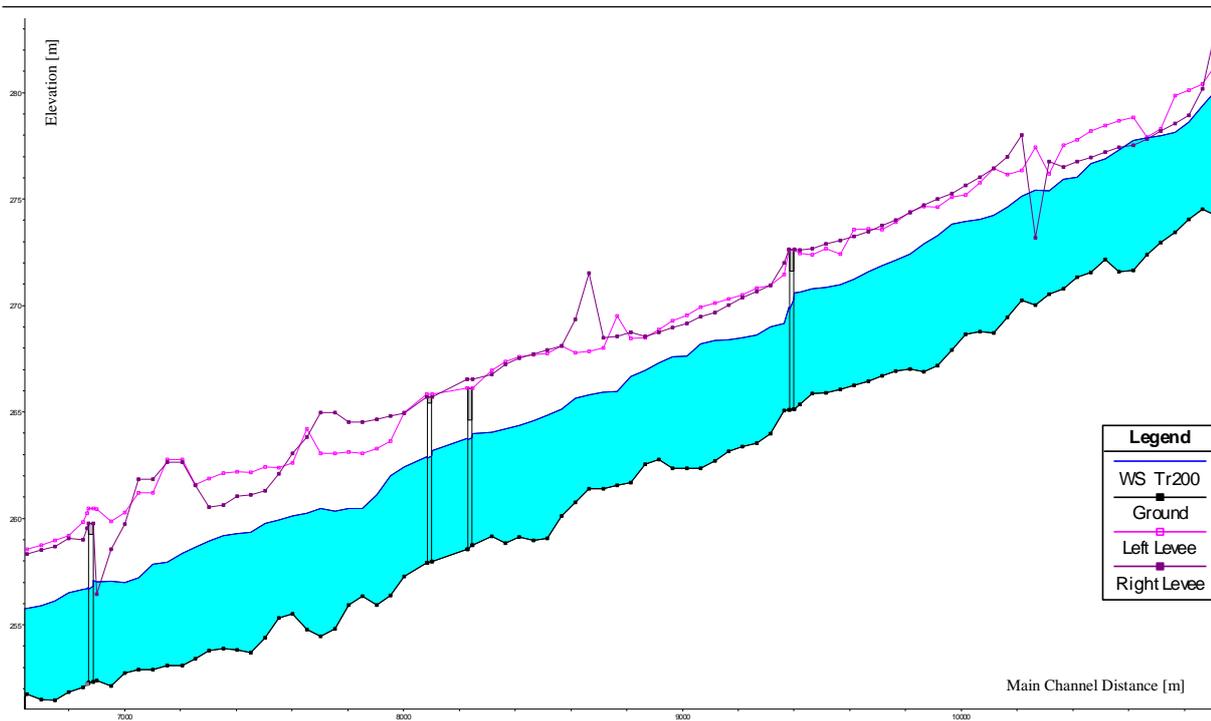


figura 30: Profili longitudinali della superficie libera e delle linee rappresentative delle quote degli argini dell'Isarco, sia in sinistra che in destra idrografica, per il tratto di alveo che va dalla confluenza con il Torrente Ega fino a ponte Roma. Tr = 200 anni.

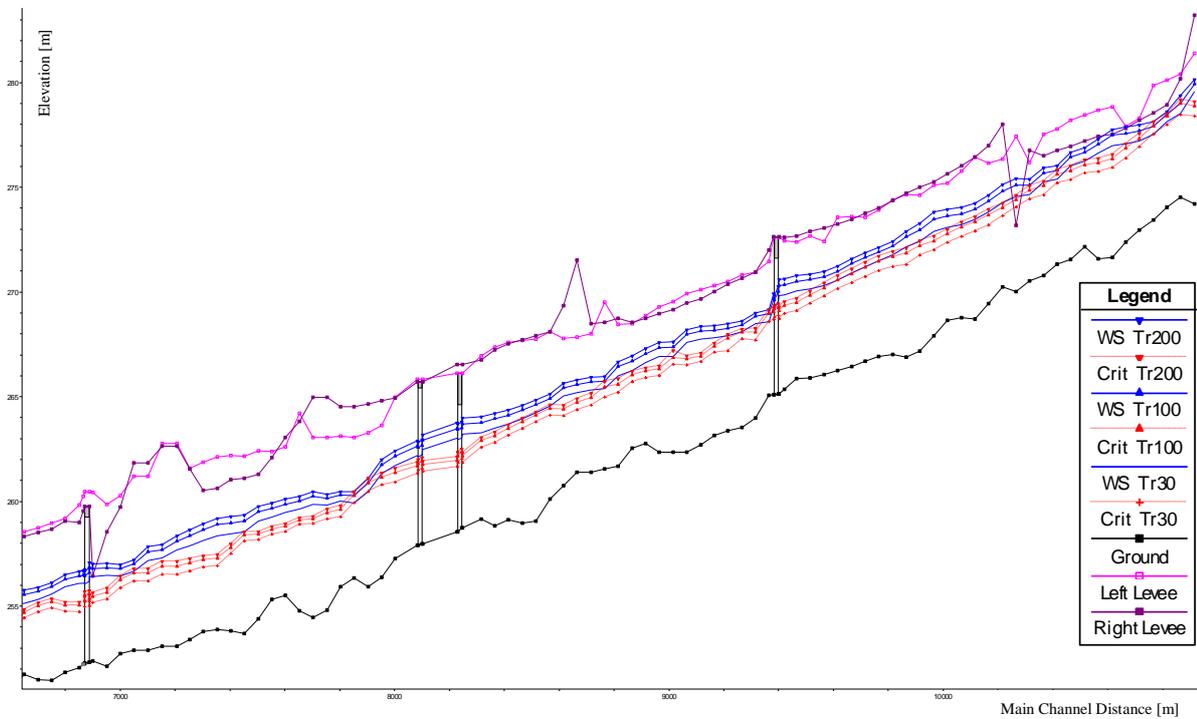
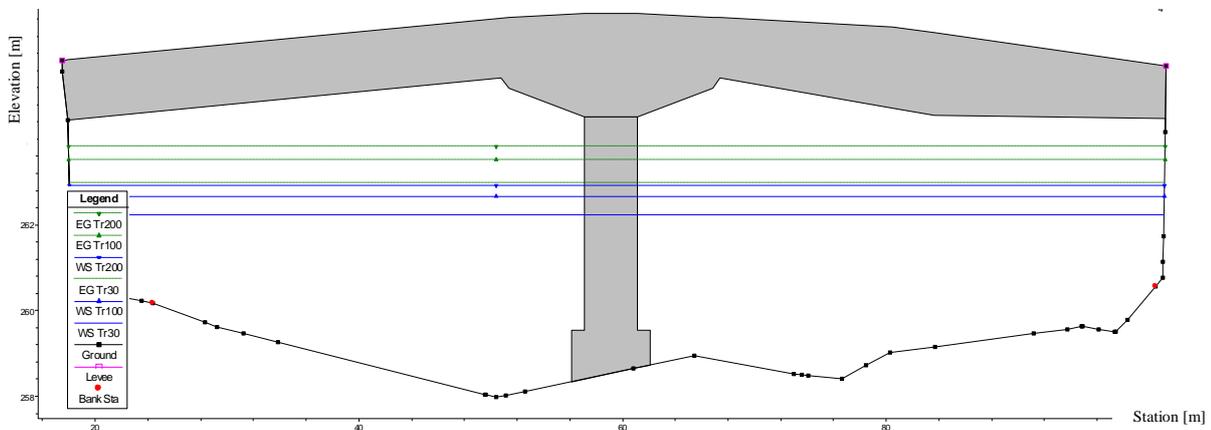
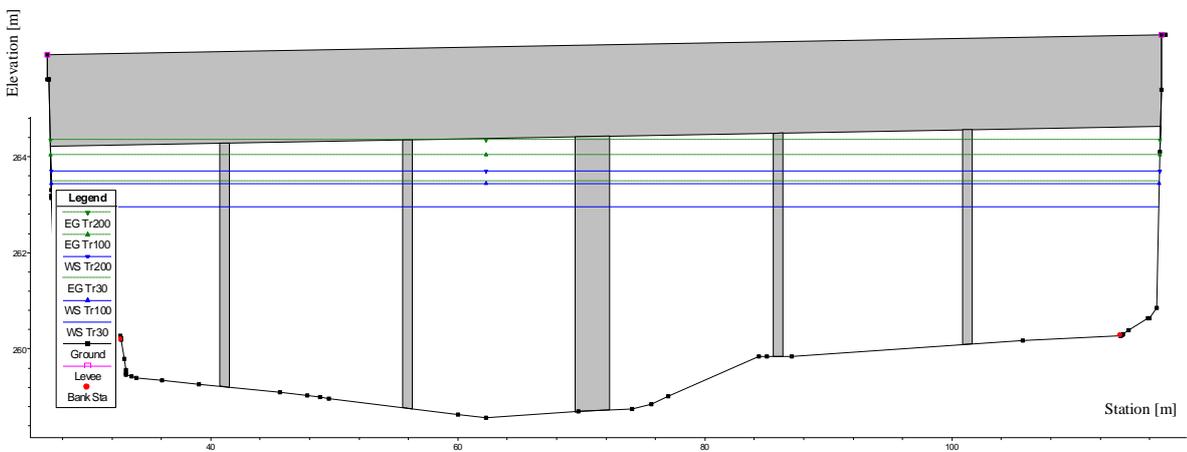
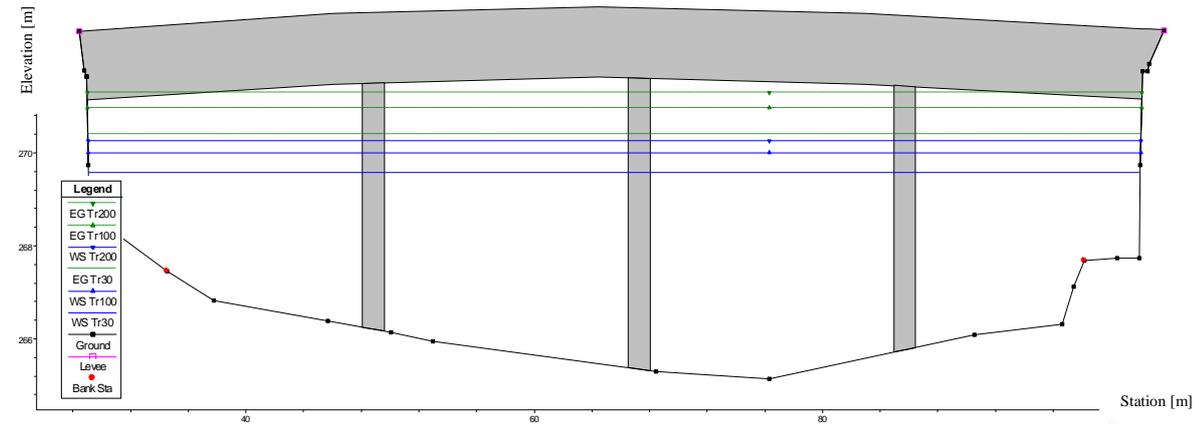


figura 31: Profili longitudinali della superficie libera, dell'altezza di stato critico e delle linee rappresentative delle quote degli argini dell'Isarco, sia in sinistra che in destra idrografica, per il tratto di alveo che va dalla confluenza con il Torrente Ega fino a ponte Roma. Tr = 30, 100 e 200 anni.



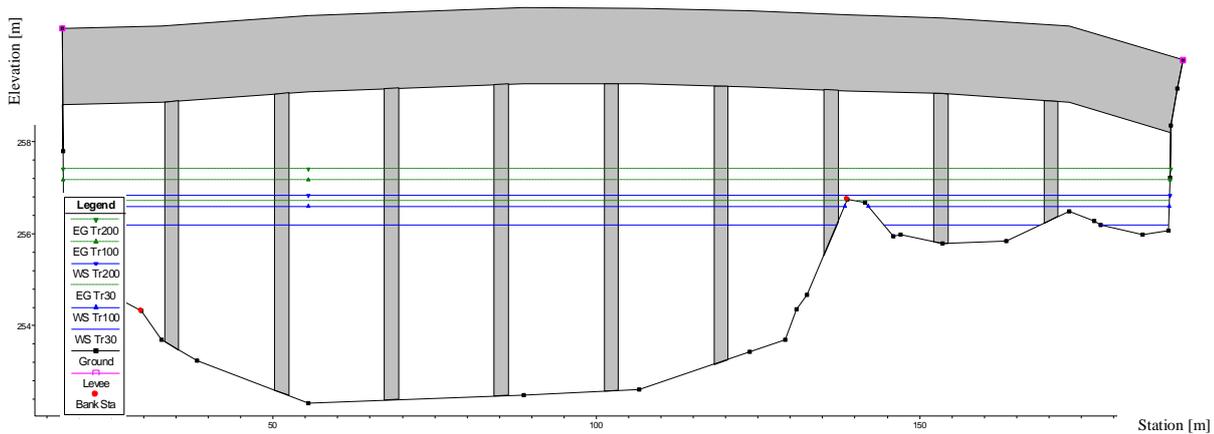


figura 32: Linea dei carichi totali e pelo libero. In alto Ponte Ferroviario; nel mezzo Ponte Loreto; in basso Ponte Roma.

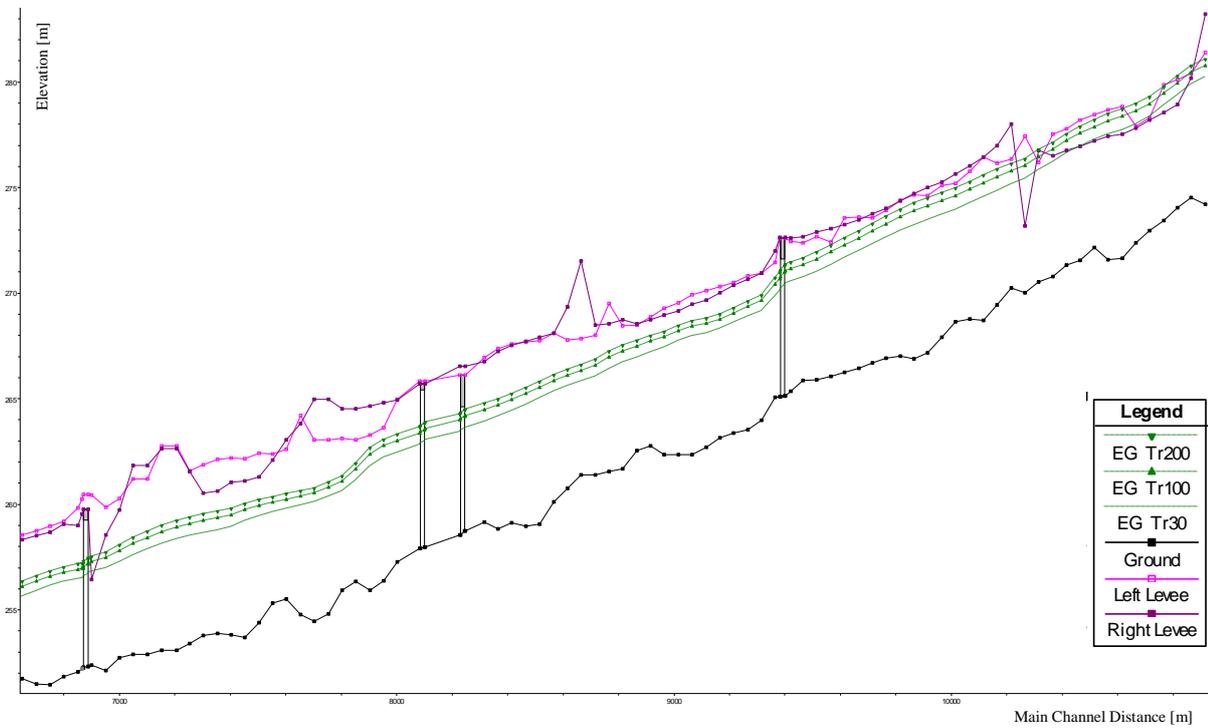


figura 33: Profili longitudinali della linea dei carichi totali (Energy Grade Elevation) e delle linee rappresentative delle quote degli argini dell'Isarco, sia in sinistra che in destra idrografica, per il tratto di alveo che va dalla confluenza con il Torrente Ega fino a ponte Roma. Tr = 30, 100 e 200 anni.



figura 34: localizzazione delle sezioni “critiche” in corrispondenza dello stabilimento della MILA ed in corrispondenza della confluenza con il Rio Rivellone (codice acqua pubblica B.15).

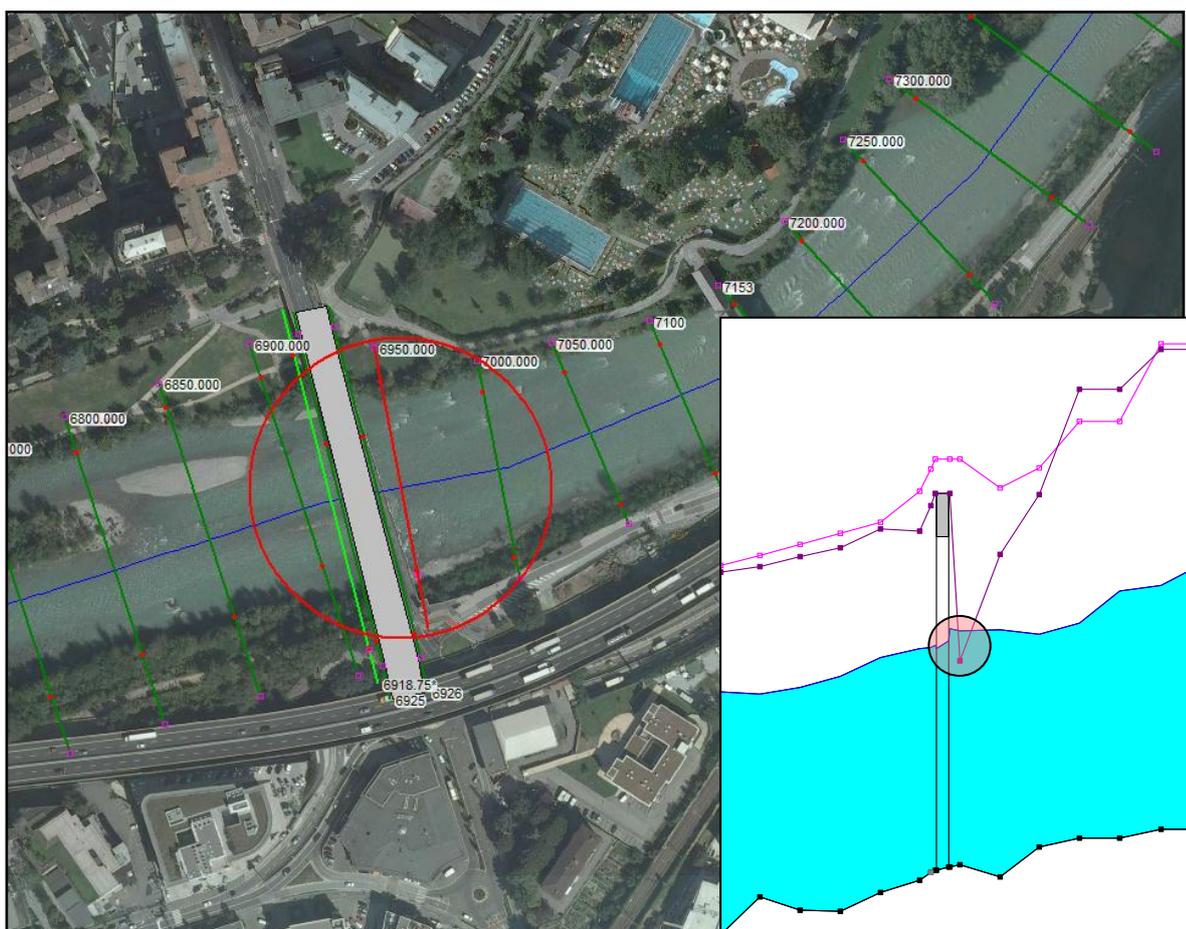


figura 35: Punto “critico” costituito dalla sezione che si trova appena a monte di Ponte Roma. In realtà la sezione sopra citata non è sufficientemente estesa verso la sponda destra (destra idrografica).



figura 36: I rilievi in campo hanno confermato che l'area golenale (cioè l'area dove si può espandere la piena) arriva fino alla stradina ciclabile, per cui, anche in questo caso, l'onda di piena è ampiamente contenuta all'interno della sezione dedicata al deflusso.

TALVERA – In figura 37 vengono visualizzati i profili longitudinali della superficie libera e le linee rappresentative delle quote degli argini del Talvera, sia in sinistra che in destra idrografica, per il tratto di alveo che risulta di maggior rilievo per la verifica del pericolo idraulico dell'area dove verrà edificato il novo centro commerciale (dal ponte di San Antonio fino alla confluenza con il Fiume Isarco). Tali profili sono stati calcolati per le tre portate di progetto considerate, corrispondenti a tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni. Si ricorda che la modellazione e la relativa simulazione idraulica è stata svolta per tutto il Torrente Talvera (dal suo ingresso all'interno del territorio comunale di Bolzano fino alla confluenza con il Fiume Isarco).

Si osserva che in tutti gli eventi di piena considerati il livello del pelo libero rimane sempre al di sotto della quota massima delle sponde, sia in sinistra che in destra idrografica.

Anche considerando il carico cinetico (pari a $U^2 \cdot 2 \cdot g$, dove U è la velocità media della corrente e g l'accelerazione di gravità) e sommando quest'ultimo alla quota della superficie libera, si rimane generalmente al di sotto della quota massima delle sponde (figura 38).

Il deflusso rimane in tutti i casi subcritico (condizione imposta a favore di sicurezza). Il tirante è sempre superiore o uguale all'altezza di stato critico (figura 39) ed il valore del numero di Froude si mantiene sotto l'unità.

L'unico punto a maggiore criticità è costituito dai ponti davanti al Museion, dove la superficie del pelo libero tocca l'impalcato nelle sue estremità, già per eventi critici caratterizzati da tempi di ritorno di 30 anni.

In figura 40 si riportano i risultati della simulazione idraulica, con l'indicazione della massima estensione che può raggiungere l'acqua. Attraverso questa rappresentazione si può affermare che

l'area in questione non viene coinvolta in eventuali esondazioni. I punti più sensibili sono rappresentati dalle aree golenali sotto i grandi ponti (ponte Talvera, ponte Druso, ponte ex-ferroviario) e dalle sezioni dove sono presenti i ponti del Museion.

Si può quindi concludere che, nel tratto del Torrente Talvera in oggetto, allo stato attuale non sussista alcun pericolo idraulico dovuto all'eventuale tracimazione delle portate defluenti. Anche in questo caso tale considerazione è valida nell'ipotesi che vengano mantenuti in buono stato di conservazione le arginature attualmente esistenti. Ciò comporta la programmazione e l'applicazione di un piano di manutenzione.

Nella tabella 16 sono elencati il franco minimo e massimo (differenza tra la quota minima-massima dell'intradosso degli impalcati ed il pelo libero) in corrispondenza dei ponti presenti lungo il Talvera (da ponte Talvera fino alla confluenza con il Fiume Isarco), per tutti e tre i tempi di ritorno esaminati. Si osserva che il franco minimo in condizioni estreme sembra sempre adeguato. Di solito si usa un franco che corrisponde almeno all'altezza cinetica, in altre parole il carico totale deve essere più basso della quota di intradosso dell'impalcato del ponte. In altri casi è anche usuale che vi sia un franco di almeno un metro al colmo di una piena con tempo di ritorno molto alto. Si ricorda che la modellazione è stata fatta per tutti i ponti presenti lungo il Talvera. Si sottolinea nuovamente che in corrispondenza dei ponti davanti al Museion la superficie del pelo libero e la linea dell'energia vanno ad intersecare nelle estremità l'intradosso dell'impalcato a partire da eventi critici caratterizzati da tempi di ritorno di 30 anni.

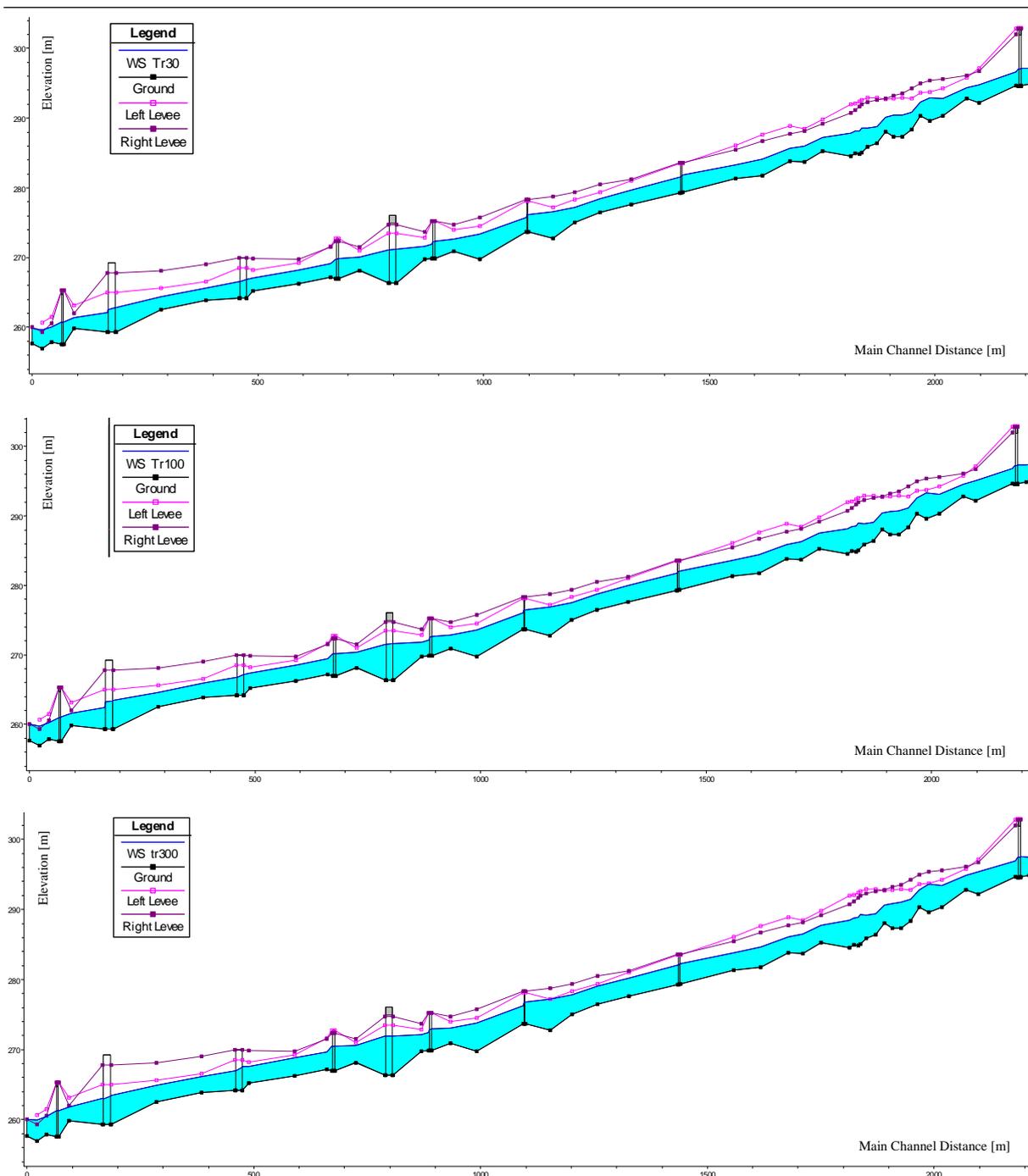


figura 37: Profili longitudinali della superficie libera e delle linee rappresentative delle quote degli argini del Talvera, sia in sinistra che in destra idrografica, per il tratto di alveo che va dal ponte di San Antonio fino alla confluenza con il Fiume Isarco. Tr = 30 anni (immagine in alto), Tr = 100 anni (immagine nel mezzo) e Tr = 300 (immagine in basso).

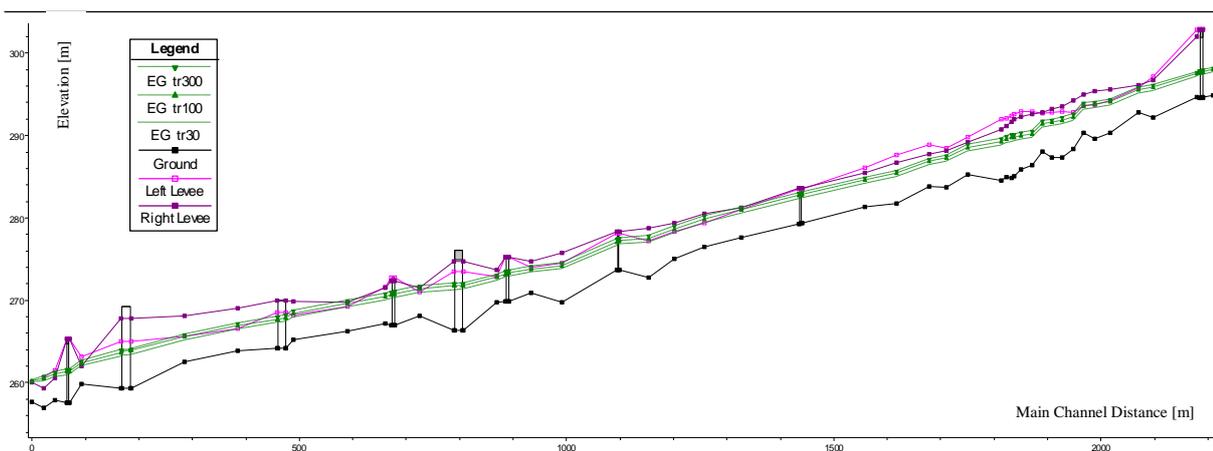


figura 38: Profili longitudinali della linea dei carichi totali (Energy Grade Elevation) e delle linee rappresentative delle quote degli argini del Talvera, sia in sinistra che in destra idrografica, per il tratto di alveo che va dal ponte di San Antonio fino alla confluenza con il Fiume Isarco. Tr = 30, 100 e 300 anni.

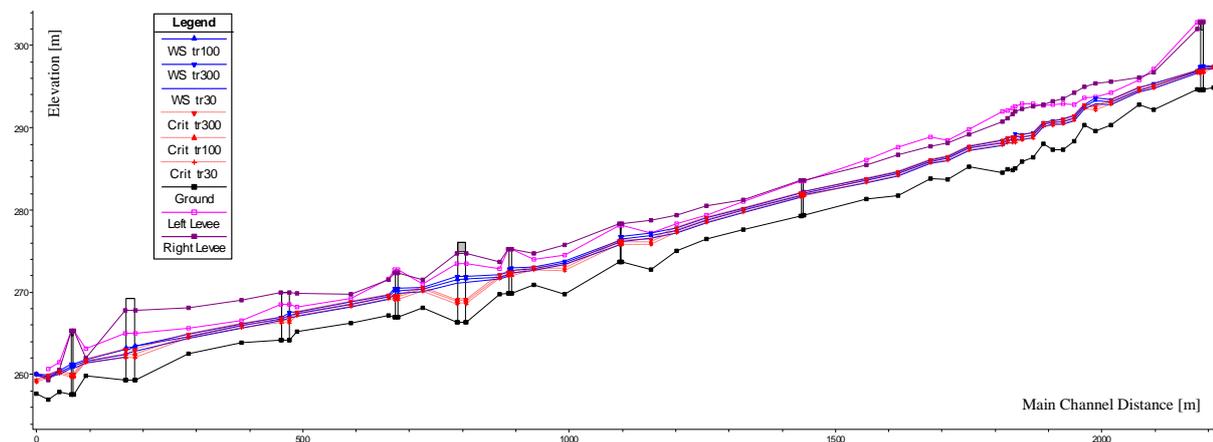
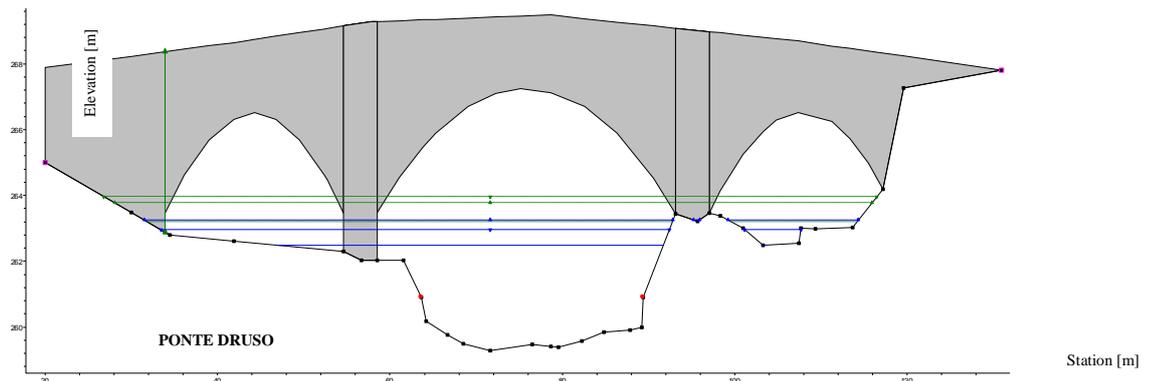
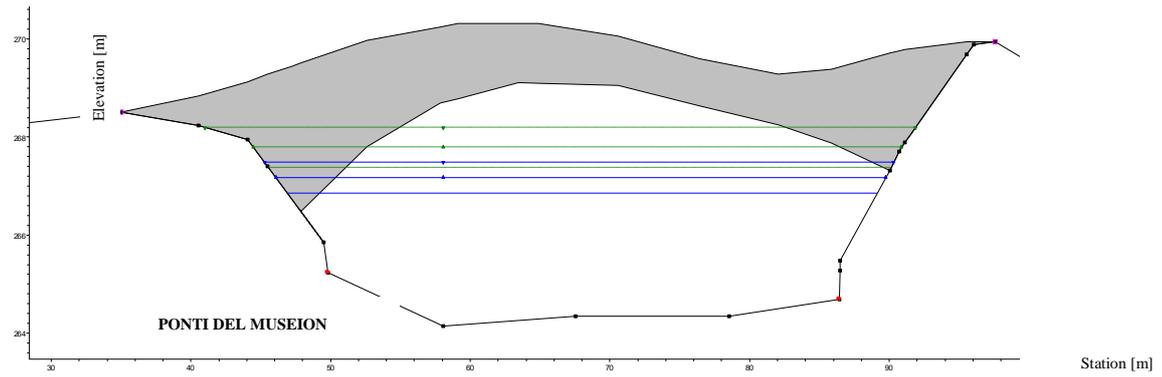
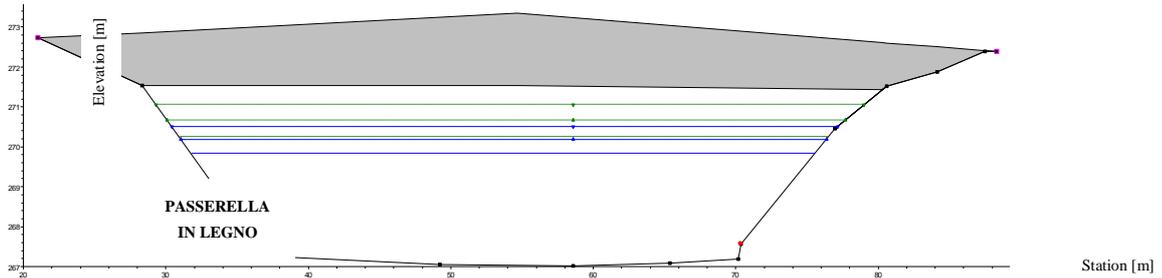
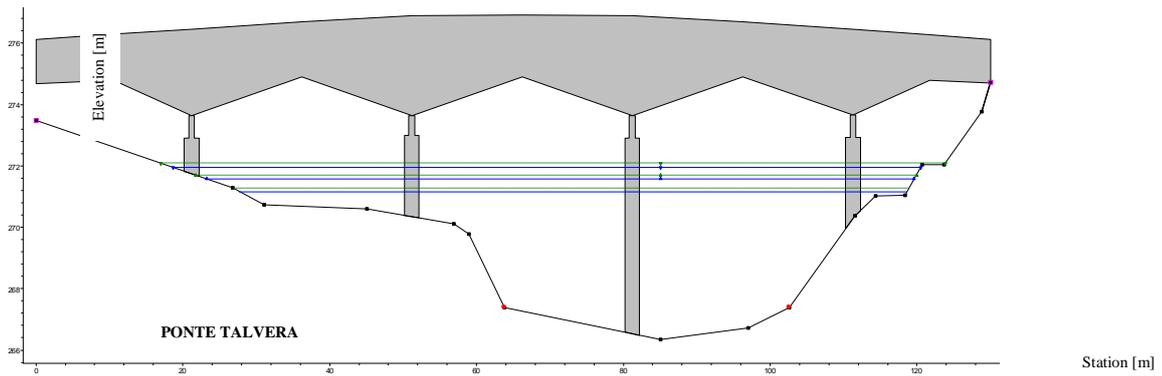


figura 39: Profili longitudinali della superficie libera, dell'altezza di stato critico e delle linee rappresentative delle quote degli argini del Talvera, sia in sinistra che in destra idrografica, per il tratto di alveo che va dal ponte di San Antonio fino alla confluenza con il Fiume Isarco. Tr = 30, 100 e 300 anni.



figura 40: Visualizzazione dell'involuppo dei tiranti massimi per il torrente Talvera (F). In rosso è evidenziata l'area oggetto della verifica del pericolo.



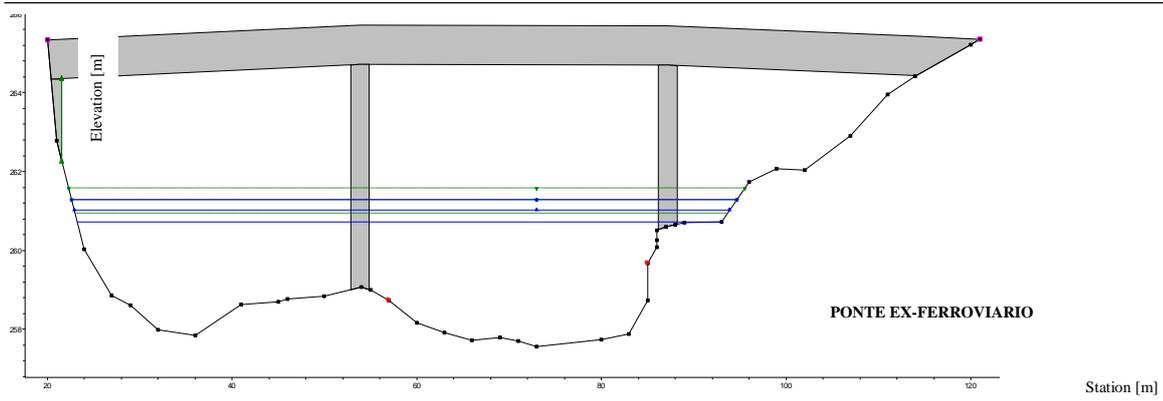


figura 41: Linea dei carichi totali e pelo libero in corrispondenza dei ponti presenti lungo il Talvera.

FRANCO RISPETTO AL PELO LIBERO [m]						
PONTE	Q _{Tr30}		Q _{Tr100}		Q _{Tr300}	
	franco min	franco max	franco min	franco max	franco min	franco max
P. Talvera	2.5	3.7	2.1	3.3	1.7	2.9
Passerella	1.6	1.7	1.3	1.4	0.9	1.1
P. Museion	-	2.3	-	1.9	-	1.6
P. Druso	3.7	4.5	3.2	3.9	3.1	3.8
P. Ferroviario	3.6	4.0	3.4	3.7	3.1	3.5
FRANCO RISPETTO ALLA LINEA DELL'ENERGIA [m]						
PONTE	Q _{Tr30}		Q _{Tr100}		Q _{Tr300}	
	franco min	franco max	franco min	franco max	franco min	franco max
P. Talvera	2.4	3.6	1.9	3.2	1.6	2.8
Passerella	1.2	1.3	0.8	0.9	0.4	0.5
P. Museion	-	1.7	-	1.3	-	0.9
P. Druso	3.2	3.9	2.7	3.4	2.5	3.2
P. Druso	3.4	3.8	3.1	3.5	2.8	3.2

tabella 16: Franco minimo e massimo in corrispondenza dei ponti presenti lungo il Talvera, a partire da ponte Talvera fino alla confluenza con il Fiume Isarco.

5.11 Valutazione del pericolo

Nel presente paragrafo vengono definiti i livelli di pericolosità del fenomeno idraulico (alluvionamento - alluvione statica) in funzione dei livelli di intensità e probabilità che caratterizzano il fenomeno studiato. La pericolosità è intesa come la probabilità che in un certo punto del territorio si verifichi un evento di una data intensità (I) entro un assegnato tempo di ritorno (TR). I criteri adottati per la definizione della pericolosità sono quelli contenuti nella Delibera 14 Maggio 2012, n.712 “Modifica delle Direttive per la redazione dei piani delle zone di pericolo secondo la legge urbanistica provinciale, legge provinciale 11 Agosto 1997, n. 13, articolo 22/bis”.

Le direttive per la redazione dei piani delle zone di pericolo stabiliscono tre livelli di intensità (Bassa, Media, ed Alta). Per fenomeni di alluvionamento torrentizio, il livello di intensità dipende dai valori assunti dal tirante idraulico h , e dalla pressione idrodinamica data dal prodotto $v \cdot h$ tra il tirante idraulico e la velocità del deflusso nel generico punto analizzato.

Per la definizione della pericolosità, l'intensità è affiancata da un'indicazione di probabilità di accadimento espressa in termini di frequenza temporale con cui i valori soglia (tabella 17) possono essere eguagliati o superati. La frequenza di superamento è espressa con riferimento al tempo di ritorno TR degli eventi. La Delibera n. 712 propone quattro classi di probabilità:

- Elevata (fenomeni caratterizzati da $0 < Tr \leq 30$ anni);
- Media (fenomeni caratterizzati da $30 < Tr \leq 100$ anni);
- Bassa (fenomeni caratterizzati da $100 < Tr \leq 300$ anni);
- Molto bassa (fenomeni caratterizzati da $Tr > 300$ anni).

Inoltre, per le aree protette da argini (come nel presente del Fiume Isarco) il calcolo della portata di piena dovrà essere eseguito con $Tr = 30, 100, 200$ anni e, a richiesta, dovranno essere calcolati la portata e il tempo di ritorno di un evento “a piene rive”.

PROCESSO	INTENSITÀ BASSA	INTENSITÀ MEDIA	INTENSITÀ ALTA
----------	-----------------	-----------------	----------------

Alluvione, Alluvione torrentizia	$h < 0.5 \text{ m}$ oppure $v < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	$h = 0.5 \div 2 \text{ m}$ oppure $h = 0.5 \div 2.0 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 2 \text{ m}$ oppure $h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$
Colata detritica	–	$M \leq 1 \text{ m}$ oppure $v \leq 1.0 \text{ m/s}$	$M > 1 \text{ m}$ $v > 1.0 \text{ m/s}$

tabella 17: Tabella dei valori di soglia e delle intensità per pericoli idraulici. h = tirante idraulico, v = velocità, M = spessore del deposito.

Nella Delibera del 14 Maggio 2012, n.712 la pericolosità derivante da fenomeni idraulici è suddivisa in tre classi (H2: pericolosità Media, H3: pericolosità Elevata, H4: pericolosità Molto elevata) secondo i criteri indicati nella matrice riportata in figura 42. Per eventi contraddistinti da periodo di ritorno maggiore di trecento anni, viene definita una condizione di pericolo residuo (H1) che prescinde dall'intensità del fenomeno. In figura 43 è riportata la mappa della pericolosità derivante da fenomeni di alluvionamento del Fiume Isarco (acqua pubblica B) in relazione alle sole particelle edificabili 1236/1 e 4091, C.C. Gries.

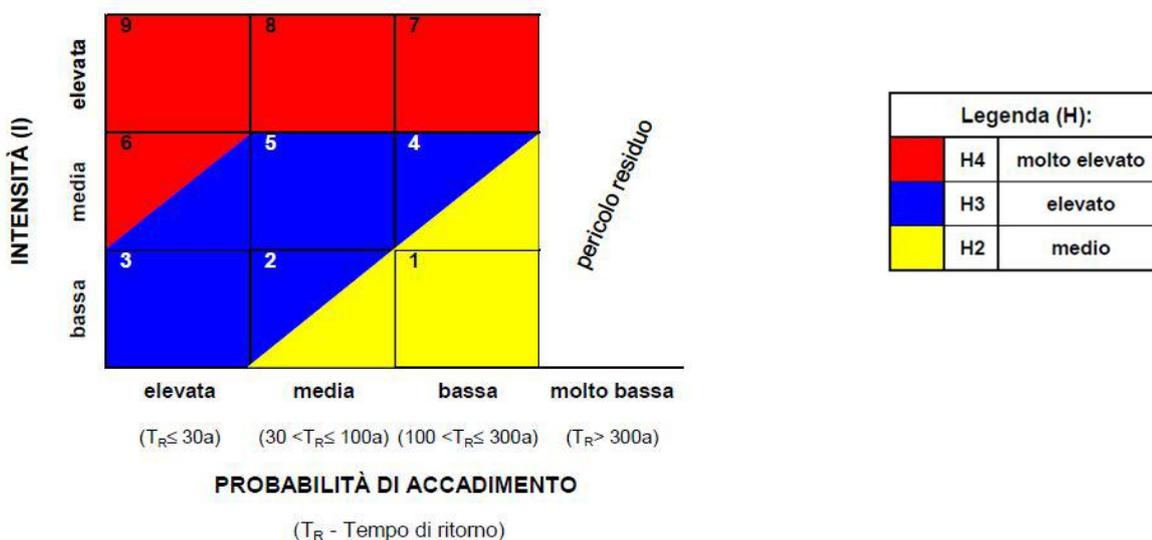


figura 42: Matrice per la definizione del livello di pericolo derivante da fenomeni idraulici

La definizione del grado di pericolo definitivo (zonazione definitiva della pericolosità) tiene conto dei limiti delle modellazioni numeriche. Essa si basa non solo sui risultati delle simulazioni numeriche, ma anche su una reinterpretazione critica dei risultati che tenga conto delle condizioni morfologiche osservate in sito, delle reali direttrici di flusso, e delle limitazioni insite nei software di calcolo e nella scelta dei parametri di input.

La zonazione della pericolosità per l'area inquadrata in figura 1 è strettamente vincolata alle opere attualmente esistenti ed alla configurazione di muretti e cordoli, fondamentali nel convogliamento del flusso. La demolizione od il deperimento di tali opere (che di fatto sono anche opere idrauliche) andrebbe a compromettere la zonazione del pericolo.

In definitiva l'area per la quale è prevista la costruzione di un nuovo centro commerciale è stata studiata e risulta non pericolosa (vedi legenda riportata in figura 44). Secondo il Decreto del Presidente della Provincia 5 agosto 2008, n. 42, "Regolamento di esecuzione concernente i piani delle zone di pericolo" – art.3, la realizzazione del progetto è consentita.

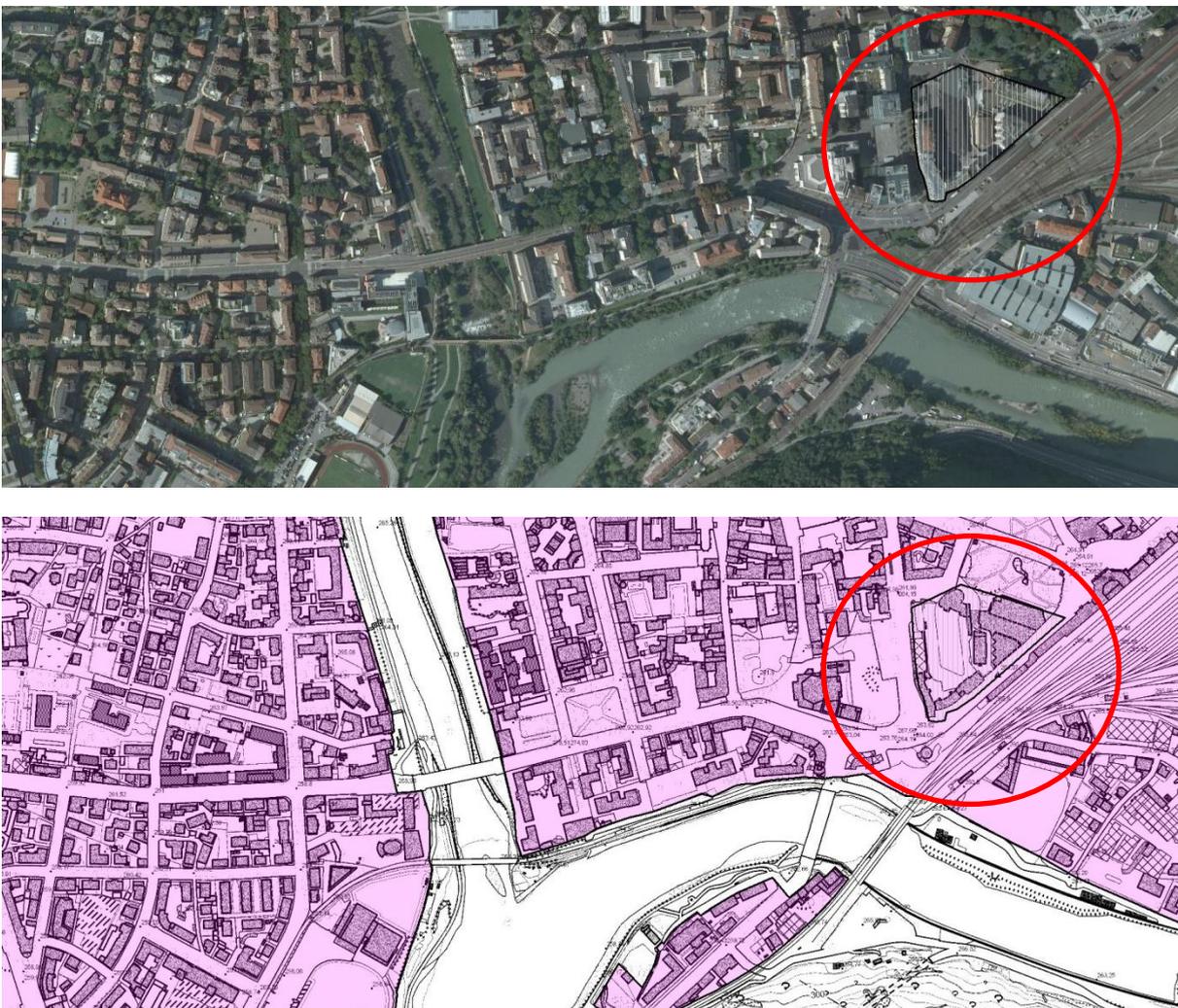


figura 43: Mappa del pericolo relativamente all'area inquadrata in figura 1. L'area è stata studiata e risulta "esaminata e non pericolosa (H4 – H2)". Vedi legenda in figura 44.

NATURGEFAHRENTYP TIPO DI PERICOLO NATURALE			
GEFAHRENSTUFE LIVELLO DI PERICOLOSITÀ	Massen- bewegungen Frane	Wassergefahren Pericoli idraulici	Lawinen Valanghe
H4 Sehr hoch / Molto elevato			
H3 Hoch / Elevato			
H2 Mittel / Medio			
Untersucht und nicht gefährlich (H4 - H2) Esaminato e non pericoloso (H4 - H2)			

figura 44: Mappa del Pericolo. Giallo = pericolo medio; blu = pericolo elevato; rosso = pericolo molto elevato; grigio: esaminato e non pericoloso (H4 – H2).